

V-41270

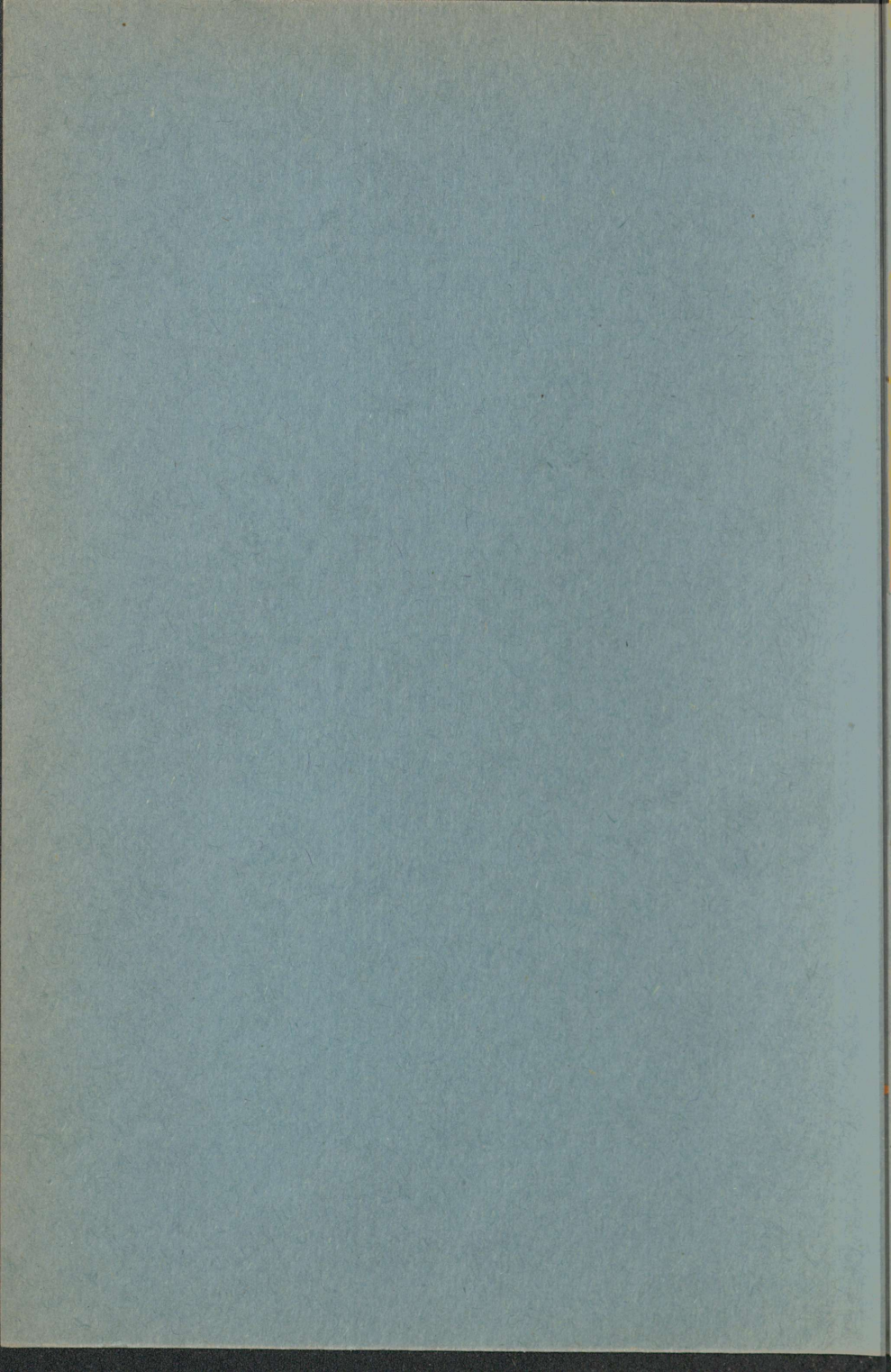
TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

E. RANNAK

KAUBATUNDMISE

mikrobioloogilised
ALUSED

TARTU 1961



V-41270

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL
KAUBANDUSÖKONOOMIKA KATEEDER

E. RANNAK

KAUBATUNDMISE

mikrobioloogilised

ALUSED

TARTU 1961

Тартуский государственный университет
ЭССР, г. Тарту, ул. Кликкооли, 18
Э. Раннак
ОСНОВЫ МИКРОБИОЛОГИИ ТОВАРОВЕДЕНИЯ
На эстонском языке

Vastutav toimetaja H. Arumaa
Korrektor E. Oja

=====

TRÜ rotaprint 1961. Trükipoognaid 7,2.
Tir. 400 eks. MB 05794. Tell. nr. 567.

Hind 22 kop.

EESSÕNA.

Käesolev õppevahend on mõeldud Tartu Riikliku Ülikooli Majandusteaduskonna kaubandusharu üliõpilastele sissejuhata-va osana kaubatundmise kursusele toidukaupade alal. Töö koos- tamisel on allikmaterjalidena kasutatud uuemaid monograafiaid ja mõningaid originaaluurimusi. Kirjanduse loetelus on mär- gitud need teosed, mis võiksid abiks olla probleemiga lige- maks tutvumiseks. Käesolevas sissejuhatava iseloomuga töös ei ole üksikasjalikult käsitletud eri toiduainete rühmade mikrobioloogiat ega ka külmutustehnikat ja konservimise teh- noloogiat. Need küsimused leiavad käsitlemist toidukaupade üld- ja erikursustes.

Sissejuhatus.

Toiduainete kaubateadus käsitleb toiduainete kvaliteeti ja mitmekesisust. Nõukogude toiduainetetööstuse ja kaubanduse ülesandeid elanikkonna kindlustamisel (varustamisel) tervisliku toiduga võib iseloomustada A.I. Mikojani sõnadega 1937. aastast: "Toiduained peavad olema mitte ainult toitvad ja hea kvaliteediga, vaid neid peab tootma ja säilitama nõnda, et nad oleksid meeldiva maitsega, sisaldaksid rikkalikult vitamiine ja mineraalsooli".

Kaubateadus uurib produktide füüsikalisi, keemilisi ja bioloogilisi omadusi ning nende muutusi kauba liikumise kõigil etappidel tootmisest kuni tarbimiseni. Kaubateaduse ülesandeks on selgitada kaupade kasulikke omadusi, leida mitmesuguseid teid nende kasutamiseks ja meetodeid kaupade omaduste kestvaks säilitamiseks ning loomulike kadude vähendamiseks miinimumini.

Kõige tihedam seos on toiduainete kaubateadusel biokeemiaga, mille uurimisalaks on elusates organismides ja kudedes toimuvad keemilised protsessid. Biokeemia aitab mitte ainult selgitada muutusi, mis toimuvad toidukaupades, vaid võimaldab ka neid kaupade säilitamise kestel reguleerida.

Toiduainete kaubateadus on tihedalt seotud ka põllumajandusteadustega, sest need hõlmavad taime- ja loomakasvatust ja seega ka vastavate toiduainete saamist. Taimsete ja loomsete organismide kasvutingimused ning saaduste tootmise tingimused avaldavad aga olulist mõju toidutoorainete ja valmistoiduainete kvaliteedile. Toiduainetetööstuses kasutatakse tootmise tehnoloogiat mõjutab mitmeti valmistoiduainete oma-

dusi. Sellepärast peab kaubatundjal olema ülevaade ka tehnoloogiast, aparatuurist, tootmistingimustest (temperatuurist, rõhust), retseptuurist jne.

Toiduained on sageli väga heaks mikroorganismide elutegevuse keskkonnaks; ühed mikroobid kutsuvad esile toiduainete riknemise, teised võivad toiduainete kaudu tingida nakkushaigusi või mürgistusi, kolmandad aga on vajalikud paljude toiduainete tootmisel, töötlemisel või säilitamisel.

Mikroorganismid on väga väikesed elusad olevused, neid võib näha ainult tugeval suurendusel mikroskoobi abil. Sellest tuleneb ka neid uuriva teaduse nimetus - mikrobioloogia.¹ Mikroorganisme leidub looduses kõikjal, kus nende arenguks on vastavad tingimused olemas.

Mikroorganismide osatähtsus looduses on väga suur, nad on elutegevuse aktiivseteks teguriteks meie planeedil. Taimed, kaasa arvatud vetikad, valmistavad päikese kiirgava energia abil õhus ja vees leiduvast süsihappegaasist, juurte kaudu saadavast veest ja lämmastikku ning teisi elemente sisaldavatest sooladest keerulisi orgaanilisi aineid: süsivesikuid, valke, rasvu jne. Loom ja inimene vajavad aga toitumiseks orgaanilisi aineid. Nende ainete algallikateks on taimede osad; kuid kõiki, eriti puitunud taimeosi ei ole loomad (ega inimene) võimelised kasutama, sest suur osa nendest on liiga jäigad ja ei seedi hästi. Samuti ei ole taimed võimelised jäägitult kasutama loomade elutegevuse heitprodukte ega nimetamisväärselt laipu ja taimejäätmel. Väga mitmesugused mikroobid aga lagundavad või sünteesivad paljusidprodukte ja kindlustavad seega alaliselt loomuliku tasakaalu looduses.

Looduses toimub alaline elusatele olevustele vajalikkude elementide ringkäik. Lihtsatest anorgaanilistest ainetest tekivad taimedes ja osalt mikroobides keerulised orgaanilised ained. Neid kasutavad toiduks loomad (ja inimene) ja osalt mikroobid, kusjuures nende elutegevuse lõppsaadusteks on jäl-

¹ "Mikrobioloogia" on tuletatud kreekakeelsetest sõnadest: mikros - väike, bios - elu ja logos - sõna ehk õpetus.

legi lihtsad anorgaanilised ained. Päikese energia, mis tal-
letub taimedes orgaaniliste ainete tekkel, vabaneb uuesti
nende ainete lagundamisel loomaorganismi või mikroobi hinga-
misel. Selle energia abil võib looma või inimese organism te-
ha tööd või produtseerida uusi aineid.

Kaubanduse ja ühiskondliku toitlustamise alal töötajad
vajavad teadmisi mikrobioloogiast selleks, et õigesti mõista
toitumise põhiolemust, säilitada toidukaupu, vältida nende
riknemist ja õigesti reguleerida kasulikkude mikroobide kas-
vu ja arengut.

Mikroorganismid on looduses väga levinud. Neid leidub
rohkesti õhus, vees, mullas, rõivastusel, inimkehal ja seede-
kanalis, paljudes toiduainetes jne. Mikroobide hulka kuuluvad
eeskätt bakterid, pärm- ja hallitusseened; ka mõningaid alg-
loomakesi (amööbe, indusore) ja vetikaid (klorella) loe-
takse mikroorganismide hulka.

Mikrobioloogia ülesandeks on uurida mikroorganismide ehi-
tust, elutingimusi ja nii kasulikke kui ka kahjulikke omadusi.
Neid hästi tundes võib luua toidukaupade tootmisel ja turus-
tamisel niisugused tingimused, mis väldivad toiduainete rik-
nemise (liha, kala, munad jne.) ja vähendavad seega ka nak-
kushaiguste levikut ja mürgistusi. Samuti aitab mikrobioloogia
tundmine otstarbekalt kasutada kasulikke mikroobe toidu-
ainete säilitamisel ja töötlemisel, nagu leiva küpsetamisel,
juustu valmistamisel, kapseaste ja kurkide hapendamisel jne.

Mikrobioloogia arengu lühiülevaade.

Inimene kasutas mikroobide tegevust üsna laialt toiduai-
nete, eeskätt puuvilja ja teiste mahlade kääritamiseks kui
ka piima hapendamiseks kaua aega enne seda, kui ta õppis tund-
ma neid mikroskoopilisi organisme. Nähtavasti kasutasid pea-
aegu kõik rahvad enne tööstusliku tootmise arengut igapäevase
joogina puuvilja, marjade jt. mahlade või teravilja leotiste
kääritamisel saadavaid jookke. Nende veinide ja taaride valmis-
tamiseks kasutati juuretisi, mis sisaldasid mikroorganisme

(baktereid ja pärmseeni), juba umbes 4 - 5 tuhat aastat tagasi. Egiptuse seinamaalidel (freskodel) on kujutatud viinamarjaveini saamise ja silo valmistamise mitmeid etappe. Samuti leidub muistsetes käsikirjades eeskirju leivaküpsetamise, õlle ja äädika valmistamise ning piima hapendamise kohta (kumõssi, kefiiri jt. saamiseks).

Paljud nakkushaigused olid samuti tuntud kauges minevikus. Mõned teravmeelsed filosoofid muistises Kreekas ja Roomas arvasid, et nakkushaigusi tekitavad nähtamatud ülipisikesed elusad organismid, kuid ei saanud seda kindlaks teha.

Mainitud nähtuste põhjused hakkasid kindlamalt selguma alles umbes kolmsada aastat tagasi, siis kui inimene õppis luubi ja mikroskoobi abil mikroobe nägema ja võis neid ligemalt tundma õppida. Hollandi uurija Antony van Leeuwenhoek¹ (1632 - 1723) saavutas umbes 250-kordse suurenduse ja võis esimesena vaadelda mikroskoopilise maailma organisme. Ta vaatles baktereid, mis ta avastas hammaste pinnal, pärmseeni õlles, erütrotsüüte veres, vere liikumist kapillaarides jne. A. Leeuwenhoek kirjeldas ja kujutas mikroobe paljudes kirjades ning teaduslikes ajakirjades (alates 1673. a.). Tema avastuse vastu tunti suurt huvi. Teiste hulgas käis tema juures "looduse saladust" vaatlemas Peeter I (1698).

Põllumajandus ja tööstus olid XVII ja XVIII sajandil madalal tasemel ja teaduslike avastuste vastu tunti vähe huvi, sest teaduses valitses skolastiline suund.

Tööstusliku tootmise arenguga käsikäes hakkasid kiiresti arenema loodusteadused ja lõpuks ka mikrobioloogia. XIX sajandi teine pool kujunes selle õitsengu alguseks. Mikroobide välise kirjeldamise kõrval hakati uurima ka mikroobide elutegevust ja nende praktilist tähtsust. Selgitati järjest konkreetselt, et nakkushaiguste otsusteks põhjusteks on teatavad mikroobid ja et teised mikroobid kutsuvad soodsates tin-

¹ A. Leeuwenhoek õppis alates 1648. a. Amsterdamis kaubandust. 1660. a. peale töötas ta mitmes kogukondlikus ametis. Ta harrastas optiliste klaaside lihvimist ja läätsede valmistamist, mille abil hakkaski mikroobe vaatlema.

gimustes esile käärimisprotsesse.

Mikrobioloogia kui teaduse väljakujunemisel ja arengul oli erakorraline tähtsus prantsuse teadlasel keemikul L. Pasteuril (1822 - 1895). Ta selgitas, et mikroorganismid erinevad üksteisest mitte ainult välimuselt, vaid ka oma elutegevuse iseloomult ja põhjustavad mitmesuguseid keemilisi muundusi nendes ainetes, kus nad arenevad.¹ L. Pasteur tõestas, et protsessid, mille tagajärjel viinamarjamahlast tekib vein (alkoholkäärimine) ja rõõsast piimast hapupiim (piimhappeline käärimine), on mikroorganismide elutegevuse tagajärjeks. Selgitudes, et ka veini ja õlle riknemine on mikrobioloogilise olemusega, töötas ta välja meetodi selle riknemise vastu võitlemiseks. Seda meetodit, lühiaegset veini, õlle ja teiste toiduainete kuumutamist 60 - 100° C juures, kasutatakse tänapäeval laialt pastöriseerimisena.

L. Pasteur selgitas, et mitmed mikroorganismid (näiteks võihappebakterid) võivad areneda keskkonnas, kus vaba hapniku kontsentratsioon on väga väike, s.o. anaeroobses (õhuta) keskkonnas. Nendest anaeroobsetest mikroobidest erinevalt arenevad teised, nn. aeroobsed mikroobid ainult õhu hapniku külluse korral. Edasi tõestas L. Pasteur, et tema katsete tingimustes tekib iga mikroob juba olemasolevast mikroobist ega teki iseenesest (spontaanselt). Kuigi elu tekkimist iseenesest ei saa eitada, ei peeta seda tänapäeval siiski reaalseks.

Meditsiinilise mikrobioloogia alal tegi L. Pasteur kindlaks, et rida haigusi kutsutakse esile mikroorganismide poolt. Tema tähtsaks teeneks on kaitsesüstimate meetodi (vaktsineerimise) väljatöötamine ja selle teoreetiline põhjendamine. Tema poolt väljatöötatud menetlus osutus täiesti edukaks ka marutõve ravimisel, mida teostatakse üle maailma levinenud Pasteuri-jaamade kaudu.

¹ Hiljem selgitati Buchneri jt. poolt, et keemilised muundused ainete käärimisel kutsutakse esile mitte otseselt mikroobide poolt, vaid nende poolt produtseeritavate fermentide toimel.

Mikrobioloogia arengus on suur tähtsus Robert Kochi (1843 - 1910) uurimustel. Tema avastas siberi katku (pöörnatõve), tuberkuloosi ja koolera tekitajad mikroobid. Tal õnnestus valmistada ravivahendit - tuberkuliini. R. Koch hakkas kasutama mikroobide kultiveerimisel tahkeid söötmeid, mille abil võib saada mikroobide puhaskultuure.

Mikrobioloogiat arendasid edasi paljud uurijad, mikroobid kujunesid sajandi vahetusel tähelepanu tulipunktiks. Üheks silmapaistvamaks teadlaseks, eriti meditsiinilise mikrobioloogia arendamisel, oli Ilja Metšnikov (1845 - 1916), kes avastas fagotsütoosinähtuse¹ ja rajas õpetuse makroorganismi vastupanuvõimest - immuniteedist - nakkushaiguste vastu.

Ülemaailmse tunnustuse saavutas D. I. Ivanovski (1864-1910), kes avastas väiksemate elusate olevuste rühma - viirused -, mis ei ole nähtavad tavaliste optiliste mikroskoopidega. Neid võib näha elektronmikroskoobiga.

Suur tähtsus on N. F. Gamaleja (1859 - 1949) uurimustel viiruste ja üldise mikrobioloogia alal.

S. N. Vinogradski avastas (1887. a.) mullabakterite rühma, mis toituvad anorgaanilistest ainetest, aga ka bakterid, mis on võimelised kasutama õhu lämmastikku oma keha valkude sünteesiks.

Põllumajandusliku mikrobioloogia alal on tähtsaid töid V. L. Omeljanskil (1867 - 1928), kes avastas tselluloosi kääritajad vähihappebatsillid.

Tehniline mikrobioloogia uurib rahvamajandusele kasulikkude mikroobide rakendamist toiduainetetööstuses ja käsitleb toiduainete ja teiste materjalide riknemise vältimist mikroobide toimel. Sellel alal on silmapaistvaid uurimusi nõukogude teadlastel Koštõtsevil, Sapošnikovil, Butkevitsil ja teistel.

¹ Fagotsütoosi nime all tuntakse võrkehade, näribunud koetükikeste ja tõvestavate bakterite õgimist eriliste veres ja kudedes leiduvate rakkude (fagotsüütide) poolt ning nende võrkehade kahjutuks tegemist. Vere valgelibled ehk leukotsüüdid kuuluvad ka fagotsüütide hulka.

Varemini tuntud mikrobioloogilistele protsessidele rajanevate tööstuste, nagu õlle, veini ja pagaripärmi tööstuste kõrvale astuvad uued. Uute tööstustena võib mainida orgaaniliste ainete, nagu piimhappe, sidrunhappe, atsetooni, butüülalkoholi, söödapärmi jt. tootmise ettevõtteid. Suurt tähelepanu äratav viimastel aastakümnetel üherakulise rohelise vetika klorella kasutamine orgaanilise seediva aine saamiseks anorgaanilistest ainetest. Ka Eesti NSV-s (E. Lemming , J. Klaar jt.) omapäraselt väljaarendatud atsidofiilbakterimassi¹ tootmine pakub huvi.

I. MIKROORGANISMIDE ÜLDISED OMADUSED.

Mikroobide klassifikatsioon.

Mikroorganismidena mõistetakse tavaliselt üherakulisi organisme, mis on väga väikesed ja võrdlemisi lihtsa ehitusega. Need tunnused on omased enamusele mikroobidest, kuid mitte kõigile. Tuntakse ka paljurakulisi mikroorganisme (mõned seened, vetikad), mille paljunemisprotsess on üsna keeruline. Teiselt poolt tuntakse aga ka mikroorganisme, mis on koguni ilma rakulise struktuurita (viirused).

Ajaloolise arengu ebaühtlase iseloomu tõttu on mikrobioloogia valdkonda sattunud üsna mitmesugustesse rühmadesse kuuluvaid elusaid olevusi. Keskskeks mikroobide rühmaks on bakterid, kuid nende kõrval kuuluvad mikrobioloogia valdkonda ka üksikud esindajad seentest, vetikatest ja algloomadest. Kauba-

¹ Atsidofiilbakterimass on tsentrifugimise teel saadud bakterite kontsentraat, mis sisaldab rohkesti toimeaineid ja mõjub dieetilise produktina tervendavalt paljude krooniliste haiguste korral.

teaduse ja tehnoloogia seisukohalt on praktilise tähtsusega eeskätt kahte esimesse rühma kuuluvad mikroobid: bakterid ja seened, viimaste hulgas mitmesugused hallitus- ja pärmsened. Ka mõned esindajad vetikate suurest rühmast (umbes 20 000 liiki, näiteks klorella) äratavad huvi, samuti algloomakes- te (protozoa) hulgast.

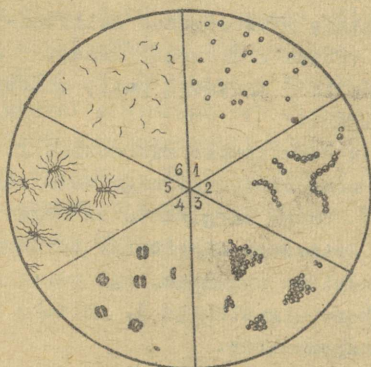
Mikrobioloogias kasutatakse mikroobide liikide tähistamiseks kahekordset nomenklatuuri, nagu seda tehakse ka botaanikas ja zooloogias. Seega märgistatakse organisme kahe ladinakeelse nimega. Esimesega märgitakse perekond (geenus), millesse kuulub vaadeldav organism, aga teise nimetusega liik (kirjutatakse väikese algustähega), näiteks *Lactobacillus acidophilus* - piimhappebakter.

Mikroobide suurust mõõdetakse mikronitega ($\mu = 0,001$ mm). Enamuse mikroobide mõõtmed on 2 - 5 μ , kuid mõnedel ulatuvad 100 μ ja üle sellegi, aga teiste mõõtmed on ainult kümnendik või isegi sajandikke mikroneid. Viiruste mõõtmed väljenduvad millimikronites (1 $m\mu = 0,001\mu$) ja neid võib märgata ainult elektronmikroskoobi abil. Ühte ja samasse liiki kuuluvate mikroobide mõõtmed võivad olenevalt nende keskkonnast omavahel tunduvalt erineda. Näiteks kartulikepike (*Bacillus mesentericus*) võib olla 1,5 - 7 μ pikkune.

Bakterid.

Bakterid on peamiselt üherakulised kõige pisemad ja lihtsamad tõeliste mikroorganismide hulgas. Valdav enamus mikroobe on mõõtmatega 1 - 5 μ ja neid võib mikroskoobi all näha ainult üena tugeva suurenduse kasutamisel (500 - 800 ja enam kordi).

Vormi järgi jagatakse baktereid kolme põhilisse rühma: kerakujulised (kokid), silindrikujulised (batsillid jt.) ja kõverdunud keermelised (vibrioovid, spiroheedid jne.) (joonis 1).



Joon. 1. Bakterite peamisi vorme: 1 - mikrokokid, 2 - streptokokid, 3 - stafülokokid, 4 - meningokokid, 5 - tüfusekepike, 6 - spillid.

Kerakujulised bakterid (kokid, Coccaceae) erinevad omavahel mõõtmelt ja asetuse poolest üksteise suhtes. Viimane oleneb nende üherakuliste organismide paljunemise iseloomust. Kui raku pooldumine toimub ainult ühes sihis ja tekkivad kokid ei eraldu üksteisest, siis kujuneb kerade ahel, mida nimetatakse streptokokiks (streptococcus, sõnast streptos - punutus, põimik). Kui rakkude jagunemine kordub kolmes üksteisele ristamisi suunas, siis tekib paki- (kuubiku-) kujuline rakkude kogum. Seda vormi baktereid nimetatakse sartsiinideks (Sarcina, sõnast sarcio - ühendan). Jagunemisel mitmes suunas, ilma erilise korrata, moodustavad kokid enam-vähem juhusliku ehitusega kogumeid, mis sarnanevad viinamarjakobaratele. Sellepärast nimetatakse neid kokke stafülokokkideks (Staphylococcus, sõnast staphylos - viinamarjakobar). Kokke, mis esinevad üksikult, nimetatakse mikrokokkideks (Micrococcus).

Kerakujuliste bakterite hulka kuulub piimhappestrepto-

kokk, mis kutsub esile piima hapnemise hapupiimaks. Mitmed strepto- ja stafülokokid on mitmesuguste mädaste põletikkude tekitajaks.

Silindrikujuliste bakterite rühm on tunduvalt mitmekülgs-
sem ja arvukam. Nad erinevad üksteisest rakkude pikkuse ja
läbimõõdu suhtelt ja spooride tekkevõime poolest. Spoores te-
kitavaid silinderjaid baktereid nimetatakse batsillideks,
neid, mis ei tekita spoores - bakteriteks (Bacterium) sõna
kõrvalmõttes. Sellesse rühma kuuluvad soolekepike, düsen-
teeria- ja tuberkuloosikepike jt. (joonis 2).

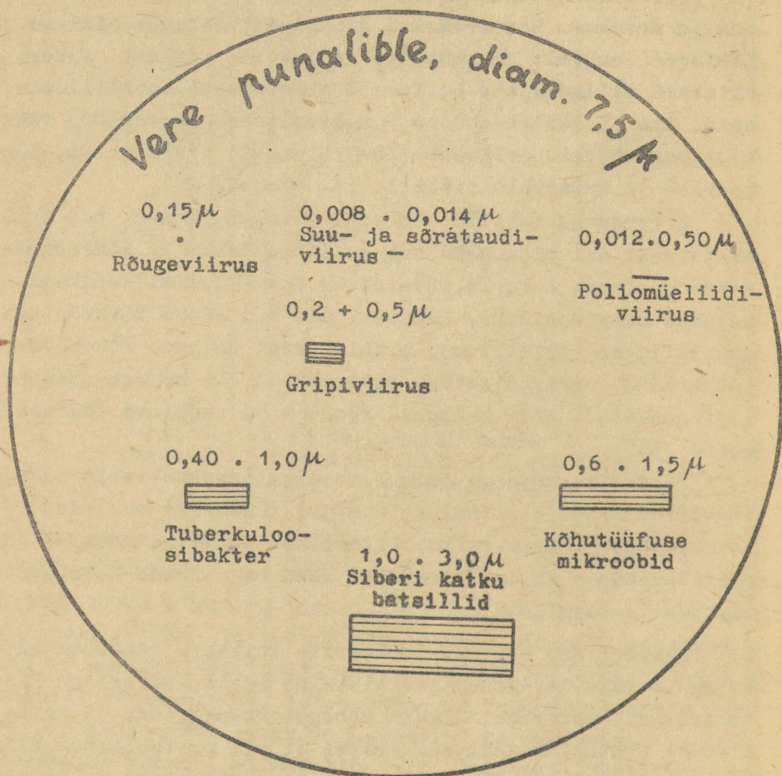
Kõverdunud bakterid on veel mitmekülgsamad; nad erinevad
üksteisest nii pikkuselt kui ka läbimõõdult ja kõverdumise
astme poolest. Kergelt kõverdunud komakujulisi kepikeid nime-
tatakse vibrioonideks, kepikeid ühe või mitme kõverdusega -
spirillideks (Spirillum), pikki, peeni paljude kõverdustega
(säbaraid) - spiraalseteks bakteriteks ehk spiroheetideks
(Spirochaeta). Siia kuuluvad koolera ja taastuva tüüfuse bak-
terid jt.

Bakterite kuju ja suurus on ainult suhteliselt püsivad
ja võivad nende elutingimuste mõjul tunduvalt muutuda.

Vahepealseks vormiks bakteritelt hallituseenteni on
kiirikseened - aktinomütseedid. Need on pikkade harunevate
niidikeste kujulised.

Bakteriraku ehitus. Bakterite väikeste mõõtmete tõttu
on nende raku struktuuri selgitamine raske. Siiski on kindlaks
tehtud, et bakteriaalne rakk koosneb rakukestast ja selle sees
olevast protoplasmast. Bakteritel ei ole protoplasmas dife-
rentseerunud tuuma, kuid viimase aja uurimustega on selgita-
tud, et tuumaaine on bakteritel siiski olemas. Enamusel bak-
teritel on tuumaaine jaotunud kogu protoplasma massis (difuus-
ne tuum).

Protoplasma on väga keerulise ja alaliselt muutliku kee-
milise koostisega. Ta on püdel, enamasti värvusetu klaasjas
või sõmeraline mass. Keemiliselt on ta keerukas valkude (pro-
teiidide), süsivesikute, rasvade ja lipiidide, mitmesuguste
soolade, vee (80 - 90 %) ja teiste ainete kolloidsüsteem, nn.



Joon. 2. Mikroobide suurus, võrreldes vere punalibledega (erütrotsüütidega), mille diam. on keskmiselt $7,5 \mu$ (väline ring joonisel).

kolloidlahus¹. Rakukesta ligidal asuv protoplasmakiht on tihedam (kuivainerikkam) kui ülejäänud osa, seda nimetatakse ektoplasmaks. Sellel on suur tähtsus raku elus, nimelt ainevahetuses raku ja keskkonna vahel. Noortel bakteritel on kogu rakk täidetud protoplasmaga. Vanadel rakkudel tekivad vakuolid, mis on täidetud rakumahlaga. Rakumahl kujutab enesest mitmesuguste anorgaaniliste ja orgaaniliste ainete lahust.

Protoplasma koostis ja omadused võivad välistingimuste mõjul väga suurelt muutuda. Näiteks alkoholi, hapete ja kuumuse mõjul muutub poolvedel protoplasma võrdlemisi kõvaks aineks - kalgendub ehk koaguleerub.

Rakukest täidab kaitsefunktsioone ja tema kaudu toimub ainevahetus keskkonnaga. Noortel bakteritel on kest õhuke ja elastne; rakkude vananemisel see aga tiheneb. Mõnedel bakteritel võib kest tursuda ja limastuda - muutuda tarretisetaliseks kleepivaks massiks ja moodustada raku ümbritseva kapsli. Lima moodustavad bakterid võivad esile kutsuda veini, õlle ja piima riknemist (venivust).

Bakterite liikumine. Paljud bakterid, eeskätt kõik kõverdunud ja paljud silinderjad on võimelised iseseisvaks liikumiseks. Nad liiguvad nende keha pinnal asuvate eriliste moodustiste, viburite abil. Viburiteks on väga peened protoplasmalised niidikessed, mis kergesti võivad bakteritelt lahsti tõmbuda. Viburite pikkus on väga erinev ja mõnede bakterite puhul on see mitu korda pikem nende kehast. Viburid paiknevad kas raku ühes otsas või katavad kogu tema pinna, olles muuseas eri bakterite eritlustunnuseks. Väikese läbimõõdu tõttu ei ole viburid tavalisel mikrooskoopilisel vaatlusel nähtavad. Neid võib avastada ainult erilise töötlemise ja värvimise korral. Ainult vähesed bakterid (spiroheedid) liiguvad loogeldes, ilma et omaksid vibureid.

Mitmesuguste mikroobide liikumise kiirus on nende keha mõõtmeid arvestades erinev ja paljudel üsna tunduv. Ühe ja sa-

¹ Aine kolloidsele olekule on iseloomulik tema teatav hajutusaste ehk pihustatus. Kolloidsetes lahustes on aine osakeste suurus 0,1 - 0,001 μ .

ma bakteri liikumise kiirus muutub olenevalt tema elutingimustest. Paljud bakterid (peaaegu kõik kerakujulised ja osa silinderjaid) ei ole võimelised iseseisvalt liikuma.

Paljunemine. Bakterite üheks iseärasuseks on nende võime erakordselt kiiresti paljuneda. Nad paljunevad pooldumise teel. Pooldumisperioodil tekib rakus vahesein, mille hilisemal kaheks lõhestumisel eralduvad kaks rakku.

Silindrikujulistel ja kõverdunud bakteritel moodustub vahesein enamasti perpentikulaarselt keha pikiteljele, ainult spiroheetidel paikneb see telje suunas. Kerakujuliste bakterite pooldumisel paiknevad järjekordsed vaheseinad mitmeti; vahesein võib asetuda kas ühes või ka kahes või kolmes omavahel perpentikulaarses pinnas.

Soodsates tingimustes võib raku pooldumine korduda iga 20 - 40 minuti kestel. Kui bakterite paljunemine toimuks taastamatult, siis tekiks näiteks 5 tunni kestel ühest rakust umbes tuhat rakku, 15 tunni kestel umbes miljard. Tegelikult ei paljune aga bakterid kaugeltki nii kiiresti. Nende paljunemist piiravad mitmed tegurid: toidupuudus, ebakohane temperatuur, kahjulikud ained, mis eralduvad mikroobide eneste elutegevuse tulemusena jne. Peale selle hukkab suur hulk baktereid kahjulikkude keskkonnategurite mõjul ja nende kasutamise tõttu toiduks teiste organismide poolt. Siiski esineb bakterite kiiret paljunemist väga sagedasti, näiteks sooja kohta jätetud piim läheb bakterite poolt produtseeritud hapete mõjul mõne tunni kestel hapuks.

Selleks, et ära kasutada mikroobe toiduainete tootmisel või töötlemisel ja vältida toiduainete riknemist nende toimel, peab nende elutegevust asjatundlikult reguleerima.

Spooride ehk eoste moodustumine. See võime on bakterite elus tähtsaks nähtuseks. Spore moodustavad mitte kõik bakterid, vaid peamiselt silindrikujulised. Spoori tekkimisel kondenseerub raku protoplasma, tiheneb ja koondub kas raku keskele või rohkem ühte otsa. Tihenenud protoplasma pinnale tekib kahekihiline kelme. Väline on tihe ja läbi imunud rasva ning

vaigutaoliste ainetega, mille tõttu see on vähe läbitav veele ja lahustunud ainetele. Sisemine kest on õhuke ja elastne. Spoori tekkimisel sureb rakk ja spoor vabaneb. Bakterite rakkus tekib ainult üks spoor, mille tõttu seda nähtust bakterite puhul tuleb vaadelda mitte kui paljunemisiivi (nagu seen-
tel), vaid kui liigi säilitamiseks vajalikku kohandumist muutunud elutingimustes. Spoori vormi lähedavad bakterid üle harilikult ebasoodsates elutingimustes (toitekeskkonna halvemine, ebakohane temperatuur, niiskuse nappus jne.). Mõnedel bakteritel esinevad spoorid ka nende arengutsükli teatavas staadiumis.

Tiheda vähe läbilaskva kesta tõttu on spoorid suure vastupidavusega kuivusele, mürgiste ainete ja kõrge temperatuuri toimele jne. Sellepärast on võitlus spoore moodustavate bakteritega eriti raske.

Spoori moodustumise protsess kestab eri liiki bakteritel olenevalt tingimustest 1 kuni 20 tundi.

Mikroskoobis näivad spoorid kerakujuliste või ovaalsete moodustistena. Bakterite spoorid ei paljune ega toitu ja nende ainevahetus ja hingamine on väga aeglased. Spoore moodustavaid baktereid nimetatakse tavaliselt batsillideks.

Spoorid võivad püsida eluvõimelistena kaua aega, isegi mitmeid aastaid. Sattunud soodsatesse tingimustesse, idanevad nad üsna kiiresti (mõne tunni jooksul). Seejuures tursub spoor, sellel moodustub idumõik, millest areneb normaalne bakterirakk.

Spooride moodustamise võime bakteritel on suure praktilise tähtsusega. Näiteks toiduainete keetmisel ei hävine spoorid; soodsates tingimustes võivad nendest areneda bakterid ja põhjustada toiduainete riknemise või toidu kasutamisel koguni haiguse (juhul, kui näiteks piimas või vorstis leidus vastavaid spoore).

Süsteematika alused. Bakterite süstematiseerimine on üsna raske ülesanne, seet nende morfoloogiline ehitus ja eriti füsioloogilised omadused on väga mitmekesised ja üsna muutlikud. Mõnedele bakteritele on omane arengutsükkel, mille eri staadiumides esinevate vormide ja organismide omaduste mitme-

kesisus raskendab veelgi bakterite süstematiseerimist. Peale selle on mikroobid ka keskkonnategurite mõjul päriuslikult mõningal määral muutlikud. Enamusel bakteritest on siiski suur hulk iseloomulikke tunnuseid, mille abil saab päris usaldusväärset määrata teatavate bakterite liigi. Seda väljendatakse, nagu varem juba mainitud, kahe terminiga, näiteks *Escherichia coli* (kolibakter ehk soolekepike).

Bakterite koht teiste madalamate organismide süsteemis ei ole veel kõigis üksikasjades selgitatud. Kuid kahtlemata on bakteritel tunnuseid, mille poolest nad sarnanevad nii madalamatele vetikatele kui ka madalamatele seentele. Sellepärast peab M. V. Feodorov võimalikuks eri rühmadesse kuuluvate bakterite mitmesugust päritolu.

Viirused ja bakteriofaagid.

Viirused. Looduses leidub eriline rühmitus elusolevusi¹, nn. viirusi, mis on umbes tuhat korda väiksemad kui bakterid ja mis erinevad nendest ka teiste omaduste poolest. Nende suurust mõõdetakse tuhandik mikronitega - millimikronitega ($m\mu$). Sellepärast neid ei näe harilike optiliste mikroskoopide abil. Viirused lähevad niisugustest spetsiaalsetest tihedatest, nn. bakterioloogilistest filtritest läbi, mis harilikke baktereid läbi ei lase. Sellepärast neid hakati nimetama filtreeruvateks viirusteks.² Sel terminil on nüüdisajal ainult ajalooline tähtsus, sest ka mõned bakterid osutusid filtreeruvateks. Viirused on mitmete haiguste põhjusteks nii inimesel (marutõbi, rõuged, gripp, lastehalvatustõbi, leetrid jne.), loomadel (suu- ja sõrataud jne.) kui ka taimedel (mosaikhaigus tubakal, kurkidel, kartulitel jne.). Nad võivad

¹ Esialgu pidas osa teadlasi viirusi keemilisteks aineteks, nukleoproteiidideks, eriti seejärel, kui mõned neist saadi kristalsel kujul. L. Zilber peab viirusi siiski mikroorganismideks, sest keemiliste ainetena nad ei paljuneks.

² Viirus (lad.) - tõlkes: loomse päritoluga mürk. Viirused on nakkuse agensid, mis ei kasva kunstlikel söötmel, vaid arenevad parasitidena loomade, taimede või bakterite rakkudes. Nende mõõtmed on 15 - 450 $m\mu$ piirides.

olla samuti mikroobide rakusisesteks parasiitideks (A. Smorodintsev). Viirusi õnnestus inimesel näha alles elektronmikroskoobi¹ abil.

Viirused on üsna püsivad väliskeskkonna füüsikalise-keemiliste tegurite muutuste suhtes, kuid muutuvad siiski nende tegurite mõjul. Nad võivad paljuneda ainult teiste elusate rakkude sisemuses.

Esimesena avastas viirused D. I. Ivanovski 1892. aastal, uurides tubaka mosaiikkaigust, mis tol ajal tegi suurt kahju vene tubakakasvatuses.

Bakteriofaagid. H. F. Gamaleja märkas 1898. a. siberi katku uurimisel bakterite lüüsi ("lahustumist") erilise agensi toimet. Hiljem nimetati sääraseid agenseid bakteriofaagideks ehk (bakterite õgijateks). Bakteriofaagidel on kõik põhilised viiruste omadused ja nad lüüsiivad baktereid ja aktinomütsete.

Mitmesugused bakteriofaagid on looduses laialt levinevad. Oma toime poolest mitut liiki mikroorganismidele ja isegi nende alaliikidele (tüüpidele) on bakteriofaagid rangelt spetsiifilised, s. o. teatavaid mikroobe hävitavad ainult vastavad bakteriofaagid.

Bakteriofaagidel on praktiline tähtsus rea nakkushaiguste vältimisel ja haiguste ravil, näiteks düsenteeria, kõhutüüfuse, katku jt. puhul. Tulemused ei ole alati positiivsed.

Suurenevat tähelepanu paelub bakteriofaag kui ohtlik mikroobide kahjustaja mikrobioloogilises tööstuses, nagu vaktsiinide tootmisel, piimhappelisel käärimisel, antibiootikumide tootmisel jne. Selle vastu võideldakse nakkuse vältimisega ja faagikindlate mikroobide-štammi aretamisega.

Hallitusseened.

Seened moodustavad madalamate taimsete organismide tohtu suure rühma. Nad ei sisalda rohelistele taimedele iseloo-

¹ Elektronmikroskoop annab 60-100 tuhande kordseid suurendusi.

mulikku ainet, klorofüllli ega ole seetõttu võimalised kasu-
tama süsihappegaasi ning vett orgaanilise aine sünteesiks fo-
tosünteesi teel. Seentest pakuvad mikrobioloogias huvi pea-
miselt hallitusseened ja pärmseened, sest nendel on palju
sarnasust bakteritega nimelt ainevahetuse produktide poolest
ja morfoloogiliselt. Pärmseened on suuruselt mikroskoopili-
sed organismid; samuti mikroskoopilised on hallitusseente ko-
niidid (spoorid ehk lülieosed).

Paljud seened arenevad mitmesugustel orgaanilistel aine-
tel, moodustades kohevaid vatitaolisi hallitusi. Mõned hal-
litusseened arenevad toiduainetel ja toituvad nende valkudest,
süivesikutest, orgaanilistest hapetest ja rasvadest. Osa
neid aineid läheb hallitusseente kasvuks, teine osa aga la-
gundatakse seentes hingamisel ja teistel ainevahetusprotses-
sidel. Seejuures tekivad süsihappegaas, vesi, alkohol ja tei-
sed ained. Mõned hallitusseened moodustavad aineid, mis an-
navad toiduainetele iseloomuliku kopitunud maitse ja lõhna.
Mõned produtseerivad koguni mürgiseid aineid.

Hallitusseened, mis arenevad tekstiilmaterjalidel, pui-
dul jne., rikuvad nende struktuuri ja seega ka tugevust, tin-
givad muutusi värvuses ja üldse välimuses. Mitmed seened pa-
rasiteerivad kultuurtaimedel ja puudel, põhjustades suuri
kahjusid.

Mitmeid hallitusseeni kasutatakse toidutooraine töötle-
miseks, näiteks mitmesuguste juustude ja sojakastmete valmis-
tamisel; samuti kasutatakse seeni mitmesuguste ainete, nagu
antibiootikumide, orgaaniliste hapete ja vitamiinide tootmi-
sel.

Enamus hallitusseeni koosneb silinderjatest rakkudest,
mis moodustavad hargnevaid seeneniidikesi (hüüfe); need moo-
dustavad vilditaolise seeneniidistiku ehk mütseeli.

Paljude hallitusseente seeneniidikesed on põikvahesein-
tega jaotunud rakkudeks (mitmerakulistel seentel), mõnedel
aga ei ole seeneniidikesed vaheseintega ja kogu niidike kaju-
tab enesest ühte tublisti hargnenud raku. Erinevalt hallitus-
seentest on pärmseened harilikult üherakulised. Hallitus- ja

pärmseente rakkudes on bakterite rakkudest erinevalt protoplasmast selgelt eraldunud tuum; mõnede seente rakkudes on koguni mitu tuuma.

Paljunemine. Hallitusseente eri liikidele on iseloomulik paljunemisviiside suur mitmekesisus ja omapära.

Hallitusseened paljunevad enamasti spooride (eoste) abil. Spoorid tekivad harilikult sugutult. Seejuures on kõige lihtsam spooride tekkimisviis (näiteks piima hallitumisel) seeneniidikese otsast üksikute rakkude, oidide eraldumine. Igast uuest rakust (oidist) võib tekkida uus seeneniidistik. Enamikul hallitusseentel moodustuvad spoorid siiski keerulisematel seeneniitidel, mis sisaldavad mitmesuguseid viljakehi. Mõnel juhul nimetatakse tekkivaid spore ka koniidideks.

Spooride tekkimine seentel võib toimuda ka suguliselt. Sel juhul tekivad spoorid kahe seeneniidikese raku ühinemise tulemusena. Paljunemine võib alata ka seeneniidikese igast tükikesest, mis hakkab kasvama, kui satub sobivasse toitekeskkonda.

Paljud seened võivad ebasoodsates tingimustes üle minna puhkestaadiumi, moodustades erilisi spore. Seentel on seega kahe suguse ülesandega spore: paljunemiseks ja elu säilitamiseks ebasoodsates tingimustes.

Süsteematika alused. Seente liigitus rajaneb peamiselt nende erinevustele paljunemises, aga ka morfoloogilistele ja füsioloogilistele tunnustele.

Toiduainete ja tööstuskaupade töötlemisel ja nende riknemisprotsessidel on suur tähtsus vetik-, kott-, kand- ja mittetäielikkude seente klassidesse kuuluvatel hallitusseentel.

Vetikseente klass. (Phycomycetes). Sellesse seente klassi kuulub nutthallitus (*Mucor*), mille mütseel koosneb ühest tugevasti hargnevast rakust ja mis paljuneb enamasti sugutult.

Nutthallitus areneb väikeste mustade täppidega kahuse (koheva) hallika vildina mitmesugustel orgaanilistel ainetel,

nagu toiduainetel (leival, keedistel, aedviljadel jne.), niisketel jalatsitel, nahal, tekstiilmaterjalidel jne., kutsudes esile nende rikkumise.

Mõningaid mukorseeni kasutatakse tööstuses nende võime tõttu kääritada suhkrut etüülalkoholiks, süsihappegaasiks ja orgaanilisteks hapeteks. Samuti kasutatakse neid ka piiritööstuses linnaste asemel tärglise suhkurdamiseks.

Vetikseente klassi (kuid mitte hallitusseente hulka) kuulub kartuliseen ehk fütoftoora (*Phytophthora infestans*), mis kahjustab kartuli- ja tomatitaimi, rikkudes nende lehti, mugulaid ja tomati vilju. Seeneniidikesed, mis arenevad taime koos, tingivad taimerakkude hävinemise ja toituvad nende mahlaga. Fütoftoora mõjul võib säilitatav kartul mahliliselt rikneda.



Joon. 3. Hallitusseened:
1 - täpphallitus (*Aspergillus*), 2 - roheline hallitus (*Penicillium*).

Kottseente klass. (*Ascomycetes*). Kottseente klassi kuuluvatest hallitustest äratavad suuremat praktilist huvi *Aspergillus* ja *Penicillium*. Nende seeneniidistikud on mitmerakulised, paljunemine toimub nii sugutult kui ka suguliselt. Rõsketes ruumides arenevad mainitud hallitusseened nahal, paberil, tekstiilesemetel ja mitmesugustel toiduainetel, leival jne. Need hallitused arenevad ainete pinnal pulbrilise kattena, on enamasti rohelist, tumepruuni või kollast värvust, mis oleneb eoste värvusest. Nendel hallitustel on looduses suur tähtsus mitmesuguste orgaaniliste ainete mineraliseerimisel.

Mõnda liiki hallitustel on tehniline tähtsus. Täpphallitusi kasutatakse sidrunhappe saamisel (*Aspergillus niger*) ja tärglise suhkurdamisel linnaste asemel (*Asperg. oryzaea*).

Rohelise hallituse liik *Penicillium glaucum* on suure

tähtsusega teatavate juustusortide (roheline juustu) valmistamisel. Viimasel ajal kujunes eriti tähtsaks penitsilliini saamine hallitusseene *Penicillium notatum* abil. Penitsilliinile analoogilise antibiootilise toimega aineid produtseerivad ka täpphallitused ja paljud teised organismid, teiste hulgas ka inimorganism.

Kottseente hulka kuuluvateks seenteks (aga mitte hallitusseenteks) on ka pärmseened ja tungaltera.

Tungaltera (*Claviceps purpurea*) parasiteerib teraviljadel, eeskätt rukkil. Kõvad sarvekesetaolised tumelillad tungalterad esinevad viljapeas harilikult terade hulgas. Need tungalterad on selle seene puhkestaadiumiks. Sel kujul elab seen talve üle, idaneb kevadel ja moodustab spore. Spoorid kantakse tuulega kõrsviljade õitele. Seal kasvab nendest seeniidistik (mütseel), mille tõttu õied rikutakse. Mütseelil tekkivaid eoseid kannavad putukad teistele õitele ja nakatavad nõnda teisi viljapäid.



Joon. 4. Rukkipea küpsede tungalteradega.



Joon. 5. Nisupea, kahjustatud nõgiseene poolt.

Tungaltera võib tunduvalt kahandada viljasaaki, aga jahu, mis saadakse tungaltera (hundihammast) sisaldavast teraviljast, on mürgine.

Tungaltera sisaldab alkaloide (ergotamiini, ergometriini jt.), amiine (histamiini jt.) ja muid aineid. Tungaltera sisaldavate toiduainete (näiteks jahu ja leiva) pidev tarvitamine põhjustab raskeid roiskkärbuslikke või krampinähtudega haigusi, mis esinesid keskajal Lääne-Euroopas paiguti koguni epideemiadena. Tungaltera ja selle preparaate kasutatakse ravimina: mõõdukates annustes toimivad nad emakale kokkutõmbavalt ja verejooksu vaigistavalt. Mõned tungaltera alkaloidid pakuvad huvi hüpertoonilistõve ravimitena.

Kandseente klass. (Basidiomycetes). Kandseente seeneniidikesed on paljurakulised. Nad paljunevad peamiselt suguliselt, kuid harva ka sugutult.

Kandseente klassi kuulub suurem osa söödavaid ja mürgiseid seeni.

Paljud seened, nagu majaseen ehk majavamm, taelad ja pessud, mis kahjustavad puitu ja ka kasvavaid puid, kuuluvad samuti kandseente hulka. Seeneniidistikud arenevad nakatatud puutüves ja põhjustavad nende hävinemise. Näiteks majaseene niidistik moodustab esialgu vatitaolise katte puidul; hiljem võivad tekkida mitme meetri pikkused väädid. Mitmete teiste seente viljakehad on tuntud taelade, pessude, käsnade jt. nimetuste all.

Kandseente klassi kuuluvad nõgiseened võivad suurt kahju tekitada kõreviljadele, eeskätt nisule, aga ka rukkile, maisile, odrale ja kaerale. Viljapead või terad võivad näida normaalsena, kuid viljapeksul purunevad nõgipead ja nendes leiduv spooridest koosnev nõetaoline tolm vabaneb. See seguneb tervete teradega või kandub tuulega laiali. Nõgiseente spoorid levivad ka külvatavate terade kaudu. Nõgiseen vähendab saaki ja saagi kvaliteeti.

Mittetäielikkude seente klass. (Fungi imperfecti). Sellesse klassi kuuluvad seened koosnevad paljurakulistest seeneni-

dikestest ja paljunevad ainult sugutul viisil. Mõned neist ei moodusta üldse spoore, vaid paljunevad seeneniidikeste tüki-kestega.

Majanduslikult olulisim nendest seentest on fusarium.

Fusariumi rühma kuuluvad seened kahjustavad mitmesuguseid taimi ja taimeosi, rikkudes külviseemet, tekitades põletikke, mädanikke jne. Vastavate haiguste (nim. ka fusariosideks) puhul moodustub punakas, roosakas või valkjas hallitus. Mõned fusariumid põhjustavad haigusi kartulil (kuivmädanik) ja teraviljadel (lumiseen). Tähtsaim fusarium Eesti NSV-s ongi lumiseen (*Fusarium nivale*). See on kardetavaim teravilja seenhaigus. Seeneniidistik areneb idanevail teradel ja noortel orastaimedel neid osaliselt või täiesti hävitades. Suuremat kahju tekitab lumiseen taliviljaorastele. Kevadadel tekivad selle tagajärjel orasepõllul suuremad tühikud, kus oras on täiesti hävinenud. Nende kohta ütleb rahvasuu: "Lumi on orase ära maganud". Lumiseene tõrjeks kasutatakse külviseemne puhtimist.

Pärmseened.

Pärmseened on mikroskoopilised üherakulised klorofüllita taimsed organismid, mis kuuluvad kottseente (*Ascomycetes*) klassi. Pärmseente liigitust võib M. V. Fedorovi järgi isoleerimustada järgmiselt.

I. Sugukond *Saccharomycetaceae*. Siia kuuluvad pärmseened, mis paljunevad pungumise või pikerguste rakkude jaotumise (ka pooldumise) teel või suguliselt. Paljunemisel tekivad eosed erilistes kottides, askosporoides, mis sisaldavad igaks 4-10 eost.

Sugukond jaguneb 12 perekonda, milles on üle 50 liigi pärmseeni. Tööstuslikult tähtsamad on sahharomütse (*Saccharomyces*) perekonda kuuluvad seened ja eeskätt need liigid, mis käärivad maltoosi, sahharoosi ja glükoosi alkoholiks, näiteks veinipärmid (*Sacchar, ellipsoideus*), pagaripärm ja mõned teised. Mõne liigi pärmid ei produtseeri käärimisel alkoholi.

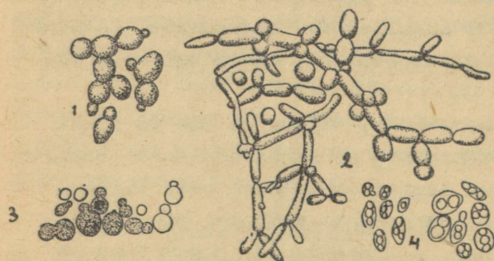
II. Sugukond Non-Saccharomycetaceae. Need pärmseened paljunevad pungumise teel, spoore ei moodusta.

Perekond *Torula*. Pärmirakud on ümmarguse kujuga. Mõne liigi rakud produtseerivad pigmente roosa (roosa pärm) või musta värvusega (must pärm). *Torula* pärmseened on looduses väga laialt levinud.

Perekond *Mycoderma*. Need pärmseened moodustavad toitevedelikkude pinnal tihedaid kihilisi kelmeid. Nende rakud on pigergused. Mükoderma pärmseentele üsna ligidased on nn. pärmitaalised organismid, mida on samuti looduses rohkesti, näiteks *oidium lactis*. See esineb alati hapupiima ja hapendatud aedvilja pinnal. Selle õhu juurdepääsust tingitud massiline areng põhjustab silo, hapukurkide, -kapsaste või hapupiima riknemise. Mõnede uurijate arvates kuuluvad pärmitaalised mikroorganismid mittetäielikkude seente hulka, mis on ligidased pärmseentele.

Pärmseened ja pärmitaalised mikroorganismid on looduses väga laialt levinud, neid leidub alati mullas, vees, õhus, aedviljadel, marjadel ja nad mineraliseerivad kõikjal teatavaid orgaanilisi aineid.

Pärmirakud on kera-, muna- või ellipsikujulised liikumatud organismid. Harvem võib kohata silinderjaid pärmseeni (joonis 6). Enamuse pärmirakude pikkus (või pikim diameeter) on 8-12 μ . Nad koosnevad nagu hallitusseente rakudki ümbrit-



Joon. 6. Pärmide rakud: 1 - muna- ja ellipsikujulised (*Saccharomyces*), 2 - pulgakujulised (*Mycoderma*), 3 - kera- ja ellipsikujulised (*Torula*) ja 4 - spooridega rakud.

sevast kestast, protoplasmast ja rakutuumast. Mõnedel pärmi-
del võib kest muutuda limaseks. Niisugused pärmid moodusta-
vad vedelikkudes helbeid, mis üsna kiiresti sadenevad põhja.

Paljunemine. Enamus pärme paljuneb tavaliselt pungumi-
se teel. Pungumisel tekib algul raku pinnale puhetis, mis vä-
hehaaval suureneb. Peale selle, kui rakutuum on jaotunud, te-
kib viimase ja emaraku vahele vahesein ning ühenduskoht ema-
rakuga aheneb. Tekkinud tütarrakk kas eraldub emarakust või
jääb temaga ühendusse, ilma et neil oleks ühiseid füsioloog-
gilisi funktsioone. Kui rakud selle juures üksteisest ei
eraldu, siis tekib niisuguste pärmseente arenemisel vedelate
söötmete (substraatide) pinnale pidev kelme. Niisugune kelme
puruneb aga vedeliku loksutamisel kiiresti.

Pungumise kiirus oleneb pärmi liigist ja keskkonnast.
Soodsates tingimustes kestab pungumisprotsess ühest kuni kahe
tunnini.

Pungumine on sugutu paljunemise viis. Paljud pärmid pal-
junevad aga spooride (eoste) kaudu. Spoorid võivad tekkida
nii sugutul kui ka sugulisel teel.

Spooride tekke iseloomu poolest kuuluvad pärmid kott-
seente hulka. Enamusel pärmidest on spoorid kerakujulised või
ovaalsed. Eri liiki pärmidele iseloomulik spooride arv on 2-
14, enamasti neid on 2-4. Spoorid tekivad teatavates tingi-
mustes; selles mõttes on olulisteks teguriteks keskkonna tem-
peratuur, toidu koostis ja küllus, õhu juurdepääs jne. Olene-
valt kasvutingimustest võivad pärmid kaotada spooride tekke
võime. Mõned pärmid üldse ei kujunda spoores. Niisugusteks
pärmideks on näiteks *Torula* ja *Mycoderma*. Viimased arenevad
kelmeid moodustades hapendatud aedviljade ja käärimise teel
saadavate alkoholsete jookide pinnal, põhjustades nende rik-
nemist. *Mükoderma* ei ole võimeline suhkru alkoholiks ja sü-
sihappegaasiks käärutama, kuid nende rakkude fermentide mõjul
oksüdeeruvad alkohol ja äädikhape energiliselt. Sellepärast
on *mükoderma* areng pärmi ja äädikhappe tootmisel käärimise
teel ebasoovitav, sest see halvendab pärmi kvaliteeti (tõste-
jõudu) ja vähendab äädikhappe saagist.

Torula perekonda kuuluvad pärmid on Voitkevitši arvates peamisteks pärmiliikideks kumõssi valmistamisel, nad kääritavad piimasuhkrut alkoholiks. Torula pärme kultiveeritakse viimasel ajal järjest suuremal hulgal (eeskätt sulfiittsel-luloositehaste heitvedelikus ja puiduhüdroolüsaadis leiduvate suhkrute kasutamisel toitekeskkonnana). Saadavat kuiva päarmi kasutatakse söödaks (ja ka ravitoitlustamisel) kui valkude ja vitamiinide kontsentrati.

Kuigi enamus pärme moodustab spore, mis on keskkonnategurite kahjuliku mõju suhtes vastupidavamad kui harilikud rakud, ei ole pärmide spoorid kaugeltki nii püsivad kui batsillidel. Pärmide spoorid hukuvad harilikult juba 70-75°C temperatuuris. Pärmseente spoorid on, erinevalt batsillide spooridest, tähtsad mitte kaitse seisukohalt ebasoodsate keskkonnategurite vastu, vaid ka paljunemise seisukohalt.

Peale ülalmainitud mikroobe äratavad toiduainetega seoses tähelepanu veel mitmed mikroorganismid.

Vetikate hulka kuuluv üherakuline ümmargune mikroskoopiline taim - klorella (*Chlorella vulgaris*) - on võimeline sünteesima anorgaanilistest ainetest orgaanilist. Selleks ei ole tarvis maapinda nagu tavaliste taimede kasvuks, vaid piisab veebasseinist. Klorellat hakatakse viimasel ajal mitmel maal suurel hulgal kultiveerima. Teda söövad väiksed veeloomad, mis ise on söödaks kaladele. Klorellat aga võib ka inimene otseselt toiduks kasutada, ta sisaldab palju valke, vitamiine ja mineraalaineid. Klorella äratub suurt tähelepanu seoses kosmoselendudega, sest on perspektiive, et klorella kaudu võib ka kosmoses anorgaanilistest ainetest saada inimtoiduks kõlblikku orgaanilist materjali.

Algloomade ehk ainuraksete (Protozoa) hõimkonda kuuluvad mikroskoopilised loomsed organismid on looduses väga levinud. Osa neist parasiteerib inimese organismis ning võib esile kutsuda haigusi ja mürgistusi toiduainete kaudu.

II. MIKROOBIDE ÜLDINE FÜSIOLOOGIA.

Füsioloogia on teadus, mis uurib organismide sisemisi talitlusi (funktsioone), nagu toitumine, toidu kasutamine, hingamine, jäätmete eraldamine, reageerimine välistele ärritustele jne. Kuna keemilised protsessid on füsioloogias üheks tsentraalseks nähtuste ahelaks, siis on loomulik, et kõige pealt on vaja tutvuda mikroorganismide keemilise koostisega. See annab võimaluse paremini mõista mitmesuguseid muundusi mikroobi rakus.

Mikroobide keemiline koostis.

Mikroorganismid nagu teisedki elusad olevused koosnevad paljudest keemilistest elementidest, mis põhilises osas on kõigis organismides ühed ja samad. Mikroobide koostisse kuulub suurel hulgal vett, umbes 70 - 85 %. Spoorides on aga vett hoopis vähem, kuni 40 %. Kuivatamisel võib vee ära aurutada, nii et jääb järele kuivaine. Absoluutselt kuiv aine lahutatakse analüütilises praktikas kaheks osaks: üks, mis põletamisel põleb ja lendub (orgaaniline aine kitsamas mõttes), ning teine osa, mis põletamisel tuhana järele jääb. Viimane kujutab enesest organismis leiduvate, põhiliselt nn. mineraalsete elementide kogu hulka niisuguste keemiliste ühendite kujul, mis tekivad organismide põletamisel.

Orgaanilise aine koostisse kuuluvad põhiliselt nn. orgaanogeensed elemendid: süsinik, hapnik, vesinik ja lämmastik. Nende umbkaudset sisaldust mikroorganismides iseloomustab ta-

bel 1.

Tuha-(mineraalainete) sisaldus mikroorganismides ulatub 5 - 15 % kuivainest. Rohkem leidub fosforit ja kaaliumi. Üsna vähe sisaldavad mikroobid, nagu teisedki organismid, nn. mikroelemente, rauda, vaske, tsinki, mangaani jt. (vt. tabel 2). Kuid paljud mikroelemendid on enamuse organismide eluks tingimata vajalikud, s. o. nad on biogeensed elemendid. Tabelis 2 toodud elementidest ei ole viimase seitsme elemendi ja ka naatriumi ja koobalti vajalikkus osale organismidest kindlaks tehtud.

T a b e l 1.

Organogeensete elementide sisalduse %
mikroobide orgaanilises aines.

	Bakterid	Pärmid	Hallitusseened
Süsinikku	50	50	48
Hapnikku	31	31	40
Vesinikku	6,8	6,7	6,7
Lämmastikku	12,3	12,4	5,2

T a b e l 2.

Mineraalsete elementide sisaldus pärmides
(kuivaine 100 g kohta). (K. Scharrer¹ järgi).

	Ölle- pärmis	Sööda- pärmis		Ölle- pärmis	Sööda- pärmis
Naatriumi g	0,25	0,11	Fosforit g	1,69	1,50
Kaaliumi g	2,85	2,44	Väevlit g	0,016	-
Kaltsiumi g	0,44	0,34	Kloori	-	-
Magneesiumi g	0,33	0,23	Joodi	-	-
Rauda mg	56,0	26,0	Boori	-	-
Tsinki mg	10,3	7,3	Broomi	-	-
Mangaani mg	8,1	4,0	Räni g	0,17	0,08
Koobaltit mg	0,04	0,15	Niklit mg	0,48	0,10
Vaske mg	6,4	1,56	Vanaadiumi mg	0,1	0,004
Molübdeeni mg	0,13	0,01			

¹ K. Scharrer und G.K. Judel, Über den Mineralstoffgehalt der Futtermittel, Zeitschr. für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde, Bd. 14, Heft 1-2, 34-42, 1959.

Põhilise massi mikroobide kuivainest moodustavad valgud ja süsivesikud, kuna rasvu koos rasvataoliste ainetega¹ ja mineraalaineid on vähem. Nende sisaldust pärmides iseloomustab tabel 3.

T a b e l 3.

Pärmide kuivaine keemiline koostis

%-des.

	Presepärmis (sahharomütseedid) - rass "M"	Õllepärmis (sahharomütseedid)	Söödapärmides	
			torula	mükotorula
Valkaineid	44-46	51-58	51-55	47-53
Rasvu	1,5-2,5	2,0-3,0	1,7-2,7	2,6-3,0
Süsivesikuid ²	30-40	25-30	22-33	27-40
Tuhka (mineraalaineid)	6,9-10,0	8,1-9,1	8,1-11,1	7,8-10,9

Valkude sisaldus on eri mikroobide kuivaines üsna erinev, enamasti 10-50 %. See oleneb mikroobide liigist ja kasvutingimustest. Mõnede mikroobide kuivaine sisaldab kuni 80 % valke. Valguliste ainete koostises leidub lihtvalke ja nn. nukleoproteide (rakutuumavalke) üsna vahelduval hulgal. Paljudes bakterites moodustavad viimased 1/3 kuni 1/2 kogu valgulistest ainetest. Ka pärmides on nukleoproteide rohkesti. Pärmide valgu lämmastikust leidub umbes 26 % nukleoproteiidides, 64 % - lihtvalkudes ja 10 % - amiidides ja peptonides. Nukleoproteiidide koostisse kuuluvad muu hulgas ka nn. puriin- alused, mille küllus toidus võib tervisele kahjulikult mõjuda. Sellepärast peetakse soovitavaks päevas mitte üle 25 g pärmi kasutada (kuivaine kaal).

Rasvade sisaldus mikroobides on enamasti 1-3 % kuivainest,

¹ Rasvataoliste ainete ehk lipiidide rühma kuuluvad fosfatiidid, steroidid ja teised füsioloogiliselt aktiivsed ained.

² Pärmide süsivesikud koosnevad peamiselt glükogeenist, vähesel määral leidub ka tselluloosi jt.

kuid mõned mikroobid, näiteks tuberkuloosikepikesed sisaldavad 20-30 % või enamgi rasvu. Süsivesikuterikka sööda korral on rasvade sisaldus mikroobides suhteliselt kõrge.

Süsivesikud mikroobides koosnevad monosahhariididest, glükogeenist jt.

Vitamiinide sisaldus on mikroorganismides üldiselt tõenäoliselt võrdlemisi suur, sest mikroobid on aktiivse elutegevusega organismid ja enamasti ei sisalda kuigi palju passiivseid vitamiinivaeseid varuaineid või tugiaineid (rasvu, süsivesikuid). Suhteliselt paremini on vitamiinide sisaldust uuritud pärmides, kuigi ka näiteks klorella ja atsidofiilbakterite saadusi on alust pidada vitamiinirohketeks toidulisanditeks. Eesti NSV-s E. Lemmingu, J. Klaari jt. initsiatiivil viimastel aastatel juustuvadakust toodetav atsidofiilbakterimass sisaldab rohkesti B₁₂- ja C-vitamiini, aga ka teisi vitamiine.

Lisaks tabelis 4 esitatud arvudele on andmeid, et söödapärm sisaldab üsna rohkesti koliini (B₄-vitamiini; 260 mg/100g) ja ka B₁₂-vitamiini (0,008 mg/100 g).

Mõnede mikroobide rakkudes on värvilisi aineid - pigmente, mis annavad organismile teatava värvuse.

Mikroorganismide keemiline koostis ei ole kuigi püsiv, vaid võib muutuda nende tingimuste muutuste tõttu, milles mikroobid arenevad, eeskätt toitekeskkonna muutuste tõttu, millest põhiliselt oleneb ainevahetus.

T a b e l 4.

B-rühma vitamiinide sisaldus pärmides
(arvatult 100 g kuivaine kohta mg).

Vitamiine	Presspärmis	Öllepärmis	Söödapärmis (Torula utilis)
Tiamiin (B ₁ -vitamiin)	2,4-3,9	6,0-12,5	0,5-3,8
Riboflaviin (B ₂ -vitamiin)	2,1-8,0	2,1-8,0	2,1-8,0
Nikotiinhape (PP-vitamiin)	15,0-83,0	15,0-83,0	15,0-83,0
Püridoksiin (B ₆ -vitamiin)	2,4-4,0	2,5-4,0	-
Foolhape	1,9-3,6	1,9-2,2	1,0-1,5
Pantoteenhape	20,0-28,0	4,2-20,0	4,0-13,9
Paraaminobensoehape	3,2-6,2	-	1,9-6,2
Biotiin	0,08-0,15	0,08-	0,05-0,36

Mikroorganismide ainevahetus.

Iga elusa organismi üheks lahutamatuks iseärasuseks on ainevahetus. Ainevahetuse nime all tuntakse kõige pealt ainete vahetust keskkonna ja organismi vahel, s. o. välist ainevahetust, mis seisneb ainete saamises keskkonnast organismi poolt ja nende ümbertöötamisel tekkivate teiste ainete eraldamises organismist. Organismi sisemuses toimuvaid ainete muundusi ja ainete vahetust üksikute organismi osade vahel nimetatakse sisemiseks ainevahetuseks (ka metabolismiks). Ainevahetuses on valgud üheks tsentraalseks ainete rühmaks.

Engels¹ ütles selle kohta järgmist: "Elu on valkainete eksisteerimise viis ja see eksisteerimise viis seisneb oma olemuselt nende keemiliste koostisosade alatises uuenemises toitumise ja eritumise kaudu". Teine Engelsi² mõte selle kohta on järgmine: "... elu, toitumise ja eritumise kaudu toimuv ainevahetus on iseteostuv protsess,..."

Ainevahetuse olemust võib illustreerida näiteks piima hapnemisega. Sooja kohta jäetud piim läheb üsna kiiresti hapuks, selleks ei kulu palju tunde. Seejuures väheneb piima suhkrusisaldus ja ka esialgsete lämmastikku sisaldavate ainete kogus. Tekib aga piimhape. Samuti suureneb tohutult mikroobide hulk. Piimanäärmetest puhtalt saadav piim sisaldab ainult vähe baktereid, kuid nakatub varsti ümbrusest mitmesuguste mikroobidega. Need, eriti piimhappebakterid, leiavad piimas soodsa toitekeskkonna ja paljunevad soojas kiiresti. Nende arv suureneb piima toidukomponentide, valkude, suhkru jne. arvel. Need ained kasutatakse bakterite poolt osalt hingamiseks, et energiat saada, kuid suuremalt osalt raku protoplasma ehituseks (valgud) ja muudetakse piimhappeks (piimasuhkur). Seega toimus piimhappebakterite ja nende keskkonna (piima) vaheline ainevahetus (ja samuti bakteritesisene aine-

¹ F. Engels, Anti-Dühring, Tallinn 1954, lk. 302.

² Sealsamas, lk. 73.

vahetus).

Ka elutus looduses on kehad teatavas suhtlemises oma ümbrusega. Väliskeskkonna mõjul toimub näiteks kivimite murenemine või kristallide tekkimine lahusest (keskkonnast) teatava aine koondumise teel kristallituuma ümber. Kuid elusate organismide suhted väliskeskkonnaga erinevad kvaliteedilt nendest suhetest, mis esinevad elutute kehade ja ümbruse vahel.

Elusas organismis toimuvad ainevahetuse raames keerulised muutused, mille tagajärjel organism kasvab ja areneb, tekitab (sünteesitakse) keerulisi ühendeid, valke, süsivesikuid, vitamiine jne. Sünteesiprotsessidele vastupidised protsessid, keeruliste ainete lihtsamateks lagunemise protsessid on organismis normaalselt tasakaalus sünteesiprotsessidega. Analoogiline dünaamiline tasakaal valitseb ka organismisse suunduvate ainete ja teiste, sealt keskkonda eralduvate ainete liikumise vahel. Niisugune tasakaalustatud ainevahetus on kõigi elusate organismide olemasolu ja arengu tingimuseks. Kui organism isoleerida temale omasest keskkonnast, siis lakkab normaalne ainevahetus keskkonnaga ja selle järel ka normaalne sisemine ainevahetus ning elus organism hävib.

Elutu keha võib väliskeskkonna tegurite mõjul samuti kas tekkida (näiteks kristallide teke) või laguneda (kivimite murenemine), kuid kui elutu keha isoleerida ümbruse mõjust, siis tavaliselt ta säilib seda paremini, mida parem on isolatsioon keskkonnast, seega erinevalt elusatest organismidest.

Põhilisemateks elusa organismi ainevahetusprotsessideks on toitumine ja hingamine. Need protsessid kujutavad enesest mitmesuguseid materia ja energia muunduste keerulisi komplekse.

Toitumine laiemas mõttes on igasuguste vajalikkude ainete organismi vastuvõtmine keskkonnast. Lihtsate anorgaaniliste ainete vastuvõtmine, omastamine ja kasutamine (assimilatsioon) keerulisemate ainete sünteesiks toimub tekkivatese ainetesse energia talletamise saatel. Selle energia allii-

kaks on päikese kiirgus. Niisugune ainevahetus on põhisuunaks taimeriigis ja ka mõningat liiki mikroobidel, näiteks rohelistel vetikatel (klorella).

Hingamise tagajärjel, vastupidi, toimub keeruliste orgaaniliste ainete lõhustumine lihtsateks aineteks (dissimilatsioon). Selle tulemusena vabaneb energia, mis on talletatud orgaanilistes ainetes, ja eralduvad dissimilatsioonisaadused. Seda tüüpi ainevahetus on põhisuunaks loomsetel organismidel ja inimestel ning paljudel mikroobidel.

Need kaks vastandlikku protsessi, assimilatsioon ja dissimilatsioon, esinevad looduses tihedas seoses ja vastastikusel olenevuses ning teataval määral toimuvad ühes ja samas organismis üheaegselt. Nad on teineteisest lahutamatud, kujutavad enesest ühtset tervikut, mis on aluseks organismi kasvule, arengule ja paljunemisele.

Mikroorganismide toitumine.

Toiduainete sisenemine raku. Mikroorganismidel ei ole toidu hankimiseks ja vastuvõtuks eri organeid. Toiduainete sisenemine ja ainevahetuse jääkide väljutamine toimuvad nendel keha kogu pinna kaudu difusiooni ja osmoosi teel.

Difusiooniks nimetatakse eri gaaside või vedelikkude spontaanset segunemist kas omavahel või üksteisega. Gaaside ja vedelikkude tungimist urbsesse ainesse või läbi urbse vaheseina (kelme) nimetatakse samuti difusiooniks.

Osmoosiks nimetatakse segunevate vedelikkude difundeerumist läbi urbse (poolläbilaskva) vaheseina. See võib toimuda kas ühes suunas või ka mõlemates suundades üheaegselt. Tavaliselt toimub ühesuunaline difusioon intensiivsemalt kui vastasuunaline.

Poolläbilaskvast kelmest pääsevad läbi ainult need vedelikud leiduvad ained, mis on selles tõeliselt lahustunud¹,

¹ Tõelistes lahustes on lahustavas vedelikus jaotuv (dispergeeruv) aine jaotatud vabalt liikuvateks molekulideks või ioonideks; kolloidsetes lahustes aga koosnevad jaotunud aine väikseimad osakesed paljudest molekulidest.

aga mitte ained, mis on kolloidses olukorras. Urbseteks kelmeteks on näiteks kolloodiumist kelme, pergament, põis, kuumutatud savi, rakukest jne.

Kui kaks vesilahust lahutada üksteisest urbse kelmega, siis läbib vesi kelme suurema kontsentratsiooniga lahuse suunas, aga lahustunud aine - väiksema kontsentratsiooniga lahuse suunas. See ainete difusioon läbi kelme kestab niikaua, kui mõlemate lahuste kontsentratsioonid muutuvad võrdsedeks. Analoogilisel viisil, osmoosi teel, toimub ka toiduainete suundumine väljast raku sisemusse läbi ektoplasma, samuti vastupidises suunas ainevahetuse saaduste väljumine rakust.

Kuigi osmoosi kõrval oleneb raku ainevahetus keskkonnaga ka teistest teguritest (ainete keemilisest iseloomust jne.), on ainete kontsentratsiooni erinevustel (ja seega ka osmootse rõhu erinevustel) rakus ja selle ümbruses siiski väga suur tähtsus.

Osmootse rõhu erinevuste alusel võivad keskkonnast raku sisemusse tungida ainult need ained, mille kontsentratsioon rakus on väiksem kui raku ümbruses. Rakku tungivad ained tõeldakse rakus ümber teisteks (enamasti suurmolekulaarseteks kolloidseteks) aineteks. Seetõttu ei tõuse keskkonnast rakku tungivate ainete kontsentratsioon rakus suureks, vaid jääb tavaliselt väiksemaks kui keskkonnas. Sel viisil tagatakse pidev toiduainete suundumine osmoosi teel ümbrusest raku sisemusse, mis on vajalik raku kasvuks ja arenguks.

Teiselt poolt: rakus toimuva hingamise ja teiste dissimilatsiooniprotsesside tulemusena tekivad orgaanilistest energiaküllastest ainetest lihtsad ained (süsihappegaas jt.), mille kontsentratsioon kujuneb seega rakus suuremaks kui keskkonnas. Selletõttu nad difundeeruvad nende ainete suurema osmootse rõhu tõttu rakus läbi raku seina välja.

Nõnda tagatakse rakule vajalike toiduainete suundumine keskkonnast raku sisemusse, seega raku toitumine, aga ka ainevahetuse lõppsaaduste eraldamine läbi rakukesta ümbrusse.

Elusa raku kest on eri ainete suhtes erineva läbilaskvusega. Lahustunud ainetest läbivad ühed rakukesta aeglasemalt,

teised kiiremini. Mikroobide rakkude kesta läbilaskvus muutub teataval määral keskkonnatingimustest ja organismi arenguperioodist olenevalt.

Raku aktiivsel eluperioodil on osmoosi suhted normaalselt niisugused, et raku sisemuses on ainete kontsentratsioon (ja seega ka osmootne rõhk) üldiselt teataval määral suurem kui raku ümbruses. Selle tõttu tagavad rakus olevad ained ja vesi (mis difundeerub võrdlemisi kergelt läbi rakuseina) rakukestale seestpoolt mõnevõrra suurema rõhu kui väljastpoolt. Selle tulemusena on rakk teatava sisemise pinge all, on normaalselt tursunud. Seda seisundit nimetatakse turgoriks. Osmootne rõhk rakkudes võib olla üsna suur (mitu kg/cm^2).

Kui aga keskkonnas on ainete kontsentratsioon ja seega ka osmootne rõhk suuremad kui raku sisemuses, siis toimub ülalkirjeldatule vastupidine nähtus: vesi difundeerub rakust välja, turgor kaob, raku sisemuse maht väheneb, rakk surutakse kokku, ta kortsub. Seda nähtust nimetatakse plasmolüüsiks ja see esineb näiteks siis, kui toiduained paigutada kangesse keedusoola- või suhkrulahusesse. Plasmolüüsiolukorras ei saa rakud normaalselt toituda ega paljuneda ja lõpuks hukuvad. Selle tõttu kasutatakse plasmolüüsi toiduainete säilitamisel kaitseks mikroobide kahjustava tegevuse vastu.

Kaugeltki alati ei ole mikroobide keskkonnas nende vajalikud toiduained tõeliste lahuste seisundis. Näiteks tärklis ja valgud ei difundeeru seetõttu läbi kesta raku sisemusse. Säärasel juhul eraldavad mikroobid erilisi aineid - fermente (vt. hiljem), mille mõjul need suure molekuliga kolloidse iseloomuga ained lõhustuvad lihtsamateks aineteks: tärklis suhkruks ja valgud amiinohapeteks. Need lihtsad ained jaotuvad lahustumisel molekulideks ja difundeeruvad kergesti läbi rakuseina selle sisemusse.

Mikroobide toit peab sisaldama kõiki nende vajalikke keemilisi elemente ja komponente. Mitmesugust liiki mikroobide vajadused selles suhtes on üksikasjades väga erinevad, kuid nendel on üldiselt siiski palju sarnasust omavahel ja ka taimsete ning loomsete organismidega.

Keemiliste elementide allikad ja nende omastamine.

Mikroobidele vajalikud mineraalsed ehk tuhaelemendid on enam-vähem samad kui teistegi organismide puhul (vt. tabel 2). Enamus mikroobe võib neid omastada nende mineraalsetest sooladest. Vesinik ja hapnik, mis leiduvad mikroorganismides, pärinevad peamiselt raku tungivast veest ja vabast hapnikust, kuid teataval määral ka mineraalsete ja orgaaniliste ainete koostisest.

Lämmastiku omastamine. Mikroorganismide lämmastikuvajadus kaetakse väga mitmesuguste lämmastikku sisaldavate ainete arvel. Olenevalt mikroobide liigist ja nende kasvutingimustest võivad lämmastikuallikateks olla kas keerulise koostisega valgud, lihtsad mineraalsed lämmastikuühendid või koguni molekulaarne õhu lämmastik.

Mõned mikroobid on võimelised lämmastikku omastama mitmesugustest ühenditest. Näiteks mitmed hallitusseened võivad areneda kas amiinhapete, ammooniumi või lämmastikhappe soolade lämmastiku arvel. Teised mikroobid aga võivad lämmastikku omastada ainult mingist teatavast tüüpi lämmastikuühendist. Näiteks mõned roisu- ja piimhappebakterid arenevad ainult valgu lämmastiku arvel.

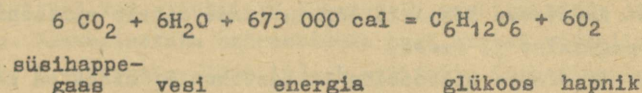
Süsiniku omastamine. Mikroorganismide nõuded süsinikuallika suhtes on samuti väga mitmesugused. Mingi süsinikku sisaldav aine võib olla ühte liiki mikroobidele toiduks kõlbmatu või koguni mürgine, kuid teistele see võib olla sobiv ja väärtuslik.

Peamiselt süsinikuga varustamise iseloomu alusel liigitatakse mikroorganisme kahte rühma: 1) autotroofseteks, kellele süsiniku- ja lämmastikuallikaks on süsihappegaas ja teised anorgaanilised ained; 2) heterotroofseteks, kellele süsiniku- ja lämmastikuallikaks on mitmesugused orgaanilised üendid.

Autotroofne toitumine. Autotroofsed mikroorganismid ei vaja orgaanilist toitu ja tihti on orgaaniliste ainete olemas-

olu keskkonnas nendele koguni ebasoodus. Nad sünteesivad orgaanilisi aineid peamiselt järgmistest anorgaanilistest ainetest: süsihappegaasist, mineraalsetest sooladest ja veest. Süsihappegaas ja vesi võivad orgaanilisteks aineteks muunduda (assimileeruda) ainult mingi energia kasutamise¹ arvel. Energia jäävuse seaduse alusel peab anorgaanilistest ainetest orgaanilise aine tekkimisel kuluma ja selles aines talletuma sama hulk energiat, mis eraldub selle põlemisel samadeks anorgaanilisteks aineteks.

Tüüpilisteks autotroofseteks organismideks on kõrgemad taimed. Süsihappegaasi assimileerimisel kasutavad taimed päikeseenergiat. Ühe gramm-mooli¹ viinamarjasuhkru (glükoosi) tekkimiseks süsihappegaasist ja veest kulub 673 kcal energiat.



Taimedes toimub see protsess roheliste lehtede rakkudes klorofüllil kaastegevusel ja seda nimetatakse fotosünteesiks. Fotosünteesinähtuse avastajaks (1771. a.) loetakse inglise keemikut J. Priestly'd. Selle protsessi energiavahetuse kulgemise energia jäävuse seaduse alusel selgitas suur vene füsioloog K. A. Timirjasev (1843 - 1920).

Mikroorganismide hulgas toituvad autotroofsetelt vetikad ja mõnda liiki bakterid. Ainult piiratud arvu liikide bakterid on võimalised valguseenergiat kasutama analoogiliselt rohelistele taimedele. Niisugusteks on rohelised ja purpursed bakterid, mis elavad nii magedas vees kui ka meredes. Nende bakterite rakkudes leidub klorofüllile sarnanevat rohelist pigmenti.

Enamikul autotroofsetel bakteritel ei ole seda pigmenti. Sellepärast nad kasutavad süsihappegaasi omastamisel teisi

¹ Gramm-mool on aine hulk, mille grammide arv on võrdne selle aine molekulkaalule. 1 g-mool glükoosi kaalub seega 180 g.

energia-allikaid. Nendes bakterites saadakse elutegevuseks vajalik energia mitmesuguste anorgaaniliste ainete, näiteks väävelvesiniku, vesiniku või ammoniaagi hapendumisel.

Niisugust tüüpi orgaaniliste ainete sünteesi, kus selleks vajaliku energia allikaks on mitte valgus (päikeseenergia), vaid eksotermilised keemilised reaktsioonid, nimetatakse keemosünteesiks. Selle protsessi avastas 1889. a. vene mikrobioloog S. N. Vinogradski. Kemosünteesi teostavateks autotroofseteks bakteriteks on näiteks: 1) pigmenditud väävlibakterid, mis hapendavad väävelvesiniku kuni väävelhappeni, 2) vesinikubakterid, mis hapendavad vesiniku veeka ja 3) nitriifitseerivad bakterid, mis hapendavad ammoniaagi kuni lämmastikus- ja lämmastikhappeni.

Kõigi nende oksüdeerimisprotsesside tulemusel vabanevat energiat kasutavad bakterid orgaaniliste ainete sünteesiks süsihappegaasist ja veest.

Autotroofsete mikroobide lämmastikuallikateks on kas ammoniaak, ammooniumsoolad, lämmastikus- ja lämmastikhappesoolad või koguni vaba õhulämmastik.

Heterotroofne toitumine. Heterotroofsed mikroorganismid, nagu loomadki, ei sünteesi ise primaarselt nendele vajalikke aineid, vaid saavad neid keskkonnast juba valmina. Enamik mikroobe kuulub sellesse rühma, nagu pärmid, hallitusseened ja suurem hulk baktereid.

Suurem osa heterotroofseid mikroobe kasutab aga toiduks surnud taimede, loomade ja ka mikroobide orgaanilisi aineid. Neid heterotroofseid organisme nimetatakse saprofüütideks.

Mõned heterotroofid kasutavad toiduks mingite teiste elusate organismide orgaanilisi aineid; neid mikroobe nimetatakse sellepärast parasiitideks. Inimest, loomi või taimi tõestavateks mikroobideks on parasiidid.

Teravaid piire mainitud rühmade vahel loomulikult ei ole, vaid esineb rida vahepealseid mikroobide liike.

Mõned saprofüütsed mikroobid (paljud hallitusseened) võivad süsinikuallikana kasutada mitmesuguseid aineid, näiteks suhkruid, orgaanilisi happeid ja alkohole, teine osa mikroobe aga,

vastupidi, võib kasutada selleks ainult teatava rühma aineid. Nende hulka kuuluvad näiteks mõned pärmseened, mis on võimelised arenema ainult teatavate suhkrute arvel; mõned mikroobid on isegi nii spetsiifilised, et võivad omastada teatava orgaanilise aine, näiteks viinhappe optilistest isomeeridest ainult ühte, aga mitte teist isomeeri. Ainult vähesed bakterid lõhustavad tselluloosi, mis võib selle tõttu olla nende süsinikuallikaks; mõned bakterid ja hallitusseened omastavad fenooli (karbolhapet), kuigi see on enamusele organismidest mürgine.

Tavalisemate ja tuntumate toidukomponentide kõrval vajavad paljud mikroorganismid kasvuks ja arenguks veel erilisi keemilisi ühendeid, nn. kasvuaineid. Need on mikroobidele sama tähtsad kui vitamiinid loomsetele organismidele ja inimesele. Kasvuaineteks mikroobidele ongi mitmed vitamiinid, näiteks B₁-vitamiin (tiamiin), B₂-vitamiin (riboflaviin), PP-vitamiin (nikotiinhape või selle amiid), biotiin ja paljud teised. Mitmesugused mikroobid vajavad eri kasvuaineid. Osa vitamiine sünteesivad paljud mikroobid enda tarbeks ise. Teisi vitamiine vajavad aga need mikroobid valmis kujul, sünteesitult teiste mikroobide või taimede poolt. Mõned mikroobid sünteesivad ja talletavad oma organismis olulisel hulgal vitamiine. Selle tõttu on näiteks toidu- ja söödapärmid mitte ainult head valguallikad, vaid ka rikkalikud B-rühma vitamiinide allikad. Pärmirakud mitte ainult ei sünteesi vitamiine, vaid ka haaravad ja kontsentreerivad neid endasse söötimest, milles nad kasvavad.

Mikroobide hingamine.

Hingamiseks nimetatakse füsioloogiliste protsesside ahetat, mille käigus organism saab keskkonnast hapnikku, kasutab seda paljudeks nn. sisemise ehk rakulise (koelise) hingamise protsessideks ja eraldab endast hingamise lõppsaadusi - süsihappegaasi ja vett ning lämmastikühendeid. Väliseks hingamiseks nimetatakse peamiselt hapniku vastuvõtmist keskkonnast

organismi sisemusse ja süsihappegaasi eraldamist ümbrusesse. See toimub mikroorganismidel mainitud ainete difundeerumise teel läbi kogu rakukesta.

Sisemise hingamise protsessid kujutavad enesest õieti orgaaniliste ainete, süsivesikute, rasvade ja valkude järkjärgulist oksüdatsiooni. Selle tulemusena vabaneb nendes ainetes peituv keemiline energia, mida organismid vajavad oma elutegevuseks. Organismid vajavad energiat oma keha valkude, rasvade, süsivesikute ja teiste ainete sünteesiks, ainete konsentratsiooni erinevuste tagamiseks nii raku eriosade kui ka raku ja keskkonna vahel, liikumiseks, paljunemiseks jne.

Sisemise hingamise protsess koosneb paljudest keemilistest protsessidest. Esimene etapp (kuni püroviinamarjahapeni) sellest ahelast kujutab enesest orgaanilise aine, näiteks suhkru lõhustamise protsessi. Sellel etapil on palju sarnasust käärimisprotsessidega, mille tulemusena tekivad kas piimhape, etüülalkohol ja süsihappegaas või teised ühendid.

Kui aga hingamisprotsessi kõik etapid toimuvad täielikult ja lõpuni, siis nimetatakse niisugust nähtust aeroobseks hingamiseks, s. o. hapniku osavõtul toimuvaks täieliku hapendumise protsessiks, mis oma lõpptulemustelt on sama mis põlemisprotsess. Kogu hingamisprotsessist on seega just teine etapp oksüdatiivse iseloomuga (vt. skeem lk. 43).

Eri liiki mikroobide hingamise iseloom on oluliselt keskkonnatingimustest, eeskätt vaba hapniku kontsentratsioonist õhus ja vees (lahustunult). Kuid mitte vähem oluline on asjaolu, et eri mikroobid on oma ajaloolises arengus kohanevad eluks teatavates hapniku kontsentratsiooni piirides, mis on üsna suure erinevusega, ulatudes väga väikestest hapniku kontsentratsioonidest kuni tavalisele õhule vastava koostiseni. Sellepärast liigitatakse mikroobe peamiselt kahte rühma: aeroobseteks ja anaeroobseteks. Esimesed elavad ja paljunevad normaalselt õhu hapniku või vees lahustunud hapniku küllaldasel juuresolekul, nagu loomad, kalad ja taimedki. Anaeroobsed¹

¹ Termin "anaerobioos", s.o. õhuta elu, on pärit L. Pasteurilt (1861.a.), kes avastas teatavate mikroobide elu võimaluse õhu vaba juurdepääsuta.

Hingamisprotsessi
põhilised lähteained
(süsivesikud)

I etapp hingamisel,
anaeroobsed muundu-
sed

Vahepealsed produktid lõhustumisel
(püroviinamarjahape jt. ained)

Käärimise tüüpi
anaeroobsed
muundused

II etapp hingamisel,
aeroobsed muundused

Etüülalkohol, CO₂ jt.
käärimiste lõpp-pro-
duktid

CO₂ ja H₂O

Hingamis- ja käärimisprotsesside skeem.

mikroobid aga eelistavad keskkonda, kus keemiliselt vaba hapniku kontsentratsioon on väga väike. Anaeroobseid mikroobe liigitatakse veel nn. obligaatseteks, s. o. rangelt anaeroobseteks, näiteks võihappebakterid, millele vaba hapnikku peetakse tihti koguni kahjulikuks, ja fakultatiivseteks (näiteks piimhappebakterid), mis võivad areneda üsna erineva hapniku kontsentratsiooniga keskkonnas. Liigitus on loomulikult ainult tinglik, sest teravaid piire ei ole.

"Obligaatsete anaeroobsete bakterite arengut ja paljune- mist mõningal määral pidurdavaks teguriks on õhu hapnik. Kuid vastupidi varasematele seisukohtadele on selgitatud, et vähene hulk hapnikku (olenevalt mikroobi liigist 3,5 kuni 25 mg liitris õhus¹) on mitte ainult kahjutu anaeroobidele, vaid,

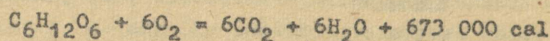
¹ s. o. 0,24 - 1,7 % hapnikku mahu järgi.

vastupidi, selle gaasi väike sisaldus on koguni vajalik selleks, et tagada selle rühma mikroobide arengule normaalsed tingimused" (J. R. Kovalenko).¹

Hingamisprotsess. Mikroobid enamikus saavad vajaliku energia oksüdatsiooni teel ja on seega aeroobsed mikroorganismid. Siia kuuluvad eeskätt hallitusseened ja paljud bakterid.

Energiaallikateks aeroobidele on enamasti mitmesugused orgaanilised ained, nagu süsivesikud, alkoholid, orgaanilised happed jt. Mõnel juhul võivad selleks olla isegi parafiin, petrooleum, metaan jt. ained. Enamiku aeroobide rakkudes oksüdeeritakse need ained põlemise lõppsaadusteks - süsihappegaasiks ja veeks. Seejuures vabaneb kogu lähteainetes peituv keemiline energia, mille hulk oleneb hapenduva aine iseloomust.

Hingamisprotsessi reaktsioonide summaarse iseloomustamise tavalisemaks näiteks on viinamarjasuhkru (glükoosi) hapendumise (oksüdatsiooni) võrrand:



glükoos	hapnik	süsi-	vesi	energia
		happe-		
		gaas		

Mõnedes aeroobsetes mikroobides ei kulge hapendumisprotsess lõpuni ja süsihappegaasi ei eraldu oluliselt. Sel juhul vabaneb ainult osa lähteainetes peituvast energiast, sest teine osa energiat läheb uutesse ainetesse, mis tekivad osalise oksüdeerimise tagajärjel. Näiteks oksüdeerub etüülalkohol äädikhapetegurite kaastegevusel äädikhappeks, mis sisaldab veel palju energiat.

Aeroobide hulka kuuluvad ka ülalmainitud kemosünteesivad autotroofsed bakterid, kes oksüdeerivad anorgaanilisi aineid - vesinikku, väävelvesinikku ja ammoniaaki ning saavad sel vii-

¹ A. Avaste eksperimentaalsetest tööst tulenes samuti analoogiline seisukoht, mida tema energiliselt kaitses ja propageeris.

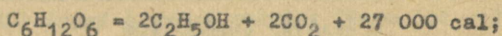
sil energiat. Seda nad nähtavasti kasutavad orgaaniliste ainetete sünteesiks süsihappegaasist ja veest ning teisteks olulisteks vajadusteks.

Käärimine. Skemaatilisel iseloomustatakse käärimisprotsesse nii, et orgaanilised lähteained mitte ei hapendu oluliselt, vaid põhiliselt ainult lõhustuvad lihtsamateks ühenditeks. Selle tulemusel vabanevat vähest energiat kasutavad anaeroobsed mikroobid oma vajadusteks. Lähteaineks on peamiselt süsivesikud, mis mikroobides anaeroobsel hingamisel või käärimisel lõhustuvad kas piimhappeks; etüülalkoholiks, võihappeks või teisteks ühenditeks.

Anaeroobsed mikroobid on looduses laialt levinud. Neid leidub kõikjal. Õhu nappuse korral lagundavad nad orgaanilisi aineid.

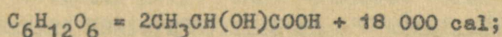
Käärimisprotsesside näidetena võib esitada järgmisi summaarseid reaktsioone:

1) alkoholi tekkimine käärimisel - suhkru lõhustamine seente fermentide abil etüülalkoholiks ja süsihappegaasiks:



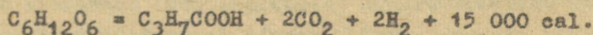
glükoos etüülal- süsihap- energia
 kohol pegaas

2) piimhappe tekkimine käärimisel - suhkru lõhustamine piimhappebakterite fermentide abil piimhappeks:



glükoos piimhape energia

3) võihappe tekkimine käärimisel - suhkru lõhustamine võihappebatsillide fermentide abil võihappeks:



glükoos võihape süsihap- vesi- energia
 pegaas nik

Võrreldes hingamis- ja käärimisprotsesside tagajärjel vabanevaid energia hulki, selgub, et käärimisel eraldub üle 25

korra vähem energiat kui samade lähteainete täielikul "põlemisel" hingamisprotsessil. Nii vabaneb ühe gramm-molekuli (mooli) glükoosi (180 g) täielikul oksüdeerimisel kuni CO_2 - ja H_2O -ni 673 000 kalorit energiat, aga käärimisel etüülalkoholiks - ainult 27 000 kal, s. o. umbes 25 korda vähem. See on ka arusaadav, sest käärimisel tekivad lähteainest uued orgaanilised ained, mis sisaldavad eneses veel palju energiat keemilise energia kujul. Seoses sellega kulub teatava hulga vaba energia saamiseks fakultatiivsetel anaeroobsetel mikroobidel hapniku nappusel¹ ja obligaatsetel anaeroobidel palju rohkem lähteainet (suhkrut jt. aineid) kui aeroobsetel mikroobidel.

Aeroobsetel mikroobidel esineb ka orgaanilise aine osalise oksüdeerimise juhuseid. Neid protsesse nimetatakse ka tihti käärimiseks, kuid nende eraldamiseks tüüpilistest käärimisprotsessidest on neid õigem nimetada hapendavaks käärimiseks.

Hingamisel vabaneva energia praktilisest tähtsusest. Sisemise hingamise tulemusel vabanev energia kasutatakse mikroobide poolt ainult osaliselt kasuliku energiana - nende elutegevuseks vajalikkude uute ainete sünteesiks ja liikumiseks. Ülejäänud osa vabanevast energiast eraldub soojusena, mis haihtub ümbrusesse. Ka teatav osa kasulikku soojust lahkub ümbrusesse kas töös, soojuse või mõnel teisel kujul. Energia vabanemise tõttu soojusena tõuseb temperatuur keskkonnas, kus mikroobid arenevad. Soojenemine on seda tunduvam, mida intensiivsem on mikroobide elutegevus (eeskätt hingamine) ja mida paremini soojuseallikas on isoleeritud ümbrusest. Märgatavalt soojenevad intensiivse hingamise tõttu näiteks kääriv vein ja õlu, idanev teravili.

¹ Näiteks pärmid arenevad ja paljunevad hästi ainult õhu-hapniku (vees lahustunult) külluse korral, ilma et tekiks oluliselt alkoholi, s. o. käärimist, kuid õhu nappusel, vastupidi, tekib rohkesti käärimise saadusi, kuigi pärmid ise intensiivselt ei paljune.

Hingamisprotsesside tulemusel vabaneva soojuse arvel võivad soojeneda niiske teravili ja osalt ka niiske puuvill, turvas, peen kivisüsi jne. See nn. isesoojenemine võib selles soodsates tingimustes olla eelduseks isegi mainitud ainete isesüttimisele, kui temperatuur tõuseb kõrgemale nende või tekkivate ainete süttimise temperatuurist. Isesüttimise korral liituvad hingamisprotsessidele ka tavalise põlemise protsessid, mis toimuvad mikroobide (õieti nende fermentide) abita.

Hingamisprotsesside tundmine ja reguleerimisoskus on seega suure tähtsusega toidumainete, söötade ja kütuste kadude ja rikkumise vältimise tagamisel.

Üksikutel juhtudel on orgaaniliste ainete isesoojenemisel vabanev energia praktiliselt kasutatav, näiteks sõnnikulavade valmistamisel.

Mõned mikroobid eraldavad energiat valguse kujul. Näiteks mere vee või kõduneva puidu helendamine on seotud eriliste aeroobsete helendavate bakterite ja seente arenemisega nendes.

Mikroobide fermentid.

Iga organismi sisemine ainevahetus kujutab endast eeskätt ülikeerukat paljude keemiliste reaktsioonide põimingut. Tohtu hulk üksikuid keemilisi reaktsioone on omavahel kokkõlastatud ja igaüks neist reaktsioonidest toimub vajaliku kiirusega ainult teatava erilise aine - katalüsaatori (reaktsiooni kiiruse muutja) juuresolekul. Bioloogilisi katalüsaatoreid, mis tekivad organismi rakkudes, nimetatakse fermentideks ehk ensüümideks.

Fermentid on spetsiifilise (isepärase) toimega, s. o. iga ferment kiirendab (või aeglustab) ainult teatavat tüüpi keemilisi muutusi teatavatel ainetel. Üheks eredaks näiteks selles suhtes on L. Pasteuri katset roheline hallitusega (*Penicillium glaucum*). Selle seene kasvatamisel d- ja l- viinhappe sooli sisaldaval söötmel kasutab see ainult paremale pööravat isomeeri (d-viinhapet), sest tema fermentsüsteem sobib selleks

paremini kui l-viinhape kasutamiseks. Säärane iseärasus esineb ka paljudel teistel mikroobidel, nagu pärmidel, mille eriliigid käärivad ainult teatavaid suhkruid. Fermentide katalüütilise toime iseärasus oleneb nende keemilisest koostisest.

Peamiseks fermentide koostisosaks on valgud. Suur osa raku valkudest (J. Neillansi ja P. Stumpfi järgi kuni 40 % või enamgi) kujutab enesest fermente. Peale valgulise osa sisaldavad paljud fermentid veel mitmesuguseid orgaaniliste ainete rühmitusi, nn. kofermente. Viimaste koostises esineb mineraalseid aineid, vitamiine ja teisi orgaanilisi aineid.

Teatava fermenti katalüütiline aktiivsus on seda suurem, mida täielikumalt vastavad keskkonnatingimused (temperatuur, reaktsioon (pH), aktivaatorite juuresolek jne.) antud fermenti iseloomule. Katalüütilist aktiivsust võib iseloomustada sellega, et näiteks üks kaaluosa ferment invertaasi lõhustab (inverteerib) kuni 200 000 osa suhkrut (sahharoosi) ja üks osa kümosiini kalgendab kuni 800 000 osa piima jne.

Organismide rakkude poolt produtseeritavaid fermente liigitatakse nende toimekoha, iseloomu, katalüüsitava aine ja teiste tunnuste järgi. Toimekoha järgi liigitatakse fermente ekso- ja endofermentideks.

Eksofermentid tekivad küll rakus, kuid väljuvad rakust ja mõjuvad katalüütiliselt sinetele, mis leiduvad rakke ümbritsevas keskkonnas. Nende abil lõhustuvad keerulised orgaanilised ained lihtsamateks. Näiteks tärklis või tselluloos, mis ei ole võimelised difundeeruma läbi raku seina, lõhustuvad suhkruteks, mis pääsevad läbi raku seina ja võivad seega olla toiduks mikroobidele.

Analoogiliselt võib seletada ka mikroobide toitumist valkudega. Need hüdrolüüsuvad samuti fermentide (proteasaside) toimel kuni aminiinhapeteni, mis difundeeruvad siis raku sisse.

Eksofermentid enamasti valmistavad toiduaineid ette, hüdrolüüsivad neid, mille järele need difundeeruvad raku. Hüdrolüütilisi fermente nimetatakse hüdrolaasideks. Neist

leidub mikroorganismides sagedamini järgmisi fermente:

Karbohüdraaside rühma kuuluv amülaas, mis katalüüsib tärklise hüdrolüüsi maltoosiks, esineb näiteks hallitusseentes (Aspergillus, Mukor) jt. Laktaas, mis lõhustab piimasuhkrut (laktoosi) monosahhariidideks, esineb näiteks piimhappebakterites ja soolekepikestes. Mõnedes mikroobides esineb ka tsellulaasi, mis suhkurdab tselluloosi, maltaasi, mis hüdrolüüsib maltoosi (linnasesuhkrut) jne.

Erinevalt eksofermentidest toimivad endofermendid ainult elusa raku sees. Sellesse rühma kuulub suur hulk eri fermente, mis katalüüsivad arvukaid lüüsid protoplasma ainete sünteesis, hingamise, käärimise ja teistes keerulistes keemilistes protsessides. Paljud endofermendid võtavad osa oksüdatsioon- ja reduktsiooniprotsessidest. Neid liigitatakse viimasel ajal ka selle järgi, missuguseid iseloomulikke aineid nad sisaldavad kofermendi koostises, näiteks B₁-vitamiini (tiamiini) sisaldav ferment karboksülaas, mis kiirendab püroviinamarjahappe lagunemist äädikhappe aldehüüdiks ja süsihappegaasiks.

Fermentide hulk ja valik on mitmesugustes mikroobides mõningal määral erinev. Sellega on seletatav, et eri mikroobid on võimelised arenema eri toitekeskkondades ja erinevates tingimustes.

Mikroobid kui fermentide kaudu toimivad aktiivsed tegurid leiavad laialdast kasutamist eeskätt toiduainetetööstuses näiteks veini ja õlle valmistamisel, taigna kergitamisel, juustu ja hapupiimasaaduste valmistamisel jne.

III. KESKKONNATEGURITE MÕJU MIKROOBIDELE.

Mikroorganismide nagu kõigi teistegi elusate olevuste tegevus oleneb nende elutingimustest ehk keskkonnateguritest, milles nad asuvad. Väliskeskkonnas toimuvad muutused võivad kas soodustada või pidurdada mikroobide kasvu ja arengut või neile koguni hävitavalt mõjuda. Elutingimuste muutmise kaudu võib mõnel juhul isegi mikroobide loomulikke päritavaid omadusi muuta.

I. V. Mitsuurin, I. P. Pavlov ja nende mõttekaaslased on näidanud, et organism ja tema elutingimused kujutavad enesest lahutamatu dialektilist ühtsust.

Mitmesugused organismid vajavad kasvuks ja arenguks erinevaid keskkonnatingimusi. Nende vajaduste tundmine võimaldab juhtida (suunata) organismide arengut. Tundes mikroorganismide ja keskkonnatingimuste vastastikuseid suhteid, võib soodsate keskkonnategurite abil soodustada tootmisprotsessis kasulikkude mikroobide arengut ja, vastupidi, ebasoodsate tegurite abil - pidurdada või takistada nende mikroobide kasvu, mis võivad esile kutsuda toiduainete riknemist või inimese haigestumist.

Peamisteks keskkonnateguriteks, mis avaldavad mõju mikroorganismide tegevusele, kasvule ja arengule, on: keskkonna keemiline koostis, niiskus, lahustunud ainete kontsentratsioon, keskkonna reaktsioon, temperatuur, valgus ja mõned teised tegurid.

Keskkonna niiskus ja kuivatamise mõju.

Mikroorganismide rakkudes on enamasti 75 - 85 % vett; mikroobide toitumine ja nende ainevahetuse lõppsaaduste eritamine toimuvad vesikeskkonnas. Sellepärast on mikroobide normaalse tegevuse tagamiseks vee olemasolu nii rakus kui ka keskkonnas tingimata vajalik.

Toitekeskkonna (substraadi) kuivatamine pidurdab selles leiduvate mikroobide elutegevust, kusjuures suurem osa neist hakkub. Bakterite arenguks vajalik minimaalne vee hulk keskkonnas on 20 - 30 %; hallitusseened võivad areneda veel väiksema niiskuse juures (ca 15 %).

Kuivatatud olekus avaldub elusate mikroorganismide elutegevus (peamiselt hingamine) väga nõrgalt. Niisuguses olekus püsivad mikroobid elusatena võrdlemisi kaua aega. Eriti hästi taluvad kuivatamist batsillide spoorid. Kuivatatult säilitavad batsillide eosed kümneteks aastateks võime soodsaates tingimustes idaneda. Ka paljude seente spoorid on väga suure püsivusega.

Need bakterid ja pärmseened, mis ei saa spore moodustada, taluvad kuivatamist erinevalt; näiteks äädikhapebakterid hakkuvad kuivatamisel üsna kiiresti (mõne tunni kestel), kuid kõhutüüfuse- ja tuberkuloosibakterid säilivad kuivatatult elusatena mitmeid nädalaid ja isegi kuid, piimhappebakterid taluvad kuivatamist hästi. Viimaseid kasutatakse hapupiima ja mõningate teiste saaduste valmistamisel kuivade bakteri-kultuuridena.

Kuivatamist kasutatakse laialt toiduainete (seente, aedviljade jne.), söötade (heinte jne.) ja bioloogilise tooraine (toornaha, ehituspuidu jne.) säilitamisel. Kuivatatud kaupad säilivad hästi, kui niiskus ei tõuse üle teatava piiri. Niiskuse suurenemisel tähtsavad passiivses olekus olevad mikroobid aktiivsele elule ja võivad seetõttu põhjustada vastava kauba kiire riknemise.

Kuivatatud kaupade säilitamisel on suur tähtsus õhu relatiivsel niiskusel ja temperatuuril. Materjali niiskusesi-

saldus kujuneb säilitamisel seda suuremaks, mida suurem on õhu relatiivne niiskus ja, vastupidi, seda väiksemaks, mida kuivem on õhk. Tasakaal kauba ja õhu niiskuse vahel saabub seda kiiremini, mida soojem on keskkond.

Lahuste kontsentratsioon mõju.

Mikroorganismid elavad looduslikkudes tingimustes mitmesuguse osmootse rõhuga vesilahustes. Mõned arenevad pidevalt väikese kontsentratsiooniga toitekeskkondades (magedas vees, mitmesugustes toiduainetes jne.), teised mikroobid aga üsna kontsentreeritud lahustes (soolveed, keedised ja soolajärvede veed).

Paljud mikroobid taluvad toitekeskkonna kontsentratsiooni muutusi halvasti. Kontsentreeritud lahustes olev vesi ei ole hästi kasutatav mikroobide poolt, sest normaalne, osmootsile toetuv ainevahetus organismi ja keskkonna vahel on raskendatud. Küllalt suure keskkonna kontsentratsiooni korral plasmolüseeruvad mikroorganismid ja nende toitumine muutub võimatuks. Eriti tundlikud keskkonna kontsentratsiooni suhtes on roisubakterid, enamusest neist näiteks lakkab arenemast, kui keedusoolalahuse kontsentratsioon keskkonnas on 10 - 15 %. Ka sooltehaiguste tekitajad (paratüüfuse- ja kõhutüüfusebakterid) ei talu suurt osmootset rõhku, nende areng pidurdub juba 6 - 9 %-lise keedusoolalahuse kontsentratsiooni puhul.

Mõne liigi mikroorganismid, vastupidi, kohanduvad hästi keskkonna kontsentratsiooni muutustele: mõned seened ja üksikud roisubakterid arenevad hästi soolastel produktidel.

Keedusoola ja suhkru suure kontsentratsiooni pidurdavat toimet mikroorganismide arengule kasutatakse laialt mitmesuguste bioloogilise päritoluga kaupade säilitamisel. Selleks soolatakse kala, liha, toornahka ja -karusnahka, küllastatakse suhkruga (60 - 70 %) puuvilju, marju jne.

Keskkonna kõrgendatud osmootse rõhu toime on mõningal määral analoogiline kuivatamise mõjule; mikroorganismide ak-

tiivne elutegevus pidurdub, kuid nad ei tarvitse kohe kaotada oma eluvõimet, s. o. võimet soodsates tingimustes aktiivselt areneda. Produtseeritavad toksiinid samuti ei hävine nende tegurite mõjul. Sellepärast ei või soolata toiduaineid, mille rikkumine on juba alanud või mis on tugevalt nakatatud tõvestavate bakteritega.

Keskkonna reaktsiooni mõju.

Mikroorganismide elutegevusele avaldab keskkonna reaktsioon, s. o. keskkonna happesuse aste (pH) suurt mõju. Eri-nevatesse liikidesse kuuluvad mikroobid vajavad teatava reaktsiooniga keskkonda. Bakterite enamusele on neutraalne või nõrgalt leeline keskkond soodne. Hallitusseened ja pärmid arenevad paremini nõrgalt happelises keskkonnas. Keskkonna happelist reaktsiooni taluvad paremini need bakterid, mis ise ainevahetuse protsesside tulemusena moodustavad olulisel määral happeid, näiteks piim- ja äädikhappebakterid. Väga halvasti taluvad happelist keskkonda roisubakterid.

Keskkonna leeline või happeline reaktsioon on üheks peamiseks põhjuseks, millest oleneb mikrofloora koostis loodulikkudes toitekeskkondades. Keskkonna reaktsiooni muutus tingib ühte liiki mikroorganismide asendumise teistega ja koos sellega ka toitekeskkonnas (substraadis) toimuvate biokeemiliste protsesside muutusi. Näiteks pärmid muundavad suhkrut happelises keskkonnas etüülalkoholiks, aga leelises keskkonnas glütseriiniks.

Keskkonna reaktsiooni mõju mikroorganismide elutegevusele kasutatakse praktikas mikrobioloogiliste (õigemini biokeemiliste) protsesside reguleerimiseks, näiteks roiskumise pidurdamiseks, mida võivad esile kutsuda roisubakterid oma fermentide abil. Sellele põhineb toiduainete säilitamine marineerimise teel, s. o. äädikhapet lisades ja seega keskkonna happesust tõstes. Happesust võib produktis suurendada ka happeid tekitavate bakterite arengut soodustades. Näiteks

aedviljade ja piima hapendamisel (hapatamisel) tekib suhkrust piimhappebakterite fermentide toimel rohkesti piimhapet, mis takistab roisubakterite arengut.

Toiduainete hapatamine ja marineerimine aga ei anna täit kaitset nendele, sest piim- ja äädikhapet võivad toiduks kasutada paljud hallitus- ja pärmseened. Selle tõttu väheneb toitekeskkonna happesus, mille järel võivad roisubakterid arenema hakata. See tingib aga toiduaine riknemise.

Mürgiste ainete mõju.

Mikroorganismide arengu olenevus keskkonna keemilisest koostisest on seotud mitte ainult nende toitumise ja hingamisega. Paljud keemilised ained on mikroorganismidele mürgised. Neid nimetatakse desinfitseerivateks ehk antiseptilisteks aineteks. Anorgaanilistest ainetest on tugevateks mürgideks mõnede raskemetallide soolad, näiteks hõbeda, vase, plüü (seatina, Pb) ja eriti elavhõbeda ühendid. Enamus baktereid hukkab 0,1 %-lises sublimaadilahuses mõne minuti kestel. Bakterite spoorid aga püsivad mitmeid tunde elusatena isegi kangemates (2 %-listes) lahustes. Üsna tugevateks mürgideks mikroorganismidele on kloor, jood, vesinikülilhapend, väävlisgaas jt. Orgaaniliste ainete hulgas on tuntud mikroobide-mürgideks karbolhape (fenool), formalin, salitsüülhape, alkoholid jt.

Antiseptikute hävitav toime mikroorganismidele avaldub selles, et difundeerudes keskkonnast raku sisemusse, mõjutavad need protoplasmat ja muudavad selle omadusi. Selle tulemusena muutub eluprotsesside normaalne kulg võimatuks. Mürgide toime "mehhanism" on mitmesugune. Raskete metallide soolad näiteks kalgendavad protoplasma valke; kloor, jood ja vesinikülilhapend oksüdeerivad valke, lagundades neid seega.

Mürgiste ainete toime oleneb nende kontsentratsioonist. Mitmed mürgid avalduvad väga väikestes kontsentratsioonides mikroorganismidele koguni soodsat mõju - soodustavad nende paljunemist. Mõned mürgidena tuntud ained on organismide normaalseks arenguks vähesel hulgal tingimata vajalikud, näi-

teks tsiingi ja vase ühendid. Mürkide kontsentratsiooni tõusul keskkonnas pidurdub esialgu mikroorganismide elutegevus, aga hiljem järgneb nende väljasuremine.

Mürgiseid aineid kasutatakse laialt mitmesuguste materjalide, esemete ja ruumide desinfitseerimiseks. Toiduainete säilitamiseks saab antiseptikuid kasutada ainult piiratud, sest peaaegu kõik on nad inimesele suuremal või vähemal määral mürgised. Mõned nendest annavad toiduainele võõrapärase lõhna ja maitse. Sellepärast kasutatakse toiduainete säilitamiseks eriliselt valitud aineid, mis ei kahjusta inimese tervist, nagu sorbiinhape ja selle soolad, bensoehape ja selle naatriumisool, p-hüdroksübensoehappe estrid ja naatriumisool, sipelghape ja selle soolad ja heksametüleentetramiin (urotropiin). Samuti on lubatud kasutada n. ö. ajutiseks konserveerimiseks niisuguseid antiseptilisi aineid, mida enne toiduaine kasutamist saab kergesti kõrvaldada, näiteks väävliigaasi (SO_2), mis keetmisel lendub.

Kütuse mittetäielikul põlemisel tekkivate keemiliste ainete mürgisele toimele põhineb liha ja kala suitsutamine. Suitsus leiduvad mürgised ained (fenoolid, formaldehüüd jt.) tungivad suitsutatavasse produkti.

Suitsutamisel kuivab produkt mõningal määral, eriti pinnalt; see ka on mikroobidele ebasoodus, pealegi suureneb sealjuures soolatud produktidel keedusoola kontsentratsioon pindmistes kihtides. Produkti sügavamatesse kihtidesse aga tungivad suitsu koostisosad vähemal määral, kus seetõttu ka bakterite elutegevus ei tarvitse küllaldaselt pidurduda.

Temperatuuri mõju.

Ümbruskonna temperatuur on üheks oluliseks teguriks mikroorganismide kasvule ja arengule. Iga organism võib areneda ainult temperatuuri teatavates piirides, millest kõrgemal või madalamal temperatuuril avaldub elutegevus ainult varjatud kujul või katkeb hoopis. Eluks kohased temperatuuri piirid on eri organismidel üsna erineva suurusega.

Iga liigi mikroorganismide jaoks võib märkida kolm iseloomulikku temperatuuripiirkonda. Temperatuuri alanemisel aeglustub aste-astmelt mikroorganismide elutegevus.

Minimaalseks nimetatakse niisugust temperatuuri, mille juures teatava liigi mikroobide paljunemine peatub, kuigi nad veel püsivad elusatena. Kõige soodsam on optimaalne temperatuur, mille juures mikroobid võivad paljuneda maksimaalse kiirusega. Kõrgeim temperatuur, maksimaalne, on niisugune, mille puhul mikroorganismide elutegevus lakkab ja nad varsti hukuvad.

Need iseloomulikud temperatuurid pole eri mikroobidel ühesugused. Temperatuuri mõju suhtes võib kõiki mikroorganisme jagada kolme rühma:

1. Külmalembesed ehk psührofiilsed mikroobid arenevad kõige soodsamalt temperatuuris $+5 - +10^{\circ}\text{C}$, kõrgeim piir on umbes $+30^{\circ}$, aga aeglane kasv on võimalik isegi temperatuuris alla nulli. Selle rühma mikroorganismid elunevad polaarmaades ja põhjameredes.

2. Soojalembesed ehk termofiilsed mikroobid arenevad kõige paremini $+50 - +60^{\circ}\text{C}$ piirides. Madalaim talutav temperatuur on umbes $+30^{\circ}\text{C}$, aga kõrgeim piir $+70^{\circ}\text{C}$. Neid mikroorganisme leidub kuumaveallikates, troopilistes maades, niisketes isesoojenevates orgaanilistes ainetes, nagu kompostis, sõnnikus, heintes, puuvillas, turbas jne.

3. Kolmandasse rühma kuuluvad temperatuuri suhtes kesklembesed mikroorganismid (mesofiilid), mille areng kulgeb soodsamalt $+20 - +35^{\circ}$ juures. Minimaalne temperatuur nendele on umbes 3° , aga maksimaalne $+40 - +50^{\circ}\text{C}$. Sellesse rühma kuulub suurem osa looduses leiduvaid baktereid ja seeni. Mõned selle rühma esindajad kasvavad hästi ka jahedamas keskkonnas, kuni -5° (külmapüsivad) ja suhteliselt soojas keskkonnas $+50 - +60^{\circ}\text{C}$ (soojapüsivad).

Külmalembesed on paljud hallitusseened ja mõne liigi roisubakterid, mis võivad areneda toiduainetel nii toatemperatuuril kui ka külhoonetes või külmutuskappides, sest nad taluvad neid temperatuure hästi.

Soojalembesed bakterid on väga levinud. Enamus neist on võimelised spore moodustama. Nende bakterite spoorid taluvad hästi kuumust ja võivad jääda ellu ka toiduainete kuumtöötlemisel, kuid hiljem tingida näiteks vorstide riknemist.

Kõrgete ja madalate temperatuuride mõju mikroorganismidele on erinev.

Madalate temperatuuride mõju. Temperatuuri alandamisel aeglustuvad eluprotsessid ja mikroorganismid lähevad üle "varjatud elu" olekusse, mis on sarnane kõigusoojaste (külmavereliste) loomade ja kalade olekuga madalas temperatuuris ning paljudel loomadel esineva talveunega või taimede seemnete eluga nende kuivas olekus. Jahtunud mikroorganismide soojenemisel hakkavad nad uuesti aktiivselt elama ja paljune- ma. Aktiivse elutegevuse lakkamine ei tähenda enamasti mikroorganismide hukkumist. Paljud bakterid, hallitus- ja pärmsened võivad kaua aega püsida eluvõimelistena temperatuurides kuni -10° ; mõned võivad nendes temperatuurides isegi paljuneda, kui ainult keskkonnas püsib vedel vesilahus. Selle võimalusega on näiteks seletatav vahel esinev külmutatud liha ja kala hallitumine.

Mõned mikroorganismid, sealhulgas ka tõvestavad bakterid, taluvad mõnda aega palju madalamaid temperatuure. Näiteks kõhutüüfusekõpikesed ei hukku -190°C juures ühe päeva kestel. Bakterite spoorid püsivad -190° temperatuuril eluvõimelistena üle poole aasta. Meie talvekülma taluvad paljud mikroorganismid hästi.

Kõrgete temperatuuride mõju. Temperatuuri tõusmisel ülempiirist kõrgemale hukkuvad mikroorganismid kiiresti. See on tingitud protoplasma valkude kalgendumisest (koaguleerumisest) kõrgetel temperatuuridel ja fermentide, mis on ka valk kehad, aktiivsuse kaotamisest (inaktiveerumisest). Enamus mittesporilisi baktereid hukkub nende soojendamisel toitevedelikus $+50 - +60^{\circ}$ temperatuuris umbes 30 minuti kestel, aga $+80 - +100^{\circ}$ juures hukkuvad (surevad) kõik mittesporilised bakterid, seened ja pärmid momentaanselt või mõne minuti kestel. Hämmastavalt püsivad on bakterite spoorid kõrgetes

temperatuurides, taludes mõnel juhul +100° temperatuuri paljude tundide kestel. Spoorid hukuvad niiskes keskkonnas +120 - +130° temperatuuris 20 - 30 minuti kestel, aga kuivas olekus alles +160 - +170° juures 1 - 2 tunni kestel. Säärane suur püsivus on seletatav väikese veesisaldusega spoorides. Spoorides on umbes 40 % vett, aga vegetatiivsetes rakkudes, kus elutegevus toimub aktiivselt, on vett umbes 85 %. Mida vähem vett sisaldab valk, seda kõrgemat temperatuuri on vaja tema koaguleerimiseks ja seega ka mikroobi surmamiseks (hukutamiseks).

Eri liiki bakterite spooride vastupidavus temperatuurile on erisugune. Näiteks 100° kuumuses hukuvad:

põrnatõve ehk siberi katku batsilli (Bac. anthracis) spoorid	10 minuti kestel		
heinabatsilli (Bac. subtilis) spoorid	180	"	"
kartulikepike (Bac. mesentericus) spoorid	350	"	"
botulismi tekitajate (Bac. botulinus) spoorid	360	"	"

Seente ja pärmide spoorid ei talu nii kõrgeid temperatuure kui batsillide spoorid ja hävivad üsna ruttu +70 - +80° kuumuses.

Erinevate temperatuuride kasutamine mikroobide mõjutamiseks. Optimaalse temperatuuri soodsat mõju kasutatakse mikroorganismide kasvu kiirendamiseks või reguleerimiseks biokeemilistes tööstustes. Madala ja kõrge temperatuuri pidurdavat mõju kasutatakse toiduainete säilitamisel.

Null kraadi ligidastel temperatuuridel pidurdavad roiskumis- ja käärimisprotsessid peaaegu täiesti. Sellepärast rakendatakse madalaid temperatuure mitmesuguste toiduainete säilitamiseks. Produkte säilitatakse jahutatult või külmutatult. Külmutatud produktid säilivad märksa kauemini kui jahutatud produktid. Külmutamisel, s. o. jahutamisel alla 0°C, pidurdub mikroorganismide elutegevus mitte ainult madala temperatuuri mõjul, vaid ka muutuste tõttu substraadis. Nimelt kristalliseerub lahjade lahuste aeglasel külmutamisel esialgu puhas vesi välja, mille tõttu produkti mahlates lahustu-

nud ainete kontsentratsioon ja seega ka osmootne rõhk suurenevad. See aga rikub osmootsele rõhule põhineva mikroobide toitumise, mille tagajärjel nende areng pidurdub. Produkti täieliku külmumise (tardumise) korral katkevad mikroobide toitumine ja areng täiesti.

Külmutamine ei surma mikroorganisme, vaid peatab ainult nende aktiivse elutegevuse. Produktide taassulatamisel, mil toimub mahla eraldumine, ja soojenemisel hakkavad mikroorganismid energiliselt paljunema, mille tõttu produktide riknemine võib toimuda väga kiiresti.

Kõrgete temperatuuride mõju rakendatakse toiduainete säilitamisel kahel viisil.

1. Kuumutamine $+65 - +80^{\circ}\text{C}$ temperatuuris 15 - 30 minuti kestel või $+90 - +100^{\circ}\text{C}$ juures mõne sekundi kestel. Selle meetodi põhjendajaks oli L. Pasteur (1860. a.), kelle nime järgi seda nimetatakse pastöriseerimiseks. Pastöriseerimisel hukuvad bakterite, pärm- ja hallitusseente rakud ning ka pärmi- ja hallituste spoorid. Bakterite spooridest hukuvad ainult vähe püsivad, kuna teised säilivad elusatena. Sellepärast on pastöriseeritud tooteid vaja hoida jahedas, et pidurdada spooride idanemist. Pastöriseeritakse veini, õlut, piima, aedviljade ja marjade mahlu jne.

2. Produktide kuumutamine hermeetiliselt suletud klaaspurgis või plekk-karbis $+112 - +120^{\circ}\text{C}$ temperatuuris 20 - 40 minuti kestel. Enne produktiga täidetud taara sulgemist eemaldatakse sellest suurem osa õhku vaakuumi abil. Sulgemise järel paigutatakse produktiga täidetud purgid või karbid erilisse katlasse (autoklaavi), kus neid kuumutatakse auruga surve all. Seda meetodit nimetatakse steriliseerimiseks (iduva-baks tegemiseks) ja see tagab mikroobide ja peaaegu alati ka nende spooride hukkumise. Steriliseerimise teel saadud konservid säilivad väga hästi (mitmeid aastaid), välja arvatud ainult juhud, kui steriliseerimine millegi pärast ei olnud täielik.

Konservide riknemine võib tekkida puuduliku steriliseerimise tagajärjel, sest ellu jäänud mikroobid võivad hakata are-

nema ja eraldada ebasoovitavaid aineid. Säärasteks mikroobideks on eestkätt anaeroobsed soojalembesed spore moodustavad mikroobid, näiteks võihappebatsillid või mõned roisubakterid.

Mikroobide hävitamisel kuumuse mõjul ja ka antiseptiliste vahendite kasutamisel oleneb tulemus oluliselt sellest, kui rohkesti leidub lähteproduktis mikroorganisme. Mida rohkem neid leidub, seda kauem on vaja produkti kuumutada teatavas temperatuuris, selleks et saavutada kõigi bakterite ja spooride hävitamist (surmamist). Seda vajadust võib seletada sellega, et mitte kõik mikroobid ja nende spoorid, isegi ühest ja samast liigist, ei ole ühesuguse tundlikkusega teatava faktori suhtes. Sellepärast on suure hulga mikroobide olemasolul produktis tõenäolik, et leidub üksikuid mikroorganisme, mis taluvad eriti hästi kõrgeid temperatuure.

Mikroorganismidest tingitud konservide riknemine avaldub kas bombaažina (konservikarpide põhjade väljapaisumine tekkivate gaaside surve) või produkti hapnemise näol.

Valguse ja teiste kiirguste mõju mikroorganismidele.

Valguse mõju. Otseesed päikesekiired mõjuvad enamusele mikroorganismidest hävitavalt. Hajutatud valgus mõjub nendele nõrgalt, ta ainult pidurdab nende arengut. Tõvestavad bakterid on valguse suhtes tundlikumad kui saprofüüdid. Paljud nendest, näiteks kõhutüüfuse- ja tuberkuloosibakterid hukkuvad otseste päikesekiirte mõjul väga kiiresti. Valgus on vajalik ainult mõnede autotroofsetele bakteritele, mis, kasutades valguseenergiat, sünteesivad süsihappegaasist ja veest orgaanilist ainet.

Ultravioletse kiirguse mõju. Valguse pidurdav toime mikroobidele on tuntud ammu ajast. Tänapäeval on selgitatud, et päikesevalguse bakteritsiidne toime on tingitud selle kiirguse ultravioletsest osast. Need päikesekiirguse spektri

nähtamatud kiired võivad mõju avaldada mõningatele keemiliste protsessidele (soodustades mõnede ainete lagunemist, aga teiste teket) ja organismidele, soodustades paljude kõrgemate organismide elutegevust, kuid mõjudes paljudele mikroorganismidele surmavalt. Hallitusseened ja pärm taluvad ultravioletset kiirgust paremini kui bakterid. Enamuse bakterite spoorid on M. O. Fedorovi järgi sama tundlikud kiirguse suhtes kui vegetatiivsed bakterid ise. Ainult mõningatel esineb selles suhtes väike erinevus.

Ultravioletset kiirgust kasutatakse praktikas selle bakteritsiidse toime tõttu. Nende kiirte abil desinfitseeritakse näiteks õhku ja joogivett. Toiduainete steriliseerimist ultravioletse kiirgusega raskendab see asjaolu, et need kiired ei tungi kuigi sügavale ja seetõttu mõjutavad ainult kiiritatava produkti pinda.

Kiiresti riknevate toidukaupade turustamise puhul väikepakendites näib levivat säilivuse tõstmiseks nende pinna kiiritamine ultravioletvalgusega. Mis puutub ultravioletse kiirguse mõju olemusse, siis nähtavasti hukuvad mikroorganismid nii nende kiirte otsese toime tõttu elusale rakule kui ka nende aktiivsete ainete (ozooni, vesinikülühapendi jt.) mõjul, mis tekivad kiirguse mõjul substraadis.

Raadiolainete mõju. Mikroorganismidele avaldavad tugevat toimet ultralühikesed raadiolained. Nende hävitav toime on seotud temperatuuri kiire tõusuga kiiritatavas produktis; temperatuur tõuseb kiiresti suursagedusega vahelduvate nihkevoolude tekkimise tagajärjel. Näiteks klaasi vett võib sel teel keema ajada paarikümne sekundi kestel. See kuumutamise viis on äratanud suurt huvi ultralühikeste raadiolainete kasutamise suhtes, eriti aedviljade konserve steriliseerimiseks.

Mikroorganismide muutlikkus.

Keskkonnategurite mõju mikroorganismidele kasutatakse mitte ainult nende elutegevuse reguleerimiseks orgaaniliste

ainete säilitamisel või töötlemisel, vaid ka uute omadustega mikroorganismide saamisel, mis on inimesele kasulikud. Mikroorganismid, nagu teisedki organismid, moodustavad lahutamatu ühtsuse neid ümbritseva keskkonnaga.

Iga liiki organismid vajavad oma arenguks neid tingimusi, milles kulges nende eelnevate põlvkondade areng. Näiteks pärmseened vajavad oma toitekeskkonnas suhkrut, äädikhappebakterid vajavad alkoholi lahjas kontsentratsioonis. Kui organism ei leia endale sobivaid tingimusi, siis ta kas hukub või kohaneb uutele tingimustele; selle tagajärjel muutub ka organism ise.

Muutlikkuseprotsessis kas tekib organismile uusi omadusi või kaob endisi. Muutuda võivad organismi mitmesugused omadused, nagu välistunnused, füsioloogilised eripärasused jne.

Keskkonna mõjul organismis tekkivad muutused võivad olla kas üsna tühised ja ajutise iseloomuga või sügavad ja püsivad ning võivad osutada päritavateks. Pärilikult muutunud organismi järglased vajavad arenguks juba mõningal määral esialgsetest erinevaid elutingimusi. Need organismid vajavad neid tingimusi, milles tekkisid uued omadused. Nende tingimuste kestmisel kinnituvad uued omadused järgnevatel põlvkondades ja muutuvad loomlikeks, päritavateks.

Tänapäeva mikrobioloogia tunneb eksperimentaalseid andmeid ja kogemusi, mis näitavad, et elutingimuste muutused võivad esile kutsuda mikroorganismide loomuse, pärilikkuse muutusi. Mõistagi, on organismide ja ka mikroorganismide pärilikku loomust raske muuta, sest teatava liigi organismid on omapärasteks organismideks kujunenud tavaliselt väga pika arenguperioodi kestel ja on seetõttu üsna suure stabiilsusega.

Tänapäeval rakendatakse mikroorganismide muutlikkust edukalt tööstuses, põllumajanduses, tervishoius jne. Näiteks rohelistest hallitusest (*Penicillium glaucum*) on ultravioletse kiirguse toimele saadud tüvi, mis produtseerib sadu kordi rohkem penitsilliini kui lähtekultuur. Laialt kasutatakse täna-

päeval mitmesuguseid elusatest, kuid nõrgestatud mikroorganismidest koosnevaid vaktsiine. Nende vaktsiinide abil ergutatakse makroorganismi kaitsesüsteemi edukaks võitluseks vastavate agressiivsete mikroobide tõvestava toime vastu. Nii võideldakse kas täieliku või vähemalt olulise eduga rõugete, marutõve, siberi katku, tuberkuloosi, katku, tulareemia jt. haiguste vastu.

Mikroorganismi muutlikkuse õpetuse rajajaks oli tuntud vene bioloog I. I. Metšnikov (1845-1916). Seda probleemi arendasid edasi paljud teised uurijad, nagu S. N. Vinogradov, N. F. Gamaleja, jt.

Sümbioos ja parasitism.

Looduslikkudes tingimustes esinevad eri liiki mikroorganismid mitte puhaste kultuuridena, vaid koos teiste liikide mikroobidega, kuid ka koosluses kõrgemate organismidega. Elutegevuse käigus tekivad teatavad koosluse suhted eri liikide mikroorganismide kui ka mikro- ja makroorganismide vahel. Need suhted on erakordselt keerulised ja mitmesugused. Ühel juhul on suhted vastastikku kasulikud (sümbioos). Sümbioosi üheks tuntuks näiteks on liblikõieliste taimede (herne, ristiku jne.) kooselu mügarbakteritega. Viimased elutsevad taime juurtel, moodustades neil mügaraid. Mügarbakterid saavad taimedelt nende mahlade kaudu suhkrut ja nähtavasti teisi toidukomponente, kuid omalt poolt varustavad taime lämmastikainetega. Lämmastikku omastavad mügarbakterid õhu koostisest, kasutades seda valkude sünteesiks; taimed on aga võime- lised omastama ainult seotud lämmastikku. Analoogiline sümbioosne suhe esineb näiteks ka piimhappebakterite ja pärmseen- te vahel kefiiris ja kumõssis. Piimhappebakterid muundavad oma fermentide abil piimasuhkru piimhappeks, luues sellega soodsad elutingimused pärmide kasvuks, sest pärmide arenguks on soodus nõrgalt happeline reaktsioon, mis tekib piimhappe tõttu. Piimhappebakterite elutegevus omakorda soodustab pär- mide elutegevuse tõttu.

Teiseks organismide kooselu vormiks on parasitism. Sel juhul on kooselu kasulik ainult ühte liiki organismidele, parasitidele. Parasitism esineb sagedamini mitte mikroobide eneste vahel, vaid mikroobide kooselu näol taimede või loomadega.

Looduses on väga levinud niisugused kooselu vormid, kus ühed mikroorganismid loovad soodsaid elutingimusi teistele (metabioos). Näiteks anaeroobsed mikroobid võivad paljudes substraatides areneda ainult tänu samaaegsele aeroobide olemasolule. Sel juhul viivad aeroobsed mikroorganismid, kasutades vaba hapnikku, selle kontsentratsiooni substraadid niivõrd madalaks, et see osutub soodsaks anaeroobide arengus. Samuti loovad valke lihtsamateks ühenditeks lagundavad mikroobid võimaluse teiste mikroobide arenguks, mis vajavad neid lihtsamaid lämmastikuühendeid, kuid ise ei ole valkude lagundamiseks võimalised. Metabiootilised suhted mikroorganismide vahel on aluseks ainete järkjärgulisteks muundusteks looduslikus ainete ringkäigus ja ka orgaaniliste ainete lõhustumisel toiduainetes nende töötlemisel või riknemisel. Pärmaid näiteks, arenedes suhkrut sisaldavates substraatides, lõhustavad suhkrut etüülalkoholiks ja süsihappegaasiks; selles tekkivas, alkoholi sisaldavas keskkonnas arenevad äädikhapebakterid, mille fermentide abil oksüdeerub alkohol äädikhapeks; selle järele tungivad esile hallitusseened, mis kasutavad äädikhapet, oksüdeerides selle lõpuks süsihappegaasiks ja veeks.

Antibiootikumid ja fütontsiidid. Väga sagedasti esinevad looduses mikroorganismidevahelised antagonistlikud suhted. Need suhted võivad avalduda kas ühe liigi mikroorganismide elutegevuse täielikus või osalises mahasurumises teiste poolt. Hävitav toime võib olla tingitud ühe liigi mikroorganismide elutegevuse produktide ebasoodsast mõjust teistele mikroobidele. Näiteks happeid produtseerivad bakterid on roisubakteritele antagonistlikud, sest esimeste ainevahetuse produkt, hape, pidurdab teiste arengut. Hävitav toime võib aga olla tingitud ka erilistest ainetest, mida eraldavad ühe

liigi organismid keskkonda. Sääraseid aineid, mis mõjuvad paljudele mikroobidele hukutavalt, nimetatakse antibiootikumideks.¹

Esialgused tähelepanekud bakterite vahel oleva antagoniismi kohta ja mõte kasutada üht liiki baktereid teiste hävitamiseks kuuluvad möödunud sajandi teise poole. Möödunud sajandi seitsmekümnendatel aastatel töestasid vene teadlased A. G. Polotebnov ja V. A. Manassein, et rohelise hallituseene (*Penicillium glaucum*) kultuur pidurdab mitmete bakterite ja seente kasvu. L. Pasteur näitas 1877. a., et mõned mikroobid pidurdavad siberi katku batsillide kasvu.

Antibiootiliste ainete isoleerimine mikroobide kultuuridest ja saadud puhas ning kontsentreeritud antibiootikumide tootmine ja kasutamine tõvestavate mikroobide vastu võitlemiseks osutus võimalikuks alles inglise bakterioloogi A. Flemingi (1887 - 1955) ja teiste uurijate tööde alusel. Esimese antibiootikumina isoleeriti rohelisest hallitusest penitsilliin 1929. a., mida hakati tootma alles 1940/41. a. Peale penitsilliini tuntakse ja kasutatakse edukalt haigete raviks mitmeid teisi antibiootikume, nagu streptomütsiin, levomütsetiin, biomütsetiin jt.

Antimikroobseid aineid leidub ka taimedes ja loomsetes organismides. Loomse päritoluga on näiteks antibiootilise ja ühtlasi fermentatiivse iseloomuga aine lüsotsüüm. Kõrgemates taimedes (küüslaugus, sibulas, mädarõikas jne.) leiduvaid antiseptilisi aineid nimetas B. P. Tokin fütontsiidideks.

Iga antibiootikum mõjub hävitavalt ainult teatavatele mikroobidele. Penitsilliin toimib hävitavalt streptokokkidele, stafülokokkidele, süüfilise spirohreedile jne., kuid on mõjutu näiteks kõhutüüfuse- ja düsenteeriabakteritele. Streptomütsiin pidurdab tuberkuloosikepikeste arengut, penitsilliin sellele aga ei toimi. Levomütsetiin (ja süntomütsetiin) on efektiivne järgmiste haiguste ravimisel: kõhutüüfus, dü-

¹ Kreekakeelsetest sõnadest "anti" - vastu ja "bios" - elu.

senteeria, tulareemia jne.

Antibiootikumid pakuvad huvi ka toiduainete säilitamisel.

IV. MIKROORGANISMIDE LEVIK, NENDE TÄHTSUS LOODUSES JA RAHVAMAJANDUSES.

Õhu, vee ja mulla mikro-
floora.

Mikroorganismid on looduses väga laialdaselt levinud. Neid leidub pinnavees, mullas, õhus, taimede ja loomade välispinnal, loomade limanahkadel ja seedekanalil. Nad avaldavad aktiivset elutegevust ja paljunevad ainult nendele soodsates elutingimustes.

Õhu mikrofloora. Õhk pole soodne keskkond mikroorganismide arenguks. Toidu vähesus ja vedela vee (ehk tilkvee) lühiaegne esinemine õhus teeb võimatuks mikroobide paljunemise selles keskkonnas. Kuivus ja päikesekiirgus mõjuvad mikroobidele hävitavalt. Õhus võivad mikroorganismid püsida eluvõimelistena ainult ajutiselt. Õhku satuvad nad peamiselt mullast ja ka esemetelt, millega õhk kokku puutub.

Mikroorganismide hulk ja liigid õhus olenevad mullastikust, kliimatilistest tingimustest, aastaajast jne. Näiteks mere- ja mäestikuõhus on vähe mikroobe, suvel on neid õhus rohkem kui talvel, asulate ja ruumide õhk on tolmusem ja mikroobiderohkem kui vaba looduse õhk. Puhtaim õhk on arktilistes piirkondades, kus 1 m^3 õhus on ainult mõned mikroobid. Linnades on aga 1 m^3 -s õhus kümneid tuhandeid mikroobe.

Mikrofloora koostis õhus on üsna juhuslik; sagedasema-

teks esindajateks on hallitussente ja batsillide spoorid, kokid, sartsiniid jt. Õhust võivad mikroorganismid sattuda ka toiduainetele.

Õhus võib leiduda tõvestavaid mikroobe, eriti neid, mis taluvad kuivamist. Õhu kaudu võib nakatuda grippi, tuberkuloosi, siberi katku jne.

Inimese, loomade ja toiduainete nakatumise vältimise otstarbel on vajalik, et nakkuseallikad hoitaks võimalikult eemal üldkasutatavatest ja tootmisruumidest ning et ventilatsioon kaudu oleks tagatud ruumide ebapuhtaks muutunud õhu asendamine puhta õhuga.

Vee mikrofloora. Vesi sisaldab sagedasti mõningal määral orgaanilisi ja anorgaanilisi aineid, mille tõttu mikroorganismid võivad vees hästi areneda ja paljuneda.

Toiduainetetööstuses ja toiduainete töötlemisel toiduks kasutatakse rohkesti vett. Mikroobiderohke vesi võib rikastada toiduaineid mikroobidega ja sel teel kiirendada nende riknemist.

Vett võib liigitada päritolu, keemilise koostise ja mikroobide sisalduse järgi kolme rühma: atmosfääriveed, pinna- ja põhjaveed. Atmosfääriveteks on vihma- ja lüüesveed, mis on võrdlemisi puhtad, kuid sisaldavad siiski tolmu ja mikroorganisme, sest need satuvad õhust vette.

Pinna- ja põhjaveed nimetatakse, ojade, jõgede, tiikide ja järvede vesi. Nendes võib leiduda väga mitmekesine mikrofloora. Mikrofloora koostis ja mikroobide hulk olenevad ümbruskonna mulla iseloomust, vee keemilisest koostisest, orgaaniliste ainete sisaldusest ja reostuse loomusest ning ulatusest. Mitmesugused lisandid satuvad vette taimsete ja loomsete jäätmete kujul, mulla uhtumise teel rannalt vihma ajal ja heitvetega tööstusettevõtetest ning reovetega asulatest. Reovetega satub veekogudesse sagedasti tohutul hulgal mitmesuguseid mikroorganisme, nende hulgas võib olla ka tõvestavaid mikroobe. Mida rohkem vesi orgaaniliste ainete reostub, seda suuremal hulgal arenevad mikroorganismid. Asulaid ja linnu läbivate jõgedes, kuhu juhitakse reoveed, leidub kuni mõnisada

miljonit mikroobi 1 ml vees. Rajoonides, kus reovett ei juhitata jõkke ja kus ei ole ligidal suuri asulaid, on mikroobide arv ainult mõnesajast kuni mõne tuhandeni 1 ml vees.

Reostunud veed on heaks toitekeskuseks mitmesugustele mikroorganismidele. Mikroobide elutegevuse, s.o. toitumise ja hingamise tagajärjel lõhustuvad orgaanilised ained järkjärgult anorgaanilisteks aineteks. Reovetes võib leida ka anorgaanilisi aineid, nagu halv lõhnalised väävelvesinik, ammoniaak jt., mis samuti muudetakse mikroobide fermentide abil teisteks ühenditeks. Mikroorganismid mineraliseerivad seega vett reostavaid aineid ja puhastavad vett. Seda nähtust nimetatakse vee isepuhastumiseks. Tekkivaid anorgaanilisi aineid kasutavad vetikad ja teised veetaimed oma elutegevuseks ja kasvuks. Sel teel on mikroobid üheks lüliks ainetete ringkäigus looduses.

Kuigi looduslik vee isepuhastus on väga olulise tähtsusega, jääb selline veepuhastus reovete suurte koguste puhul siiski puudulikuks. Jõevesi võib hulk maad voolusuunas allpool reovee suubumiskohta jääda veelgi saastunuks ega ole seetõttu kasutatav joogiveena. Sellepärast on vaja suurte linnade ja tööstuskeskuste heitveed enne veekogudesse laskmist ettevalmistavalt puhastada. Seda tehakse enamasti nn. bioloogilise puhastuse teel. Reovete eelpuhastust võib teostada näiteks ühe järgmise meetodi abil:

1) erilistel põllumajanduslikel niisutusväljadel, mida väetatakse reovetega või milles neid filtritakse; vesi puhastub mulla rikkaliku mikrofloora abil, filtreerudes läbi mullakihi;

2) bioloogiliste filtrite abil, milleks on erilised poorse materjaliga (räbuga, killustikuga jne.) täidetud reservuaarid, kust reovesi lastakse läbi voolata;

3) reovete bioloogiline puhastus aeratsioonitankides kujutab enesest vee puhastust läbivoolubasseinides, kuhu koos veega juhitakse ka mikroobiderikast muda; aeroobsete mikroobide elutegevust aktiveeritakse õhu läbipuhumisega vedelikust.

Pinnavete kasutamisel tööstuse ja majapidamise tarbeks (ka joogiveeks) võetakse vett kohast, kus ei ole ligidal reovete sissevoolu kohta, jõest võetakse vett voolusuunas ülevolt poolt. Veevarud püütakse hoida võimalikult puhaatena. Suurte linnade ja tööstuskeskuste veega varustamisel puhastatakse lahtistest veekogudest võetav vesi enne suunamist veetorustikku elanikkonna tarbeks.

Veepuhastuse esimeseks etapiks on vee vabastamine hõljuvatest ainetest (ja osalt ka mikroobidest) suurtes basseini-des settimise teel mõne tunni kuni ühe päeva kestel. Settimise kiirendamiseks lisatakse koagulante, milleks on alumiiniumsulfaat või alaun. Koagulandist tekkivate helvete ümber koonduvad vees hõljuvad ained ja mikroobid, mis sel teel sadestuvad kiiremini ja suuremas ulatuses, umbes kuni 80 % algkogusest. Settebasseinidest lastakse vesi läbi liivafiltri. Filtreeritud vesi sisaldab ainult 1 - 2 % mikroobe nende esialgsest hulgaat. Need järelejäädvad mikroobid, mille hulgas võib olla ka tõvestavaid mikroobe, tehakse kahjutuks vee desinfitseerimisel. Selleks lisatakse veele enamasti kloori, kuid kasutatakse ka kloorlupja, vee ozoneerimist või kiiritamist ultravioletse kiirgusega.

Põhjaveed (allikaveed) on kõige puhtamad, sest valgudes maapinnalt läbi maakihtide, vabaneb vesi orgaanilistest ainetest ja mikroobidest. Mineraalaineid on aga põhjavetes tavaliselt tublisti rohkem kui pinnavetes, rääkimata atmosfääri veest.

Vee kõlblikkust tarvitamiseks joogiveena ja tehnilisteks vajadusteks hinnatakse organoleptiliste ja keemiliste analüüside alusel. Selle kohta on juhtnõõrid antud riiklikes standardites (GOST-ides 2761-57 ja 2874-54). Mikrobioloogiliselt uuritakse vett patogeensete mikroorganismide, mikroobide üldarvu ja soolekepikeste (kolibakterite, *Bacterium coli*) hulga suhtes. Kolitiitriks nim. vee ml arvu, milles leidub üks kolibakter. See tiiter näitab, kas ja kuivõrd on vesi reostunud väljaheidetega. Selle reostuse vältimiseks ei või veekaev asuda liiga ligidal käimlale või laudale.

Mulla mikrofloora. Mullas on rikkalikult mitmesuguseid mikroorganisme, nagu batsille ja baktereid, hallitus- ja pärmseeni. Nende arenguks on mullas enamasti head tingimused toidu, niiskuse ja kaitse näol päikesekiirte hävitava mõju vastu. Mikroobide hulk mulla ülemistes kihtides (1 - 11 cm sügavusse) on umbes kuni 200 miljonit 1 g mullas.

Mikroorganismide hulk ja liigiline koostis mullas olenevad mulla füüsikalise-keemilisest iseloomust, aastaajast, kliimaatilistest tingimustest, mulla harimisest jne. Kõige ülemine mullakiht sisaldab vähe mikroobe, sest selles nad hukkuvad kergesti päikesekiirte ja kuivamise tõttu. Eriti rohkesti on mikroorganisme mullakihis, mis asub 1 - 20 cm sügavuses. Veel sügavamal jääb nende hulk järjest väiksemaks.

Muld on mikroorganismide peamiseks arengukohaks, kust nad levivad õhku, vette, toiduainetele jne. Mulla kaudu võivad toiduained nakatuda mitmesuguste mikroobidega ja nende spooridega. Need võivad soodsates tingimustes areneda ja kiirendada toiduainete riknemist. Sellepärast on vaja toiduaineid transportida puhtas taaras ja säilitada puhastes ruumides.

Mullas võib leida ka tõvestavaid mikroobe, näiteks teetanuse batsill (kangestuskramptõve tekitaja), siberi katku batsill, botuliinusebatsill jt. Sellepärast peab mullaga kokkupuutel olema vajalikul määral ettevaatlik.

Inimorganismi normaalne mikrofloora.

Suure hulga mikroobidega on inimorganismil ajaloolises arengus kujunenud päris tihedad suhted. Teatavad mikroobid asuvad enamvähem alaliselt või päris pidevalt organismi nahapinnal, nina- ja suupiirkonnas, maos ja soolestikus ning teistel limanahkadel. Seda makroorganismi alalist ja loomulikku mikroobide kompleksi nimetatakse viimasel ajal normaalseks mikroflooraks. Järgnev lühiülevaade inimese normaalse mikrofloora kohta on põhiliselt pärit põhjalikust monograa-

fiast, mille autor L. G. Perets on antud küsimust pika aja kestel süstemaatilisel uurinud (vt. kirj. loetelu).

Inimese loote organism on normaalselt steriilne ega sisalda seega mikroobe. Vastsündinu puutub aga kohe kokku ümbruskonna mikroobidega ja juba esimesel päeval pärast sündi hakkab tal välja kujunema oma alaline normaalne mikrofloora. Umbes ühe kuu vanuselt on organismi seedekanaliil nagu ka igal ülalmainitud kehapiirkonnal oma alaline iseloomulik mikrofloora. Organismi lihaskude, maks, süda, põis ja teised siseorganid, vereringe- ja närvisüsteem, luustik jne., mis moodustavad organismi nn. sisekeskkonna, jäävad aga normaalselt kogu eluajaks mikroobidevabaks, steriilseks. Isegi kopsud on peaaegu steriilsed, mis kindlustatakse õhu efektiivse puhastamisega hingamisteedel. Ainult ebanormaalses tingimustes, nagu vigastuste, toitumise korratuste ja haiguste korral võivad mikroobid sattuda kudedesse, verre ja teistesse kehaosadesse. Heal juhul tehakse need makroorganismi kaitstesüsteemi abil varsti kahjutuks ja mainitud kehaosade steriilsus taastub. Ainult kui organismi kaitstesüsteem on ebasobivate keskkonnategurite tõttu nõrgenenud või kui mikroobide doos on liiga suur, võib organismi enda mikroobide "sissetung" steriilsesse piirkondadesse võtta halvema pöörde. Võivad tekkida mitmesugused mikroobhaigused, nn. autoinfektsioonid - angiin, apenditsiit, hambakaaries (-sööbija) jne. Nende haiguste kaaspõhjuseks on normaalse mikrofloora mikroobid. Lapse imikueast väljajõudmisel muutub normaalse mikrofloora koostis, kusjuures muutused soolestikus on eriti olulised. Need muutused on ilmselt tingitud piimatoidult segatoidule üleminekust. Edaspidisel eluperioodil jääb mikrofloora enamvähem stabiilseks kogu eluajaks.

Kuigi organismi eri osades koosneb mikrofloora paljudest liikidest, moodustavad peamise osa sellest tavaliselt ühte või kahte liiki kuuluvad mikroobid. Näiteks naha peamiseks mikroorganismiks on valge või nn. nahastafülokokk (*Staphylococcus epidermidis*); nende hulk kõigi nahamicroobide hulgas on vähemalt 80 - 90%. Teiste mikroobide hulgas leidub nahal sartsiline, streptokokke jt. Nina- ja suupiirkonna mikrofloora

ra on mitmekülsem ja eri kohtades erineva koostisega, kuid siiski iseloomulik ja omapärane. L. G. Peretsi järgi on ninas normaalse mikrofloora iseloomulikuks esindajaks hemolüütiline mikrokokk ehk "ninamikrokokk". Peale selle leidub ninas enamasti difteroidide¹, stafülokokke (hemolüütilisi ja mittehemolüütilisi), pneumokokke jt. (L. Perets). Mandlite peamisteks mikroobideks on alfa-streptokokid, nende hulgas streptokokk viridans (*Streptococcus viridans*), faringokokk, nn. mandlite diplostreptokokk ja mõned teised.

Koos toiduga satub makku tohutul hulgal mikroorganisme, kuid suurem osa neist hukkub mao soolhappe ja teiste tegurite toimel. Toit, mis liigub edasi piki peensoolt, sisaldab ainult õige vähe mikroobe, eriti ülemistes maoligidastes osades. On andmeid, mille järgi peensoole sisaldise 1 ml-s leidub keskmiselt ainult umbes 5000 mikroobi. Peamiseks mikroobiks peensooles on enterokokk (*Enterococcus*, sün. *Streptococcus faecalis*, *Str. ovalis*).

Jämesooltes (koos pimesoole ja ussjätkega) on mikroobe erakordselt palju. Mikroobide liigiline koostis jämesooles on väga mitmekesine: on leitud üle 240 liigi. Kuid peamise osa mikroobidest moodustavad ainult üksikud liigid. Rinnaga toitmise perioodil on lapse jämesooles nn. bifiidobaktereid (*Bacterium bifidum*) umbes 90 % kogu mikrofloorast. Ülejäänud mikroobid on enterokokid, soolekepike (*Bact. coli commune*) jt. Edasisel segatoitmisel alates umbes seitsmendast elukuust kujunevad inimese jämesoole peamisteks mikroobideks enterokokid ja soolekepikead, moodustades kokku umbes 90 % kõigist mikroobidest.

Normaalne mikrofloora elab inimorganismilt saadava toidu arvel. Kuid mikroobid osutavad ka vastuteeneid. Normaalse mikrofloora esindajad võivad tõvestavatele mikroobidele olla antagonistlikud ja antibiootilise toimega. Soolte mikroobid

¹ Difteroidid on suur mikroorganismide perekond - *Corynebacterium* sünonüüm *Mycobacterium*. Nad on looduses laialt levinud, sarnanevad omadustelt difteeriatekitajatele, kuid enamuse neist pole patogeensed, vaid on kommensaalid.

lõhustavad oma fermentide abil toidus leiduvat tselluloosi, mida sel teel ka makroorganism teataval määral saab kasutada. Ja lõpuks: soolte mikroobid produtseerivad mitmeid vitamiine, nagu K-, B₁- ja B₂ vitamiini, biotiini jt. Neid kasutab mõningal määral ka inimorganism. Seega saab inimene neid vitamiine toidu koostises ja mõningal määral ka soolte mikroobide produktsioonist.

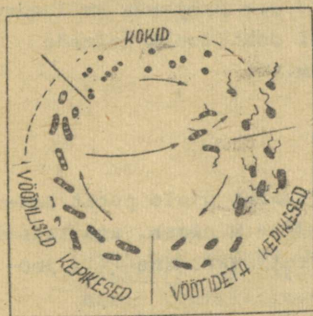
Normaalse mikrofloora kasulikud funktsioonid võivad aga nõrgeneda ja selle mikroobid võivad makroorganismile ka kahjulikuks või koguni tõestavaks kujuneda. See toimub siiski ainult ebanormaalsete keskkonnategurite mõjul, sealhulgas ka ebatervisliku toidu tõttu, mis nõrgendab makroorganisme.

Ainete ringlus (muundumine) looduses.

Kõikjal looduses esineb alaline liikumine. Materია ja energia hulk looduses on püsivad, nagu seda esimesena tõestas M. V. Lomonossov; toimub ainult eri vormi materია ja energia lakkamatu muundumine¹ teistesse vormidesse.

Loomade ja taimede kõrval on mikroobid väga tähtsaks lüliks ainete ja energia muundumise protsessides looduses.

Mõningal määral on teatavad mikroorganismid omapäraste fermentide olemasolu tõttu või melised lõhustama teatavaid keemiliselt väga püsivaid aineid, näiteks tselluloosi. Kõrgemate loomade enda seedemahla fermentidele on see aine vastupidav, kuid on siiski olulisel määral seeditav tänu seedekanali mikroobide fermentide



Joon. 7. Mügarbakterid (Bact. radicum ehk Rhizobium). Arengutsükli skeem.

¹ Radioaktiivsete ja teiste aatomituuma protsesside puhul tuleb ka materiat vaadelda kui üht energia vormi.

osavõtule sellest protsessist.

Erilist huvi pakuvad mikroorganismid lämmastiku ja süsiniku muundumise protsessides, sest need kuuluvad oluliste elementidena valkude koostisse; süsivesikute, rasvade ja kõigi orgaaniliste ainete koostisse kuulub süsinik. Mikroorganismid võtavad osa ka väävli, raua ja teiste elementide muundumistest looduses. Mikroorganismide osatähtsus üldises ainete ringkäigus looduses on väga suur. Teatavate mikroobide osavõtul lagundatakse surnud taimed ja nende osad kui ka inimese ja loomade laibad ning väljaheited lihtsateks anorgaanilisteks ühenditeks. Mõned mikroorganismid on võimelised päikese energia abil anorgaanilistest ainetest orgaanilisi aineid sünteesima, kuid see protsess on looduses siiski põhiliselt taimede ülesandeks.



Joon. 8. Lupiini juur
mügarikkudega.

Lämmastiku ringlus.

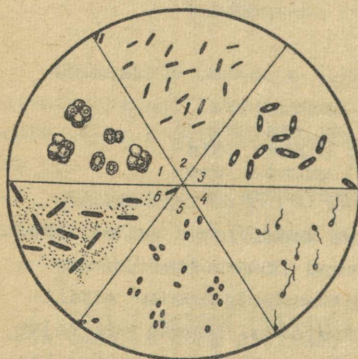
Lämmastiku muunduse tsüklisse kuulub ühelt poolt keemiliste orgaaniliste lämmastikuühendite süntees, aga teiselt poolt nende ainete lagunemine, mineraliseerimine (vt. joonis 9).

Atmosfääris on palju keemiliselt vaba lämmastikku (N_2), kuid ei taimed ega loomad ei ole võimelised seda omastama.¹

¹ See seisukoht ei ole nähtavasti täpne; prof. M. I. Volski katsed näitavad, et näiteks kanamunas arenev loode omastab üsna olulisel määral vaba lämmastikku.

utamisel lõhustatakse selles leiduvad valgud seedimisel lihtsateks valgu koostisosadeks (amiinohapeteks). Alles nendest sünteesib looma (või inimese) organism oma keha valgud. Üleliigsed (ja vananenud) valgud kasutatakse looma organismis energeetilise materjalina ja nende lämmastik eraldub organismist lihtsate ainete näol uriini koostises. Imetajatel ja kahepaiksetel loomadel on lämmastiku ainevahetuse peamiseks lõpp-produktiks karbamiid ehk kusiaine - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, lindudel ja roomajatel - kusihape, aga mereloomadel ja kaladel - trimetüülamiinoksüüd ja ammoniaak (E. Bolduin). Maakera loomariik produtseerib tohutul hulgal karbamiidi ja mainitud teisi ainevahetuse lõpp-produkte. Neid (peale ammoniaagi) ei omasta oluliselt ei loomade ega nähtavasti ka taimede organismid. Nende ümbertötamine lihtsamateks või taimedele (ja ka loomadele) vastuvõetavateks ühenditeks teostub vastavate mikroobide elutegevuse tagajärjel. Nii tekivad näiteks karbamiidist ammoniaak ja sellest edasi nitraadid. Viimaseid ühendeid, eriti nitraate, omastavad taimed hästi. Ka mõne liigi mikroobid (pärmid, roheline vetikas klorella jt.) omastavad lihtsaid lämmastikuühendeid ja kasutavad neid nagu taimedki valkude produtseerimiseks.

Taimse, loomse või ka mikroobse päritoluga valgud ja teised keerulised lämmastikuühendid muundatakse lihtsateks anorgaanilisteks aineteks loomade ja eriti mikroorganismide elutegevuse tagajärjel. (Vt. joonis 10).



Joon. 10. Iseloomulikke mikroobe lämmastiku ringkäigus: 1 - *Sarcina ureae*, 2 - *Proteus vulgaris*, 3 - *B. megatherium*, 4 - *Nitrosomonas*, 5 - *Nitrobacter*, 6 - *B. putrificus*.

Roiskumine. Valgurohked ained, nagu liha, kala, toor-
nahk, munad, veri jne. kalduvad kergesti mädanemisele ehk
roiskumisele. See protsess pakub suurt huvi mitte ainult
lämmastiku ringkäigu seisukohalt looduses, vaid ka valguroh-
kete toiduainete riknemise ja säilitamise seisukohalt.

Tavaliselt mõistetakse mädanemise ehk roiskumise all vä-
liselt üksteisele sarnanevaid protsesse, mis tingivad näiteks
liha, kala, aedviljade riknemist, taimsete jäänuste lõhustu-
mist jne. Mikrobioloogias aga nimetatakse roiskumiseks valku-
de ja nendele sarnanevate ainete lõhustumist roisumikroobide
toimel. Roiskumisel eraldub pahalõhnalisi aineid, nagu ammo-
niaaki, väävelvesinikku, skatooli, merkaptani jt.

Roiskumisprotsessid võivad kulgeda õhuhapniku külluse
puhul (aeroobselt) ainete pinnal ja ka vaba hapniku nappuse
korral (anaeroobselt) ainete sügavamates kihtides.

Roisumikroobid, nagu loomsed organismidki, kasutavad
valke ehitusliku materjalina oma keha ehitamiseks kui ka
energeetilise materjalina energia saamiseks. Esimesel juhul
lõhustuvad valgud mikroobide fermentide toimel kuni amino-
hapeteni, teisel juhul oleneb valkude lõhustumise aste vaba
hapniku kontsentratsioonist keskkonnas. Aeroobsetes tingimus-
tes toimub valkude järkjärguline oksüdeerimine kuni anorgaa-
niliste ainete (ammoniaagi, süsihappegaasi ja vee) tekkimi-
seni. Anaeroobsetes tingimustes oksüdeeruvad valgud ainult
osaliselt ja kuhjub mõningaid ainevahetuse vahepealseid pro-
dukte (metaboliite) ning nendest tekkivaid aineid. Mõned
nendest ainetest on paha lõhnaga (skatool jt.) või koguni
mürgised (putrestsiin, kadaveriin jt.).

Roiskumist võivad esile kutsuda paljudesse liikidesse
kuuluvad mikroorganismid. Nende hulgas on spoorilisi ja mit-
tespoorilisi, liikuvaid ja mitteliikuvaid, aeroobseid ja
anaeroobseid mikroobe.

Aeroobset keskkonda eelistavatest mikroorganismidest
tingivad roiskumist eeskätt järgmised mikroobid.

Proteus vulgaris - spore mittemoodustav energiliselt
liikuv kepike, mis keskkonnatingimuste muutuste tagajärjel

võib muuta oma kuju ja suurust. Proteus areneb enamasti toiduainete pinnal, kus õhu hapnikku on külluses. Valkude kasutamisel proteuse poolt tekivad muuseas ammoniaak (NH_3) ja väävelvesinik (H_2S); mõnikord tekib ka toksiine - erilisi mürgiseid aineid, mis võivad toitemürgistusi esile kutsuda.

Heinabatsill (*Bacillus subtilis*) ja kartulibatsill (*Bacillus mesentericus*) on liikuvad, spoores moodustavad kepikujulised bakterid. Nende spoorid taluvad võrdlemisi kõrget temperatuuri. Heinabakteri looduses laialt levinud taluline saprofüüt, lagundab orgaanilist ainet ja võib esile kutsuda toiduainete riknemist. Tema mõjul eraldub valkude lõhustamisel rohkesti ammoniaaki. Kartulikepikete võib tingida mitte ainult valgurohkete ainet, nagu liha ja kala roiskumist, vaid ka nisuleiva riknemist. Kartulikepikese arenedes sepikus muutuvad selle tähtsaks ja valgud kleepuvaks, niitideks venitatavaks massiks, mille lõhn on ebameeldiv. Säärast leiba ei kasutata toiduks, kuigi ta pole mürgine. Leiva riknemist kartulikepikese arengu tõttu nimetatakse leiva kartulahaiguseks ehk venivushaiguseks.

Anaeroobsete bakterite hulgas on üheks aktiivseks roiskumise tekitajaks spoores moodustav kepikete *Bac. putrificus* (sün. *Clostridium putrificum*). Selle mõjul eraldub valkude lagundamisel palju gaase (NH_3 , H_2S).

Peale bakterite võtavad valkude lagundamisest osa, eriti mullas, mitmesugused hallitusseened.

Roiskumine võib seega toimuda mitmesuguste mikroorganismide osavõtul. Nende liigiline koostis oleneb valkude loomusest ja keskkonnast.

Roiskumise majanduslik tähtsus seisneb selles, et valkude mineraliseerimise teel valmistavad mikroorganismid toitu taimedele ja on seega inimese nägematuks abiliseks põllumajanduses. Kuid samade mikroorganismide elutegevuse tagajärjel võivad rikneda mitmed väärtuslikud kaubad, nagu liha, kala, munad, toornahad jne.

Roiskumikroobe leidub kõikjal. Sellepärast võivad lah-tiselt hoitavad valgurohked kaubad üsna kiiresti rikneda,

sest tavaliselt on nendes kaupades rohkesti vett ja toiduaineid mikroobide arenguks.

Tervete loomade lihased ei sisalda tavaliselt mikroorganisme. Nad satuvad lihasse alles looma surmamisel, nülgimisel, lihakeha tükeldamisel, transpordil ja lahtiselt hoidmisel.

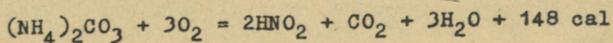
Lihale sattuvate mikroorganismide areng oleneb mitmetest keskkonnateguritest. Soe ja niiske õhk ja mahajahutamata tükide paigutamine üksteisele tingivad mikroobide kiire paljunemise ja liha riknemise.

Tervete kalade lihased ei sisalda samuti harilikult mikroorganisme. Kuid püütud värske kala säilitamisel võib roiskumine tekkida hoopis kiiremini kui liha puhul, sest kala säilitatakse enamasti tervikuna. Soolestiku sisu, kalapinda kattev lima ja lõpused on mikroorganismide allikaks, kust need levivad lihaskudedesse ja tingivad kala roiskumise.

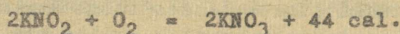
Lihal ja kalal võib ülalmainitute kõrval esineda ka tövestavaid baktereid. Eriti ohtlikuks võib osutada paratüüfusse bakteritega nakatatud liha. Ka botuliinuse batsilli toksine sisaldav liha on ohtlik.

Nitrifikatsioon. Teatavate mikroobide ja loomsete organismide poolt lagundatakse valgud kuni ammoniaagini. Edasiseks etapiks lämmastiku looduslikus ringkäigus on tekkivate ammooniumsoolade oksüdeerimine, mille tagajärjel vahepealsete ühendite kaudu tekib lämmastikhape. Selle toimel tekivad leelistele ainetele nitraadid. Seda protsessi nimetatakse nitrifitseerimiseks ja esilekutsuvaid mikroobe nitrifitseerivateks bakteriteks.

Nitrifikatsiooniprotsess avastati 1877.a., kuid alles sajandi lõpul õnnestus vene mikrobioloogil S. N. Vinogratskil selgitada protsessi olemus ja eraldada vastavaid mikroobe. Nitrifikatsioon toimub kahe bakterite rühma elutegevuse tulemusena ja kulgeb kahes faasis. Esimeses faasis hapendavad nitritibakterid (*Nitrosomonas europaea* jt.) ammooniumsooli nitrititeks; seda protsessi võib iseloomustada järgmise summaarse võrrandiga:



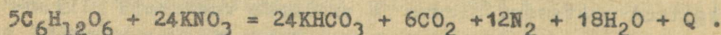
Teises faasis oksüdeerivad nitriteid edasi nitraadibakterid (Bact. nitrobacter jt.), mille tagajärjel tekivad nitraadid, näiteks:



Nitrifitseerijad bakterid on aeroobid ja tüüpilised autotroofsed mikroobid. Ammooniumi- ja lämmastikushappe soolade oksüdeerimisprotsessid on nendele energiaallikaks. Selle energia arvel sünteesivad nad anorgaanilistest ainetest orgaanilisi aineid (kemosüntees), analoogiliselt taimedega, mille rohelistes lehtedes päikese kiirgava energia abil toimub orgaanilise aine süntees (fotosüntees).

Nitrifitseerivaid baktereid leidub looduses laialt, eeskätt mullas ja ka veekogudes. Nitrifitseerimisprotsess on suure tähtsusega taimekasvule ja saagikusele põllumajanduses, sest selle tagajärjel tekkivad nitraadid on parimaks lämmastikuallikaks taimedele.

Denitrifikatsioon. Selle terminiga tähistatakse üldiselt igasuguseid nitraatide taandamise protsesse, mille tagajärjel tekivad mitmesuguse taandusastmega lämmastikuühendid, nagu nitritid, lämmastikhapend (NO), - alahapend (N₂O), vaba lämmastik, ammoniaak ja orgaanilisi lämmastikuühendeid. Denitrifikatsiooniks kitsamas mõttes peetakse ainult neid nitraatide taandamise protsesse, mille tagajärjel tekib vaba lämmastik. Denitrifikatsioon on endotermiline protsess; selleks vajalik energia vabaneb orgaaniliste ainete (suhkrute, orgaaniliste hapete jne.) oksüdeerimisel nitraatide hapniku arvel. Denitrifikatsiooniprotsessi üht varianti võib iseloomustada järgmise summaarse võrrandiga:



Võrrandist on näha, et antud juhul oksüdeerub glükoos mitte õhu hapniku, vaid nitraatide hapniku arvel. Sääraste anaeroobsete protsesside eri etapid toimuvad denitrifitseerivate bakterite fermentide abil; nendel protsessidel vabaneva energia (Q) arvel toimubki kõne all olevate bakterite elutegevus.

Niisugune omapärane nitraatide hapniku arvel toimuv "hingamisprotsess" võimaldab vastavatel bakteritel vajalikku energiat saada ja areneda võrdlemisi anaeroobsetes tingimustes, nagu veekogude põhjas ja märjas ning seisunud mullas. Nitraatide taandamine teatavate bakterite elutegevuse tagajärjel toimub nähtavasti järgukaupa; esialgu tekivad nitritid, siis lämmastikalahapend (N_2O) ja lõpuks vaba lämmastik (N_2).

Denitrifitseerivaid baktereid leidub rohkesti mullas, sõnnikus ja väiksemal hulgal jõgede, järvede ja merede vees. Tüüpilisemad denitrifitseerivad bakterid on liikuvad mitte-spoorilised kepikesed, näiteks *Bacterium fluorescens*, *B. denitrificans* jt.

Denitrifikatsioon mullas kui seotud lämmastiku hulka vähendav protsess on ebasoovitav. Mulla halb aeratsioon, suur niiskus, lahustuvate orgaaniliste ainete rohkus ja leeline reaktsioon soodustavad denitrifitseerivate bakterite arengut mullas. Mulla kobestamine muudab tingimused mullas nendele bakteritele ebasoodsaks. Sellepärast ei tekita denitrifikatsioon kultuurimuldades suurt kahju.

Võime nitraate ainult nitrititeks taandada on ka paljudel teistel bakteritel ja samuti seentel. Denitrifikatsiooni kuni nitrititeni kasutatakse näiteks liha soolamisel. Valmis produktsiooni (soolaliha, vorstide) roosa värvuse säilitamiseks otstarbel lisatakse sellele kas nitraate või nitriteid. Soolamisel nitraatide kasutamisel taandatakse need soolvees bakterite poolt. Roosakas värvus tagatakse liha värvainete ja nitriti koosmõjuga.

Õhu lämmastiku sidumine. Looduslikus lämmastiku ringkäigus on üheks tähtsaks lõiguks vaba lämmastiku muundumine seotud lämmastikuks ehk lämmastiku ühenditeks. Sel teel kompenseeritakse need seotud lämmastiku "kaod", mis tekivad denitrifitseerivate bakterite tolmel ja põlemisel (mille tagajärjel keemiliste ühendite lämmastik samuti vabaneb elementaarseks lämmastikuks).

Looduslikult toimub vaba lämmastiku sidumine kahel teel,

nimelt ühineb äikese mõjul õhu lämmastik hapnikuga ja teiseks on mitmed bakterid võimalised siduma vaba lämmastikku ning kasutama seda oma valkude produtseerimiseks.

Lämmastiku sidumise võimet omavatest bakteritest elab osa vabalt mullas, kuna teised elavad sümbioosis mitmesuguste liblikõieliste taimedega, asudes nende juurtel mügaratena.

Peamisteks vabalt elavateks lämmastikku siduvateks bakteriteks on azotobakterid (*Azotob. chroococcum*, *Azotob. agilis*, *Azotob. vinelandii* jt.) ja mõned vähihappebakterid (*Clostridium Pasteurianum*). Mõned teised mullabakterid (*Azotomonas insolita*), samuti ka seened ja vetikad võivad siduda lämmastikku, kuigi nähtavasti ainult vähesel määral.¹

Taimedega sümbioosis elavatest bakteritest asuvad tähtsamad mitmesuguste liblikõieliste juurtel ja neid nimetatakse mügarbakteriteks (*Bact. radiciola* ehk *Rhizobium*). Peale liblikõieliste on leitud lämmastikku siduvaid baktereid sümbioosis ka mõnede teiste taimedega, näiteks lepaga, mille juurtel võivad ka baktereid sisaldavad mügarad asuda.

Lämmastikku siduvad mikroobid rikastavad seotud lämmastikuga mulda, kusjuures taimedega sümbioosis olevate mikroobide poolt seotavat lämmastikku võivad peremeestaimed osalt kohe kasutada enda vajadusteks.

Saagikuse tõstmise huvides püütakse luua lämmastikku siduvate mikroobide arenguks mullas häid tingimusi. Nende kultuure kasutatakse mulla "nakatamiseks" (inokuleerimiseks), et kindlustada aktiivsete lämmastiku sidujate olemasolu muldas. Nn. bakteriväetistena kasutatakse näiteks nitragiini ja azotobakteriini.

Süsiniku ringlus looduses.

Süsinik on väga tähtis element elusas ja elutus looduses. Biosfääris produtseeritakse sadu tuhandeid süsinikku sisaldavaid ühendeid. Atmosfääri süsihappegaas assimileeri-

¹ Vt. märkus lk. 74.

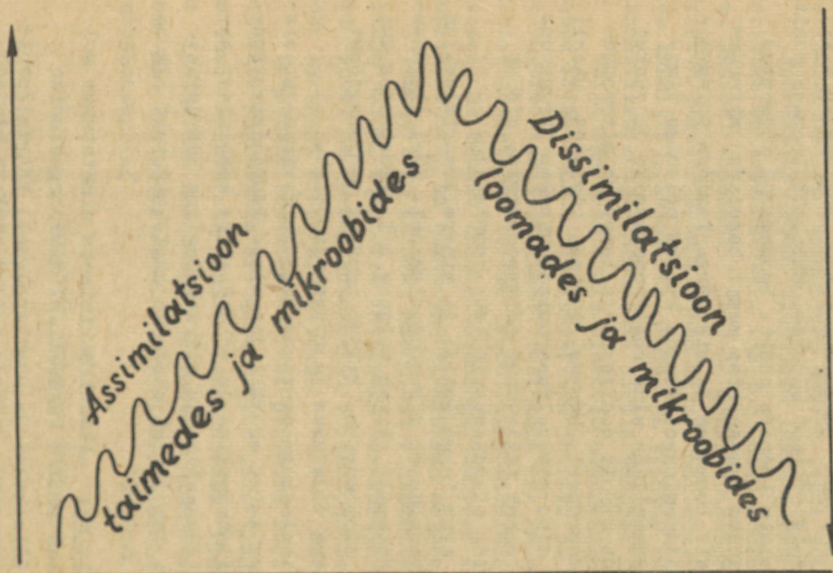
takse fotosünteesiprotsessis taime rohelistes lehtedes (ja mõnedes mikroorganismides) ja lülitub mitmesuguste tekkivate orgaaniliste ainete koostisse. Taimsed organismid ja eriti madalamad mikroorganismid mere fütoplanktonis (taimhõljumis) produtseerivad aastas niisuguse orgaanilise aine hulga, mis sisaldab umbes $1,5 \cdot 10^{11}$ tonni süsinikku. See vastab $1,4 \cdot 10^{21}$ cal energiale. Taimed süüakse osaliselt loomade poolt ja osa loomi - teiste loomade poolt. Loomade (ja inimeste) poolt mittekasutatava orgaanilise massi kasutavad mikroorganismid. Peamiselt loomades ja mikroorganismides toimuvate hingamis- ning mädanemisprotsesside kui ka põlemise tagajärjel muundub orgaaniline aine süsihappegaasiks ja veeks; osa ainet lõhustub ainult osaliselt ja ladestub mitmesugusel kujul, nagu sapropeel, huumus, turvas, kivisöed, maaõli jne. Orgaanilise aine mineraliseerumisel vabaneb järgukaupa kogu orgaanilise massi talletunud päikeseenergia, mis on aluseks organismide elutegevusele (vt. joonis 11).

Orgaanilise aine lagundamisel ja mineraliseerimisel on suur tähtsus mitmesugustel mikroorganismidel. Süsiniku ühendite mündumisprotsessid võivad toimuda nii aeroobsetes kui ka anaeroobsetes tingimustes. Paljud nendest protsessidest on suure tähtsusega tööstuses ja rahvamajanduses.

Anaeroobse iseloomuga protsessidest on levinud ja leivad tööstuses kasutamist eeskätt järgmised käärimisprotsessid: alkohol-, piimhappeline ja võihappeline käärimine; aeroobsetest - äädikhappeline ja sidrunhappeline käärimine. Nende protsesside tagajärjel saadakse süsivesikutest alkoholi või vastavaid happeid.

Alkoholkäärimine. Alkoholkäärimiseks nimetatakse sellist protsessi, kus suhkrul kasutamisel mikroorganismide poolt tekivad etüülalkohol ja süsihappegaas. Käärimisprotsesse toimub looduses rohkesti ja inimene hakkas neid enda huvides laialt kasutama juba muistsetel aegadel, näiteks kalja, taari ja selliste jookide valmistamiseks ning leivataigna kergitamiseks. Alles 17. sajandi keskel jõudsid teadlased (Van Helmont jt.) otsusele, et käärimise kutsuvad

Energia-
sisalduse
suurenemi-
ne ainetes



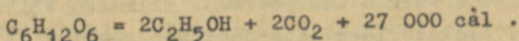
Energia-
sisalduse
vähenemine
ainetes

$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ jt. anorg. ained	Orgaanilised happed jt. org. ained	Rasvad, sü- sivesikud, valgud	Orgaanilised happed jt. org. ained	$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ jt. anorg. ained
--	--	-------------------------------------	--	--

Joon. 11. Energia järkjärguline talletumine orgaanilise aine tekkel (assimilatsioonil, fotosünteesil) ja vabanemine orgaanilise aine lõhustumisel (dissimilatsioonil, käärimisel ja hingamisel).

esile erilised "tekitajad". Käärimisprotsesside seos mikroorganismidega leidis hiljem järjest enam tõendeid. Kuid alles 18. saj. lõpul õnnestus vene teadlasel M. M. Manasseinal (1871. a. ja 1872. a.) ja saksa keemik E. Buchneril (1897. a.) tõestada, et käärimise kutsuvad esile orgaanilised katalüsaatorid - ferendid, mida produtseerivad pärmirakud. Seda fermentide kompleksi nimetatakse tsümaasiks.

Alkoholkäärimise korral võib suhkru (glükoosi) lõhustumist iseloomustada järgmise summaarse keemilise võrrandiga:



Peamiste käärimisel tekkivate produktide, alkoholi ja süsihappegaasi kõrval tekib vähesel määral veel mõningaid teisi aineid, nagu glütseriin, äädikhape, äädikhappealdehüüd ja nn. puskarõli. Puskarõli koosneb peamiselt butüül- ja amüülalkoholist. Need tekivad mitte süsivesikutest, vaid valkude koostisosadest (amiinohapetest), mida pärmid kasutavad lämmastikuallikana.

Käärimisprotsessil lõhustuvad vahenditult ainult lihtsuhkrud, monosahhariidid, näiteks glükoos ja fruktoos. Disahhariidid ja polüsahhariidid võivad käärida ainult peale nende hüdrolüüsi monosahhariidideks. Disahhariidide hüdrolüüsiks vajalikke fermente on eri liiki pärmides ainult teatavate suhkrute hüdrolüüsiks. Sellepärast on arusaadav, et teatava liigi pärmid on võimelised käärima ainult teatavat suhkrut. Kõige sagedamini esineb pärmides tavalise suhkru (sahharoosi) ja maltoosi hüdrolüüsiks vajalikke fermente - sahharoosi ja maltaasi.

Tärglise suhkurdamiseks vajalikku fermenti diastaasi (amülaasi) pärmid ei sisalda. Sellepärast peab neis piiritusevabrikuis, kus lähteaineks on tärgliserohked ained (kartul, teravili), tärglise enne käärimisprotsessi suhkruks hüdrolüüsima. Seda võib teha kas linnastega, mis sisaldavad diastaasi, mineraalhapetega või ferment-preparaadiga, mida võib saada hallituseentest, nagu *Aspergillus oryzae*.

Käärimisprotsessi kestel suureneb lahuses alkoholi kontsentratsioon. Selle tõttu pidurdub pärmide areng; see avaldub eri liiki pärmide puhul eri ulatuses. Enamuse pärmide puhul katkeb käärimine, kui alkoholi kontsentratsioon tõuseb 12-16%, ainult mõne kunstlikult aretatud rassi pärmid võivad oma fermentidega produtseerida alkoholi 18-20 % kontsentratsioonini. Pärmirakkude paljunemine katkeb hoopis varem, M. Wittlichi järgi umbes 5 %-lise alkoholi kontsentratsiooni juures.

Mõne liigi organismid, mis on pärmidele päris sarnased, ei tekita alkoholkäärimist, nagu mõned pärmid (Torula) ja silindrilised vormid (Mükoderma). Viimased võivad kasutada alkoholi, oksüdeerides seda süsihappegaasiks ja veeks. Arenedes veinis ja õlles, alandab mükoderma alkoholisisaldust jookides ja tekitab ebameeldiva maitse.

Alkoholkäärimist võivad tekitada peale pärmide ka mõned hallitusseened, näiteks nutthallitus (Mucor). Nende käärimise võime on aga nõrk ja alkoholisisaldus ei tõuse üle 6-7 %.

Käärimise intensiivsus oleneb mitmest keskkonnategurist, näiteks suhkru kontsentratsioonist, temperatuurist, keskkonna reaktsioonist (pH) ja aeratsioonist (õhuga varustamisest). Soodsam suhkru kontsentratsioon on enamasti 15 %, kuid mõned pärmid tekitavad käärimist isegi 60 - 70 %-listes suhkrulahustes. Need võivad keediste, džemmide ja teiste niisuguste saaduste riknemist esile kutsuda.

Soodne temperatuur käärimiseks on umbes +30° C, käärimine peatub peaaegu täiesti +50° C juures, aga +60 - +70° temperatuuril hukuvad pärmid.

Happeline reaktsioon on soodus alkoholkäärimisele. Leelises keskkonnas muutub käärimise iseloom, alkoholi kõrval tekib rohkem ka glütseriini ja äädikhapet.

Aeratsioon soodustab pärmide arengut ja paljunemist ning aeroobset hingamist. Sel juhul oksüdeerub suhkur jär-
gukaupa lõpuni, s. o. kuni süsihappegaasi ja vee tekkimise-
ni. Pärmil tootmisel tööstuses õhustataksegi sellepärast pär-
mide sõõdet. Selle tagajärjel on pärmil saagis maksimaalne,

aga alkoholi tekib väga vähe või peaaegu ei tekigi. Viinavabrikutes, vastupidi, ei õhustata, mille tõttu pärmide keskond on anaeroobne: see on soodus alkoholi tekkele, s. o. alkoholkäärimisele.

Rahvamajanduses kasutatakse alkoholkäärimist väga laialdaselt ja mitmesuguselt. See protsess on aluseks piirituse, veini ja õlle tootmise tehnoloogiale ning seda kasutatakse ka salataigna kergitamiseks. Eri otstarveteks kasutatakse selleks sobivaid pärme. Näiteks õlle valmistamiseks kasutatakse pärme, mis annavad õllele teatava omapärase maitse ja sadestuvad kergesti põhja, et tekiks selge jook; piiritustõõstuse pärmid peavad suhkru kiiresti ja täielikult käärima ja hästi taluma alkoholi.

Pärme liigitatakse kultuur- ja metsikuteks pärmideks. Kultuurpärmid on saadud pikaajalise sihikindla aretamise teel mingite produktide tootmisel. Tänapäeval kasutatakse paljudesse eri rassistesse kuuluvaid pärme, mis kõik on teataval määral omapäraste omadustega. Enamus neid pärme kuulub kahte järgmisse liiki:

1) *Saccharomyces cerevisiae*, mis on ovaalse vormiga. Sellesse liiki kuuluvad pagari-, viina- ja õllepärmide mitmesugused rassid;

2) *Saccharomyces ellipsoideus*'ed, mis on ellipsikujulised. Sellesse liiki kuuluvad mitmesugused veinipärmid.

Pärmide rassid on süstemaatikas analoogilised kultuurtaimede sortidele. Veinipärmide eri rassidele vastavad teatavad veinisordid.

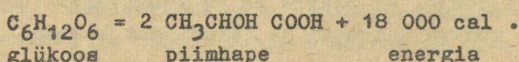
Pärmidele sarnanevaid organisme, torulapärme (*Torula*, *Torulopsis*, ebapärme) toodetakse ja kasutatakse viimasel ajal söödalisanditena.

Metsikuid pärme leidub õhus, puuviljade ja marjade välispinnal. Sellepärast hakkavad steriliseerimata aedviljade mahlad iseenesest käärima. Metsikute pärmide käärimisvõime ei ole suur. Nad võivad koguni tingida alkoholsete jookide riknemist, kui nende arengul tekib ebameeldiva maitse ja lõhnaga aineid.

Alkoholkäärimist kasutatakse ka koos piimhappelise käärimisega, näiteks kumõssi ja kefiiri tootmisel ning hapendatud aedviljade valmistamisel. Tekkiv alkohol on tähtis nende saaduste maitse ja aroomi kujundamisel.

Alkoholkäärimine võib mõnel juhul olla ka ebasoovitav, näiteks värskeste puuviljade, marjade ja keediate riknemisel võib see olla üheks teguriks.

Piimhappeline käärimine. Selle terminiga tähistatakse suhkru muundumist piimhappeks. Summaarselt võib seda protsessi iseloomustada järgmise keemilise võrrandiga:



Piimhappeline käärimine tekib piimhappebakterite fermentide mõjul. Nende mõjul tekib vähesel määral ka mõningaid kõrvalprodukte, näiteks äädikhapet, propionhapet ja süsihappegaasi. Liitsuhkrud peavad piimhappelise (nagu alkoholi) käärimise puhul vahenditult enne käärimist hüdrolüüsuma monosahhariidideks. Vastavaid hüdrolüütilisi fermente produtseerivad paljud piimhappebakterid ise ja võivad seetõttu käärida disahhariide.

Piimhappebakterid on kas pulga- või kerakujulised; nad ei moodusta spore ja hävivad kuumutamisel $+65 - +70^{\circ} \text{C}$ temperatuuris üsna kiiresti. Enamuse piimhappebakterite arengu optimaalseks temperatuuriks on umbes $+30 - +35^{\circ} \text{C}$, kuid mõned arenevad paremini $+40$ ja isegi $+50^{\circ} \text{C}$ temperatuuris. Kuivatatud olekus püsivad piimhappebakterid kaua aega eluvõimelistena.

Piimhappebakterid on fakultatiivsed anaeroobid, s. o. nad võivad areneda nii hapniku külluses kui ka nappuses, kuigi mõned nendest arenevad hapniku puudusel paremini. Käärimisel vabanevat energiat kasutavad bakterid oma elutegevuseks, kuid nähtavasti olulise osa energiast saavad nad hingamisprotsessis nagu pärmidki.

Piimhapet produtseerivad eri liiki piimhappebakterid erineval hulgal. Seda seletatakse sellega, et bakterite

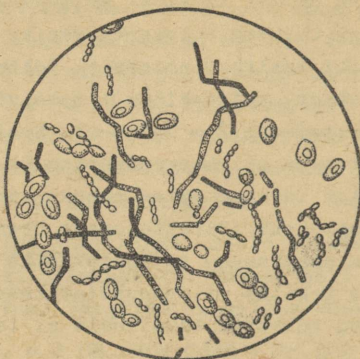
vastupidavus happetele on eri liikidel erisugune. Suuremat happe kontsentratsiooni taluvad bulgaaria kepike (*Lactobacterium bulgaricum*), Delbrüki kepike (*Lactobact. Delbrückii*) ja atsidofiilkepike (*Lactobact. acidophilum*); need võivad tõsta piimhappe kontsentratsiooni 2 - 3,5 %-ni. Tundlikumad happelise keskkonna suhtes on piimhapestreptokokk (*Streptococcus lactis*), mis on kõige levinum piima hapuka mineku põhjustaja, edasi koorestreptokokk (*Streptococcus cremoris*), silobakter (*Lactobacterium plantarum*) ja kapsakepike (*Bact. brassica fermentati*), mis tekitab piimhappelist käärimist aedviljade hapatamisel. Need bakterid tavaliselt ei tekita üle 1 % hapet.

Piimhappebakterid on looduses laialt levinud. Neid leidub mitmesugustel toiduainetel (aedviljadel, piimas, jahus jne.), õhus ja mullas. Peale tüüpiliste piimhappebakterite tuntakse palju teisi, mis samuti võivad suhkrut piimhappeks käärida, kuid selle kõrval produtseerivad rohkesti ka teisi produkte, nagu äädikhapet, etüülalkoholi, vesinikku ja süsihappegaasi. Nende hulgas on teatav praktiline tähtsus mõnedel streptokokkidel (näiteks *Streptococcus citrovorus*), mis on võimalised aromaatseid aineid produtseerima. Nende streptokokkide kasutamisel saadakse hapukoore ja või valmistamisel hea aroomiga toiduaineid.

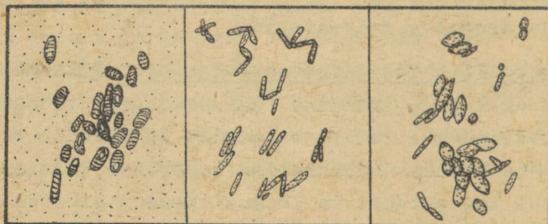
Piimhappelise käärimise rakendamine. Piimhappelisel käärimisel on suur praktiline tähtsus. Kuigi tööstustes kasutatakse tänapäeval laialt bakterite puhaskultuure, mis tekitavad enam-vähem ühesuunalise happelise käärimise, siis selle kõrval kasutatakse ka looduslikkudes ainetes (näiteks tavalises piimas, aedviljades jne.) leiduvaid eri liiki mikroobe ja kunstlikke teatavat liiki mikroobide kultuure, näiteks kefiiri valmistamiseks, mis koosnevad rohkema kui ühe liigi mikroobidest.

Järgnevalt viidatakse tähtsamatele rakendatavatele käärimisprotsessidele ja vastavatele saadustele.

1. Hapupiimasaadused - hapupiim, kefiir, kumõss, hapukoore jne. Hapupiim tekib koduses majapidamises loomuliku



Joon. 12. Pärmid ja pikad piim-
happebakterid kumõssis.



Joon. 13. Võihappebakterid:
1 - Clostridium Pasteurianum,
2 - Clostr. acetobutylicum ja
3 - Clostr. butyricum.

käärimise teel nende mikroobide tõttu, mis satuvad piimasse juba lüpsmisel ja peale lüpsmist. Ebapuhta lüpsmise või pike-
ma transpordi puhul võib piimasse sattuda liiga palju eba-
soovitavaid mikroobe, nagu roisubaktereid ja soolekepikesi.
Nende poolt produtseeritavate ainete tagajärjel võib saadav
hapupiim osutuda ebakvaliteetseks, kibedaks, halvalõhnali-
seks jne. Sellepärast pastöriseeritakse piim tööstustes ha-
pupiimasaaduste hea kvaliteedi kindlustamiseks ja selle jä-
rele nakatatakse teatavat liiki mikroobidega (kultuuriga)
vastava produkti saamiseks. Saadud produkti valmistamisel
tekkivate ainete täpne hulgaline vahekord ja seega ka omadu-
sed (maitse, lõhn, konsistents jne.) olenevad käärimisest
osavõtnud mikroobidest ja käärimise tingimustest.

2. Hapatatud aedviljadena tuntakse hapukapsaid, hapu-
kurke jt. Nende valmistamisel kujunevates tingimustes are-
nevad piimhappebakterid edukalt ja nende poolt produtseeri-
tav piimhape pidurdab roisubakterite arengut ning konservee-
rib seega üsna oluliselt aedvilju.

3. Rukkileivataigna kergitamiseks kasutatav juuretis
kujutab endast pärmsente ja piimhappebakterite kultuuri.
Selle tõttu tekib leivataignas kaks biokeemilist protsessi:
alkohol- ja piimhappeline käärimine. Alkoholkäärimisel eral-
duv süsihappegaas kergitab tainast selle valmimisel, aga
leivaküpsetamisel tõstab veel kuumuses aurutatav alkohol
leiva kohevust. Piimhappelisel käärimisel tekib hape soo-
dustab jahu valkude tursumist, annab leivale hapuka maitse
ja takistab nende mikroobide arengut, mis võiksid riknemist
esile kutsuda, nagu võihappebakterid ja kartulikepikid.

Peale selle põhjeneb piimhappelisel käärimisel veel värs-
kest mahlakast söödast silo valmistamine ja tööstuslik piim-
happe tootmine. Piimhappe tekkimist käärimise teel kasutata-
se ka piiritustööstuses selleks, et käärivas mahlas luua
parajalt happesust, mis on soodus pärmidel, aga ebasoodus
teistele mittesoovitud mikroobidele.

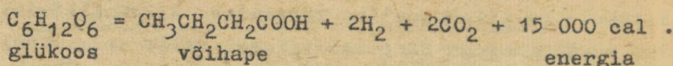
Võihappeline käärimine. See on keeruline ja varieeruv
protsess, mille kulgemisel käärivad liht- ja liitsuhkrud,

pentoosid ja ka kõrgemad alkoholid ja happed, näiteks piim- ja püroviinamarjahape. Selle käärimise tulemusena tekivad võihape ja rida teisi lihtsamaid aineid. Käärimise kulg ja tekkivate ainete vahekord olenevad oluliselt lähteainetest, mikroobidest ja käärimise tingimustest.

Võihappelise käärimise kutsub esile terve rida mikroobe, nn. võihappebakterid (perek. *Glostridium*). Nad võivad spoore moodustada, on liikuvad, silinderjad või pooljad anaeroobsed mikroobid. Optimaalne temperatuur võihappebakterite arenguks on $+30 - +40^{\circ} \text{C}$. Nad ei talu suurt keskkonna happesust, sellepärast ei tõuse võihappelisel käärimisel võihappe kontsentratsioon tavaliselt üle 1 %.

Võihappebakterid produtseerivad mitmesuguseid hüdroolüütilisi fermente, mis on võimelised hüdroolüüsima isegi nii püsivaid polüsahhariide nagu tselluloos ja pektiinained. Nende polüsahhariidide säärast ettevalmistust käärimisprotsessiks ja seega ka süsiniku ringkäiguks looduses ei ole võimelised tagama paljud teised mikroobid, kellel puuduvad vastavad fermenteerimendid.

Lihtsuhkrute võihappelist käärimist võib summaarselt teataval määral iseloomustada järgmise võrrandiga:



Vahepealsete etappidena võib märkida, et suhkrust tekib teatavate astmete kaudu äädikhappealdehüüd (atsetetaldehüüd, CH_3CHO). See hapendub osalt äädikhappeks (CH_3COOH), aga osalt kondenseerub atsetaldooliks - $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{CHO}$. Viimane muundub sisemolekulaarse hapendus-taandusreaktsiooni (red-oks-reaktsiooni) kaudu võihappeks - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$. Teiste ühendite tekkimine on seletatav erinevate keemiliste protsesside abil. Peale ülaltoodud võrrandis märgitud käärimissaaduste tekib võihappelisel käärimisel vähesel hulgal veel mõningaid aineid, nagu äädikhapet jt.

Tselluloosi ja pektiinainete käärimisel vastavat liiki võihappebakterite abil tekib tavaliste võihappelise käärimise saaduste kõrval ka metaani (CH_4). Säärast võihappelist kääri-

mist nimetatakse ka metaaneks käärimiseks erinevalt varem kirjeldatud protsessist, mida nimetatakse vesinik-käärimiseks (vt. keemilist võrrandit).

Võihappelisele käärimisele ligidane protsess on nn. but nool-atsetoonkäärimine, mida tekitab anaeroobne bakter *Clostridium acetobutylicum*. Peamisteks käärimise saadusteks sel juhul on: n-butüülalkohol, atsetoon, etüülalkohol, süsihappegaas ja vesinik. Seda protsessi kasutatakse tööstuslikult butüülalkoholi ja atsetooni saamiseks.

Võihappelist käärimist kasutatakse tööstuslikult võihappe saamiseks, mida rahvamajanduses teataval määral kasutatakse. Toodetakse näiteks võihappeestrid, mis on aroomaineteks kondiitri- ja parfümeeriatööstustes.

Võihappebakterid on looduses laialt levinud, neid leidub mullas, toiduainetes ja nende pinnal jne. Nad võtavad osa ainete lagundamise protsessist looduslikus ainete ringkäigus.

Toiduainete säilitamisel on võihappeline käärimine ebasoovitav nähtus, sest võihape annab toiduainetele kibeda maitse ja ebameeldiva lõhna. Võihappebakterite arengu tõttu võivad rikneda toiduained, näiteks piim (eriti pastöriseeritud piim) ja hapendatud aedviljad. Võihappelise käärimise tagajärjel esineb vahel konservikarpide põhjade väljapaisumine. Seda tingib käärimisel tekkivate gaaside surve. Võihappebakterite olemasolu konservides võib seletada sellega, et nende spoorid on kaunis kuumusekindlad, taluvad minutitepikkust keetmist ja hukuvad kindlasti ainult küllalt kestval kuumutamisel steriliseerides.

Tselluloosi kääritamine mikroorganismide poolt on suure tähtsusega üldises ainete ringkäigus looduses. Taimsete rakkude kestad koosnevad peamiselt tselluloosist. Tselluloosi lõhustumine looduses toimub mitte ainult anaeroobsetes tingimustes võihappebakterite poolt, vaid ka aeroobsetes tingimustes paljude teiste mikroobide ja seente poolt. Tselluloosi käärimine toimub näiteks veekogude põhjas, jämesooles ja sõnnikus ning üldse tingimustes, kus vaba hapnikku on napilt. Kunstlikult võib tselluloosi käärimist teostada mitmesuguste

heitproduktide kasutamise otstarbel ja nendest põlevgaaside (metaani ja vesiniku) ja teiste produktide (hapete ja alkoholi) saamiseks.

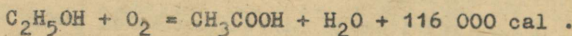
Tehniliselt tähtsaks protsessiks on pektiinainete käärimine. See protsess on aluseks tekstiilkiudainete - lina, kanepi, ramjee jt. saamisele vastavate taimede vartest. Peaaegu ainult tselluloosist koosnev kiuline materjal on nendes toorainetes seotud teiste ainetega, peamiselt pektiinainetega. Kiulise aine kättesaamise kergendamiseks lõhustatakse pektiinaineid hüdrolüüsi ja käärimisprotsesside abil. Selleks 1) leotatakse toorainet teatavates tingimustes tiikides, teistes veekogudes või tehaste basseinides või 2) laotatakse mõneks nädalaks põllule kaste ja üldse ilmastiku mõju alla.

Esimesel juhul, s. o. vesileotuse korral lõhustuvad pektiinained mitmesuguste anaeroobsete bakterite toimel. Neid nimetatakse üldiselt "pektiinikääritajateks", paljud nendest tekitavad pektiinainete vähihappelise käärimise.

Teisel juhul, s. o. kasteleotuse korral toimub pektiinainete lõhustumine mitmete aeroobsete bakterite ja hallitusseente elutegevuse tagajärjel.

Oksüdatiivsed käärimisprotsessid. Need protsessid toimuvad vaba hapniku külluse korral, s. o. aeroobsetes tingimustes. Kasutades vastavaid mikroorganisme, võib käärimise tulemusena saada näiteks äädikhapet, sidrunhapet jt. happeid.

Äädikhappelisel käärimisel hapendub etüülalkohol äädikhappeks vastavalt keemilisele võrrandile:



Selle käärimise tekitajaks on äädikhappebakterid; need on spore mittemoodustavad silinderjad mikroobid, mis tavaliselt on ahelateks liitunud.

Äädikhappebakterid on looduses laialt levinud, neid leidub aedviljades ja marjade pinnal, mahlades, piimas, käärimise teel saadavates jookides, hapendatud aedviljades, taigas jm. Äädikhappeline käärimine tekib kergesti spontaanselt, kui veinile või õllele nende valmistamisel või säilitamisel

õhk vabalt juurde pääseb. Sel korral kattub vedelik hallikasvalge õhukese kelmega, mis koosneb äädikhappebakteritest. Enamus äädikhappebaktereid arenebki toitevedelikkude pinnal, moodustades sellel väga mitmesuguse kujuga kihte. Mõnel juhul on see kiht kaunis tugev ja paks, näiteks *Bact. xylinum* puhul. Seda bakterit kasutatakse hapuka joogi saamiseks "tee-seene" (ka jaapani seene või mandžuuria seene) nime all. Selle joogi tekitaja "teeseen" koosneb õieti kahest mikroobist, mis on sümbioosivahekorras: ksüliinumbakteri kõrval on selleg veel pärmitaoline seen *torula* perekonnast. *Torula* käärib suhkrut alkoholiks, aga ksüliinumbakter käärib alkoholi äädikhappeks. On andmeid, mille järgi teeseenejook sisaldab rohkesti mitmesuguseid vitamiine ja on antibiootiliste omadustega: ta avaldab ravivat toimet eeskätt kurgupõletikkude ja ka seedehäirete puhul.

Erineva liigi äädikhappebakterid on väga erineva tundlikkusega happelise keskkonna suhtes. Mõnede bakterite puhul tõuseb äädikhappe kontsentratsioon ainult 1 - 2 %-ni, aga teiste puhul - kuni 10 - 12 % (näiteks *Bact. acetici*). Alkoholi puudumisel lahuses või selle ärakasutamisel võivad äädikhappebakterid äädikhapet kasutada, oksüdeerides seda kuni süsihappegaasi ja veeni. Peale etüülalkoholi võivad äädikhappebakterid käärida ka kõrgemaid alkohole vastavateks hapeteks. Nad on võimelised oksüdeerima ka teisi orgaanilisi aineid, näiteks glükoosi, mille tulemusena tekib glükoonhape. Seda protsessi kasutatakse glükoonhappe tööstuslikul tootmisel.

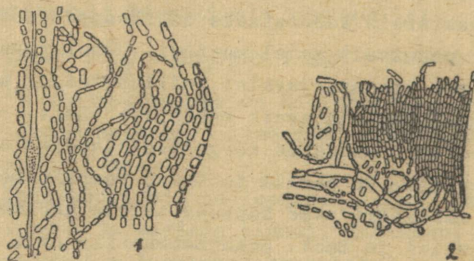
Äädikhappebaktereid kasutatakse äädikhappe tootmisel etüülalkoholist peamiselt kahel meetodil. Ühel juhul kasutatakse lähteainena viinamarjaveini, milles leiduv alkohol kääritakse äädikhappeks vastavate bakterite (*Bact. orleanense*) abil. Sel meetodil saadakse kõrge kvaliteediga söögiäädikas. Teisel meetodil on äädika tootmise tooraineks lahjendatud piiritus, mis kääritakse happeks teiste äädikhappebakterite (*Bact. acetici* ja *Bact. Schützenbachii*) abil. Need bakterid arenevad pöökpuulaastudel, mida mööda lähtelahusel lastakse aeglaselt alla valguda. Tehniliseks kasutamiseks

toodetakse äädikhapet viimasel ajal suurel hulgal puhtkeemilisel teel atsetüleeniist.

Hapendava käärimise teel toodetakse ka sidrunhapet. See tekib suhkrul käärimisel aspergillusseente hulka kuuluvate hallitusseente abil. Mõned nendest, näiteks musta aspergilluse (*Aspergillus niger*) teatava tüve seened on võimelised suhkrut sidrunhappeks käärima väga suure saagisega (kuni 60 %). Sellepärast on viimasel ajal käärimismeetod kujunenud sidrunhappe tootmisel peamiseks, aga vanem, sidrunitest tootmine, jääb tahaplaanile. Sidrunhapet kasutatakse kondiitritöötuses, karastavate jookide valmistamisel, meditsiinis (verekonserveerimiseks), fotograafias jne.

Rasvade lõhustamine. Mõne liigi bakterid ja seened on võimelised rasvu glütseriiniks ja vabadeks rasvhapeteks hüdrolüüsima. See toimub ferment lipaasi mõjul, mida vastavad mikroorganismid eraldavad. Rasvade lagundamisel vabanevat glütseriini kasutavad mikroobid elutegevuseks suhkrul asemel. Ka vabanevad rasvhapped oksüdeeritakse mikroobide poolt süsihappegaasiks ja veeks.

Mikroobide arengut rasvades ja seega ka rasvade lõhustamist soodustavad niiskus, orgaanilised ained ja ka valgud, mida mõningal määral leidub vähe puhastatud rasvades. Tõepoolest: puhastamata rasva (õli) säilitamisel tõuseb selle happesus kiiremini kui hästi puhastatud (rafineeritud) rasva puhul.



Joon. 14. Äädikhappebaktereid: 1 - *Bacterium Pasteurianum* ja 2 - *Bact. aceti*.

V. TOIDUAINETE KAUDU LEVIVAD NAKKUSHAIGUSED JA TOIDUMÜRGIKUSTUSED.

Vastavalt käesoleva töö iseloomule käsitletakse siin põhiliselt ainult neid haigusi ja mürgistusi, mis on tingitud toiduainetes leiduvatest mikroorganismidest. Toime järgi makroorganismile võib mikroobe liigitada järgmiselt:

1. Parasiidid (kr.) - elavad makroorganismi toidu arvel:

a) patogeensed (kr.) ehk tõvestavad mikroobid satuvad makroorganismi väliskeskkonnast kas toiduga või teisel teel ja võivad esile kutsuda nakkushaigusi. Eri liiki patogeensed mikroobid on võimalised esile kutsuma ainult teatava iseloomuliku haiguse.

b) saprofüüdid (kr.) kasutavad toiduks surnud loomade või taimede orgaanilist ainet.

2. Sümbiondid (kr.) on organismid, mis elavad teise organismiga koos vastastikuse kasulikkuse alusel. Siia kuuluvad näiteks soolekepikesed, enterokokid, stafülokokid jt., mis asuvad vastavalt sooltes ja viimased naha pinnal (vt. ligemalt ptk. IV).

Liigitus on, mõistagi, tinglik ja ebatäpne igas olukorras kasutamiseks, kuid kergendab siiski ülevaate saamist. Aktiivseteks tõvestavateks teguriteks on eestkäit patogeensed mikroobid, kuid ka saprofüüdid ja sümbiondid võivad ebanormaalses tingimustes või eri olukordades esile kutsuda haigusi.

Patogeensed mikroobid võivad inimorganismi sattuda mitmel teel: õhu kaudu hingamisel, toiduainete ja joogi kaudu, naha ja limanahkade kaudu nende kaitsekihtide vi-

gastamisel. Patogeensete mikroobide sattumisel inimese või looma organismi sisesse, s. o. infektsiooni korral ei teki esialgu tavaliselt haigust. Kui haigestumine üldse nakatumisele järgneb, siis kulub selleks teatav aeg. Seda aega nimetatakse lõimetus- ehk peiteajaks (inkubatsiooniajaks). Lõimetusaja pikkus on mitmesugune, näiteks kõhutüüfuse puhul 7 - 21 päeva, siberi katku puhul 1 - 3 päeva, koolera puhul 1 - 6 p. Lõimetusaja pikkus oleneb peamiselt mikroobiliigist ja inimorganismi tervislikust seisundist. Patogeensete mikroobide arenemisel organismis eraldub nendest mürgiseid aineid, nn. toksine, mis paljudel juhtudel on väga suure mürgisusega.

Nakkushaiguse kestel toimub nähtamatu võitlus organismi ja sellesse tunginud mikroorganismide vahel. Selle võitluse tulemus - makroorganismi surm või tervenemine - oleneb ühelt poolt patogeensete mikroorganismide hulgast ja omadustest ning teiselt poolt nakatatud organismi vastupanuvõimest.

Teatava liigi patogeensete mikroobide eri tüvede tõevastava võime astet nimetatakse virulentsuseks. Suurema virulentsusega mikroobid paljunevad organismis suhteliselt kiiremini ja eraldavad rohkem toksine. Mikroobide virulentsus sõltub keskkonnatingimustest: temperatuurist, valgusest, keemiliste ainete mõjust jne.

Inimorganismi vastupanuvõime patogeensetele mikroobidele on väga mitmesugune ja oleneb samuti paljudest teguritest. Terve inimorganismi vastupanuvõime nendele mikroobidele nõrgeneb paljude keskkonnategurite tõttu. Nendeks nõrgestavateks teguriteks on eestkätt füsioloogilistele vajadustele mittevastava koostisega toit, mis tekitab nn. varjatud nälgimise, samuti nahakatte ja limanahkade vigastused; nõrgestavalt võivad mõningal määral mõjuda toidu nappus (nälgimine), külmetus, vaimsed ja kehalised ülepingutused. Keskkonnategurite nõrgestav toime organismile võib avalduda mitmesugustes muutustes organismi sisemistes süsteemides, mis võivad olla soodsad patogeensete mikroo-

bide sissetungile ja arengule. Näiteks maomahla happesus võib väheneda, limanahkade bakteritsiidne toime nõrgeneda jne.

Organismi võitlus tõvestavate mikroobidega toimub väga mitmeti. Mikroobide sissetungi vastu kaitsevad inimorganismi tema väline nahkate ja limanahad.

Sissetunginud mikroorganismide ja nende toksiinide kahjutuks tegemiseks on organismil terve rida vahendeid. Verrega levivate toksiinide ja teiste võõrkehade organismile kahjutuks muundamisel on üheks tähtsamaks keskuseks maks. Analoogiliselt puhastab verd ka põrn. Mürgiseid aineid ja baktereid kõrvaldavad verest ka neerud, samasuguselt puhastavad lümfilümfisõlmed.

Peale nende barjääride on looma ja inimese organismis veel tähtsaks kaitseüsteemiks nn. rakulised barjäärid. Nimelt on vere valgelibledel (leukotsüütidel) ja mõnedel teistel rakkudel võime haarata, neelata ja seedida või teisiti kahjutuks teha mikroobe ja üldse verre sattunud võõrkehi. Neid valvurrakke nimetatakse fagotsüütideks ja nähtust ennast fagotsütoosiks. Selle nähtuse avastas I. I. Metšnikov ja andis talle mainitud nimetuse (1883.a.).

Suur tähtsus organismi võitluses patogeensete mikroobidega on immuuniteedil. Selle terminiga tähistatakse organismi võimet patogeensete mikroobidega kokkupuutumisel mitte haigestuda, s. o. võimet olla mittevastuvõtlik nakkushaigustele. Immuuniteedi sisemine olemus on väga keeruline ja pole veel kaugeltki täielikult selgitatud. Üheks tuntumaks immuuniteedinähtuseks on organismi poolt nn. antikehade produtseerimine, mis mõjuvad hävitavalt bakteritele ja kahjutuks tegevalt nende toksiinidele. Teistest antibakteritsiidsetest ainetest võib mainida lüsotsüümi, mida leidub pisarates, süljes, veres, leukotsüütides, kõhres, piimas jne.

Tehakse vahet mitmesuguste immuuniteedivormide vahel. Loomulikuks nimetatakse immuunsust, mis on olemas organismil teatava haiguse vastu, ilma et ta seda haigust kunagi varem oleks põdenud. See on teatava loomatõu või inimorganismi kaasasündinud omadus ning on seotud enamasti ühe loomaliigiga, näiteks paljud loomade nakkushaigused ei kandu

üle inimestele. Nn. omastatud immuunsus tekib läbipõetud nakkushaiguse tegajärjel, näiteks rõugete, leetrite jt. tõttu. Kunstlik immunitet tekitatakse mitmesuguste bakteriaalsete preparaatide, immuunseerumite ja vaktsiinide abil. Need sisaldavad organismis loomulikult leiduvatele sarnanevaid kaitseaineid või nõrgestatud mikroobe ja aitavad organismil võidelda mikroobide vastu või ergutavad organismi immuniteeditegurite mobiliseerimist.

Arvestades mitmesuguseid mikroobidevastaseid barjääre organismis ja teisi tegureid, on arusaadav, et infektsiooni arengu seisukohalt on tähtis ka see koht, mille kaudu tõevastav mikroob organismi satub. Kui näiteks kõhutüüfusekepike satub organismi nahakriimustuse, aga mitte suu kaudu, siis haigestumist ei järgne. Vastupidi: kangestuskramptõve (teetanuse)-kepike võib haigestumise esile kutsuda ainult sel juhul, kui satub organismi haava kaudu.

Mao-soolte haigused tekivad väga paljudel juhtudel toiduainete kaudu; sagedasemad on toitelised nakkushaigused, kuid esineb ka rida mürgistusi, mida kutsuvad esile toiduainetel arenenud mikroobide toksiinid. Vastavaid haigusi käsitletakse allpool.

Toiduainete kaudu levivad nakkushaigused.

Toitelisteks infektsioonideks nimetatakse nakkushaigusi, mis kanduvad edasi toiduainete kaudu, näiteks kõhutüüfus, düsenteeria, koolera, siberi katk, brutselloos, tuberkuloos ja suu- ja sõratõbi.

Toiduainete infitseerimisel pärinevad patogeensed mikroobid harilikult haigelt inimeselt või loomalt ja nn. pisikukandjatelt.

Pisikukandjateks nimetatakse terveid inimesi, kelle organismis on patogeenseid baktereid. Organismist väljunud, võivad need mikroobid sattuda toiduainetele ja nende kaudu nakatada teisi inimesi.

Peale kõhutüüfuse, düsenteeria jt. nakkushaiguste põdemist jääb osa inimesi pisikukandjateks, kuid tõvestavaid pisikuid võib leida ka teiste tervete inimeste organismis. Kuna pisikukandjad on ohtlikud, võides nakatada toiduaineid ja selle kaudu elanikkonda, siis kontrollitakse perioodiliselt kaubanduslike ettevõtete töötajaid pisikukandluse suhtes.

Patogeensed mikroobid võivad toiduainetele sattuda mitmel teel, näiteks töötajate ja tarbijate ebapuhastelt kätelt, süljepiiskade kaudu köhimisel, mullaga, tolmu, kärbeste kaudu igasugustelt roiskuvatelt jäätmetelt ja ka rottide ning hiirte vahetälitusel. Loomsed saadused võivad olla nakatatud patogeensete mikroobidega, juhul, kui need on saadud haigetelt loomadelt.

Täielik puhtus toiduainete tootmisel, töötlemisel ja transpordil kuni kasutamiseni tarbijate poolt aitab vähendada toiteliste infektsioonide ohtu.

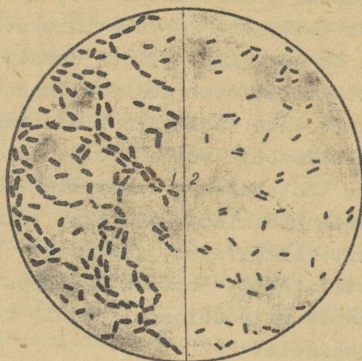
Kõhutüüfus. Haigusetekiitajaks on kõhutüüfusedeepike, mis väljumisel sarnaneb soolekepikele. Toiduainetele sattunud, võivad mikroobid nendel säilida kaua.

Haigestumisel vigastub (kahjustub) peensoole limanahk, esinevad seedehäired, nõrkus, kõrge temperatuur, peavalu jne. Kõhutüüfus on pikk raske haigus. Nakatumine toimub mikroobide sattumisel terve inimese sooltesse suu kaudu, kuhu nad kantakse mustade kätega, veega, toiduainetega jne.

Düsenteeria. Haigusetekiitajaks on düsenteeriakepike, mis areneb jämesooles. Ta tekitab seal haavandilise põletiku, eraldub koos verise väljaheitelga. Mikroobi levimine ja sellega nakatumine toimub umbes samuti kui kõhutüüfusede puhul, eriti kärbeste kaudu.

Koolera. Seda haigust praegusel ajal Nõukogude Liidus ja Euroopamaades ei esine, kuid varem esines epideemiaid, nagu näiteks Indias veel viimaselgi ajal.

Kooleratekiitaja mikroobiks on komakujuline, nn. kooleravibrioon; see hukub kergel kuumutamisel ega talu kivistamist.



Joon. 15. Kõhutüüfusekepike (vasakul) ja düsenteeriakepike (paremal).

Tuberkuloos. Toiduainete kaudu levib tuberkuloos viimasel ajal harva. See võib toimuda tuberkuloosihaigetelt loomadelt saadava piima, piimasaaduste ja liha toiduks kasutamisel.

Tuberkuloositekitaja, *Mycobacterium tuberculosis* (Koch), on keskkonnatingimuste suhtes üsna vastupidav. Ta talub kuivas olekus 100° -st temperatuuri tund aega, kuid märjas olekus hakkub ta palju kiiremini - 0,5 kuni 1 tunni kestel $60-70^{\circ}$ -ses temperatuuris. Keetmisel hakkub tuberkuloosikepike momentaanselt.

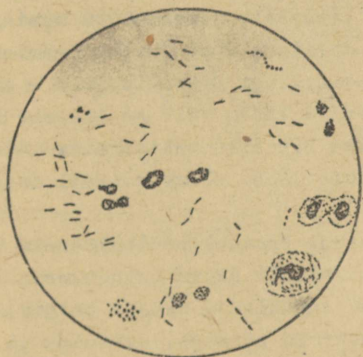
Tuberkuloosi nakatamise vältimiseks on vaja tuberkuloosihaigete loomade piima keeta või küllalt kestvalt pastöriseerida; liha võib turustada ainult peale veterinaarse kontrolli poolt kõlblikuks tunnistamist.

Liha toiduks kasutamise kõlblikkuse üle otsustamisel peab arvestama tuberkuloosihaige tapalooma seisundit ja patogeenseid muutusi lihakehas, lümfisõlmedes ja siseelundites. Haigusest kurnatud loomade ja lindude kehi ei lubata toiduks kasutada. Liha ja organid kasutatakse sel juhul

tehniliseks otstarbeks. Kui loom ei ole kurnatud haigusest ja lihas ei ole tuberkuloosibaktereid, siis võib liha turustada, kuid ainult peale keetmist või steriliseerimist.

Hea rammususega ja tuberkuloosist paranenud loomade liha kehi võib turustada, kuid ainult peale selle, kui kõik haigusest rikenud organid on hoolikalt kõrvaldatud.

Toiduainete ja roogade nakatamise vältimiseks töötajate poolt teostatakse ühiskondliku toitlustamise ettevõtete ja kaubandusvõrgu töötajate meditsiinilist kontrolli.



Joon. 16. Mitmesuguse kujuga tuberkuloosibatsillid.

Siberi katk (põrnatõbi). Toiduainete kaudu toimub nakatumine siberi katku harva, peamiselt ainult nakatunud lihasaaduste kaudu.

Siberi katku tekitaja on pulgakujuline bakter, mis moodustab väga püsivaid spooore. Need taluvad hästi kuumust ja võivad aastate viisi elusatena säilida mullas, karusnahkadel, haigete loomade karvadel (või villas) ja teistel esemetel.

Siberi katk on ohtlik haigus. Sellepärast on välja töötatud teatavad veterinaar-sanitaarsed reeglid siberi

katku nakatunud loomade loomakasvatussaaduste avastamiseks ja nende käsitlemiseks, et vältida haiguse levikut elanikkonnas ja lihakombinaatide ning kaubandusvõrgu töötajate hulgas. Viimasel ajal esineb meil siberi katku õige harva.

Brutselloos (nim. ka Bangi infektsiooniks). Haigusete-
kitajateks on ovaalsed või silinderjad bakterid, mis ei moodusta spoore ega talu kõrget temperatuuri. Tuntumad on järgmised kolme liigi brutselloosibakterid: *Brucella abortus*, *B. melitensis* ja *B. suis*.

Brucella abortus on peamine veiste brutselloosi tekitaja, kuid ta võib mainitud haigust põhjustada ka muudel loomadel, nagu hobustel, kitsedel, jänestel ja merisigadel ning inimestel. *Brucella melitensis* põhjustab peamiselt lamaste ja kitsede haigestumist, aga *Brucella suis* - sigade haigestumist. Nende bakterite tõttu võib ka inimene haigestuda. Inimesele on ohtlikum *Brucella melitensis*, vähemal määral tõvestavad on *B. suis* ja *B. abortus*. Meil Eesti NSV-s esineb peamiselt viimane.

Haigetel loomadel leidub brutselloosibaktereid lümfisõlmedes ja siseelundites; ainult harva esineb neid lihastes (lihaskoes), neerudes, luuüdis ja veres. Haiged loomad eraldavad brutselloosibaktereid piimaga, uriiniga ja eriti lootevedelikuga.

Inimese nakatumisel brutselloosi tungivad bakterid organismi läbi nahakatte (läbi pisivigastuste, aga võib olla ka läbi terve naha) ja limanaha. Nakatuvad haigete loomad hooldajad, eriti sünnitusel, aga ka töötajad haigete loomade liha, naha ja villa töötlemisel. Toiduainete kaudu võib brutselloosi haigestuda nakatatud piima, liha, brõnsa jt. kasutamisel toiduks.

Brutselloosi vältimiseks on vaja haigetelt loomadelt saadav piim kas pastöriseerida või keeta. Brõnsat (lamba-piimajuustu), mis valmistatakse pastöriseerimata piimast, lastakse sellepärast müügivõrku alles kahe kuu vanuselt. Liha keetmine või vähemalt kaks kuud soolatult säilitamine teeb mikroobid kahjutuks ja selle toiduaine ohutuks tervisele.

Brutselloos inimesel ei alga järsku, kestab mitu nädalat või kauem ja avaldub temperatuuri tõus, liigeste valu, peavalu jne. See kulgeb perioodide kaupa. Tüsistuste tõttu esineb surmajuhtumeid. Profülaktika ja ravi otstarbel kasutatakse vastavat vaktsiini, ravimitena neosalvarsaani, mõningaid antibiootikume jt.

Bakteriaalse päritoluga toidumürgistused.

Mõned mikroorganismid, nagu botuliinuse batsillid, soolekepike, stafülokokid jt. võivad areneda toiduainetel ja produtseerida üsna rohkesti toksiine; sääraste toiduainete kasutamisel imenduvad toksiinid läbi soolte seinte verre ja tekitavad mürgistusi. Toiduainetega suurel hulgal organismi sattuvad mikroobid ise võivad ka olla olulisteks tõvestavateks teguriteks, kuigi nad mõõdukal hulgal pole patogeensed.

Bakteriaalse päritoluga toidumürgistuste kõrval võivad ka mittebakteriaalsed mürgised ained (taimekaitsevahendite jäägid, seenemürgid jne.) toidu kaudu organismi ohustada, kuid need küsimused ei kuulu käesoleva töö raamesse.

Kui bakteriaalse toidumürgistuse korral põhjustavad mürgistuse põhiliselt ainult toksiinid, mis on produtseeritud mikroobide poolt, siis nimetatakse seda nähtust bakteriaalseks toksikoosiks (vt. botulism). Kui aga toksiinide kõrval on ka mikroobidel enestel oluline osatähtsus mürgistuse esilekutsumisel, siis niisugust nähtust nimetatakse toksikoinfektsiooniks (vt. salmonelloosid).

Toidumürgistused tekivad üsna kiiresti peale mürgist ainet sisaldava toidu söömist. Haigestumise tunnused avalduvad tavaliselt paari tunni järel, kuid mikroobide suurema osatähtsuse korral tekib haigestumine hiljem.

Toidumürgistused ei nakatu ühelt inimeselt teisele, erinedes selle poolest nakkushaigustest.

Enamuse toidumürgistuste tagajärjel tekivad iiveldus, oksendamine, kõhuvalud; temperatuur tõuseb, südametegevus

võib nõrgeneda, esinevad krambid jt. tunnused.

Botulism. Botulism ehk vorstimürgistus (lad. k. botulus - vorst) tekib riknenud vorstide või teiste toiduainete kasutamisel, mis on mürgiseks muutunud erilise saprofüütse bakteri - botuliinusekepikese (*Bact. botuliinus* ehk *Clostridium botulinum*) poolt produtseeritava toksiini tagajärjel.

Botulism on kõige ohtlikum bakteriaalne mürgistus. Möödunud sajandil ja käesoleva sajandi esimestel aastakümnetel suri kõigist haigestunutest umbes 30 - 60 %. Viimasel ajal välditakse ja ravitakse botulismi edukalt antitoksiliste seerumitega ja anatoksiinidega (ohutuks tehtud botuliinusemürgid, mis siiski immuniseerivad inimest või loomi).

Botuliinusebatsille tuntakse seni (1958.a.) 5 tüüpi. Kõik nad on üksteisele üsna sarnased morfoloogiliselt ja mürgi toimelt organismile, kuid iga tüübi bakterite toksiinide kahjutuks tegemiseks sobivad ainult vastava tüübi antitoksilised seerumid. Kõik botuliinusebatsillid on pulgakujuised, liiguvad ja rangelt anaeroobsed mikroobid. Viimase asjaolu tõttu nad arenevad ja tekitavad toksiine mitte toiduainete (vorsti, kala, juustu jne.) pinnal, vaid sügavamate kihtides või konservides, kus õhuhapnikku on väga vähe. A-, B-, C- ja D-tüüpi botuliinusebatsillide kasvaks ja toksiini kuhjumiseks on optimaalne temperatuur 34 - 35° C, E-tüübi jaoks aga 25 - 28° C.

Botuliinusebatsillide spoorid võivad moodustuda toiduainetes, loomade söötades ja kunstlikkudes bakterite söötmetes. Spoorid on väga püsivad ja võivad säilida eluvõimelisena aastakümneid. Termoresistentsus oleneb bakterite tüübist ja keskkonnast; rasvasisalduse korral taluvad bakterid kuumust suhteliselt paremini. A- ja B-tüüpi bakterite spoorid taluvad keetmist (100° C) 5 tunni kestel ja hukuvad alles 6 - 8 tunnilise keetmise järel; autoklaavis 105° temperatuuris kuumutamisel hukuvad spoorid 1 - 2 tunni järel, aga 120° C juures 20 - 30 min. järel. Kuid mõnede botuliinusebakterite tüvede spoorid taluvad 120°-st kuumust mitme tunni kestel. Botuliinusebatsille leidub looduses palju, eri-

ti mullas, kust nad satuvad vette, toiduainetele, söötadele ja sel teel inimese ja loomade soolestikku. Toiduainete töötlemise ja säilitamise reeglite ignoreerimisel võivad botuliinusebatsillid rohkesti toksiidne produtseerida ja seetõttu ohustada inimese või loomade tervist ja elu.

Botuliinusetoksiinid on tugevamaid mürke maailmas. Nad on üsna vastupidavad füüsikaliste ja keemiliste tegurite suhtes. Botuliinuse mürk kaotab oma mõju 58^o-ses kuumuses 3 tunni järel, 80^o-ses kuumuses 30 min. järel ja 100^o C juures mõne minuti kestel. Ta ei levi kogu toiduaines ühtlaselt, vaid kuhjub ainult teatavatesse kohtadesse. Selletõttu ei tarvitse mürgistuda mitte kõik inimesed, kes kasutavad toiduks näiteks ühte ja sama konservi. Mürgistuvad ainult need, kellele toiduks satub mürgirohkeid osi kasutatavast toiduainest. Toiduaine välimus botuliinusebakterite toimel peaaegu ei muutu. Teatava hoiatava, kuigi kaudse määrgina võib mainida halba sumbunud lõhna, mis tekib lihasaaduste säilitamisel soojas ruumis. Säärasel juhul on vaja toiduainet enne toiduks kasutamist tugevasti kuumutada.

Suhteliselt sagedasti areneb botuliinusebakter ja moodustab toksiidne vorstides, suitsutatud toodetes, pastedis, kalasaadustes (eriti punases kalas) ja kõigi liikide konservides.

Botulismimürgistusi esineb tänapäeval harva. Toksiin toimib tsentraalsele närvisüsteemile, südamele jne. Mürgistuse korral esinevad peavalu, häired silmades, kõnes jne., temperatuur on normaalne või alla normi. Surm järgneb tavaliselt hingamise halvatuse tõttu. Raviks kasutatakse hea eduga botuliinusevastaseid seerumeid. Neid seerumeid valmistatakse immuniseeritud loomade verest, mis sisaldab botuliinusemürke kahjutuks tegevaid antitoksiine.

Botulismi leviku vältimiseks toiduainete kaudu on vaja nende tootmisel ja töötlemisel silmas pidada rida nõudeid; vajalik on puhtus, kala, vorsti jne. säilitamine madalas temperatuuris, konservide kontroll, näriliste ja putukate tõrje, botuliinuse-kahtlaste tuurakalade töötlemine erieeskirjade kohaselt jne.

Stafülokokkidest tingitud mürgistused. Kergesti riknevate toiduainete lahtiselt säilitamisel soojas ruumis (20 - 35° C) võivad stafülokokid toiduainetes kiiresti paljuneda. Teatavates keskkonnatingimustes produtseerivad mõned neist toksiline. Nendeks mikroobideks peetakse eestkätt mädanikku tekitavaid stafülokokke (*Micrococcus (Staph.) pyogenes*), kollased ja valged.

Tervetel inimestel leidub stafülokokke alaliselt nahal (peamiselt *Micrococcus (Staph.) epidermis*) ja tihti ka nina ja suuõõne limanahkadel, ilma et see tavaliselt mingit häiret tekitaks. Sellega seoses on oluline märkida, et toksiinide produtseerimise protsess stafülokokkidel on üsna labiilne ja oleneb väga tunduvalt keskkonnategurite kompleksist. Selle küsimuse kohta väidab L. G. Perets järgmist: "On põhjust arvata, et teatavates tingimustes võivad mittepatogeensed stafülokokid muutuda patogeenseteks ja vastupidi. Selle oletuse kasuks räägivad analoogilised faktid teistelt aladelt. Nii näiteks muutuvad organismi patoloogiliste seisundite korral real juhtudel soolekepikeste omadused patogeensuse suunas ..."

Nahavigastuste korral või selle läbilaskvuse suurenemisel satuvad stafülokokid nahaalusesse koesse ja võivad seal nendele soodsates tingimustes areneda ja mädaseid põletikke, furunkleid jt. tekitada. Mädane udarapõletik lehmadel on ka põhiliselt nendest tingitud. Põletikulisest udarast ja töötajate haigetelt kätelt võib lüpsmisel piimasse sattuda väga palju stafülokokke.

Sagedamini ongi stafülokokkidest tingitud mürgistuste allikateks piim ja piimasaadused, nagu kreemiga kondiitrikoogid ja tordid, jäätis, magusad kohupiimajuustukesed, aga ka munad, liha- ja köögiviljaroad jt.

Stafülokokkide mürgi mõju hakkab avalduma 2 - 4 tundi pärast mürgistatud toidu söömist. Mürgistuste tundemärgid on iiveldus, süljevool, sage ja rohke oksendamine, kõhu-lahtisus ja kõhuvalu. Temperatuur on normaalne. Haigus möödub enamasti 1 - 2 päeva kestel. Stafülokokkide toksiin

on suure kuumusekindlusega, see kaotab oma mürgisuse alles 1/2 - 2 tunnilise keetmise mõjul, kuid seegi pole päris kindel.

Mürgistused prooteuse ja kolibakteri toksiinidega. Prooteuse perekonna bakterid ja soolekepike (*Escherichia coli*) on looduses väga levinud. Soolekepikeid on alaliselt inimese jämesooles ja loomade seede-aparaadis ning neid loetakse normaalse mikrofloora hulka kuuluvateks mikroobideks. Sattunud toiduainetele, võivad mainitud bakterid areneda ja mürgiseid aineid produtseerida. Sääraste massiliselt infitseeritud toiduainete kasutamisele järgneb varsti haigestumine tüüpiliste mürgistuse tunnustega. See mõõdub 2 - 3 päeva kestel, umbes nagu stafülokokkidest tingitud intoksikatsioonidki (toksikoosid). Prooteuse ja eriti soolekepikeid leidumine olulisel määral toiduainetes viitab väga ebasanitaarsetele tingimustele toiduainete tootmisel, transpordil või töötlemisel.

Salmonelloosid. Selle nime all tuntakse viimasel ajal mitmesuguseid toitelisi toksikoinfektsioone, mida põhjustavad salmonella perekonda kuuluvad paljud bakterid, mis sarnanevad tuntud paratüüfuse tekitajatele (*Salmonella paratyphi A* ja *B*). Sellepärast loeti neid toksikoinfektsioone esilekutsuvaid baktereid enne 1934.a. paratüüfuse gruppi kuuluvateks või paratüfoosseteks bakteriteks. Viimase aja uurimused näivad kinnitavat, et salmonelloosid on rohkem levinud, kui varem arvati.

Salmonellad on fakultatiivsed anaeroobsed silinderjad liikuvad, spore mittemoodustavad bakterid. Nad on tavaliselt loomade ja lindude parasiidid ja tekitavad loomadele mitmesuguseid tervise häireid, nagu kõhulahtisus, palavikulisi haigusi, kõhnumist, sarvloomadel aborte jne. Kaugeltki alati ei tekita nende bakterite olemasolu soolestikus haigusi. Niisugustelt mikroobide kandjatelt või haigust põdenud loomadelt saadav liha võib olla infitseeritud bakteritega või need võivad lihasse sattuda soolestikust ja mujalt, kui surmatud looma töötlemine ei toimu küllalt puh-

talt. Infitseeritud liha ja poolfabrikaatide soojalt säilitamisel võivad salmonellad kiiresti paljuneda. Tublisti mikroobe sisaldava liha kasutamine toiduks ilma küllaldase termilise töötlemiseta (2,5 tundi keetmist) võib esile kutsuda ka inimese haigestumise toksikoinfektsiooni - salmonelloosi. Tervenenud inimesed võivad jääda mikroobidekandjaks ja kujuneda selle tõttu salmonellade levitajaks. Kuid nende mikroobide virulentsus on võrdlemisi väike, mille tõttu haigestumine toimub ainult siis, kui toiduainetes on suurel hulgal mikroobe.

Mõned salmonella-bakterid on võimelised tõvestama ainult inimest (kõhutüüfuse, paratüüfuse A ja B bakterid), mõned aga ainult teatavaid loomi (hobuste abort).

Sagedamini tekkivad salmonelloosid, liha ja lihasaaduste, eriti poolfabrikaatide, hakkliha jne. kasutamisel, aga ka piimasaadused, jäätis, rosolje, munad jt. toiduained võivad olla salmonellade allikaks. Haigestumine järgneb nakatatud toidu tarvitamisele üsna kiiresti ja haigus kestab 2 - 3 päeva. Välisteks sümptomideks on eeskätt kõhuvalu, iiveldus, oksendamine, kõhukorratused, peavalu ja palavik. Enamus haigestumisi esineb soojal aastaajal, peamiselt juulist kuni septembrini.

Salmonellooside profülaktika aluseks on tapaloomade veterinaarsanitaarne järelevalve, sanitaar-režiimi reeglite pidamine toiduainete tootmisel, säilitamisel, turustamisel ja töötlemisel.

KIRJANDUSE LOETELU.

- Engels, F., *Anti-Dühring*, Tallinn 1954.
- Болдуин Э., *Основы динамической биохимии*, Издательство иностранной литературы, Москва, 1949.
- Волский И., *Усвоение азота животными организмами на приеме куриных эмбрионов и куколов пчел.*, Доклады Академии Наук СССР, 128, № 4, 1959, Гл. 857-859.
- Давыдовский И.В., *Учение об инфекции*, Медгиз, Москва, 1956.
- Дюбо Р., *Биохимические факторы в микробных заболеваниях*, Издательство иностранной литературы, Москва, 1957.
- Ермольева Э.В., /ред/, *Антибиотики в сельском хозяйстве и пищевой промышленности*, Сборник переводов, Издательство иностранной литературы, Москва, 1954.
- Зильбер Л.А., *Учение о вирусах (Общее вирусоведение)*, Медгиз, Москва, 1956.
- Кауфман Ф., *Семейство кишечных бактерий*, Медгиз, Москва, 1959.
- Кашкин П.Н., *Микробиология*, Медгиз, Ленинград, 1958.
- Коваленко Я.Р., *Анаэробные инфекции сельскохозяйственных животных*, Москва, 1954.
- Красильников Н.А., *Определитель бактерий и актиномицетов*, Изд.-во Академии Наук ССР, Москва-Ленинград, 1949.
- Лилли В. и Барнет Г., *Физиология грибов*, Изд.-во иностр. литературы, Москва, 1953.
- Нейландс Дж. и Штумпф П., *Очерки по химии ферментов*, Издательство иностранной литературы, Москва, 1958.
- Перец Л.Г., *Значение нормальной микрофлоры для организма человека*, Медгиз, Москва, 1955.

- Селибер Г.Л., Кацнельсон Р.С., Скалог И.С. и Каманская Г.А., Микробиология в опытах. Пособие для учителя, Издательство Акад. Педагогических Наук РСФСР, Москва, 1953.
- Смирнов В.С., /ред/, и др., Товароведение продовольственных товаров /Раздел первый/, Госторгиздат, Москва, 1954.
- Федоров М.В., Микробиология, Сельхозгиз, Москва, 1955 и 1960.
- Чистова П.И., Основы микробиологии, Госторгиздат, Москва, 1956 и 1961.
- Шапошников В.Н., Техническая микробиология, Советская наука, Москва, 1947.
- Штибен В.Д. и Бабич И.К., Определитель бактерий, патогенных для человека, Москва, 1955.

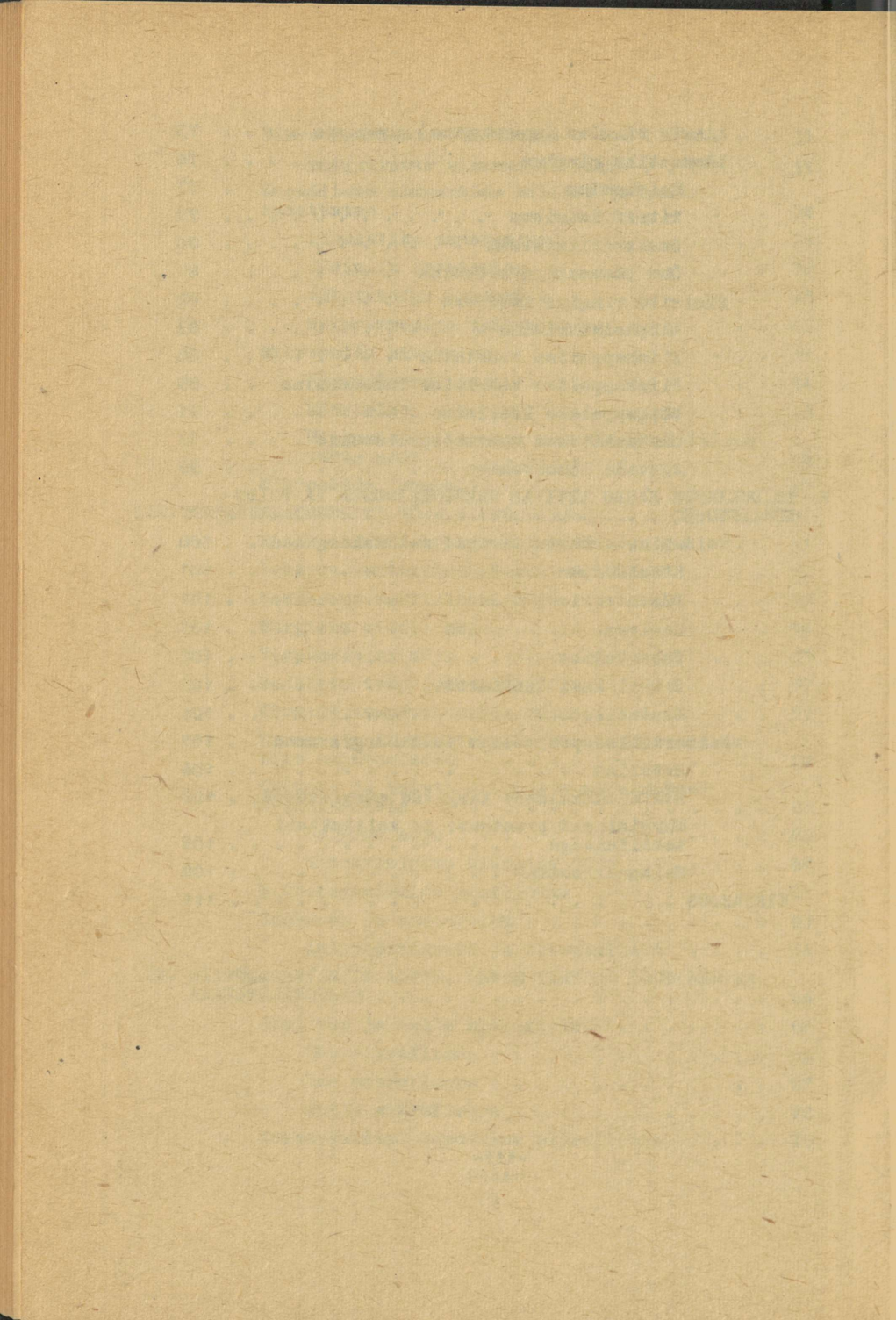
SISUKORD.

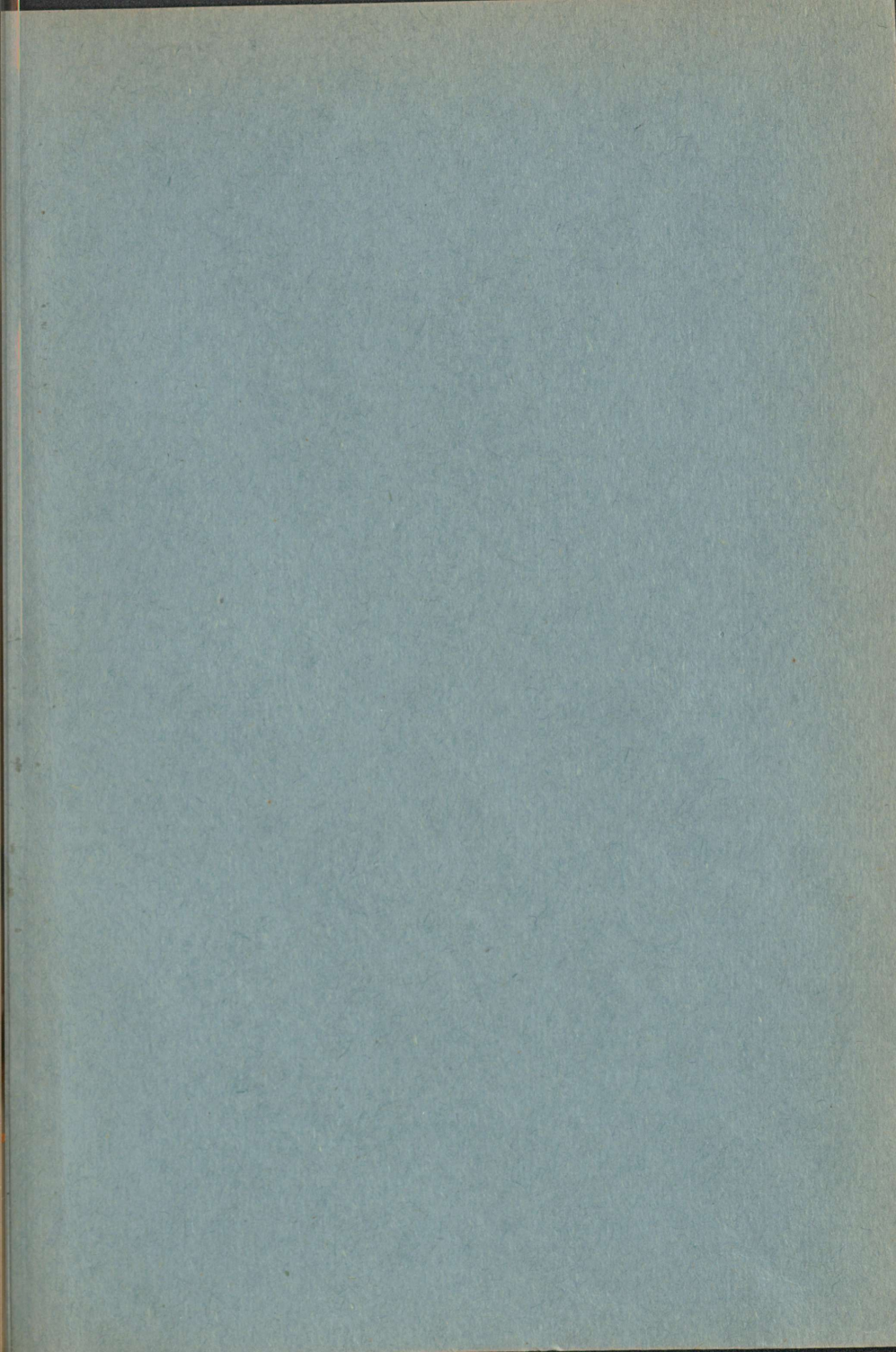
EESSÖNA

Sissejuhatus	4
Mikrobioloogia arengu lühiülevaade	6
I. MIKROORGANISMIDE ÜLDISED OMADUSED	10
Mikroobide klassifikatsioon	10
Bakterid	11
Bakteriraku ehitus	13
Bakterite liikumine	15
Paljunemine	16
Spooride ehk eoste moodustumine	16
Süstemaatika alused	17
Viirused ja bakteriofaagid	18
Viirused	18
Bakteriofaagid	19
Hallitusseened	19
Paljunemine	21
Süstemaatika alused	21
Vetikseente klass	21
Kottseente klass	22
Kandseente klass	24
Mittetäielikkude seente klass	24
Pärmseened	25
Paljunemine	27
II. MIKROOBIDE ÜLDINE FÜSIOLOOGIA	29
Mikroobide keemiline kooftis	29
Mikroorganismide ainevahetus	33

Mikroorganismide toitumine	35
Toiduainete sisenemine rakku	35
Keemiliste elementide allikad ja nende omastamine	38
Lämmastiku omastamine	38
Süsiniku omastamine	38
Autotroofne toitumine	38
Heterotroofne toitumine	40
Mikroobide hingamine	41
Hingamisprotsess	44
Käärimine	45
Hingamisel vabaneva energia praktilisest tähtsusest	46
Mikroobide ferendid	47
III. KESKKONNATEGURITE MÕJU MIKROOBIDELE	50
Keskkonna niiskus ja kuivatamise mõju	51
Lahuste kontsentratsiooni mõju	52
Keskkonna reaktsiooni mõju	53
Mürgiste ainete mõju	54
Temperatuuri mõju	55
Madalate temperatuuride mõju	57
Kõrgete temperatuuride mõju	57
Erinevate temperatuuride kasutamine mikroobide mõjutamiseks	58
Valguse ja teiste kiirguste mõju mikroorganismidele	60
Valguse mõju	60
Ultravioletse kiirguse mõju	60
Mikroorganismide muutlikkus	61
Sümbioos ja parasitism	63
Antibiootikumid ja fütontsiidid	64
IV. MIKROORGANISMIDE LEVIK, NENDE TÄHTSUS LOODUSES JA RAHVAMAJANDUSES	66
Õhu, vee ja mulla mikrofloora	66
Õhu mikrofloora	66
Vee mikrofloora	67
Mulla mikrofloora	70
Inimorganismi normaalne mikrofloora	70

Ainete ringlus (muundumine) looduses	73
Lämmastiku ringlus	74
Roiskumine	77
Nitrifikatsioon	79
Denitrifikatsioon	80
Õhu lämmastiku sidumine	81
Süsiniku ringlus looduses	82
Alkoholikärimine	83
Piimhappeline kärimine	88
Piimhappelise kärimise rakendamine	89
Võihappeline kärimine	91
Oksüdatiivsed kärimisprotsessid	93
Rasvade lõhustamine	96
V. TOIDUAINETE KAUDU LEVIVAD NAKKUSHAIGUSED JA TOIDU- MÜRGISTUSED	97
Toiduainete kaudu levivad nakkushaigused	100
Kõhutüüfus	101
Düsenteeria	101
Koolera	101
Tuberkuloos	102
Siberi katk (põrnatõbi)	103
Brutselloos	104
Bakteriaalse päritoluga toidumürgistused	105
Botulism	106
Stafülokokkidest tingitud mürgistused	108
Mürgistused prooteuse ja kolibakteri toksiinidega	109
Salmonelloosid	109
KIRJANDUS	111





Hind 22 kop.