Dotsent V. P. ZAITSEV

KALASAADUSTE KONSERVEERIMINE KÜLMAGA

A-27867

Dotsent V. P. ZAITSEV

KALASAADUSTE KONSERVEERIMINE KÜLMAGA

Eesti Merekalandeemia
KUSTUTATUD
Raamatukogu

NSVL Kalatööstuse Ministeerium
Tallinna Merekalanduse Tehnikum
Raamatukogu
Nr. 55790

ENSV TEHNILISE INFORMATSIOONI KESKBÜROO
TALLINN 1966

Originaali tiitel:
Доцент В. П. Зайцев
ХОЛОДИЛЬНОЕ КОНСЕРВИРОВАНИЕ
РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ
Второе издание, переработанное и дополненное
Пищепромиздат
Москва 1962

Tõlkinud A. Amisep ja V. Rõõmusaare

Raamat käsitleb kala külmaga konserveerimise — jahutamise, külmutamise ja säilitamise ning ka defrosteerimise ja kalafilee tootmise teooriat ning praktikat.

Valgustatud on statsionaarsete külmutushoonete ja kalatööstuslike külmutuslaevade põhilisi plaanlahendusi ja vaadeldud tootmisprotsessi tehnoloogilise kontrolli küsimusi kalatööstuse külmutushoonetes ja külmutuslaevadel.

Kirjeldatud on kala külmaga töötlemisel kasutatavaid aparaate ja masinaid ning toodud vajalikud arvutused.

Raamat on määratud kalatööstuse insener-tehnilistele töötajatele.

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

SISSEJUHATUS

Iga aastaga üha laieneb merede, ookeanide, jõgede ja muude veekogude looduslike varude kasutamine ning ennekõike suureneb kalapüügi materiaal-tehnilise baasi tugevnemise tõttu kalasaak. Kalapüügi arenemine ning kalavarude suurenemine on orgaaniliselt seotud kalatööstuse arenemisega. Üks paremaid kala tööstusliku töötlemise viise on külmaga konserveerimine, mis tänapäeval on nõukogude kalatööstuses muutunud põhiliseks.

Looduslikku külma kasutati toiduainete (liha, piim jt.) säilitamiseks juba ammu ja külmutustehnoloogia põhialuseid tunti kaua aega enne seda, kui ilmusid esimesed kunstliku külma masinad. Suur vene teadlane M. V. Lomonossov (1711—1765) mainis juba 1745. aastal oma dissertatsioonis «Mõtisklusi sooja ja külma põhjustest», et «elulisi protsesse, kasvamist, mädanemist kiirendab soojus, aeglustab külm.»

1733. aastal tegi vene akadeemik I. Kraft esimesena kindlaks jää füüsikalised ja mehhaanilised omadused, mis soodustas edaspidi jää laialdast kasutamist toiduainete jahutamiseks.

Külmutusmasinate ilmumisega kasvas ka huvi külma ratsionaalse kasutamise vastu toiduainete konserveerimisel.

Juba esimesed toiduainete, eriti kalade külmaga töötlemise katsed olid nii lootustandvad, et sundisid tähelepanu pöörama võimalusele kasutada külma selleks otstarbeks laiemalt. Esimest korda külmutati kala püügipaigas 1860. aastal Aasovi ääres jää-soola segu abil.

Suur tähtsus oli P. I. Bahmetjevi uuringutel kalade anabioosi alal, mis ei ole oma väärtust tänapäevalgi kaotanud.

Prof. F. S. Kassatkin organiseeris G. V. Plehhanovi nimelises Rahvamajanduse Instituudis külmutuslaboratooriumi ja alustas seal 1918. aastal uuringuid kalade ja teiste toiduainete külmaga töötlemise ja säilitamise alal. Nende uuringute baas laienes hiljem tunduvalt Leningradi Külmutustööstuse Instituudi, Üleliidulise Külmutustööstuse Teadusliku Uurimise Instituudi (VNIHI) ja lihaning kalatööstuse instituutide juurde spetsiaalsete laboratooriumide loomisega. Toiduainete külmutustehnoloogiat edendasid nõukogude teadlaste prof. F. S. Kassatkini, prof. D. A. Hristodulo,

prof. M. V. Tuhšnaidi uuringud. Praegu tegelevad külmutustehnoloogia küsimustega tehnikakandidaat D. G. Rjutov, prof. G. B. Tšižov, prof. N. A. Golovkin ja paljud teised teadlased.

Viisaastakute jooksul ehitati tehniliselt hästi varustatud kalatöötlemisettevõtteid, mille hulgas on palju kalatööstuslikke külmutushooneid nii püügi- kui ka tarbimisrajoonides. Suurimad külmutushooned on Vladivostokis, Murmanskis, Moskvas jm.

Kalalaevastiku koosseisus on palju refrižeraatoreid külmutusmasinatega kala külmutamiseks ja trümmide jahutamiseks ning palju vastuvõtu-transpordilaevu, millel on uusimad refrižeraatorseadmed. Iga aastaga laieneb külmutushoonete võrk ja suureneb refrižeraatorlaevade arv: külma osatähtsus kalade töötlemisel ja kalasaaduste säilitamisel kasvab pidevalt.

Vastavalt NLKP XXI kongressi otsusele, mis näeb ette tööstus- ja toidukaupade kvaliteedi parandamist ja sortimendi laiendamist, on kalatöötlemise põhisuunaks lähematel aastatel jahutatud ja külmutatud kalakaupade ning külmutatud poolfabrikaatide tootmise kasv. Kiire külmutamine võimaldab tunduvalt tõsta külmutatud toiduainete kvaliteeti.

Käesoleval seitseaastakul on ette nähtud toota värskelt külmutatud kalakaupu umbes 80% võrra rohkem ning külmutatud kalafileed üle 7 korra rohkem.

Külmutatava toodangu üldkogus, kaasa arvatud teistele töötlemisliikidele suunatav toodang (konservide, suitsutatud ja kulinaartoodete tootmine jne.) on planeeritud 1965. aastaks vähemalt 1 300 000 t. Sellest kogusest ligikaudu 900 000 t külmutatakse refrižeraatorlaevadel ja 400 000 t külmutushoonetes.

Kalade töötlemine otse merel laevadel peab kasvama seitseaastaku jooksul umbes 4 korda. Sellega seoses suureneb refrižeraatorlaevade arv rohkem kui 4 korda ja suurte külmutustraalerite arv, mille külmutusseadmete tootlikkus on 30—35 t ööpäevas, peaaegu 5 korda. Kalalaevastik täieneb uut tüüpi külmutustraaleritega, mis on ette nähtud sardiini, tuunikala ja teiste kalade püügiks troopikavetes.

Külmutuslaevastiku laevade arv kasvab üle 2 korra, külmutustrümmide mahtuvus üle 3 korra ja külmutusseadmete võimsus üle 4 korra. See on suur samm edasi laevastiku varustamises külmaga.

Käesoleval seitseaastakul on rekonstrueeritud palju töötavaid külmutushooneid vastavalt kaasaegse tehnoloogia nõuetele ja laadimistööd neis mehhaniseeritud. Uute külmutushoonete ehitamise arvel suureneb külmutusseadmete tootlikkus üle 60%. Kunstliku külma rakendamine tootmise kõigis lülides soodustab kalasaaduste sortimendi laienemist ja kvaliteedi paranemist.

NLKP XXII kongress näitas konkreetsed teed kommunismi materiaal-tehnilise baasi loomiseks.

Lähema 20 aasta jooksul ületab Nõukogude Liit enamarenenud kapitalistlike maade majandusliku taseme ja jõuab esimesele kohale toodangu osas ühe elaniku kohta, tagab rahva kõige kõrgema elatustaseme maailmas ja loob tingimused materiaalsete ja kultuuriliste hüvede külluse loomiseks. Esimese 10 aasta jooksul kasvab liha ja lihasaaduste tarbimine ühe elaniku kohta 2,5 korda, kala ja kalasaaduste tarbimine — 1,5 korda.

Laienevad tooraineallikad, eriti veebasseinide bioloogiliste ressursside kasutamine.

NLKP uues programmis püstitatud ülesanne — saavutada toiduainete tarbimise kõige kõrgem tase — avab meie maal laiad perspektiivid külmutusmajandusele, mille kõik lülid (tootmine, transport, kaubandus) peavad tagama toiduainete kvaliteedi säilimise, nende sortimendi laiendamise, kadude vähendamise töötlemisel ja säilitamisel ning elanikkonna ühtlase varustamise värskete heakvaliteediliste toiduainetega.

1 PEATÜKK

TOORKALA ISELOOMUSTUS

Kala ja kalasaadused kuuluvad kiiresti riknevate toiduainete rühma, mis tavalistes tingimustes ei säili kuigi kaua.

Toiduained riknevad nendes sisalduvate orgaaniliste ainete koostise ning omaduste muutumise tagajärjel, samuti produktides toimuvate keerukate füüsikaliste ja keemiliste nähtude tagajärjel, mis on tingitud fermentide ja mikroorganismide tegevusest. Fermentide ja mikroorganismide mõju ilmneb ainult soodsate välistingimuste juures, mille muutmisega võib reguleerida biokeemilisi protsesse toiduainetes ja järelikult vältida nende riknemist. Seega olenevad muutused, mis toimuvad kiiresti riknevates toiduainetes nende säilitamisel ja transportimisel, produkti keemilisest koostisest ja, kuna nende erisugune keemiline koostis tingib erinevates välistingimustes muutuste eripärasuse, siis ka välistingimustest.

KALA KEEMILINE KOOSTIS

Toiduainete, sealhulgas kalade tähtsamateks koostisosadeks on vesi, valgud, rasvad, süsivesikud ja mineraalained. Peale nimetatud koostisosade sisaldavad toiduained veel vitamiine ja fermente. Orgaaniliste ainete (valkude, rasvade, süsivesikute) koostis ja omadused muutuvad toiduainete säilitamisel, kusjuures tekivad uued keemilised ühendid.

Nende protsesside tagajärjel muutub produkti normaalne välimus, maitse, lõhn ja toiteväärtus. Muudatuste toimumise kiirus ei sõltu üksi produkti koostisest ja omadustest, vaid suurel määral ka välistingimustest.

Tabelis 1 on toodud mõnede peamiste tööndusliku kalade keskmise keemilise koostise iseloomustus.

Tabelist 1 nähtub, et ühe ja sama, kuid erinevatest püügirajoonidest püütud tööndusliku kalaliigi keemiline koostis on erinev. Peale selle muutub kala keemiline koostis olenevalt aastaajast ja kala vanusest.

Tabel I

Kala liik	Värske kalaliha keemiline koostis %-des			
	vesi	rasv	valgud	tuhk
Tursk	80,8	0,4	17,6	1,2
Pikša	80,9	0,3	17,5	1,3
Koha	78,8	0,9	10,0	1,3
Mereahven	74,9	5,9	17,8	1,4
Hiidlest	77,0	2,6	19,1	1,3
Vobla	77,9	2,4	18,3	1,4
Latikas				
kaspia	75,3	4,9	18,6	1,2
aasovi	74,3	7,9	16,8	1,0
araali	77,6	4,0	17,2	1,2
Tuur				
kaspia	72,3	9,7	16,2	1,5
aasovi	67,4	12,6	15,7	1,2
siberi	70,0	14,2	15,5	0,9
amuuri	—	9,5	—	—
Sevrjuuga				
kaspia	69,0	13,4	17,2	1,0
aasovi	69,2	12,9	17,3	1,2
Nelma	72,1	8,6	19,2	1,2
Muksun	75,3	5,1	13,3	1,3
Beluuga	75,0	7,0	16,9	1,1
Nerka	69,8	7,7	21,4	1,1
Keta				
kamtšatka	69,1	8,9	20,8	1,2
amuuri (sügisene)	67,6	11,0	20,9	0,5
Gorbuuša, kamtšatka	70,9	6,1	21,5	1,5
Tširr	70,2	10,3	18,3	1,2
Poisur				
araali	69,1	11,2	18,6	1,1
kaspia	73,1	5,3	20,4	1,2
Noakala	76,9	2,3	19,3	1,5
Haug	79,4	0,7	18,8	1,1
Kaspia sasaan	78,0	2,7	18,2	1,1

Muudatused keemilises koostises puudutavad peamiselt rasva- ja veesisaldust kalas. Valgusisaldus kalakoes kõigub väga väikestes piirides. Valku on kalas umbkaudu 20% rasvatustatud koe üldkaalust.

Rasva kogus kalas aga, vastupidi, muutub laiades piirides. Kala, rasvasisaldusega lihas kuni 1%, nimetatakse lahjaks, rasvasisaldusega 1...8% — keskmise rasvasusega ja üle 8% — rasvaseks.

Vee kui kala koostisosa tähtsus kala muutumises töötlemisel ja säilitamisel on suur. Veesisaldus toiduainetes kõigub 3...93% piirides, kala sisaldab vett tavaliselt 55...83%. Vesi võtab osa

kala organismis toimuvatest biokeemilistest reaktsioonidest ja difusiooniprotsessidest. Samal ajal loob suur veesisaldus kalas soodsad tingimused kala riknemist põhjustavate mikroorganismide tegevusele. Osa vett on seotud valkudega.

Valgud ehk proteiinid on toiduainete peamiseks koostisosaks, sest nad on vajalikud plastiliste ainetena organismi koe- ja verelementide ehitamisel. Valkude koostis ja struktuur on väga mitmekesine.

On olemas liht- ja liitvalgud (proteiidid). Lihtvalkude hulka kuuluvad näiteks albumiin ja globuliinid. Albumiin lahustub vees, globuliinid aga soolalahustes, hapetes ja leelistes. Lihasplasma globuliinid, nn. müosiinid, on organismi põhiliseks aktiivseks osaks. Liitvalkude (proteiidide) hulka kuuluvad näiteks fosforproteiidid ja nukleoproteiidid. Liitvalkude koostisse kuuluvad lihtvalkude ja mõne teise aine molekulid. Näiteks nukleoproteiidid on valgu ja kromatiini ühendid. Kromatiini leidub rakutuumades, pärmis ja mikroobides.

Valgud on monomolekulaarsed lahused ja nende omadused, eriti püsivus, sõltuvad hüdrofiilsusest ning ka dispersiooniastmest. Mikroorganismide elutegevuse protsessis ja välistingimuste toimel võivad nad üle minna ühest vormist teise, kusjuures muutub mitte ainult nende struktuur, vaid ka koostis. Paljude tegurite toimel (näiteks temperatuuri tõusmisel või langemisel) võivad valgud muutuda (denatureeruda). Külmutustehnoloogia peamiseks ülesandeks on selliste tingimuste kindlakstegemine ja loomine, mille juures valkude muutumine oleks minimaalne.

Rasvad on samuti toiduainete tähtsamaid osi, sest nad on kõige kaloririkkamad komponendid ja mõnede vitamiinide kandjad. Nad võtavad osa loomsete ja taimsete kudede ehitusest ja etendavad tähtsat osa ainevahetuses. Kalarasvas leidub vitamiine A ja D.

Rasvad jagunevad kahte põhirühma: 1) neutraalsed rasvad ehk glütseriidid ja 2) lipoidid.

Rasvade koostisse kuuluvad erinevad rasvhapped mitmesuguste ühenditena ja sellest on tingitud ka rasva omadused, näiteks sulamis- ja tardumistemperatuur, konsistents, hapendumine ja hüdrolüüs.

Küllastunud rasvhapped on toatemperatuuri juures küllaltki püsivad, küllastumata rasvhapped on ebapüsivad: ühinedes hapniku ja veega nad hapenduvad kergesti ja polümeriseeruvad. Erinevalt maismaaloomade rasvast sisaldab kalarasv peale küllastunud rasvhapete suurel hulgal küllastumata ja üliküllastumata rasvhappeid. Kalarasvas on kõige levinumateks järgmised rasvhapped.

Küllastunud rasvhapped $C_nH_{2n}O_2$ rühmadest: müristiinhape $C_{14}H_{28}O_2$, palmitiinhape $C_{16}H_{32}O_2$, steariinhape $C_{18}H_{36}O_2$, arah-

hishape $C_{20}H_{40}O_2$, beheenhape $C_{22}H_{44}O_2$, selahotseriinhape $C_{24}H_{48}O_2$.

Küllastumata rasvhapped $C_nH_{2n-2}O_2$ rühmast: tetradetseenhape $C_{14}H_{26}O_2$, zoomariinhape $C_{16}H_{30}O_2$, aselaiin $C_{17}H_{32}O_2$, oleiinhape $C_{18}H_{34}O_2$, gadoleiinhape $C_{20}H_{38}O_2$, tsetoleiinhape $C_{22}H_{42}O_2$, selaholeiinhape $C_{24}H_{46}O_2$.

Küllastumata rasvhapped $C_nH_{2n-4}O_2$ rühmast: linoolhape $C_{18}H_{32}O_2$; $C_nH_{2n-6}O_2$ rühmast: linoleenhape $C_{18}H_{30}O_2$; ekroiinhape $C_{18}H_{30}O_2$; $C_nH_{2n-8}O_2$ rühmast: terapiinhape $C_{18}H_{28}O_2$, arahidoonhape $C_{20}H_{32}O_2$; $C_nH_{2n-10}O_2$ rühmast: klupodoonhape $C_{22}H_{34}O_2$.

Kalarasv sisaldab suure hulga küllastumata rasvhappeid ning seepärast on ta temperatuuril 15...20°C vedel. Suure hulga küllastumata rasvhapete sisaldus teeb kalarasva säilitamisel ebapüsivaks; rasv hapendub kergesti ja sellega kaasneb rasva omaduste halvenemine — ta tumeneb, omandab ebameeldiva lõhna ja maitse, muutub toidukõlbmatuks. Kalarasv sisaldab ka tahkeid glütseriide, milles on ülekaalus küllastunud rasvhapped — steariin-, palmitiinhape ja teised. Võrreldes vedelate glütseriididega leidub tahkeid glütseriide väheses koguses ja nende sisaldus sõltub rasva koostise biokeemilistest iseärasustest.

Rasva värskust või headust hinnatakse mitmete näitajate järgi, millest tähtsaim on happearv. Happearvu all mõistetakse kaaliumhüdroksiidi milligrammide arvu, mis on vajalik 1 g rasvas sisalduvate vabade hapete neutraliseerimiseks. Mida suurem on happearv, seda kaugemale on kulgenud lagunemisprotsess ja madalam rasva kvaliteet. Kui säilitamistingimused on ebasoodsad, tekib rasval spetsiaalne mõrkumislõhn ning värvus on helekollane kuni punakaspruun. Õhukesed mõrkunud rasvakihid omandavad roostetanud raua värvi veniva ja kleepuva massi konsistentsi, mida värvuse tõttu nimetataksegi «roosteks». Välispinda kattev «rooste» tungib mõnikord ka kalasaaduste sügavamatesse kihtidesse.

Süsivesikud on paljude toiduainete koostisosaks ja inimese organismi olulisemaks energiaallikaks. Süsivesikute hulka kuuluvad: 1) monosahhariidid ($C_6H_{12}O_6$) näiteks glükoos, fruktoos ja galaktoos (glükoos ja fruktoos võtavad osa glükogeeni süntees-sist); 2) disahhariidid ($C_{12}H_{22}O_{11}$), näiteks sahharoos ja laktoos; 3) polüsahhariidid, mille koostisse kuulub suur kogus monosahhariide ja teisi ühendeid. Tähtsamate polüsahhariidide üldine valem on $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Polüsahhariididel ei ole magusat maitset. Nende hulka kuuluvad tärklis, glükogeen, insuliin, tselluloos ja teised. Toitumisprotsessides omavad suurimat tähtsust tärklis ja glükogeen, mis on taimsete ja loomsete organismide varuaineteks. Glükogeenil on looma organismis sama tähtsus, mis tärklisel taimes.

Süsivesikud ei ole kala organismile iseloomulikud; ainult polüsahhariid glükogeen $(C_6H_{10}O_5)_n$ talletub vähesel määral kala maksas ja mõningates teistes organites.

Mineraalained sisalduvad toidus orgaaniliste ühendite ja lahustuvate soolade elementide kujul. Mineraalainete koostis kalas on väga mitmesugune. Orgaaniliste ainete koostisse kuuluvad kaalium, naatrium, kaltsium, magneesium, fosfor, väävel ja kloor. Peale selle sisaldab kala väga väikestes kogustes vaske, rauda, mangaani, joodi, broomi ja teisi elemente; nende elementide kogus kõigub erinevates kalaliikides tunduvalt.

Mineraalainete peamine hulk on koondunud kala luudesse, mis koosnevad kaltsiumfosfaadist, kollageenist, rasvast ja veest. Anorgaaniliste ainete sisaldus luudes kõigub 5...11% piires, kaltsiumfosfaadisisaldus aga 3...5% piires.

Joodisisaldus moodustab ühes kilogrammis kalas sajandikke ja tuhandikke milligrammist.

Mineraalained võtavad osa teatava osmootse rõhu loomisest ja säilitamisest lahustes; nad alandavad seal mahlade külmumistemperatuuri.

VITAMIINID

Toidus leidub peale valkude, rasvade ja süsivesikute orgaanilisi ühendeid, mida nimetatakse vitamiinideks («vita» — elu, «amiin» — näitab, et need ained sisaldavad lämmastikku ja vesinikku ehk aminorühma NH_2). Vitamiinidel on erisugune keemiline struktuur ja nad ei sisalda alati lämmastikku, kuid nende ainete nimetus «vitamiinid» säilis. Ühe või teise vitamiini (neid on avastatud praegu ligi kolmkümmend) puudumine organismis kutsub esile haigestumise teatud kujul. Kõiki haigestumisi, mille põhjuseks on vitamiinide puudus, nimetatakse avitaminoosiks.

Tähtsamatest vitamiinidest, mis on inimesele tingimata vajalikud (A, B_1, B_2, B_6, C, D, E, PP), leidub kalas A-, B- ja D-vitamiine.

A-vitamiin avaldab üpris olulist mõju kasvule: tema puudumine toidus pidurdab kasvu, põhjustab silmahaigust, mida tuntakse kseroftalmia nime all, naha epiteeli ja limaskesta sarvestumist. A-vitamiini leidub rohkesti tursamaksas.

A-vitamiin laguneb peamiselt õhuhapnikuga hapendumise tagajärjel; temperatuuri tõusmisel kiireneb see protsess tunduvalt.

B rühma vitamiinid koosnevad mitmest iseseisvast vitamiinist, mis on märgitud indeksitega 1, 2, 3, 4, 5, 6 jne.

Nendel vitamiinidel, millel ka keemiline koostis on läbi uuritud, on suur tähtsus inimese ja loomade elule ning tervisele.

D-vitamiini sisaldavad ainult võrdlemisi vähesed toiduained; seda sisaldab tursa- ja üldse kalarasv.

Toiduainetes, mis sisaldavad steriinide derivaate, peamiselt ergosteriini, võib D-vitamiini kogust suurendada päikesevalguse või ultraviolettkiirte mõjul. Päikesekiirguse toimel võib see vitamiin tekkida ka inimese nahas.

D-vitamiin on happe- ja temperatuurikindel.

A- ja D-vitamiinid lahustuvad rasvades, B-rühma vitamiinid aga vees.

Vitamiinid on kala üksikutes osades ja organites ebaühtlaselt jaotunud.

A- ja D-rühma vitamiine leidub peamiselt kala sisikonnas: A-vitamiini sisaldus 1 grammis kalamaksas kõigub 30 ... 8400 rahvusvahelise ühiku piires. Nii näiteks on A-vitamiini säga maksas kuni 8400, kuid tursa maksas 500 rahvusvahelist ühikut. Tursklaste maksarasv sisaldab 1 grammis 10 ... 250 rahvusvahelist ühikut.

B-rühma vitamiine leidub kalas tavaliselt kõige rohkem maksas, silmades ja siseelundites, tunduvalt vähem niisas ja marjas ning üsna tühisel hulgal lihaskoes.

Nii näiteks leidub tursa mitmesugustes organites ja lihaskoes vitamiine B_1 ja B_2 (gammades ühe grammi kohta) järgmisel hulgal:

	B_1	B_2
Mari	0,88	1,02
Niisk	1,44	0,92
Maks	3,45	0,92
Sisikond	1,72	1,61
Silmad	13,15	0,72
Lihased	0,23	0,64

FERMENDID

Fermendid ehk ensüümid on kõrgmolekulaarsed orgaanilised ained, nad soodustavad biokeemilisi protsesse sünteesi ja lagunemise juures. Toitumise ja hingamise protsessid on tihedalt seotud fermentide tegevusega. Fermendid on biokatalüsaatorid, nad võivad väga väikestes kogustes kiirendada reaktsioone, millest, võrreldes fermendi kogusega, võtab osa väga suur kogus ainet. Kõik mitmesuguste ainete tähtsamad muundumised, mis toimuvad elusorganismis, kulgevad fermentide abil. Fermente sünteesivad elusorganismi rakud või produktil arenevad mikroorganismid.

Toiduained muudetakse fermentide toimel organismi poolt omastatavaks. Tuntud on kaks fermentide rühma: fermendid-proteiinid ja fermendid-proteiidid. Esimesed tegutsevad vee juuresolekul, seepärast nimetataksegi neid hüdrolaasideks, nad lõhustavad liitained lihtsamateks, näiteks skeemi järgi: valgud → peptoonid → polüpeptiidid → aminohapped.

Teisi nimetatakse oksüreduktaasideks; neil on võime kiirendada hapendus-taandusreaktsioone.

Fermente eristab valiktegevus, igaüks neist kiirendab ainult teatud protsesse. Fermentide tegevuse aktiivsus oleneb välistingimustest, eriti temperatuurist ja keskkonna reaktsioonist. Suurem osa fermentidest laguneb temperatuuris üle 75° C, mõned ka madalama temperatuuri juures. Optimaalne temperatuur fermentide tegevuseks on 45 ... 50° C ümber, üksikjuhtudel isegi 60° C. Temperatuuri alanemisel fermentide aktiivsus langeb, kuid nad ei lagune isegi väga madalal temperatuuril (ca −180 ... −190° C).

Keskkonna reaktsioon avaldab fermentide aktiivsusele suurt mõju. Igaühel neist on oma vesinikuioonide optimaalne kontsentratsioon alumise ja ülemise piiriga, mille ületamisel nad kas inaktiveeruvad või lagunevad täiesti. Erisugustes reaktsioonides on fermendid erineva dispersiooniastmega, neil on erinev pindaktiivsus ja nad katalüseerivad erineva kiirusega orgaaniliste ainete muundumist elusprotoplasmas.

KALAKUDEDE STRUKTUUR

Kala organism koosneb elunditest, mis täidavad mingit funktsiooni. Elundid kogusummas moodustavad organismi süsteemid: luustiku, seedetrakti, vereringe jne.

Elundid on keeruka ehitusega organismiosad, nende koostisse kuuluvad koed, mille elavelementideks on rakud. Niisiis on rakk elavorganismi struktuuriüksus.

Kalade organismis on: katte- ehk epiteel-, side-, lihas- ja närvikude.

Epiteelkude soodustab ainevahetust organismi ja väliskeskkonna vahel ning täidab kaitsefunktsiooni osa väliskeskkonna ebasoodsa toime vastu. See kude koosneb üksteisega tihedalt külgnevatest lamedatest või silindrilistest rakkudest. Mõned epiteelkoerakud, mida nimetatakse näärmerakkudeks, eritavad lima, mis katab kogu kala keha.

Epiteelrakud hävivad pidevalt väliskeskkonna toimel ja neil on hea regeneratsioonivõime.

Sidekude täidab kalakeha kõigi pehmete osade tugisüsteemi funktsioone. Sidekoerakud moodustavad kala skeleti — luud, kõhrluud, kurrud, millele toetuvad kõik siseorganid. Sidekoerakud on üksteisest eraldatud rakkudest erituva rakkudevahelise ainega; rakk on harilikult nibu või tähe kujuline.

Lihaskoerakud moodustavad lihaseid ehk kala liha. Lihased täidavad organismis liigutusfunktsiooni, kuna nad koosnevad rakkudest, mis on võimelised lühenema ja pikenema. Tehakse vahet sile- ja vöötlihaskoe vahel. Silelihaskude koosneb värtnakujulistest rakkudest, mis on tihedasti ühendatud ükstei-

sega rakkudevahelise aine õhukeste kihtide abil. Niisugustest rakkudest on ehitatud siseelundid — soolestik, veresooned jne. Vöötlihaskude koosneb kiududest, mis kujutavad keerukamaid moodustisi kui rakud ja vastavad rakkude suurele arvule. Vöötlihaskiududel on pikaks venitatud sigari kuju, nad koosnevad õhukestest kiukestest, mida nimetatakse müofibrillideks. Müofibrillid on karakteerselt triibulised — ristvöötmelised. Kiud on kaetud kestaga, kiudude vahel aga paikneb sidekude. Lihased on seotud skeletiluudega sidekõõluste abil.

Närvikude täidab väliskeskkonna toimest meeleorganitele tekkinud erutuse kehas edasikandja funktsiooni. Ta koosneb üsna suurtest jätketega närvirakkudest. Närvirakkude jätked — närvikiud — on tavaliselt kaetud kestaga, mis lahutab kiudusid üksteisest. Närvirakku ühes kõigi jätketega nimetatakse neuroniks.

Loomaorganismi rakkudel on mitmekesine ehitus. Nende mõõtmed on reeglina 0,01 ... 0,1 mm piires. Rakud omandavad toitaineid vaid ümbritsevast vedelast keskkonnast, nad hingavad, eritavad töödeldud aineid, paljunevad. Kuid millise kujuga loomne rakk seoses tema erifunktsiooniga ka ei oleks, alati kuuluvad tema koostisse protoplasma, tuum ja rakukest. Loomse raku kest on väga õhuke, oma keemilise koostise poolest ei erine ta protoplasmast ja on tegelikult ainult protoplasma pinnatihendus.

Protoplasma koostisse kuuluvad keemilised elemendid, millest eriti oluline on märkida hapnikku, süsinikku, vesinikku, lämmastikku, väävlit, fosforit, rauda, kaaliumi, naatriumi, kaltsiumi, magneesiumi ja kloori. Kõik need elemendid kas omaette või kombinatsioonis muude elementidega moodustavad eespool vaadeldud kolm rühma keemilisi ühendeid — valgud, rasvad ja süsivesikud.

KALADE GEOMEETRILINE KUJU

Kala keha on kujult väga mitmekesine ja tavaliselt on ühe või teise kala kuju tingitud keskkonnast ja tingimustest, milledes kala elab. Kalad, kes sooritavad pikki rändeid ning ületavad tugevaid hoovusi ja koski, peavad omama kuju, mis soodustab kiiret liikumist vees. Nende kalade hulka kuuluvad pelamiid, hailased, stauriid, skumbria, tuunikala jt. Mõned kalad ei läbi küll pikki teid, kuid teevad vajalikul momendil väga kiireid liigutusi, et kätte saada varitsetud saaki. Selliste kalade keha on pikk, ühtlaselt ümarik ja terava esiosaga.

Põhjakaladel, näiteks raikaladel ja lestal on keha lamendunud — raikaladel ülalt alla, lestal kokku surutud külgedelt, silmad asetsevad asümmeetriliselt, mõlemad keha ühel poolel — kas selja või küljepoolel. Need kalad on loomulikult kiireks liikumiseks vähem kohased. Tervete kalade töötlemisel külmaga on

nende kehakuju üheks tähtsaks teguriks, mis määrab teiste võrdsete tingimuste juures jahutamise ja külmutamise dünaamika kala keha üksikutes osades ja töötlemise protsessi kestuse. Kalade kehakuju suurest mitmekesisusest võib eraldada järgmised peamised kujud, millel on tööstuslik tähtsus: torpeedo- või värtnakujuline, nooljas, lame, angerjataoline.

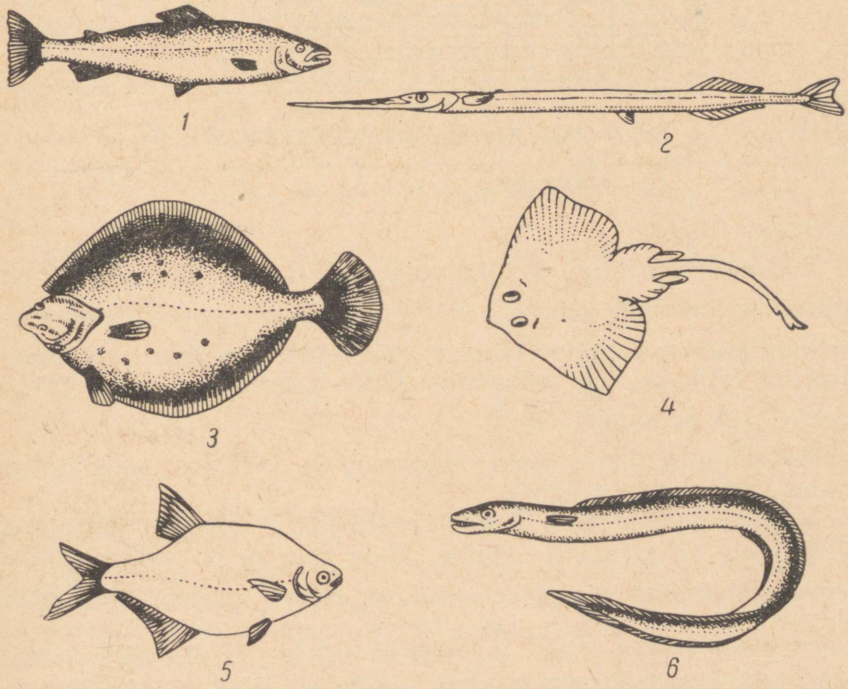
Torpeedo- või värtnakujulise kala kere on eest jäme, tagant läheb teravaks ja külgedelt on kergelt kokku surutud; läbimõõt peaaegu võrdub kõrgusega (haid, makrelllased, lõhilased, heeringlased, tursklased).

Nooljad — kala keha on pikk, kogu pikkuses peast kuni seljauimedeni (paiknevad selja tagaosas) ühtlase kõrgusega (haug, tuulehaug).

Lamedad — kalal on kas keha külgedelt kokku surutud, kõrge, silmad paigutatud asümmeetriliselt (lestlased) või keha on kokku surutud ülalt alla, kõrgus väike (raikalad, merikurat jt.). Samasse rühma tuleb arvata ka latikakujulised kalad.

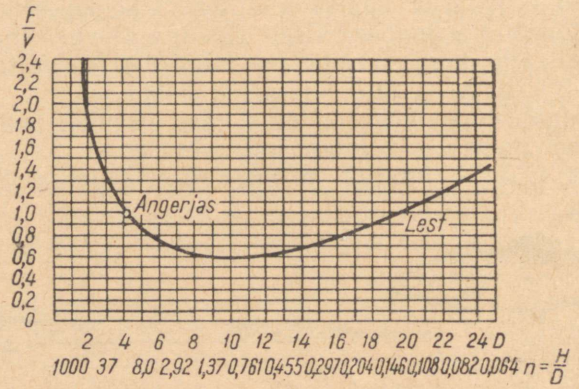
Angerjataolised — keha on pikk nagu ussidel. Sellise kujuga kalad ujuvad nagu ussid (angerjad, silmud).

Joonisel 1 on kujutatud mitmesuguse geomeetrilise kujuga kalu.



Joon. 1. Mitmesuguse geomeetrilise kujuga kalad:
1 — lõhe, *2* — tuulehaug, *3* — lest, *4* — raikala, *5* — latikas, *6* — angerjas.

Geomeetrilise kujuga on seotud kala e r i p i n d ehk välispinna suhe kala mahuga. Angerjataolised kalad on väga sarnased kõrge ja väikese läbimõõduga silindriga, samal ajal võib ka lesta teatava lähendusega lugeda silindriliseks, kuid selle silindri kõrgus on tähtsusetu, läbimõõt aga suur. Neil kahel äärmisel juhul on suhe $n=\frac{H}{D}$ üsna erinev ja see on angerjate puhul $n=10\ldots20$, lesta puhul $n=0{,}1$ (H on siin silindri kõrgus, D — silindri läbimõõt). On ilmne, et seda liiki kaladel on välispinna ja mahu suhe minimaalne $n=1$ juures või tingimusel, et $H=D$. Sõltuvus D, n ning välispinna ja mahu suhte vahel 780 g raskustel kaladel on kujutatud joonisel 2.



Joon. 2. Kala pinna ja mahu suhte kõver.

Joonisest 2 nähtub, et tingimusel, kui $H=D=10$ cm ja järelikult $n=1$, saavutab suhe $\frac{F}{V}=0{,}6\,\frac{1}{\text{cm}}$ miinimumi; seejuures on miinimumi piirkonnas kõver lame. n väärtuse suurenemisel või vähenemisel välispind ühe mahuühiku kohta suureneb. Näiteks $n=14$ ja $n=0{,}125$ puhul $\frac{F}{V}=1\,\frac{1}{\text{cm}}$.

Kerakujulisi kalu, keda iseloomustab väiksem pind antud mahu juures, esineb harva.

Paljude kalade kuju kaldub silindrilisest kõrvale, lähenedes elliptilisele või ovaalsele kujule. Mida suurem on kala ristlõike kõrvalekaldumine ringist, seda suurem suhe $\frac{F}{V}$ iseloomustab neid sama kaalu juures. Suhte $\frac{F}{V}$ suurem väärtus on soodsaks eelduseks kala töötlemisel külmaga, kuna sel juhul intensiivistub soojuse äraandmine; toodangu säilitamiseks on aga soodsam

suhte $\frac{F}{V}$ väiksem väärtus, kuna sellega väheneb niiskuse eraldumine tootest ümbritsevasse keskkonda.

Loomulik varisemisnurk on nurk horisontaalpinnale vabalt puistatud kalahunniku kaldpinna ja aluse vahel. Loomulik varisemisnurk oleneb kala liigist ja seisukorrast. See sõltuvus on näha tabelis 2 toodud andmetest.

Tabel 2

Kala nimetus	Loomulik varisemisnurk (kraadides) sõltuvalt kala seisukorrast			
	külmutatud	elus	äsjasurnud	soolatud
Vobla	51	34	37,5	27
Latikas	30	15,5	17	30
Koha	59,5	—	34	—
Sasaan	51,5	24	34	—

Kala liugenurk on nurk kaldpinna, millel kala on liugumise hetkel, ja horisontaalpinna vahel. Liugenurga järgi võib kindlaks määrata hõõrdeteguri, milleks on vaja teada selle nurga tangensit. Tabelis 3 on toodud hõõrdetegurid külmutatud kala jaoks erisugustes tingimustes.

Tabel 3

Kala nimetus	Hõõrdetegur		
	kuiv puit	kuiv raud	kuiv kummeeritud konveierilint
Vobla	0,34 ... 0,55	0,27 ... 0,47	0,34 ... 0,60
Latikas	0,45 ... 0,60	0,36 ... 0,58	0,38 ... 0,55
Koha	0,45 ... 0,58	0,40 ... 0,47	0,45 ... 0,58
Sasaan	0,55 ... 0,67	0,34 ... 0,49	0,51 ... 0,58

KALA FÜÜSIKALISED OMADUSED JA SOOJUSLIK SEISUND

Kala külmutusprotsesside vaatlemisel on tähtsamateks kala füüsikalisi omadusi ja soojuslikku seisundit iseloomustavateks teguriteks tihedus, erikaal, temperatuur, erisoojus, entalpia, soojusjuhtivus ja temperatuurijuhtivus.

Allpool on toodud katselisel teel (temperatuuris 15° C) saadud terve kala, roogitud kala ja kala üksikute osade erikaalu suurus.

Raamatukogu
Nr. 55790

Kala ja tema osade nimetused	Erikaal g/cm³
Terve kala:	+15°C juures
sasaan	0,987
koha	0,987
Roogitud kala:	
sasaan	1,082
Koha üksikud osad:	
liha selja peapoolsest osast	1,065
liha kõhu peapoolsest osast	1,061
liha kõhu sabaosast	1,049
nahk soomusteta	1,119
nahk soomustega	1,216

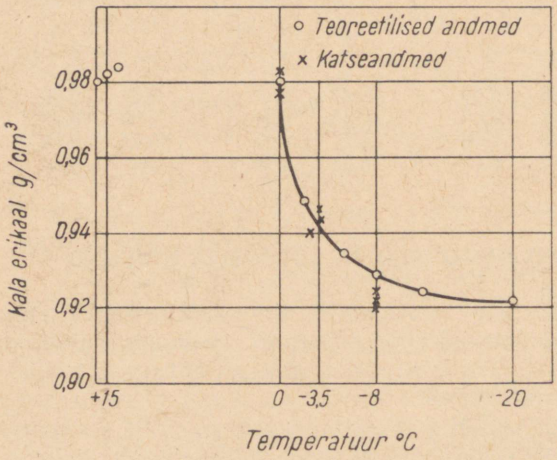
Nendest andmetest nähtub, et roogitud kala erikaal ujupõie ja teiste siseelundite eemaldamise tõttu suureneb ning ligineb kala-liha erikaalule.

Külmutamisel kala maht muutub ja see põhjustabki erikaalu muutumise. Seda on näha järgmistest terve sasaani uurimisel saadud andmetest:

Kala temperatuur °C	Kala erikaal g/cm³
+15	0,987
—3,5	0,944
—8,0	0,928

Külmutatava kala erikaalu muutumise võib välja arvutada ka teoreetiliselt, kui on teada mahu suurenemine vee jääks muutumisel ja kala kudedes moodustuva jää hulk.

Terve kala erikaalu muutumine sõltuvalt temperatuurist on näidatud joonisel 3.



Joon. 3. Terve kala erikaalu sõltuvus temperatuurist.

Külmutamata kala keskmiseks erikaaluks võib lugeda 1010 kg/m³.

Temperatuur on üheks tähtsamaks kala seisundi parameetriks. Rahvusvahelise sajakraadilise temperatuuriskaala järgi, mis võeti tarvitusele 1933. a. ja on ka NSV Liidus rakendatud, on intervall jää sulamistemperatuuri ja vee keemistemperatuuri vahel 1 atm rõhu juures 100° C.

Rahvusvaheline temperatuuriskaala ühtib kraadivahemikkude suuruse järgi suure täpsusega temperatuuride termodünaamilise skaalaga, mis rajaneb termodünaamika põhiseadustel, ning selle skaala järgi fikseeritakse temperatuur —273,16° C absoluutse nullina, suurust $T=273{,}16+t°$ aga nimetatakse absoluutseks temperatuuriks.

Erisoojust mõõdetakse soojushulgaga, mida on vaja anda keha massiühikule tema soojendamisel 1 deg võrra või ära võtta kehalt tema jahutamisel 1 deg võrra. CGS-süsteemis mõõdetakse erisoojust ühikutega: erg/g deg — erisoojus; erg/mol deg — molekulaarne erisoojus.

Sageli kasutatakse mahulise erisoojuse mõistet, mis kujutab enesest vajalikku soojushulka antud aine mahu soojendamiseks 1 deg võrra. Sama CGS-süsteemi järgi mõõdetakse mahulist erisoojust erg/cm³ deg.

Praktikas on kõige enam levinud erisoojuse mõõtmine soojusühikutes vastavalt cal/g deg; cal/mol deg; cal/cm³ deg jne.

Kala erisoojus sõltub peamiselt veesisaldusest ja temperatuurist. Kuni 0° C jahutatud kohaliha erisoojuse keskmine väärtus on katseandmeil 0,845 kcal/kg deg. Kala erisoojuse tehniliseks arvutuseks võib kasutada järgmist valemit:

$$c_k = c_v W + c_{ka} n,$$

kus c_k — kala erisoojus, kcal/kg deg,
c_v — vee erisoojus, kcal/kg deg,
W ja n — vee ja kuivaine suhteline sisaldus, %-des,
c_{ka} — toote kuivaine erisoojus, kcal/kg deg.

Katseandmeil on kala kuivaine erisoojus võrdne 0,334 kcal/kg deg, jahutatud kala lihaskoe erisoojus aga 0,839 kcal/kg deg. Kala külmutustöötlemisel on suurima praktilise tähtsusega erisoojuse määramine temperatuurivahemikus 0 ... —5° C, kuna selles vahemikus eraldub kalast suurim hulk vee külmumissoojust. Temperatuuris alla —25° C avaldab vee külmumise protsess kala erisoojusele tähtsusetut mõju. Külmutatud kala (kui kala temperatuur on alla —25° C) lihaskoe erisoojuseks võib võtta 0,440 kcal/kg deg.

Entalpia on keha soojusliku oleku funktsioon ja väljendab soojushulka, mis peab olema antud kehale või võetud temalt, et

teda viia algolekust üle antud olekusse. Kala entalpia määratakse erisoojuse ja külmumissoojuse kaudu. Eri kalaliikide erisuguse keemilise koostise tõttu ei ole ka nende entalpia väärtus (i kcal/kg) ühesugune. Kõikides kala külmaga töötlemise protsessides on tähtis teada mitte absoluutse entalpia väärtust, vaid ainult entalpia muutust, s. o. kalorite hulka, mille võrra muutub soojushulk kalas tema töötlemisel külmaga. Kõrgemal kui 0° C ja allapoole külmumispunkti on kala entalpia väga erinev. Nullist kõrgemas temperatuuris sõltub kala entalpia muutus tema erisoojusest ja kala temperatuuri muutusest, s. o.

$$\Delta i_1 = c_k \Delta t = c_k (t_1 - t_2) \text{ kcal/kg},$$

kus Δi_1 — entalpia muutus temperatuuril $t_1 \ldots t_2$,
c_k — kala erisoojus kcal/kg deg,
t_1 — kala algtemperatuur, °C,
t_2 — kala lõpptemperatuur, kusjuures $t_2 \geqslant 0°$ C.

Entalpia muutumine kala külmutamise protsessis, s. o. nullist madalamal temperatuuril, koosneb järgmistest kalalt võetavatest soojushulkadest: a) kala mittekülmunud osa jahutamine ja b) kalakudedes oleva vee osaline külmumine ja tekkinud jää järgnev jahutamine. Seda entalpia muutust võib väljendada järgmise valemiga:

$$\Delta i_2 = W\omega r + W\omega c_j (t_m - t_1) + (1 - \omega) W c_m (t_m - t_1) + \\ + (1 - W) c_{ka} (t_m - t_1),$$

kus W — veesisaldus kalas, kg/kg,
ω — külmunud vee suhteline kogus külmutamise lõpptemperatuuril,
r — külmumissoojus, kcal/kg,
c_j — jää erisoojus, kcal/kg deg,
t_m — kala mahlade külmumise temperatuur, °C,
t_1 — kala lõpptemperatuur, °C,

Kala ja kalasaaduste nimetus	Entalpia kcal/kg								
	—20	—18	—15	—12	—10	—8	—5	—3	—1
Lahja koha	0	1,2	3,4	5,9	8,0	10,4	15,3	21,3	50,7
Rasvane sevrjuuga	0	1,2	3,4	5,8	7,8	10,1	14,7	20,4	47,7
Kalafilee (tursk)	0	1,3	3,5	6,1	8,3	10,9	16,0	22,4	53,7

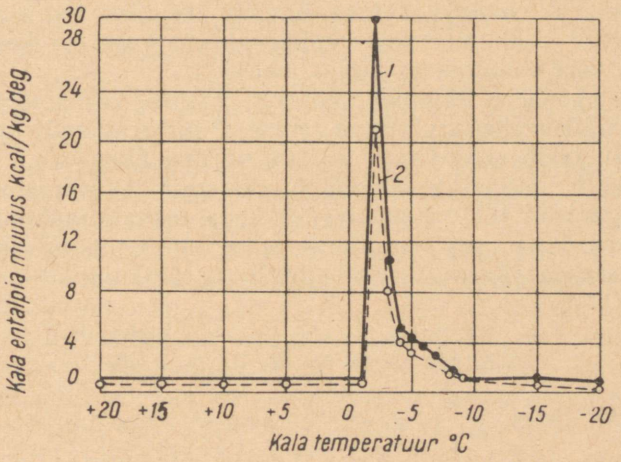
c_m — lihaste mahla erisoojus, kcal/kg deg,
c_{ka} — kala kuivaine erisoojus, kcal/kg deg.

Kala külmunud veekoguse võib arvutada järgmise G. B. Tšižovi valemiga:

$$\omega = \frac{A}{1 + \frac{B}{\lg t_1}},$$

kus ω — külmunud veekogus t_1 juures.
A, B — koefitsiendid, mille väärtus on vastavalt 110,5 ja 0,31.

Kala entalpia muutus on teatud sõltuvuses külmaga töötlemise staadiumist. Eriti tunduvalt muutub entalpia temperatuuri-



Joon. 4. Kala entalpia muutumine:
1 — lahjal kalal, veesisaldus 80%; *2* — rasvasel kalal, veesisaldus 60%.

Tabel 4

temperatuuril °C										
0	+1	+3	+5	+7	+10	+12	+15	+17	+20	+25
63,5	64,4	66,1	67,7	69,4	71,9	73,6	76,1	77,8	80,3	84,5
59,5	60,4	62,0	63,6	65,2	67,7	69,3	71,8	73,4	75,8	79,9
67,3	68,2	69,9	71,7	73,4	76,0	77,8	80,4	82,1	84,8	89,1

vahemikus —1 . . . —2° C. See muutus on vähem märgatav temperatuuril alla —8° C, kuna siis on koevedeliku peamine mass juba jäätunud ja entalpia muutub mitte jää tekkimise, vaid peamiselt erisoojuse arvel, mis külmutatud kalal on peaaegu kaks korda väiksem kui jahutatud kalal.

Joonisel 4 on toodud kala entalpia muutus temperatuuri langemisel 1 deg võrra.

Tabelis 4 on toodud kala ja kalafilee entalpiate väärtused, kusjuures erisoojus —20° C juures on võetud 0.

Tabeli 4 andmete järgi võib kiiresti määrata külmakulu kala ja kalasaaduste külmutamisel antud temperatuurivahemikus.

Soojusjuhtivus. Ebaühtlaselt soojendatud kehas ehk teiste sõnadega, kui on olemas temperatuuri gradient, tekib alati soojusvool kõrgema temperatuuriga kihist madalama temperatuuriga kihi poole. See soojusvahetuse liik on tingitud soojuse ülekandest vahetult kokkupuutuvate kehaosakeste vahel ja kestab temperatuuri võrdsustumiseni kogu kehas.

Soojusjuhtivuse ühikuks võetakse sellise keskkonna soojusjuhtivus, milles ühega võrduva temperatuurigradiendi juures läbi pinnaühiku tekib soojusvool, mis on võrdne ühega.

Järelikult väljendab soojusjuhtivustegur λ soojushulka, mis ajaühiku jooksul läbib homogeense keha tasapinnaühiku paksusühiku võrra, kusjuures kehapinna temperatuur muutub üks kraad.

Kasutatakse järgmisi soojusjuhtivuse ühikuid:

$$\frac{\text{erg}}{\text{cm sec deg}}, \quad \frac{\text{cal}}{\text{cm sec deg}}, \quad \frac{\text{kcal}}{\text{m h deg}},$$

SI-süsteemi järgi $\frac{\text{W}}{\text{m deg}}$.

Tegur λ sõltub produkti koostisest, struktuurist, erikaalust ja temperatuurist ning ta avaldab olulist mõju produkti külmaga töötlemise kestusele.

Kala soojusjuhtivus temperatuuril +30 . . . 0° C muutub niivõrd tähtsusetult, et selle muutuse võib tehnilistes arvutustes jätta tähele panemata. Jahutatud kala soojusjuhtivus, mis määrati kindlaks katsetega, oli kohal 0,403 . . . 0,421 kcal/m h deg, tursal 0,396 kcal/m h deg, latikal 0,405 kcal/m h deg. Ligikaudselt võib seda arvutada ka asendustehtega ja nimelt:

$$\lambda = \lambda_0 W + \lambda_1 n,$$

kus λ — kala soojusjuhtivustegur,
λ_0 — vee soojusjuhtivustegur, $\lambda_0 = 0{,}52$,
λ_1 — kala kuivaine soojusjuhtivustegur, $\lambda_1 = 0{,}22$,
W ja n — vastavalt vee- ja kuivainesisaldus kalas.

Kala külmutusprotsessi arvutuseks on tähtis teada külmunud kala soojusjuhtivustegurit, eriti temperatuurivahemikus krüoskoopilisest punktist kuni −20° C. Kuid just selles vahemikus toimub kalas intensiivsem vee agregaatoleku muutumine ja sellepärast mõjub kala temperatuuri alandamise iga kraad tunduvalt kala soojusjuhtivusteguri väärtusele. Järelikult on väga raske katselisel teel täpselt määrata soojusjuhtivusteguri sõltuvust nimetatud vahemiku piirides.

Jää soojusjuhtivustegur $\lambda = 2{,}07$ kcal/m h deg on ligi neli korda suurem vee soojusjuhtivustegurist (0,52) ning sellepärast on külmutatud kala soojusjuhtivus vastavalt suurem kui jahutatud kalal.

Katsetel leiti, et kala (täpsemalt defrosteeritud kohafilee) soojusjuhtivustegur on umbes −1-kraadisel temperatuuril 0,522 kcal/m h deg, −2° C juures $\lambda = 0{,}638$ ja umbes −4,5° C juures $\lambda = 0{,}94$. Temperatuuril −30° C võrdub kohaliha soojusjuhtivustegur ligikaudu 1,5 kcal/mh deg.

Kala soojusjuhtivustegur külmumispiiril on mõnevõrra suurem jahutatud kala soojusjuhtivustegurist. Kala temperatuuri langemisel kuni −4,5° C suureneb soojusjuhtivustegur võrreldes jahutatud kala soojusjuhtivusteguriga kahekordseks. Kogu külmutamisprotsessi jaoks kasutatakse arvutustes sageli keskmist soojusjuhtivustegurit, mis kõigub 1 . . . 1,2 kcal/m h deg piires. Kuid tuleb silmas pidada, et kui seda väärtust kasutataksegi tehnilistes arvutustes, siis kehtib see temperatuuri kohta, mis ei ole kõrgem kui −10° C, s. o. selle momendi kohta, kui suurem kogus koevett on jääks muutunud. Ei tohi unustada, et kala soojusjuhtivus muutub koos temperatuuriga ja et sellepärast iseloomustab iga kalakihti temale omane soojusjuhtivustegur, mis sõltub kihis olevast jääkogusest.

Soojusvool kala külmutamisel läbi kala keha ja üksikute kihtide on keerukas protsess, mis äärmiselt raskendab täpse λ leidmist temperatuurivahemikus 0 . . . −20° C.

Temperatuurijuhtivus iseloomustab temperatuurigradiendi tasandumist kehas. Temperatuurijuhtivustegur a iseloomustab temperatuuri ühtlustumise kiirust ebaühtlaselt soojendatud kehas.

Temperatuurijuhtivustegur a määratakse temperatuuri tõusuna ajaühikus, kui gradiendi muutumine pikkusühiku kohta võrdub ühega.

Temperatuurijuhtivus, soojusjuhtivus, erisoojus ja erikaal on omavahel järgmises vahekorras

$$a = \frac{\lambda}{c\gamma} \text{ m}^2/\text{h},$$

kus λ — soojusjuhtivustegur, kcal/m h deg,

c — erisoojus, kcal/kg deg,
γ — erikaal, kg/m³.

Vastavalt sellele vahekorrale näitab temperatuurijuhtivustegur a antud aine mahuühiku temperatuuri tõusu, kui sellele ainele anda soojushulk, mis arvuliselt võrdub tema soojusjuhtivusega. Kalaliha temperatuurijuhtivustegur suureneb koos soojusjuhtivusteguri suurenemisega ning erikaalu ja erisoojuse vähenemisega.

Kala temperatuurijuhtivust a iseloomustab tema temperatuuri muutumise kiirus jahutamisel või soojendamisel. Mida suurem on temperatuurijuhtivustegur, seda kiiremini muutub jahutamisel või soojendamisel temperatuur kalas. Kala temperatuurijuhtivustegur on jahutamisprotsessis peaaegu püsiv, kuid külmutamisel muutub tunduvalt. See on seletatav sellega, et ainult temperatuurivahemikus alates 30° C kuni külmumispunktini ei muutu soojusjuhtivuse, erisoojuse ja erikaalu väärtused peaaegu üldse, samal ajal aga temperatuuril allpool külmumispunkti muutuvad need parameetrid tunduvalt isegi kala temperatuuri väikese muutumise puhul.

Kalaliha temperatuurijuhtivustegur temperatuuril 40 kuni 0° C on toodud tabelis 5.

Tabel 5

Toote nimetus	γ kg/m³	c kcal/kg deg	λ kcal/m h deg	a m²/h
Kalaliha (esimene)	1050	0,83	0,327	0,000375
Kalaliha (teine)	1050	0,83	0,412	0,000473

Arvutustes on a väärtus määratud valemiga

$$a = \frac{\lambda}{c\,\gamma},$$

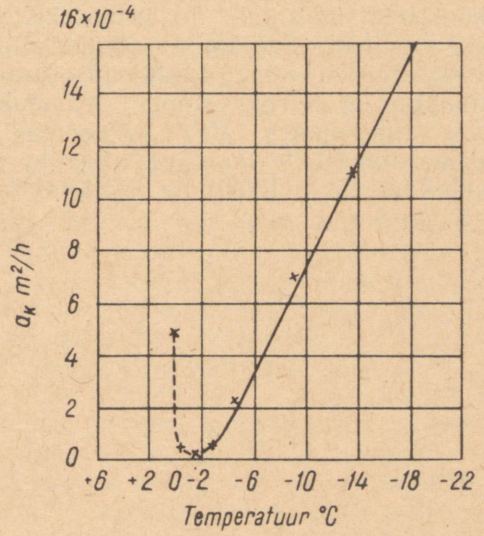
näiteks $a = \frac{0{,}327}{1050 \cdot 0{,}83}$ 0,000375 m²/h.

Külmutatud kala temperatuurijuhtivusteguri kindlaksmääramist arvutamise teel raskendab vastavate andmete puudumine.

Kohaliha katseliselt saadud temperatuurijuhtivustegureid temperatuurivahemikus 0 ... −21,2° C iseloomustavad järgmised andmed.

Temperatuurivahemik (°C) milles toimus teguri a määramine	$\frac{a}{m^2/h}$
0,0 ... —1,2	0,000054
—1,2 ... —2,1	0,000037
—2,1 ... —3,8	0,000064
—3,8 ... —6,8	0,00022
—6,8 ... —11,1	0,00068
—11,1 ... —15,8	0,0011
—15,8 ... —21,8	0,0016

a väärtusi temperatuurivahemikes 0 ... —1,2° C, —1,2 ... ... —2,1° C ja —2,1 ... —3,8° C ei tohi nähtavasti lugeda küllalt täpseks, mis on seletatav kalaliha füüsikaliste omaduste väga suurte muudatustega neil temperatuuridel. Kalaliha temperatuurijuhtivusteguri sõltuvus temperatuurist on näidatud joonisel 5.



Joon. 5. Kalaliha temperatuurijuhtivuse teguri sõltuvus temperatuurist.

Graafikust nähtub, et a on vähima väärtusega temperatuuris —1 kuni —3° C ja umbes —8° C juures võrdub a jahutatud kala temperatuurijuhtivusteguriga ning lõpuks temperatuuril —20° C suureneb a väärtus võrreldes jahutatud kalaga kuni kolm korda.

Liha konsistentsi järgi võib otsustada antud toiduaine kvaliteedi üle.

Jahutatud kala konsistents määratakse kindlaks liha elastsuse järgi, mille muutumine võib näidata surmajärgsete muutuste

astet ja järelikult ka kala võimalikku säilitamiskestust. Katsed näitavad, et kalaliha elastsus tõuseb kohe pärast kala surma kuni teatud maksimumini, mis on seotud kala surmajärgse kangestuse staadiumiga. Hiljem elastsus väheneb.

Külmutatud kala konsistentsi määrab liha kõvadus; konsistentsi muutumine on seotud kala külmumis- (või sulamis-) astmega kalakeha erisuguse temperatuuri juures. Madalamal temperatuuril jäätub kala kudedes suur osa veest ja järelikult kala kõvadus tõuseb. Nii jahutatud kala elastsus kui ka külmutatud kala kõvadus määratakse spetsiaalsete tareeritud aparaatidega — konsistomeetritega — raskuse või jõu järgi, millega surutakse teatud läbimõõduga kerakesele või teatud mõõtmetega tõmbile nõelale. Kerakesega tekitatud lohu ja tõmbi nõela lihasse sissetungimise sügavuse järgi standardse raskuse toimel teatud ajavahemiku kestel võib otsustada külmaga töödeldud kalasaaduste konsistentsi üle.

Aparaate konsistentsinäitajate määramiseks võib kasutada mitte ainult kala kvaliteedi hindamiseks tema külmaga töötlemisel ja säilitamisel, vaid ka külmaga töötlemise protsesside (jahutamine, külmutamine ja defrosteerimine) vahetuks kontrollimiseks tööstuslikes tingimustes. Peale katsetega läbiproovitud vedru- ja kolbkonsistomeetrite on väga ahvatlev piesoelektrilise efekti kasutamine kompaktse, töökindla ja näitajate poolest täpse konsistomeetri loomiseks.

II PEATÜKK

MADALA TEMPERATUURI MÕJU MIKROORGANISMIDELE JA SURMAJÄRGSED MUUTUSED KALAS

MIKROORGANISMID JA NENDE ELUTEGEVUSE TINGIMUSED

Toiduainete riknemise peamisteks tekitajateks on bakterid, pärm ja hallitus.

Bakterid on suur rühm mikroskoopilisi ja enamikul juhtudel üherakulisi klorofüllita mikroorganisme. Bakterirakk omab kesta. Raku põhimassiks on tsütoplasma — läbipaistev, viskoosne ja värvitu mass, mis täidab rakku. Tsütoplasma koosneb orgaanilistest ja anorgaanilistest ühenditest; tsütoplasma tähtsaim osa on valkained. Oletatakse, et bakterirakul on olemas tuum, kuid muutlikus vormis. Peale tuuma on tsütoplasmas avastatud rasva, glükogeeni ja väävlit, pigmenditeri ja mõningaid teisi koostisosi.

Kuju järgi jagunevad üherakulised bakterid kolme põhirühma. Kokid — korrapärased kera- või ellipsoidikujulised. Neid jaotatakse olenevalt üksikute rakkude vastastikusest asetusest mikrokokkideks, diplokokkideks, streptokokkideks ja sartsiinideks.

Kepikujulised bakterid — meenutavad kujult silindrit, mille otsad on kas tasased, ümarad või teravdatud. Kepikujulised bakterid jagunevad eostuvaiks ja mitteeostuvaiks.

Kruvibakterid — rohkem või vähem kooldunud kujuga. Kergelt kooldunud kepikesi nimetatakse vibrioonideks. Rakke, mis meenutavad kujult S-tähte, nimetatakse spirillideks, ning paljude keerdudega peenikesi niite spiroheedideks.

Enamiku bakterite pikkus või läbimõõt on 0,2 . . . 3,0 mikronit. Kerasbaktereid läbimõõduga 1 mikron mahub 1 cm^2-le sada miljonit, aga 1 cm^3-sse üks triljon.

Pärm on struktuuri poolest põhiliselt sarnane bakteritega. Pärmirakk on bakterirakust suurem. Mõned rakud kasvavad 10 mikroni suuruseks. Pärmirakud on kera-, silindri-, ellipsoidi- jt. kujulised.

Raku kest on võrdlemisi paks. Peale tuuma, mille olemasolus pole kahtlust, on tsütoplasmas avastatud mitmesuguseid suletisi: glükogeeni, rasva ja metakromaatilisi teri.

Hallitusseened on võrreldes bakterite ja pärmiseentega keerulisemad mikroorganismid. Nad koosnevad põimunud seeneniitidest — hüüfidest, mis moodustavad mütseeli.

Hallitusseened, millel seeneniidid on jaotatud põikivahedega üksikuteks rakkudeks, kuuluvad paljurakuliste taimede hulka, aga hallitusseened, millel ei ole hüüfides vaheseinu ja kogu mütseel kujutab endast üht rakku, kuuluvad üherakuliste taimede hulka.

Enamikul juhtudel ei sisalda kalaliha kohe pärast püüki mikroorganisme, kuid kalaliha limane pind, lõpuste pind ja seedetrakti sisepind ei ole steriilsed ja on bakterite allikaks, mis levivad kala kudedes pärast tema surma.

Kalade pinnalt on leitud suur hulk bakterivorme, pärmi ja mitut liiki hallitusseenebaktereid.

Paljude teadlaste andmetel on kalade pinnal kõige enam levinud bakteriteks *Bact. fluorescens liquefaciens, Proteus vulgaris* ja *Bact. coli.*

Haiged kalad riknevad pärast surma märksa kiiremini, sest paljud kalahaiguste tekitajad on fakultatiivsed saprofüüdid. Niisugused on näiteks *Bact. punctatum*, kelle mõned liigid on karpkalade punetise ja vesitõve tekitajateks, *Bact. pyocyaneum*, *Bact. fluorescens liquefaciens* ja *Bact. putidum*, kes tekitavad kas iseseisvalt või tüsistavad mitmesuguseid haigusi üksikutel kalaliikidel.

Tööndusliku kalade hulgas levinumateks nakkushaigusteks, mis omavad tähtsust kala säilitamisel ja töötlemisel, on furunkuloos ja karpkalade punetis. Ehkki need haigused on kohalikud (punetus, haavandid, paistetused), tungivad bakterid harilikult organismi kõikidesse osadesse ning neid leidub veres ja siseorganites. Kala peal võivad areneda ajutiselt säilides või riknemisprotsessidest osa võttes ka mitmesugused patogeensed vormid. Nendest nakatatud kala on ohtlik tarbida: ta võib olla nakkuse levitajaks ja temasse võivad koguneda toksiinid. Toksiinide kogunemisel etendab eriti tähtsat osa kalamürgi bakter, kes on *Bact. botulinus*'e grupi esindaja.

Mikroorganismide arenemine ja nende elutegevus sõltuvad ümbritseva keskkonna füüsikalis-keemilistest tingimustest, mille peamisteks teguriteks on niiskus, lahuse kontsentratsioon (kui lahus on ümbritsevaks keskkonnaks), keskkonna reaktsioon ja keemiline olemus, valgus, mehhaanilised mõjutused, temperatuur jt. Mikroorganismid imavad toiteaineid vedelal kujul, sest ilma esialgse lahustumiseta vees ei saa toitained difundeeruda mikroobi rakku. Eriti vajalik on vesi bakteritele ja pärmile, need võivad paljuneda kala pinnal ainult vee või niiske substraadi olemasolu korral, hallitus aga võib areneda väiksema niiskuse juures.

Kui mikroorganisme ümbritsevaks keskkonnaks on lahus, siis avaldab suurt mõju nende elutegevusele lahuse kontsentratsioon.

Kontsentreeritud soolalahused mõjuvad küll paralüseerivalt mikroorganismidele, kutsudes nendes esile plasmolüüsi nähte, kuid nad ei surma mikroobide rakke otsekohe ja paljudel juhtudel on need koguni võimelised arenema. Mikroorganismide elutegevus kulgeb keskkonna teatud reaktsiooni juures ja selle näitaja isegi tähtsusetu muutumine mõjutab tunduvalt nende elulisi protsesse. Keskkonna ühes reaktsioonis säilitavad plasmakolloidid dispersse oleku, teises aga koaguleeruvad. Paljud ained isegi üliväikeses koguses pidurdavad mikroorganismide arenemist ning annuse suurenemisel surmavad neid. Kuigi eri bakterirühmadel on erisugune tundlikkus ühtede ja samade ainete suhtes, on keemiliste mürkide toime aluseks bakteritele siiski ainete ja protoplasma vahelised keemilised reaktsioonid.

Harilikult arenevad bakterid (välja arvatud väike rühm) pimedas. Bakteritele avaldavad hävitavat toimet lühilainelised ja suurima fotokeemilise toimega kiired (ultraviolettkiired ning spektri violetne ja helesinine osa). Valguse hävitava toime põhjuseks on fotokeemilised oksüdeerumisprotsessid, mis tekivad bakterirakkude protoplasmas.

Ultraviolettkiirte toime osutub hävitavaks ainult teatud annuse ja teatud mõjukestuse korral. Ultraviolettkiirte bakteritsiidseid omadusi on hakatud juba praktilises töös kasutama.

Elektrivool avaldab ühtedele mikroobidele pidurdavat mõju, teistel aga koguni stimuleerib kasvu. Mikroobidele mõjuvad erinevalt ka mehhaanilised põrutused; kui mehhaanilised põrutused on tugevad ja sagedased, võivad bakterid hääbuda ning vastupidi — nõrgad ja harvad põrutused avaldavad isegi soodsat mõju nende arenemisele.

Mikroorganismide elutegevus avaldub teatud temperatuurivahemikus, väljaspool seda nende elutegevus lakkab. Kõige enam hävitab mikroorganisme kõrge temperatuur, milles eluliste protsesside kiirus järsult langeb. Kõrge temperatuur kutsub esile muutused plasma kolloidses seisundis (hüübimine, fermentide aktiivsuse muutumine).

Madalale temperatuurile on mikroorganismid vastupidavamad, sest see rähtavasti ei surma baktereid täiesti, põhjustades ainult nende ajutise kangestuse. Mõned bakterid võivad taluda isegi temperatuuri −190° C. Eriti suure vastupidavusega on bakterite ja hallitusseente eosed. Palju hävitavamalt mõjub bakteritele külmumis- ja soojenemisprotsesside vaheldumine.

Arenemise optimaalse temperatuuri järgi võib kõiki mikroorganisme jaotada kolme rühma: 1) mesofiilsed organismid, mille optimum asub +20 ... +35° C piires; sellesse rühma kuulub suurem osa baktereid ja hallitusseeni; 2) psührofiilsed organismid, temperatuurioptimum +6 ... +10° C piires; 3) termofiilsed organismid, temperatuurioptimum +50 ... +70° C piires.

Toiduainete koostisosade — valkude, rasvade ja süsivesikute muundumised, kvaliteedi halvenemine ja toiduainete riknemine võivad toimuda paljude tegurite toimel, millest peaosa kuulub mikroorganismidele ja fermentidele. Mikroorganismid ja fermendid on ainult sel juhul maksimaalselt aktiivsed, kui kõik väliskeskkonna tegurid on optimaalses vahekorras. Nii fermentide kui ka mikroorganismide suhtes on temperatuur üheks kõige olulisemaks väliskeskkonna teguriks, mis määrab toiduainetes kulgevate protsesside intensiivsuse. Just temperatuurist olenebki mikroorganismide arenemine.

Kalasaaduste külmutustehnoloogias on tähtis teada madala temperatuuriga mõjutamise tingimusi ja tulemusi ainult psührofiilsete mikroorganismide suhtes. Kõige vastupidavamad madalale temperatuurile on hallitusseen ja pärm, vähem vastupidavad on bakterid. Madal temperatuur mõjub mikroorganismidele pidurdavalt, kuid nende arenemine ja biokeemiliste protsesside tekkimine on siiski võimalik ning sel juhul nad võivad põhjustada kala riknemise. Madal temperatuur mõjutab erinevaid mikroorganisme erinevalt. Seepärast ongi vaja kindlaks teha konkreetsed temperatuuritingimused psührofiilsete mikroorganismide elutegevuseks ja arenemiseks.

Bakterite ja pärmi mõned liigid lakkavad arenemast −3° C juures, teised −5° C juures ja lõpuks kolmandad alles −10° C juures. Nii arenesid 25 aeroobsete bakterite tüvest 12 tüve −2° C juures, 10 tüve −5° C juures ja 3 tüve −8° C juures.

Temperatuuri alandamine aeglustab bakterite kasvu. *Sarcina sp.* arenemise esimesed tunnused avastati +2° C juures 15. päeval, 0° C juures 22. päeval, −2° C juures 87. päeval. Pikša lihaste säilitamise katsed näitavad, et temperatuuril −1,2 ... ... −3° C ilmnes bakterite kiire kasv pärast 5 ... 8-päevase inkubatsiooniperioodi möödumist. Temperatuuri alanemine kuni −4° C-ni pikendab inkubatsiooniperioodi 35 päevani; temperatuuris −5° C bakterite arv 42 päeva kestel järk-järgult väheneb; temperatuuris −6° C kestab see protsess juba 76 päeva, siis aga hakkab bakterite arv suurenema. Analoogilised katsed pikša säilitamisel näitasid, et −12° C juures bakterite arv kalas langes kiiresti, kuid see vähenemine peatus täiesti alles 200 päeva möödumisel.

Mereveest võetud mikroorganismid arenevad ainult kõrgemal temperatuuril kui −10° C; nii näiteks 71 uuritud kultuuriliigist arenesid 12 temperatuuris −5° C ja 10 kultuuri −7,5° C juures. Külmutatud ja jahutatud beluugast võetud pärmi 10 liigist ilmnes kasv 8 liigil −5° C juures, ühel liigil −8° C juures.

Eriti vastupidavad külmale on hallitused. Uurimisandmed näitavad, et kuigi hallituste enamikul lakkab kasv temperatuuris −7° C, täheldatakse mõningail juhtudel hallituste kasvu kuni −7,8° C ja isegi madalama temperatuuri juures. *Sporotrichum*

carnis'e arenemise piirtemperatuuriks ülejahutatud agaril võib pidada −10° C. *Penicillium*'i kahe liigi kasvutunnuste ilmnemist märgiti pärast 5...7-kuulist säilitamist temperatuuris −8... ...−9° C, 11 kuu möödumisel muutus see kasv aga selgemaks. Hallitusseente *Penicillium glaucum* kasv, võrreldes kasvuga temperatuuril +20° C, hilineb +10° C juures 2 päeva, +5° C juures 6 päeva, +2° C juures 7 päeva, 0° C juures 13 päeva, −2° C juures 19 päeva ja −5° C juures 142 päeva.

Hallituste *Penicillium* rakumahl külmub temperatuuril −12,5... ...−15° C, järelikult hallitused temperatuuril −15° C ja madalamal ei arene. Külmhoones säilitatavate toiduainete vaatlused näitasid, et hallitusseened võivad areneda veidi madalamal temperatuuril kui −10° C.

Esitatud uurimisandmed näitavad, et bakterite ja pärmide arenemise vältimiseks toiduainetes, eriti kalasaadustes, tuleb neid säilitada temperatuuris mitte üle −10° C, hallituste arenemise vältimiseks aga temperatuuris mitte üle −12...−15° C. Ei tohi unustada, et üldiselt taluvad mikroorganismid külma (madalat temperatuuri) palju paremini kui soojust (kõrget temperatuuri) ja suur arv mikroorganisme peab hästi vastu madalale temperatuurile. On tehtud kindlaks, et baktereid leidub lumes ja jääs; tahkes süsihappes on avastatud mädabakterite spoore. *Bact. subtilis* ja *Bact. anthrae* ei hävinud isegi viibides 20 tundi temperatuuris −130° C, täpselt samuti *Bact. coli* 20-tunnine hoidmine vedeldatud õhus ja 10-tunnine hoidmine vedeldatud vesinikus ei hävitanud nende eluvõimet. Mikroorganismide elutegevus taastub kiiresti, niipea kui külma toime lõpeb, kuid külma kauakestev toime nõrgestab mikroorganismide elutegevust. Ainult need mikroorganismid, kes arenesid miinustemperatuuri tingimustes, säilitavad oma eluvõime kauaks ajaks.

Madala temperatuuriga keskkonnas olevate mikroorganismide seisukorda mõjutavad nii temperatuurilanguse kiirus kui ka keskkonna olemus ja seisund.

Jahutatava või külmutatava substraadi temperatuuri järkjärgulise, aeglase languse juures täheldatakse mikrofloora kohanemist temperatuuriga; vastupidi, temperatuuri kiirel langemisel toimub temperatuurirežiimi järsk muutus, mis mõjub pärssivalt psührofiilsete mikroorganismide kasvule ja biokeemilisele energiale.

Võrreldes külmutatud keskkondadega surevad bakterid ülejahutatud vedeldatud keskkondades aeglasemalt. 3...6% keedusoola lisamine toitekeskkonda, kus leidub baktereid, näit. *Bact. coli*, nõrgendab madalal temperatuuril mikroorganismide vastupidavust. Keedusoolalahuses olevate *Bact. prodigiosum*'i väljasuremine temperatuuril −8° C kiirenes lahuse kontsentratsiooni suurendamisel 1,5...12%.

Õhukeskkonnas mõjub mikroorganismide elutegevusele mitte ainult keskkonna temperatuur, vaid ka selle seisund; tsirkuleeriv õhk mõjub ebasoodsalt hallitusseente pinnakihile ja seejuures seda tunduvamalt, mida suurem on õhu liikumise kiirus. Veelgi enam, ühe ja sama kiiruse juures on õhu mõju vooluse liikumisel risti substraadi pinnale, millel arenevad hallitusseened, palju suurem kui vooluse paralleelse liikumise puhul.

Märgime ära järgmise madala temperatuuri toime iseärasuse mikroorganismidele. Nagu näitasid F. M. Tšistjakovi ja teiste uurimused, on paljudel juhtudel külma toime mikroorganismidele mõõdukal miinustemperatuuril suurem kui madalal miinustemperatuuril. Sellised bakterite liigid, nagu *Bact. carotovorum* ja *Bact. coli var*, on enam pärsitud seisukorras temperatuuril −5 ... ... 0° C kui −8° C juures. Paljud hallitusseened hävivad sageli temperatuuris −8 ... −2° C, samal ajal aga taluvad säilitamist palju madalama temperatuuri, nimelt −12 ... −18° C juures 12 kuu kestel. *Bact. coli* külmutati ühel juhul temperatuuril −5 ... ... −7° C ja teisel juhul vedeldatud õhus, seejuures osutus, et külmutatud *Bact. coli* vedeldatud õhus peaaegu ei muutunud, samal ajal kui temperatuuril −5 ... −7° C avastati üksikuid külma tõttu hävinud mikroorganisme. Seda iseärasust võib seletada sellega, et mõõdukal miinustemperatuuril ei külmu rakumahl täielikult ja lahustunud aine kontsentratsioon teises, mittekülmunud osas kasvab, mille tagajärjel tõuseb külmuva keskkonna osmootne rõhk. See kõrgem rõhk mõjubki mikroorganismidele ebasoodsalt.

Madalamal temperatuuril peaaegu ei jäägi produkti vedelat faasi ja seoses sellega rakusisesed protsessid peatuvad, rakud on anabioosi seisundis.

On tähele pandud, et mikroorganismide suremus toiduainete külmutamisel on maksimaalne temperatuurivahemikus 0 ... −5° C. Nähtavasti seletub see nähtus nende sügavate muudatustega, mis külmutatavas koes toimuvad, kaasa arvatud valkude denatureerumine, ja mis saavutavad maksimumi ülalmainitud temperatuuritsoonis.

Mikroorganismide hävimisel madala temperatuuri mõjul võib olla mitu põhjust: raku mehhaaniline lõhkumine tekkinud jääkristallidega, raku pikaldane nälgimine, osaliselt protoplasma koaguleerumine, protoplasma difuussete omaduste halvenemine tema osiste, näiteks ülemistes kihtides sisalduvate lipoidide kõvastumise tagajärjel. Suurem osa nendest muudatustest, mis tekivad madala temperatuuri juures, põhjustavad ainevahetuse häire, mille puhul mikroorganismide rakkudes kogunevad mürk- ja teised ained ei hapendu, sest külma toimel fermentatiivsed protsessid aeglustuvad või peatuvad.

Ehkki madala temperatuuri hävitav mõju rakule on väiksem kui kõrgel temperatuuril, toimuvad madala temperatuuri juures organismi rakkudes siiski olulised muudatused. Temperatuuri alanemisel väheneb protoplasma liikumise kiirus rakkudes, tunduvalt aga tõuseb tema viskoossus. Nii näiteks temperatuuri alanemisel +15 kuni +1° C vetika *Nitella syncarpa* protoplasma liikumise kiirus väheneb ligi 12 korda. Kui jahutamisprotsess jõuab krüoskoopilise punktini (vastab jää tekkimise temperatuurile, kõrgeimale temperatuurile, mille juures jää on tasakaalus alglahusega), tekivad raku vedelas osas jääkristallid.

Rakumahlas on lahustunud mitu ainet, mistõttu külmumispunkti alanemine vastab alanemiste summale, mida põhjustavad üksikud lahuses olevad ained.

Ühes liitris ühe gramm-molekuli ainet sisaldava lahuse külmumispunkt on püsiv ning võrdub −1,85° C. Taimemahl, mis sisaldab orgaanilisi ja anorgaanilisi aineid, külmub harilikult temperatuuril −1,5° C, järelikult on taimemahla kontsentratsioon väiksem kui üks gramm-molekul ühes liitris. Kontsentreeritud taimemahl, mis sisaldab palju suhkrut, näiteks valminud puuvilja mahl, külmub temperatuuril −2 . . . −4° C.

Lahust, mis sisaldab 1 liitri kohta 1 gramm-molekuli mingisugust lahustuvat orgaanilist ainet, iseloomustab temperatuuri 0° C juures osmootne rõhk 22,35 atm. Nagu juba mainitud, külmub lahus nendes tingimustes temperatuuril −1,85° C. Järelikult võrdub 0° C juures osmootne rõhk külmumispunkti kaheteistkümnekordse alanemisega (22,35 : 1,85). Seega võib osmootse rõhu mõõtmise teel kindlaks teha rakumahla külmumispunkti.

Kristallide tekkeprotsessi võib peatada raku ülejahutamisega, kusjuures lahus jääb vedelaks; ülejahutamise nähtusel on üsna suur tähtsus elusorganismide ja rakkude mõjutamisel madala temperatuuriga.

Alanud kristallide tekkimise protsessis eraldub kolloidlahusest jää, samal ajal kui ülejäänud lahuse vedela osa kontsentratsioon suureneb ning lõpuks temperatuuri edasisel alandamisel lahus küllastub ja külmub krüohüdraadi kujul. NaCl vesilahuse krüohüdraatpunkt, mille juures ta külmub ühtlase seguna, on −21,2° C, kui 100 osa vee kohta tuleb 29 osa soola. Sahharoosilahuse krüohüdraatpunkt on −8,5° C, kui lahuse kontsentratsioon on 51,4%. Kala liha- ja koemahlade krüohüdraatpunkt on umbes −60° C.

Mitmed teadlased täheldasid taimekoe külmutamisel raku plasmolüüsi; vesi eraldub protoplasmast ja külmus väljaspool rakku. Loomsete kudede rakkudes ei kulge see protsess nii kergesti kui taimekoe rakkudes. Vedeliku eraldumine ja kristallitekke iseloom sõltuvad külmumise kiirusest. Loomsete kudede aeglasel

külmutamisel vesi osaliselt väljub lihaskiududest osmoosi toimel, rikkumata nende terviklikkust kristallide tekkimisega kiudude vahel. Mida aeglasem on külmumine, seda rohkem on aega vee ümberpaiknemiseks kiududest kiududevahelisse ruumi ja seda vähem jääb kiududesse vett.

Kiirel külmutamisel ei jõua vesi kiududest väljuda ja külmub nendes peenikeste jäänõelte ja väikeste kristallide kujul.

Jää tekkimisel rakkudes ja kiududes vesi, muutes oma agregaatolekut, kaotab lahusti tähtsaima omaduse. See nähe viib kõigi elutegevuse protsesside rikkumiseni ja tähtsaimate bioloogiliste reaktsioonide lakkamiseni organismis. Ümbritseva keskkonna temperatuur avaldab tugevat mõju kalaorganismi kõigile eluprotsessidele. Kalad kuuluvad teatavasti külmavereliste loomade hulka, kellel soojustekkeprotsess väljendub palju nõrgemalt kui soojaverelistel loomadel. Nii näiteks on karpkalal soojusteke ainult 10,2 kcal kala kaalu 1 kg kohta, samal ajal kui linnul (kuldnokk) on soojusteke 270 kcal/kg.

Kala kuulub loomade hulka, kelle kehatemperatuur sõltub ümbritseva keskkonna temperatuurist, kuid mõned kalad võivad elada väga erinevatel temperatuuridel, näiteks koger (*Carassius carassius*) ja mustkala (*Dollia pectoralis*) võivad taluda isegi jäätumist, kuid tingimusel, et koemahlad ei külmuks.

Eurütermsed kalad taluvad temperatuurimuutusi ulatuslikus vahemikus — isegi mitukümmend kraadi. Stenotermsed kalad ei kannata järske temperatuurimuutusi isegi 5...7 kraadi piires.

Kalade hingamisprotsessi intensiivsus sõltub vee temperatuurist, milles nad viibivad. Ühe kg raskune linask tarvitab temperatuuril 0° C 16 korda vähem hapnikku kui 25° C juures. Hapniku minimaalne kontsentratsioon, mille juures karpkalad juba surevad, on temperatuuril +1° C ligi 0,8 mg/l, temperatuuril +30° C aga tõuseb see kuni 1,3 mg/l.

Kiirus, millega kala toitu seedib, sõltub samuti keskkonna temperatuurist; voblal on seedekiirus temperatuuril +15... ...+20° C kolm korda suurem kui +1...+5° C temperatuuril.

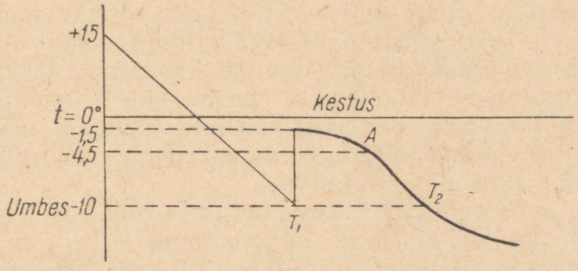
ANABIOOS

Miinustemperatuur loob ebasoodsad tingimused mitte ainult soojaverelistele, vaid ka külmavere listele loomadele; paljudel kalaliikidel võib see esile kutsuda uinaku. On teada, et karplased (koger, sasaan) ja tuurlased kogunevad talvel suurel arvul veekogude põhja, kus nad lamavad liikumatult. Kaladel, kes veedavad talve veekogu põhjas, kattub kehapind tavaliselt paksu limakorraga, mis isoleerib keha väliskeskkonna negatiivsest mõjust. Uinakuseisundis olevatel kaladel on ainevahetus tugevasti nõrgenenud. Kalad üldse ei toitu ega tee peaaegu mingisuguseid liigu-

tusi. Üksikud kalad (hõbe- ja kuldkoger, mustkala) võivad ületalve elada mudasse külmunult, kuid ainult tingimusel, et rakumahl ei külmuks. Jää võib ümbritseda kogu kala keha, kuid kala koemahlad ei ole külmunud ja nende temperatuur on −0,2 . . . . . −0,3° C piires. Kala edasine jahtumine võib põhjustada koemahlade külmumise ja kala surma.

Teoreetilises ja rakenduslikus suhtes pakub kalade viimine anabioosi seisundisse suurt huvi, sest see võimaldab neid hõlpsamini säilitada ja transportida.

Reas kirjanduslikes allikates on toodud katsete andmed eelnevalt külmutatud loomade, nende hulgas ka kalade vastupidavuse kohta; kalad külmutati kuni −15° C, pärast ülessulamist nad elustusid. Tšuktši poolsaarel külmutati mustkala ning see säilis teadlase andmeil külmutatult mitu nädalat ning pärast ülessulatamist elustus taas. N. A. Borodini andmeil elustus kala pärast külmumist siis, kui katse ei kestnud üle ühe tunni.



Joon. 6. Temperatuuri muutumise kõver keha jahtumisel.

Anabioosi uuris vene teadlane P. I. Bahmetjev (1912), kelle teened sellel alal on väga suured. Ta tegi katseid liblikate, nahkhiirte ja kaladega (koger, sterlet ja maidel). Joonisel 6 on toodud Bahmetjevi poolt uuritud katsealuse objekti temperatuuri muutumise kõver, mis iseloomustab neid järeldusi, milleni teadlane jõudis. Juba esimeste katsete juures liblikatega avastas ta ülejahtumise ja temperatuurihüppe. Katsealuse objekti jahutamisel langes temperatuur alates +15° C kuni ülejahutamise lõpptemperatuurini −10° C. See punkt on märgitud kõveral T_1. Pärast temperatuurihüpet, mis on väljendatud kõvera vertikaallõiguga, oli objekti temperatuur −1,5° C. Sellest punktist algab kristalliseerumine ja objekti võib jahutada mis tahes madala temperatuurini.

P. I. Bahmetjev väidab, et surm saabub ainult pärast seda, kui objekt on jahtunud temperatuurini T_2, mis võrdub T_1-ga. Mahlade täielik läbikülmumine toimus Bahmetjevi arvestuste järgi

temperatuuris −4,5° C (punkt *A*). Looma seisundit, mida kõveral iseloomustab lõik AT_2, nimetas Bahmetjev anabiootiliseks. P. I. Bahmetjev kinnitab, et selles seisundis, kus loom enam ei ela, sest kõik tema koemahlad on läbi külmunud, ei ole ta siiski veel hukkunud, surmapunkt T_2 ei ole veel saavutatud ja loom võib jääda sellesse seisundisse määramatuks ajaks.

P. I. Bahmetjev uuris kalade anabioosi külmutamisel. P. J. Šmidti ja teiste järgnevate töödega avastati Bahmetjevi arvestustes ja järeldustes ebatäpsusi kõigi koemahlade külmumise suhtes −4,5° C juures ja organismi surmapunkti asetuse suhtes temperatuurikõveral.

N. I. Kalabuhhov ja G. V. Nikolski, kes tegid katseid kalaga, kinnitavad, et temperatuurini kuni −0,8° C jahutatud kala, milles algas jää tekkimine, ei elustunud. Teised katsed näitasid, et kalade elustumine on võimalik ainult sel juhul, kui kala temperatuur ei lange alla −0,6 . . . −1° C.

Katsed, mida prof. Šmidt tegi aastail 1935—1936 Leningradi Külmutustööstuse Instituudis, kinnitavad, et pärast koemahlade külmumist on kala võimatu elustada, kuna dehüdratsioon (kuivamine) ja protoplasma vigastamine kristallide tekkimisel põhjustavad organismi elutegevuse protsesside rikkumise. Seoses sellega hakati samal perioodil uurima, kuidas mõjub kalale krüoskoopilise punkti piirkonna madal temperatuur, ja võimalusele elustada kala ülejahutamisel.

Kogred, keda jahutati krüoskoopilisele punktile lähedase temperatuurini (kuni 0° C), olid kangestunud seisundis, nad peaaegu lakkasid hingamast, olid täiesti liikumatud, nagu oleksid kaotanud elutunnused. Küllaltki pika ajavahemiku (kuni 10 ööpäeva) möödumisel asetati sellised kalad toatemperatuurilise (15 . . . 18° C) veega täidetud vanni ja nad elustusid. Analoogilisi katseid tehti 75 . . . 90 cm pikkuste tuurakaladega. Tuurakalu jahutati vee ja jää segus kuni 0° C-ni, mille juures nad hakkasid kangestuma. Selles mittetäieliku anabioosi seisundis asetati tuurakalad termoisolatsiooniga kasti peeneks tambitud jääle ja hoiti nii üks ööpäev. Pärast seda asetati tuurakalad soojaveevanni, kus nad elustusid. Need katsed võimaldasid kasutada kalade mittetäieliku anabioosi nähtust praktiliseks otstarbeks. T. P. Platonov sooritas 1937. a. elusate jahutatud tuurakalade katsetransportimise peenestatud jääga kastides ja kalade järgneva elustamise. Jahutatud eluskalade katsetransportimisel Astrahanist Leningradi saadi positiivseid tulemusi.

Eluskala ülejahutamise võimalikkust ja tingimusi uuris ka V. D. Gudkov (1949). Ta tegi katseliselt kindlaks, et suurem osa kaladest võib taluda ülejahutuse seisundit. Tegelikult võib kõiki kalu liigitada kahte suurde rühma:

kalad, kes ei talu jahutamist alla 0° C ja surevad juba plusstemperatuuril — eksootilised kalad ja koha,

kalad, kes taluvad temperatuuri alla 0° C ning koemahla osalisel külmumisel või ülejahutatud seisundis ei sure — koger, vingerjas, mägihõrnas, tint, ahven, peegelkarp, latikas, sasaan.

Uimede nõrk külmumine toimub enamasti kalade jahutamisel −1,1 ... −1,5° C. Sealjuures momendil, mil kalad avaldavad veel elutunnuseid, moodustab jääkristallide kogus sabaosas 50%, seljalihaste pinnakihtides aga ainult 30%.

Kui külmas õhukeskkonnas ei õnnestunud kala ülejahutamine, siis lihaskoe külmumispunktist madalamale jahutatud lahustes on eluskala ülejahutamine võimalik ja selle sügavust võib viia kuni −6° C. Sellise sügava ülejahutamise kalade juures tegi esimesena kindlaks V. D. Gudkov.

Kalade ülejahutamise kestus oleneb peamiselt ülejahutamise sügavusest; kala hoidmisel jahutatud lahuses, temperatuuriga kuni −3,6° C, kestis ülejahutamine 4 tundi, kuni −3,3° C ülejahutatud vees — kuni 11 tundi, kuni −1,72° C ülejahutatud vees — kuni 12 tundi.

Ülejahutatud kala seisund jääb enam-vähem püsima temperatuuritsoonis alates koemahlade külmumispunktist kuni −3° C, madalama temperatuuri, eriti −4° C juures ülejahutatud kalad sageli surid.

Pärast ülejahutamist elustunud kala elab normaalselt, välistunnustelt ei erine ta millegagi kaladest, kes ei olnud ülejahutatud.

V. D. Gudkovi poolt tööstuslikes tingimustes läbiviidud katsed (Aasovi Kalakombinaat) näitasid samuti, et kala keha temperatuuri aeglane alandamine annab positiivsemaid tulemusi kui kiire alandamine; pärast kiiret jahutamist vähenes elustunud kalade arv ligi kaks korda.

Kalade korduva jahutamisega kaasnes katsetel elustuvate kalade protsendi tõus, millest võib teha järeldusi nende kohandumisest temperatuuri muudatustele keskkonnas, milles nad viibivad.

Kalade mittetäieliku anabioosi (kangestusseisundi) ja anabioosi teoreetiline käsitus ja praktiline kasutamine avavad üsna häid perspektiive mitte ainult meie maa elanikkonna laialdaseks varustamiseks eluskalaga (transportimine ja säilitamine), vaid ka kalakasvatuse ja aklimatiseerimise alal (kala transportimine ühest veekogust teise, sugukalade, maimude jne. vedu).

Mittetäieliku anabioosi praktilise kasutamise võimalus (P. J. Šmidt) kala transportimisel ja säilitamisel on kindlaks tehtud mitte ainult laboratoorsete uuringutega, vaid ka vaatlustega tööstuslikes tingimustes, kuigi neid uuringuid ei või pidada küllaldaseks ja lõplikuks.

Palju vähem on meil faktilisi uurimisandmeid kala anabioosi alal (P. I. Bahmetjev), kusjuures need andmed on vasturääkivad.

Siiski ei ole meie arvates küllalt põhjust pidada anabioosi uurimist külmutamisel perspektiivituks. Võib-olla toimusid kirjanduses avaldatud katsed, mis näitasid kala anabioosi positiivset efekti külmutamisel, juhuslikult optimaalsetes tingimustes, mida ei ole veel tänapäevani tundma õpitud.

KALADE SURMAJÄRGSETE MUUTUSTE ARENGU TINGIMUSED JA TUNNUSED

Kala külmutamise viisi ja ratsionaalse režiimi valik on tihedalt seotud mitte üksi kala keemilise koostisega, vaid ka füüsilise seisundiga. Värske kala sisaldab üsna suure hulga vett, mitmesuguseid fermentatiivseid süsteeme ja mikroorganisme, mis põhjustavad tavalisel plusstemperatuuril (15 ... 20°) kalas sisalduvate toitainete, eelkõige valkude kiire fermentatiivse lagunemise. Biokeemiliste ja mikrobioloogiliste protsesside tagajärjel muutuvad kiiresti ja pidevalt kala keemiline koostis ning füüsiline seisund ja toitekvaliteet halveneb, ületades piiri, mis eraldab söödavat ainet mittesöödavast. Sel juhul muutub kala toidukõlbmatuks või kasutamisel isegi kahjulikuks.

Füüsilise seisundi muutumine avaldub selles, et protsessi alguses ilmub kala pinnale märgatav limakiht, seejärel muutuvad lihased kõvaks (elastseks) ja kala läheb üle surmajärgse kangestuse seisundisse, mis mõne aja pärast iseenesest lakkab. Pärast seda muutuvad lihased üha pehmemaks ja toidukõlbmatul kalal koguni pudedaks. Paralleelselt füüsilise seisundi muutumisega muutub ka kala keemiline koostis. Seejuures kala keha koostisosad — valgud, lipoidid, süsivesikud ja teised orgaanilised ühendid — muutuvad algul vahepealseteks, hiljem (toidukõlbmatus) ka lõplikeks lagunemisproduktideks.

Kala kehas pärast surma arenevatest protsessidest on kõige olulisemateks: biokeemilistest — lima eritumine pinnal ja autolüüs, mis hõlmab defosforüleerumise, fosforolüüsi, glükogenolüüsi, proteolüüsi ja lipolüüsi; mikrobioloogilistest — mädanemine. Püütud kala on eemaldatud oma loomulikust keskkonnast ja mõne aja pärast sureb, s. o. hukkub väljaspool vett lämbumise tagajärjel.

Kala sellise hukkumisviisi sümptoomiks on hüpereemia — lõpuste liigtäitumine verega. Mõnedel kaladel (kaspia heeringas), kes õhu käes olles kiiresti surevad, rebenevad tihti veresooned ja lõpusekaantele tekivad vereplekid — «punapõsksus».

Lima eritumine kalade eluajal on nahas asetsevate limanäärmete normaalne funktsioon. Lima kaitseb kala kahjulike ainete sissetungimise eest naha kaudu ja vähendab hõõrdetegurit veega. Pärast kala surma eritub lima veel mõnda aega nahapinnale ja katab kogu kala pinna märgatava kihina. Lima koos-

neb mutsiinist — valkainest glükoproteiidide rühmast, mis on mädanemisele vastupidav. See kleepuv kest võtab kergesti väliskeskkonnast (veest, õhust) vastu mikroorganisme, seepärast teatud surmajärgses staadiumis võib lima muutuda kala lihaste mikroobidega saastumise allikaks. Kohe pärast surma, kui tahtelised liigutused ja vereringe on lakanud, jätkavad lihased reageerimist elektrivoolu ärritustele. Järgnevalt lihase ärritatavus järk-järgult kaob, suu harilikult avaneb, lõpusekaaned ja uimed tõmbuvad veidi eemale, keha on kaarekujuliselt kõver, kala kaotab painduvuse. Seda nähtust nimetatakse surmajärgseks kangestuseks (*rigor mortis*). Seejärel kudede pingsus järk-järgult nõrgeneb ja kala muutub jälle pehmeks. Perioodide kestus kala surma hetkest kuni kangestuse saabumiseni ja kangestuse esimestest tunnustest kuni nende täieliku kadumiseni, samuti jõud, millega kangestus avaldub, ei ole püsivad ja sõltuvad tingimustest. Lahjal või väsinud kalal algab kangestumine kiiremini kui tugeval ja erksal kalal. Mida hiljem kangestumine algab, seda kestvam ta on, näiteks märtsikuus püütud hästi toitunud tursal ei alga kangestumine veel mitme tunni kestel ja kestab kaunis kaua, samal ajal kui hiljem püütud, kudenud ja seepärast lahjal kalal saabub kangestus kiiresti ja ka lõpeb üsna kiiresti.

Kui kahest üheaegselt püütud kalast on üks kurnatud kramplikest liigutustest ja sureb õhus, teisel aga eraldatakse kohe pea, siis esimesel saabub surmajärgne kangestus 5...20 minutit pärast surma, esineb nõrgalt ja ei kesta kaua, teisel aga võib kangestus saabuda 15...20 tunni pärast ja kestab veel ööpäeva pärast seda, kui esimene kala on juba pehmenenud.

Surmajärgse kangestuse saabumise hetk ja kangestuse kestus sõltuvad ka kalaliigist ja püügiviisist. Skumbrial saabub temperatuuril 2...3° C surmajärgne kangestus mõni minut pärast surma, heeringal — tunni aja pärast, pikšal (väike) — 4 tunni pärast, tursal ja saidal (suured) — 5 tunni pärast, lestlastel — 10 tunni pärast. Õngega püütud pikšal saabus kangestus alles 7 tunni pärast ja kangestuse seisund kestis kuni 40 tundi, aga traaliga püütud pikšal teiste võrdsete tingimuste juures kangestus 30...40 minuti pärast, pehmenes aga juba 6 tunni pärast.

Kangestumise avaldumise iseloom eri liiki kaladel sõltub kala keemilisest koostisest ja lihaste seisundist. Lõhe lihased on kompaktsed ja suure rasvavaruga (keskmiselt 18% valku, 7% rasva ja 72% vett). Kangestus on sellel kalal kestvam kui lahjadel kaladel, mis sisaldavad rohkem vett. Näiteks sisaldab pikša 19% valku, 0,3% rasva ja 82% vett.

Surmajärgse kangestuse põhjuseks on pH muutumine, sellest tingitud lihaskudede paisumine ja paisumisele järgnev lihase plasmas olevate valkude müosiini ja müogeeni kalgendumine, mis lähevad üle müosiinfibriini ja müogeenfibriini lahustumatu-

tesse vormidesse. pH suurus muutub glükogeeni ja fosfageeni lagunemisproduktide — piim- ja fosforhappe — kogunemise tagajärjel veres.

Seda süsivesiku (glükogeeni) muutumise protsessi, millega kaasneb piimhappe tekkimine, nimetatakse glükolüüsiks. Elus lihaste tööga kaasneb happe ilmumine, kuid elaval kalal on selle kogunemine pöörduv resünteesi ja hapendava lagunemise tõttu. Pärast kala surma kudedesse kogunenud hape kutsub esile vee ümberpaigutumise ja lihase kontraktsiooni. Järelikult on kala surmajärgne kangestus glükolüüsi väljendus. Vaatlused pH väärtuse muutumise kohta kala säilitamisel laeva siseruumis temperatuuril +5° C näitasid, et püügihetkel on pH väärtus väga lähedane neutraalpunktile, s. o. 7-le. Pärast surma langeb pH väärtus kiiresti umbes kuni 6,5-ni. Seejärel saabub surmajärgne kangestus ning pH väärtus hakkab tõusma, jõudes järk-järgult uuesti neutraalpunktini. Pisut allpool neutraalpunkti lõpeb kangestusprotsess umbes pH sama väärtuse juures, mis oli kangestumise alguses. Pärast seda muutub reaktsioon leeliseliseks, mis erinevalt soojavereliste loomade lihast ei muuda kala veel toidukõlbmatuks.

Surmajärgse kangestuse kontraktsiooniteooria tekkis ajal, mil biokeemias valitsesid Meierhof-Hilli vaated, mille kohaselt lihaskiudude kokkutõmbe esilekutsujaks on piimhappe tekkimine lihastes nende erutumise momendil. Kuid järgnevate uurimustega lihaste kokkutõmmet põhjustavate keemiliste muutuste alal tõestati, et lihaskiu kokkutõmbumine ja lõtvumine on vahetult seotud temas sisalduvate aktomüosiini (valkude) ja adenosiintrifosforhappe (ATF-nukleotiidi) vastastikuse toimega. Selle vastastikuse toime tõttu muutub aktomüosiini füüsiline seisund, ATF defosforüleerub, s. o. ATF laguneb adenosiindifosforhappeks (ADF) ja fosforhappeks. Aktomüosiini ja ATF vastastikuse mõjutamise protsess kulgeb järgmise skeemi järgi:

ATF + aktomüosiin + H_2O → ADF + H_3PO_4 + taandatud aktomüosiin.

Hapendusprotsessid (hingamine), kreatiinfosforhappe (fosfogeen) defosforüleerumine ja glükogenolüüs on vajalikud ATF resünteesiks ADF-ist, kuivõrd sellega kaasneb energia suur neeldumine. Järelikult surmajärgse kangestuse vahetuks põhjuseks on nähtavasti ATF lagunemine lihastes ja vastavalt selle lagunemisele kaotavad lihased järkjärgult elastsuse.

Glükogenolüüs, mis soodustab ATF resünteesi, vastavalt glükogeeni vähenemisele loomulikult aeglustub (hääbub) ja seepärast luuakse tingimused lagunemiseks, aga mitte ATF resünteesiks. Surmajärgse kangestuse seisund on värske kala hea kvaliteedi tunnuseks. Glükogenolüüs, mis areneb eriti intensiivselt surmajärgsete muutuste esimesel etapil, loob soodsad tingimused

proteolüüsiks — valkude lagunemise fermentatiivseks protsessiks.

Liha valgud hüdrolüüsuvad albumoosi staadiumi kaudu aminohapeteks skeemi järgi: proteiinid → albumoosid ja peptoonid → polüpeptiidid → aminohapped.

Kõrvuti aminohapetega kui valkude autolüütilise lagunemise lõpp-produktidega tekivad nn. lihaalused, lämmastikuühendid, mille hulka kuuluvad ureiidid (kreatiin, kreatiniin) ja ksantiinalused, mis on puriini derivaadid (ksantiin, hüpoksantiin ja kalakudedes eriti suures koguses leitud guaniin).

Autolüüs levib ka lihastes olevale rasvale ja selle toimega kaasneb vabade rasvhapete tekkimine. Seda protsessi nimetatakse lipolüüsiks.

Seega on autolüüsi iseloomustavateks protsessideks glükolüüs, proteolüüs ja lipolüüs.

Keskkonna hapu reaktsioon soodustab autolüüsi. Keskkonna pH väärtus sõltub kõigepealt fosforhappest, mille toime on kümme korda piimhappe toimest suurem. Lihaste autolüüsi pH optimum asub 4,5...5 piires, pH>8 juures autolüüs lakkab. Üksikutes elundites kulgeb autolüüs erinevalt — kergemini lagunevad lihaselemendid ja püsivamad on sidekoe valgud.

Kuna autolüüsi lõpp-produktideks on aminohapped, alused jt., siis ei saa autolüüsi vaadelda kui riknemise nähtu kitsamas mõttes, kuid kala tuleb pidada toiduainena kõige väärtuslikumaks enne autolüüsi tekkimist. Autolüütilise lagunemisega kaasnevad kudede sügavale ulatuvad struktuurimuutused, mis väliselt avalduvad kõigepealt kudede pehmenemises. Ühes sellega valmistab proteolüüs, mille tagajärjel valgud lagunevad koostisosadeks, ette toitekeskkonda bakteritele.

Praktiliselt ei täheldata tavalistes tingimustes täielikku autolüüsi, kuna proteolüüs on väga pikaldane protsess ja seda võib täheldada ainult aseptilistes tingimustes. Tavalistes tingimustes kaasnevad autolüütiliste nähtudega tugevamad bakterioloogilise riknemise protsessid, mida põhjustavad mikroorganismide fermendid. Surnud kala kudedes on iseloomustavaks muutuseks mädanemine nimetatud teguri toimel — muutus, mis plusstemperatuuris saabub vältimatult ja areneb energiliselt.

Eluskala lihaskude on peaaegu steriilne, kuid kalakeha pind ja siseõõnte kest on rikkaliku bakterite floora kandjaks. Pärast surma satuvad mädanemise tekitajad kalasse väljastpoolt, bakterid aga, kes asuvad soolestikus ja kellel on autolüüsi tagajärjel ettevalmistatud toitekeskkond, levivad takistamatult kala sisemuses. Bakterite esialgne tihedus kala pinnal mõjub seepärast protsessi intensiivsusele ja järelikult oleneb sellest kala säilivus. See on näha andmetest, mis on saadud liha hoidmisel 0° C ja 100% niiskuse juures.

Bakterite alghulk 1 cm^2 liha-pinnal	43	270	2800	17 300	40 000
Päevade arv kuni nähtava lima[1] ilmumiseni	18	16	12...11	10	8

Mädanemise kutsub esile spetsiifiliste roisubakterite elutegevus, kes muudavad valgusubstraadi, mis ei ole võimeline iseseisvalt tungima osmoosi teel läbi nende rakukesta, lihtsaimateks lahustuvateks ühenditeks. Lihaskoe ensüümilise lahustumise tagajärjel valgud lagunevad; mädanemine, mis toimub bakterite tegevuse tagajärjel vee osavõtul, kutsub esile valgu molekuli purustamise ühes iseloomulike lagunemisproduktide tekkimisega.

Surmajärgsel perioodil toimuvad lihaskoes, nahas ja soolestikus olulised histoloogilised muutused. Suurimad muutused toimuvad soolestikus. Nahk muutub vähem või ei muutu üldse ja sedagi ainult kala säilitamise esimestel ööpäevadel. Soolte seinad ei ole kuigi kindlaks tõkkeks mikroorganismide tungimisel kala lihasse; toiduga täidetud soolestik mõjub kala säilivusele kõige ebasoodsamalt. Seepärast on kala sisikonna kõrvaldamine säilitamise seisukohalt vajalik operatsioon.

Kõige iseloomulikumad surmajärgsed muudatused kalas (autolüüs ja mädanemine) tekivad iseseisvalt, sõltumata teineteisest. Loomulikes tingimustes need protsessid põimuvad — üks nähtus soodustab teist. Lihaskoes hakkavad kiiresti arenema mikroorganismid, kellede elutegevus põhjustab niivõrd energilise lagunemise, mis jätab varju aeglasema ja ühtlasema autolüüsi protsessi. Mikrobioloogiliste ja fermentatiivsete tegurite sõltuvus

Tabel 6

Hoidmise kestus päevades	Lenduvate lämmastikaluste hulga muutumine mg-des 100 g pikšalihaste kohta temperatuuris °C							
	autolüüsi toimel				autolüüsi ja bakterite toimel			
	—1,1	0	1,1	2,2	—1,1	0	1,1	2,2
0	5,95	5,95	5,95	5,95	5,00	5,00	5,00	5,00
2	6,41	6,71	6,91	6,29	5,75	5,94	5,53	6,12
4	6,35	6,00	6,06	5,89	5,61	5,78	5,49	6,72
6	6,56	6,56	6,93	7,23	4,68	9,48	12,9	32,03
8	5,20	5,88	4,12	7,80	6,10	25,90	35,95	40,05
10	5,05	4,30	4,85	5,35	9,35	89,20	45,50	45,15
12	5,90	6,45	5,05	6,20	29,65	44,00	45,00	53,40
14	6,10	6,35	6,12	6,15	40,80	50,00	—	57,15

[1] Lima muutus nähtavaks, kui lima moodustavaid baktereid oli $10^{7,5}$ liha pinna 1 ruutsentimeetril.

kala surmajärgsete muudatuste protsessis nähtub andmetest, mis on toodud tabelis 6 lenduvate lämmastikaluste kogunemise kohta pikša lihaste tõmmises 1,5-% NaCl lahuses.

Tabelis 6 toodud andmed näitavad, et lenduvate lämmastikaluste hulk autolüüsi toimel peaaegu ei muutu. Autolüüsi ja bakterite ühisel toimel suureneb lenduvate lämmastikaluste hulk tõmmises tunduvalt temperatuuri 2,2° C juures 6. päeval, −1,1° C juures alles 12. päeval. Järelikult on bakteriaalne tegur kala kvaliteedi halvenemise protsessides otsustava tähtsusega.

Ehkki kalas kas järjestikku või koos kulgevate nähtuste ahel on küllaltki keerukas, arenevad iseloomulikumad surmajärgsed nähtused siiski tavalistes tingimustes plusstemperatuuris väga kiiresti. Protsessi kiire kulg on tingitud suurepärasest toitesubstraadist ja fermentide ning bakterite tegevuseks soodsatest välistingimustest. Kõigist eeltoodud teguritest avaldab substraadi omadustele suurimat toimet temperatuur. Temperatuuri muutumisel muutub põhjalikult ka surmajärgsete protsesside kulg kalas. Järelikult võib neid protsesse reguleerida temperatuuri muutmisega. Madal pluss- ja miinustemperatuur määravad surmajärgsete muudatuste iseloomu kalas — nende muudatuste areng kala temperatuuri langemisel aeglustub.

Lima moodustumine kala pinnal on otsesõltuvuses temperatuurist, kusjuures see sõltuvus on ühesugune nii soojavereliste loomade liha kui ka kala puhul.

Temperatuuri mõju lima moodustavate bakterite kasvule lahjal lihal on näha järgmistest andmetest. Temperatuuri alandamine alates +15,9° C kuni +1,2° C pikendab liha säilimise kestust seitse korda.

Liha säilitamise temperatuur °C	15,9	10,1	5,2	3,6	1,2
Mitme päeva pärast ilmus nähtav lima	1	2	3	5	7

Temperatuuri mõju uurimisel bakterite kasvule limal, mis on võetud pikša pinnalt ja asetatud agar-agarile, selgus, et 0° C juures algab bakterite tunduv kasv alles 14. päeval, samal ajal kui 20° C juures täheldati samasugust kasvu juba säilitamise 2. päeval. −5° C juures märgati bakterite kasvu 8. päeval, kuid nende head kasvu sama temperatuuri juures 14. päeval. Bakterite kasvu limal −12° C juures katse vältel ei märgatud. Mida kiiremini langeb kala temperatuur, seda kauem võib teda säilitada.

Surmajärgne kangestus, üks olulistest surmajärgsetest muutustest, saabub madalamal temperatuuril hiljem ja kestab üsna kaua. Pikšal saabub surmajärgne kangestus +35° C juures

5 minuti pärast ja kestab 40 minutit, kuid +10° C juures saabub kangestus 4 tunni pärast ja kestab 36 tundi.

Surmajärgne kangestus lestal +30° C temperatuuril kestis 70 minutit, +17° C juures 30 kuni 38 tundi, +3° C juures 72 kuni 96 tundi.

Eespool oli mainitud kala lihaskoe, naha ja soolestiku suuri histoloogilisi muudatusi kala säilitamisel tavalises temperatuuris (+15° C). Madalamal temperatuuril on kala histoloogilistel omadustel teine iseloom. Kala (ahvena) katselisel säilitamisel mitte üle +5° C temperatuuril on tehtud kindlaks, et nendes tingimustes oli kala nelja päeva pärast sellises seisundis nagu säilitamisel +15° C temperatuuril 2,5 päeva pärast. Kui aga pärast neljapäevast säilitamist madalamal temperatuuril hoiti kala 2,5 päeva vabas õhus, siis oli kala seisukord samasugune nagu pärast tavalist säilitamist ühe nädala jooksul, just nagu ei oleks teda eelnevalt jahutatudki. Järelikult näitab kala histoloogiliste muutuste iseloom madalal temperatuuril külma soodsat toimet kala säilivusele, kui see toime ei katkenud kogu säilimisperioodi kestel.

Surmajärgne kangestus on glükolüüsi väljendus. Glükogeenist tekib lagunemisel piimhape. Koguseliselt selle protsessi käiku pikšas säilitamisel 0° C juures näitavad tabeli 7 andmed:

Tabel 7

Kala säilitamise kestus pärast surma	Glükogeenisisaldus, %	Piimhappesisaldus, %
20 minutit	0,26	0,10
4 tundi	—	0,11
8 tundi	0,12	0,16
13 tundi	0,17	0,16
23 tundi	0,14	0,24
32 tundi	0,09	0,22
56 tundi	0,05	0,25

Tursalihastes, mida säilitati õhukindlates anumates 0° C juures, vähenes glükogeeni lagunemise ja piimhappe kogunemise protsessi uurimise katsetel glükogeenisisaldus 48 tunni pärast 0,61%-lt 0,32%-le, 12 päeva pärast kuni 0,03 . . . 0,05%-le. Paralleelselt glükogeeni lagunemisega suurenes lihas piimhappe kogus, kusjuures glükogeenist piimhappe tekkimise kiirus sõltus temperatuurist.

Aeglasel külmutamisel, s. o. suhteliselt kõrgel temperatuuril, kulgeb glükogeeni lagunemine kiiresti; kalalihas piimhappe kogunemise kiiruse maksimum asub −2,5 . . . −3,7° C piires. Seda temperatuurivahemikku võib nimetada kriitiliseks. Külmu-

tatavas kalas toimub mitte ainult glükogeeni lagunemine ja piimhappe kogunemine, vaid laguneb ka fosfageen (kreatiin-fosforhape), kogunevad kreatiin ja fosforhape, kusjuures viimase protsessi maksimaalset intensiivust täheldatakse temperatuurivahemikus alates −2,2 ... −2,5° C. Pikšalihastest kaob fosfageen säilitamisel jääs 24 tunni jooksul.

Proteiinide hulgas, mis kuuluvad kalakudede koostisse, on tuntud juba varem nimetatud müosiin. Lahuses, mis külmub samas temperatuuris nagu lihaski, on müosiini lahustuvus peaaegu võrdne nulliga; see annab põhjust eeldada, et eluslihase aine on veekeskkonnas peaaegu lahustumatute proteiinide suspensioon, mis peale selle sisaldab lahustuvate proteiinide soolasid ja teisi lämmastikuühendeid. Soolade kontsentratsiooni tõstmisel müosiini lahustuvus suureneb, saavutades maksimumi −2 ... −3° C juures, pärast seda langeb lahustuvus uuesti. Seega näitab ka müosiini see omadus, et enamik muutusi kudedes kulgeb suurima kiirusega temperatuuris −2 ... −3° C.

Piimhappe kogunemise protsessi aeglustumine on üks näide külma toimest surmajärgsetele muutustele lihas, mille tagajärjel pikeneb ajavahemik kala surmahetke ja surmajärgse kangestuse saabumise vahel kala säilitamistemperatuuri alandamisel. Seejuures suureneb ka surmajärgse kangestuse kestus. Ühel katsel kestis temperatuuril +15° C surmajärgne kangestus ligi 20 tundi, 0° C juures ligi 100 tundi. Surmajärgsete protsesside aeglustumine madala temperatuuri toimel võimaldab pikendada kala säilitamise kestust; nii näiteks võib koha ja sasaani pakkimisel jäässe säilitada nende hea kvaliteedi 9 ... 10 päeva kestel.

Autolüüsi optimaalne temperatuur on 40° C; 55° C juures protsess peatub, 65° C juures aga lakkab täiesti. Madal temperatuur (isegi −14° C) ei katkesta autolüüsi, kuid nendes tingimustes aeglustub selle kulg äärmiselt.

Surmajärgsete muutuste algstaadiumi hilisem tekkimine ja nende kestvam kulgemine madalamal temperatuuril lükkavad edasi järgnevate staadiumide saabumise, see on aga kala ja kalasaaduste kestvamal säilitamisel suure tähtsusega.

Peale surmajärgsete muutuste mõjutab rasvaste kalade säilitamise kestust rasva hapendumine. Kala kestvamal säilitamisel tema rasv, mis sisaldab palju küllastumata rasvhappeid, hapendub kergesti ja hüdrolüseerub. Hüdrolüüsi ja rasva lagunemise tagajärjel tekivad kala pinnale pruunikaskollased kleepuvad laigud — rooste. See protsess, mille tagajärjel tunduvalt halvenevad kala toiteomadused, aeglustub temperatuuri langemisel.

Madal temperatuur, aeglustades surmajärgseid muutusi ja pidurdades mikroorganismide elutegevust, mõjub väga soodsalt kala kvaliteedi säilimisele.

III PEATÜKK

JAHUTAVATE KESKKONDADE JA KÜLMAGA KONSERVEERIMISE PÕHILISTE PROTSESSIDE ISELOOMUSTUS

Külmaga töötlemise protsessides toimub kala ja jahutava keskkonna vahel soojusvahetus. Nende protsesside kiirus oleneb soojusvahetuse intensiivsusest, mis omakorda sõltub jahutavast keskkonnast ja kala ning kalasaaduste füüsikalis-keemilistest omadustest. Et kindlaks teha ühe või teise külmaga töötlemise protsessi optimaalseid tingimusi ja neid vajaliku täpsusega välja arvutada, on vaja tunda kala füüsikalis-keemilisi omadusi ja nende muutumist erinevas temperatuuris, samuti on vaja teada jahutuskeskkonna parameetreid.

Külmaga töötlemine toimub homogeenses keskkonnas: gaasilises, vedelas ja tahkes, säilitamine aga tavaliselt õhukeskkonnas. Küllaltki sageli töödeldakse kala külmaga ja säilitatakse lühiajaliselt heterogeenses keskkonnas (peenestatud jää, jää-soola segu).

GAASILINE KESKKOND

Atmosfääriõhk kujutab enesest gaaside mehhaanilist segu; selle mahus on peaaegu 80% lämmastikku ja ligi 20% hapnikku. Peale lämmastiku ja hapniku kuuluvad õhu koostisse väikestes kogustes argoon, süsihappegaas, neoon, heelium, krüptoon ja vesinik. Kõik need gaasid moodustavad ainult umbes 1% õhust. Muutuvates kogustes on atmosfääris leitud ka teisi gaase, näiteks osooni, mille sisaldus 1 miljonis m^3 õhus on 10 ... 20 g; ligikaudu sama palju on õhus ammoniaaki. Atmosfääris, eriti alumistes kihtides on alati tunduvas koguses heljuvaid tolmuosakesi, suitsu, mitmesuguseid soolasid ja happeid. Mittesteriilsed tolmulisandid nakatavad õhu mikroorganismidega.

Õhus on alati veeauru, mille kogus kõigub grammi murdosadest kuni mitme grammini 1 m^3 õhu kohta. Veeauru sisaldus õhus sõltub temperatuurist. Veeaur on õhust 1,6 korda kergem

ja tema tihedus 0° C juures on 0,622. Õhku iseloomustatakse järgmiste parameetritega: õhu absoluutne ja relatiivne niiskus, veeauru elastsus.

Õhu absoluutne niiskus näitab veeauru sisaldust õhu mahuühikus ja seda mõõdetakse grammidega ühe kuupmeetri kohta.

Veeauru elastsuseks nimetatakse õhus sisalduva veeauru osarõhku. Seda suurust mõõdetakse elavhõbedasamba millimeetritega või millibaaridega (1 millibaar vastab 0,75 mm elavhõbedasambale).

Absoluutne niiskus ja veeauru elastsus on omavahel järgmises seoses:

$$a = \frac{0{,}8e}{1+\alpha t}\ \text{g/m}^3 \text{ ehk } a = \frac{1{,}06e_1}{1+\alpha t}\ \text{g/m}^3,$$

kus a — absoluutne niiskus, g/m³,
e — veeauru elastsus, mbar,
e_1 — veeauru elastsus, mm Hg,
t — temperatuur, °C,
α — korrutustegur, $\alpha = 0{,}00366$.

Õhu relatiivne niiskus, mida väljendatakse protsentides, iseloomustab õhu niiskuse või kuivuse astet. Nii näiteks näitab relatiivne niiskus 100%, et õhk on täiesti niiske, 0% näitab, et õhk on täiesti kuiv. Õhu relatiivset niiskust võib arvutada mahuühikus sisalduva aurukoguse (grammides) ja seda mahtu küllastava aurukoguse suhte järgi või õhus sisalduva veeauru elastsuse ja küllastunud veeauru elastsuse suhte järgi samal temperatuuril, s. o.:

$$\varphi = 100 \cdot \frac{e}{E}\ \% \text{ ehk } \varphi = 100\,\frac{a}{A}\ \%,$$

kus φ — relatiivne niiskus, %,
E — küllastunud auru elastsus mm või mbar, olenevalt sellest, millistes ühikutes on väljendatud e,
A — küllastunud õhu absoluutne niiskus, g/m³,
a — õhu absoluutne niiskus, g/m³.

Tabelis 8 on toodud küllastunud auru elastsuse ja küllastunud õhu absoluutse niiskuse väärtused erinevatel temperatuuridel.

Kui külmutushoone kambris on õhu temperatuur 0° C ja psühromeetriga kindlaksmääratud relatiivne niiskus 90%, välisõhu temperatuur aga 20° C ja relatiivne niiskus 50%, siis võib tabeli 8 järgi leida absoluutse niiskuse külmutuskambris:

$$a_k = \frac{A\varphi}{100} = \frac{4{,}86 \cdot 90}{100} = 4{,}38\ \text{g/m}^3$$

Tabel 8

Temperatuur °C	Küllastunud auru elastsus		Absoluutne niiskus g/m³
	mm Hg	mbar	
+30	31,82	42,42	30,38
+20	17,54	23,38	17,32
+10	9,21	12,26	9,41
+ 5	6,42	8,64	5,32
0	4,58	6,10	4,85
− 5	3,16	4,22	3,41
−10	2,14	2,85	2,35
−15	1,43	1,91	1,60
−20	0,95	1,27	1,08

ja välisõhus:

$$a_{v\tilde{o}} = \frac{A\varphi}{100} = \frac{17{,}32 \cdot 50}{100} = 8{,}66 \text{ g/m}^3.$$

Tabelis 8 toodud veeauru elastsus vastab veeauru rõhule vee tasapinna kohal. Jääpinna kohal on küllastunud auru elastsus väiksem, aga väikese veetilga pinna kohal veidi suurem.

Veeauru elastsuse vahe vee ja jää kohal miinustemperatuuril on järgmine:

Tabel 9

Õhu temperatuur, °C	Veeauru elastsuse vahe vee ja jää kohal, mbar	Õhu temperatuur, °C	Veeauru elastsuse vahe vee ja jää kohal, mbar
0	0,00	−14	0,26
−2	0,09	−16	0,25
−4	0,17	−18	0,24
−6	0,22	−20	0,22
−8	0,25	−25	0,17
10	0,27	−30	0,13
−12	0,27	−35	0,09

Peale niiskuse on teisteks olulisteks õhu parameetriteks entalpia ja erisoojus. Niiske õhu (õhu ja veeauru segu) entalpiaks nimetatakse soojushulka, mis sisaldub 1 kg-s või 1 m³-s niiskes õhus. See soojushulk sõltub temperatuurist ja niiske õhu koostisse kuuluvate komponentide kaalulisest vahekorrast. Kuiva õhu entalpia temperatuuril 0° C loetakse võrdseks 0-ga.

1 m^3 niiske õhu entalpia koosneb kuiva õhu entalpiast ning õhus oleva veeauru entalpiast. Seega

$$i_0 = \gamma_k c t + \gamma_a i_n \text{ kcal/m}^3.$$

i_n väärtus — 1 kg õhus oleva auru entalpia õhu temperatuuril leitakse praktiliselt vajaliku täpsusega valemist $i_n = 595 + 0{,}46\,t$, kus 595 kcal/kg on 1 kg vee aurumissoojus 0° C juures ja 0,46 kcal/kg deg on ülekuumendatud auru erisoojus temperatuurivahemikus −30 ... +30° C.

Siit

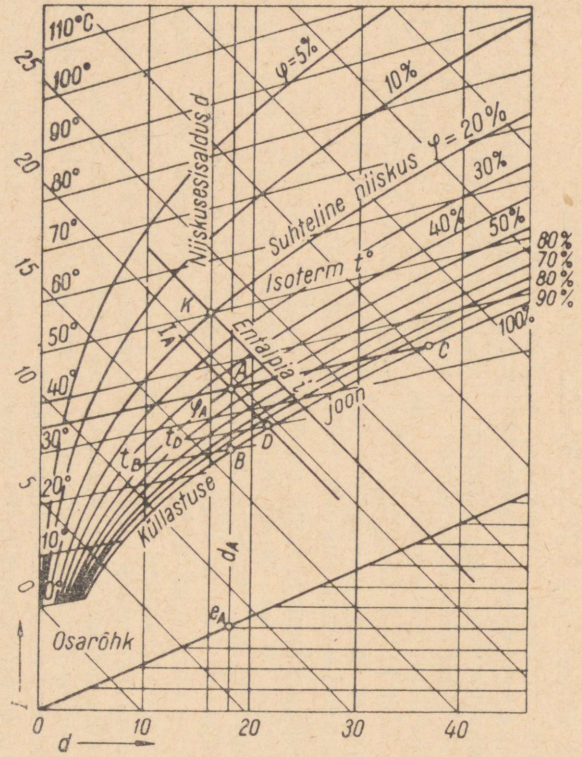
$$i_0 = \gamma c t + \gamma_a (595 + 0{,}46t) \text{ kcal/m}^3,$$

kus γ ja γ_a on vastavalt kuiva õhu ja veeauru erikaal kg/m^3 ning c — kuiva õhu erisoojus, $c = 0{,}24$ kcal/kg deg.

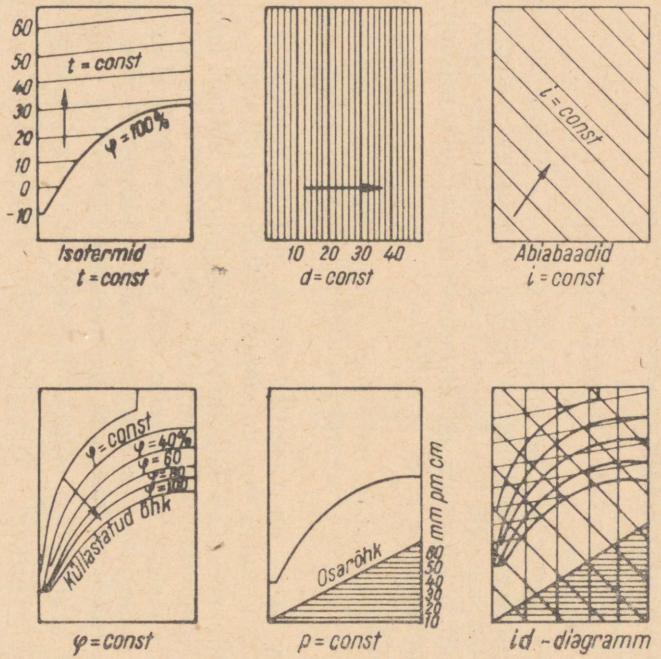
Õhu erisoojus konstantse rõhu juures sõltub temperatuurist, kuid temperatuurivahemikus −30 ... +150° C kaaluline erisoojus peaaegu ei muutu ja selle võib võtta $c = 0{,}24$ kcal/kg deg. Mahuline erisoojus c_0 kcal/m^3 deg sõltub tunduvalt õhu temperatuurist. Vahekord kaalulise ja mahulise erisoojuse c ja c_0 vahel on: $c = \frac{c_0}{\gamma_0}$ kcal/kg deg, millest järgneb, et $c_0 = c\gamma_0$ kcal/m^3 deg, kus γ_0 on õhu erikaal. Atmosfäärirõhu (760 mm Hg) ja 0° C juures $\gamma^\circ = 1{,}293$ kg/m^3. Samade tingimuste juures õhu mahuline erisoojus võrdub: $c_0 = 0{,}24 \cdot 1{,}293 = 0{,}31$ kcal/m^3 deg.

Õhu muutuse füüsikalisi protsesse on hõlpus analüüsida graafilise meetodiga, kasutades *id*-diagrammi, milles seostatakse õhu parameetrid: temperatuur (t), niiskusesisaldus (d), entalpia (i), relatiivne niiskus (φ) ja veeauru osarõhk (e), kusjuures niiskusesisalduseks võetakse siin veeauru kaal grammides 1 kg kuiva õhu kohta ($d_{kõ}$g/kg). See termin võeti kasutusele seoses sellega, et õhu niisutamise ja kuivatamise protsessides jääb temas sisalduva kuiva õhu hulk muutmatuks.

id-diagrammi aluseks on koordinaatide kaldnurkne süsteem. Joonisel 7 on kujutatud *id*-diagramm baromeetrilise rõhu juures 745 mm Hg või 10128 kg/m^2, mis on ligidane NSV Liidu kesktööstusrajooni aasta keskmisele baromeetrilisele rõhule. Telgedevaheline nurk diagrammil on 135°. Abstsissteljele on märgitud õhu niiskussisalduse d väärtused, ordinaatteljele aga niiske õhu entalpia väärtused, kusjuures diagrammi mõõtmete vähendamiseks abtsisstelge tavaliselt välja ei joonestata, vaid asendatakse ordinaatteljele risti tõmmatud abijoonega. Sellele abijoonele projekteeritaksegi niiskusesisalduse d väärtuste skaala (mastaap). *id*-diagrammile kantakse konstantsete suuruste jooned: i, d, t, φ ja e. Nende joonte asetus on kujutatud joonisel 8.



Joon. 7. Niiske õhu id-diagramm.



Joon. 8. id-diagrammi koostamise skeem.

Jooned $i=const$, s. o. isoentalbid kulgevad kaldu, paralleelselt abstsissteljega; jooned $d=const$ on sirged ja kulgevad paralleelselt ordinaatteljega; jooned $t=const$ ehk isotermid on üsna lähedased sirgele ja kulgevad vasakult üles paremale; jooned $\varphi=const$ on kujutatud diagrammil lehvikutaoliselt hajuva kimbuna, kuna ühe ja sama niiskusesisalduse, kuid erisuguse temperatuuri juures on õhu relatiivne niiskus erisugune; jooned $e=const$, s. o. veeauru konstantse osarõhu jooned niiskes õhus, kulgevad koordinaatide algpunktist vasakult üles paremale.

Joonise 8 elementaarsetel diagrammidel on nooltega näidatud nimetatud parameetrite suurenevate väärtuste suund.

Peajooneks *id*-diagrammil on küllastunud õhu kõver, s. o. joon, mille kõik punktid vastavad $\varphi=100\%$. See kõver jagab diagrammi kahte ossa.

Kõik punktid, mis asuvad kõverast $\varphi=100\%$ kõrgemal, iseloomustavad veeauruga (ülekuumendatud olekus) küllastamata õhku, aga punktid, mis asuvad sellest kõverast allpool, ülekküllastunud seisundis auru-õhu segu. Piirkond allpool küllastumise kõverat on õhu ja ülekküllastatud veeaurude segu piirkond ehk udupiirkond. Baromeetrilise rõhu tõusmisel nihkub küllastumisjoon ($\varphi=100\%$) diagrammil ülespoole, baromeetrilise rõhu langemisel — allapoole. Baromeetrilise rõhu kõikumisel ± 20 mm Hg võib praktikas vajaliku täpsusega kasutada *id*-diagrammi, mis on koostatud baromeetrilisele rõhule 745 mm Hg.

Mistahes punkt sellel diagrammil, näiteks K (vt. joonis 7), tähistab auru-õhu segu teatud füüsikalist seisundit. Kui näiteks õhu seisundit iseloomustab diagrammil punkt A, siis on kerge määrata diagrammi abil kõik tema peamised parameetrid, s. o. t, d, φ, i ja e (p).

Tõmbame läbi punkti A joone $d=const$ kuni ristumiseni joonega $\varphi=100\%$ ja leiame punkti B, mis iseloomustab õhu oleku muutust õhu jahutamisel kuni temperatuurini t_B. Seda ristumispunkti nimetatakse õhu kastepunktiks, mille olekut iseloomustab punkt A, temperatuuri t_B aga nimetatakse kastepunkti temperatuuriks.

Kui õhku olekus A küllastada ilma tema temperatuuri muutmata, siis täielikult küllastatud olekut, s. o. $\varphi=100\%$, iseloomustab punkt B, mis asub joone t_A ja joone $\varphi=100\%$ ristumiskohal.

Punkti B nimetatakse õhu küllastumispunktiks olekus A temperatuuri t_A ja sama baromeetrilise rõhu juures.

Õhu jahutamisel olekus A, kui $i=const$, s. o. sooja juurdeandmiseta ja äravõtmiseta, hakkab õhk niiskuma. Tõmmates läbi punkti A joone $i_A=const$ kuni ristumiseni küllastumisjoonega $\varphi=100\%$, leiame punkti D ja seda punkti läbiva isotermi t_D. Punkti D nimetatakse märja ehk niiske termomeetri punktiks, temperatuur t_g aga on märja termomeetri temperatuur t_{mt}.

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

Niisiis, teades märja termomeetri temperatuuri, on *id*-diagrammi järgi kerge kindlaks määrata õhu täielikku entalpiat, samuti nagu niiske õhu teadaoleva entalpia väärtuse järgi võib kergesti leida sellele väärtusele vastava märja termomeetri temperatuuri. *id*-diagrammi järgi on kerge määrata mitte ainult kastepunkti, õhu olekut kuiva ja märja termomeetri järgi, vaid võib ka kergesti ning kiiresti lahendada selliseid ülesandeid, nagu erisuguste õhukoguste segunemine, niiske õhu soojenemine ja jahtumine, vee aurumine selles jne.

VEDEL KESKKOND

Kala jahutamisel võib jahutava vedela keskkonnana kasutada külma mage- või merevett ja nõrku soolalahuseid; kala külmutamisel kasutatakse kõrge kontsentratsiooniga soolalahuseid. Ka merevett võib käsitada madala kontsentratsiooniga soolaveelahusena. Vee suurim tihedus on 4° C juures, selle poolest erineb ta teistest vedelikkudest, mille tihedus tavaliselt alates sulamistemperatuurist soojendamisel väheneb. Kala jahutamiseks kõlbab ainult puhas vesi, mis on sanitaarses suhtes laitmatu. Allikavesi on tavaliselt heljumitevaba või sisaldab mitte üle 50 bakterieose 1 cm^3-s. Puurkaevuvesi on suuremalt osalt vaba orgaanilistest ainetest ja mikroobidest.

Pinnavesi — soovesi, väikeste tiikide, irrigatsiooni- ja kuivenduskraavide vesi — on mõnikord ohtlike haiguste levikoldeks ja sellepärast on teda vaja eelnevalt puhastada ja kahjutuks teha. Järvevesi on tavaliselt küllaltki läbipaistev ja puhas, kuna järvedes suhteliselt vaikses olekus vabaneb vesi heljumitest, mis satuvad sinna jõeveega või põldudelt ja ümbruskonnast valguva veega. Jõevett tuleb tingimata bakterioloogiliselt kontrollida, kuna see vesi on ainult harva küllalt puhas. Kala tehnoloogiliseks töötlemiseks on kõlblik vesi, mis sisaldab mitte rohkem kui 100 bakterit 1 cm^3 vee kohta ja milles täielikult puuduvad mikroorganismid *Bact. coli* grupist. Jõevee aurutamisel saadud kuivas jäägis on 5,2% kloriide, 9,9% sulfaate, 60,1% karbonaate ja 24,8% muid aineid.

Mere- ja ookeanivesi erineb koostiselt mageveekogude veest. Ookeanivee kuivas jäägis on 88,7% kloriide, 10,8% sulfaate, 0,8% karbonaate ja 0,2% muid aineid, kusjuures kloriidide rühma moodustavad naatriumkloriid ja magneesiumkloriid, sulfaatide rühma magneesiumsulfaat, kaltsiumsulfaat ja kaaliumsulfaat, karbonaatidest esineb kaltsiumkarbonaat.

1000 grammis merevees on lahustunud 35 g soolasid, nendest 27,2 g NaCl ja 3,8 g $MgCl_2$. Külmutustehnikas ja eriti kalatöötlemisel kasutatakse jahutuskeskkonnana laialdaselt soolade vesilahuseid. Soolade vesilahused on keskkonnaks, millega toidu-

ained külmutamisprotsessis vahetult kokku puutuvad. Need lahused peavad külmuma küllaltki madalal temperatuuril ja nad ei tohi avaldada produktidele kahjulikku toimet.

Lahustunud aine sisaldust lahuse või lahusti kaalu- või mahuühikus nimetatakse lahuse kontsentratsiooniks. Lahuse kontsentratsiooni väljendatakse näiteks soola grammidega 1 liitri lahuse kohta ning ka soola grammidega, mis on lahustatud 1000 g lahustis, grammekvivalentide või molaarsete protsentidega jne. Lahuste kontsentratsioone on võimalik ümber arvutada teistesse ühikutesse järgmiste valemite abil:

$$C_1 = \frac{C_3}{10\gamma_e} = \frac{100C_2}{100+C_2},$$

$$C_2 = \frac{100C_1}{100-C_1} = \frac{100C_3}{1000\gamma_e - C_3},$$

$$C_3 = C_1 - 10\gamma_e = \frac{1000C_2\gamma_e}{100+C_2},$$

kus C_1 — lahustatud aine kogus grammides 100 g lahuses (kaaluliselt %),

C_2 — lahustatud aine kogus grammides 100 g lahustis — vees,

C_3 — lahustatud aine kogus grammides lahuse 1 liitris,

γ_e — lahuse erikaal.

Praktikas tuleb tihti lahjendada lahuseid veega või segada erisuguse kontsentratsiooniga lahuseid. Nende protsesside arvutusi võib teha analüütilisel või graafilisel meetodil. Analüütilist meetodit võib illustreerida järgmise näitega. $CaCl_2$ vesilahus kontsentratsiooniga a% tuleb üle viia b-% lahuseks lahjendamise teel lahusega, mille kontsentratsioon on C%. C-% lahuse kogust x kg, mis on vajalik A kg a-% lahuse lahjendamiseks kontsentratsioonini b%, võib määrata järgmiselt:

1) lähtelahuses kontsentratsiooniga a on $CaCl_2$ $\frac{Aa}{100}$ kg;

2) lahuses kontsentratsiooniga c, mida kasutati lahjendamiseks, on $CaCl_2$ $\frac{xC}{1000}$ kg;

3) lahuste segamise tulemusena saame:

$$CaCl_2 - \frac{Aa}{100} + \frac{xC}{100} = \frac{Aa+xC}{100} \text{ kg};$$

4) segu kaal on $(A+x)$ kg;

5) otsitava lahuse kontsentratsioon on $b = \frac{(Aa+xC)}{100(A+X)} \cdot 100$,

kust

$$x = \frac{A(a-b)}{b-C}$$

ehk

$$\frac{x}{A} = \frac{a-b}{b-C}.$$

Teades vee ja soola massi ning soola erisoojust võib kindlaks määrata lahuse erisoojuse (kcal/kg deg) järgmise valemiga:

$$c_0 = \frac{m_1 c_1 - m_2 c_2}{m_1 + m_2},$$

kus c_0 — lahuse otsitav erisoojus,
c_1 — vee erisoojus,
c_2 — soola erisoojus,
m_1 — vee mass,
m_2 — soola mass.

Näiteks määratakse 22-% kaaliumkloriidilahuse erisoojus temperatuuril 20° C järgmiselt:

$$c_1 = 1;\ m_1(100-22) = 78\ \text{g};$$
$$c_2 = 0{,}1654;\ m_2 = 22\ \text{g};$$

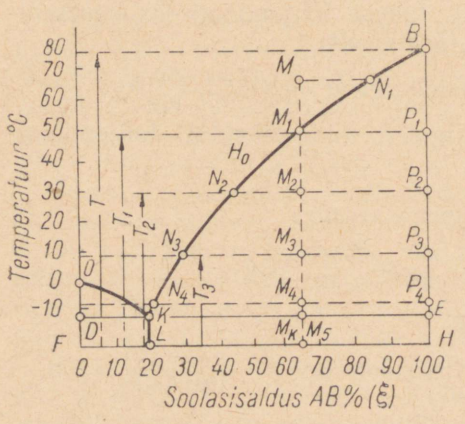
siis

$$c_0 = \frac{78\times 1 + 22\times 0{,}1654}{78+22} = 0{,}8165\ \text{kcal/kg deg}.$$

NaCl erisoojus on temperatuuril 17 ... 99° C 0,2069 kcal/kg deg.

Kala töötlemiseks kasutatakse jahutava keskkonnana binaarset süsteemi $NaCl + H_2O$ (keedusoola vesilahus).

Binaarse süsteemi omadusi võib määrata diagrammi abil, mille aluseks on koordinaatide täisnurkne süsteem ja mille ühele teljele märgitakse keedusoolasisaldus küllastunud lahuses kaalu- või molaarsetes protsentides, teisele aga vastava temperatuuri väärtused. $t\xi$ diagrammis (joonis 9) näidatakse kõvera OKB abil side kahe nimetatud küllastunud lahuse parameetri vahel. Igale temperatuurile vastab kindel lahustatavus. Kõverat, mis näitab soola lahustuvust vees olenevalt temperatuurist, nimetatakse lahustuvuse polütermiks. Küllastunud lahuse kontsentratsiooni nimetatakse antud soola



Joon. 9. Binaarse süsteemi sool-vesi (AB—H_2O) lahustuvuse kõver.

lahustuvusteguriks ehk lahustuvuseks (teatud temperatuuri jaoks). Kui lahuse kontsentratsioon on lahustuvustegurist kõrgem, nimetatakse lahust üleküllastunuks ja sellisele lahusele sama soola lisamisel kogu üleliigne sool sadestub. Kui lahuse kontsentratsioon on väiksem kui lahustuvustegur, nimetatakse lahust küllastumataks. Soola lahustuvus muutub temperatuuri muutumisel, mistõttu antud kontsentratsiooniga lahus võib olenevalt temperatuurist olla küllastumata, küllastunud või üleküllastunud.

Lahustuvuskõver *OKB* näitab piiri, mis eraldab küllastumata lahuste piirkonna küllastatud lahuste piirkonnast, olles tasakaalus tahke faasi ülejäägiga. Mistahes punkt piirkonnas ülalpool *OKB*-d iseloomustab küllastumata lahuste olekut, mistahes punkt *KBE* piirkonnas allpool kõverat *KB* vastab tasakaalule tahke soolaga, iseloomustades lahuse täieliku homogeensuse puhul üleküllastunud lahuse olekut antud temperatuuril või lahuse ja soola mehhaanilise segu olekut. Mistahes punkt allpool kõverat *OK* piirkonnas *ODK* vastab tasakaalule jääga, kusjuures punktid kõveral *OK* vastavad jää eraldumise alguse tingimustele soola-vee süsteemis ja lõpuks *DEHF* piirkonnas eksisteerivad tahkes faasis koos jää ja sool; vedel faas puudub.

Küllastunud lahuse jaoks vastab igale ξ (soola kontsentratsioon vedelas faasis) ja t C (lahuse temperatuur) väärtusele ainult üks figuratiivne punkt, mis kujutab seost süsteemi iseloomustamiseks valitud kahe parameetri vahel.

Diagrammi abil võib näidata protsessi kulgemist lahuse temperatuuri ja kontsentratsiooni muutumisel ning teha lahuse jahutamise või isotermilise auramise arvutusi. Küllastunud lahuse jahutamisel hakkab sellest eralduma veevaba sool, lahuse figuratiivne punkt hakkab liikuma mööda kõverat *BK* kuni iga lahuse teatud punktini *K*.

Diagrammil vastab punkt *O* puhta vee figuratiivsele punktile, s. o. veest puhta jää väljakülmumise punktile, milles nii temperatuur kui ka lahuse kontsentratsioon võrduvad nulliga. Puhtale veele soola lisamisel jää eraldumise temperatuur langeb. Lahuse jahutamisel, mille kontsentratsioon on väiksem kui punktis *K*, eraldub jää lahusest — figuratiivne punkt liigub edasi mööda kõverat *OK*, mis väljendab seost jääga tasakaalus oleva lahuse temperatuuri ja kontsentratsiooni vahel. Figuratiivne punkt võib liikuda mööda kõverat *OK* jällegi sama punktini *K*, kus ühtivad kõverad *BK* ja *OK*. Punkti *K* nimetatakse süsteemi krüohüdraat- või eutektiliseks punktiks. Selles punktis eralduvad jahutatud lahusest tahkesse faasi mõlemad komponendid seguna, mis koosneb jääst ja soolast. Selles punktis on lahus tasakaalus kahe tahke faasiga — soola ja jääga.

Küllastunud lahuse olekut, mida iseloomustab diagrammil mingi punkt *M*, võib muuta tõstes või alandades nii temperatuuri

kui ka kontsentratsiooni. Kui püsival temperatuuril lisada lahusele tahket soola, hakkab kontsentratsioon tõusma ja figuratiivne punkt, mis iseloomustab lahust, hakkab nihkuma paralleelselt abstsissteljega tõusvate kontsentratsioonide suunas, kuni jõuab küllastumiskõverani punktis N_1. Soola edaspidine lisamine antud temperatuuril ei muuda lahuse kontsentratsiooni ja lisatav sool ei lahustu, s. o. küllastunud lahus ja tahke sool on tasakaaluolekus. Vee isotermilisel auramisel lahusest, mida iseloomustab sama punkt M, hakkab relatiivne soolasisaldus küllastumata lahuses tõusma ja järelikult hakkab figuratiivne punkt nihkuma paremale. Punktis N_1 muutub lahus küllastatuks. Vee edaspidisel isotermilisel auramisel hakkab lahusest eralduma veevaba sool. Lahuse koostis antud temperatuuril enam ei muutu, kuid vee auramise ja soola sadestumise arvel hakkab lahuse üldkogus vähenema.

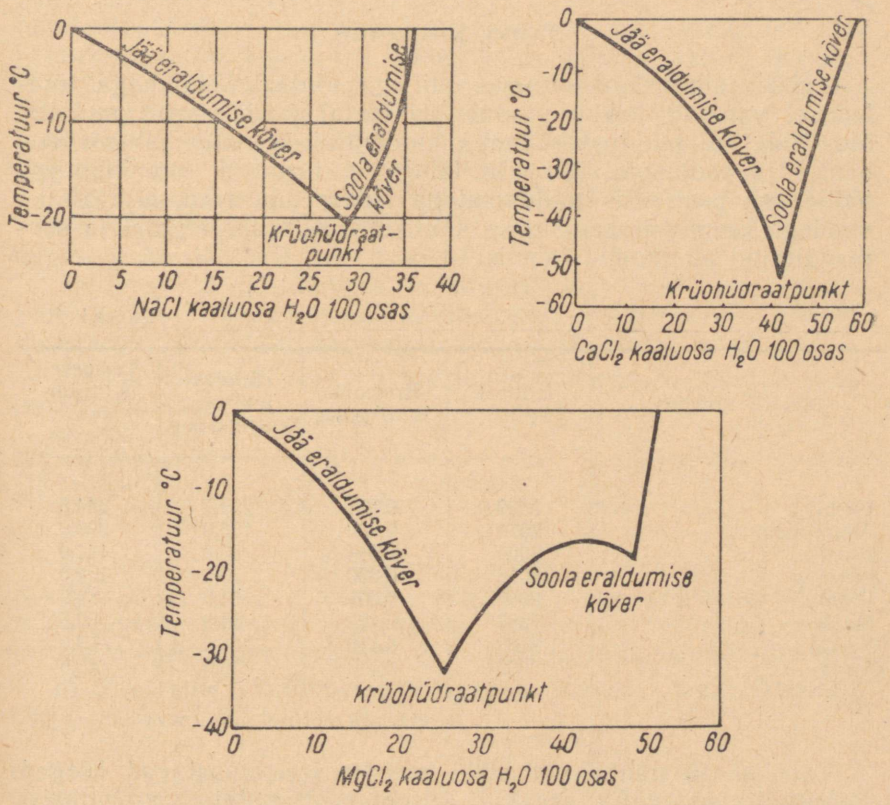
Kui lahjendada lahust olekus M püsival temperatuuril, hakkab lahuse kontsentratsioon langema ja sel juhul nihkub figuratiivne punkt piki abstsisstelge vasakule, liginedes ordinaatteljele. Küllastunud lahuse temperatuuri tõusmisel tahke faasi juuresolekul hakkab veevaba soola ülejääk üle minema lahusesse ja selle koostis hakkab muutuma küllastumiskõverat KB mööda temperatuuri tõusmise suunas. Kui aga küllastunud lahuses ei ole soola ülejääki, muutub lahus temperatuuri tõusmisel küllastumataks, tema figuratiivne punkt nihkub paralleelselt ordinaatteljega üles.

Küllastumata lahuse temperatuuri langemisel nihkub figuratiivne punkt allapoole paralleelselt ordinaatteljega kuni ristumiseni lahustuvuskõveraga, kus algab veevaba soola sadestumine. Lahuse edaspidisel jahutamisel hakkab süsteemi (lahus ja tahke faas) figuratiivne punkt nihkuma temperatuurivertikaali mööda allapoole. Lahuse jahutamisel olekust M_1 nihkub süsteemi figuratiivne punkt mööda ordinaati vahepealsetes asendites M_2, M_3, M_4, M_k. Kuna süsteemi koostis tervikuna ei muutu (küllastunud lahuse jahutamisel tekib sade), ilmuvad vedela ja tahke faasi figuratiivsed punktid.

Vedela faasi figuratiivne punkt vastab küllastunud lahuse koostisele, mille kontsentratsioon väheneb vastavalt soola tahkesse faasi eraldumisele, seepärast liigub see figuratiivne punkt vasakule, püsides küllastumiskõveral, sest sellel paiknevad küllastunud lahuste koostise vahepealsed asendid N_2, N_3, N_4 jne. Tahke faasi figuratiivne punkt liigub vertikaali BH mööda, mis vastab 100% veevaba soolale (vahepealsed punktid P_2, P_3); püsival temperatuuril need tahke ja vedela faasi figuratiivsed punktid, s. o. süsteem tervikuna, peavad paiknema ühel ja samal temperatuurihorisontaalil. Näiteks temperatuuri T_2 puhul figuratiivsed punktid M_2 (süsteemi), N_2 (vedela faasi) P_2 (tahke faasi)

asetsevad ühel temperatuurihorisontaalil T_2, temperatuuri T_3 vastavad figuratiivsed punktid M_3, N_3 ja P_3 asetsevad oma temperatuurihorisontaalil T_3 jne.

Juhtumi M_k, s. o. süsteemi figuratiivse punkti puhul on K — vedela faasi figuratiivne punkt, E — tahke faasi figuratiivne punkt.



Joon. 10. NaCl, $CaCl_2$ ja $MgCl_2$ vesilahuste oleku diagrammid.

Joonisel 10 on toodud soolade NaCl, $CaCl_2$ ja $MgCl_2$ vesilahuse oleku diagrammid. Vesilahuste krüohüdraatpunktid: NaCl — 21,2° C, kusjuures 100 osale veele tuleb 28,9 osa soola, $MgCl_2$ — 33,6° C, 100 osale veele 27,6 kaaluosa soola, ja $CaCl_2$ — 55° C, 100 osale veele 42,5 osa soola.

Kala külmutamisel vahetus kontaktis külma lahusega soojeneb soojema produktiga kokkupuutuv lahus ja järelikult tema figuratiivne punkt kaldub kõrvale jää eraldumise kõverast. See

näht tekitab uue protsessi — difusiooniprotsessi, mille tulemusena produkt sooldub. Difusiooniprotsess piirab vedela keskkonna kasutamist kala külmutamiseks ja ei luba selleks otstarbeks kasutada $MgCl_2$ ja $CaCl_2$ juhul, kui kala külmutatakse vahetus kontaktis lahusega. Nende soolade isegi tähtsusetu tungimine produkti annab viimasele mõruda maitse.

TAHKE KESKKOND

Tahke jahutuskeskkonnana, millega toiduaine külmaga töötlemisel vahetult kokku puutub, kasutatakse kõigepealt metalle. Metallide kui jahutuskeskkonna hindamisel on suur tähtsus erikaalul ja soojusnäitajail. On tähtis, et metallid, mis külmaga töötlemise protsessis toiduainetega kokku puutuvad, ei tekitaks nendega keemilisi reaktsioone. Üksikute metallide erikaal ja soojusnäitajad on toodud tabelis 10.

Tabel 10

Metalli nimetus	Erikaal kg/m³	Erisoojus kcal/kg deg	Soojusjuhtivus kcal/m h deg	Temperatuurijuhtivus 10^3 m²/h
Vask	8800	0,091	259,0	324,0
Alumiinium	2670	0,200	123,0	200,0
Tsink	7000	0,094	95,0	145,0
Messing	8000	0,090	73,5	102,0
Pronks	8000	0,091	55,0	75,0
Malm	7200	0,120	54,0	62,5
Nikkel	8600	0,110	50,0	53,0
Teras	7900	0,110	39,0	45,0

Tabelist 10 nähtub, et kõiki metalle iseloomustavad kõrged soojusnäitajad, välja arvatud erisoojus. Nimetatud metallidest kasutatakse kalatööstuses kõige rohkem terast, malmi ja alumiiniumi.

Kuigi alumiinium on üsna kõrgete soojusnäitajatega ja kerge, alumiiniumisulamid küllaltki kõvad ja vastupidavad ning seepärast masinaehituses laialdaselt kasutusel, kasutatakse toiduainete külmutusseadmetes seni siiski kõige rohkem terast.

Terast, nagu näha tabelist 10, iseloomustab võrreldes teiste metallidega madalam soojusjuhtivus- ja temperatuurijuhtivustegur, kuid ta korrodeerub. Korrosiooni vältimiseks kaetakse teras korrosioonivastase kattega või kasutatakse legeeritud terast, mis peab roostele hästi vastu.

Kala külmaga töötlemisel tuleb kasutada tihti heterogeenset jahutuskeskkonda, milles produkti ühed pinnaosad puutuvad kokku tahke keskkonnaga (metalliga), teised aga gaasilise keskkonnaga (õhuga).

Kala kontaktkülmutamist jää ja soola segus iseloomustavad üsna keerukad külmaga töötlemise tingimused heterogeenses jahutuskeskkonnas. Sel juhul reguleerivad soojusvahetust kala ja heterogeense keskkonna vahel kolm tegurit: vahetu kontakt kala ja jää (tahke aine) vahel, külm soolalahus, mis tekib jää ja NaCl segu sulamisest (vedel keskkond), ja kala pinnaga kokkupuutuvate segukomponentide vahelised õhurakukesed (gaasitaoline keskkond). Nende soojusvahetustegurite osa muutub külmutamisprotsessis ja see teeb protsessi veelgi keerukamaks. Jahutamisprotsessis figureerivaid keskkondi iseloomustavad mitmesugused füüsikalised omadused.

Sellised jää füüsikalised omadused nagu erisoojus, soojusjuhtivustegur, temperatuurijuhtivustegur, temperatuurse paisumise tegur ja sulamissoojus muutuvad järgmisel viisil.

a) Jää erisoojus sõltub tema temperatuurist ja muutub järgmistes piirides:

jää temperatuur °C	0	−10	−20	−30	−40	−50
jää erisoojus kcal/kg deg	0,5057	0,4871	0,4684	0,4498	0,4312	0,4156

Jää erisoojust c_j võib määrata järgmise valemiga: $c_j = 0{,}5057 + 0{,}001863\ t$ kcal/kg deg, kus t on jää temperatuur, mille juures erisoojust määratakse. Praktiliselt võib jää erisoojuseks temperatuurivahemikus 0 ... −20° C võtta 0,5 kcal/kg deg.

b) Jää soojusjuhtivustegur oleneb samuti temperatuurist, nagu näitavad alltoodud andmed.

Jää temperatuur °C	0	−50	−100
Soojusjuhtivustegur kcal/m h deg	1,92	2,39	2,99

Jää soojusjuhtivusteguri sõltuvust temperatuurist võib väljendada valemiga

$$\lambda_j = 0{,}0053\,(1 + 0{,}0015\,t) \text{ cal/cm sec deg.}$$

Temperatuuril 0° C $\lambda_j = 0{,}0053$ cal/cm sec deg ehk $\lambda_j = 1{,}906$ kcal/mh deg. Harilikult võetakse jää keskmiseks erisoojuseks $\lambda_j = 2$ kcal/m h deg. Koheva lume soojusjuhtivus võrdub ligikaudu $\lambda_j = 0{,}15$ kcal/m h deg.

c) Jää temperatuurijuhtivustegur a moodustab 0° C juures $a_j = 0{,}00419$ m²/h.

d) Temperatuuri joon- või mahtpaisumise tegur on tahke keha pikkus- või mahuühiku suurenemine keha temperatuuri muutumisel 1 deg võrra. Jää joonpaisumistegur muutub $2{,}84 \cdot 10^{-5} \ldots 7{,}36 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{deg}}$ piires.

Jää mahtpaisumistegur muutub $8{,}1 \cdot 10^{-5} \ldots 16{,}2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{deg}}$ piires. Puhta jää jaoks võib võtta selle $(15{,}8 \pm 0{,}2) \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{deg}}$.

e) Jää keskmine sulamissoojus on $79{,}7 \pm 1$ kcal/kg. Praktiliselt võetakse see arvutustes 80 kcal/kg.

Soojusväljastustegur kala jahutamisel jääs sõltub jää kasutamise tingimustest (purustamisaste, kala ja jää vahekord %-des jne.). Soojusväljastustegur on seda suurem, mida parem on jää ja kala vaheline kontakt.

Seisva õhu soojusväljastustegur on väike, külmutuspraktikas ei ületa ta 8 ... 10 kcal/m² h deg, samal ajal kui vedelas keskkonnas on ta 190 ... 200 kcal/m²h deg ja enam.

KÜLMAGA KONSERVEERIMISE PÕHIPROTSESSID

Praktikas kasutatakse järgmisi kala ja kalasaaduste külmaga konserveerimise protsesse: jahutamine, nõrkkülmutamine, külmutamine, säilitamine, defrosteerimine.

Kalasaaduste külmutustehnoloogia valdkonda kuulub ka jahutatud ja külmutatud kalafilee tootmine, vähilaste (krabide, krevettide) ja kulinaarkalasaaduste külmaga töötlemine.

Jahutatud kala või jahutatud kalafileed iseloomustab temperatuur, mis kalalihas on lähedane külmumistemperatuurile, kuid ei lange sellest allapoole. See eristab jahutatud kala värskest kalast, mida ei ole jahutatud.

Nõrkkülmutatuiks nimetame kala, mille temperatuur lihas on allpool külmumispunkti (näit. −2 ... −3° C), kuid kalal pole veel seda kõvadust, mis on omane külmutatud kalale.

Külmutatud kala või külmutatud kalafileed iseloomustab temperatuur, mis ei ületa −8 ... −10° C, ja iseloomulik kõvadus (kõva esemega löömisel tekib selgesti kuuldav heli).

Nimetatud külmaga töödeldud kalasaadused erinevad oluliselt üksteisest: jahutatud saadustes arenevad mikrobioloogilised ja fermentatiivsed protsessid edasi, ehkki nõrgalt, ja sellepärast võib neid hoida ainult niikaua, kuni eelmainitud protsessid ei ole veel jõudnud produkti kaubaväärtust alla viia. Jahutatud kala maksimaalne säilitamiskestus magedas jääs ei ületa 12 päeva. Nõrkkülmutatud kalasaadustes on mikrobioloogiliste ja fermen-

tatiivsete tegurite mõju veidi nõrgem ja sellepärast võib neid tooteid säilitada kauem; nii näiteks säilib kala jääs (sulamistemperatuur −2 ... −3° C) 24 kuni 28 päeva. Alles külmutatud saadustes lakkab küllalt madalal säilitamistemperatuuril (−12° C ja alla) mikrobioloogiliste ja fermentatiivsete protsesside arenemine täiesti, kuid jätkub näiteks rasva hapendumine, mis omakorda aeglustub ainult temperatuuril alla −18° C.

Defrosteeritud kalaks nimetatakse tehislikult ülessulatatud kala, s. o. kala, mis läbis külmutamise pöördprotsessi.

IV PEATÜKK

KALA JAHUTAMINE

Kala jahutamine on protsess, milles soojuse äraviimise teel alandatakse kala temperatuuri peaaegu krüoskoopilise punktini, kuid mitte sellest allapoole. Erinevate kalaliikide krüoskoopiline punkt on −0,6 ... −2° C piires ja sõltub rakumahla kontsentratsioonist; harilikult võetakse selleks −1° C.

Kala ja kalasaadusi, mis külmaga töötlemise teel on jahutatud krüoskoopilisele punktile ligidase temperatuurini, nimetatakse jahutatuks. Kala jahutamise protsess põhineb peamiselt madala temperatuuri soodsal mõjul kiiresti riknevatele toiduainetele, mille juures värskes kalas sügavaid muutusi ja riknemist põhjustavate mikroorganismide elutegevus ja fermentide aktiivsus langeb.

Nimetatud tegurite toime jahutatud toiduainetes ainult nõrgeneb, kuid ei lakka täiesti, mistõttu jahutatud kalasaaduste säilitamise kestuse määrab aeg, mille kestel muutused ei jõua areneda nii kaugele, et saadus kaotaks oma kaubaväärtuse. Jahutatud saaduste säilitamise aeg sõltub peamiselt toorkala kvaliteedist, jahutamisviisist ja -kestusest ning säilitamistingimustest.

Kala suunatakse jahutamisele pärast sorteerimist suuruse ja liikide järgi. Toorkala kvaliteet peab vastama tehnilistele tingimustele ja see määratakse nii organoleptiliste kui ka füüsikalis-keemiliste näitajate järgi laboratoorse analüüsi teel.

Jahutatud filee valmistamiseks ja jääs jahutatud kala transportimiseks tarbimisrajoonidesse kasutatakse ainult elusat ja värsket vähemalt I sordi kala. Kala jahutamise tehnoloogia peamisteks teguriteks on bioloogilised ja füüsikalis-keemilised muutused, mis toimuvad kala jahutamise protsessis; jahutamiskestus ja külmakulu; mitmesuguste jahutamisviiside erinevused ja nende täiustamise viisid.

Mikroorganismide elutegevuses on üheks otsustavaks teguriks väliskeskkonna temperatuur. Jahutamine pidurdab kalas leiduvate mikroorganismide arenemist, nende elutegevuse aktiivsus väheneb ja aeglustub seda rohkem, mida madalam on temperatuur ja mida kiiremini see langeb jahutamisprotsessis. Kui jahutamisega kaasneb niiskuse vähenemine toote pinnal, siis pidurdab see veelgi rohkem mikroorganismide arenemist.

Kala jahutamisel toimuvad temas olulised füüsikalised ja keemilised muutused; füüsikalised muutused kutsuvad esile koe tihenemise ning koemahlade ja vere viskoossuse suurenemise, samuti kala kaalu vähenemise. Kuivamisastme määravad produkti ja jahutuskeskkonna omadused ning jahutustingimused. Kuivamisastet mõjutavatest teguritest on tähtsad kala erikaal, kalaeksemplaride suurus, pakendi olemasolu ja iseloom jahutamise ja säilitamise protsessis.

Mida rohkem on kalas vett, seda rohkem niiskust temast aurub ning sellepärast on kuivamine lahjadel kaladel suurem kui rasvastel, kellel on vett suhteliselt vähem, nahaalune rasvakiht aga takistab koeniiskuse auramist. Suure erikaaluga kalad sisaldavad rohkem orgaanilisi aineid ja järelikult ka suhteliselt vähem vett. Üksikute eksemplaride suurus määrab pinna, mille kaudu toimub niiskusevahetus auramisel. Pakkimismaterjalid võivad täielikult kaitsta toiduainet auramise eest või takistada, aeglustada seda protsessi, lõpuks võib hügroskoopne pakend ise imada toiduainest auruvat niiskust.

Jahutuskeskkonna iseloomulikumateks omadusteks, mis mõjuvad kuivamisastmele, on õhu niiskus, keskkonna temperatuur ja olek (liikuv või liikumatu). Mainitud tegurite osatähtsus nähtub järgmisest võrrandist, millega määratakse kalast aurava niiskuse (G) kogus ajaühikus:

$$\Delta G = \sigma \cdot F \cdot (x_p - x_k) \text{ kg/h},$$

kus σ — aurumistegur, kg/m²h,
x_p — õhu niiskusesisaldus kala pinnal, kg/kg,
x_k — õhu niiskusesisaldus kambris, kg/kg.
F — kala välispind, m².

Aurumistegur näitab, kui palju aurub niiskust kala pinna 1 m²-lt $x_p - x_k = 1$ puhul tunni jooksul; σ sõltub pinna seisukorrast ja suureneb koos kalaga kokkupuutuva õhu liikumiskiiruse suurenemisega. Keemilised muudatused kulgevad seoses surmajärgsete muudatustega kalas. Glükogeenist tekib lagunemisel piimhape ja samal ajal toimub kergesti täheldatav lihaskoe tihenemine. Piimhappe kogunemisel algab lihaseplasma valkude kalgendumine — müosiin ja müogeen lähevad üle müosiinfibriini ja müogeenfibriini lahustamatutesse vormidesse.

Jahutuskestus sõltub jahutatava kala omadustest, jahutava keskkonna omadustest ja protsessi teostamise tingimustest (kala paksusest, soojusnäitajatest λ, c, a, t_k, erikaalust γ, jahutava keskkonna temperatuurist t_0, keskkonna liikumise kiirusest ja iseloomust, õhu niiskusest ja soojuse ülekandetegurist kalalt jahutuskeskkonnale. Kala kiire jahutamise peamisteks tingimusteks on:

kõrgete soojusnäitajatega keskkonna kasutamine,

keskkonna võimalikult madala temperatuuri hoidmine kala jahutamise protsessis,

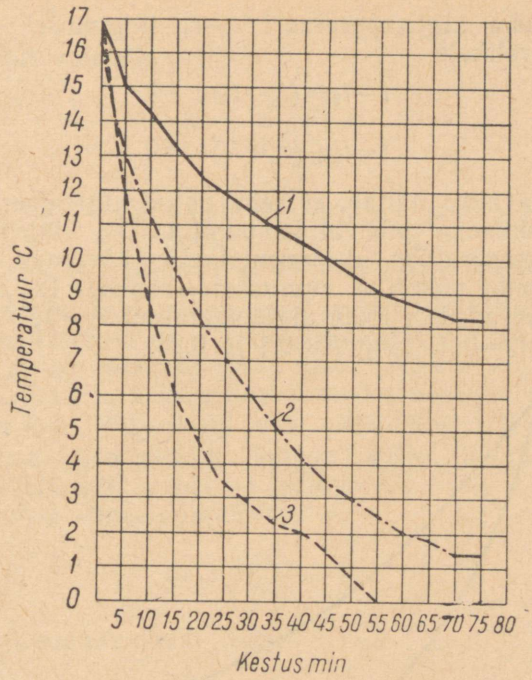
vedela või õhukeskkonna tsirkulatsioon.

Kala jahutamine vedelas keskkonnas peab kulgema palju kiiremini kui õhukeskkonnas. Keskkonna temperatuuri ei tohi alandada alla teatud piiri, kus algab juba kala külmumine. Vee väljakülmumine kala koemahladest algab temperatuuril umbes $-1°$ C ning sellepärast võib kala jahutamisel keskkonna madalaimaks temperatuuriks olla $-3 \ldots -4°$ C, arvestades seejuures lubatavat vahet keskkonna temperatuuri ja jahutatud toote lõpptemperatuuri vahel. Samuti ei ole otstarbekas suurendada keskkonna tsirkulatsiooni üle teatud maksimumi, kuna seejuures suureneb energiakulu, jahutamisel õhukeskkonnas aga peale selle veel toiduaine kuivab.

Joonisel 11 on kujutatud kala (paksus 4 cm) jahutamise kõverad jääga ja külma soolveega ($t_s = -1°$ C).

A. P. Makašev jahutas sardiini mitmesugustes jahutuskeskkondades ja erinevates tingimustes ning näitas, et tsirkuleerivas külmas vedelas keskkonnas on kala jahutamise kiirus tunduvalt suurem kui peenestatud jääs. Kui sardiini jahutamise kiirus peenestatud jääs lugeda üheks, siis muude võrdsete tingimuste juures on jahutuskiirus lumejääs 1,3 korda suurem, tsirkulatsioonita merevees 2,9 korda suurem ja lõpuks tsirkuleerivas merevees 5,2 korda suurem. Toote jahutuskestuse arvutamiseks on vajalik juba mainitud keeruka sõltuvuse täpne väljendamine — nii kala kui ka jahutava keskkonna püsivate ja muutuvate näitajate kvantitatiivsete väärtuste tundmine. Seetõttu on jahutamisaja täpne leidmine äärmiselt raske ja praktilises töös määratakse jahutuskestus katseandmete alusel. Ligikaudu võib keha jahutuskestust määrata teoreetiliselt Newtoni jahutusseaduse alusel. Nagu teada, on selle seaduse järgi jahutatava tahke keha temperatuuri muutumise kiirus võrdeline keha ja jahutava keskkonna temperatuuri vahega. Matemaatiliselt väljendatakse seda sõltuvust valemiga

$$\frac{dt}{dZ} = -K(t - t_0),$$



Joon. 11. Kala (paksus 4 cm) jahutamiskestuse kõverad:
1 — jääl, *2* — jääs, *3* — soolvees.

kus t — keha temperatuur,
t_0 — jahutava keskkonna temperatuur,
Z — kestus,
K — võrdetegur, mis sõltub keha geomeetrilisest kujust, keha soojusnäitajatest ja kehalt jahutavale keskkonnale soojusülekandetegurist α. Nimelt:

$$K = \frac{\alpha}{c\gamma} \cdot \frac{F}{V}.$$

Lahendades seda võrrandit, saame

$$\frac{dt}{t-t_0} = -KDZ; \quad \ln(t-t_0) = -KZ + C_1,$$

kus C_1 — integreerimiskonstant.

Siit

$$t - t_0 = e^{-KZ+C_1} = Ce^{-KZ}.$$

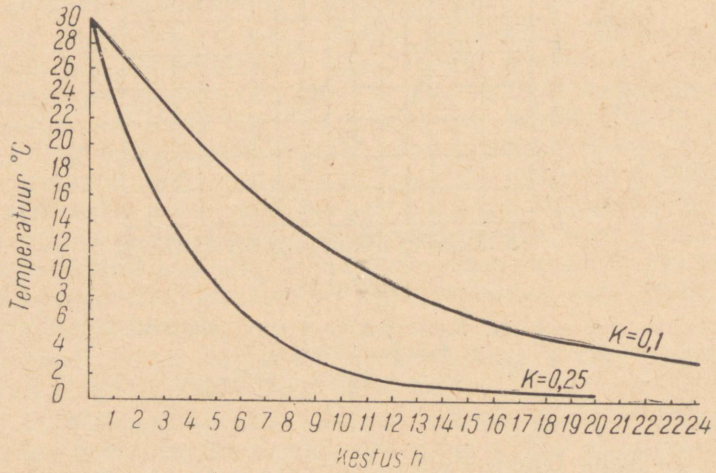
Võttes keha algtemperatuuri $t=t_a$ tingimusel $Z=0$, saame $C=t_a-t_0$, järelikult

$$t-t_0=(t_a-t_0)e^{-KZ}$$

ja edasi

$$t=t_0+(t_a+t_0)e^{-KZ}.$$

Viimane avaldis näitab, et keha antud algtemperatuuril t_a ja jahutava keskkonna püsival temperatuuril t_0 väljendub jahutatava keha temperatuur eksponentsiaalse kõveraga, mille kalle antud momendil sõltub K suurusest. Joonisel 12 on kujutatud jahutamiskõverad, kus toote algtemperatuur $t_a=30°$ C, keskkonna temperatuur $t_0=0°$ C ning $K=0{,}1$ ja 0,25.



Joon. 12. Toote jahutamiskõverad.

Mida kiiremini keha jahtub, seda järsum on jahutamiskõver, kuid jahutamiskõver on seda järsum, mida suurem on tegur K. K mistahes väärtuse juures on jahutamiskõvera kalle suurem jahutamise algul, mil temperatuurivahe keha ja keskkonna vahel on suurem kui jahutamise järgmistel staadiumidel. $t-t_0$ vähenemisel jahutamise kiirus väheneb ja jahutamiskõver läheneb asümptootiliselt keskkonna temperatuuri joonele, sest jahutuskiirus kujutab enesest jahutuskõvera kaldenurga tangensit. Valemist $t=t_0+(t_a-t_0)e^{-KZ}$ võib leida jahutuskestuse Z.

$$Z=\frac{1}{K}\ln\frac{t_a-t_0}{t-t_0}.$$

Keskmine temperatuurivahe toiduaine ja keskkonna vahel jahutamise kestel väljendatakse keskmise logaritmilise suuru-

sega vastavalt valemile

$$\Delta t = \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0}},$$

kus t_1 ja t_2 — toiduaine temperatuur jahutusperioodi algul ja lõpul,
t_0 — jahutava keskkonna püsiv temperatuur.

Selle meetodi järgi annab arvutus jahutuskestuse Z vähendatud väärtuse, kuna ta on rajatud eeldusele, et jahutatava keha soojusjuhtivus on lõpmata suur. See asjaolu, et tegur K on võrdeline jahutatava keha pinna ja mahu suhtega, annab võimaluse hinnata keha kuju mõju keha jahutamise kiirusele.

Suhe lihtsa geomeetrilise kujuga keha (plaadi, silindri ja kera) pinna ja mahu vahel on järgmine:

plaadi puhul (ilma külgääristeta):

$$\frac{F}{V} = \frac{2BL}{2RBL} = \frac{1}{R},$$

silindri (otsatahkudeta) puhul:

$$\frac{F}{V} = \frac{2\pi RL}{\pi R^2 L} = \frac{2}{R},$$

kera puhul:

$$\frac{F}{V} = \frac{4\pi R^2}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3}{R},$$

kus F — pind,
V — maht,
R — pool plaadi paksusest või silindri või kera raadius,
L — pikkus,
B — laius.

Nii jahtub R ühe ja sama väärtuse puhul kerataoline keha kolm korda kiiremini, silindriline aga kaks korda kiiremini kui plaat.

Keha jahutamistingimuste täpset teoreetilist määramist raskendab jahutamisprotsessi mõjutavate muutuvate suuruste rohkus. Keha antud temperatuurini jahutamise kestuse, samuti keha temperatuuri antud jahutuskestuse järgi võib määrata lihtsa geomeetrilise kujuga kehade puhul graafiku abil, mis on koostatud soojusülekande teooria põhjal.

Keha jaoks, millel on lõpmata suure lameparalleelse plaadi kuju paksusega $2X$, väljendub soojusjuhtivuse diferentsiaal-

võrrand järgmiselt:

$$\frac{\delta T}{\delta Z} = a \frac{\delta^2 T}{\delta x^2},$$

kus T — keha temperatuuri ja keha ümbritseva jahutava keskkonna temperatuuri vahe,
Z — kestus,
a — keha temperatuurijuhtivustegur,
x — koordinaat telje x suunas.

Need suurused seostataksegi omavahel soojusjuhtivuse võrrandis, mida kasutades võib kindlaks määrata isotermide asetuse jahutatavas kehas igal hetkel. Tehnilisteks määramisteks on tavaliselt küllalt sellest, kui on teada temperatuur keha keskmes ja pinnal. Lahendades diferentsiaalvõrrandi, võib saada järgmise iseloomuga temperatuurifunktsiooni:

$$T = T_a f\left(\frac{a}{\lambda} X, \quad \frac{aZ}{X^2}, \quad \frac{x}{X}\right),$$

kus T_a — keha algtemperatuur tema kõigis punktides, kui $Z = 0$.

Temperatuur keha keskmes T_k ja pinna mõlemal poolel T_p väljendub järgmiselt:

$$T_k = T_a f_k\left(\frac{a}{\lambda} X, \frac{aZ}{X^2}\right) \text{ ja } T_p = T_a f_p\left(\frac{a}{\lambda} X, \frac{aZ}{X^2}\right).$$

Funktsioonid T_k ja T_p sõltuvad kahest sõltumatust muutuvast suurusest ja järelikult võib neid graafiliselt esitada kõverate seeriaga (joonis 13*a* ja *b*).

Silindrilise kujuga keha diferentsiaalvõrrand väljendub järgmiselt:

$$\frac{\delta T}{\delta Z} = a\left(\frac{\delta^2 T}{\delta r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\delta T}{\delta r}\right),$$

kus r — silindri muutuv raadius.

Lahendades selle võrrandi, võib saada järgmise temperatuurifunktsiooni:

$$T = T_a f\left(\frac{a}{\lambda} R, \quad \frac{aZ}{R^2}, \quad \frac{r}{R}\right),$$

kus R — silindri raadius.

Temperatuuri keha keskmes (s. o. silindri teljel) ja silindri pinnal võib väljendada nii:

$$T_k = T_a f_k\left(\frac{a}{\lambda} R, \frac{aZ}{R^2}\right) \text{ ja } T_p = T_a f_p\left(\frac{a}{\lambda} R, \frac{aZ}{R^2}\right).$$

Silindrilise keha temperatuurid T_p ja T_k võib leida kõverate abil (joonis 14*a* ja *b*).

Kerakujulise keha jaoks saame vastavalt

$$\frac{\delta T}{\delta Z} = a\left(\frac{\delta^2 T}{\delta r^2} + \frac{2}{r}\cdot\frac{\delta T}{\delta r}\right)$$

ja, lahendades selle võrrandi, määrame T:

$$T = T_a f_k\left(\frac{\alpha}{\lambda} R,\ \frac{aZ}{R^2},\ \frac{r}{R}\right).$$

Keha temperatuuri kera keskmes ja pinnal võib määrata järgmiste valemite abil:

$$T_k = T_a f_k\left(\frac{\alpha}{\lambda} R,\ \frac{aZ}{R^2}\right) \text{ ja } T_p = T_a f_p\left(\frac{\alpha}{\lambda} R,\ \frac{aZ}{R^2}\right)$$

ja kõverate abil (joonis 15*a* ja *b*).

Kuna T on keha temperatuurivahe jahutatava keha mingi punkti ja jahutava keskkonna temperatuuri vahel, siis keha jahutamisel temperatuurist t_a kuni temperatuurini t_k (toote keskmes) või kuni temperatuurini t_p (toote pinnal) külmutuskambri temperatuuril t_o võib kirjutada

$$T_k = t_k - t_o,\ T_p = t_n - t_o \text{ ja } T_a = t_a - t_o,$$

$$\frac{T_k}{T_a} = \frac{t_k - t_0}{t_a - t_0};\quad \frac{T_p}{T_a} = \frac{t_p - t_0}{t_a - t_0}$$

ja lõpuks

$$t_k = \frac{T_k}{T_a}(t_a - t_o) + t_o,$$

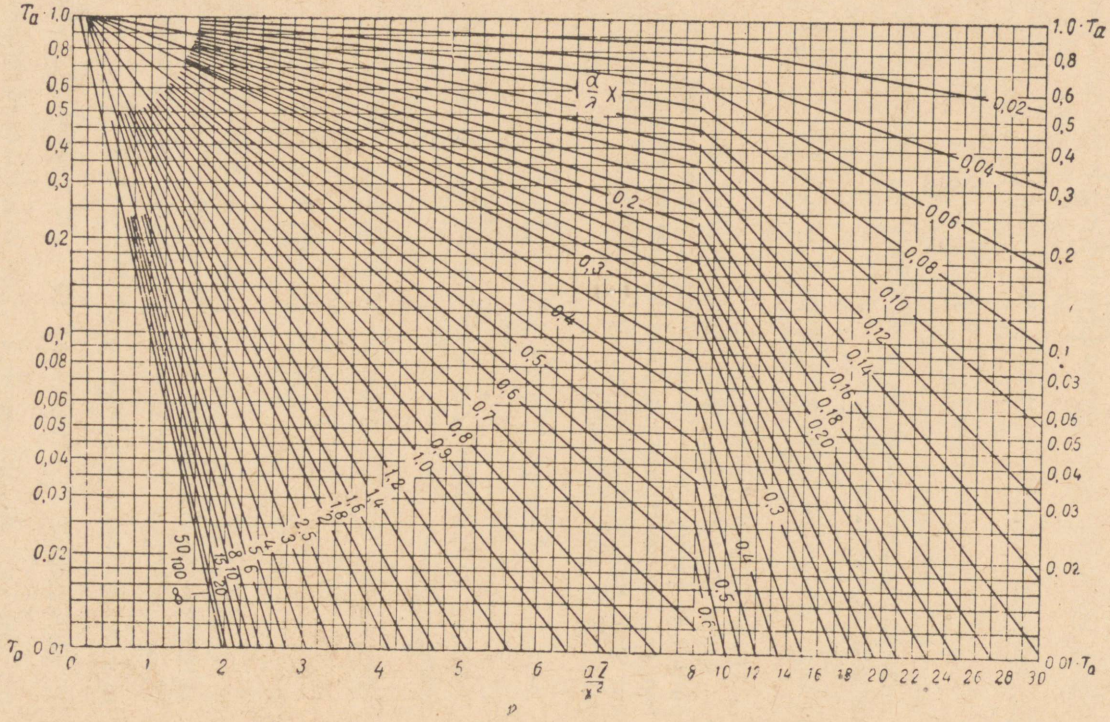
$$t_p = \frac{T_p}{T_a}(t_a - t_p) + t_o.$$

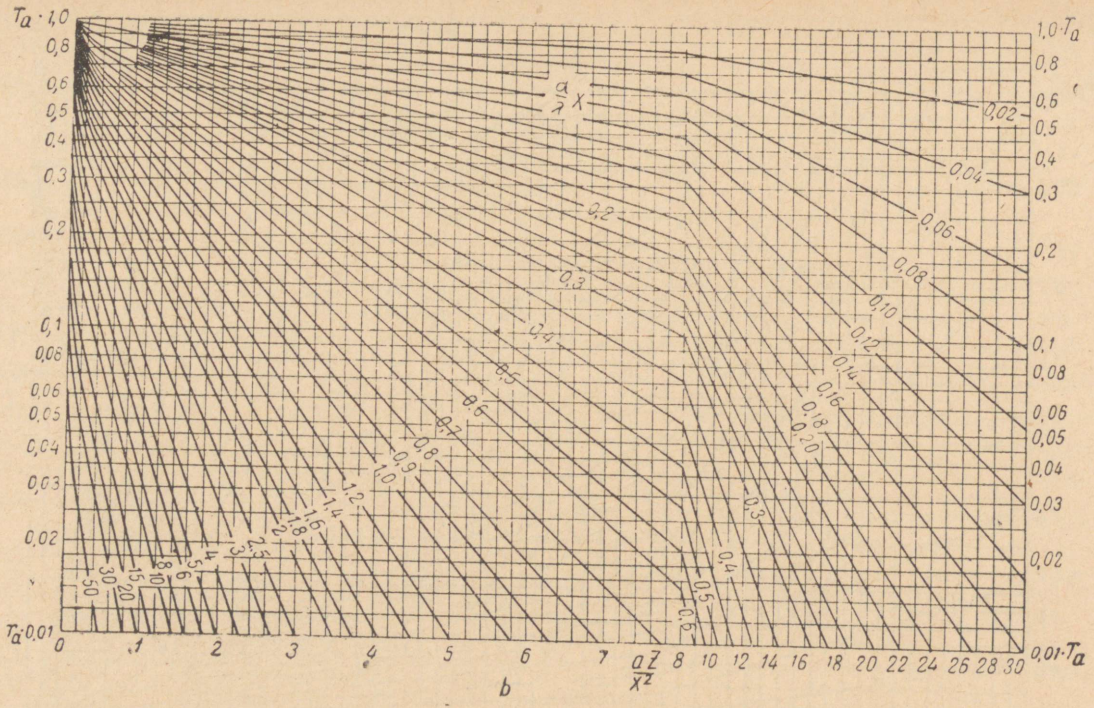
Graafikutel (vt. joonised 13*a* ja *b*, 14*a* ja *b*, 15*a* ja *b*) on antud järgmiste suuruste funktsionaalne sõltuvus:

ordinaatteljel T väärtused toote keskmes ja pinnal (T_k või T_p), mis määratakse suhtena $\frac{T}{T_a} = 0{,}01 \ldots 1{,}0$;

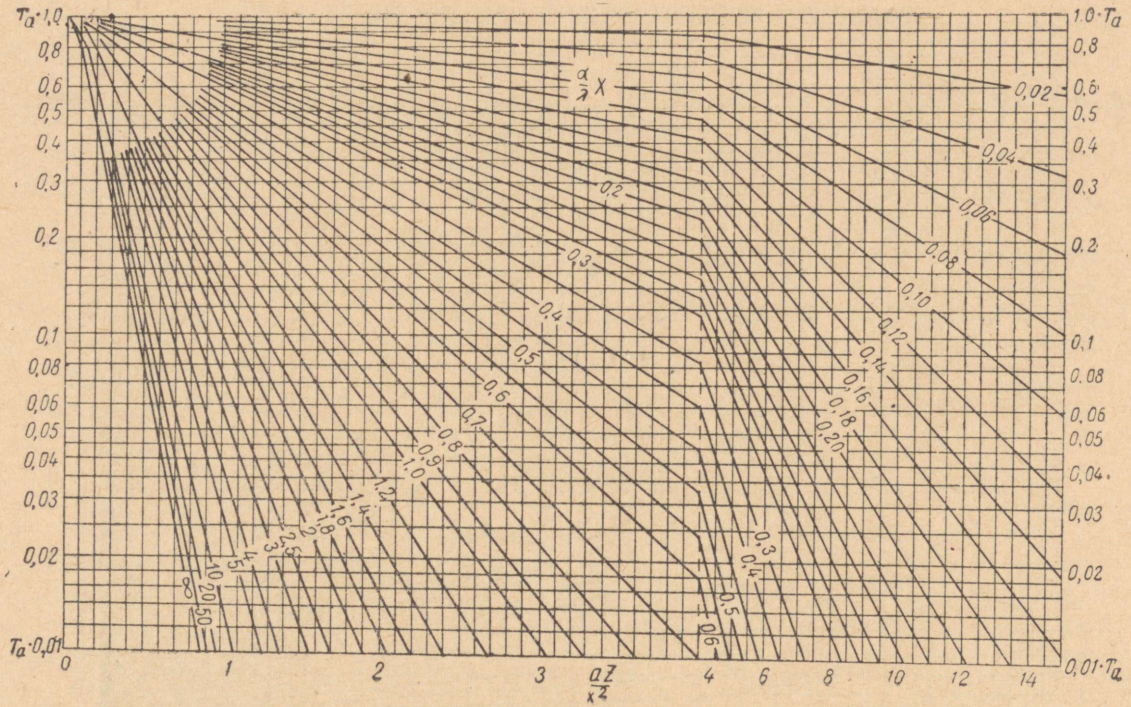
abtsissteljel $\frac{aZ}{X^2}$ väärtused (0 ... 30 plaadi, 0 ... 15 silindri ja 0 ... 20 kera puhul) ja $\frac{\alpha}{\lambda} X$ väärtuste kõverad alates 0,02 ... 50.

Toome konkreetse näite graafikute kasutamise ja arvutuste korra kohta toote jahutuskestuse määramisel. Oletame näiteks, et kala, mida kujult võib lugeda silindriks ja mille algtempera-

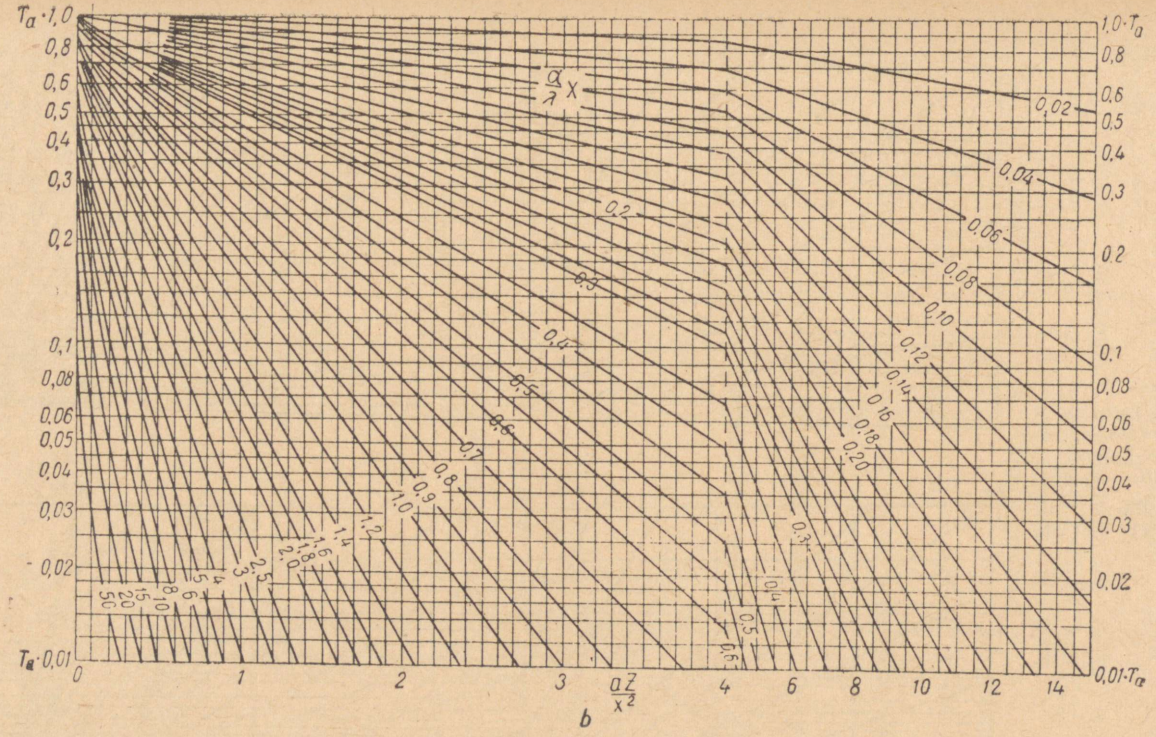

T_a
1.0
0.8
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.08
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
T_0 0.01
0
1
2
3
4
5
6
$\frac{a\tau}{x^2}$
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
$\frac{\alpha}{\lambda}x$
0.02
0.04
0.06
0.08
0.10
0.12
0.14
0.16
0.18
0.20
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.5
3.0
4.0
5.0
6.0
8.0
10.0
50
100
∞
1.0·T_a
0.8
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.03
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01·T_a



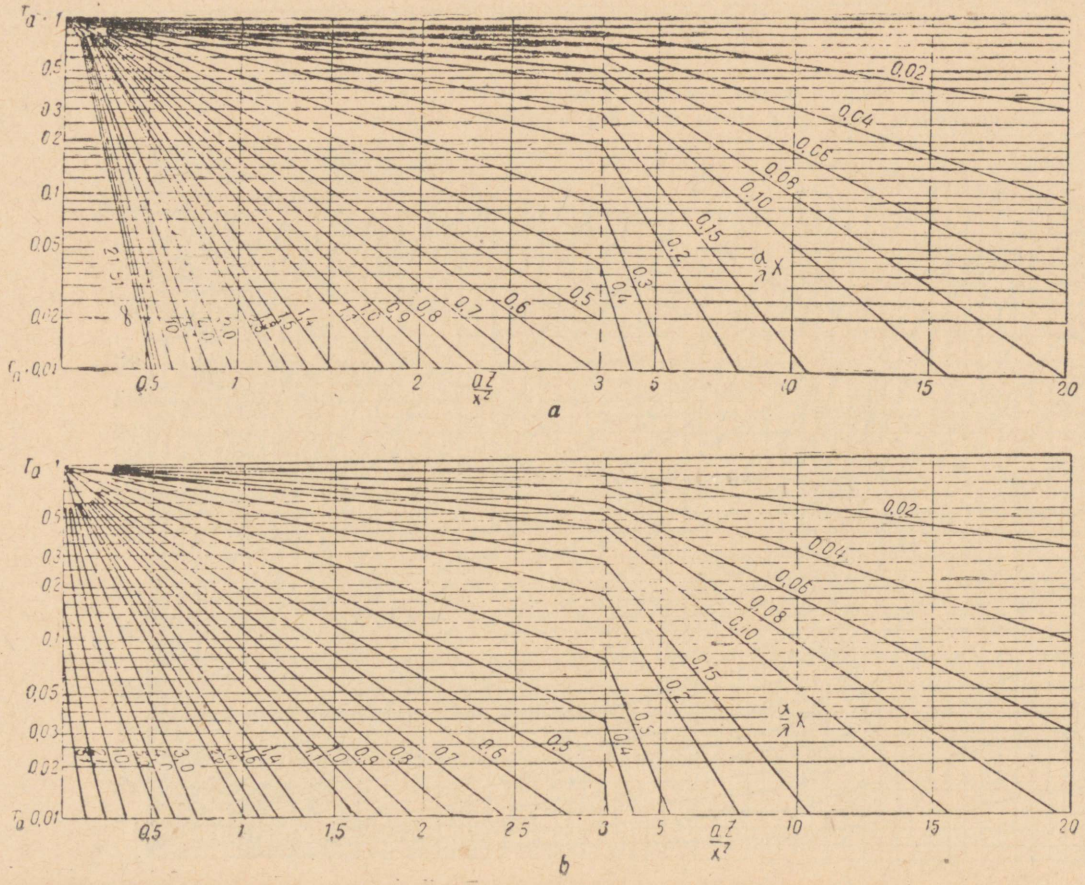
Joon. 13. Suhtelise liigtemperatuuri määramise nomogrammid:
a — piiramatu plaadi keskmes, *b* — piiramatu plaadi pinnal.


$T_a \cdot 1,0$
0,8
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,08
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
$T_a \cdot 0,01$
$\frac{\alpha}{\lambda} X$
0,02
0,04
0,06
0,08
0,10
0,12
0,14
0,16
0,18
0,20
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
1,2
1,4
1,6
1,8
2
2,5
3
4
5
10
20
50
∞
0,3
0,4
0,5
0,6
0
1
2
3
$\frac{aZ}{x^2}$
4
6
8
10
12
14
$1,0 \cdot T_a$
0,8
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,08
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
$0,01 \cdot T_a$

a



Joon. 14. Suhtelise liigtemperatuuri määramise nomogrammid:
a — piiramatu silindri teljel, *b* — piiramatu silindri pinnal.



Joon. 15. Suhtelise liigtemperatuuri määramise nomogrammid:
a — kera keskmes,
b — kera pinnal.

tuur on +17° C, jahutatakse külmutuskambris, kus ta puutub kokku vabalt ringleva õhuga, mille temperatuur on −3° C. Kala tuleb jahutada kuni −1° C. Kala keskmine läbimõõt on 8 cm. On vaja määrata kala jahutuskestus. Ülesanne lahendatakse järgmiselt.

1. Võtame järgmised lähtesuurused: kala soojusjuhtivus $\lambda = 0{,}4$ kcal/mh deg, kala erisoojus $c = 0{,}84$ kcal/kg deg; erikaal $\gamma = 1010$ kg/m³; kala keskmine raadius $R = 0{,}04$ m.

2. Arvutame kala temperatuurijuhtivuse:

$$a = \frac{\lambda}{c\gamma} = \frac{0{,}4}{0{,}84 \cdot 1010} = \frac{0{,}4}{848{,}4} = 0{,}00047 \text{ m}^2/\text{h}.$$

3. Määrame soojusülekandeteguri α, kasutades Jürgesi valemit $\alpha = 5{,}3 + 3{,}6\,v$, kui õhu kiirus $v = 2$ m/sec.

$$\alpha = 5{,}3 + 3{,}6 \cdot 2 = 5{,}3 + 7{,}2 = 12{,}5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h deg}.$$

4. Määrame funktsionaalsed suurused $\frac{\alpha}{\lambda} R$ ja $\frac{T_k}{T_a}$:

$$\frac{\alpha}{\lambda} R = \frac{12{,}5}{0{,}4} \cdot 0{,}04 = 31{,}2 \cdot 0{,}4 = 1{,}25,$$

$$\frac{T_k}{T_a} = \frac{-1-(-3)}{17-(-3)} = \frac{-1+3}{17+3} = \frac{2}{20} = 0{,}1.$$

5. Kasutades graafikut silindrilise keha jaoks (joon. 14*a*) teadaolevate väärtuste $\frac{\alpha}{\lambda} R = 1{,}25$ ja $\frac{T_k}{T_a} = 0{,}1$ järgi, leiame:

$$\frac{aZ}{R^2} = 1{,}4$$

ja arvutame sellest avaldisest

$$Z = \frac{R^2 \cdot 1{,}4}{a} = \frac{0{,}04^2 \cdot 1{,}4}{0{,}00047} = 4{,}8 \text{ tundi}.$$

Niiske pinnaga ja niiskust sisaldavate toodete jahutamisel külmas õhus on keerukam iseloom kui kuiva pinnaga kehade puhul, sest esimesel juhul läheb osa soojust niiskuse auramise tagajärjel niiskelt pinnalt kaotsi.

Jahutamine kulgeb tunduvalt kiiremini, kui õhu asemel kasutada külma vedelat keskkonda. Sama kala jahutuskestus teiste võrdsete tingimuste juures, kuid kuni −3° C jahutatud seisvas vesilahuses, määratakse järgmiselt.

Lähteandmed: $\lambda = 0{,}4$, $c = 0{,}84$, $\gamma = 1010$, $R = 0{,}04$, $a = 0{,}00047$. Vedela keskkonna soojusväljastusteguriks võib võtta $\alpha = 200$.

$$\frac{a}{\lambda} R = \frac{200}{0{,}4} \cdot 0{,}04 = 20, \quad \frac{T_k}{T_a} = 0{,}1.$$

Vastavalt graafikule leiame

$$\frac{aZ}{R^2} = 0{,}5,$$

kust

$$Z = \frac{R^2 \cdot 0{,}5}{a} = \frac{0{,}0016 \cdot 0{,}5}{0{,}00047} = 1{,}7 \text{ tundi.}$$

KÜLMAKULU JAHUTAMISEL

Üldine soojushulk, mis eraldub toote jahutamisel algtemperatuurist t_a kuni jahutustemperatuurini t_j, määratakse valemiga

$$Q_o = Gc\ (t_a - t_j) \text{ kcal},$$

kus Q_o — külmakulu jahutamisel,
G — jahutatava toote kaal, kg,
c — toote erisoojus, kcal/kg deg,
$t_a - t_j = \Delta t$ — toote algtemperatuuri ja jahutatud toote temperatuuri vahe.

Külmakulu arvutamiseks kalasaaduste jahutamisel võib kasutada tabelis 11 toodud (keskmine erisoojus temperatuurivahemikus 0 . . . 100° C) erisoojuse c keskmisi väärtusi.

Tabel 11

Kalasaaduste nimetus	c	Kalasaaduste nimetus	c
Rasvane kala	0,72	Vürtsisoola kilu	0,70
Lahja kala	0,86	Soolatud lõhi	0,53
Kalarasv	0,41	Tuur	0,73
Sprott	0,70	Sevrjuuga	0,75
Angerjas	0,73	Soolaheeringas	0,71
Auster	0,86	Sjomga	0,72
Homaar	0,86	Skumbria	0,71
Vähk	0,81	Soolatud-kuivatatud tint	0,60
Vinnutatud vobla	0,56	Koha	0,86
Vobla	0,86	Tursk	0,86

Toote jahutamisel on keskmine külmakulu tunnis:

$$Q_h = \frac{Q_o}{Z} \text{ kcal/h},$$

kusjuures Z on antud toote jahutuskestus tundides. Toote jahutamise protsessis on temperatuuri langemise kiirus muutuv suurus, ta väheneb vastavalt toote temperatuuri langemisele. Seoses sellega on soojushulk, mis tootest eraldub, maksimaalne jahutamise algul ja minimaalne jahutamise lõpul; vastavalt sellele muutub ka jahutavate seadiste soojuskoormus (ehk jahutusaparaatidega vastuvõetav soojushulk).

Ühe kg kala jahutamisel eralduvat soojushulka antud temperatuurivahemikus võib määrata entalpiate vahe järgi valemiga

$$q_o = i_a - i_k \text{ kcal/kg},$$

soojuse üldkogus Q_o on aga G kg kala kohta $Q_o = Gq_o$ kcal. Valemis on i_a — kala entalpia temperatuuril t_a,

i_k — kala entalpia temperatuuril t_k või mõnel teisel vahetemperatuuril.

Entalpiate väärtused kala jaoks temperatuuril $+25 \ldots -20°$C on toodud I peatükis.

KALA JAHUTAMISE TÖÖSTUSLIKUD VIISID

Kala jahutamise viise võib klassifitseerida jahutava keskkonna järgi, milles protsess toimub. Jahutava keskkonnana kasutatakse tavaliselt jääd ning külma vedelikku, näiteks soolalahuseid ja merevett. Jahutamist külmas õhus (temperatuur $-2 \ldots -3°$C) kasutatakse väga harva, sest neis tingimustes jahtub kala aeglaselt ja kala kaubavälimus halveneb nii jahutamisel kui ka säilitamisel. On tuntud järgmised kala jahutamise tööstuslikud viisid: jahutamine jääga, jahutamine külma vedelasse keskkonda sukeldamise teel, jahutamine külma soolalahusega piserdamise teel.

Kala jahutamine jääga

Kala jahutamine jääga on küllaltki efektiivne ja lihtne ning seda meetodit rakendatakse tööstuses laiaulatuslikult. Jahutamistehnika seisneb järgmises. Ettevalmistatud taara (kast, tünn) põhjale puistatakse kiht peenestatud puhast jääd, millele asetatakse ühtlase kihina eelnevalt sorteeritud ja ettevalmistatud kala. Kalakihile raputatakse uus jääkiht ja nii edasi, kuni nõu või taara on täis. Kala ja teda ümbritseva jää vahel tekib kohe soojusvahetus, mille tagajärjel kala jahtub ja kala soojuse arvel jää sulab. Jää sulamisel tekkiv vesi eemaldub taaras olevate avade kaudu.

Vaatamata selle kala jahutamise meetodi lihtsusele on soojusvahetusprotsessid kala ning jahutava keskkonna vahel kül-

laltki keerukad (neid käsitletakse edaspidi). Kõige sagedamini kasutatakse kala jahutamiseks harilikku mageveejääd, kuid võib kasutada ka merejääd. Tehisplokkjää on harilikult piimjas ja läbipaistmatu, mis on seletatav temas sisalduvate õhumullidega. Looduslikul jääl on kristalliline struktuur, kusjuures kristallide kuju oleneb nende tekketingimustest — suhteliselt vaiksest veest tekkival jääl on ühtlane korrapärane struktuur, jääkristallid on nõelakujulised ja nende teljed on orienteeritud risti vee pinnaga. Jää tugevus tõuseb tema temperatuuri langemisel; nii on jää vastupidavus survele ligikaudu järgmine:

temperatuur	jää vastupidavus survele kg/cm²
0	15
−10	30
−20	50

Tehisjää ja magedatest veekogudest varutud loodusliku jää füüsikalised omadused on ühesugused.

Merejääle on iseloomulik, et tema soolasus on väiksem kui mereveel, millest ta tekkis. On tähele pandud, et aja jooksul merejää soolasus langeb. Seda põhjustab asjaolu, et mereveest tekkivad jääkristallid on magedad, soolad jäävad külmumata lahusesse, mis jää tekkimisel koguneb kristallide vahele. Järkjärgult valgub see lahus kristallide servi mööda alla ja kogu jäämass magestub veelgi. Suhteliselt vaikse merevee jäätumisel tekib tihe nõelja struktuuriga jää, mis koosneb korrapärastest kuuetahulistest prismadest. Juhul, kui vesi ei ole liikumatu, tekib urbne jää, mille struktuuris on nõeljaid, liistakulisi ja teralisi kristalle; sellisel jääl on rohkem tühemeid, milles on rohkem soolalahust ja sellepärast on ta soolasem kui tihe nõeljää. Mitmet liiki jää kasutamisel kala jahutamiseks on üheks tähtsamaks küsimuseks jää bakterioloogiline seisukord. Looduslik jää sisaldab tavaliselt mikroorganisme ja mõnikord isegi suurel arvul. Veelgi enam, jää teatud urbsuse ja säilitamistemperatuuri juures hakkavad bakterid jääs paljunema. Uuringud on näidanud, et ainult Arktika jää on steriilne või peaaegu steriilne, merejää on suhteliselt puhas, kuid sisaldab siiski baktereid.

Kui jää varutakse veekogudest, mis asuvad tihedalt asustatud kohtade läheduses ja on järelikult rohkem saastatud, on jääs alati suurel arvul mikroorganisme. Näiteks on tiigijää 1 cm³-s kümneid tuhandeid mikroobe. Jää bakterisisaldus sõltub vee kvaliteedist, ehkki bakterite arv jääs on alati väiksem kui vees, millest jää tekkis, kuna kristalliseerumisprotsess puhastab suurel määral jääd lisanditest ja bakteritest, mida sisaldab vesi. Jäässe jäänud mikroflooras leidsid teadlased peale harilikkude saprofüütkokkide vormide sporogeenseid ja mittesporogeenseid

kepikesi, hallitusseeni, ka patogeenseid mikroorganisme: koolerabatsille, katkukepikesi ja isegi soolegrupi *Bact. coli commune*, paratüüfuse baktereid jt. Seoses sellega võib töötlemiseks külmaga kasutada ainult puhta vee jääd, s. o. vett, mis sisaldab 1 cm^3-s mitte rohkem kui 100 bakterit ja milles täiesti puuduvad *Bact. coli* grupi mikroorganismid.

Kala tehnoloogiliseks töötlemiseks kasutatav jää peab vastama samadele nõuetele mis joogivesigi. Kala jahutamisel on suur tähtsus antiseptilisel jääl.

Antiseptiline jää valmistatakse tehislikul menetlusel veest, millele lisatakse kontsentreeritud hüpokloritilahust ja teisi antiseptikume, näiteks naatriumnitraati ja -nitritit, vesinikülihapendit, rivanooli jt.

Hüpokloritit sisaldavast veest tekkinud jääs on kloori keskmine kontsentratsioon 50 ... 80 mg/kg. Klooripreparaatide bakteritsiidne mõju seisneb orgaaniliste ainete hapendamises bakteriaalsetes rakkudes, kusjuures toime aluseks on hapnik, mis eraldub hüdrolüüsi tagajärjel.

Jää valmistamiseks tarvitatavat vett võib desinfitseerida bakteritsiidsete kiirtega, seejuures kiirte bakteritsiidne toime on efektiivsem kui klooril.

Kalapüügilaevade trümmide, statsionaarsete kalajahutusseadmete, jahutatava kala taara, akumulaatorite jne. projekteerimisel on vaja teada andmeid nii jää kui ka kala ja jää segu eriruumala kohta kala ja jää mitmesuguste kaaluvahekordade korral.

Pakkimistiheduse (kala, jää või nende segu) koefitsiendiks nimetatakse jagatist, mis saadakse mahukaalu jagamisel erikaaluga; kui näiteks 1 m^3 jääd kaalub 0,5 t, erikaal aga on 0,91, siis pakkimistiheduse koefitsient on $0,5 : 0,91 = 0,550$.

Tabelis 12 on toodud purustatud jää iseloomustus, mille tükimõõtmed on keskmiselt $10 \times 10 \times 5$ cm (suur), $4 \times 4 \times 4$ cm (keskmine) ja $1 \times 1 \times 1$ cm (peen).

Tabel 12

Jää purustusaste	Mahukaal kg/m^3	Eriruumala m^3/t	Pakkimistiheduse koefitsient
Suur	500	2,00	0,550
Keskmine	550	1,82	0,605
Peen	560	1,78	0,618
Segu, tüki suurus 0,5 ... 12 cm (jäapurustist)	625	1,6	0,687

Tabelist 12 on näha, et pakkimistiheduse koefitsient sõltub jää purustusastmest; keskmise purustusastmega jää pakkimis-

tiheduse koefitsient on jämeda jää koefitsiendist ligikaudu 10% võrra suurem. Jää edasisel purustamisel suureneb tihedus vaid tähtsusetult, sest jäätükkide vaheliste tühemite summaarne maht muutub tunduvalt suuremaks, vaatamata sellele, et iga tühemi maht eraldi võetuna väheneb. Väga kõrge purustusastme puhul läheneb purustatud jää tihedus lume tihedusele. Segujää suur mahukaal seletub jää ebaühtlase purustamisega jääpurustis.

Kala ja jää segu taarasse pakkimise tihedus sõltub kala kujust ja suurusest ning jää purustusastmest. Jää ja kala kaalude vahekord võib olla mitmesugune.

Jää hulk:			
protsentides kala kaalust	100	75	50
protsentides jää ja kala segust	50	43	33,3

Tabelis 13 on toodud kala ja jää segu iseloomustus.

Tabel 13

Jää protsentides kala kaalust	Ülessulatatud koha (keskmine kaal 1,25 kg)			Värske vobla		
	mahukaal kg/m³	eriruumala m³/t	tiheduse koefitsient	mahukaal kg/m³	eriruumala m³/t	tiheduse koefitsient
	Jäätükid 4×4×4 cm			Jäätükid 0,5 kuni 12 cm		
100	665	1,50	0,7	714	1,4	0,76
75	672	1,49	0,72	715	1,4	0,76
50	700	1,43	0,73	732	1,36	0,77
				Jäätükid 2×2×2 cm		
100	704	1,42	0,75	—	—	—
50	738	1,36	0,77	—	—	—

Kala (koha) erikaaluks on võetud 0,97. Külmutatud kala mahukaal on 572 kg/m³ (eriruumala on 1,75), mis on väiksem jahutatud kala mahukaalust.

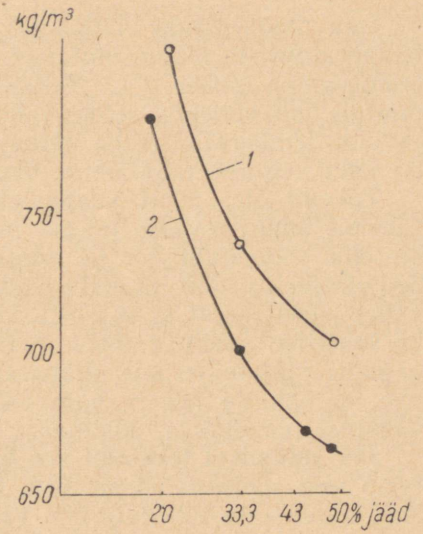
Kala ja jää segu mahukaalu sõltuvus jää ja kala protsendilisest vahekorrast on graafiliselt näidatud joonisel 16.

Juba jahutamisprotsessi algul, kui kala on ümbritsetud jäätükkidega, tekib vahetu kontakt jää ja kala vahel ainult seal, kus jäätükid puutuvad kokku kala pinnaga; kala pinna muid osi jahutab õhk, hiljem aga kala pinda uhtuv vesi, mis tekkis jää sulamisel. Niisiis tuleb kala jahutamisprotsessi purustatud jääs vaadelda kui jahutamisprotsessi heterogeenses keskkonnas.

Jää ja kala suure temperatuurivahe tõttu jahutamise algul sulab jää väga kiiresti ning kala ja jää omavaheline puutepind tavaliselt suureneb. See asjaolu seletub sellega, et olenevalt jää sulamisest kasvab puutepind kala ja jäätükkide vahel, mis kala

ladumisel puutusid selle pinnaga kokku kas väiksemat serva pidi või tipuga. Jää ja kala temperatuuri vahe vähenemisega (kala temperatuuri langemise tagajärjel) väheneb ka jahutuskiirus. Kuna jahutuskiirusele avaldavad mõju ka teised tegurid, siis peab kala jahutamisprotsess heterogeenses keskkonnas olema organiseeritud nii, et soojusvahetus oleks nendes tingimustes kõige intensiivsem.

Kala jahutamisel toimub soojusvahetus kala pinnalt, mis puutub kokku vahetult jääga, pinnaosalt, mida ümbritseb jää sulamisest tekkinud vesi, ja lõpuks mõningal määral jäätükkide vahel oleva õhuga kokkupuutuvalt pinnalt. Nende heterogeense keskkonna soojusvahetustegurite tähtsus kala jahutamise protsessis on ebavõrdne ja ei jää püsivaks, seetõttu on protsessi tingimused küllaltki keerukad. Vaatleme neid lühidalt.



Joon. 16. Kala ja jää segu mahukaalu sõltuvus jää protsendist segus:
1 — jäätükid 2×2×2 cm, *2* — jäätükid 4×4×4 cm.

Tühemite toime. Loodusliku ja tehisjää erikaaluks võib võtta keskmiselt 0,917. Järelikult on 1 m³ monoliitse jää kaal 917 kg. Tabelis 14 on näidatud, et 1 m³ jämedat purustatud (suured jäätükid) jääd kaalub 500 kg, keskmisi jäätükke — 550 kg ja peenjääd — 560 kg. Seega tühemite maht jäätükkide vahel on kaunis suur ja sõltub jää purustusastmest.

Tabel 14

Jäätüki suurus, cm	Mahukaal, kg/m³	Tühemite maht, %
10×10×10	500	45,5
4×4×4	550	40
1×1×1	560	39

Segajää, milles väikesed jäätükid täidavad suurte jäätükkide vahelise ruumi, mahukaal suureneb, järelikult tühemite maht väheneb. Segajää mahukaalu puhul 625 kg/m³ moodustab tühemite maht 22,5%.

Õhu temperatuur tühemites sõltub tühemiga piirneva jää temperatuurist. Nagu näitavad vaatlused, on tükkjää tühemite temperatuur umbes 0° C. Nendes kohtades, kus jääs jahutamisel puutub õhk vahetult kokku jahutatava kala pinnaga, tekib kala ja õhu temperatuurivahe tõttu soojusvahetus, mille tulemuseks on kala aeglane jahutamine õhuga.

Tühemi õhu poolt vastuvõetud soojust läheb omakorda üle tühemit ümbritsevasse jäässe, mille vastav osa sulab. Teatavasti on õhu soojusjuhtivus ja erisoojus väikesed ning konvektiivne soojusvahetus õhu ja kala vahel ühelt poolt ning õhu ja jää vahel teiselt poolt ei saa olla intensiivne tühemite väikese mahu ja suhtelise suletuse tõttu. Sellega seletubki kala nende osade aeglane jahtumine, mis puutuvad kokku õhuga. Ülalöeldust järgneb, et õhk on jää ja kala vahelistes tühemites ainult soojusvahetuse vahelüliks, kusjuures soojusvahetus kulgeb aeglaselt.

Jää sulamisel tekkinud vee toime. Kala jahutamise protsessis tekib vesi soojusvahetuse tõttu kala ja jää ning vahetult kalaga kokkupuutuvate tühemite õhu vahel. Jäätükkide sulamisel tekkiva vee temperatuur on 0° C, kuid siis, ümbritsedes allpool asetsevas kihis mõnd kalapinna osa, jahutab vesi seda, ise aga soojeneb. Kuna selles protsessis toimub konvektiivne soojusvahetus ja vee erisoojus on õhuga võrreldes väga suur, siis vee osa soojusvahetusprotsessis on võrreldes jäätükkide vaheliste tühemite õhuga tunduvalt olulisem. Siiski ei tohi vee tähtsust üle hinnata. Kalaga kokkupuutest soojenenud vesi voolab allpool asetsevasse jääkihti ja, puutudes kokku jääga, jahtub uuesti temperatuurini 0° C, s. o. kalalt veega äravõetud soojus läheb jällegi üle jääle, mille vastav osa selle tagajärjel sulab.

Vesi, voolates järjestikku läbi kala- ja jääkihtide, läbib viimasena alumise jääkihi ja väljub seega protsessist 0° C temperatuuri juures. Ülalöeldust järgneb, et ka jää sulamisel tekkiv vesi on soojusvahetuse vahelüliks, kuid soojusvahetus on intensiivsem kui tühemite õhu puhul.

Jää ja kala vahetu kontakti toime. Kolmest tegurist, mis võtavad osa kala jahutamise protsessist, on kaks soojusvahetuse vahelülideks, kusjuures jää sulamisel ajaühikus tekkiva vee koguse määrab otsese soojusvahetuse intensiivsus kala ja jää vahel. Purustatud jää tükkidel on harilikult korrapäratu geomeetriline kuju ja sellest, kuidas paiknevad jäätükid jahutatava kalapinna suhtes, sõltub vahetu kontakti pind. See pind on nähtavasti maksimaalne, kui kalaga puutuvad kokku jäätükkide küljed ja minimaalne, kui kala pinda puudutavad jäätüki servad või tipud.

Protsessi algul on vahetu kontakti pind harilikult väike, kuid kala ja jää maksimaalse temperatuurivahe tõttu kulgeb jahtumine kohe küllaltki energiliselt. Kõik need jäätükid, mis puutuvad kalaga kokku servade või tippudega, sulavad puutepiiril, suurendades vahetu kontakti pinda. Vahetu kontakti pinna suu-

renemise põhjuseks jahutatava kala alumisel pinnal on loomulikult kala- ja jääkihtide pidev ja ühtlane vajumine. Kala pealmisel pinnal hakkavad jäätükid sulama ja vajuvad oma raskuse tõttu tihedalt kalapinnale. Protsessi normaalsel kulgemisel väljendub jäätükkide konfiguratsiooni kohandumine kalapinna kontuurile niivõrd hästi, et jäätükkidele ilmuvad kalasoomuse jäljendid.

Mõnikord tekib jahutatava kalakihi kohal jäätükkide paakumise tõttu võlv ja jahutamisprotsess muutub ühepoolsemaks ning pikaldaseks. Jää paakumine mõjub väga ebasoodsalt jahutatava kala kvaliteedile, sest eksotermilised protsessid võivad põhjustada kala riknemist isegi küllalt madalal säilitamis-temperatuuril.

Soojusvahetus kulgeb kala jahutamise protsessi vahetu puutepinna suurenemise ja üheaegselt temperatuurivahe Δt vähenemisega. Esimene asjaolu põhjustab soojusvahetuse intensiivsuse suurenemist, teine aga vähenemist ning sellepärast on jahutamisprotsessi kiirendamiseks vaja saavutada jahutatava kalapinna maksimaalne kontakt jääga.

Seega on kala ja jää vahetu kontakt soojusvahetuses peamiseks teguriks, mis iseloomustab kiiret jahutamist.

Kala võimalikult kiire jahutamise optimaalsete tingimuste kindlaksmääramiseks on vaja teada, kuidas mõjuvad jahutamisprotsessi kestusele purustatud jää hulk, ümbritseva keskkonna temperatuur (näiteks ruumis, kus toimub jahutamine) taara soojusülekandetegur, milles kala jahutatakse, kala algtemperatuur ja jää purustusaste.

Teoreetiliselt võib kala jahutamiseks vajalikku jäähulka kindlaks määrata järgmiselt:

a) soojushulk Q_0, mida on vaja eemaldada kalast tema jahutamisel temperatuurilt t_a temperatuurini t_l, võrdub:

$$Q_0 = Gc_k(t_a - t_l) \text{ kcal},$$

kus G — jahutatud kala kaal, kg,
c_k — kala erisoojus, kcal/kg deg,
t_a — kala algtemperatuur, °C,
t_l — jahutatud kala temperatuur, °C;

b) teoreetiliselt kulub jahutamiseks jääd

$$G_j = \frac{Q_0}{80} \text{ kg},$$

kus G_j — jää kaal, kg,
80 — jää sulamissoojus, kcal/kg.

Nii näiteks kulub teoreetiliselt 20 kg kala jahutamiseks algtemperatuurilt +20° C kuni 0° C (võttes $c_k = 0{,}8$) 4 kg jääd, seega

20% jahutatava kala kaalust. Kuid praktika näitab, et jääkogusega, mis moodustab 20% kala kaalust, ei saa kala jahutada kuni 0° C. Kala (koha) jahutamise katsetel algtemperatuurilt 20° C kuni 5° C ja 0° C erisuguste jääkogustega tehti kindlaks järgmine jahutamiskestus (tabel 15):

Tabel 15

	Jääkogus % kala kaalust ja jahutamiskestus minutites			
	25	50	75	100
Mittetäielik jahutamine (Z_{+5}^{+20})	236	110	68	63
Täielik jahutamine (Z_{+0}^{+20})	—	310	138	134

Tabelis 15 esitatud andmetest järeldub, et jääkogusega 25% kala kaalust ei saa jahutada kala kuni 0° C. Mittetäielik jahutamine selle jääkogusega, samuti täielik jahutamine 50% jääkogusega kala kaalust on küll võimalik, kuid kestab kaua. Jääkoguse suurendamine 75...100% kala kaalust vähendab tähtsusetult kala jahutamiskestust, jää ja kala optimaalne vahekord on umbes 75%. Katsed jahutada kala jääkogusega üle 100% kala kaalust (näiteks 200, 300%) näitavad protsessi kestuse niivõrd vähest lühenemist mis kaugeltki ei õigusta nii suurt jääkogust. Katseandmed kinnitavad seega täiesti eespool tehtud järeldust kala ja jää vahetu kontakti põhilise tähtsuse kohta kala jahutamisprotsessis. Kala kiireks ja ühtlaseks jahutamiseks, mis tagab jahutatud kala hea kvaliteedi, on vaja, et iga kala pind oleks ühtlaselt jääga ümbritsetud. See määrabki kala jahutamiseks vajaliku jääkoguse. Teoreetiline jääkogus ei ole kala tegelikul jahutamisel sugugi küllaldane, kuna teda ei jatku kogu kalapinna ühtlaseks katmiseks.

Jää kulunormide kindlaksmääramise aluseks kala jahutamise protsessis on tegelikult protsessi reaalsed tingimused. Normides, mis määratakse igale kalatööstusrajoonile, tuleb arvestada ka kliimatingimusi ja nende muutusi aastaaegadel, samuti ka jahutatud kala säilitamiskestust, kuna teatud jääkogus on vajalik ka selleks, et hoida säilitamisel jahutamisega saavutatud temperatuuri.

Nii on Põhja kalatööstusrajoonis (Murmansk) praktiliselt kindlaks määratud järgmised jää kulunormid kala jahutamisel ja transportimisel traallaevadel.

Kuud	Jää kaal kala kaalust %-des
Jaanuar kuni märts, detsember	40
Aprill	45
November	50
Mai ja oktoober	60
Juuni kuni september	75

Jääd tarvitatakse kala jahutamiseks ja traallaeva trümmis madala temperatuuri hoidmiseks, kusjuures normidega nähakse ette selline jäävaru, et ka transpordiperioodi lõpul oleks kalapind ühtlaselt jääga kaetud.

Põhja-Kaspia rajoonis on kindlaks määratud järgmised jää kulunormid kala kaalust: mai ja september — 75%, juuni kuni august — 100%. Peale selle on selles rajoonis võrreldes Põhja piirkonnaga kindlaks määratud lühemad piirtähtajad kala transportimiseks püügikohtadelt kalatöötlemisettevõtetesse.

Kala jahutamiskestus ja ümbritseva keskkonna temperatuur. Ohu temperatuur purustatud jäämassi tühemites ei erine jää enda temperatuurist, järelikult võib soojusvahetuse arvel väliskeskkonnaga jää sulada ainult purustatud jäämassi välispinnal. Sisetsoonis sulab jää ainult soojusvahetuse arvel soojema kalaga. Järelikult ei mõju välistingimused kala jahutamisprotsessile, selle kestusele ja kala jahutamisel sulanud jääst tekkivale veekogusele. Seda järeldust kinnitab ka katse: tabelis 16 on toodud andmed koha jahutamiskestuse kohta ümbritseva keskkonna erineva temperatuuri juures.

Tabel 16

Jääkogus, %	Kala jahutamiskestus minutites ruumi temperatuuril °C		
	+10	+2	−2
50	292	—	—
75	137	137	—
100	134	134	133

Tabeli 16 andmetest nähtub, et ümbritseva keskkonna temperatuur ei mõju kala jahutamisprotsessile ning seepärast ei põhjusta külmhoonete akumulaatorite, samuti kalapüügi- ja transpordilaevade trümmide madal (miinus-) temperatuur kala jahutamisprotsessi kiirenemist, kuigi jääkulu nendes tingimustes väheneb.

Kala jahutamiskestus ja jahutamisel kasutatava taara soojusülekandetegur. Kuna ümbritseva väliskeskkonna temperatuur ei avalda mõju kala jahutamiskestusele isegi sel juhul, kui kala ja jää segu ei ole isoleeritud, siis isoleeritud taara puhul ei tule väliskeskkonna temperatuuri mõju üldse arvesse. Nagu tabelis 17

Tabel 17

Taara	Jääkogus kala kaalust %	Kala jahutamise kestus minutites	
		$Z^{+20°}_{+1°}$	$Z^{+20°}_{+5°}$
Isoleerimata kast	100	134	63
Soojusisolatsiooniga kast	100	135	62

toodud katseandmetest näha, ei sõltu kala jahutamine isoleerimata kastis ja soojusisolatsiooniga kastis taara soojusülekandeteguurist.

On aga selge, et jahutatud kala säilitamisel jääs on taara isoleerimise tähtsus üsna suur, kuna isoleeritud taaras säilib kala paremini, jääkulu aga väheneb.

Jahutamiskestus ja kala algtemperatuur. On ilmne, et madalama algtemperatuuriga kala jahtub teistel võrdsetel tingimustel +1° C-ni palju lühema ajaga kui kala, mille algtemperatuur oli kõrgem. Kuna jahutamise intensiivsus on võrdeline temperatuuri vahega Δt kala ja sulava jää vahel, siis kala jahutamiskestus +20° C-st kuni +1° C-ni ei ole jahutamiskestusest +10° C-st kuni +1° C-ni kaks korda suurem. Nii kestis 55 mm paksuse koha jahutamine purustatud jääs (tükkide suurus 4×4×4 cm) +20° C-st kuni +1° C-ni 134 minutit ja 10° C-st kuni 1° C-ni 98 minutit (jää hulk 100% kala kaalust).

Teise protsessi kestus on tunduvalt väiksem, kuid kala jahutamiseks 1° C võrra kulus esimesel juhul keskmiselt 134 : 19 = 7,1 minutit, teisel aga 98 : 9 = 10,9 minutit.

Jahutamiskestus ja jää purustusaste. Jää erinev purustusaste määrab kala ja jää vahetu kontakti ulatuse jahutamisprotsessis. Peenemad jäätükid, mis ümbritsevad kala tema jahutamisel, loovad kogusummas palju suurema vahetu kontakti pinna soojuse ülekandmiseks kui suuremad jäätükid, see tegur aga soodustab kala jahutamise intensiivsust. Seda järeldust kinnitavad tabelis 18 esitatud katseandmed.

Tabel 18

Jääkogus %-des kala kaalust	Kala jahutuskestus minutites		
	suured jäätükid (10×10× 10 cm)	keskmised jäätükid (4×4× 4 cm)	väikesed jäätükid (1×1× 1 cm)
100	154	134	89
75	—	137	95

Peenestatud jää kiirendab jahutamisprotsessi, ning deformeerib ja vigastab jahutatavat kala vähem. Seega on peenjääga jahutatud kala eeliseks tema kõrgem kvaliteet ja parem kaubavälimus.

LOODUSLIKU JÄÄ VARUMINE JA TEHISJÄÄ VALMISTAMISE VIISID

Jääd tarvitatakse rohkesti kõigi kalapüügiga tegelevate maade kalatööstuses ja -majanduses. Jää laialdane kasutamine külmakandjana on tingitud eelkõige füüsikalistest omadustest: jää sulamistemperatuur atmosfäärirõhu juures on võrdne 0° C, s. o. piisavalt madal kala transportimise ja töötlemise tehnoloogia tarvis, jää sulamissoojus on kõrge — 80 kcal/kg. Jää erikaaluks võetakse praktiliselt $\gamma = 0{,}917$ kg/l, erisoojuseks temperatuurivahemikus 0 ... −20° C keskmiselt $c = 0{,}5$ kcal/kg deg, jää soojusjuhtivus on olenevalt temperatuurist:

temperatuur °C	0	−50	−100
soojusjuhtivus (λ) kcal/m h deg	1,92	2,39	2,99

Jää temperatuurijuhtivus a temperatuuril 0° C võrdub 0,00419 m²/h.

Nõukogude kalatööstuses kasutatakse nii looduslikku kui ka tehisjääd. Seniajani varutakse väga palju looduslikku jääd, mille põhjuseks on suurel määral geograafilised tingimused, tohutute looduslike jää ressursside leidumine kalapüügirajoonides.

Loodusliku jää varumise põhilised viisid

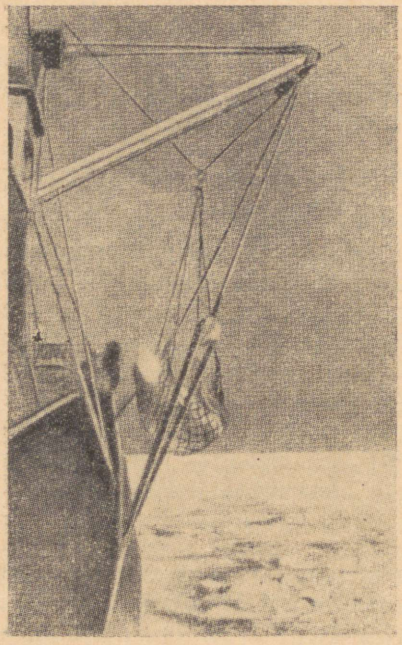
Looduslikku jääd varutakse enamasti rannas kohtadesse, mis on sobivad jää edaspidiseks kasutamiseks. Mõningatel juhtudel kasutavad kalapüügilaevad merepinnal ujuvat jääd.

Väikeselt kalapüügilaevalt laaditakse ketasjää (ketaste läbimõõt 30 cm, paksus 5 ... 7 cm) laevatekile ja seda kasutatakse kalade säilitamiseks. Merejääd võib peale laadida losspoomiga (joon. 17).

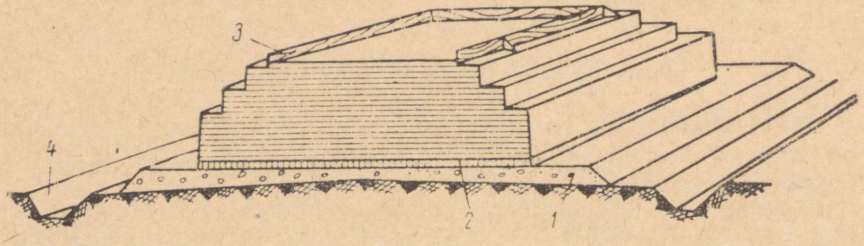
Jääd varutakse rannas harilikult järgmiselt: vesi külmutatakse kihtide kaupa horisontaalsetel platsidel, kasvatatakse jääpurikaid gradatsioonkülmutis, raiutakse või lõigatakse välja suured jääplokid looduslikest veekogudest.

Vee kihiviisilist külmutamist kasutatakse rajoonides, kus on küllalt püsivad külmad, näiteks meie maa Euroopa-osa, põhjaning kirderajoonides, samuti Siberis. Plats (3—4 m jääd 1 m² alusele) tuleb varem ette valmistada. Plats tasandatakse, puistatakse peale 15 cm šlakikiht ja tehakse aluskate vanadest liipritest või laudadest; platsi ümber tuleb kaevata äravoolukraavid.

Platsi juurde tuleb juhtida vesi ja tuua vajalik kogus laudu, millest valmistatakse äärised jäätekkeprotsessis jäämassiivi vor-



Joon. 17. Jää laadimine parda tagant poomiga.



Joon. 18. Jää kihiline külmutamine:
1 — räbu, *2* — kate, *3* — ääred, *4* — rennid.

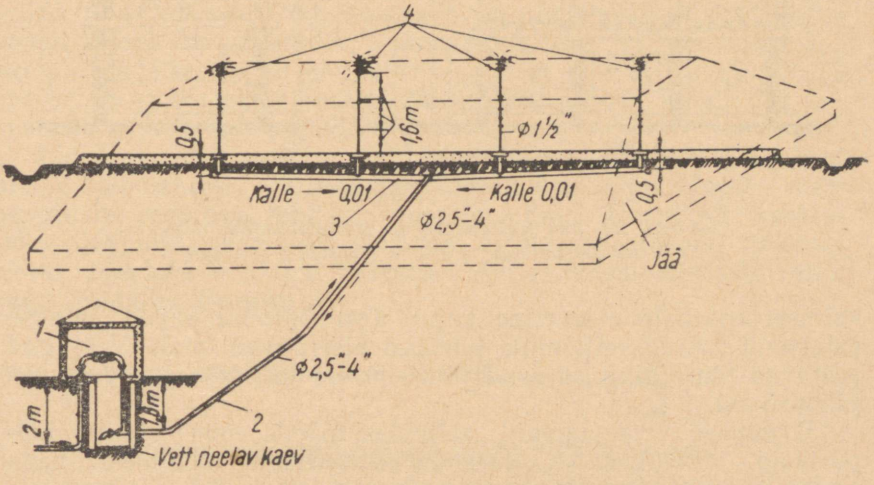
mimiseks, nagu on näidatud joonisel 18. Enne vee külmutamise algust seatakse platsi äärtele üles laudadest äärised ja kummivooliku abil valatakse kogu plats üle õhukese veekihiga. Kui see on läbi külmunud, valatakse peale uus veekiht. Olenevalt õhutemperatuurist tekib ööpäeva jooksul järgmine jääkiht:

õhutemperatuur °C	−10	−15	−20
jääkiht mm	30	50	70

Vee külmumise intensiivsus suureneb tugeva tuulega 2—3 korda.

Vee külmutamisel asetatakse äärised 1—1,5 m kõrgusele ja seatakse nii, et jäämassiiv aheneb astmeliseks keskkoha poole.

Kui sel viisil varutakse palju jääd (üle 1000 t), siis tuleb kasutada N. T. Kudrjašovi (VNIHI) poolt esitatud mehhaniseerimise skeemi. Piki platsi keskele asetatakse 0,5 m sügavusele veetoru koos harujuhtmetega iga 10 m tagant. Harujuhtmete külge kruvitakse kolmest 38 mm läbimõõduga torust (kõrgus 1,6 m) koosnevad püstikud mida suurendatakse olenevalt juurdekülmumisest. Üles torude peale seatakse pihustid, mille abil niisutatakse veega kogu platsi. Veekulu iga pihusti kohta on 100 l/min. Platsi niisutatakse —10° C õhutemperatuuri juures 4 minuti, —20° C õhutemperatuuri juures 6 minuti kestel ja siis tehakse niisutamises vaheaeg kuni veekihi täieliku külmumiseni. Jää külmutamine N. T. Kudrjašovi pihustiseadise abil on näidatud joonisel 19.



Joon. 19. Vee külmutamise viis N. T. Kudrjašovi süsteemi pihustusseadme kasutamisega:
1 — veemõõtja, *2* — magistraal, *3* — veejagaja, *4* — 13 mm diameetriga pihustid.

Vee kihikaupa külmutamine platsidel, kuigi seda ei saa kõikjal kasutada, omab järgmisi olulisi eeliseid:

saadava jää kvaliteet on sanitaarses suhtes laitmatu, kuna teda valmistatakse veevärgi-, s. o. joogiveest,

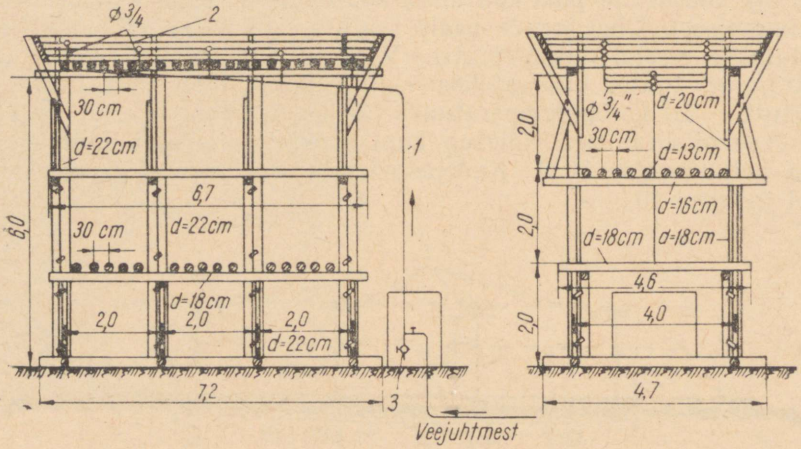
jää valmistatakse otse tarbimispaigas,

kihtide kaupa külmutamise protsessis tekib monoliitne jäämassiiv, mis hästi säilib.

Kui jääd varuda N. T. Kudrjašovi skeemi järgi, siis omandab kihikaupa vee külmutamise viis veel täiendavaid eeliseid: külmu-

tamisprotsess kiireneb, töökulu jää tootmisele väheneb, sest sel juhul vajatakse teenindavat personali 3—4 korda vähem võrreldes personali arvuga jää külmutamisel harilikul viisil. Nende eeliste tõttu väheneb jäävarumise maksumus kahekordselt.

Jää valmistamist gradatsioonkülmutis stalaktiitide kasvatamisega (joon. 20) kasutatakse pehmema talvega rajoonides. Selleks ehitatakse estakaadid — gradatsioonkülmutid — lattidest



Joon. 20. Jää valmistamine gradatsioonkülmutis:
1 — 1¼" diameetriga toru, *2* — pihustid, *3* — kraan.

kolmekorruseliste etažeeride kujul. Torusüsteemi kaudu antakse estakaadi juurde vett, mille pihustid piserdavad laiali. Veetilgad jahtuvad õhus ning satuvad ühe korruse lattidele, moodustades jääpurikaid.

Järgmised veeportsjonid, valgudes mööda moodustunud jääpurikaid, külmuvad ja suurendavad purikate mõõtmeid. Seda protsessi võib teostada isegi temperatuuril —2° C. Jääpurikate maht moodustab ligikaudu 50% estakaadi mahust. Jääpurikaid kasvatatakse mitme ööpäeva jooksul. Estakaadi alla sõidab auto, jää murtakse lahti ja transporditakse lähemasse jäähoidlasse.

Jää varumine veekogudest suurte plokkide väljaraiumise või väljalõikamise teel on kõige levinum NSV Liidu kalatööstuses. Plats veekogul, millelt hakatakse varuma jääd, tuleb valida järgmiste nõuete kohaselt: elamutest ja ettevõtetest eemal, veekogu vesi peab olema puhas, sisaldama 1 m^3 kohta mitte üle 100 bakteri, platsi jää all peab vesi olema küllalt sügav, samuti on tähtis, et jääväli,millelt jääd varutakse, vastaks ettenähtud varumismahule ja juurdepääs sellele oleks hõlbus.

Jääd varutakse talve lõpul, kui veekogu jääkatte paksus on vähemalt 30 cm.

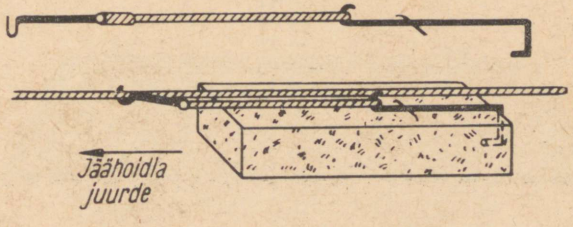
Jääväli märgitakse ribadeks (eteks), pikkusega 10—15 m, mis tükeldatakse üksikuteks plokkideks (kampadeks). Jäävälja märkimisel lähtutakse järgmistest normatiividest:

Jää paksus cm	30	40	50	60	70
1 t jää pindala m²	4	3	2,5	2	1,5

Jääd varutakse jääväljal kas käsitsi tuuradega või mehhaniseeritult. Jääribad (eed) tuuakse kohtadesse, kus nad tükeldatakse plakkideks ja transporditakse seejärel jäähoidlasse. Esimesel juhul moodustuvad harilikult ebakorrapärase kujuga plokid, suurus 1×0,7×0,5 m, kaal ligikaudu 300 kg, teisel juhul märgistatakse jää ristkülikuteks suurus 0,8×0,6 m, ja saetakse lahti ketassaega. Sael, mille tootlikkus on 100 t jääd tunnis, on sisseasetatavate hammastega, 1 m läbimõõduga ketas ja ta käivitatakse mootoriga, mille võimsus on 10—15 hj.

Jää tükeldamiseks võib kasutada soonimismasinat või elektrisaagi, millel on pobediidist hammastega kett. Selline masin teisaldub jääväljal vintsi abil kiirusega 1 m minutis ja lõikab jää võrdseteks pikkadeks ribadeks. Masinat teenindab ainult üks inimene ja ta asendab 50 töölist.

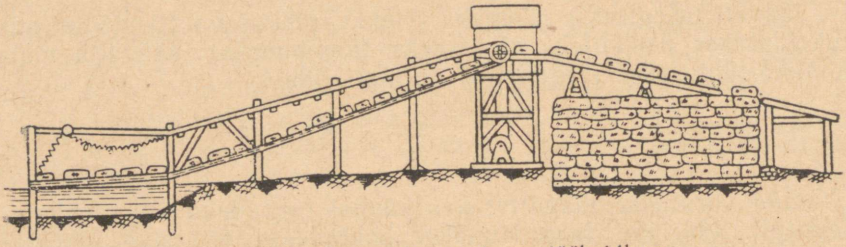
Jääribad (eed) tuuakse kalda juurde, kus nendest tükeldatud plokid tõmmatakse välja ja transporditakse mitmesuguste mehhaaniliste seadmete abil ladustamispaigale. Harilikult kasutatakse jääploki vedamiseks mööda estakaadi pidevalt liikuvat trossi. Jääplokk on kinni haagitud tõmbeköie-ehitusklambri abil, nagu näidatud joonisel 21.



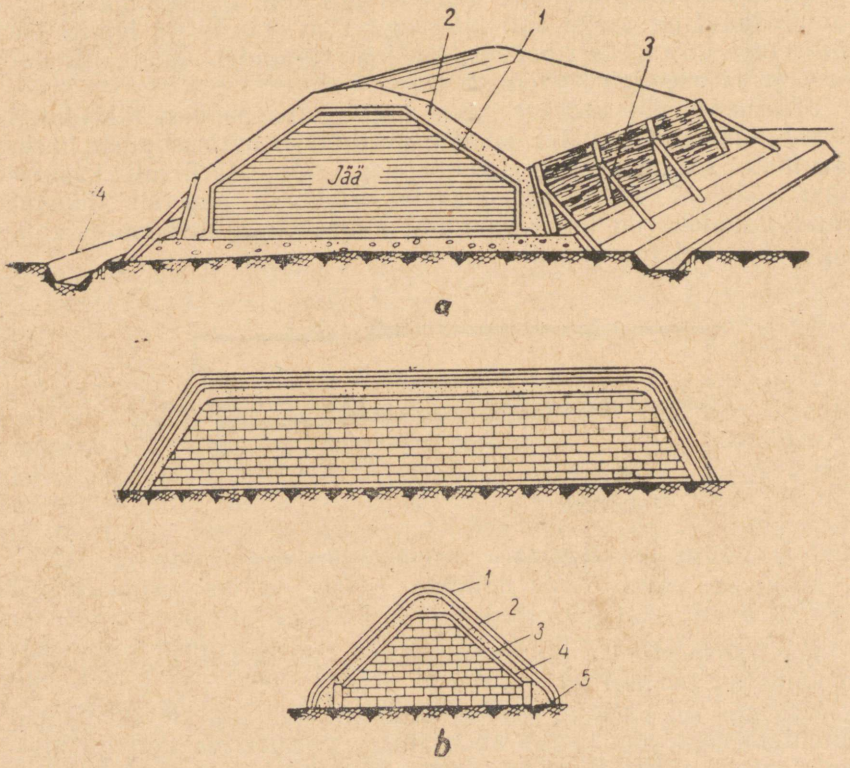
Joon. 21. Jääplokkide transportimine mööda estakaadi.

Jää transportimise üldskeem kohani, kus ta kuhja asetatakse, on näidatud joonisel 22.

Jää, mis on varutud veekogudest või kuhjade kihtide kaupa külmutamisega, moodustab koos aluse ja isoleeriva kattega ajutise (lahtise) jäähoidla (joonis 23). Mitmesugustest materjalidest (õlgmatid, saepuru, kõrkjad, laastud) isoleeriv kate kõrvaldatakse sõltuvalt jää kulutamisest. Isoleeriva katte paksus sõltub



Joon. 22. Jää transpordi skeem jäähoidlasse.



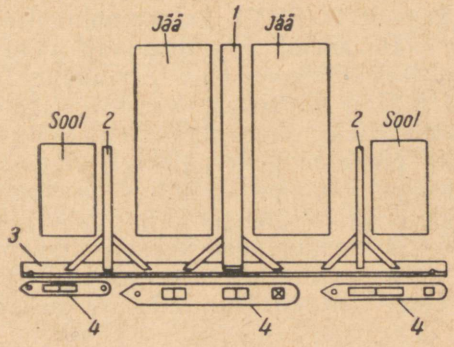
Joon. 23. Ajutine jäähoidla:

a — üldvaade: *1* — õlgmatid, *2* — saepuru, *3* — tugikilbid, *4* — kraavid; *b* — piki- ja põikilõiked: *1, 2, 3, 4* — isolatsioon, *5* — sulavee äravoolu renn.

selle soojusjuhtivusest, klimaatilistest tingimustest, jää säilitamise tähtajast, samuti katte ja jää maksumusest. Isolatsiooni liiga suure paksuse korral ületab tema maksumus jää sulamise vähenemisest saadava ökonoomia, kuid kuhjakatte mitteküllaldane paksus põhjustab jää liiga suure sulamise ja on seetõttu ebaökonoomne. Kooskõlas katseandmetega on saepurukatte optimaalne paksus: põhjavööndis ligikaudu 50 cm, keskvööndis — kuni 75 cm ja lõunavööndis kuni 100 cm.

Alalises jäähoidlas on sanitaartingimused paremad ja jääkaod väiksemad. Harilikult on see karkass-seintega puitehitis kahest reast omavahel seotud vaiadest, mis on vooderdatud mõlemalt poolt kahekordsete laudadega. Laudade vahele pannakse auruisoleerimismaterjalid — katusepapp või ruberoid, ruum vooderdiste vahel aga, mille laius on ligikaudu 60 cm, täidetakse saepuru, laastude või turbaga. Alalise jäähoidla põrand tehakse betoonist, kallaku ja rennidega. Betooni alla on pandud 40 cm paksune šlakikiht. Hoone vahelagi on lattidest, mis alt on vooderdatud kahekordsete laudadega. Lattide vaheline ruum täidetakse kuiva saepuru või turbaga. Vaatamata eespool mainitud eelistele, ei ole alalised jäähoidlad esialgsete suurte kulutuste tõttu laialt levinud.

Nõukogude kalatööstuses on suurteks jäätarbijateks kalavastuvõtu- ja -püügilaevastik, seepärast peavad laevastikku jääga varustavad baasid asetsema nii, et oleks hõlbus laadida jääd laeva trümmidesse. Sellisteks baasideks on tsentraliseeri-



Joon. 24. Laevade jää ja soolaga varustamise mehhaniseeritud baasi skeem:
1 — jäätransportöör, *2* — soolatransportöör, *3* — karjäär, *4* — lossitavad laevad.

tud mehhaniseeritud jääkombinaadid, mis on varustatud jäätükeldamismasinatega ja ajakohaste vahenditega jää transportimiseks ja pealelaadimiseks. Laevade jää ja soolaga varustamise mehhaniseeritud baasi üldskeem on toodud joonisel 24.

Tehisjää valmistamise viisid

Tuntud on järgmised tehisjää liigid: plokkjää, soomusjää, pressjää, torujää, lumejää ja sõmerjää.

Plokkjää. See on kalatööstuses kõige rohkem levinud tehisjää liik, mida toodetakse jäätehastes. Suundvaheseintega, metallist ristkülikukujulisse paaki monteeritakse aurustustorud, soolvee tsirkuleerijad ja tõukemehhanism jäävormide teisaldamiseks paagis.

Põhilise osa paagist võtavad enda alla jäävormid, mis on tehtud 1,5...2 mm paksusest terasplekist. Vormi läbilõige on ristkülikukujuline, kuid vormi alumine pind on ülemisest väiksem.

Jäävormide mõõtmed on erinevad, nii et nendes võib saada jääplokke kaaluga alates 5 kg-st kuni 100...200 kg-ni. Paaki valatakse soolvesi. Soolvette, mida jahutab torudes aurustuv külmutusagent, lastakse veega täidetud jäävormid. Vee külmumise kestus vormides sõltub vormi ristlõikest ja soolvee temperatuurist, 5-kg jääploki puhul, mille ülemine ristlõige on 175×80 mm, alumine 160×70 mm, on külmumise kestus 5...8 tundi.

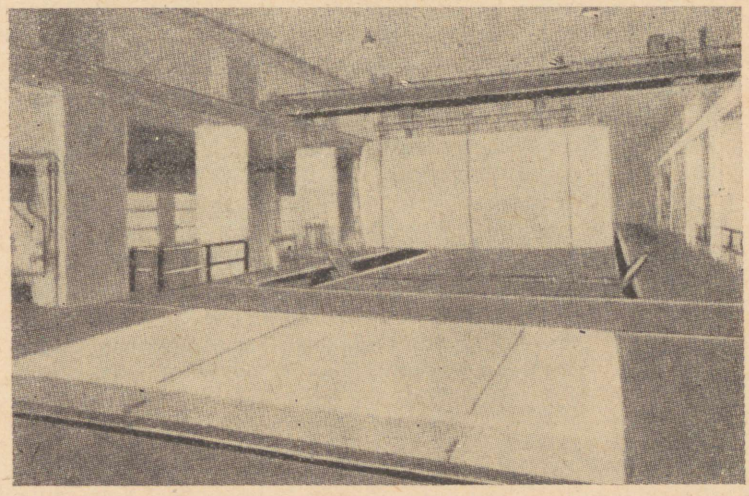
Jääplokkide vormidest väljavõtmiseks sukeldatakse vormid jäägeneraatori paagi kõrval seisvasse soojendatud veega anumasse. Jääploki osalise sulamise tõttu vormi sisepinnal tuleb plokk vormist vabalt välja. Vormide jäägeneraatori paaki asetamine, paagist väljavõtmine ja sulamisanumasse sukeldamine on mehhaniseeritud (kasutatakse sildkraanat või telferit).

Rostocki ja Sassnitzi (SDV) kalakombinaatides ekspluateeritakse võimsaid jäätehaseid, mis toodavad jääd 4...5-tonniste plokkidena. Rostocki jäätehases on neli jäägeneraatorit, tootlikkusega igaüks 50 t jääd ööpäevas; Sassnitzi jäätehases on kaks samasuguse tootlikkusega jäägeneraatorit. Selline jäägeneraator sarnaneb hariliku plokkjää generaatoriga ainult väliselt. See on suure mahutavusega betoonpaak, milles on kuus õõnsat metallplaati, pikkusega 6 ja kõrgusega 3 m, mis jaotavad ta seitsmeks jaoskonnaks ja moodustavad kaksteist tasapinda jää külmutamiseks veest, millega paak on täidetud. Iga õõnsa plaadi sisse on paigutatud kuus aurustustoru, mis on ühendatud külmutusmasinaga.

Jäägeneraatori paagi kohale on asetatud sildkraana, mille abil võetakse jääplokid paagist välja ja transporditakse kummutuslauale. Jäägeneraator on varustatud ka tsentrifugaalpumba ja jäätükeldamismasinaga.

Vedel ammoniaak aurub aurustustorudes −15° C juures, mille tagajärjel õõnsate plaatide metalltasapindadel moodustub jääkiht. Jäätekkeprotsessi algul seatakse iga õõnsa plaadi mõlemale küljele üles haaramisseade, mille varb läbistab tekkiva ploki keskosa.

Kui plokk on 25 ... 32 cm paks, lülitatakse õõnsad metallplaadid ümber nii, et plokk hakkab lahti sulama. Pärast seda, kui jääplokk on plaadist eraldunud, võetakse ta kraana ja haaramisseadmete abil paagist välja ning pannakse hüdrauliliselt töötava kummutuslaua peale. 25 ... 32 cm paksused jääplokid (joon. 25)

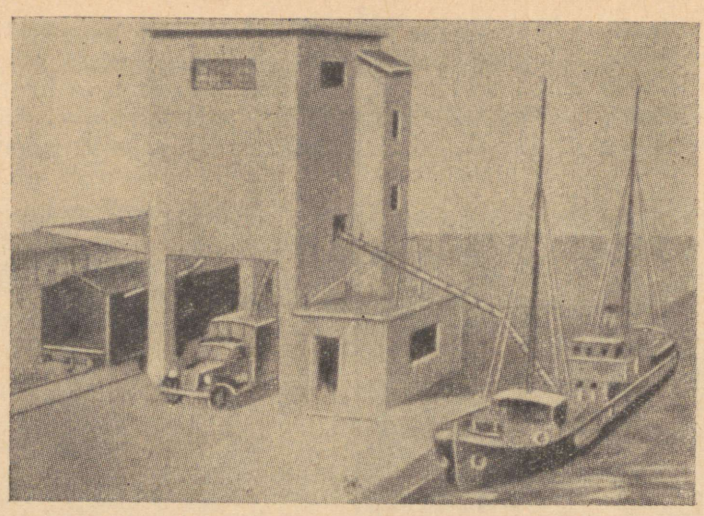


Joon. 25. Jäägeneraator suurplokkjää tootmiseks.

külmutatakse 6 ... 7 päeva jooksul, nende lahtisulatamiseks aga on vaja mõni tund. 6 m pikkuse, 3 m kõrguse ja 25 ... 30 cm paksuse jääploki kaal on 4 ... 5 t. Kummutuslauale toimetatud plokid seatakse üles horisontaalsesse asendisse, lõhutakse osadeks — pankadeks ja antakse jäätükeldamismasinasse peenestamiseks. Tükeldatud jää tuleb kalatöötlemisettevõtetesse või vahetult jäätehasest painduvate torujuhtmete kaudu kalapüügilaevade trümmidesse ja isotermilistesse vagunitesse, nagu on näidatud joonisel 26.

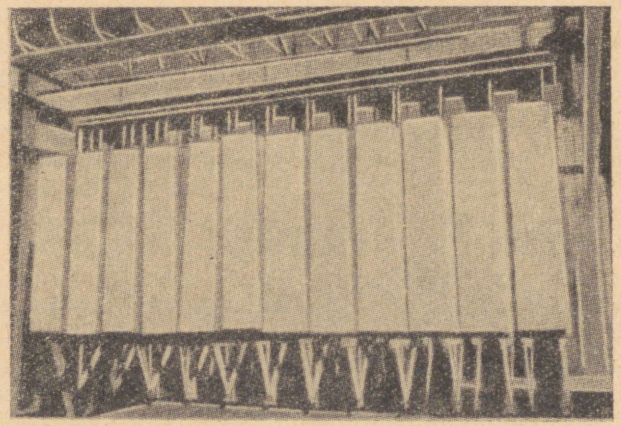
Tehisplokkjää tootmisse tegi huvitava täienduse itaalia firma «Barbieri» (E. Vilbuševitši litsentsi järgi). Uut tüüpi jäägeneraatoril on järgmised põhiosad: õõnsate metallvormide komplektist patarei, kahekordsed torud vormi sees, hüdrauliline langetusmehhanism, veetäiteseadeldis, ressiiver ja muud külmutusmasina juurde kuuluvad osad. Vormidest patareid monteeritakse jäägeneraatoriruumi ülemisse ossa. Generaatori põhielemendiks on erilise konstruktsiooniga vorm, mille mõõtmed vastavad jääploki kaalule 12,5; 25 või 35 kg.

Vormid on valmistatud kahekordsete seintega 6 mm paksu-



Joon. 26. Peenendatud jää laadimine kalapüügilaevade trümmidesse, vagunitesse ja autodesse.

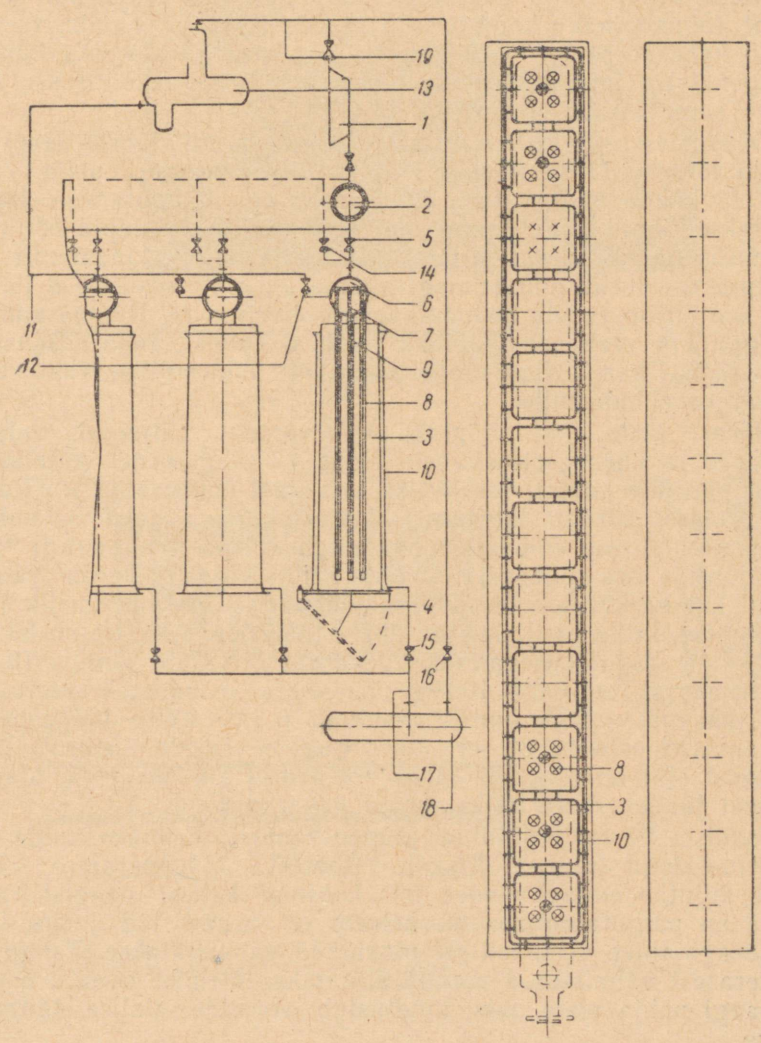
sest korrosioonikindlast lehtterasest. Seepärast võib jääd valmistada ka mereveest. Vormi sees on viis kahekordset toru, mis läbivad vormi kõrguti. Vormide õõnsad seinad ja kahekordsed torud on määratud vedela külmutusagendi aurumiseks ja vormi lahtisulatamiseks jääst vabastamisel. Alt suletakse vorm vedruga varustatud šarniirse kaanega. Patarei kohale on monteeritud vee-



Joon. 27. Jäägeneraatori hüdrauliline seade jääplokkide väljalaadimisel.

täiteseadis, patarei alla aga hüdrauliline vastuvõtu-langetusmehhanism, mis on ette nähtud jääplokkide väljalaadimiseks vormidest pärast lahtisulatamist. Jääplokkide vormidest väljalaadimist hüdraulilise mehhanismiga on näidatud joonisel 27.

Jäägeneraatoris loodud soodsate soojuse ärajuhtimise tingimuste tõttu kestab jäätootmise protsess, sõltuvalt plokkide kaalust ja kujust, umbes 2 tundi. Jäägeneraatori tootlikkus sõltub patareide arvust ja võib olla 9, 18, 28 t ööpäevas jne.



Joon. 28. Jäägeneraatori skeem ja 12 vormiga patarei.

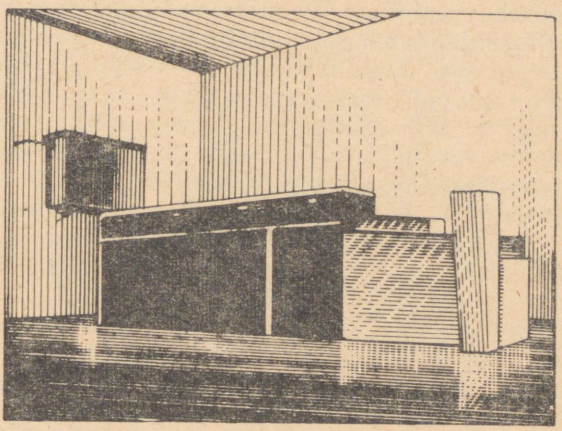
Joonisel 28 on näidatud jäägeneraatori skeem ja 12 vormist koosneva patarei plaan. Skeemid on näidatud külmutuskompressor *1*, kondensaator *2*, nelinurkne vorm *3* jääplokkide tootmiseks, vormi sulgev kaas *4*, separaator *13*, kaitseklapp *16* ja ressiiver *18*. Jää valmistamine toimub järgmiselt: enne iga vormi täitmist veega surub vedru kaane vormi vastu ja see nagu kleepub vormi külge õhukese, kokkupuutuvaid pindu niisutava, vee õhukese külmunud kilega. Pärast vormide täitmist veega, kui üheaegselt suletakse klapp *15* ja avatakse klapp *5*, tuleb vedel külmutusagent (ammoniaak) kambrisse *6* ja edasi toru *7* kaudu tsirkuleerib kahekordse toru *8* õõnsuses. Osa veel aurutamata külmutusagendist valgub mööda ühendustoru *9* vormi *10* õõnsusse, kus aurub samuti nagu õõnsuses *8*.

Õõnsustes *8* ja *10* aurunud külmutusagent läheb klapi *12* kaudu torusse *11* ja imatakse külmutuskompressori poolt eraldaja *13* kaudu mööda toru *19*. Pärast vee külmutamise lõppu suletakse klapid *5* ja *12* ning samal ajal avatakse klapid *14* ja *15*. Külmutusagendi survet selles osas kontrollib manomeeter *17*. Kompressor surub ammoniaagi kuuma auru õõnsustesse *8* ja *10*, kust see tõrjub vedela ammoniaagi ressiivrisse *18*. Kuuma ammoniaagi toimel vabaneb jääplokk vormi *3* küljest, enda raskusega avab täiesti kaane *4* ja langeb sujuvalt hüdraulilise vastuvõtu-langetusmehhanismile.

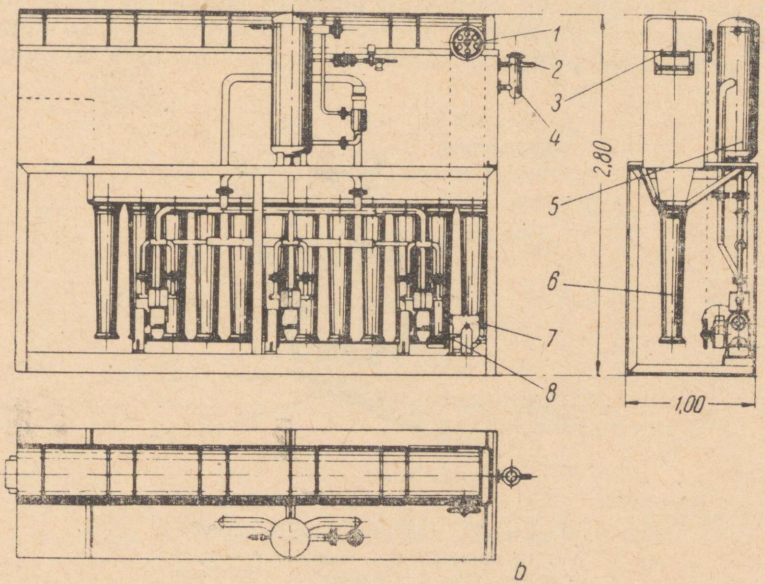
Pärast seda, kui jääplokk on vormist väljunud, sulgub klapp *14* ja üheaegselt avaneb klapp *12* ning vedel külmutusagent pöördub kiiresti ressiivrist *18* tagasi õõnsusesse *10*. Edaspidi protsess kordub, kusjuures kõiki klappide avamise ja sulgemise operatsioone võib teostada automaatselt. Generaatori tööd võib juhtida üks inimene. Jäägeneraator vajab 5 korda vähem ruumi kui harilik soolveepaagiga jäägeneraator; kui harilik jäägeneraator, mille tootlikkus on 28,8 t jääd ööpäevas, vajab 89 m², siis sama tootlikkusega uus generaator vajab ainult 18 m². Elektrienergia kulu iga 100 kg jää kohta moodustab võrreldavate jäägeneraatorite juures vastavalt 6 ja 4 kWh. Jäägeneraatori suureks eeliseks on, et vesi sugugi ei saastu tööprotsessis. Viimasel ajal on plokkjää jaoks konstrueeritud ka teisi, klassikalisest jäägeneraatorist erinevaid generaatoreid.

Joonisel 29 on kujutatud jäägeneraator «Friblok», mille on konstrueerinud insener Rikkeli (Itaalia). Jäägeneraator «Friblok» kujutab endast seadet, mis koosneb kahest paagist: alumisse on paigutatud aurutussüsteem ja vormid jää jaoks, ülemisse aga tuleb vesi, millest plokkjääd valmistatakse. Tsingitud lehtterasest valmistatud vormid ehitatakse ülemise avatud osaga veepaagi põhja sisse, mis kindlustab vormide alalise täitmise veega.

Teatud kindlat veetaset ülemises paagis hoitakse automaat-



a



b

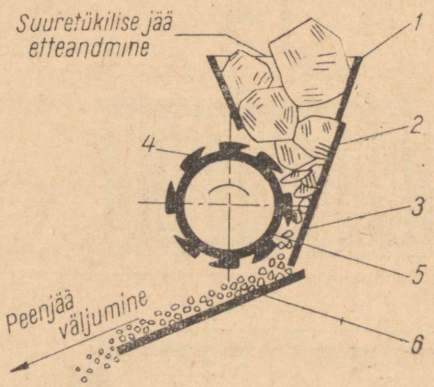
Joon. 29. Jäägeneraator «Friblok»:

a — üldvaade, *b* — skeem: *1* — jääplokkide eraldaja, *2* — vee andmine, *3* — jääplokkide väljastamine, *4* — ujukregulaator, *5* — automaatseparaator, *6* — jäävorm, *7* — reduktor, *8* — sulataja.

selt ujuk-klapiga. Vesi külmub vormides alumises paagis aurunud ammoniaagi toimel. Vormide lahtisulatamiseks kasutatakse kuuma ammoniaaki, seejuures tuleb valmis jääplokk vormist välja ja tõuseb veepinnale ülemises paagis. Edasi antakse plokk automaatselt tühjendamisava juurde ja tuleb sealt mööda renni säilitamiskambrisse. Jääplokid võivad väljuda jäägeneraatorist pidevalt või teatavate vaheaegade järgi. Jääplokkide tekkimine ja nende osaline lahtisulatamine vormi seinte küljest toimub olemasolevates vormides järjestikku. Sellise jäätootmissüsteemi puhul automatiseeritakse protsess täielikult.

Jäägeneraatorid «Friblok» võivad olla mitmesuguse tootlikkusega, alates 2,4 kuni 120 t ööpäevas. 25 kg kaaluvate jääplokkide mõõtmed on järgmised: ülemises osas 190×190 mm, alumises — 160×160 mm, kõrgus 1000 mm. Jäägeneraator «Friblok» paistab silma kompaktsuse ja vee külmutamise lühendatud tähtajaga, mille põhjuseks on temperatuuride tunduv vahe vee ja auruva külmutusagendi vahel, kõrge soojusülekandeteguriga auruva külmutusagendiga jahutamise arvel, samuti ka ribide olemasolu tõttu vormide välispinnal.

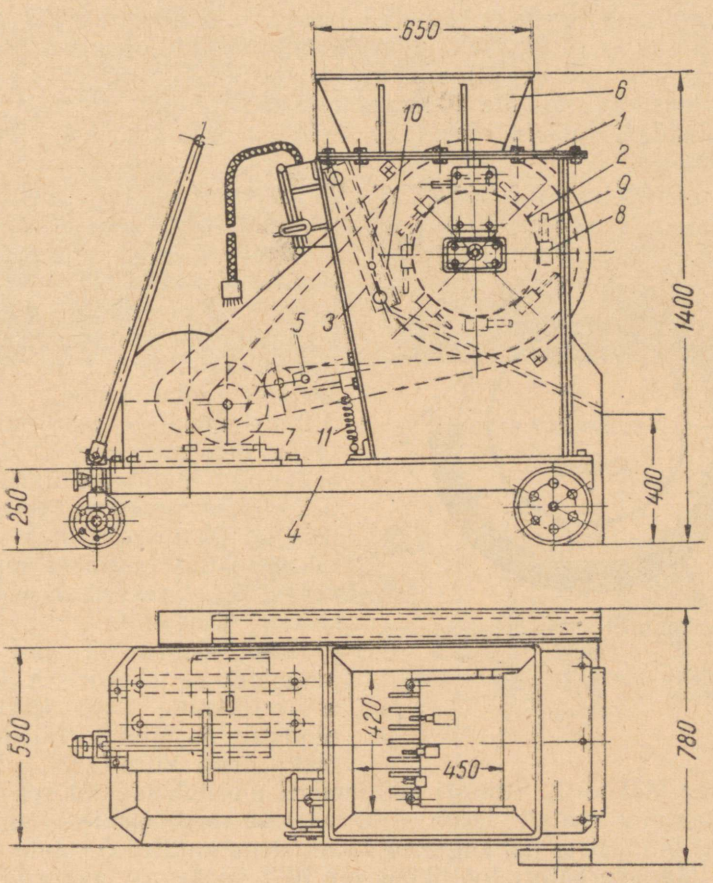
Kala jahutamiseks kasutatav plokkjää tuleb nagu looduslik jäägi purustada väikesteks tükkideks. Plokkjää ja suuretükilise jää purustamise protsessi skeem on toodud joonisel 30. Suured



Joon. 30. Jää purustamise skeem:
1 — laadimiskolu, *2* — tugiplaat, *3* — hambad, *4* — tapid, *5* — trummel, *6* — kaldrenn.

loodusliku või tehisjää tükid lastakse laadimiskolusse, kus nad oma raskuse mõjul vajuvad vastu pöörlevat trumlit, mille küljes on purustavad tapid. Tapid raiuvad suurte jäätükkide küljest ära väiksemaid tükke, sooritades seega jää ettevalmistava purustamise. Pärast seda satuvad jäätükid tugiplaadi hammastele ja neid läbides peenendub jää lõplikult. Edasi satub peenjää kald-

rennile ja libiseb seda mööda jääpurustist välja. Tööstuses kasutatakse Nežinski mehhaanikatehases valmistatud teisaldatavat jääpurustit ЛП-1, mille tootlikkus on 10 t/h. Jääpurusti skeem on kujutatud joonisel 31.



Joon. 31. Liikuv jääpurusti:
1 — kere, *2* — trummel, *3* — tugiplaat, *4* — vanker, *5* — pingutusseadis, *6* — laadimiskolu, *7* — elektrimootor, *8* — tappide pesad, *9* — purustustapid, *10* — tugiplaadi hambad, *11* — pingutusseadise vedru.

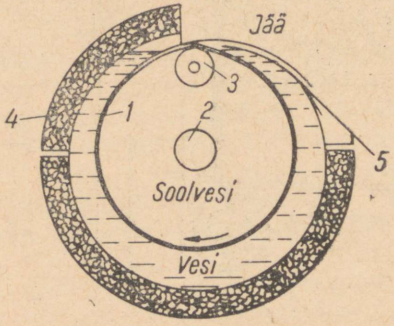
Jääpurusti koosneb kerest, trumlist ja tugiplaadist ning on monteeritud kolmerattalisele käepidemega vankrile. Trummel käivitatakse rihmülekandega elektrimootorilt, mis on ka vankrile monteeritud. Keevitatud terassilindrist trumli välispinnal on spiraali mööda neljalt realt malekorras asetatud pesad. Nendesse pesadesse pannakse purustustapid. Jää purustusastet saab

reguleerida tugiplaadi põhipinna ja trumli välispinna vahe muutmisega.

Jääpurusti tootlikkus sõltub jää purustusastmest — peenema jää valmistamisel tootlikkus väheneb.

Tugiplaadi iga asendi puhul trumli suhtes väljub jää purustist seguna, s. o. üksikud jäätükid on erisuguse suurusega, kuid masina mainitud detailide äärmiste asendite korral on ligi 50% jääd tükisuurusega üle 50 mm (maksimaalse pilu korral) ja ligi 50% jääd tükkidena alates 30 ... 50 mm (minimaalse pilu korral).

Trummel teeb 160 pööret minutis, mootori võimsus on 2,4 kW, laadimiskolu mõõtmed 420×420 mm, jääpurusti kaal 520 kg.



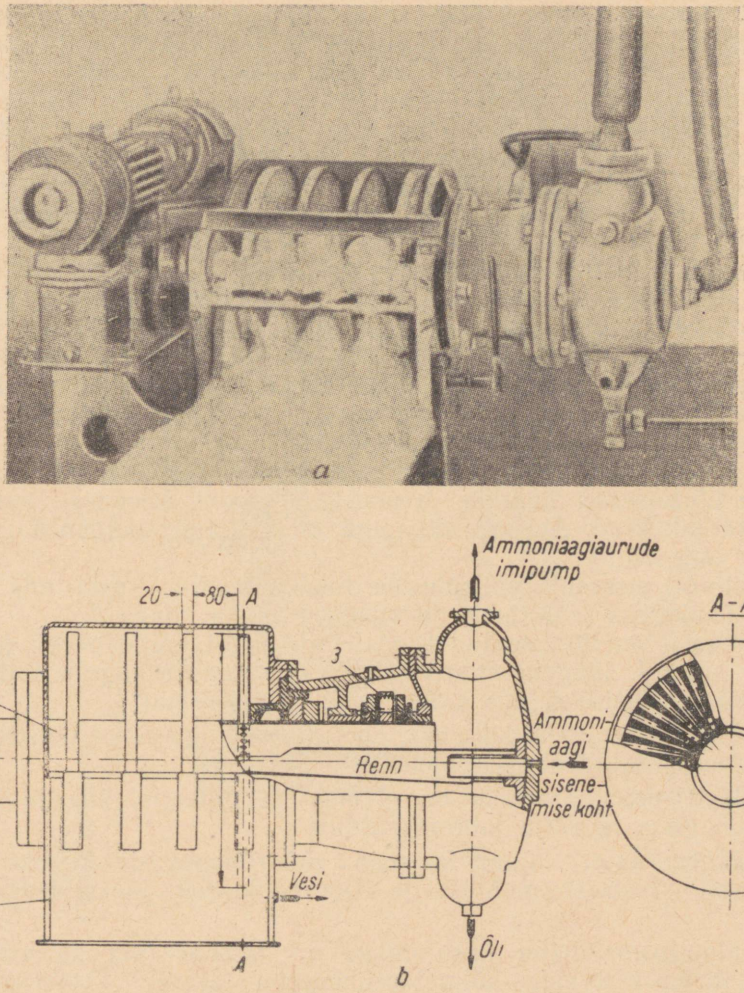
Joon. 32. Soomusjäägeneraatori skeem:

1 — pöörlev silinder, *2* — õõnesvõll, *3* — deformeeriv rull, *4* — isolatsioon, *5* — jäärenn.

Soomusjää. Joonisel 32 on kujutatud soomusjäägeneraatori skeemi. Painduvast metallist horisontaalne silinder *1* on seotud õõnesvõlliga *2* ja pöörleb skeemil näidatud noole suunas. Silindri ülemisse ossa paigutatakse deformeeriv rull *3*, mis selles osas muudab silindri kuju. Silinder *1* monteeritakse isoleeritud kattesse *4*, mis täidetakse teatud tasemeni mageda veega, nii et vesi uhab pöörleva silindri välispinda.

Läbi õõnesvõlli ja düüsi pihustatakse silindrisse külma soolvett, mille tõttu selle sisepind jahtub. Silindri välispinnal tekib üsna kiiresti 3 ... 5 mm paksune jääkoorik. Silindri pöörlemisel murdub jääkiht sel kohal, kus painduv metall satub deformeeriva rulli peale, eemaldub silindri pinnast ja jää koguneb soomustena kaldtee *5* kaudu punkrisse. Jäägeneraatori tootlikkus on 10 t ööpäevas: gabariidid on 2,3×1,4 m. Jääsoomustel on hea soojusülekandepind, nad liibuvad võrdlemisi suure pinnaga tihedasti vastu kala ja soodustavad nii selle kiiret jahtumist.

Laeva jäägeneraatorid peavad vastama nõuetele, mida esitavad erilised töötingimused laevadel: nad peavad töötama laeva kõikumisel häireteta, peavad olema kompaktsed, s. o. kõrge tootlikkusega väikeste mõõtmete ja kaalu juures, neil peab olema kõrgendatud vastupidavus ja töökindlus. Nendele nõuetele vastab teataval määral jäägeneraator, mida on kujutatud joonisel 33. See generaator on välja töötatud Astrahani Kalatööstuse ja -majanduse Tehnilises Instituudis.



Joon. 33. Astrahani kalandusinstituudi jäägeneraator:
a — üldvaade, *b* — lõige: *1* — korpus, *2* — rootor, *3* — tihend.

Generaatori aluseks olev korpus on samal ajal ka vanniks, millesse on poolest saadik sukeldatud pöörlev rootor. Korpuse ülemisele kaanele on monteeritud ketaste niisutamise seadis. Rootor on valmistatud 120 mm läbimõõduga torust, mille otsa on asetatud 440 mm läbimõõduga ja 20 mm paksud kettad. Ketastes on 27 radiaalset läbivat puurimisava, läbimõõt 13 mm, ja sama palju läbimata puurimisavasid, mis esimestega on ühenduses küljeaukude kaudu. Need augud suurendavad tunduvalt soojusvahetuse sisepinda igas kettas.

Rootori pöörlemisel jääb vedel külmutusagent tsentrifugaaljõu toimel rootori igasuguse asendi juures avadesse ja aurub seal, võttes ära soojuse kettaid niisutavalt veelt. Vedela külmutusagendi keemisel avades tekkiv aur väljub aururuumi, mis asub piki rootori pöörlemistelge. Lõikemehhanism — nuga — on määratud kettal tekkiva jää mahavõtmiseks, kusjuures nuga võtab tera 30° nurga puhul maha 250 kg/m³ mahukaaluga jääd, tera 60° nurga puhul aga jää soomuste kujul. Külmutusagendi auramistemperatuur on −20 kuni −28° C. Ühekettalise jäägeneraatori tootlikkus on 6 kg jääd tunnis.

Kalatööstuse Mehhaniseerimise Teadusliku Uurimise Instituudi poolt on välja töötatud ja valmistatud universaalset tüüpi (ranna ja laeva) jäägeneraator soomusjää (lume) tootmiseks magedast või mereveest. Jäägeneraatori üldvaade ja põhilised sõlmed: aurusti (freoonivann), veetoru — pihusti, noavõll, veekoguja ja ajam on näidatud joonisel 34.

Aurusti *1* kujutab endast õõnsat silindrit ribidega siseseinal, mille õõnsusesse antakse freoon-12. Freooni keemisel aurusti seinad jahtuvad. Aurusti välispind on kaitstud soojusisolatsiooniga (miporiga).

Silindri siseseina välispinnale tuleb pihustist *2* vesi, mis külmub õhukeseks jääkirmeks ja võetakse maha noaga *3*.

Nuga *3* on üles seatud kronsteinile võllil, mille paneb pöörlema ajam *4*. Jäägeneraatori alumises osas asub koguja *5* liigse vee kõrvaldamiseks, mis valgub silindri siseseinalt.

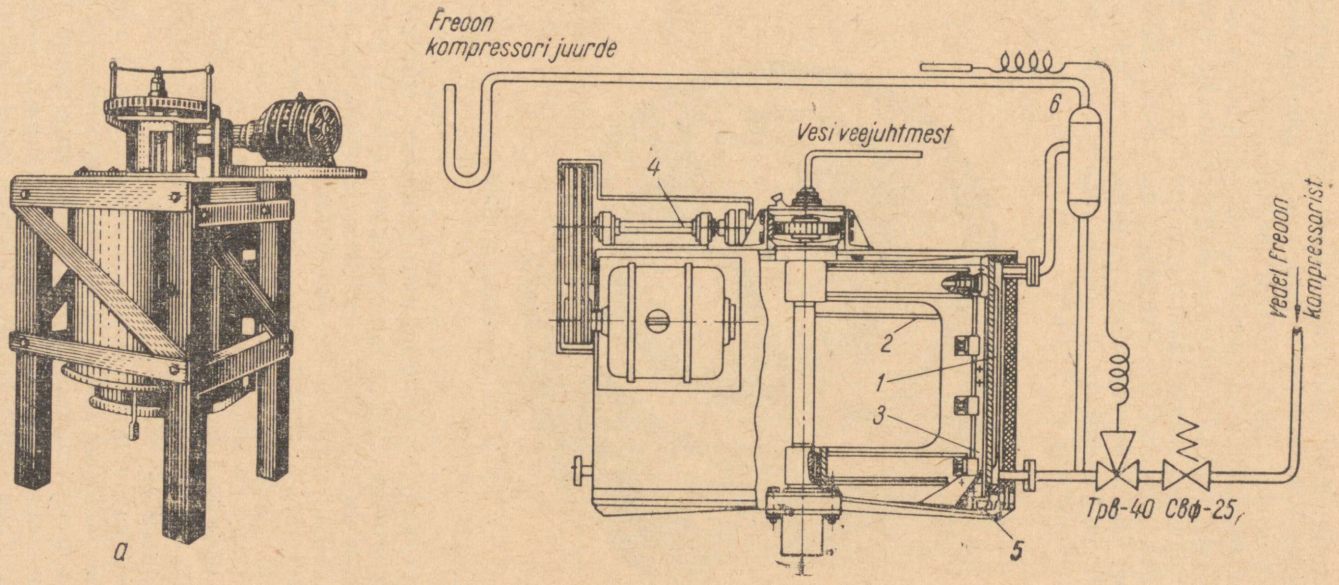
Et vesi kogujas ei külmuks, on temasse kogu renni perimeetri ulatuses ehitatud elektrisoojendus.

Elektrisoojendusseadis on olemas ka pihustis, kus ta lülitatakse sisse ja välja juhtimispuldilt.

Jäägeneraatori ajam koosneb elektrimootorist, kiilrihmülekandest, elastsest muhvist ja tigureduktorist ülekandearvuga 1:40.

Külmutusmasinana kasutatakse nii freooni- kui ka ammoniaagikompressoreid, külmatootlikkusega alates 40 000 kcal/h. Jäägeneraatori tootlikkus on 300 kg soomusjääd tunnis, jää tekkepind 2,9 m². Külmakulu freooni auramistemperatuuri juures −25° C ja saabuva vee temperatuuri juures 20° C on 45 000 kcal/h, külmutusagendiks on freoon-12. Noavõll pöörleb kiirusega 10 pööret minutis, elektrimootori võimsus rannas on 2,8 kW, laeval aga — 3,7 kW. Jäägeneraatori gabariidid mm: pikkus 1560, laius 1500, kõrgus 1790. Kaal on 1500 kg.

Pressjää. Pressjäägeneraator koosneb välisest kaantega metallkattest ja sisemisest horisontaalsest gofreeritud metallsilindrist, mis on väiksema läbimõõduga kui kattesilinder. Nii tekib katte ja silindri vahele ruum, milles aurub sinna juhitav külmutusagent. Jäägeneraatori pöörlevale võllile on kinnitatud

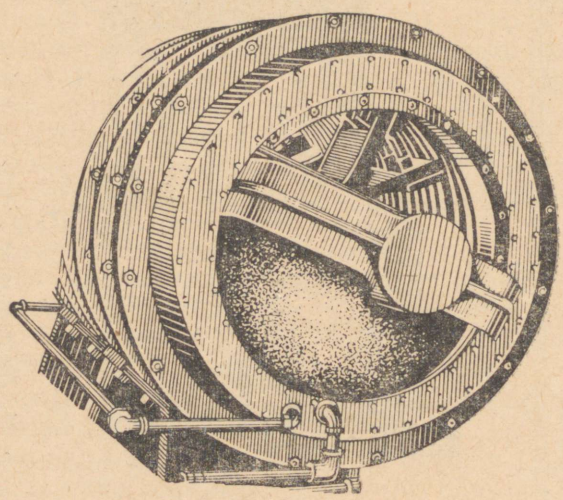


Joon. 34. Jäägeneraator Л-300:

a — üldvaade, *b* — seadme skeem: *ТРВ-40* — termoreguleerimisventiil, *СВФ-25* — freooni solenoidventiil, *1* — aurusti, *2* — pihusti, *3* — nuga, *4* — ajam, *5* — koguja, *6* — vedelikueraldaja.

kaabitsad, mis tihedasti puutuvad kokku silindri sisemise gofreeritud pinnaga. Vesi antakse silindrisse ja pihustatakse jahutatud silindri pinnale, millele tekibki jääkiht.

Pöörleva võlli kaabitsad eemaldavad jääkihi ja jäämass, segatuna osaliselt veega, surutakse jäägeneraatorist spetsiaalse toru kaudu punkrisse. Edasi jäämass vormitakse ja pressitakse silindriks, keraks või tahvliks. Pressjäägeneraatori üldvaade on toodud joonisel 35. Jäägeneraatori tootlikkuse puhul 25 t ööpäevas on silindri läbimõõt ja pikkus 0,6 m. Võlli pöörlema paneva mootori võimsus on 12 hj.



Joon. 35. Pressjäägeneraator.

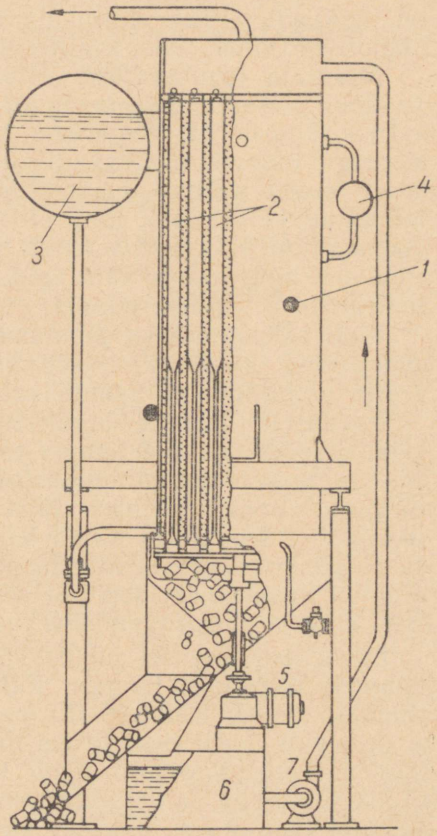
Torujää. Vertikaalselt asetatud metallkattesse *1*, mille otstes on torulauad, valtsitakse 50 mm läbimõõduga torud *2* (joonis 36). Katte torudevaheline ruum on vedela ja gaasilise külmutusagendi jaoks. Ühelt poolt on ta ühendatud ressiivriga *3* vedela külmutusagendi jaoks, teiselt poolt — kompressoriga. Vedela külmutusagendi kogust aurumisruumis reguleeritakse ujukventiiliga *4*. Vesi suunatakse paagist *6* pumbaga *7* katte ülemisse ossa, kus ta jaotub torudesse *2* ja voolates nendes õhukese kihina külmub, moodustades jäätorud. Niipea kui jäätorud on tekkinud, pumbatakse katte aurumisruumi külmutusagendi kuumad aurud, mis suruvad vedela agendi ressiivrisse. Kuuma auru toimel sulavad jäätorud metalltorude puutepinnal veidi üles ja jää, eraldudes torude seintest, langeb alla ning satub pöörleva noa *5* ette, mis lõikab jäätorud vajaliku kõrgusega tükkideks.

Pärast jäätorude lahtisulamist juhitakse vedel külmutusagent

uuesti aurumisruumi ja torujää valmimise protsess kordub. Jäägeneraatori tootlikkus on 10 t ööpäevas, gabariidid 2,9×1,9× ×3,9 m, metalli üldkaal ligi 6,7 t.

Lumejää. Lumejääd saadakse jääplokkidest või suurtest jäätükkidest, mis peenestatakse spetsiaalsetes seadmetes. Jää muutub kuivaks lumemassiks (lumejää). Lumejääd kasutatakse mitte ainult kala jahutamiseks, vaid ka toodete transportimiseks isotermilistes vagunites. Säilitatavaid või transporditavaid tooteid võib hõlpsasti lumejääga katta paiskeventilaatori ja 100...140 mm läbimõõduga vooliku abil.

Sõmerjää. Seade sõmerjää valmistamiseks koosneb paakidest, milles on alati teatud tasemel seisev vesi. Vesi on jahutatud külmumisele lähedase temperatuurini ja paakide kohale monteeritud õhukanalitest suunatakse veepinnale hästi külm õhk. Külma õhu liikumise mõjul tekivad veepinnal peened jääkristallid ja õhuke jääkirme, mis kohe kogutakse eriseadisega, pakitakse taarasse ja kasutatakse siis kala jahutamiseks. Taolist jää valmistamise viisi võib kasutada kalapüügilaevadel: see viis võimaldab saada head jääd mereveest.



Joon. 36. Torujäägeneraator:
1 — aurusti kate, *2* — torud külmutatava veega, *3* — ammoniaagi ressiiver, *4* — reguleeriv ujukventiil, *5* — pöörlev nuga koos mootoriga jääsilindrikeste lõikamiseks, *6* — veepaak, *7* — vee tsirkulatsioonipump, *8* — kaldtee jää jaoks.

Kala jahutamine sukeldamisega külma vedelasse keskkonda

Kala mittetäielikul jahutamisel, kui kala lõpptemperatuur on 0° C-st kõrgem, võib vedelaks jahutavaks keskkonnaks olla külm vesi, kusjuures kala lõpptemperatuur oleneb külmakandja temperatuurist. Tootmispraktikas on vedelaks jahutavaks keskkonnaks külm soolvesi, mille temperatuuri hoitakse kala täielikuks jahutamiseks −3 kuni −4° C piires. Kõige vastuvõetavamaks on 2-% naatriumkloriidilahus. Sellise lahuse osmootne rõhk

on liigikaudu võrdne koemahla rõhuga ja seepärast on soolvee negatiivne toime kala kvaliteedile sel juhul minimaalne.

Merekala jahutamiseks võib kasutada merevett, sest kala (näiteks pikša) maitseomadused selle tõttu ei halvene. Nii kõrge kui ka väga nõrga, mageveele lähedase keedusoola kontsentratsiooniga lahused avaldavad kalale negatiivset toimet. Jää lisamisel langeb soolvee temperatuur −1° C-ni, selle temperatuurini jahutatud kala säilib, ilma et ta kvaliteet halveneks, 4 päeva (temperatuuril +15,5° C ainult 4 tundi). Soolvesi peab pidevalt ringlema ning uhtma kala igast küljest, see tagab soolvee kontsentratsiooni ühtluse paagis ning väldib kala nõrkkülmumist.

Kala ratsionaalseks jahutamiseks vajalik jääkogus soolvees määratakse kindlaks katseliselt, olenevalt säilitamiskestusest, vee ja välisõhu ning samuti kalapaagi temperatuurist.

Tavaliselt lisatakse algul 50% sellest jääkogusest, mis on vajalik kalas nõutava temperatuuri säilitamiseks antud säilitamis- ja transportimistingimustes. Jää kaetakse tsingitud traatvõrguga, võrgule laotakse jääd ning paaki lisatakse niipalju soolvett, et see täiesti katab kala. Ülejäänud kogus jääd pannakse paaki pealmise kalakihi peale. Siis kaetakse paak tihedalt sulguva kaanega, et soolvesi sellest välja ei loksuks. Hüdrauliliste tõugete nõrgendamiseks asetatakse paaki põikvaheseinad.

Soola lisatakse sel juhul, kui soolvee kontsentratsioon jää sulamise tagajärjel langeb. Kala jahutamise nõud ja ruumid (tünnid, tõrred, trümmid jt.) peavad olema veekindlad, puhtad ja eelnevalt hästi desinfitseeritud. Suure kalakoguse jahutamiseks määratud tööstuslik seade kujutab endast paaki läbijooksva külma soolveega, millesse lastakse telferi abil võrkkorvid kalaga. Soolvett jahutatakse pidevalt kas jääga, nagu eespool näidatud, või külmutusmasina aurutussüsteemi abil. Soolvees, mille temperatuuri hoitakse −3 ... −4° C piires, jahtub kala kuni 0° C-ni 30 minuti kuni 3 tunni jooksul, olenevalt kala suurusest. Võib rakendada ka järgmist meetodit: peata ja roogitud kala pesta puhtas merevees ja lasta seejärel kuni −2° C-ni või isegi kuni −4° C-ni jahutatud merevette, millele on lisatud NaCl.

Enne kala sisseasetamist tuleb vanni desinfitseerida vesinikülihapendiga. Kala jahutuskestus sõltub kaalust; kuni 1 kg raskune kala jahtub ühe tunni, 1 ... 3-kg — 1,5 tunni ja üle 3 kg raskusega kala 2 ... 3 tunni jooksul. Pärast jahtumist pakitakse kala kastidesse ning hoitakse külmutuskambris −2° C temperatuuri juures. Kala võib neis tingimustes säilitada 15 ja enam päeva, olenevalt kala suurusest ja liigist.

Kala jahutamine sukeldamise teel vedelasse keskkonda, samuti jahutamine külmas õhus kujutab endast kala jahutamise protsessi homogeenses keskkonnas. Sel juhul on kogu kala pind ümbritsetud võrdsete soojusnäitajate ühtlase keskkonnaga ja

soojusvahetus toimub kogu kala välispinnalt. Soojushulk, mis t_k temperatuuriga kala annab ära homogeensele keskkonnale, mille temperatuur on t_{kk}, määratakse valemiga:

$$Q = \alpha F \Delta t = \alpha F (t_k - t_{kk}) \text{ kcal/h},$$

kus α — soojusülekandetegur, kcal/m²h deg,
F — kala pind, millelt toimub soojusvahetus, m².

Soojusvahetust võib intensiivistada α ja F väärtuste suurendamise teel, samuti ka t_{kk} ja t_k muutmisega.

Soojusülekandetegur α sõltub jahutava keskkonna voolavuse kiirusest ja liigist. Keskkonna voolavusel on kas sundtsirkulatsiooni või vaba konvektsiooni iseloom. Vaba konvektsiooni puhul on α väärtus palju väiksem kui keskkonna sundtsirkulatsiooni puhul. See nähtub järgmistest näidisandmetest. Rahulikus olekus (vaba konvektsioon) vedeliku puhul $\alpha = 200 \ldots 500$ kcal/m² h deg, samal ajal kui segamisel (sundtsirkulatsioon) $\alpha = 2000 \ldots 4000$ kcal/m² h deg; liikumatu õhu puhul $\alpha = 4 \ldots 8$ kcal m² h deg, liikuva õhu puhul aga $\alpha = 9 \ldots 25$ kcal m² h deg. Soojusülekande pind F (terve kala külmaga töötlemisel) on antud kala jaoks püsiv suurus ja seda võib suurendada ainult kala eelneva lahkamisega (rookimine, lahkamine fileeks). Temperatuurivahe Δt sõltub kala temperatuurist t_k, kusjuures protsessi algul võib t_k väärtuse võtta võrdseks veekogu temperatuuriga, kust kala püüti, ja jahutava keskkonna temperatuurist t_{kk}, mille alandamisega võib soojuse eemaldamist intensiivistada.

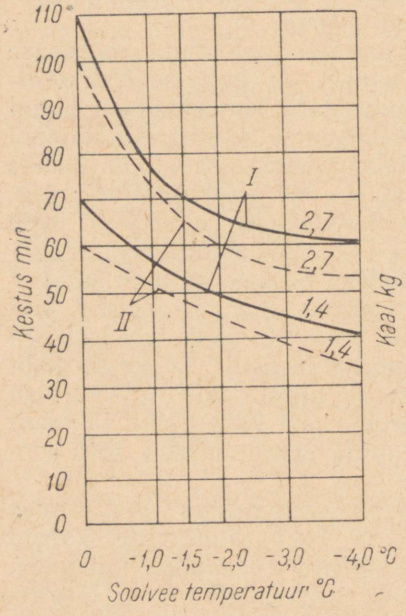
Kala jahutamise tehnikat teises homogeenses keskkonnas (külmas õhus) siin ei käsitleta, kuna kala jahutamise katsed $-2 \ldots -3°$ C õhutemperatuuriga kambrites ei andnud tulemusi. Sellisel jahutamisel jahtus kala alati väga aeglaselt ja järgneval säilitamisel kaotas ka kaubavälimuse niiskuse osalise eraldumise ning teiste muutuste tõttu (lõpuste muutumine värvituks, silmade tuhmumine). Õhu kunstlik tsirkulatsioon kambris kiirendab küll jahutamisprotsessi, kuid üsna vähe, sest õhu kiirus kalaga kokkupuute tsoonis jääb ikkagi väga väikeseks. Protsessi võib kiirendada ka õhu temperatuuri alandamisega, kuid kala jahutamisel ei või õhu temperatuur olla madalam kui $-4 \ldots -5°$ C, muidu kala mitte ainult ei jahtu, vaid ka nõrgalt külmub, vähemalt pinnakihtides. Mainitud põhjustel ei kasutata kalatöötlemise praktikas kala jahutamist külmas õhus.

Kala jahutamine külma soolveega piserdamise teel

Selle jahutamisviisi juures on külmaks jahutavaks keskkonnaks soolvesi, kuid kala ei sukeldata sellesse, vaid piserdatakse soolveega üle. Kui piserdamine on täiuslik, siis jahutamis-

protsessis puutub kogu kalapind kokku liikuva külma vedelikukihiga — soolveekilega, kuid seda on praktiliselt raske teha.

Harilikult piserdatakse soolveega ainult suuremat osa kalapinnast, teine, väiksem pinnaosa aga puutub kokku õhuga, mida on jahutanud ümbritsev külmakandja. Järelikult ei ole jahutav keskkond käsitletava jahutamisviisi puhul ühtlane ning seetõttu on ka soojusülekanne kala jahutamise protsessis ebaühtlane. Kala võib piserdamiskonveieritel jahutada üleandmisel vastuvõtusillalt tehasele või külmutushoonesse.



Joon. 37. Kala jahutuskestuse sõltuvus soolvee temperatuurist: *1* — rookimata kala, *2* — roogitud kala.

Konveierile asetatud või riputatud kala läheb läbi külma soolveevihma alt, mida piserdavad konveieri kohale monteeritud soolveepihustid. Omal ajal Astrahani fileetööstuse jaoks väljatöötatud jahutava piserdusseadme projekt nägi ette ehitada 59 m pikkune, 5,5 m laiune ja 2,8 m kõrgune isoleeritud tunnel kahe võrkkonveieri jaoks. Isoleeritud tunnelis peab temperatuur olema 0° C, konveierid aga pannakse liikuma tähthammasrataste abil elektrimootorilt võimsusega 9,3 hj kiirusega 1 . . . 3 m/min. Konveierite kohale on nendega paralleelselt asetatud soolvee torud pihustitega, mis piserdavad külma soolveega konveierilindil olevat kala. Pihustid asuvad 0,5 m kõrgusel kalast, töörõhk projekti järgi on 0,75 atü.

Konveierilintide all on pannid soojenenud soolvee kogumiseks ja kõrvaldamiseks. Pärast järjekordset jahutamist külmutusseadme aurustis tuleb see soolvesi jälle tunnelisse. Konveierilintidele laotakse kala 150 . . . 200 mm kõrguse kihina tunneli otsa juures, mis ulatub kalatehase sillani, konveierilt maha võetakse kala tunneli selles otsas, mis on tehase vastuvõturuumi juures. 45 meetri pikkuse piserdustsooni läbimisel kala jahtub.

Jahutuskestuse sõltuvus soolvee temperatuurist on näidatud joonisel 37. Kui soolvee temperatuur on 0° C, kulub 2,7 kg koha jahutamiseks temperatuurilt 16° C kuni 2° C-ni 110 minutit, kui aga soolvee temperatuur on −1,5° C, kulub jahutamiseks ainult

70 minutit, s. t. soolvee temperatuuri alandamine 1,5° C võrra vähendab jahutuskestust peaaegu 1,5 korda.

Roogitud kala jahutuskestus väheneb tunduvalt: 1,4 kg roogitud koha jahutamine temperatuurilt 16° C kuni 2° C-ni soolvees, mille temperatuur oli 0° C, lõppes 60 minuti pärast, rookimata kohal aga 69 minuti pärast.

Jahutamise ebaühtlus on suur sel juhul, kui konveieril on mitte üks, vaid mitu kalarida. Soolalahuse temperatuuri juures ligikaudu −4° C alanes konveierile pandud ülemise kalarea temperatuur 60 minuti pärast −2° C-ni, sel ajal kui alumise rea keskosas asuva kala temperatuur oli pisut üle 2° C, s. t. temperatuurivahe mainitud punktide vahel ulatus 4 kraadini. Järelikult uhub külm soolvesi mitmesse ritta asetatud kalade üksikeksemplare erineval määral ja nad jahtuvad ebaühtlaselt.

Kui koha on laotud 20 cm kõrguse kihina, siis võib jahutamise ebaühtlust iseloomustada järgmiste andmetega: koha pealmised eksemplarid (2,7 kg) jahtuvad temperatuurilt 16° C kuni 2° C-ni soolvee temperatuuri puhul −1,5° C 60 minuti pärast, alumised aga 140 minuti pärast (roogitud kala vastavalt 53 ja 120 minuti pärast). See asjaolu viitab sellele, et kala ühtlaseks jahutamiseks soolvee abil tuleb ta laduda ühes reas. Jahutamiskiirus sõltub ka kala paksusest ja seepärast tuleb kala enne konveierile ladumist sorteerida paksuse järgi. 50 mm paksune kala jahtub piserdamisel −1,5-kraadise soolveega temperatuurilt 16° C kuni 2° C-ni ligikaudu 45 minuti jooksul, 75 mm paksune kala aga 70 minuti pärast, s. t. ligikaudu 1,5 korda aeglasemalt.

Soolveekile eemaldamiseks kala pinnalt jahutamisprotsessi lõppemisel on vaja kala pesta konveieril külma veega.

Antiseptiliste vahendite kasutamine

Kala tuleb jahutada ja säilitada sanitaarhügieenlisest seisukohast laitmatus keskkonnas. Toidujää, mida kasutatakse kala külmaga töötlemisel ja säilitamisel, ei tohi sisaldada 1 cm^3-is üle 100 bakteri, seejuures ükski bakter ei tohi kuuluda soolekepikeste rühma. Isegi steriilsesse jäässe pakitud kala (koha, tursk) ei tohi selles hoida üle 9 . . . 10 päeva, äärmisel juhul 12 päeva; selle perioodi määrab mikroobide kasvu kiirus 0° C juures.

Jahutatud kala võib säilitada kauem, kui kasutada selle jahutamisel ja säilitamisel antiseptikume.

Antiseptikume (klooripreparaate ja teisi) võib kasutada laialdaselt kala pesemisel, samuti trümmide desinfitseerimiseks, sest nende saastumine avaldab negatiivset mõju kala kvaliteedile. Soovitatakse mitmesuguseid kloori kontsentratsioone vees: kala pesemiseks 4. . . 5 mg/l, filee pesemiseks kuni 7 mg/l. Kuna

osa kloori läheb orgaaniliste ainete hapendamiseks, siis filee töötlemise hetkeks langeb kloorisisaldus lahuses kuni 1...3 mg/l. Mainitud kloorikogused ületavad mõnevõrra neid kontsentratsioone, mida kasutatakse joogivee kloreerimiseks (0,1 kuni 1 mg) ning lähenevad kloorilahuste minimaalsetele kontsentratsioonidele, mida kasutatakse heitvete desinfitseerimiseks. Kala ühekordne pesemine antiseptikumi lahusega vähendab mikrofloorat kalapinnal ainult ajutiselt.

Nii näiteks oli bakterite hulk pärast kala veega pesemist 7 päeva möödudes 52 miljonit 1 kg kala kohta ja pärast kala pesemist naatriumhüpokloritilahusega, mis sisaldab 2 g hüpokloritit 1 liitri vee kohta, 53...80 miljonit bakterit, aga naatriumhüpokloriti kontsentratsiooni puhul 6 g/l oli baktereid 18 miljonit. Säilitamise kestust võib pikendada ka antiseptilise jää kasutamisega, mis pärsib mikrofloora elutegevust kahel viisil: esiteks alandab ta kala temperatuuri 0° C-ni, teiseks avaldavad antiseptilise jää sulamisel tekkivad ja kala kogu selle säilitamisperioodi kestel uhtuvad lahused pidevalt bakteritsiidset toimet. Klooripreparaatide bakteritsiidne toime seisneb orgaaniliste ainete (antud juhul bakterirakkude) oksüdeerimises hapnikuga järgmiste reaktsioonide tagajärjel:

$$2Cl + HOH = HOCl + HCl; \quad 2HOCl = 2HCl + O_2.$$

Jää valmistamisel naatriumhüpokloriti kasutamisega läheb suur osa kloorist vee külmutamise protsessis kaduma: need kaod ulatuvad 66,8...90,6%-ni. Kloorikadusid võib vähendada intensiivsete jää tootmise meetoditega, s. o. jäägeneraatorite kasutamisega, milles vee külmumine toimub väga kiiresti.

Kiires jäätekkeprotsessis peavad kloori ümberjaotamine jääs ja aurustumine olema minimaalsed. Kloori läheb kaduma ka klooritatud jää hoidmisel külmutuskambris ja seetõttu pole ratsionaalne seda pikemat aega säilitada. Nii näiteks sisaldas üks liiter jääd otsekohe pärast valmistamist 180 mg kloori, kuu aja pärast aga 15,9 mg, peenestatud jää sisse aga jäi pärast 4 päevast hoidmist 10,7 mg kloori. Jääd hoiti temperatuuril −4...−6° C.

Klooripreparaatidest kasutatakse kalatööstuses kõrgprotsendilist kloorlupja (kaporiiti), mis koosneb 75 protsendist kaltsiumhüpokloritist ($CaOCl_2$), mis omakorda sisaldab 60...70% aktiivset kloori. Kaltsiumhüpokloriti toime kalale selle säilitamisel sõltub kontsentratsioonist (vt. tabel 19).

Nii võib kloori piirkontsentratsiooniks jääs, mis ei avalda kalale negatiivset mõju, lugeda 30 mg/l. Mida aeglasemalt jää sulab, seda kõrgem võib olla kloori kontsentratsioon. Astrahanis läbiviidud katsed säilitada kala antiseptilises jääs andsid väga häid tulemusi.

Tabel 19

Kaltsium-hüpokloriti sisaldus jääs %	$CAOCl_2$ %	$CaOCl_2$ mg/l	Cl mg/l	Organoleptilised muutused kalas
0,5	0,375	3750	1450	Naha söövitamine, kloori lõhn ja maitse
0,2	0,15	1500	580	Naha söövitamine, kloori lõhn
0,02	0,015	150	58	Kala lõhnab kloori järele pärast kolmepäevast hoidmist antiseptilises jääs
0,01	0,0075	75	29	Muutusi ei esine
0,007	0,00525	52,5	20,3	Muutusi ei esine

Eelnevalt elektrivooluga uimastatud kala (koha) pakiti 3 tundi pärast püüki tünnidesse või kastidesse reastatult (viis rida) kõhud ülespoole, kusjuures igale reale puistati 10 ... 15 cm paksune jääkiht. Kala temperatuur pakkimise hetkel oli 4° C, ruumi temperatuur 0 ... 2° C. Kontrollimisel 17. jääs säilitamise päeval, kui jää sisaldas 1 kg kohta 71,4 mg kloori, ei erinenud kala välimuselt eluskalast ning kalaliha säilitas elastsuse. Kalal, mida säilitati niisama kaua harilikus jääs, lõhnasid tugevasti lõpused, lima ja sisikond. Kloori kontsentratsiooni puhul 337,7 mg 1 kg jää kohta ei erinenud kala välisilme eluskala omast ning liha säilitas elastsuse, ent 14. päeval tekkis lõpustes hapendunud rasva lõhn.

Antiseptilise jää toime kohta kala värvusele on olemas järgmised andmed. Valge kalanahk muutub kollaseks 0,2 mm sügavuselt, kui kala on pestud lahusega, mis sisaldab 200 mg kloori ühe liitri vee kohta; sama toimub hiidlesta jääs säilitamise 8. päeval, kui jää kloorikontsentratsioon on 200 mg/l. Oletatakse, et naha ja nahaaluse lihaskoe kolletumine sõltub kloorproteiiniproduktide moodustumisest. Tavalise kloorikontsentratsiooniga antiseptiline jää kala värvust ei mõjuta. Murmanskis tehti tursa säilitamise võrdluskatseid tavalises ja antiseptilises jääs. 7. augustil püütud tursast valiti 10. augustil katsekalad, 11. augustil pakiti need jäässe ja hoiti selles kuni 31. augustini, s. o. 21 päeva. 28. augustini hoiti kala 3 ... 4° C juures, seejärel aga 8° C juures. Katsete tulemused näitasid, et kalas akumuleerusid seaduspäraselt indool ja lenduvad alused.

Indooli tekkimist kalas, mida hoiti harilikus jääs, täheldati 11. päeval, kalas aga, mida hoiti antiseptilises jääs, alles 22. päeval. Kalal, mida hoiti harilikus jääs, oli 19. päeval ebameeldiv välimus, 23. päeval aga muutus kala täiesti riknenuks.

Mis puutub kalasse, mida hoiti kloreeritud jääs, siis tunnistati see 23. päeval teisele sordile vastavaks ja alles 26. päeval mittestandardseks, kuid toidukõlblikuks. Seega pikendab antiseptikumide kasutamine jahutatud kala säilituskestust ligikaudu 100% võrra.

Antiseptilist jääd võib valmistada mitte ainult klooripreparaatide lisamisega veele, vaid ka osooni, vesinikülihapendi ja muude ainete veele lisamise teel.

Kloori kasutamine antiseptikumina on väga keerukas, sest teda on raske optimaalselt doseerida, liigse sisalduse puhul põhjustab ta ebameeldiva lõhna ja maitse.

Huvipakkuv on jää valmistamiseks kasutatava vee bakteritsiidsete kiirtega desinfitseerimise meetod. Kiirgusallikana võib kasutada bakteritsiidseid lampe ja elavhõbe-kvartslampe.

Bakteritsiidsed lambid on valmistatud erilisest uvioolklaasist, mida läbivad bakteritsiidset toimet avaldavad ultravioletkiired. Bakteritsiidse kiirguse allikaid võib paigutada töödeldava vee vaba pinna kohale, renni kohale, milles voolab vesi, või lasta vette erilistes kvartshülssides.

10...30 cm paksuse veekihi kiiritamisel hukkuvad vees olevad bakterid silmapilkselt ja vett võib kohe suunata jäägeneraatorisse. Seega ei lisata selle desinfitseerimismeetodi juures veele mingisuguseid keemilisi reagente. Elektrienergia kulu vee desinfitseerimisel bakteritsiidsete kiirtega on 10...30 Wh ühe m^3 vee kohta, kui aga kiiritatakse maa-alust vett (infiltreerunud, allika-, põhjavesi), mis on läbipaistvam ja vähem saastatud bakteritega, on elektrienergia kulu 2...3 korda väiksem.

Antibiootikumide kasutamine

Antibiootikumideks nimetatakse bioloogilise päritoluga konserveerivaid aineid, mida esitavad ühed mikroorganismid teiste mikroorganismide tegevuse pärssimiseks või taimed ja loomad kaitseks kahjustavate mikroobide vastu. Antibiootikume, mida eritavad kõrgemad taimed, nimetatakse fütontsiidideks. Antibiootikumide bakteritsiidseid omadusi võib kasutada toiduainete mikrofloora mõjutamiseks säilitamisel.

J. A. Ravitš-Štšerbo tegi oma uuringutega kindlaks fütontsiidide toime astme mikroorganismidele värske kala (räime) säilitamisel. Räime hoiti anumas toatemperatuuril (15—17° C) rippes peenestatud küüslaugu, mädarõika või sinepipudru kohal. Küüslaugu ja mädarõika fütontsiidide toime all olev räim hakkas riknema alles 13. päeval, sinepi fütontsiidide toime all aga säilis veelgi kauem. Sama kala kontrolleksemplarid hakkasid roiskuma juba viiendal päeval. Katse pikšaga andis analoogilisi tulemusi; kontrollproov riknes üheksandal ööpäeval, samal ajal

aga olid katseeksemplarid fütontsiidide toime tõttu veel 20 säilitamispäeva pärast värsked.

Antibiootikume on eraldatud ka loomsetest kudedest. Prof. Z. V. Jermoljeva kasutas tuurlaste kalamarja säilitamiseks antibiootikumi lüsotsüümi, mida saadi samast kalamarjast. 1 g kalamarja sisaldas kuni 70 000 mikroobi ja selline kalamari ei saanud säilida üle kolme päeva. Sama kalamari, mida eelnevalt pesti lüsotsüümilahuses, säilis hästi kuni 33 päeva, sest temas leidus vaid üksikuid mikroobe.

Palju uuringuid tehti bioloogilise päritoluga konserveerimisainete leidmiseks. Tuntud antibiootikumidest osutusid kala töötlemiseks kõige sobivamaks tetratsükliinide rühma antibiootikumid: klorotetratsükliin (aureomütsiin ehk biomütsiin) ja oksütetratsükliin. Need antibiootikumid on laia antibakteriaalse spektriga ja suhteliselt vähe toksilised. Mainitud kahest antibiootikumist on efektiivsem klorotetratsükliin, kuna juba selle väikesed annused pidurdavad enamiku liha ja kala riknemist esilekutsuvate bakteriliikide arengut. Need omadused võimaldavad kasutada antibiootikume toiduainete töötlemisel ja säilitamisel ainsa konserveeriva tegurina.

Veelgi perspektiivsem on antibiootikumide kasutamine toiduaine komplekssе mõjutamise ühe tegurina, eriti koos külmaga. Sellise kombinatsiooni puhul võib tunduvalt vähendada antibiootikumide annust, millel tervishoiu seisukohalt on suur tähtsus. NSV Liidus ja teistes maades sooritatud uuringute tulemusena selgusid järgmised värske kala antibiootikumidega töötlemise viisid:

kala lühiajaline sukeldamine antibiootikumi lahusesse ja järgnev jahutamine peenestatud jääs;

antibiootikumi sisestamine jäässe ja antibiootilise jää kasutamine kala jahutamiseks ja säilitamiseks;

kala jahutamine ja vedamine jahutatud merevees, millesse on lisatud antibiootikumi.

Esimest kaht viisi võib rakendada nii eraldi kui ka kombineeritult kalalaevadel ja rannas.

Tarr koos kaastöölistega tegi kindlaks, et kala sukeldamisel 1—5 minutiks lahusesse, mis sisaldab 30 . . . 100 mg klorotetratsükliini 1 l vee kohta, suureneb kala jääs säilitamise kestus 5 . . . 10 ööpäeva võrreldes kontrollkalaga.

Teised uurijad avastasid võimaluse pikendada tunduvalt kalafilee säilitamisaega, töödeldes seda eelnevalt lühiajalise sukeldamisega 2 . . . 25 mg/l kontsentratsiooniga antibiootikumi lahusesse.

Kõige paremaid tulemusi on andnud antibiootikumi toime ühendamine külma toimega, seepärast on tunnustatuimaks muutunud jää ja jahutatud merevee tarvitamine koos antibiootikumidega.

Shewan ja Stuart tegid Tory jaamas Aberdeenis (Inglismaa) katseid tursa ja pikša jahutamisega. Kohe pärast püüki 5 mg/kg klorotetratsükliini sisaldusega jäässe pandud kala oli 23. säilitamispäeval sama kvaliteediga kui kontrollkala, mida säilitati ilma antibiootikumita jääs, 13.—14. säilitamispäeval.

Positiivseid tulemusi on andnud ka kala vedamine jahutatud antibiootilises merevees. Jaapani teadlased hoidsid vaikse ookeani heeringat ja sardiini 1,5 ... 2 tundi merevees, mis sisaldas 10 mg/l klorotetratsükliini, seejärel säilitasid neid antibiootilises ja tavalises jääs. Katsed näitasid, et selline värske kala töötlemine on palju efektiivsem kui kala säilitamine tavalises jääs või ainult jahutamine merevees ilma antibiootikumita.

Antibiootikum peab jääs jaotuma ühtlaselt, sest see tagab kõige suurema toime toiduainele. Ühtlase antibiootikumi jaotusega lume- või plokkjää saamiseks tuleb lisada vette, millest jää valmistatakse, järgmise koostisega kuiva preparaati (grammides 100 kg jää kohta):

soolhappeline klorotetratsükliin	0,5
karboksümetüültselluloos	10
naatriumkloriid	40
sidrunhape	20

Lumejääs −5 ... −20° C temperatuuril säilib antibiootikum hästi 35 päeva.

Viimastel aastatel on NSV Liidus tehtud klorotetratsükliiniga töödeldud kala (tursk, pikša, räim, lest, kilu jt.) säilitamise pooltööstuslikke ja tööstuslikke katseid. 300 kg värsket turska töödeldi kalapüügilaeva (SRT) pardal kahel viisil:

kala puistati üle peenestatud antiseptilise (5 mg/kg) jääga, koguses 50% kala kaalust;

kala sukeldati 5 minutiks klorotetratsükliini lahusesse (50 mg/l), seejärel puistati üle antibiootilise jääga (5 mg/kg), kusjuures kala ja vee vahekord oli 1:2, jääd oli 50% kala kaalust.

Tulemusi võrreldi kontrollprooviga, milleks oli hariliku jääga ülepuistatud kala. Üht jagu kaladest töödeldi lahkamata, teisi pärast pea ja sisikonna kõrvaldamist. Laevadelt vastuvõetud kala hoiti kastides 10—12° C temperatuuril.

Kala kvaliteedi organoleptilise hindamise ning katse- ja kontrollpartii keemilise ja mikrobioloogilise analüüsiga on kindlaks tehtud, et peenestatud antibiootilise jääga ülepuistatud tursa säilitamisaeg pikeneb kolme päeva võrra. Värske lahatud tursa töötlemine 50 mg/l kontsentratsiooniga klorotetratsükliinilahusega ja järgnev antibiootilise jääga ülepuistamine pikendavad säilitamisaega 5 päeva võrra.

Antibiootikumidega töödeldud rookimata kala säilis samuti tunduvalt kauem kui sama kala, mida hoiti harilikus jääs. Huvi-

tav on katse roogitud ja peata tursaga. Turska hoiti 2 ööpäeva pärast püüki harilikus jääs ja töödeldi siis antibiootikumiga. Kala sukeldati erineva antibiootikumikontsentratsiooniga lahustesse (50 ja 25 mg/l), seejärel säilitati antibiootilises jääs. Hoolimata sellest, et töödeldav kala oli veidi «seisnud», pikendas antibiootikumi kasutamine säilitamiskestust tunduvalt. Kala, mida hoiti harilikus jääs, muutus toidukõlbmatuks üheksandal päeval, antibiootilise jää ja lahusega töödeldud kala aga alles kaheteistkümnendal päeval.

See katse näitas ka, et antibiootikumisisaldust lahuses võib vähendada kuni 25 mg/liitris.

Murmanskis katsetati kalatraaleri pardal antibiootikumiga töödeldud tursa (600 kg) ja pikša (500 kg) transportimist. Kala puistati trümmis üle antibiootilise jääga, mis sisaldas 1 kg jää kohta 5 mg klorotetratsükliini. Jääd tarvitati 40% kala kaalust. Kontrollpartiiks oli sama kogus sama kala, üle puistatud hariliku jääga.

Riita laotud kala säilis neis tingimustes 10 päeva ning laeva saabumisel sadamasse tehti ekspertiisiga kindlaks, et klorotetratsükliiniga jääs hoitud kala kvaliteet oli parem kui harilikus jääs hoitud kalal. Antibiootikumiga töödeldud kalapartiis suurenes I sordi kala kogus II sordi kala arvel. Selle kala välimus ja koe tihedus oli parem kui harilikus jääs hoitud I sordi kalal. Enamik pikšat, mis säilis 14 päeva riidas, hinnati II sorti vaid kerge, mõnikord vaevalt tuntava seisnud vere lõhna tõttu pea ümbruses. Teiste tunnuste järgi (välimus, koetihedus, liha värv ja lõhn läbilõikes) vastas pikša kvaliteet I sordile. Suvel on pikša säilitamise aeg harilikus jääs 5 . . . 7 ööpäeva, seega 14-päevane säilitamisaeg ületas tunduvalt tavalise töötlusega pikšale ettenähtud säilitusaja.

Leningradi oblasti Rutšjevi kalavastuvõtupunktis katsetati räime säilitamist 50 mg/l kontsentratsiooniga antibiootikumilahuses. Räim sukeldati 5 minutiks lahusesse, seejärel puistati üle antibiootilise peenestatud jääga (35% kala kaalust) ja hoiti selles ligikaudu 5° C temperatuuril. Esimese kolme ööpäeva jooksul ei täheldatud vahet katse- ja kontrollkala vahel. Neljandal ööpäeval tekkis kontrollkalal «seiskunud» lõhn, mis seitsmendal ööpäeval muutus roiskelõhnaks. Katsekalal tekkis kaheksandal ööpäeval nõrk hapendunud rasva lõhn, kuid roiskelõhna ei olnud. Keemilise analüüsi andmete järgi leidus räime katsepartiis kaheksandal ööpäeval lämmastiku lenduvaid aluseid 2 korda vähem kui kontrollpartiis. Mikrobioloogiline analüüs näitas, et antibiootikumiga töödeldud kalal aeglustus tugevasti bakteriliikide kasv, kelle tegevus on seotud valkude lõhustumisega. Analoogilisi tulemusi andsid kilu ja lesta säilitamise katsed.

Katsetajad tegid järelduse, et värsket antibiootikumilahusega (30 mg/l) töödeldud lesta võib realiseerimise või teistkordse

töötlemiseni säilitada või transportida 11 ... 13 ööpäeva tavaliselt tööstuses kasutusel oleva 7 ... 8 ööpäeva asemel.

25 mg/l klorotetratsükliini sisaldusega merevees 0°-ni jahutatud kilu säilitamisaeg pikeneb samuti, lahkamata kilu säilib kuni 75 tundi (kontrollkilul 50 tundi) ja lahatud kilu kuni 250 tundi.

Lahatud kala tunduvalt pikem säilitamisaeg on tingitud palju suuremast reageerimispinnast, sest lahus uhub sel juhul nii kala välis- kui ka sisepinda ning seetõttu on lahatud kala säilitamisel vastupidavam.

Värske kala säilitamise ja transportimise moodus antibiootikumide kasutamisega levib paljudes maades. Mõnel maal (USA, Kanada) on ametlikult lubatud kasutada antibiootikume, eriti klorotetratsükliini ja aureomütsiini, lindude, kalade, liha ja teiste toiduainete töötlemiseks, teistes maades uuritakse seda võimalust põhjalikult. Üks ameerika firmadest toodab toiduainete tööstusele antibiootilisi preparaate: klorotetratsükliini sisaldavat a c r o n i z e'i ja oksütetratsükliini sisaldavat b i o s t a t'i. NSV Liidus toodetakse klorotetratsükliini preparaati biomütsiini nime all.

Uuringute põhjal võib teha järelduse, et antibiootikumide kasutamine värske kala transportimisel ja säilitamisel on võimalik ning otstarbekas. Antibiootikumi klorotetratsükliini (biomütsiini) kasutamine kala säilitamiseks on eriti efektiivne, kui sellega töödelda täiesti värsket, äsja püütud ja järelikult mikroorganismidega vähe seemendatud kala. Värske lahatud tursa säilitamisaega võib pikendada 75 ... 100%, kui töödelda teda 5 minuti jooksul 25 mg/l klorotetratsükliini sisaldusega lahuses ning seejärel säilitada peenestatud jääs (5 mg/kg). Kui kala jahutada ja säilitada ainult antibiootilises jääs, siis pikeneb sellise kala säilitamisaeg 50 ... 60% võrreldes kalaga, mida pole antibiootikumiga töödeldud.

Kuigi küllalt palju katseid toiduainete säilitamiseks antibiootikumide abil on olnud tulemusrikkad, võib ometi antibiootikume hakata tootmispraktikas laialdaselt kasutama alles pärast seda, kui on lõplikult selgitatud, et ühe või teise antibiootikumiga töödeldud toiduaine tarvitamine on inimesele kahjutu.

KALA JAHUTAMISE PROTSESSI TÄIUSTAMINE

Antiseptikumide kasutamine ja sanitaar-hügieenilisest režiimist range kinnipidamine on üks põhilisi abinõusid, mida kala jahutamise protsessis rakendatakse kala kvaliteedi tõstmiseks kestvamal säilitamisel. Esitame allpool mõningaid teisi täiustusi.

Kala eelnev lahkamine ja pakkimine pärgamentpaberisse. Merekala pestakse pärast rookimist, lõpuste ning vere eemaldamist hoolikalt puhtas merevees. Pestud kala mähitakse ühe-

kaupa märga pärgamentpaberisse ning asetatakse siis peenestatud jäässe. Sellise töötluse korral kala vastupidavus tõuseb ja teda võib kauem säilitada, kala kaubavälimus paraneb.

Kala kiire jahutamine merevees. Merekala jahutatakse kohe pärast püüki filtreeritud ja 0° C-ni või isegi −2° C-ni jahutatud tsirkuleerivas merevees. Neis tingimustes jahtub kala kiiresti ning praktiliselt ei sooldu.

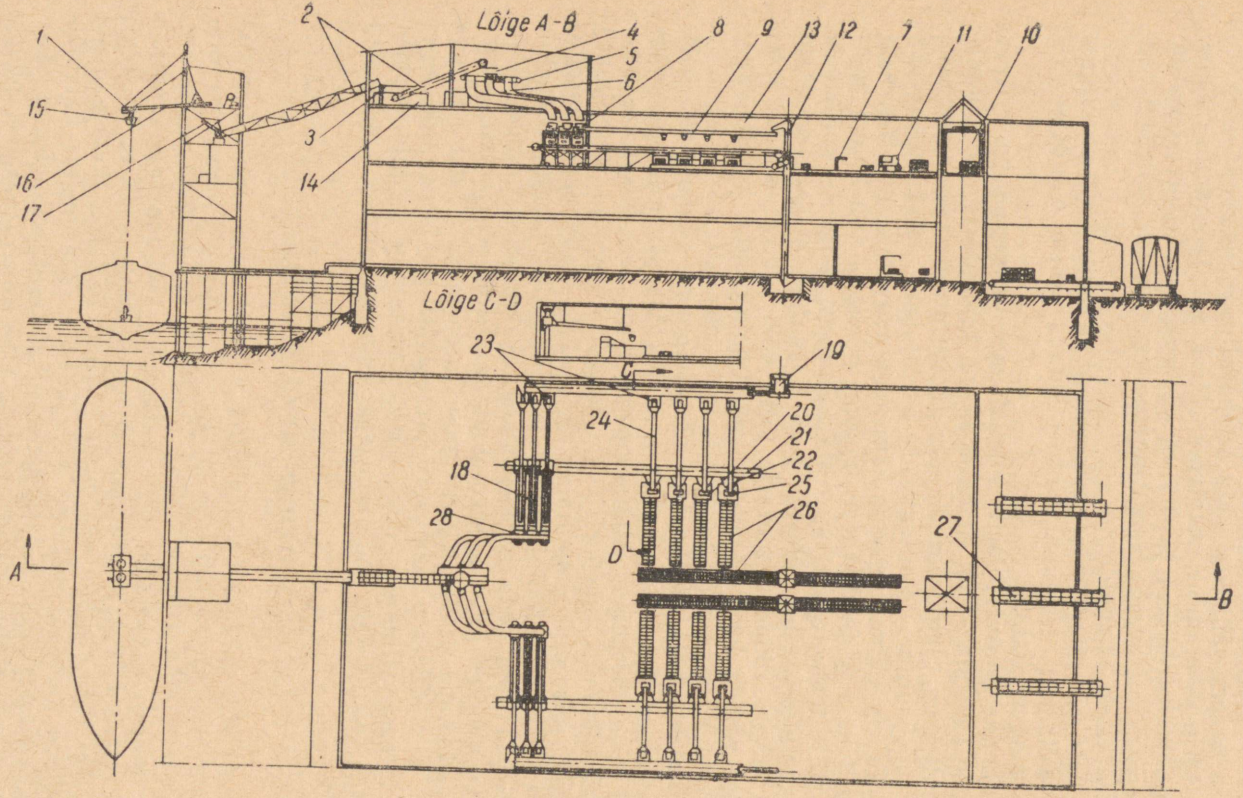
Merevett võib asendada spetsiaalselt valmistatud soolveega (NaCl vesilahus), sel juhul võib jahutada mitte ainult mere-, vaid ka mageveekalu.

Jahutamine hermeetiliselt suletud metallkonteinerites. Kala asetatakse tihedalt 50 kg mahutavusega tsinkplekist konteineritesse, millel on tüvipüramiidi kuju ja hermeetilisuse tagamiseks eriline hoobsulgur. Konteinerid asetatakse kalapüügilaevade trümmides või külmutushoone kambrites asuvatele metallist karkassriiulitele ning jahutatakse seejärel pihustite abil külma soolveega, mille temperatuur on −3° C. Soolvesi jahutab konteineri seinu uhtudes selles olevat kala. Jahutusprotsessi soodsate sanitaar-hügieeniliste tingimuste tõttu võib jahutatud kala konteinerites säilida kuni 30 päeva, muutmata mitte ainult välisilmet, vaid ka maitset, liha elastsust ja värvust.

Jahutatava kala töötlemine äädikhappega. Jahutatud kala vastupidavuse tõstmiseks katsetas A. P. Makašev eelneval jahutamisel kala töötlemist äädikhappega, kala pakkimisel taarasse aga ülepuistamist saepuru või peeneks lõigatud hundinuialehtedega, mis olid immutatud 9...10% äädikhappelahusega. Saepurus ja hundinuialehtedes sisalduv äädikhape aurustub pikkamööda ning seda sorbeerib kogu kalapind, eriti aga lõpused, mis omavad hästi arenenud pinda. Tungides kalasse pidurdab äädikhape mikroorganismide arenemist. Tuleb silmas pidada, et äädikhape soodustab proteolüütiliste fermentide tegevuse intensiivistumist, ent selle kasutamine minimaalsetes annustes rööbiti kala mõjutamisega külmaga annab positiivseid tulemusi.

KALA JAHUTAMISE MEHHANISEERIMINE

Kõigil neil juhtudel, kui püütud värsket kala võib toimetada tarbijani võrdlemisi lühikese ajaga (8...10 päevaga), on otstarbekohane kala jahutada ning mainitud aja jooksul selles olekus hoida. Iga aastaga, eriti kalapüügi kõrghooajal, suureneb värske püütud kala jahutamine. Otsustav tähtsus selles on jahutusprotsesside mehhaniseerimisel. Välja töötatud kalasaaduste jahutamise mehhaniseerimise skeemides ja suuremates kalatöötlemisettevõtetes ning kalalaevadel juba kasutusele võetud skeemides on arvestatud püügirajoonide iseärasusi (tooraine, püügitingimused, transpordivõimalused jne.). Järgnevalt on esitatud



Joon. 38. Kala jahutamise skeem:

1 — steelingi kelk koos kaalude ja lugejaga, *2* — linttransportöör, *3* — punker, *4* — sorteerimiskonveieri punker, *5* — kahelindiline sorteerimiskonveier, *6* — punkrid kaldrennidega, *7* — rulltee kaalud, *8* — punkrikaalud, *9* — jääpunker, *10* — lift, *11* — elektrilaadija, *12* — elevaator, *13* — kraaptransportöör jää jaoks, *14* — pesemismasin, *15* — toober, *16* — steelingi poom, *17* — kaldpõhjaga punker, *18* — kogumistransportöörid, *19* — jääpunkrid, *20* — voolikuga punker, *21* — linttransportöörid, *22* — punkrid, *23* — punker, *24* — transportöör, *25* — lauad, *26* — rullteed, *27* — plaattransportöör, *28* — punkrid.

kala mehhaniseeritud jahutamise skeemid põhja- ja lõunarajoonide jaoks.

Joonisel 38 on näidatud jahutatud kala tootmise skeem rannaettevõttes, mis on välja töötatud Murmanski rajooni jaoks. Murmanskis rakendati praktikas vaid üksikuid skeemis mainitud operatsioone.

Kala lossitakse püügilaeva — traaleri — trümmist steelingu abil, mille poomil ta kaalutakse automaatselt dünamomeetriliste kaaludega. Süsteemi lülitatud lugeja fikseerib toobri tõusude arvu.

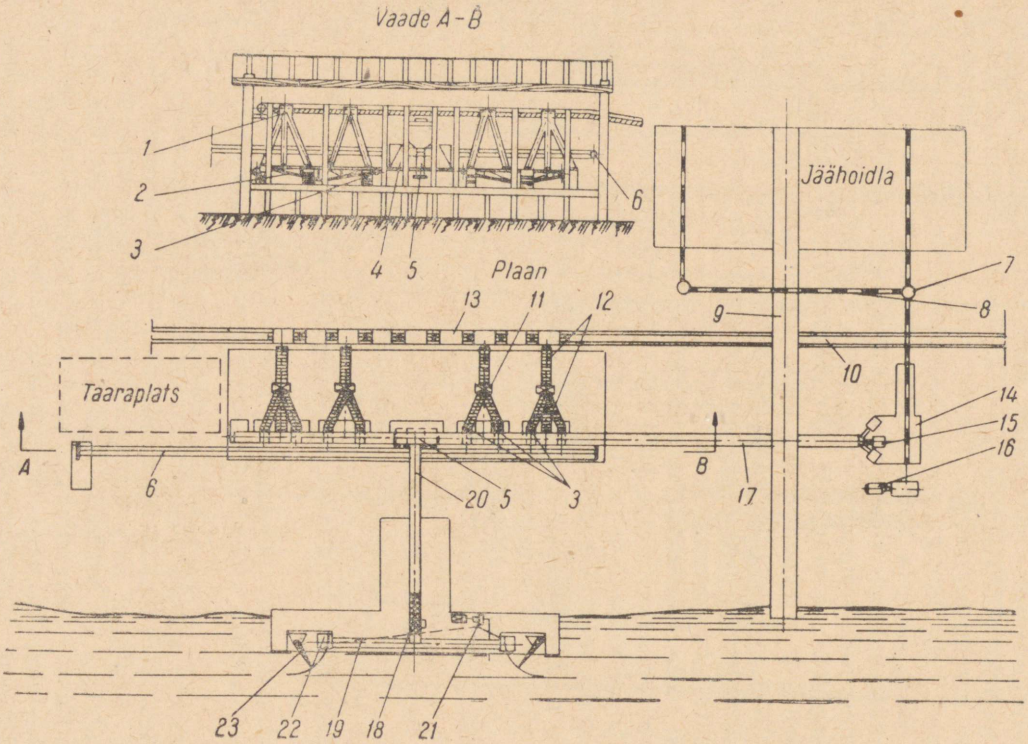
Steelingu tornis on punker koos kaldrenniga. Kala kallatakse toobrist punkrisse, kust see kaldrenni ja transportööri abil antakse pesemismasinasse. Pestud kala suunatakse linttransportööri abil kahe lindiga sorteerimiskonveierile, kus kala sorteeritakse sordi, liigi ja suuruse järgi. Sorteeritud kala kaalutakse kümnendikkaaludel standardannusteks ning saadetakse mööda kaldrenne nn. transportöörkogujasse (plaattransportöör, mille sektsioonideks on madalate servadega plaadid), kuhu kogutakse jahutamiseks ettevalmistatud kala. Järgmiseks mehhaniseeritud liini lüliks on pakkimistransportöör, mis asub pakkimistsehhis. Linttransportööri mööda saabub siia akumulaatoritest kala, taara ja peenestatud jää.

Igal töölisel on pakkimislaua juures punkerkaalud kala kaalumiseks enne kastidesse pakkimist. Kala kallatakse 50 . . . 60-kg annustena töölise ette lauale ja pakitakse käsitsi taarasse, puistates igale kalakihile peenestatud jääd.

Jää purustatakse jäätehases, kust peenjää toimetatakse veoautol väljaspool kalatehast asuvatesse toitepunkritesse. Nendest liigub jää kraaptransportööri ja elevaatori abil pakkimistsehhi punkrisse, siit edasi presendist jaotusvoolikute kaudu töölaudadele, s. o. kastidesse pakkimise kohta. Kala-jää segu taara veetakse tsehhi kärudega. Kala pakitakse kastidesse ja kaanetatakse käsitsi rullteel. Edasi kastid kaalutakse, markeeritakse ja virnastatakse elektritõstuki abil. Valmistoodang läheb liftiga alumisele korrusele ning laaditakse sealt transportööri abil isotermilisse vagunisse.

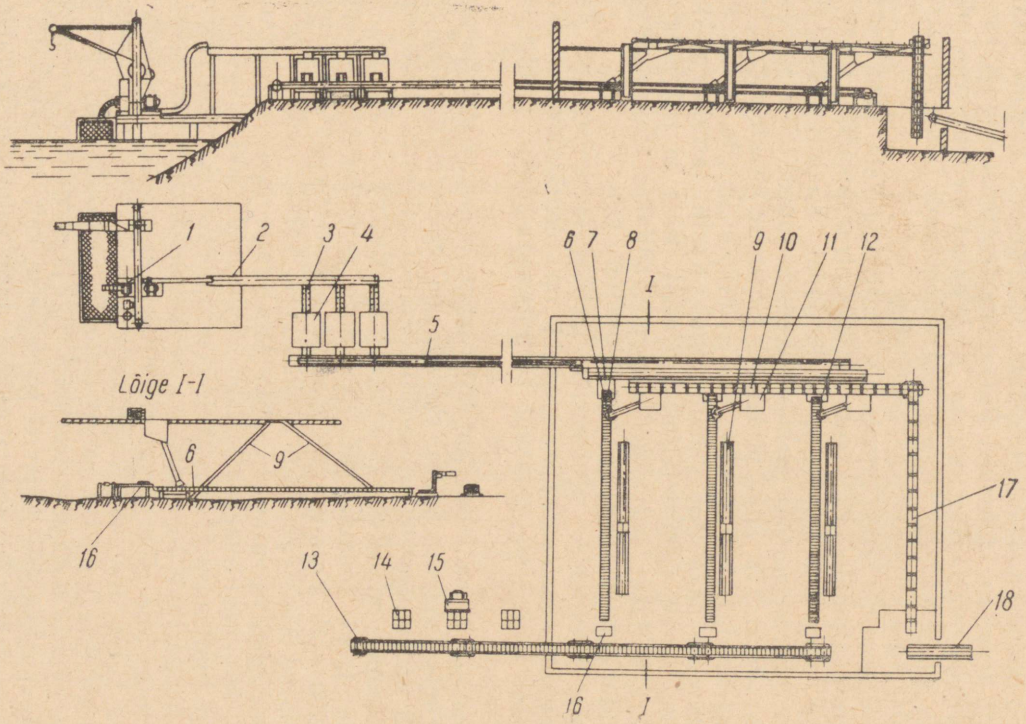
Kalasaaduste jahutamise mehhaniseerimist lõunarajoonide rannaettevõtetes iseloomustavad järgmised skeemid (joon. 39 ja 40).

Esimese skeemi järgi lossitakse toorkala sumpadest või kalapaatidest pöördkonsoolkraanade abil kõrvalasuvatele punkrikaaludele. Kaalutud kala transporditakse hüdrotransportööriga, kus teda ühtlasi ka pestakse, kaldvõrktransportöörile, kus kala nõrgub. Edasi sorteeritakse kala linttransportööril. Konveierilt eemaldatakse külmaga töötlemiseks kõlbmatud kalad, ülejäänud aga lähevad kogumispunkrisse ja edasi punkerkaaludele. Siin



Joon. 39. Jahutatud kalakaupade tootmise mehaniseerimine Gurjevi kalakombinaadis:

1 — purustatud jää punker, *2* — transportöörid, *3* — pakkimislaud, *4* — punkrikaalud, *5* — kalapunker, *6* — köistransportöör, *7* — pöördsild, *8* — kitsarööpmeline raudtee, *9* — jää laadimise estakaad, *10* — raudteetamm, *11* — kaanetamismasin, *12* — rulltee, *13* — vagunid, *14* — jääpurustamisplats, *15* — jääpurusti, *16* — elektrivints vagonettide vedamiseks, *17* — purustatud jää transportöör, *18* — võrktransportöör, *19* — hüdrotransportöör, *20* — sorteerimiskonveier, *21* — veepump, *22* — punkrikaalud, *23* — konsoolkraanad.



Joon. 40. Värske kala ja jää mehhaniseeritud pakkimine kastidesse lõunarajoonides.

1 — süvend purustatud jää jaoks, *2* — hüdrotransportöör, *3* — vee-eraldaja, *4* — punkrikaalud, *5* — linttransportöör, *6* — rulltee, *7* — pakkimislaud, *8* — kaalud, *9* — kaldtee kastide ja kaante allalaskmiseks, *10* — kraaptransportöör, *11* — jääpunker, *12* — voolik jää jaoks, *13* — plaattransportöör, *14* — kastivirnad, *15* — autolaadija, *16* — kaalud, *17* ja *18* — jäätransportöörid.

kala kaalutakse teatud portsjoniteks, mis transporditakse pakkimislaudadele. Pakkimislauad on mehhaniseerimisliini keskseks sõlmeks, kuhu tulevad kala, peenestatud jää ja taara.

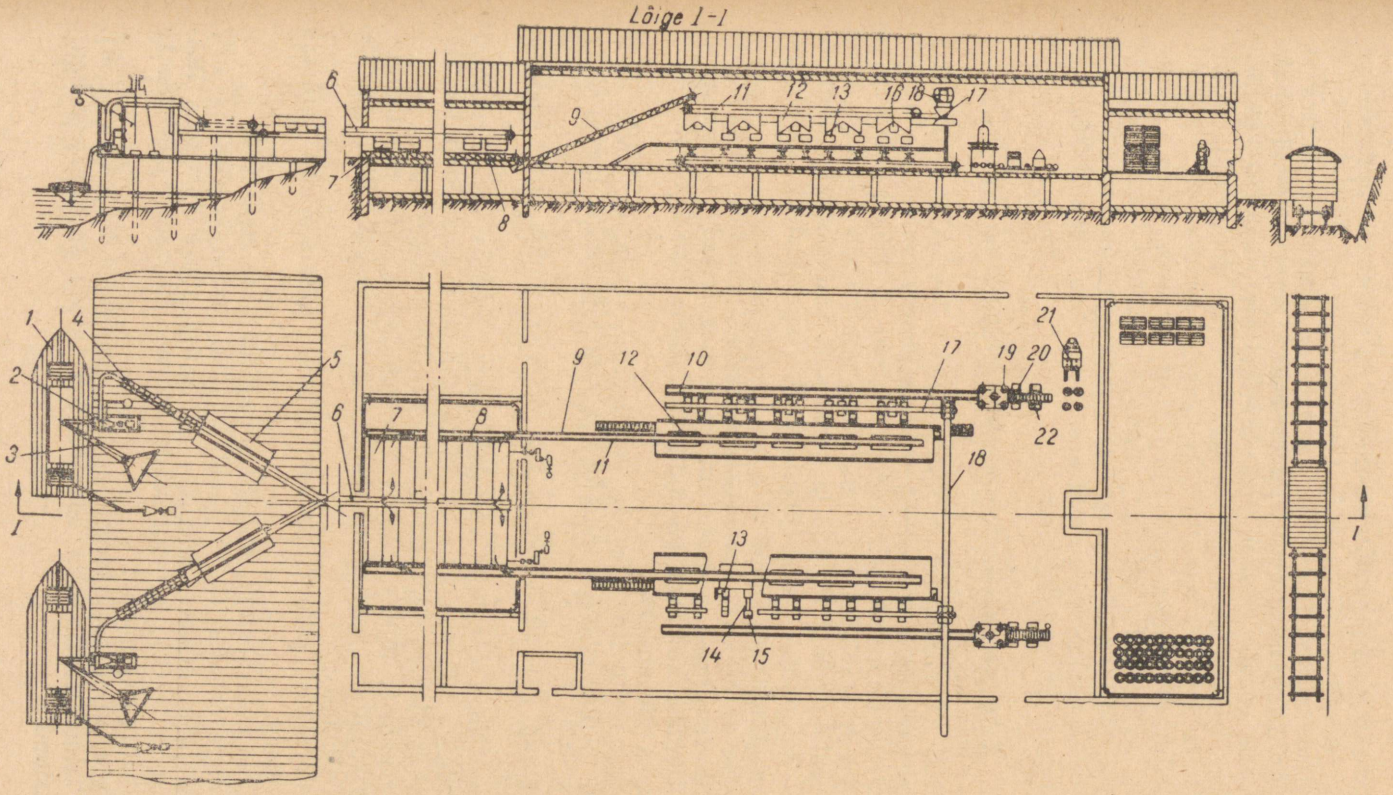
Jää (suurtes tükkides) transporditakse jäähoidlast jääpurustisse kitsaröövpmelistes vagonettides. Purustatud jää liigub linttransportööril jaotuspunkrisse ning siit kindlaksmääratud annustena mööda kaldrenni kuni pakkimislaudadeni.

Samasse suunduvad mööda köistransportööri ka kastid. Töölised laovad kala kastidesse ridade kaupa käsitsi ja raputavad iga kalakihi peale peenestatud jääd. Täidetud kastid suunatakse rullteed mööda pakkimismasinani, kus toimub kastide kaanetamine ja traadiga sidumine. Pärast markeerimist suunatakse kastid rullteed mööda vagunitesse. Kirjeldatud mehhaniseeritud liin, mis on projekteeritud Gurjevi kalakombinaadi jaoks, on arvestatud 80 t kala jahutamiseks vahetuses.

Teise skeemi järgi (joonis 40) lossitakse kala sumplaevadest tsentrifugaalpumba abil, antakse hüdrotransportööriga vee-eraldajasse ning kaalutakse punkerkaaludel. Kaalutud kala läheb mööda linttransportööri pakkimislaudade juurde. Siia tulevad ka jää ja taara. Jää antakse teisele korrusele monteeritud kraaptransportööriga kaldrennide või voolikute juurde, mille kaudu jää taarasse pakkimise kohani liigub. Kastid lastakse pakkimislaudade juurde samuti teiselt korruselt. Kala ja jääga täidetud kastid kaalutakse ja valmistoodang laaditakse transpordivahendeile plaattransportööride ja autolaadijate abil.

Kala jahutamise protsesside mehhaniseerimises on tehtud mõningaid edusamme, kuid siiski on olemasolevates skeemides veel terve rida tähtsaid tootmisoperatsioone mehhaniseerimata.

Joonisel 41 on kujutatud kala jahutamise kompleksse mehhaniseerimise skeem. Selles skeemis on ette nähtud põhimõttelt samad mehhaniseerimiselemendid, millest oli juttu juba eespool, kuid temas on siiski mõningaid huvitavaid iseärasusi. Selle skeemi järgi toimub kala lossimine sumplaevast kalapumba РБУ-200 abil. Kala-vee segu satub plaattransportöörile, mis on varustatud ääristega. Siin eraldub vesi kalast, vesi valgub läbi plaatidevaheliste pragude, kala läheb aga läbi jaotustransportööri kogumistransportööridele. Viimased kujutavad endast samuti linttransportööri, kuid on laiemad, kõrgete ääristega ning nende lindi liikumine on aeglasem. Kogumistransportöörid on monteeritud jahutatavas ruumis nii, et neil asetsev kala ümbritseva külma õhu mõjul aeglaselt jahtuks. Kogumistransportööridelt antakse kala linttransportööride süsteemi abil sorteerimisliinile, kust ta pärast sorteerimist liigi ja sordi järgi satub vastavatesse punkritesse. Seejärel kaalutakse kala lauakaaludel standardannusteks ning pakitakse. Nii nagu eelmiste skeemide juu-



Joon. 41. Kala jahutamise kompleksse mehhaniseerimise skeem:

1 — sumplaevad kalaga, *2* — kalapump, *3* — liikuvad kraanad, *4* — nõrutusplaattransportöörid, *5* — lintkonveieri kaalud, *6* — jagaja-linttransportöör, *7* — koguja-linttransportöör, *8* — linttransportöörid, *9* — kaldlinttransportöörid, *10* — plaattransportöörid täidetud kastide ja tünnide jaoks, *11* — sorteerimistransportöör, *12* — punkrid erisuguste kalaliikide ja -sortide jaoks, *13* — kaalupunkrid, *14* — pakkimispunkrid, *15* — vibraatorid, *16* — jääpunkrid, *17* — kraaptransportöörid jää jaoks, *18* — transportöör purustatud jää etteandmiseks, *19* — tünnide sulgemise press, *20* — naelutusmasin, *21* — autolaadija, *22* — traatimismasin.

reski laotakse kala ka siin kastidesse ja lisatakse peenestatud jääd.

Purustusmasinast tulev jää suunatakse kraap- ja linttransportööride süsteemi abil punkritesse, mis asuvad pakkimiskohtade peal. Skeemi on lülitatud vibraatorid, millele asetatakse kastid kala ja jääga täitmise momendil. Kasti sisu tiheneb ning seetõttu on taara kasutamine parem. Peale selle arvatakse, et tihedamalt asetsev kala jahtub paremini. Täidetud kastid liiguvad mööda rullteed ja köistransportööri kuni naelutus- ja traatimismasinateni. Pakitud kastid markeeritakse ja suunatakse lattu. Laost laaditakse valmistoodang raudteevagunitesse.

Kala jahutamise vooltootmise protsess laeval

VNIRO (Üleliiduline Kalatöötlemise Teaduslik Instituut) Astrahani osakonnas tehti 1954. a. katseid mehhaniseerida kilude jahutamist külmutuskalalaevadel. Katsed toimusid külmutuslaeval «Toros». Sellel laeval püüti kilu uue püügivahendiga, mis koosnes kalapumbast РБ-150 ja veealusest valgusallikast. Samuti kasutati äsjapüütud kilu jahutamiseks spetsiaalset soolveega kontaktse jahutamise aparaati.

Käesoleval ajal on heeringaliste (kilud, hamsad, tülkad jt.) väljapüük tunduvalt suurenenud ja nende kalade ratsionaalne hulgitöötlemine külmaga on muutunud meie kalatööstuse üheks tähtsamaks ülesandeks.

Külmutusseinerile «Toros» monteeriti seadmed, mille abil otsustati mehhaniseerida kilupüük ja kilu töötlemine laeval kohe pärast püüki:

kalapump РБ-150, võimsus 283 m³ vett tunnis, koos elektrimootoriga;

püünis koos veealuse valgusallikaga. Püünis on ühendatud kalapumbaga 100 m pikkuse vooliku abil, mis võimaldab 1500-W võimsusega elektrilampe sukeldada vajalikku sügavusse;

vee-eraldaja, milles toimub kilu-vee segust vee eraldamine;

lehtrikujuline vastuvõtupunker, kuhu tulevad kilu ja ka külm soolalahus;

kahetoruline jahutusaparaat kilude jahutamiseks külmas soolalahuses;

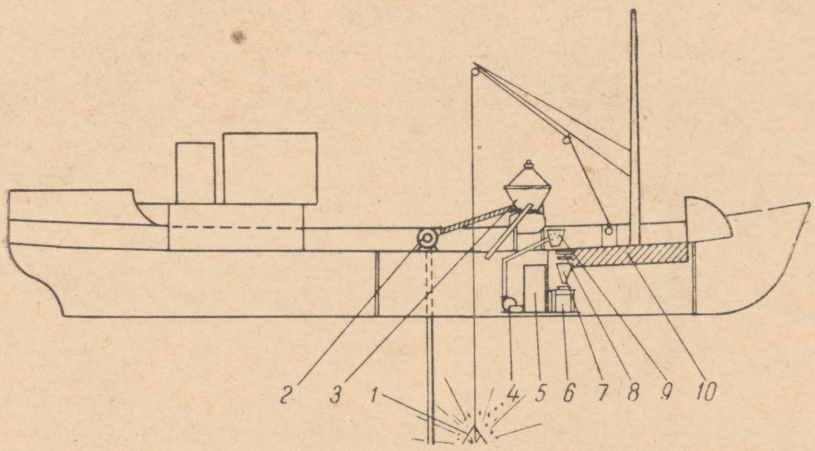
soolvee transportöör, millel kala eraldatakse soolveest;

külmageneraator (kaks paaki, kumbki mahutavusega 3,5 m³) merevee jahutamiseks (merevee soolasuse suurendamiseks lisatakse sinna NaCl), pihustusseade soolvee ühtlaseks jaotamiseks ja tsentrifugaalpumbad;

paagikujuline soolakontsentraator (mõõtmed 0,5×0,5×0,5 m), milles leiduv NaCl varu suurendab ringleva soolalahuse kontsentratsiooni;

kaldseintega metallist pakkimispunker, millel on põhjas luuk. Punkri all asub töölaud kastide jaoks, kuhu pannakse jahutatud kilu.

Kõik kala püügi ja töötlemise mehhaniseeritud liini põhiosad on skemaatiliselt kujutatud joonisel 42.



Joon. 42. Kalapüügi ja kalatöötlemise mehhaniseeritud liini põhiseadmete paigutuse skeem laeval:

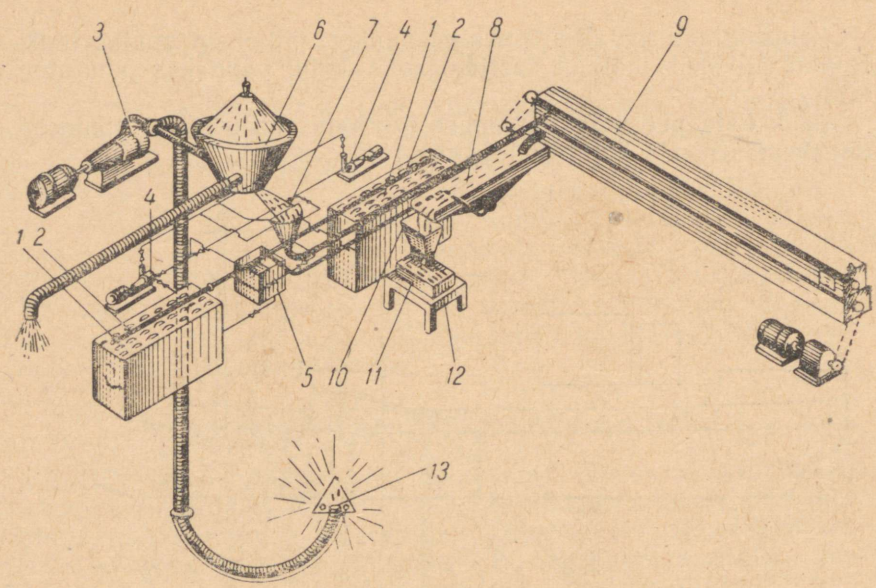
1 — püünis, *2* — kalapump, *3* — vee-eraldaja, *4* — tsentrifugaalpump, *5* — külmageneraator, *6* — pakkimislaud, *7* — pakkimismasin, *8* — nõrutustransportöör, *9* — vastuvõtupunker, *10* — jahutusaparaat.

Kilu meelitatakse ligi valgusega ja imatakse koos mereveega kalapumba abil laeva. Laeva tekil olevast vee-eraldajast satub kilu vastuvõtupunkrisse, mis asub trümmis. Üheaegselt kiluga saabub vastuvõtupunkrisse külmageneraatorist spetsiaalse toru kaudu külm soolalahus. Kilu koos külma lahusega läheb jahutusaparaati, mille ehitust kirjeldatakse hiljem. Kiiresti jahtunud kilu koos soojenenud soolveega kallatakse jahutusaparaadist transportöörilindile. Siin eraldatakse soolvesi kalast ja suunatakse tagasi külmageneraatorisse, kilu aga — pakkimispunkrisse. Punkri põhjas asuva luugi kaudu laaditakse kilu kastidesse, kastid kaanetatakse ja paigutatakse virnadesse laeva jahutatavas trümmis.

Kilu püügi ja töötlemise kompleksse mehhaniseeritud skeemi katsetamine 1954. a. püügihooajal näitas selle suuri eeliseid.

Katsed näitasid, et niisuguse vooluliini puhul suureneb kilu väljapüügi intensiivsus, tõuseb tööviljakus ning töödeldud kilu on hea kvaliteediga. Sellest kilust võib valmistada nii konserve tomatis kui ka suitsutatud-külmutatud ja karbi-vürtsikilu.

Kilu püügi ja jahutamise vooluliini põhimõtteline skeem on kujutatud joonisel 43.



Joon. 43. Kilupüügi ja kilu jahutamise mehhaniseerimise skeem:
1 — külmageneraator, *2* — pihustusseade, *3* — kalapump, *4* — tsentrifugaalpump, *5* — soolakontsentraator, *6* — vee-eraldaja, *7* — vastuvõtupunker, *8* — nõrutustransportöör, *9* — jahutusseade, *10* — pakkimisseade, *11* — kast kiludega, *12* — pakkimislaud, *13* — püünis.

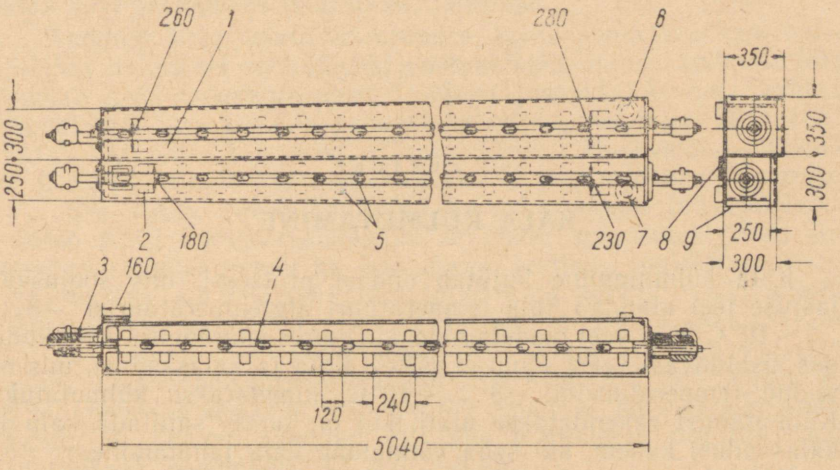
Jahutusaparaat kujutab endast kahetorulist soojusvahendajat. Torud, mis on 5 m pikad ja täisnurkse läbilõikega (mõõtmed 35×35 cm) asuvad teineteise peal ning on omavahel ühendatud ühes otsas asuva ava (20×15 cm) kaudu. Mõlema toru sees on võll, mis pöörleb kiirusega 60...80 pööret minutis. Võllile on kinnitatud labad, mis asetsevad üksteise suhtes perpendikulaarsete tasapindadena.

Jahutusaparaati ühendab vastuvõtupunkriga 150 mm läbimõõduga toru, mida mööda kilu ja külma soolvee segu (vahekorras 1:10) tuleb jahutusaparaadi ülemisse torusse. Kilu liigub aparaadis soolvees, mille taseme kõrgus on 15...20 cm. Võlli pöörlemisel segavad labad kala ja soolvett, see intensiivistab soojusevahetust ning kala jahtub temperatuurilt 20° C kuni −2° C-ni. Kala väljub jahutusaparaadist puhtana, harali uimedega, mehaaniliste vigastusteta ning tal on kõva konsistents.

Katsed näitasid, et kui kilu jahutada temperatuurini alla 0° C, siis tema säilivus mõnevõrra pikeneb. Näiteks elusa kilu jahutamisel 5 minuti jooksul kuni 0° C-ni ning selle hoidmisel 0° C temperatuuril leiti 2 ööpäeva pärast katkise kõhuga kilusid umbes 39%. Kui aga kilu jahutati kuni −2° C, siis leiti sama kogus katkise kõhuga kilusid alles pärast 4 ööpäevast säilitamist 0° C juu-

res. Kuna kilu jahutatakse soolvees kontaktmenetlusel, siis ta teatud määral sooldub, kuid soolsus ei ületa 1 . . . 1,5%.

Niisugune aparaat võib jahutada 6 tunni jooksul 15 tsentnerit kala. Aparaadi ehitus ja mõõtmed on toodud joonisel 44.



Joon. 44. Jahutusaparaat:

1 — ülemine toru, *2* — alumine toru, *3* — rull-laager tihendiga, *4* — õõnes võll, *5* — segamislabidad, *6* ja *7* — stutsid, *8* — vaatlusaken, *9* — kork ja ava soolvee väljalaskmiseks.

Jahutatud kilu väljub aparaadist koos soolveega alumise toru otsas oleva ava kaudu.

Trümmi paigutatud külmageneraatorid on ühendatud ühelt poolt soolvee eraldamise transportööriga, teiselt poolt vastuvõtupunkriga. Külmageneraatorite paakide kohale on monteeritud torusüsteem, mille kaudu soojenenud soolvesi, mis tuleb soolvett eraldava transportööri paagist, voolab tagasi külmageneraatorisse, kus ta uuesti jahutatakse −2 . . . −3° C-ni. Selleks laaditakse külmageneraatori paakidesse peenestatud jääd kastidest (kast nr. 3), mis täideti jääga enne laeva väljumist reisile. Iga paak mahutab ligemale 2 t jääd. Jää alt vabanenud kaste kasutatakse jahutatud kala pakkimiseks. Paagi alumises osas on ava tsentrifugaalpumba imikollektori (tootlikkus 240 l/min) ühendamiseks. Külmageneraatoris −3° C-ni jahutatud soolvesi pumbatakse tsentrifugaalpumbaga vastuvõtupunkrisse. Jääkulu 1 tsentneri kilu kohta on 1 tsentner, samal ajal kui samasuguse hulga kilu jahutamiseks harilikul viisil (kala pakkimine tekil kasti purustatud jää lisamisega) kulub 2,5 tsentnerit jääd.

Laeva masinaruumi on üles seatud freoonkülmutusmasin. Trümmi jahutamiseks kasutatakse lae- ja seinapatareisid, kus ringleb külm soolvesi.

V PEATÜKK

KALA KÜLMUTAMINE

Kala külmutamine kujutab endast protsessi, mis soojusvaljastuse teel alandab kala temperatuuri algtemperatuurist −8... ... −10° C-ni ja veel madalamale, kusjuures suurem osa kala kudedes sisalduvast veest muutub jääks. Kala ja kalasaadusi, mis on viidud temperatuurini −8... −10° C, nimetatakse külmutatuks. Külmutamist rakendatakse alati, kui on tarvis säilitada kalu ja kalasaadusi kauem, kui seda võimaldab kala jahutamine.

Külmutusprotsessis pidurdub mikroorganismide elutegevus ja produkti füüsikalis-keemilised omadused muutuvad soovitud suunas, mida on vaja kala kvaliteedi säilitamiseks tema pikemaaegsel hoidmisel.

Praktikas kasutatakse mõnikord külmutamise ja jahutamise vahepealset protsessi, mille puhul kala temperatuuri alandatakse vaid −3... −4° C-ni. Seda kala mittetäielikku külmutamist nimetatakse nõrkkülmutamiseks ja vastavalt töödeldud kala — nõrkkülmutatud kalaks.

Nõrkkülmutatud kala talub pikemat säilitamis- ja transportimisaega kui jahutatud kala. Külmutatud kala erineb nõrkkülmutatud kalast ja veelgi rohkem jahutatud kalast oma kõvaduse poolest, kuna temperatuuril −8... −10° C külmub 76... 80% kala koeniiskusest. Nõrkkülmutatud kala ei ole nii kõva kui külmutatud kala, kuid siiski on üsna raske teda kätega painutada.

Külmutamisele suunatakse liigi ja suuruse järgi sorteeritud kalad. Toorkala kvaliteet peab vastama tehniliste tingimuste nõuetele ja see määratakse kindlaks nii organoleptiliste kui ka laboratoorse analüüsi keemilis-bakterioloogiliste näitajate järgi.

Nõrkkülmutusprotsessis, mis harilikult teostub kas külmas soolalahuses või jää-soola segus, toimuvad kalas olulised muutused. Ühtesid neist käsitleme kohe, teisi aga vaatleme edaspidi kala külmutamise kirjeldamisel.

Olulisemaid muutusi kalas külmutamisel ja säilitamisel on tema kaalu muutumine.

Soolalahuses nõrkkülmutatud kala hoidmisel jääs kaob ta pinnalt lima, et aga uue lima eritumist ei järgne, siis kala pind taheneb; pärast mõnepäevast hoidmist kala välimus halveneb, kala pind ja lõpused muutuvad tumedaks.

Andmed kala kaalu muutumise kohta tema transportimisel ja jääs hoidmisel on küllaltki vastukäivad: ühtede andmete järgi kaotab kala transportimisel 7 päeva jooksul 5% oma kaalust, samal ajal aga koha ja sasaani katselisel vedamisel jääs (50% kala kaalust) Rostovist Doni ääres Moskvasse täheldas I. I. Korotkin kala kaalu suurenemist 10 päeva jooksul keskmiselt 7...8% võrra. Nõrkkülmutatud kala kaalukadu jääs hoidmisel sõltub NaCl kontsentratsioonist soolvees; kontsentratsiooni suurendamisega suureneb ka kaalukadu. Näiteks soolalahuses temperatuuriga −4,5° C nõrkkülmutatud kala kaotas 6 päeva möödumisel oma kaalust 3...4%, jääs jahutatud kala kaal suurenes 1...2% võrra. Kala jahutamisel 13° C temperatuuriga vees suurenes lihaskudede tursumise tõttu kala kaal 60 tunni jooksul ligi 9%. Umbes 7 ööpäeva möödumisel omandas kala jällegi endise kaalu. A. Hitrovi andmeil oli jääs hoidmisest tingitud kaalu juurdekasv peegelkarpidel 2,5...3,4%.

Sageli nõrkkülmutatakse kalu enne soolamist basseinides soolalahuse või peenestatud jää abil. Basseini kallatakse 20... ...30 cm kõrguseni küllastatud soolalahust ja jahutatakse seda peenestatud puhta jääga. Seejärel pannakse kala basseini sellise arvestusega, et soolalahuse tase oleks kalakihi ülemisest piirist madalamal. Järgnevalt asetatakse kalu kihikaupa ja iga kiht kaetakse jää-soola seguga. Kalakihi paksus ei tohi ületada 6... ...7 cm.

Pealmine kalakiht kaetakse umbes 20 cm paksuselt jää-soola seguga. Kui kala algtemperatuur on +15° C, kulub nõrkkülmutamiseks jääd 50% kala kaalust, soolakulu moodustab 10...16% jää kaalust. Heeringa nõrkkülmutamiseks kulub jääd kuni 75% kala kaalust ja soola kuni 25% jää kaalust.

Kala hoitakse jää-soola segus kuni 48 tundi ja suunatakse pärast seda soolamisele. Kui aga mõningatel põhjustel ei ole pärast 48 tunni möödumist võimalik basseine tühjendada, siis tuleb jääannust suurendada kuni 100%-ni kala kaalust ja soola kuni 30%-ni jää kaalust. Jää sulamisest tekkinud soolvesi pumbatakse välja, sest kala ei tohi niisuguses soolvees hoida.

Kala võib nõrkkülmutada ka külmutusseadmetes, millede ehitust ja tegevust on käsitletud külmutusprotsessi kirjeldamise juures.

Külmutatakse ainult elusat ja värsket kala. Kala, mis on kohale toodud jää ja keedusoola segus ja mille soolsus on üle 1,5%, ei tohi külmutada. Tervet või roogitud kala külmutatakse jahutavas keskkonnas, näit. jää-soola segus, külmas õhus või

vedelikes, mis miinustemperatuuril ei külmu. Kaasaegsetes seadmetes ja agregaatides kulgeb külmutusprotsess suure kiirusega ning lõpptemperatuur külmutatud kalas viiakse −18° ... −20° C-ni ja isegi madalamale. Niisugune külmutusrežiim põhjustab kalasaaduste esialgsetes omadustes ainult minimaalseid muutusi ja kindlustab protsessi maksimaalse pöörduvuse.

Külmutatud kala kvaliteet sõltub peamiselt toorkala kvaliteedist, külmutamise kiirusest ja viisist ning säilitamistingimustest. Seega põhilisemateks küsimusteks kala külmutamise tehnoloogias on:

bioloogilised, füüsikalised ja keemilised muutused, mis külmutamisel toimuvad kala struktuuris;

külmutusrežiim (kiirus, kestus) ja külmutatud kala lõpptemperatuur;

külmakulu;

kala külmutamise viisid ja nende iseärasused.

KÜLMUTAMISEL KALAS TEKKIVAD MUUTUSED

Kala külmutamisel alaneb tema temperatuur 10 ... 20° C võrra alla 0° C. See lang on tunduvalt suurem kui kala jahutamise puhul. Peale selle muutub miinustemperatuuri juures kalas kui suure niiskusesisaldusega produktis lahusti agregaatolek, nimelt suur osa sellest kristalliseerub.

Nende külmutusprotsessis ilmnevate ja seda iseloomustavate iseärasustega on seotud olulised bioloogilised, keemilised ja füüsikalised muutused kalas. Need muutused mõjuvad toiduaine esialgse koostise ja omaduste säilitamisele erinevalt. Kalasaaduste esialgsete toidu- ja maitseomaduste ning nende kõrge kvaliteedi säilitamiseks on tarvis tunda mitte ainult nende muutuste iseloomu, vaid ka osata neid vajalikult reguleerida.

Külmutusprotsessis tuleb stimuleerida soodsaid tegureid ning ennetada või nõrgendada ebasoodsate tegurite toimet. Tingimusi ja režiimi, mille juures saavutatakse kala külmutamise protsessi maksimaalne pöörduvus, nimetatakse optimaalseiks. Külmutusprotsessi optimaalsete tingimuste kindlaksmääramine ongi kala külmutamise tehnoloogia tähtsaimaks ülesandeks.

Külmutusprotsessis tekkivad bioloogilised muutused pidurdavad kala sees ja pinnal asetsevate mikroorganismide elutegevust ning koguni vähendavad bakterite hulka kala pinnal kohe pärast külmutamist, võrreldes nende hulgaga enne külmutamist. Seega on külmutamine jahutamisest efektiivsem menetlus ja külmutatud kala säilib kauemat aega.

Järk-järgulisel ja aeglasel temperatuuri alanemisel külma toime mikroorganismidele nõrgeneb, nad säilivad paremini ja neid on aeglaselt külmutatud saadustes rohkem kui kiiresti külmutatutes.

Mikroorganismid hävivad madalal temperatuuril mitte ainult ainevahetuse rikkumise tagajärjel (mittevajalike ja mürgiste ainete kogumine, mis normaalsete tingimuste muutumisel ei hapendu, protoplasma difusiooniomaduste muutumine jne.), vaid ka rakkude mehhaanilise purustamise tõttu jää tekkimisel.

Keemilised reaktsioonid aeglustuvad madalal temperatuuril. See seaduspärasus kehtib ka kala külmutamise protsessi suhtes, kuigi isegi neis tingimustes toimuvad kalas keemilised muutused. Nagu eespool mainitud, kuulub protoplasma koostisse rida keemilisi elemente:

O, C, H, N, S, P, Fe, K, Na, Ca, Mg, Cl.

Koemahl on mineraalsoolade, peamiselt dikaaliumfosfaadi (K_2HPO_4) ja valkude nõrk lahus ning kujutab endast kolloidsüsteemi. Kolloidsete lahuste külmumise iseloom erineb molekulaarsete soolalahuste külmumisest. Puhas soolalahus laguneb külmumisel kaheks faasiks: soolaks ja veeks, kusjuures sool uuesti sulab vees ning tekib taas esialgne lahus. Seega on soolalahuse külmumisprotsess täiesti pöörduv. Kolloidsetest lahustest on ainult mõnedel, näiteks želatiini või liimi vesilahustel see omadus. Enamikku valkude lahuseid iseloomustab külmutusprotsesside mittetäielik pöörduvus.

Kolloidsetes lahustes on lahustis (vees) leiduvad aineosakesed palju suuremad kui molekulaarsetes soolalahustes. Protoplasma koostisse kuuluvad valgud paistavad silma oma molekulide keeruka struktuuri ja suure molekulkaalu poolest. Lahustatavate valkude osakesed kalduvad raskustungi mõjul eralduma lahustist, püüdes sadestuda, kuid stabiilsetes kolloidsetes lahustes see tendents paralüseeritakse tõukejõudude poolt, mis avalduvad ühenimelise elektrilaenguga aineosakeste lähenemisel üksteisele. Kui lahusesse lisada elektrolüüti, rikub see lahuse pöörduvuse, mis on seletatav üksikute osakeste ümberlaadimisega. Näiteks valgu lahus vees kalgendub, kui sinna lisada soola. Kuna kudedes on peale kolloidsete ainete ka soolasid, siis ei ole võimalik saavutada valkainete täielikku pöörduvust.

Kala külmutamisel eraldub külmuvast lahusest mage jää ja soolakontsentratsiooni tõusu tõttu alaneb pidevalt ülejäänud lahuse külmumistemperatuur. Sellega seoses kasvab soolade koagulatsiooni toime kolloididele. Siit selgub, millist suurt mõju avaldab protsessi pöörduvusele kolloidsest rakumahlast väljakülmunud vee hulk. Viimane aga sõltub temperatuurist, milleni on viidud kolloidlahus. Väljakülmunud vee hulka võib arvutada Tšižovi valemi järgi:

$$\omega = \frac{A}{1 + \frac{B}{\lg t_{ir}}},$$

kus ω — väljakülmunud vee hulk temperatuuril t_r,
A ja B — koefitsiendid kala jaoks: $A = 110{,}5$ ja $B = 0{,}31$,
t_r — rakumahla temperatuur.

L. Riideli eksperimentaalsed andmed ω sõltuvuse kohta temperatuurist t_r 80,3% niiskusesisaldusega tursa puhul on toodud tabelis 20.

Tabel 20

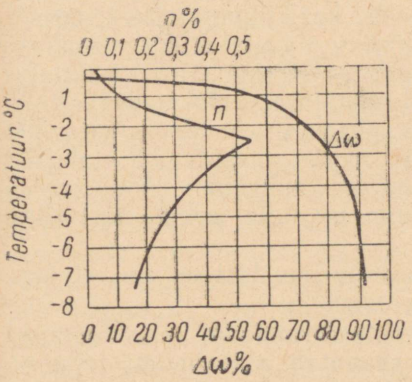
Temperatuur °C	Kalas sisalduvast veest väljakülmunud niiskusehulk ω %	Temperatuur °C	Kalas sisalduvast veest väljakülmunud niiskusehulk ω %
0	0,0	−16	87,8
− 1	8,0	−18	88,4
− 2	52,4	−20	89,0
− 3	66,5	−22	89,4
− 4	73,0	−24	89,8
− 5	76,7	−26	90,0
− 6	79,2	−28	90,2
− 7	81,1	−30	90,3
− 8	82,4	−32	90,4
− 9	83,4	−34	90,4
−10	84,3	−36	90,5
−12	85,8	−38	90,5
−14	86,9	−40	90,5

Enamik kalas sisalduvat vett on vaba, väiksem osa kolloidselt seotud.

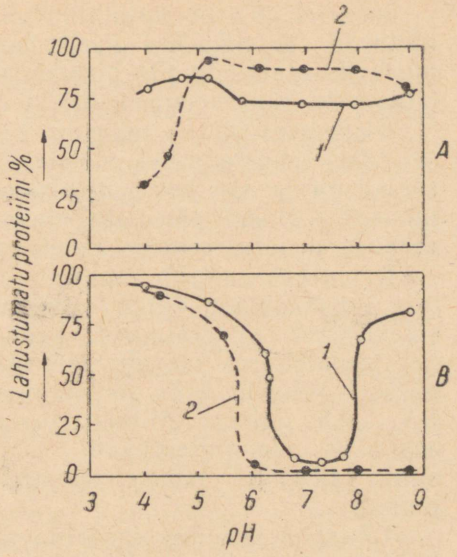
Kuni käesoleva ajani ei ole veel suudetud täpselt kindlaks määrata, kui palju on loomsetes toiduainetes seotud vett. Ühtede uuringute järgi hinnatakse seda hulka ligikaudu 6...2% piires kogu niiskuse hulgast tootes; teiste järgi on see hulk 0,4 g 1 grammi kuivaine kohta; kolmandate järgi 1...1,5 cm^3 1 grammi substraadi kohta (andmed võetud V. Sadikovilt ja J. Haletskajalt). Prof. M. I. Turpajevi andmete järgi on seotud vee hulk kalas ainult 4% kalas sisalduvast niiskusest. Praktilistes külmutustingimustes seotud vesi kala kudedes ei külmu, kuna isegi −40° C juures jääb kala lihaskoes külmumata 8—10% vett.

Nagu eespool märgitud, toimub külmutatavas kalas glükogeeni lagunemine ja piimhappe moodustumine. Selle protsessi efektiivsus sõltub temperatuurirežiimist. Temperatuurivahemikus −2,5...−3,7° C, mida nimetatakse kriitiliseks, on piimhappe kogunemine kalalihas maksimaalne.

Aeglasel külmutamisel, s. o. suhteliselt kõrge temperatuuri juures laguneb glükogeen kiiresti. Joonisel 45 on näidatud loomsetes kudedes piimhappe tekkimise sõltuvus külmutustemperatuu-



Joon. 45. Piimhappe moodustamist ja vee jäätumist iseloomustavad kõverad.



Joon. 46. pH mõju denatureerimisele.

a — suspenseeritud müosiinigeeli denatureerimisele, *b* — müosiini (5-% soolalahuses) denatureerimisele: *1* — lahustuvus neutraalses 5-% naatriumkloriidilahuses pärast külmutamist erisuguste pH väärtuste puhul, *2* — proteiini lahustuvus enne külmumist samade pH väärtuste puhul.

rist. Kõver *n* iseloomustab kudede piimhappe sisalduse muutumist, kõver Δω aga kudedes tekkivat jäähulka. Jooniselt 45 näeme, et −2,5° C juures tekib maksimaalne hulk piimhapet ja üle 75% koemahlast jäätub.

Külmunud kala kehas laguneb peale glükogeeni veel fosfogeen ja koguneb kreatiini ning fosforhapet. Selle protsessi maksimumi täheldatakse temperatuurivahemikus −2,2 . . . −2,5° C. Eriti tähtsat osa kala külmutamisel kudedes tekkivate muutuste selgitamisel etendavad lihasplasma valgu — müosiini omadused.

Valgu denatureerimise uurimiseks külmutati eraldatud müosiini fraktsioone, kusjuures denatureerimise kriteeriumiks võeti müosiinide lahustuvuse langus 5% soolalahuses. Katse näitas, et külmutamine kutsub esile intensiivse denatureerimise juhul, kui valgud on NaCl lahuses geeli, mitte sooli kujul. Seega valgu füüsikaline seisukord või soola kontsentratsioon võivad olla denatureerimisastme teguriteks. Denatureerimise aste sõltub külmutuskiirusest. Kiirkülmutamisel toimub väiksem denatureerimine kui aeglasel külmutamisel. Vesinikuioonide kontsentratsiooni muutus mõjutab denatureerimist. See sõltuvus on näidatud joonisel 46.

Joonisel 46 *a* on kujutatud valkude lahustuvuse kõverad, mis näitavad, et müosiini geeli denatureerimine suspensioonis on püsiv kasutatavate pH piirväärtuste suhtes, välja arvatud üsna tähtsusetu suurenemine isoelektrilises punktis (pH=5,2).

Dispersses olekus müosiini külmutamisel harilikus soolalahuses tema lahustuvus ei vähene. Ainult kui NaCl asendada teiste sooladega ja kui kontsentratsiooni piirväärtus on suur või kui lahused jäetakse pikemaks ajaks külmunud olekusse, siis täheldatakse denatureerimise mõningat efekti.

Denatureerimine toimub ainult siis, kui külmutamise temperatuur on madalam valgu lahustamiseks kasutatava soolalahuse eutektilisest temperatuurist. Veidi alla eutektilist punkti külmutatud soolalahuses märgiti müosiini denatureerimist mõne päeva pärast. Müosiin 5-% soolalahuses peaaegu ei denatureeru pH 6,5...7,8 piires. Mitmesuguseid ioone sisaldavad lahused enamikus denatureeruvad, kusjuures müosiin denatureerub ainult siis, kui lahuse temperatuur on alla soola eutektilist punkti.

Tähtsaim järeldus vaadeldavatest uurimustest on see, et kiirkülmutamine vähendab denatureerumist.

Vaatlused näitasid, et soolade kontsentratsiooni suurendamisel müosiini lahustuvus suureneb ja saavutab maksimumi lahuses, mis külmub −2...−3° C juures. Pärast seda müosiini lahustuvus uuesti väheneb. Müosiini selle omadusega seletatakse ka fakti, et enamik koemuutusi kulgeb suurima kiirusega temperatuuril −2...−3° C. Siia kuulub glükogeeni muutumine piimhappeks, fosfogeeni lagunemine kreatiiniks ja anorgaanilisteks fosfaatideks.

Vastavalt kala külmumisele suureneb soola kontsentratsioon vedelas kolloidses müosiini-koelahuses. Koemahlades lahustuvad soolad mõjuvad ebasoodsalt valkudele, vähendades nende lahustuvust ja paisumisvõimet. Sellel valgu denatureerumise protsessil on väga suur tähtsus kala külmutamise tehnoloogias. Kõige kiiremini denatureeruvad valgud temperatuurivahemikus −2... ...−5° C, kusjuures protsessi maksimum on −2,5° C juures. Veel madalamal temperatuuril denatureerumine aeglustub tugevasti ja peaaegu lakkab −20° C juures.

Vaatlused näitasid, et kui hiidlesta hoida 70 päeva temperatuuril −2° C, siis denatureerub 24% valkudest, 84 päeva jooksul −20° C juures denatureerub ainult 3%. Denatureerumisprotsessi maksimumi −2,5° C juures võib seletada sellega, et ühelt poolt denatureerumise kiirus kasvab temperatuuril alla nulli dehüdratatsiooni tagajärjel ja seoses soolade kontsentratsiooni suurenemisega rakuvedeliku mittekülmunud osas; teiselt poolt — denatureerumine, nagu kõik keemilised protsessid, temperatuuri langemisel aeglustub.

Kala külmutamist iseloomustavad ka füüsikalised muutused. Kõige iseloomustavamateks on neist substraadi vedeliku kristalliseerumine ja paljudel juhtudel produkti kaalu muutus (kuivamine). Nii nagu kala sooldumine on omane ainult külmas soolvees külmutamisele, nii on ka kala kuivamine omane ainult neile külmutusviisidele, kus kala puutub kokku liikuva külma õhuga, mis võtab ära osa temas olevast niiskusest. Nii üht kui ka teist nähtu vaadeldakse edaspidi külmutusviiside ja külmutatud kala säilitamise käsitlemisel.

Jääkristallide teke on kala külmutamise protsessi põhinähte ja sellepärast käsitletakse seda allpool põhjalikumalt. Kristalliseerumine algab kala temperatuuri langemisel alla koemahlade külmumispunkti. Kala kudedes sisalduv vesi paisub külmutamisel oma esialgse mahuga võrreldes 9...10%, mille tõttu lihaskiud laienevad. Lihaskoes tekib seejuures rakusisese rõhu muutus, kuid rakuseinad on küllaltki vastupidavad ja taluvad survet tavaliselt ilma eriliste kahjustusteta. Koevedeliku agregaatoleku muutumisega külmutamisel produkt kõvastub. Kõvadusaste sõltub külmunud vee hulgast ning see hulk omakorda temperatuurist.

Külmutamisel muutub ka kala värvus. Värvuse muutust seletatakse kahe põhjusega. Esimeseks põhjuseks on hemoglobiini lagunemine, kusjuures see tungib lihaskudet ümbritsevasse vereplasmasse. Sel põhjusel toimunud värvuse muutus on eriti märgatav selgroo läheduses, kus asuvad suured arterid. Teine põhjus on optiline efekt, kuna igasuguse suuruse ja kujuga kristallidel on omadus murda valguskiiri. Kala värvus muutub ka sõltuvalt külmutusprotsessi kiirusest. Kiire külmutusviisi korral on kala värvus kahvatu, kollaka varjundiga, aeglasel külmutamisel tekib tumepunane värvus.

Kõik kala külmutamisel tekkivad muudatused — bioloogilised, keemilised, füüsikalised ja histoloogilised — osutavad mitte ainult kristalliseerumise olemuse väljaselgitamise erilisele tähtsusele, vaid ka kala külmutamise protsessi kindla režiimi olulisusele.

Vedeliku jahutamisega ja tema temperatuuri alandamisega saavutatakse kristalliseerumistemperatuur, mille juures vedel faas võib olla tasakaalus kristallilisega. Et toimuks üleminek vedelast olekust kristallilisse, on vaja rikkuda seda tasakaalu, s. o. alandada vedeliku temperatuuri veidi madalamaks kristalliseerumistemperatuurist või, teiste sõnadega, esile kutsuda vedeliku ülejahtumine.

Ülejahtumise juures algab ja areneb agregaatoleku muutumise protsess — vedeliku kristalliseerumine. Kuidas ja missuguste tingimuste juures tekivad kristallide alged? Kuidas areneb kristalliseerumisprotsess? Kristalliseerumisteooria ei anna nen-

dele küsimustele veel lõplikku vastust. Paljud teadlased on juba ammu tegelnud ja tegelevad praegugi veel kristallide tekke, kristallide algete tekkimise algstaadiumi uurimisega. Kuni tänaseni on see küsimus lõplikult lahendamata. Nagu juba märgitud, algab ja areneb agregaatoleku muutumine ainult vedeliku ülejahutamisel. Vedeliku kristalliseerumisele eelneb uue faasi — kristalli — esialgse kristallialgme teke ja kasv, kusjuures uus faas tekib enne vastava temperatuuritasakaalu saavutamist. Vedelikus esinevad kristalliseerumispunktist kõrgemal temperatuuril väikesed kompleksid — väikesed disperssed kristallid ehk sübotaksilised rühmad. Need kompleksid, kui järgmise faasi algmed on ebastabiilsed, nad purunevad pidevalt molekulide soojusliku liikumise toimel.

Kui temperatuur langeb allapoole kristalliseerumispunkti, muutuvad kristallialgmed püsivamateks, nende arv kasvab, mõõtmed suurenevad ja tekib selgelt väljendunud kristalliseerumistendents. Üleminek ühest faasist teise toimub oma algstaadiumil ainult üksikutes punktides, kus tekivad faaside muutumise keskmed.

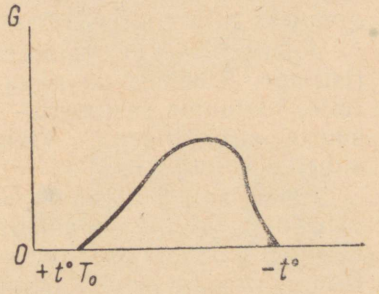
Kristalliseerumiskeskmed moodustuvad ülejahutatud vedelikus mitte iseenesest, vaid selle protsessi stimulaatorite välisel mõjutusel (põrutused, tolmukübemed jne.) ning ainult väga suure ülejahutuse puhul tiheduse kohalike muutuste tõttu võib uus faas tekkida iseenesest. Eriti suur on tolmukübemete ja lisandite tähtsus, millised määravadki kristalliseerumiskeskmete tekkimise koha, kusjuures uue faasi eraldumine toimub eranditult mõlema faasi piirpinnal. Tolmukübemete ja lisandite osa kristalliseerumisprotsessis aitab selgitada fakt, et kõige kiiremini kristalliseerub harilik jõevesi, keedetud vesi juba aeglasemalt, destilleeritud vesi aga veelgi aeglasemalt, kuna ta on lisanditest puhastatud. Kõige tõenäolisemaks kohaks, kus toimub uue faasi eraldumine, on faaside piirpind, sest siin asub vedelikukiht, millel on eriline molekulaarne orientatsioon või orienteeritud molekulide kiht. See asjaolu ja kristallialgse pinnaelemendi olemasolu määravad piirpinnad uue faasi eraldumise kohaks, sest samal ajal need tingimused vedeliku muus osas puuduvad.

Kristalliseerumisprotsess on võimalik ainult ülejahutatud vedelikus ja kristalliseerumiskeskmete eelneva kujunemise ja kasvu korral. Agregaatoleku muutuse iseloomustavaks jooneks on see, et kristalliseerumisprotsess saabub keha jahutamisel järsku, peegeldades seega keha vahepealse seisundi ebakindlust. Kristalliseerumine võib järgneda ainult siis, kui tahkumissoojus eraldub õigeaegselt.

Selline on üldjoontes kristallide tekke mehhanism ja kristalliseerumisprotsess. Võrreldes puhta ainega on sel protsessil üsna

keerukas iseloom molekulaarsetes soolalahustes ja veel keerukam paljukomponentsetes kolloidlahustes.

Analoogiliselt kulgeb ka loomorganismi kudede külmutamise protsess. Kolloidlahuse — kala koemahla (nõrk soolade, peamiselt hapu kaaliumfosfaadi K_2HPO_4, ja valkude lahus) temperatuuri alandamisel pisut alla selle kristalliseerumistemperatuuri rikutakse faaside tasakaalu ning moodustuvad kristallikeskmed. Üheaegselt esimeste kristallide moodustumisega osutuvad nende pinnad uue faasi eraldumise kohaks. Järelikult algab kohe kristallide tekke järel nende kasv. Neist kahest nähtusest koosnebki kristalliseerumisprotsess. Temperatuuri langemisel mõlemad nähtused — kristallide teke ja nende kasv — arenevad energiliselt, mõlemad saavutavad oma maksimumi ja siis vaibuvad, vaatamata madalamale temperatuurile kui nimetatud nähtuste maksimumile vastav. Kogu kristalliseerumisprotsessi iseloomu võib illustreerida summaarse kõveraga (joon. 47).



Joon. 47. Kristalliseerumisprotsessi summaarne kõver.

Lahuse temperatuuri langemisel allapoole punkti $t°$, kus kristalliseerumiskiirus $G=0$, areneb kristalliseerumisprotsess kiiresti. Protsessi kiirus suureneb, kuni saavutab maksimumi, seejärel hakkab protsess vaibuma. Seda seletatakse järgmiste põhjustega. Vedeliku teatud osakestest kristallide teke, samuti ka kristalli ühinemine juba olemasolevate kristallidega on seotud nende osakeste eraldumisega ümbritseva vedeliku osakestest. Eraldumine on võimalik ainult teatud energiakuluga, sest iga selline osake peab ennast lahti kiskuma, aurustuma vedelast faasist, seejärel aga üle minema kristallilisse faasi.

Kuna vedela faasi uus keskkond on tihedam, siis eraldub seejuures energiat palju rohkem kui kulutati (energia, mis oli kulutatud osakeste lahtikiskumiseks ning sulamissoojus). Protsessi kiirust piirab esimene nähtus, s. o. vedelikuosakeste lahtirebimine naaberosakestest, mis tõenäoliselt temperatuuri langemisel väheneb. Järelikult hakkab temperatuuri langemisel protsessi esimene staadium pidurdama teist staadiumi. Kristalliseerumisprotsess üha aeglustub ja küllalt madala temperatuuri juures lakkab. Kui lahust jahutada väga kiiresti, siis vedelik ei jõua täielikult kristalliseeruda ning tekib aine amorfne seisund (ülejahutatud vedelolek).

Kristalliseerumisprotsessi iseloomustab kristallikeskmete hulk ja kristallide kasvu kiirus. Erinevad tingimused — tempe-

ratuur, soojuse eraldumise intensiivsus, kristallikeskmete moodustumise stiimulid jne. — määravad kristalliseerumisprotsessi iseloomu ja võimaldavad kristallilise struktuuri varieerumist toiduaine kudedes.

Külmutamisel suhteliselt kõrgel temperatuuril ja ümbritseva keskkonna halva soojusjuhtivuse korral tekib kala lihaskiududes vähe, kuid suuri kristalle. Vastupidi kiirkülmutamisel, mis kulgeb madalal temperatuuril ja keskkonna hea soojusjuhtivuse juures, tekib palju väikesi kristalle. Peale kirjeldatud kristallistruktuuride moodustamise äärmiste variantide on võimalikud ka vahepealsed variandid. Seda sõltuvust illustreerivad erisugustes tingimustes külmutatud lihaskiudude mikrofotod (joon. 48).

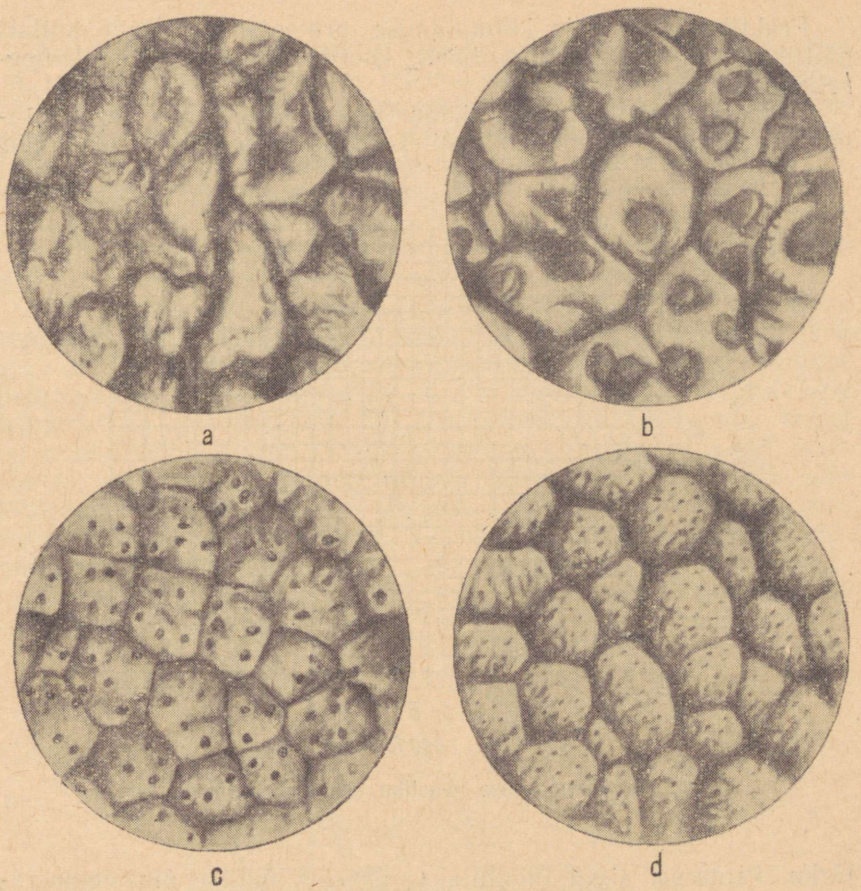
Joonisel 48*a* on kujutatud aeglaselt külmutatud lihaskiudude ristlõige. Kudedes on näha ebaühtlase struktuuriga suuri kristalle, kusjuures rakumahl — täpsemalt raku vesi — on tahkunud suurte kristallidena. Viimased laiendavad märksa rakkudevahelist ruumi.

Rakumahla ümberpaiknemine on tingitud rakkudes ja rakkudevahelises ruumis toimuvatest muutustest. Nõrgema kontsentratsiooniga mahlal rakkudevahelises ruumis on külmumistemperatuur kõrgem ja siin tekivad kristallid varem kui kiudude sisemuses. Osmootne rõhk rakkudevahelises ruumis muutub kõrgemaks kui rakkude sisemuses, kus kristallid tekivad hilinemisega. See rõhu erinevus kutsub esile niiskuse ümberpaiknemise. Aeglase külmutusprotsessi korral jõuab niiskus suuremal hulgal difundeeruda rakkudevahelisse ruumi ja sadestub siin varem tekkinud kristallidele, põhjustades nende kasvu.

Joonisel 48 *b* on kujutatud kristallistruktuuri varianti kudedes, mis on tekkinud aeglasel külmutamisel. Niisugune struktuur võib olla tekkinud kala külmutamisel külmas soolalahuses, mille temperatuur on suhteliselt kõrge. Neis tingimustes osa rakumahla väljub rakkudevahelisse ruumi ja külmub seal, teine osa külmub rakus.

Kiirkülmutamisel tekib ühesugune kristallilíne struktuur (joon. 48 *c*, *d*). Sel juhul ainult tähtsusetu osa rakumahlast väljub rakkudest, tekib palju väikesi kristalle. Mikrofotodelt on selgesti näha kristallide ühtlane paiknemine lihaskiududes.

Joonisel 48 *d* on näha ühtlast kristallilíst struktuuri väga paljude ühtlaselt asetsevate ning väga väikeste kristallidega, mis on tekkinud kiirkülmutamisel vedelas süsihappes. Mikrofotod 48 *a*, *b* iseloomustavad aeglaselt külmutatud lihaskiudude ebaühtlast struktuuri, mis viitab protsessi pöörduvuse üsna vähesele tõenäosusele. Kui külmutatud loomne lihaskude säilitab võime ülessulatamisel taastada oma endised omadused ja endise (lähte-)seisundi, nimetatakse seda protsessi pöörduvuseks. Protsessi pöörduvust võib tinglikult väljendada protsentides.



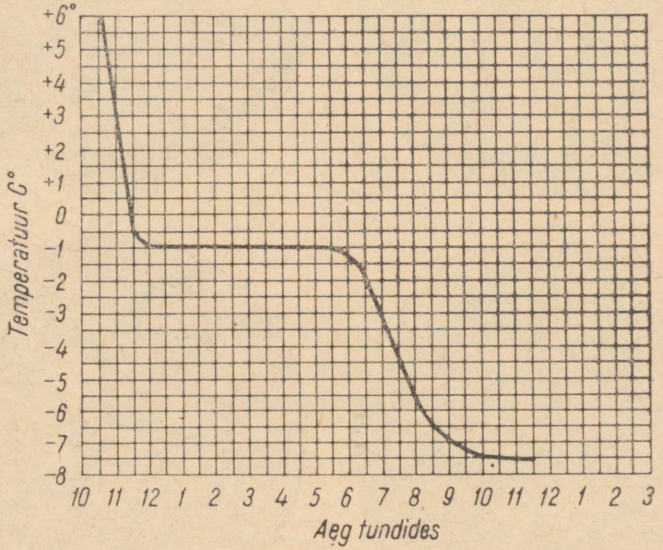
Joon. 48. Lihaskoe mikrofotod:
a — aeglane külmutamine, *b* — aeglustatud külmutamine, *c* ja *d* — kiirkülmutamine.

lugedes 100% pöörduvuseks, kui ülessulanud lihaskoe füüsikalis-keemilised omadused mitte millegagi ei erine produkti lähteseisundist külmutamise alustamise momendil.

Nagu varem mainitud, surmajärgsed muutused kalas peatuvad külma toimel. Fermentide ja mikroorganismide tegevus vaibub, kuid ei lakka täielikult ja neil on pöördumatu iseloom. Seega kala töötlemisel külmaga ei ole võimalik saavutada täielikku pöörduvust. Põhilisteks teguriteks, mis soodsalt mõjutavad protsessi pöörduvust, on lihaskoe külmutamise suur kiirus ja järgnev säilitamine madalas temperatuuris.

Praktikas võib kala külmutamise protsessi iseloomu küllalt näitlikult väljendada graafiliselt koordinaatidega *t*—*Z* (temperatuur ja aeg).

Homogeense segatava vedeliku külmutamist õhus on kujutatud kõvera abil (joon. 49), millel on kolm selgelt väljendunud



Joon. 49. Homogeense vedeliku õhkkülmutamise kõver.

järku. Protsessi algul jahutatakse ükskõik millise plusstemperatuuriga vedelik kuni krüoskoopilise punktini. Seda on kujutatud järsult langeva joonega. Krüoskoopilise punkti lähedal asuva muutumatu temperatuuri juures toimub kristallide teke, mille juures agregaatoleku muutumise tõttu eraldub soojust.

Kristalliseerumist kujutatakse kõveral horisontaalse joonega, mille pikkus sõltub soojuse eraldumise intensiivsusest; mida kiirem on jahtumine, seda lühem on sirge, nn. temperatuurivälja.

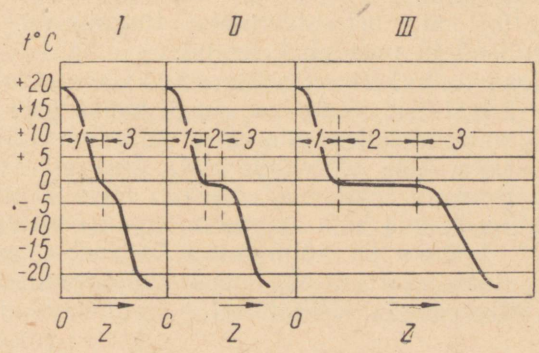
Parempoolne äärmine punkt horisontaalsel joonel näitab kristalliseerumise lõpphetke.

Edasi kulgeb protsess juba kõvera kolmandal osal, kus külmutatud tahke keha jahutatakse vajaliku lõpptemperatuurini. See kõvera osa langeb alguses järsult, seejärel aga muutub lamedamaks vastavalt temperatuuride vahe vähenemisele keha ja õhu vahel. Seega temperatuurivälja suurus määrab külmutusprotsessi iseloomu.

Kui külmutada kala, mille kudede sisu on kolloidlahus, siis on külmutamiskõveral veidi teistsugune kuju. Kala läbikülmumine kulgeb järk-järgult tema pinnakihtidelt sisekihtideni, sellepärast ei ole võimalik teravalt piiritleda jahutamise, külmutamise ja kala temperatuuri antud lõppväärtuseni viimise staadiume.

Koemahla külmutamine kulgeb suures temperatuurivahemikus. Pärast esimeste jääkristallide eraldumist suureneb lahuse ülejäänud osa kontsentratsioon ja järgmine külmutamisetapp kulgeb juba madalamal temperatuuril.

Edasi muudab suurema osa vee väljakülmumine toote soojusnäitajaid (soojus- ja temperatuurijuhtivus tõuseb). Kõik see annab külmutuskõverale keerukama iseloomu võrreldes homogeense vedeliku kõveraga. Kui asetada kala, mille esialgne temperatuur on kõrge (20° C), külmutamiseks keskkonda, millel on madal temperatuur ja kõrge soojusväljastuskoefitsient kala suhtes, siis protsess kulgeb kiiresti. Kala pind kattub kohe jääkihiga, samal ajal kui kala sisemuses ei ole kaugeltki veel saavutatud krüoskoopilist punkti. Jäätumisisotermid kanduvad külmutusprotsessis järk-järgult kala pealmistest kihtidest sisemusse. Üheaegselt külmuva kihi paksenemisega kalas toimub ka tema keskosa jahutamine.



Joon. 50. Külmutuskõverad.

Joonisel 50 kujutatud temperatuurikõver *I* iseloomustab kiiret külmumist. Sellel kõveral on vaid 1 ja 3 lõik, temperatuuriväli faktiliselt puudub.

Kala külmutamisel keskkonnas, millel on suhteliselt kõrge temperatuur ja madal soojusväljastuskoefitsient, kulgeb protsess aeglaselt. Jäätumisisotermid kalas kanduvad selle keskossa palju aeglasemalt, järk-järgult, nii et kala keskosa jõuab jahtuda krüoskoopilise punktini ammu enne jäätumisisotermi jõudmist siia,

mille tagajärjel temperatuurikõveral tekib väli, mis iseloomustab külmumata keskosa seisundit krüoskoopilisel temperatuuril.

Aeglane külmutusprotsess on joonisel kujutatud kõveraga *III*, millel esinevad kõik kolm lõiku, nende hulgas pikaks venitatud temperatuuriväli *2*. Kõver *II* iseloomustab keskmise kiirusega külmutusprotsessi. Selle protsessi kõveral on samuti kolm lõiku, kuid temperatuuriväli on tal palju lühem kui *III* kõveral.

Praegu on kala külmutamine saanud põhiliseks tootmisprotsessiks kalatööstuses, kuna kalasaaduste konserveerimine külmaga lubab maksimaalselt säilitada saaduse toiteväärtust ja maitseomadusi ning kala loomulikku välimust. See on seletatav sellega, et kala ja kalasaaduste külmutamine ning nende pikemaajaline külmas hoidmine kutsuvad esile vaid minimaalseid kvaliteedimuutusi võrreldes teiste konserveerimisviisidega.

Kuid kala külmaga töötlemine ja säilitamine kutsuvad ise toiduainetes esile suuremaid või vähemaid muutusi, sõltuvalt nende protsesside kulgemise tingimustest ja režiimist ning omavahelisest seosest.

Kalasaaduste kvaliteedi määravad järgmised omavahel seoses olevad tegurid:

1) töötlemisele suunatava toorkala värskus,
2) töötlemistingimused,
3) säilitamisrežiim,
4) külmutatud kala defrosteerumise tingimused. Kõik need tegurid on olulised ja omavahel seotud.

Oma esialgse toiteväärtuse kaotanud kalast ei ole võimalik saada kõrgeväärtuslikku toiduainet isegi kaasaegses töötlemisprotsessis. Külmutatud kala optimaalse säilitamisrežiimiga, vaatamata selle erakordsele tähtsusele kala omaduste säilitamisel, on võimatu parandada töötlemise defekte. Halb säilitamisrežiim rikub hea kvaliteedi, mis kala omandas õige töötlemisviisi puhul (külmutamine). Lõpuks ka külmutatud kala ebaõige defrosteerimisrežiim muudab väärtusetuks need jõupingutused, mis olid tehtud kala töötlemisel ja säilitamisel.

KALA KÜLMUTAMISE TINGIMUSED

Külmutusrežiim. Optimaalse režiimi kehtestamiseks kala külmutamisel on vajalik tundma õppida neid põhilisi muutusi, mis tekivad kala kudedes erinevate külmutamistingimuste korral. Kui kala külmutamisel temperatuur langeb alla krüoskoopilist punkti (−1° C), siis tekib tema kudedes jää. Kala temperatuuri langemisel kuni −5° C jäätub 70...75% kalas olevast niiskusest. Kuna suurema osa niiskuse jäätumise tõttu ülejäänud niiskuse kontsentratsioon suureneb, siis temperatuuri alanemisel muutub jäätumisprotsess äärmiselt aeglaseks.

Väljakülmunud vee hulk on tähtis ennekõike seetõttu, et vesi osutub toiduainetes tähtsaimaks teguriks mikroorganismide arenemisel, mis kutsub esile toiduainete riknemise, ning edasi seetõttu, et vesi on tähtsaimaks füüsikaliste ja keemiliste protsesside reguleerijaks ning osa veest on struktuurselt seotud kolloididega. Sama tähtis on jääkristallide tekkimise iseloom toiduaines. Aeglase õhkkülmutamise tulemusena (ilma õhu sundtsirkuleerimiseta) temperatuuril $-12 \ldots -15°$ C tekib kalakudedes võrdlemisi väike arv suuri jääkristalle. Kiirel külmutamisel aga (plaat- või tunnelaparaatides madalal temperatuuril) tekib suur hulk väikesi jääkristalle, s. o. peenekristallilise struktuuriga jää. Suurekristallilise struktuuri moodustumisega kaasneb substraadi koostisosade sisemine ümberpaiknemine, suured kristallid tekitavad lihaskudedes isegi mehaanilisi vigastusi ning see kõik vähendab külmutusprotsessi pöörduvust.

Kiirkülmutamisel, vastupidi, avaldub substraadi koostisosade sisemine ümberpaiknemine nõrgalt, lihaskoed ei deformeeru, sest peened jääkristallid asetsevad kala kudedes korrapäraselt. Kõik see näitab, et külmutatud toode on homogeenne, mille tõttu ka kiirkülmutamise protsessi pöörduvus on maksimaalne. Ehkki kiirkülmutamise eelised ja aeglase külmutamise puudused on silmnähtavad, on nende protsesside teooria veel puudulik, veel ei ole igakülgselt uuritud jää tekkimise nähtusi toiduainete kudedes.

Kuidas seletada suurte jääkristallide tekkimist kala kudedes aeglasel külmutamisel ning väikeste tekkimist kiirkülmutamisel? Miks ühel juhul kristallid kasvavad, teisel juhul aga kulgeb kristalliseerumine aeglaselt ning kristallide kasv on väike?

Nõukogude teadlaste uued tööd aine ehituse ja kristalliseerumise valdkonnas, samuti toiduainete tehnoloogia alased uurimused võimaldavad selgemini ette kujutada protsesse, mis toimuvad toiduainetes nende külmutamisel.

Neid protsesse võib seletada keerukate molekulaarsete soojusnähtude mitmekesisusega ja ennekõike faasimuunduse ning difusiooninähtudega.

Soojuse eraldumise intensiivsus. Kala kui suure niiskusesisaldusega produkti jahutamisel saabub hetk, kus rikutakse vedela ja kristallilise faasi tasakaalu ning toiduaines algab jääkristallide moodustumine. Kristalliseerumiseks on vaja vedelikku üle jahutada. Kristallikeskmed tekivad ülejahutatud vedelikus mitte iseenesest, vaid välisstiimulite mõjutusel.

Keha jahutamisel saabub kristalliseerumine kiiresti, järsku, hüppelise ülemineku kujul ühest olekust teise. Protsessi äkilisus on vahepealsete seisundite ebapüsivuse tulemus. Ühest agregaatolekust teise ülemineku oluliseks jooneks on selle protsessi pidevus. Nagu mainitud, kulgeb jääkristallide teke kõige intensiivsemalt temperatuurivahemikus, mis asub krüoskoopilise punkti

lähedal (temperatuuril kuni −5° C enam kui 70% veest külmub jääks). Eriti intensiivselt kristalliseerub vesi protsessi alguses, nii et kala temperatuuri −2° C juures muutub jääks üle 70% sellest veekogusest, mis külmub −5° C juures. Krüoskoopilise punkti lähedal, kui faasitasakaal on rikutud, tekib palju kristalli algmeid ning nende pind on ühtlasi kohaks, kus uus faas sadestub. Järelikult hakkavad tekkinud kristallid kohe kasvama.

Tuleb märkida, et kristalliseeruvad tuumad kui lamedad elemendid on muu vedelikumassiga võrreldes kõige sobivamaks kohaks uue faasi dislokatsioonile, selle tõttu tuumad kasvavadki.

Kristalliseerumise protsessi edasise käigu määrab peamiselt soojuse eraldumise intensiivsus. See on seletatav sellega, et suure veehulga agregaatoleku muutusega protsessi alguses kaasneb soojusefekt, mille juures eraldub suur hulk varjatud soojust — külmuvate kiudude soojusesisaldus muutub järsult, nagu on näha ka jooniselt 4 (vt. I ptk., lk. 21).

Kui temperatuurivahemikus −1 . . . −5° C eraldunud varjatud soojust eemaldada järk-järgult, aeglaselt, siis vedela keskkonna molekulide soojusliikumise mõjul kristallid purunevad ning sadestuvad allesjäänute pinnale ja soodustavad nende kasvu. See protsess ei kõrvalda uute kristalliseerumiskeskmete korduvat tekkimist vastavalt soojuse eraldumisele lahusest ning viimase temperatuuri langusele. Soojuse aeglasel eraldumisel säilib süsteemi vahepealne ebapüsiv seisund pikemat aega, mis põhjustabki produkti kudedes väheste, kuid suurte kristallide tekkimise.

Kui järsku eraldunud varjatud soojus eemaldub ümbritsevasse jahutavasse keskkonda kiiresti, siis tekkinud kristallid ei purune, vaid — vastupidi — nad kujunevad lõplikult välja ja jäävad püsima. Sel puhul süsteemi ebapüsiv vahepealne seisund möödub kiiresti. See ongi suure hulga väikeste kristallide säilimise tingimuseks, s. o. toiduaine kudedes peenekristallilise struktuuri moodustumise tingimuseks. Järelikult kristalliseerumise iseloomu määrab peamiselt intensiivne soojuse eraldumine temperatuurivahemikus −1 . . . −5° C. Kui jahutav keskkond eemaldab kristallide tekkimisel eraldunud soojuse viivitamatult, siis struktuuri muutused on minimaalsed.

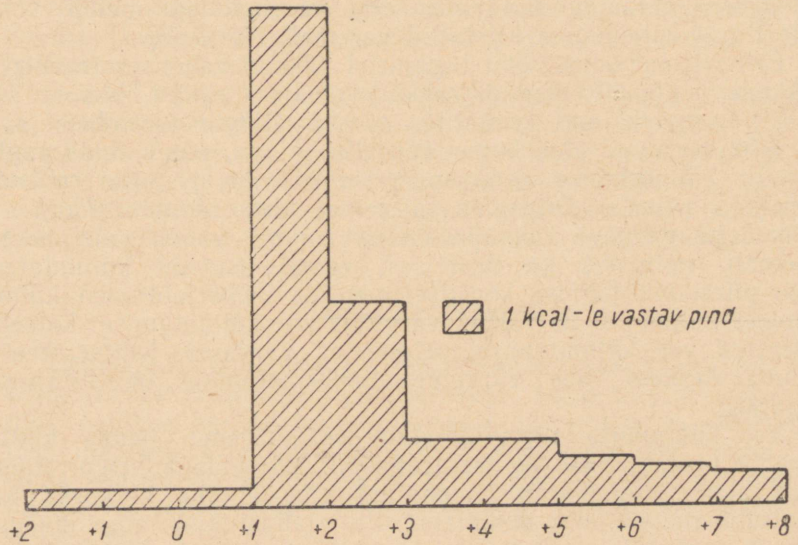
Praktiliselt on võimatu eemaldada tahkumissoojust külmutatavast substantsist otsekohe. Sellepärast ei saa ka vältida tekkivate jääkristallide struktuurimuutusi, vaid tuleb valida niisugused tingimused, kus see soojus eemaldatakse külmutatavast objektist võimalikult kiiremini. Mida aeglasemalt eemaldub tahkumissoojus, seda suuremad on tekkivate jääkristallide struktuurimuutused ja seda suuremaks muutuvad kristallid.

Külmuva vee hulk kalas sõltub temperatuurist ja järelikult

eraldub kala külmutamise eri etappidel ka vastav hulk soojust. Seda sõltuvust näeme järgmistest andmetest (tabel 21), mis iseloomustavad kala külmutamisel +15° C-st kuni −20° C-ni 1 kg kala kohta eralduvat soojuse hulka.

Tabel 21

Temperatuurivahemik °C	Soojuse hulk	
	kcal/kg	%
+15 ... −1	13,12	16,8
−1 ... −5	44,12	56,5
−5 ... −12	12,49	16,0
−12 ... −20	8,34	10,7
+15° ... −20°	78,07	100



Joon. 51. Soojuse eraldumine kala külmutamisel.

Näeme, et enam kui pool kala jahutamisel ja külmutamisel +15° C-st kuni −20° C-ni eemalduvast soojusest eraldub temperatuurivahemikus −1 ... −5° C. Joonisel 51 on näidatud, kuidas eraldub soojus kala külmutuse erinevatel etappidel; kõige rohkem soojust eraldub temperatuurivahemikus −1 ... −5° C ning eriti −1° C ja −3° C vahel. Äkki tekkinud suure hulga

peente jääkristallide (peenkristallilise struktuuri) säilitamiseks on vaja, et kala ümbritsev jahutav keskkond võtaks kiiresti vastu tahkumissoojust. Kui niisugused tingimused puuduvad, siis külmutusprotsess pidurdub ja venib pikale.

Kala temperatuuri saab edasi alandada alles pärast seda, kui jahutavale keskkonnale on üle antud kogu soojus, mis eraldus kristalliseerumisel antud temperatuuri juures.

Difusiooni toime. Kala koemahla komponentideks on soolad ja keerulised valkained. Kalade külmutamisel eraldub lahusest puhas jää ning üheaegselt sellega suureneb tahkumisisotermiga piirneva vedelaks jäänud lahuse kontsentratsioon. Vedeliku kontsentratsiooni erinevus objekti erisugustes osades (kontsentratsiooni gradient) kutsub esile difusiooni. Nii kaasneb kala külmutamisel agregaatoleku muutumisele difusioon, mis peamiselt on tingitudki esimesest protsessist. Difusioon omakorda avaldab samuti mõju kristalliseerumise iseloomule, põhjustades substraadi koostisosade ümberasetuse.

Rakkudevahelises ruumis, kus koemahla kontsentratsioon on mõnevõrra madalam kui raku sees, moodustuvad muude võrdsete tingimuste juures kristallid varem kui rakkudes.

Erineva osmootse rõhu tagajärjel rakkudevahelises ruumis ja rakkudes vesi difundeerub rakkudevahelisse ruumi, kus ta külmub varem tekkinud kristallide pinnal. Difusiooniseaduse järgi on difundeerunud aine kogus võrdeline ajaga, seega mida aeglasem on külmutamine, seda enam suurenevad kristallid rakkudevahelises ruumis. Difusioon ei esine mitte ainult rakkude ja rakkudega piirneva rakkudevahelise ruumi vahel, vaid hoopis laiemalt, hõlmates ka üksteisest eemal asuvaid külmutatava aine piirkondi. Lahuse koostiselementide ümberjaotumist külmutamisel näitas G. B. Tšižov värvitud vee külmutamise katsega. Värvitud vee külmutamisel selgus, et värvaine kontsentreerus anuma keskele. See värvaine ümberjaotumine on difusiooni tagajärg.

Vee külmumise tõttu äärekihtides suureneb nende kihtide lähedal oleva lahuse kontsentratsioon. Kõrgema kontsentratsiooniga alast difundeerub lahustunud aine anuma keskossa, kus kontsentratsioon on madalam. Kui lahustunud aine paikneb äärtelt keskele, siis lahusti — vesi — paikneb ümber vastupidises suunas ja jõudnud kujunevate kristallideni, kasutatakse ära nende kasvuks. Mida kiiremini toimub külmumine, seda väiksem on difusiooni efekt ja homogeensem külmunud objekt.

Soojuse eemaldamise tingimuste ja difusiooni mõju ei kinnita mitte ainult katsed, vaid ka kala tööstusliku külmutamise praktika. Näiteks jahutati kala külmas soolvees kuni $-2°$ C-ni ja siis katkestati protsess ajutiselt, võttes kala lahusest välja. Protsessi katkestamisega püüti takistada soojuse eraldumist kalast hetkel, kui ta kudedes tekkis hulgaliselt kristalle, ja

seega tehislikult esile kutsuda niisuguseid struktuurimuutusi kalas, mille juures säilinud kristallid suureneksid. Niisuguse külmutusviisi juures on näha kalas üksikuid suuri kristalle, mis on iseloomulik aeglaselt külmutatud kalale. Kiiresti külmutatud kala kudede struktuur on täiesti ühesugune.

Eeltoodust võib teha järgmisi järeldusi:

kristalliseerumisel tekkiva jääkoguse ja aja (mille jooksul ümbritsev keskkond võtab vastu varjatud tahkumissoojuse sõltuvalt keskkonna olemusest ja seisundist) erinevate vahekordade juures võib saada külmutatava produkti kristallilise struktuuri erinevaid variante;

kiirkülmutamisel avaldub substraadi koostiselementide sisemine ümberpaiknemine nõrgalt. Viimased on nagu fikseeritud oma algseisundis, väikesed kristallid aga, asetsedes kudedes ühtlaselt, ei kutsu neis esile mehhaanilisi vigastusi, näidates sellega, et külmutatud produkt on homogeenne. Peenekristallilise struktuuri puhul ei esine defekte, mis ilmnevad aeglase külmutamise puhul. Kiirkülmutamisel on ka protsessi pöörduvus palju suurem.

Niisiis tagab kala külmutamisel protsessi maksimaalse pöörduvuse ja järelikult kala kvaliteedi parema säilitamise kiirkülmutamine.

Toodud väited täpsustavad ettekujutust külmutusprotsessidest ja kinnitavad veel kord kala kiirkülmutamise eeliseid. Kuid ka antud juhul jääb see järeldus kiire protsessi eelistest liiga üldiseks. Temas ei ole konkreetsust ega täpset mõistete «kiire ja aeglane külmutamine» määratlemist ning puuduvad konkreetsed külmutusprotsessi optimaalsete tingimuste soovitused.

KÜLMUTUSKIIRUS

Eeltoodud teoreetiliste seisukohtade rakendamiseks kala külmutamise praktikas on otstarbekas teha tinglik vahe kiire ning aeglase külmutamise tehnoloogilise protsessi vahel, kindlaks määrata kala kiirkülmutamise põhitingimused, mille järgi võiks kontrollida külmutusprotsessi. Kahe protsessi vaheline piir on tinglik selles mõttes, et edaspidises uurimistöös tuleb seda täpsustada.

Kiirkülmutamise all tuleb mõista niisugust protsessi, mille juures produktis toimub energiline kristalliseerumine, kujuneb peenekristalliline homogeenne struktuur ning alaneb valgu denatureerimise aste. Külmutusprotsessi kiirus väljendab soojuse produktist eraldumise intensiivsust ning oleneb sellest, kui kiiresti toimub külmutuspiiri ümberpaiknemine külmutatava objekti sees.

Kuna $-5°$ C juures külmub ligikaudu 70% kogu kalas sisalduvast veest, siis võib lugeda, et

$$v_k = \frac{\frac{d}{2}}{Z_{-5}^{-1}} \text{ cm/h},$$

kus v_k — kala külmutuskiirus, cm/h;
d — kala paksus (kala suurima läbilõike väikseim läbimõõt), cm;
Z_{-5}^{-1} — kala külmutuskestus temperatuurivahemikus $-1 \ldots -5°$ C; arvestatakse temperatuuri $-1°$ C tekkimise momendist kala kõige paksema läbilõike pinnakihis kuni temperatuurini $-5°$ C jõudmise momendini keskkihis.

Vaatlused näitavad, et 2,5 cm paksuse kala külmutamisel soolvees, mille temperatuur hoitakse $-16°$ C, tekib jäästruktuur, mis on omane kiirkülmutamise protsessile. Kui külmutada kala soolvees, mille temperatuur on kõrgem kui $-16°$ C, siis moodustuvad palju suuremad jääkristallid peamiselt rakkudevahelises ruumis. Nii näiteks soolvee temperatuuri $-9{,}4°$ C puhul osutus kristallide keskmiseks suuruseks 175 μ, $-16°$ C juures aga 100 μ.

2,5 cm paksuse kala külmutamiseks $-16°$ C soolvees $-1°$ C-lt kuni $-5°$ C-ni kulus 22,5 minutit ehk 0,375 tundi. Siit võib välja arvutada kala optimaalse külmutamiskiiruse:

$$v_k = \frac{\frac{d}{2}}{Z_{-5}^{-1}} = \frac{1{,}25}{0{,}375} = 3{,}3 \text{ cm/h}.$$

Kala, mida on külmutatud kiirusega vähemalt 3,3 cm/h, võib lugeda kiirkülmutatuks.

3 cm paksune kala, mida on külmutatud külmutuskambri külmas õhus $t_õ = -17°$ C juures 2 tunni ja 15 minuti jooksul $-1°$ C-lt kuni $-5°$ C-ni, osutub aeglaselt külmutatuks, kuna külmutamiskiirus on antud juhul $v_k = \frac{1{,}5}{2{,}25} = 0{,}7$ cm/h.

Külmutuskiirus v_k on põhiliseks näitajaks külmutustehnoloogias, iseloomustab külmutusprotsessi kvaliteeti ning määrab valmistoodangu seisundi. Õigesti projekteeritud külmutusprotsess peab vastama tingimusele

$$v_k = \frac{\frac{d}{2}}{Z_{-5}^{-1}} \geqslant 3{,}3 \text{ cm/h}.$$

Teatud paksusega (d cm) produkti kiirkülmutamiseks tuleb valida sellised tingimused, mille juures külmutuskiirus ei oleks alla 3,3 cm/h. Külmutuskestus Z_{-5}^{-1} sõltub peamiselt produkti

paksusest, jahutava keskkonna temperatuurist, olemusest ja seisundist. Praktikas osutub küllaldaseks, kui terve kala külmutuskestust (Z_{-5}^{-1}) arvutada järgmise valemi abil:

$$Z_{-5}^{-1} = \frac{\varrho D}{\Theta}\left(\varphi \frac{1}{\alpha} + \psi \frac{D}{\lambda_k}\right) \text{ h},$$

kus ϱ — külma hulk, mis on vajalik kala külmutamiseks $-1 \ldots -5°$ C, kcal/m³;

D — kala minimaalne paksus suurimas ristlõikes m;

Θ — temperatuurivahe jahutava keskkonna temperatuuri ja jääkristallide tekkimise algtemperatuuri ($-1°$ C) vahel, deg;

α — soojusväljastustegur (kala pinnalt jahutavale keskkonnale), kcal/m²h deg;

λ_k — kala soojusjuhtivustegur, kcal/mh deg;

φ, ψ — kogemuslikud koefitsiendid kala külmutamisel külma õhuga ja soolvees, mis arvestavad külmutatava kala ja jahutuskeskkonna seisukorda; φ ja ψ väärtuseks võib võtta vastavalt 0,25 ja 0,062.

Kuna Z_{-5}^{-1} ja v_k on omavahel seotud suhtega $v_k = \frac{\frac{d}{2}}{Z_{-5}^{-1}}$ cm/h, siis kasutades seda suhet ja võttes $v_k = 3{,}3$ cm/h, võib määrata v_k sellele väärtusele vastavad külmutamistingimused.

Jää kristalliseerumise alguseks kalas võetakse $-1°$ C, sellepärast võib jahutava keskkonna temperatuuri määrata valemiga $t_{kk} = -(\Theta + 1)$.

Kala külmutamisel soolvees või külmas õhus võib temperatuurivahet Θ arvutada valemiga:

$$\Theta = \frac{\varrho D}{Z_{-5}^{-1}} = \left(\frac{0.25}{\alpha} + 0{,}062 \frac{D}{\lambda}\right).$$

Kala külmutamise kiiruse $v_k = 3{,}3$ cm/h juures saame

$$v_k = \frac{\frac{d}{2}}{Z_{-5}^{-1}} = 3{,}3 \text{ cm/h}$$

või

$$v_k = \frac{0{,}5D \cdot 100}{Z_{-5}^{-1}} = \frac{50D}{Z_{-5}^{-1}} = 3{,}3 \text{ cm/h}$$

ja järelikult

$$\frac{D}{Z_{-5}^{-1}} = \frac{3{,}3}{50} = 0{,}066.$$

Kui $\lambda = 1$, siis võtab valem temperatuurivahe määramiseks järgmise kuju: $\Theta = 0{,}066\varrho \left(\frac{0{,}25}{\alpha} + 0{,}062D\right)$.

Kala külmutamiseks vajalik külmahulk (ϱ) arvutatakse iga kalaliigi kohta eraldi, kuna see suurus oleneb niiskuse hulgast kalas:

$$\varrho = (i_1 - i_a)\,1000\gamma \text{ kcal/m}^3,$$

kus γ on kala erikaal. Näiteks kui kala sisaldab niiskust 70% ja erikaal $\gamma = 0{,}92$, siis ϱ väärtuseks saame:

$$\varrho = (65 - 16)\,1000 \cdot 0{,}92 = 45\,000 \text{ kcal/m}^3.$$

Soojusväljastustegur α kasvab keskkonna liikumise kiiruse suurenemisega. Õhu puhul

$$\alpha = 7{,}5v^{0{,}8},$$

kus v on õhuvoo kiirus m/sec.

Teguri α sõltuvus jahutava õhu liikumise kiirusest on järgmine:

v m/sec	1,0	2,3	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10
α	7,5	13	18	23	27	31	35	39,2	43	47,2

Tabelis 22 on toodud Θ väärtused vastavalt kala niiskusesisaldusele 70% erineva paksuse ($D = 0{,}03 \ldots 0{,}12$) ja külma õhu erisuguste kiiruste ($v = 1 \ldots 10$ m/sec) korral, mille juures külmutamisprotsess peab toimuma kiirusega $v = 3{,}3$ cm/h.

Tabel 22

Kala paksus mm	Temperatuurivahe Θ v eriväärtuste korral									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	103	62	47	37	33	29	26	24	22	21
45	106	65	50	40	35	32	29	27	25	24
60	109	67	52	43	38	35	32	30	28	29
70	111	69	54	45	40	36	35	32	30	29
90	114	73	58	48	44	40	37	35	33	32
120	120	78	63	54	49	46	43	41	39	38

Nagu juba varem öeldud, jahutava õhukeskkonna temperatuur $t = -(\Theta + 1)$.

Tabelist 22 näeme, et kala külmutamine kiirusega $v = 3{,}3$ cm/h on võimalik ainult küllalt madala temperatuuri ja külma õhu küllalt suure kiiruse puhul. Õhuga külmutamise ratsionaalsete tingimuste kindlaksmääramiseks eeltoodud arvutuste alusel on siiski vaja vaadelda külmutatava kala lõpptemperatuuri.

Kirjeldatud külmutusrežiim tagab produkti maksimaalse pöörduvuse (kristallide suurus ja asetus kudedes, energiline toime mikroorganismidele, minimaalne valkude denatureerumise aste). Külmutatud kala kvaliteedi pikaajalisel säilitamisel on suur tähtsus säilitamistingimustel ja ennekõike temperatuuril, milles külmutatud kala säilib, ning järelikult ka temperatuuril, milleni kala külmutatakse. Need tingimused määrab keerukas mikrobioloogiliste, füüsikaliste ja keemiliste tegurite kompleks. Hallitusseente ja bakterite hävitav toime toiduainetele lakkab temperatuuril $-12°$ C, kogu substraadi struktuur muutub mikroorganismide arenguks ebasoodsaks, sest tilkvedela vee puudumise tõttu katkeb mikroorganismide toitumine. Seega on mikrobioloogilise teguri negatiivne toime kala külmutamisel $-12°$ C-ni praktiliselt kõrvaldatud, ent samal ja veelgi madalamal temperatuuril tekivad biokeemilised protsessid, mille tõttu, eriti pikemaajalisel säilitamisel, toiduained riknevad.

On tehtud kindlaks, et hüdrolüüsi ja kalarasva hapendumise tulemusena tekivad kala pinnal hallikaspruunid laigud, nn. rooste, mis tunduvalt halvendab kala kvaliteeti. See kalarasva muutumine toimub $-18°$ C ja veel madalama temperatuuri juures väga aeglaselt. Külmhoidmisel toimub valgu denatureerumine (pöördumatu protsess), mille tulemusena valgud kaotavad oma esialgsed omadused muutuste tõttu valgu kolloidstruktuuris või tema keemilises koostises. Kuigi valgud muunduvad külmutatud kala säilitamisel isegi väga madala temperatuuri juures, väheneb muundumine siiski vastavalt kala temperatuuri alanemisele. Külmutatud toiduainete säilitamisel kasutatakse päljudes külmhoonetes temperatuuri $-18°$ C.

Kala külmutamisel kuni $-18 \ldots -20°$ C külmub temas 91% vett ning järelikult ei saavutata selle temperatuuri juures veel piiri, kus võib hakata kristalliseeruma seotud vesi.

Füüsikalised muutused produktis — kuivamine ja jää rekristalliseerumine produktis — esinevad säilitamistemperatuuri $-20°$ C juures üldiselt vähemal määral kui kõrgema temperatuuri puhul. Sellest võib järeldada, et kala tööstuslikul külmutamisel tehnoloogiliselt põhjendatud optimaalne temperatuur, mille juures võib pikema aja kestel säilitada kala kvaliteeti, on $-20 \ldots -30°$ C. Eriti tähtis on, et rasvaste kalade (rasvane heeringas) külmutamise lõpptemperatuur oleks küllalt madal ($-28 \ldots -30°$ C).

Soojusülekandevõrrand $Q=\alpha F\Delta t$, kus Δt on temperatuurivahe jahutatava keha ja jahutava keskkonna vahel, näitab, et külmutamist võib intensiivistada mitte ainult keskkonna ja selle liikumiskiiruse valiku kaudu, vaid suurema temperatuurivahe Δt hoidmise teel. Koos sellega näitab külmutamise lõpptemperatuur, et suvalise suurusega Δt ei tohi kasutada, et mitte külmutada kala tervikuna või ta üksikuid osi alla vajaliku temperatuuri. Jahutava keskkonna temperatuur valitakse praktikas 10...15 deg madalam kala lõpptemperatuurist. Tuleb arvestada, et madalama temperatuuri saavutamisega kaasneb suurem energiakulu ja tehnoloogilise aparatuuri kasutamise halvenemine.

Väljaselgitatud nõuded külmutusprotsessile ($v_k=3{,}3$ cm/sec, $t=-20°$ C) kehtivad tagavaraks külmutatud kala kohta, mis on määratud pikemaajalisele säilitamisele. Neid nõudmisi tuleb arvestada statsionaarsete ja laeva külmutusaparaatide ning -seadmete konstrueerimisel. Tuleb märkida, et mõnede selle ala konstruktorite juures esinevate vigade põhjuseks on puudulik ettekujutus kala külmutamise keerukast ja omapärasest protsessist ning selle protsessi eri etappidel arenevate nähtude iseloomu ignoreerimine. Tehnoloogiliste aparaatide konstrueerimisel ja arvutamisel lähtutakse sellest, et kala külmutamise protsess kulgeb ühtlaselt ja seoses sellega ka faasimuutuse soojus eraldub pidevalt ja ühtlaselt.

Ettekujutusega külmutusprotsessist kui pidevalt ja sujuvalt kulgevast protsessist on seotud ka külmutustehnikas juurdunud kasutatavate aparaatide ja seadmete soojusarvutuse meetod. See meetod, mida kasutatakse ka praegu, on järgmine:

külmutuskestus iga kalaliigi kohta arvutatakse lähtudes kala algtemperatuurist (harilikult $t_a=+15$ või $+10°$ C) kuni külmutamise lõpptemperatuurini ($t_1=-12$ või $-15°$ C). Külmutuskestust (tundides) tähistame $Z^{t_a}_{t_1}$ tundi. Perioodiliselt töötava seadme arvutamisel võetakse kalapartii sisse- ja väljalaadimise kestuseks Z_p tundi ja saadakse külmutamise tootmistsükli kestus

$$Z_{ts}=Z^{t_a}_{t_1}+Z_p;$$

arvutatakse välja soojusjuurdevool antud aparaati või seadmesse (külmakulu kalade külmutamiseks, soojusülekandeks mehhanismides, ventilaatorites, pumpades ning mujal). Soojushulka, mis juhitakse aparaadist või seadmest ära külmutustsükli ajal, tähistatakse $Q^{t_a}_{t_1}$ kcal;

külmutusaparaadi või -seadme soojuskoormust määratakse suhtega $\frac{Q^{t}_{t_1}}{Z_{ts}}$ kcal/h. Lähtudes soojuskoormusest arvutatakse torujahutite soojusvahetuspind ja külmutusagendi või külmakandja

hulk. Kirjeldatud meetodi järgi arvutatud aparaatides soojushulk, mis eraldub jääkristallide maksimaalse tekkimise ajal, ei eraldu õigel ajal külmutatavast kalast. See esineb eriti külmutamisel väikese soojusakumulatsioonivõimega keskkonnas, sest torujahutite soojusvahetuspind ja külmutusagendi või külmakandja kogus ei ole selleks arvestatud. Peale selle võib nimetatud arvutusmeetodi juures külmutusprotsess pikeneda ning sellega koos väheneb seadme tootlikkus.

Et saavutada külmutatavas kalas soovitud peenekristallilise struktuuriga jääd, tuleb külmutusseadme soojusarvutus teha hoopis teisel meetodil, lähtudes kalast temperatuurivahemikus $-1 \ldots -5°$ C eralduva soojushulga suhtest külmutusprotsessi kestusse samas temperatuurivahemikus, mis vastab optimaalsele külmutuskiirusele. Kalakülmutusseadmete soojusarvutuse meetodi, mille abil arvutatakse välja külmutamise optimaalsed tingimused ($v_k = 3{,}3$ cm/h), põhielementideks võivad olla:

teatud kalaliigi külmutuskestus (tähistame Z_{-5}^{-1}) arvutatakse krüoskoopilisest punktist ($-1°$ C) kuni $-5°$ C-ni, lähtudes külmutuskiirusest ($v_k = 3{,}3$ cm/h);

arvutatakse külmakulu kala külmutamisel samas temperatuuriintervallis ja muud soojusjuurdevoolud antud seadmes või aparaadis Z_{-5}^{-1} tunni jooksul. Soojushulka, mis juhitakse seadmest ära Z_{-5}^{-1} tunni jooksul, tähistame Q_{-5}^{-1} kcal;

külmutusseadme või aparaadi soojuskoormus määratakse suhtega $\frac{Q_{-5}^{-1}}{Z_{-5}^{-1}}$ kcal/h. Edasi arvutatakse selle soojuskoormuse järgi välja torujahutite soojusülekandepind ja külmutusagendi või külmakandja hulk.

Kala külmutamisel väikese soojusakumulatsioonivõimega keskkonnas nõuab suhe $\frac{Q_{-5}^{-1}}{Z_{-5}^{-1}}$ torujahutite soojusvahetuspinna suurenemist. Et aga efektiivsemalt ära kasutada jahutavate aparaatide kogu soojusvahetuspinda, tuleb projekteerida pidevalt töötavaid külmutusseadmeid ja -aparaate, kusjuures toorkala laadimine neisse peab toimuma nii, et pärast maksimaalse kristallitekke lõppu ühes kalapartiis algaks kristalliseerumine teises. Jahutusseadmete arvestusliku soojusülekandepinna vähendamiseks on vaja otsida teid nende soojusülekandeteguri suurendamiseks.

Kala külmutamisel langeb temperatuur teatud vahemikus allapoole krüoskoopilist punkti. Kalatöötlemise praktikas esineb sageli, et ühes ja samas tootmisprotsessis toimub nii kala külmutamine kui ka kala jahutamine, s. o. kala temperatuuri langemine algtemperatuurist kuni krüoskoopilise punktini.

Külmutuskestuse Z arvutamisel on vaja täpselt teada mainitud temperatuurivahemikku, produkti geomeetrilist kuju, mõõtmeid ja omadusi, külmutuskeskkonna soojusnäitajaid ning teisi tegureid, mis mõjutavad külmutusprotsessi.

KÜLMUTUSPROTSESSI KESTUS

Kala külmutamise kestust külmas õhus või vedelikus võib arvutada alljärgneva valemiga, mis annab ligikaudse tulemuse:

$$Z = \frac{120{,}5D(D+F)}{\Theta} \text{ h},$$

kus D — kala suurim paksus, m;
F — kogemuslik koefitsient (kui kala külmutatakse soolvees, on $F_s = 0{,}034$, kui õhus, siis $F_õ = 1{,}032$);
Θ — temperatuurivahe (külmutustäpi ja külmutava keskkonna temperatuuri vahel).

Kala paksus D kõigub 0,01 kuni 0,1 meetrini. Kala külmutamisel soolvees osutub $F_s = 0{,}034$ väga väikeseks suuruseks võrreldes kala paksusega D; kala külmutamisel õhus on suurusel $D = 0{,}01 \ldots 0{,}1$ väike tähtsus võrreldes $F_õ = 1{,}032$. Sellest võib järeldada, et muude võrdsete tingimuste juures kala külmutuskestus soolalahuses on võrdeline kala paksuse ruuduga, aga külmutuskestus õhus on võrdeline kala paksusega. Erinevate kalaliikide arvutatud külmutuskestus õhus ja soolalahuses $-15°$ C juures on näidatud tabelis 23.

Tabel 23

Kala paksus D m	Kala nimetus	Z_s tundi $t = -15°$ C	$Z_õ$ tundi $t = -15°$ C	$Z_õ/Z_s$
0,010	Väga õhuke kala	0,053	1,255	28,70
0,025	Heeringas	1,178	3,184	17,90
0,050	Pikša	0,506	6,518	12,90
0,100	Merehaug	1,614	13,620	8,45

Kui plaadikujulist produkti, mis on eelnevalt jahutatud krüoskoopilise punktini, külmutada mõlemalt poolt, siis võib külmutusprotsessi kestuse arvutada R. Planki valemi abil:

$$Z_p^o = \frac{\gamma r}{\Theta} \cdot \frac{\delta}{2}\left(\frac{\delta}{4\lambda} + \frac{1}{\alpha}\right) \text{ h},$$

kus γ — külmutatava produkti erikaal, kg/m³;
r — 1 kg toote varjatud tahkumissoojus, kcal/kg;
Θ — temperatuurivahe piirpinna ja külmakandja temperatuuri vahel, deg;
δ — plaadi paksus;
λ — soojusjuhtivustegur, kcal/mh deg, (keskmisele integraaltemperatuurile krüoskoopilise ja lõpptemperatuuri vahel);
$\frac{1}{\alpha}$ — üldine soojustakistus jahutatava pinna ja külmakandja vahel;
α — soojusväljastustegur, kcal/m²h deg.

Arvutades külmutuskestust valemi järgi, on δ, Θ ja $\frac{1}{\alpha}$ kindlad suurused, kuna γ, r ja λ valitakse igale tootele empiiriliselt. Analoogilised on ka silindri- või kerakujulise toote valemid, ja nimelt:

silindri puhul

$$Z_s^0 = \frac{\gamma r}{\Theta} \cdot \frac{D}{4}\left(\frac{D}{4\lambda} + \frac{1}{\alpha}\right),$$

kus D on silindri läbimõõt;

kera puhul

$$Z_k^0 = \frac{\gamma r}{\Theta} \cdot \frac{D}{6}\left(\frac{D}{4\lambda} + \frac{1}{\alpha}\right),$$

kus D on kera läbimõõt.

Kõik nimetatud valemid võimaldavad määrata Z kuni selle hetkeni, mil külmutusisotermid kohtuvad kala keskmes. Kala külmutamise praktikas on kala jahutamine kuni krüoskoopilise punktini, külmumine (kristalliseerumine) ning külmutatava kala temperatuuri langus kuni lõpptemperatuurini harilikult ühtne protsess, seepärast on vaja teada, kui kaua kestab see ühtne külmutusprotsess mistahes algtemperatuurist kuni mistahes lõpptemperatuurini.

Tõenäoline on, et

$$Z_{t_1}^{t_2} = AZ^0 + Z_{1\delta}.$$

kus A — koefitsient, mis arvestab algtemperatuuri mõju külmutuskestusele,
$Z_{1\delta}$ — külmutatud kala jahutamiskestus mistahes antud lõpptemperatuurini, näiteks kuni −12 või −18° C.

Plaadi kahepoolseks külmutamiseks tuletas D. G. Rjutov järgmise valemi $Z_{1\delta}$ arvutamiseks:

$$Z_{1\delta} = \frac{n}{a\pi^2}\left(\ln\frac{t_k - t_0}{t_1 - t_0} - 0{,}21\right)\delta\left(\delta + \frac{4\lambda}{\alpha}\right) \text{ tundi,}$$

kus n — parandustegur;
a — kala temperatuurijuhtivus, m²/h,
t_k — kala külmumise algusе temperatuur,
t_1 — lõpptemperatuur kala keskmes,
t_0 — külmakandja temperatuur,
δ — kala üldine paksus, m,
λ — külmutatava kala soojusjuhtivustegur, kcal/mh deg,
α — soojusväljastustegur külmakandjalt jahutatavale pinnale kcal/m²h deg.

Liites plaadikujulise toote puhul $Z_p^0 + Z_{1\delta}$ ja asendades valemis α vastava väärtusega, võib välja arvutada külmutuskestuse (tundides) külmumise algusest (t_k) kuni mistahes lõpptemperatuurini (t_1), s. o.:

$$Z_p^0 + Z_{1\delta} = \frac{\gamma}{\lambda}\left[\frac{r}{8(t_k - t_0)} + \frac{nc}{\pi^2}\left(\ln\frac{t_k - t_0}{t_1 - t_0}\,0{,}21\right)\right]\delta\left(\delta + \frac{4\lambda}{\alpha}\right) \text{ h,}$$

kusjuures r — kala varjatud tahkumissoojus, kcal/kg.
c — külmutatud kala erisoojus, keskmine vahemikus $t_k \ldots t_1$, kcal/kg deg.

Kiirkülmutamise korral on parandustegur $n = 1{,}03 \ldots 1{,}06$, aeglasel külmutamisel $n = 1{,}16$.

r väärtus määratakse sõltuvalt temperatuurist:

$r = r_v W\omega$ kcal/kg, kus r_v on vee tahkumissoojus, võrdub 80 kcal/kg, W — kala veesisaldus, ω — antud lõpptemperatuuril väljakülmunud vee %.

D. A. Hristodulo ja D. G. Rjutovi poolt avastatud lineaarset funktsionaalset sõltuvust külmutuskestuse ja toiduaine (liha) algtemperatuuri t_a vahel võib väljendada järgmiselt:

kui $t_1 = -12°$ C

$$Z_{-12}^{t_a} = Z_{-12}^{-1}\,(1 + 0{,}0048t_a),$$

kui $t_1 = -18°$ C

$$Z_{-18}^{t_a} = Z_{-18}^{-1}\,(1 + 0{,}0028t_a).$$

Kui nendest võrranditest jätta välja aeg, mis on vajalik kala järeljahutamiseks pärast külmutusprotsessi lõppu, võib saada

külmutusprotsessi (algtemperatuur $-1°C$) kestuse keskmise parandusteguri, mis on võrdne binoomiga $n=1+0{,}0053t_a$. Kui viia see binoom valemisse $(Z_p^0+Z_{1\delta})$, saame lõpliku valemi toiduaine külmutuskestuse määramiseks mistahes algtemperatuurist mistahes lõpptemperatuurini:

$$Z_{t_1}^{t_a}=\frac{\gamma}{\lambda}\left[\frac{r(1+0{,}0053t_a)}{8(t_k-t_o)}+\frac{nc}{\pi^2}\left(\ln\frac{t_k-t_o}{t_1-t_o}-0{,}21\right)\right]\delta\left(\delta+\frac{4\lambda}{\alpha}\right)[h].$$

See valem on tegelikult tuletatud liha jaoks, kuid seda võib kasutada ka kala puhul. $Z_{t_1}^{t_a}$ määramiseks kala külmutamisel tuleb valemisse võtta antud juhul külmutava kalaliigi andmed. Näidisandmeteks võib võtta järgmised:

γ — erikaal, ligikaudu 980 ... 1060 kg/m³,
λ — kala soojusjuhtivustegur, keskmine = 1 ~ 1,25 kcal/mh deg,
t_a — kala algtemperatuur, harilikult $t_a=+15 \ldots +18°C$,
r — tahkumissoojus, $r=54$ kcal/kg,
t_k — kala külmumise alguse temperatuur, $t_k=-0{,}8 \ldots -1°C$,
t_0 — jahutava keskkonna temperatuur, °C,
n — kogemuslik koefitsient, mis kiirkülmutamisel võetakse 1,03, aeglasel külmutamisel 1,16,
c — külmutatud kala erisoojus, 1,1 ... 1,6 kcal/kg deg,
δ — kala paksus m, suurima läbilõike väikseim diameeter,
α — soojusväljastustegur, kcal/m²h deg, sõltub peamiselt jahutuskeskkonna liikumiskiirusest ja iseloomust. Õhu jaoks liikumiskiirusega 1 m/sec $\alpha=7{,}5$; 2 m/sec $\alpha=13$; 3 m/sec $\alpha=18$; 5 m/sek $\alpha=27$; 7 m/sek $\alpha=35$; vedela keskkonna (soolalahuse) jaoks kiiruse 0,1 m/sec puhul $\alpha=300$; 0,2 m/sec $\alpha=450$; külmutamisel plaatkülmutis $\alpha=500$ kcal/m²h deg.

Kala algtemperatuuri mõju külmutusprotsessi kestusele on tühine, samal ajal aga isegi kõige väiksem kala lõpptemperatuuri langus nõuab üsna suurt lisaaega järeljahutamiseks.

Tuleb veel kord märkida, et antud valem on kasutatav ainult plaadikujuliste toodete puhul. Külmutuskestuse arvutus on nii sel juhul kui ka teistsuguse kujuga toote puhul üsna keerukas, kuna protsessi kestel muutuvad toote olekut iseloomustavad suurused.

Viimasel ajal on mitme maa teadlased uurinud kala külmutamise kestuse sõltuvust kala suurusest ja kaalust, õhu liikumise kiirusest ja teistest teguritest. Nende uurimuste tulemusena luuakse mitmesuguseid võrrandeid, mis täpsustavad kala külmutamise aja arvutust, eriti õhkkülmutites. A. B. Hatšaturov (VNIHI) töötas välja valemi kala puistatult külmutamise kohta külma õhu voolus. Sel valemil on järgmine kuju:

$$Z_{t_1}^{t_a} = 0{,}041 \frac{D^3}{a} \cdot \frac{F}{V} \frac{1}{\left(\frac{\alpha_k D}{2\lambda}\right) 0{,}84} \cdot \frac{r}{i_a - i_{lk}} \cdot \frac{t_a - t_õ}{t_{lk} - t_õ} \text{ tundi,}$$

kus: D — kala paksus, m,
a — kala temperatuurijuhtivus, m²/h,
F — kala välispind, m²,
V — kala maht, m³,
α_k — kala keskmine soojusväljastustegur, kcal/m² h deg,
λ — kala soojusjuhtivus, kcal/m h deg,
r — jää sulamissoojus, 80 kcal/kg,
i_a, t_a — vastavalt kala algsoojussisaldus ja -temperatuur, kcal/kg ja °C,
i_{lk}, t_{lk} — vastavalt kala soojussisalduse ja temperatuuri keskmised lõppväärtused, kcal/kg ja C°,
$t_õ$ — õhu temperatuur aparaadis °C.

Suurused α_k omakorda määratakse valemiga:

$$\alpha_k = 4{,}5 \frac{\lambda_õ}{D} \left(\frac{vD}{\nu}\right)^{0{,}28},$$

kus: $\lambda_õ$ — õhu soojusjuhtivus, kcal/m h deg,
v — õhu liikumise kiirus, m/sec,
ν — õhu kinemaatilise sitkuse koefitsient, m²/sec.

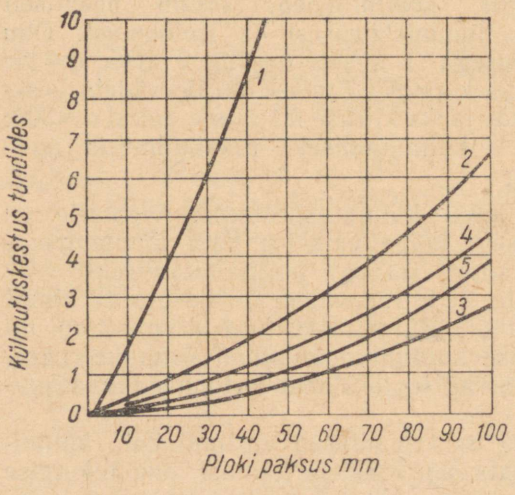
Suurus t_{lk} arvutatakse valemi järgi:

$$t_{lk} = t_õ + \frac{t_{lkese} - t_õ}{0{,}86 + 0{,}31 \frac{\alpha_k D}{\lambda}},$$

kus: t_{lkese} — lõpptemperatuur kala keskmes.

A. B. Hatšaturovi valemi järgi rea kalade külmutamise kestuse arvutuste kõrvutamine katsete tulemustega näitab, et valem annab küllalt täpseid andmeid tootmis-tehnilisteks arvutusteks.

Joonisel 52 on toodud andmed protsessi kestuse kohta mitmesuguste kalafilee külmutamise viiside juures: vedelas keskkonnas, õhukeskkonnas ja plaataparaatides (välismaade andmetel).



Joon. 52. Kalafilee külmutuskestuse kõverad:
1 — aeglane õhkkülmutamine $t = -10°$ C, *2* — intensiivne õhkkülmutamine $t = -25°$ C, $v = 2{,}5$ m/sec, *3* — intensiivne õhkkülmutamine $t = -40°$ C, $v = 10$ m/sec. *4* — plaatkülmutis $t = -15°$ C, *5* — kontaktses märgkülmutis $t = -20°$ C.

Soojushulka, mis külmutamisel eraldub kalast ja külmutav keskkond vastu võtab, ehk, teiste sõnadega, külmakulu kala külmutamisel Q määratakse kahel viisil:

$$Q = G(Q_0 + Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \text{ kcal};$$
$$Q = G(i_a - i_l) \text{ kcal}.$$

Esimeses valemis:

G — kala kaal, kg,
Q_0 — soojushulk, mis eraldub 1 kg kalast selle jahutamisel algtemperatuurist (t_a) kuni külmumistemperatuurini (t_k),
Q_1 — 1 kg kalas sisalduva koemahla külmumise varjatud soojus temperatuurivahemikus $t_k \ldots t_l$ (külmutatud kala lõpptemperatuur),
Q_2 — 1 kg kala kohta tuleva jää jahutamissoojus temperatuurivahemikus t_k kuni t_l,
Q_3 — 1 kg kalas külmutamata lahuse jahtumissoojus, temperatuurist t_k kuni t_l,
Q_4 — sama kala kuivainete kohta, samas temperatuurivahemikus.

Vaatleme esimese valemi üksikuid liikmeid:

$$Q_0 = c_k(t_a - t_k) \text{ kcal/kg},$$

kus c_k — kala erisoojus, kcal/kg,
t_a — kala algtemperatuur, °C,
t_k — koemahlade külmumistemperatuur, °C,

$$Q_1 = W\omega_r - \text{kcal/kg},$$

kus W — veesisaldus 1 kg kalas, kg,
ω — väljakülmunud vee protsent lõpptemperatuuril t_l,
r — vee varjatud tahkumissoojus, kcal/kg.

$$Q_2 = W\omega c_j(t_k - t_l) \text{ kcal/kg},$$
$$Q_3 = W(1-\omega)c_m(t_k - t_l) \text{ kcal/kg},$$
$$Q_4 = (1-W)c_a(t_k - t_l) \text{ kcal/kg},$$

kus c_j = jää erisoojus, võrdub 0,5 kcal/kg deg,
$(1-\omega)$ — külmumata koemahla osa,
c_m — külmumata koemahla erisoojus, võrdub 0,7 kcal/kg deg,
c_a — kuivaine erisoojus ($c_a \approx 0{,}35$ kcal/kg deg).

Liites kõik parempoolsed liikmed,

$$Q = G[c_k(t_a - t_k) + 80\,W\omega + c_k'(t_k - t_l)]\ \text{kcal},$$

kus

$$c_k' = W\omega c_j + W(1-\omega)c_m + (1-W)c_a.$$

Kalâ veesisaldus määratakse tabeli abil, rasvase kala puhul on see ligikaudu 0,6, lahja kala puhul 0,75 ... 0,80. Väljakülmunud vee hulka kalas ω määratakse G. B. Tšižovi valemi abil või võetakse tabelist (vt. lk. 134 tabel 20). Kala erisoojuseks c_k' allpool külmumistäppi võib võtta rasvase kala jaoks 0,45 ja lahja kala jaoks 0,49.

Kui kala külmutamine või teistkordne külmutamine pärast osalist ülessulamist toimub taaras, siis on vaja külmakulu arvutada ka taara jahutamiseks, kasutades valemit:

$$Q_t = G_t c_t (t_a - t_l)\ \text{kcal},$$

kus G_t — taara materjali kaal, kg,
c_t — materjali erisoojus kcal/kg deg.
Teises Q määramise valemis:
G — kala kaal, kg,
i_a — kala entalpia temperatuuril t_0, kcal/kg,
i_l — kala entalpia temperatuuril t_l, kcal/kg.

Selle valemi kasutamine lihtsustab tunduvalt külmakulu arvutust, kuid selleks on vaja entalpiate tabelit (vajalike temperatuuride piires). Olemasolevates tabelites on antud keskmised entalpiad rasvase ja lahja kala, samuti tursaliste filee kohta (I ptk. lk. 20, 21). Täpsemaks arvutuseks selle meetodi järgi on vaja teada kõigi külmutatavate kalaliikide entalpiaid. Määrame Q näiteks 1 t koha külmutamiseks algtemperatuurilt $t_a = +15°$ C lõpptemperatuurini $t_l = -12°$ C. Tabelist saame lahja kala entalpia $t_a = +15°$ C ja $t_l = -12°$ C puhul vastavalt $i_a = 76{,}1$ kcal/kg ja $i_l = 5{,}9$ kcal/kg. Leiame külmakulu 1 kg kala külmutamiseks: $76{,}1 - 5{,}9 = 70{,}2$ kcal/kg. Seega $Q = G(i_a - i_l) = 1000 \cdot 70{,}2 = 70\,200$ kcal.

KALA KÜLMUTAMISE VIISID (LIIGITUS)

Tuntud tööstuslikud kalakülmutuse viisid on seotud ühtede või teiste kalakülmutusseadmete või -aparaatidega.

Neile seadmetele või aparaatidele esitatakse järgmisi üldisi või protsessi tehnoloogiast tulenevaid põhinõudeid:

1. Kalakülmutusseadmed peavad tagama külmutatud kala või kalasaaduste kõrge kvaliteedi; külmutusprotsess peab neis kulgema suure kiirusega ja kõrge soojusväljastusteguriga võrdselt

kogu külmutatava pinna ulatuses; kalaga vahetult kokkupuutuv jahutuskeskkond peab olema kahjutu ega tohi kalas esile kutsuda ebasoovitavaid muutusi.

2. Seadmed ja aparaadid peavad olema küllalt suure tootlikkusega (läbilaskevõimega), soovitavalt pideva töörežiimiga ja kompaktsed.

3. Kalakülmutusseadmed peavad rahuldama üldist nõuet — olema konstruktsioonilt lihtsad, ekspluatatsioonikindlad, odavad ja soovitav universaalsed.

4. Kalakülmutusseadmete jahutav keskkond peab olema ohutu külmutuskambrit teenindavale personalile, plahvatuskindel ja neutraalne temaga kokkupuutuvate metallide suhtes.

5. Kalakülmutusseadmete ja -aparaatide konstruktsioon peab soodustama neis laitmatute sanitaar-hügieeniliste tingimuste hoidmist.

Esimene nõue tuleneb kala külmutamise tehnoloogilise protsessi olemusest, sest nagu eespool tõestati, võib ainult värske kala kiirel külmutamisel saada kvaliteetset külmutatud kala. Seejuures on tähtis, et see protsess toimuks mitte ainult hea soojusväljastusteguriga, vaid et külmutamine kulgeks ühtlaselt, et külmutatud kalas oleks kõikjal homogeenne struktuur.

Kala ja jahutuskeskkonna vaheline difusioon, samuti aurumine kala pinnalt (tahenemine) tingivad kala esialgse toitevääruse muutumise ja on selle tõttu ebasoovitav.

Teine nõue kajastab kalatööstuse konkreetseid tingimusi: toorkala saabub külmhoonetesse hooajaliselt. Paljudes kalapüügirajoonides püütakse II kvartalil jooksul rohkem kui pool kalapüügi aastaplaanist. Seda iseärasust tuleb kalakülmutusseadmete projekteerimisel arvestada, sest ainult sel juhul suudavad need seadmed vastu võtta ja töödelda maksimaalse koguse antud rajooni ööpäevasest kalapüügist. Kalapüügi hooajalisus dikteerib tihti vajaduse projekteerida mitmest sektsioonist koosnevaid külmutusseadmeid, kusjuures sektsioonide arv oleneb toorkala saabumise ebakorrapärasusest.

Tavalistes tingimustes kalas kiiresti saabuvad ja kiiresti kulgevad surmajärgsed muutused, mis halvendavad toorkala kvaliteeti, tingivad vajaduse vähendada ajavahemikku kala väljapüügimomendi ja külmutamise vahel.

Sel ajal, kui toorkala ootab külmutamisele saatmist perioodiliselt töötavate külmutusseadmete juures, langeb kala kvaliteet ja seda ei ole enam võimalik taastada ka tänapäeva töötlemistehnoloogia abil. Sellepärast ongi soovitav kasutada pidevalt töötavaid külmutusseadmeid. Pideva tegevusega seadmetes on palju kergem hoida töötlemisel kindlat temperatuuri- ja niiskusrežiimi, sellel on aga kala külmaga töötlemisel suur tähtsus. Peale selle on pideva protsessi korral seadme tootlikkus suurem ning kogu tehnoloogilist sisseseadet kasutatakse täielikumalt.

Külmutatavaid kalaliike on palju, seepärast tuleb püüda projekteerida universaalseadmeid, s. o. seadmeid, mis sobivad mitmesuguste toorkalaliikide külmutamiseks. Ülejäänud nõuded ei vaja selgitust.

Külmutusviise võib klassifitseerida mitmesuguste tunnuste järgi.

Soojusvahetuse iseloomu järgi võib kõiki tuntud toiduainete külmutamise viise jagada kolme järgmisse rühma: I — konduktiivsel soojusvahetusel põhinevad, II — konvektiivsel soojusvahetusel ja III — segasoojusvahetusel põhinevad.

Konduktiivse soojusvahetuse meetodeid iseloomustab see, et siin on külmutamisel domineeriva tähtsusega soojusjuhtivus. Külmutatava produkti (filee või terve kala) maksimaalne pind puutub vahetult kokku mingi tahke keskkonnaga (metalli või painduva kestaga). Sellesse rühma kuulub filee külmutamine külmade metallplaatide vahel.

Konvektiivse soojusvahetuse meetodite puhul domineerib üldises soojusvahetuses konvektsioon. Produkti kogu või maksimaalne pind puutub vahetult kokku kas õhuga või vedelikuga. Antud juhul on soojusvahetus soojusjuhtivuse (konduktsiooni) kaudu palju väiksem kui konvektsiooni abil. Siia kuulub näiteks kala külmutamine soolvees ja külma õhuga.

Segasoojusvahetuse viise iseloomustab näht, et objekti soojus eemaldatakse temast mitmesuguste kombineeritud soojusvahetuse viisidega. Sellesse rühma kuuluvaks tuleb lugeda kala külmutamine stellaažidel, jää-soola segus jne.

Kõige levinumaks on külmutusviiside klassifitseerimine jahutava keskkonna järgi. Selle tunnuse järgi jaotatakse kala külmutamise viisid 5 rühma:

külmutamine jää-soola segus,
külmutamine õhuga,
külmutamine soolvees (kontaktne ja kontaktita),
kontaktne külmutamine tahke keskkonnaga,
külmutamine keevas külmutusagendis.

Kala külmutamine jää-soola segus

Külmutamisel jää-soola segus on kalatöötlemisel väga suur tähtsus, eriti neis rajoonides, kus pole külmutushooneid, ja suurpüügi ajal, kui kalatöötlemisettevõtetesse saabub rohkesti kala.

Selle viisi tehnika on lihtne: kala asetatakse kihtide kaupa jää-soola segusse, kus ta sellega vahetult kokku puutub (kontaktkülmutamine) või siis kala eraldatakse segust hästi soojust juhtiva metallplaadiga (kontaktita külmutamine). Praktiseeritakse ka kala külmutamist külmas soolalahuses, mis tekib jää-soola segu sulamisest.

Jää-soola segus külmutamine on rajatud jää ja soola segu enesejahutamise nähule. Jää ja soola (NaCl) segus kulgevateks protsessideks on jää sulamine ja samaaegne soola lahustumine, kusjuures jää sulamissoojus ja soola lahustamissoojus neelduvad. Segu komponentide täiuslikumaks vastastikuseks mõjutamiseks on tähtis valmistada niisugune segu, milles komponentide kokkupuutepind oleks kõige suurem. Segu sulamise temperatuur sõltub jääga segatavast soolakogusest, kuid soola lisamine jääle annab ainult teatud piirini temperatuuri maksimaalse languse, mis nähtub tabeli 24 andmeist.

Tabel 24

Soolakogus (NaCl) protsentides jää kaalust	Segu jahutustemperatuur °C	Segu külmatootlikkus kcal/kg
6	− 3,5	77
8	− 4,9	76
10	− 6,1	75
12	− 7,5	74
14	− 9,0	72
16	−10,5	70
18	−12,1	68
20	−13,7	66
22	−15,2	63
24	−16,9	60
26	−18,6	57
28	−19,9	53

Bobkovi ligikaudsete valemite järgi:

a) jää-soola segu temperatuur $t_s = -0{,}7x$, kus x — soolasisaldus %-des jää kaalust;

b) segu külmatootlikkus (kcal 1 kg jää kohta):

$$q = 80 + t_s;$$

c) jää-soola segu mahukaal kg/m³ sõltuvalt soola protsendist:

$$\gamma = 500 + 5x.$$

Kala külmutamisel jää-soola segus, eriti kontaktmenetlusel peab jää ja soola kvaliteet vastama sanitaarnõuetele.

Kontaktkülmutamisel jää-soola seguga on olulised kolm soojusvahetuse tegurit: a) kala vahetu kokkupuude jäätükkide ja soolaga, b) segu sulamisel tekkinud lahus ja c) segu komponentide vahel olevad õhumullid. Jäätükkide ja kala vahetu kontakt ei ole püsiv, sest protsessi alguses esinev väike kontaktipind kasvab protsessi käigus. Seega on hoolimata kala jää-soola segus

külmutamise tehnika lihtsusest soojusvahetus selles protsessis keerukas.

Kala jää-soola segus külmutamise moodused jagunevad järgmiselt: 1) kontaktmenetlus basseinides, kastides, virnas või taaras; 2) kontaktita menetlus virnas ja vormides.

Märgkontaktkülmutamisel asetatakse kala kihtide kaupa basseini ja iga kalakiht puistatakse jää-soola seguga üle. Jää ja soola sulamisest tekkiv lahus vajub alla ja koguneb basseini põhja. Alumised kalakihid jäävad basseini põhja kogunenud lahusesse ning soolduvad seetõttu. Sooldumise tagajärjel langeb kalade külmumistäpp ja külmutatud kala teataval määral pehmeneb. Lahuse mõjul kala tuhmub ja tema välimus halveneb. Peale selle kala ladumisel kihtidesse vaheldumisi soolaga ning kala ja jää kihtide raskuse mõjul tekib vigastusi ja deformeerumisi.

Jää-soola seguga külmutamine toimub järgmiselt. Külmutamiseks võetakse täiesti värsket või jääs või ka jää-soola segus toodud kala. Jääd võetakse jäähoidlast või -virnast ning peenendatakse jääpurustites. Määrdunud jäätükke pestakse puhta veega. Bassein eelnevalt puhastatakse ja desinfitseeritakse. Enne kala laadimist basseini kallatakse sinna soolalahust (soolamisest jäänud soolvesi või ka külmutamise soolalahus) 5% kala kaalust või 2% basseini mahust ning puistatakse sellesse jääd. Jääkihi tase peab veidi ületama soolalahuse pinna. Jää peale puistatakse niipalju soola, et segu temperatuur on umbes −10 ... −12° C. Kala laotakse 14 kihti ning iga kihi vahele puistatakse jää-soola segu. Pealmisse kihti puistatakse jääd mõnevõrra rohkem, ka igale jääreale lisatavat soolaannust suurendatakse alt ülespoole järkjärgult.

Külmutusprotsess ei kesta üle 24 tunni, selle aja jooksul peab temperatuur kalas olema langenud kuni −8° C. Kala hoidmine basseinis liiga kaua halvendab tema kvaliteeti.

Enne tühjendamist täidetakse bassein soolalahusega (soolveega) nii, et see ulatuks kalast 15 ... 20 cm kõrgemale. Tühjendamiseks tehakse jääkihti kaev. Väljavõetud kala asetatakse kuiva taarasse. Suured kalad laotakse taarasse ridamisi (pealmine rida seljaga ülespoole, teistel allapoole). Peenkala asetatakse taarasse reastamata. Kala suunatakse tarbimiskohale taaras.

Kogemused näitavad, et transportimisel isotermilistes vagunites temperatuuril −3° C säilib kala rahuldav seisund 7 ... 8 ööpäeva jooksul.

Külmutamisel jää-soola segus väheneb kala kaal: kohal keskmiselt 5,35%, latikal 6,1%, voblal 6,5%. Sel viisil külmutatud kala iseloomustab kala osaline deformeerumine, kõverdumine, lõpuste tõmbumine kahvaturoosaks, silmad on orbiidi tasemel

(kui külmutati eluskala, siis silmad on pungis). Soolalahuse mõjul muutub kala pealispind, nn. «särk», kas kahvatumaks või tumedamaks, kõht, liha ja luid ümbritsevad koed omandavad roosaka varjundi. Selle tõttu, et kala veidi sooldub (keskmiselt soolsuseni 1,3%), omandab kala pinnakiht pehme konsistentsi. Läbikülmumata, kokkukülmunud ja katkised kalad sorteeritakse välja kui jäätmed.

Kala külmutamisel basseinides on palju puudusi. Peamiseks neist on kala vahetu kontakt jääga. Basseinist väljavalamisel külmutatud kala murdub. Kui kala sorteeritakse alles pärast külmutamist, on jäätmeid 3...12%.

Külmutatud kala kvaliteeti võib tunduvalt parandada, kui kala sorteerida ja pesta pärast külmutamist, samuti kui vähendada basseinide kõrgust ja kala basseinis viibimise kestust.

Paremaid tulemusi annab kuiv kontaktkülmutamine, s. o. kala külmutamine basseinides (vannides) soolalahuse eemaldamisega või virnades. Basseinides ja vannides võib ainult kala alumine kiht sattuda soolvee mõju alla, mis kuivkülmutamisel basseinist välja pumbatakse või siis valgub vabalt välja, kui külmutamine toimub pealmaa-vannides. Basseinidesse, kus toimub külmutamine jää-soola seguga, ehitatakse 0,3...0,4 m kõrgusele põhjast topeltpõhi ning jäetakse kattelaudade vahele pilud, et jää sulamisest tekkinud soolvesi ära voolaks. Peale selle varustatakse basseinid kantavate puittorudega, mida kasutatakse soolalahuse väljapumpamiseks vooliku abil.

Kala külmutamine virnas toimub tootmisruumides selleks eraldatud platvormidel või erilistes kapitaolistes mitme sektsiooniga punkrites. Platvorm tarastatakse. Platvormide ja salvede hulk sõltub jää-soola segus külmutatava kala kogusest. Oluline on, et iga kalakiht oleks kaetud ühtlaselt jää-soola seguga ning soolvesi voolaks pidevalt ära.

Täiuslikum on külmutamine taaras. Kala külmutatakse kuni 250-liitrise mahuga taaras, mille põhja puuritakse 5...6 ava. Lõunapoolsetes rajoonides vooderdatakse taara seestpoolt tihedalt hundinuialehtedega. Taarasse laotakse kalu vähemalt 5 rida, kalaread kaetakse jää ja soolaga, kusjuures jää ja kala protsentuaalne vahekord on ülemistes ridades suurem kui alumistes.

Jää ja soola eelnev segamine tagab kala madalama temperatuuri (1...2 deg) kui jää ja soola puistamine taarasse kihiviisi. Taarasse lisatava jää hulk kõigub olenevalt aastaajast 40... ...100% kala kaalust, soola hulk 15...18% jää kaalust.

Kala külmutamist taaras kasutatakse kala lähetamiseks tarbimiskeskustesse: õhutemperatuuri 19...4,5° C juures võib kala säilida 7...15 ööpäeva. Kaod on sel juhul väiksemad kui külmutamisel basseinis (0,5...0,8%), vähenevad jäätmed ja kala ümbertõstmiste arv, jäävad ära sellised töömahukad operatsioonid nagu kala laadimine basseini ja sealt väljavõtmine. Taaras

külmutamist ei saa siiski pidada mingiks iseseisvaks külmutusviisiks, see on ainult üks kala transportimise viis kalatööstusest tarbimiskohani. Kala täielikku külmumist siin ei toimu, toimub ainult nõrk külmutamine jää-soola segu mõjul transportimise ajal.

Otsese kokkupuute tagajärjel külmutussegu ja soolalahusega kala teatud määral sooldub, muudab värvust ja sulamisel suurenevad kaod. Taaras külmutatud kala säilitamiskestus ei erine kuigi palju jahutatud kala antiseptilises jääs säilitamise kestusest, vahe on aga selles, et jahutatud kala kvaliteet on tunduvalt parem kui taaras külmutatud kalal.

Kontaktita külmutamisel ei puutu kala jää-soola seguga vahetult kokku, sellepärast ongi kontaktita külmutatud kala kvaliteet parem. Kontaktita külmutamisel jää-soola seguga pannakse basseinidesse või virna, kus külmutamine toimub, iga kala- ja jää-soola kihi vahele tsinkplekileht. Sel juhul kala, jää ja soola ülemiste kihtide surve jaotub ühtlaselt üle kogu kalakihi ja deformeerumine ning sooldumine on siin väiksem.

Kontaktita külmutamisel on laialdaselt kasutusel erilised metallvormid, kuhu kala laotakse ühtlaselt ja tihedalt. Kalaga täidetud vorm kaanetatakse tihedalt. Vormid valmistatakse kas tsink- või dekapeeritud plekist, mille paksus on 1 . . . 1,5 mm. Vormides võib külmutada kõiki peenkalaliike, seda võib teha basseinides, vannides ja virnades.

S. M. Bõstrov (VNIHI) soovitas külmutada kala jahutatud segu abil isotermilises kapis. Kala pannakse tsinkplekist konteinerisse, mis asetatakse kappi ja ümbritsetakse igalt poolt jahutava seguga. Kalaga täidetud vorme võib asetada ka lahtivõetava esiseinaga salve ning puistata üle jää ja soolaga. Bõstrovi külmutusaparaadi katsetamisel selgus, et 1 kg kala külmutamiseks kulub 2 kg jahutussegu.

Külmutamisprotsess kulgeb kõige efektiivsemalt, kui soolakontsentratsioon jahutavas segus on 22% piires (21 . . . 23%). 3 . . . 6 cm paksuse kalakihi külmutamiseks konteineris kulub 10 . . . 11 tundi, külmutamisel tekkiv kaalukadu on 1,1%. Külmutusprotsessi kestus on umbes 12 tundi 40 minutit, sellest kulub ettevalmistamiseks ja 12 vormi aparaati asetamiseks 1 tund 30 minutit, kala väljavõtmiseks 30 minutit ja aparaadi pesemiseks pärast külmutamist 10 minutit.

Kõigi kala jää-soola seguga külmutamise kirjeldatud mooduste juures tuleb kasutada täiesti puhast purustatud jääd (tüki suurus 4 . . . 5 cm) ja puhast kuiva suureteralist keedusoola. Sõltuvalt kala algtemperatuurist tuleb jääd võtta 100 . . . 125% kala kaalust, soola aga 25% jää kaalust.

Kala peetakse külmutatuks, kui peenkala lihaskoe temperatuur on langenud kuni −10° C-ni ja suurel kalal kuni −8° C-ni.

Kala külmutamine looduslikes tingimustes õhuga

Karmi kliimaga rajoonides kasutatakse jää alt püütud kalade külmutamiseks edukalt talvist külma õhku. Kala külmutatakse kohe pärast püüki püügikoha vahetus läheduses jääl. Jääväli, millel kala külmutatakse, peab olema kaitstud liiva, tolmu ja mustuse eest.

Püütud absoluutselt värske kala laotakse viivitamatult jääle ühte ritta. Küllalt tugeva pakase (−15° C ja madalam) ja tuulise ilmaga toimub külmutamine väga kiiresti. Külmutataval kalal on lõpused avatud, uimed laiali, silmad pungis, lõpuste vahele ilmuvad bordoopunased vöödid. Kõik need tunnused on garantiiks, et kala oli külmutamishetkel täiesti värske.

Kui külmas õhus külmutatakse eluskala, siis ei saa rääkida surmajärgsetest muutustest. Isegi surnud, kuid täiesti värske kala puhul on neis tingimustes surmajärgsed muutused minimaalsed. Külmumisprotsessi suur kiirus on seletatav väga soodsate soojusvahetustingimustega ja suure soojusväljastusteguriga nii kala sellelt küljelt, mis puutub kokku jääga, kui ka teiselt, mida ümbritseb pidev külma õhu vool.

Seega jää alt püütud kala külmutamisele looduslikes tingimustes on iseloomulik:

külmutatava toorkala (elus või äsja surnud, kuid täiesti värske) kõrge kvaliteet,

kala külmutatakse vahetult pärast püüki, seepärast on külmutamise momendil surmajärgsed muutused kalas väga väikesed või ei esine üldse,

väga soodsad soojusvahetustingimused ning piiramatu külma allika olemasolu,

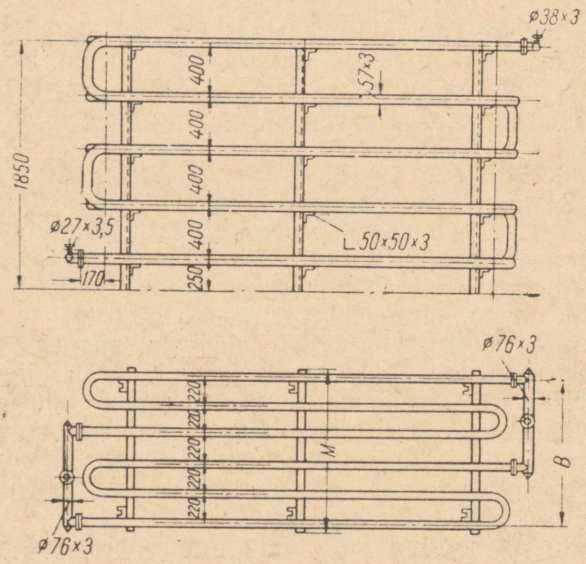
külmutatud valmistoodangu täiesti rahuldav kvaliteet.

Nende asjaolude tõttu on kala külmutamine talvises külmas õhus tehnoloogia seisukohalt üks kõige täiuslikumaid. Selle viisi puuduseks on, et seda saab kasutada ainult talvel karmi kliimaga rajoonides.

Külmutamine toruriiulitel

Vanades külmutushoonetes leidub veel toruriiuleid. Riiulid kujutavad endast torude süsteemi (vt. joon. 53), mis on monteeritud vahetult külmutuskambrisse (joon. 54).

Torudes aurub külmutusagent. Igal horisontaalsel torude real on tsingitud plekktahvlid (või vormid), kuhu on asetatud külmutatav kala. Kala tuleb plekktahvlitele laduda väljaspool külmutuskambrit, sest sellega tõuseb külmutuskambri kasutamise efektiivsus, väheneb külmakulu ja teenindava personali töötingimused on paremad.



Joon. 53. Stellaaž kala külmutamiseks.



Joon. 54. Külmutuskambrisse monteeritud toruriiulid.

Ratsionaalne on laadida ja tühjendada külmutuskambrit transportööri abil, mis väljub eelruumi väikese seina tehtud ava kaudu. Ava on kaetud eesriidega nii, et see ei takista kalade transportimist.

Otstarbekohane on järgmine külmutusrežiim. Kala kambrisse laadimine ja kambri tühjendamine peab toimuma organiseeritult. Kamber täidetakse ühekorraga ning ühesuuruse kalaga. Kambrit ei tohi üle koormata. Kala tuleb laduda riiulitele järgmiselt: suured kalad ühte ritta ja kokkukülmumise vältimiseks lahedalt, peenkala mitte üle 12 cm paksuse kihina. Kambris peavad olema sanitaarnõuetele vastavad tingimused. Temperatuur kambris ei tohi olla üle −18° C, soovitav −30° C ja madalam, suhteline niiskus 90...95%.

Soojusvahetusprotsess on kala külmutamisel riiulitel küllaltki keerukas. Suure soojusülekandepinnaga metallplaatidele paigutatud kala puutub vahetult kokku hästi soojust juhtiva metalliga, kuid kala ülejäänud, suhteliselt suuremal pinnal toimub konvektiivne soojusvahetus teda ümbritseva külma õhuga. Kuna aga konduktiivne soojusvahetus toimub energilisemalt, külmub kala paremini ja kiiremini nendes kihtides, mis puutuvad kokku metallplaadiga. Seega asuvad riiulitel külmutatava kala erinevad osad erisugustes soojusvahetustingimustes. Praktiliselt ühtlustatakse need tingimused kala pideva liigutamisega. Perioodiliselt üks-kaks korda külmutusprotsessi kestel pööratakse suurt kala, kihtidena asetsevat väikest kala aga raputatakse.

Külmutuskambri laadimisel juhindutakse järgmistest normatiividest: kambri 1 m² põrandapinna kohta arvestatakse 100 kg kala, riiulite 1 m² pinna kohta 30...50 kg kala. Loomuliku õhuringluse korral on kala külmutuskestus (tundides) kambri temperatuuri −18...−23° C juures järgmine.

Peenkala	8...12
Kuni 3-kg kala	12...18
Üle 3-kg kala	18...36
Suured tuurakalad	36...48

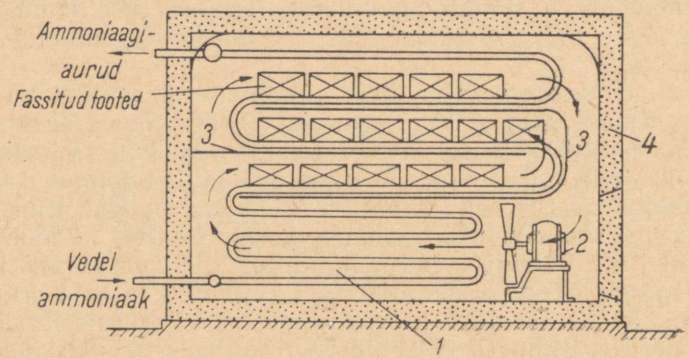
Kiirendatud õhuringlus soodustab soojusvahetust ning külmutuskestus väheneb märgatavalt, seepärast on kambrite tootlikkuse suurendamiseks soovitav õhuringlust intensiivistada.

Selleks tuleb iga riiuli kohale ehitada vahelagi, millele monteeritakse kimbukujuliselt aurustuspatareid ning ventilaator. Juhtpindade abil suunatakse külm õhk paralleelselt kala kohale toruriiulite vahele. Stellaaži otsi piiravad juhtvaheseinad, külgmised seinad on aga külmutusprotsessi ajal kaetud kergete kokkupandavate eesriietega, mis haakide abil on kinnitatud vahelae külge.

Külmutuskambrite ümberehitamine ei tekita raskusi, tuleb ainult seoses kambrite tootmisvõimsuse suurendamisega vastavalt suurendada ka külmutusmasinate tootlikkust.

Mõnedes kalatöötlemisettevõtetes, näiteks Moskva ja Bautino kalakombinaadi külmutushoonetes, kiirendatakse külmutusprotsessi kambri pikivaheseina, mis ei ulatu kambri otsmiste seinteni, ning ventilaatorite abil, mis panevad õhu liikuma horisontaalses ringis. Kahtlemata on selline moodus harilikust «vaiksest» toruriiulitel külmutamisest parem, sest seejuures kala külmumine kiireneb.

Külmutusmasinate küllaldase külmatootlikkuse puhul võib sel viisil suurendada külmutuskambri läbilaskevõimet kuni 20%.



Joon. 55. Külmutuskapp:
1 — õhujahutustorustik, *2* — ventilaator, *3* — suund-vaheseinad, *4* — kapi isoleeritud korpus.

Joonisel 55 on näidatud VNIHI kapitüüpi külmutusaparaat. See on üks esimesi nõukogude kiirkülmutusaparaate (1936. a.). Isoleeritud kapis asub siugtorujahuti, mis kapi ülemises osas moodustab riiulid nagu stellaažil, alumises osas aga läheb üle õhujahutiks. Elektriventilaator on asetatud kappi; kapis on toruriiulite vahel juhtvaheseinad õhuvoolu juhtimiseks. Ventilaatori tootlikkus on 1400 m^3/h. Igale riiulile asetatakse kaks metallvormi (mõõtmed $0{,}6 \times 0{,}5 = 0{,}3$ m^2), kusjuures kolme riiuli puhul on nende kasulik laadimispind kokku 1,8 m^2.

Ventilaator puhub õhujahutis jahutatud külma õhu piki juhtvaheseinu riiulite vahele, kus õhk soojeneb kalast eraldunud soojuse arvel ning pöördub uuesti tagasi õhujahutisse, et anda soojus üle külmaagendile. Riiulite vahe on 170 mm. Külm õhk liigub siin kiirusega 4 m/sec.

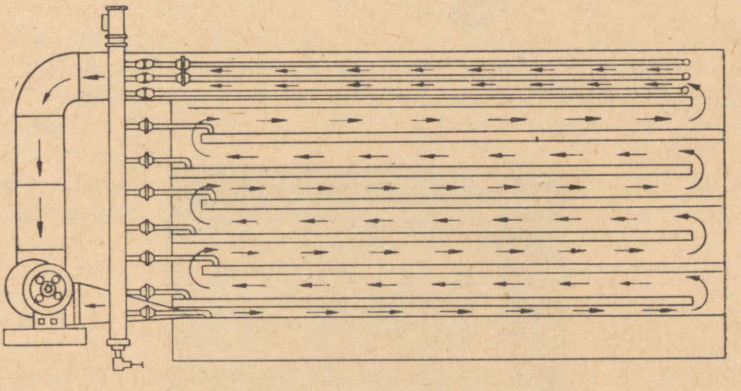
Külmutusaparaadi mõõtmed on $1{,}8 \times 0{,}9 \times 1{,}7$ m ja ta mahutab 100 ... 150 kg kala.

Aparaadi tootlikkus ringleva õhu temperatuuri $-30°$ C puhul, (pappkarpides või toosides marjade külmutuskestusega 3 ... 4 tundi) on umbes 0,5 tonni. Aparaadis võib külmutada mistahes

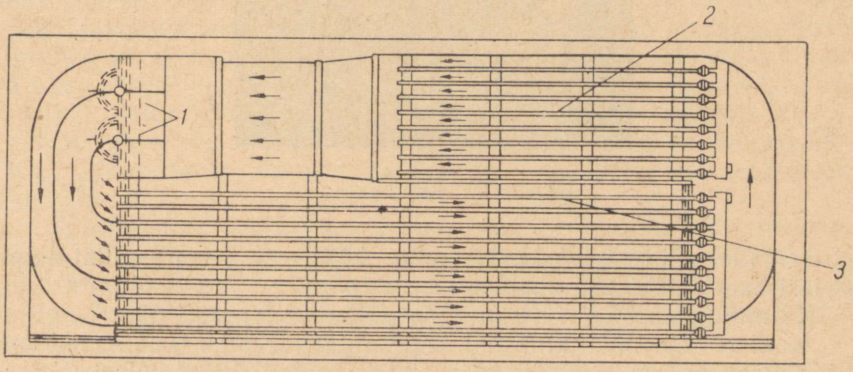
liiki igasuguse kuju ja kaaluga toiduaineid, kui need ainult mahuvad kapi riiulitele.

Külma õhu (−26° C) liikumisel kiirusega 4 m/sec tõuseb külmutuskiirus 120... 140%, 46 mm paksuse peegelkarpkala külmutamine taolises aparaadis kestab 1,5 tundi, samal ajal kui harilikus külmutuskambris kulub selleks −32° C juures 3,5 tundi ja sasaani külmutamiseks vastavalt 2,2 ja 5 tundi.

Joonisel 56 on kujutatud sama tüüpi aparaati, kuid selles on õhujahuti paigutatud ülemisse ossa. Riiulid on valmistatud õõnsatest metall-lattidest, mis tihedalt üksteise vastu panduna moodustavad sileda pinna kalade paigutamiseks. Sellise aurustussüsteemi puhul on riiulid ühtlasi ka juhtvaheseinteks. Riiuleid võib kinnitada aparaadi otsmiste seinte külge üle ühe, nii nagu on näidatud joonisel 56, siis külm õhk läbib riiulid järjestikku.



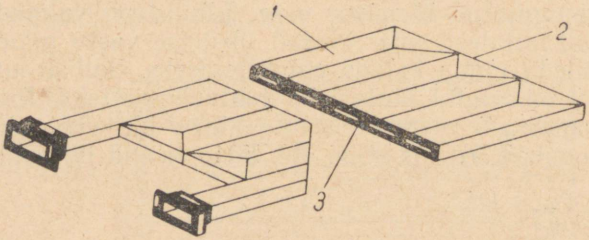
Joon. 56. Külmutuskapp järjestikuse külma õhu vooluga.



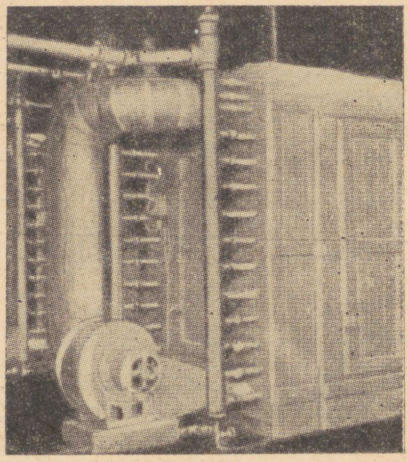
Joon. 57. Külmutuskapp paralleelse külma õhu vooluga:
1 — ventilaatorid, *2* ja *3* — paralleelriiulid.

Kui aga kinnitada riiulid raamistikule ja eemale otsmistest seintest, nagu see on näidatud joonisel 57, siis külm õhk läbib riiulid paralleelselt.

Aurustussüsteemi konstruktsioon, mida on kujutatud joonisel 58, loob paremad soojusvahetustingimused võrreldes torukonstruktsiooniga ning kindlustab täieliku vahetu kontakti (98%) külmutusvormidega.



Joon. 58. Aparaadi aurustussüsteemi konstruktsioon:
1 — punktkeevitus, *2* — keevisliide, *3* — torujuhtme läbilõige.

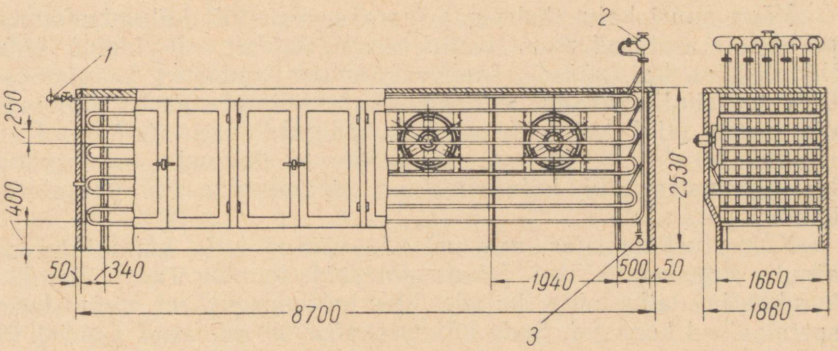


Joon. 59. Külmutuskapp.

Samadel põhjustel on paralleelne külma õhu vool eelistatum järjestikuselt läbivast voolust.

Külmutusaparaadi väliskuju on näidatud joonisel 59.

Joonisel 60 on kujutatud külmutusaparaati «Leningrad-2», mida kasutatakse mitmesuguste toiduainete külmutamiseks. See on samuti kapitüüpi aparaat. Nagu jooniselt näha, kujutab ta endast isoleeritud kappi mitme kahepoolse uksega ühel pikiküljel,



Joon. 60. Külmutusaparaat «Leningrad 2»:
1 — vedeliku kollektor, *2* — aurukollektor, *3* — sulatusliini kollektor.

mille kaudu kappi laaditakse ja tühjendatakse. Kapi sisemusse on monteeritud toruriiulid, kuhu asetatakse külmutatav produkt. Ühtlasi toimub neis torudes külmutusagendi vahetu aurumine. Kapi sees on vastasseinale asetatud ventilaatorid õhu ringlema panemiseks kiirusega 1,5...2 m/sec ja enam.

Külmutusagent aurustub torudes −28° C juures, aga õhutemperatuur langeb pidevalt −12° C-lt (hetkel, mil aparaati täis laaditi) kuni −18° C-ni (külmutamise lõpus).

Kala külmutamine külmutuskambrites

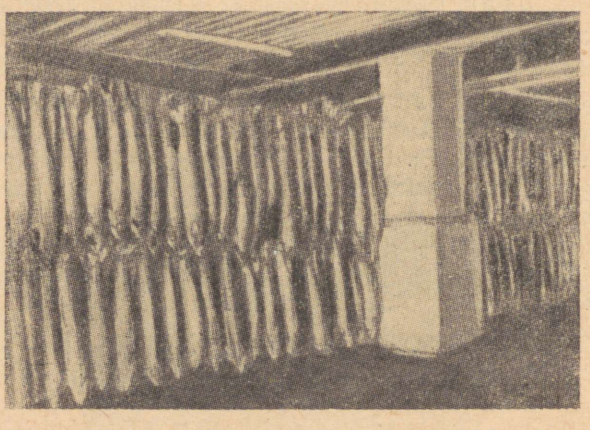
Külmutuskambrites ja intensiivselt töötavates külmutusaparaatides paistab silma õhkkülmutusmenetluste skeemide mitmekesisus. Intensiivse külma õhu ringlusega külmutusseadmete kasutamine toiduainete külmutamiseks on viimasel ajal saanud väga populaarseks; väljatöötatud konstruktsioone on palju, neist mitmed külmutusseadmed ja -aparaadid on juba juurutatud tootmisse. Ühine joon, mis iseloomustab neid kõiki, on konvektiivne soojusvahetus kala ja külma õhu vahel, üksikud lahendused erinevad üksteisest ainult soojusväljastusteguri suuruse poolest. Kala külmutamist rippasendis kambrites iseloomustab väike soojusväljastustegur.

Torukülmutusseadmetega varustatud külmutuskambrites hoitakse õhutemperatuur −18, −23, −30 ja isegi kuni −45° C juures. Suured kalad (tuurakalad ja lõhelised) riputatakse konksude külge, nagidesse või rippteedele, harilikult kahte ritta kambri kõrguse suunas.

Hinnalisi kalu, nagu näiteks valge lõhe ja kuraa lõhe, on otstarbekohane enne külmutusele riputamist jahutada tsingitud plekktahvlitel kuni −1° C-ni.

Väga suuri kalu (beluuga) laotakse vahetult külmutuskambri põrandale asetatud puust restidele või lattidele, nii et neile külm õhk kõikjal ligi pääseb. Stellaažkülmutuskambrites kasutatakse tihti toruriiulitevahelisi läbikäike kala külmutamiseks rippasendis, samal ajal kui väiksem kala paigutatakse riiulitele. Kuid riiulitele asetatud kala on siin hoopis teistsugustes soojusvahetustingimustes, kui kala, mis on rippasendis või paigutatud kambri põrandale.

Külmutuskambrites, mis on ette nähtud kala külmutamiseks ainult rippasendis, on jahutuspatareid monteeritud ridastikku kambri lae alla ning kalade ülesriputamiseks on valmistatud spetsiaalsed konksud. Seda külmutusviisi on näidatud joonisel 61.



Joon. 61. Kala külmutamine rippasendis.

Ülesriputatud kalad ei tohi puutuda üksteise vastu, et külm õhk liiguks vabalt kogu nende pinnal. Külmutusprotsessi kestel tuleb külmutuskambris hoida võimalikult madalat õhutemperatuuri; selleks peab vahetu aurumisega jahutuspatareides olema külmutusagendi aurumistemperatuur 10 kraadi madalam külmutuskambri projekteeritud temperatuurist. Külmutuskambris vajaliku temperatuurirežiimi kindlustamiseks peab kambri täis- ja tühjakslaadimine toimuma kiiresti ja ühe korraga. Mingil juhul ei tohi lubada täiendavate koguste juurdelaadimist kambrisse, kui külmutusprotsess on juba alanud, sest see põhjustab tehnoloogilise režiimi rikkumise: kambris tekib temperatuuri kõikumine ja külmutusprotsess pikeneb. Nii nagu see on nõutav teiste külmutusviiside juures, on ka siin vaja rangelt jälgida sanitaarnormidest kinnipidamist.

Külmutusprotsess loetakse lõpetatuks, kui temperatuur kala kehas langeb $-12 \ldots -20°$ C-ni. Külmutamisel vanades külmu-

tushoonetes, kus külmaagent aurub kõrgel temperatuuril, viiakse kala temperatuur ainult kuni −8° C-ni. Külmutuskambrile on kehtestatud järgmine laadimisnormatiiv: rippseadiste (rippteed ja nagid) ühe jooksva meetri kohta mitte üle 200 kg kala.

Külmutatud kala kaalukadu moodustab 0,5 ... 1,5%, kusjuures kuivamiskadu on seda suurem, mida suurem on kala pinna suhe tema kaaluühikusse ning mida madalam on külmutuskambri suhteline õhuniiskus.

Kirjeldatud viis on aeglane külmutamisviis, suure kala (kaaluga üle 3 kg) külmutusprotsess kestab −15° C juures 24 ... 48 tundi; −18 −23° C juures 18 ... 36 tundi; (suurte) tuurlaste korral aga 36 ... 72 tundi.

Õhu sundtsirkulatsiooniga kambrites paranevad külmutamistingimused ja protsessi kestus lüheneb; sel juhul konvektiivne soojusvahetus muutub palju aktiivsemaks.

Õhu liikumise kiiruse suurenemisel kambris kuni 1 m/sec lüheneb külmutamisprotsessi kestus 2 korda. Kui õhu liikumise kiirus on 2 m/sec, siis lüheneb protsess 2,4 korda, liikumise korral 10 m/sec — 3,6 korda võrreldes külmutamisprotsessiga liikumatus õhus. See sõltuvus on näha joonisel 62.



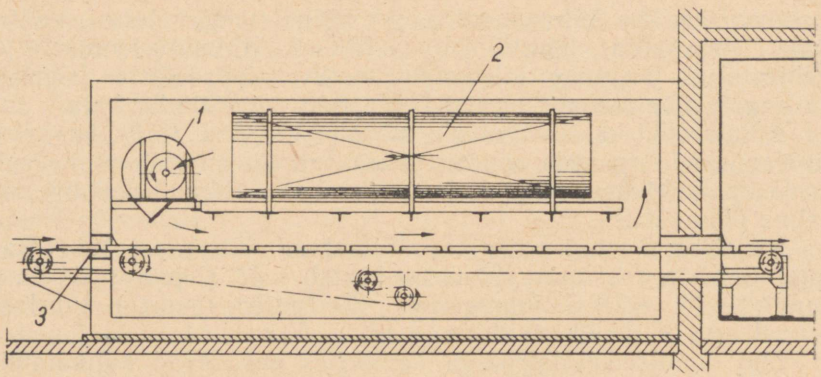
Joon. 62. Külmutusprotsessi kiirenemine sõltuvalt õhu liikumise kiirusest kambris.

Kamberkülmutite läbilaskevõimet võib ventilaatorite abil suurendada 20% võrra. Kui kamberkülmutil on ventilaatorid, siis tuleb need viivitamatult sisse lülitada, niipea kui kamber on kala täis laaditud.

INTENSIIVSE ÕHUTSIRKULATSIOONIGA KIIRKÜLMUTUSAPARAADID JA -SEADMED

Intensiivse töörežiimiga aparaadid ja seadmed paistavad silma mitte ainult kõrge soojusväljastusteguri, vaid ka laadimis- ja tühjendamistööde mehhaniseerimise poolest.

Joonisel 63 on kujutatud pidevalt töötava, linttransportööriga



Joon. 63. Lintkülmutusaparaadi skeem:
1 — ventilaator, *2* — õhujahutustorud, *3* — transportöör.

varustatud kiirkülmutusaparaadi skeemi. Konveierilint läbib isoleeritud kambri alumise osa, mille ülemisse ossa on monteeritud õhujahuti koos ventilaatoriga.

Õhujahuti on kambri sellest osast, kus asub konveier, eraldatud kerge vahelaega, mis kambri ühe otsaseinani ei ulatu. Konveierilindi kiirus on reguleeritav. Külm õhk liigub siin piki konveierilinti. Kala laaditakse lindile väljaspool kambrit, tühjendatakse teises otsas automaatselt samuti väljaspool kambrit. Aparaat on universaalne, sest selles võib külmutada mitmesuguseid toiduaineid. Niisugust külmutusaparaati võib kasutada nii laeval kui ka statsionaarsetes tingimustes. Aparaadi ööpäevane tootlikkus on 10 . . . 20 tonni.



Joon. 64. Kantav võrkriiul.

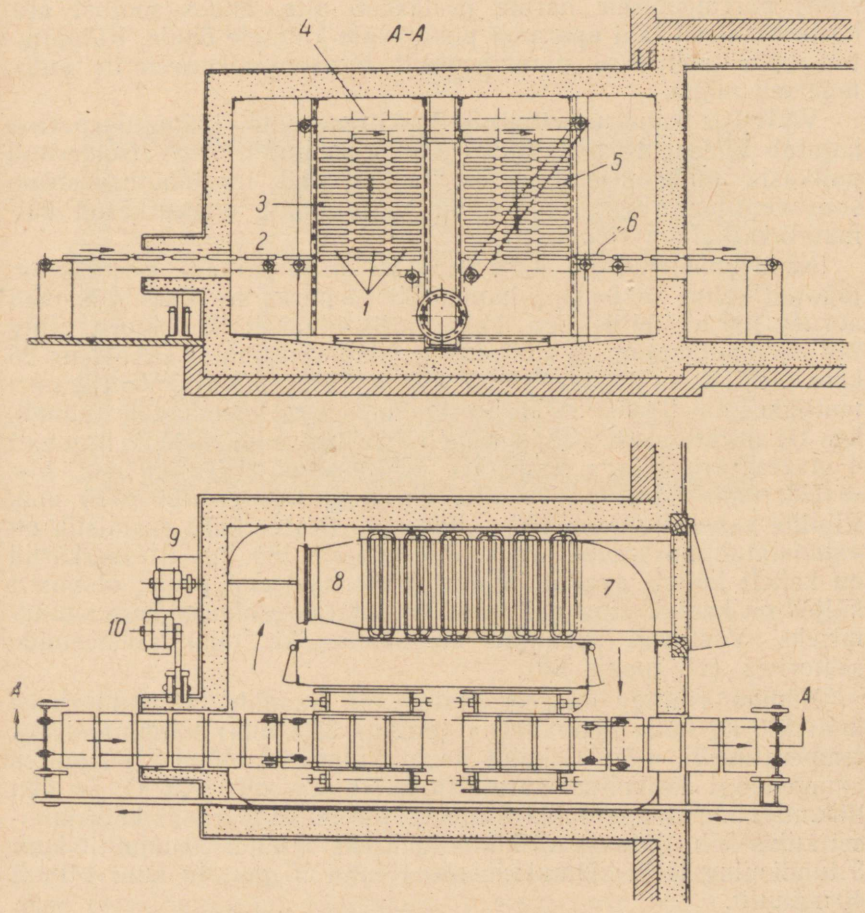
Lahkamata kalade külmutamiseks võib kasutada võrkkonveiereid. Isoleeritud tunnelis (pikkus 14,5 m, laius 3 m ja kõrgus 2,7 m) asuvad 9 m pikad ja 0,9 m laiad konveierid. Tunnelit läbib külm õhk temperatuuriga −30 . . . −35° C, mis külmutab võrkkonveieril oleva kala. Külmutusseade koosneb kolmest peamisest osast: tunnelist, võrkkonveieritest ja märjast pihustist-õhujahutist.

Õhujahutist puhub 6 ventilaatorit (tootlikkus 11 000 m³/h) õhku ühes suunas, ning vastassuunas pihustavad 80 pihustit külma soolalahust, igaüks 14,8 l/min. Pihus-

tid tekitavad tiheda vihmaseina, millest õhk läheb läbi ja jahtub külma soolalahusega kokku puutudes.

Külmutustunnelisse suunatava õhu temperatuur on −30 ... ... −35° C piires. Õhk läbib tunneli kiirusega 4 ... 5 m/sec.

Kala külmutamiseks võib kasutada peale konveierilindi ka kantavaid võrkriiuleid (joon. 64). Kalaga täidetud võrkriiulid pannakse konveierile ja laaditakse maha konveieri otstes asuvates spetsiaalsetes tambuurides. Konveierite kasutamine on siinjuures palju tootlikum, sest kala asetseb konveieril korraga mitmes kihis. Kala külmub 20 ... 60 minuti vältel. Seadist võib kasu-



Joon. 65. Toote vertikaalse liikumisega külmuti skeem:

1 — pannid, *2* — sisselaadimistransportöör, *3* — tõstemehhanism, *4* — üleandetransportöör, *5* — allalaskemehhanism, *6* — väljalaadimistransportöör, *7* — õhujahuti, *8* — ventilaator, *9* — elektrimootor, *10* — ajam.

tada molluskite ning teiste meresaaduste külmutamiseks. Mollusk külmub 15...20 minuti jooksul. Eespool kirjeldatud külmutusseadme tootlikkus on 900 kg/h.

Konstruktsioonilt keerukamad on vertikaalkülmutusaparaadid. Niisugune aparaat (joon. 65) asetseb isoleeritud jahutatavas kambris ning koosneb järgmistest osadest: kahest lühikesest horisontaal-konveierist, vertikaalkonveierist ning õhujahutist koos ventilaatoriga.

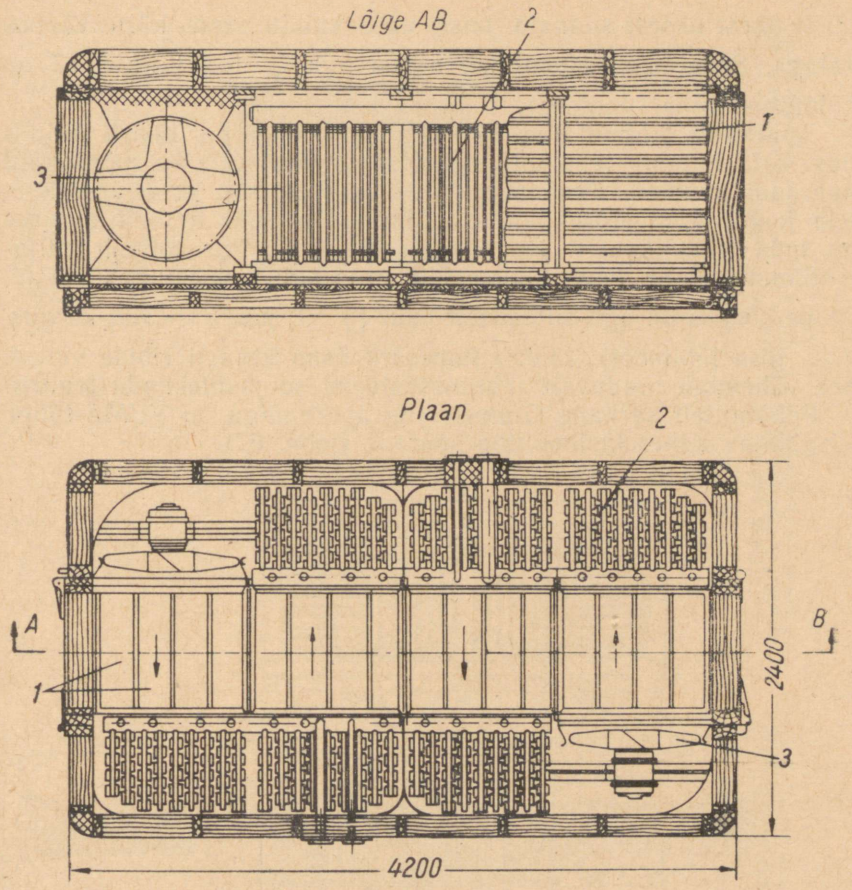
Värske kala antakse mööda horisontaalkonveierit vasakult automaatselt vertikaalkonveierile. Kala liigub vertikaalkonveieril üles ja külma õhu mõjul külmub. Ülal läheb kala üle vertikaalkonveieri parempoolsele harule ja laskub alla, andes soojust ära horisontaalselt läbi aparaadi puhutavale külmale õhule. Külmutatud kala laaditakse parempoolselt horisontaalkonveierilt automaatselt maha.

VNIHI-is konstrueeritud S. L. Gimpelevitši külmutusaparaat kujutab endast tinapaberiga ($K=0{,}4$ kcal/m²h deg) isoleeritud puitkasti, mille sisemusse on monteeritud torujahutussüsteem koos ventilaatoritega ning kuhu paigutatakse etažeerkärud külmutatava kalaga (joon. 66).

Kasti mõõtmed on $4{,}2\times2{,}4\times1{,}63$ m. Aparaadi sisemus on jagatud kolme sektsiooni, kummaski äärmises sektsioonis asuvad aurustustorud, millel on kaks horisontaalset kollektorit ning 216 m² jahutuspinnaga ribitorustik, ning ventilaator ЦАГИ nr. 85 koos elektrimootoriga ($N_e=3{,}7$ kW, $n=1400$ p/min). Ventilaatori tootlikkus on 14 000 m³/h. Keskmine sektor moodustab tunneli, kus on nurkterasest valmistatud rööbastee, mida mööda liiguvad 4 etažeerkäru kalaga. Riiulkäru mõõtmed on 960×800 mm, $h=1070$ mm. Kärul on 7...10 riiulit, suurusega 790×430 mm. Riiulite vahekaugus on 100...124 mm. Etažeerkäru raamistik on valmistatud nurkrauast ja kaalub tühjalt 160 kg. Etažeerkärud on kahelt küljelt avatud jahutustorude süsteemi poole; otsmised küljed on kaetud ning neid seinu kasutatakse õhuringluse suunamiseks. Vastavad suunajad on olemas ka jahutussüsteemide sektorites (vt. joonis 66).

Kümne riiuliga etažeerkärule võib laadida külmutamiseks kuni 150 kg kala. Mereahvena (paksus 35,3 mm) külmutamiseks temperatuurini −9,8° C kulus aega 2 tundi 50 minutit, kusjuures ammoniaagi keskmine aurumistemperatuur oli −25° C ja õhu liikumise kiirus aparaadis 6 m/sec. Külmutusaparaadi katsetamisel kulus koha ja sasaani külmutamiseks 2 tundi 30 minutit kuni 3 tundi ning lesta külmutamiseks 1 tund 30 minutit kuni 1 tund 40 minutit.

Kirjeldatud aparaadi projekteeritud tootlikkus ööpäevas on 7,2 tonni; jahutustorude süsteemi soojusülekandetegur (alumiiniumribide vahe 7 mm) on 6...7 kcal/m² h deg.



Joon. 66. S. L. Gimpelevitši külmutusaparaat:
1 — etažeerkärud, *2* — ribistatud õhujahuti, *3* — telgventilaatorid koos elektrimootoriga.

Katsed näitasid, et jahutussüsteem kattub rikkaliku lumesärgiga, mis vähendab süsteemi efektiivsust. Lumesärki võib kõrvaldada kahe elektriahju (à 10 kW) abil kahe tunni jooksul. Kärud laaditakse seinal asuva käsivintsi abil.

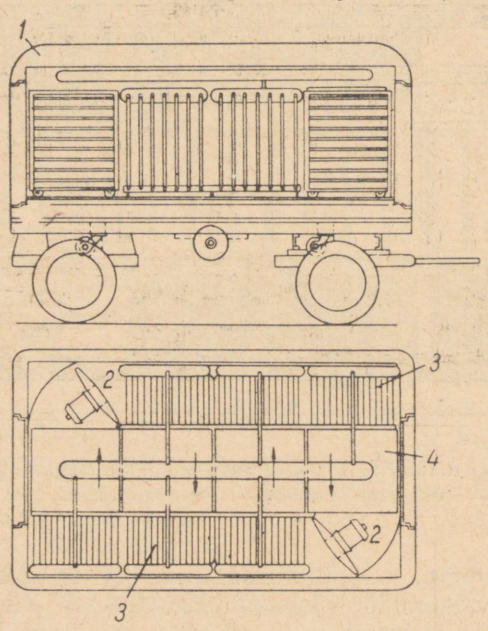
Külmakulu aparaadis on 19530 kcal/h, millest 5% läheb aparaadi korpuse ja 4,2% metallkärude jahutamiseks, 55,2% kalade külmutamiseks ning 35,6% ventilaatori töötamisel eralduva soojuse eemaldamiseks. Külmakulu 1 tonni kala kohta moodustab 93000...110000 kcal.

Aparaat võib töötada kas perioodiliselt või pidevalt. Viimasel juhul tuleb üheaegselt külmutatud kala väljalaadimisega apa-

raadi ühest uksest suunata teise ukse kaudu sisse käru värske kalaga. Seda operatsiooni korratakse iga $\frac{Z}{4}$ tunni järel (Z on külmutuskestus tundides).

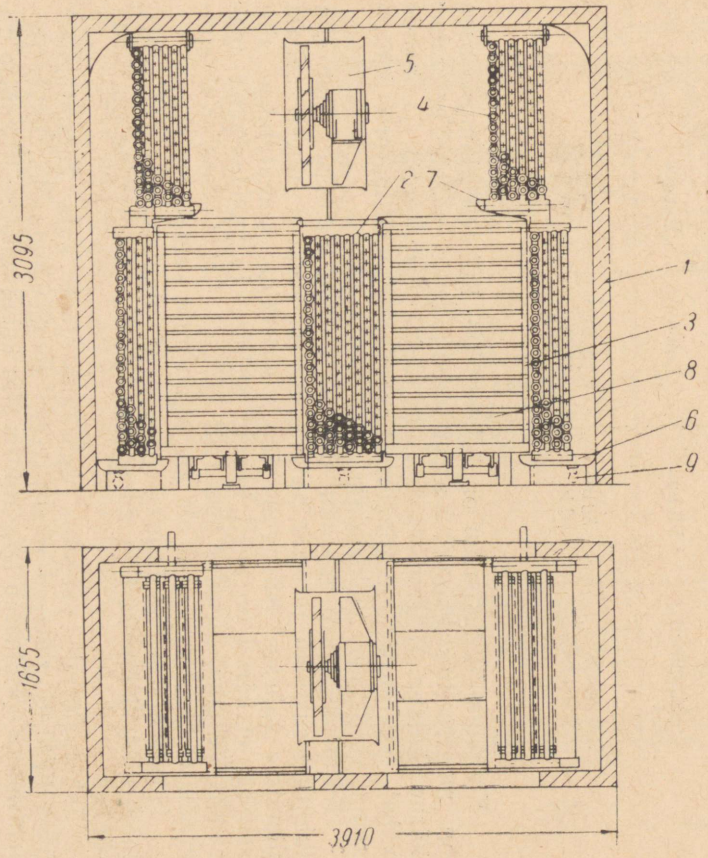
Aparaadis külmutatud kala kaubavälimus on täiesti rahuldav, kala külmub läbi ühtlaselt. Katsed tõid esile ka mõningaid aparaadi puudusi. Peamiseks puuduseks on see, et lumesärk ei teki kogu jahutustorustiku osas ühtlaselt, vaid tunneli alguses on teda rikkalikumalt kui tunneli lõpuosas, kus toimub väljalaadimine. Kuna jahutuspatareidel on ribide vahekaugus 7 mm, ribide kõrgus on aga suhteliselt suur ($\frac{h}{d} = 1$, kus h — ribi kõrgus, d — toru läbimõõt), täidab lumesärk üsna kiiresti ribide vahed. See vähendab tunduvalt jahutussüsteemi soojusülekande tegurit.

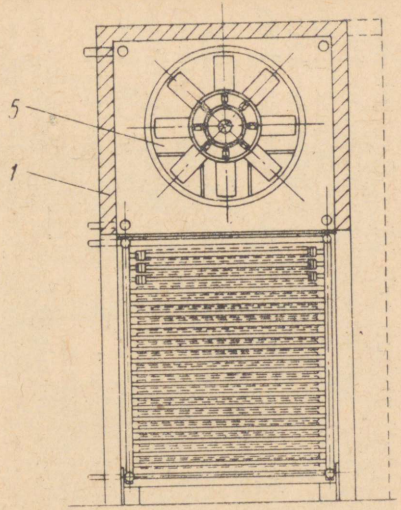
Põhimõttelt sarnane Gimpelevitši aparaadiga on УСМА-tüüpi teisaldatav kahesektsiooniline aparaat (joon. 67).



Joon. 67. Külmuti УСМА:
1 — isoleeritud kate, *2* — ventilaator, *3* — jahutuspatareid, *4* — tunnel etažeerkärude jaoks.

Seda aparaati võib monteerida auto järelkärule. Ta kujutab endast isoleeritud kasti, mis on jagatud kolme ossa; kahes külgmises osas on jahutuspatareid ja ventilaatorid, kuna keskmises osas asuvad etažeerkärud kalaga. Aparaadi pikkus oleneb kärude arvust.





Joon. 68. VNIHI külmuti:

1 — külmuti kamber, *2*, *3*, *4*, — jahutuspatareid, *5* — reversiivventilaator 2,85 kW elektrimootoriga, *6*, *7* — anumad lumesärgist sulanud vee kogumiseks, *8* — kärud, *9* — sulanud vee äravoolutoru.

Joonisel 67 kujutatud aparaati mahub neli käru. Õhu liikumiskiirus aparaadi sisemuses on kuni 6 m/sec. Reversiivne õhu liikumine võimaldab eemaldada külmutatavast kalast soojust palju ühtlasemalt. Teisaldatavat külmutusaparaati saab meie kalatööstuses hea eduga kasutada, kuid muidugi ainult seal, kus kala saabub külmutusele vähestes kogustes.

Laialdaselt kasutatakse kalade külmutamiseks Š. N. Kobulašvili (VNIHI) konstrueeritud aparaati. Selle aparaadi esimest mudelit (1951. a.) on kujutatud joonisel 68. Seda mudelit täiustati ja alates 1954. aastast toodetakse seerialiselt margi CA (joonisel 69) all. Käesoleval ajal on see üks täiuslikumaid intensiivselt töötavaid õhkkülmutusaparaate.

Aparaat koosneb soojusisolatsiooniga kambrist, mille sisse on monteeritud torujahutid reversiivse ventilaatoriga, ja etažeerkärudest. Aparaate võib blokeerida vastavalt külmutushoone külmutusvajadusele.

Kui üheks standardseks agregaadiks võtta aparaadi sektsioon tootlikkusega 5 tonni kala (kala paksus 7 mm) ööpäevas, siis aparaadi gabariidid (mm) on järgmised (tabel 25).

Tabel 25

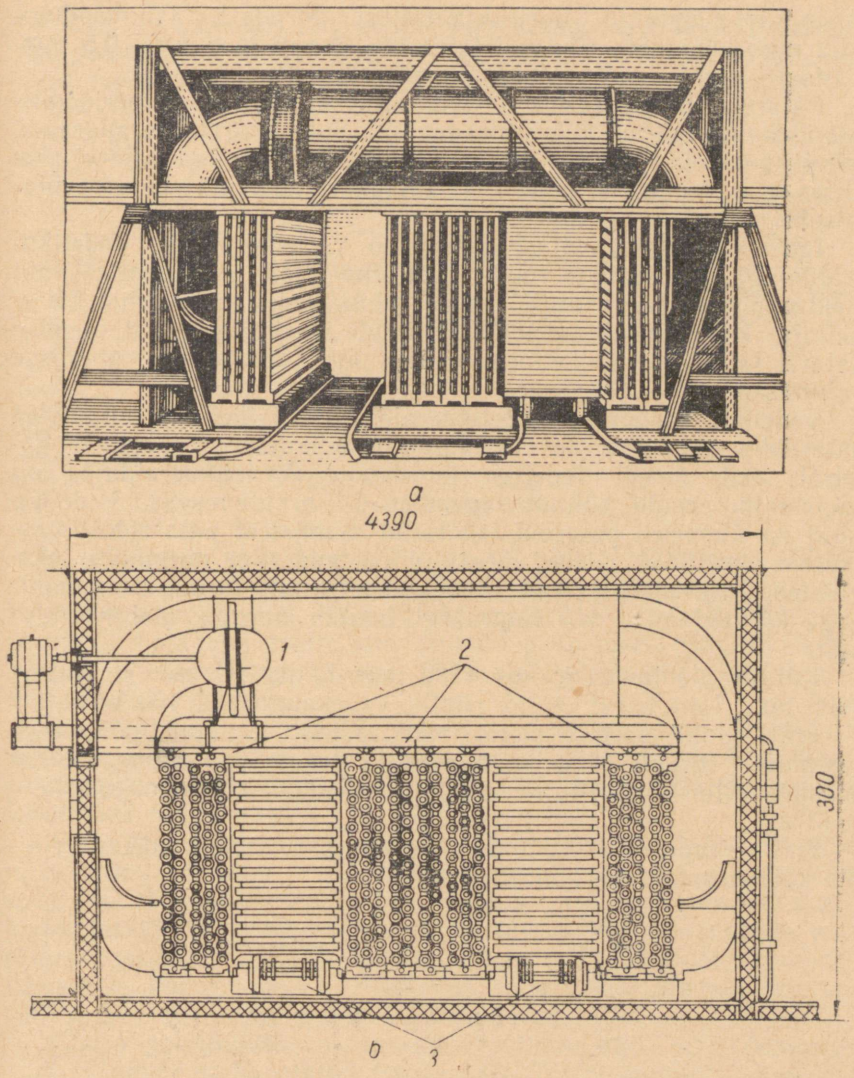
Mõõtmed	Pikkus	Laius	Kõrgus
Välised	3310	1500	2900
Sisemised	3110	1300	2800

Kalakülmuti sektsioon on kahekordne. Külmuti alumisse ossa on monteeritud kolm jahutuspatareid, mille vahele pannakse kärud kalaga. Ülemises osas on 2 jahutuspatareid ja nende vahel reversiivne ventilaator. Reversiivset ventilaatorit käitab samal võllil asuv elektriajam.

Külm õhk läheb aparaadi ülemisest osast alumisse, uhub siin jahutustorustikku ja kalu ning suundub seejärel uuesti tagasi ülemisse vahesse. Niisugune õhu ringlemine saavutatakse siin sellega, et kärud on pealt kaetud plekiga ja moodustavad aparaadis vahelae, jagades aparaadi kõrguti kahte ossa. Kui aparaadis ei ole kärusid, ei ole ka jagunemist kahte ossa.

Hoolimata sellest ilmnes aparaadi ekspluateerimisel, et ventilaatori, elektrimootori ja aurutussüsteemi remontimine on üsna tülikas.

Jahutustorude paigutus aparaadis loob kala külmutamisel üsna head tingimused intensiivseks soojusvahetuseks. Reversiivventilaator kindlustab aparatuuris õhu kahesuunalise liikumise nii



Joon. 69. Aparaat CA-1:
a — välisvaade, *b* — läbilõige; *1* — ventilaator, *2* — jahutuspatareid, *3* — etažeerkärud.

jahutuspatareide kui ka kala ümber ja loob soodsad tingimused ühtlase lumesärgi tekkeks jahutusseadmetel ja kala paremaks läbikülmutamiseks.

Jahutusseade kujutab endast patareisid, kus tsirkuleerib vedel külmutusagent ammoniaak (NH_3). Jahutuspatareid on val-

mistatud ribistatud horisontaalsetest torudest, läbimõõduga 22/2 mm, kusjuures ribilindi laius on 20 mm ja paksus 0,5 mm. Kaitseks korrosiooni eest on patareid tsingitud.

Patarei ribidele tekkinud lumesärk kõrvaldatakse perioodiliselt ülekuumendatud külmutusagendiga, mis suunatakse aparaadi jahutuspatareisse umbes 30 . . . 35 minuti jooksul. Iga patarei alumises osas on alused lumesärgi sulamisel tekkinud vee eemaldamiseks.

Iga sektsiooni jahutuspatareid on varustatud ühe vedeliku-eraldajaga. Ressiivrisse tuleb vedel ammoniaak automaatselt läbi elektromagnetilise ventiili, mida juhib vedeliku taseme kaugnäitaja. Kogu vedel ammoniaak liigub ressiivrist edasi ülemise patarei alumisse kollektorisse, liig aga suunatakse alumisse patareisse.

Vedeliku voolamine vedelikueraldajasse katkeb, kui alumistes patareides saavutatakse ettenähtud vedelikutase. Taseme langemisel tekib uuesti vedeliku juurdevool. Vedelikueraldajas on spetsiaalne seade külmutusagendist õli eraldamiseks. Vedeliku liinil on ülemised patareid lahutatud alumistest patareidest vastavate ventiilidega. Need ventiilid on aparaadi normaalse ekspluateerimise ajal suletud ja avatakse ainult torudest ammoniaagi kõrvaldamise või lumesärgi kuuma auruga mahavõtmise ajal.

Kärude mõõtmed: pikkus 1280 mm, laius 900 mm ja kõrgus 1605 mm. Igal kärul on 12 riiulit, vahekaugusega 100 mm.

Igal riiulil asetseb kolm tsinktraadist punutud põhjadega restplaati (traadi jämedus 1 mm ja traatvõrgu silma suurus 5 mm). Ühe käru riiulite üldpind moodustab $1{,}25 \times 0{,}87 \times 12 = 13$ m^2.

S. L. Gimpelevitši külmutusaparaadi proovimisel määrati riiulite erikoormused järgmiselt:

kala paksus mm	riiuli erikoormus kg/m^3
30	22
50	30
70	36

Kui lähtuda neist andmetest, siis VNIHI aparaadi ühele kärule võib laadida kala: 286, 390 ja 469 kg vastavalt kala paksusele 30, 50 ja 70 mm.

Sektsiooni temperatuurirežiim: külmutusagendi aurumistemperatuur $-33°$ C ja madalam, õhutemperatuur sektsioonis $-22 \ldots -26°$ C.

Külmutuskestus selle režiimi puhul on 30 mm paksuse kala jaoks 1,5 tundi, 50 mm paksuse kala jaoks 2,5 tundi ja 70 mm paksuse kala jaoks 4 tundi.

1953. a. katsetati Astrahani külmutushoones VNIHI külmutusaparaate, mille tootlikkus oli 10 t ööpäevas. Katse tehnoloogilised tulemused on toodud tabelis 26.

Tabel 26

Kala nimetus	Kala paksus mm	Kala temperatuur		Keskmine külmutuskestus $Z_{t_1}^{t_a}$ tundides	Kaalukadu %	Aparaadi tootlikkus t/ööp.	
		alg- t_a °C	lõpp- t_1 °C			projekteeritud	tegelik
Sasaan	55—90	+2...+3	−17	3,75	0,9—1,0	10	8
Latikas	26—55	+2...+3	−18	2,00	1,3	10	8
Vobla ja peenkala brikettides	60	+2...+3	−17	3,00	1,0	10	8

Külmutatud kala kaubavälimus oli täiesti rahuldav, külmutatud kala pinnal olid ainult jäänud jäljed traatvõrgust, ka olid tugiplangud muljunud üksikuid eksemplare. Peale selle täheldati üksikutel kaladel värvuse kahvatumist peapoolses osas piki selgroogu, üksikutel kogu pinnal. Pärast ülessulatamist kalade loomulik värvus taastus.

Katsetatavad aparaadid kohaldati ka tuurlaste (tuurakala, sevrjuuga) külmutamiseks rippasendis. Nende kalade läbikülmumine kestis stellaažkülmutites umbes 30 tundi, VNIHI aparaati kasutades aga ainult 5...6 tundi.

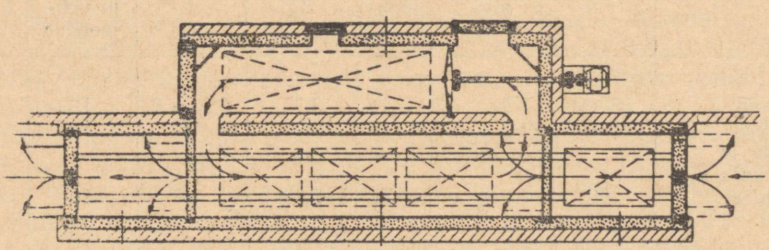
Kirjeldatud konstruktsiooniga aparaatidel oli olulisi ekspluatatsioonilisi puudusi: elektrimootorid olid asetatud aparaadi sisse ja ebasobivate niiskus- ja temperatuuritingimuste tagajärjel läksid tihti rivist välja; torupatareide kahekorruseline paigutus raskendas nende teenindamist (järelevaatust, remonti, härmatise kõrvaldamist). Seeriaviisiliselt väljastatavate aparaatide juures on need puudused kõrvaldatud.

Seeria põhitüübiks on aparaat tootlikkusega 10 t ööpäevas (CA-1), mida on kujutatud joonisel 69. Torfooleumiga isoleeritud kokkupandavatest kilpidest kattesse on üles seatud kolm ribistatud põrandapatareid, mis moodustavad kaks tunnelit. Igasse tunnelisse paigutatakse kolm etažeerkäru kandejõuga 350—400 kg. Kärusid teisaldatakse aparaadi sees käsitsi mööda rööpaid. Aparaadis (tootlikkus 10 t ööpäevas) on üheaegselt kuus käru, mis mahutavad 2,1—2,4 t kala. Aparaadi ülaosas on õhujuhtmed, mille sisse on monteeritud kolm kaheksatiivikulist reversiivset telgventilaatorit, mis on ühendatud väljasasuvate elektrimootoritega. 32/3 mm läbimõõduga ribistatud torudest valmistatud

patarei üldpind on 656 m². 780 mm läbimõõduga ventilaatori tootlikkus, surve juures 30 mm veesammast on 3200 m³/h, elektrimootori võimsus 2,85 kW.

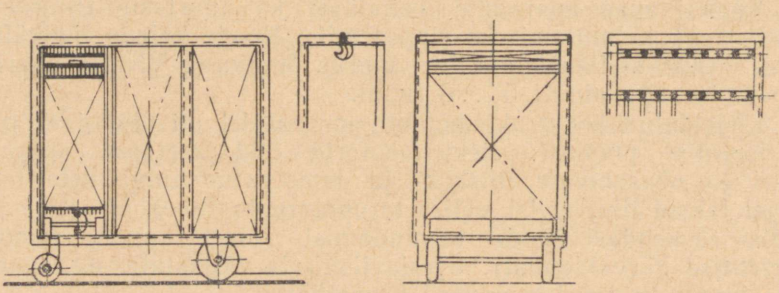
Etažeerkärude mõõtmed: 1030×780×1645 mm. Aparaat CA-2 koosneb kahest aparaadist CA-1, tootlikkus on 20 t ööpäevas.

Suurte kalakoguste külmutamiseks on sobiv tunnelitüüpi külmutuskamber. Tunnelkambris külmutatakse kala etažeerkärudel. Üht niisugust kambrit on kujutatud joonisel 70.



Joon. 70. Tunnelitüüpi külmutuskamber.

Kalaga täidetud etažeerkärud (joon. 71) tulevad kambrisse laadimistambuuri kaudu. Tunnelkambri teises otsas on tühjendamistambuur.

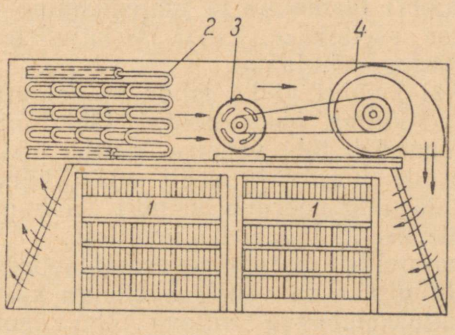


Joon. 71. Etažeerkäru.

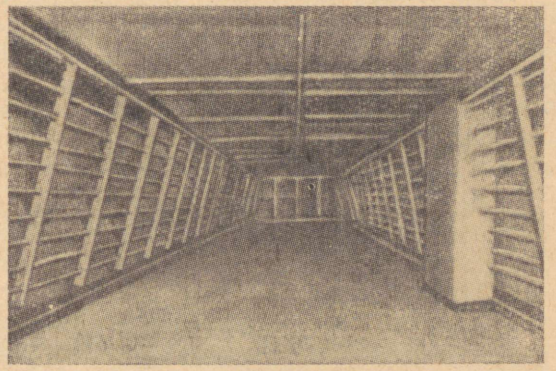
Kambris külmutatakse kalu intensiivse külma õhujoa abil. Õhujahuti monteeritakse kambriga külgnevasse kõrvalruumi. Õhuvoolu liikumine kambris on joonisel 70 näidatud nooltega. Etažeerkärude konstruktsioonis võib esineda erinevusi: võrkriiuleid võib asendada metallvarrastega, mille külge riputatakse kalad.

Kirjeldatud tunnelkambris on võimalik nii perioodiline kui ka pidev külmutusprotsess. Viimasel juhul suunatakse etažeerkärud külmutusruumi kindlaksmääratud aja järel, näit. kui tunnel-

kambris on üheaegselt 3 käru, siis iga $\frac{Z}{3}$ tunni järel (Z — toote külmutuskestus tundides). Õhujahuti peab sealjuures töötama pidevalt. Perioodilise protsessi korral suunatakse kärud kambrisse ja laaditakse ka välja kõik ühekorraga. Kalade sisse- ja väljalaadimise ajal on õhujahuti välja lülitatud.



Joon. 72. Tunnelitüüpi külmutuskamber:
1 — külmutatav toiduaine, *2* — aurutustorude süsteem, *3* — elektrimootor, *4* — ventilaator.



Joon. 73. Tunnelitüüpi külmutuskambri sisevaade.

Joonistel 72 ja 73 on näidatud tunnelitüüpi külmutuskamber, milles õhujahuti *2* asub kambri ülemises osas ja õhuringlust suunavad žalusiid. Korgiga (paksus 20 cm) isoleeritud külmutuskambri jaotab vahelagi kahte ossa. Kambri alumisse ossa paigutatakse kala külmutamiseks etažeerkärud *1*, ülemisse ossa on aga monteeritud õhujahutuspatarei *2* ja ventilaator *4* koos elektrimootoriga *3*. Piki kambri pikemaid külgi on paigutatud varb-

sein (žalusiid), mis on kinnitatud kambri põranda ja vahelae külge.

Varbseina ülesandeks on õhuvoolu juhtimine. Kala külmutamiseks võib kasutada nii kantavaid riiuleid kui ka etažeerkärusid. Kala asetatakse riiulitele vahetult või metallvormides. Kantavad riiulid lükatakse kambrisse tõsteplatvormiga käsikärude abil. Kambri laadimine ja tühjendamine toimub tambuuridelt. Kambrisse asetatakse V- ja W-kujulistest siugtorudest intensiivse tegevusega õhujahuti.

Vahelaele piki kambri pikka külge paigaldatakse ventilaatorid, mis puhuvad külma õhku põigiti läbi tunneli. Õhujahutis jahutatud õhk suundub läbi vahelae avade piki kambri seinu suunavate žalusiide juurde ja sealt edasi külmutustunnelisse, kus külmutab kala ning pöördub kambri teise pikiseina žalusii ja vahelae avade kaudu tagasi õhujahutisse.

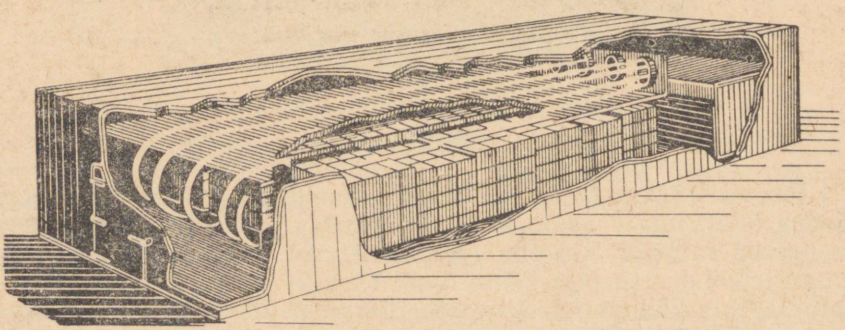
Õhujahutuspatareidelt härmatise eemaldamiseks, samuti ventilaatori töö jälgimiseks on vahelaes kilbiga kaetud ava.

Kuna külmutuskambrisse antava õhu temperatuur peab olema väga madal (−45° C), peab külmutusmasin olema kahe surveastmega. Õhk läbib tunneli kiirusega 9,1 ... 12,7 m/sec, olenevalt kala paksusest.

Filee külmutamine metallvormides (mahutavus 2,3 kg) temperatuurini −18° C toimub kirjeldatud tingimustes 2 ... 3 tunni jooksul. Otstarbekas on projekteerida tunnelkambri tootlikkuseks 20 ... 25 t ööpäevas ja seejuures mitte ainult kalafilee, vaid ka tervete kalade ning teiste meresaaduste külmutamiseks.

Philadelphias kasutatakse võimsat tunnelkülmutusseadet pakitud toodete (kala, liha, poolfabrikaadid) külmutamiseks. See seade paistab silma mõningate huvitavate iseärasuste poolest. Joonisel 74 on kujutatud selle seadme skeem.

Umbes 170-m³ kasuliku külmutusmahuga tunnelkülmuti asub piklikus, korkplaatisolatsiooniga (paksusega 30 cm) ruumis.



Joon. 74. Suure võimsusega tunnelkülmuti skeem.

Ühte külmuti otsa on paigutatud kaks õhujahutit ja neli telgventilaatorit, teises otsas on uks toodete sisse- ja väljalaadimiseks. Kamber on poolitatud vahelaega, mille all asub külmutatav objekt.

Vertikaalsed vahetuaurumisega õhujahutid, igaühe jahutamispind 700 m^2, on valmistatud 32-mm terastorudest spiraalsete ribidega (keerme samm 9,5 mm). Toru ühe jooksva meetri kohta on 105 ribi. Patareide pikkus on 3,5, kõrguti on patareil 8 rida torusid, laiuti 18 rida. Külmutusagendiks on ammoniaak.

Telgventilaatori läbimõõt on 900 mm. Ühte õhujahutit teenindab 2 ventilaatorit. Ventilaatorit käivitava elektrimootori võimsus on 7,5 kW.

Kui neli ventilaatorit töötavad korraga, siis ringleva õhu hulk on 135 000 m^3/h, mis kindlustab tühjas kambris õhu ringlemise kiirusega 2 m/sec ja 60% ulatuses täislaaditud kambris umbes 5 m/sec.

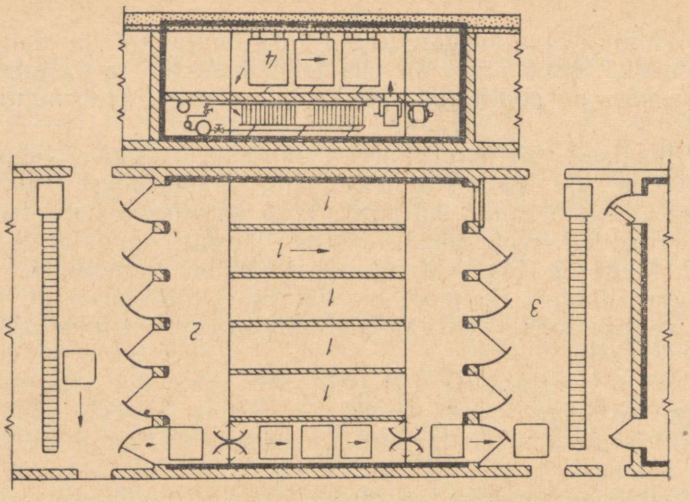
Õhujahutuspatareide toitmiseks vedelammoniaagiga kasutatakse väiksemahulist ammoniaagi tsirkulatsioonisüsteemi, kus vedelagenti antakse patareisse ülalt. Lumesärk eemaldatakse patareilt süstemaatiliselt, üks kord tsükli kestel, sel ajal kui külmkambrit laaditakse või tühjendatakse. Lumesärk sulatatakse kuuma ammoniaagiauru abil.

Karpidesse pakitud külmutatav toiduaine tuuakse autolaadijatega külmuti laoruumi ja laotakse seal rangelt kindlas korras alustele. Korrapärane paigutamine kambris loob paremad tingimused külma õhuga läbipuhumiseks ja toode külmub kiiremini. Õhujahutid on lülitatud ammoniaagisüsteemi selliselt, et külmutusruumi ei ole monteeritud ühtegi sulgventiili. Seetõttu ei ole ruumis ka äärikühendeid, mille kaudu ammoniaak võib ruumi imbuda. Nagu on näidatud skeemil (joon. 74), ringleb õhk piki külmutusseadet. Õhk suunatakse pärast õhujahutitest väljumist piki vahelage, läbib siis kogu külmutusruumi ning imatakse tagasi õhujahutisse. Sellises külmutis on kasutatud «soojuskaitsesärgi» idee kõigi tema eelistega. Õhutemperatuur külmutis on −38° C, aga produkti temperatuur viiakse kuni −18° C-ni.

Külmutusseadet teenindab kaheastmelise kompressiooniga külmutusmasin (üheastmelise reguleerimisega). Kõrgsurveastmeks on vertikaalkompressor, madalsurveastmeks — rotatsioonikompressor.

Kui külmutuskamber on täidetud värske produktiga, lülitatakse töösse üheastmeline vertikaalkompressor, mille abil õhutemperatuuri kambris alandatakse kuni −12° C-ni. Seejärel käivitatakse madalsurve kompressor, mis, töötades maksimaalsete pööretega, viib temperatuuri alla kuni −38° C-ni. Selle temperatuuri saavutamisel vähendatakse kompressori pöördeid ja kompressor töötab nõnda kuni produkti täieliku külmumiseni.

Kirjeldatud seadme ööpäevane tootlikkus on 50 tonni.



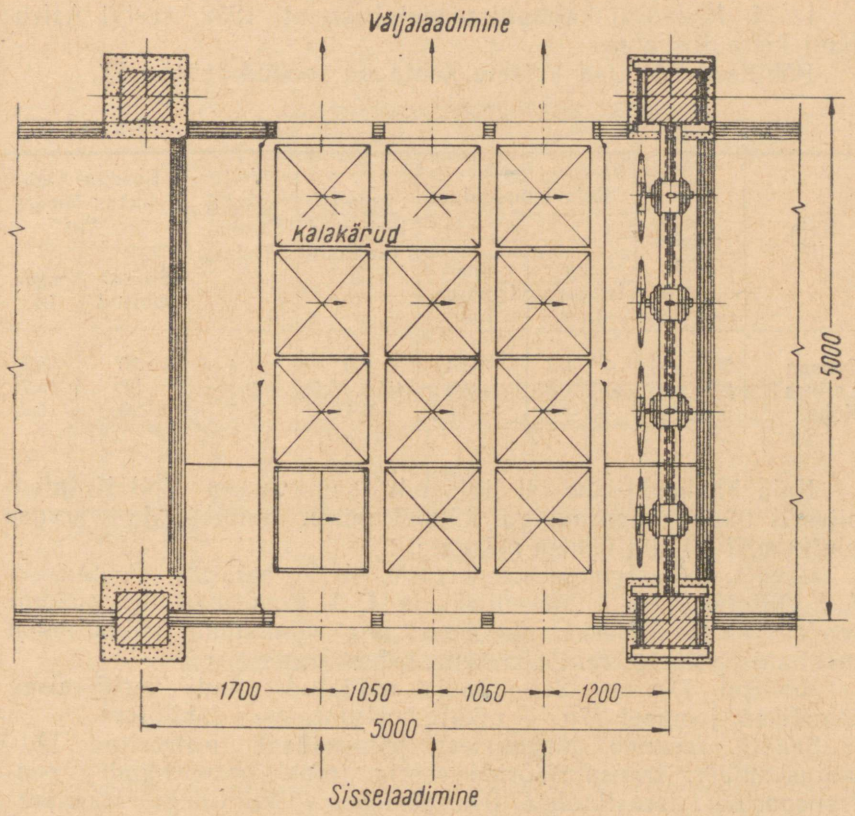
Joon. 75. Külmutustsehhi plaan ja läbilõige:
1 — tunnelkambrid, *2* — laadimisesik, *3* — tühjendamisesik, *4* — etažeerkärud.

Joonisel 75 on näidatud külmutustsehhi läbilõige ja plaan, kus on projekteeritud kuus võrdlemisi lühikest tunnelkülmutit, mida ühendavad ühised sisse- ja väljalaadimistambuurid. Tsehhi planeerimine vastab vooluviisilise külmutusprotsessi nõuetele. Külm õhuvoog kulgeb kõigis kuues kambris piki vaheseinu, mis eraldavad üht kambrit teisest.

Mõningates niisugustes tunnelkülmutites kasutatakse isesuguse konstruktsiooniga riiuleid, mis lasevad end ühendada hermeetiliselt nii, et kogu külm õhuvoog läbib kõiki riiulivahesid ja viib kaasa eralduva soojuse.

Insener L. M. Kazanski töötas välja intensiivselt töötava statsionaarse külmutusseadme konstruktsiooni, mille tootlikkus on 20 tonni ööpäevas. Selle seadme plaan on näidatud joonisel 76. Seade vajab paigaldamiseks ruumi, mille pindala on 25 m² ja kõrgus 3,5 m. Seega võtab seade külmutushoones enda alla ruudu sammastevahelise kaugusega 5 m. Seade mahutab korraga 5 t kala, mis paigutatakse 12 etažeerkäru võrkriiulitele. Etažeerkärud on kambris 3 reas, igas reas 4 käru. Iga kärurea jaoks on kambrisse projekteeritud kaks ust: üks täitmiseks, teine tühjendamiseks. Kärud on valmistatud duralumiiniumist ja liiguvad kuullaagritel. Kaheksa kimbukujulist külmutuspatareid asuvad kambri lae all.

Seadme temperatuurirežiim: ammoniaagi (NH_3) keemistemperatuur $-35°$ C, jahutusõhu temperatuur $-27°$ C. Niisuguse temperatuurirežiimi ning õhu liikumiskiiruse 4 m/sec juures kes-



Joon. 76. L. M. Kazanski süsteemi külmuti.

tab kalade külmutamine 3 tundi. Järelikult peab kärude laadimine ja tühjendamine toimuma iga $\frac{Z}{4} = \frac{3}{4} = 0{,}75$ tunni tagant.

Seade on projekteeritud kaheastmelisena — esimeses astmes toimub kala jahutamine, teises tema külmutamine. Jahutustsooni on monteeritud reversiivne telgventilaator ЦАГИ nr. 8,5 (tootlikkus 15 000 m³/h) ja ribistatud jahutuspatarei (57-mm torust), mille ribide mõõtmed on 115×115 mm ja ribide omavaheline kaugus 25 mm. Külmutusastmes on patareid samasugustest torudest, kuid ribide omavaheline kaugus on siin 18 mm ning ventilaatoreid ЦАГИ nr. 8,5 on kolm. Seega jahutusastmes, kus eraldub niiskust maksimaalselt ja tekib rikkalik lumesärk, on ribide vahed tunduvalt suuremad kui külmutusastmes; see peab tagama jahutussüsteemi efektiivsema töö.

L. M. Kazanski külmutusseadet katsetati 1952. aastal Astrahani külmutushoones.

Põhilised näitajad katsete kohta on toodud tabelis 27.

Tabel 27

Kala liik	Kala paksus mm	Kala temperatuur °C		Külmutuskestus (keskm.) h	Kaalukadu (keskm.) %	Seadme tootlikkus ööpäevas	
		algtemperatuur	lõpptemperatuur			projekteeritud	tegelik
Sasaan	55...90	+2 +3	−10	7,0	1,4	20	15,7
Latikas	26...55	+2 +3	−10	4,5...5,5	2,2	20	15,7
Koha	50...60	+2 +3	−11,2	6,1	1,5	20	15,7

Kala kaubavälimus oli ligikaudu sama nagu VNIHI intensiivselt töötava aparaadiga külmutamisel, ainult kala värvuse pleekumist oli siin vähem märgata.

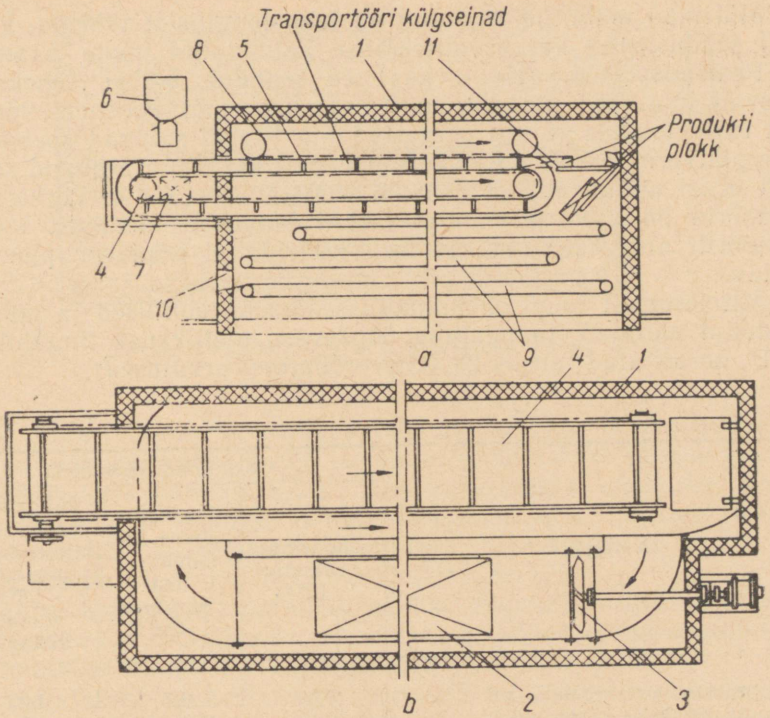
1959. a. töötas grupp insenere (V. M. Gorbatov, V. P. Zaitsev, A. J. Nitotškin, S. J. Mekenitski ja I. A. Popõrin) välja seadme toodete külmutamiseks plokkides, mis võimaldab külmutamist mehhaniseerida ja teostada seda kahes faasis.

Joonisel 77*a* on see seadis näidatud pikuti vertikaalses läbilõikes, joonisel 77*b* — pikuti horisontaalses läbilõikes.

Seadis koosneb järgmistest põhiosadest: isoleeritud külmutuskamber, transportööride seeria (plokkvorme kandev peatransportöör, teraslindiga transportöör, võrklintidega transportöörid), õhujahuti ventilaatoritega, täitmispunker, tühjendamisaken. Vahetu aurumisega õhujahuti ja transportöörid on monteeritud kambri sisse ja ainult peatransportöör kohas, kus sellele laaditakse kala või muid toiduaineid, ulatub veidi kambri piiride taha.

Toodete jaoks plokkvorme kandev peatransportöör koosneb üksikutest lühikestest terasplaatidest, mille külgseinad katavad üksteist ja ümberasetatavad vertikaalsed põikvaheseinad moodustavad plokkvorme. Täitmispunker asetseb peatransportööri otsmise täitmisosa kohal, mis ulatub kambri piiride taha.

Lauslindiga transportöör on monteeritud peatransportööri kohale nii, et seda võib teisaldada mööda vertikaali. Selle transportööri ülesandeks on plokkvormidesse saabunud toote vormimine ja kokkupressimine külmutamise algul. Mitu võrklindiga transportööri, mis asetsevad peatransportööri all, on määratud kalaplokkide teisaldamiseks enne nende täieliku külmumise momenti, kõige alumine transportöör annab ühtlasi valmistoodangu tühjendamisakna juurde.



Joon. 77. Seadis toiduainete plokk-külmutamiseks:
a — vertikaalne pikiläbilõige, *b* — horisontaalne pikiläbilõige, *1* — kamber, *2* — õhujahuti, *3* — ventilaatorid, *4* — põhitransportöör, *5* — põikvaheseinad, *6* — laadimispunker, *7* — elektrisoojenduselement, *8* — ülemine teraslindiga transportöör, *9* — võrktransportöörid, *10* — tühjendamisaken, *11* — liigendplaat.

Kala kukub täitmispunkrist peatransportööri plokkvormidesse ja satub kõrgemal oleva, kuid lühema transportööri teraslindi surve alla. Teraslint pressib toodet ja vormib selle lõplikult plokkideks. Samaaegselt algab kala külmutamisprotsess, kuna kambris tsirkuleerib külm õhk, mille paneb liikuma ventilaator. Õhk tsirkuleerib kambris mööda suletud ringi õhujahuti ja kambri selle osa vahel, milles asetsevad transportöörid. Plokkide teisaldumise ajal ülemise transportööri teraslindi all toimub külmutamise esimene faas ilma toote otsese kontaktita tsirkuleeriva külma õhuga.

See asjaolu vähendab toote kuivamist külmutamise algperioodil. Peale selle tekib toote pressimise tõttu ploki ülemise pinna ja metall-lindi vahel hea kontakt. Samades tingimustes on ka ploki alumine pind. See asjaolu loob tingimused soojuse ühtlaseks ärajuhtimiseks kalaplokist, mis on oluline ühtlase kristallilise struktuuri moodustamiseks külmutamise esimeses faasis.

Mõlemad mainitud asjaolud on tehnoloogiliselt tähtsad, kuna nad soodustavad kõrgekvaliteedilise külmutatud toote saamist.

Peatransportööri lõpul, kus see paindub ümber tähekeste, tulevad lühikesed plaadid, millest transportöör koosneb, vormitud tooteplokkide küljest kergesti lahti. Plokid satuvad spetsiaalsele platvormile, mis automaatselt tagasi käändub ja plokid sujuvalt edasi annab allpool asuvale võrktransportöörile. Võrktransportöörid on asetatud nii, et plokid langevad ülemiselt transportöörilt alumisele isevoolu teel. Kirjeldatud seade on pidevalt töötav.

Mitmesugust tüüpi õhkkülmutusseadmete tehnilised ja majanduslikud näitajad, taandatuna ööpäevase tootlikkuse tingühikule (1 t), on esitatud tabelis 28 (Giprorõbpromi arvutused).

Tabel 28

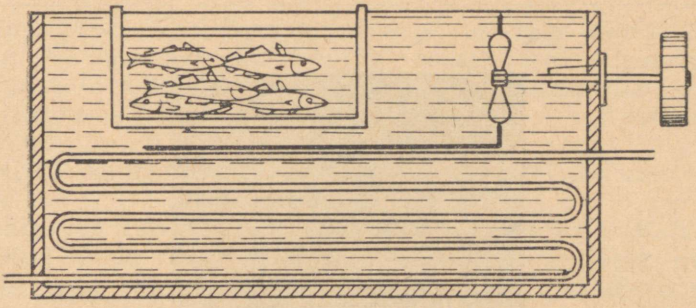
Näitajad	Õhkkülmutusseadmed		
	õhu temperatuur −16° C	õhu intensiivne liikumine, temperatuur −20° C	külma õhuvoolu suur kiirus, temperatuur −28° C (tunnelkülmuti)
Külmutuskambrite pindala, m^2 . . .	9,80	6,7	1,25
Külmutuskambrite maht, m^3	35,0	23,5	4,5
Metallikulu, t	1,74	1,40	1,12
Külmakulu, tuh. kcal	77,6	79,4	86,1
Elektrienergia kulu, kWh	53,.2	57,0	69,0
Tööjõuvajadus, inimtundi	4,7	4,7	3,7

Tabeli 28 andmetest on selgesti näha nende õhkkülmutusseadmete paremus, kus kala külmutatakse külma õhu voolus madalama temperatuuri juures.

Kontaktkülmutamine soolvette sukeldamise ja soolveega piserdamise teel

Lihtsaim aparaat kontaktkülmutamiseks soolalahuses on näidatud joonisel 78.

Reservuaar täidetakse NaCl lahusega, mille kontsentratsioon peab olema selline, et lahus ei külmuks −15 . . . −20° C juures. Reservuaari alumises osas on jahutustorustik, mis on ühendatud külmutusmasinaga. Jahutustorustiku kohale reservuaari soolvette lastakse tsingitud restkorv külmutatava kalaga. Segistiga segatav soolalahus soojeneb kalaga kokku puutudes viimase soojuse



Joon. 78. Soolveega kontaktse külmutamise skeem.

arvel. Edasi annab soolalahus tahkumissoojuse jahutustorustiku kaudu külmutusagendile üle ja lahuse temperatuur langeb uuesti.

Kaasaegne külmutusseade, kus kasutatakse restkorve, koosneb järgmistest osadest: külma soolalahusega täidetud külmutuspaak koos sisemiste vaheseintega, külmaveepaak, soojaveepaak, külmutuskorvid, telfer ja soolalahuse filter.

Aurustustorustik monteeritakse kas külmutuspaaki või viiakse spetsiaalsesse soolalahuse jahutuspaaki. Viimasel juhul aurustid ühendatakse külmutuspaakidega toru ja pumba abil.

Soolalahust puhastatakse perioodiliselt saastast, lastes ta läbi filtri. Kala eeljahutamine toimub külmaveepaagis, mis asub külmutuspaagi ees. Pärast külmutamist pestakse kala soojaveepaagis, et eemaldada pinnale jäänud soolvett.

Restkorve on mitut tüüpi:

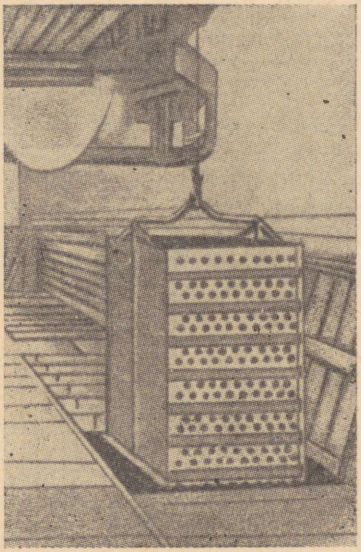
a) puidust või metallist üleni perforeeritud kastid,

b) perforeeritud tsinkplekist riiulid ja korvi seinad. Nendele pannriiulitele asetatakse külmutatav kala. Korv suletakse klappidega. See kõige ratsionaalsem korvitüüp on näha joonisel 79.

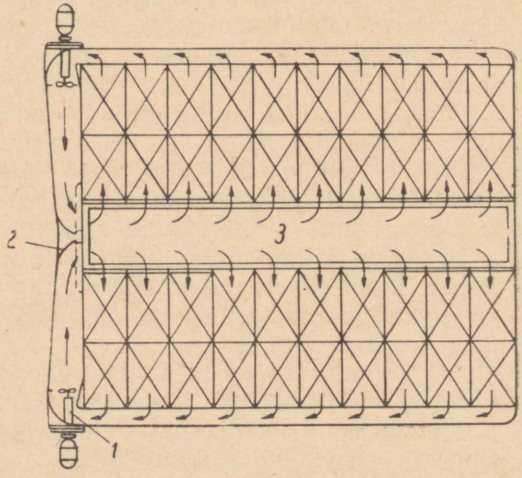
Märgkülmutamispaagi ehituse skeem on toodud joonisel 80. Vaheseinad jagavad paagi kolme ossa; külgmised osad kujutavad endast nn. kaevu, kuhu sukeldatakse külmutatav kala. Paagi keskmises osas asub aurusti. Noolekestega on joonisel näidatud soolalahuse liikumise suund.

Kontaktmenetlusel külmutamiseks võib kasutada ainult lahust, mis on inimorganismile täiesti kahjutu ja ei külmu üsnagi madalal temperatuuril. Seepärast ei kõlba kaltsiumkloriidi- ja magneesiumkloriidilahused kala kontaktkülmutamiseks, kuigi nende külmumispunkt on madalam kui naatriumkloriidi lahusel. Isegi väga väike annus mainitud lahust annab kalale kibeda, ebameeldiva maitse. Nõuetele vastav neist sooladest on ainult naatriumkloriid (NaCl).

Soolveega kontaktkülmutuse tehnoloogilist protsessi on rat-



Joon. 79. Korvriiul kontaktkülmutamiseks.



Joon. 80. Kontaktkülmutuspaagi skeem:
1 — tsirkulatsioonipump, *2* — juhtsein, *3* — reguleerimissiiber.

sionaalne teostada sellises järjekorras: toorkala kvaliteedi hindamine — kala sorteerimine liigi ja suuruse järgi — pesemine — jahutamine — külmutamine — kalalt soolvee pesemine — järelkülmutamine — külmutatud kala glasuurimine — tahendamine — pakkimine.

Pakitud külmutatud kala suunatakse külmhoonesse säilitamiseks.

Külmutada tuleb ainult elusat või värsket kala. Kalad sorteeritakse liikide kaupa ja tingimata ka suuruse järgi. Eri liiki erineva kaalu, paksuse ja kehapinna suurusega kalade üheaegne külmutamine põhjustaks külmutusseadme ebaratsionaalse kasutamise ja väiksemate ning suure eripinnaga kalade liigse sooldumise.

Et vältida lima ja mustuse sattumist külmutuspaaki, tuleb kala pärast sorteerimist hoolikalt pesta.

Eelneva jahutamise eesmärgiks on:

alandada kala temperatuuri, mistõttu kala säilib paremini enne külmutamist,

lühendada tunduvalt kala külmutuskestust külmutuspaagis ja seega suurendada paagi tootlikkust,

vähendada tunduvalt kala sooldumist järgnevas külmutusprotsessis.

Pärast külmutamist tuleb kala hoolikalt pesta, et eemaldada ta pinnalt võimalikult rohkem soolvett. Pesemisega võib kala pinnalt eemaldada kuni 60% sinna pärast külmutamist jäänud soolveest. Kuid suhteliselt sooja veega (kuni +20° C) pesemisel kala osaliselt sulab, seepärast tuleb ta uuesti viia antud külmutustemperatuurini. Soovitav on järelkülmutada spetsiaalses külmutuskambris või intensiivse õhuringlusega kiirkülmutis.

Glasuur takistab soovimatute muutuste tekkimist kalas säilitamise ajal. Püsiva jääkihi saamiseks tuleb külmutatud kala kohe pärast külma vette kastmist tahendada ja taarastatult säilitada.

Kõige suuremaks kontaktkülmutamise puuduseks on kala sooldumine. Seni ei ole seda õnnestunud vältida. Praktiliselt esineb seda alati, ehkki õige tehnoloogilise protsessi juures võib viia seda miinimumini.

Käesoleva raamatu III peatükis on toodud soolalahuse (NaCl) seisundi kaks tunnusjoont: lahusest soola eraldumise ja lahusest jää eraldumise kõverad.

Kui jahutada küllastunud naatriumkloriidilahust, siis osa soola sadestub, vastavalt temperatuuri langemisele väheneb soolalahuse kontsentratsioon. Protsess areneb selles suunas mööda soola lahusest eraldumise kõverat seni, kuni lahus saavutab krüohüdraatpunkti. Järelikult, soola lisamisel lahusesse, mille seisundit iseloomustab iga punkt soola eraldumise kõveral, see sool enam ei lahustu lahuses.

Nõrga NaCl lahuse jahutamisel kuni krüoskoopilise punktini, s. o. pisut alla 0° C, lahus veel ei külmu. Lahuse edaspidisel jahutamisel ilmuvad jääkristallid (mitte soolakristallid), sest lahusest eraldub jäätunud vesi. Sellega suurendatakse lahuse kontsentratsiooni ning külmumistemperatuur langeb. Järelikult, igale kontsentratsiooniastmele vastab kindlaksmääratud külmumistemperatuur, mille juures lahusest eraldub puhas jää. See protsess kulgeb mööda jäätumise tunnusjoont seni, kuni lahus saavutab krüohüdraatpunkti.

Kala sisaldab kuni 80% vett. Kontaktkülmutusel asetatakse ta külma lahusesse. Kui kala sukeldada lahusesse, mille seisundit iseloomustab iga punkt jää eraldumise kõveral, siis arvatavasti külmub lahuses koevedelik ja sool ei tungi sinna, kuna protsessis, mis kulgeb näidatud tunnuskõverat mööda, ei avalda soolalahus tendentsi anda ära soola lisatavale veele. Niisiis, teoreetiliselt peab kala sooldumise vältimiseks soolalahus külmutuspaagis olema hoitud rangelt seisundis, mis vastaks eralduva jää tunnusjoonele. Igat punkti sel kõveral aga iseloomustab kaks näitajat: teatud lahuse kontsentratsioon ja teatud temperatuur.

Niisuguseid tingimusi ei ole aga külmutuspaagis praktiliselt võimalik luua. Külma lahusesse asetatakse kõrgema temperatuuriga kala ning otsekohe tekib kala ja teda ümbritseva soolalahuse vahel soojusvahetusprotsess, mille tulemusena kala ümbritsev lahus soojeneb ja sel kujul kaldub rohkem või vähem kõrvale jää eraldumise tunnusjoonest. Järelikult neis reaalsetes tingimustes kala alati sooldub. Kuid kala külmub soolalahuses väga kiiresti (15 minutist kuni 3 tunnini), samal ajal kui sool tungib kalasse aeglaselt; näit. kala täielikuks sooldumiseks temperatuuril 6 ... 10° C kulub aega 10 ... 14 ööpäeva. Need andmed näitavad, kuivõrd tähtsusetu peab olema kala sooldumine tema külmutamisel soolalahuses.

Peale selle kattub kala välispind soolalahusesse asetamisel kiiresti tugeva jääkoorikuga, mille tõttu difusioon kalas tunduvalt aeglustub. Sool jõuab tungida vaid kala pealmistesse kihtidesse, seejuures pinnal leidub soola 0,6 ... 1,9% piires, 1 mm sügavuses 0,18 ... 0,57% ja 4 mm sügavuses 0,04 ... 0,23% ulatuses.

Kalapinnale tekkinud soolalahusekile jääb niiskeks igasugusel temperatuuril, mis on kõrgem krüohüdraatpunktist −21,2° C.

Pärast kuuajalist hoidmist temperatuuril −8° C muutub kontaktmenetlusel külmutatud kala kvaliteet tublisti halvemaks ja ta kaotab kaubavälimuse; näiteks koha muutub punakaks, omandab soolakala lõhna, sama toimub ka latikaga, ainult selle vahega, et ta värvus muutub lillakassinakaks ja vaatamata madalale säilitamistemperatuurile muutub liha konsistents pehmeks. Kala sooldumine ja järelikult ta kaubavälimuse halvenemine on tavaliselt

välditav kala eelneva jahutamisega ning külmutatud kala hoolika pesemisega.

Eelneva jahutamise toime kala sooldumisele nähtub tabelist 29.

Tabel 29

Uuritav objekt	NaCl sisaldus kalas, %		
	enne pesemist	pärast pesemist 15 sec jooksul vees, temp. 20° C	
		ilma eelneva jahutamiseta	eelneva jahutamisega
Epidermis ühes soomusega	1,36	0,37	0,18
Nahk 3-mm lihakihiga	1,09	0,66	0,27

Eelnev jahutamine võimaldab vähendada kala sooldumist ligikaudu kaks korda.

Pesemise toime otsekohe pärast kala kontaktkülmutamist ning pesemisviisid on näidatud tabelis 30.

Tabel 30

Uuritav objekt	Soolasisaldus, %		
	enne pesemist	pärast pesemist veega 15 minuti jooksul	
		pesemispaagis	veejoaga (voolikust)
Koha			
epidermis ühes soomusega	1,36	0,30	0,17
nahk 3-mm lihakihiga	1,09	0,53	0,18
Sasaan			
epidermis ühes soomusega	2,12	1,15	0,52
nahk 3-mm lihakihiga	0,30	0,11	0,30

Järelikult võib kala pesemisega kohe pärast külmutamist tunduvalt vähendada tema soolasisaldust, isegi veepaaki sukeldumisega: sasaanis 57%, kohas 80%, latikas 21% võrra.

Pärast külmutamist ei ole hea kala pesta vannides seisva veega, sest kala välimus halveneb. Kala saastub, soomusel tekivad kleepuvad ja libedad vereklombid, mis raskendavad kala

pakkimist taarasse. Pesta tuleb nii, et soolalahuse kiht kalalt kiiresti eemalduks. Isegi 1 ... 2-minutiline lihtne pesemine voolikust annab häid tulemusi juhul, kui kogu kala satub veejoa alla. Tabeli 30 andmetest on näha veejoa mehhaanilise toime tähtsus kala pesemisel.

Ka pesemiseks kasutatava vee temperatuur mõjutab jääksoolasisaldust kalas, nagu näitavad tabeli 31 andmed.

Tabel 31

Uuritav objekt	Soolasisaldus, %		
	enne pesemist	pärast veega pesemist	
		+4° C	+20° C
Latikas			
epidermis ühes soomusega	1,98	1,38	1,09
nahk 3-mm lihakihiga	0,40	0,23	0,17
Koha			
epidermis ühes soomusega	1,36	0,50	0,37
nahk 3-mm lihakihiga	1,09	0,98	0,66

Et kalas vähendada NaCl hulka, tuleb kala pesemiseks kasutada vett, mille temperatuur on +20° C, kuid isegi nii madala temperatuuri puhul kala pealispind sulab ja keha temperatuur üldiselt tõuseb ning sellest tingituna ei teki hiljem kala pinnale jääglasuuri kihti. Siit tuleneb vajadus rakendada tootmisprotsessis järelkülmutamist.

Järgmiseks väga tähtsaks operatsiooniks tehnoloogilises protsessis on kala glasuurimine, kuid see on seotud külmutatud kala säilitamisega ning seepärast käsitletakse seda küsimust vastavas peatükis.

Restkorvid peavad olema niisuguse ehitusega, et soolalahus ümbritseks kala ühtlaselt, kuna külmumine toimub siis kiiremini ning ühtlasemalt. Kala liiga kauane hoidmine külmutuspaagis põhjustab ta soolsuse tõusu. Soolalahuse 1 m^3 kohta ei tohi asetada restkorvi üle 200 ... 250 kg kala. Restkorvide ülekoormamisel (500 kg/m^3) külmuvad kalad kokku ja deformeeruvad ning külmutuskestus pikeneb. Kui peale selle ka soolalahuse ringlus aeglustub ja muutub ebaühtlaseks, on ilmne, et restkorvide ülekoormatus põhjustab külmutatud kala kvaliteedi halvenemist.

Märgkülmutites tekib alati vahtu. Õhk satub soolalahusesse segistiga, soolalahuse langemisel kaskaadina, paagiavade ning torustiku kaudu, imendub ka läbi seadme mitmesuguste osade jne. Paaki kogunenud vaht raskendab tublisti kala külmutamise tehnoloogilist protsessi. Et vähendada vahu tekkimist, tuleb soo-

lalahus suunata külmutuspaaki altpoolt nivood. Tuleb kõrvaldada ka vastavad puudused aparaatide konstruktsioonis ning rangelt täita kala külmutusprotsessi tehnoloogiliste juhendite nõudeid.

Õhk, puutudes kokku soolveega, kutsub esile metalli korrosiooni. Soolalahusesse ei saa lisada korrosioonivastaseid aineid, sest nende kokkupuutumine kala või teiste toiduainetega ei ole soovitav. Sellepärast tuleb märgkülmutamise aparatuur valmistada roostevabast metallist või plastmassist.

Eeltoodust võib teha järelduse, et kontaktkülmutamisel soolvees võib saada kõrge kvaliteediga tooteid, tuleb vaid parandada aparaatide konstruktsiooni ning teha nende käsitsemine hõlpsamaks ja kergemaks.

Tuleb rangelt täita tehnoloogiliste juhendite nõudeid ja kontrollida nende täitmist külmutusprotsessi kõigis etappides. Tehnoloogilised juhendid nõuavad igapäevast soolalahuse järelevaatust, ruumide ja inventari hoolikat puhastamist, soolalahuse täielikku vahetamist mitte harvem kui seadme töö iga 20 päeva järel ja tööprotsessi ajal soolalahuse pidevat filtreerimist. Soolvett filtreeritakse alt üles läbi puusõe-, koksi- või räbukihi.

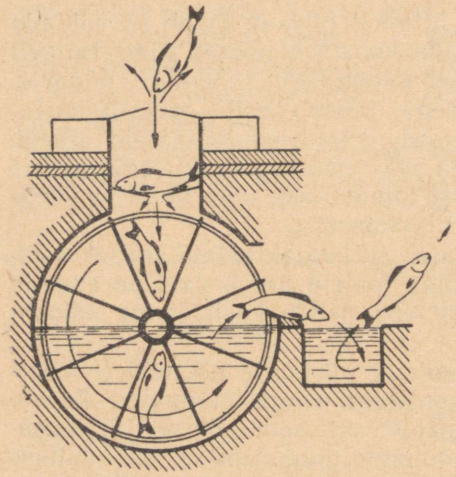
Pideva filtreerimise kindlustamiseks peab seadme skeemis olema kaks filtrit, nii et ühe filtri puhastamise ajal teine töötaks. Kontaktkülmutamisel esitatakse ranged nõuded soolalahuse valmistamiseks kasutatava soola kvaliteedile, kuna sellest oleneb sooldumisaste.

Enne külmutamist tuleb puhas NaCl lahus jahutada temperatuurini $-19°$ C (lahuse erikaal on $+15°$ C juures 1,16 . . . 1,17) ja alles siis võib paaki asetada külmutuskorvid, mis on täidetud üht liiki ja ühesuuruste kaladega. Paakides oleva soolalahuse temperatuur ei tohi külmutamisel olla alla $-19°$ C ega üle $-17°$ C, külmutusagendi aurumise temperatuur torudes aga mitte rohkem kui 5 kraadi madalam nimetatud soolalahuse temperatuurist.

Kui külmutamine on lõppenud, tuleb restkorvid viivitamata soolalahusest välja võtta. Giprorõbpromi andmete järgi iseloomustavad soolalahusega kontaktkülmutamise kambreid järgmised tehnilised ja ökonoomilised näitajad (1 tonni ööpäevasele tootlikkusele): külmutuskambri pindala on 10,6 m^2, ruumala 55,2 m^3, metallikulu 1,35 tonni, külmakulu 107,2 Mcal, elektrienergiakulu 88,4 kWh, tööjõukulu 7,6 inimtundi.

Eespool vaadeldud külmutusseade, mille koostisossa kuuluvad restkorvid, ei ole kontaktkülmutusseadmete ainuke esindaja. Vaatleme mõningaid pidevalt töötavaid mehhaniseeritud seadmeid.

Joonisel 81 on näidatud kaheksasektorilise pöörleva trumliga külmutusaparaadi skeem. Igasse sektorisse mahub 400 kg kala, seega kogu trumlisse 3,2 tonni.



Joon. 81. Pöörleva trumliga külmutusseadme skeem.

Külmutuslahus ($t_1 = -20°$ C) suunatakse trumlisse tugeva joana läbi õõnsa võlli. Lahusega uhutav kala külmub kuni $-18°$ C-ni.

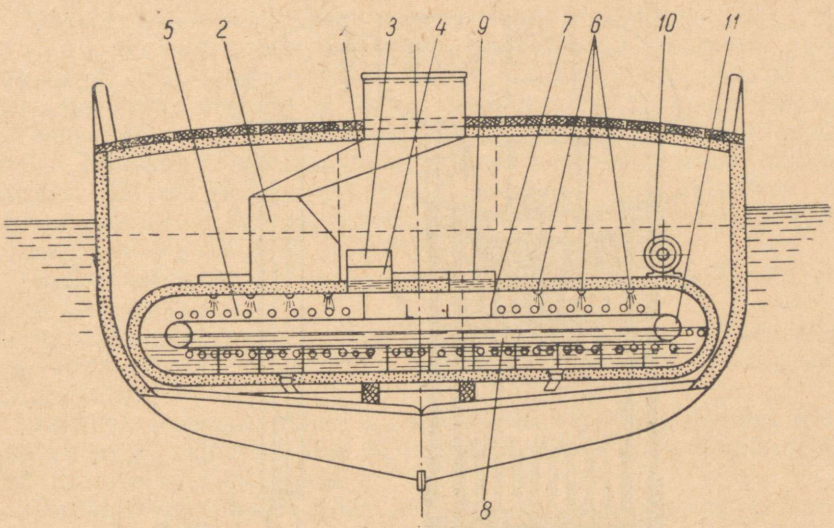
Konveierkülmutusaparaat kujutab endast piklikku nelinurkset paaki külmutuslahuse jaoks. Paaki läbib traatvõrgust konveier, millele on kinnitatud vertikaalsed labad, mis asuvad üksteisest võrdsel kaugusel. Konveieri paneb liikuma veotrummel. Külmutuslahus suunatakse aurustist paaki kraani kaudu (surve all), mis asub paagis võrkkonveierist pisut madalamal. Lahuse pind hoitakse konveieri trumlite võllidega ühel tasapinnal.

Peale konveieri käivitamist laaditakse kala ülemisele võrklindile, mis viib ta soolvette. Reservuaari läbides kala külmub. Soolvette sukeldatud võrkkonveier takistab kala pinnale tõusmist ning labad ei võimalda tal koguneda ühte kohta. Nimetatud asjaolud ja soolvee tsirkuleerimine loovad soodsad tingimused soojusvahetuseks kalalt külmalé soolveele. Konveierilint läbib kordamööda soolvee ja õhu, mille tulemusena ta korrodeerub ning võib ilma kaitseabinõudeta kiiresti rivist välja minna.

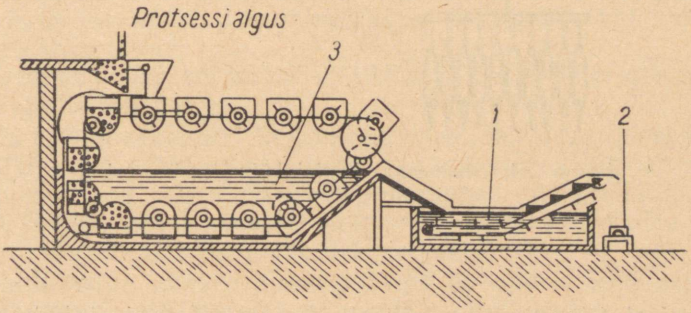
Konveierkülmutusaparaati võib kasutada nii statsionaarsetes seadmetes kui ka külmutuslaevadel. Niisuguse seadme (tootlikkus 14 t/ööp.) laeval paigaldamise skeem on näidatud joonisel 82.

Tekile võetud kala lahatakse ja pestakse ning suunatakse läbi punkrite *1* ja *2* kaalukasti *3* ja laadimisluugi *4* kaudu jaotatakse konveieri ülemisele lindile *5*. Konveieri kohale on monteeritud pihustid *6*, mille abil niisutatakse lindil liikuvaid kalu külma soolalahusega seni, kuni kala sukeldub lahusesse. Kala suunatakse lahuses *8* edasi konveieri külge kinnitatud labadega *7*. Pärast väljumist lahusest ja enne väljalaadimisluugi *9* juurde jõudmist piserdatakse kala uuesti külma soolalahusega. Konveierilint pannakse liikuma reduktori *10* ja tähe *11* kaudu. Lindi liikumise kiirust võib reguleerida piires 1,5 ... 3 mm/sec. Lindi pikkus on 8,6 m, laius 1,2 m. 8 ... 10 cm paksune kala külmub 100 ... 110 min. jooksul.

Joonisel 83 on kujutatud konveierkülmutusseade, milles on kasutatud võrk- või perforeeritud plekk-koppasid, mis on kinni-



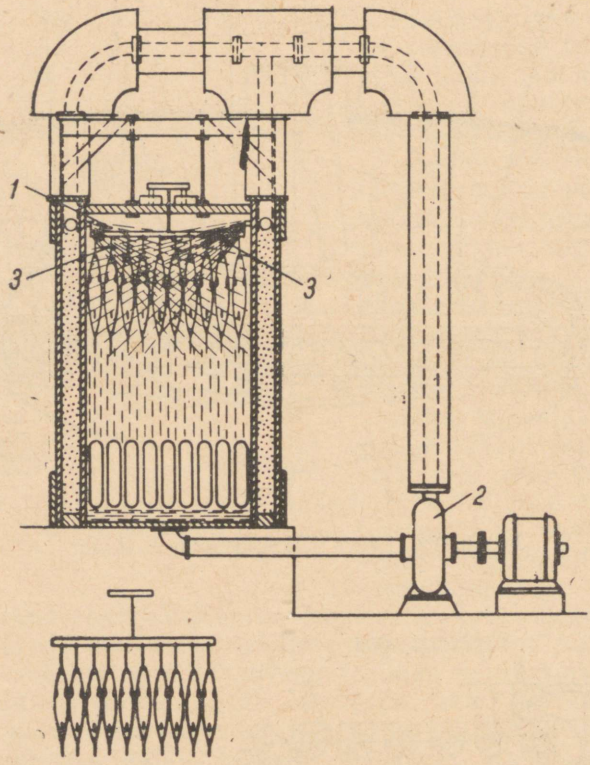
Joon. 82. Laeva külmutusseadme skeem.



Joon. 83. Konveier-külmutusseade:
1 — glasuurimistank, *2* — glasuuritud kala, *3* — külm soolalahus.

tatud kettkonveierile. Kalad laaditakse koppadesse konveieri ülemises osas. Kettkonveieri liikumisel muutub järjekindlalt koppade asend, mille tõttu nende sees olevat kala pidevalt segatakse. Läbides külma soolalahust vasakult paremale, kala külmub. Kui kopp väljub lahusest, võtab ta väljalaadimiseks sobiva asendi ning puistab seesoleva kala kaldrennile, kust külmutatud kala läheb edasi glasuurimistanki.

Seadme tootlikkus sõltub koppade mahust, konveieri pikkusest, kala mõõtmetest ja konveieri kiirusest. Konveieri kiirus peab olema kooskõlastatud külmutuskestusega.



Joon. 84. Soolveega kontaktkülmutamise (piserdamisega) skeem:
1 — vardad kalade riputamiseks, *2* — pump, *3* — pihustid.

Joonisel 84 on skemaatiliselt kujutatud kontaktkülmutamist soolvee pihustamisega.

Aurutuspaagi kohale on asetatud konveier, mille varraste külge on riputatud külmutatavad kalad.

Külm soolalahus pumbatakse aurustist torude kaudu konveieri ülemisse ossa, kust ta läbi paljude avade soolveetorus või pihustitega pihustatakse ülesriputatud kaladele. Konveieri kiirus on arvestatud selliselt, et ettenähtud kalakogus, mis läbib pihustustsooni, jõuaks külmuda.

Soolalahuse filter asub aurusti ja pihustustorude vahel.

Konveierit võib pikendada ja kasutada teda ka teiste külmaga töötlemise operatsioonide läbiviimiseks nii enne kui pärast külmutamist. Tehnoloogiline protsess on kõige täiuslikum, kui operatsioone teostada alljärgnevas järjekorras.

Pärast sorteerimist läheb kala konveieri laadimislauale, kus ta riputatakse varrastele; konveieris toimub kala pesemine veejugadega, jahutamine, külmutamine, kalapinnalt soolalahuse pesemine, glasuurimine ja lõpuks konveieri tühjakslaadimine.

Konveieri osad, kus kala pestakse, jahutatakse, külmutatakse, uuesti pestakse ja glasuuritakse, peavad töötama iseseisvalt, sest esimese ja neljanda operatsiooni pesuvesi, jahutamislahus ja külmutuslahus ei tohi seguneda. Külmutava soolalahuse temperatuur peab olema −20 ... −21° C.

Sellel külmutusviisil on järgmised tehnilised ja tehnoloogilised iseärasused:

külmutusseade on perioodiliselt töötav, selles on võimalik konveieri kiiruse reguleerimise abil külmutada mitmes suuruses kalapartiisid;

täieliku protsessi puhul, alates pesemisest ja lõpetades glasuurimisega, toimuvad kõik vahepealsed operatsioonid automaatselt ilma inimtööjõu kuluta;

kontaktkülmutamisel sukeldamisega on kõrgema temperatuuriga kala, hoolimata soolalahuse sundtsirkulatsioonist, alati soolalahuse pinnakihis, kus lahus on suhteliselt vähem liikuvam, mille tõttu kala sooldumine on palju intensiivsem. Soolalahusega piserdamise puhul voolab külm soolalahus pidevalt mööda kala pinda ning järelikult siin mingisugust pindmise kihi suhtelist liikumatust ei esine;

külmunud kalal on loomulik välimus, ta ei deformeeru ja ta kaubavälimus on parem.

Kala soojusvahetuse tingimused soolalahusega piserdamisel on küllaldaselt efektiivsed, ainult ei saa garanteerida, et alati absoluutselt kogu kala pind oleks ühtlaselt soolalahusega uhutud. Osaliselt võib soojusvahetus toimuda ka ümbritseva külma õhuga, mis muidugi pikendab külmutuskestust.

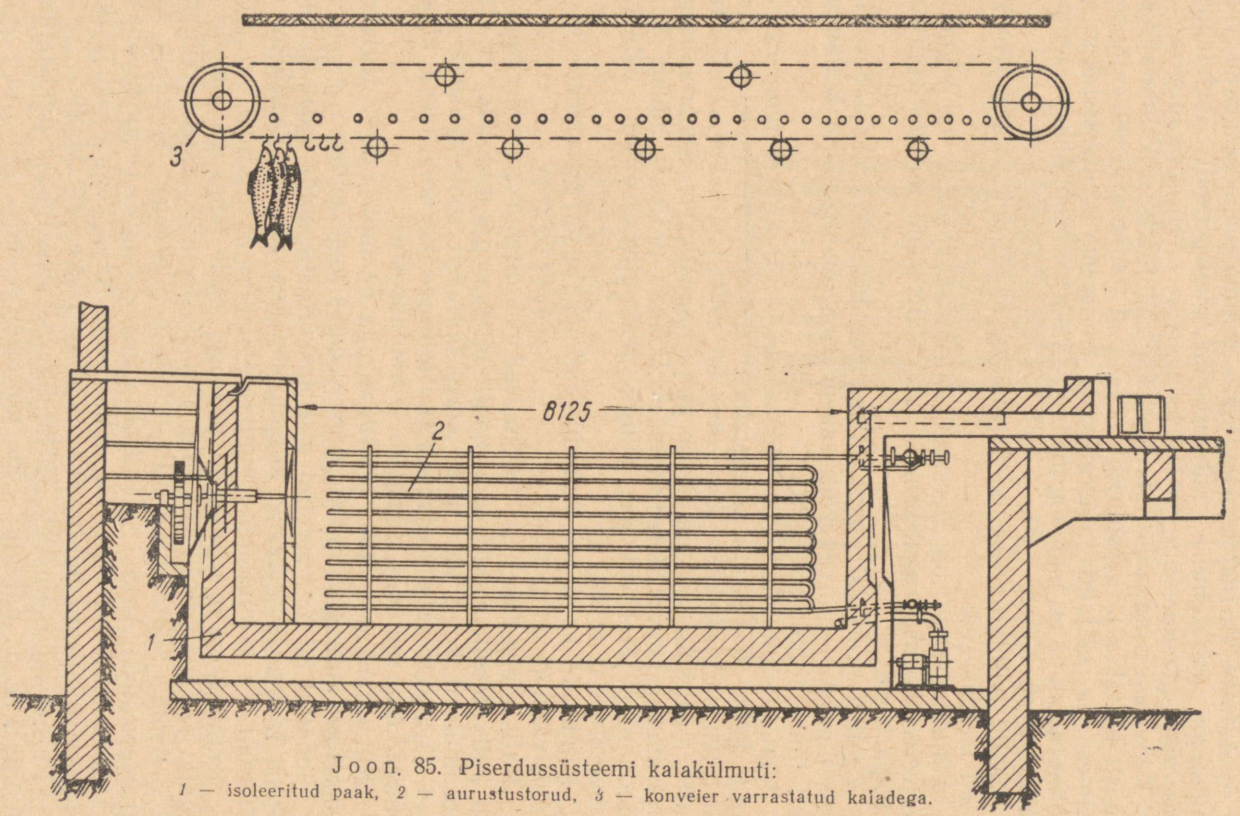
Külmutamine soolvee piserdamisega on umbes 50% aeglasem võrreldes kontaktkülmutamisega vedelas keskkonnas.

Joonisel 85 on näidatud piserduskülmutit, mida kasutati enne Suurt Isamaasõda Aasovi külmutushoones. Külmuti tootlikkus on 23 t/ööp. ja külmutialune pindala 160 m^2.

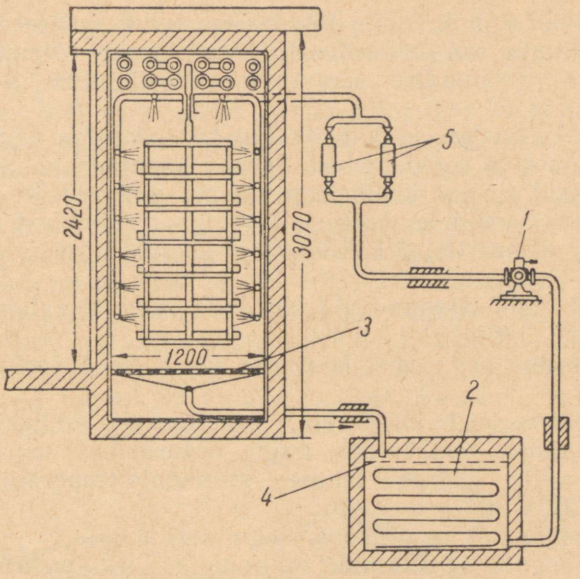
Külmuti koosneb kahest paagist, mille sügavus on 3,1 m. Igale vardale mahub 30 kala. Pihustustorude aukude läbimõõt 2 ... 3 mm. Soolalahust filtreeritakse puusõega. Külmuti ekspluateerimisel Aasovi külmutushoones veenduti, et aurutuspaagi asukoht konveieri all ei ole otstarbekas, kuna kogu saast ja lima sadestuvad paagi põhja, kust neid on raske eemaldada.

Piserduskülmutusviisi variandiks on soolalahuse pihustamine. Joonisel 86 on näidatud selle protsessi skeem.

Soolalahuse pihustavad spetsiaalsed pihustid, mis hoolikalt suletud külmutuskambris on asetatud nii, et külmutatav kala



Joon. 85. Piserdussüsteemi kalakülmuti:
1 — isoleeritud paak, *2* — aurustustorud, *3* — konveier varrastatud kaladega.



Joon. 86. Pihustatud soolalahusega kala külmutamise seadme skeem:
1 — tsentrifugaalpump, *2* — aurusti, *3* — filter nr. 1, *4* — filter nr. 2, *5* — filter nr. 3.

oleks ühtlaselt piserdatud soolveega. Kala, mille vorm ja mõõtmed on kooskõlas külmutuskambri mõõtmetega, riputatakse üles konksude abil või asetatakse võrkkorvidesse. Pihustamisel külmutuskambri seintele sadestunud ja põrandale valgunud soolalahus juhitakse läbi filtrite tagasi aurustisse järjekordseks jahutamiseks. Aurustist väljuva soolalahuse temperatuur on −16 . . . −18° C.

Soolalahuse pihustamine heljumi seisundini ja kala pinna ühtlane niisutamine soodustavad soojusvahetust ja kiirendavad külmutusprotsessi. Kala külmutamise kiirus pihustatava soolalahusega on soodsate tingimuste juures ligilähedane sellele külmutuskiirusele, mida saavutatakse sukeldamismeetodiga.

Kala külmutamist pihustatud soolalahusega kasutatakse laevadel, sest laeva kõikumisel ei ole siis vaja karta lahuse väljaloksumist seadmest ning külmutamiseks läheb vaja vähem soolalahust. Soolvee-kontaktkülmutusseadmed olid varem kasutusel paljudes kalatöötlemisettevõtetes. Käesoleval ajal aga on nad paljudes külmutushoonetes asendatud teistega, peamiselt stellaaž- ja kiirkülmutusseadmetega. Põhjus on siin selles, et soolvee kontaktseadmetes külmutatud kala ei talu pikemaajalist säilita-

mist. Viimast asjaolu võib pidada kas külmutusprotsessi tehnoloogia rikkumise või selle alusetu lihtsustamise tulemuseks.

Kuid ka ratsionaalse soolvee-kontaktkülmutuse korral kala sooldub.

Arvestades vedela keskkonna kui külmakandja üsna soodsaid soojusnäitajaid ja soovides seda siiski kasutada kalakülmutamiseks, hakkasid uurijad ühelt poolt otsima uut vedelat keskkonda, milles kala ei soolduks, ja teiselt poolt — võimalust kõrvaldada soolalahuse otsene toime kalale mingi soojust hästi juhtiva kesta abil.

Uurijad tegid ettepanekuid kasutada keedusoolalahuse asemel teisi koostisi, näiteks

kolmekordne segu, mis koosneks veest, keedusoolast ja glütseriinist;

«kontsentreeritud merevesi», s. o. koostis, milles on samad soolad ja samas vahekorras, nagu naturaalses merevees, kuid koguses, mille juures lahuse külmumistemperatuur alaneb −20 . . . −22° C-ni;

kaltsiumkloriidi ja glükoosi segu vesilahuses.

Nende segude kasutamine ei andnud siiski positiivseid tulemusi.

Kontaktita külmutamine soolalahuses

Kontaktita märgkülmutamise seade koosneb: külma soolalahust sisaldavast külmutuspaagist, nurkrauast raamidest erikonstruktsiooniga pannide komplektiga ning tõste- ja transpordiseadmest. Külmutuspaagi mõõtmed peavad vastama seadme vajalikule tootlikkusele. Külmutusprotsessi intensiivistamiseks on otstarbekas kasutada naatriumkloriidilahuse asemel magneesiumkloriidi- või kaltsiumkloriidilahust. Pannid, kuhu paigutatakse külmutatav kala, valmistatakse nii suured, et nad mahutaksid 8 . . . 16 kg kala. Harilikult on panni mõõtmeteks 430× ×730×64 mm. Iga panni põhja külge kinnitatakse väljapoole nurgikud, mille tulemusena jääb pannide vahele nende raamile asetamisel õhuvahe.

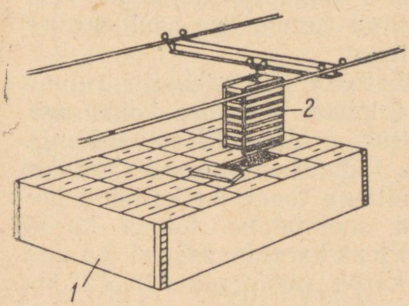
Pannide kaantel on isesugune konstruktsioon: nende külgmised ääred on kaldu, nii et kaane alumine osa on ülemisest laiem. Peale selle on kaane kõrgus pisut suurem kui panni kõrgus. Kui panni kõrgus on 64 mm, siis kaane kõrgus on 76 mm. Selline konstruktsioon loob kaanega kaetud pannis õhuvahe panni külgservade ja kaane vahele, mis ristlõikes omab kolmnurga kuju. Õhuvahe võib moodustada ka nii, et pann valmistatakse alt kitsam, kaas aga on püstloodis külgservadega.

Pannid täidetakse kalaga, kaanetatakse ja paigutatakse 12 . . . 20 kaupa raamile. Raamid tõstetakse tali abil külmutus-

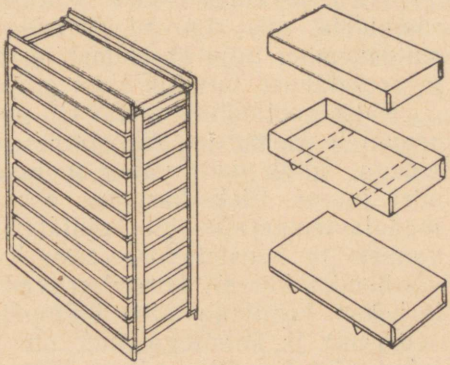
paaki. Õhk, mis jääb vahedesse piki panni ümbermõõtu, takistab raami paaki asetamisel soolvee tungimist panni ja seega kala sooldumist külmutamisel.

Vahedes oleva õhu toimel püüab pann üles tõusta, kuid seda takistab raam, mis hoiab pannid kindlas asendis. Raami ülemises osas kinnitatakse pannid seibiga varda külge, mis lubab ülemistel pannidel veidi kõrguti liikuda. Oluline on, et kala külmutamise protsessis ümbritseks külm soolalahus iga panni põhja ja kaant ning pannid oleksid paagis kindlalt horisontaalasendis, kuna väiksemagi kallaku juures õhukork kõrvaldub ja soolalahus tungib panni sisemusse, sattudes kaladele.

Lahuse temperatuuri paagis peab hoidma $-32 \ldots -43°$ C piires. Kui lahuse temperatuur on $-40°$ C, külmub kala 15 . . . 16 kg mahutavusega pannil 30 minuti jooksul. Joonisel 87 on kujutatud eelkirjeldatud seadme skeemi.



Joon. 87. Kontaktita märgkülmutamise seadme skeem:
1 — külmutuspaak, *2* — raam.



Joon. 88. Kaanega panni ja raami ehitus.

Kui ühele pannile mahub 15 kg kala, ühte raami 12 panni ja paaki 35 raami, siis külmutuspaak mahutab ühekorraga 6,3 tonni kala.

Joonisel 88 on näidatud kaanega panni ja raami skemaatiline ehitus.

Eelkirjeldatud protsessi võib läbi viia ka harilikes soolalahuse kontaktkülmutuspaakides. Ainult seoses NaCl lahuse võrdlemisi kõrge temperatuuriga on külmutusprotsess palju aeglasem.

Kontaktita soolveekülmutusviisi eeliseks on:

intensiivne soojuse eraldumine vedelasse keskkonda, ei esine kala sooldumist;

seadmete lihtsus ja odavus ning soolvee-kontaktkülmutusseadmete kasutamise võimalus;

seadmete kõrge tootlikkus külmutusruumi mahu- või pinnaühiku kohta;

toote kuju säilimine.

Selle meetodi põhilised puudused:

õhukihtide esinemine pannides, mis aeglustab külmutusprotsessi;

seadmeid tuleb hoolikalt teenindada, vastasel korral põhjustab vähemgi panni kallak paagis soolalahuse tungimist kalasse ja selle tulemusena kala riknemise;

kontaktita soolveega külmutamist ei saa kasutada vooltootmisprotsesside puhul.

Kontaktita külmutamist soolalahusega võib kasutada mitte ainult sukeldamise, vaid ka piserdamismeetodi puhul.

Vaatleme lühidalt piserdusseadme ehitust.

Filee pakitakse ümmargustesse, kaanega tihedalt suletavatesse plekk-karpidesse, mahutavusega 4,5 kg. Karpide läbimõõt on 31 cm ja kõrgus 6 cm. Karbid fileega paigutatakse metallraamidele, mis ripuvad spetsiaalsetes külmutuskambrites. Külmutuskamber kujutab endast isoleeritud ruumi, kus asub aurusti ja soolalahuse torustik koos pihustitega.

Külm soolalahus (−20° C) pumbatakse läbi pihustite ruumis asuvatele karpidele. Pihustatud soolalahus, puutudes kokku karpidega, võtab neilt vastu soojuse, mis eraldub fileest külmutamise juures. Plekk-karpides asuvat külmutatud fileed hoitakse madala temperatuuriga hoidlates, millega toode on kaitstud kuivamise ja roostetamise eest. Kuid soolalahuse toimel karbid võrdlemisi kiiresti korrodeeruvad. Plekk-karpide asemel on otstarbekas kasutada alumiiniumist karpe (mõõtmed 32,5×22,5×6,5 cm) ja kaantega, mis on kinnitatud mutrite abil. Teisel juhul võetakse filee pärast külmutamist metallkarbist välja ja pakitakse niiskuskindlasse paberisse, asetatakse seejärel puit- või kartongtaarasse ning suunatakse kas külmutushoonesse või isotermilistesse vagunitesse.

D. A. Hristodulo konstrueeris suure tootlikkusega kiirkülmuti. Selles aparaadis võib külmutada liha, kala ja teisi toiduaineid lahtivõetavates vormides. Soojust juhtivaks pinnaks võib kasutada 0,2 mm paksust alumiiniumplekki, vinüülkloriidkilet, kummeeritud riiet, vahariiet jt. Vormi asetatud toiduaineplokk kaetakse ühega loetletud materjalidest ja piserdatakse külmutusaparaadis külma soolalahusega, kusjuures toiduained kiiresti külmuvad. Aparaat on kapikujuline ja järgmiste mõõtmetega: pikkus 3850 mm, laius 3000 mm, kõrgus 2700 mm ning ta võtab oma alla 11,5 m² suuruse pindala.

Vormid koos toiduainetega asetatakse aparaati kõrguti 3 kihti ja laiuti 4 rida, kusjuures iga vorm on vertikaalasendis ja teda võib oma reas mööda spetsiaalseid rööpmeid ja rulle täitmisel ja tühjendamisel kergesti teisaldada. Aparaadi ülemisse ossa on

monteeritud aluspõhi, mille kaudu toimub raamvormide piserdamine soolalahusega. Alumises osas on töötanud soolalahuse koguja. Pärast jahutamist aurustis suunatakse soolalahus uuesti aparaati.

Aparaati täidetakse ühelt poolt ja tühjendatakse teiselt poolt, kusjuures igal liinil on omaette täitmis- ja tühjendamisluugid. Lahtivõetavate raamvormide mõõtmed on 380×380 mm ja kõrgus vastavalt külmutatava ploki paksusele (40, 60, 80, 100 mm). Et soojusvahetuspinnad (näiteks vahariie) liibuksid tihedasti toiduaine vastu ja oleksid samaaegselt kinnitatud raami külge, on raam varustatud restiga.

Raamvormide täitmine ei valmista raskusi. Raam asetatakse töölauale horisontaalselt, ülemine rest kõrvaldatakse, ülemine vahekate eemaldatakse ja raami, nagu tavalisse vormi, pakitakse tihedasti toiduaineid. Seejärel kaetakse raamid vahekattega, asetatakse kohale, kinnitatakse ülemine rest ja lükatakse siis täitmisluugi kaudu külmutusruumi. D. A. Hristodulo katsed näitasid, et soolalahuse sattumist toiduainele siin ei esine. Külmutatud plokkide kõrvaldamine raamidelt on lihtne ega vaja eelnevat sulatamist.

Kui soolalahuse temperatuur on −20 ... −25° C ning kasutatakse vahekatteks õhukest vinüülkloriidkile, külmuvad 60, 80 ja 100 mm paksused lihaplokid +10° C-st ... −10° C-ni vastavalt tabelis 32 toodud näitajatele.

Tabel 32

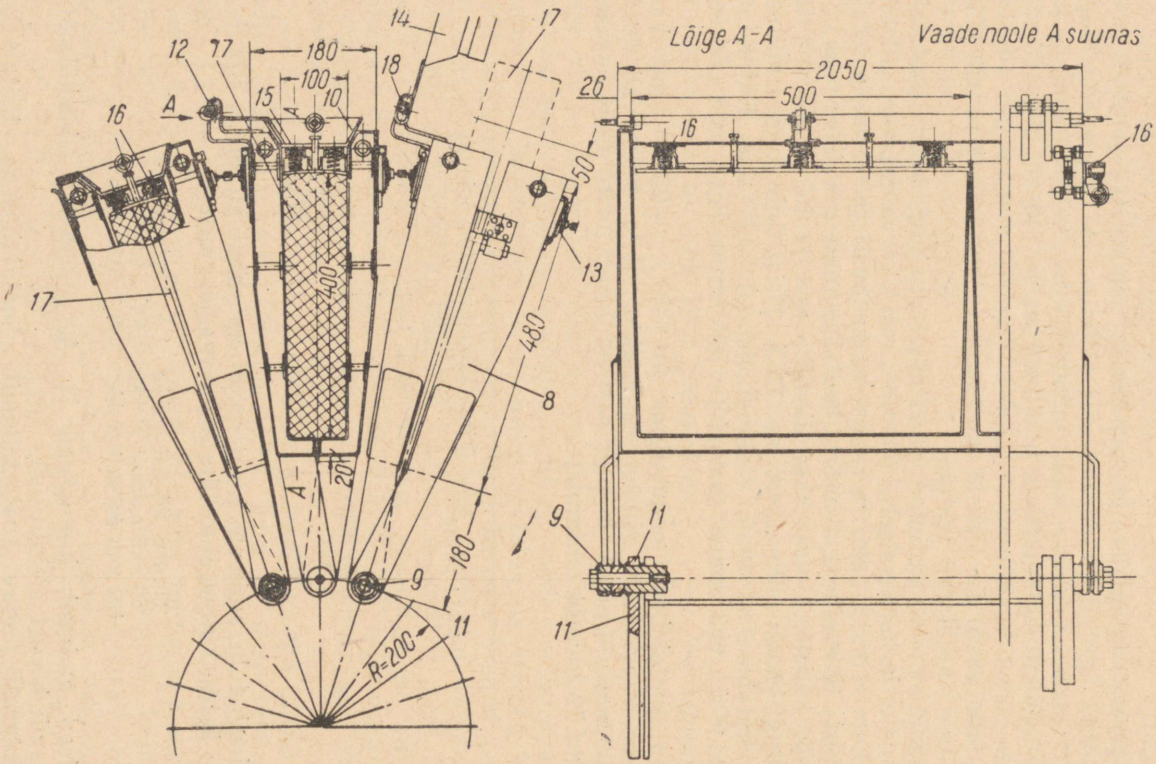
Ploki paksus mm	Liha külmutuskestus minutites soolalahuse temperatuuril	
	−20° C	−25° C
60	190	160
80	330	240
100	480	360

Hristodulo andmete järgi saadi aparaadi all oleva iga 1 m² pinna kohta külmutatud liha ööpäevas järgmiselt:

60 mm paksusi plokke 1 ... 1,2 tonni,
80 mm paksusi plokke 0,65 ... 0,9 tonni,
100 mm paksusi plokke 0,5 ... 0,65 tonni.

Need andmed kinnitavad D. A. Hristodulo kiirkülmutusaparaadi kõrget efektiivsust.

Pidevalt töötav rootorkülmuti. Soolalahusega töötav kontaktita rootorkülmuti, mis külmutab kala plokkidena, kujutab endast rootorit, millele on kinnitatud neli rida elemente — plokkvorme. Kõik 20 külmuti plokkvormi koosnevad kahest õõnsast



Joon. 89. Plokkvorm (positsioonide tähiseid vt. joon. 90).

lahtivõetavast poolvormist. Mõlemad poolvormid on vormi pikkuselt šarniirselt kinnitatud rootori külge ja hoitakse suletud asendis küljevedrude ja lukuga. Igal poolvormil on õõnes osa — särk, millest suunatakse läbi külm soolalahus, mis võtab vastu kala külmutussoojuse. Kala laotakse tihedasti vormi 100 mm paksuse plokina. Plokkvormi asetatud kala surutakse pealt kokku ovaalse kaanega, mis hiljem fikseerib külmutatud kalaploki vormi keskasendis.

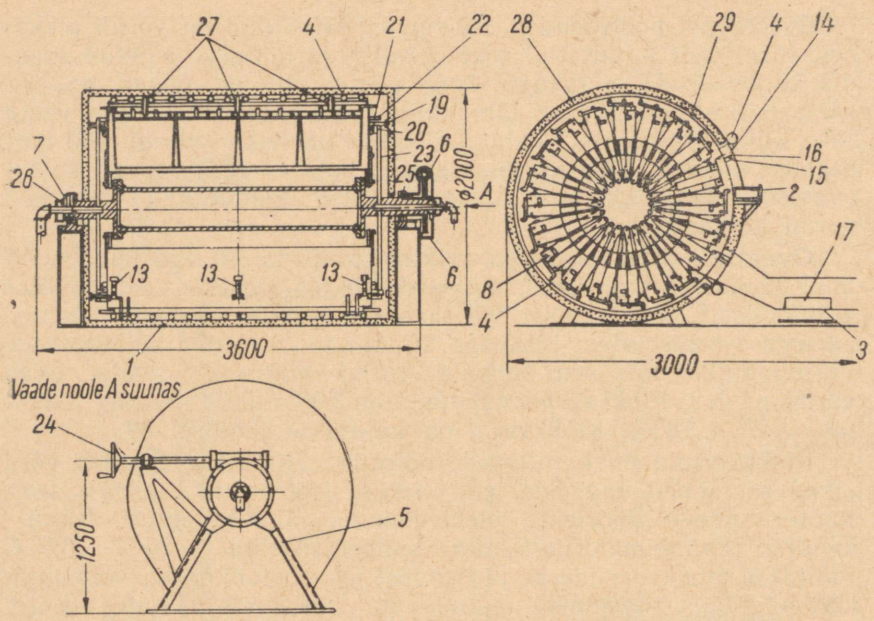
Ovaalse kaane kohale on vedrude peale kinnitatud teine, välimine koonusäärtega kaas, mis võib liikuda ovaalse kaane suhtes vertikaalselt. Vajutamisel väliskaanele toimib see oma koonusäärtega vormiseintele laskudes kiiluna ja, ületades küljevedrude vastupanujõu, mis seni hoidsid vormi kinnises asendis, avab vormi pooled. Plokkvormi mõõtmed on 500×400×100 mm, mahutavus 17 ... 18 kg. Plokkvorm on kujutatud joonisel 89.

Plokkvormid on kinnitatud rootorile nelja ritta. Rootori võlli otsad asetatakse tugedele, mis asuvad isoleeritud karkassi sees. Rootori paneb pöörlema elektrimootor läbi reduktori. Külmakandja (kaltsiumkloriidilahus) temperatuuriga −25 ... −28° C juhitakse plokkvormidesse ja nendest ära rootori õõnsa võlli ning külmakindlast kummist painduvate torukeste kaudu. Kõigi külmalahust juurdetoova 20 torukese läbimõõt võrdub umbes rootori õõnsa võlli läbimõõduga. Rootori pöörlemisel kalade laadimise kohast kuni kalaplokkide väljavõtu kohani on iga plokkvormi kaks poolt surutud teineteise vastu spetsiaalse kopeermehhanismiga.

Väljavõtukohal lükkab kopeer poolvormid laiali, kalaplokki aga hoiab seejuures poolvormide keskasendis ovaalne kaas, mis ei lase plokil kõrvale nihkuda. Seejärel eemalduvad poolvormi seinad kalaplokist, plokk vabaneb seesmise kaane küljest ja langeb raskusjõu toimel külmutist automaatselt välja. Niiviisi toimub plokkide vormidest väljavõtmine mehhaaniliselt, kusjuures külma soolalahuse ringlus läbi vormiõõnte jätkub.

Kirjeldatud külmutis ei ole vormide tühjendamisel soojendamist vaja. See tõstab külmuti tootlikkust ja vähendab külmakulu kalade külmutamisel. Poolvormide seinad eemalduvad tooteplokist mitte ristsuunas ploki seintele, vaid pöördudes šarniiril, see vähendab jõukulu poolvormide metallseinte lahtirebimiseks ploki küljest mitmekordselt. Külmuti üldvaade on kujutatud joonisel 90.

Koos vormidega on rootori läbimõõt 2 m. Külmuti tootlikkus, kui sellel on neli vormi reas, on pideval töötamisel ümmarguselt 10 tonni ööpäevas. Külmuti gabariidid ilma ajamita, reduktor koos mootoriga ja täitmisplatvormita, kui reas on neli vormi, on 3,6×2,3×2,3 m, viie vormiga reas — 4,1×2,3×2,3 m ja kuue vormiga reas — 4,6×2,3×2,3 m.



Joon. 90. Rootorkülmuti üldvaade:

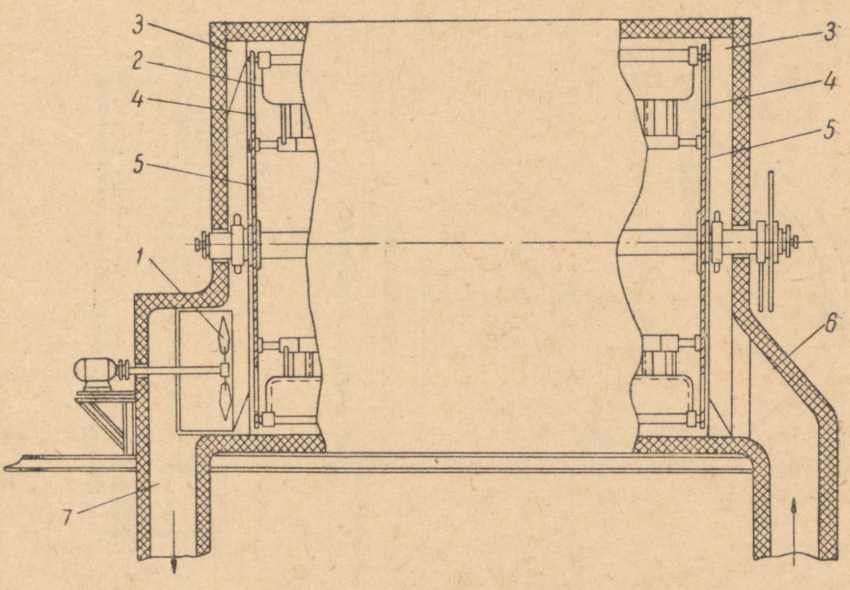
1 — trumli kate, *2* — täitmistransportöör, *3* — tühjendamistransportöör, *4* — torujahuti, *5* — raam, *6* — parem tugi ühes pöördmehhanismiga, *7* — vasak tugi, *8* — plokkvorm, *9* — plokkvormi telg, *10* — vormi pooled, *11* — äärik, *12* — vormi õõnsus, *13* — lehtvedrud, *14* — kaas, *15* — vetruv kaas, *16* — vetruva kaane vedru, *17* — toiduaineplokk, *18* — liikuv šarniir, *19* — vormipooli lahtilükkav kiil, *20* — kiilu vedru, *21* — kummitorud, *22* — soolalahuse ringkollektor, *23* — torud, mis juhivad soolalahust kollektorisse, *24* — pöördmehhanismi hooratas, *25* — kuullaagrid, *26* — tihendkarbi kere, *27* — juhtkopüürid, *28* — katte isolatsioon, *29* — kaabits.

Külmutist väljavõetud valmis kalaplokid glasuuritakse ja suunatakse säilitamiskambritesse.

Külmuti plokkvormi proovimine, mis toimus 1955. a. juulis Moskvas külmutushoones nr. 7, näitas plokkvormi kalaga täitmise kestuseks 2 ... 2,5 minutit; soolvee temperatuuril −24 ... −28° C kestis 100 mm paksuse ploki külmutamine, kuni ploki keskkoht saavutas lõpptemperatuuri −9 ... −9,5° C, 3,5 tundi, temperatuurini −11 ... −12° C 4 tundi ja kuni −20° C — 5 tundi. 18,2 ... 19,5-dm³ mahuga plokkide kaal kõikus piires 15 ... 18,8 kg, vormi täitmise koefitsient muutus piires 0,78 ... 0,97 ja keskmiselt võib selle võtta 0,85. Külmuti proovimisel oli kalaplokkidel hea kaubavälimus ja korrapärane geomeetriline kuju.

Plokk-külmutusel on järgmised eelised:

võimalus asetada kalaplokke tihedamalt külmhoone kambritesse. Võrreldes tükk-külmutamisega vajavad plokid külmhoonetes säilitamisel kaks korda vähem kubatuuri,



Joon. 91. Kiirkülmuti koos täiendava seadisega õhu ühtlase jaotamisega ruumi jahutamiseks (külgprojektsioon).

produkti tunduvalt väiksem kuivamiskadu nii külmutamisel kui ka pikaajalisel säilitamisel.

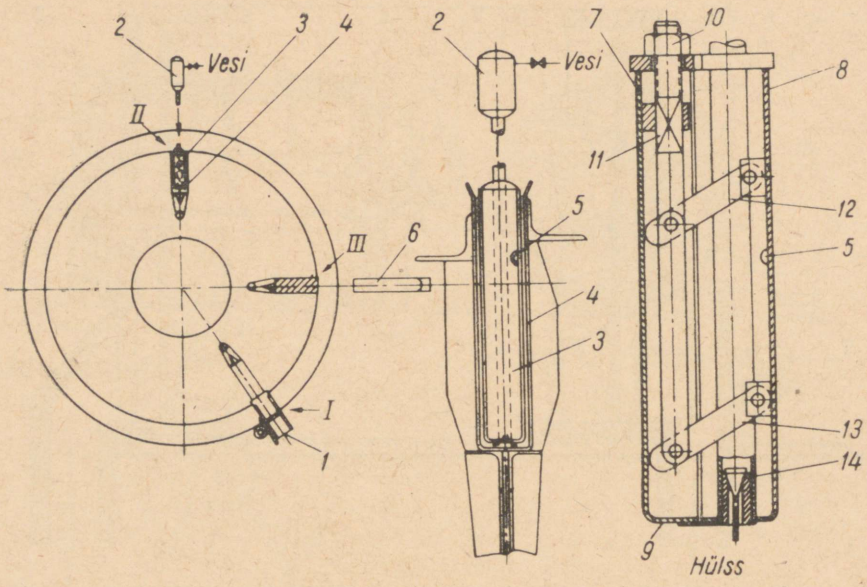
Et saada kergesti lagunevaid külmutatud kalaplokke, tuleb plokkvormidesse ladumisel iga kala ükshaaval keskkohast mähkida tsellofaanpaberisse. Sel juhul laguneb plokk juba kerge löögi puhul vastu tuge võrdlemisi kergesti ja kalad eralduvad üksteisest hästi.

Kirjeldatud rootorkülmuti töötati välja 1955. a. Hiljem grupp autoreid (V. M. Gorbatov, V. P. Zaitsev, S. J. Mekenitski, A. J. Nitotškin, I. A. Popõrin, I. M. Semjonov ja A. F. Judintsev) täiustasid seda, töötades välja täiendava seadise, mis võimaldab kasutada külmutit ka õhujahutus- (õhu ja ruumide jahutamiseks) ja glasuurimisaparaadina.

Täiendavad seadised tagavad ka õhu ühtlase kokkupuute kõigi külmutamise plokkvormidega ja võimaldavad kasutada tootega täitmiseks kõiki külmutusvorme, mis on kinnitatud rootori ketastele, välja arvatud täitmis- ja tühjendamisvormid.

Joonisel 91 on kujutatud külgprojektsioon (osaline lõige) külmutusseadmest koos täiendava seadisega vormide ühtlaseks kokkupuuteks õhuga ja samaaegseks ruumi jahutamiseks.

Joonisel 92 on kujutatud täiendava seadise skeem külmutusseadme samaaegseks kasutamiseks glasuurimisaparaadina ja selles seadises oleva õõnsa kannu konstruktsioon.



Joon. 92. Täiendava seadise skeem, mis võimaldab kasutada kiirkülmutit glasuurimiseks.

Ruumide jahutamise seade (vt. joon. 91) töötab järgmiselt. Õhk surutakse ventilaatoriga *1* telje suunas külmutusvormide *2* vahele, kus ta jahtub kokku puutudes vormide torujate välispindadega. Kõigi külmutusvormide ühtlaseks kokkupuuteks õhuga, sõltumata nende asetusest ventilaatori suhtes ükskõik millisel momendil, on mõlemale poole külmutusseadet asetatud õhku suunavad kettad *3*, milledes on ekstsentriliselt välja lõigatud ringavad *4*. Kettad *5* pöörlevad koos külmutusvormidega ja moodustavad õhu läbipääsuks ülal suurema läbipääsu — kaugemal imi- *6* ja survekanalitest *7*, kui all — ligemal nendele kanalitele.

Glasuurimisseade töötab järgmiselt. Skeemil (joon. 92) on rooma numbritega näidatud iga plokkvormi kolm järjekordset positsiooni: *I* — tühjendamispositsioon, *II* — glasuurimispositsioon ja *III* — täitmispositsioon.

Pärast seda, kui külmutatud plokk on positsioonis *I* plokkvorme avava tühjendamisseadme *1* poolt välja laaditud, sulgub tühi plokkvorm ja asetub positsiooni *II*, kusjuures dosaatori *2* ja automaatselt väljaliikuva õõnsa kannu *3* abil täitub ruumala selle õõnsa kannu, seinte ja plokkvormi *4* põhja vahel veega.

Suurem osa sellest veest külmub kiiresti, tekitades plokkvormis mõne millimeetri paksuse jääkooriku. Kui õõnsa kannu seinte välispinna temperatuur läheneb 0° C (ja järelikult kannu

ning jääkooriku vahel on veel veekile), väljub kann plokkvormist termopaari *5* signaali põhjal ja plokkvorm pöördub positsiooni *III* mehhaniseeritud kasseti *6* abil.

Sel viisil laaditakse toode plokkvormi, milles on eelnevalt ettevalmistatud jääkoorik.

Kõik plokkvormid tühjendamispositsiooni *I* ja täitmispositsiooni *III* vahel läbivad järjekorras glasuurimispositsiooni.

Glasuurikorra paksuse reguleerimiseks on õõnes kann (vt. joon. 92) valmistatud kahest osast *7* ja *8*, mis on ühendatud kummiga *9*. Mutri *10* pöörlemisel tõmmatakse pooled tõmmitsa *11* ja sellega šarniirselt ühendatud hoobade *12* ja *13* abil laiali või kokku, kusjuures suureneb või väheneb veega täidetud ruumala maht.

Vee andmine klapi *14* kaudu toimub seni, kuni termopaari *5* abil hakkab tööle soojusrelee õõnsa kannu automaatseks tõstmiseks. Glasuurikihi paksuse reguleerimine on võimalik samuti mitmesuguse laiusega vahetatavate õõnsate kannude kasutamise arvel.

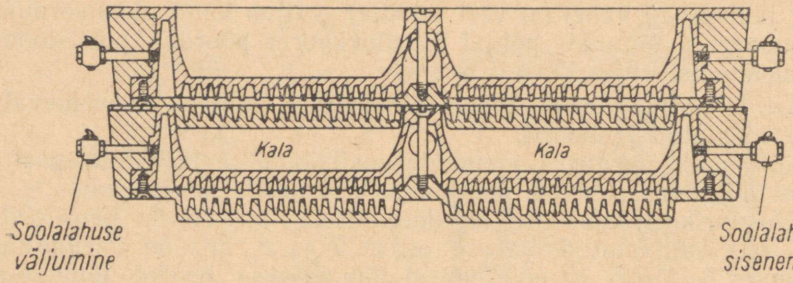
Kõigi külmutusvormide kasutamiseks töötavatena on kirjeldatud konstruktsiooniga külmutil automaatne seadeldis iga rootori plokkvormi kiireks pööramiseks vastu kellaosuti liikumissuunda positsioonist *I* positsiooni *II*, seejärel aga kellaosuti liikumissuunas positsioonist *II* positsiooni *III*.

Niiviisi kattub iga tühjendatud plokkvorm kohe seest jääkestaga ning seejärel täidetakse ta tootega. Tühjendamis- ja täitmisseadised on blokeeritud rootori liikumisega selliselt, et täitmis- ja tühjendamismehhanismid hakkavad tööle ainult pärast teist rootori liikumist (kellaosuti suunas).

Kui plokkvormide üldarv trumlis ja nende arv tühjendamis- ja täitmispositsiooni vahel on mõlemad lihtarvud (igasuguse plokkvormide arvu puhul trumlis), siis vastava automatiseerimise ja rootori pöörlemise blokeerimise juures, nagu on näidatud ülal, tulevad tühjendamisele ja täitmisele järjekorras kõik plokkvormid ja niiviisi kasutatakse külmutamiseks üheaegselt kõiki plokkvorme, välja arvatud need, mis on tühjendamise, glasuurimise ja täitmise positsioonis.

Külmutamine plaatkülmutis

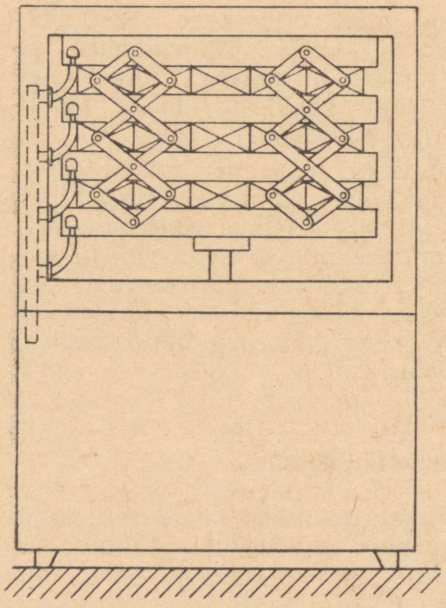
Plaataparaate kasutatakse külmutustehnikas laialdaselt, kuid ainult filee või mõne muu korrapärase kujuga toote külmutamiseks. Õõnsate metallplaatidega külmutites on kõige paremad tingimused konduktiivseks soojusvahetuseks. Kahjuks ei ole veel niisuguseid kõrge tootlikkusega aparaate tervete kalade külmutamiseks. Joonisel 93 on kujutatud aparaadi ristlõige, mis kül-



Joon. 93. Kalade külmutamine plokkidena vormides.

mutab kala plokkidena erilistes vormides õõnsate, hästi soojust juhtivate plaatidega, mis moodustavad vormi põhja. Õõnsates ribidega plaatides ringleb külm soolalahus.

Kaasaegsed plaatkülmutid valmistatakse isoleeritud kapina, kui nad seatakse üles jahutamata ruumi, või isoleerimata kapina, kui nad seatakse üles jahutatud ruumi. Kapi sisse monteeritakse alumiiniumsulamist õõnsad plaadid, tavaliselt 7...11 plaati igasse kappi. Plaatidele asetatakse toiduaine, millele eelnevalt on antud korrapärane kuju, kusjuures üksikute portsjonite paksus peab tingimata olema ühtlane. Aparaadid varustatakse spetsiaalse seadisega, mis võimaldab asetada kõik plaadid kindlasse asendisse kaugusega üksteisest 40...82 mm ja rohkem, olenevalt külmutatava toiduaine paksusest. Vanema konstruktsiooniga aparaatides teisaldati plaate vertikaalselt pantograafidega, mis olid šarniirselt ühendatud riiulitega, kusjuures pantograafid pandi liikuma käsispindli abil (joonis 94).

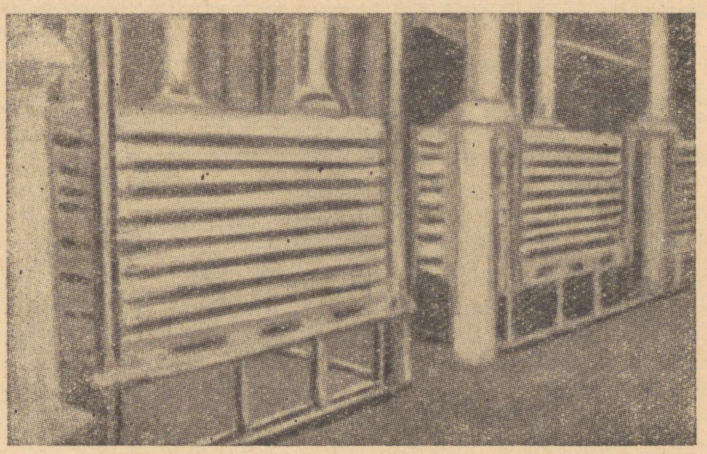


Joon. 94. Seade õõnesplaatide teisaldamiseks.

Uutes konstruktsioonides pantograafe ei ole, plaadid on kinnitatud üksteise külge metallrõngastega, mis fikseerivad nendevahelise maksimaalse kauguse. Plaate teisaldatakse hüdraulilise ajami

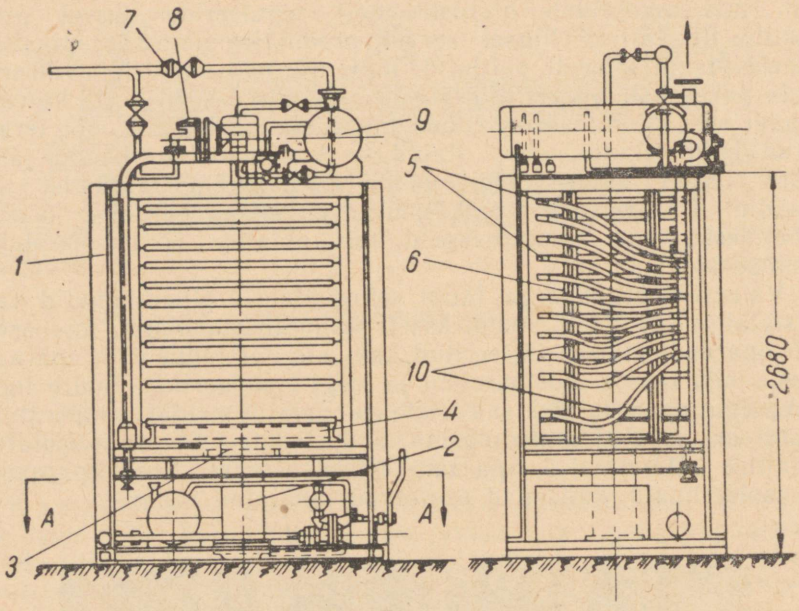
abil, mis võimaldab ulatuslikumalt reguleerida survet produktile. Et vältida liigset survet produktile, pannakse plaatide vahele plaadi laiuselt puitlatid, mille kõrgus on veidi väiksem toote paksusest. Survet võib reguleerida piires 0,075 . . . 0,1 kg/cm^2. Plaadi sees on vaheseinad, mis moodustavad kanalid, või terastorud külmakandja jaoks. Painduva kummivooliku kaudu juhitakse ringlev külm soolalahus külmutusseadme aurustist iga plaadini. Kaasaegsete plaatkülmutite mudelites juhitakse ööneplaatidesse vedel külmutusagent, mis plaatide ööntes produkti soojuse arvel aurub.

Väikese tootlikkusega (kuni seitse plaati) plaatkülmutid valmistatakse tavaliselt komplekselt külmutusmasinaga, mis asetseb aparaadi allosas isoleeritud kapi all; sel juhul võib aparaati üles seada igasse tööstusruumi ja isegi transportida. Suure tootlikkusega aparaaatidel saavutatakse vajalik madal temperatuur eraldi asetseva külmutusmasina abil. Joonisel 95 on kujutatud kalafilee külmutamise aparaate tööseisukorras. Need aparaadid on isoleerimata, kuna nad asetsevad jahutatud ruumis.



Joon. 95. Plaatkülmutid tsehhis.

Plaatidevahelist kaugust muutev mehhanism kergendab toiduaine sisse- ja väljalaadimist, säilitab selle kuju, peamine aga on, et kahe plaadi kontakt tootega loob soodsad tingimused soojusülekandeks, nimelt võimaldab kahepoolset intensiivset soojuse äravõttu tootelt. Viimane asjaolu kiirendab tunduvalt külmutusprotsessi. Kartongkarpidesse pakitud 5 cm paksune kalafilee külmub 90 minuti jooksul, kui metallplaatide temperatuur on −30° C.



Joon. 96. Plaatkülmuti:

1 — karkass, *2* — hüdrauliline silinder, *3* — tõstelaud, *4* — tõsteraam, *5* — jahutusplaat, *6* — plaatide suunajad, *7* — reguleerimisventiil, *8* — ujukventiil, *9* — vedeliku eraldaja, *10* — broneeritud kummivoolik.

Joonisel 96 on kujutatud plaataparaadi kaasaegse mudeli ehitust. Sellised aparaadid on kodumaise kalafileetööstuse põhiseadmeteks. Aparaat on kapikujuline, kõik tema osad on monteeritud nurk- ja karprauast karkassile. Karkassi külge on kinnitatud kaks isoleeritud äravõetavat küljekilpi, kaks kahe poolega ust ühes riividega, põrand ja lagi. Kõik need piirdekonstruktsioonid koosnevad raamidest ja isoleermaterjalist isoflex. Isoflex — see on 50 mm paksused plaadid, mis on valmistatud gofreeritud õhukestest atsetüültselluloosilehtedest. Isoflexi mahukaal on 11 kg/m³. Mõlemalt poolt kaitseb isolatsiooni tsingitud terasplekk.

Kõrguti jaguneb aparaat kolme ossa: alumiseks, milles asub plaatide teisaldamise mehhanism, keskmiseks — külmutusplaatidega, isoleeritud osaks ja ülemiseks osaks, milles on külmutusagendi tagavara ja reguleerimisseadmed.

Külmutusplaatide teisaldamise mehhanism koosneb hüdraulilisest (õli-) pressist, elektrimootoriga õlipumbast, õlireservuaarist ja automaatselt tegutsevast kontrollaparaadist produktile kindla surve tagamiseks. Selle mehhanismi tegevusse rakendamiseks ja juhtimiseks on aparaat varustatud käsikangiga,

kolmikventiiliga, paralleelselt ühendatud ventiiliga, mis on reguleeritud survele 0...12 atm, vedrulülitiga ja kaugjuhtimise kontaktkaitselülitiga.

Aparaadi üheteistkümnest plaadist jääb ülemine liikumatuks, kõik teised aga tõstetakse pärast toiduaine sisselaadimist hüdraulilise mehhanismi abil üles, kuni surve tootele on 0,1 kg/cm^2. Plaatide vahekauguseks võib seada 20...70 mm. Plaatidesse lastakse vedel ammoniaak, mis seal külmumisprotsessis aurub, võttes tootelt ära varjatud tahkumissoojuse. Aparaadi ülemisse ossa on monteeritud ressiiver — vedela ammoniaagi koguja; sellega on ühendatud vertikaalne kollektor, viimasega aga painduvad broneeritud kummivoolikud, mille kaudu külmutusagent antakse külmutusplaatidesse. Plaatide õõntes tekkiv ammoniaagiaur imatakse välja läbi samasuguste voolikute. Imistutseri läbimõõt on 50 mm.

Külmutusagendiga toitmine toimub 20-mm läbimõõduga ujuk- või käsireguleerimisventiili kaudu, mis nagu ressiivergi monteeritakse aparaadi ülemisse ossa. Samasse on monteeritud ka ammoniaagi sulgarmatuur ja manomeeter.

Plaatide mõõtmed on 1300×1100×40 mm. Aparaadi gabariidid 2000×1480 mm; üldkõrgus 2915 mm.

Aparaadi tootlikkus kalafilee külmutamisel ($t = -35°$ C) on 5 t ööpäevas.

Kõige levinumaks aparaadiks on üheteistkümne plaadiga aparaat, kuid on ka suurema plaatide arvuga, näiteks kahekümne plaadiga aparaate.

Plaataparaadi põhilisteks eelisteks on:

täielik võimalus hoida tootmisprotsessis head sanitaarset seisukorda, soojusülekande suur efektiivsus — toote kiire ja ühtlane külmumine;

aparaadi kõrge tootlikkus ruumi mahu või põrandapinna ühiku kohta;

pakitud toiduaine kuju säilimine;

hõlbus teenindamine, abiliinide puudumine (külmutusagendi vahetul auramisel õõnsates plaatides).

Peale selle tuleb märkida, et kui üles seada vastav arv aparaate, võib saada igasuguse vajaliku toodangumahu.

Aparaadi puudusteks on:

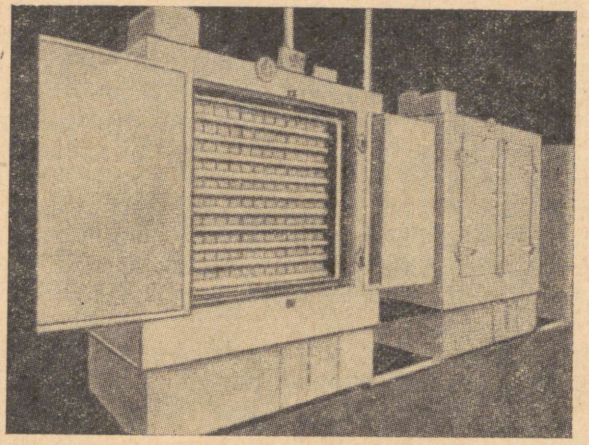
võimalus külmutada ainult korrapärase kujuga toiduaineid, teda ei saa kasutada tervete üksikkalade külmutamiseks;

aparaat ei rahulda pideva vooltootmise nõudeid;

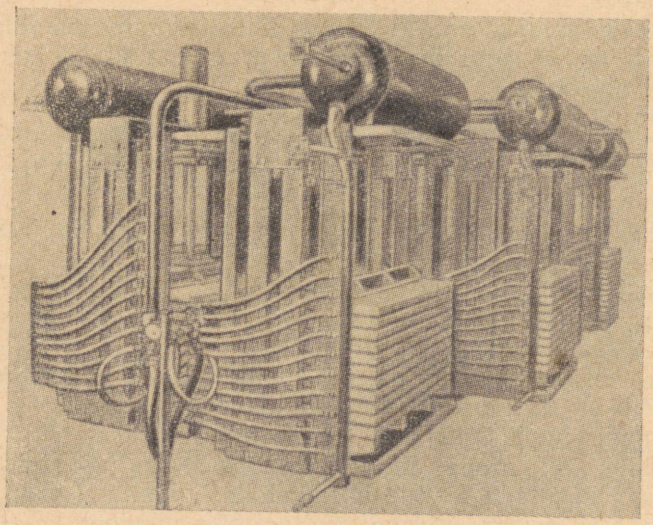
aparaadi suur algmaksumus ja suured ekspluatatsioonikulud (suur käsitsitöö kulu), vajadus hoolikalt teenindada seadet.

Joonisel 97 on näidatud tsehhis ülesseatud aparaate.

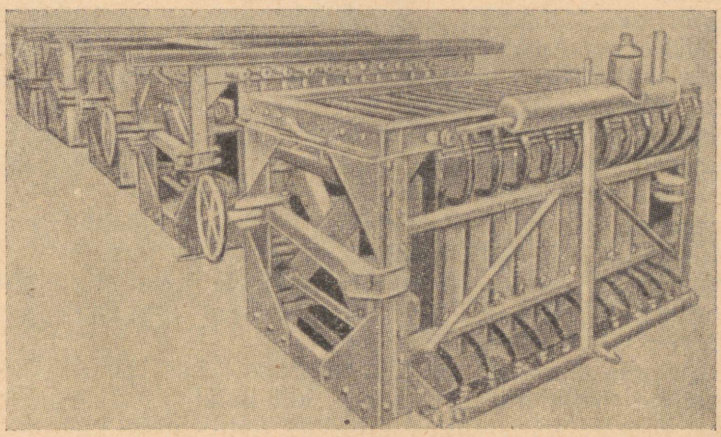
Plaatkülmutid on laialt levinud Skandinaaviamaade kalatööstustes; nende konstruktsioon täieneb pidevalt ja neid kasutatakse



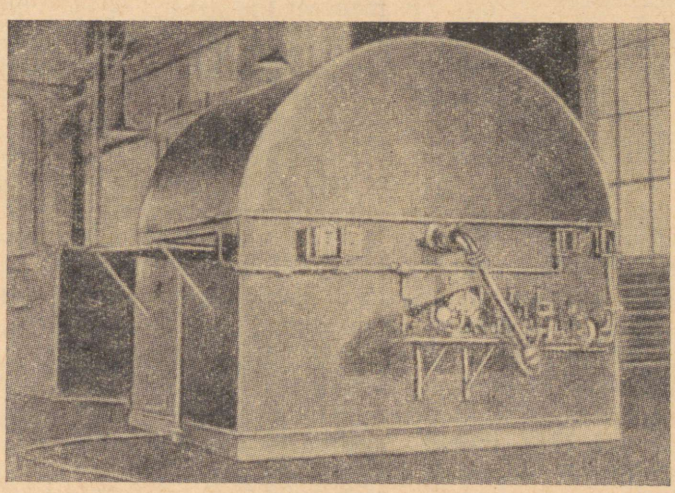
Joon. 97. Fileekülmuti.



Joon. 98. Firma «Kverner» plaatkülmuti.



Joon. 99. Vertikaalsete plaatidega aparaat vaalaliha külmutamiseks.



Joon. 100. Pidevalt töötav plaataparaat.

nüüd mitte ainult kalafilee külmutamiseks, vaid ka kalaplokkide, vaalaliha ja muude toodete külmutamiseks. Plaatkülmutites võib külmutada kalu võrdlemisi suure kiirusega, sanitaarhügieenilises suhtes on nad laitmatud ja praegused mudelid on küllaltki kergesti juhitavad. Aparaadid on välja töötatud nii külmutusagendi (ammoniaagi, freooni) vahetuks aurumiseks õõnsates plaatides kui ka soolveega jahutamiseks.

Joonisel 98 on kujutatud firma «Kverner» plaatkülmuti.

Aparaate tootlikkusega 4, 8, 12, 16, 21 t ööpäevas (24 tunniga) laseb seeriaviisiliselt välja Norra.

Aparaadi, mille tootlikkus on 8 t ööpäevas, mõõtmed on järgmised: pikkus 2210, laius 1560 ja kõrgus 2750 mm.

Joonisel 99 on kujutatud vertikaalsete plaatidega aparaat, mis on määratud vaalaliha külmutamiseks 150 mm paksustes plokkides.

Nagu juba märgitud, on plaataparaadi üheks puuduseks tema perioodiline töötamine, samal ajal kui kalatöötlemise külmutustehnika edaspidises arengus pakuvad kahtlemata huvi eelkõige pidevalt töötavad seadmed ja aparaadid. Sellist pidevalt töötavat aparaati on näidatud joonisel 100. Pidevalt töötav plaataparaat on küll määratud kalafilee külmutamiseks, kuid selles võib töödelda ka muid korrapärase kujuga pakendis toiduaineid.

Aparaat koosneb järgmistest põhiosadest: pöörlevast trumlist, külmutusplaatidest, mis on monteeritud trumli sisse radiaalselt trumli telje suhtes, trumli kattest 8×125 cm suuruse sisse- ja väljalaadimisavaga ja kommunikatsioonist külmutusagendi juurde- ja ärajuhtimiseks.

Trummel koos 24 paari õõnsa külmutusplaadiga pöörleb teljel reduktoriga varustatud elektrimootori (võimsus 2,5 hj) abil. Iga paari plaadid on paralleelsed, seest õõnsad ja neid jahutatakse nende sees ringleva külma soolveega või sealsamas aurava külmutusagendiga (NH_3). Plaatide varustamine külmutusagendiga toimub trumli sees asuva jaotuskarbi kaudu.

Kõikide plaatide temperatuur hoitakse püsiv ja sellepärast iseloomustab filee külmutamisprotsessi küllaldane ühtlus; trumli pöörlev liikumine kindlustab protsessi pidevuse.

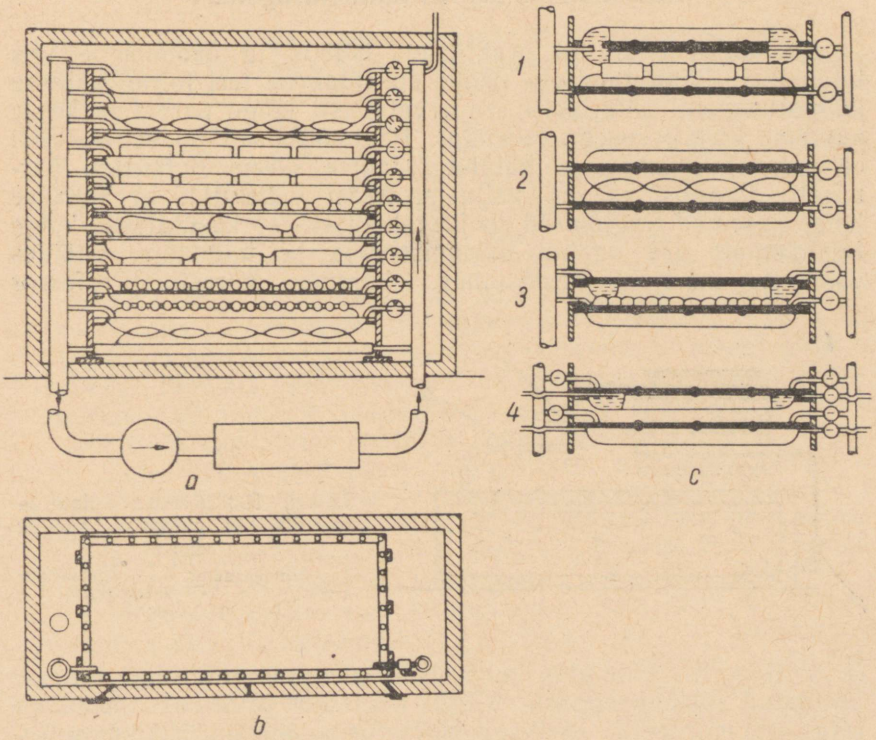
Järjekordse plaadipaari lähenemisel sisse- ja väljalaadimisavale avaneb see automaatselt, plaadid eemalduvad teineteisest, trummel aga jääb mõneks sekundiks seisma. Selle aja jooksul iga plaadipaar tühjendub, seejärel aga täidetakse varem külmutamiseks ettevalmistatud värske toiduainega. Tavaliselt peab toote külmutuskestus võrduma trumli ühe pöörde kestusega. Kui toode vajab külmutamiseks rohkem aega kui trummel ühe täispöörde tegemiseks, lülitatakse pöördmehhanism nuppjuhtimise abil välja ajaks, mis on vajalik toote täielikuks külmutamiseks.

Selleks hetkeks, mil trummel eemaldub sisse- ja väljalaadi-

misavast 120° võrra, on toode juba läbinud maksimaalse kristallitekkimise tsooni (alates −0,5 kuni −2° C).

Kirjeldatud aparaadi tootlikkus on 365 kg tsellofaanümbrisesse pakitud kalafileed tunnis. Aparaat on küllalt kompaktne ja sellepärast võib teda üles seada külmutuskalalaevadele, näiteks traaleritele. Märgime, et aparaadi pideva töötamise tõttu jaguneb koormus külmutusmasinale ühtlaselt.

Kõik kirjeldatud plaataparaadid, millel on palju eeliseid, kõlbavad siiski ainult kalafilee ja muude korrapärases lamedas pakendis toiduainete külmutamiseks. Paljudel juhtudel on aga otstarbekohane külmutada terveid kalu ja selles suunas on huvitav katse luua painduvate plaatidega aparaati. Painduv plaat kujutab endast elastset kummikotti, mis on kinnitatud jäiga raami sisse. Viiest-seitsmest sellisest raamist koostatakse riiul, mis moodustab külmutusaparaadi peamise osa.



Joon. 101. Aparaadi ehituse ja külmakandja jaotamise skeem:

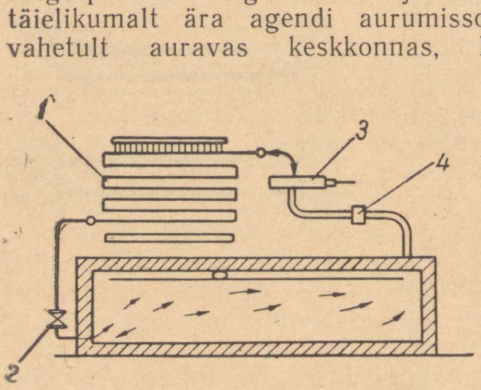
a — erineva geomeetrilise kujuga toodetega täidetud aparaadi skeem; *b* — aparaadi plaan, *c* — külmakandja jaotuse skeem aparaadis: *1* — korrapärases pakendis toiduainete külmutamine plaatide vahel, *2* ja *3* — ebakorrapärase kujuga toiduainete (linnud, lihatükid jne.) külmutamine plaatide vahel, *4* — soolvee jaotamine.

Metallvormides, pannides või muul viisil külmutatav toiduaine asetatakse kahe elastse koti vahele, millesse pumbatakse ringlevat $CaCl_2$ lahust temperatuuril $-30°$ C. Kotid (plaadid), täitudes soolalahusega ja liibudes tihedasti vastu külmutatavat toodet, võtavad sellele vastava kuju ning järelikult loovad külmutusprotsessis hea kontakti. Enne külmutatud toote väljavõtmist aparaadist pumbatakse soolvesi painduvatest plaatidest välja külmutusseadme aurustisse, kus ta annab külmutusagendile üle toiduainelt saadud soojuse.

Joonisel 101 on näha aparaadi ehituse ja külmakandja plaatidele jaotamise skeem. Selles aparaadis külmutatakse plaatide vahel korrapärase (pakendis) ja ebakorrapärase geomeetrilise kujuga (linnud, lihaannused jt.) toiduaineid. Aparaati võib laadida samaaegselt erinevaid toiduaineid.

Külmutamine keevas külmutusagendis

Kui oleks leiutatud praktiliselt hõlbus ja ökonoomne viis toiduainete külmutamiseks nende sukeldamise teel mittetoksilisse külmutusagenti, siis oleks see arvatavasti kõige parem ja kõige suurema efektiivsusega lahendus. Põhimõtteliselt on sellise viisi eelised: a) jahutus- ja külmutusseadme skeem lihtsustub äärmiselt, skeemist jäävad välja protsessi vahelülid; b) luuakse kõige paremad tingimused soojusvahetuseks — kasutatakse kõige täielikumalt ära agendi aurumissoojus ja toiduaine, viibides vahetult auravas keskkonnas, külmub kiiresti. Professor

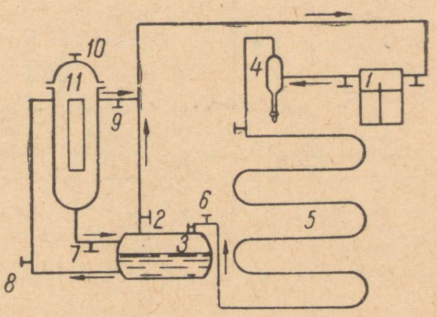


Joon. 102. Keevas külmutusagendis külmutamise seadme skeem:
1 — kondensaator, *2* — reguleerimisventiil, *3* — CO_2 kompressor, *4* — mudafilter.

N. S. Komarov külmutas juba 1926. a. esimesena liha auruvas veeldatud süsihappegaasis (CO_2). Professor Komarovi menetluse järgi rekonstrueeriti süsihappekülmutusmasina aurusti külmutusaparaadiks. Põhimõtteskeemist (joon. 102) nähtub, et süsihappegaas, läbides reguleerimisventiili, tuleb vahetult külmutusaparaati ja arustub siin $-50°$ C juures soojusvahetuse arvel külmutatava toiduainega.

Süsihappegaas puutub vedel- ja auruſaasis vahetult kokku toiduainega, mis on asetatud konveierile või rippteele.

Toiduainete süsihappegaasis külmutamise üksikasjalisem skeem on kujutatud joonisel 103. Kompressor *1* imab läbi ventiili *2* süsihappegaasiaurud ressiivrist *3* ja pumpab nad surve all läbi õlieraldaja *4* kondensaatorisse *5*. Vedel süsihape antakse ventiili *6* kaudu kondensaatorist ressiivrisse *3*. Külmutatav toiduaine asetatakse külmutuspaaki *11* sel ajal, kui ventiilid *7*, *8*, *9* on kinni, s. o. kui külmutuspaak on välja lülitatud külmutusseadme ülejäänud osadest. Kui toiduained on asetatud paaki ja viimane on suletud, siis ühendatakse ressiivri aururuum ventiili *7* kaudu külmutuspaagiga. Süsihappegaasi aurud tõrjuvad õhu paagist välja avatava ventiili *10* kaudu. Pärast õhu kõrvaldamist ventiil *10* suletakse, kui aga surve paagis saavutab sama surve, mis on ressiivris, siis suletakse ka ventiilid *7* ja *2*. Nüüd hakkab ventiilide *8* ja *9* avamisel veeldatud süsihappegaas auru survel minema ressiivrist *3* külmutuspaaki ja seal kiiresti aurama, külmutades toiduained. Veeldatud süsihappegaasi auramisel tekkivad aurud imatakse kompressorisse.

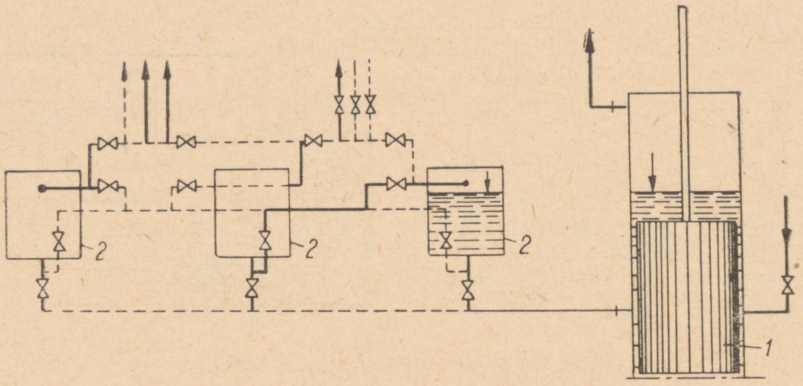


Joon. 103. Süsihappes külmutamise skeem:
1 — kompressor, *2* — ventiil, *3* — ressiiver, *4* — õlieraldaja, *5* — kondensaator, *6*, *7*, *8*, *9*, *10* — ventiilid, *11* — külmutuspaak.

Enne külmutatud toote väljavõtmist suletakse ventiil *8* ja veeldatud süsihappegaas lastakse avatud ventiili *7* kaudu paagist tagasi ressiivrisse. Alles pärast seda lahutatakse külmutuspaak külmutussüsteemist, võetakse välja külmutatud tooted ja asetatakse sisse uus toiduainete partii.

Mõnede toiduainete külmutamist katsetati veeldatud lämmastikalahapendiga N_2O, mis on külmutuskeskkonna inertne puu- ja köögivilja suhtes, ei muuda nende värvust ega maitset. Vedela N_2O tihedus on 0,9, erisoojus 0,3, keemistemperatuur rõhul 1 atm võrdub $-95°$ C, varjatud aurumissoojus on 80 kcal/kg. Seade vedela lämmastikalahapendi saamiseks ja selle kasutamiseks toiduainete külmutamisel on võrdlemisi keerukas — põhiagendiks on temas N_2O ja peale selle kasutatakse abikülmutusagendina NH_3.

Vedel N_2O surutakse ressiivrist ühte kolmest anumast joonisel 104 kujutatud skeemi järgi.



Joon. 104. Toodete N_2O-s külmutamise skeem:
1 — vedela N_2O reservuaar, *2* — anumad.

Anumad on vasksed, silindrilise kujuga, igaühe läbimõõt 1,2 m, kõrgus 1 m, maht 2,5 m^3. Hermeetilisuse tagamiseks on neil vahetihendiga sulgurid ja hea isolatsioon (isolatsiooni paksus 100 mm). Anumatel on äravõetavad kaaned, all on igaühel stutser vedela N_2O sisse- ja väljalaskmiseks, üleval aga on stutser gaasilise N_2O kõrvaldamiseks.

Need anumad on määratud külmutatava toiduaine paigutamiseks, mis portsjonitena pakitakse perforeeritud tsinkplekist spetsiaalsetesse korvidesse (konteineritesse), millest igaüks mahutab 20 kg (korvi mõõtmed on 10×40×50 cm). Igasse anum-kambrisse mahub korraga 14 korvi ehk 280 kg toiduaineid (puu- ja köögivilja). Ühes neist anum-kambreist kulgeb temasse paigutatud toote külmutusprotsess. Sellesse anumasse viiakse vedel N_2O, mis vahetus kokkupuutes toiduainega aurub tema soojuse arvel temperatuuril −90° C. Üheaegselt jahutatakse teise anumasse asetatud toodet eelnevalt, kusjuures jahutamine toimub esimesest anumast tuleva külma gaasilise N_2O-ga. Samal ajal vabastatakse kolmas anum külmutatud tootest ja täidetakse seejärel uuesti värske toiduainega. Enne kolmanda anuma avamist tuleb sellest kõrvaldada N_2O. Toiduaine külmutamine kuni temperatuurini keskmes −38° C kestab 20 minutit, kui kihi paksus on 10 cm, ja 15 minutit, kui kihi paksus on 5 cm. Järelikult, kui külmutamine kestab 20 minutit ja on olemas kolm anumkambrit, on sellise seadme tootlikkus 900 kg/h.

Lühiteatmed kalade külmutamisest külmutuslaevadel

Kala külmutamisel ja jahutamisel püügilaevade pardal kohe pärast väljapüüdmist, kui kala tuleb külmaga töötlemisele elusana või äsja surnuna, kuid absoluutselt värskena, on suured eelised võrreldes samade protsessidega rannaettevõtetes. Viimasel juhul suunatakse kala harilikult külmaga töötlemisele alles surmajärgsete muutuste teatud staadiumis, mida ei ole enam võimalik külmaga korrigeerida, ja puudused, mis on tingitud tooraine värskuse langemisest, jäävad ka valmistootesse.

NSV Liidu kalatööstus laiendab püüki üha uutele ja uutele objektidele ning tööndusliikele jõgede ja ookeanide akvatooriumidele, kaugele rannast ja kalatöötlemise rannabaasidest. Nendes uutes tingimustes teevad kalapüügilaevad kauakestvaid reise, mille kestel on väga raske, mõnikord koguni võimatu tuua toorkala töötlemiseks rannaettevõtetesse.

Kauge mere- ja ookeanikalapüügi tingimustes tuleb saak töödelda otse laevadel püügirajoonis, mistõttu püügilaevastiku varustamine külmutusseadmetega on muutunud väga aktuaalseks ja perspektiivseks.

Juba praegu töötab edukalt meie kalalaevastiku koosseisus palju erinevaid külmutuslaevu, alates väikestest, vastuvõtu transpordilaevadest kuni suurte külmutuslaevadeni, nagu «Majakovski», «Aktjubinsk», «Sovetskaja Rodina» jt., kuid kalapüügisaaduste täielikuma kasutamise ja nende kvaliteedi tõstmise huvides on tungivalt vaja suurendada laevade arvu, mille pardal saaks kala külmaga töödelda.

Laevade varustamine kõrge tootlikkusega seadmetega kala ja teiste meresaaduste külmaga töötlemiseks on kalatööstuse arengu peamisi suundi. Kahjuks pole seni välja töötatud universaalset laevatingimustes kasutatavat kalakülmutusaparaati, kuid uuringud toimuvad selles suunas üsna energiliselt nii NSV Liidus kui ka välismaal.

Suurtel külmutuslaevadel kasutatakse praegu külmutusseadmeid, milles jahutavaks keskkonnaks on soolalahus ja õhk. Need seadmed on järgmised:

kontaktkülmutusseadmed korvsukeldamisega soolalahusesse,

kontaktkülmutusseadmed konveiersukeldamisega soolalahusesse,

kontaktkülmutusseadmed soolalahuse piserdamisega konveieril,

õhk-tunnelseadmed.

Kontaktkülmutusseadmeid, mis külmutavad kala korvidega soolalahusesse sukeldamise teel, ekspluateeritakse real külmutuslaevadel, sealhulgas ka külmutuslaeval «Pištševaja Industrija». Kala külmaga töötlemise tehnoloogiline protsess laeval «Refriže-raator 1» toimub järgmiselt. Kalapüügilaevadelt vastuvõetud värske kala tõstetakse külmutuslaeva ülemisele tekile punkritesse,

mis asetsevad paremal ja vasakul pardal. Pärast pesemist tuleb kala mööda perforeeritud kaldrenni punkrist tööruumi, kus ta asetatakse metallpannidele. 0,32-m² pindalaga pannidele (mõõtmed 690×460×90 mm) mahub 20 kg kala. Kaladega täidetud pannid asetatakse kümnekaupa korvi, mille mõõtmed vastavad pannide mõõtmetele (korvi mõõtmed on 1000×565×1670 mm). Kümne panni asetamine korvi kestab 6 minutit. Iga korv mahutab 200 kg kala. Edasi tõstetakse korvid telferiga, mille kandejõud on 1 t, soolalahusega täidetud külmutuspaaki. Paagil on 20 spetsiaalset kaevu, mille mõõtmed vastavad korvide mõõtmetele. Korvid kalaga paigutatakse kaevudesse külma soolalahusesse.

Korvid kaladega jäävad külmutusprotsessis liikumatult seisma, kuid soojusvahetuse intensiivistamiseks kala ja külma soolalahuse vahel segatakse soolalahust propellersegistiga, mille käivitab 2,2-kW võimsusega elektrimootor.

Soolalahuse temperatuur paagis hoitakse piires −17 ... −18° C. Soojus, mille külm soolalahus kalalt ära võtab, antakse ära külmutusagendile, mis aurustub torudes −25° C juures. Aurustustorud on asetatud külmutuspaagi keskossa. Kalade külmutusprotsess lõpptemperatuurini −8 ... −10° C kestab lestal 45 ... 60 minutit, lõhilastel 2,5 ... 3 tundi.

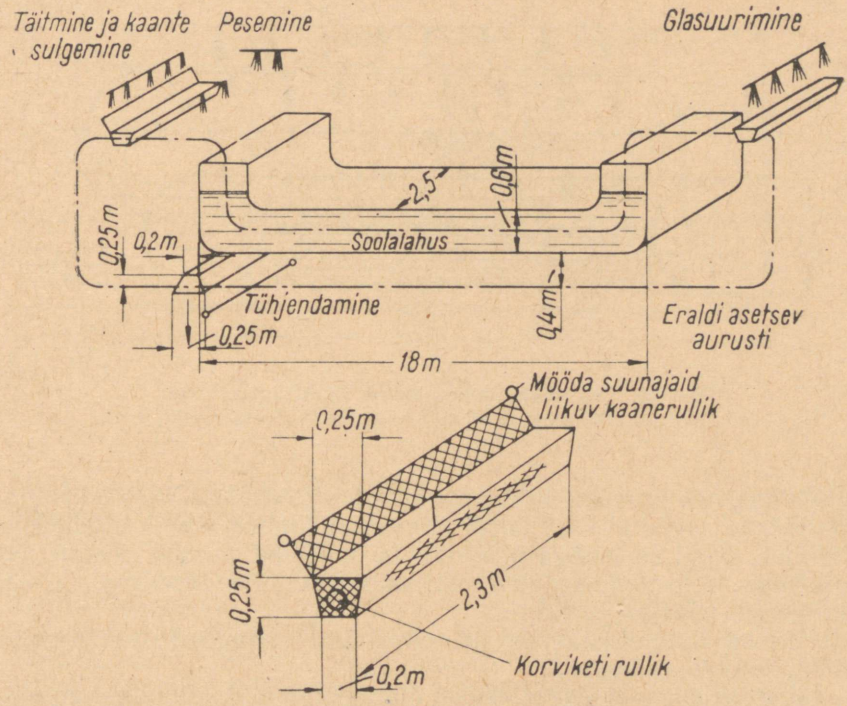
Kui külmutamine on lõppenud, tõstetakse kalakorvid telferiga paagist välja, kalad võetakse korvidest ja pestakse loputusaparaadis soolalahusest puhtaks.

Loputusaparaat kujutab endast vanni veega, mida läbib lint kaabitsatega. Vannist välja võetud kala taheneb transportöörilindil. Külmutuspaagi mõõtmed on 6,35×5,4×2,3 m. Korraga paaki asetatava 20 korvi maht on kokku 5,75 m³ ja kala mahub paaki üheaegselt 4 t. Külmutuspaake on laeval kaks. Külmutusseadmete ööpäevane tootlikkus on 60 t. Külmakulu 1 t külmutatava kala kohta on 172 000 kcal, elektrienergia kulu 132 kWh, tööjõukulu 5,84 inimtundi tonni kohta. Külmutuspaak mahutavusega 1,7 m³ külmutab 1 tonni kala ööpäevas.

Peale külmutusseadme on külmutuslaeval veel seade nelja isoleeritud trümmi jahutamiseks, kus säilitatakse külmutatud kala. Trümmide jahutamine toimub soolalahusega torude kaudu. Temperatuur hoitakse trümmides −8 ... −12° C piires. Laeval «Refrižeraator 3» töötab konveiertüüpi kontakt-soolveekülmuti. Seadme skeem on kujutatud joonisel 105.

Seade koosneb 26 m pikkusest vannist, mis on jaotatud kaheks osaks: ülemiseks, mis on täidetud soolalahusega, ja alumiseks; isetühjenduvast võrkkorvidega konveierist, mis läbib vanni ülemise ja alumise osa; eraldi asetsevast aurustist soolalahuse jahutamiseks.

Külmutatav kala pannakse pikergustesse võrkkorvidesse vanni vasakpoolsest otsast. Korvid on šarniirselt kinnitatud konveieri külge ja suletakse pärast täitmist võrkkaanega. Need korvid liiguvad külmas soolalahuses vanni ülemises osas vasakult paremale



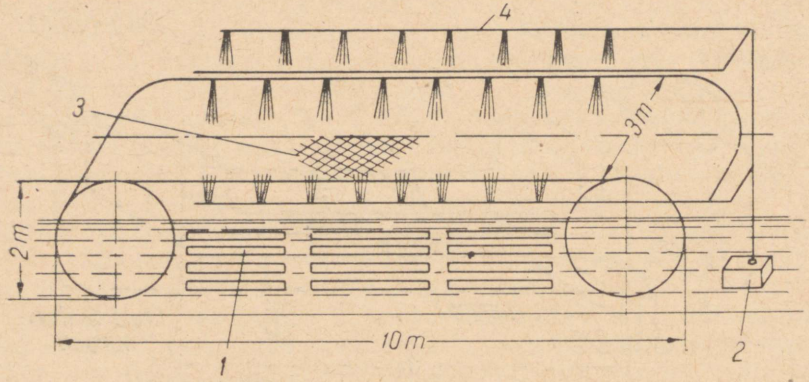
Joon. 105. Külmutusseadme skeem külmutuslaeval «Refrižeraator 3».

ja kala jõuab selle ajaga külmuda. Soolveest väljudes muudab korvidega konveier oma liikumissuunda ja nüüd liiguvad korvid külmutatud kalaga alumises, soolveest vabas vanniosas paremalt vasakule, kusjuures sel ajal korvide kaasi suruvad rullikesed, mis liiguvad mööda suunajaid. Korvide liikumise poolel teel on vanni alumises osas luuk, millest üle minnes korvide kaaned automaatselt avanevad ja kala kukub renni, mis ühendab külmutusseadet trümmiga. Renni kohal on piserdusseade soolalahuse pesemiseks kala pinnalt. Mööda renni edasi liikudes kala taheneb ja jõuab pakkimislauale.

Külm soolalahus antakse aurustist vanni ülemisse ossa, nii et soolveevanni ja aurusti vahel toimub pidev soolalahuse tsirkulatsioon. Kirjeldatud külmutusseade on arvestatud 100 t kala külmutamiseks ööpäevas.

Ühel külmutuslaeval külmutati kala võrktransportööril, piserdades seda külma soolveega. Sellise seadme skeem on kujutatud joonisel 106.

Seade koosneb võrktransportööriga paagist ja aurustustorustikust; paagis jahutatud soolalahus surutakse pumbaga piserdus-



Joon. 106. Kala külmutamine võrktransportööril:
1 — aurusti, *2* — pump, *3* — võrktransportöör, *4* — piserdussüsteem.

süsteemi, mis on monteeritud võrktransportööri kohale. Võrktransportöörile asetatud kala läheb külma soolalahusevihma alt läbi ja külmub. Kuid soolveega piserdatava kala külmumise kestus on pikem ja seetõttu on seadme tootlikkus väike. Puuduseks on ka see, et paagis tekib palju vahtu.

Teised külmutuslaevad on sisustatud peamiselt tunnelitüüpi õhkkülmutusseadmetega.

Külmutuslaeval «Nevelsk» on üles seatud neli külmutustunnelit, mille mõõtmed on à 11800×2970×1700 mm. Tunneli pikikülgedele on paigutatud õhujahuti aurustustorustikud, tunneli keskosas aga on üles seatud 17 riiul-vagonetti mõõtmetega 820×610×1570 mm. Vagoneti riiuliteks on kümme panni, mille mõõtmed on 750×600××600 mm.

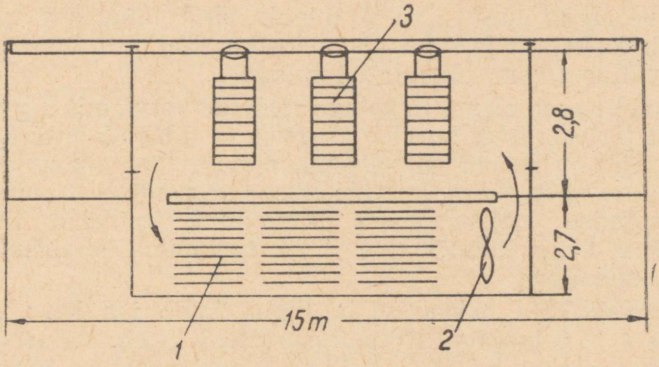
Igale riiulile pannakse 20 kg külmutatavat kala. Vagonettide liikumiseks on ette nähtud suletud ringtee, mis võimaldab täita vagonette värske kalaga ja välja võtta külmutatud kala tunneli ühest otsast. Tunneli otsad on suletud kummikattega (rullkardinaga), mis lastakse alla ainult tunneli täitmisel või tühjendamisel.

Külmutusagendi madala auramistemperatuuri tõttu võib alandada õhu temperatuuri külmutustunnelites kuni −35° C-ni, mis kiirendab kalade külmumist. Ventilaatori abil aetakse külm õhk tunneli keskosast läbi kiirusega 4 m/sec. Kuid ka nendes tingimustes külmub lestabrikett alles 4,5 . . . 5 tunni jooksul.

Laeval «Nevelsk» toodetakse külma absorptsioonkülmutusmasinaga, mille külmatootlikkus on 400 000 kcal/h.

«Refrižeraatoril 6», nagu teistelgi seda tüüpi laevadel, on kasutusel teistsugune intensiivse õhkkülmutusega skeem, mis on kujutatud joonisel 107.

Kõrguselt on külmutustunnel jagatud kahte ossa: alumises osas on vahetu aurustamise õhkjahuti ühes ventilaatoriga, ülemises —



Joon. 107. Intensiivse õhkkülmutusega seadme skeem:
1 — õhujahuti torud. *2* — ventilaator. *3* — etažeer kalaga.

ripptee kett-transportööriga kaladega täidetud korvide ülesriputamiseks ja mehhaniseeritud teisaldamiseks.

Õhkjahuti on valmistatud siledatest terastorudest, üldpind 314 m². Jahuti külmatootlikkus on 89 000 kcal/h. Õhk imatakse ventilaatoriga tunneli ülemisest osast läbi lahutava tasapinna (põranda) ava, liigub õhujahutis risti torudega ja jahtunult väljub korvide juurde läbi ava teisel pool. Tunneli pikkus on 11 m, laius 1,1 m ja kõrgus selles osas, kus korvid kaladega üles riputatakse, 1,5 m. Ülemist ja alumist tunneliosa ühendavate avade mõõtmed on 1,1×1,6 m.

Laeva trümme, üldkubatuuriga 1275 m³ (neli trümmi), mida kasutatakse külmutatud kala transportimiseks, jahutatakse soolalahuse patareidega. Temperatuur trümmides hoitakse kuni −18° C. Kalade külmaga töötlemise protsess nimetatud külmutuslaevadel kulgeb järgmiselt.

Traalerite trümmidest võetakse kala külmutuslaeva pardale võrkkottides külmutuslaeva lastipoomidega või — heeringa puhul — kalapumpadega. Ülemisel tekil on mõlemas poordis 2,5-m³ mahutavusega lahtivõetavad kalapunkrid, mis on valmistatud keevitatud püstikutest ja puitplankudest. Punkri põhja pannakse puitrest. Nendesse punkritesse võtab külmutuslaev värske kala. Punkritest suunatakse kala perforeeritud kaldrenni, mis lõpeb tööruumis. Siin pannakse kala alumiiniumpannidele, mille mõõtmed on 885×485×65 mm ja mis mahutavad igaüks 15 . . . 18 kg kala. Täidetud pannid paigutatakse korvidesse (mõõtmed 1030×800×1365 mm), jättes korvis pannide vahele 52-mm vahemaa. Pannide sisseasetamisel kinnitatakse korv pärsiga. Kalaga täidetud korv liigub läbi avatud ukse tunnelisse, kusjuures sel momendil ajutiselt õhu liikumine tunnelis automaatselt katkeb.

Kui korv on ettenähtud asendis, suletakse tunneli uks ja õhu

liikumine algab uuesti. Iga 30 minuti järel lükatakse tunnelisse korv värske kalaga ja sama ajavahemiku järel peab tunneli vastasotsast väljuma korv külmutatud kalaga.

Tunnelis peab olema 10 kalaga täidetud korvi, mis liiguvad piki tunnelit järjekordsete korvide täitmise ja tühjendamise ajal. Ülejäänud ajal on korvid tunnelis liikumatult. Õhu liikumise suund tunnelis on vastupidine korvide liikumisele, nii et tunnel töötab vastuvoolulise soojusvahetuse põhimõttel; tunnelist väljumisel satub kala kõige külmemasse õhku, tunnelisse sisenemisel aga kõige soojemasse.

Sõltuvalt kala paksusest ja liigist läbib iga korv kogu tee tunnelis 4 . . . 5 tunniga. Külmutusprotsess lõpeb, kui temperatuur kala keres saavutab −8 . . . −10° C. Õhutemperatuur tunnelis kõigub −16 . . . −20° C piires. Külmutatud kala tuleb glasuurida ja selleks on külmutuslaeval ette nähtud glasuurimisaparaat. Pärast glasuurimist viiakse korvid mööda rippteed pakkimislaua juurde. Kala võetakse siin pannidest välja ja heeringa- ning lestabriketid pakitakse roguskkottidesse või kastidesse, lõhilased aga ainult kastidesse. Pakitud külmutatud kala saadetakse tõstukiga trümmi või vahetekile.

Kirjeldatud külmutusseadme projekteeritud tootlikkus on 50 t ööpäevas.

Toodud lühikokkuvõte külmutusprotsessidest laevadel kehtib külmutuslaevade kohta, mis värske kala võtavad vastu püügilaevadelt. Kuid mitte vähem tähtsaks probleemiks on kalapüügilaevastiku, eriti pikaajalistel reisidel viibivate traalerite varustamine külmutusseadmetega. Need laevad täidavad keerukamaid funktsioone kui harilikud traalerid ja erinevad neist keerukama seadmestiku poolest. Peale oma tavalise funktsiooni — kalapüügi — toimub nende laevade pardal ka kala külmaga töötlemine ja kala transportimine rannabaasidesse jahutatavates trümmides.

Ühel sellisel traaleril (traaler «Delaware», USA) uuritakse kala külmutamise ja töötlemise tehnika parandamise võimalusi laeva pardal harilikes püügitingimustes. Sellel laeval, mille kandejõud (deadweight) on 554 t ja tegevusraadius 5500 km, on spetsiaalne külmutus- ja tehnoloogiline seadmestik kalade külmutamiseks kohe pärast püüdmist. Osa traaleri trümmist kasutatakse külmutatud kala säilitamiseks. Traaleril on paagikujuline soolvee kontaktkülmutusaparaat, mis on valmistatud lehtterasest. Paak on nelinurkne, pikkus 3 m, laius 1,5 m ja kõrgus 1,5 m. Paagi sisse on monteeritud pöörlev trummel läbimõõduga 245 cm, millel on toed paagi otsmistes seintes. Trummel on jagatud põikvaheseinaga kaheks võrdseks osaks, kumbki neist osadest aga veel kuueks segmendiks; segmendid on kinnituskohtadeks metallkorvidele, mille kuju vastab segmendi kujule. Korv on val-

mistatud valatud vormi näol, mille seinad on õhukestest metallvarrastest. Kaksteist korvi, vastavalt segmentide arvule, kinnitatakse ketastele segmentides. Korvidel on kumerad kaaned, mis vastavad trumli välispinna kõverusele.

Kiirusega 3 pööret minutis käivitab pöörleva trumli 2-hj mootor reduktori kaudu. Soolalahus paagist läbib filtri, kus lahuse kangust keedusoolaga kõvendatakse, ja läheb jahutamiseks aurustisse. Jahutatud soolalahus pumbatakse tagasi paaki. Külmutamiseks asetatakse kala korvidesse, mis paigutatakse ja kinnitatakse trumli segmenti. Spetsiaalne kaas katab kinni paagi täitmis- ja tühjendamisava ning sellepärast laeva kõikumisel soolvesi ei pritsi laiali. Kala külmub paagis kuni −15° C-ni 3 tunni kestel. Aparaadi ühekordne koormus on 1250 . . . 1500 kg kala.

Seoses kalafileerimismasinate kogukuse ja keerukusega kasutatakse traaleril «Delaware» juba aastaid järgmist kalatöötlemise skeemi. Terved kalad, mis on kohe pärast püüdmist külmutatud kontaktses trumlitüüpi külmutis, tuuakse ranna-kalatöötlemisettevõttesse. Siin sulatatakse kala üles ja lahatakse fileeks, mida külmutatakse uuesti. Kala teatava sooldumisega kontaktkülmutamise protsessis ei arvestata, sest pärast külmutamist säilitatakse kala ainult lühikest aega ja madalamas temperatuuris, peamiselt aga sellepärast, et ülessulatatud kala fileerimisel kõrvaldatakse pea koos lõpustega ja samuti ka nahk, s. o. filee vabastatakse kontaktkülmutamisel kõige rohkem sooldunud osadest.

Teine traaler «Ocean Life», veeväljasurvega 371 t, on täiendavalt seadmestatud külmutustraaleriks, mille pardal toodetakse külmutatud fileed. Täiendavat seadmestamist võimaldas trümmi vööriosa kohale püstitatud pealisehitus, mille mõõtmed plaani järgi on 7,6×7,6 m. Pealisehitusse on paigutatud kala eeltöötlemistsehh. Selle tsehhi all on külmutustrümm 70 t külmutatud kalale, trümmi ahtriosas aga akumulaator 30 t kalale, mis veel ootab töötlemist. Kala antakse siit soomuse kõrvaldamiseks laudadele, kus teda töödeldakse elektriskeileritega ja ühtlasi pestakse. Seejärel antakse kala konveieril, kus teda piserdatakse veega ümmargusele lahkamislauale. Edasi kinnistatakse fileed soolalahusepaagis ja antakse elevaatoriga pakkimislauale. Filee, mis on pakitud 2 . . . 3-kg mahutavusega karpidesse, suunatakse plaataparaatidesse külmutamiseks. Külmutusaparaadi tootlikkus on 5,5 t fileed ööpäevas, kuid laeval on üles seatud veel teine täpselt samasugune reservaparaat.

Inglise traaleril «Fartray», mille iseseisva reisi kestus on 80 päeva ja mis on määratud töötama Barentsi ja Norra meres, Karusaarte juures, Islandi, Gröönimaa ja Newfoundlandi vetes, töödeldakse saak ümber otse laeva pardal. Traaler toodab külmutatud kalafileed, külmutatud kala, kalajahu ja rasva. Kala

antakse ülemiselt tekilt vahetekile, kus ta pestakse, roogitakse ja suunatakse automaatsesse peadelõikamisemasinasse. Peata kalad antakse konveieriga ükshaaval fileerimismasinasse, kus kala fileeritakse, eraldatakse nahk ja saadud filee pakitakse. Jäätmed heidetakse masinast kalajahuseadme vastuvõtjasse.

Pakitud filee kaalutakse ja transporditakse külmutusseadmete juurde. Filee külmutamine toimub plaataparaadis või intensiivse tegevusega õhkkülmutis. Külmutamisprotsess kestab kaks tundi. Külmutatud ja pakitud filee glasuuritakse ja suunatakse edasi säilitamisele. Kalade lahkamisel tekkinud jäätmetest valmistatakse kalajahu. Selleks on pardal kalajahuseade, mille tootlikkus on 12 t ööpäevas, jahu säilitamiseks aga on 100 t mahutavusega tank. Maksa töötlemiseks on üles seatud neli standardset katelt, aga rasva säilitatakse 50 t mahutavusega paagis.

NSV Liidu kalapüügilaevastikus on praegu suured ahtritraaliga külmutustraalerid, millel fileed ja kalabrikette külmutatakse intensiivsetes õhkkülmutusseadmetes (vt. VIII ptk.).

VI PEATÜKK

JAHUTATUD JA KÜLMUTATUD KALAFILEE TOOTMINE

Filee on toode, mis vastab toorkala kõige täielikuma ja ratsionaalsema ärakasutamise nõudele, kuna tema tootmisel kõik kalajäätmed — pea, saba, soomused, sisikond ja luud — kogutakse kokku ning kasutatakse toidu- ja tehniliste saaduste, nagu rasva, söödajahu, pärlmutriessentsi jne. tööndusliikuks tootmiseks. Kalafilee võib töötlemisviisi poolest olla jahutatud, külmutatud, suitsutatud või soolatud. Külmutustehnoloogia käsitleb ainult jahutatud ja külmutatud filee tootmist.

Fileel on tähtsad eelised teiste kalasaaduste ees:

1) ta on väga sobiv pooltoode tarbijatele; tema lõplikul kulinaarsel töötlemisel on tarbijad täielikult vabastatud töömahukast lahkamisest, pesemisest ja soomuste kõrvaldamisest, mida tuleb teha alati tervikkala kasutamisel; 2) fileele antakse korrapärane kuju ning pakkimiseks, standardse taara kasutamiseks ja transportimiseks sobivad mõõtmed. Sellel on suur tähtsus isotermiliste raudtee- ja autotranspordivahendite ning külmutuskambrite paremal ärakasutamisel; 3) filee väljastatakse tehasest standardse kaaluga, mis lihtsustab tema käsitsemist kaubandusvõrgus. Filee valmistamisel tehastes kontrollitakse rangelt fileetootmise eeskirjadest ja sanitaar-tehnilisest režiimist kinnipidamist.

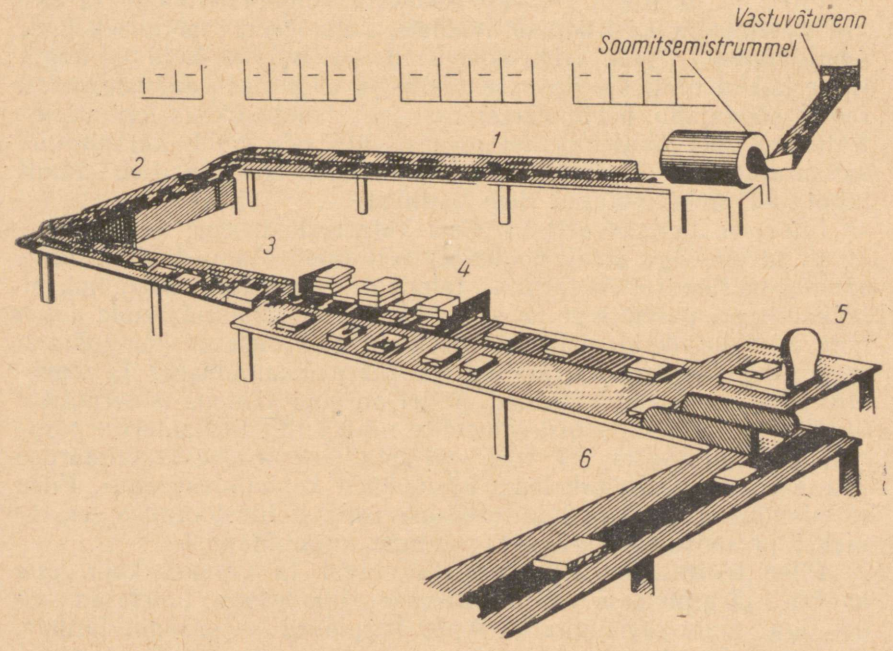
Filee tootmiseks võib suunata elavat ja värsket kala, mis kuulub järgmistesse tööndusliikesse liikidesse: tuurlased — beluuga, tuur, sevrjuuga ja šipp; karplased — sasaan, latikas, tõugjas; ahvenlased — meriahven, koha; sägalased — säga; tursklased — tursk ja pikša ning mõned muud kalad.

Kodumaised fileetehased väljastavad fileed peamiselt nahaga, kuna just naha järgi saab tarbija ära tunda liigi, millest filee on valmistatud. Nahk, eriti pärast praadimist, kujutab endast toitvat ja maitsvat toiduelementi ja lõpuks kaitseb külmutamisel ja säilitamisel fileed liigse kaalukao eest.

Jahutatud fileed hinnatakse kõrgemalt kui külmutatud fileed, kuid jahutatud filee, nagu jahutatud kala üldse, ei kannata pikemaaegset säilitamist ja sellepärast toodetakse jahutatud fileed vaid juhul, kui ta on määratud kiireks realiseerimiseks. Võrreldes

jahutatud fileega on külmutatud filee säilitamisel tunduvalt vastupidavam, sest tema temperatuur viiakse alla −18... ... −20° C-ni ja veel enamgi.

Jahutatud ja külmutatud filee tootmisel on palju ühiseid tehnoloogilisi operatsioone, näiteks kalade lahkamine, fileerimine, kinnistamine ehk fikseerimine ja fileede vormimine; erinev on põhiliselt ainult külmaga töötlemise viis. Samal ajal erinevad kalafilee tootmise tehnoloogilised skeemid sõltuvalt kalaliigist, tooraine saabumisest fileetööstusse ja tehnoloogilise seadmestiku konstruktiivsetest iseärasustest. Üldpildi filee tootmise põhilistest operatsioonidest annab joonis 108. Üksikuid operatsioone käsitletakse edaspidi küllalt põhjalikult.



Joon. 108. Kalafilee valmistamise skeem:
1 — kala fileerimine, *2* — filee kinnistamine, *3* — kontroll, *4* — fassimine, *5* — kaalumine, *6* — taarastamine, *7* — filee transportimine külmutuskambrisse (külmutamiseks ja säilitamiseks).

Valmistoote kõrge kvaliteedi määravad kõik tehnoloogilise protsessi lülid, alates töötlemisele suunatava toorkala kvaliteedist.

Toorkala tuuakse fileetööstusse elusalt sump- ja muude laevadega või siis kastidega jääs. Värsked tursklased (tursk, pikša) tuuakse kohale kalatraaleritega. Kõige paremaks kala töötlemis-

ettevõttele üleandmise viisiks on eluskala kohaletoimetamine sumplaevades.

Kuid see kalade kohaletoimetamise vahend on kasutatav ainult jõgedel, sest sumplaevad ei ole kohaldatud meretranspordiks. Sumplaevadega veetakse elusat, vabalt ujuvat kala koguses 30...215 kg 1 m^3 vee kohta, kusjuures kalade sumplaevas transportimise ja säilitamise aeg kõigub 3...10 päeva piirides.

Eluskala võetakse sumplaevast välja mitmesuguste tõsteseadmetega (noolkraanaga, elevaatoriga, kalapumbaga). Eelnev uimastamine elektriga väldib kalade vigastamist, mis võib tekkida selle tagajärjel, et eluskala rabeleb väljavõtmise ajal. Pärast elektriga uimastamist ja vastuvõtusillale tõstmist antakse kala harilikult punkrisse, kust ta läbi punkri põhjas asuvate siibrite satub konveierile, millel teda pestakse, jahutatakse soolveega, pestakse uuesti veega ja toimetatakse siis fileetehasesse töötlemiseks või tehase akumulaatorisse (jahutatav hoiuruum) lühiajaliseks säilitamiseks.

Akumulaatoris pannakse kala kastidesse või salvedesse ja puistatakse üle jääga. Kala säilitatakse ka soolveebasseinides, mille temperatuur on umbes $-1°C$.

Kalade kohaletoimetamist jääs kasutatakse laialdaselt kalatööndusliikel laevadel: vastuvõtu-transpordi-, mootorkalalaevadel, praamidel jne. Selleks otstarbeks kasutatakse peenestatud jääd, millega kogu kala pealispind ühtlaselt üle puistatakse. Kalade transportimise ja säilitamise ajal jää sulamisest tekkiv vesi tuleb ära juhtida.

Tavaliselt pannakse transporditav kala koos peenestatud jääga kastidesse ja antakse nendes üle laevadelt otse tehasesse või akumulaatorisse. Juhul, kui jääkogus kastis ei ole küllaldane kala temperatuuri hoidmiseks 0° C ümber, lisatakse kastidesse enne nende akumulaatorisse asetamist jääd juurde. Lisamine võib toimuda selliselt, et kala kastides kaetakse jääga või kogu jää kastides vahetatakse uue vastu või siis asetatakse kalad teise kasti.

Kalade säilitamine akumulaatoris samades kastides, milles nad fileetehasesse toodi, on kõige ratsionaalsem säilitamisviis, sel juhul välditakse kalade üleliigset ümbertõstmist enne kalade töötlemist. Kuid see on võimalik ainult siis, kui jääkogus kastides on küllaldane kalade temperatuuri hoidmiseks 0° C ümber.

Toorkala säilitatakse ka küllaltki suure (10 m^3) mahutavusega salvedes ja punkrites, kusjuures punkri ühes küljeseinas on ülestõstetav luuk. Punkri sisekülg tuleb vooderdada materjaliga, mis ei mõjuta kala maitset ega lõhna. Kala asetatakse punkris jäässe. Kuid selline säilitamisviis on lubatav ainult siis, kui kala-jääkihi paksus on mõõdukas, vastasel korral tekivad tingimused, mis mõjuvad halvasti kala kvaliteedile.

Traaliga laeva pardale tõstetud tursklasi lahatakse ning neil eemaldatakse pea ja sisikond samal kalapüügitraaleril. Mereveega pestud ja lahatud kala suunatakse traaleri trümmi, kus ta asetatakse hunnikusse ja puistatakse üle peenestatud jääga. Kala tuuakse sadamasse, kalatöötlemisettevõttesse jahutatuna juba kuni 0 ... +1° C-ni ning püügimomendist arvates võib ta säilida kuni 11 ööpäeva praktiliselt ilma kvaliteedi alanemiseta.

Akumulaator on fileetööstuses tooraine tagavaralaoks, mis soodustab ettevõtte pidevat tööd. Ta on vajalik juhul, kui toorkala saabub fileetehasesse ebaühtlaselt. Akumulaator arvestatakse 2 ... 3 päeva toorkalavaru mahutamiseks; temperatuur tuleb akmulaatoris hoida 0° C ümber.

Akumulaatorist väljavõtmisel pestakse kala veega, selle juures tõuseb jää pinnale ja eraldub kaladest.

Seega on kõigil kolmel nimetatud toorkala fileetehasesse kohaletoomise juhul täiesti erinevad tingimused, mida tuleb arvestada kalafilee tehnoloogilise protsessi skeemi väljatöötamisel.

Üheks kõige tähtsamaks momendiks, mis kindlustab filee kõrge kvaliteedi, on toorkala kiire jahutamine kohe pärast püüki.

Kala, mis on määratud filee tootmiseks, tuleb kiiresti suunata töötlemisele, et väljapüügimomendi ja töötlemise alguse vahel oleks võimalikult minimaalne ajavahemik. Tuleb silmas pidada, et toidu esinemisel seedeelundites, sealhulgas ka küüsikutes, toimub suure hulga fermentide eritumine, mis ongi seedeelunditega piirnevate koelõikude kiire muutumise põhjuseks. Peale selle on soolestikus suurel arvul pisikuid, kes kergesti tungivad läbi soolte seinte neid ümbritsevatesse kudedesse ja kiirendavad viimaste lagunemisprotsessi. Kalade kiire lahkamine kohe pärast väljapüüdmist hoiab ära nende ebasoodsate tingimuste tekkimise. Suur tähtsus on ka sellel, kuivõrd hoolikalt on kala lahatud.

KALADE LAHKAMINE

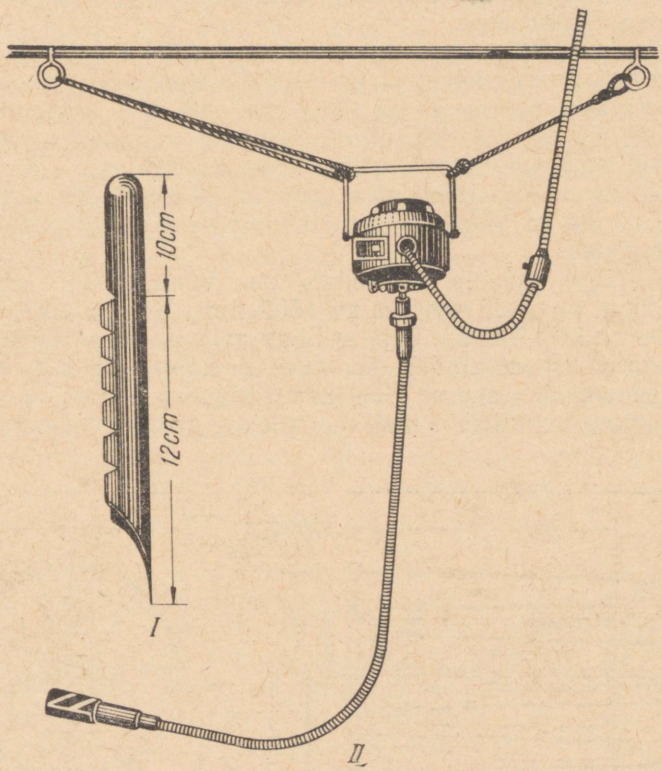
Kalade lahkamiseks nimetatakse sellist tervikkalade koostisosadeks jaotamist, mille juures kalal kõrvaldatakse mõningad organid või osad, teistele osadele aga antakse kas järgnevaks tehnoloogiliseks töötlemiseks või pakkimiseks sobiv kuju.

Kalafileetööstuses koosneb kalade lahkamine soomuste või naha eemaldamisest, kala rookimisest ja fileerimisest. Viimast operatsiooni, olgugi et ta kuulub kalade lahkamisse, käsitletakse tavaliselt eraldi.

Soomustest puhastatud ja roogitud kala selgroost eraldatakse (lõigatakse ära) kaks sümmeetrilist pikipoolt ning kõrvaldatakse selja- ja õlaluud ning uimed; saba ja pea raiutakse ning roided lõigatakse ära.

Soomitsemine *. Kalade vigastamise vältimiseks tuleb soomused eemaldada hoolikalt ja ettevaatlikult. Seda operatsiooni võib teostada järgmiselt: a) käsitsi, b) elektriaparaadiga, c) masinaga.

Käsitsi soomitsemine on kasutatav ainult siis, kui fileed toodetakse vähe, ja seda tehakse spetsiaalse kraapnoaga. Töötatakse tehismarmorist valmistatud töölaual või tsinkplekiga kaetud puitlaual, mille plekk-katte õmblused on joodetud. Töölaual peab olema kaitselaud, mille mõõtmed on kooskõlas töödeldava kala mõõtmetega; soomitsemiseks asetatakse kala just sellisele lauale. Nuga pestakse kogunevatest soomustest perioodiliselt puhtaks, selleks peab laual olema väike nõu veega.



Joon. 109. Kraapnuga (I) ja skeiler (II).

Elektriaparaat soomuste eemaldamiseks (skeiler) kujutab endast kiiresti pöörlevat võllikut, mille välispind on kaetud ogadega või kruvitaolise keermega. Võllik pöörleb kiiru-

* Soomitsemine = soomuste ärastamine. Toim.

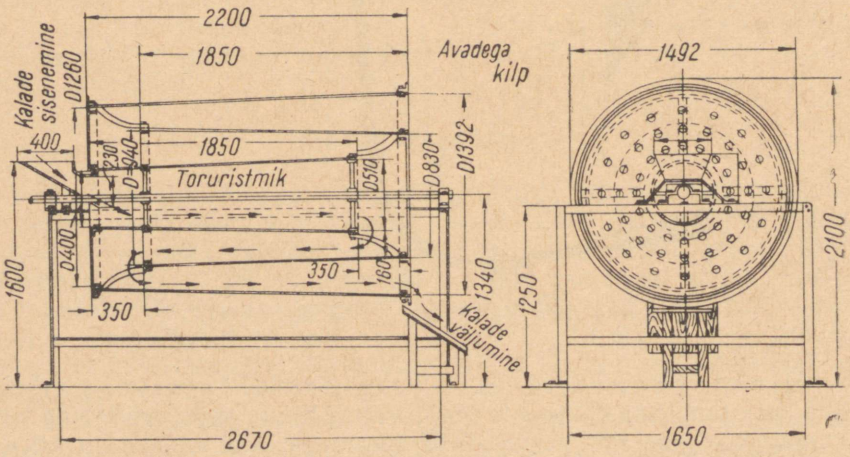
sega 1400 p/min. painduva võlli küljes, mis on ühendatud 0,25-kW elektrimootoriga. Võllikul on spetsiaalne raam, mis hoiab ära soomuste laialipaiskumise skeileri töötamisel. Aparaat seatakse üles soomitsemiseks sobivasse asendisse, võllik viiakse kala pealispinna juurde ja lükatakse edasi saba poolt pea poole, eemaldades kiiresti soomused kalalt. Töölaua varustus on sama, mis soomuste käsitsi eemaldamisel. Kraapnuga ja skeiler on kujutatud joonisel 109.

On olemas mitmesuguse konstruktsiooniga soomitsemismasinaid, mis omavahel erinevad tööpõhimõtte poolest. Kõige lihtsam ja samal ajal kõige ebatäiuslikum neist on trumlitüüpi masin. See kujutab endast seadist, mis koosneb tsingitud lehtplekist valmistatud pöörlevast trumlist, metallkattest ja veejuurdevoolu ning veejaotustorudest.

Pöörleva trumli sisepinnal on suur hulk kaabitsaid, mis on moodustatud trumliplekist sisepressimise teel. Pöörlevasse trumlisse asetatakse umbes 30 kg kala, mis seal 4 . . . 5 minuti kestel pöörleb ja kaabitsate ning veejoa toimel vabaneb soomustest; soomused aga uhutakse veega soomusekogujasse. Kuid kala puhastatakse nendes masinates soomustest ainult 95 . . .98% ulatuses ja korduvad löögid tekitavad tunduvaid nahavigastusi ning liha pehmeneb.

Trumlitüüpi masina tootlikkus on ümmarguselt 225 kg/h; tema pikkus on 2435 mm, laius 1500 mm, kõrgus 1548 mm.

P i d e v a l t t ö ö t a v s o o m i t s e m i s m a s i n. Joonisel 110 on kujutatud soomkaladelt soomuse eemaldamiseks kasutatava soomitsemismasina skeem. See masin kujutab endast vastastikku seotud kolme koonilise trumli komplekti, mis kontsentriliselt on



J o o n. 110. Pidevalt töötava soomkalade soomuse-eemaldusmasina skeem.

kinnitatud ühele võllile. Iga trumli pinda katavad malekorras avad, mille servad on pööratud sissepoole ja moodustavad sees hõõrdepinna. Trumlid pöörlevad tervikuna, kiirusega 40 p/min. Kala pannakse masina toitekolusse, kust ta satub sisemisse trumlisse, puutub seal kokku hõõrdepinnaga, vabaneb osaliselt soomustest ja samal ajal valgub selle trumli laia otsa poole. Sisemisest trumlist satub kala mööda kaldrenni keskmisse trumlisse, mis sisemise trumli suhtes on pööratud koonusega vastassuunas. Analoogilisel teel satub kala keskmisest trumlist kolmandasse — välimisse trumlisse. Üleminekul ühest trumlist teise kala pöörleb ja vabaneb soomustest igast küljest. Masinasse juhitakse vett, mis peseb kala puhtaks ja viib soomused ära. Seda masinat kui pidevalt tegutsevat võib lülitada tootmise vooluliini. Masina tootlikkus on arvutuse järgi 20 t vahetuses. Mõõtmed: pikkus 2700 mm, laius 1650 mm, kõrgus 2100 mm.

A. I. Kapustjanski süsteemi soomitsemismasin. Tööpõhimõttelt on A. I. Kapustjanski süsteemi liikuvate kaabitsatega soomitsemismasin teistsugune. Masina tähtsamateks osadeks on: toiterenn, etteandetransportöör ühes haarmetega kalasabade jaoks, kaabitsad, mehhanism soomuste eemaldamiseks kala seljalt ja kõhult, elevaator töödeldud kala eemaldamiseks, veeandesüsteem, rennid soomuste kogumiseks, masina ajamiosa (joon. 111).

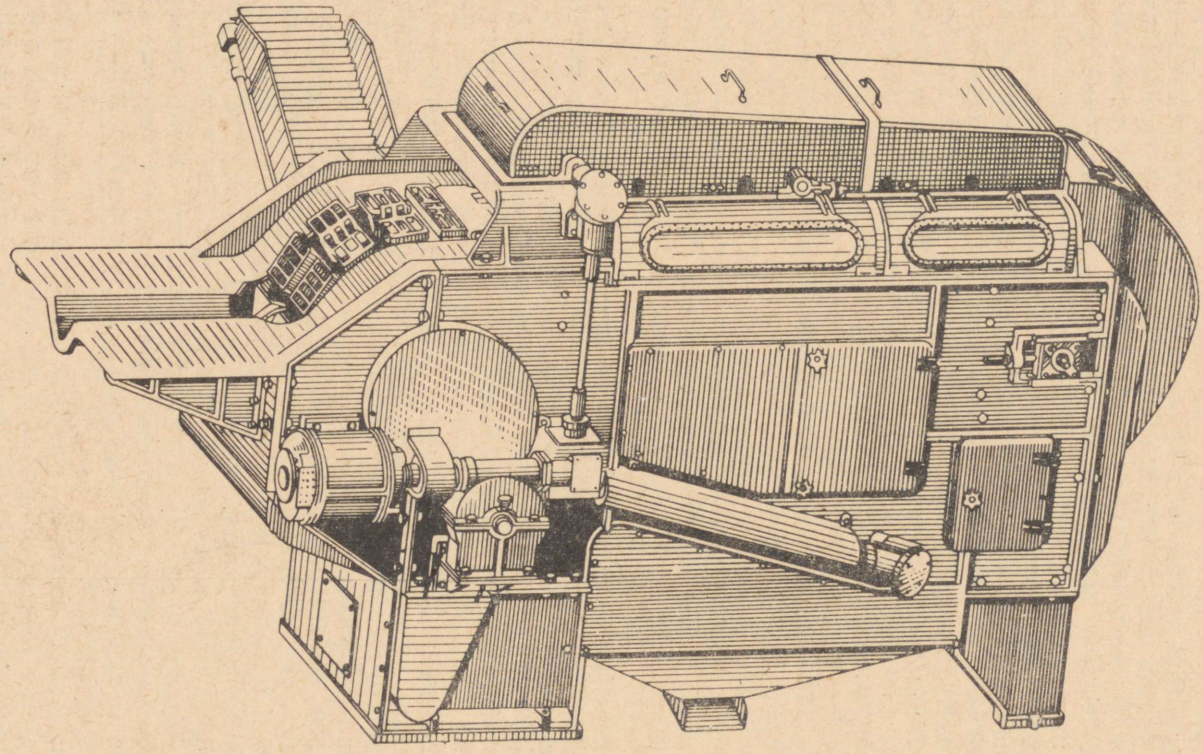
Masin on ette nähtud soomuste eemaldamiseks 25...45 cm pikkustelt soomkaladelt. Masina tootlikkus on 40 kala minutis; kala puhastatakse soomustest 94...96% ulatuses.

Kala antakse ette mööda kaldtoiterenni pidevalt; iga kala liigub sabaosaga ees mööda renni edasi, kuni toetub toiterenni otsapilu vastu nii, et sabauim läheb täielikult masinasse. Etteandetransportööri haare pigistab sabauime kinni, tõmbab kala masinasse ja samal ajal keerab ta paremale küljele. Masinas tõmmatakse kala läbi liikuvate kaabitsate. Edasi keeratakse kala vasakule küljele ja tõmmatakse uuesti läbi kaabitsate. Pärast soomuste eemaldamist haarajad eemalduvad, kala vabaneb ja elevaator viib ta masinast välja. Soomused kogunevad masina aluskasti ja heidetakse soomusekoguja võrgule.

Masina ajami vajalik võimsus on 1,4 kW. Masina mõõtmed on: pikkus 3345 mm, laius 2500 mm, kõrgus 1707 mm.

Hüdrauliline soomitsemismasin. Selles masinas eemaldatakse soomus kalalt hüdraulilisel teel, s. t. tugevate veejugade toimel, mis on suunatud kalale soomuskatte suhtes teatava nurga all.

Tuurlastelt ja sägalt võetakse nahk maha. See operatsioon sooritatakse käsitsi või masinatega, kuid igal juhul erilise ettevaatusega, et vältida sisselõikeid ja liha jäämist naha külge. Naha mahavõtmiseks tuleb kalale kõigepealt teha kaks sisselõiget: põiki, ümber õlavöö, ja pikuti, alates pärakuavast kuni



Joon. 111. A. I. Kapustjanski süsteemi soomitsemismasin.

peani. Pärast seda eraldatakse nahk lihast noa ja puitlabidakese abil. Nahata või soomustest puhastatud kala pestakse hoolikalt puhta veega.

Kalade rookimine. See on kalade lahkamise operatsioon, mille juures avatakse kala kõhuõõs ja eemaldatakse sisikond. Rookimine toimub spetsiaalsete kalalahkamismasinate abil ja ainult väikese tootmismahu puhul käsitsi.

Käsitsi töötlemisel asetatakse soomustest puhastatud kala rookimiseks töölauale. Tööline võtab kala vasaku käega, asetab ta parema küljega töölauale, pea enda poole, ja avab kõhuõõne spetsiaalse noaga, tehes sellega lõike pärakuava juurest kuni peani. Kõhuõõne avamisel võetakse välja kogu sisikond ja kala pestakse hoolikalt puhtaks. Sisikonnad kogutakse ühte kohta, kus nad sorteeritakse (eraldatakse näiteks mari, ujupõis jne.) ning nende üksikuid osi kasutatakse ratsionaalselt toidu- ja tehniliste saaduste valmistamiseks.

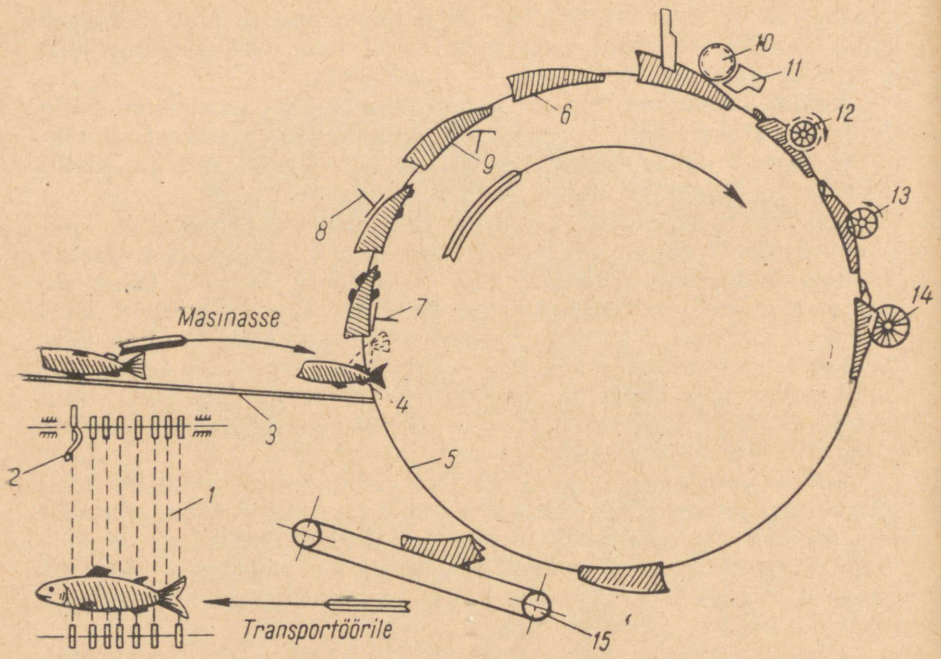
Suure võimsusega, kuid käsitsi rookimisega kalafileerimisettevõttes on otstarbekas kalad töölaudade juurde tuua ja rookimisjäätmed ära viia mehhaniseeritult. Kalalahkamislaua keskele monteeritakse kolm konveierilinti, kusjuures äärmiste lintidega antakse töölaua juurde soomusteta kala, keskmise lindiga aga transporditakse roogitud kala.

Töölised võtavad transportöörilt kala, panevad ta lauale, lõikavad lahti kõhu ning võtavad välja marja ja sisikonna. Roogitud kala heidetakse konveieri keskmisele lindile, sisikond aga sorteeritakse. Mari pannakse eraldi taarasse, ujupõied ja rasv teise, milles nad viiakse ka rookimisjaoskonnast välja edaspidiseks töötlemiseks. Soolestik satub töölaualt spetsiaalsete kandelaudade alumisele (tagasipöörduvale) konveierilindile, millelt nad heidetakse spetsiaalsesse kogujasse.

Kalade mehhaanilist lahkamist, eriti aga rookimist, raskendab mitmesuguste kalaliikide geomeetrilise kuju keerukus ja mitmesuguse kaalu ning mõõtmetega kalade suunamine tootmisse. Siiski on kalade lahkamise mehhaniseerimisel saavutatud juba tõsist edu. On olemas kalalahkamismasinaid, mis peale rookimise sooritavad veel rea muid operatsioone.

Kaug-Ida kalatöötlemisettevõtetes töötavad juba aastaid IRA-tüüpi kalalahkamisautomaadid lõhilaste — keta, gorbuuša, nerka ja kižutši lahkamisel. See automaat, mille töö tehnoloogiline skeem on kujutatud joonisel 112, teeb järgmisi operatsioone: pea ja rinnauimede, saba, kõhu- ja pärakuuimede, rasva- ja seljauimede äralõikamine, kõhuõõne avamine, kalade lahtilõikamine pikuti, sisikonna eraldamine, kala kõhuõõne ja välispinna puhastamine.

Punkrist satub kala automaadi konveierilauale, mille vahendusel ta antakse pealõikamisnoa alla. Edasi antakse peata kala,



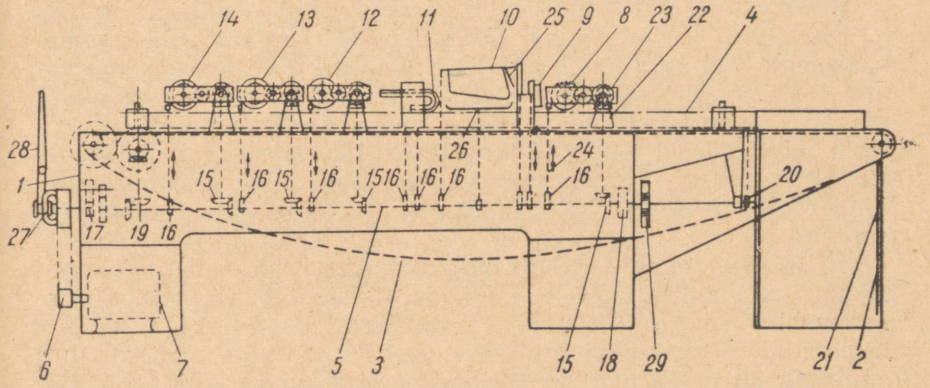
Joon. 112. Automaadi IRA töö tehnoloogiline skeem:
1 — laud, *2* — pealõikamise nuga, *3* — renn, *4* — fassongnõelad, *5* — operatsioonitrummel, *6* — lihtnõelad, *7* — sabauimesaag, *8* — päraku- ja kõhuuimesaag, *9* — rasva- ja seljauimesaag, *10* — kõhuseina lõikesaag, *11* — kõhuõõne lahtisuruja, *12* ja *13* — esimese ja teise operatsiooni freesid, *14* — hari, *15* — transportöör.

sabaosa ees, kaldrenni kaudu operatsioonitrumlile, millel ta fassongnõeltega kinni surutakse ja pöörleva operatsioonitrumli poolt kaasa veetakse. Kui kala läheb horisontaalasedist kaldasendisse, siis lõikab trumli sees asetsev kiiresti pöörlev saagnuga ära tema saba. Trumli edasisel pöörlemisel asetseb kala selle välispinnal ja kinnitatakse seal lihtnõeltega. Kinnitatud kalal lõigatakse ära kõhuuimed ja tehakse kõhu läbilõige, pärast seda avatakse kõhuõõne ning osaliselt või täielikult kõrvaldatakse kalast mari ja niisk.

Pikuti lahtilõigatud kala töödeldakse pöörlevate freesidega; esimese operatsiooni freesiga kõrvaldatakse sisikond, teise operatsiooni freesiga aga lõigatakse seljaaort lõplikult läbi ja kõrvaldatakse veretükid ning kelmed. Lõpuks satub kala pöörleva (palmikiust või kummist) harja alla, mis ta täielikult puhastab. Pärast kõigi loetletud lahkamisoperatsioonide sooritamist ei pea fassong- ja lihtnõelad kala enam kinni ning ta langeb oma raskuse mõjul trumli all asetsevale plaattransportöörile, mis kala automaadi juurest ära viib.

Vesi juhitakse umbes 2-atm rõhu all mööda spetsiaalseid torusid automaadi kõigisse osadesse. Kala uhutakse pidevalt veega kõigis lahkamisstaadiumides. Automaadi tootlikkus on 40 . . . 60 kala minutis, ajami rihmaratta läbimõõt 400 mm, laius 100 mm, pöörete arv on 600 p/min., vajalik võimsus 5,5 kW, masina kaal 210 kg. Masina gabariidid: pikkus 4180 mm, kõrgus 2617 mm, laius 1835 mm.

Gorbuuša lahkamiseks konstrueeris leiutaja I. D. Ussov automaatmasina, mille skeem on kujutatud joonisel 113.



Joon. 113. I. D. Ussovi süsteemi automaatse kalalahkamismasina skeem:

1 — alus, *2* — vastuvõtulaud, *3* — kettkonveier, *4* — linttransportöörid, *5* — peavõll, *6* — ajam, *7* — elektrimootor, *8* — ketassaed, *9* — kõhuõõne lahtisuruja, *10* — marja väljavõtmise rakis, *11* — käärid, *12* — freesid, *13* ja *14* — kummiharjad, *15* — peavõlli koonusülekanded, *16* — ektsentrikud, *17* ja *18* — silinderülekanded, *19* — koonusülekanne kettkonveieri ja linttransportööri trumli veotähele, *20* — vastuvõtulaua kettkonveieri veo-tähthammasratas, *21* — toed, *22* — seinapukk, *23* — raam, *24* — tõukur, *25* — kopa siiber, *26* — renn, *27* — sidur, *28* — sidurikäepide, *29* — silinderülekanne.

Ussovi automaat lahkab gorbuuša roogitud ümarkalaks ja teeb järgmisi operatsioone: kõhuõõne läbilõikamine ja lahtisurumine, niisa või marja väljavõtmine, söögitoru läbilõikamine ja sisikonna väljavõtmine, verekoti (neerude) avamine, kõhuõõne puhastamine sisikonna jäänustest ja veretükkidest ning selle pesemine, kala välispinna pesemine.

Automaadi esimese töörakisega — ketassaega — avatakse kala kõhuõõs. Ketassael on sügavusepiiraja, millega reguleeritakse lõike sügavust ja määratakse kõhu lahtilõike algus pärakuava juures. Kõhuõõne avamiseks on lahtisuruja, mis asetseb masinas ketassae taga; ta on kiilukujuline ja liigub edasi-tagasi vertikaaltasapinnas. Masina järgmiseks töörakiseks on mehhanism, mis võtab kala kõhuõõnest välja pumbid ja annab need edasi kogumiskorvidesse. See mehhanism on valmistatud liigendkopa kujul.

Kopp koosneb kahest šarniirselt ühendatud osast ja liigub edasi-tagasi vertikaaltasapinnas, kusjuures mõlemad osad perioodiliselt avanevad ja sulguvad. Avatult alla langedes läheb kopp kala avatud kõhuõõnde ja haaranud pumbid või niisad, kopapooled sulguvad. Seejärel tõuseb kopp üles, kõrvaldades kõhuõõnest pumbid või niisad. Kui kopp on ülemises asendis ja kala läheb edasi kopa taha, siis kopapooled avanevad ning pumbid langevad oma raskuse mõjul alla renni. Renn liigub samuti edasi-tagasi: võtnud vastu pumbid kopast, heidab need kogumiskorvi.

Kopa ja renni liikumised on masinal sünkroonilised.

Söögitoru läbilõikamine ja sisikonna kõrvaldamine toimub kääridega. Kui kala jõuab kääridenі, siis need avanevad ja samal ajal laskuvad kõhuõõnde, nii et söögitoru ja sisikonna jäänused jäävad kääriterade vahele; terad sulguvad ja lõikavad läbi söögitoru. Edasi käärid tõusevad üles, lastes läbi samal ajal kala, ülemises asendis aga käärid avanevad ja vabastavad sisikonna, mis langeb alla. Kääride töö on kettkonveieri tööga samuti sünkroniseeritud.

Frees, mis avab verekoti piki selgroogu, ja samuti kummiharjad kala puhastamiseks on konstruktsioonilt sarnased ketassae mehhanismiga ja asetsevad automaadis kääride taga. Viimati nimetatud tööriistadeni juhitakse vesi kuni 4-atm rõhu all, mis samaaegselt peseb puhtaks nii masinaosad kui ka kala kõhuõõne.

Pärast kõiki nimetatud operatsioone pestakse lahatud kala masina lõpus veel kord veejugadega ja viiakse siis kettkonveieriga automaadist välja.

I. D. Ussovi masinat iseloomustavad põhilised andmed on järgmised: tootlikkus 30 kala minutis, sammu pikkus konveieriketi haarmete vahel 570 mm, peavõll teeb 120 pööret minutis, ekstsentrikute võll 30 pööret minutis, peakonveieri liikumise kiirus on 0,29 m/sec. ketassae, freesi ja kummiharjade pöörlemise kiirus on 1100 p/min., vajalik võimsus 1,5 kW, automaadi kaal on ümmarguselt 1000 kg.

Masina gabariidid: pikkus 3000 mm, laius 1500 mm, kõrgus 1400 mm.

KALA FILEERIMISE VIISID

Fileerimine (kalalt filee äralõikamine) on üks raskemaid ja keerukamaid operatsioone kalafileetööstuses. Fileerimisviisilt võib fileed jagada järgmisteks toodangu liikideks.

1. P ä r i s f i l e e ehk lihatükid, mis on lõigatud kala külgedelt, hõlpsad praadida ja keeta, ilma uimede ja suurte luudeta, nahaga või ilma. See on kalafileetööstuse kõige levinum toode ja just selle toodanguliigi seisukohalt käsitletakse kõiki fileetootmise operatsioone käesolevas peatükis.

2. Lõigud (steak) — 2,5 cm paksused kalalõigud, millest on kõrvaldatud kõik mittesöödavad osad, välja arvatud luud. Lõikusid võib saada tursast, lõhest ja lestast.

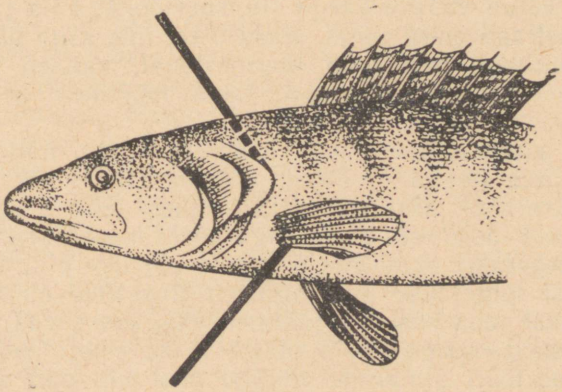
3. Tükeldatud filee suurkalast, mis on lõigatud kolmeks ja rohkem osaks.

4. Kered, s. o. kalade kehad ilma sisikonna, soomuste, uimede ja peata; neid tehakse väikesest pikšast, meriahvenast, noorest makrellist, meriforellist jt., kusjuures peenkalal võib pea alles jätta.

5. Rullid — silindrikujuliselt kokkukeeratud ja pärgamentpaberist lindisse pakitud kalalõigud.

Mida vähem jääb fileerimisel kalasse luid, seda kõrgemat sorti on filee. Just fileerimisoperatsioonist sõltub suurel määral filee-pooltoote väljatulek. Soomkala filee väljatulek on 52... ...54%. Fileerimise keerukus on seletatav kala anatoomilise ehituse iseärasustega, mille tõttu on äärmiselt raske jagada kalakeha erineva tehnoloogilise tähtsusega osadeks. Käesoleval ajal on kala lahkamine fileeks mehhaniseeritud.

Käsitsifileerimine toimub järgmiselt. Töölaual asetsevale kalale tehakse noaga kaarjas sisselõige ümber lõpuskaarte kuni selgrooni, kuid seda läbi lõikamata. See sisselõikeviis on näida-

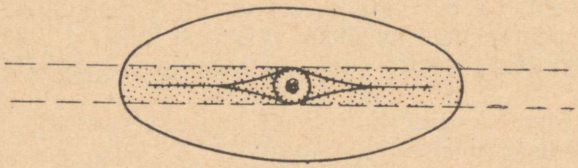


Joon. 114. Filee lõikejoon pea juures.

tud joonisel 114. Pöörates nuga 90° võrra saba poole, hoides seda horisontaalselt ning surudes kõvasti vastu selgroogu, tehakse pikutilõige, mille tulemusena lõigatakse ära kala pealmine külg; seejärel pööratakse kala laua peal teisele küljele ja samal viisil lõigatakse ära ka kala alumine külg, kõrvaldades samal ajal päraku- ja seljauimed.

Joonisel 115 on näidatud kala sabaosa ristlõige ja kriipsjoonega noa liikumine selles osas.

Fileerimisel on tähtis, et selgroole ei jääks liha, külgedel aga ei oleks kiskusid ega sisselõikeid. Saadud külgedelt kõrvaldatakse uimeluud ja lõigatakse ära roided (välja arvatud latikal) ning fileed puhastatakse hoolikalt.



Joon. 115. Kala sabaosa läbilõige.

Suures tööstusettevõttes organiseeritakse käsitsifileerimine transportööride kasutamisega, mis mehhaniseerib kalade ette-andmise fileerimiseks, tehasesisese filee edasiandmise ja lahkamisel saadud jäätmete kõrvaldamise tsehhist. Fileerimistsehhis seatakse üles kahekorruselised transportöörid, mille äärde on asetatud tehismarmorist valmistatud kalalahkamislauad, kuid nii et alumise transportööri ülemine lint liigub lauast veidi kõrgemal. Iga töölaua juures on üks lõikaja ja kaks fileepuhastajat.

Lõikaja võtab vasaku käega transportöörilt kala ja torkab ta silmapidi, seljaga enda poole, nõela otsa, mis asub puitlaua otsa lähedal. Puitlaud, mis asub marmorlaual, kaitseb noa terava kokkupuute eest marmorlauaga. Laua mõõtmed on 0,8×0,2× ×0,004 m.

Lõikaja paremas käes on pikk amuuri nuga, millega tehakse lõige kõhuuime juures ja edasi, pöörates nuga piki selgroogu, lõigatakse ära filee. Äralõigatud filee läheb töölise kätte puhastamiseks. Kala tõstetakse noaseljaga nõela otsast ära, keeratakse ümber ja torgatakse sama nõela otsa teist külge pidi, kõht lõikaja poole. Edasi lõigatakse analoogiliselt ära filee ka kala teiselt küljelt. Pärast seda võetakse jäätmed, mis koosnevad peast, selgroost ja sabast, noaga nõela otsast maha ning heidetakse alumise transportööri alumisele lindile, mis viib nad jäätmepunkrisse. Puhastatud filee kogutakse anumatesse, mis seatakse üles ülemise transportööri alumisele lindile. See lint, millel on kalaga ühine liikumissuund, transpordib anuma koos fileega kontrollaua juurde arvelevõtmiseks.

Tühjad anumad pöörduvad töölaudade juurde tagasi ülemise transporttööri ülemise lindiga. Nõnda antakse kala töölaudade juurde alumise konveieri ülemise lindiga, sama konveieri alumise lindiga aga kõrvaldatakse jäätmed. Anumad antakse kontrollaudade juurde ülemise konveieri alumise lindiga, sama konveieri ülemise lindiga aga tulevad tagasi töölaudade juurde tühjad anumad.

Säga fileerimine on koha, latika ja sasaani fileerimisest keerukam, sest säga suurtest selgroolülidest ei saa mööduda tavalise kahe lõikega. Sellepärast tehakse sägale neli lõiget: esimene piki selga, eraldades liha kontidest, teine — filee äralõikamine tavalisel teel, kolmas — selgroo alt analoogiliselt esimese lõikega ja neljas — filee äralõikamine teiselt küljelt tavalisel viisil.

Soomkalade fileerimisel moodustab tööjõukulu kõigile kala lahkamisoperatsioonidele 19 inimtundi 1 t tooraine kohta. Filee lõikamine sägalt on töömahukam operatsioon, mis nõuab erilist vilumust ja suuremat ajakulu.

Tuurlased, välja arvatud suur beluuga, lõigatakse lahti piki kõhrelist selgroogu kaheks võrdseks pooleks, kõhr kõrvaldatakse, filee aga lõigatakse tükkideks, mis vastavad pakkimisviisile. Suur beluuga lõigatakse ristilõikudeks, lõigud aga pikipoolteks, kõhr kõrvaldatakse. Saadud filee lõigatakse üksikuteks pikilõikudeks, paksus 40 ja 50 mm.

Puhastatud filee pestakse võrkkonveieril duši all puhta filtreeritud voolava külma veega puhtaks.

KALADE FILEERIMISPROTSESSI MEHHANISEERIMINE

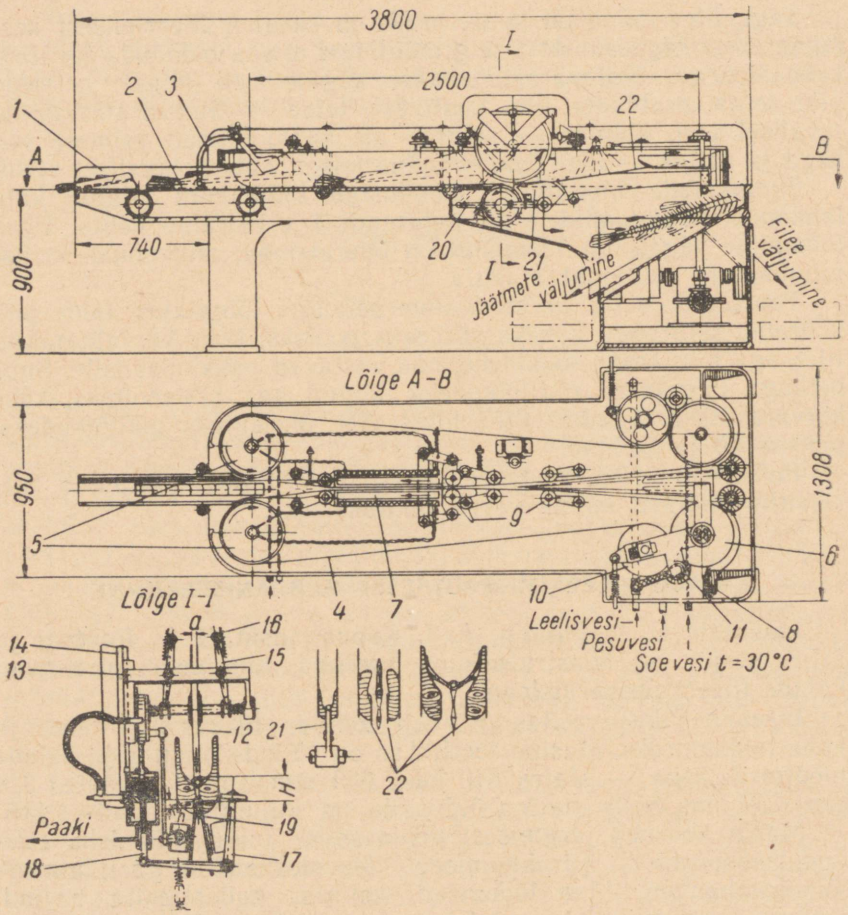
Insenerid G. A. Nikitin, A. I. Kapustjanski, S. V. Rantsus ja L. S. Bajev on konstrueerinud masinad, mis mehhaniseerivad kalade fileerimisoperatsiooni.

Insener Nikitin esitas pidevalt töötava fileemasina tursa ja koha lahkamiseks. Masina tootlikkus on 40 kala minutis ja kalade mõõtmed: koha — alates 340 kuni 520 mm, tursk — alates 320 kuni 750 mm. Selle masina üldvaade on kujutatud joonisel 116.

Masin koosneb järgmisest põhiosadest: toitemehhanism, etteandetransportöör, pärakuuimede lõikemehhanism, seljauimede lõikemehhanism, filee lõikenoad, kelmest puhastamise harjad, masina ajam, kere ja veesüsteem.

Masin võtab kala vastuvõtulauale peata ja roogitud kerena. Õlaluud kõrvaldatakse eelnevalt noaga käsitsi, kuna väljalõikamisel masinaga on lihakaod suured.

Vastuvõtulaualt asetatakse kala toiterenni *1*, kõht üles- ja peaosa ettepoole. Kala liigub toitetransportööril *2* etteandetransportööri külmade trumlite *5* juurde. Samal ajal õgvendatakse kalakere saha *3* abil. Seejärel haaravad kala lindid *4*, mille külge ta külmub ja liigub edasi masinasse. Liikumisel tsentreeritakse kala rullidega *9* ja antakse ketasnugade *12* ette, mis teevad kaks sügavat lõiget kala sabaossa. Ketasnoad *21* teevad kiilja väljalõike ja lõikavad läbi selja uimede juured. Noad *24* süvendavad lõiget piki kala luujätkeid kuni selgrooni. Järgmises staadiumis läheb kala üle lõikenugade *25*, mis järk-järgult eraldavad filee luudest.



Joon. 116. G. A. Nikitini süsteemi masin Ф-48 koha ja tursa fileerimiseks:

1 — toiterenn, *2* — toitetransportöör, *3* — sahk, *4* — teraslint, *5* ja *6* — trumli rihmaratas, *7* — külmutusplaadid, *8* — kraabits, *9* — tsentreerivad seadmed, *10* — trumlid, *11* — lindipuhastusharjad, *12* — ketasnoad, *13* — käruke, *14* — suunajad, *15* — kangid, *16* — kaldpinnad, *17* — kang, *18* — abiäravoolurenn, *19* — ketasnoad, *20* — kangid, *21* — paiksed noad, *22* — filee lõikenoad.

Lindi külge külmunud filee läheb ümber trumlite *6* harjade alt läbi, mis puhastavad ta musta kelme jäänustest. Samal ajal uhutakse fileed intensiivselt veega. Filee läheb mööda kaldrenne äraviivale transportöörile või taarasse. Jäätmed viiakse välja masina keskmisest osast.

Masina tootlikkus sõltub etteandekiirusest *v*, kala pikkusest *A* ja kalade vahekaugusest etteandmisel. Tootlikkuse võib mää-

rata valemiga:

$$Q = \frac{v \cdot 60}{A \cdot \psi},$$

kus Q — masina tootlikkus (kala minutis),
v — kala etteande kiirus (v võetakse 0,6 m/sec),
ψ — koefitsient, mis arvestab kalade vahekaugust etteandmisel (kohal $\psi = 1{,}4$ tursal $\psi = 1{,}2$)

Koha keskmine pikkus:

$$A = \frac{0{,}34 + 0{,}52}{2} = 0{,}43 \text{ m}.$$

Tursa keskmine pikkus:

$$A = \frac{0{,}32 + 0{,}75}{2} = 0{,}5 \text{ m}.$$

Masina tootlikkus on koha puhul

$$Q = \frac{0{,}6 \cdot 60}{0{,}43 \cdot 1{,}4} = 70 \text{ kala minutis},$$

tursa puhul

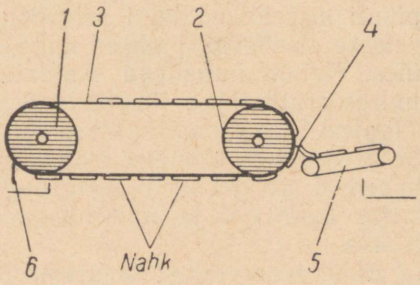
$$Q = \frac{0{,}6 \cdot 60}{0{,}5 \cdot 1{,}2} = 60 \text{ kala minutis}.$$

Tootmistingimustes ei ületa masina tootlikkus 40 kala minutis. Vajalik võimsus on 2 . . . 2,5 kW, mootori rihmaratas teeb 950 pööret minutis. Masina gabariidid: pikkus 3800 mm, laius 1300 mm, kõrgus 1400 mm.

Transportööri külmadesse trumlitesse antakse −40 . . . −45° C temperatuuriga külmakandja, soojadesse trumlitesse aga vesi temperatuuriga 25 . . . 30° C.

Nagu juba märgitud, on Nikitini masina juures kalade etteandmine fileerimisprotsessis lahendatud sel teel, et nad külmutatakse konveieri teraslintide külge. Sama põhimõtet võib kasutada nahavõtmisel, kuid sel juhul võetakse nahk maha fileelt, aga mitte kerelt.

Joonisel 117 on kujutatud fileelt naha eraldamise masina tööskeem. Kahe õõnsa trumli *1* ja *2* peal liigub painduv metall-



Joon. 117. Filee nahaeraldamismasina tööskeem.

lint *3*. Trummel *1* on soe — teda läbiva vee temperatuur on 20° C, trummel *2* on külm — selles ringleb soolalahus, temperatuuriga −24° C. Külma trumli poolses konveieri otsas on üles seatud kiiresti vibreeriv nuga *4*. Filee asetatakse lindile, nahk allapoole. Kui filee jõuab külma trumli juurde, siis külmub ta kohe lindi külge ja seejärel satub noa alla, mis lõikabki naha fileelt ära. Seejärel viib transportöör *5* filee järgnevatele operatsioonidele, nahk aga, jõudes kuuma trumlini, sulab kiiresti üles, kukub lindi *3* küljest lahti ja satub taarasse *6*.

Joonisel 118 on kujutatud inseneride Kapustjanski, Rantsuse ja Bajevi süsteemi fileemasina läbilõige. Masin on määratud peata ja roogitud 32 . . . 75 cm pikkuste tursa- ning alates 34 cm pikkuste kohakerede fileerimiseks.

Masin teeb järgmisi operatsioone: lõikab välja pärakuuimed, teeb lõike mööda kõhtu alates sabast kuni kõhuõõne alguseni, lõikab välja seljauimed, teeb pikuti sisselõike keresse selja poolt küljest, eraldab filee selgroost kala sabaosas, eraldab filee selgroost ja roietest.

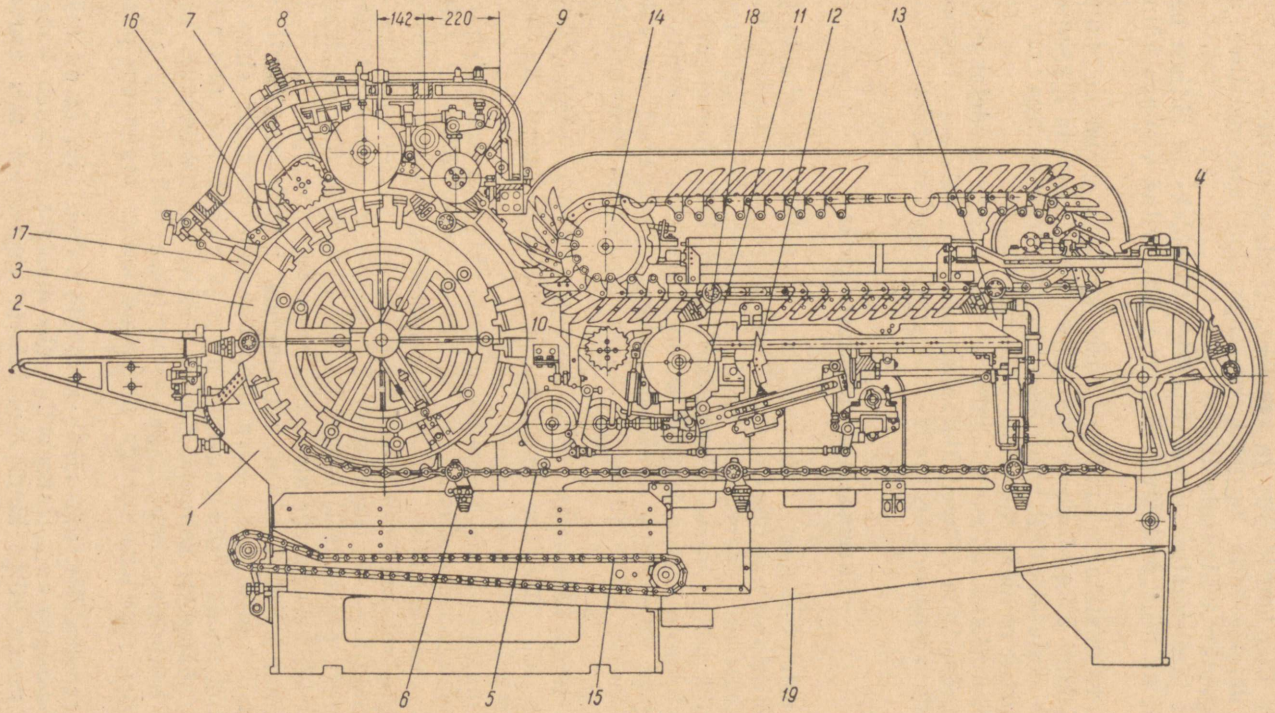
Masina tootlikkus on 40 kala minutis.

Filee lõplik puhastamine mustast kelmest ja tursa õlaluude kõrvaldamine toimub käsitsi.

Kala lastakse masinasse rennide kaudu, selg allapoole, kuni kala sabajuure lihaosani tsentreerivate labade vahel olevasse pilusse. Sabauim pigistatakse kinni etteandetransportööri haarmega, kala tõstetakse tsentreerivast pilust üles ja kantakse operatsioonitrumlile. Trumlis satub kala, kõht ülespoole, ketasnugade alla, sahk aga avab kala kõhuõõne. Ketasnugade esimene paar teeb kiilja väljalõike kala sabaosa kõhupoolsel küljel, lõigates välja pärakuuimed. Ketasnugade teine paar teeb kaks sügavat pikisisselõiget. Nugadesüsteemi abil süvendatakse pikisisselõikeid kuni selgrooni, kuid roideid puudutamata.

Kõhupoolse sisselõikega kalakere liigub operatsioonitrumlilt kala selja lõikamise mehhanismi renni. Sellest operatsioonist võtavad osa samuti kaks paari ketasnuge, millest esimene paar teeb kiilja sisselõike seljale, kõrvaldades seljauimed, teine paar — pikuti sisselõiked kuni selgrooni. Tekkinud sügavatesse sisselõigetesse sisenevad paiksed noad, mis lähevad laiali külgedele ja üles. Nende nugadega eraldatakse filee roietelt. Kala sabaosa juures eraldatakse filee selgroost kahe pöördnoaga. Roietelt äralõigatud filee viivad kaldrennid masinast mõlemale poole välja. Selgroog koos roietega transporditakse masina peaosa poole, kus haarmed avanevad ja selgroog kukub kaldrenni. Seejärel pestakse haarmeid ja nad haaravad järjekordse kala toitmisrenni juures.

Filee peab endast kujutama head, laitmatu kvaliteediga ühtlast, ilma sisselõigeteta kalalihatükki. Fileetükkidel tuleb hoolikalt järele vaadata, kas nahk on täielikult ära võetud, kas ei ole



Joon. 118. Kapustjanski, Rantsuse ja Bajevi süsteemi kalafileerimismasin:

1 — raam, *2* — toiterenn, *3, 4* — veo- ja pingutusjaam, *5* — kett-transportöör, *6* — haarajad, *7* — pärakuuime väljalõikemehhanism, *8* — sisselõikemehhanism, *9* — sisselõike süvendamise mehhanism, *10* — seljauimede väljalõike mehhanism, *11* — selja poolt keresse sisselõike mehhanism, *12* — filee sabast eraldamise mehhanism, *13* — roietelt filee lõikemehhanism, *14* — tugitransportöör, *15* — jäätmetransportöör, *16* — mõõtesahk, *17* — tiivikud, *18* — plaatnoad, *19* — alus.

muutunud filee värvus, kas ei ole fileetükkidel vereplekke, missugune on liha konsistents ja kas lihas ei ole parasiite.

Filee defekte võib kergesti avastada, kui asetada filee alt hästi valgustatud klaasplaadile.

Pärast järelevaatust lõigatakse filee tükkideks ja ühtlasi pestakse duši all või võrkkonveieril puhta filtreeritud voolava külma veega.

Filee valmistatakse mitmesuguse kaaluga plokkide kujul, alates 0,5 kuni 5 kg-ni, kusjuures plokke võib koostada igasuguse suurusega kalatükkidest, vältimatuks tingimuseks aga on, et üksikud tükid ei oleks killustatud või muljutud.

Filee sordilisus sellest ei halvene, kuna teda keedetakse või praetakse otse ilma eelneva ülessulatamiseta ja sellepärast peabki plokk toidu valmistamise protsessis lagunema tükkideks.

Fileemasinad tursklaste jaoks

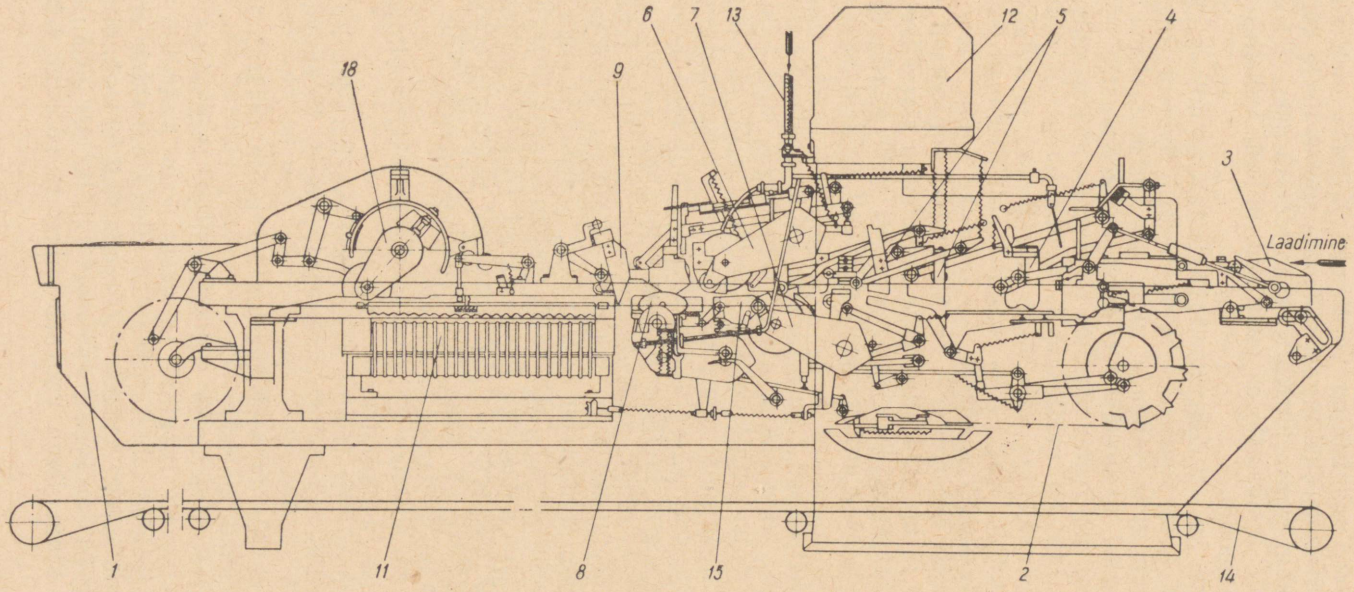
Praegustel tursklaste fileemasinatel on põhiliseks tehnoloogiliseks tööriistaks nugadesüsteem. Filee lõigatakse kaladelt, millelt eelnevalt on kõrvaldatud pead koos õlaluude ja sisikondadega. Kuid selle üldise fileerimisprintsiibi kasutamisel ei ole siiani veel korda läinud konstrueerida universaalset fileemasinat mitmesuguse suurusega tursklaste jaoks ja seepärast on välja töötatud masin suure tursa ja masin võrdlemisi väikese tursa jaoks.

Suure tursa fileemasin võib fileerida arktilist turska, mille pikkus on 50 ... 120 cm (zooloogiline pikkus), samuti ka balti turska, pikšat ja saidat.

Selle masina ehitus on näidatud joon. 119. Ta koosneb järgmistest põhiosadest: alusraamist *1*, kett-transporttöörist *2*, täiterennist *3*, mehhanismist, mis automaatselt häälestab tehnoloogilised tööriistad vastavalt kala suurusele *4*, suundklotsidest ja uimeõgvendajatest *5*, fileenugadest (ülemistest, alumistest, horisontaalsetest, plaatjatest, tagumistest *6*, *7*, *8*, *9* ja *10*), põiktransportöörist *11*, masina ajamist *12* ja veesüsteemist *13*.

Alusraam kujutab endast malmplaati, millele on kinnitatud kaks alumiiniumisulamist karpkorpust. Nende korpuste sisse on monteeritud masina tööelementide ajam ja mehhanism, mis automaatselt häälestab tehnoloogilised tööriistad töödeldava kala kohaselt. Korpuste otste külge kinnitatakse neli horisontaalset metallprussi, mis teise otsaga puutuvad kokku tagumiste püstikutega.

Kett-transportöör, mis läheb korpuste vahelt läbi ja on määratud töödeldava kala transportimiseks masinas, koosneb kahest ketist ja nende külge kinnitatud kuuest kärukesest, mis asuvad võrdsel kaugusel üksteisest. Kärukestel on haarmed kalade jaoks



Joon. 119. Suure tursa fileemasin.

ja juhtkruvid masinaelementide tõstmiseks ning allalaskmiseks. Täitmisrenn on valmistatud võrdlemisi keeruka mehhanismina: renn on kinnitatud edasi-tagasi liikuvale spetsiaalsele kärukesele, mille tõttu renni esiosa tõuseb transportöörikärukese teisaldumise igal momendil. Renni esiosas on põsed, millede vahelisse pilusse läheb kala sabauim.

Mehhanism, mis automaatselt häälestab tehnoloogilised tööriistad antud kala suurusele, normaliseerib pilusid ülemiste ja alumiste fileenugade pindade ning ka horisontaalsete nugade lõiketerade vahel, ta normaliseerib nugade tegevust.

Väga tähtis osa tehnoloogiliste tööriistade häälestamisel antud suurusega kalale on mõõtekangil. Suundklotsid ja uimeõgvendajad kindlustavad iga kala õige asendi, kui ta tuleb masina tööorganite juurde. Nagu juba mainitud, on fileenoad põhilisteks tehnoloogilisteks tööriistadeks, mis lõikavad kalalt filee.

Kaks ülemist ketasnuga *6* on kinnitatud konsoolselt erinevatele võllidele ja on määratud kahe paralleelse sisselõike tegemiseks piki kala selga. Pilu nugade vahel võib muuta 4-st kuni 8 mm-ni ja seatakse automaatselt sõltuvalt töödeldava kala suurusest.

Alumised ketasnoad *7* on määratud kahe paralleelse sisselõike tegemiseks piki kala kõhtu, alates sabauimest kuni kõhuõõneni. Ketasnugade taga asub kõhuõõne lahtisuruja *15*, mis kindlustab kalakerede lahtisurumise enne, kui ta satub horisontaalsete ketasnugade *8* alla, mis kõrvaldavad fileelt kõhuroided koos musta kilega. Lõike algus ja lõike paksus erisuguste kalade — tursa, pikša, saida — jaoks määratakse vastavate nukkidega. Kaks plaatnuga *9* eraldavad kala liha selgroo küljest. Need noad tõusevad kärukeste juhtkruvide toimel üles, vedrude ja enda raskuse toimel aga laskuvad alla, teostades seejuures antud operatsioone.

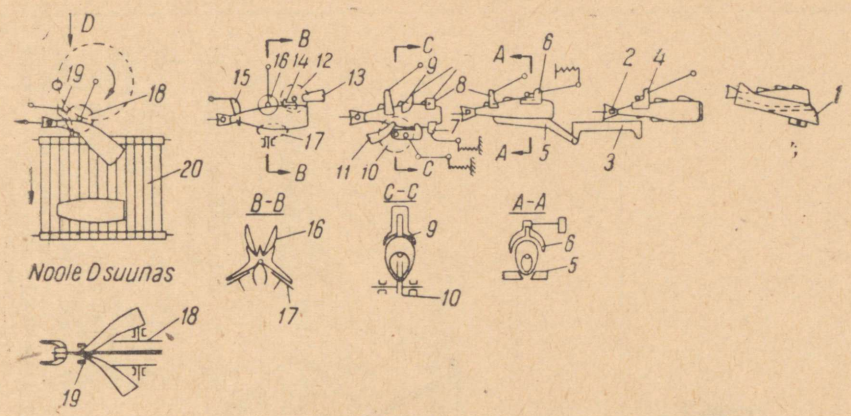
Kaks tagumist ketasnuga *10* eraldavad filee luu küljest sabauime juures. Fileed eemaldatakse masinast põiktransportööri abil. Sel transportööril on kaks haru, millest igaüks viib fileesid masina vasakule ja paremale küljele.

Masina ajam koosneb 4 kW võimsusega elektrimootorist, painduvast muhvist ja hüdrotransportöörist.

Veesüsteem on ette nähtud nii töödeldava kala kui ka mõningate masina tööorganite (täitmisrenni pooled, fileenoad) pesemiseks.

Linttransportöör *14* asub masina all ja on määratud fileerimisjäätmete eemaldamiseks.

Suure tursa fileerimise tehnoloogiline skeem on toodud joon. 120. Eelnevalt roogitud ja peata kala pannakse käsitsi, sabauim ees ja kõht all, täiterenni *1*. Renn teisaldub ettepoole, kusjuures tema esiosa langeb veidi alla, nii et sabauim satub kett-transportööri kärukese *2* haarmete vahele, mis kokku surudes hoiavad teda kinni. Renn vabaneb kalast ja pöördub lähteasen-



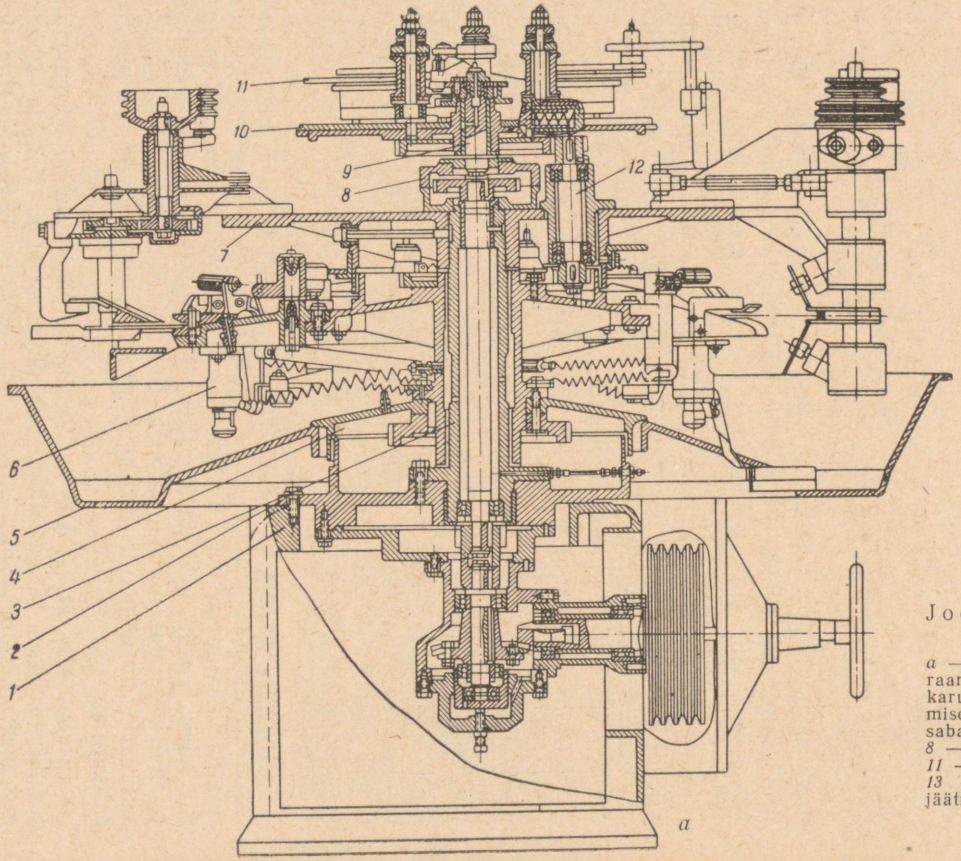
Joon. 120. Suure tursa fileerimise skeem.

disse. Edasi kala, mis on kinnitatud haarmete vahele, kantakse üle liikumatule lauale *3*, teisaldudes, kõht allapoole, mööda selle suunajaid. Sel ajal mõõtehoova klots *4* langeb kala seljale ja libiseb mööda seda. Kui klots jõuab kere lõpuni, pöördub hoob järsult ja seab tööriistade automaatse häälestamismehhanismi antud kala suurusele. Sel momendil langeb kere alla ja edasi veetakse kärukesega piki liikuvat lauda *5* ülemiste *6* ning alumiste *7* kinnistite ja uimeõgvendajate *8* ning *9* vahele.

Alumised fileenoad *10* teevad sisselõike alates sabauimest kuni kõhuõõneni. Seejärel lükkab lahtisuruja *11* kered kõhuõõne poolt lahti. Ülemiste fileenugadega *12* tehakse sisselõiked piki kogu kala selga, kusjuures suunajaga *13* tasandatakse samal ajal uimed. Alumised ja ülemised noad teevad keresse sisselõiked kuni selgrooni, jättes läbi lõikamata ligikaudu 10 mm paksuse lihakihi selgroo vastas. Laiendaja *14* keerab filee lahti, kergendades sisenemist plaatnugade *15* juurde, mille tegevust samuti reguleerivad ketassuunajad *16*, mis tasandavad ja tsentreerivad selgroogu ja uimi.

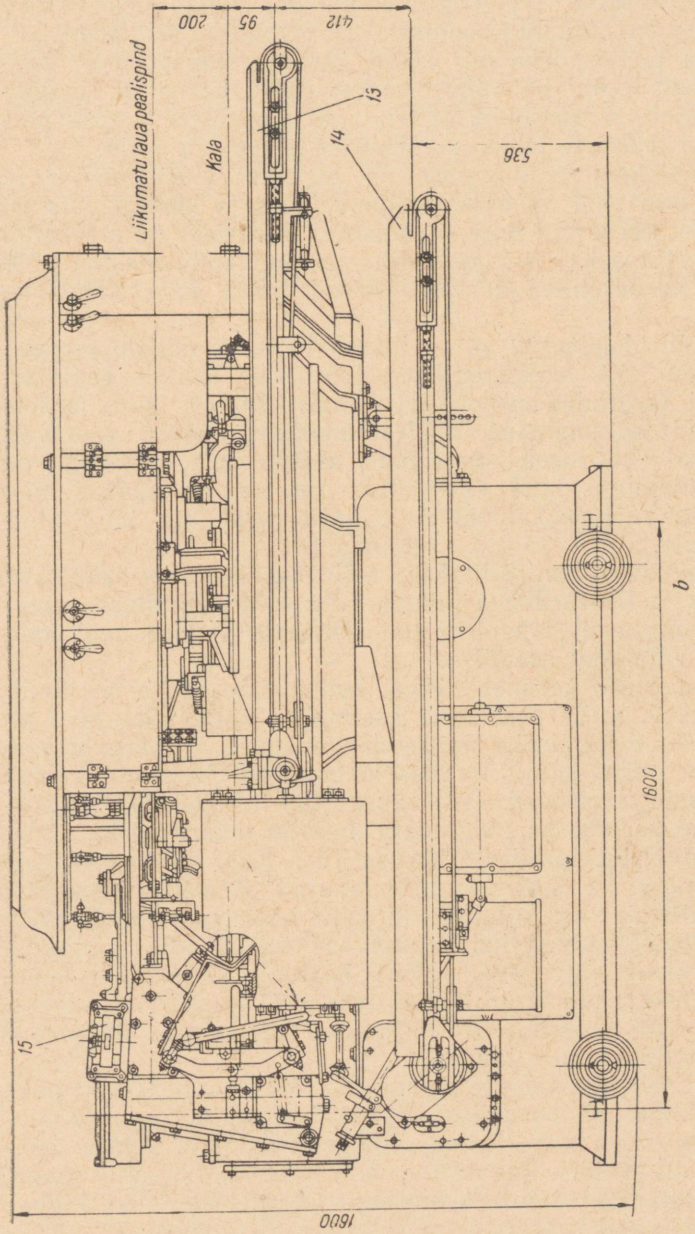
Plaatnugade ees on kaks horisontaalset nuga *17*, mis on määratud kõhuluude ja musta kile äralõikamiseks. Tagumised ketasnoad *18* eraldavad filee lõplikult sabauime piirkonnas; sel momendil hark laskub alla ja kindlustab lahtilõike suuna. Põiktransportööri *20* parema ja vasema haruga kantakse filee masinast välja või antakse üle transportööridele, mis viivad nahavõtmismasina juurde.

Fileemasina tootlikkus on kuni 24 kala minutis, transportööri joonkiirus koos kärukestega on 27,8 m/min. Masina gabariidid mm: pikkus 4362, laius 1350, kõrgus 1844. Masina kaal 2875 kg.



Joon. 121. Väikese tursa fileemasin:

a — läbilõige, *b* — külgvaade: *1* — raam, *2* — kere, *3* — torupistik, *4* — karussell, *5* — alus jäätmete kogumiseks, *6* — sektor, mis kannab sabauime pihte, *7* — liikumatu laud, *8* — käigukast, *9, 10* — liikuv laud, *11* — nukid, *12* — liikuva laua võll, *13* — filee linttransportöör, *14* — jäätmetransportöör, *15* — masina nuppjuhtimine.


200
95
412
Liikumatu laua pealispind
Kala
15
14
536
b
1600
15
1600

Keskmise ja väikese tursa fileemasin on konstrueeritud 30...60 cm pikkuse (zooloogiline pikkus) kala jaoks. Selle masina ehitus on näidatud joonisel 121 (läbilõige ja vaade küljelt). Masina põhiosadeks on: raam, etteandetransportöör, pealõikemehhanism, pihid sabauime haaramiseks, karussell, paigaldaja, mõõtehoob, suunajad ja õgvendajad, noasüsteem, transportöörid filee ja jäätmete jaoks, veesüsteem ja masina ajam.

Valatud malmist raami sisse on asetatud elektrimootor ja ülekanne. Raami peal on alus jäätmete jaoks ja korpus, mis on torupüstiku — karusselli telje — aluseks. Karussell on määratud kala transportimiseks sel perioodil, kui ta läbib masina tööorganid ja karussellile on monteeritud pihid kala sabauime haaramiseks.

Torupüstiku ülemises osas on liikumatu laud, millele on asetatud peaaegu kõik tehnoloogilised tööriistad (ainult pealõikenoad asuvad etteandetransportööri kohal). Liikuv laud, millele on kinnitatud automaatsed häälestamismehhanismid vastavalt töödeldava kala suurusele, on seotud teljega, mis omakorda on kinnitatud liikumatu laua keskkohta. Automaatne häälestamismehhanism koosneb nukkplokkidest, mille teljed on kinnitatud liikuvale lauale.

Kalade pikkust kontrollitakse mõõteseadisega, nukkplokid seatakse üles ja fikseeritakse liikuva laua suhtes kindlasse asendisse, mis mõjutavad tehnoloogilisi tööriistu, seades neid kala töötlemiseks vajalikku asendisse.

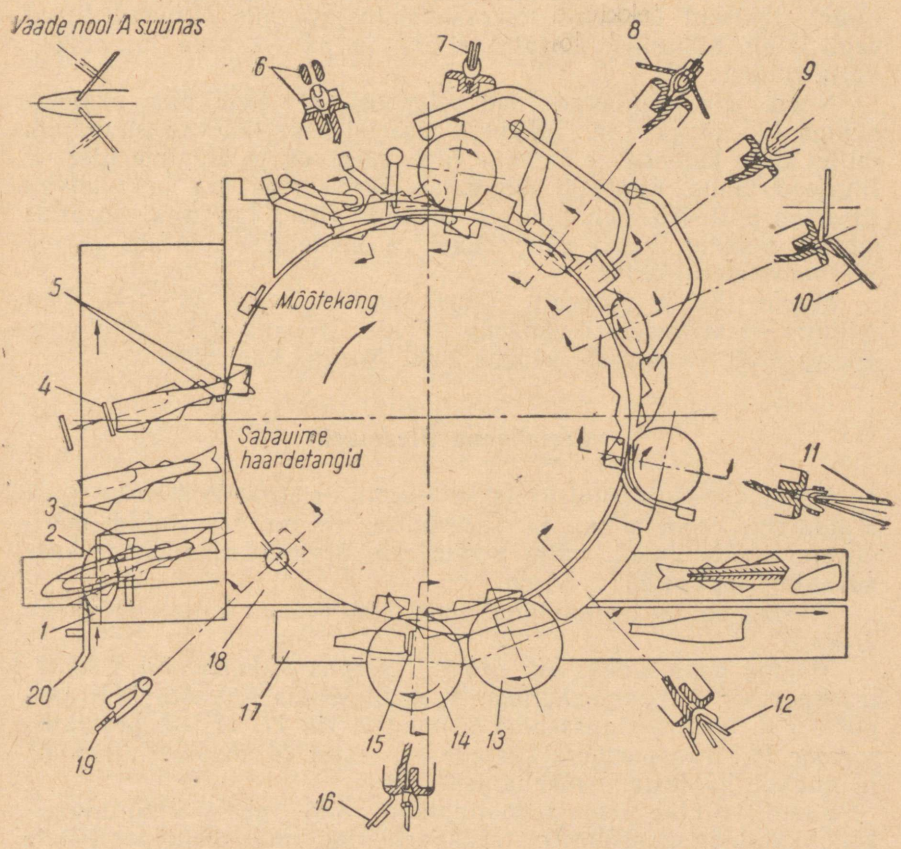
Toitetransportöör koosneb kahest ketist. Ühe külge on kinnitatud kärukesed, mille pesadesse asetatakse kala, teise peal on toed kalapeade toetamiseks nende äralõikamise ja jäätmetransportöörile heitmise ajal. Pealõikemehhanism koosneb kahest ketasnoast, mis asetsevad täitetransportööri kohal. Täitetransportööri kohal asetseb ka paigaldaja, mis on määratud kala üleandmiseks täitetransportöörilt karussellile. Kala liikumise teele karusselli ümber on üles seatud suunajad ja kalaõgvendajad, mis konstruktiivselt on valmistatud kalu haaravate liisthoovade kujul; need tsentreerivad kala, suunavad tööorganite alla, kusjuures kala uimed õgvenevad. Noad kaladele sisselõigete tegemiseks kõhu poolt, kerede äralõikamiseks, roiete väljalõikamiseks, filee eraldamiseks selgroo küljest ja filee lõikamiseks on paigutatud masina liikumatule lauale.

Noad, kaladele sisselõigete tegemiseks kõhu poolt, teevad kaks paralleelset lõiget alates sabast kuni kõhuõõne alguseni. Kõhutükid lõigatakse ära kahe ketasnoaga, mis üksteise suhtes asetsevad nurga all. Roided lõigatakse välja kahe fassongketasnoaga, kusjuures nende tööd (äralõike paksus, nugade sisselõike algus) reguleerib häälestamismehhanism sõltuvalt kala suurusest. Kaks üksteise suhtes väikese nurga alla ülesseatavat ketasnuga eraldavad filee selgroo küljest. Pärast nende nugade alt tulekut on

lahataval kalal nagu piiritletud, kuid selja juures veel koos olevad järgmised osad: ülemine filee, selgroog koos uimedega ja alumine filee. Edasi on üksteise järel üles seatud kaks ketasnuga — üks neist lõikab ära alumise, teine ülemise fileetüki. Fileetükid kukuvad linttransportöörile. Jäätmed — pead, luud ja sisikonnad — kõrvaldatakse teise transportööriga.

Veesüsteem annab vett harutorustiku kaudu töödeldava kala, masina tööorganite ja jäätmete transportöörilt ärauhtumise piirkondade juurde. Masin käivitatakse ja seisatatakse nuppjuhtimise abil.

Joonisel 122 on näidatud mainitud suurusega tursa ja pikša



Joon. 122. Tursa ja pikša masinaga fileerimise tehnoloogiline skeem:

1 — kala etteande transportöör, *2* — pealõikenoad, *3* — vetruv liist, *4* — kala paigaldaja, *5* — tsentreerivad haarmed, *6* — suunajad ja õgvendajad, *7* — noad sisselõigete tegemiseks kõhu poolt, *8* — kõhutüki lõikenoad, *9* — lahtisuruja, *10* — roiete väljalõikamise noad, *11* — luudelt liha eemaldamise noad, *12* — suunajad, *13* — alumine fileelõikenuga, *14* — ülemine fileelõikenuga, *15* — ülemise filee hoob, *16* — renn filee väljalaskmiseks, *17* — fileetransportöör, *18* — jäätmetransportöör, *19* — freesid luu eemaldamiseks haarmetest, *20* — suunaja.

masinaga fileerimise tehnoloogiline skeem. Eelnevalt roogitud kala pannakse käsitsi ükshaaval toitetransportööri pesadesse. Pealõikenugadega lõigatakse küljelt ära pea koos õlaluude ja rinnauimedega. Kere viiakse transportööriga edasi sabahaardepihtide juurde, mis asuvad karussellil ja liiguvad sünkroonselt transportööri pesadega. Kui pihid tulevad kalaga täidetud pesa juurde, lükkab paigaldaja kala sabauime avatud pihtide vahele. Edasi pihid haaravad kala, tõmbavad ta transportööri pesast välja ja kala liigub mööda ringjoont koos karusselliga. Liikudes koos karusselliga, läbib kala mõõtehoova, suunajad ja õgvendajad.

Pärast seda, kui kõhu poolt on tehtud kaks paralleelset sisselõiget, lähevad tekkinud lõikesse suunajad, mis suruvad fileed veidi laiali. Kõhutükk lõigatakse ära ja pärast seda lõigatakse välja roided.

Noad, mis eraldavad filee selgroost, seatakse üles üksteise suhtes 17° nurga alla. Tekkinud sisselõikesse lähevad suunajad, millel kolm kalaosa — ülemine filee, selgroog ja alumine filee — liiguvad lahus. Edaspidi lõigatakse järjekorras ära ja kukuvad fileetransportöörile alumine ja ülemine filee, luu aga, surutult pihtide vahele, liigub vähe edasi ja heidetakse pihtide vahelt jäätmetransportöörile.

Masin töötab pidevalt. Tema tootlikkus on 36...40 kala minutis, elektrimootori võimsus 4,5 kW. Masina gabariidid mm: pikkus 3130, laius 2625, kõrgus 1680. Masina kaal 2885 kg.

Meriahvena fileemasin

Meriahvena fileerimise masin teostab esialgse lahkamise (pea eraldamine, rookimine) ja fileerimise, ta on arvestatud meriahvena töötlemiseks, mille pikkus on, arvates ninamikust kuni sabauime lõpuni 29...55 cm.

Masina ehitus on näidatud joon. 123 (vaade küljelt ja vaade ülevalt).

Masina põhiosadeks on: raam *1*, korpus *2*, konsoolid *3*, täitetransportöör *4*, noamehhanism *5*, mõõteseadis *6*, vastuvõtutransportöör *7*, tsentreerimisseadis *8*, noad *9*, *10*, *11*, *12*, *13*, peatransportöör *14*, transportööri käepide *15*, restid *16*, masina ajam *17* ja nugade häälestamismehhanism *18*.

Raam kujutab endast malmplaati. Selle peale kinnitatakse kõik kalatöötlemissõlmed, transportöörid, mis tehnoloogilistele tööriistadele kala ette annavad, seadised kala tsentreerimiseks ja masina ajam. Raamile on kinnitatud korpus ja alumiiniumisulamist valatud konsoolid. Korpuse ülesandeks on paigutada tööorganite häälestamismehhanisme vastavalt töödeldava kala suurusele.

Raamiga piirneb täitetransportöör, millega antakse kala mõõteseadise ja pealõikenugade juurde, seejärel vastuvõtutransportöörile. Täitetransportöör koosneb kahest ketiharust, millest ühele on kinnitatud pesad kalade jaoks, teisele aga toed peade fikseerimiseks. Tänu sellele, et noad on üksteise suhtes asetatud 90° nurga alla, kindlustab noamehhanism kalapeade kiilutaolise äralõike, mille puhul lihakadu on väiksem. Pealõikenugade ees asetseb mõõteseadis, mis on määratud kalade etteandmiseks nugadele sellise arvestusega, et pea lõigatakse ära alati kuni lõpusekaarte lõpuni. Põiktransportööri ülesandeks on peata kala täitetransportöörilt vastu võtta ja edasi toimetada peatransportööri ja tehnoloogiliste tööriistade juurde.

Vastuvõtutransportööri kohale on üles seatud tsentreerimisseadis, mis tsentreerib hoovade ja suunajate abil kala kõhu lahtilõikamisnugade *9* ette ja kõhutükkide äralõikamiseks nugade *10* ette. Alumised fileenoad *11* teevad kaks paralleelset sisselõiget piki selgroogu, kõhu poolt küljest, pärakuuime juurest kuni sabani. Pärast neid nuge surub spetsiaalne seadis lahti kala kõhuõõne enne seda, kui kala jõuab roiete väljalõikamise nugadeni *12*; need noad eraldavad roided fileest koos musta kilega.

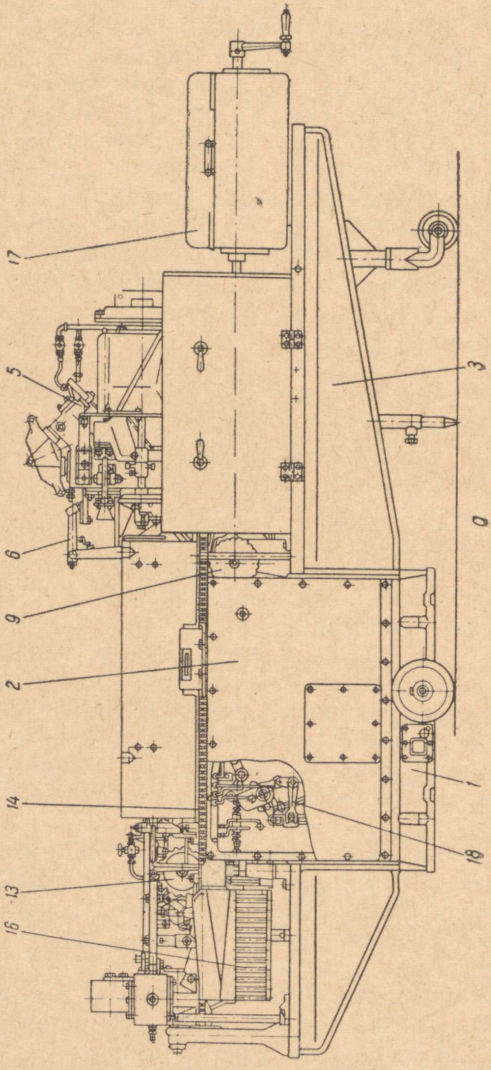
Ülemised fileenoad *13* teevad kaks paralleelset sisselõiget piki kala selga ja lõikavad välja selgroo, s. o. eraldavad filee luudest selja poolt küljest.

Peatransportöör on vastuvõtutransportööri pikenduseks — mõlemad nad annavad kala tehnoloogiliste tööriistade juurde. Peatransportööri saab tõsta käepideme *15* abil ja sellega luua vaba juurdepääsu tööorganite juurde nende järelevaatuseks.

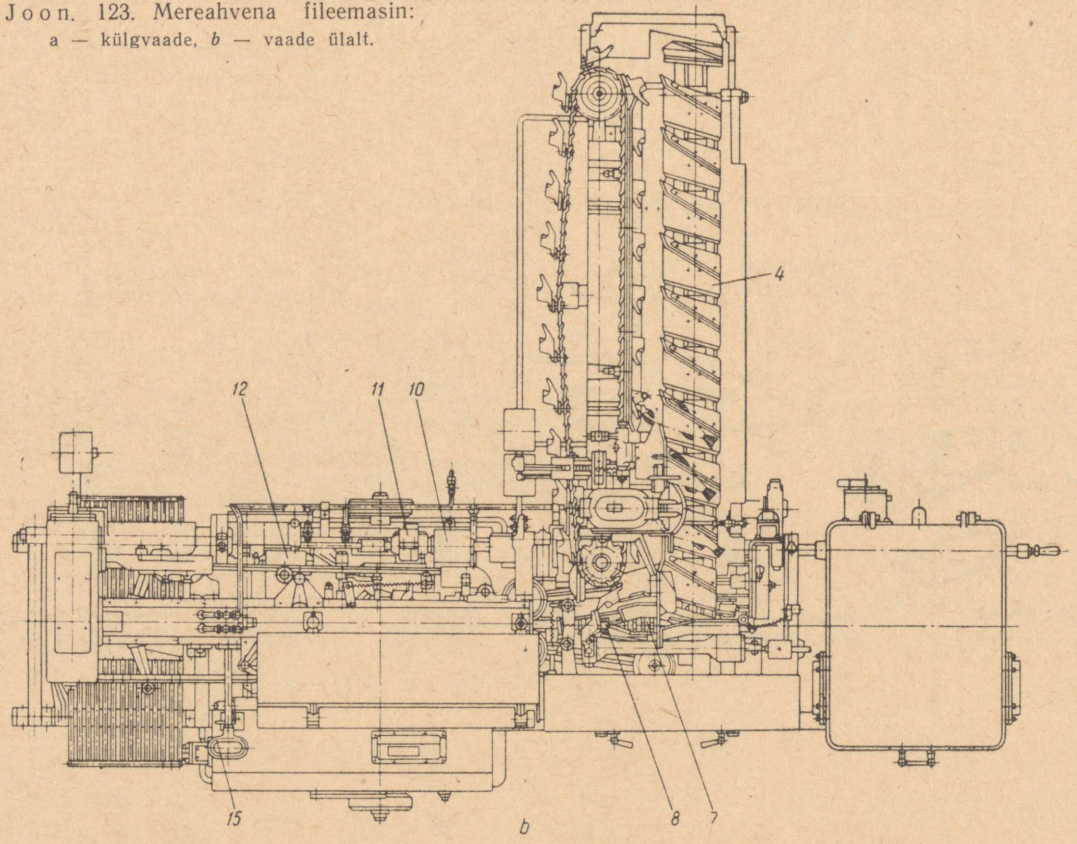
Filee viiakse üle restide masinast välja. Masina ajam asub valatud karbis, ta koosneb vahelduvvoolu elektrimootorist, vahe- ja peavõllist. Peavõll paneb liikuma kõik masina mehhanismid ja tööriistad. Nugade häälestamismehhanism asub raami korpuses, ta häälestab automaatselt nuge, piirajaid ja suunajaid töödeldava kala suurusele, samuti määrab ka nugade töötlemise alg- ja lõppmomendi.

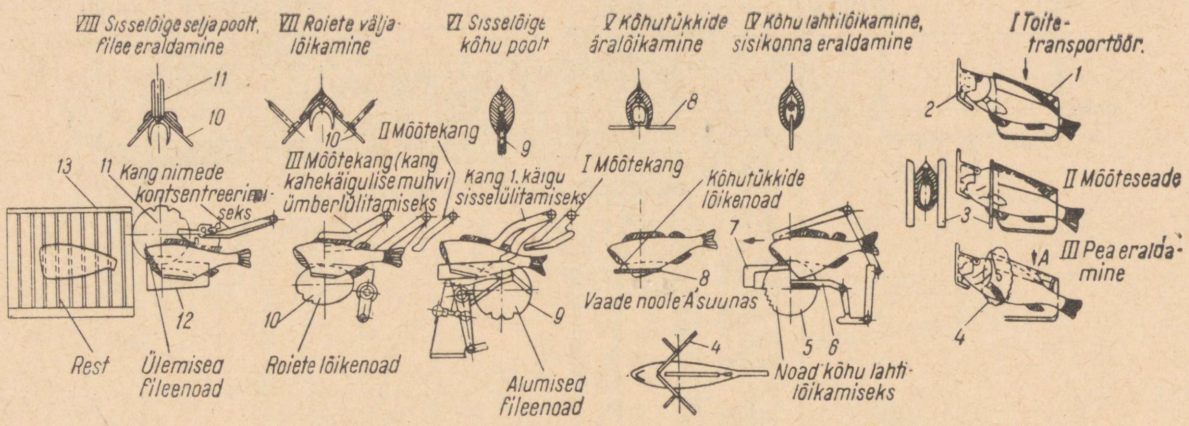
Peale loetletud osade on masinal veel torusüsteem, mida mööda antakse vett nugade ja renni juurde kala suunamiseks täitetransportöörilt vastuvõtutransportöörile. Veekulu on 35 ... ... 50 l minutis. Joonisel 124 on näidatud meriahvena lahkamise tehnoloogiline skeem.

Rookimata meriahven asetatakse käsitsi ükshaaval, pea ees, täitetransportööri pesadesse nii, et kala lõualuud läheksid tugedesse *2* transportööri teise haru peal. Liikumisel satub kala mõõteseadise *3* alla, mis määrab ette pea korrapärase äralõike õlaluude tagant pealõikenugadega *4*. Pead viiakse masinast mööda renni jäätmetransportöörile, peata kala aga satub vastuvõtutransportöörile, peaosa ees, kõht allapoole. Edasi mõõtehoob vabastab piiraja *6*, mis takistab kala juurdepääsu noa juurde, ja nuga *5*


17
5
8
9
2
14
13
16
3
0
1
18

Joon. 123. Mereahvena fileemasin:
a — külgvaade, *b* — vaade ülalt.





Joon. 124. Meriahvena lahkamise tehnoloogiline skeem.

avab kõhuõõne. Sel ajal kõrvaldatakse kõhuõõnesse viidava kiilja kaabitsaga *7* kala sisikond. Järgneval liikumisel satub kala kõhutükkide äralõikamise *8*, alumise filee *9*, roiete väljalõikamise *10* ja ülemise filee *11* nugade alla. Lõpuks tuleb kala mööda suunajaid *12* lõiketeradeni, mis lõplikult eraldavad filee selgroo küljest. Väljalõigatud luud tulevad jäätmetransportöörile, filee juhitakse edasi kaldrestidele *13*, seejärel aga asetatakse ümber nahavõtmismasinate vastuvõtutransportöörile.

Fileemasina tootlikkus on 35 . . . 40 kala minutis. Täitetransportööri liikumise kiirus on 7,28 . . . 8,32 m/min, peatransportööri liikumise kiirus 32 . . . 35 m/min. Elektrimootori võimsus on 3 kW. Masina gabariidid mm: pikkus 4275, laius 3290, kõrgus 1775. Masina kaal 2266 kg. Masinat teenindavad 2 inimest.

Filee kinnistamine

Terve kala, millel on kaitsekate — nahk ja soomused, on muude võrdsete tingimuste juures säilitamisel suhteliselt vastupidavam kui filee. Nimetatud põhjusel allub filee välistegurite (mikroorganismid, õhuhapnik jm.) energilisemale toimele ja vajab sellepärast täiendavat töötlemist. Sellist töötlemist, mis peab nõrgendama välistegurite toimet filee lihaskoele, järelikult peab pikendama toote säilitamiskestust ja alal hoidma tema naturaalse maitse ning välimuse, nimetatakse filee kinnistamiseks ehk fikseerimiseks.

Kinnistamine toimub sel teel, et tinutatud võrkvormidesse asetatud fileetükid kastetakse fikseerimisvedelikku või piserdatakse fileed selle vedelikuga võrkkonveieril. Kinnistina tarvitatakse harilikult täiesti puhta keedusoola lahust filtreeritud vees.

Täiendava töötlemise teooria ei ole küllaldaselt läbi töötatud, kuid kinnistamise peamine mõte on järgmine.

Kinnisti toimel tihenevad valkained kalgendumise tõttu kogu fileetükkide pealispinnal, moodustades elastse kaitsekelme. See soolatud filee kaitsekelme justkui isoleerib filee lihaskudet väliskeskkonna tegurite negatiivsest mõjust, soodustab kalale omaste ekstraktiiv- ja aromaatsete ainete säilitamist ja samuti filee kuivamiskao vähenemist.

Olles teatud aja soolalahuse keskkonnas, filee kinnistamisel sooldub, mis loomulikult on soolaga kinnistamise negatiivne külg. Järelikult peab kinnistamisel tihenenud kaitsekelme tekkima niivõrd kiiresti, et filee võimalikult vähem soolduks. Sellepärast tuleb kinnistamisoperatsioon läbi viia rangelt kindlates tingimustes, mille põhilisteks momentideks on kinnistamissoolalahuse kontsentratsioon ja temperatuur. Parimaid tulemusi on saadud jahutatud 10% NaCl-lahuse kasutamisel.

10% NaCl-lahusesse lisatakse mõnikord antiseptikumina

0,08 ... 0,1% aktiivset kloori. Fikseerimisvedelikuks võib olla ka klooritud vesi, mille kloorikontsentratsioon on 180 mg/l, filee transportimisel kaugele (teekonna kestus kuni 4 ööpäeva) aga kasutatakse 0,15 ... 0,20% bensoehappenaatriumi lahust, mis sisaldab 0,05% bensoe- või äädikhapet. Kinnistamine kestab 1 ... 2 minutit.

On teada, et NaCl ei ole antiseptikum selle sõna tavalises mõistes, sest selle soola väikesed kogused ei peata mikroorganismide arenemist, vaid ainult aeglustavad seda. Kõige suurem toime on keedusoolal mikroorganismide rühmale, mis kutsuvad esile valkude sügava lagunemise. See nõrkade keedusoolalahuste pärssiv toime mikroorganismidele näitab samuti käsitletava tehnoloogilise protsessi tähtsust kalafileetööstuses. Vaatlustega on kindlaks tehtud, et pärast filee töötlemist 10-% NaCl-lahusega aeglustub mikroobide kasv ööpäeva kestel 8,3 korda, pärast töötlemist 15-% lahusega aga 13,1 korda, 20-% lahusega — 13,9 korda. Pärast filee 7-ööpäevast säilitamist pärgamendis ja jääs 0° C juures kasvas mikroobide arv NaCl-lahusega töödeldud fileel 3,2 korda, kontrollproovil aga samal ajal 54,9 korda.

Kinnistava soolalahuse valmistamiseks tuleb kasutada täiesti puhast, ilma kõrvallõhnata soola. Ca ja Mg soolade lisandid kiirendavad fileel soolakala lõhna tekkimist; nii näiteks nahata pikšafileel, mida töödeldi puhta soola (99,63% NaCl) 8,1-% lahusega 41 sekundi kestel ja säilitati tsellofaanpaberis ning kartongkarpides −9,5° C juures, tekkis nõrk lõhn pärast 7-kuulist säilitamist, vähem puhta soolaga (97,23% NaCl) töötlemisel tekkis sama lõhn 4 kuu pärast.

Filee NaCl-lahustega töötlemise tagajärjeks on peale antiseptilise toime veel filee külmumispunkti alanemine, mis on tihedasti seotud NaCl-sisalduse suurenemisega kala rakumahlas ja osmootse rõhu tõusuga. Külmumispunkti alanemine võimaldab säilitada fileed jahutatult −2 kuni −2,5° C temperatuuril. Võimalus säilitada töödeldud fileed temperatuuris, mis on 1 ... 1,5 deg võrra madalam soolalahusega töötlemata filee säilitamistemperatuurist, on oluliseks eeliseks, kuna isegi sellise absoluutses suhtes tühise filee temperatuuri alanemise tõttu 0° C lähedal langeb järsult mikroorganismide paljunemise kiirus.

Filee kinnistamise perioodil ühest küljest difundeerub koesse NaCl-lahus, mille tulemusena filee mitte ainult sooldub, vaid ka paisub, teisest küljest eraldub koest osa lihasplasmat, mis loomulikult põhjustab mõnede ainete kaotamise (globuliinide ja muude valkude lahustumine soolalahuses). Paisumine suurendab koe kaalu, lihasplasma eraldumine aga, vastupidi, vähendab filee kaalu. Selle tulemusena kujuneb filee mingi resulteeriv kaal.

Paisumise maksimum ei ühti sooldumise maksimumiga; esimene näht allub oma seadustele. Paisumise maksimum esineb

NaCl-lahuse 5-% kontsentratsiooni juures, sooldumise maksimum aga ligikaudu 20-% kontsentratsiooni puhul.

Pärast kinnistamist muutub mõnedel kaladel mõningal määral filee värvus; sasaani-, latika- ja kogreliha omandab enam või vähem selgesti väljendunud pruunika varjundi, kohaliha värvust ei muuda.

Kalaliha värvuse muutumist võib ära hoida, kui kinnistuslahusesse lisada nitriteid. Katsed näitasid, et vastava töötlemise juures on isegi ülessulatatud kalast toodetud fileel märkimisväärne vastupidavus. Kiiret riknemist põhjustavad: 1) kala ebatäiuslik esmatöötlemine ja ebaratsionaalne säilitamine ning 2) filee valmistamine mittekvaliteetsest kalast.

Toome järgmised näited. Kura jõe jahutatud sevrjuuga oli teel 12 ööpäeva (märgati kõhuõõne happesust), pärast sihtkohta jõudmist ta fileeriti ja fileed töödeldi 5 minuti kestel 15-% NaCl-lahusega. Pärast kuuepäevast säilitamist temperatuuril 1 ... 2° C ei muutunud kinnistatud filee kvaliteet üldse, kinnistamata fileel aga halvenes märgatavalt. Fileed säilitati 10 päeva. Vaatamata sellele, et säilitamise lõpul temperatuur juhuslikult tõusis kuni 8° C, säilitas kinnistatud filee oma toiteväärtuse, kuna kinnistamata filee riknes. Astrahani koha toodi külmutatult Moskvasse ja lahati fileeks, mida töödeldi 25- ja 15-% NaCl-lahusega. Kaheksandal säilitamispäeval selgus, et 25-% NaCl-lahusega töödeldud filee säilis heas seisukorras, 15-% lahusega töödeldud filee kaotas värske lõhna, kontrollproov aga riknes.

Nende katsete põhjal on filee säilitamise piirtähtajaks (sealhulgas ka ülessulatatud kohast valmistatud fileel) 15 ööpäeva, kusjuures filee kaotab toiteväärtuse 18 ... 19. ööpäeval. Töötlemine 5- ja 10-% NaCl-lahusega pikendab filee säilitamiskestust ainult tähtsusetul määral. Töötlemine 15-% lahusega 5 minuti kestel on efektiivsem; seejuures ei ületa soolasisaldus filees normi ei keedetult ega ka praetult. Töötlemine 15 ... 20-% NaCl-lahusega teeb filee suhteliselt kuivemaks; soola liig muutub nendes tingimustes märgatavaks.

Organoleptiliste näitajate järgi erineb kinnistatud filee kinnistamatust põhiliselt kahe tunnuse poolest:

maitse järgi on tunda mõningast soolsust, mis kõigub võrdlemisi laiades piirides, sõltuvalt lahuse kangusest ja kinnistamise kestusest. Nii näiteks kinnistamisel 15-% NaCl-lahusega 5 minuti kestel ei ole keedetud valmistoote soolsus küllaldane, aga samal fileel on see praetult normaalne;

filee pealispinna värvuse muutumine: värvuselise koega filee kinnistamisel kala loomulik värvus kaob, kala omandab enam või vähem väljendunud pruunika varjundi (koger, latikas, sasaan), valge lihaskoega filee kinnistamisel aga koe värvus ei muutu.

Nii jahutatud kui ka külmutatud filee tootmisel kasutatakse

kinnistamist, kuid külmutatud filee puhul on selle operatsiooni tulemused keerukamad.

Jahutatud fileed säilitatakse temperatuuril, mis on kõrgem koemahla külmumispunktist ja sellepärast mikroorganismide elutegevus kalas ainult pidurdub, kuid nende arenemise võimalus ei ole välditud. Jahutatud filee juures on peale eespool nimetatud välise kaitsekelme väga tähtsateks kinnistamisega kaasnevateks teguriteks filee külmumispunkti alanemine ja soolalahuse aeglustav mõju mikroorganismide kasvule.

Filee külmutamisel on kaitsekelme osa märksa suurem, kuna ta soodustab kala kuivamiskao vähenemist külmutamise ja pikaajalise säilitamise protsessis ja, mis on eriti tähtis, kelme soodustab maitse- ja ekstraktiivainete kao vähenemist külmutamisel. Tuleb silmas pidada, et kinnistamata külmutatud filee kaotab ülessulatamisel pärast pikaajalist säilitamist tavaliselt kuni 10% oma kaalust selle tõttu, et temast voolab välja koemahl. Filee kinnistamine vähendab koemahla kadu ülessulatamisel viis-kuus korda ja soodustab toote aroomi ja välimuse säilimist.

Fileed tuleb enne kinnistamist pesta, sest kinnistusvedeliku toime on seda efektiivsem, mida hoolikamalt on filee pealispind selleks operatsiooniks sanitaar-hügieeniliselt ette valmistatud. Pesemine peab olema hoolikas, parem duši all kui sukeldamisega, kuid lühiajaline. Pesemine ja kinnistamine toimuvad võrkkonveieril, mille ehitus on kujutatud joonisel 125.

Konveieri juurde antavas soolalahuses peab olema 10 ... 12% NaCl-i, lahuse erikaal 1,07 ... 1,09, temperatuur 15° C. Piserdamise kestus 5 minutit.

Pesemis-kinnistusmasinal on kaks töötsooni. Konveieri võrgule asetatud filee satub pesemistsooni, kus teda piserdatakse veega. Siit satub pestud filee kinnistustsooni, s. o. konveieri sellesse ossa, kus fileed piserdatakse kinnistusvedelikuga, mida pumbatakse läbi dušikollektori. Masina alumisse ossa on üles seatud kaks kogumisvanni, ühte nendest jookseb kokku saastunud vesi, kust ta juhitakse kanalisatsiooni, teise — töötanud kinnisti, mida kasutatakse uuesti.

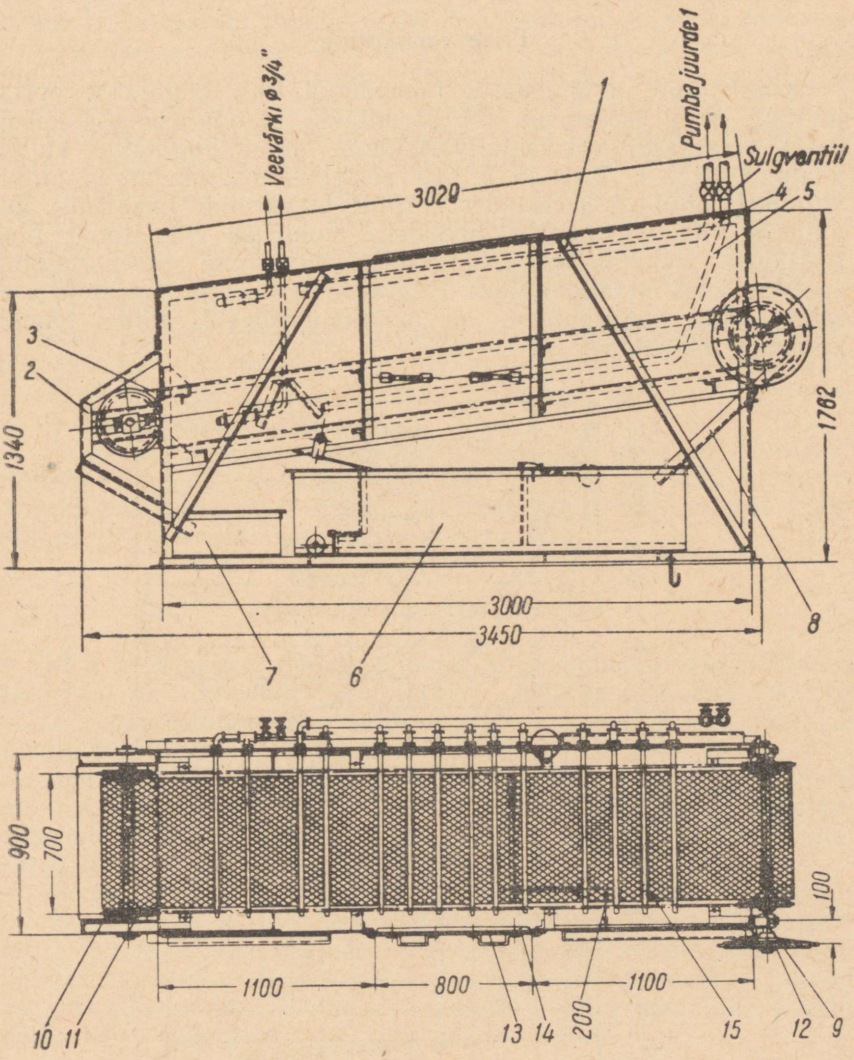
Masina käivitab individuaalelektrimootor reduktori kaudu.

Masina tehniline iseloomustus: tootlikkus 1000 kg fileed tunnis, elektrimootori võimsus 0,5 kW, võrklindi laius 650 mm, lindi 1 m^2 koormus 4,5 kg fileed, lindi liikumiskiirus 5,7 m/min.

Masina pikkus 3450 mm, laius 956 mm, kõrgus 1762 mm, üldkaal 790 kg.

Pärast kinnistamist ei tohi filee sisaldada soola üle 1% ja sellepärast on soovitav, et konveieril oleks veel kolmas tsoon, kus fileele jäänud kinnistusvedelik ära valgub. Filee vabaneb täielikumalt tema pinnale jäänud kinnisti jääkidest, kui teda puhuda külma õhu vooluga. Protsessi üheks tähtsamaks momendiks on kinnisti kvaliteet: viimase toime halveneb tunduvalt saas-

tumise või kontsentratsiooni muutumise korral. Sukeldamisega kinnistades uuendatakse soolvesi täielikult pärast filee kolmeneljakordset sukeldamist sellesse. Soolvee kasutamiskestus pikeneb kolm-neli korda, kui soolveele lisada 0,18% kloori.



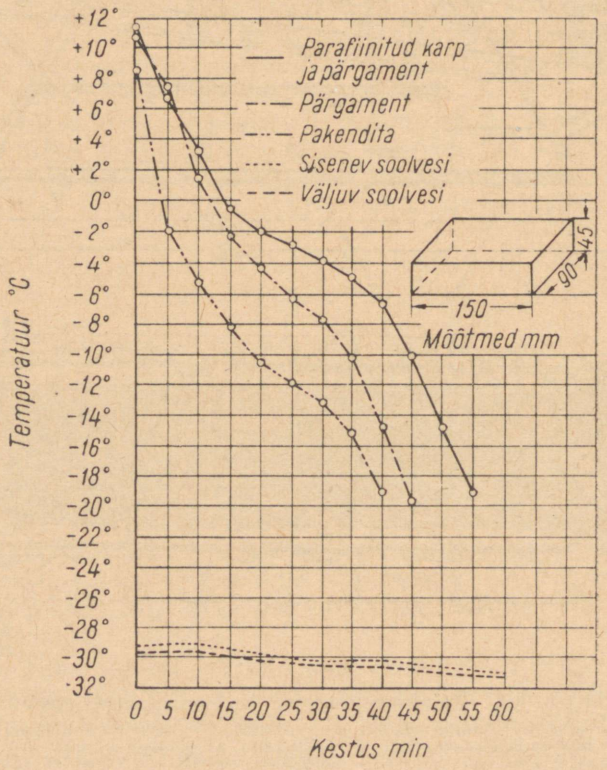
Joon. 125. Kalafilee pesemise ja kinnistamise masin:

1 — masina karkass, *2* — pingutusjaam, *3* — võrklint, *4* — ülemine kollektor, *5* — alumine kollektor, *6* — soolvee kogumise vann, *7* — veevann, *8* — ülemine renn, *9* — ajamijaama võll, *10* — pingutusjaama võll, *11* ja *12* — tähthammasrattad, *13* — tõstetav uks, *14* — äärik, *15* — piserdustoru, *16* — sulgventiil.

Kinnistamisel võrkkonveieri peal piserdamisega lastakse kinnisti läbi söefiltrite. Kui peale selle kasutada veel kloreerimist, siis võib soolvett täielikult uuendada 10 päeva järel. Kalafileetööstuses võetakse arvutustel kinnistusvedeliku kuluks 1 liiter 1 kg filee kohta.

Filee vormimine

Kinnistatud ja õhuvoolus tahendatud filee lõigatakse portsjoniteks ning asetatakse või vormitakse standardsetesse karpidesse (taarasse) või metallvormidesse. Filee lõigatakse kindla kaaluga (0,5, 1, 2, 3 ja 5 kg) portsjoniteks, kusjuures ainult vajalikel juhtudel, arvestades karpide ja vormide mõõtmeid, lõigatakse filee vähemateks tükkideks, hoidudes võimalikult filee tervikluse rikkumisest. Ladumisele suunatakse fileeportsjonid spetsiaalsetes metallpannides. Ettevalmistatud fileeportsjonid asetatakse kartongkarpidesse või metallvormidesse, milles toimub külmaga töötlemine.



Joon. 126. Filee külmutamise kestuse sõltuvus pakendist.

Kartongkarbid ja metallvormid vooderdatakse varem veekindla pärgament- või tsellofaanpaberiga nii, et paberi servad saab panna üksteise peale fileebriketi laiemal küljel. Selliselt ettevalmistatud karbid või vormid tulevad vormimislauale. Kõigepealt tõstetakse siin üles taara kaas, pööratakse lahti pärgamentpaber ja karbid või vormid täidetakse kaalutud fileeportsjonitega. Fileetükkide asetamine karpidesse peab toimuma kindlas korras: taara põhja asetatakse suured fileetükid, nahk allapoole, väiksemad tükid asetatakse briketi keskmistesse kihtidesse ja taara nurkadesse nii, et fileetükid liibuksid kõikjal tihedasti üksteise ja taara seinte vastu. Taara ülemisse ossa pannakse jälle suuri fileetükke, nüüd juba nahk ülespoole. Selliselt komplekteeritud fileebriketil on suurem osa pealispinnast kaetud nahaga, mis kaitseb fileed üleliigse kuivamise eest ja on kalaliigi tunnuseks.

Pärast fileeportsjoni paigutamist taarasse pärgamentümbris ja taara kaas suletakse.

Filee saabub külmaga töötlemisele — jahutamisele või külmutamisele — kartongkarpides või metallvormides. Pakend (pärgamentpaber) ja taara aeglustavad külmaga töötlemist, mida on hästi näha jooniselt 126.

Pärgamentpaberisse ja kartongkarpidesse pakitud filee külmutamiseks kulub peaaegu 40% rohkem aega kui filee külmutamiseks pakendita. Kuid pakend on hädavajalik sanitaarsest seisukohast ja filee «põletuse» vastu võitlemisel.

Jahutamine ja külmutamine

Filee jahutatakse metallvormides või kartongkarpides. Fileega täidetud metallvormid paigutatakse jahutuskeskkonda jää ja soola segusse või külma soolvette, kartongkarbid aga õhk- või plaatkülmutitesse.

Jahutamine peab toimuma kiiresti temperatuurini mitte üle 1° C. Jahutatud fileed ei tohi säilitada külmutushoone kambrites üle 48 tunni, selle aja jooksul tuleb ta ära saata tarbimisrajoonidesse.

Fileed külmutatakse samade seadmetega, millega teda jahutataksegi, kuid jahutuskeskkondade palju madalama temperatuuri juures. Külmutuskeskkonna temperatuuril on suur mõju külmutuskiirusele; näiteks karpi ja pärgamentpaberisse pakitud 44 mm paksuse filee külmutamise kestus sõltus soolalahuse temperatuurist järgmiselt:

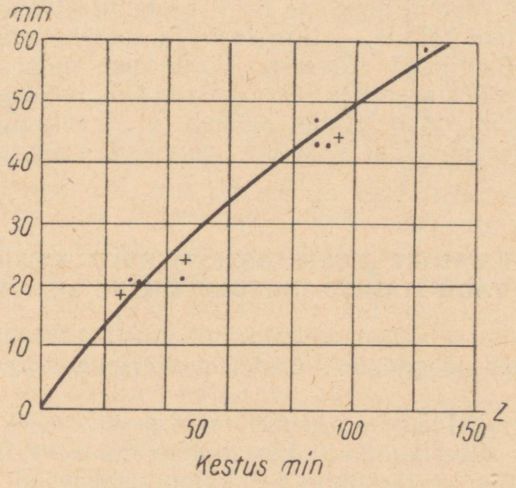
soolalahuse temperatuur °C	−20	−25	−30
külmutuskestus minutites	125	90	72

Filee külmutamiseks on eriti sobivad plaatkülmutid. Mida paksemad fileebriketid on, seda aeglasemalt nad külmuvad.

Tabel 33

Filee külmutamise viis	Briketi paksus 40 mm		Briketi paksus 50 mm	
	külmutustemperatuur °C	külmutuskestus	külmutustemperatuur °C	külmutuskestus
Plaatkülmutites kuni filee lõpptemperatuuri $t_l = -18°C$				
kaanteta vormides		1 tund 30 minutit		2 tundi 30 minutit
kaantega vormides	−28	1 tund 45 minutit	−28	2 tundi 45 minutit
parafiinitud karpides		2 tundi 00 minutit		3 tundi 00 minutit
Plaatkülmutites kuni $t_l = -10°C$				
kaanteta vormides		50 minutit		1 tund 50 minutit
kaantega vormides	−28	1 tund 10 minutit	−28	2 tundi 10 minutit
parafiinitud karpides		1 tund 30 minutit		2 tundi 30 minutit
Kontaktita soolveekülmuti kuni $t_l = -10°C$	−18	1 tund 40 minutit	−18	2 tundi 00 minutit
Kontaktita soolveepiserduskülmuti kuni $t_l = -10°C$	−18	2 tundi 00 minutit	−18	2 tundi 30 minutit
Õhkkiirkülmutites kuni $t_l = -10°C$				
vormides	−18	6 tundi 00 minutit	−18	7 tundi 00 minutit
parafiinitud karpides		7 tundi 00 minutit		8 tundi 00 minutit
Õhkkiirkülmutites kuni $t_l = -15°C$				
vormides	−23	6 tundi 00 minutit	−28	7 tundi 00 minutit
parafiinitud karpides		7 tundi 00 minutit		8 tundi 00 minutit
Jää-soola segus kuni $t_l = -10°C$	−15	14 tundi 00 minutit	−15	16 tundi 00 minutit

20 mm paksune filee külmub kartongkarbis ligikaudu 25 minuti, 50 mm paksune filee 100 minuti jooksul. Filee külmutuskestuse sõltuvus briketi paksusest on näidatud joonisel 127.



Joon. 127. Filee külmutamise kestuse sõltuvus briketi paksusest.

Otstarbekas külmutatava filee paksus on 40 ... 50 mm. Soolalahuse ($CaCl_2$) temperatuur plaatkülmutites tuleb hoida −28° C juures, külmutusagendi auramistemperatuur aga mitte üle −33° C.

Filee külmutuskestus sõltub põhiliselt fileekihi paksusest, külmutusviisist ja -režiimist. Tootmispraktikas kasutatakse kindlaid ajanorme 40 ja 50 mm paksuste fileebrikettide külmutamisel. Need normid on toodud tabelis 33.

Tuleb arvestada seda, et külmutamisel filee maht suureneb 5 ... 6% võrreldes algmahuga, sest külmudes suureneb vee maht ligikaudu 9% võrra.

Kui filee enne külmutamist oli pakitud ilma varuta, pinguli paberisse, siis võib külmutusprotsessis filee mahu suurenemise tagajärjel paber katkeda. Kui paberisse pakkimisel jätta teatav varu, siis paber ei katke filee külmutusprotsessis, vaid ümbris tõmbub pinguli ja õhuruum ümbrises või kartongkarbis kaob.

Kuna vesi ei külmu kalas otsekohe, siis filee maht suureneb kogu külmutusprotsessi vältel. Seda peab arvestama plaatkülmuti konstruktsioon, plaatidel peab olema võimalus pidevalt nihkuda vastavalt filee mahu suurenemisele.

Pärast külmutamist tuleb metallvormidest väljavõetud fileebriketid või parafiinitud karpides külmutatud filee pakkida kohe

standardsesse kasttaarasse ja saata külmutushoonesse säilitamiseks sellel temperatuuril, milleni filee oli külmutatud. Pikaajaliseks säilitamiseks soovitatakse fileed külmutada −18... −20° C-ni.

Allpool on toodud põhiliste NSV Liidu fileetööstusse suunatavate tööndusliike kalade — tursklaste ja soomkalade filee valmistamise tehnoloogilised skeemid. Tursklased, nagu soomkaladki, saabuvad fileetööstusse kas terve kalana või osaliselt roogituna. Viimane asjaolu on seletatav sellega, et traalpüügitursk lahatakse kohe pärast püüki vahetult laevatekil: roogitakse ja eraldatakse pea.

TERVEST KALAST (TURSKLASTEST) KÜLMUTATUD FILEE VALMISTAMISE TEHNOLOOGILINE SKEEM

Tervetest tursklastest külmutatud filee valmistamise tehnoloogia koosneb järgmistest üksteisele järgnevatest operatsioonidest.

Kalade lossimine → sorteerimine ja pesemine → kaalumine → rookimine → fileerimine → filee puhastamine → filee pesemine ja kinnistamine → fassimine → külmutusaparaadi täitmine → filee külmutamine → külmutusaparaadi tühjendamine → filee asetamine kasttaarasse → pakkimine → valmistoote kaalumine ja markeerimine → valmistoote säilitamine külmutuskambrites → valmisfilee ärasaatmine isotermilises transpordivahendis.

Traaleril roogitud peata tursast filee valmistamise tehnoloogiline protsess loomulikult muutub mõnevõrra. Arvestades suurt tähtsust, mis just sellel protsessil on Murmanski kalatööstusettevõtetes, samuti ka tursklaste erikaalu tõusu üldises kalapüügis, vaadeldakse traaleril eelnevalt lahatud tursast filee valmistamise tehnoloogilise protsessi skeemi veidi üksikasjalikumalt. Skeem koosneb järgmistest fileetehases sooritatavatest operatsioonidest:

kalade lossimine traaleri trümmist → kalade pesemine → kaalumine → kalade etteandmine töölaudadele → fileerimine ja fileest õlaluude kõrvaldamine ning kõhuõõne mustast kelmest puhastamine → filee asetamine pannidele → filee etteandmine kontroll-lauale → filee koguseline arvestus → filee kinnistamine → filee kontrollimine (praakimine) ja vormimine → filee andmine külmutamiseks → külmutamine → filee asetamine kasttaarasse → pakkimine → valmistoote kaalumine ja markeerimine → valmistoote säilitamine külmutuskambrites → valmisfilee ärasaatmine isotermilises transpordivahendis tarbimisrajoonidesse.

Kalu lossitakse traaleri trümmist steelingutega. See lossimisseade koosneb šarniirsest lastipoomist, elektrivintsist, pidur-

kelgust, töökelgust ühes plokiga tõstetrossi jaoks ja kalatoobrist. Steeling tõstab ja teisaldab veose töökelguga poomi abil. Kuni kaldrennini ülestõstetud kalatoobri võib automaatselt ümber kallutada ja juhtida kala mööda renni ettenähtud tehnoloogiliste operatsioonide sooritamise kohale. Toober mahutab 350 ... 360 kg kala. Steelingu kogu töötsükkel kalade lossimisel traaleri trümmist, alates toobri täitmisest ja lõpetades tühja toobri tagasilaskumisega trümmi, kestab ümmarguselt 5 minutit.

Kala pestakse pesemismasinates ja kaalutakse punkrikaaludel. Töölaudade juurde antakse ta linttransportööriga. Üks tähtsamaid operatsioone — fileerimine, toimub fileerimismasina abil. Rida muid operatsioone, mis on seotud filee tehasesisese teisaldamisega, sooritatakse linttransportööride süsteemiga.

Tursa ja pikša fileerimisel moodustavad jäätmed ja kaod lahkamata kala kaalust: pead ja luud 29%, mittesöödavad jäätmed (soomused, põis) 8%, söödavad jäätmed (maks, mari ja niisk) 10%, määratlemata kaod 1,5%.

Kokku on jäätmeid ja kadusid 48,5%. Kui arvestada külmutuskadusid 0,2%, siis on filee väljatulek tervest kalast 51,3%.

Kui fileetootmisel on lähtetooraineks peata tursk, siis moodustab filee väljatulek 75% peata pooltoote kaalust.

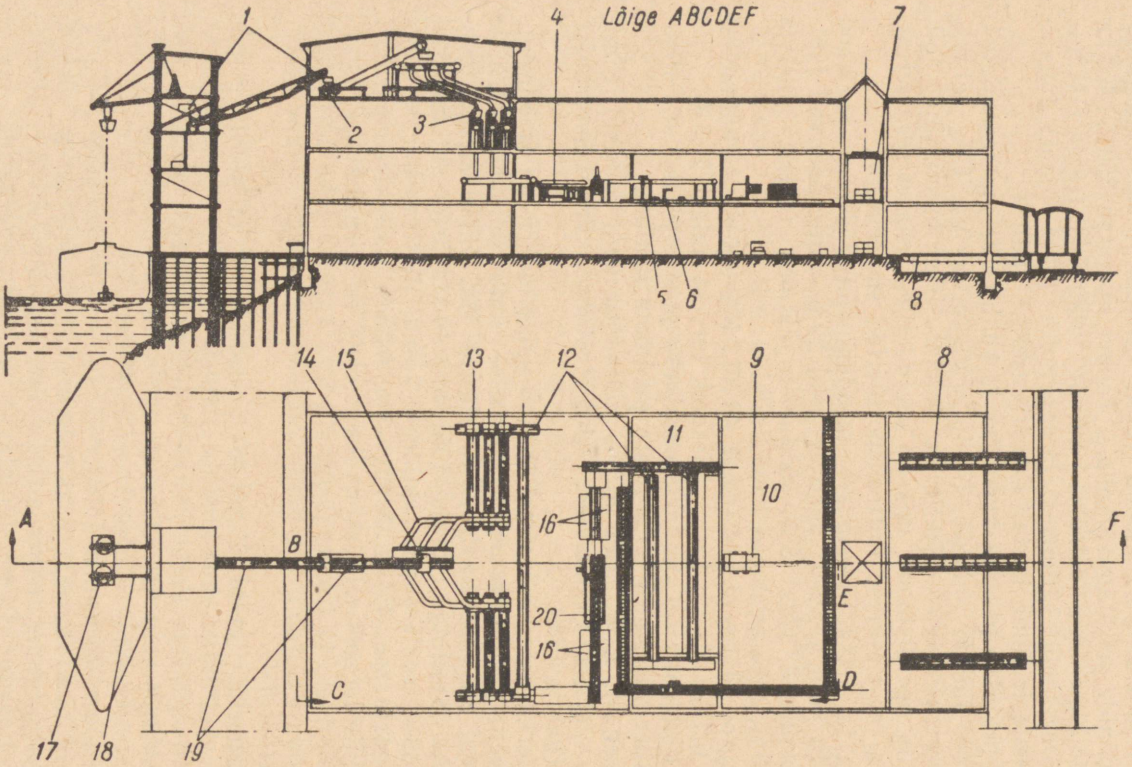
Insener M. I. Svitašev töötas välja Murmani ranniku tingimustele vastava tursklastest filee tootmise mehhaniseerimise skeemi (joonis 128).

Traaleri trümmist tõstetakse kala välja toobritega steelingute abil. Steelingu lastipoomil kaalutakse kala dünamomeetriliste kaaludega, mis automaatselt kirjutavad üles väljatõstetud toobrite arvu. Steelingu tornis tühjenduvad toobrid automaatselt punkritesse, sealt aga antakse kalad linttransportööridega pesemismasinasse. Edasi tuleb kala mööda kallaktransportööri kahelindilisele sorteerimiskonveierile, kus ta sorteeritakse kvaliteedi, mõõtmete ja liikide järgi, siit aga antakse juba sorteeritud kala mööda kaldrenni üle punkrikaalude servadega akumulaatortransportööridele.

Transportöörilindid liiguvad perioodiliselt olenevalt nende täitumisest. Punker-akumulaatorist tuleb kala linttransportöörile, kus ta fileeritakse. Pesemiseks ja kinnistamiseks antakse filee pesemis-kinnistamismasinasse, pärast seda ta kaalutakse jälle ja antakse linttransportööriga fassimisjaoskonda.

Filee lõigatakse portsjoniteks käsitsi fassimiskonveieril. Portsjoneeritud filee asetatakse metallvormidesse, kusjuures vormid, karbid ja pärgamentpaber antakse ette fassimiskonveieri ülemise lindiga. Fassitud filee suunatakse külmutusaparaatide juurde linttransportööri või etažeerkärudega.

Külmutatud filee jõuab pakkimisjaoskonda, kus ta vabastatakse vormidest ja sorteeritakse kvaliteedi järgi. Filee pakkimine



Joon. 128. Fileetootmise mehhaniseerimise skeem:

1 — vastuvõtupunker, *2* — pesemine dušiga, *3* — punkrikaalud, *4* — hüdrosoomitsemismasin, *5* — rullikkonveierid, *6* — kaalud, *7* — tõstuk, *8* — plaattransportöör vagunite laadimiseks, *9* — elektrilaadija, *10* — külmutatud filee ladu, *11* — külmutuskambrid, *12* — linttransportöör, *13* — puhvertransportöör, *14* — kahe lindiga sorteerimistransportöör, *15* — renn, *16* — lahkamislauad, *17* — toober, *18* — steelingu poom, *19* — servadega linttransportöör, *20* — pesemis-kinnitamismasin.

kastidesse toimub käsitsi rullikteedel. Seejärel lüüakse kastid kinni, kaalutakse üle ja markeeritakse. Kastid valmistootega asetatakse virnadesse ja elektrilaadija ning tõstuki abil lastakse alla alumisele korrusele ekspeditsiooniosakonda. Kastid laaditakse vagunitesse plaattransportööridega.

SOOMKALAST KÜLMUTATUD FILEE VALMISTAMISE PROTSESSI TEHNOLOOGILINE SKEEM

Soomkalast külmutatud filee valmistamise tehnoloogiline protsess koosneb järgmistest operatsioonidest.

Elektriga uimastamine → lossimine → sorteerimine kvaliteedi, liigi ja mõõtmete järgi → kaalumine → kala lahkamine (soomitsemine ja rookimine) → lahatud kala pesemine → fileerimine → filee puhastamine → filee koguseline arvestus → filee kinnistamine → filee kaalumine → filee töölaudadele andmine portsjoneerimiseks → filee lõikamine portsjoniteks → vormimine → kiire külmutamine külmutatud filee väljavõtmine vormidest → külmutatud filee sorteerimine ja praakimine → pakkimine, kaalumine ja markeerimine → valmistoote säilitamine külmutuskambrites valmisfilee ärasaatmine isotermilise transpordivahendiga tarbimisrajoonidesse.

Soomkala lahkamisel on kalafilee väljatulek: kohal 50...53% sasaanil 40...48%, sägal 42...46% ja latikal 49...54%.

Kalafilee väljatulek sõltub mitte ainult kalaliigist ja fileerimise viisist, vaid ka püütud kala seisukorrast, mistõttu jäätmete protsent lahkamata toorkalast on aastaaegade järgi erinev. Andmed jäätmete ja kadude kohta fileetootmisel (protsentides lahkamata toorkala kaalust), samuti ka tooraine kulu 1 ts valmistootele on toodud tabelis 34.

Tabelist 34 ja ka eespool tursafilee valmistamisel tekkivate jäätmete ja kadude kohta toodud andmetest nähtub, et kalade lahkamisel saab:

a) fileed; b) söödavaid jäätmeid, millest valmistatakse selliseid kõrgekvaliteedilisi tooteid nagu tuurlaste kalamarja (must), lõhilaste kalamarja (punane), soomkalamarja (koha, sasaani, latika jm.), niiska, tursamaksa; c) päid ja selgrooge; d) mittesöödavaid jäätmeid, kuhu kuuluvad mittesöödavad sisikonnad (soolestik, põis), soomused, uimed ja luud.

Kehtivate tehnoloogiliste juhendite kohaselt võetakse kalafilee valmistamiseks elus- või äsjasurnud täiesti värsket kala, seega on ka kalafileetööstuse jäätmed värsked. Sellisest kalast saadud mari on kõrge kvaliteediga. Soomkalade, välja arvatud koha ja säga, pumbid suunatakse soolatud sõelutud kalamarja valmistamiseks, koha pumbid soolatakse ja seda toodet nimetatakse g a l a g a n i k s. Soomkalade marja võib külmutada ja sel juhul

Tabel 34

Kala	Kvartal	Pea ja selgroog	Jäätmed		Määratlemata kaod	Kokku jäätmeid ja kadusid koos marja ja niisaga	Kaod filee külmutamisel	Valmisfilee väljatulek %	Tooraine kulu 1 ts valmistoote (filee) kohta kg
			mittesöödavad (soomused, sisikond koos ujupõiega)	söödavad (mari ja niisk)					
	I	37	8	2	0,8	47,8	0,2	52	148
	II	36	9	4	0,8	49,8	0,2	50	150
Koha	III	36	10	—	0,8	46,8	0,2	53	147
	IV	36	8	2	0,8	46,8	0,2	53	147
	II	38	12,5	8	1,0	59,5	0,2	40,3	159,7
Sasaan	III	37	13,5	—	1,0	51,5	0,2	48,3	151,7
	IV	38	13,5	3	1,0	55,5	0,2	44,3	155,7
	I	32,5	11,5	2	1,0	47	0,2	52,8	147,2
	II	33,5	11,5	5	1,0	51	0,2	48,8	151,2
Latikas	III	31,5	12,5	—	1,0	45	0,2	54,8	145,2
	IV	33,0	11,0	2	1,0	47	0,2	52,8	147,2
	II	40,5	9,0	7,0*	1,0	57,5	0,2	42,3	157,7
Säga	III	38,0	8,0	6,5*	1,0	53,5	0,2	46,3	153,7
	IV	38,0	8,0	6,5*	1,0	53,5	0,2	46,3	153,7

* Peale marja ja niisa on söödavate jäätmete hulka arvatud ka kala nahk.

fassitakse pumbid või sõelutud kalamari kartongkarpidesse või asetatakse metallvormidesse. Tursamaks läheb delikatesstoodete — konservide valmistamiseks; tursamaksast valmistatakse ka meditsiinilist kalarasva ja vitamiinipreparaate.

Peamisteks jäätmeteks kala fileerimisel on pea ja selgroog, mis moodustavad nagu nähtub arvulistest andmetest, tursal 29%, kohal 36...37%, sasaanil 37...38%, latikal 31,5...33%, sägal 38...40,5%. Pead ja sabad suunatakse tavaliselt tehniliste toodete — kalajahu ja -rasva — valmistamiseks. Kalajahul on loomade ja lindude jaoks väärtuslikud söödaomadused.

Mittesöödavaid jäätmeid — soolestik, ujupõis, soomused, uimed ja luud — kasutatakse kombineeritud tootmise tingimustes täiendavate toodete valmistamiseks. Koha, latika, vobla ja mõnede muude kalade soolestik sisaldab suurel hulgal rasva ja võrdlemisi vähe valku. Sellist soolestikku kasutatakse tehnilise rasva sulatamiseks. Madalamat sorti kalarasva kasutatakse nahatööstuses nahkade töötlemisel ja seebitööstuses seebikeetmi-

sel. Tehnilist kalarasva tarvitatakse määrdeainena, värnitsa asendajana ja ka laki- ja värvitööstuses.

Ujupõiest valmistatakse liimi, mõnel juhul aga ka söögi- ja tehnilist želatiini. Suurel hulgal sisaldavad liimainet soomused, millest nagu ujupõiestki saadakse kalaliimi, tehnilist ja söögiželatiini. Ainult jääki, mis jääb liimikeetmisel soomustest, kasutatakse kalajahu valmistamiseks.

Eriti väärtuslikud on hõbejate kalade soomused, mis sisaldavad guaniinikristalle, millest valmistatakse pärlmutrilakke. Pärlmutrilakke kasutatakse omakorda tehispärlite valmistamiseks kaelakeede, helmete jms. jaoks.

Soomkalade luud ja uimed sisaldavad palju tuhkainet, peamiselt kaltsiumfosfaati ja neid kasutatakse söödakalajahu valmistamiseks.

* * *

Suurimateks kalafilee tootmise ettevõteteks NSV Liidus on fileetehased Astrahani ja Murmanski kalakombinaatides. Astrahani fileetehas, mille tootlikkus on 50 t külmutatud fileed ööpäevas, lasti käiku 1935. a. Sellele eelnes fileetootmise tehnoloogilise protsessi katseline väljatöötamine G. V. Plehhanovi nimelise Rahvamajanduse Instituudi külmutuslaboratooriumis 1931. aastal.

Samal aastal rakendati esimesena NSV Liidus Astrahanis katseline seade külmutatud kalafilee tootmiseks.

Murmanski fileetehas võeti ekspluatatsiooni 1936. aastal. Kõrvuti rannas asuvate fileetehastega on NSV Liidu kalatööstuse valduses praegu palju kalafileeseadmeid laevadel (BMRT-tüüpi külmutustraaleritel).

Kalade ja kalasaaduste külmaga töötlemist tuleb pidevalt täiustada; külmutusprotsesside režiime tuleb täpsustada uusimate tehnoloogiliste uuringute põhjal. Väga mitmesugustest külmaga töötlemise viisidest tuleb igal konkreetsel juhul välja valida kõige efektiivsem, mis kindlustab esijoones valmistoote kõrge kvaliteedi. Seda on vaja mitte ainult selleks, et kalatööstuse arenedes ilmuvad ka uued külmaga konserveerimise objektid, vaid ka sellepärast, et toorkala täielikum ärakasutamine ja tema kõrgekvaliteediliste töötlemissaaduste sortimendi laiendamine avardab suurel määral külmaga konserveerimise võimalusi.

Toorkala looduslike omaduste täielikuma ärakasutamise seisukohalt on käesoleval ajal väga suur tähtsus kalakonserveerimise tehnoloogia uuel valdkonnal — külmutatud kulinaar- ja delikatesskalatoodete valmistamise tehnoloogial. Eriti tähtsateks objektideks nimetatud tehnoloogia valdkonnale on sellised massiliselt püütavad kalad nagu tursk ja väikesed heeringlased: kilu, hamsa, räim, väike heeringas ja tülka. Praegu valmistatakse väikestest heeringlastest vaid üksikuid tarbijale vastuvõetavaid tooteid

(vürtsidega soolatud karbikilu, konservid õlis ja tomatis), samal ajal aga põhiline osa väikeste heeringlaste püügist lihtsalt soolatakse.

Värske kilu ja hamsa külmutamine ei ole alati edukas, sest järgneval külmsäilitamisel täheldatakse nende kalade rasva kiiret hapendumist, nende mao ja sooletrakti fermentide eriline aktiivsus aga põhjustab õrnade ja õhukeste kõhuseinte kiiret seedumist ja kala katkemist; kalade ülessulatamisel kasvab kõhukatkisuse arv kiiresti.

Katsed näitasid, et eelnevalt fassitud kalade (kilu, hamsa, räim, väike heeringas) kuumsuitsutamise ja külmutamise protsesside järjestikune sooritamine ning ka külmutatud farši (pallid, frikadellid) valmistamine tursast võimaldab välja lasta kõrgekvaliteediliste kalasaaduste uue massilise sortimendi. Külmutatud kulinaartoodete valmistamisel töödeldakse kala enne külmutamist termiliselt ja tavaliselt sellise termilise režiimi juures, kus muutub valgukudede kolloidsüsteem, rasvasel kalal aga peale selle lagunevad rasva hapendavad fermendid. Seoses sellega ei teki selliste toodete külmutamisel enam kudede struktuuris tunduvaid muutusi, mis tekivad värskes tootes tavalisel kalade külmutamisel. Külmsäilitamisel ja heas pakendis aga säilivad külmutatud kulinaartooted palju paremini kui kvaliteedi ja omaduste poolest nendele vastav toores kala.

Omal ajal kõige täiuslikuma kalade külmaga töötlemise toote — jahutatud ja külmutatud filee — ilmumine oli tingitud spetsiaalse aparatuuri loomisest protsessi läbiviimiseks ja sellele tootele vastavate pakkematerjalide kasutamisest. Analoogiliselt sellega on külmutatud kulinaar- ja delikatesskalatoodete valmistamine lahutamatult seotud uute tehnoloogiliste seadmete ja pakkematerjalide liikide loomisega.

VII PEATÜKK

JAHUTATUD JA KÜLMUTATUD KALA SÄILITAMINE

Ümbritseva keskkonna tavalistes tingimustes kaotab püütud kala kiiresti värskuse ja hiljem ka toiteväärtuse; kohe pärast väljapüüdmist algavad kalas pidevalt kulgevad surmajärgsed muutused, mis ei soodusta kala toiteväärtuse säilimist.

Külmaga töötlemisega — jahutamise ja külmutamisega — saavutatakse nimetatud muutuste hoopis teine iseloom. Kala omandab nende protsesside tagajärjel uued omadused (kudede madal temperatuur, jääkristallide tekkimine kudedes). Ümbritseva keskkonna mitteharilikes tingimustes (tehislikult loodav ja hoitav temperatuur ja õhuniiskus) kaotab kala värskuse väga aeglaselt ja säilitab toiteväärtuse pikemat aega, sest surmajärgsed muutused tekivad ja kulgevad kalas sel juhul suure hilinemisega. Kuid surmajärgsed muutused ei lakka kalas kunagi täielikult, neid saab ainult võimaliku piirini pidurdada, kui hoida toiduainet ümbritseva keskkonna optimaalsetes tingimustes.

Toiduainete külmaga säilitamise tehnoloogia põhiliseks ülesandeks on säilitusrežiimide ja lubatavate säilitustähtaegade määramine toiduaine muutuste iseloomu ja ümbritseva keskkonna tingimuste vahelise seose alusel säilitamisprotsessis.

Käesolevas peatükis käsitletakse muutusi jahutatud ja külmutatud kalas tema säilitamisprotsessis, põhilisi tegureid, mis määravad kalasaaduste säilitamise optimaalsed tingimused, ning kala ja kalasaaduste säilitamise kestust ja tehnikat.

MUUTUSED KALAS SÄILITAMISPROTSESSI VÄLTEL

Jahutatud ja külmutatud kalade ja kalasaaduste säilitamisega kaasnevad nende mikrobioloogilised, histoloogilised ja füüsikalis-keemilised muutused. Need muutused on vastastikku seotud ja nende tagajärjeks on liitainete lagunemine lihtsamateks ühenditeks, histoloogilised muundused ja säilitatava toiduaine kaalu vähenemine.

Muutused jahutatud kalas. Jahutamisel alaneb kala temperatuur kuni krüoskoopilise punktini või sellest veidi kõrgemale, harilikult kuni −1 ... +2° C.

Kuid sellel temperatuuril nagu eespool märgitud, biokeemilised protsessid ei lakka ja on võimalik mikroorganismide areng. Temperatuuri toime bakterite kasvule on näha tabeli 35 andmetest.

Temperatuuri tõusmisel kasvab bakterite arv tunduvalt juba toiduaine esimestel säilitamispäevadel. Tabelist 35 nähtub, et bakterite kasv 0° C juures toimub peaaegu neli korda aeglasemalt kui 2,2° C juures.

Tabel 35

Säilitamispäevade arv	Bakterite arv tõmmise 1 cm^3-s temperatuuril °C			
	−1,1	0	+1,1	+2,2
0	225	225	225	225
4	360	1480	2100	3900
8	965	6000	7750	24200

Seega mikrobioloogilistel muutustel on jahutatud kala säilitamisel väga oluline tähtsus, nad on peamiseks põhjuseks, mis piirab nende toodete säilitamiskestust. Lima tekkimine kalal ja lõhna ilmumine lõpustes on mikroorganismide elutegevuse väljenduseks. Kuid kõik mikroorganismide eluavaldused on tihedas sõltuvuses neid ümbritseva keskkonna füüsikalis-keemilistest tingimustest.

Jahutatud kala säilitamisel toimuvad temas ka lihaskoe, naha ja soolestiku histoloogilised muutused. Ahvena säilitamisel temperatuuril kuni 5° C oli kala pärast 4-päevast säilitamist histoloogilises suhtes samasuguses seisukorras kui pärast 2,5-päevast säilitamist harilikul temperatuuril. Jahutusprotsess ise ei põhjusta nimetamisväärseid olulisi muutusi toiduaine ehituses ja sellepärast on jahutatud kala oma kvaliteedi poolest kõige lähemal värskele töötlemata kalale.

Biokeemilised ja füüsikalis-keemilised muutused jahutatud kalas selle säilitamisel kuuluvad põhiliselt selliste nähtuste hulka, nagu lagunemisproduktide kogunemine seoses piimhappe tekkimisega glükogeenist ja säilitatava kala kaalu vähenemine.

Glükolüüsi kiirendamises on suur tähtsus fermentidel. Jahutatud kala säilitamisel etendavad suurt osa fermentatiivsed protsessid, mis jahutatud toodetes ilmnevad palju suuremal määral kui külmutatud toodetes. Siin on kohane märkida, et mõnedel juhtudel, näiteks loomaliha valmimisel, on need protsessid soo-

vitavad, kuna ainult valminud lihal on head maitseomadused, kalade puhul aga, vastupidi, ei ole autolüüs hoopiski soovitav.

Kala kaalu vähenemine (kuivamine) säilitamisel on tingitud peamiselt niiskuse auramisest kala pealispinnalt ja sõltub koguseliselt paljudest teguritest (toote geomeetrilisest kujust ja koostisest, pakendist, säilitamistemperatuurist, suhtelisest niiskusest jne.). Niiskuse auramine säilitamisel toob endaga kaasa kala keemilise koostise muutumise ja mõjutab kalas kulgevaid biokeemilisi protsesse, sest sealjuures väheneb lahusti hulk kalas.

Muutused külmutatud kalas. Külmutusprotsessis muutuvad olulisel määral toiduainete esialgsed omadused, mis peamiselt on seotud nendes sisalduva vee agregaatoleku muundumisega. Säilitamise edu sõltub mitte ainult säilitamistingimustest, vaid ka külmutusviisist ja -režiimist. Kõik muutuste liigid külmutatud kalas aeglustuvad tugevasti, kuid ei lakka täielikult. Nende muutuste suund säilitamisprotsessis on põhiliselt sama mis jahutatud kala säilitamisel: liitainete lagunemine koos lihtsamate ühendite tekkimisega, toote värvuse, histoloogilise ehituse ja kaalu muutumine.

Mikrobioloogilised muutused külmutatud kalas säilitamise ajal külmas õhus on väikesed ja neil ei ole sellist tähtsust nagu jahutatud kala säilitamisel, kui muidugi keskkonna temperatuur, milles külmutatud kala säilitatakse, on küllalt madal. See on seletatav sellega, et mikroorganismide arenemine lakkab temperatuuril $-12°C$ ja madalamal. Peale selle jäävad mikroorganismid külmutatud kalas ilma nende eluks vajalikust niiskusest.

Kuid tuleb arvestada seda, et mikroorganismid taluvad madalat temperatuuri paremini kui kõrget. Mikrobioloogilistele muutustele avaldab mõju toiduaine esialgse nakatuse aste ja väliskeskkonna seisukord (õhu saastatus mikroorganismidest, niiskus jne.). Soodsates säilitamistingimustes väheneb säilitamisperioodil bakterite hulk; ebasoodsates säilitamistingimustes tekib kalale hallitus.

Külmutatud kala säilitamisel toimuvad tema kudedes mõningad histoloogilised muutused. Sõltuvalt külmutusviisist ja -režiimist saavutatakse toiduaines teatud struktuur. See koestruktuur ei jää muutumatuks, eriti temperatuuri kõikumisel säilitamiskambris. Suurest soojuse juurdevoolust tingitud säilitamiskambri temperatuuri tõus põhjustab osa jääkristallide sulamise kudedes. Järgneval temperatuuri langemisel kambris, kui sulamisel tekkinud vesi jälle külmub, ei moodustu üksikud ärasulanud kristallid uuesti, vaid säilinud suuremad kristallid kasvavad suuremaks. Selline ümberkujundus muudab väikeste ja suurte kristallide arvu suhet kudedes viimaste kasuks.

Uuringud kristallide suuruse muutumise kohta kudedes näitasid, et mida kestvam on külmutatud kala säilitamine, seda suurem on kristallide kasv. See nähtub tabeli 36 andmetest.

Tabel 36

Kristallide suurus pärast kala külmutamist, μ	Külmutatud kala säilitamiskestus päevades temperatuuril −5,6° C	Kristallide suurus pärast näidatud säilitamiskestust, μ	Kristallide kasv %
106	1	147	39
88	2	128	45
104	7	160	54
110	14	183	66
94	30	207	111

Pärast 30-päevast säilitamist keskmiselt umbes −5,6° C temperatuuril suurenesid kristallide mõõtmed kahekordseks, säilitamisel −14,4° C temperatuuril aga 25% võrra esialgsest suurusest. Seega on kristallide kasv madalal säilitamistemperatuuril väiksem kui kõrgema temperatuuri korral.

Järelikult temperatuuri kõikumine keskkonnas, milles külmutatud kala säilitatakse, halvendab kala koestruktuuri süstemaatiliselt, kuid selle halvenemise aste sõltub säilitamistemperatuurist.

Külmutatud kala säilitamisel toimub rida füüsikalis-keemilisi muutusi, mis sõltuvalt külmutamis- ja säilitamistingimustest võivad suuremal või vähemal määral olla pöörduvad. Toiduaine keemiline koostis muutub säilitamisprotsessis mitmesuguste tegurite: fermentide, hapendumise, hüdrolüüsi ja kolloidse iseloomuga muutuste toimel. Külmutatud kala lühiajalisel säilitamisel on keemilised muutused väga väikesed ja neid ei saa avastada tavalise analüüsiga.

Olgugi, et fermentatiivsete protsesside intensiivsus sõltub suurel määral temperatuurist, jätkuvad nad isegi küllalt madalal temperatuuril. Kala pikaajalisel säilitamisel kulgeb õhuhapniku toimel hapendumisprotsess, mida stimuleerivad hapenduvad fermendid, kõrgendatud säilitamistemperatuur ja suur hulk hapnikku, mis puutub kokku kalaga. Sel protsessil on kala säilitamisel oluline tähtsus, kuna palju küllastamata rasvhappeid sisaldavad toiduained hapenduvad kergesti. See avaldub maitse halvenemises, värvuse muutumises ning ebameeldiva lõhna tekkimises.

Produkti pikaajalisel säilitamisel astuvad rasvad aeglasesse reaktsiooni veega ja moodustavad glütseriini ning rasvhappeid. Hüdrolüüsiga kaasneb hapendumine, mille tagajärjel rasv omandab kibeda maitse.

Nimetatud keemiliste muutuste tõttu on rasvaste kalade, eriti heeringlaste ja makrelllaste säilitamine keerukas protsess. Ooke-

aniheeringa (Atlandi ookean, Kaug-Ida mered) ja selliste kalade, nagu kilu, tülka, hamsa ja räime püügi suurenemine tõstab tunduvalt rasvaste kalade osa külmaga säilitatavate toodete üldkoguses. Nende kalade jà ka makrelllaste rasva iseloomustab küllastumata rasvhapete sisaldus, mis ei hangu väga madalas temperatuuris. See rasv asetseb kohe naha all lihakihis piki kala küljejoont, mida läbistab rohkesti veresooni. See asjaolu vihjab rasva väga väikesele vastupidavusele kalade säilitamisel ja sellepärast isegi kala säilitamistemperatuuril −30° C hüdrolüüsi- ja kibedaks muutumise protsessid küll aeglustuvad, kuid ei lakka siiski täiesti. Järelikult peab rasvaste kalade külmsäilitamisel arvestama neid olulisi iseärasusi.

Rasva atmosfääriline hapendumine kulgeb keerukate reaktsioonide näol, kus hapnik pidevalt ühineb küllastamata hapete — oleiin-, linoleen- ja linoolhappe glütseriididega. Laguproduktideks, mis säilitamisel tekivad ja põhjustavad naturaalrasvade maitse ja aroomi muutuse, on ülihapendid. Katsed näitavad, et efektiivseteks abinõudeks rasvase kala (näit. heeringa) rasva hapendumise ja muu ebasoovitava muutumise vältimiseks kala säilitamisel on toorkala värskuse säilitamine, kiire külmutamine, optimaalne temperatuur jt.

T o o r k a l a v ä r s k u s e s ä i l i t a m i n e. Heeringas tuleb kohe pärast püüdmist suunata külmutamisele, sest autolüüsi, kui see juba algab, on väga raske pidurdada isegi madalal säilitamistemperatuuril. Äsjapüütud heeringat on lubatud säilitada enne külmutamist mitte üle 12...18 tunni ja sealjuures tingimata jääs.

K i i r e k ü l m u t a m i n e. Külmutuskestus ja sellega seotud külmumiskiirus määrab külmutatud kala struktuuri ja järelikult toote kvaliteedi. Katsed näitavad, et külmutatud heeringa saamiseks, mida võib säilitada mitu kuud −20 ja −30° C juures, tuleb külmutusprotsessi juhtida nii, et temperatuur kala keskel alaneks 0-st kuni −5° C-ni mitte kauem kui 120 minuti jooksul.

Praktilistes tingimustes on üsna raske kindlaks teha, kus lõpeb külmutusprotsessi kestuse toime ja kus algab säilitamistemperatuuri toime, kuid vaatlused näitavad, et vahe erisuguste külmutuskiirustega külmutatud kalapartiide kvaliteedi vahel muutub seda selgemaks, mida kauem heeringat säilitatakse. See vahe ei ole mõne säilitamispäeva jooksul veel märgatav, kuid mõne kuu pärast ilmneb täiesti selgesti.

O p t i m a a l n e s ä i l i t a m i s t e m p e r a t u u r. Säilitamistemperatuuri toime määramiseks säilitati külmutatud ja glasuuritud heeringa katseeksemplare mitme kuu kestel −20 ja −30° C juures. Teatud aja järel sulatati üles prooviheeringad, mis säilitati nimetatud temperatuuris, töödeldi teistkordselt (kip-

persiks) ja määrati valmistoote sordilisus vastavalt standardi nõuetele. Katsetega tehti kindlaks, et külmutatud heeringa säilitamine −30° C juures 24 nädala kestel praktiliselt ei avaldanud mõju heeringa kõlblikkusele kippersi tootmiseks. Heeringa säilitamine −20° C juures alandas tema kõlblikkust kippersi tootmiseks: isegi pärast kaheksanädalast säilitamist esimest sorti valmistoote saagis alanes 90%-lt 70 . . . 80%-ni, kusjuures alanemine oli suurem aeglaselt külmutatud heeringal (õhukeskkonnas $t_õ = -30°$ C). Soolvees külmutatud heeringad andsid parimaid tulemusi.

Kaitsekesta kasutamine, mis hoiab ära õhu vahetu toime säilitatavale toiduainele. Kaitsevahenditeks võivad olla inertsgaasid (CO_2, N_2) või jääkooruke (glasuur), mis mõlemad hoiavad ära kalarasva hapendumise kalade säilitamisel. Kuid isegi hapniku nõrk kontsentratsioon gaasikeskkonnas võib esile kutsuda rasva hapendumise. Tavaline glasuur on kindlaks kaitseks rasvale õhuhapniku toime eest selle tõttu, et õhuhapnik praktiliselt jääd ei läbi. Ka on jää kindlaks vahendiks kala kuivamiskao vältimisel.

Katsed näitavad, et glasuur aeglustab suurel määral ülihapendite juurdekasvu ja pikendab kalade võimalikku säilitamiskestust ilma kibedaks minekuta, kuid glasuuri tuleb uuendada, sest kala säilitamisel −20° C juures kaob (aurub) 0,5 mm paksune glasuur kuivamise tõttu ligikaudu kuu aja jooksul. Hästi glasuuritud heeringas võib säilida ilma maitseomaduste muutumiseta −20° C juures kuni 3 kuud ja −30° C juures kuni 6 kuud. Kõige paremaid tulemusi saadakse glasuuritud heeringa säilitamisel peenestatud jääs, kus ei toimu glasuuri auramist.

Kalade pikaajalise säilitamise jooksul toimub mitmesuguste tegurite mõjul, mille tegevust võib küll ette teada, kuid mitte täielikult vältida, valkainete füüsikaliste ja keemiliste omaduste muutumine, mida nimetatakse valgu denatureerumiseks.

Valgu denatureerumine on sügav pöördumatu protsess, mis põhjustab valkude kolloidstruktuuri ja keemilise ehituse muundumise.

On kindlaks tehtud, et pöördumatud muutused valgulahustes algavad kiiremini kõrgendatud säilitamistemperatuuril, osa valku kaotab jäädavalt oma esialgsed omadused, mis ei taastu toote ülessulatamisel. Toome näitena järgmise katse. Neli ühesugust lihaproovi külmutati −20° C juures ja säilitati erisugustel temperatuuridel. Pärast nende proovide ülessulatamist oli igast tükist väljajooksnud lihamahla kogus:

säilitamistemperatuur, °C	−1,2	−1,5	−3,0	−19
lihamahla kadu, %	18,3	17,1	9,8	3,2

Külmutatud kala säilitamisel sõltub valgu denatureerumine säilitamistemperatuurist ja -kestusest — denatureerumine vähe-

neb koos säilitamistemperatuuri langusega. Denatureerunud valgu kogus suureneb koos säilitamiskestusega, kusjuures suurim denatureerumine toimub esimesel säilitamisperioodil. Hiidlesta katselisel säilitamisel temperatuuril −2,2° C tehti kindlaks, et suurem osa valke muundub esimese 14 ööpäeva kestel; edaspidisel säilitamisel denatureerumine jätkub ja 70 ööpäevaga denatureerub 24% kogu valgukogusest. Hiidlesta säilitamisel −20° C temperatuuril 84 ööpäeva kestel denatureerub ainult 3% valgust.

KALA KAALU MUUTUMINE SÄILITAMISEL

Peamisteks füüsikalisteks muutusteks külmutatud kala säilitamisel on värvuse ja eriti kaalu muutumine (kuivamiskadu).

Kala värvus võib muutuda seoses bioloogiliste, histoloogiliste ja keemiliste protsessidega. Kala kehaosade punane värvus muutub mõningate mikroobiliikide olemasolu tagajärjel, mis arenevad madala temperatuuri juures. Säilitamisel värvained lagunevad. Rekristalliseerumine kala kehas, eriti säilitamistemperatuuri kõikumisel, võib olla samuti värvuse muutumise põhjuseks erisuguste suurustega kristallide optilise murdumise tagajärjel.

Eespool on juba märgitud, et külmutatud kala säilitamisel muutub õhuhapniku toimel rasva koostis. Kõrge niiskuse sisalduse tõttu see toime suureneb, mis kutsub esile aromaatsete ainete ja nahapigmentide (värvainete) muutumise. Järelikult avaldub rasva riknemine mitte ainult maitse (kibedaksminek) ja lõhna muutumises, vaid ka värvuse muutumises (rooste). Kuna rasva muutumist põhjustab õhuhapnik, siis toimub see eriti intensiivselt kaladel, kellel rasvaladestus on otse naha all (heeringad, lõhilased jm.).

Värvuse muutumine on teataval määral seotud ka kuivamiskaoga, sest et olenevalt niiskuse auramisest toiduaine pealispinnalt kontsentreerub värvaine just pealiskihtidesse.

Säilitamisprotsessis tekib kaalukadu (kuivamiskadu). Kuivamiskao põhjus ja suurus on tingitud vahest, mis on produkti kohal asuva õhu niiskusesisalduse ja selle kambri õhu niiskusesisalduse vahel, kus produkti säilitatakse. Kuid kuivamiskadu, eriti pikaajalisel säilitamisel, ei põhjusta ainult kaalu vähenemist, vaid ka kvaliteedi olulist langust, nii et toiduaine omastatavus organismi poolt halveneb, samuti maitse ja välimus.

Kuivamiskao suurus sõltub toiduaine liigist ja seisukorrast ning säilitamiskeskkonna seisukorrast. Kuivamiskao suurus sõltub näiteks toiduaine keemilisest koostisest, sest toiduaines sisalduva niiskusekoguse ja kuivamiskao suuruse vahel on otsene sõltuvus. Kuivamiskao suurus on erinev mitte ainult erinevatel kalaliikidel, vaid ka üht ja sama liiki kaladel, kui üksikud

eksemplarid erinevad kaalult. Ilmselt on kuivamiskadu seda suurem, mida suurem on toote eripind.

Teoreetiliselt on kaalu muutumist vältivaks tingimuseks toote tasakaalustatud seisukord, kui puudub massi- ja energiavahetus ümbritseva keskkonnaga.

Tegelikke tingimusi iseloomustab alati vahe kala pealispinna kohal oleva veeauru rõhu ja külmutuskambris kala ümbritsevas õhukeskkonnas oleva auru osarõhu vahel.

Veeauru rõhu vahe põhjustab niiskuse auramist kala pealispinnalt, kusjuures tekkivad veeaurud omastab kambri niiskusest küllastamata õhk. Teiste sõnadega, veeauru rõhu vahe kutsub esile veeauru välise difusiooni. Agregaatoleku muutumine nõuab soojuskulu ja sellepärast niiskuse auramise intensiivsus sõltub soojuse juurdevoolust väljastpoolt. Niiskuse auramine kala pealispinnalt põhjustab omakord kala kehas niiskuse kontsentratsiooni gradiendi tekkimise ja järelikult niiskuse ümberpaiknemise kala keskmistest kihtidest tema pealispinna poole. Niiskuse ümberpaiknemist kalas vedelas või gaasilises olekus nimetatakse sisemiseks difusiooniks.

Välimine ja sisemine difusioon kulgevad üheaegselt, kuid teine kutsub esile esimese.

Sisemine difusioon kulgeb seda intensiivsemalt, mida suurem on niiskuse kontsentratsioonide vahe kala osades. Difusiooni kiirusele avaldavad mõju kalaliha keemiline koostis, histoloogiline ehitus ja kala temperatuur; suhteline niiskus ja õhu liikumise kiirus difusioonile olulist mõju ei avalda.

Välise difusiooni kiirust mõjutavad temperatuur, suhteline niiskus ja ümbritseva õhukeskkonna liikumise kiirus.

Niiskelt pinnalt aurava niiskusekoguse normaalse atmosfäärilise rõhu juures võib määrata Daltoni seaduse järgi järgmise võrrandi abil:

$$G_n = \beta (h_\omega - h) F \text{ kg/h}$$

kus h_ω — veeauru osarõhk õhu piirkihis toote pealispinnal, mm Hg,
h — veeauru osarõhk õhus, mm Hg,
β — õhu liikumise kiirusest sõltuv võrdetegur, mm Hg,
F — pind, m².

Auru osarõhk h on seotud niiskusesisaldusega x järgmise sõltuvusega:

$$h = \frac{xB}{x+0{,}622},$$

kus B — baromeetriline rõhk, mm Hg.

Viimane sõltuvus näitab, et püsiva baromeetrilise rõhu B ja suuruse x puhul, mis on võrreldes arvuga 0,622 väga väike, on

auru osarõhk õhus tema niiskusesisalduse samaväärseks ja peaaegu lineaarseks funktsiooniks. See asjaolu lubab asendada osarõhkude vahet niiskusesisalduste vahega, kuid seejuures muutub ka võrdetegur, mille uut väärtust nimetatakse auramisteguriks.

Siis võib niiskelt pinnalt aurava niiskuse koguse määramiseks samadel tingimustel kirjutada järgmise valemi:

$$G_n = \sigma((x_\omega - x)F \text{ kg/h}$$

kus: σ — auramistegur, kg/m²h,
x_ω — õhu niiskusesisaldus õhu piirkihis toote pealispinnal 1 kg kuiva õhu kohta, kg,
x — kambri õhu niiskusesisaldus 1 kg kuiva õhu kohta, kg.

Kui toote kaalu tähiseks võtta G, siis kaalukadu, väljendatud protsentides toote kaalust G, on 2 tunni jooksul võrdne:

$$g = \frac{G_n Z}{G} 100 = 100\sigma \frac{F}{G} (x_\omega - x)Z\%.$$

Toodud valemid ja ka külmutuskambrites säilitatava produkti vahetud vaatlused näitavad, et kaalukadu sõltub väga paljudest põhjustest. Antud produkti kao suurusele avaldavad mõju produkti seisukord, tema keemiline koostis, biokeemilised muutused tootes säilitamisprotsessi kestel, säilitatava toote pinna seisukord ja suurus, veose pakendi liik, asetusviis ja paigutuskoht külmutuskambris, temperatuur, niiskus ja õhu liikumise kiirus kambris, väliskaitse isolatsiooni kvaliteet, kambri suurus, aastaaeg, kambrisse soojuse juurdevoolu suurus ja toiduaine säilituskestus. Mida suurem on kala niiskusesisaldus, seda rohkem niiskust võib temast välja aurata; sellepärast on kuivamiskadu lahjadel kaladel suhteliselt suurem kui rasvastel kaladel. Mida suurem on kala erikaal, seda vähem kaob niiskust. Üksikute kalade suurus ja nende konfiguratsioon määravad auramispinna suuruse.

Pakend võib toiduainet kaitsta auramise eest, isoleerides teda niiskusevahetusest ümbritseva õhuga, kui aga pakend on hügroskoopne, siis imab ta ise niiskust. Auramine toimub peamiselt kambrisse asetatud kaubamassi, näiteks virna, välispinnalt. Virna seesmiste kihtide auramine sõltub paigutustihedusest. Tiheda paigutuse, samuti virna üldmõõtmete suurenemisel toote kuivamiskadu väheneb. Temperatuuri- ja niiskusereŽiim kambris on tavaliselt ebaühtlane, eriti suvel, mil õhutemperatuuri vahe kambri eri tsoonides võib olla mitu kraadi. Igas tsoonis, mida iseloomustab oma režiim, on teistest tsoonidest erinev toote kuivamiskadu.

Pakkimata toote kaalukadu on umbkaudu võrdeline külmutus-

kambri absoluutse õhuniiskuse defitsiidiga. Mida madalam on temperatuur, seda väiksem on niiskuse defitsiit 1 m^3 õhu kohta ühe ja sama suhtelise niiskuse juures; näiteks ühe ja sama 95-% suhtelise õhuniiskuse ja erineva õhutemperatuuri juures võrdub defitsiit −12° C juures 0,12 g/m^3, −18° C juures ~0,07 g/m^3, s. o. peaaegu kaks korda väiksem; −20° C juures ~0,05 g/m^3.

Niisiis, mida madalam on säilitamistemperatuur, seda väiksem on toote kaalukadu. Säilitamistemperatuuri alanemisel kuni −18° C-ni on mikroorganismide arenemine kalal praktiliselt võimatu, mistõttu suhtelist õhuniiskust võib tõsta 95 . . . 100%-ni, see aga vähendab veelgi kaalukadu külmutatud kala säilitamisel.

Mitmesugused ja keerukad muutused kalas külmaga säilitamise ajal sõltuvad paljudest põhjustest ja mida täielikumalt neid põhjusi praktikas arvestatakse, seda paremini toiduained säilivad, seda vähem ja aeglasemalt kaovad kala ja kalasaaduste esialgsed omadused, seda pikem on nende säilitamisperiood.

Tegurite üldises kompleksis, mis määravad kala ja kalasaaduste külmaga säilitamise optimaalsed tingimused, tuleb erilist tähelepanu pöörata järgnevale: külmutatud kala glasuurimine vee ja antioksüdeerijate vesilahustega, kaitsekihi kujundamine külmutamisel, kala taarastamine, säilitatava toote paigutus külmutuskambrites, temperatuur, niiskus ja õhuringlus säilitamiskambrites, säilitamiskambrite jahutusviis ja jahutusaparaatide paigutus nendes, külmutuskambrite õhu, taara ja inventari desinfitseerimine.

KÜLMUTATUD KALA GLASUURIMINE KAITSEKIHI KUJUNDAMINE KÜLMUTAMISEL

Külmutatud kala kvaliteedi säilitamise, kalarasva hapendumise ja pinnaniiskuse aurumise aeglustamise vahenditeks on glasuurimine puhta veega, glasuurimine antioksüdeerijate vesilahustega ja kaitsekihi kujundamine külmutusprotsessis.

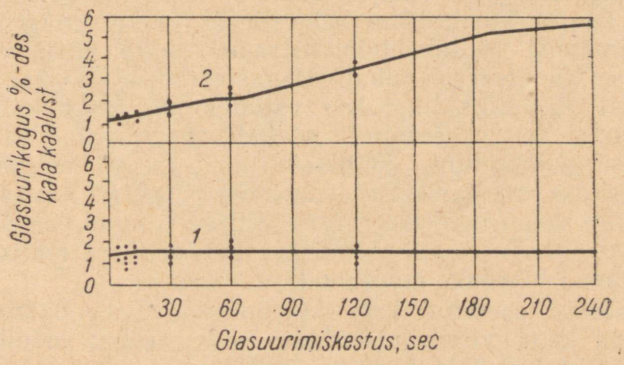
Glasuurimiseks nimetatakse protsessi, milles kogu kala välispinnale tekitatakse õhuke jääkest. See jääkest täidab kaitsefunktsiooni, ta võtab vahetult vastu väliskeskkonna mõjutusi, kaitstes toiduainet (kala) esijoones selliste negatiivsete muutuste eest nagu rasvade hapendumine ja kuivamine. Jääkest ehk glasuur tekib külmutatud kala sukeldamisel eelnevalt 1 . . . 2° C-ni jahutatud vette. Õhus külmutatud kala võib olla kaetud härmatisega, mis glasuurimisprotsessis ei sula ja tekitab kalale kareda pinna. Kuna külmaveevanni sukeldatakse külmutatud kala pidevalt, siis võib aja jooksul vesi vannis külmuda. Selle vältimiseks tuleb vett perioodiliselt soojendada sellise arvestusega, et glasuurimisvee temperatuur püsiks 1 . . . 2° C piires.

Jääglasuur püsib külmutatud kalal tavaliselt väga hästi; isegi kahe glasuuritud proovikala teineteise vastu löömisel ei lange

glasuur maha, vaid glasuuris tekivad ainult kiirjad praod; samuti säilis glasuur hästi, kui glasuuritud kala (latikas) taaras suruti kokku 32 kg raskuse kaaluvihi löökidega.

Glasuuri tekkimisel, s. o. vee agregaatoleku muutumisel eraldub tahkumissoojus, mille omandab kala ise või osaliselt ümbritsev õhk. Külmutatud kala temperatuuri tõusu vältimiseks tuleb püüda seda osa soojusest, mille imab ümbritsev õhk, suurendada näiteks sel teel, et kalale puhutakse külma õhku kohe pärast tema väljavõtmist veest. Glasuurimisprotsessi tulemus (glasuuri kvaliteet ja kogus) sõltub kala seisukorrast ja temperatuurist ning glasuurimisrežiimist.

Soolvees külmutatud kala glasuurimisel sõltub glasuuri kvaliteet pärast külmutamist soolveest puhtakspesemise astmest; glasuuritud märgkülmutatud kala säilitamisel läheb keedusool glasuurisse (1 . . . 1,5 kuu jooksul glasuuri soolasisaldus tõuseb 0,27 . . . 0,47%), mis teeb viimase rabedaks. Glasuurimisprotsess sõltub kala temperatuurist, mida võib näha jooniselt 129.



Joon. 129. Sõltuvus kala temperatuuri ja glasuurikoguse vahel:
1 — kala temperatuur −10° C, *2* — kala temperatuur −18° C.

Kuni −10° C külmutatud kalal ei sõltu glasuurikogus sellest, kui kaua kala viibib glasuurimisvannis. Kui kala temperatuur on −18° C, suureneb glasuurikogus pidevalt, 30 sekundi pärast on ta ligikaudu 2% kala kaalust, 120 sekundi pärast ümmarguselt 3,5%.

Nii −10° C-ni kui ka madalama temperatuurini külmutatud kalale võib saada paksema glasuurikihi kala mitmekordse (kaks-kolm korda) sukeldumisega glasuurimisvanni. Ühekordsel vettesukeldamisel saame 0,2 . . . 0,5 mm paksuse glasuuri ja selle keskmine kaal on 1,5 . . . 2% kala kaalust, kahekordsel sukeldamisel on glasuuri paksus 0,4 . . . 0,6 mm ja kaal 3 . . . 4% kala kaalust.

Kala glasuuritakse −8 ... −12° C-ni jahutatavas ruumis. Mitmekordsel glasuurimisel tuleb kala pärast iga sukeldamist külma vette külmutada 30 sekundit, asetades kala sealjuures glasuurimisruumis umbes 3 mm jämeduse traatvõrguga puitraamidele. Külmutusprotsessi kiirendamiseks on otstarbekohane kasutada ventilaatorit. Glasuuritud kala tuleb viivitamata pakkida taarasse.

Tuurlasi (sevrjuuga, tuurakala, šipp) võib glasuurida kahekordse sukeldamisega 5 sekundiks külma vee vanni, misjärel kalad pannakse riiulitele hundinuialehtedest alusele 10 minutiks külmuma. Glasuuri paksus on sel juhul 1,5 ... 2,0 mm, glasuuri kaal ümmarguselt 5,5% kala kaalust. Kui kala säilitatakse pakendita, on teda esimesel glasuurimisel vaja kolm korda vette sukeldada ja säilitamise ajal glasuurimist korrata. Beluugat võib glasuurida ülesriputatult, piserdades teda külma veega.

Soolvees külmutatud kalal püsib glasuur sama tugevasti kui õhuga külmutatul, välja arvatud uimed ja saba. Glasuuritud märgkülmutatud kala (lahja) säilib −10° C juures hästi 3 ... 4 ja isegi kuni 8 kuud; kõhu hele värvus ja kala värvus ei kao, kokkukülmumist ei täheldata. Glasuur säilib hästi isegi kala pikaajalise raudteeveo puhul. Degusteerimisel pärast 3-kuulist säilitamist oli latika lihal hea välimus ja värske kala maitse. Glasuurimist on kasutatud edukalt heeringate säilitamisel. Pärast märgkülmutamist ja glasuurimist asetati heeringad bjassist kottidesse, mis pärast glasuurimist paigutati kasttaarasse ja puistati üle saepuruga. Heeringat säilitati 6 kuud, seejärel praeti ja degusteeriti. Toode oli täiesti hea kvaliteedi ja maitsega, kala rasv ei olnud kibedaks muutunud.

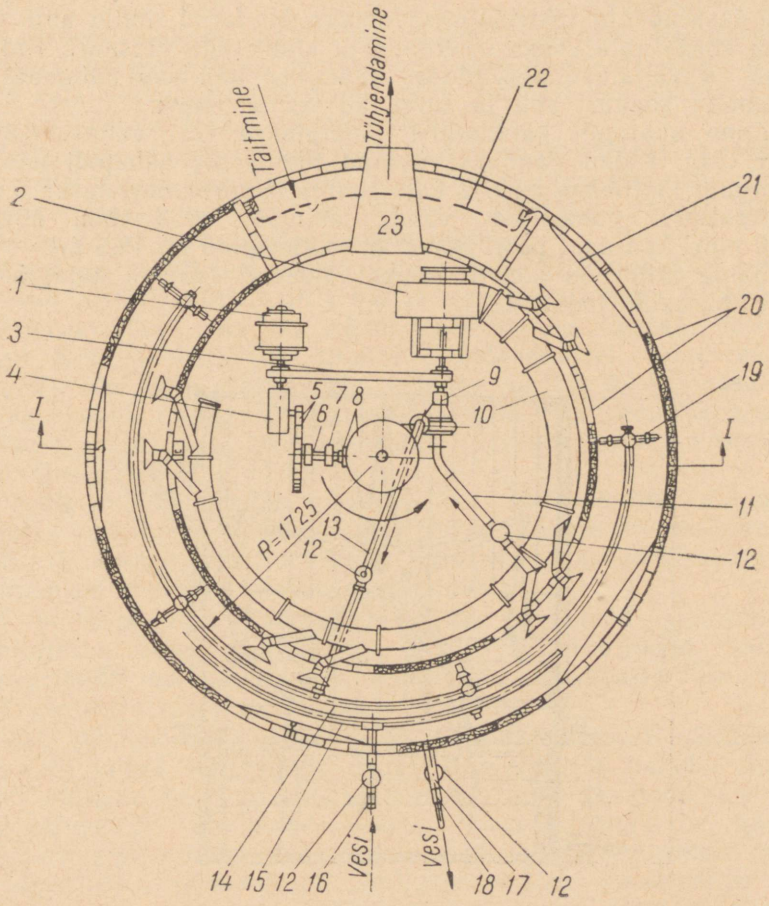
Virnadesse asetatud kala kuivamiskao vähendamiseks võib glasuurida kogu virna, piserdades seda veega; mõnikord kaetakse külmutatud kala virn presendi, marli või roguskiga, mis omakorda kogu virna pinna ulatuses glasuuritakse.

On esitatud mitu retsepti tugeva, mittepraguneva glasuuri valmistamiseks antiseptikumidega.

Kala kuivamise eest kaitsev glasuur soodustab samal ajal ka kala aromaatsete ainete säilimist, raskendab õhu juurdepääsu kala sisemusse ja järelikult kaitseb kala hapniku eest, mille toimel rasv hapendub. Glasuuritud kalas säilib paremini maitse, tema liha on mahlakam ja maitsvam, tal on parem kaubavälimus ning värvus. Glasuurimisviise on kaks — sukeldamise ja piserdamisega glasuurimine.

Viimastel aastatel on esitatud mitu glasuurimise mehhaniseerimise skeemi, mis panid aluse selle töömahuka protsessi ulatuslikule mehhaniseerimisele kalatööstuses.

I. V. Nikanorov on konstrueerinud mitu kalaglasuurimisaparaati.



Joon. 130. Piserdusaparaat kalade tükiviisiliseks glasuurimiseks: *1* — elektrimootor, *2* — ventilaator, *3* — ajamirihm, *4* — reduktor, *5* — silinderhammasrattad, *6* — ajamivõll, *7* — laager, *8* — koonushammasrattad, *9* — tsentrifugaalpump, *10* — õhujuhe, *11* — imiliin, *12* — ventiil, *13* — surveliin, *14* — ringsurveliin, *15* — jaotusliin, *16* — vee juurdevoolu liin, *17* — äravooluliin, *18* — väljalaskeliin, *19* — dušš, *20* — vann, *21* — tagasilöögikilbid, *22* — kopüür, *23* — renn.

Joonisel 130 on kujutatud pidevalt töötav aparaat külmutatud kalade tükiviisiliseks glasuurimiseks külmavee piserdusega.

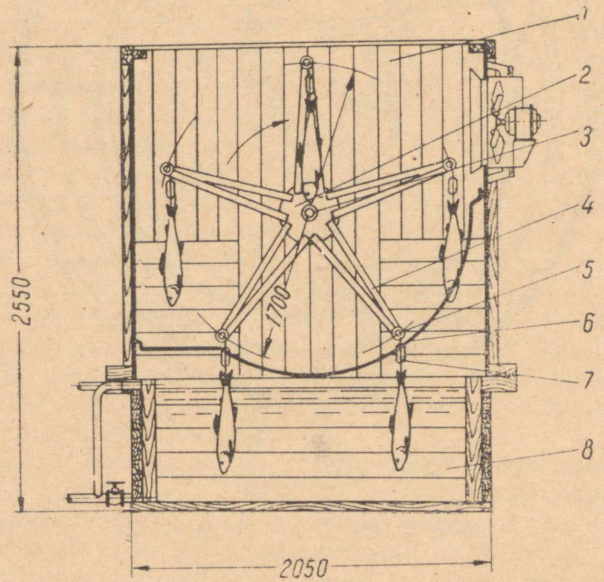
Veega täidetud vanni kohal pöörleb horisontaaltasapinnas ratas, millel on kodarad ja liistud. Kodarate ja liistude otste külge kinnitatakse spetsiaalse konstruktsiooniga näpitsad. Näpitsad on määratud kuni 1 m pikkuse glasuuritava kala haaramiseks. Ratta pöörlemisel piserdatakse kala ühes lõigus külma veega, järgmises aga puhutakse teda külma õhuga. Aparaadis on

piserdusseade ja lehtrikujulise otsaga õhutorud, mille abil võib kolm korda kala veega piserdada ja kinnistada glasuuri. Kalade sisse- ja väljalaadimiskohtades avanevad näpitsad automaatselt liikumatu kopüüri abil ja sulguvad vedru toimel.

Enne aparaadi käivitamist jahutatakse vesi vannis 0,5... ...1° C-ni. Kalad pannakse avatud näpitsasse sabapidi käsitsi. Aparaadi tootlikkus on 648 kala tunnis ja tarbimisvõimsus 5 kW.

Aparaadi gabariidid: vanni läbimõõt 3950 mm, kõrgus 2400 mm. Aparaadi poolt hõivatud tootmispind on 12,5 m².

Sama autor on konstrueerinud pidevalt töötava kalaglasuurimisaparaadi (joonis 131).



Joon. 131. Sukeldamismenetlusel pidevalt töötav kalaglasuurimisaparaat:
1 — kate, *2* — trummel, *3* — kinnitustapid, *4* — täht, *5* — varras, *6* — suunajad, *7* — näpits, *8* — vann.

Aparaat monteeritakse puitkasti. Veega täidetud vanni kohale (60...70 cm kõrgune nelinurkne vann) seatakse üles pöörlev rootor, mille küljes on näpitsad koos nende külge riputatud kaladega ja mis viib kalu edasi trumli pöörlemise suunas. Rootor koosneb kahest nurkrauast valmistatud tähest, mis on keevitatud ketta külge. Tähed on omavahel ühendatud varrastega, mille külge glasuurimisel riputatakse näpitsad koos kaladega. Katte ülemises osas asetseb õhujahuti, mis koosneb jahutustorudest ja ventilaatorist. Telgventilaator ЦАГИ-5 on kinni-

tatud kasti seina külge ja on määratud vette kastetud kalade intensiivseks puhumiseks külma õhuga. Aparaat käivitatakse elektrimootoriga. Trumli pöörlemisel satub näpitsate külge riputatud kala veevanni ja seejärel veest väljatulekul külma õhuvoolu. Sel hetkel tekkiv glasuur kinnistub.

Aparaadis toimub mitmekordne sukeldamine. Pärast kolmandat sukeldamist nihutatakse kala suunamismehhanismi abil tühjendamisakna juurde, kus ta koos näpitsaga vardalt maha võetakse ja seejärel näpitsast vabastatakse.

Aparaadi tootlikkus on 450 kala tunnis. Elektrimootori võimsus trumli käivitamiseks on 1 kW ja ventilaatori jaoks 0,5 kW.

Aparaat võtab oma alla 2,5 m² tootmispinda. Aparaati teenindavad kaks töölist: üks kalade sisselaadimisel, teine väljavõtmisel. Kui võtta keskmiseks kaaluks latikal 0,7 kg, sasaanil 1,4 kg, kohal 1,5 kg ja sägal 1,33 kg, siis on tootlikkus nende kalade glasuurimisel ühes vahetuses (8 tunni kestel) vastavalt 2520, 5040, 5400 ja 4792 kg.

Nende kalade käsitsi glasuurimisel on määratud vahetusnormiks vastavalt 440, 720, 800 ja 680 kg. Nende arvude vastandamisest ilmneb, et Nikanorovi süsteemi glasuurimisaparaadi kasutamisel suureneb tootlikkus tunduvalt.

I. V. Nikanorovi süsteemi piserdus- ja sukeldusaparaatides kinnitatakse kala näpitsatesse ükshaaval. Tootlikkus kalade glasuurimisel võib suureneda veelgi, kui mehhaniseerida aparaadi sisse- ja väljalaadimisoperatsioonid.

Kala glasuurimisel puhta veega pikeneb tunduvalt säilitamisaeg, eriti lahjal külmutatud kalal. Rasvarikaste kalade (tuurlaste, lõhilaste, heeringlaste) säilitamisel tuleb kasutada täiendavaid vahendeid kala kudedes oleva rasva hapendumise vastu. Üks sarnaseid vahendeid on külmutatud kala glasuurimine antioksüdeerijate vesilahustega. Antioksüdeerijate kasutamine on eriti tähtis nende kalade säilitamisel, mille rasv sisaldab suures koguses küllastumata ja üliküllastumata rasvhappeid (nagu räim, kilu). Meie ja välismaiste uurimuste andmeil on vees lahustuvateks antioksüdeerija omadustega aineteks: askorbiin- ja sidrunhape, glutamiinhape, naatriummonoglutamaat (nordihüdrogvajareethape) ja mõned muud ained.

Uurimustel, mida tegi VNIRO koos Kaspia NIRO, VNIRO Läti osakonna, TINRO ja Arhangelski Vetikate Laboratooriumiga, kasutati järgmisi antioksüdeerijaid: askorbiin- ja sidrunhappe segu, naatriumglutaminaadi ja sidrunhappe segu ja nordihüdrogvajareethapet. Üksikute kalade või külmutatud kala brikettide glasuurimiseks kasutati nende antioksüdeerijate vesilahuseid kontsentratsiooniga 0,1—0,2%. Glasuurimisel kasteti kala lahusesse ja põhimõttelt see protsess ülejäänus veega glasuurimisest ei erinenud. Antioksüdeerijate vesilahustega glasuu-

ritud külmutatud kala säilitati külmutuskambrites −12 ... −18° C juures. Katselise säilitamise hindamise ja külmutatud kala rasva analüüsi põhjal võib formuleerida järgmised uurimistulemused.

Antioksüdeerija vesilahuses (naatriumglutaminaadi ja sidrunhappe segu) glasuuritud kaspia heeringat säilitati heas seisukorras 3 kuu võrra kauem kui veega glasuuritud heeringat. Sama kala glasuurituna teise koostisega, millesse kuulusid askorbiin- ja sidrunhape, säilitamise kestus suurenes 2 kuu võrra.

Samade antioksüdeerijate vesilahustes glasuuritud anšoovisetaolise kilu brikettide säilitamise kestus suurenes, võrreldes harilikul viisil glasuuritud (antioksüdeerijate lisamisega) kiluga, ühe kuu võrra.

Analoogilised tulemused saavutati räime glasuurimisel askorbiin- ja sidrunhappe lahuses. Selle räime säilitamise kestus külmutushoones suurenes 2—3 kuu võrra, võrreldes ilma antioksüdeerijata glasuuritud räimega.

Askorbiin- ja sidrunhappe segu või naatriumglutaminaadi ja sidrunhappe segu lahusega glasuuritud külmutatud keta säilitamisel teostatud vaatlused näitasid samuti positiivseid tulemusi, see kala säilis pikemat aega kui harilikult glasuuritud kala.

On kindlaks tehtud, et külmutatud kala kaitseb negatiivsete muutuste eest pikaaegsel säilitamisel kõige paremini naatriumglutamiini (kontsentratsioon 0,2%) ja askorbiin- ning sidrunhappe segu (kontsentratsioon 0,2%) glasuur. Nende antioksüdeerijatega glasuuritud räim säilis hästi temperatuuris −15° C 9 kuu jooksul, temperatuuris −25° C aga 10 kuud ja üle selle. Nende antioksüdeerijatega glasuuritud kilu säilis hästi kambris temperatuuriga −15° C 6 kuu kestel.

1952. a. kasutas heeringa külmutamiseks üks Norra firma huvitavat viisi — alginaadilahust. Alginaadid on pruunides vetikates sisalduva algiinhappe soolad. Peaaegu kõik alginaadid on lahustumatud, mõningate tingimuste puhul aga võivad kujutada endast želatiinitaolist või kleepuvat massi. Vees lahustuvad naatriumi, kaaliumi, ammooniumi, magneesiumi ja liitiumi alginaadid.

Nende alginaatide vesilahused on tunduva viskoossusega, kleepuvad ning emulgeeruvad. Neid alginaadilahuste omadusi kasutatakse kala külmutamise ja külmutatud kala säilitamise tehnikas. Kaitsekesta moodustamiseks tuleb valmistada alginaadiželee, mille komponentideks on naatriumalginaadilahus, piimhape ja mõned soolad.

Želee aluseks on naatriumalginaat, piimhapet aga kasutatakse želee moodustajana, peale nende peavad koostisse kuuluma ained, mis alandavad lahuse külmumispunkti −4 ... −5° C. 10—20 minutit pärast valmistamist muutub see koostis želeeks,

mis moodustab kaitsekesta üksikutele eksemplaridele ja kala-brikettidele.

Enne külmutamist kastetakse kala valmistatud lahusesse ja siis, pärast kaitsekesta moodustumist, külmutatakse külma õhuga või plaatkülmutites. Väga hea on alginaadilahust kasutada kala külmutamiseks plokkides. Pärast töötlemist lahusega asetatakse kalad pannidele ning kallatakse üle kõiki mainitud komponente sisaldava alginaadilahusega. Seejärel suunatakse täidetud partiid külmutuskambrisse või aparaati.

Brikettides (plokkides) külmutatud kala pakitakse taarasse ja suunatakse külmutuskambritesse, mille temperatuur on −20° C ja alla selle, pikaajaliseks säilitamiseks. Lahus ei kleepu kala külge ega ühine temaga, seepärast defrosteerimisel kala ümbritsev želee eraldub temast kergesti veega pesemisel.

Kala külmutamist alginaadilahuses nimetatakse Protani viisiks, Norra firma nimetuse järgi, kes väljastab alginaati ja esitas seadeldise kala esialgseks töötlemiseks sel viisil. Tuleb märkida, et želeeriva koostise täpne retsept on tundmata. Erinevad uurijad kasutasid želeeriva koostise komponentidena mitmesuguseid aineid, mõnedes katsetes kasutati näiteks kuni 1% naatriumalginaati, kuni 1% piimhapet ja kuni 0,05% kaaliumkloraati, teistes viidi želee külmumistemperatuurini alandamiseks koostisse 3% NaCl või 6% naatriumfosfaati, želeemoodustajana aga piimhapet. Naatriumalginaati lisati koguses 2—3%.

Külmutamisel plokkides valati pannidele lahust 30—33% kala kaalust.

Teostatud katsetest selgus, et külmutatud kala säilitamine želees kaitseb teda hapendusrikete ja kuivamise eest küllaltki pika aja kestel. See on seletatav alginaadi omadusega siduda vett ja takistada hapniku tungimist läbi kile. Isegi selline õrn ja rasvarikas kala nagu räim, kellel surmajärgsed muutused algavad ja kulgevad väga kiiresti, säilis alginaadiželees külmutatult terve aasta ilma tähelepandava kvaliteedi alanemiseta.

Kala külmutamisel plokkidena plaatkülmutis soodustab želee kiht ploki tihedamat kontakti aparaadi plaadiga, mille tagajärjel kala külmutamiskiirus suureneb. Kala defrosteerimisel laguneb plokk želeega enne, kui kala üles sulab, seepärast tema vigastamist (eriti nahk) praktiliselt ei toimu.

Katsed on ka näidanud, et kalasse difundeeruvad soolad želeest ja kui selle koostisse kuulub keedusool, siis kala sooldub, kui aga naatriumfosfaat, siis omandab hapu kõrvalmaitse.

KALA TAARASTAMINE

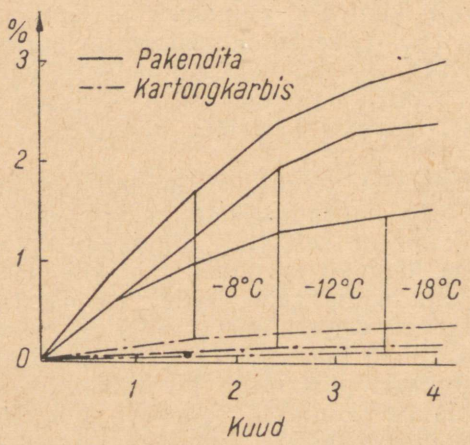
Kaalukaod külmutatud ja jahutatud kala säilitamisel kutsuvad esile kvaliteedi tunduva halvenemise. Need kaod tekivad peamiselt kala pealispinna kuivamise tagajärjel ja sellepärast

on isegi väikese kuivamiskao mõju kala maitseomadustele väga suur. Taara kvaliteedil ja kala taarastamisviisil on suur tähtsus külmaga töödeldud toiduainete omaduste säilitamisel ja esmajoones kuivamiskao vähendamisel.

Taarata säilitatava külmutatud kala kuivamiskadu on ligikaudu võrdne antud säilitamiskambri õhu absoluutse niiskuse defitsiidiga, s. o. selle niiskusekogusega, mis jääb puudu õhu küllastumiseks kambris hoitava temperatuuri juures. Taara kaitseb jahutatud ja külmutatud kala kuivamiskao ning temperatuuri võimalike muutuste eest, kui külmutuskambris õhu temperatuur juhuslikult või ajutiselt tõuseb. See taara soodus toime on eriti märgatav, kui pakkimiseks kasutatakse auru mitteläbilaskvaid materjale ja soojusisolatsiooniga taarat.

Taarat ei tohi valmistada hügroskoopsest materjalist, sest siis ta imab ise temasse pakitud toote niiskust. Näiteks latika summaarne kuivamiskadu säilitamisel pooltünnis, brutokaaluga 1190,4 kg, oli 7,6 kg; sellest 4,5 kg langes taara kaalu suurenemisele.

Taara mõju kalafilee kuivamiskao astmele on näidatud joonisel 132.



Joon. 132. Kalafilee kaalukao graafik säilitamisel erinevas pakendis.

Külmaga töödeldud kala ja kalasaaduste pakkimine taarasse on nagu glasuuriminegi tähtis tootmisoperatsioon, mis kindlustab kala kvaliteedi säilivuse külmaga säilitamisel ja transportimisel.

Ebarahuldav pakend ei kahjusta ühegi teise toiduaineliigi kvaliteeti ja kogust sel määral nagu külmutatud toiduainel. Säilitamisel või transportimisel tuleb külmutatud toiduaineid

kaitsta kuivamise, õhuhapniku toimega seotud hapendumisprotsesside, lenduvate maitse- ja aromaatsete ainete kao, soojuse juhusliku toime, saastumise ja muude kahjulike mõjutuste eest, mida suurel määral saab kõrvaldada hea pakendiga.

Jahutatud kala pakitakse standardsetesse kastidesse ja kuivtaaratünnidesse, kus ta peenestatud jääga üle puistatakse. Jää sulamisest tekkiva vee vabaks väljavooluks peavad kasti põhjas olema praod, tünni põhjas aga neli-viis ava.

Külmutatud kala pakitakse kastidesse, kartongkastidesse, tünnidesse, korvidesse, roguskist kottidesse, laastkorvidesse ja pallidesse. Tavaliselt pakitakse roguskist pallidesse suuri tuurlasi ja säga. Külmutatud kala tuleb pakkida taarasse kohe pärast külmutamist ja glasuurimist, kusjuures taara tuleb eelnevalt vooderdada isoleermaterjaliga ja jahutada. Isoleerimine ei ole kohustuslik ainult ajavahemikus novembrist märtsini. Külmutatud kala asetatakse taarasse hoolikalt ühtlaste pikiridadena, kõht üles, veidi kaldasendisse. Kastidesse asetatakse kalad peadega vastassuunas. Peenkala puistatakse harilikult kihtidena ja iga kihti tasandatakse ning tihendatakse hoolikalt.

Glasuuritud vääriskala — valge lõhi, lõhi, nelma, sjomga jm. — pakitakse kastidesse, mähkides kalad eelnevalt ükshaaval pärgament- või tsellofaanpaberisse. Selline pakend kaitseb glasuuri murdumise ja aurumise eest.

Veel suuremaid nõudeid esitatakse külmutatud filee ja külmutatud kulinaartoodete pakendile. Kalafilee fassitakse enne külmutamist 0,5 ... 1-kg portsjonitena kartongkarpidesse või 2 ... 5-kg brikettidena vormidesse, kusjuures filee mähitakse alati pärgament- või tsellofaanpaberisse. Neil pakkematerjalidel ei tohi olla halba lõhna ega ka keemilist toimet tootele. Parafiinitud pärgamentpaberi auruläbilaskvus on $-8°$ C juures 27,4 g/m² ööpäevas ja 18° C juures 97 g/m² ööpäevas.

Tsellofaanpaber kujutab endast 0,02 ... 0,5 mm paksust läbipaistvat kelmet, mille kaal kõigub piires 30 ... 100 g/m². Auruläbilaskvus sõltub lakk-kattest: lakkimata paberil on see 2481 g/m² ööpäevas, lakitud paberil $-8°$ C juures 7,2 g/m² ja 18° C juures 20 g/m² ööpäevas. Alfool on äärmiselt õhukesed alumiiniumlehed paksus 0,01 ... 0,02 mm ja kaal 25 ... 30 g/m². Alfooli auruläbilaskvus on $-8°$ C juures 2,3 g/m² ööpäevas ja 18° C juures 4,3 g/m² ööpäevas. Alfool on väga hea veekindel pakkematerjal, veeaurud teda ei läbi, ta on mikroobikindel, kuid painutamisel rabe ja murdub kergesti.

Külmutatud kalafilee pakitakse isotermilisse taarasse, milleks võivad olla:

a) kartongkastid mitmekihilisest gofreeritud kartongist (kolm, viis, kuus kihti), seina üldpaksusega kuni 30 mm. See taara on

kerge, kartongil puudub lõhn, kartongi gofreeritud vahevoodril on head isolatsiooniomadused;

b) puitkastid saepuru või hundinuialehtedest isolatsiooniga.

Nende taaraliikide proovimine näitas, et gofreeritud kartongkastis on toote väliskihi ülessulamiseks kuni 0° C-ni õhu temperatuuri 15° C juures vaja ümmarguselt 40 tundi, puitkastis 35 tunni ümber ja hundinuialehtedest isolatsiooniga kastis umbes 30 tundi. Järelikult on termiliste omaduste poolest gofreeritud kartongist taara kõige parem.

Huvitavaks taaraliigiks külmutatud kalade jaoks on komposiitkarbid, mille küljeseinad on valmistatud parafiinitud kartongist, kaaned aga metallist.

Eespool mainitud külmutatud kulinaarkalatoodete tootmine võib edukalt areneda ainult siis, kui kasutatakse neile toodetele vastavat uut liiki pakkematerjale. Peale juba nimetatud materjalide on toiduainete pakkimiseks huvipakkuvad parafiinitud kartong või paber, tselluloosi- ja kloreeritud kummikile, polüetüleen.

Peenekristallilise parafiini uutel sortidel on madalal temperatuuril suur elastsus ja nad peavad kinni veeauru. Sünteetilisest kautšukist valmistatav läbipaistev kile, mida nimetatakse pliofilmiks, on väga hügieeniline pakend. Pliofilm on inertne materjal, millele õlid ja rasvad ei toimi. Koostise komponentide vahekorra muutmisega võib saada mitmesuguste omadustega pliofilmi: väga painduvat, väga vastupidavat erisuguse auruläbilaskeastmega. Pliofilm andis häid tulemusi vähjaliste (homaarid ja krevetid) transportimisel. Eelnevalt 0 . . . 1,5° C-ni jahutatud elusad krevetid ja homaarid pakiti ilma jääta pliofilmiga vooderdatud karpidesse; sellises taaras nad pidasid hästi vastu transportimisele 50 tunni kestel. 25 kg homaaridel, mis on vetikatega pakitud pliofilmisse, on brutokaal 30 kg, samal ajal kui sama koguse jäässe pakitud homaaride kaal on 75 kg. Samal viisil pliofilmisse pakitud krevette transporditi köetavas vagunis ja saja kilomeetri jooksul konstateeriti krevettide temperatuuri tõusu ainult 6 kraadi võrra (0 . . . 6° C).

Polüetüleen kujutab endast samuti läbipaistvat, veidi piimjat kilet. Seda pakkematerjali valmistatakse etüleenist kuni 1200-atmosfäärise rõhu all. Tal ei ole lõhna ega maitset, on väga kerge, kuid tugev, vastupidav veele, veeaurule ja keemilisele toimele, jääb painduvaks isegi −60° C juures.

Jahutatud ning külmutatud kala ja fileed tuleb taarastada jahutatavates ruumides. Taara tagavara säilitatakse spetsiaalsetes ruumides, mis vastavad toiduainete sanitaarnõuetele. Taara peab olema laitmatult puhas. Iga külmaga töödeldud tooteliigi jaoks tuleb kasutada ainult standardiga ettenähtud taarat.

Külmutatud kala jaoks kasutatakse vastavalt standardile järgmisi 100 kg mahutavusega korve:

Korvid		Mõõtmed mm
Nr. 2	ülal	1050×570
	all	900×480
	kõrgus	480
Nr. 3	ülal	1050×610
	all	990×580
	kõrgus	520

Kasutatavate laastkorvide mõõtmed on 650×450×450 mm ja mahutavus kuni 50 kg. Roguskkottide mahutavus on 60 kg. Jahutatud ja külmutatud kalade pakkimiseks kasutatakse puidust kuivtaaratünne, mahutavusega 100, 150 ja 250 l.

Tabelis 37 on toodud andmed külmaga töödeldud toodete jaoks kasutatava kasttaara kohta.[1]

Tabel 37

Kasti nr.	Seesmised mõõtmed mm			Kasti maht dm^3
	pikkus	laius	kõrgus	
21	550	450	300	74,3
22	650	400	160	41,6
23	800	470	280	105,3
24	800	500	200	80,0
25	865	390	180	60,7
26	1100	520	132	75,5

1) Andmed on antud kehtiva GOST-i 8130-63 järgi.

Tuurlaste pressitud marja ja teralist tünnikalamarja pakitakse tammest ja pöökpuust tünnidesse, mille mahutavus on 30 ja 50 l; tuurlaste teralist karbikalamarja pakitakse kuni 300-liitristesse tünnidesse, kusjuures igasse tünni paigutatakse 54 kaheliitrist karpi. Lõhilaste ja samuti soomkalade marja säilitatakse kuni 50 ja 100 l mahutavusega tünnides.

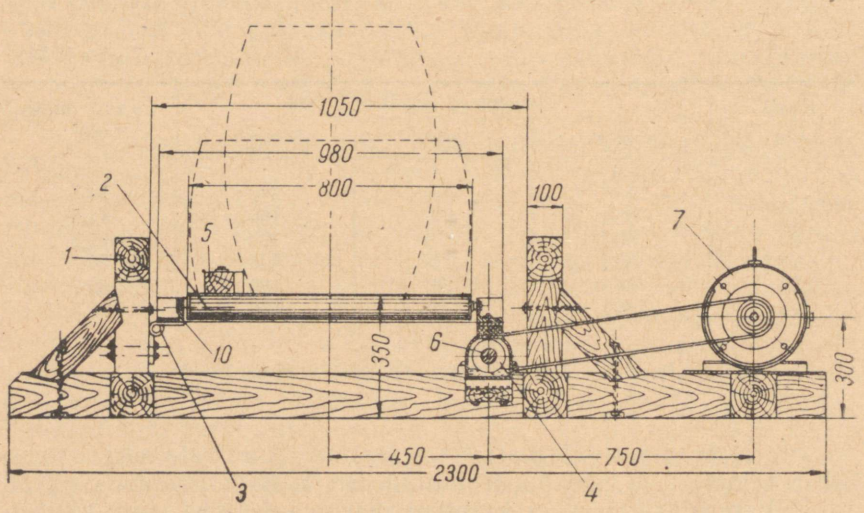
Soomkalade külmutatud marja brikette pakitakse nagu külmutatud kalafileedki kastidesse nr. 21.

Eespool on juba mainitud, et pakkimistihedus taaras mõjub soodsalt toiduaine kaalu säilitamisele ja tema temperatuuri stabiilsusele. Peale selle kasutatakse kalade pakkimistiheduse suurendamisel täielikumalt ära ka taara. Seoses sellega märgime, et taara mahtu kasutatakse palju paremini glasuuritud kalade taarastamisel. Glasuuritud kala libiseb pakkimisel taarasse, ja taara mõningal raputamisel paikneb tihedasti. On kindlaks tehtud, et glasuuritud latika taarastamisel pooltünnidesse võib saada mahu kokkuhoidu ühekordse glasuurimise puhul 12,8 ... 15,6% ja kahekordse glasuurimise puhul 8,7 ... 11,4% piires.

Üsna tähtsaks vahendiks külmutatud kalade säilitamis- ja transportimistingimuste parandamisel ning taara, isotermiliste raudteetranspordivahendite ja külmutuslaevade efektiivsemal kasutamisel on vibrotihendaja kasutamine. Vibrotihendaja kujutab endast šarniirselt raami külge kinnitatud vibrolauda, mis vibreerib elektrimootori ja ekstsentrikute abil.

Vibrolauale asetatakse kalaga täidetud taara. Elektrimootor, mis pöörleb kiirusega 1450 p/min, paneb pöörlema võlli ekstsentrikutega ja need annavad vibreeriva liikumise edasi vibrolauale, kus on taarastatud kala. Vibrolaua gabariidid võimaldavad asetada sellele mitmesuguse mahuga taarat.

Joonisel 133 on kujutatud tünnidesse pakitava kala vibrotihendajat.



Joon. 133. Tünnidesse pakitava kala vibratsioonitihendaja:
1 — raam, *2* — vibrolaud, *3* — aas, *4* — ekstsentrik, *5* — tugiplaat, *6* — pealis, *7* — elektrimootor.

Murmanski kalakombinaadis tehti katsetega kindlaks, et heeringa pakkimisel vibrotihendajaga mahtus kasti nr. 24 14...15 kg kala rohkem kui harilikul pakkimisel, s. t. taara kasutamine kasvas 25% võrra. Külmutatud peenturska (pertuid) mahtus kasti nr. 24 10...15 kg (20%) võrra, väikest turska aga 8...11 kg (18—20%) võrra rohkem. Suurte kalade pakkimisel taarasse tihendamine efekti ei anna.

Külmutuslaeval «Pištševaja Industrija» kasvas vibratsiooni kasutamisega heeringa pakkimisel kasti mahutavus kuni 45 kg-ni käsitsipakkimise 36 kg asemel.

Külmutatud kala tihedam paigutus võimaldab suurendada

kauba külma-akumuleerimise võimet ja paremini ära kasutada külmutusmahtu.

Mõnedes maades (Inglismaa, Prantsusmaa, USA) pakitakse külmutatud kala, mida tahetakse säilitada pikemat aega, sünteetilisest kilest kottidesse, kus luuakse vaakuum. Neis vaakuumkottides on kala kaitstud vahetu kokkupuute eest õhuga ja säilib seepärast paremini. Kuid selline pakkimisviis vajab küllaltki keerukaid seadmeid.

TOOTE PAIGUTUS SÄILITUSKAMBRIS

Külmaga säilitamiseks võib kasutada ainult täiesti heakvaliteedilist, täiesti puhast, hästi jahutatud või külmutatud kala. Kala pikaajalisel säilitamisel on tähtsaks tingimuseks mitte ainult toote enda hoolikas ettevalmistus (glasuurimine, taarastamine jne.), vaid ka sama hoolikas säilitusruumi ettevalmistus, mis peab vastama toiduainete sanitaaria nõuetele. Säilituskambrite desinfitseerimist käsitletakse edaspidi.

Kala ja kalasaadusi tuleb paigutada ettevalmistatud säilitusruumidesse rangelt kindlaksmääratud korras. Tavaliselt säilitatakse kala ja kalasaadusi kambrites nii taaras (soomkala) kui ka taarastamata (tuurlased). Põhiteguriteks, mis määravad toote paigutusviisi säilituskambris, on toote ja pakendi liik ning kambri kubatuuri maksimaalne ärakasutamine. Kuna säilituskambritel on harilikult mitmesugune ja sageli ebakorrapärane konfiguratsioon, on küsimus toote otstarbekohasest paigutamisest nendes väga tähtis ning nõuab igal üksikul juhul konkreetset insenerilahendust, lähtudes mainitud teguritest.

Jahutatud kalasaaduste säilitamisel tekivad nendes eksotermilised reaktsioonid. Selle tagajärjel, et glükogeen laguneb kuni piimhappeni ja ka valkude paisumisel surmakangestuse protsessis eraldub kalast ligikaudu 3 kcal soojust 1 kg koe kohta. Jahutatud kala säilitamisel aurab osa niiskusest ja eralduvad muud gaasilised ained. Need ained kui ka eralduv soojus tuleb säilitamise ajal kala juurest ära juhtida. Järelikul tuleb jahutatud kalatooted paigutada kambrites nii, et virna vahel oleks vajalik õhuringlus.

Külmutatud kala ja kalasaadusi, vastupidi, tuleb paigutada kambris võimalikult tihedalt, nii et ei oleks õhuringlust, mis suurendab toote kuivamiskadu.

Külmutatud kalad laotakse tihedatesse virnadesse restidele või alustele 25 . . . 30 cm kaugusele seintest, jättes kauba järelevaatuseks vahekäigud. Et saada kindlat virna, laotakse tuurlased virna külgedel ristamisi. Naaberkambrites, kui neil puuduvad seinaäärsed jahutuspatareid, tulevad toiduained asetada seintest 10 cm kaugusele. Keskmine käik kambris peab olema 1,2 m laiune, nii et kärudega vabalt läbi pääseb.

Glasuuritud ja glasuurimata tuurlasi säilitatakse taarastamatult virnades. Virn laotakse roguskiga kaetud restidele, iga kiht kaetakse samuti roguskiga. Virn kaetakse pealt ja külgedelt roguskiga, mida samuti glasuuritakse, piserdades seda hüdropuldist külma veega (2 ... 3° C).

Tünnid külmutatud kalaga ja soomkalade ning tuurlaste pressitud kalamarjaga laotakse horisontaalselt 3 ... 5 kihti, pannes alumise kihi alla latte ja kihtide vahele laudu. Tünnid lõhilaste kalamarjaga laotakse vertikaalselt nelja kihti, asetades alumise alla latid.

Kalade ja kalasaaduste paigutusnormides säilitamiskambri kasuliku mahu 1 m^3 kohta on võetud arvesse nii kala- kui ka taara- või pakendiliike.

Külmutatud kala (turska) paigutatakse ruumi 1 m^3-le kastides 450 ... 500 kg, korvides 300 ... 330 kg; tuurlasi lahtiselt virnas 460 ... 500 kg; külmutatud meriahvenaid, latikaid, sasaane (pakendita) 450 ... 460 kg; soomkalade külmutatud fileed 500 kg, lõhilaste ja soomkalade soolatud marja tünnides 450 ... 500 kg, kalakonserve 500 ... 550 kg.

ÕHU TEMPERATUUR JA NIISKUS SÄILITAMISKAMBRITES

Külmaga töödeldud toiduainete säilitamiskambri õhu temperatuuri- ja niiskusereŽiim on üks tähtsamaid tegureid, mis määrab kala ja kalasaaduste pikaajalise säilitamise optimaalsed tingimused.

Säilitamiskambrites tuleb jahutatud kala puhul hoida temperatuur 0 ... −2° C piires, külmutatud kala puhul −20° C ja madalamal.

Temperatuuril −20° C on harilikult välditud rasva muutumine, mille tagajärjeks on tulitumine, samuti seiskub peaaegu valkude denatureerimine. Seda temperatuurirežiimi tuleb pidada otstarbekohaseks suurema osa kalade pikaajalisel säilitamisel. Lühemaaegsel säilitamisel (2 ... 3 kuud) võib kambris hoida kõrgemat õhutemperatuuri. Teisest küljest aga mõningaid kalu, kellel ladestub rohkesti rasva otse naha alla (heeringad, lõhilised), tuleb külmutada madalama lõpptemperatuurini ning pikaajalisel säilitamisel hoida vastavat õhutemperatuuri kambris.

Lõhilaste rasval on väga madal hangumispunkt; kui külmutatud lõhel −10° C temperatuuriga kambris ära võtta nahk, siis erituvad mõne sekundi pärast lihaskoe pinnale väikesed rasvatilgad. Rasv eritub sellepärast, et külmutatud kala lihaskude on jää rõhu all, mis rasva kala nahaalusest rasvkoest välja surub. Sardiinirasva mõningate fraktsioonide hangumispunkt on allpool −18° C ja sellepärast peab sellise kala säilitamistemperatuur olema tunduvalt madalam kui −18° C. Isegi −28° C juures jätkub rasva hapendumine, olgugi et aeglaselt.

15...20% rasvasisaldusega heeringa katsevaatlused näitasid järgmist (heeringat külmutati kontaktmenetlusel soolvees ja õhkkülmutusmenetlusel ning säilitati siis kambrites erisugusel õhutemperatuuril):

säilitamisel −20° C õhutemperatuuriga kambrites hakkas soolvees külmutatud ja pesemata kala ning glasuurimata õhkkülmutatud kala räästuma pärast 3-kuulist säilitamist, kuid pärast soolvees külmutamist veega pestud ja glasuuritud õhkkülmutatud kala 4...5 kuu pärast;

soolvees külmutatud ja veega pestud ning õhkkülmutatud heeringad säilisid −28° C temperatuuriga kambris hästi 6 kuu kestel.

VNIHI-s tehti säilitamiskatseid madalal temperatuuril tursamaksaga, mis sisaldas 80% rasva ning A, D ja B rühma vitamiine. Selle tõttu, et tursamaksa rasvas on kuni 87% küllastamata rasvhappeid ja temas sisalduvad fermendid on väga aktiivsed, võib maksa toiteväärtus säilitamisel tunduvalt alaneda.

Tursamaksa külmutati ja seejärel säilitati temperatuuril −25, −35 ja −50° C, kusjuures maks ühel juhul pakiti hermeetiliselt (toosidesse), teisel juhul aga pärgamentpaberi sisse. Hapendumisprotsessid maksa rasvas tekkisid varem ja arenesid intensiivsemalt säilitamistemperatuuril −25° C. Juba 15 päeva pärast konstateeriti selle temperatuuri juures rasva happearvu suurt kasvu nii hermeetilises kui ka pärgamentpakendis, kuid maksas, mis oli hermeetilises taaras, olid võrreldes pärgamentpaberisse pakitud maksaga need protsessid väljendatud vähemal määral. Pärgamentpakendis maksa happesus tõusis pärast 1,5-kuulist säilitamist kuni pH=7 ja ülihapendi arv kuni 0,125, hermeetilises taaras maksal olid aga vastavad arvud kuni 5 ja 0,076. Pärast kuuajalist säilitamist nendes tingimustes hakkas A-vitamiini kogus maksas vähenema.

Maksa säilitamisel temperatuuril −35° C mainitud muutused toimusid, kuid tunduvalt aeglasemalt, sest happe- ja ülihapendiarvud ei muutunud kuu aja kestel. Pärast kahekuulist säilitamist olid need rasva näitajad järgmised: hermeetilises pakendis maksal 1,94 ja 0,048 ning pärgamentpakendis maksal 2,48 ja 0,055. A-vitamiini kogus hakkas vähenema alles pärast kahekuulist säilitamist.

Maksa säilitamisel temperatuuril −50° C rasva- ja vitamiinisisalduse näitajad ei muutunud 4,5 kuu kestel, happearvude väikest kasvu märgiti alles pärast 5,5-kuulist säilitamist nii hermeetilises kui ka pärgamentpakendis. Niisiis tuleb maksa pikaajalisel säilitamisel (kuni 5 kuud) hoida külmutusruumi õhu temperatuur −50° C juures.

Säilitamistemperatuuri optimaalne režiim tuleb määrata lähtudes toote omadustest, tema keemilisest koostisest ja ettenähtud säilitamiskestusest.

Optimaalne säilitamistemperatuur tuleb hoida püsiv. Tehnoloogiliste juhenditega on lubatud õhu temperatuuri kõikumine säilitamiskambrites 2 kraadi piires, kuid ka see kõikumine on äärmiselt ebasoovitav. Kambri õhu temperatuuri igasugune muutumine kutsub kohe esile soojusvahetuse tekkimise õhu ja kambris säilitatava külmutatud kala vahel, mille tagajärjeks on ümberkristalliseerumine kudedes. Temperatuuri kõikumised põhjustavad väikeste, kuid suure eripinnaga jääkristallide järkjärgulise kadumise ja nende asendamise suurtega. Kristallide suuruse muutumine kala säilitamisel nähtub tabelist 38.

Tabel 38

Külmutusviis	Kristallide suurus	olenevalt säilitamispäevade arvust temperatuuril −2 ... −10° C			
	pärast külmutamist	7	14	30	60
Kontaktkülmutamine soolveega	60	88	—	135	—
Õhkkülmutamine	430	610	650	—	1250

Temperatuuri iga tõusuga kaasneb osa kristallide sulamine ja nende mõõtmete vähenemine, järgnev temperatuuri lang aga kutsub esile uue jääkihi tekkimise suurte kristallide pinnal, kusjuures väikesed jääkristallid kaovad. Järelikult omandab toode rekristalliseerumise tagajärjel suurekristallilise struktuuri ja sellepärast kõik kiirkülmutamise eelised kaovad.

Temperatuuri kõikumisi on praktilistes tingimustes väga raske vältida, kuid tuleb püüda, et suurimad kõikumised ei ületaks optimaalset säilitamistemperatuuri ühele või teisele poole üle 0,5 kraadi.

Väiksem ei ole ka säilitamiskambrite õhu niiskuse tähtsus. Suur suhteline õhuniiskus loob soodsad tingimused mikroorganismide arenemiseks ja seda asjaolu tuleb arvestada eriti jahutatud toodete säilitamisel. Madala suhtelise õhuniiskuse juures on toote suur kuivamiskadu vältimatu. On selge, et õhuniiskuse optimaalne režiim on selline, kus puudub hallituse ja bakterite arenemise oht ning samal ajal ei esine toote suurt kuivamiskadu.

Optimaalne režiim valitakse iga toiduaine jaoks katselisel teel. Suhteline õhuniiskus kalasaaduste säilitamiseks määratakse 75 kuni 95% piires. Vähem vastupidavaid jahutatud tooteid säilitatakse 75 ... 80-% suhtelise niiskuse juures, kuid neid, mis on hermeetilises taaras, võib säilitada näidatud piires ükskõik mis-

suguse niiskuse juures, arvestades siiski seda, et plekktaara suurema niiskuse korral roostetab.

Kala ja kalasaaduste säilitamisel kambris õhutemperatuuril −15 ... −20° C mikroorganismid harilikult ei arene; sellepärast on kuivamiskao vähendamiseks otstarbekas hoida säilitamisel õhu suhtelist niiskusesisaldust võimalikult 100%, s. o. õhu küllastatuse lähedal. Nagu juba varem mainitud, väheneb kuivamiskadu koos temperatuuri alanemisega kambris, sest selle juures alaneb ka niiskuse defitsiit.

Püsival suhtelisel õhu niiskusel kambris on samasugune tähtsus kui temperatuurilgi ja niiskuse sisalduse võimalikud kõikumised ei tohi optimaalset niiskust ületada rohkem kui 2% võrra. Mida kõrgem on antud toote säilitustemperatuur, seda madalam peab olema õhu suhteline niiskus; õhu temperatuuri ning niiskuse range püsivus on toote ratsionaalse säilitamistehnika lahutamatuks tingimuseks.

Temperatuuri- ja niiskuserežiimi reguleeritakse säilitamiskambrites järgmiselt: külmutusagendi või külmakandja temperatuuri muutmisega, kambri jahutus patareide pinna või lõpuks viimaste töö kestuse muutmisega; suhtelist niiskust — õhu kuivatamisega niiskuseimaja abil (kaltsiumkloriidi tükid) või õhu niisutamise teel spetsiaalsete niisutajatega.

Õhu liikumise kiirust jahutatud kala säilitamiskambrites tuleb hoida 0,2 ... 0,3 m/sec piires, mis on võimalik ainult õhu sundringluse korral. Õhuringlus jahutatud toodete säilitamiskambrites on vajalik temperatuuri ja niiskuse ühtlustamiseks, samuti ka tootest eralduva niiskuse, mitmesuguste gaasiliste ainete ja soojuse äraviimiseks.

Õhu liikumise kiirus külmutatud kalatoodete säilitamiskambrites ei ole nii tähtis nagu jahutatud toodete puhul; õhuringlus on sel juhul ainult õhu temperatuuri ja niiskuse ühtlustaja. Seetõttu piirdutakse külmutatud toodete säilitamiskambrites loomuliku õhuringlusega, mille juures õhu liikumise kiirus on 0,4 ... 0,08 m/sec.

SÄILITAMISKAMBRITE JAHUTAMINE JA JAHUTUSAPARAATIDE PAIKNEMINE NENDES

Toiduainete kuivamiskao suurus sõltub soojuse juurdevoolust külmutuskambrisse väljastpoolt. Säilitamiskambri jahutusaparaadid — torupatareid — võtavad vastu soojuse ümbritsevalt soojemalt niiskelt õhult, mistõttu õhu niiskus kondenseerub jahutusaparaatidel, s. t. õhk kuiveneb.

Kondenseerumine vähendab niiskusesisaldust kambri õhus, kuid niiskus täieneb pidevalt peamiselt kambris säilitatava toote kuivamise arvel. See ongi kambris säilitatavate toodete kaalu-

kao põhjuseks. Soojuse juurdevool kambrisse ja õhurežiimi ühtlus külmutuskambri eri tsoonides ning järelikult ka toodete kuivamiskao aste sõltub säilitamiskambrite jahutamise viisist ja jahutusaparaatide paiknemisest nendes. Kõige väiksema kuivamiskao tagab kambrite selline jahutusviis, mille juures viimastesse väljastpoolt tungib võimalikult väike soojushulk ja selline jahutusaparaatide asetus kambris, mille juures kambri kõigis punktides on temperatuurilt, niiskuselt ja tsirkulatsioonilt ühtlane õhurežiim.

Torupatareisid kui jahutusaparaate iseloomustab nende kiirgamisvõime. Mida väiksem on torude vastastikune ekraniseerimisaste, seda suurem on nähtavasti jahutusaparaatide kiirgamisvõime. Sellepärast on ühekordsed seina- ja laepatareid kõige efektiivsemad.

D. G. Rjutov arvutas välja hoiukambrites säilitatavate toiduainete erikuivamiskao, s. t. nende kuivamiskao grammides kambrisse tunginud soojuse 1 kcal kohta ja leidis, et kimbukujuliste laepatareidega varustatud kambrites säilitatavate toiduainete kuivamiskadu on palju suurem võrreldes ühekordsete seina- ja laepatareidega kambrites säilitatavatega.

Kuivamiskadu −10° C õhutemperatuuriga säilitamiskambrites on järgmine:

a) kambrite jahutamisel kimppatareidega 0,26 g/kcal,
b) jahutamisel ühekordsete laepatareidega 0,23 g/kcal,
c) jahutamisel ühekordsete seinapatareidega 0,21 g/kcal.

Säilitamiskambrites õhutemperatuuriga −18° C on vastavad andmed 0,15, 0,13 ja 0,12 g/kcal.

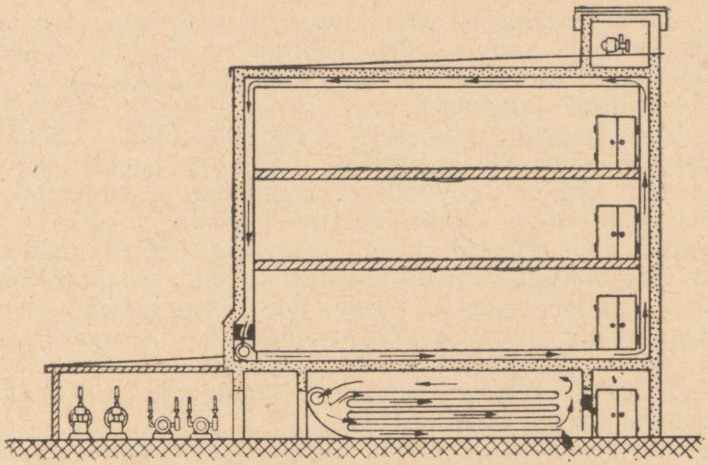
Kambris säilitatava toote üldise kuivamiskao g/h võib välja arvutada, korrutades varemmainitud erikuivamiskadu ühe tunni jooksul antud säilitamiskambrisse juurdevoolava soojushulgaga, mis on väljendatud kcal/h.

Erikuivamiskao kohta toodud andmetest järeldub, et säilitamiskambri temperatuuri alanemisel −10°-lt kuni −18° C-ni väheneb säilitatavate toodete erikuivamiskadu 45% võrra. Kui kambri temperatuuri alanemisel säilitada külmutushoone välisisolatsiooni endine paksus, siis kasvab soojuse juurdevool NSV Liidu keskmises kliimavööndis poolteist korda ja sel juhul kuivamiskadu väheneb ainult 20% võrra.

Kui kambreid jahutatakse tugevdatud õhuringlusega (arvestades ventilaatori töö soojuse ekvivalenti), siis on kuivamiskadu peaaegu kaks korda suurem kui seinapatareide ja loomuliku õhuringlusega kambrites.

Toodete kuivamiskao võib viia miinimumini, kui külmutushoone või üksiku kambri soojusisolatsioonina kasutada õhusärki.

Selle konstruktsiooni skeem on kujutatud joonisel 134. Sellises kambris asetsevad jahutusaparaadid õhusärgis, mis ümb-



Joon. 134. Õhusärgiga külmutushoone.

ritseb kambrit igast küljest. Kui õhusärgis ringleva õhu temperatuuri hoida püsivana ja kui toiduaine oli juba enne kambrisse paigutamist jahutatud sama temperatuurini, siis niiskuse auramist toiduaine pinnalt ei toimu.

Soodsate tingimuste loomiseks toiduainete pikaajalisel külmsäilitamisel kasutati õhusärgi põhimõtet Moskvas suurima (mahutavusega 35 000 t) automatiseeritud külmutushoone ehitamisel. Selles külmutushoones neelavad läbi välisisolatsiooni tungiva soojuse jahutusaparaadid, mis on paigutatud õhusärki. Seega soojuse põhiline juurdevool neelatakse juba väljaspool toiduainete säilitamiskambreid.

Ainult sisemise soojuse juurdevoolu (uste avamine, toote soojuse eraldumine, valgustus, inimeste viibimine ruumis jms.) neelavad jahutusaparaadid, mis asetsevad otse säilitamiskambrites.

Õhusärgiga külmutushoones on toiduainete säilitamiseks paremad tingimused ja sellepärast säilib paremini ka nende kvaliteet, väheneb toote kuivamiskadu ja selle tulemusena hoitakse kokku ettevõtte vahendeid.

KÜLMUTUSKAMBRITE ÕHU, TAARA JA INVENTARI DESINFITSEERIMINE

Toiduainete külmaga töötlemise protsesside — jahutamise, külmutamise, säilitamise ja ülessulatamise — puhul on üheks tähtsamaks põhimõtteks toiduainete tööstuse ettevõtete hea sanitaar-hügieeniline seisukord. Isegi juhul, kui toiduainete säilitamisel peetakse rangelt kinni temperatuuri- ja niiskusereżiimist,

kuid ei peeta küllaldaselt kinni tooraine säilitamise, tehnoloogilise töötlemise ja valmistoodete säilitamise sanitaar-hügieenilistest nõuetest, ei ole võimalik säilitada toiduainete head kvaliteeti. Aseptilised tingimused peavad olema kõigis töötlemis- ja säilitamisprotsessides esimeseks nõudeks. Mida täielikumalt rakendatakse abinõude kompleksi mikroorganismide arenemist soodustavate tingimuste viimiseks võimaliku miinimumini, seda kõrgema kvaliteediga valmistoodet võib saada.

Aseptilised tingimused on nõutavad kõigi tegurite suhtes, mis otseselt või kaudselt võtavad osa tehnoloogilistest protsessidest: tooraine ja valmistoode, keskkond, milles toode viibib, tooraine ja tootega kokku puutuv tootmispersonal, taara, inventar ja tööriistad, abimaterjalid, ehituskonstruktsioonid jne. Ranged sanitaar-hügieenilised nõuded esitatakse tooraine ja tootega kokkupuutuvale tootmispersonalile.

Külmutushoonete tööpraktika näitab, et eriti tähtis on toodete säilitamisel võitlus mitte üksi bakterite ja hallitustega, vaid ka närilistega. Närilistе vastu võitlemine toimub hermetiseeritud säilitamiskambri töötlemise teel süsihappegaasiga. Gaasi kontsentratsiooniks kambrites võetakse hiirte puhul 25% ja rottide puhul 35%. Nende kontsentratsioonide korral võetakse kambri mahu 1 m^3 kohta gaasi vastavalt 0,5 ja 0,7 kg. Kamber peab olema süsihappegaasi toime all 24—36 tundi. Kambrite töötlemine süsihappegaasiga peab toimuma rangelt kooskõlas spetsiaalse juhendiga.

Võitluseks mikroorganismide ja hallitusega, millest võivad olla nakatatud kambrite seinad, laed ja muud konstruktsioonіosad, külmutusruumide õhk jne., tuleb kambreid süstemaatiliselt desinfitseerida.

On kindlaks tehtud, et seinad, laed jne. on nakatatud hallitusseente spooridest. Kambri õhk võib olla nakatatud suurel määral bakteritest ja hallitusseente spooridest.

Mikrofloora langeb õhust toodetele ja kiirendab nende bakteriaalset riknemist.

Külmutusruumide ja mõnikord ka toiduainete endi desinfitseerimise vahendid ja viisid on mitmesugused. Nende hulgast nimetame siin järgmist:

säilitamiskambrite seinte ja lagede valgendamine,
õhu desinfitseerimine,
antibiootikumide kasutamine,
kiiritamine bakteritsiidsete lampidega.

Kambrite valgendamine toimub pärast nende vabastamist säilitatavast kaubast. Kambrite valgendamiseks, kus temperatuur hoitakse üle −4° C, kasutatakse harilikult preparaati Ф-5 — 2-% naatriumhüdroksüdifenolaadi vesilahust, kambrites aga, kus temperatuur hoitakse alla −4° C, valgendatakse kloorlubja või antiseptooliga — kloorlubjalahu-

sega (2...4%), millele on lisatud naatriumkarbonaadilahust (2,8%).

Kloorlupja kasutatakse selitamata või selitatud vesilahuses, mis sisaldab 0,3...0,4% aktiivset kloori. Selitamata kloorlubjalahus valmistatakse enne desinfitseerimise algust. 16...20% aktiivset kloori sisaldavat kloorlupja lisatakse 1 l veele 20 g, 21...28% sisaldavat — 15 g ja 29...40% sisaldavat — 10 g.

Selitatud kloorlubjalahused valmistatakse samuti kohe enne desinfitseerimist. Selitatud kloorlubjalahuse saamiseks valmistatakse kloorlubjapiim (10...20-% kloorlubja heljum vees) mida lastakse selgida 6..24 tundi. Selitatud lahusest valmistatakse töölahus, lahjendades esimest veega kuni 0,3...0,4% aktiivse kloori kontsentratsioonini.

Kloorlubjaga töödeldud pindade valgendamine toimub valgendusseguga, mis on valmistatud 0,1...0,2% aktiivset kloori sisaldava kloorlubjalahuse alusel.

Antiseptool saadakse järgmisel viisil. Valmistatakse kaks lahust: 30 l keevas vees lahustatakse 3,5 kg soodat; 70 l vees lahustatakse 2,5 kg 25% aktiivset kloori sisaldavat kloorlupja. Kui kloorlubi sisaldab aktiivset kloori vähem kui 25%, siis lubjakogust vastavalt suurendatakse. Kloorlubjalahusel lastakse selgida ja kallatakse siis soodalahusesse.

Enne tarvitamist lahjendatakse antiseptooli veega vahekorras 1:2. Valgendamisel lisatakse kriiti ja lupja lahjendamata (kontsentreeritud) antiseptoolilahusele.

Naatriumhüdroksüdifenolaat (Ф-5) lahustub hästi vees ja seda kasutatakse 2-% kontsentratsiooniga vesilahuses hallitusseente hävitamiseks. Naatriumhüdroksüdifenolaadiga töödeldud kambreid valgendatakse valgendusseguga, mis on valmistatud antud preparaadi 2-% lahuse alusel. Kui kambri pinnad on tugevasti saastunud mitte ainult hallitusseentega, vaid ka bakteritega, siis töödeldakse neid järgmiselt. Pärast hoolikat mehhaanilist puhastamist desinfitseeritakse seinad ja laed 0,3...0,4% aktiivset kloori sisaldava kloorlubjalahusega ja seejärel kaetakse valgendusseguga, mis on valmistatud 2-% naatriumhüdroksüdifenolaadilahuse baasil. Naatriumhüdroksüdifenolaadiga töödeldakse pindu mitte varem kui üks ööpäev pärast desinfitseerimist kloorlubjaga.

Kambreid tuleb desinfitseerida ja valgendada hoolikalt, kinni pidades spetsiaalses juhendis toodud praktilistest näpunäidetest.

Toiduained asetatakse valgendatud kambrisse ainult pärast kambri hoolikat puhastamist, kus kõik valgendamata pinnad ja põrandad puhastatakse mustusest, pestakse kuuma leelise-seebilahusega puhtaks ning seejärel kamber kuivatatakse ja tuulutatakse.

Hallitusseentele mõjub hävitavalt ka valgendussegu, mis koosneb kustutatud lubjast ja preparaadist «Kupral». See preparaat koosneb kahest kaaluosast vasevitriolist ja ühest osast alumiiniumkaaliummaarjast. Preparaadi paremaks lahustumiseks vees vitrioli- ja maarjakristallid peenestatakse. Üks kaaluosa preparaati «Kupral» lahustatakse 9 osa veega, lisatakse seejärel 7 kaaluosa kustutatud lupja ja segatakse, kuni saadakse pudrutaoline mass. Valgendussegu kantakse seinte, lagede, vaheseinte ja sammaste pinnale ühtlase kihina hariliku pintsliga, kusjuures 1 m^2 pinnale kulutatakse 500...600 g valgendussegu. Pärast valgendamist kamber suletakse üheks ööpäevaks kuivamiseks ja seejärel koristatakse hoolikalt.

Bakuu külmutushoones desinfitseeriti võitluseks hallitusseentega säilitamiskambrite seinu, sambaid ja lagesid antimükoosiga — erilise seguga, mis koosneb valgest savist — kaoliinist — ja 2-% naatriumfluoriidist. Antimükoosi kasutamisel miinustemperatuuriga kambrites hallitust ei tekkinud.

On võimalik kasutada ka muid antiseptikume, kuid tootmistingimustes peavad nad kõik rahuldama järgmisi põhinõudeid: ei tohi mõjuda halvasti toiduainetele, peavad olema kahjutud teenindavale personalile, ei tohi jätta püsivat värvilõhna, ei tohi avaldada halba toimet seadmetele, ei tohi süttida ja neil peab olema toksiline toime mikroorganismidele.

Säilitusruumide õhk sisaldab hallitusseente eoseid, mis sadestuvad toiduainetele. VNIHI uuringud näitasid, et kambris säilitatava toiduaine virna pealmise ja külgmise pinna 1 cm^2-le võib ööpäeva jooksul õhust langeda 10...15 hallitusseene eost. Võitluseks selle toiduainete nakkuskoldega tuleb õhku desinfitseerida antiseptikumide ülipeene pihustamisega, mis hävitavad hallitusseente eoseid. Laboratoorsetes tingimustes on katsetatud järgmisi antiseptikume: piimhapet, naatriumhüpokloritit, hüdrooksüdifenüülnaatriumfenolaati jm. Pihustades 3...10-% piimhappe- ja naatriumhüpokloritilahuseid koos 0,6...0,8% aktiivse klooriga, hävisid hallitusseened õhus 80...90% ulatuses.

Antiseptikume võib pihustada mitte ainult vahetult säilitamiskambrites püstolpihustiga, vaid ka ventilatsioonisüsteemi kaudu.

Kiiritamine bakteritsiidsete lampidega on säilituskambrite õhu, taara, pakkematerjali, tehnoloogiliste seadmete, töökohtade, tööriistade ja toiduainete endi desinfitseerimise universaalne meetod. See meetod leiab kahtlemata laialdast rakendamist toiduainete tööstuse mitmesugustes harudes, sest ta võimaldab pikendada toiduainete säilitamise aega ning tõsta nende kvaliteeti.

Meetod tugineb spetsiaalsete gaasivalgustuse elavhõbedalampide kasutamisel, mille torud on valmistatud uvioolklaasist. Kaarlaeng elavhõbeda aurudes, mis tekib kahe elektroodi vahel, kiirgab bakteritsiidsete omadustega ultraviolettkiiri. Neid ultra-

violettkiiri kasutataksegi säilitamiskambrite õhu mikrofloora hävitamiseks toiduainete ja muude esemete pinnal.

Temperatuuril 16...18° C säilitatava vorsti kiiritamine iga päev kuue tunni kestel avaldas bakteritsiidset toimet mitte ainult toote pealispinnal, vaid pidurdas tunduvalt mikroorganismide paljunemist ka sügaval vorsti sisemuses. Poolsuitsuvorst oli nimetatud tingimustes värske 25 ööpäeva, keeduvorst kuni 6 ööpäeva, samal ajal aga kontrollproovid hallitusid ja limastusid vastavalt 6...8 ja 2...3 ööpäevaga.

Kui poolsuitsuvorsti kiiritati temperatuuril 16...18° C iga päev 20 tundi, säilis see hästi 30...45 ööpäeva, keeduvorst temperatuuril 10...12° C 16...18 ööpäeva, samal ajal aga riknesid kontrollproovid viis korda kiiremini.

Juustukeradel, mida säilitati temperatuuril 18...23° C ja suhtelisel õhuniiskusel 90% ja mida 3 kuu kestel kiiritati 15 korda, iga kord 1 tund, ei ilmnenud hallituse tunnuseid, aga kiiritamata kontrollproovid kattusid 10-ndal päeval hallitusega.

Katsed näitasid ka, et bakterid hävivad õhus poolteise kuni kahe meetri kaugusel kiiritusallikast peaaegu täielikult mõne minuti jooksul, kusjuures õhu liikumine kambris, harilikult kiirusega 0,05...0,2 m/sec, soodustab seda protsessi, sest nendes tingimustes on mikroorganismid heljuvas olekus. 65-m^3 ruumi kiiritamine bakteritsiidsete lampidega, mille võimsus oli 40 W ja mis lülitati sisse 9 tunniks, vähendas järsult õhu nakatatust. Mõnel juhul puhastati õhk mikroorganismidest 99% ulatuses. Bakteritsiidsete lampide kasutamine arvestusega 1 W elektrienergiat 3,5 m^3 õhu kohta, kui õhk liigub 2...2,5 mahtu tunnis, avaldab mikrofloorale hävitavat toimet. Kiiritamine on sama efektiivne taara, pakkematerjali, tehnoloogiliste seadmete ja muude võimalike toiduainete nakkusallikate steriliseerimisel. Paljud hallitusseente eosed surevad bakteritsiidse kiirituse toimel sel juhul, kui neid mõjutada madala temperatuuriga. Mitmete uurijate faktilised andmed näitavad, et vahetu bakteritsiidne kiiritamine või viimane koos külma toimega on toiduainete säilitamise ja nende kvaliteedi tõstmise tähtsamaid tegureid.

Esitatust selgub, et toiduainete kõige parema säilivuse optimaalsed tingimused sõltuvad väga paljudest teguritest, mis olenevad tootest endast, samuti ka kõigist esemetest ja keskkonnast, milles toodet säilitatakse. Väliskeskkonna suhtes on eriti tähtsad järgmised näitajad: temperatuur, õhu niiskus, tsirkulatsioon ja puhtuse aste.

Tehnilised võimalused vajaliku temperatuuri hoidmiseks kalatööstuse külmutushoonete säilitamiskambrites on seni veel erinevad. Kõrvuti uute ja rekonstrueeritud külmutushoonetega, mille säilitamiskambrites hoitakse temperatuur −15...−20° C, on

veel külmutushooneid, mille säilitamiskambrite temperatuur on −8 ... −10° C. Külmutatud kala säilitamistingimused on sel juhul erinevad ja sellepärast peab olema erinev ka tema säilitamiskestus.

Lubatud säilitamiskestuseks loetakse ajavahemikku värske kala külmutamise hetkest kuni kõrvalmaitse ja lõhna (räästumine) ilmnemiseni ning toote välimuse halvenemiseni. Tingimusel, et see tähtaeg määratakse sõltuvalt säilitamistemperatuurist, s. t. et $Z=f(t)$, võib D. G. Rjutovi järgi lubatud säilitamiskestuse temperatuuril −6 ... −20° C määrata järgmise võrrandi abil:

$$Z=A\cdot 10^{-0{,}05\,t},$$

kus Z — toote lubatud säilitamiskestus kuudes,
A — kogemuslik koefitsient rasvaste kalade jaoks 1,26 — lahjadel 1,78,
t — säilitamistemperatuur, °C.

Rasvasel kalal kui säilitamisel kõige vähem vastupidaval on erisugustel temperatuuridel järgmised lubatud säilitamiskestused:

säilitamistemperatuur, °C	säilitamiskestus kuudes
− 10	4
− 12	5
− 15	7
− 18	10

Tuurlaste ja lesta pikaajalisel säilitamisel ühe aasta kestel tuleb säilitamiskambrites hoida temperatuur −20 ... −26° C, heeringa säilitamisel −30° C.

Tehnoloogilises juhendis on määratud külmutatud kala säilitamiskestus mitte ainult sõltuvalt kambri temperatuurist, vaid ka kala külmutusviisist. Nendest tähtaegadest, mis on toodud tabelis 39 (kuudes), tuleb praktilistes tingimustes juhinduda.

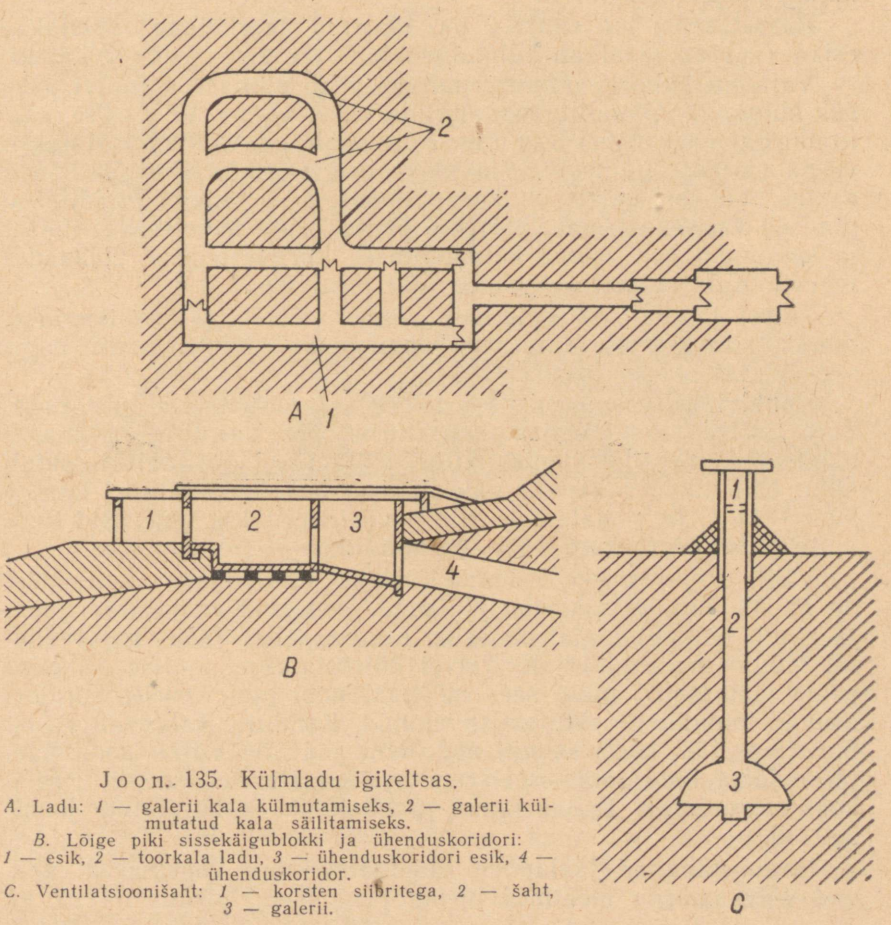
Tabel 39

Kala külmutusviis	Kalade säilitamiskestus kuudes			
	tuurlased ja lõhilased		soomkalad ja tursklased	
	$t=-8\ldots-12$° C	$t=-12$° C ja madalam	$t=-8\ldots-12$° C	$t=-12$° C ja madalam
Kuiv ja märg kontaktita	2	4	7	9
Märg kontaktne	2	4	6	7
Kontaktne jää ja soola segus	1	1	2	2

Glasuuritud kala säilitamiskestus suureneb tavaliselt, võrreldes tabelis tooduga, 1 kuu võrra. VNIHI uurimuste põhjal aastaist 1951—1952 võib glasuuritud kala säilitamiskestust, võrreldes glasuurimata kalaga, suurendada 4...5 kuu võrra, kusjuures glasuurikogus peab olema 4,5...8% kala kaalust.

Jahutatud ja külmutatud kala ning kalasaadusi säilitatakse peamiselt tootmis- ja jaotuskülmutushoonete kambrites, aga ka igikeltsa sisse ehitatud ladudes ja jäähoidlates.

Meie maa polaarpiirkondades on ratsionaalsemaks laotüübiks hoidla igikeltsas. 10...12 m sügavusse igikeltsa sisse, kus temperatuur on alaliselt −2...−3° C, ehitatakse mitu omavahel ühendatud 3 m laiust ja 1,8...2,2 m kõrgust võlvgaleriid. Galeriide üldpikkus võib olla mitusada meetrit. Sellise hoidla plaan on kujutatud joonisel 135.



Joon. 135. Külmladu igikeltsas.

A. Ladu: *1* — galerii kala külmutamiseks, *2* — galerii külmutatud kala säilitamiseks.

B. Lõige piki sissekäigublokki ja ühenduskoridori: *1* — esik, *2* — toorkala ladu, *3* — ühenduskoridori esik, *4* — ühenduskoridor.

C. Ventilatsioonišaht: *1* — korsten siibritega, *2* — šaht, *3* — galerii.

Üks allmaagaleriisid *1* (joonis 135 A) on kohandatud kala külmutamiseks ja on ehitatud astangutega pikikülgedel. Nendesse astangutesse asetatakse lauad või, veel parem, tsinkplekist tahvlid, millele pannakse üks kord külmutatavaid kalu 10 ... 30 kg/m². Kala külmub looduslikult akumuleeritud külma arvel ja see protsess vältab 18 kuni 72 tundi.

Külmutatud kala, mis on määratud pikemaajaliseks säilitamiseks, glasuuritakse, seejärel taarastatakse kastidesse ja suunatakse säilitamisgaleriidesse *2*. Säilitamisgaleriidesse astanguid ei tehta. Laadimine toimub kallakkoridori kaudu, mille kaldenurk on vähemalt 12° ja mis ühendab hoidlat maapinnaga. Koridori lõpposa, mis tuleb välja maapinnale, ehitatakse kolmest osakonnast koosneva sissekäigubloki näol: esik *1*, toorkalavaru ladu *2*, esik *3* kallakkoridori *4* sissekäigu ees. Lao see osa on kujutatud joonisel 135 B.

Pärast seda, kui ruum *2* on täidetud toorkalaga, suletakse esiku *1* uksed ja algab külmutusgalerii täitmine esiku *3* kaudu.

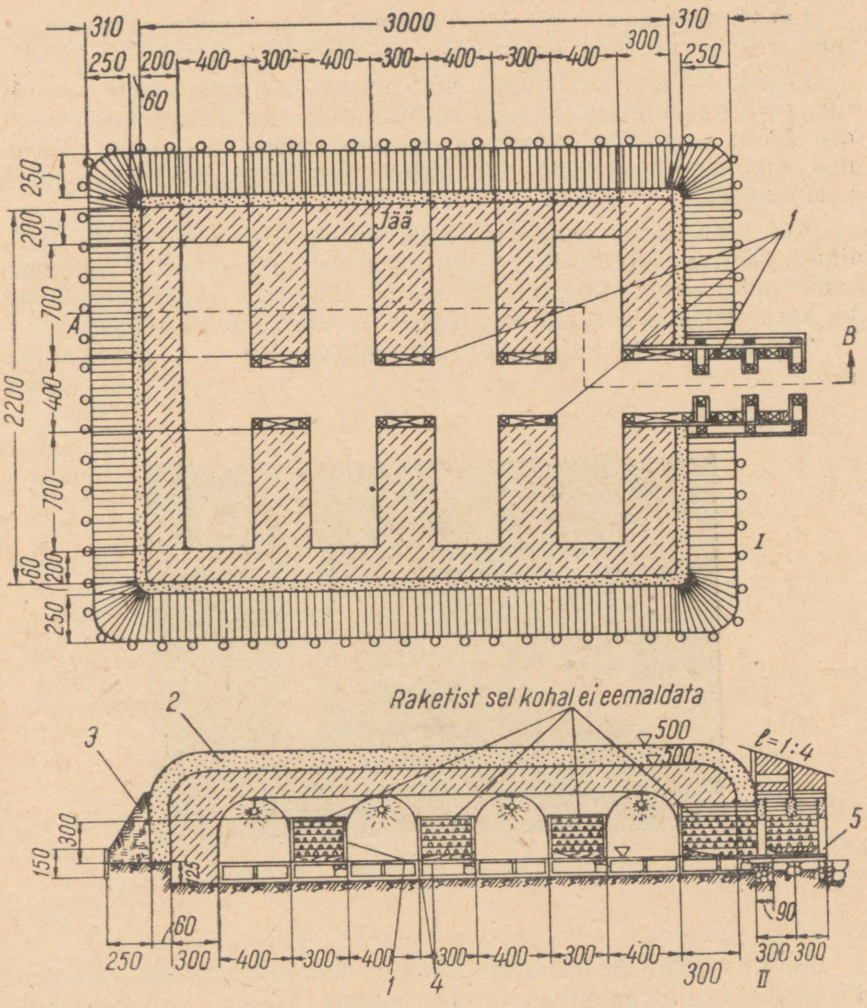
Vajaliku külma akumuleerimiseks peab pinnase massiivi paksus külmutus- ja säilitamisgaleriide vahel olema 3,5 ... 4 m, säilitamisgaleriide vahel aga 7 m. Kõigi galeriide seinad jäätatakse veega piserdamise teel. Seda jäävoodrit uuendatakse üks kord aastas. Vooderdamisel on suur tähtsus, sest sellega välditakse pinnase varisemist, vähendatakse õhutakistust lao ventileerimisel ja suurendatakse kalade külmutamisel kiirgussoojuse ülekandetegurit. Kala külmutatakse 8 ... 10-t partiidena.

Talvel jahutatakse galeriisid külma välisõhuga ventileerides, milleks nähakse ette mitu sissevoolu- ja väljatõmbekanalit, nagu seda näitab skeem joonisel 135 *C*.

Kanal lõpeb ülemises osas siibriga *1* varustatud puittoruga. Toru isoleeritakse väljastpoolt turba või saepuru ja murumätastega. Ventilatsioonikanalite töötamise ajal talvel satub külm õhk, läbides kanali, galeriisse *3*, kus temperatuur langeb kuni −14° C ja madalamale. Suvel ventileeritakse galeriisid lühiajaliselt, avades uksed 15 ... 20 minutiks.

Väga originaalseks külmlao tüübiks toiduainete säilitamisel on M. M. Krõlovi süsteemi jääladu. Need laod ehitatakse jääst ja ainult ehitamise ajal on esiku ning raketise jaoks vaja vähesel hulgal metsamaterjali. Talvel külmutatakse ajutise raketise peale jäämassiiv, mille sees mõlemal pool piki keskset koridori asuvad toiduainete säilitamise ruumid. Kambrite vaheseinteks on massiivne jää, laeks samuti massiivne jäävõlv. Väljastpoolt kaetakse jääst ladu soojusisoleermaterjaliga (turvas, saepuru, räbu koos saepuruga). Jäälao plaan ja läbilõige on kujutatud joonisel 136.

Nagu näitavad jääladude ekspluateerimise kogemused, peavad võlvkambrite mõõtmed olema järgmised: pikkus 6 ... 7 m,



Joon. 136. M. M. Krõlovi süsteemi jääladu:
1 — jää-soola taskud, *2* — isolatsioon, *3* — pinnas, *4* — kitsarööpmelise raudtee tugilattidest karkass, *5* — esik.

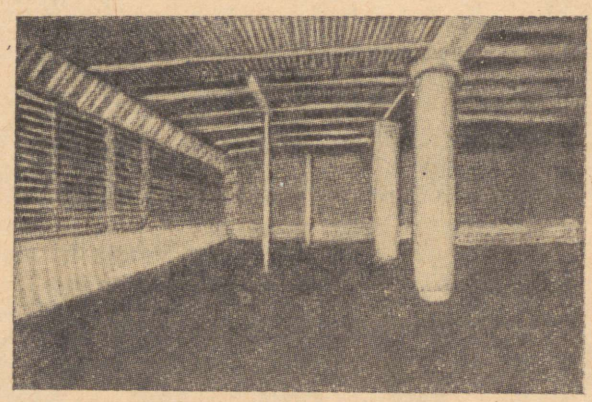
laius 4 . . . 5 m, kõrgus 3 . . . 4 m. Iga kambri maht võrdub 1 . . . 1,5 vaguni mahuga. Koridori laius on 3 m. Jäälao kambrites võib jääsoola seguga jahutamisel hoida temperatuuri kuni −6° C. Selleks puistatakse kahel-kolmel korral kuni 1 m paksusele jääpõrandale soola 2 . . . 3 kg/m² või seatakse jääseinte spetsiaalsetesse niššidesse üles taskud jää-soola seguga. Igasse sellisesse taskusse pannakse koos jääga 3 . . . 5 kg soola.

Laoseinte massiivsuse tõttu saavutatakse kambrites temperatuuri vajalik püsivus. Õhuniiskus on laos 87 ... 100%.

M. M. Krõlovi jääladusid võib kasutada mitte ainult jahutatud, vaid ka külmutatud kala säilitamiseks, kui temperatuur nendes hoida −10 °C. Tehniliselt on see täiesti võimalik näiteks ins. Kleimenovi süsteemi iseringleva soolveega külmutusseadme kasutamisel.

Kui ladu külmutatakse puhtast veest, siis rahuldab ta täielikult sanitaar-hügieenilisi nõudeid. Kala säilitamiseks võib ehitada jääladusid mitte ainult karmi kliimaga rajoonides, vaid ka keskmistes laiuskraadides jõgede ja veekogude kallastel.

Tööstusliku külmutushoone säilitamiskambrit on näidatud joonisel 137.



Joon. 137. Külmutushoone säilitamiskamber.

Jahutuspatareide torud on asetatud kambris lae alla ja seinte ülemisele osale. Jahutuspatareide selline asetus on tehnoloogilisest seisukohast kõige ratsionaalsem.

Väikeste külmutushoonete iga säilitamiskambri põrandapind on 100 ... 200 m². Tänapäeva suurtes külmutushoonetes jagatakse iga korrus, mis on määratud toote säilitamiseks, ainult kolmeks-neljaks kambriks, mille põrandapind on 800 ... 900 m². Sellised suured kambrid on säilitatava toote mahutavuse poolest väiksematest kasulikumad. Säilitamiskambrite kõrgus on 3,2 ... 3,5 m. Säilitamiskambrite põrandad on tavaliselt betoonist või asfalteeritud.

Kala ja kalasaaduste säilitamisel tekib loomulik kaalukadu toodetes sisalduva niiskuse osalise aurumise tõttu.

Tabel 40

Kalatoote nimetus	Temperatuur °C alates	Temperatuur °C kuni	Kambri suhteline õhuniiskus %	Õhuringluse intensiivsus	Säilitamiskestus
Jahutatud kala:					
jääs	− 1	0	95...98	Nõrk	10...12 päeva
jääta	− 1	0	95...98	„	1... 2 „
jahutatud filee	− 1	0	95...98	„	1... 2 „
Külmutatud kala:					
tuurlased ja lõhilased	− 9	−12	95...98	„	2... 3 kuud
	−12	−20	95...98	„	4... 6 „
soomkalad ja tursklased	− 9	−12	95...98	„	5... 7 „
külmutatud filee	−12	−20	95...98	„	7... 9 „
Soolakala	− 2	0	85...90	Paras	4... 6 „
Külmsuitsukala	− 2	0	75...80	Tugev	2... 4 „
Kuumsuitsukala	− 1	+ 1	75...80	„	1... 2 päeva
Pressitud kalamari	− 4	− 2	85...90	Paras	1... 2 kuud
Tuurlaste teraline mari	− 3	− 1	85...90	„	6... 8 „
Keta mari	− 3	− 1	85...90	„	3... 4 „
Soomkala mari	− 4	− 2	85...90	„	4... 6 „
Suitsutatud ja vinnutatud balõkid	− 2	0	75...80	Tugev	3... 4 „
Preservid	− 2	0	75...80	Paras	1... 2 kuud
Marinaadid	− 2	0	75...85	„	4... 6 „
Heeringas soolvees	− 2	0	85...90	„	4... 6 „
Kalakonservid	+ 5	0	70...75	Nõrk	6... 8 „

Tabelis 40 on toodud temperatuur ja suhteline õhuniiskus kala ja kalasaaduste säilitamisel külmutushoonetes ja tabelis 41 on toodud mõnede kalasaaduste loomuliku kao normid neis tingimustes.

Kala säilitamisel üle kuu aja suureneb kaalukao norm kuni 8 kuu piirides 0,1% võrra igal järgneval säilitamiskuul.

Tabel 41

Kalatoode	Säilitamispäevade arv	Loomuliku kao norm %
1	2	3
Jahutatud kala	2	0,15
	4	0,25
	6	0,35

1	2	3
Külmutatud kala (soomkala ja tuurlased)	6	0,1 / 0,3
	15	0,15 / 0,45
	30	0,20 / 0,60
Külmutatud filee	6	0,04
	15	0,08
	30	0,10
Tuurlaste teraline ja pressitud mari (tünnides)	6	0,04
	15	0,07
	30	0,10

Märkus. Külmutatud kala loomuliku kao normid säilitamisel on näidatud murruna, lugejas on andmed õhkkülmutatud kala kohta, nimetajas soolveega külmutatud kala kohta.

VIII PEATÜKK

KALATÖÖSTUSLIKE KÜLMUTUSHOONETE JA KÜLMUTUSLAEVADE PLANEERIMINE

KÜLMUTUSHOONETE PLANEERIMISELE ESITATAVAD NÕUDED

Kalatööstuslik külmutushoone ja tootmistüüpi külmutuslaev on väga keerukad ehitised, mille peamisteks elementideks on kambrid või seadmed kala ja muude meresaaduste jahutamiseks või külmutamiseks, kambrid toodangu säilitamiseks või jahutatavad trümmid transporditavate kiiresti riknevate toodete paigutamiseks, masina- ja aparaadiruumid, jäägeneraatorid ja jäähoidlad.

Kõik külmutusehitiste jahutatavad ruumid peavad olema kaitstud soojusisolatsiooniga. Optimaalse temperatuurirežiimi alalhoidmiseks varustatakse neid jahutusaparaatidega, mis kompenseerivad soojuse juurdevoolu väljastpoolt ja soojuse eraldumist ruumide sees. Masina- ja aparaadiosakonnad paigutatakse harilikult eraldi ruumi, mille üheks seinaks on külmutushoone külg, kuid on ka näiteid nende paigutamisest külmutushoone üldkontuuri; need ruumid muidugi ei vaja soojusisolatsiooni.

Peale loetletud põhiruumide nähakse külmutushoonetes ette ruumid saabuva tooraine vastuvõtuks, sorteerimiseks, pakkimiseks, ekspeditsiooniks, taara tagavara säilitamiseks ja muud abiruumid (remonditöökojad, kontoriruumid, tööliste puhke- ja einetamisruumid, riietusruumid, duši- ja tualetiruumid). Nende ruumide loetelu määratakse kindlaks igal üksikjuhul sõltuvalt külmutushoone suurusest, töögraafikust ja otstarbest.

Püüe vähendada minimaalseni soojust edasikandvat külmutushoone välispinda ja sellega vähendada soojuse juurdevoolu sunnib valima külmutushoone jaoks kõige otstarbekama kuubi kuju, kuid see nõue ei ole ainuke ja kõige tähtsam. Seda nõuet tuleb külmutushoone projekteerimisel arvestada, kuid realiseerida võib seda projektis, kui ta ei ole vastuolus teiste tähtsate nõuetega, nagu küllaldane rinne tooraine vastuvõtuks ja valmistoodangu väljastamiseks; külmaga töötlemise tehnoloogilise protsessi voolujoonelisus ja kõigi veoste (tooraine, valmistoodangu,

taara, jää) liikluse kõige otstarbekam organiseerimine ja mehhaniseerimine, külmutushoone pinna ärakasutamise kõrge koefitsient, s. o. võimalikult suurem kambrite kasuliku pinna suhe kogu külmutushoone kogupinnale.

Külmutushoone planeerimiskava väljatöötamisel tuleb juhinduda ka külmutushoones projekteeritud tehnoloogiliste protsesside vastastikusest seosest piirnevate tootmisettevõtete protsessidega (näiteks kalakombinaadi tingimustes) ja soojusekadude vähendamisest, asetades külmutushoone kambrid üksteise suhtes otstarbekohaselt.

Kalatööstuslikud külmutushooned projekteeritakse iseseisvate ristkülikukujuliste akendeta ühe- ja kahekorruseliste hoonetena, mille külgede suhe on ligikaudu 1 : 2, seejuures harilikult asuvad pikikülgedel laadimisplatvormid (laevade randumissillad, platvormid raudtee-, auto- ja hobutranspordi jaoks). Maapinna külmumise ja üleskerkimise vältimiseks on otstarbekohane paigutada keldri- või poolkeldrikorrustele jahutatud veoste säilitamiskambrid temperatuuriga mitte alla −2° C. Mitmekorruselistes külmutushoonetes tuleb külmutuskambrid, vastuvõtu ja ekspeditsiooniruumid paigutada esimesele korrusele. Kaubatõstukid suure mahutavusega (8000 t ja rohkem) mitmekorruselistes külmutushoonetes on otstarbekohane paigutada hoone keskkohta, aga väiksema mahutavusega külmutushoonetes kasutada liftide välispidist asetust.

Ei saa anda kindlat retsepti, millal tuleb projekteerida ühekorruseline ja millal mitmekorruseline külmutushoone, kõik sõltub ehitusplatsist ja kohalikest tingimustest, kuid suuremal osal juhtudest võib soovitada projekteerida kuni 4000—5000 t mahutavusega külmutushooned ühekorruselistena, suurema mahutavusega aga — mitmekorruselistena. Külmutushoone mitmesuguste ruumide planeerimisel tuleb arvesse võtta hoone ehitusvõrku — vahemaad sammaste telgede vahel (5...6 m), nii et vaheseinad üksikute kambrite ja muude ruumide vahel kulgeks võimalikult sammaste telgi mööda. Kambrite suuruse määramisel tuleb lähtuda selle või teise toodanguliigi mahuvajadusest, kuid püüda ehitada võimalikult suurema mahutavusega kambreid.

Kuni 100 m² pinnaga kambreid loetakse väikesteks, 100... ...500 m² — keskmisteks ja 500...1500 m² — suurteks. Kambrite kõrguseks võetakse 2,8...4,2 m, ühekorruselistes külmutushoonetes aga 5,0...5,5 m.

Kambrite uksed projekteeritakse standardsete mõõtmetega: laius vähemalt 1,2 m, kõrgus 1,94 m. Tõstukite šahtide mõõtmed on plaani järgi: liftidel kandejõuga 2 t — 2,75×2,70 m, kabiini suurus 2,0×2,5 m; liftidel kandejõuga 3 t — 2,75×3,25 m, kabiini suurus 2×2,5 m (tehas «Sojuzlift»).

Kui külmutushoone ehitamiseks kavandatud rajoonis on perspektiive toiduainetetööstuse antud haru edaspidiseks aren-

damiseks, tuleb külmutushoone ja masinaosakonna planeerimisel ette näha võimalus külmutushoone laiendamiseks. Laiendada võib juurdeehitusega külmutushoonele ja masinaruumile või pealeehitusega külmutushoonele ning juurdeehitusega masinaruumile, seejuures tuleb ehitusplatsil reserveerida juurdeehituse jaoks vajalik territoorium.

Külmutushoone planeerimisele tuleb asuda siis, kui eelnevalt on kindlaks määratud põhi- ja abiruumide loetelu, arvutatud välja vajalikud pinnad ning võetud vastu üldine otsus külmutushoone ja masinaruumi asetuse kohta ehitusplatsil ning põhiruumide (vastuvõtu-, akumulaatori-, külmutusseadmete, säilitamiskambrite, ekspeditsiooniruumide) vastastikune paigutus tulevases hoones.

KÜLMUTUSHOONE PÕHIRUUMIDE PAIGUTUSE MITMESUGUSED VARIANDID

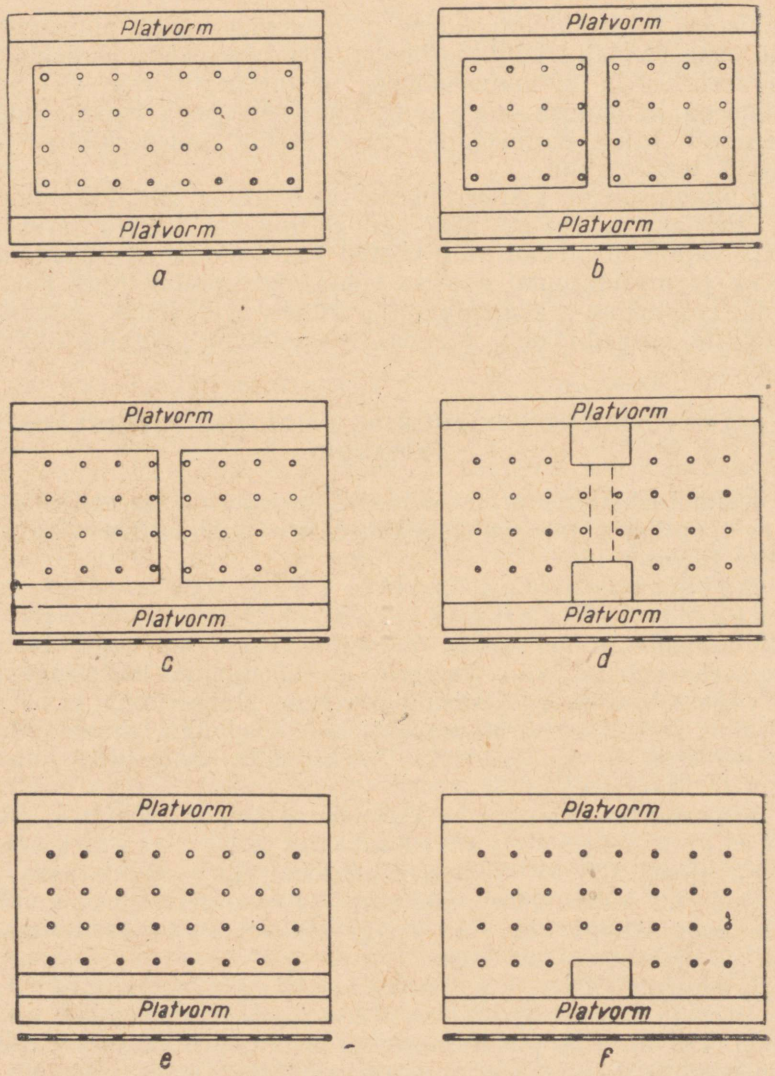
Külmutushoonete projekteerimise kogemused on esile tõstnud mitu tüüpilist planeerimislahendust, mis skemaatiliselt on kujutatud joonisel 138.

Külmutushoone, mille kogu perimeetri ulatuses projekteeritakse koridorid (joon. 138 *a*). Jahutatavad ruumid selles külmutushoones on nagu kaitstud soojusebarjääriga, kõik kambrid on ühendatud koridoriga, mis on väga sobiv veooperatsioonideks. Kuid planeerimine ei ole ökonoomne, sest otseseks ülesandeks, s. o. toodangu tehnoloogiliseks töötlemiseks ja säilitamiseks, ei kasutata isoleeritud kontuuri pindala ära täielikult.

Külmutushoone koridoridega kogu perimeetri ulatuses ja seesmise ühendava koridoriga (joon. 138 *b*). Sellise planeerimisega saavutatakse veel suurem side külmutusruumide vahel ja ekspluateerimispainduvus, kuid koos sellega halveneb veelgi rohkem pinna kasutamine ja ehituse maksumus suureneb.

Külmutushoone koridoridega pikikülgedel ja tsentraalse ühendava koridoriga nende vahel (joon. 138 *c*). Üks pikikoridoridest on vastuvõtuks, teine väljastamiseks. Selline planeerimine on suhteliselt sobiv varuvale külmutushoonele, sest pikikoridorid võimaldavad üheaegselt koondada nendesse võrdlemisi rohkesti veoseid tooraine vastuvõtul ja valmistoodangu väljastamisel, seesmine ühendav koridor aga võimaldab vajaduse korral valmistoodangut ära saata kahesuguse transpordiliigiga, s. o. mõlemalt platvormilt. Ehituse maksumuse ja külmutuspindala ratsionaalse ärakasutamise suhtes on see planeerimisvariant ainult veidi parem esimesest kahest variandist.

Külmutushoone esikutega pikikülgedel ja ühendava koridoriga nende vahel (joon. 138 *d*).



Joon. 138. Külmutushoone tüüpiliste planeerimislahenduste skeem.

Analoogiliselt eelnevale võetakse ühe esiku kaudu vastu tooraine, teise kaudu väljastatakse valmistoodangut. Selline planeerimine on jahutatavate ruumide kasutamise seisukohalt otstarbekohasem, kui tooraine saabub külmutushoonesse ühtlaselt.

Ühe koridoriga külmutushoone kas pikiküljel või keskel, mis ühendab platvorme (joon. 138 *e*). Lahendus on ehi-

tuse maksumuselt ökonoomsem, kuid ekspluatatsiooni suhtes on planeerimine vähem sobiv ja raskendab vooltootmisprotsessi organiseerimist.

Esikute ja vestibüüliga külmutushoone (joon. 138 *f*). Selle planeerimise puhul ei ole koridore, kuid esikud või vestibüülid on ehitatud vooltootmisprotsessi organiseerimiseks otstarbekohastesse kohtadesse. Taolise planeerimislahenduse erandjuhuks väikese veosekäibega külmutushoonete jaoks on külmutushoone, millel esik on pikikülje keskosas. Taolise lahenduse teised variandid on näidatud edaspidi mõningate kalatööstuslike külmutushoonete planeerimise vaatlemisel.

Tuleb märkida, et esikute ja vestibüüliga külmutushoonete tüüp rahuldab jahutatava pinna parema kasutamise, ökonoomse ehitamise ja vooltootmisprotsessi organiseerimisel mugava ekspluateerimise nõudeid kõige suuremal määral.

Sõltuvalt konkreetsetest tingimustest, külmutushoone otstarbest ja tema iseärasusest võib kasutada ülalkirjeldatud planeerimislahenduste variante, kuid seda tehakse harva; projekteerimiskogemuste kasvamisega täienes külmutushoonete planeerimine ligikaudu samas järjestuses nagu on näidatud toodud loetelus. Külmutushoone planeerimise ökonoomsuse üks kõige tähtsamaid näitajaid on jahutatavate ruumide kasutamine otseseks ülesandeks.

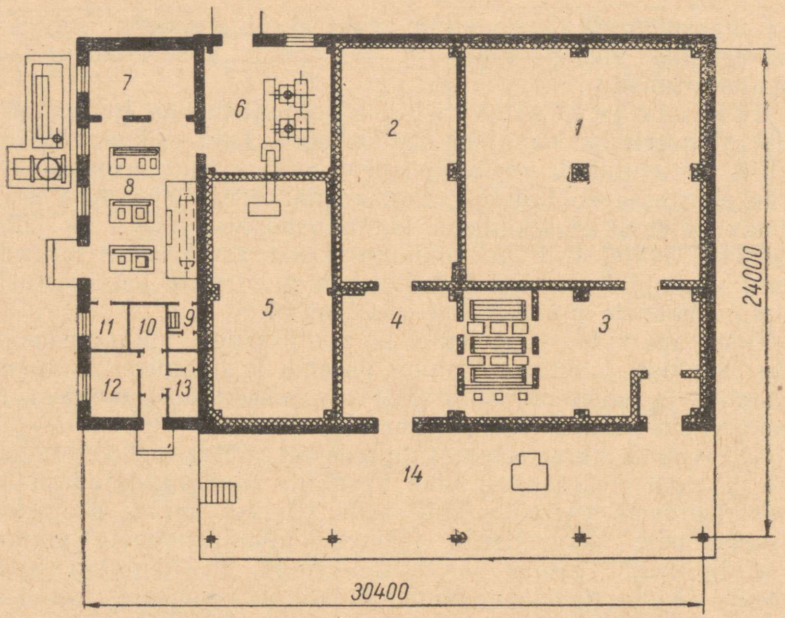
Külmutushoone pinna kasutamise koefitsiendiks nimetatakse kasuliku pinna (mis on võetud külmaga töötlemise, toodangu säilitamise, pakkimise jne. alla) vahekorda külmutushoone kogupinnaga. Mida täiuslikum on külmutushoone planeerimine, seda suurem on pinna kasutamise koefitsient, kuid viimane sõltub ka külmutushoone suurusest:

külmutushoone pind m^2	pinna kasutamise koefitsient
kuni 500	0,7
500 ... 1000	0,75 ... 0,8
1000 ... 3000	0,8 ... 0,85
üle 3000	0,85 ... 0,9

KALATÖÖSTUSLIKE 100, 300, 500 JA 1000 t MAHUTAVUSEGA KÜLMHOONETE PLANEERIMINE

Vaatleme mõningaid tootmiskülmutushoonete tüüpprojekte, samuti Riikliku Kalatööstusettevõtete ja -masinate Projekteerimise Instituudi (Giprorõbpromi) poolt viimaseil aastail väljatöötatud ühe uuema suure kalatööstusliku külmutushoone projekti.

Külmutushoone mahutavusega 100 t ja tootlikkusega 10 t külmutatud kala ööpäevas (joon. 139). Külmutushoone on määratud värske kala vastuvõtuks



Joon. 139. 100 t mahutavusega külmutushoone planeerimine:
1 — külmutatud kala säilitamiskamber, *2* — akumulaator, *3* — külmutustsehh, *4* — vastuvõturuum, *5* — jäähoidla, *6* — jäägeneraatoriruum, *7* — kilbiruum, *8* — masinaruum, *9* — tualetiruum, *10* — tööliste soojendusruum, *11* — mehhaanikatöökoda, *12* — kontor, *13* — riietusruum, *14* — platvorm.

kalurikolhoosidelt ja riiklikelt kalapüügiorganisatsioonidelt, samuti külmutamiseks ja valmistoodangu lühiajaliseks säilitamiseks ning ärasaatmiseks tarbimisrajoonidesse. Külmutushoone võib olla täiesti iseseisev ettevõte, s. o. tüüpiline varumiskülmutushoone, kuid võib kuuluda ka ettevõtete — kalakombinaatide ja kalatehaste koosseisu tsehhina. Püügile suunduvate kalalaevade varustamiseks jääga on külmutushoones jäägeneraator. Tehisjääd kasutatakse ka värske kala ajutiseks säilitamiseks akumulaatoris või jahutatud kala tootmiseks.

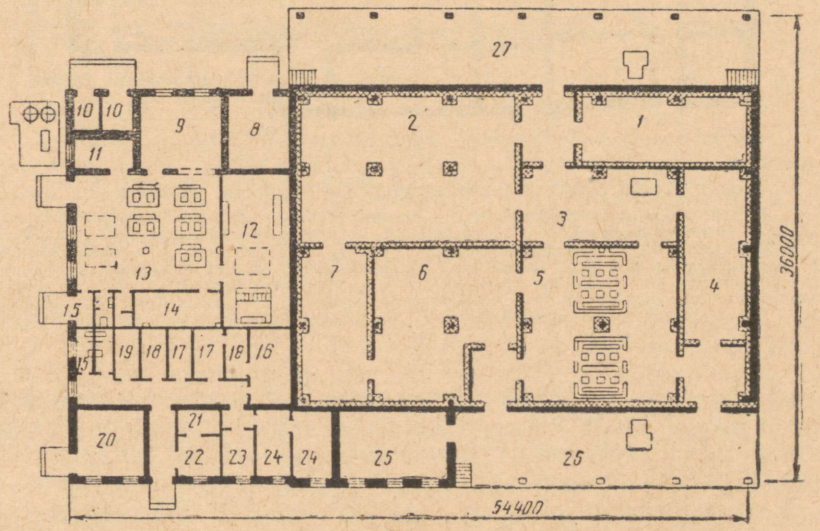
Jäägeneraatori ööpäevane tootlikkus on 6 t, jäähoidla mahutavus 60 t ja kalaakumulaatori mahutavus 25 t. Külmutushoone on ühekorruseline. Kala tuleb püügilaevadelt külmutushoone katusega platvormile ja siit vastuvõturuumi. Vastuvõturuumist suunatakse kala otse kõrvalasuvasse külmutuskambrisse. Juhul, kui kala saabub üle külmutushoone ööpäevase külmutusvõimsuse, pannakse ta akumulaatorisse — ruumi, mis samuti külgneb vastuvõturuumiga. Akumulaatoris asetatakse kala kastidesse, kus puistatakse ühtlaselt üle jääga.

Külmutuskambrisse on üles seatud intensiivse õhutsirkulat-

siooniga Üleliidulise Külmutustööstuse Teadusliku Uurimise Instituudi (VNIHI) kiirkülmutusaparaadid. Külmutatud kala laaditakse säilitamiskambrisse, mis külgneb külmutuskambriga. Valmistoodang laaditakse säilitamiskambrist külmutuskambri ja nurgaesiku kaudu vastuvõtu-laadimisplatvormile ja edasi raudteevagunitesse või autodele. Jäägeneraator ja jäähoidla asetsevad sobivalt nii masinaruumi kui ka akumulaatori suhtes.

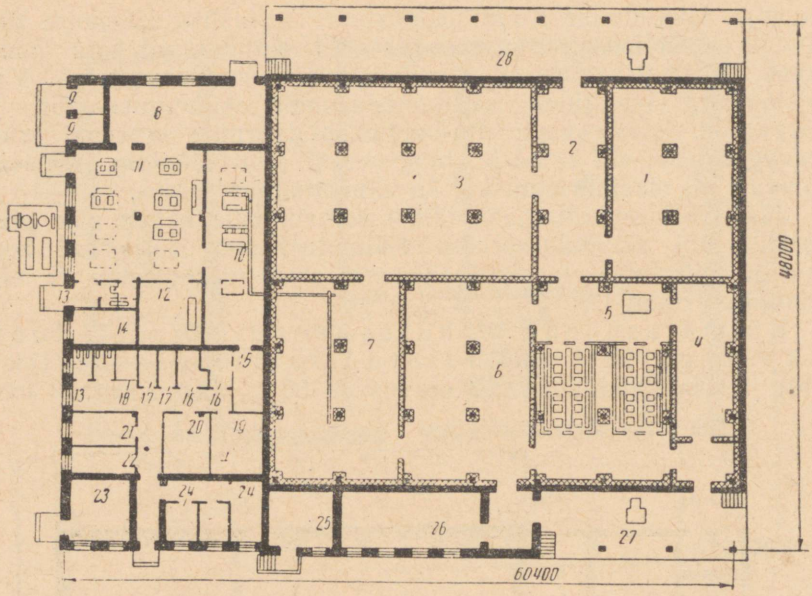
Jääd võib suunata jäähoidlast seinaluukide kaudu otse platvormile või akumulaatorisse. Külmutushoone isoleeritud kontuuriga piirnevad vasakult jäägeneraator, masinaruum ja elukondlikud ruumid.

Külmutushoone mahutavusega 300 t ja tootlikkusega 20 t külmutatud kala ööpäevas (joon. 140). Kalaakumulaatori mahutavus on 50 t, jäägeneraatori toot-



Joon. 140. 300 t mahutavusega külmutushoone planeerimine:
1, 2 — külmutatud kala säilitamiskambrid, *3* — pakkimiskamber, *4* — universaalkamber, *5* — külmutustsehh, *6* — akumulaator, *7* — jäähoidla, *8* — jaotusseade, *9* — kilbiruum, *10* — transformaatoriruum, *11* — mehhaanikatöökoda, *12* — jäägeneraatoriruum, *13* — masinaruum, *14* — pumbajaam, *15* — tualetiruum, *16* — duširuum, *17* — riietusruum, *18* — laoruum, *19* — kuivati, *20* — katlamaja, *21* — suitsetamisruum, *22* — tööliste soojendusruum, *23* — tervishoiupunkt, *24* — kontor, *25* — inventari pesemise ruum, *26* — vastuvõtuplatvorm, *27* — laadimisplatvorm.

likkus 9 t ööpäevas ja jäähoidla mahutavus 90 t. Põhimõttelt on planeerimine identne 100 t mahutavusega külmutushoone planeerimisega, kuid antud juhul on projekteeritud külmutatud kala säilitamiseks kolm kambrit, nendest üks kamber universaalset tüüpi, milles vajaduse korral võib säilitada ka muid toiduaineid



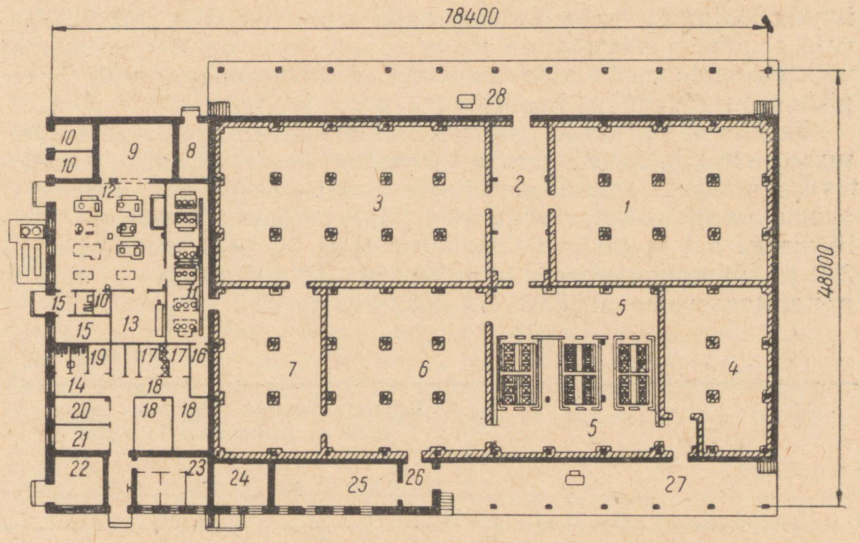
Joon. 141*a*. 500 t mahutavusega külmutushoone planeerimine:

1 — külmutatud kala säilituskamber, *2* — vestibüül, *3* — külmutatud kala säilituskamber, *4* — universaalkamber, *5* — külmutustsehh, *6* — akumulaatoriruum, *7* — jäähoidla, *8* — kilbiruum, *9* — transformaatoriruum, *10* — jäägeneraatoriruum, *11* — masinaruum, *12* — pumbajaam, *13* — tualetiruum, *14* — mehhaanikatöökoda, *15* — veesoojendusruum, *16* — duširuum, *17* — ladu, *18* — kuivati, *19* — naiste riietusruum, *20* — meeste riietusruum, *21* — tervishoiupunkt, *22* — tööliste soojendusruum, *23* — katlaruum, *24* — kontor, *25* — materjaliladu, *26* — kastitöökoda, *27* — vastuvõtuplatvorm, *28* — laadimisplatvorm.

nagu liha ja võid kohaliku elanikkonna varustamiseks ning pakkimiskamber. Peale selle on külmutushoone kummalegi pikiküljele ehitatud platvormid — vastuvõtuks laevade randumissilla pool ja pealelaadimiseks vastaspoolel, kus on raudteeharu.

Vastuvõtuplatvormile on osaliselt ehitatud elukondlikke ja abiruume. Seoses külmutushoone suure energia- ja auruvajadusega on blokis masinajaoskonnaga projekteeritud transformaatoralajaam ja katlamaja. Nagu plaanist näha on 300 t mahutavusega külmutushoonel kaks esikut — üks nurkmine vastuvõtuplatvormipoolsel küljel ja teine — keskosas raudteeplatvormipoolsel küljel.

Külmutushoone mahutavusega 500 t ja tootlikkusega 30 t külmutatud kala ööpäevas, külmutushoone mahutavusega 1000 t ja tootlikkusega 60 t külmutatud kala ööpäevas (joon. 141 *a* ja joon. 141 *b*). Esimesel nendest on projekteeritud kalaakumulaatori mahutavuseks 80 t, jäägeneraatorite ööpäevaseks tootlikkuseks 18 t, jäähoidla mahutavuseks 150 t, teisel vastavalt 120 t,



Joon. 141*b*. 1000 t mahutavusega külmutushoone planeerimine:
1 — külmutatud kala säilituskamber, *2* — vestibüül, *3* — külmutatud kala säilituskamber, *4* — universaalkamber, *5* — külmutustsehh, *6* — akumulaatoriruum, *7* — jäähoidla, *8* — jaotusseade, *9* — kilbiruum, *10* — transformaatoriruum, *11* — jäägeneraatoriruum, *12* — masinaruum, *13* — pumbajaam, *14* — tualetiruum, *15* — mehhaanikatöökoda, *16* — veesoojendusruum, *17* — duširuum, *18* — riietusruum, *19* — kuivati, *20* — tervishoiupunkt, *21* — tööliste soojendusruum, *22* — katlamaja, *23* — kontor, *24* — materjaliladu, *25* — kastitöökoda, *26* — vastuvõturuum, *27* — vastuvõtuplatvorm, *28* — laadimisplatvorm.

36 t ööpäevas ja 200 t. Põhimõtteliselt nende külmutushoonete planeerimisel erinevusi ei ole. Erinevalt 300-tonnilisest, millel on kaks esikut, on 500 ja 1000 t mahutavusega külmutushoonetel esiku asemel ehitatud raudteeplatvormipoolsele küljele küllalt avarad vestibüülid, milles võib pakkida valmistoodangut ja seejärel seda külmutushoonest väljastada. 1000 t mahutavusega külmutushoonel on esik vastuvõtuplatvormipoolsel küljel asetatud veidi vasemale.

Kõigi kirjeldatud külmutushoonete (mahutavusega 100, 300, 500 ja 1000 t) hooned on projekteeritud monteeritava raudbetoonkarkassi ja isekandvate tellis- või šlakiplokkseintega. Vundamendid sammaste all on kannu tüüpi ja monteeritavast raudbetoonist. Vundamendid seinte all on lausbetoonplokkidest, vaheseinad tellistest. Sambad on monteeritavast raudbetoonist, konsoolidega raudbetoonist kokkumonteeritavate pärlinite paigaldamiseks. Kõigi külmutushoonete sammasvõrk on 6×6 m.

Külmutushoone ja platvormide põrandad on asfaldist, masinaruumi põrandad metlahhplaatidest. Seinte, sammaste ja katuse soojusisolatsioon valmistatakse mineraalkorgist, põranda oma aga mineraalšlakist. Katus on projekteeritud ribijaist suurpaneelidest,

ilma pööninguta katusekate on aga rullmaterjalist. Monteeritavate raudbetoonelementide maksimaalne kaal on 3 t, seepärast võib elemente monteerida auto- või roomikkraanaga, mille noole pikkus on 16,5 m ja kandejõud 3 t.

Tabelis 42 on antud ehituslik iseloomustus kirjeldatud külmutushoonetele ja kahele teisele külmutushoonele, nimelt: 1) mahutavusega 50 t, külmutusseadmete tootlikkusega 5 t ööpäevas, akumulaatori mahutavusega 10 t, jäägeneraatori ööpäevase tootlikkusega 5 t ja jäähoidla mahutavusega 50 t; 2) mahutavusega 200 t, külmutusseadmete tootlikkusega 15 t ööpäevas ja muude näitajatega vastavalt 25 t, 9 t ööpäevas ja 90 t.

Tabel 42

Näitajad	Külmutushoonete ehituslik iseloomustus, mahutavus tonnides					
	50	100	200	300	500	1000
Hoonestuse pindala, m^2:						
platvormideta	405	590	961	1568	2636	3202
platvormidega	519	862	1151	1906	3014	3806
Ehituse maht, m^3	1938	2943	4641	9018	16097	19588
Põhiliste tootmisruumide pind, m^2	207	420	663	673	1256	1853
Materjalivajadus:						
tsement, t	62	81	130	213	267	390
teras, t	6,2	10	16,9	26	30,6	65
tellised, tuh. tk.	114	153	195	315	404	455
puit, m^3	32	43	67	71	88	90
Katusematerjal (papp, ruberoid) rullides	263	350	634	994	1350	1720
Mineraalkork, m^3	105	280	424	526	709	975
Raudbetoontooted, m^3	52	107	131	203	240	323

Kõigis külmutushoonetes on ette nähtud järgmine temperatuurirežiim: külmutatud kala säilitamiskambris −18° C, külmutusseadmetes −27° C, jäähoidlas −4° C ja akumulaatoris 0° C. Kala külmutamine toimub seeriaviisiliselt toodetavates VNIHI-süsteemi aparaatides, milledes protsess kestab 2,5—4,0 tundi, samal ajal kui stellaažikülmutusseadmetes on kala külmutamise kestus 12—16 tundi. Säilitamiskambrid varustatakse seinaäärsete ribipatareidega, milledes tsirkuleerib ammoniaak.

KÜLMUTUSHOONETE PÕHISEADMED

Külmutusseade, mis on määratud temperatuurirežiimi kindlustamiseks külmutusaparaatides ja külmutatud kala säilitamiskambrites, koosneb kaheastmelistest kompressoritest, mis on

komplekteeritud tavaliselt tehase «Kompressor» kompressoritest ИАУ-15 ja 2АВ-15.

Torujääd valmistavate jäägeneraatorite töö kindlustamiseks on ette nähtud üheastmelised, sama marki kompressorid. Külmutusseadmed on varustatud automaatikaga vajaliku temperatuuri alalhoidmiseks säilitamiskambrites ja automaatkaitsmetega, mis hoiavad kompressoreid avarii eest. Säilitamiskambritesse seatakse temperatuuriregulaatorid komplektis solenoidventiilidega vedela külmutusagendi torustikul. Kui õhutemperatuur kambris langeb võrreldes nõutavaga 0,5° C võrra, siis temperatuuriregulaator, mis juhib solenoidventiili, katkestab elektriahela, ventiil sulgub ja katkestab vedela ammoniaagi andmise patareidesse. Kui aga õhutemperatuur kambris tõuseb, siis temperatuuriregulaator ühendab solenoidventiili juhtimise ahela, ventiil avaneb ja suurendab vedela kütuseagendi andmist kambrite patareidesse.

Tabel 43

Seadme nimetus	Põhiseadmete vajalik kogus külmutushoonetele mahutavusega t					
	50	100	200	300	500	1000
Kompressor 2АВ-27, Q_0=400 000 kcal/h	—	—	—	—	—	3
Kompressor 4АУ-15, Q_0=150 000 kcal/h	—	1	1	2	3	2
Kompressor 2АВ-15, Q_0=70 000 kcal/h	—	2	3	3	2	—
Kompressoriagregaat АК-4АУ 40/3	4	—	—	—	—	—
Kesttorukondensaator 125 — КТВ	—	—	—	—	—	2
Kesttorukondensaator 75 — КТВ	—	—	1	—	2	—
Kesttorukondensaator 50 — КТВ	—	1	—	2	—	—
Torujäägeneraator 10 ЭТП, tootlikkus 9 t ööpäevas	—	—	1	1	2	4
Torujäägeneraator 3-3ТЛ, tootlikkus 3 t ööpäevas	1	2	—	—	—	—
Kiirkülmutusaparaadid VNIHI CA-2, tootlikkus 20 t ööpäevs	—	—	—	—	2	3
Samad CA-1 tootlikkus 10 t ööpäevas	—	1	2	2	—	—
Samad CA-3, tootlikkus 3 t ööpäevas	2	—	—	—	—	—
Ribipatareid m²	272	366	507	665	1455	1934

Külmutusaparaadid on varustatud automaatidega, mis kontrollivad aurusüsteemi normaalset täitumist vedela ammoniaagiga — distantstasemenäitajatega komplektis solenoidventiilidega. Kompressorid on varustatud imi- ja surverõhu regulaatoritega, mille andurid on üles seatud kompressori imi- ja survepooltele. Külmutusagendi aurude temperatuuri regulaatorid sea-

takse üles kompressori survepoolele. Need aparaadid kindlustavad kompressorite väljalülitamise, kui surve ületab 18 atm, samuti ka kui agendi aurude temperatuur on üle +140° C või alla +60° C. Kui üks kaheastmelise kompressiooni masina kompressoritest jääb mingil põhjusel seisma, siis lülitub automaatselt välja ka teine kompressor. Külmutushoonetesse monteeritakse seade säilitamiskambrite temperatuuride kaugkontrollimiseks — teletermomeetriline jaam.

Tabelis 43 on toodud tüüpkülmutushoonete põhiseadmed.

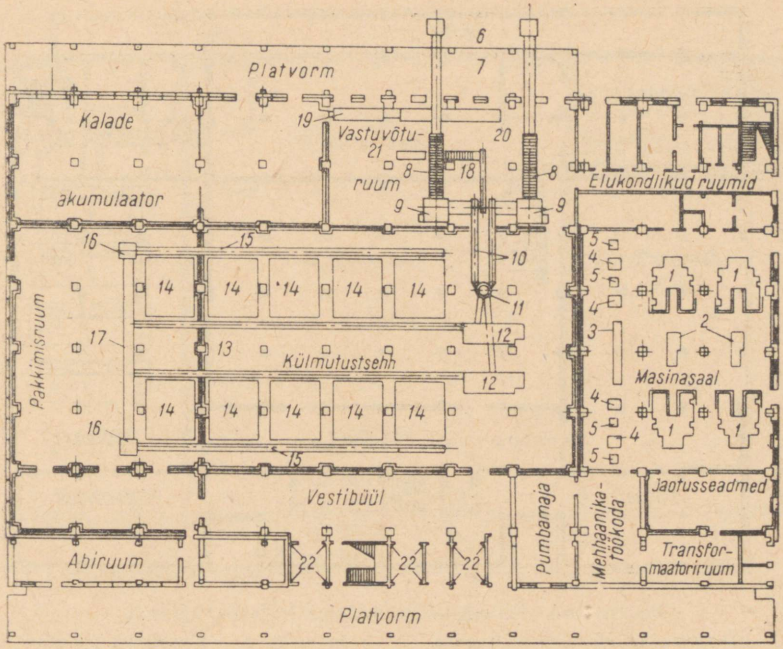
KALATÖÖSTUSLIKE 8000 T MAHUTAVUSEGA KÜLMUTUSHOONETE PLANEERIMINE

Kalatööstuslik külmutushoone Avatšinski lahe ääres. Külmutushoone on määratud kala külmutamiseks, mille toovad kohale Petropavlovski kalasadama püügilaevad, külmutatud kala vastuvõtuks, mis saabub Kamtšatka ranniku külmutushoonetest ja selle säilitamiseks kuni transportimiseni mandrile ning püügilelaevadele kalalaevadele vajaliku jää tootmiseks. Värske kala lühiajaliseks säilitamiseks on ette nähtud akumulaator. Külmutatud kala säilitamiskambrite mahutavus on 8000 t, külmutusseadmete ööpäevane tootlikkus 270 t, plokkjää ööpäevane toodang 120 t.

Viiekorruseline külmutushoone paikneb kitsal sadamaneemel ja seetõttu on merelt kolmest küljest juurdepääsetav. Ühest küljest tulevad külmutushoone juurde püügilt saabuvad laevad — keskmised ja suured traalerid ja BMRT-tüüpi külmutustraalerid, seejuures kahelt esimeselt traaleritüübilt tuleb kala vastuvõturuumi ja seejärel külmutustsehhi, BMRT-tüüpi laevadelt tuleb aga külmutatud kala ja filee otse säilitamiskambritesse külmutushoone ülemistel korrustel. Teisest küljest tulevad külmutushoone juurde suured külmutuslaevad, mis transpordivad külmutatud kala külmutushoonest mandrile. Kolmandast küljest laaditakse jääd püügile väljuvatele laevadele. Kuna külmutushoone üldhoones paiknevad mitte ainult jahutatavad ruumid, siis on hoone vertikaali mööda jaotatud kaheks osaks — jahutatavaks ja soojaks. Selline jaotus võimaldas projekteerida suletud isolatsioonikontuuri, rikkumata isolatsiooni pidevust — tingimust, mis on külmutushoonete jaoks väga tähtis, kuna katkestatud isolatsioon põhjustab suuri täiendavaid külmakulusid.

Jahutatavas osas paiknevad külmutatud kala säilitamise kambrid, külmutustsehh, vastuvõturuum, akumulaator ja jäähoidla. Jahutamata osas asuvad masinaruum, transformaatoriruum, pumbajaam, jäätehas, laod, elukondlikud ja administratiivruumid.

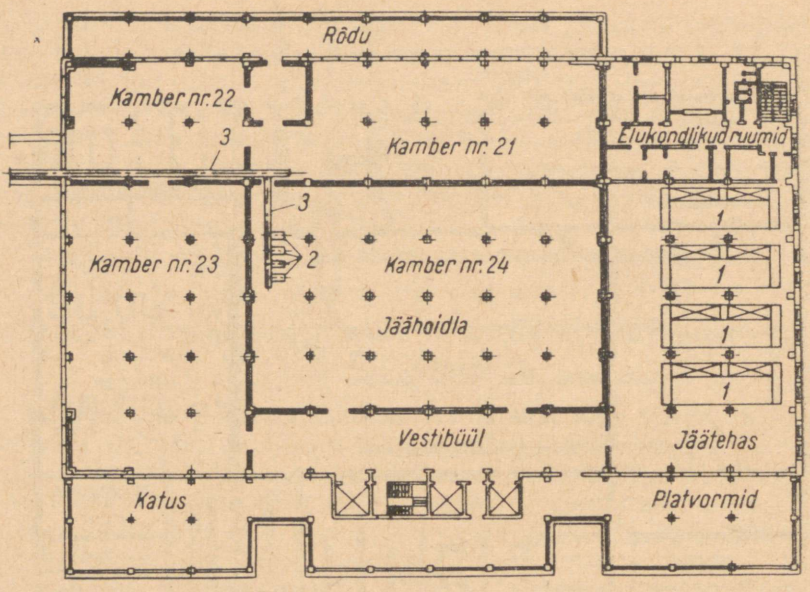
Joonisel 142 on näidatud külmutushoone esimese korruse



Joon. 142. Külmutushoone esimese korruse plaan:

1 — kaheastmeline kompressor АГК-47, *2* — üheastmeline kompressor AB-300, *3* — reguleerimisjaam, *4* — vaheanum, *5* — õlieraldaja, *6* — vastuvõtupunker, *7* — kalatransportöör, *8* — pesemismasin, *9* — kaaluseadmed, *10* — kalatransportöör, *11* — jaotuspunker, *12* — laud kala pannidele asetamiseks, *13* — värske kalaga täidetud pannide transportöör, *14* — automatiseeritud külmutusaparaat, *15* — külmutatud kalaga täidetud pannide transportöör, *16* — glasuurimisaparaat, *17* — pakkimislaud, *18* — kalajahutamisagregaat, *19* — kastipesemismasin, *20* — kastitransportöör, *21* — jahutatud kala transportöör, *22* — tõstukid.

plaan. Jääga ülepuistatud kala, mis saabub püügipaigalt kalasadamasse, lossitakse traaleritest portaalkraanade abil ja antakse vastuvõtupunkritesse. Punkritest suunatakse kala transportööridega pesemismasinasse, kus ta pestakse ja eraldatakse jääst, mis rennide kaudu heidetakse kanalisatsioonisüsteemi. Pärast kaalumist antakse kala transportööride abil jaotuspunkrisse ja sealt mööda kaldrenne ladumislaudadele. Laudadel laotakse kala pannidele ning toimetatakse transportööridega külmutusaparaatide juurde, mille igaühe tootlikkus 4-tunnise külmutuskestuse juures on 25 t ööpäevas. Aparaatide täitmine ja pannide väljavõtmine külmutatud kalaga toimub automaatselt. Glasuurimisaparaatidest, milles toimub pannide lahtisulatamine ja kalaplokkide glasuurimine, suunatakse tühjad pannid tagasi ladumislaudade juurde, külmutatud, glasuuritud plokid aga tulevad spetsiaalsetele laudadele mehhaniseeritud pakkimiseks kartong-

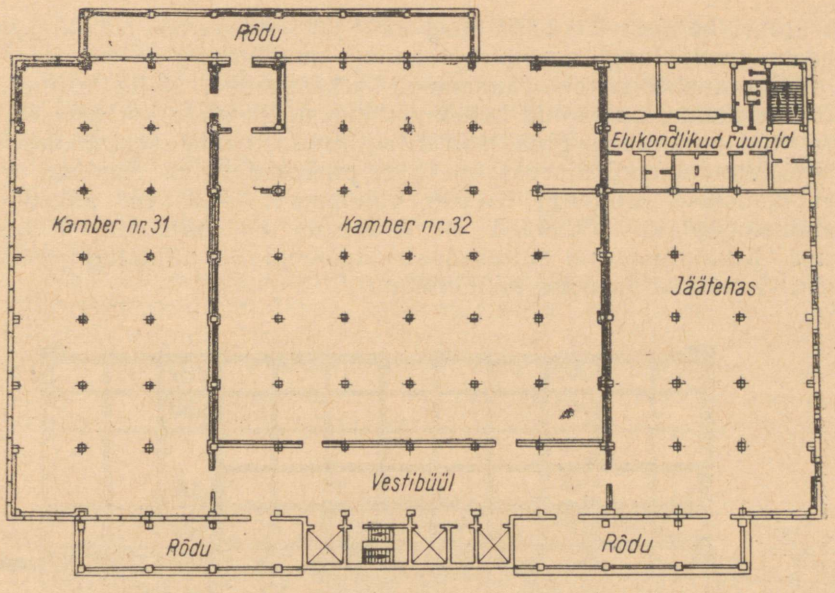


Joon. 143. Külmutushoone teise korruse plaan:
1 — jäägeneraator plokkjää tootmiseks, *2* — jääpurusti, *3* — tükeldatud jää transportöör.

taarasse. Pakitud toodang toimetatakse elektrilaadijate ja liftide abil külmutushoone iga korruse säilitamiskambritesse. Esimesel korrusel paikneb ka akumulaator, mis on arvestatud külmutustsehhi poolt vastuvõtmata värske kala ülejäägi ööpäevaseks säilitamiseks. Eriseadeldises laaditakse kala standardsetesse raudkastidesse ja samal ajal puistatakse üle peenestatud jääga, kala ja jää kaalu vahekorrad on 100:20. Kastid kalaga viiakse elektrilaadija abil akumulaatorisse.

Külmutushoone teisel korrusel (joon. 143) asuvad külmutatud kala säilitamise kambrid ja jäähoidla, selle korruse soojas osas aga jäätehas ning elukondlikud ruumid. Kolmanda ja neljanda korruse jahutatavad ruumid on planeeritud ühesugused (joon. 144); neljanda korruse soojas osas asuvad materjaliladu ja kontoriruumid.

Viiendal korrusel asuvad kolm universaalkambrit, soojas osas aga ladu konservide säilitamiseks ja ruum veepaagi jaoks. Transpordi-külmutuslaevade randumissilla suure süvise poolsel küljel asub külmutushoones kolm lifti, mille igaühe kandejõud on 3,5 t ja mida kasutatakse külmutatud kala transportimiseks külmutustsehhist säilitamiskambritesse ja nendest autoplatvormile, kui on tegemist toodanguga, mis on määratud kohaliku elanikkonna tarbeks.



Joon. 144. Kolmanda ja neljanda korruse plaan.

Veoste vastuvõtt külmutuslaevadelt ja külmutatud kala laadimine transpordi-külmutuslaevadele toimub laadimisrõdude kaudu, mis asuvad külmutushoone sellel küljel. Laadimisrõdu teenindavad kaks portaalkraanat, mille kummagi kandejõud on 3 t ja noole ulatus 22,5 m. Rõdud on ka madala süvise poolsel küljel, need on määratud külmutatud ja soolatud kalakaupade vastuvõtuks.

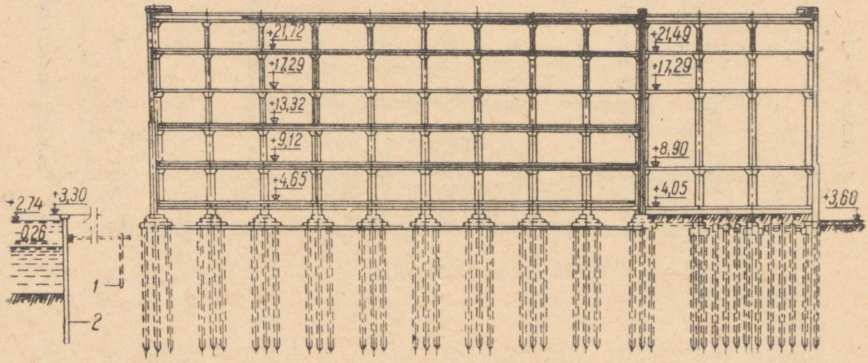
Jäähoidlasse on üles seatud jääpurustid, mis tükeldavad jääplokke 2—3 cm suurusega tükkideks. Peenestatud jää antakse koguses 40 t/h transportööriga ja seejärel gofreeritud toru kaudu kalapüügilaevade trümmidesse. Ühele SRT-le laaditakse jää 1,5—2 tunni jooksul, RT-le aga ligikaudu 3—4 tunniga.

Külmutushoone põhilised külmutusseadmed koosnevad neljast horisontaalsest kaheastmelisest ammoniaagikompressorist АГК-47, külmatootlikkus igaühel 300 000 kcal/h $t_0 = -35°$ C juures, ja kahest vertikaalsest kompressorist AB-300, külmatootlikkus kummalgi 300 000 kcal/h $t_0 = -15°$ C juures. Kompressorid АГК-47 on määratud külmutusaparaatide ja säilitamiskambrite teenindamiseks, AB-300 aga jäätehase teenindamiseks.

Masinaruumi välisseina juurde on üles seatud viis vertikaalset kesttorukondensaatorit, igaüks pinnaga 150 m². Säilituskambrites on vahetu aurustumisega ribipatareid vedela ammoniaagi isetsirkulatsiooniga, samuti aparaadid kuni −20° C tem-

peratuuri hoidmiseks. Külmutushoone jahutusskeemis teostatakse vedela ammoniaagi sundtsirkulatsiooni pumbaga.

Külmutushoone on raudbetoon-karkasshoone, mille esimese korruse seinad on laotud betoonplokkidest, ülemiste korruste seinad aga mineraalkorgiga isoleeritud raudbetoonist seinapaneelidega. Vundamendi aluseks on 15 m pikkused vaiad. Sambad on raudbetoonist, sammuga 6×6 m, vundament — 25 cm paksune raudbetoonplaat. Vahelaed on raudbetoonist, taladeta. Katus lame. Külmutushoone ehituskonstruktsioonid on näidatud joonisel 145 (külmutushoone pikiläbilõige).



Joon. 145. Külmutushoone pikiläiblõige:
1 — ankruvai, *2* — esivai.

KÜLMUTUSLAEVAD

Kõrvuti rannas asuvate statsionaarsete külmutushoonetega on nõukogude kalatööstuses laialdaselt kasutusel külmutusseadmetega laevad.

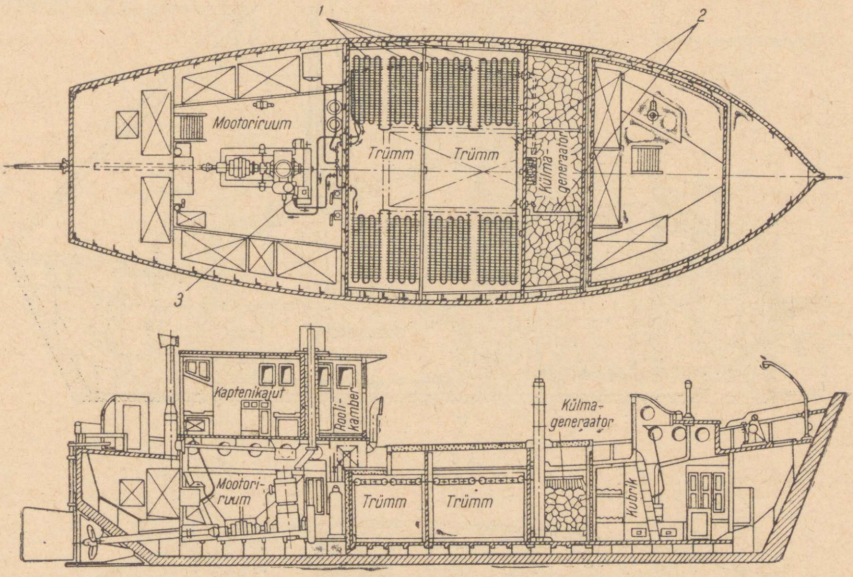
Neil kalatööstuslikel külmutuslaevadel on mitmesugune otstarve, millest sõltuvadki nii nende planeerimine kui ka külmutus- ja tehnoloogilised seadmed. Ühed laevad on määratud ainult püütud kala vastuvõtuks püügirajoonis ja tooraine toomiseks kalatöötlemisettevõtetesse. Sellisteks laevadeks on näiteks frigaatorseadmega mootorkalalaev ja masinkülmutusseadmetega vastuvõtu-transpordilaevad (PTS). Nende laevade planeerimine ja seadmed on võrdlemisi lihtsad.

Teised laevad on määratud kala ning muude meresaaduste külmaga töötlemiseks ja transportimiseks. Nende ujuvate kalatehaste ja transpordi-külmutuslaevade tehnoloogilised ning külmutusseadmed ja planeerimine on tunduvalt keerukamad. Sellised on näiteks meil ekspluateeritavad külmutuslaevad nr. 4,

nr. 5, nr. 6 jne. ning «Družba»-, «Aktjubinski»- ja «Sevastopoli»-tüüpi külmutuslaevad.

Suureks külmutuslaevade grupiks, mille kasutamine ühenduses maailma ookeanide uute kaugete rajoonide kasutuselevõtmisega üha laieneb, on püügi-külmutuslaevad, mille kaasaegseteks esindajateks on «Puškini»-tüüpi kalakülmutustraalerid ja «Majakovski»-tüüpi külmutustraalerid-kalatehased. Vaatleme lühidalt mõningate kalatööstuslike külmutuslaevade planeerimist ja üldist ehitust.

NSV Liidu kalapüügirajoonides kasutatakse isotermilisi laevu, mille trümme jahutatakse spetsiaalsetesse taskutesse laaditava jää-soola seguga. Nende laevade ülesanne on kala vastuvõtt ja selle transportimine püügipaikadelt kalatöötlemisettevõtete juurde (näiteks baaslaevade juurde). Joonisel 146 on näidatud mainitud otstarbeks määratud mootorkalalaev, kuid täielikuma jahutus-



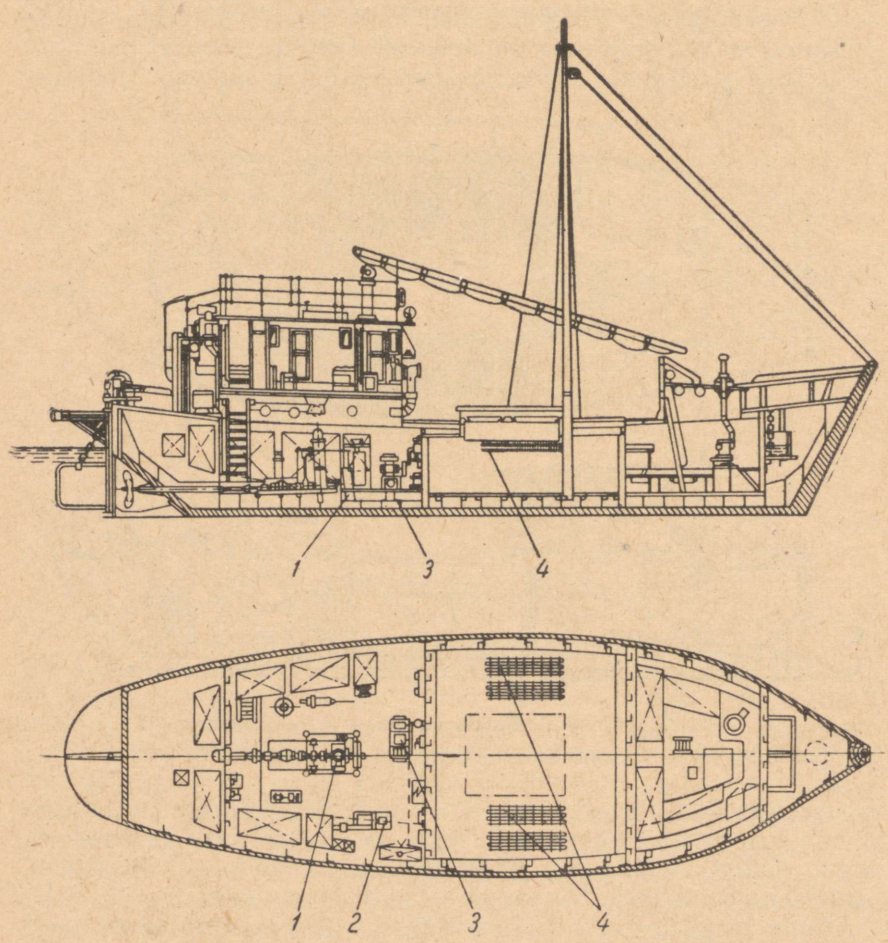
Joon. 146. Mootorkalalaeva plaan ja pikiläbilõige:
1 — ribipatareid, *2* — lahtivõetav vahesein, *3* — tsirkulatsioonipump.

süsteemiga — I. A. Kleimenovi süsteemi frigaatoriga. Kalalaeva kandejõud on 15 t külmutatud kala, laeval on keskosas kõrvuti kaks trümmi. Ahtri poolt otsast piirneb trümmiga mootoriruum, aga vööri poolt teise trümmiga — külmageneraator.

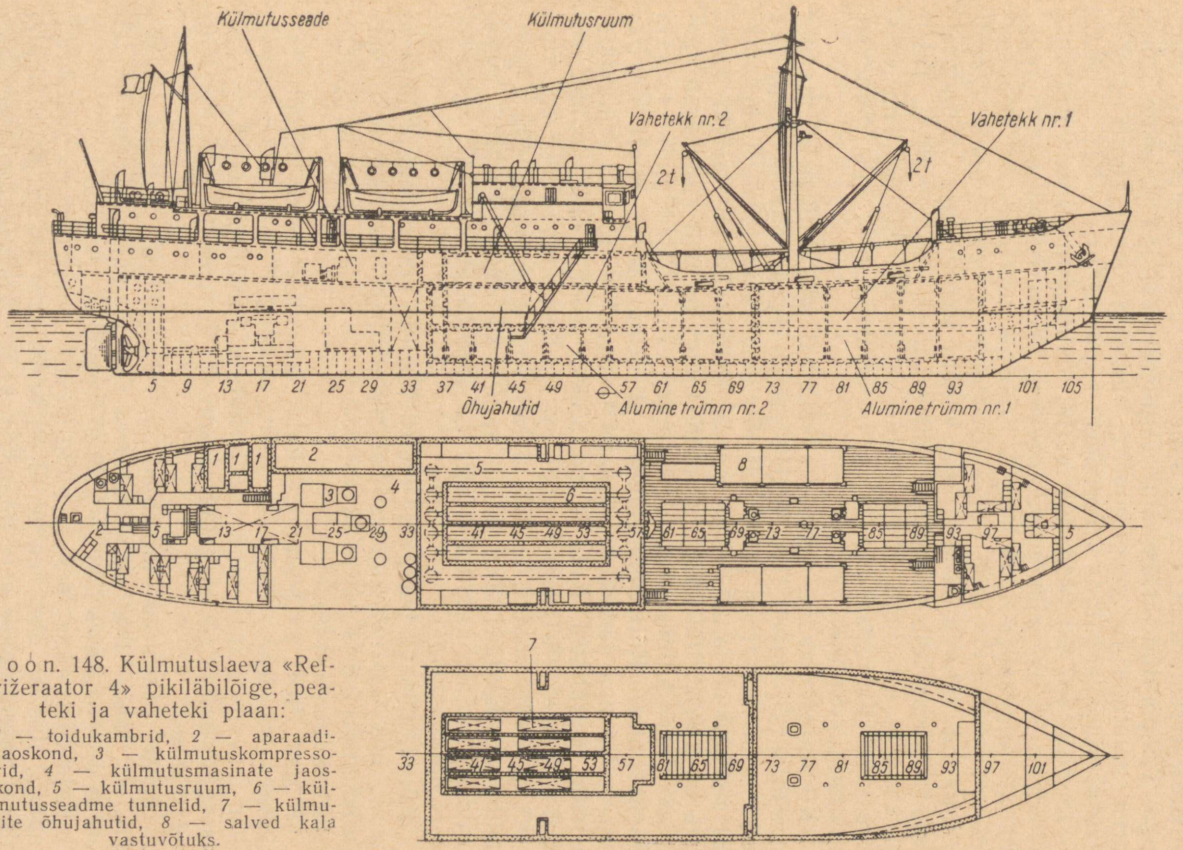
Enne järjekordset reisi laaditakse külmageneraatorisse jää-soola segu, mis asetatakse äravõetavale restile, millel on kotiriidest või roguskist filtreeriv kate. Jää ja sool asetatakse restile

vaheldumisi kihtide kaupa, kusjuures tükeldatud jää iga kihi paksus peab olema 10 . . . 15 cm. Generaatoris tekkiv külm soolvesi tuleb vastuvõtulehtri ja imitoru kaudu tsentrifugaal-tsirkulatsioonipumba juurde, mis on üles seatud mootoriruumi. Külm soolvesi pumbatakse trümmide jahutussüsteemi — torupatareidesse.

Soojenenud soolalahus tuleb torupatareidest tagasi külmageneraatorisse temperatuuri alandamiseks. Soolalahuse ülejääk, mis tekib jää sulamisest, heidetakse sama pumbaga üle parda. Generaatori külmatootlikkus on 4000—5000 kcal/h. Külmageneraa-



Joon. 147. Refrižeraator-vastuvõtu-transpordilaev:
1 — peamasin, *2* — abimasin, *3* — kompressoriagregaat, *4* — aurutuspatareid.



Joon. 148. Külmutuslaeva «Refrižeraator 4» pikiläbilõige, peateki ja vaheteki plaan:

1 — toidukambrid, *2* — aparaadijaoskond, *3* — külmutuskompressorid, *4* — külmutusmasinate jaoskond, *5* — külmutusruum, *6* — külmutusseadme tunnelid, *7* — külmutite õhujahutid, *8* — salved kala vastuvõtuks.

torit laaditakse jää ja soolaga iga 48 tunni tagant. Patareid trümmides on asetatud laevateki alla. Nad on valmistatud kahetollistest terastorudest 1 ... 1,5 mm paksusest lehtterasest ribidega. Temperatuuri trümmides reguleeritakse jää ja soola vahekorra muutmisega generaatoris; välisõhu temperatuuri juurès +30° C võib saavutada trümmides temperatuuri −8 ... −10° C.

Joonisel 147 on näidatud väike komposiitne vastuvõtutranspordilaev, mille trümmi jahutatakse freoonikülmutusmasinaga, külmatootlikkusega 4250 kcal/h. Freoonikompressor on üles seatud masinaruumi, mis külgneb trümmiga ahtri poolt otsast. Trümm on varustatud laealuste vahetu aurumisega ribipatareidega ja temas võib saavutada temperatuuri −8 ... −10° C. Tuleb märkida, et sel juhul, nagu mootorkalalaeva puhulgi, on laev arvestatud kala vastuvõtuks ja transportimiseks, mis eelnevalt on asetatud jäässe.

Külmutuslaeva nr. 4 pea- ja vaheteki pikiläbilõige ja plaanid on näidatud joonisel 148. Sellist tüüpi laevad töötavad Kaug-Ida vetes ja on määratud peamiselt lõhilaste vastuvõtuks. Laeva pikkus on 65,5 m, laius 11,5 m, parda kõrgus 5,8 m. Peateki keskosse on paigutatud külmutusruum, milles on neli külmutustunnelit ja toimub külmutuskärude täitmine ning tühjendamine ja kala glasuurimine. Külmutusruumiga piirnevad ahtri poolt refriže-raatori- ja aparaadiruum; vahetekil tunnelite all on külmutusseadme õhujahutid. Kala külmutatakse külma õhu voolus, mis läbib tunnelid kiirusega 6 m/sec ja mille temperatuur on kuni −30° C. Isoleeritud trümmid mahutavad ühekordselt 420 t puitkastidesse pakitud külmutatud kala; nad on varustatud terastorudest soolalahusepatareidega ja arvestatud −18° C temperatuuri hoidmiseks.

Külmutuslaeva teenindab kaheastmeline ammoniaagikülmutusmasin, mis koosneb kolmest kahesilindrilisest vertikaalsest otsevoolukompressorist. Igas kompressoris on üks silinder kõrgrõhu-, teine madalrõhusilinder.

Alates 1954. a. kuuluvad kalatööstusliku mere-külmutuslaevastiku koosseisu väikesed «Družba»-tüüpi diiselelektrilaevad. Need laevad on määratud värske kala vastuvõtuks püügilaevadelt otse püügipaigal, kalade külmutamiseks ja transportimiseks sihtsadamasse.

Laeva peamised mõõtmed on järgmised: suurim pikkus 57,25 m, laius ilma välisplaatideta 9,00 m, parda kõrgus miideli juures 4,10 m, süvis lastiga 2,20 m, veeväljasurve 755 t.

Kala tõstetakse laevale püügilaevade lastipoomiga või kraanadega, mis on üles seatud diiselelektrilaeva tekile. Kuni töötlemiseni paigutatakse kala külmavee paaki-akumulaatoritesse (basseinidesse), mille mahutavus on 13,5 m^3 ja mis asuvad peateki all. Neis paakides võib säilitada ühekordselt ligikaudu 7,5 t kala. Peale selle võib värsket kala säilitada tekil kastides. Paakaku-

mulaatoritest antakse kala vajaduse järele külmutamisele. Külmutusseade, mis koosneb kahest õhu ristivooluga kolmekorruselisest tunnelist, üldtootlikkusega kuni 15 t ööpäevas, asub laeva keskosas, pealisehitises. Samas ruumis toimub külmutatud kala glasuurimine ja pakkimine puittaarasse.

Kuni −30° C jahutatav õhk läbib tunneleid kiirusega 4—5 m/sec ning külmutab kala kuni temperatuurini −18° C 3...4 tunni jooksul. Enne külmutamist asetatakse kala tsingitud lehtplekist vormidesse. Need vormid liiguvad tunnelis kolmel üksteise kõhal asetseval konveieril. Suuri kalu külmutatakse ükshaaval, väikesi plokkides. Külmutatava kala suurim pikkus on 80 cm, paksus 7 cm. Külmutusmasina ruumis asub spetsiaalne vann kala glasuurimiseks.

Glasuuritud kala pakitakse puit- või kartongkastidesse, mis mahutavad 60 kg kala ja saadetakse liftiga jahutatud trümmidesse. Kaks vinüduriga isoleeritud trümmi mahutavad 120 t külmutatud ja pakitud kala. Trümmides on üles seatud laadimisstellaažid, mis on varustatud siledatoruliste soolveepatareidega, mis neelavad soojuse juurdevoolu läbi parraste, tekivaheseinte ja ka elektrivalgustusest ning trümmis töötavalt personalilt.

Põhilised külmutusseadmed — kompressorid elektriajamiga, kondensaatorid, soolveeaurustid, mereveejahutid, pumbad, samuti ka kilp käivitus-, mõõte- ja automaatseadistega — asetsevad kompressorijaoskonnas, mis asub vööri- ja ahtritrümmide vahel.

Vastavalt laeval teostatavatele tehnoloogilistele protsessidele kala akumuleerimisel, külmutamisel ja külmutatud kala säilitamisel trümmides transportimise ajal, on laev varustatud kolme üksteisest sõltumatult töötava külmutusseadmega:

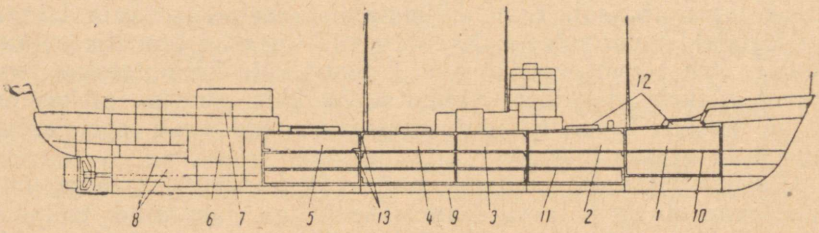
a) külmutusseadmega kala jahutamiseks merevees,
b) seadmega, mis on määratud kala külmutamiseks ja
c) külmutusseadmega trümmide jahutamiseks.

Kõigis neis seadmeis on külmutusagendiks freoon-12 ja nad on komplekteeritud kaheastmelistest kaheksasilindrilistest V-kujulistest külmutusagregaatidest, mis on varustatud oma kesttorukondensaatorite, vaheanumate, õli- ja freoonieraldajatega. Laeval on kokku kuus kompressoriagregaati.

Külma tootmiseks, mis on vajalik kala jahutamiseks ja lühiajaliseks säilitamiseks paakides mereveega, kasutatakse kompressorit, mille külmatootlikkus −12° C aurustumistemperatuuri juures on 6000 kcal/h. Freoon aurustub torusüsteemides, mis on monteeritud otse paakidesse. Merevee temperatuuri paakides hoitakse 4...2° C piirides. Trümmide jahutamiseks vajalik külm toodetakse kompressoriga, mille külmatootlikkus −30° C aurustumistemperatuuri juures on 3000 kcal/h. Soolvesi kesttoruaurustis jahtub kuni −25° C-ni.

«Aktjubinski»-tüüpi meretranspordi refrižeraator-diiselelektrilaeval on peamised mõõtmed järgmised: suurim pikkus 130,9 m,

laius 16,8 m, pardakõrgus 9,5 m, laeva trümmide kubatuur 6700 m³, süvis veeliinini 4820 t kandejõu juures 7,5 m, täielik veeväljasurve süvise puhul kuni veeliinini 10250 t, peadiislite võimsus 4×1800 hj, abidiiselgeneraatorite võimsus 750 pöörde puhul minutis 3×300=900 kW. Üksikute laevaruumide asetuse skeem on näidatud joonisel 149.



Joon. 149. Diiselelektrilaeva «Atjubinsk» ruumide asetuse skeem:
1 — trümm nr. 1, *2* — trümm nr. 2, *3* — trümm nr. 3, *4* — trümm nr. 4, *5* — trümm nr. 5, *6* — peadiiselgeneraatorite sektor, *7* — ahtri pealisehitis, *8* — abidiiselgeneraatorite sektor (ülal) ja sõuvõlli elektrimootorite oma (all), *9* — kahekordne põhi, mis on jaotatud sektoriteks kütuse ja vee jaoks, *10* — vahetekk, mis jagab trümmi kõrguti kaheks korruseks (trümm all, vahetekk üleval), *11* — platvorm, mis jagab trümmi kaheks korruseks, *12* — lastiluugid, *13* — isoleerroovistik (ribband).

Laev on määratud kala transportimiseks rannakülmutushoonetest, kalakülmutuslaevadest või heeringabaaslaevadest tarbimissadamatesse ja külmutatud vaalaliha äratoomiseks vaalapüügibaasidest. Kogu laeva isoleeritud osa (ekspansiitplaatidega) on jaotatud viieks trümmiks, mis mahutavad kuni 3350 t külmutatud kala kartongtaaras või nõrgalt soolatud kala kastides. Trümm nr. 1 (vööris) on vahetekiga jagatud kaheks korruseks (trümm all, vahetekk üleval). Neli ülejäänud trümmi on vaheteki ja platvormidega jagatud kolmeks korruseks. Selline trümmide vertikaalne jaotus loob paremad tingimused veoste paigutamiseks ja nende transportimiseks. Trümmid on varustatud soolveejahutuspatareidega, mis võimaldavad neis hoida temperatuuri alates 0° kuni −15 ... −18° C.

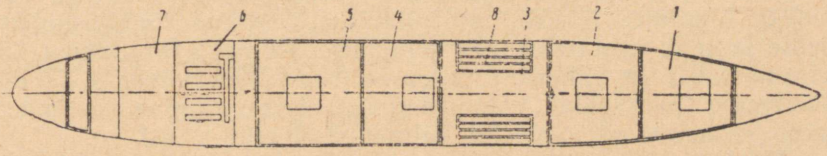
Temperatuurirežiimi trümmides kontrollitakse distantstermomeetritega, mille näiduaparaadid on üles seatud külmutusmasinate ruumis. Laeva ammoniaak-külmutusseade koosneb kolmest АДС-150 tüüpi kompressoriagregaadist, neist $t_0 = -30°$ C ja $t = 30°$ C juures igaüks külmatootlikkusega 150 000 kcal/h, kahest aurustist ИКТ-75, mille mõlema soojuse ülekandepind on 75 m², kahest kondensaatorist-ressiivrist КР-50, soojuse ülekandepinnaga 50 m² kumbki, ja soolveepumpadest. Üks mainitud kompressoriagregaatidest on reservis. Kompressoriagregaat koosneb kompressorist 4БАУ-19 (KSS) ja kompressorist 2АВ-15 (MSS). Külmutatud kala transportimisel töötavad kaks agregaati kahe-

astmelise kompressiooni skeemi järgi. Nad kindlustavad trümmi 1 m³ kasuliku kubatuuri kohta külma 30—32 kcal/h trümmide temperatuuri juures −15° C ja kuni 40 kcal/h trümmide temperatuuri juures −18° C.

Külmutatud ja nõrgalt soolatud kala transportimisel võrdsetes kogustes töötab üks kompressoriagregaat kaheastmelise ja üks kompressor 2AB-15 üheastmelise kompressiooni skeemi järgi.

Ainult nõrgalt soolatud heeringa transportimisel (temperatuur trümmides 0 . . . −6° C) töötavad kaks kompressorit 2AB-15 külmatootlikkusega 75 000 standard kcal/h kumbki ja tagavad külmakulu ligikaudu 20 kcal/h trümmi kasuliku kubatuuri 1 m³ kohta. Madalrõhu aste (busterkompressor 4БАУ-19) sel juhul ei tööta.

«Sevastopoli»-tüüpi diiselelektrikülmutuslaev erineb «Aktjubinskist» sellepoolest, et ühendab kala või vaalaliha külmaga töötlemise ja transportimise funktsioonid. Osa aastast külmutab «Sevastopol» Antarktikas vaalaliha ja toob selle püügipaikadelt ära, aasta teisel osal kasutatakse külmutuslaeva kala külmutamiseks ja transportimiseks.



Joon. 150. «Sevastopoli»-tüüpi diiselelektrilaeva vaheteki plaan:
1 — vahetekk nr. 1, *2* — vahetekk nr. 2, *3* — vahetekk nr. 3, *4* — vahetekk nr. 4, *5* — vahetekk nr. 5; *6* — peadiiselgeneraatorite jaoskond, *7* — abidiiselgeneraatorite jaoskond, *8* — kalakülmutustunnelid (nende all platvormil paiknevad õhujahutid, veel madalamal aga külmutusmasinad, agregaadid ja pumbad).

Joon. 150 on skemaatiliselt näidatud vaheteki plaan. Sellel laeval kasutatakse osa trümmi nr. 3 külmutusjaoskonna all (vahetekis), õhujahutite ja ventilaatorite ning veel allpool külmutusmasinate, aparaatide ja pumpade paigutamiseks. Seoses sellega väheneb laeva kasulik maht ligikaudu 1300 m³ võrra. Kummalgi pool sektorit nr. 3 asuvad kaks kaubatrümmi. Sektori nr. 3 kohal asuvasse pealisehitisse paigutatakse eluruumid ja tootmisruumid vaalaliha lõikamiseks, ning pesemiseks. Laeva ahtriosa on määratud pea- ja abidiiselgeneraatorite paigutamiseks. Külmutusruumis on 8 tunnelit, 4 kummaski poordis, milledes võib külmutada vaalaliha või kala külma õhu voolus. Liha ja kala asetatakse eelnevalt pannidele, mis on valmistatud 1 mm paksusest roostevabast terasest. Pannide seesmised mõõtmed on 795×245×100 mm. Panni kaal lihaga täidetult on 18 . . . 20 kg,

kalaga 15...18 kg. Pannid toodanguga paigutatakse liikuvatesse konteineritesse, millest igaühesse mahub 28 panni (seitse rida, igas reas 4 panni). Konteinerid suunatakse mööda rippteed külmutustunnelitesse, kus nad kett-transportööri abil teisaldatakse külma õhu liikumisele vastupidises suunas. Tunneli pikkus on ligikaudu 12 m, igasse tunnelisse mahub 8 käru. Õhk, keskmise temperatuuriga −26° C, tsirkuleerib külmutustunnelite ja õhujahutite vahel. Tsirkulatsiooni teostatakse telgventilaatori abil, mille tootlikkus 120 mm veesamba surve juures on 40 000 m³/h, seejuures üks ventilaator teenindab kaht tunnelit. Konteiner, liikudes tunnelis, viibib selles 4,5 tundi ja selle ajaga külmub kala või liha kuni −18° C. Külmutusseadme tootlikkus 22 tunni kestel ööpäevas on arvestatud 100 t liha või kala. Konteinerite väljumise vaheaeg kummagi parda neljast tunnelist on 10...15 minutit. Üles on seatud kaks õhujahutit; ribitorude soojuse üleande üldpind moodustab 1020 m².

Vaalaliha ja kala töötlemise tehnoloogilistel skeemidel on teatavaid erinevusi; liha võib üle anda vaalapüügibaasilt külmutuslaevale lastipoomi abil võrdlemisi vaikse ilmaga, kui laev asub otse vaalapüügibaasi juures. Tekile võetud liha lõigatakse viiludeks, seejärel aga tükeldamismasinal määratud suurusega tükkideks. Lihatükid lähevad siit külmutusjaoskonna kogumispunktidesse ja sealt asetatakse nad pannidele. Pärast külmutamist liha glasuuritakse ja pakitakse taarasse. Need operatsioonid — liha asetamine pannidele, valmistoodangu glasuurimine ja pakkimine — toimuvad vahetekil külmutustunnelite vahel.

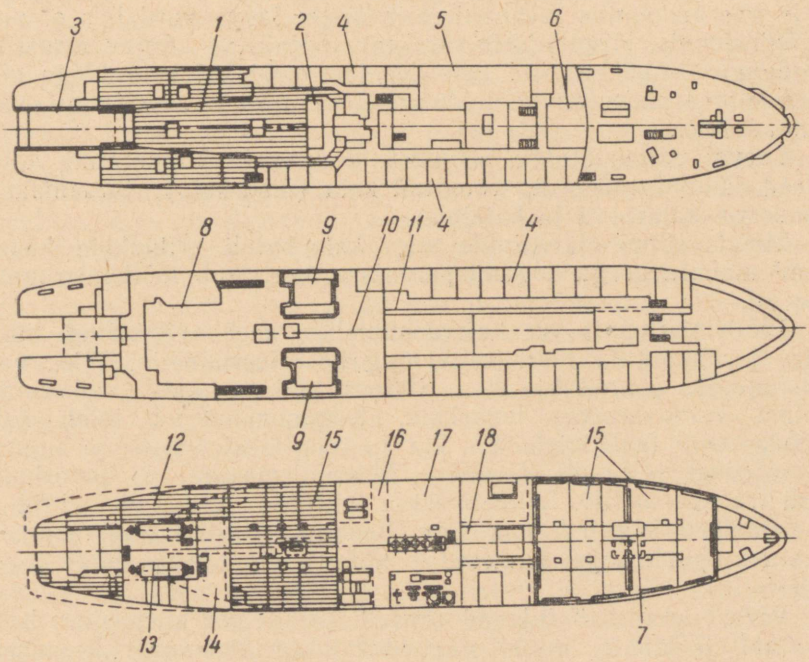
Töötlemisel pestakse kala hoolikalt spetsiaalmasinas ja alles pärast seda suunatakse külmutusjaoskonna kogumispunkritesse. Tooraine töötlemise tehnoloogilise skeemi tähtsamaks iseärasuseks külmutuslaeva pardal on vaalaliha ja kala lahkamise, külmutamise ja transportimise protsesside mehhaniseerimine ning automatiseerimine.

Peakülmutusseadmeteks külmutuslaeval on: kaks kaheastmelist ammoniaagikompressoriagregaati МАДС-150, millest viit agregaati, igaüks külmatootlikkusega 90 000 kcal/h $t_0 = -36°$ C ja $t = 30°$ C juures, kasutatakse liha ja kala külmutamiseks ja üht, külmatootlikkusega 150 000 kcal/h $t_0 = -30°$ C ning $t = 30$ C juures, trümme jahutava soolvee jahutamiseks aurustis; kaks aurustit МИКТ-75, kummagi pind 75 m², neli kondensaatorit-ressiivrit, igaühe pind 50 m²; kuus vahejahutit, õlieraldajad ja õlikogujad. Sooiveesüsteemi teenindavad kaks pumpa ВПН-90, tootlikkusega kumbki 90 m³/h. Kõigis laeva elu- ja ühiskondlikes ruumes on ette nähtud õhu konditsioneerimine. Külmutuslaeva trümmid mahutavad 2150 t vaalaliha.

«Puškini»- ja «Majakovski»-tüüpi külmutustraaleritel-kalatehastel lastakse traal sisse ja tõstetakse välja ahtrist. See asjaolu määras suuresti ette laeva üldise planeerimise ja võimaldas

välja töötada kalatöötlemise voolujoonelise tehnoloogilise protsessi.

«Puškini»-tüüpi traaleril on järgmised mõõtmed: suurim pikkus 84,5 m, laius mööda špangoutkaari 13,4 m, parda kõrgus kuni peatekini 7,35 m, süvis 5,5 m, laeva veeväljasurve ilma lastita 2235 t, deadweight ligikaudu 1200 t., peadiisli võimsus 1900 hj. Sõiduautonoomsus 80 ööpäeva. Külmutustrümmide maht 1350 m³, kalajahutrümmidel 150 m³, konservitrümmidel 130 m³ ja kalarasvatankidel 73 m³.



Joon. 151. «Puškini»-tüüpi traallaeva teki ja trümmide plaan:

1 — tööndusliik laevatekk, *2* — traalvints, *3* — slipp, *4* — eluruumid, *5* — meeskonna söökla (kinosaal), *6* — ühiskajut, *7* — elevaator, *8* — kalatöötlemisruum, *9* — kalakülmutamiskambrid, *10* — pakkimisjaoskond, *11* — rulltee ja transportöör pakitud toodangu andmiseks vööritrümmidesse, *12* — konservitrümm, *13* — kalajahuseade, *14* — kalajahutrümm, *15* — lastikülmutustrümm, *16* — külmutusjaoskond, *17* — peamootor ja abidiiselgeneraatorid, *18* — katlaruum.

Joonisel 151 on näidatud traaleri laevateki ja trümmide plaan. Ülemisele laevatekile on asetatud ülemine pealisehitis (ühiskajut, meeskonna söökla, kambüüs, puhvet, meeskonna kajutid), traalivints, platvorm kala väljavalamiseks ja sorteerimiseks. Ülemise laevateki ahtriosa läheb üle slipiks. Pealisehitise tekil on vööri- ja ahtriruhvid. Ahtriruhvi peal asub sillake laeva

juhtimiseks traali sisselaskmisel ja ülestõstmisel. Ruumides pea- ja ülemise laevateki vahel vööriosas on kajutid, ahtris aga kalatöötlemistsehh. Peateki all on pootsmani laoruum, ketikast, mageveetsistern, trümmid nr. 1 ja nr. 2, katla- ja mootoriruumid, laeva elektrijaam, külmutusmasinate jaoskond ja töökoda, edasi ahtri suunas trümm nr. 3, konservide ja kalajahu trümm, kalarasvatsisternid, võrkude laoruum, ruum kartulite jaoks ja rumpli- (rooliseadmete) ruum.

Traaleri-kalatehase põhilisteks iseärasusteks on ahtritraalimine, kalatöötlemise tehnoloogilise protsessi voolavus koos põhiliste operatsioonide mehhaniseerimisega; laeva pardal, s. o. otse püügirajoonis, absoluutselt värskest toorainest kõrgeväärtusliku toodangu — külmutatud kalafilee tootmine; toorkala kõige otstarbekam ärakasutamine toiduainete ja mittetoidutoodangu valmistamiseks.

Laeval valmistatakse järgmist toodangut: külmutatud kalafileed, külmutatud peata roogitud kala (ümarkala), tursamaksakonserve, kalarasva ja kalajahu.

Mööda slippi platvormile tulev kala satub eriluukide kaudu 4 m^3 mahutavusega kogumispunkrisse, mis asub töötlemisruumis lae all.

Töötlemisruumis on kalarookimisliin, mehhaniseeritud liinid filee ja ümarkala töötmiseks ning käsifileerimisliin. Filee valmistamiseks suunatakse 50 ... 100 cm pikkune kala, väiksemast kalast valmistatakse ümarkala. Kogumispunkrist tuleb kala mööda renni lahkamislauale, kus ta roogitakse käsitsi ja suunatakse edasi, sõltuvalt suurusest, fileerimismasina või ümarkalaliini transportöörile. Lahkamislaua juurde on asetatud ämbrid ja spetsiaalsed kogujad, mis on ühendatud utiliseerimisseadmete vastuvõtupunkritega; esimesed — maksa, teised sisikondade kogumiseks.

Pärast rookimist tulevad suured kalad pearaiemasina horisontaalsele lauale, millel nad asetatakse ükshaaval pesadesse enne pea kiilutaolist äralõikamist. Peata kala pannakse fileerimismasina liikuvasse renni ja antakse peakonveieri spetsiaalsete haarmetega ketasnugade alla lahkamiseks. Neli paari nuge lõikavad ära kõhu- ja seljauimed, roided, eraldavad kala liha selgroost ja filee sabajuurest.

Valmisfilee satub kummist transportööridele ja edasi nahaeraldamismasinate juurde, jäätmed aga linttransportööridele, mis viib nad lahkamistsoonist välja.

Naha filee kogutakse anumasse, mis külgneb fassimislaudadega. Väiksem kala tuleb pärast rookimist ümarkalaliini pearaiemasina juurde. Kalade pead eraldatakse karusselli tüüpi pearaiemasinas ketasnugadega. Karusselli teatud pöördenurga juures kukub kalakere pesast välja pidevalt liikuvale kopptransportöörile ja satub trumlitüüpi pesemismasinasse ning sellest mööda

kaldrenni kogujasse fassimislaudade juurde. Käsifileerimisliinile on üles seatud lauad kümne töökoha jaoks ja kolm linttransportööri, millest ülemine on määratud filee andmiseks nahaeraldamismasina juurde, keskmine — kala andmiseks fileerimisele ja alumine — jäätmete viimiseks vastuvõtupunkri juurde.

Niisiis antakse filee ja ümarkala fassimislaudade juurde, kus on 5 töökohta, kaalutakse siin ja asetatakse pannidele. Üks pakkija fassib tunnis kuni 340 kg fileed, kulutades kala asetamiseks ühele pannile (10,5 kg) 1 minuti 51,4 sekundit. Ümarkala fassib üks pakkija tunnis ligikaudu 750 kg, kulutades kala asetamiseks ühele pannile keskmiselt 42 sec.

Nahaga filee väljatulek moodustab 42%, nahata aga — 37,7%.

Fassitud kalatoodang külmutatakse kahes õhkkiirkülmutusseadmes, mille kummagi tootlikkus on 15 t ööpäevas. Kiirkülmutid asuvad kalatöötlemistsehhi ja pakkimisjaoskonna vahel. Igas kambris on kaks tunnelit, mille vahele on monteeritud üks õhujahuti, jahutuspinnaga 850 m². Tunnelid on eraldatud külmutustorudega, mis moodustavad vaheseina. Kambri otsmistesse seintesse on paigutatud neljatiivikulised ventilaatorid, mis kindlustavad külma õhu tsirkulatsiooni tunnelites. Ventilaatorite tootlikkus, kui veesamba surve on 50 mm ja nominaalne pöörete arv 2500 minutis, on 2,5 m³/sec ja tarbitav võimsus 3,3 kW.

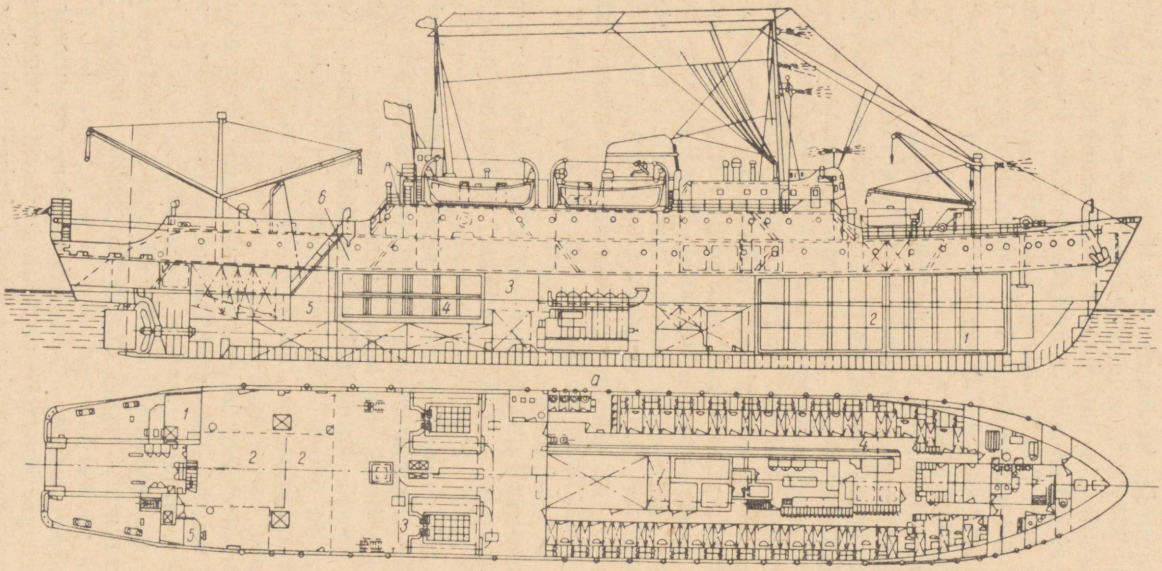
Filee või ümarkalaga täidetud pannid antakse külmutuskambritesse spetsiaalsetel kärustellaažidel, mis pannakse liikuma teisaldatavate pneumoseadmetega.

Kui õhutemperatuur tunnelis on −30° C ja kala lõpptemperatuur pärast külmutamist −18° C, siis kestab külmutamine 3,5 ... 4 tundi.

Filee ja kala glasuuritakse spetsiaalses masinas. Kala- ja fileebriketid pakitakse pakkimisruumis kartongkastidesse ja saadetakse siit laeva trümmi, kus külmutatud toodangut säilitatakse −18° C juures. Laeva kolm trümmi üldkubatuuriga 1360 m³ mahutavad ligikaudu 680 t külmutatud kala ja fileed. Jahutuspatareide pind trümmides on: nr. 1 — 160 m², nr. 2 — 162 m² ja nr. 3 — 116 m².

Laevale on monteeritud külmutusseade, mille koosseisu kuuluvad kolm neljasilindrilist vertikaalset kaheastmelist ammoniaagikompressorit, millest igaüks $t_0 = -40°$ C, $t = 25°$ C ja $n =$ $= 500$ p/min. juures toodab külma 80 000 kcal/h, kesttorukondensaatorid ja vedela ammoniaagi ressiivrid, kesttoru-soolveeaurustid, õhujahutid ja soolveepatareid.

Vasakule pardale, otse töötlemistsehhi taha, on monteeritud konservimisseade, mis koosneb poolautomaatsest sulgemismasinast, karpide markeerimise kompostrist, kahest autoklaavist, mahutavusega igaüks 450 karpi ja laudadest maksa fassimiseks ning sorteerimiseks. Seadme ööpäevane tootlikkus, kui turska püütakse kuni 50 t, on 3000—3500 karpi.



Joon. 152. Suur külmutustraallaev «Majakovski»:

a — pikiläbilõige: *1* — lastitrümm nr. 1, mahutavus 350 m³, *2* — lastitrümm nr. 2, mahutavus 570 m³, *3* — külmutusmasinate ruum, *4* — lastitrümm nr. 3, mahutavus 415 m³, *5* — kalajahutrümm, mahutavus 150 m³, *6* — kalatehase ruum;
b — ülemise laevateki plaan: *1* — konservijaoskond, *2* — kalatehase ruum, *3* — õhkkülmuti kala külmutamiseks, *4* — külmutustorustike ja linttransportööri koridor, *5* — traanikeetmise jaoskond.

Rasvasulatamisseade — kolm ristkülikukujulist rasvasulatamiskatelt, millest igasse võib mahutada 350 kg maksa. Sulatamine toimub auruga kuumutamise teel. Rasva väljatulek (töödeldava maksa kaalust) moodustab 30,8% (s. o. 345 kg sisselaaditud toorainest tuleb välja 90 kg rasva).

Kalajahuseade on määratud kõigi kalajäätmete ja tööndusliku tähtsuseta kaaspüügi ümbertöötamiseks. Seade koosneb kahest ühetrumlilisest firma «Hartmann» agregaadist, üldtootlikkusega 20 t toorainet ööpäevas. Ühte trumlisse laaditava tooraine kaal on 2500 kg. Kalajahu pressitakse hüdraulilise pressiga, mille tootlikkus on 320 kg/h.

«Majakovski» seeria traallaevad, mis on ehitatud NSV Liidus, on käesoleval ajal kõige suuremad kalapüügilaevad maailmas. Traallaeva põhiline iseloomustus on järgmine: suurim pikkus 84,7 m, laius 13,99 m, kõrgus kuni peatekini 10 m, keskmine süvis 5,53 m, veeväljasurve 3660 t, peamootori võimsus 2000 hj., kalatrümmide maht 1355 m^3, sõiduautonoomsus 80 ööpäeva.

Pikiläbilõige ja ülemise laevateki plaan on näidatud joon. 152. Traaleril toimub kalapüük ahtritraaliga ja kala töötlemine valmistoodanguks, mis ei vaja täiendavat ümbertöötamist rannaettevõtetes. Tehnoloogiline protsess on mehhaniseeritud ja rajaneb vooltootmisprintsiibile. Selleks otstarbeks on ette nähtud liinid kala mehhaaniliseks ja käsitsi fileerimiseks, samuti ka pea kõrvaldamiseks ja rookimiseks.

Külmutusseadmete üldine ööpäevane võimsus küünib 30 . . . 35 t. Kaks külmutuskambrit mahutavad 16 käru, millest igaüks on arvestatud 44 panni jaoks kala või fileega. Nagu «Puškini»-tüüpi laevalgi, on ka siin olemas konservimis-, rasvasulatamis- ja kalajahuseadmed.

IX PEATÜKK

KALADE DEFROSTEERIMINE

DEFROSTEERIMISPROTSESSI OLEMUS

Defrosteerimisel tõuseb külmutatud kala temperatuur kuni 0° C, jääkristallid sulavad ja seejuures kala koed imavad niiskust. Kui defrosteeritav toiduaine külmutati ja säilitati optimaalsetes tingimustes, siis sellise toote omadused peavad pärast õigesti sooritatud defrosteerimist üsna vähe erinema tema omadustest enne külmutamist.

Omadused, mis iseloomustavad pikemat aega säilitatud kala vahetult enne tema toiduks valmistamist või teistkordset töötlemist, sõltuvad mitte ainult külmutamis- ja säilitamisviisist ning režiimist, vaid ka defrosteerimisviisist.

Mõnikord sulab külmutatud toode, olles ebasoodsates säilitamis- ja transporditingimustes, iseenesest üles; sel juhul toimub sulamine, mitte aga defrosteerimine. Ei tohi ära segada defrosteerimisprotsessi soojenemisprotsessiga, kuna viimane on vastupidine jahutamisele. Jahutatud tooteid soojendatakse selleks, et vältida higistamist. Kui jahutatud toode satub sooja õhu keskkonda, mille kastepunkt on toote temperatuurist kõrgem, siis sadestub õhust tema külmale pinnale niiskust ja toode kattub higiga. Kuid jahutatud kala higistamine ei too endaga kaasa kala kvaliteedi halvenemist, sest samal ajal teatav külmavaru kalas soodustab toote paremat säilivust ka nendes tingimustes. Sellepärast jahutatud kala harilikult ei soojendata. Samal ajal, kui soojenemisprotsessil on võrdlemisi lihtne iseloom, on defrosteerimisprotsess keerukas; selles protsessis tuleb luua optimaalsed tingimused, mille juures saavutatakse külmutusprotsessi maksimaalne pöörduvus kõige väiksemate muutustega toiduaine koostises. Defrosteerimisel püütakse saavutada lihaskudede poolt selle niiskuse maksimaalne tagasiimamine, mis külmutamisel lihaskudedest eraldus.

Defrosteerimise optimaalsetes tingimustes imavad lihaskiud toote vee täielikumalt ja järelikult taastuvad lihaskoe esialgsed omadused maksimaalsel määral. Kuid kala lihaskudede omadus

defrosteerimisel tagasi imada külmutusprotsessis eraldunud vett sõltub mitte ainult defrosteerimistingimustest, vaid suurel määral ka külmutusviisist ja -režiimist ning külmaga säilitamise tingimustest. Sellepärast tuleb kõiki kala ja kalasaaduste külmaga töötlemise põhiprotsesse — jahutamist, külmutamist, säilitamist ja defrosteerimist — vaadelda vastastikuses seoses ja kompleksselt. Kui kala külmutati ebasoodsates tingimustes ja selle protsessiga kaasnes toote struktuuri tõsine rikkumine ning toote komponentide oluline ümberjaotus, siis kaotavad kala lihaskiud suurel määral võime imada vett defrosteerimisel, hoolimata selle protsessi õigest režiimist. Samal ajal ebaõige defrosteerimisprotsess kaotab toote külmutamisel ja külmaga säilitamisel, tehtud jõupingutuste väärtuse.

Defrosteerimine on kala külmaga töötlemise lõppstaadiumiks ja kala kõige olulisemad muutused selles protsessis on seotud peamiselt jääkristallide sulamise ja külmunud koemahlade imamisega lihaskiudude poolt. Pöörduvuse põhilisteks tunnusteks on kalaliha histoloogiline struktuur pärast defrosteerimist ja defrosteerimisel väljavoolavate koemahlade kogus.

Kui peetakse kinni täiesti värske kala külmutamise, külmaga säilitamise ja defrosteerimise režiimist, siis omandab histoloogiline struktuur kuju, mis enam-vähem läheneb värskele koele. Pöörduvuse saavutamiseks on väga tähtis, et lihaskiud imaksid kogu defrosteerimisprotsessis eraldunud koemahla. Kolloididel on omadus paisuda, kuid see omadus ei ole jääv, ta muutub olenevalt töötlemis-, säilimis- ja defrosteerimisrežiimist.

Vesi, mis tekib defrosteerimisel kristallide sulamisest koes, kas imatakse kudede poolt ja viimased paisuvad — sel juhul on defrosteeritud kala lähedasem värskele — või siis suur osa sellest veest eraldub tootest, valgub välja ja järelikult ei imata kudede poolt — sel juhul toiduaine täisväärtus kaob, kala muutub kuivaks, kiuliseks ja maitsetuks.

DEFROSTEERIMISVIISID

Defrosteeritakse iga liiki külmutatud tööndusliikke kalu, eriti sageli aga tuura, sevrjuugat, beluugat, šippi, valget lõhet, lõhet, säga, sasaani, latikat, karpkala, voblat, ahvenat, haugi, turska, pikšat, hiidlesta, ketat, gorbuušat, tšavõõtšat jt. Tuntud on järgmised defrosteerimisviisid: 1) õhus, 2) jääs, 3) vedelikus.

Peale nende tööstuses kasutatavate mooduste töötatakse praegu välja defrosteerimisviisi kõrgsagedusvooluga, mis on ülalloetletutest põhimõtteliselt erinev.

Defrosteerimine õhus toimub järgmiselt. Erilises kambris — defrosteris — seatakse üles stellaažid, mille riiuliteks on puitlattidest restid; õhu temperatuur hoitakse tasemel 8—15—20° C, suhteline niiskus aga 90 . . 95%.

Lihtsaimal stellaažil on harilikult viis kanderiiulit, kusjuures riiulid asetatakse kaldu. Stellaaži iga kanderiiuli alla asetatakse tsinkplekist kaitseriiulid, mis kaitsevad kalu ülevalt kukkuvate tilkade eest. Nii kande- kui ka kaitseriiulid on äravõetavad, sest neid tuleb perioodiliselt puhastada. Defrosterisse saabuv külmutatud kala tuleb eelnevalt taarast välja võtta ja seejärel laiali asetada kanderiiulitele ühelt realt, selg allapoole. Väiksemad kalad asetatakse defrosteerimiseks võrkstellaažidele 7...10 cm paksuse kihina.

Defrosteeritava kala ja kambri sooja õhu vahel algab soojusvahetus, mille tagajärjel tõuseb kala temperatuur ja jääkristallid sulavad. Defrosteerimine loetakse lõpetatuks, kui temperatuur kala paksemas lihakihis tõuseb 0° C-ni. Õhus defrosteerimise tingimused on ebasoodsad, sest õhu halva soojusjuhtivuse ja väikese erisoojuse tõttu kulgeb protsess aeglaselt. Protsessi võiks forsseerida kambri õhu liikumise kiirendamisega, kuid sel juhul väheneb kala kaal mitte ainult osa rakumahla kaotamise, vaid ka kuivamiskao tagajärjel.

Defrosteerimisprotsessi kestus, isegi suure kala puhul, ei tohi ületada 24...30 tundi, sest vastasel korral tekib kala lõpustesse hapu lõhn ja pinnale lima.

Õhus defrosteeritakse harilikult valget lõhet ja tuurlasi enne lahkamist balõkkideks, sest sel juhul muutub osaliselt defrosteeritud ja järelikult küllalt tiheda kala lahkamine kergemaks. Osaline defrosteerimine hoiab peale selle ära vajaduse kala nõrkülmutamiseks enne selle soolamist.

Defrosteerimine jääs toimub betoonist või puidust defrosteerimisvannides, mis paigutatakse spetsiaalsetesse ruumidesse.

Madala vanni (ca 1 m) alumisse ossa 15 cm kõrgusele põhjast asetatakse restpõhi, pärispõhjal on aga ava vee äravooluks, mis tekib jää sulamisest defrosteerimisel. Restpõhjale asetatakse kiht peenestatud jääd, selle tasandatud pinnale kiht defrosteeritavat kala ja nii täidetakse kihikaupa kogu vann. Defrosteerimiseks võetakse jääd 30...60% kala kaalust. Peenestatud jää sulab vannis 0° C juures ja see temperatuur on defrosteerimisprotsessis püsiv. Kala krüoskoopiline punkt, mille lähedal külmub (ja järelikult sulab) üle 40% koevett, on $-1 \ldots -1{,}5$° C piirides.

Niiviisi kala defrosteerimisel jääs kulgeb protsess algetapil $\Delta t = 15 \ldots 18$° C juures. Lõppetapil aga, kus on vajalik maksimaalne soojushulk jääkristallide sulatamiseks kala kehas, kulgeb protsess üsna väikese temperatuurilanguse $\Delta t = 1 \ldots 1{,}5$° C juures. Sellest järeldub, et jääs defrosteerimine kulgeb väga aeglaselt ja sõltuvalt kalade suurusest kestab 10 kuni 100 tundi. Kuna selle defrosteerimisviisi juures on kala ümbritsetud jääst või sellest sulanud veest, siis kalade kuivamiskadu ei esine. See

asjaolu on protsessi positiivseks küljeks, kuid tuleb arvesse võtta, et kala ümbritsev vesi ei ole alati küllalt puhas ja võib olla kalade bakteriaalse nakkuse allikaks. Protsess paraneb märksa, kui defrosteerimiseks kasutada bakteritsiidset tehisjääd. Kirjeldatud protsessi teiseks puuduseks on kala ja jää või üksikute kalade omavaheline kokkukülmumine.

Defrosteerimine vedelikus. See defrosteerimisviis erineb kahest eelmisest järgmiste tegurite poolest:

veel on paremad soojusnäitajad kui õhul ja soojusvahetus kala ning vee vahel kulgeb palju intensiivsemalt võrreldes defrosteerimisega kahel eelmisel viisil. Keskmise suurusega kalade vees defrosteerimise kestus on ligikaudu kuus korda lühem kui jääs;

vedelikus ei halvene kala kvaliteet ja kala ei kaota defrosteerimisel kaalu;

defrosteerimine vedelikus on tööstuslikes tingimustes kahest esimesest praktiliselt parem, kuna voolava vee kasutamisel toimub defrosteerimisega koos ka kalade pesemine ning järelikult lima ja saasta kõrvaldamine nende pinnalt.

Vedelikuna kasutatakse: a) külma vett ja b) keedusoola vesilahust.

Defrosteerimine külmas vees on väga levinud viis ja seda sooritatakse järgmiselt. Metlahhplaatidega vooderdatud või tinutatud metallist defrosteerimisvannidesse, mis on varustatud restpõhjaga, pannakse nii palju külmutatud kala, et kala kaalu suhe vannis oleva mittevoolava veega on 1:4 . . . 1:5. Vanni kallatakse puhast vett temperatuuriga kuni 15° C ja vahetatakse seda defrosteerimisprotsessi kestel perioodiliselt. Parem on kasutada voolavat vett, kuid igal juhul täiesti puhast, mis vastab joogiveele esitatavatele nõuetele.

Külmutatud kalade sukeldumisel vette alaneb vee temperatuur ja kalad võivad kokku külmuda ning sellega seoses defrosteerimine aeglustub. Soojust kuuma vee või auru näol on kõige parem juurde anda rest- ja pärispõhja vahelisse ruumi, kuid vajaliku ettevaatusega, et mitte kahjustada alumise kihi kalu. Defrosteerida tuleb kalu ainult tervikuna, kuna lahatud kala defrosteerimisel suurenevad kaod.

Defrosteerimisel imab kala teatava koguse teda ümbritsevat vett ja muutub selle võrra raskemaks. Sedaviisi asendatakse külmutatud kalade säilitamisel tekkinud niiskusekaod. Kuid kala, viibides mõne tunni vees, kaotab samal ajal väikese koguse kuivaineid. Näiteks 1 kg raskuse sasaani katselisel defrosteerimisel 1 tunni 50 minuti kestel läks vette 0,25% orgaanilisi ja 0,1% mineraalaineid.

Mõningate kalade defrosteerimiskestus on toodud tabelis 44.

Tabel 44

Kala nimetus	Temperatuur enne defrosteerimist, °C		Temperatuur pärast defrosteerimist °C		Defrosteerimiskestus tundides
	vesi	kala	vesi	kala	
Koha	11	− 2	9	4	2,5
Sasaan	14	− 2	10	5	1,5
Sevrjuuga	12	− 2,2	8	4	4,0
Nelma	12	− 2,0	6,5	6	4,5
Murmani heeringas	11	− 3,0	5,5	5	3,0
Heeringas	12,5	− 2,5	11	2	2,5

Süsikas ja tursk, kaaluga ligikaudu 2,5 kg, defrosteeruvad vees 4 . . . 5 tunniga, kusjuures nende kaal suureneb 1,5 . . . 2% piires. Vees tuleb defrosteerida ainult väikest ja keskmise suurusega kala — soomkala, turska jt., kuid suurte kalade, näiteks tuurlaste defrosteerimiseks see viis ei sobi. Suurte kalade pikaajaline viibimine vees võib põhjustada paisumise, mis on seotud liha kobestumisega ja kala maitse ning säilitamiskindluse langemisega.

Defrosteerimine loetakse lõppenuks niipea, kui temperatuur kalaliha sügavates osades tõuseb 0° C-ni. Selle temperatuuri saavutamisel tuleb kala kohe veest välja võtta. Tehnoloogilise juhendiga on määratud vees defrosteerimise kestus: väikestel kaladel kuni 2 tundi, suurtel kuni 6 tundi.

Defrosteerimine keedusoolalahuses erineb äsjakirjeldatust ainult sellega, et kala sukeldatakse 4-% NaCl-lahusesse. Tunduva temperatuurigradiendi juures kiireneb siin defrosteerimine võrreldes defrosteerimisega külmas vees. See viis on välja töötatud Üleliidulise Kalamajanduse ja Okeanograafia Teadusliku Uurimise Instituudi (VNIRO) poolt, mille töötajad tegid katseliselt kindlaks, et nimetatud kontsentratsiooniga soolalahus on soodsaks keskkonnaks, milles pikaajalisel säilitamisel kuivanud kalakoed imavad vajaliku niiskuse.

Katsed kasutada defrosteerimisel sooja ja kuuma vett näitasid, et jää kiire sulamise puhul ei jõua valgud kalas imada niiskust ja toode jääb siis osast niiskusest ilma, muutub kiuliseks ja maitsetuks. Nõrga NaCl-vesilahuse kasutamine aga soodustab valkude paisumist ja niiskuse imamist nende poolt.

Soolalahuses viibimisel kala küll veidi sooldub, kuid pärast defrosteerimist ei ületa NaCl-kogus kala väliskihis 0,6%, seesmises kihis aga 0,3%. Nahata kala väliskihis tõuseb NaCl-kogus kuni 1%-ni.

Defrosteerimiskestuseks NaCl-vesilahuses loetakse väikesel

ja suurel soomkalal 40 ... 60 minutit, kui lahuse lõpptemperatuur on 10° C.

S. A. Ivanov juhtis tähelepanu sellele, et on otstarbekohane defrosteerimisprotsessi soolalahuses ühendada selle osa külmutatud soomkala soolamisega, mis teistkordsel töötlemisel suunatakse kuumsuitsu- või kulinaartoodete valmistamiseks. Kala teistkordse töötlemise ettevõtetes sooritatakse enne suitsutamist defrosteerimis- ja soolamisprotsessid teineteisest lahus, sest sukeldamisel 40 ... 60 minutiks nõrka lahusesse külmutatud kala ainult defrosteerub, kuid ei sooldu, soolamiseks on aga vaja teist, kangemat soolalahust.

S. A. Ivanov, katsetades mitmesuguse kontsentratsiooni ja temperatuuriga soolalahustega, toob valitud latika ühendatud protsessi kohta järgmisi andmeid (24-% soolalahuses ja püsival temperatuuril).

Tabelist 45 nähtub, et esimesel katsel sooldus kala defrosteerimisprotsessis veidi paremini, võrreldes teise katsega, kuid kaotas tunduvalt rohkem kaalus.

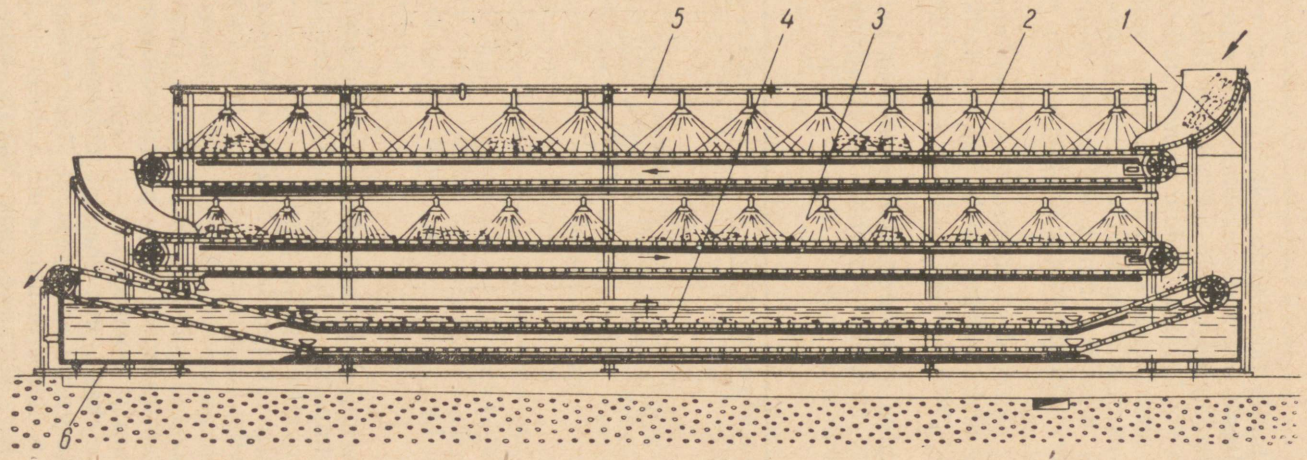
Tabel 45

Kalade lahuses hoidmise kestus tundides	Katse nr. 1				Katse nr. 2			
	Lahuse temperatuur °C	Kala soolsus %	Kala kaalukaod %	Temperatuur pärast defrosteerimist, °C	Lahuse temperatuur °C	Kala soolsus %	Kala-kaalukaod %	Kala temperatuur pärast defrosteerimist, °C
3 tundi	30	1,2	1,2	26	20	0,9	1,2	18
4 tundi	30	1,3	2,6	26	20	1,1	1,4	18
5 tundi	30	1,5	1,9	26	20	1,4	0,6	18

Kala defrosteerimisel toimub palju operatsioone käsitsi ja kulutatakse õigustamatult palju aega. Defrosteerimise osakond võtab enda alla tavaliselt palju pinda.

Kaliningradi Rahvamajanduse Nõukogu Konstrueerimisbüroo töötas välja tükiviisi ja briketina külmutatud kala defrosteerimise protsessi mehhaniseeritud skeemi. Mehhaniseeritud defroster, mille skeem on toodud joonisel 153, koosneb järgmistest põhiosadest: kere, plaattransportöörid, piserdussüsteem, defrosteerimisvann, ajamijaam ja pumbajaam.

Kere kujutab karkassi, mis ühendab defrosteri põhiosad. Karkassi erinevatel kõrgustel asuvad kolm plaattransportööri, ainult alumine neist läbib defrosteerimisvanni. Lehtterasest valmistatud metallvann asub kere alumises osas. Vannis asuv transportöör



Joon. 153. Mehhaniseeritud defrosteri skeem:

1 — kere, *2* — ülemine transportöör, *3* — keskmine transportöör, *4* — alumine transportöör, *5* — dušid, *6* — defrosteerimisvann.

on monteeritud selliselt, et ta otsad on teatud nurga all, kuna keskmine osa asetseb horisontaalselt.

Kahe ülemise transportööri kohale on monteeritud torusüsteem duššidega. Transportööride ajam kindlustab kiirusevariaatori abil vajaliku liikumiskiiruse olenevalt sellest, millist kala ja missugusel kujul (tükiviisi, brikettidena) defrosteeritakse.

Pumbajaam, kuhu kuuluvad veel filter, segisti ja teised seadmed, kindlustab vee tsirkulatsiooni defrosteris. Vee temperatuuri hoidmiseks 20° C tasemel paigutatakse enne segistit aurutorule termoregulaator ning segisti järele kontrolltermomeeter. Defroster töötab järgmiselt: tükiviisi või brikettidena külmutatud kala antakse külmutushoonest transportööriga defrosteri juurde ja mööda kaldteed edasi ülemisele transportöörile, kusjuures kala satub kohe duššide alla. Ülemiselt transportöörilt libiseb kala mööda kaldteed automaatselt keskmisele transportöörile, mida mööda liikudes piserdatakse teda veega, ja defrosteerimine jätkub. Keskmiselt transportöörilt langeb kala sujuvalt alumise transportööri nurga all olevale otsale ja satub sukeldustsooni, kus defrosteerimine lõpeb.

Defrosteerimisvannist väljub ülessulanud kala teise, nurga all oleva alumise transportööriotsa kaudu. Mehhaniseeritud defrosteris ülessulanud kala on parema kvaliteediga, võrreldes basseinides defrosteeritud kalaga, defrosteerimiskestus lüheneb 3—4 korda, vabaneb 5 töölist, sest mehhaniseeritud defrosteri teenindamiseks piisab ühest töölisest.

Võrdse tootlikkuse juures vajab mehhaniseeritud defroster 40 m² vähem tootmispinda kui basseinides defrosteerimine. Defrosteri tootlikkus tursa ja teiste suurte kalade defrosteerimisel võrdub 1,6 t/h, sardiini, räime ja muu peenkala defrosteerimisel 3,2 t/h. Auru kulu survega 3 atm moodustab 250 kg/h, vee temperatuur vannis on 18 ... 20° C. Ajami mootori võimsus on 2,8 kW, pumbajaamal 1,7 kW.

Defrosteri gabariidid m-tes: pikkus 11,28, laius (koos ajamijaamaga) 1,9, kõrgus 2,75. Seadme kaal (ilma veeta) 6 t.

Defrosteerimine kõrgsagedusvooluga. Kaspia Kalamajanduse ja Okeanograafia Teadusliku Uurimise Instituudis on tehtud katset külmutatud kilu (briketi mõõtmed 260×220×55 mm) defrosteerida kõrgsagedusvooluga. Selleks kasutati spetsiaalset lampgeneraatorit, mille võimsus on 10 kW ja anoodipinge ligikaudu 7000 V. Kõrgsagedusenergia ülekandmiseks töödeldavale objektile on generaatoris töökontuur, mis koosneb töökondensaatorist ja poolist. Generaatori töökondensaator koosneb kahest alumiiniumplaadist, mille mõõtmed on 400×400 ja 300×300 mm. Üks plaatidest on liikuv, teine statsionaarne. Kondensaatori alumisele plaadile asetatakse kuni −14 ... −18° C külmutatud kilubrikett. Kala ja kondensaatori ülemise plaadi vahele jäetakse 20 ... 30 mm

vahet. 3 minuti pärast alates defrosteerimise algusest (pärast generaatori sisselülitamist) oli briketi erinevates osades kilu temperatuur −2° C ning 4 minuti pärast oli kilubriketid täielikult üles sulanud.

Kuni sama temperatuurini külmutatud 55 mm paksune kilubrikett defrosteerus 18 ... 23° C temperatuuriga õhu käes 10 ... 12 tundi, 12 ... 15° C temperatuuriga vees 40 ... 60 minutit. Peale selle esines nende defrosteerimisviiside juures kalade kõhukatkisust (%-des kalade arvust): õhuga defrosteerimisel 26%, vees defrosteerimisel 21%. Kõrgsagedusvooluga defrosteerimisel esines kõhukatkisust ainult 6%, aga üldkogusest oli madalama kvaliteediga kala 14%, s. t. 12% vähem kui õhuga defrosteerimisel ja 7% vähem kui defrosteerimisel vees.

Kõik need näitajad tõestavad uue defrosteerimisviisi eeliseid. Kõrgsagedusvooluga defrosteerimise kiirus ületab 20 korda kilu vees defrosteerimise ja 200 korda õhus defrosteerimise kiiruse.

Kõigi käesoleval ajal kasutatavate kala defrosteerimise viiside juures tungib soojus toote pinnalt sisemusse ja soojusallika temperatuur on alati tunduvalt kõrgem defrosteeritava objekti temperatuurist. Kõrgsagedusdefrosteerimine erineb nendest printsipiaalselt sellega, et sel juhul soojus genereerub soojendatavas objektis üheaegselt kogu ta mahus.

Nagu selgus katsetest, tuleb ülekuumenemise ja keemise vältimiseks kala defrosteerida sagedustel 2—2,5 MH_z.

DEFROSTEERIMISPROTSESSI KIIRUS

Analoogiliselt kala külmutamisega on ka defrosteerimise kiirus ja kestus üsna tähtsad mitte ainult tehnoloogiliselt, vaid ka tehnilis-majanduslikust seisukohast. Kuid tehnoloogiliselt ei ole defrosteerimine veel küllaldaselt läbi uuritud.

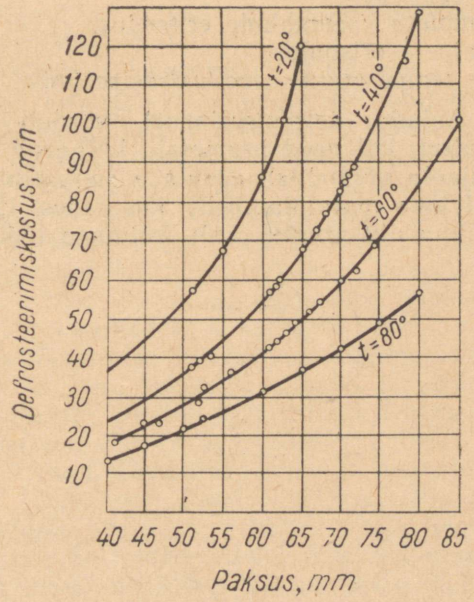
Mõnede uurijate arvates ei avalda defrosteerimise kiirus olulist mõju kala kvaliteedile, maitsele ja vastupidavusele, kuna nad ei näe seost defrosteerimisprotsessi tempo ja külmutamisest tingitud histoloogiliste muutuste pöörduvuse vahel. Need uurijad ei anna olulist tähtsust defrosteerimiskiirusele, kuid siiski arvavad, et defrosteerimine ei tohi kesta nii kaua, et kala selle ajaga jõuaks kaotada oma värskuse.

Teine osa uurijaid on avalikult aeglase defrosteerimise poolt, põhjendades oma seisukohta sellega, et kudede kõige täielikumaks paisumiseks on vaja küllalt aega külmutamisel eraldunud vee tagasiimamiseks.

Kolmas osa uurijaid arvab, et defrosteerida tuleb kiiresti. Selleks, et kolloidne lihaskude võiks tagasi imada külmutamisel eraldunud vee, on vaja säilitada lihaskoe paisumisvõimet.

Eespool külmutusprotsessi puhul on mainitud, et kala valkude denatureerumine ilmneb kõige suuremal määral temperatuuritsoonis −2... −5° C. Sel põhjusel ongi soovitav läbida see ohtlik temperatuuritsoon võimalikult kiiresti. Järelikult peab normaalselt külmutatud kala pikaldane defrosteerimine avaldama ebasoodsat mõju.

Tehnilis-majanduslikust seisukohast ei ole kiire defrosteerimise otstarbekuses mingit kahtlust; sel juhul kasutatakse palju täielikumalt ära tootmispind ja efektiivsemalt protsessist osavõtvad seadmed. Defrosteerimise kestus sõltub reast teguritest ja määratakse seni veel orienteeruvalt tootmiskogemuste alusel. Tähtsamateks teguriteks on defrosteeritava kala paksus ja selle keskkonna temperatuur, milles protsess toimub. Nende tegurite toime nähtub jooniselt 154.



Joon. 154. Kala paksuse mõju defrosteerimise kestusele.

Kala paksuse suurenemisel pikeneb ka defrosteerimiseks vajalik aeg; mida kõrgem on keskkonna (näiteks soolalahuse) temperatuur, seda väiksem on defrosteerimiskestus. Roogitud kalal on suhteliselt suur soojusülekandepind ja sellepärast on tema defrosteerimiskestus lühem kui rookimata kalal.

SOOJUSKULU KALA DEFROSTEERIMISEL

Soojuskulu defrosteerimisprotsessis võib määrata järgmise valemiga:

$$Q = G\{c(t_l - t_k) + W\omega r + [W\omega c_j + (1-\omega)Wc_m + (1-W)c_{ka}](t_k - t_a)\} \text{ kcal},$$

kus Q — soojuse üldkulu, kcal,
G — toote kaal, kg,
c — toote erisoojus pärast defrosteerimist,
t_l — toote temperatuur pärast defrosteerimist,
t_k — toote temperatuur külmutamisel,
W — toote niiskusesisaldus 1 kg kala kohta, kg,
ω — väljakülmunud niiskuse kogus,
r — jää sulamissoojus,
c_j — jää erisoojus,
c_m — külmumata koemahlade erisoojus,
c_{ka} — kuivainete erisoojus,
t_a — toote temperatuur enne defrosteerimist.

Soojuskulu kalade defrosteerimisel võrdub külmakuluga nende külmutamisel, kui need protsessid kulgevad samal temperatuuril. See asjaolu võimaldab arvutada soojuskulu peale toodud valemi veel kala entalpiatabelit kasutades, täpselt samuti, nagu toimub külmakulu arvutus kala külmaga töötlemisel.

X PEATÜKK

TEHNOLOOGILINE JA KEEMILIS-BAKTERIOLOOGILINE KONTROLL KÜLMUTUSETTEVÕTETES

TOOTMISKONTROLLI PÕHIEESMÄRGID

Kala ja kalasaaduste külmaga töötlemisel ja säilitamisel on vaja kontrollida toote seisukorda ja keskkonnatingimusi, milles need protsessid kulgevad.

Toote seisukord mitmesugusel töötlemise ja säilitamise staadiumil tehakse kindlaks organoleptilise hinnangu ja keemilis-bakterioloogilise analüüsi teel vastavalt standardi nõuetele. Toote seisukord ja selle muutused (füüsikalised, keemilised ja mikrobioloogilised) sõltuvad töötlemise ja säilitamise tehnoloogilisest režiimist. Seepärast tuleb tehnoloogilisel kontrollimisel jälgida, et jahutava keskkonna parameetrid (temperatuur, õhu niiskus, keskkonna liikumise kiirus ja iseloom), samuti toote enda vahepealsed ja lõplikud näitajad vastaksid nõuetele, mida esitab teostatavatele protsessidele kaasaegne külmutustehnoloogia.

Kõigi kala töötlemise ja säilitamise tehnoloogiliste protsesside lahutamatuks ja väga tähtsaks teguriks on range kinnipidamine sanitaar-tehnilistest tingimustest, mida esitatakse kogu protsessi elementide kompleksile (ruumid, õhk, soolvesi, inventar, transpordivahendid jne.). Tehnoloogiline ja keemilis-bakterioloogiline kontroll on tähtsaim vahend külmutusettevõtetest väljastatavate kalasaaduste kvaliteedi tõstmisel; selle eesmärgiks on külmaga töötlemise ja toodete säilitamise optimaalsete tingimuste loomine ning järelikult kahjulike muutuste vältimine säilitamisprotsessis.

Toorainet ja toodangut kontrollitakse külmutushoonesse saabumisel, külmaga töötlemisel, säilitamisel ja külmutushoonest väljastamisel.

Vastuvõetava toorkala kvaliteet peab rahuldama tehniliste tingimuste nõudeid, jahutatud ja külmutatud kalal aga GOST-ide nõudeid. Iga üksiku kalapartii kvaliteet tehakse kindlaks organoleptiliste ja füüsikalis-keemiliste näitajate järgi, mis on ette nähtud vastavates GOST-ides. Kalaproovid laboratoorseks uuri-

miseks võetakse vastavalt GOST-ile «Kalad, kalasaadused ja mereimetajate töötlemise saadused. Vastuvõtmise ja proovide võtmise eeskirjad».

Kala kvaliteeti määratakse organoleptiliste näitajate järgi järgmiste tööriistade ja aparaatide abil: teravaotsalise terasnoaga — lõhna kalaliha paksudes osades ja liha värvust lõikepinnal; ühest otsast teritatud puitoraga — kala lõhna; kaalu ja vihtidega — kala kaalu; teravaotsalisse metalltuppe asetatud elavhõbetermomeetriga mõõdetakse kala temperatuuri.

Kala kvaliteedi kontrollimise protsessis pööratakse tähelepanu sellistele näitajatele, nagu kala toitumus (välisvaatluse ja kompamise järgi), mehhaaniliste vigastuste, haavade ja muljutuste olemasolu ja arv, kala värvus, lõpuste värvus ja lõhn, lima olemasolu ja seisukord lõpustes, soomuskatte terviklus (varisenud soomused), lima olemasolu soomuskattel, lima seisukord (sogasus, lõhn), kala sisikonna lõhn, kalaliha lõhn (eriti rasva kogunemise kohtades), liha konsistents, silmade seisukord (pungis või sisse vajunud). Kala koguseline vastuvõtt kaalu järgi toimub pärast tema pesemist saastast ja limast ning vee äranõrgumist.

Vastuvõetaval eluskalal peavad olema kõik terve kala tunnused, s. o. ta peab ujuma ja vabalt liikuma loomulikus asendis, reageerima välistele ärritajatele, tal ei tohi olla vigastusi ega haavu kehal, haiguse tunnuseid ega väliseid parasiite.

Külmaga töötlemise — jahutamise, külmutamise, glasuurimise, defrosteerimise kontroll sõltub töötlemisviisist. Kõige enne kontrollitakse jahutamisele ja külmutamisele suunatava toorkala kvaliteeti; jahutatud ja külmutatud kala valmistamiseks on lubatud kasutada ainult elusat ja värsket toorkala.

Tööstuses kasutatavad kala ja kalasaaduste jahutamise ning külmutamise viisid on reglementeeritud juhendiga kala ja kalasaaduste jahutamise, külmutamise ning säilitamise kohta külmutushoonetes ja neid protsesse tuleb kontrollida vastavalt sellele juhendile. Siin me vaatleme põgusalt ainult põhimomente kala jääga jahutamise ja intensiivse õhuliikumisega aparaatides külmutamise kontrollimisel, sest need viisid on tööstuses kõige rohkem levinud.

Kala jahutamisel purustatud (loodusliku või tehis-) jääga kontrollitakse jää ja taara puhtust, milles kala jahutatakse, jää purustusastet, annust ja tema ühtlast jagunemist jää-soola segus. Loetletud tegurid on väga tähtsad kala kiireks jahutamiseks ja kõrge kvaliteediga toodangu saamiseks; ei lubata kasutada saastunud, mikroorganismidest nakatatud jääd.

Taara peab olema tugev, puhas ja rahuldama GOST-ide ja tehniliste tingimuste nõudeid. Jääle esitatakse samad nõuded, mis joogiveele; jää tuleb peenestada 2—3 cm läbimõõduga tük-

kideks või soomusetaoliseks, kuid teda võib ka asendada (kaalult) võrdse koguse puhta lumega.

Jääannus sõltub välisõhu temperatuurist, taara liigist (isoleeritud või isolatsioonita) ja kõigub 50 kuni 100% piirides jahutatava kala kaalust. Taara tuleb täita kala ja jääga järgmises korras: taara põhja jaotatakse ühtlase kihina kastide puhul 25% ja tünnide puhul 20% üldisest jääkogusest, sellele jääkihile asetatakse kalakiht, mis samuti ühtlaselt kaetakse jääkihiga ja nii edasi, kuni taara on täidetud. Pealmist kalakihti kattev jääkiht peab moodustama kastide puhul 40% ja tünnide puhul vähemalt 30% üldisest kogusest.

Kala loetakse jahutatuks, kui keha temperatuur langeb kuni $-1 \sim +2°$ C, seepärast on vaja kontrollida kala temperatuuri, et see ei tõuseks.

Jääga jahutatud (jääga taarasse pakitud) kala kontrollitakse netokaalu järgi. Selleks võetakse kala taarast välja, vabastatakse jääst ja kontrollitakse kaalu, kaaludes üle kuni 5% partii kohtade arvust.

Kala külmutamisel kiirkülmutusaparaatides tuleb kontrollida selliseid momente nagu kala asetus pannil, kalade jagunemine etažeerkärude riiulitel, aparaatide täitmine ja tühjendamine. Hoolikalt ja süstemaatiliselt tuleb kontrollida aparaadis tsirkuleeriva õhu temperatuuri ja kiirust, kala enda temperatuuri muutumist, samuti tema külmumise kestust.

Intensiivse õhutsirkulatsiooniga aparaatides külmutatakse kalu kõigis suuruses laialiasetatult (ühereallselt) lamedatele võrk- või ääristatud lausmetallpannidele (lahtistele vormidele). Heeringat ja lesta külmutatakse kuni 90 mm paksuste plokkidena (kaal üle 5 kg) metallpannidel, väikest kala — 40 . . . 50 mm paksuste plokkidena (kaal kuni 5 kg) metallvormidel ja parafiinitud karpides.

Kala tuleb jaotada etažeerkärude riiulitele ühtlaselt, asetades panni 1 m^2 kuni 30 kg, kui külmutatakse laialiasetatult, ja kuni 60 kg, kui külmutatakse plokkides, mille kaal on üle 5 kg. Kala tuleb asetada pannidele tihedalt ja ühtlaselt (tühemikkudeta) ning väikese kala külmutamisel täita pannid veidi üle servade ja sulgeda tihedalt kaanega.

Vormid kaalutakse enne ja pärast kaladega täitmist ja kaaluvahe alusel määratakse kala kaal. Külmutusaparaati laaditakse lühikeste ajavahemikkude (20 . . . 30 minuti) järele sõltuvalt külmutuskestusest ja etažeerkärude arvust, mis ühekordselt külmutustunnelisse mahuvad. Tsirkuleeriva õhu temperatuuri juures $-23 . . . -25°$ C kestab, sõltuvalt kala suurusest ja tema asetusest, kala külmutamise protsess 2 kuni 6 tundi, madalama temperatuuri juures on kala külmutamise protsess lühem.

Kala külmutamise kiirust kontrollitakse perioodiliselt arvuta-

misega. Lõpptemperatuur külmutatud kala paksudes lihaosades peab olema mitte üle −15° C, eelistatavalt −20° C.

Kalasaaduste säilitamisel kontrollitakse, kas peetakse kinni tehnoloogilistest juhenditest kambrites toote õige asetuse ja vajaliku temperatuuri- ning niiskusrežiimi alalhoidmise kohta. Külmutatud kala ja kalasaadusi tuleb säilitada külmutushoonetes ning külmutuslaevade trümmides õhutemperatuuri juures mitte üle −15° C ja suhtelise õhuniiskuse juures 90% ning rohkem; kõige vastuvõetavam õhutemperatuur säilitamiskambrites on −20 ... −30° C.

Kalasaadused asetatakse kambrites partiidena korrapärastesse virnadesse 0,3 m kaugusele seintest ja 0,4 m kaugusele jahutusaparaatidest (seina- ja laepatareidest ja õhukanalite alumisest seinast). Tooted, mida säilitatakse külmutushoonetes pikka aega (üle 3 kuu), vaadatakse järele iga kuu, jahutatud tooted aga iga päev. Külmutatud kala säilitamisel tuleb juhinduda järgmistest sisselaadimise normidest (kg-des) kambri 1 m³ kasuliku mahu kohta: kastides — 450—500, korvides — 300—350, tünnides — 330, filee kastides — 500, pakkimata kala (tuurlased) — 500.

Kalasaaduste säilitamise ajal jahutatavates ruumides tuleb viimastes hoida püsivat temperatuuri, temperatuuri kõikumine on lubatud ainult ±1 deg piirides.

Külmutushoonetes kala ja kalasaaduste jahutamise, külmutamise ning säilitamise juhendiga on määratud kindlad säilitamistähtajad, mis sõltuvad külmutamisviisist, toodangu liigist ja säilitamiskambri temperatuurirežiimist. Seda juhendi nõuet kontrollitakse perioodiliselt. Kolm korda ööpäeva kestel (hommikul, päeval ja õhtul) tuleb säilituskambrites mõõta õhu temperatuuri ja niiskust, kandes tulemused erižurnaali.

Külmutatud saaduste säilituskambrites toimub mitte harvem kui üks kord kvartalis ja jahutatud kala säilituskambrites üks kord kuus kambrite õhu ja seinte mikrobioloogiline kontrollimine; analüüsi tulemused kantakse erižurnaali. Enne valmistoodangu väljastamist külmutushoonest teostatakse ta eelvaatlus kambrites, otse väljastamisel aga tingimata järelevaatus ja kaubatundja hinnang, seejuures kontrollitakse ka sanitaarselt transpordivahendeid.

Külmutushoonest ärasaadetavate saaduste kohta vormistatakse vastavad dokumendid.

Keemilis-bakterioloogilist kontrolli, s. o. tooraine, valmistoodangu ja protsessist osavõtvate materjalide kvaliteedi kontrolli teostab spetsiaalne personal laboratooriumides keemiliste ja bakterioloogiliste analüüsidega. Nende uurimiste meetodid on standardiseeritud (näiteks GOST «Kalad ja kalade ning mereimetajate töötlemise saadused. Keemilise ja füüsikalise uurimise mee-

todid») ja vastavas kirjanduses [1] põhjalikult kirjeldatud. Tehnoloogilist, s. o. tehnoloogiliste protsesside kulgemise kontrolli teostab insener-tehniline personal otse tsehhides kohalike ja kaugkontrollaparaatide abil.

Eriti tähtis on kontrollida: a) jahutuskeskkonna ja toodangu temperatuuri, b) õhu niiskust, c) jahutuskeskkonna tsirkulatsiooni, e) soolvee erikaalu, f) toodangu kaalu.

JAHUTUSKESKKONNA JA TOODANGU TEMPERATUURI KONTROLL

Jahutuskeskkonna ja toodangu temperatuuri kontrollitakse elavhõbetermomeetritega, takistus-teletermomeetritega, termoelektriliste termomeetritega, pooljuht-takistustermomeetritega ja termograafidega.

Elavhõbetermomeeter koosneb elavhõbedakerast, kapillaarist, skaalast ja välisest klaastorust. Elavhõbedakera kujutab endast väga väikest reservuaari, mis on täidetud elavhõbedaga. Kapillaariks nimetatakse peenikest klaastoru, mille alumine ots on ühendatud elavhõbedakeraga, ülemine aga umbselt kinni joodetud. Enne kinni jootmist kõrvaldatakse kapillaarist õhk. Skaala valmistatakse klaas- või metallplaadist, millele kantakse jaotused 1, 0,5, 0,25, 0,2 või 0,1° C kaupa. Skaala paigutatakse kapillaari taha. Väline klaastoru on osa, mis seob kõik teised termomeetri osad ja kaitseb neid võimalike vigastuste eest. Välise klaastoru alumine ots on joodetud elavhõbedakera välise seina külge, ülemine ots aga on suletud kübarsulguriga või kinni joodetud.

Mõnikord kinnitatakse kapillaar koos elavhõbedakeraga otse skaalale või kantakse jaotused vahetult kapillaarile, mis on valmistatud paksuseinalise klaastoruna. Mõlemal juhul ei ole termomeetril välist klaastoru.

Iga termomeeter on varustatud passiga, milles on näidatud tema kontrollimise tulemused etalooni järgi. Termomeetri näitude parandusi tuleb külmutushoonete temperatuuri mõõtmisel tingimata arvestada. Kui arvulise paranduse ette on asetatud plussmärk, siis on tõeline temperatuur paranduse võrra kõrgem sellest, mida näitab antud termomeeter, miinusmärgi puhul aga paranduse võrra madalam. Elavhõbetermomeetri kasutamisel on väga tähtis kinni pidada määratud eeskirjadest, kuna ainult sel juhul võib küllalt täpselt kindlaks teha keskkonna või produkti tõelise temperatuuri. Tuleb püüda suurem osa termomeetrist asetada sellesse keskkonda, mille temperatuuri mõõdetakse. Igal juhul peab produkti või vedela keskkonna temperatuuri mõõtmisel termomeeter olema nendes kuni skaala alguseni.

[1] A. A. Lazarevski, Tehnokeemiline kontroll kalatööstlemistööstuses. Pištšepromizdat, 1955.

Termomeetri näitusid ei loeta kohe pärast selle asetamist keskkonda, vaid mõne aja pärast, mille jooksul termomeeter omandab mõõdetava keskkonna temperatuuri. Kambrite õhu temperatuuri mõõtmisel jätkub selleks tavaliselt 30 minutist ja vedela keskkonna või produkti temperatuuri mõõtmisel 5...10 minutist.

Kambrite õhu temperatuuri mõõtmisel ei tohi puudutada termomeetrit kätega ja ta peab olema täiesti kuiv. Vastasel korral näitab termomeeter nende tegurite toimel muutunud temperatuuri, mis on kaugel tõelisest. Temperatuuri mõõtmisel peavad vaatleja silmad olema kapillaaris oleva elavhõbedanivooga samal tasemel. Termomeetrite skaala peab vastama temperatuuri intervallile alates +30 kuni −30° C; on soovitav, et jaotused oleksid 0,2° C. Taolised termomeetrid on kõlblikud õhutemperatuuri mõõtmiseks külmutushoonete kambrites. Samuti kõlbavad nad vedela keskkonna, näiteks kala kontaktseks jahutamiseks ja külmutumiseks määratud paakides või aurustites oleva soolvee temperatuuri mõõtmiseks. Soolvee temperatuuri mõõtmiseks lahtistes paakides on otstarbekohane kasutada väikest silindrit, millesse asetatakse termomeeter. Selline silinder pannakse soolveepaaki ja võetakse sellest välja temperatuuri lugemise momendiks. See lihtne seade garanteerib siiski soolvee temperatuuri õige määramise.

Elavhõbetermomeetreid kasutatakse ka toiduainete, näiteks jahutatud või külmutatud kala temperatuuri määramiseks. Kuid need termomeetrid suletakse alati tugevatesse kaitsekestadesse. Mõnikord valmistatakse kest niivõrd tugev, et teda kasutatakse augu tegemiseks külmutatud kalasse temperatuuri mõõtmiseks selle sees. Teistel juhtudel tehakse kaitsekestaga termomeetri jaoks toiduainesse eelnevalt auk temperatuuri mõõtmiseks ettenähtud punktis.

Temperatuuri juures −38,9° C külmub elavhõbe ja sellepärast elavhõbetermomeetrid madalamate temperatuuride mõõtmiseks ei kõlba.

Väga madalate temperatuuride mõõtmiseks kasutatakse piiritustermomeetreid, milles elavhõbe on asendatud (siniseks või punaseks) värvitud piiritusega, kuid piiritustermomeetrid, võrreldes elavhõbetermomeetritega, on vähem täpsed, kuna piiritus märgab kapillaarkanali seinu.

Praegu kasutatakse külmutushoonetes üha sagedamini teletermomeetreid (distantstermomeetrid), millega mõõdetakse keskkonna või produktide temperatuuri vahemaa tagant. Distantstermomeetrid kergendavad samuti kambrite temperatuuri mõõtmist, kui viimaseid on palju. Võrreldes elavhõbetermomeetritega on teletermomeetrite ehituse ja tegevuse põhimõte hoopis teistsugune.

Elavhõbetermomeetrite tegevus põhineb kehade mahu suurenemisele soojendamisel, aga teletermomeetrite töötamise põhi-

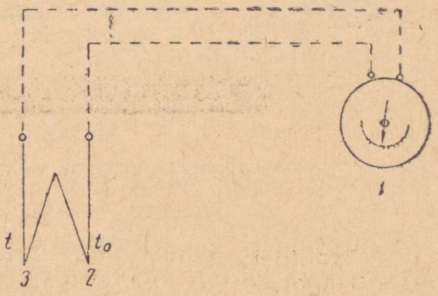
mõtteks on juhtide elektrilise takistuse muutumine sõltuvalt keskkonna või keha temperatuuri muutumisest.

On kindlaks tehtud, et juhtide temperatuuri tõusuga suureneb nende elektriline takistus, temperatuuri langemisel aga väheneb. Järelikult, teades juhi elektrilise takistuse suurust, võib määrata tema temperatuuri. Teletermomeeter on ehitatud ja töötab järgmiselt: külmutushoone kambrisse on üles seatud väikene hülss, mille sisse on paigutatud vask- või nikkeltraadiga mähitud pool. Selle pooli elektriline takistus muutub kambri õhu temperatuuri kõikumisel seaduspäraselt. Pooli otsad on juhtidega ühendatud mõõteaparaadi lüliti külge, mis monteeritakse spetsiaalsele kilbile külmutushoone masinaruumis.

Nupplülitiga võib kergesti saada ühenduse külmutushoone kambris oleva iga teletermomeetriga ja aparaadi osuti järgi tema skaalal, mis on jagatud kraadideks, lugeda temperatuuri, mis vastab antud teletermomeetri pooli takistusele. Selline seade, kui ta on hoolikalt monteeritud, võimaldab kiiresti määrata kambri õhu temperatuuri täpsusega kuni 0,2° C.

Teletermomeetrite, mõõteaparaatide ja ühendavate juhtide kogumit nimetatakse teletermomeetriliseks jaamaks. Teletermomeetrilist jaama võib kasutada produktide temperatuuri kontrollimiseks nende külmaga töötlemisel ja säilitamisel, ainult sel juhul mähitakse teletermomeetri poolile peenem vasktraat ja pool pannakse väikeste mõõtmetega metallhülssi (läbimõõt 5 . . . 6 mm ja pikkus 20 . . . 25 mm).

Termoelektrilised termomeetrid (termopaarid) kujutavad endast seadet, mis koosneb tundliku galvanomeetri külge ühendatud kahest jootekohast. Temperatuuri mõõtmine termopaari abil põhineb elektromotoorse jõu tekkimisele kinnises ahelas, mille moodustavad kahe erisuguse metallijuhi nimetatud jootekohad. Termopaariga temperatuuri mõõtmise skeem on kujutatud joonisel 155.

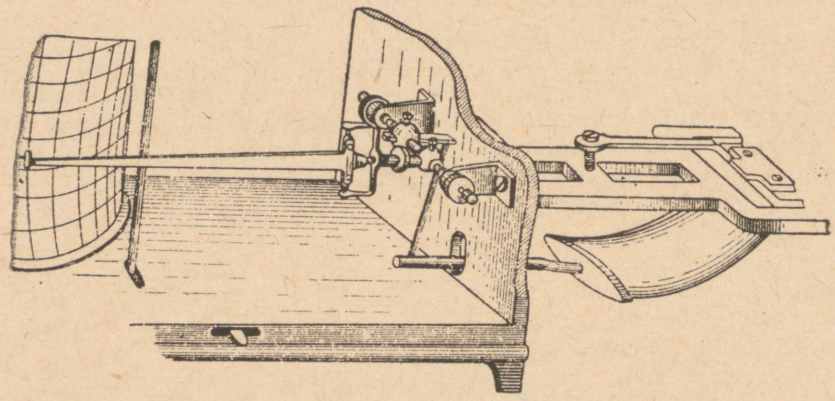


Joon. 155. Termopaariga temperatuuri mõõtmise skeem:
1 — galvanomeeter, *2* — külm jootekoht, *3* — soe jootekoht.

Üks ots — termopaari jootekoht — paigutatakse keskkonda, mille temperatuuri on vaja määrata (t); teisel otsal — jootekohal — peab olema kindel püsiv temperatuur (t_0), selleks kasutatakse tavaliselt puhast sulavat lund. Esimese jootekoha soojenemisel või jahtumisel, sõltuvalt keskkonna või keha temperatuuri muutumisest, millesse see jootekoht on paigutatud, tekib esimese

ja teise jootekoha vahel mõningane potentsiaalide vahe, mis põhjustab galvanomeetri osuti kõrvalekalde. Ühendusjuhtmete vastava valiku ja teise jootekoha viibimise korral peenestatud jääs, mille temperatuur on 0° C, võib galvanomeetri osuti kõrvalekalde järgi vahetult määrata selle keskkonna temperatuuri, millesse on asetatud esimene jootekoht. Standardsed termomeetrid valmistatakse metallist: vasest ja kooplist (sulam 44% niklist ja 56% vasest); kroomist ja kooplist; rauast ja kooplist; vasest ja konstantaanist (sulam 40% niklist ja 60% vasest).

Galvanomeetri skaalal peavad olema jaotused mitte ainult millivoltides, vaid ka temperatuuriskaala kraadides. Jootekoha väikese mahu ja väikese soojusegeneratsiooni tõttu näitavad termopaarid mõõtmiskohas tõelisele temperatuurile väga lähedast temperatuuri ja näitude täpsuselt on nad elavhõbe- ning takistustermomeetritest paremad. Termoelektrilised termomeetrid sobivad hästi produktide temperatuuri kontrollimiseks nende töötlemisel külmaga.



Joon. 156. Termograafi vastuvõttev ja üleskirjutav osa.

Keskkonna (kambri õhu) temperatuuri pidevaks fikseerimiseks teatava küllalt pika ajavahemiku kestel kasutatakse termograafi, mille põhiosad on näidatud joonisel 156. Termograafid on valmistatud järgmiselt: aparaadi jäigale alusele kinnitatakse temperatuurivastuvõtja ja kellamehhanismi abil pöörlev vertikaalne bakeliit- või metalltrummel. Need kaks termograafi põhiosa on ühendatud hoovasüsteemi ja vetruva osutiga, mille otsa on pistetud eriline sulg, mis puudutab linti. See sulg kirjutab ümber trumli mähitud paberilindile üles kontrollitava keskkonna temperatuurimuutuse antud ajalõigul.

Temperatuurivastuvõtja kujutab endast bimetalset plaati või piiritusega täidetud õhukeseseinalist, lamedat, hermeetiliselt

suletud metallanumat. Anum on veidi painutatud ja alumine ots on kinnitatud termograafi aluse külge, teine ots aga annab hoovasüsteemi kaudu liikumise edasi pikale osutile.

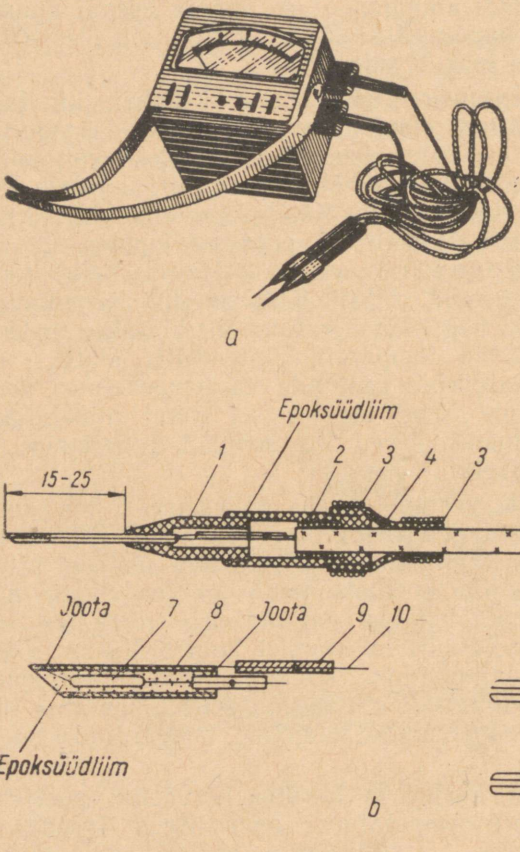
Sulg, millega osuti on varustatud, kannab trumli pöörlemisel lindile joone. Kambri õhu temperatuuri tõusmisel paisub piiritus anumas ja õgvendab veidi anumat — see anuma asendi muutus antakse hoovasüsteemi kaudu edasi sulele, mis tõuseb üles. Õhutemperatuuri langemisel laskub sulg alla.

Termograafi temperatuurinäitude õigsus tehakse kindlaks, võrreldes teda kontrollitud elavhõbetermomeetriga. Termograaf seatakse üles kambris horisontaalasendisse seintest või toiduainetest eemale ja soovitavalt elavhõbetermomeetri kõrvale, mis kontrollib termograafi täiendavalt. Käsitatakse nädala termograafe, mille silinder teeb täispöörde 7 ööpäeva jooksul, ja ööpäevaseid, mille silindri täispööre kestab 24 tundi. Eelistatavamad on nädala termograafid. Hästi läbiproovitud termograafi näitude täpsus on $\pm 0{,}5$ deg. Temperatuur kirjutatakse paberilindile, mis on lahterdatud temperatuuriintervallis alates -35 kuni $+42°$ C. Termograafe võib kasutada ka temperatuuri kontrollimiseks vahemaa (kuni 10 m) tagant; sel juhul nimetatakse neid distantstermograafideks. Need on sobivad jahutamise ja külmutamise kontrollimiseks.

Distantstermograafide vastuvõtuosaks on süsteem, mis koosneb metallballoonist-vastuvõtjast, mis omakorda on ühendatud termograafiga painduva kapillaartoru kaudu. See süsteem täidetakse vedelikuga (glütseriin, elavhõbe jms.) ja joodetakse hermeetiliselt kinni. Vastuvõtjaballoon paigutatakse toiduaine sellesse tsooni, mille temperatuuri muutumist kontrollitakse. Vedeliku paisumine või kokkutõmbumine, sõltuvalt temperatuuri muutumisest toiduaine jahutamisel või külmutamisel, antakse üle sulele, mis kannab termogrammile toiduaine temperatuuri muutumise kõvera.

Viimastel aastatel on loodud ja kasutusele võetud pooljuhttakistustermomeetrid kala temperatuuri mõõtmiseks (pinnal ja kehas) külmaga töötlemise ja säilitamise protsessides, samuti jahutuskeskkonna temperatuuri mõõtmiseks. Nende uute aparaatide tegevuse põhimõte rajaneb pooljuhtide elektrilise takistuse sõltuvusele nende temperatuurist, kusjuures see sõltuvus on pöördvõrdeline; temperatuuri tõusuga takistuse suurus väheneb järsult. Pooljuht-termomõõteaparaatide väga olulisteks erinevusteks on kõrge tundlikkus, väike gabariit ja temperatuuri kaugmõõtmise võimalus. Väga sobivad on sellised aparaadid jahutamise, külmutamise, säilitamise ja defrosteerimise kontrollimiseks, samuti kalasaaduste transpordil ja vastuvõtul. Termomõõteaparaatide temperatuuridiapasoon on alates $+20$ kuni $-20°$ C, täpsus 0,2°.

Aparaat, mille üldvaade on näidatud joonisel 157*a*, koosneb kahest põhiosast, mis omavahel on ühendatud juhtmega: 1) soojatundlikust elemendist-andurist ja 2) mõõteseadisest. Anduriks on pooljuht-termotakisti, mis on peidetud roostevaba terasest nõela sisse.



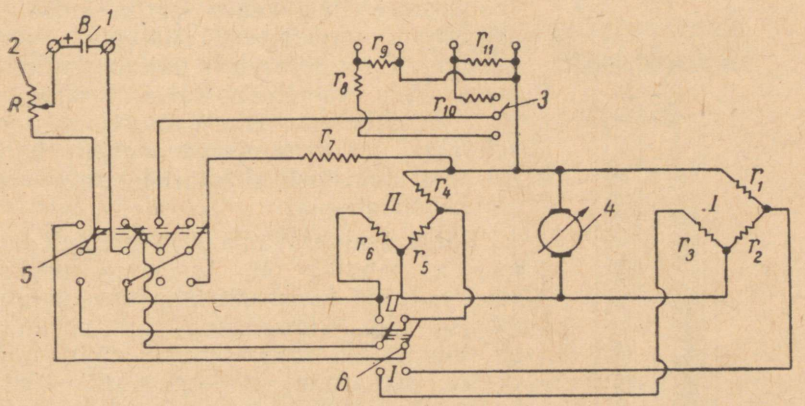
Joon. 157. Lihaskoe elektritermomeeter:

a — üldvaade; *b* — nõel anduri ja pistikuga: *1* — ümbris, *2* — muhv, *3* — kordniit, *4* — kummibandaaž, *5* — juhe МБГ või ПМГВ, *6* — pistik, *7* — pooljuht (termotakisti ММТ-6), *8* — nõel ja Borovi süsteemi aparatuur, *9* — klaastoru, *10* — nikkeljuhe.

Nagu joonisel näha, on aparaat varustatud kahe anduriga: üks väikese kala temperatuuri mõõtmiseks, sellepärast on ta monteeritud lühikese (pikkus 15 mm) nõela sisse, teine — suure kala uurimiseks, monteeritud 25 cm pikkuse nõela sisse. Nõel anduriga, ühendusjuhe ja pistik on näidatud joonisel 157*b*. Nõel on kinnitatud neoleukoriidist ümbrisesse, ümbris aga ühendatud muhviga, mis on samuti neoleukoriidist. Muhvis on termotakisti

klemmid ühendatud juhtmega, mis läheb pistiku juurde. Juhtme pikkus võib olla 2 kuni 100 m.

Aparaadi mõõteseadis on valmistatud kahekordse tasakaalustamata silla skeemi järgi (joon. 158). Kaks tasakaalustamata silda *I* ja *II* on koostatud alalistest (manganiin-) takistitest r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6. Iga silla kolmel õlal on alalised takistid, neljandaks õlaks on aga andur, mis lülitatakse sisse pistikupesade kaudu. Tasakaalustamata sild *I* (r_1, r_2, r_3) on arvestatud temperatuuridiapasooni jaoks $-20 \ldots 0°$ C (ülemine skaala aparaadi korpuse ülemises osas). Tasakaalustamata sild *II* (r_4, r_5, r_6) on arvestatud temperatuuridiapasoonil $0 \ldots +20°$ C (alumine skaala). Temperatuuridiapasoonide sillad lülitatakse ümber rullvõtme käepidemega *I—II*. Neutraalses asendis katkestab see võti toiteallika ahela.



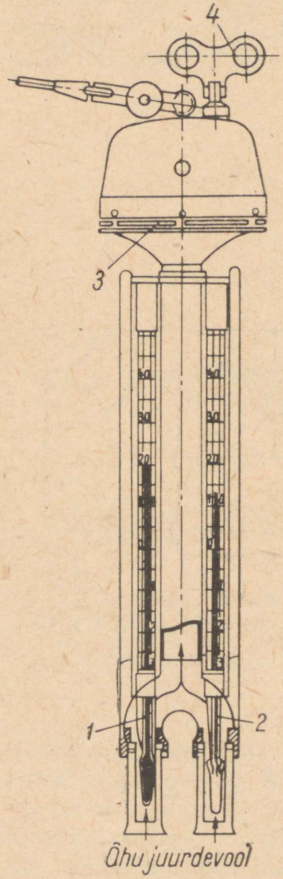
Joon. 158. Lihaskoe pooljuht-elektritermomeetri skeem:

1 — patarei КБС-0,5, *2* — reostaat СП-3, *3* — hoob, *4* — mikroampermeeter, *5*, *6* — võtmed. Takistid r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6 — tasakaalustamata silla õlad; ВС-tüüpi takistid r_8, r_9, r_{10}, r_{11} valitakse aparaadi väljareguleerimisel; r_7 on kontrolltakisti.

Püsiva suurusega sillale antavat pinget reguleeritakse reostaadiga, mille käepide asub korpuse esiseinal. Mikroampermeetri skaalal on näidatud kraadid jaotusega 0,2° C. Tasakaalustamata sillal on elektrivõrgust sõltumatu toiteallikas — taskulambi patarei, mis peab vastu aparaadi regulaarsel töötamisel 2...3 kuud.

Aparaati võib kasutada produktide temperatuuri kaugmõõtmiseks kuni 100 m kauguselt. Pooljuhtaparaadid töötati välja ja neid valmistatakse Kalatööstuse Mehhaniseerimise Teadusliku Uurimise Instituudis (NIIMRP).

Külmutuskambrite õhu optimaalne niiskus on kala ja kalasaaduste külmaga töötlemise ning säilitamise õige režiimi väga tähtsaks teguriks. Kõrgendatud niiskuse juures tekivad soodsad tingimused mikrofloora arenemiseks ja hüdrolüütilisteks protsessideks. Madala niiskuse puhul kaotavad niiskust sisaldavad toiduained teatava koguse koeniiskust, mille tagajärjel väheneb nende kaal ja halvenevad maitse- ning toiteomadused. Külmutuskambrite õhu niiskust tuleb mõõta süstemaatiliselt, see on tootmiskontrolli vältimatu element külmutushoonetes. Niiskuse mõõtmiseks kasutatakse spetsiaalseid aparaate: psühromeetrit, hügromeetrit ja hügrograafi.



Joon. 159. Aspiratsioonipsühromeeter (Assmanni psühromeeter):
1 — kuiv termomeeter, *2* — niiske termomeeter, *3* — ventilaator, *4* — võti.

Psühromeetriga määratakse niiskust «psühromeetrilise vahe» järgi kuiva ja niisutatud termomeetri näitude vahel. Niisutatud termomeeter näitab küllastamata õhus võrreldes kuiva termomeetriga madalamat temperatuuri, mis on seletatav vee auramisega märjalt batistilt, mis ümbritseb niisutatud termomeetri elavhõbedaanumat.

Kõige usaldatavamaks ja laiemalt levinud aparaadiks on Assmanni psühromeeter, mille konstruktsioon on näidatud joonisel 159. Psühromeetri karkassi külge on kinnitatud kaks termomeetrit, mille skaala diapasoon on −25 kuni +50° C ja jaotused 0,2° C, vedruga üleskeeratav ventilaator, metallkaitsetorud, mis kaitsevad mõlema termomeetri elavhõbedaanumaid välise kiirguse eest ja õhutoru, mis läbib karkassi keskkoha.

Ühel termomeetril (harilikult paremal) on elavhõbedaanum mähitud ühe batistikihi sisse, mis on niisutatud veega. Kui ventilaator töötab, on õhu liikumise kiirus elavhõbetermomeetri juures 2,5 m/sec. Kambri õhu väikese suhtelise niiskusesisalduse juures aurab vesi niisutatud batistilt intensiivselt, tekitades jahtumise, seetõttu näitabki niisutatud termomeeter kuivaga võrreldes mõne kraadi võrra madalamat temperatuuri. Suure suhtelise

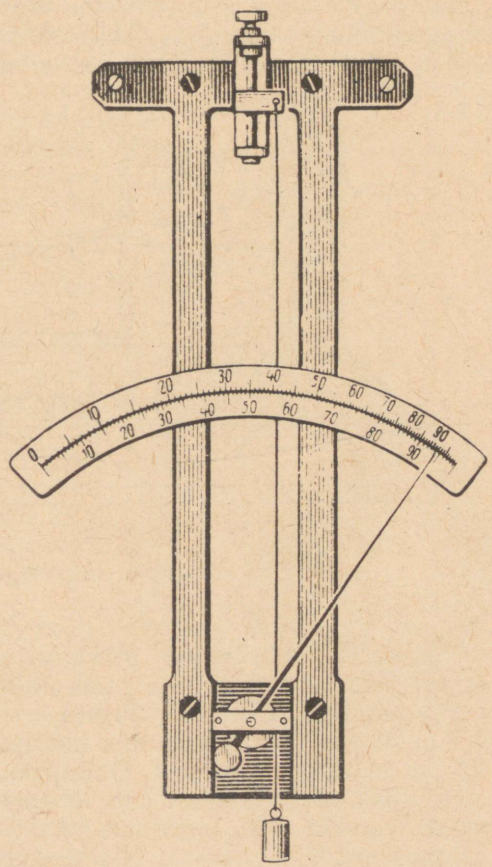
niiskuse korral on vee auramine märjalt batistilt aeglane, tekitades väikese jahtumise, ja siis erinevad niisutatud termomeetri näidud kuiva omadest ainult kümnendik- või sajandikkraadi võrra.

Kuiva ja niisutatud termomeetri näidud küllastatud õhus on ühesugused. Õhuniiskuse mõõtmisel kambrites, mille temperatuur on alla 0° C, kõrvaldatakse niisutatud termomeetrilt ajutiselt kaitsetoru ja viiakse selle alla klaas kuni +1°-ni jahutatud veega nii, et kogu batist satub vette. Mõne sekundi pärast klaas kõrvaldatakse ja lülitatakse sisse ventilaator. Vesi batistil külmub neis tingimustes ja termomeetri kerake kattub jääga. Edaspidi niisutatakse termomeetrit teistkordselt sellele järgneva õhupuhumisega, mille tagajärjel jääkiht kerakesel suureneb. Seejärel asetatakse kaitsetoru kohale tagasi.

Selliselt ettevalmistatud psühromeeter võib anda õigeid näitusid alles ööpäeva pärast. Õhuniiskuse mõõtmisel lülitatakse sisse ventilaator ja määratakse hoolikalt termomeetrite näidud, jälgides, et vaatleja poolt eritatav soojus ei mõjutaks aparaadi näitusid.

Küllalt madala õhutemperatuuri puhul kambris aurab jääkiht batistil väga aeglaselt ja võib teha kuni 10 mõõdet (jääd uuendamata). Kuiva ja niisutatud termomeetri temperatuur kirjutatakse üles, arvutatakse välja nende näitude vahe ja kuiva termomeetri näidu ning mõlema termomeetri näitude väljaarvutatud vahe järgi leitakse aparaadile kaasaantud psühromeetrilisest tabelist suhteline õhuniiskus.

Juushügromeetriga määratakse õhuniiskust vahetult ilma selle küllalt keeruka ettevalmistuseta, mis on vajalik Assmanni psühromeetri kasutamisel. Hügromeetri tegevus põhineb ras-

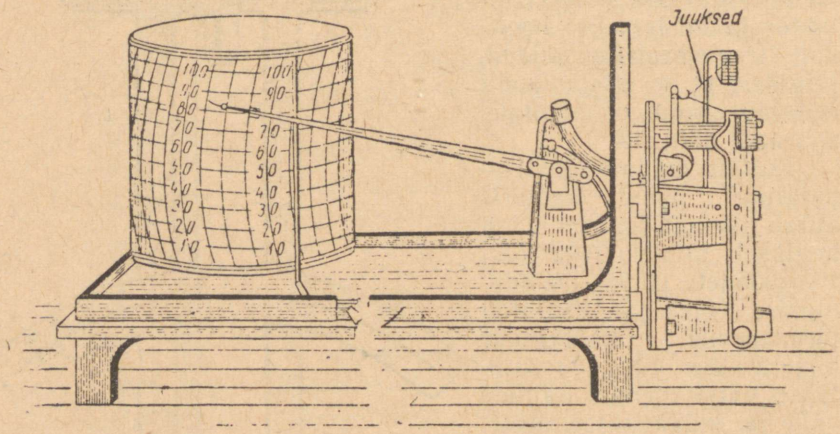


Joon. 160. Juushügromeeter.

vavaba inimjuukse omadusel pikeneda suhtelise õhuniiskuse suurenemisel. On kindlaks tehtud, et suhtelise õhuniiskuse suurenemisel alates 0 kuni 100 % pikeneb juus 2,5% võrreldes algpikkusega.

Juushügromeetrit võib kasutada temperatuuritsoonis +40 . . . . . −60° C, kuid järskude temperatuurimuutuste juures ei anna ta kohe täpseid näitusid, sellepärast tuleb teda eelnevalt hoida 2 ööpäeva jooksul uues temperatuuris, kuni juus saavutab tasakaalu. Aparaat (joon. 160) koosneb metallraamist, mille külge on riputatud vertikaalses asendis juus, rullist raami allosas koos selle ümber mähitud juuksega, osutist rulli teljel ja raami keskosa külge kinnitatud skaalast. Juukse alumise otsa külge on seotud väike vihikene. Skaala on jaotatud 100 osaks — suhtelise niiskuse protsentideks.

Hügromeetrit kontrollitakse perioodiliselt, võrreldes tema näitusid reguleeritud psühromeetri näitudega. Hügromeeter seatakse üles külmutuskambrisse ühele sambale kambri keskel, aparaat tuleb riputada vertikaalselt ja kaitsta rest- või võrkkapikesega.



Joon. 161. Hügrograaf.

Suhtelise õhuniiskuse pidevaks üleskirjutamiseks on hügrograaf (joon. 161), aparaat, mis üldiselt ehituselt on analoogiline termograafiga. Erinevalt hügromeetrist on hügrograafil niiskuse vastuvõtjaks juustekimp, mis koosneb ligikaudu 50 rasvavabast 20 cm pikkusest juuksest. Õhuniiskuse suurenemisel kimp pikeneb, niiskuse alanemisel aga lüheneb. See kimbu pikkuse muutumine kandub üle kirjutusmehhanismile, mis joonistab lindile hügrogrammi — kõvera, mis vastab suhtelise niiskuse muutumise iseloomule kindla ajavahemiku jooksul.

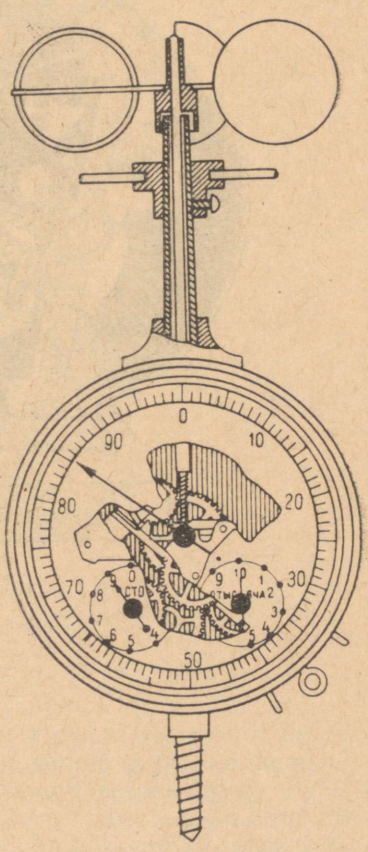
Külmutushoonetes on otstarbekohane kasutada nädalaks ajaks üleskeeratavaid hügrograafe. Aparaat tuleb üles seada rangelt horisontaalsesse asendisse, kuna viltuasendi korral tema sulg nihkub ära õigest asendist ja järelikult on võimalikud vead hügrograafi näitudes. Perioodiliselt, 1...2 kuu tagant, tuleb hügrograafi kontrollida, võrreldes teda täpsemate aparaatidega (näiteks Assmanni psühromeetriga) selles õhutemperatuuris, mille juures ta pärast hakkab töötama.

JAHUTUSKESKKONNA TSIRKULATSIOONI KONTROLLIMINE

Külma kasutamine on paljudel juhtudel seotud vajadusega kontrollida jahutuskeskkonna liikumise kiirust ja tsirkuleeriva õhu ning soolvee kogust. Nii näiteks säilitamiskambrites seisva õhu tsoonides tekivad ebasoodsad tingimused produktide säilitamiseks, sest nendes tsoonides õhutemperatuur ja -niiskus erinevad optimaalsetest väärtustest. Kaasaegsetes kalade õhkkiirkülmutamise aparaatides peab õhk tsirkuleerima kiirusega üle 5 m/sec, mis on tähtsaks tingimuseks protsessi kiiruse saavutamisel. Õhu liikumise kiirust määratakse anemomeetrite, aparaatide abil, milles õhuvoolu jõul pannakse liikuma nende tundlik osa — vurr ja see liikumine antakse üle numbrilauale.

Külmutushoonetes kasutatakse kõige sagedamini kauss- ja tiivikanemomeetreid, seejuures esimesi — õhu liikumise kiiruse juures alates 1 kuni 20 m/sec, teisi aga väiksemate kiiruste mõõtmiseks — kümnendikkudest alates kuni 3...4 m/sec.

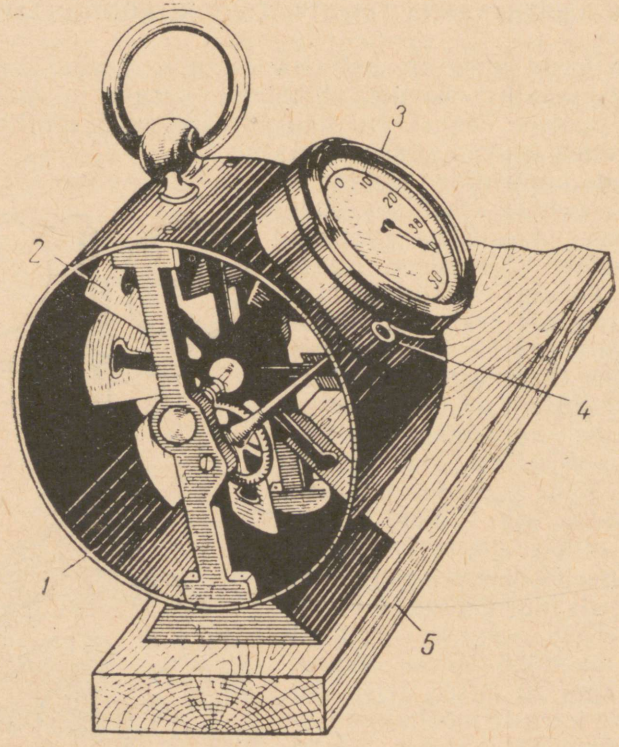
Kauss-anemomeetri (joon. 162) aktiivseks osaks on neljast poolkerast koosnev vurr. Poolkerad on pööratud kumerusega ühele poole ja paigutatud ristjalale. Ristjalg on asetatud teljele, mille pöörlemine antakse hammasmehhanismi kaudu üle kolmele osutile, mis loendavad numbrilaudadel vastavalt üksikuid, sadu ja tuhan-



Joon. 162. Kauss-anemomeeter.

deid pöördeid. Aparaadi korpuse allosas on kruvi anemomeetri kinnitamiseks tugilatile neil juhtudel, kui õhu liikumise kiirust mõõdetakse kambri kohtades, kuhu on raske juurde pääseda.

Tiivikanemomeetril on ratas tiivikutega, millised on asetatud tiiviku teljele perpendikulaarse tasapinna suhtes 45° nurga all, tiiviku teljega seotud osuti ja numbrilaud. Et aparaati oleks hõlpsam kasutada, ühendatakse ta mõnikord sekundimõõtjaga.



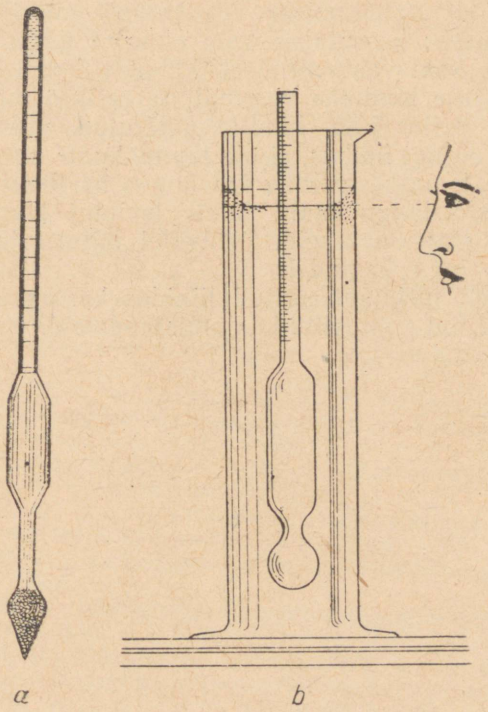
Joon. 163. Tiivikanemomeeter:
1 — aparaadi raamistik, *2* — tiivik, *3* — numeraatori numbrilaud, *4* — käivitusrõngas, *5* — aparaadi kinnitusliist.

Õhu liikumise kiiruse kaugkontrollimiseks kasutatakse elektrilisi anemomeetreid. Nende aparaatide tegevuse põhimõte tugineb elektrivooluga soojendatava juhi jahtumisele õhuvoolu toimel, mille liikumise kiirust mõõdetakse. Mida suurem on õhuvoolu kiirus, seda energilisemalt jahtub juht. Juhi temperatuuri võib mõõta mitmel viisil.

Tsirkuleeriva vedeliku (näiteks soolvesi) liikumise kiirust ja kogust võib määrata membraanide ning surutorude abil (Pitot, Venturi), samuti ka mõõteanumaga.

SOOLVEE ERIKAALU KONTROLLIMINE

Soolvee erikaalu kontrollitakse areomeetriga, mis on näidatud joonisel 164. Areomeeter kujutab endast silindrikujulist klaasujukit, mille alumises osas asub raskus — haavlid või elavhõbe.



Joon. 164. Areomeeter (*a*), areomeetri skaala lugemine (*b*).

Ujuki peale on joodetud klaastoru, mille sisse on kinnitatud skaala. Areomeetri töö põhimõte rajaneb Arhimedese seadusele, mille kohaselt aparaat hõredamates vedelikkudes vajub sügavamale kui tihedamates. Areomeeter vajub vees alati kuni 0°-ni skaalal. Ühtedel areomeetritel on skaalal näidatud vedeliku erikaalu väärtused, sel juhul number, mis ujuval areomeetril asub

vedeliku tasemel, võrdub selle vedeliku erikaaluga. Teiste areomeetrite skaalal on näidatud Baumé tingkraadid, sel juhul tuleb Baumé kraadide erikaaluks ümberarvestamisel kasutada spetsiaalseid valemeid ja tabeleid.

KAALU KONTROLLIMINE

Kala ja kalasaadusi kaalutakse külmutushoonetes tooraine vastuvõtmisel ja valmistoodangu väljastamisel. Kaalu kontrollitakse ka toodangu pikaajalise säilitamise protsessis, kontrollvedudel, pakendi vahetamisel või taarastamisel. Kaalukadude kindlakstegemiseks kaalutakse kala enne ja pärast õhkkülmutamist. Toorkala kaal vastuvõtmisel külmutushoonesse või transportimisel tehakse kindlaks varemalt tareeritud mõõtekastide või punkrite abil selle kala kindlaksmääratud puistekaalu järgi. Kuid see viis, olgugi hõlbus, ei ole täpne, kuna punkri kiire täitmise puhul on temasse mahtuv kalakogus harilikult erinev. Toorkala ja valmistoodangu kaalu laialt levinud kontrollimisviisiks on kaalumine statsionaarsetel liikuvatel mitmet tüüpi (kümnendik-, sajandik- jne.) kaaludel.

Komplekssel mehhaniseeritud liinides kasutatakse spetsiaalselt konstrueeritud vastuvõtu-kaalumisseadmeid.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Алеев Б. С. и Чистяков Ф. М., Микробиология консервирования, Пищепромиздат, 1945.

2. Березин Н. Т., Производство мороженой и охлажденной рыбы и рыбного филе, Снабтехиздат, 1934.

3. Березин Н. Т., Замораживание и холодильное хранение сельди и других жирных рыб, «Рыбное хозяйство», 1955, № 6.

4. Гаркина И. Н. и Букин В. Н., Химический метод определения витамина D, Витаминные ресурсы и их использование, Сб. 3, Изд. АН СССР, 1955.

5. Головкин Н. А. и Чижов Г. Б., Холодильная технология пищевых продуктов, Пищепромиздат, 1951.

6. Головкин Н. А., Чижов Г. Б., Школьникова Е. Ф., Холодильная технология пищевых продуктов, Госторгиздат, 1955.

7. Головкин Н. А. и Першина Л. И., О роли аденозинтрифосфорной кислоты при холодильной обработке и хранении рыбы, «Рыбное хозяйство», 1957, № 9.

8. Головкин Н. А. и Першина Л. И., Растворимость актомиозина как биохимический показатель процессов в мышцах рыбы при ее холодильной обработке, «Рыбное хозяйство», 1958, № 12.

9. Зайцев В. П. и Березин Н. Т., Рыбопромышленный холодильник в Бергене, «Рыбное хозяйство», 1956, № 11.

10. Зайцев В. П., Холодильные устройства и аппараты, применяемые в рыбной промышленности Канады, «Рыбное хозяйство», 1956, № 6.

11. Зайцев В. П., Рыбообрабатывающая промышленность Франции, «Рыбное хозяйство», 1958, № 4.

12. Зайцев В. П., Усовершенствования в технике производства льда, «Холодильная техника», 1958, № 5.

13. Зайцев В. П., Применение искусственного холода в рыбной промышленности некоторых зарубежных стран, Научно-техническая информация, Аннотации и рефераты № 15 за 1959 г., изд. ВНИРО, 1959.

14. Зайцев В. П., Новые методы охлаждения и замораживания рыбы, ВДНХ и Пищепромиздат, 1960.

15. Зайцев В. П., Новое в холодильной обработке рыбы и рыбопродуктов, «Рыбная промышленность» — научно-технический и производственный сборник № 2(4), Вильнюс, 1961.

16. Зайцев В. П. и Павлов Е. Г., Замораживание рыбы на морских судах в СССР, Сборник «Докладов от СССР научной конференции Комиссий 3, 4 и 5 Международного института холода», Москва, 1958.

17. Зайцев В. П. и Павлов Е. Г., Использование холода в зарубежной рыбной промышленности, «Рыбное хозяйство», 1956, № 1.

18. Касаткин Ф. С., Холодильная обработка рыбных продуктов. Технология рыбных продуктов, Пищепромиздат, 1940.

19. Касаткин Ф. С., Елисеев Д. С., Куликов П. И., Технология рыбных продуктов, ч. I. Пищепромиздат, 1952.

20. Казанский Л. М., Рыбоморозильный шкаф. «Рыбное хозяйство», 1955, № 6,

21. Кизеветтер В. И. и Лаговская Е., Содержание витамина А в рыбах Дельнего Востока. Витаминные ресурсы и их использование, Сб. 1, изд. АН СССР, 1951.

22. Колчев В. В., Содержание витамина А в рыбах Волго-Каспийского бассейна. Витаминные ресурсы и их использование, Сб. 1, изд. АН СССР, 1951.

23. Комаров Н. С., Холод. Справочное руководство по холодильной технике, Гизлегпищепром, 1953.

24. Конокотин Г. С., Ледяные склады в рыбной промышленности, Пищепромиздат, 1951.

25. Конокотин Г. С. и Гречко Ф. М., Новые полупроводниковые термоизмерительные приборы для рыбной промышленности, Научно-технический бюллетень НИИМРП № 5—6, Ленинград, 1958.

26. Крестов А. П., Производство охлажденной и мороженой рыбы и рыбного филе, Пищепромиздат, 1953.

27. Лазаревский А. А., Технохимический контроль в рыбообрабатывающей промышленности, Пищепромиздат, 1955.

28. Лагунов Л. Л., Получение жиров водных животных с высоким содержанием витаминов, Пищепромиздат, 1950.

29. Леванидов И. П., Михайлов Г. Г., Леонова З. И., Тимофеев С. Н., Бутрова Д. Ф., Морозилки сухого замораживания на рефрижераторах, «Рыбное хозяйство», 1955, № 6.

30. Луков В. З., О рыбных скороморозилках, «Рыбное хозяйство», 1955, № 6.

31. Лыков А. В., Теория теплопроводности, Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1952.

32. Михайлов Г. В., Машины и оборудование перерабатывающих предприятий рыбной промышленности, Пищепромиздат, 1951.

33. Макашев А. П., Охлаждение сырца сардины, Владивосток, 1940.

34. Переплетчик Р. Р., Содержание витамина А в печени и других органах промысловых рыб и дельфинов Балтийского и Азово-Черноморского бассейнов. Витаминные ресурсы и их использование, Сб. 1, Изд. АН СССР, 1951.

35. Переплетчик Р. Р. и Новикова Е. И., Хранение мороженой рыбы, глазированной с добавлением антиокислителей. Труды ВНИРО, т. XXXV, Пищепромиздат, 1958.

36. Равич-Щербо Ю. А., Дуброва Г. Б., Смотряева Е. А., Оникиенко А. Я., Использование хлортетрациклина—биомицина для сохранения свежей рыбы, изд. ВНИРО, 1960.

37. Румянцев А. И. и Кизеветтер И. В., Тунцы, Владивосток, 1949.

38. Терентьев А. В., Комплексная механизация рыбозаводов, Пищепромиздат, 1953.

39. Тухшнайд М. В., Холодильная технология, Пищепромиздат, 1938.

40. Тухшнайд М. В., Орлова С. А., Новотельнов Н. В., Технологический и химико-бактериологический контроль на холодильниках, Пищепромиздат, 1940.

41. Христодуло Д. А., Обработка мяса холодом, глава X из учебного пособия для вузов НКМ и МП СССР, «Технология мяса и мясопродуктов», ч. 2, Пищепромиздат, 1941.

42. Христодуло Д. А. и Рютов Д. Г., Быстрое замораживание мяса, Пищепромиздат, 1936.

43. Чижов Г. Б., Вопросы теории замораживания пищевых продуктов, Пищепромиздат, 1956.
44. Технология хранения скоропортящихся продуктов в холодильниках, Госторгиздат, 1954.
45. Биохимия рыб. Сборник статей, перевод с английского под редакцией и с предисловием проф. В. Н. Букина, ИЛ, 1953.
46. ВНИРО. Сборник работ по холодильной технологии рыбных продуктов, Пищепромиздат, 1940.
47. ВНИХИ. Замораживание и хранение мяса и рыбы. Сборник работ лаборатории холодильной технологии, Пищепромиздат, 1941.
48. Fischwirtschaftskunde B. VII, T. I, 1947.
49. Food Industries, IX, 1947.
50. Refrigerating Engineering, V, 1947.
51. Modern Refrigeration, № 556, 1944, № 565, 1945, № 12, 1953.

SISUKORD

Lk.

Sissejuhatus 3

I. **Toorkala iseloomustus** 7

Kala keemiline koostis 7

Vitamiinid 11

Kalakudede struktuur 13

Kalade geomeetriline kuju 14

Kala füüsikalised omadused ja soojuslik seisund 17

II. **Madala temperatuuri mõju mikroorganismidele ja surmajärgsed muutused kalas** 27

Mikroorganismid ja nende elutegevuse tingimused 27

Madala temperatuuri toime rakule 33

Anabioos 34

Kalade surmajärgsete muutuste arengu tingimused ja tunnused . 38

III. **Jahutavate keskkondade ja külmaga konserveerimise põhiliste protsesside iseloomustus** 46

Gaasiline keskkond 46

Vedel keskkond 52

Tahke keskkond 58

Heterogeenne keskkond 59

Külmaga konserveerimise põhiprotsessid 60

IV. **Kala jahutamine** 62

Jahutamisel tekkivad muutused kalas 63

Jahutuskestus 64

Külmakulu jahutamisel 76

Kala jahutamise tööstuslikud viisid 77

Kala jahutamine jääga 77

Loodusliku jää varumine ja tehisjää valmistamise viisid . . . 87

Loodusliku jää varumise põhilised viisid 87

Tehisjää valmistamise viisid 94

Kala jahutamine sukeldamisega külma vedelasse keskkonda . . 107

Kala jahutamine külma soolveega piserdamise teel 109

Antiseptiliste vahendite kasutamine 111

Antibiootikumide kasutamine 114

Kala jahutamise protsessi täiustamine 118

Kala jahutamise mehhaniseerimine 119
Kala jahutamise vooltootmise protsess laeval 126
V. **Kala külmutamine** 130
Külmutamisel kalas tekkivad muutused 132
Kala töötlemise tingimused 145
Külmutuskiirus 149
Külmutusprotsessi kestus 156
Külmakulu kala külmutamisel 161
Kala külmutamise viisid (liigitus) 162
Kala külmutamine jää-soola segus 164
Kala külmutamine looduslikes tingimustes õhuga 169
Külmutamine toruriiulitel 169
Kala külmutamine külmutuskambrites 175
Intensiivse õhutsirkulatsiooniga kiirkülmutusaparaadid ja -seadmed 177
Kontaktkülmutamine soolvette sukeldamise ja soolveega piserdamise teel 196
Kontaktita külmutamine soolalahuses 210
Külmutamine plaatkülmutis 219
Külmutamine keevas külmutusagendis 228
Lühiteatmed kalade külmutamisest külmutuslaevadel . . . 231
VI. **Jahutatud ja külmutatud kalafilee tootmine** 239
Kalade lahkamine 242
Kala fileerimise viisid 250
Kalade fileerimisprotsessi mehhaniseerimine 253
Fileemasinad tursklaste jaoks 258
Meriahvena fileemasin 266
Filee kinnistamine 271
Filee vormimine 276
Jahutamine ja külmutamine 277
Tervest kalast (tursklastest) külmutatud filee valmistamise tehnoloogiline skeem 280
Soomkalast külmutatud filee valmistamise tehnoloogiline skeem . 283
VII. **Jahutatud ja külmutatud kala säilitamine** 287
Muutused kalas säilitamisprotsessi vältel 287
Kala kaalu muutumine säilitamisel 293
Külmutatud kala glasuurimine. Kaitsekihi kujundamine külmutamisel 296
Kala taarastamine 303
Toote paigutus säilituskambris 309
Õhu temperatuur ja niiskus säilitamiskambrites 310
Säilitamiskambrite jahutamine ja jahutusaparaatide paiknemine nendes 313
Külmutuskambrite õhu, taara ja inventari desinfitseerimine . . 315
VIII. **Kalatööstuslike külmutushoonete ja külmutuslaevade planeerimine** 327
Külmutushoonete planeerimisele esitatavad nõuded 327
Külmutushoonete põhiruumide paigutuse variandid 329

Kalatööstuslike 100, 300, 500 ja 1000 t mahutavusega külmutushoonete planeerimine 331
Külmutushoonete põhiseadmed 336
Kalatööstuslike 8000 t mahutavusega külmutushoonete planeerimine 338
Külmutuslaevad 342
IX. **Kalade defrosteerimine** 356
Defrosteerimisprotsessi olemus 356
Defrosteerimisviisid 357
Defrosteerimisprotsessi kiirus 364
Soojuskulu kala defrosteerimisel 366
X. **Tehnoloogiline ja keemilis-bakterioloogiline kontroll külmutusettevõtetes** 367
Tootmiskontrolli põhieesmärgid 367
Jahutuskeskkonna ja toodangu temperatuuri kontroll 371
Külmutushoonete kambrite õhu niiskuse kontroll 378
Jahutuskeskkonna tsirkulatsiooni kontrollimine 381
Soolvee erikaalu kontrollimine 383
Kaalu kontrollimine 384
Kasutatud kirjandus 385

Викентий Петрович Зайцев

ХОЛОДИЛЬНОЕ КОНСЕРВИРОВАНИЕ РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ

На эстонском языке

Центральное бюро технической информации ЭССР
Таллин, ул. Ломоносова, 29

Toimetaja M. Henno

Ladumisele antud 2. X 1965. Trükkimisele antud 26. IV 1966. Paber 60×90, 1/16. Trükipoognaid 24,5. Arvestuspoognaid 25,95. Trükiarv 1050. MB-02496. Tell. nr. 7453. Hans Heidemanni nim. trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19. I. TIKB tell. nr. 102

Hind Rbl. 1.40

Rbl. 1.40

A
27867

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00970154 3