

## Toitumine

Arvo Tuvikene  
(kasutatud ka U. Tartese materjale)

Loomade seedesüsteem täidab nelja peamist funktsiooni

- Esimeseks funktsiooniks on toitumine, st. toidu viimine seedesüsteemi algusesse. See tagatakse koostöös keha teiste süsteemidega, näiteks liikumise ja meeleeelundite abil.
- Teine funktsioon on seedimine. Seedimine on protsess, kus esmane toit, mis on söödud, lagundatakse nii füüsilises, kui ka keemilises mõttes. Seedimine võimaldab käivitada kolanda oluliselt tähtsa funktsiooni – imendumine.
- Toitainete, soolade, vee imendumine.
- Ekskretsioon. Toiduained, mis on sisse söödud, kuid ei seedita, eritatakse välja.

Toitumise mehhanism

Kõik loomad on heterotroofid – nad vajavad toitu, et rahuldada endi energeetilised vajadused. See on tunduvalt erinev autotroofidest, kes on võimelised kasutama päikeseenergiat, et muuta anorgaanilised molekulid orgaanilisteks – seda protsessi nimetatakse fotosünteesiks.

Loomad vajavad toitu:

- selleks, et saada energiat, mis on vajalik organismi elus hoidmiseks ja säilitada kehas toimuvaid protsesse (lihaskontraktsioonid jms.);
- tooraineks, et ehitada üles ja töös hoida rakke ja ainevahetust;
- kasvamiseks ja sigimiseks.

Taimed kasutavad päikeseenergiat, vett ja atmosfäärist süsihappegaasi selleks, et süntesida suhkruid ja kõiki teisi vajalikke aineid. Kõik loomad kasutavad keemilisi aineid selleks, et varustada organismi energiaga ja “ehitusmaterjalidega”. Nad peavad selliseid aineid saama ka taimi või muud orgaanilist materjali süües. Seega kõik orgaanilised ained, mida loomad vajavad, on alati alguse saanud taimedest ja kaudselt päikesevalgusest.

On muidugi erandeid sellest üldisest päikesevalgusest sõltuvuse reeglist. Näiteks süvameres, kuhu valgus ei jõua, on siiski loomorganisme, kes kasutavad geotermiliselt soojendatud vett.

Toidul on kolm olulist aspekti, mida tuleb analüüsida:

- söömine, mis tähendab toidu hankimist ja ärasöömist;
- seedimine. Praktiliselt kogu toit, ükskõik kas taimset või loomset päritolu, koosneb väga keerikatest ainetest, mis tuleb lagundada lihtsamateks aineteks;

- Suur hulk orgaanilisi aineid sisaldavad energiat, kuid loomadel on ka vajadus teatud spetsiifiliste ainete (aminohapped ja vitamiinid) järele. Seega toit peab sisaldama mõlemat - nii energiat kui ka vastavaid aineid. See on toiteväärtus.

## Söömine

Toit, mida loomad söövad, varieerub suurtes piirides, varieerudes bakteritest ja planktonist kuni suurte loomadeni. Toitu hangitakse väga erinevate meetoditega. Milline loom millist meetodit kasutab, määrabki, missugust toitu vastav loom on võimelin hankima ja kasutama. Võimalik on teha mõned üldistused loomade toitumiskohastumuste kohta ja sellest lähtuvalt jagada neid gruppidesse.

### *Väikeste osakeste söömine*

Väikeste osakeste söömist nimetatakse aeg-ajalt hõljumisöömiseks ja see esineb eranditult veeloomadel, kelledest suurem osa elab merekeskkonnas. See on sellepärast nii, et merevees võrreldes mageveega esineb rohkem toitu – bakterid, vetikad, väikesed selgrootud.

Selline toitumismeetod esineb väga laialdaselt, hõlmates esindajaid kõikidest hõimkondadest. Lihtsaim hõljumi söömine on fagotsütoos, mida kasutavad ainuraksed e. *protozoa*. Mikroskoopilisi toiduosakesi (bakterid ja vetikad) saab võtta otse rakku. Näiteks amööbide sedevakuoolid.

Paljud organismid kasutavad toiduosakeste püüdmiseks ripsmeid. On loomi, kes formeerivad limalõksu, mis hiljem koos sinna kinni jäänud osakestega ära süüakse. On loomi, kes kasutavad kombitsaid. Väga paljud loomad kasutavad toiduosakeste eraldamiseks mitmesuguseid filtreerimisaparate. Need on eelkõige planktonitoidulised loomad. On üsna tähelepanuväärne, et kõige suuremad loomad maal (sinivaalad ja vaalhaid) kasutavad toidu leidmiseks filtreerimismeetodit ja on planktonitoidulised ehk toituvad väikestest toiduosakestest. Samuti kasutavad filtreerimist mõned linnud, näiteks flamingo.

### *Suured toidupalad või toidumassid*

Suurte toidupalade söömiseks on olemas väga mitmesuguseid võimalusi. Näiteks süüa mitteaktiivseid toidumasse. Mõned loomad neelavad sedasama keskkonda, milles nad elavad ja seedivad sellest kõik, mis on organismi jaoks kasutatav. Näiteks vihmauss või hulkharijasuss.

Enamasti kasutavad loomad siiski mitmesuguseid mehhaanilisi toidu tükeldamise võimalusi (mälumine, kraapimine, rebimine). Näiteks teod kasutavad toidu hankimiseks spetsiaalselt selleks kohanenud keelesarnast hõõrlat. Osa loomi neelab toidu tervelt. Näiteid

selliste loomade kohta oskate kindlasti massiliselt tuua.

Tavaliselt on selliste loomade suus mingi mälumis(hammustamis)aparaat, mis võimaldabki toidu mehhaanilist tükeldamist.

Mõnedel loomadel hamabad puuduvad, kui toidu tükeldamiseks on erilised lihased kohad seedesüsteemis (lihasmagu), kus toidupalad peeneks hõõrutakse. Selliste loomade näideteks võib tuua vihmaussi ja linnud. Sageli on sellistes seedesüsteemides olemas ka pugu, kus toitu mõnda aega säilitatakse ja see eelnevalt pisut pehmeneb.

Herbivooridel harilikult palju toitu, kuid kalorsus suhteliselt väike. Lihatoidulistel toit väga kaloririkas, kuid raskesti kättesaadav ja ei ole garanteeritud.

Lihatoidulised kas närivad saagi tükkideks (kasslased), või neelavad tervelt alla (maod).

Hammaste defferentseerumine ja spetsialiseerumine on kõige selgemalt välja kujunenud imetajatel, aga samuti madudel. Madudel peamiselt mürgi viimiseks saaklooma.

### *Vedelikud*

Paljud looduses leiduvad vedelikud on väärtuslikud toiduobjektid. Vedelikest toituvad loomad on sageli väga tõsiselt spetsialiseerunud ja sageli on ka toitvat vedelikku pakkuvale organismile kasulikud. Kõikides eelnevates söömisviisides vastastikust kasu ilmselt ei eriti ole, kui ehk välja arvata seemneid levitavad linnud jms. Näiteks putukad, kes toituvad nektarist ja taimede õisi tolmeldavad. Samas on vedeliku sööjate seas ka palju parasiite, nagu lehetäid, kirbud, kaanid, lestad, sääsed jt.

Kõik imetajad alustavad oma elu vedelike söömisega. Vähem on teada mõnede linnuliikide võime toita oma poegi piimataolise sekreediga. Tuvidel tekib piimataoline sekreet pugus ja see oksendatakse välja järglaste toitmisel. Mis on kõige kurioossem, on see, et "linnupiima" eritamist stimuleerib täpselt sama hormoon, mis imetajaatelgi – prolaktiin. Selline järglaste piimaga toitmine on eeliseks seepärast, et vanemad ei pea muutma oma toitumistavasi, selleks et järglasi toita. Samuti on see teataval määral toidupuhvriks, kuivord toidu hankimine ei pruugi alati olla edukas. Järglased saavad oma osa ikkagi enam-vähem regulaarselt kätte. Kui võrrelda tuvi, imperaatorpingviini (söögitoru eritis) ja jänese piima koostist, siis leiame, et see on üsna sarnane.

Imetajate piima koostis on muidugi väga varieeruv. Valkude koostis sõltub sellest, kas järglane peab kasvama kiiresti või aeglaselt. Inimese piimas on näiteks ainult 1% valke. Rasvasisaldus varieerub 1% ahvidel kuni 50% vaaladel ja hüljestel (seda vaatame veeainevahetuse juures). Süsivesikute sisaldus võib muutuda nullist 7%-ni (hobusel). Süsivesikuid ei ole piimas kunagi rohkem, kui 7%. Miks? Suurem süsivesikute sisaldus

tekitaks olukorra, kuis piima osmootne kontsentratsioon tõuseks kõrgemale, kui vereplasmal ja teeks võimautuks piima sekretsiooni.

Ämblikel on hoopis eriline toidu omastamise meetod. Ämblike saakloomad on tihti suuremad, kui ämblik ise ja sageli kaetud kõva kitiinkestaga. Sellisest "konteinerist" toidu kätte saamiseks on ämblikud leidnud mooduse, kus ta pumpab seedeensüümid väikese augu kaudu saaklooma kehasse ja imeb pärast vedelaks muutunud saaklooma koed endasse. Samasugust meetodit kasutavad ka mõned putukad (stafüliniidid).

Paljud parasiidid elavad väga toitaineterikkas keskkonna ja on täielikult kaotanud seedeelundkonna. Kuivõrd nende peremeesorganismil on nii seedesüsteem kui ka seedeensüümid ja nad omastavad toitaineid otse keha seina kaudu. (Nagu ise elav sooltoru).

### *Lahustunud orgaaniline materjal*

Kuivõrd vees lahustunud orgaaniline aine on loomade poolt toiduks tarvitatav, on küsimus, millele on vastuolulised vastused. Ka eksperimentaalselt on seda raske uurida, kuna lahuste kontsentratsioon on väga väike. Kui panna loom sellisess vasilahusesse (normaalne ookeanivesi), siis satuvad kõik ained, mis vee leiduvad, ka looma kehasse. Kas sellisel teel omastatakse enam aineid, kui organism samal ajal eritab, on raske kindlask teha. On teada, et bakterid suudavad edukalt absorbeerida glükoosi või atsetaate väga lahjadest lahustest (1-10 mikrogrammi ainet liitris). Kuivõrd loomadel on raske eeldada mingi spetsiaalse mehhanismi olemasolu, mis võimaldaks lahjadest lahustest aineid omastada. Kasutades tänapäevaseid meetodeid (radioisotoobid jms.) on saadud siiski tulemusi, mis näitavad, et lahustunud ainete luurdesaamine veekeskkonnast on suurem, kui nende kadu. Ühes taolise uurimises testiti 21 loomaliiki 7 hõimkonnast. Katse tulemusena selgus, et kõik loomad, peale lüljalgsete, omastasid veest orgaanilisi aineid. Loomulikult on olemas teatav kontsentratsioonipiir, millest allapoole on orgaaniliste ainete kadu organismist suurem, kui omastamine, kuid tavalises merevees on orgaanilise aine kontsentratsioon palju suurem, kui loomadele omastamiseks vajalik.

See tähendab, et vees lahustunud ainete omastamine on võimalik ja katsetes oli loomadel sellise toitumise osatähtsus 3-10% ja isegi rohkem kogu vajalikust toidust. Kas on olemas loomi, kes ainult sellisest toidust elavadki, ei ole teada. Kahtlemata on vees lahustunud orgaanilise aine omastamisest kasu.

### *Toiduainete saamine sümbioosist*

Olete kindlasti kõik teadlikus samblikes sümbioosist (seende ja vetikad). Samblikes on sümbioosil palju võimalusi. On aga äärmiselt põnev, et selline sümbiootiline kooselu ei ole üksnes samblikes, vaid ka loomades. Seened on paljudes aspektides väga sarnased loomadele.

Seetõttu ei olegi vist nii üllatav leida sümbiootilist kooseli vetikate ja loomade vahel.

Mõnede selgrootute loomade rakkudes on leitud sümbiootilisi vetikaid. Need vetikad on väga olulised toitainetega varustajad, sest taoliselt võime konstateerida kõige lühema ja kiirema ja kõige lihtsama toiduahela olemasolu looduses fotosünteesist loomadele. Vetikad omakorda kasutavad ammooniumi, mis tekib looma biokeemilistes reaktsioonides. Taoline sümbioos taimede ja loomade vahel esineb ainuraksetel, käsnadel, korallidel, hüdradel, lameussidel ja (ranna)karpidel.

Taalise sümbioosi korral saab peremeesloom orgaanilist ainet (peamiselt süsivesikuid) otse elusalt taimerakkudelt neid hävitamata. Sellest aspektist vaadeldes on tegemist unikaalse toitumisprintsibiga, sest kõik eelpoolt toodud toitumidviisid eeldavad toiduobjektiks oleva organismi täielikku destruktsiooni.

Sümbioodi tähtsust on näidatud hüdradel võrreldes vetikatega hüdrasid vetikateta hüdradega. Vetikatega hüdrad taluvad palju paremini toidupuudust. Kui toitu anda piiratud koguses, kasvavad “rohelised hüdrad” kiiremini. Roheliste hüdrade hapnikutarvidus valges on väiksem, kui “kahvatutel hüdradel”.

Loomadest on leitud kahte vetikaterühma: rohevetikad (zooklorellid) ja pruunvetikad (zooksantellid). Peremeesloomale antav süsivesik on alati teistsugune, kui peamine vetikas sisalduv süsivesik. Zooklorellid näiteks sünteesivad ja kasutavad sahharoosi, peremehele aga annavad maltoosi või glükoosi.

Vetikate poolt peremehele antav orgaanilise aine hulk on tähelepanuvääriv. Rohelises hüdras elavad vetikad annavad 40-50% fotosünteesil fikseeritud süsinikust peremehele. Isegi, kui sellised vetikad peremehe rakust eraldada, jätkavad nad süsivesikute keskkonda eritamist. Eritavada aine kogus sõltub keskkonna pH-st. Kui pH=4.5, eritavad need vetikad 85% fotosünteesitud süsinikust. Aluselises keskkonnas väheneb eritavada aine hulk mõne protsendini. Sellised katsetulemused on andnud alust arvata, et peremeesloomal on nii võimalik “kontrollida” vetikate poolt eritavada süsivesiku kogust muutes rakusisest pH-d.

Kui zooksantellid isoleerida oma peremehest ja kasvatada merevees, siis nad eritavad samuti süsivesikuid keskkonda, kuid peremeeslooma kudede homogenaadi lisamine suurendab eritust. Näiteks ühest karbiliigist (*Tridanca*) isoleeritud zooksantellide kultuurile lisatud peremeeslooma kudede homogenaat suurendas süsivesikute eritamist 16 korda. See ei ole siiski universaalne nähtus, sest hüdrast isoleeritud Zooklorellid on peremehe “lõhna” suhtes tundetud.

#### *Toit maa sisemusest*

Kõik elusorganismid maal ei sõltu päikesevalgusest. Süvamerebioloogid on leidnud rikkaid

loomakooslusi paljudes kohtades süvameres, kus nende eksistents on täiesti sõltumatu tavalistest, fotosünteesil baseeruvatest toiduahelatest. Sellises kooslused esinevad vulkaanilise aktiivsusega piirkondades. Maakoos on sellistes kohtades õhuke ja magma poolt kõrge temperatuurini üles kuumutatud. Niipea, kui vesi puutub kokku sellise pinnaga, tõuseb ta kohe üles nagu kuumaveeallikates. Paljudes sellistes kohtades on temperatuur üksnes mõned kraadid ümbrusest kõrgem (+2 °C). On ka kohti, kus veetemperatuur tõuseb 350 °C-ni, kuid keema see ei hakka, sest ta on väga kõrge rõhu all. 2500 m sügavuses on veerõhk ligikaudu 250 atmosfääri.

Selliseid kohti ümbritsevad loomade kooslused, kus elavad karbid, mereteod, krabid, habeloomad ja ainuõssed. Paljud nendest loomadest kasvavad väga suureks. Karbid võivad olla kuni 30 cm suured ja mabeloomad (*Pogonophora*) rohkem, kui 2 m pikad. Enamus nendest loomadest on endeemid.

Selliseid kohti on leitud süvameres Jaapani ranniku lähedal, Atlandi keskel ja Mehhiko lahes. Senimaani on sealt kirjeldatud 16 uut loomaperekonda.

Kuidas on võimalik, et elu toimub täielikus pimeduses mitmetuhande meetri sügavusel? Sinna ei tungi valgus ja seal ei ela rohelisi taimi. Orgaanilisest ainest, mis sadeneb pindmistest kihtidest, jõuab nii sügavale murdosa. Soojadest kohtadest eemal on elusorganismide asustus väga hõre. Soe vesi iseenesest ei saa olla loomadele energiaallikaks. Loomad vajavad toitu. Vastus sellele küsimusele on üks loomafüsioloogia fundamentaalsemaid küsimusi.

Hüdrotermiline vesi sisaldab palju lahustunud mineraale ja eriti palju vesiniksulfiidi (H<sub>2</sub>S). Seal, kus selline vesi seguneb hapnikurikka ookeaniveega, on rikkalik bakteritekooslus, kes saab oma energia vesiniksulfiidi oksüdeerimisega. Filtrerivad loomad söövad neid baktereid ja krabid teisi loomi. Nii algab sellistes kohtades toiduahel bakteritest ja baseerub keemilisel energial.

Nende loomadega on seotud veel üks fenomen. Mõnedel karpidel on määratud nende vanus. Ühe karbi puhul leiti, et see kasvab 4 cm aastas diameetrilt ja seob igal aastal 20g kaltsiumkarbonaati. 6,5 aastaga saavutas ta pikkuseks 22 cm. Võrreldes sellist tulemust teiste süvamerekarpidega, on see hämmastavalt intensiivne kasv. Näiteks teisel süvamere liigil, kes ei ela sooja vee juures, läheks tarvis 100 aastat taolise suuruse saavutamiseks. Paljud taolised loomad kasutavad ka sümbioosi bakteritega (habeloomad).

## Seedimine

Seedimise peamiseks eesmärgiks on lagundada suure ja keerulised orgaanilise aine molekulid selliselt, et nad oleksid absorbeeritavad ja kasutatavad. See lagundamine toimub seedesüsteemis ensüümide abil.

### *Rakusisene ja rakuväline seedimine*

Seedimine võib toimuda rakkudes või ka väljaspool rakkusid. Ainuraksed organismid tavaliselt seedivad toitu rakusiseselt. Samuti toimivad käsnad, mõned ainuõssed, ktenofoorid ja ripsussid. Sageli oimub see ka loomadel, kes üldjuhul seedivad toitu rakuväliselt. Näiteks karpide seedesüsteemi rakud võtavad tihti väikseid toiduosakesi rakkude sisse ja seedivad neid seal.

Ainuõssedel toimub esmane seedimine kehaõõnes ja hiljem võetakse poolseedunud osakesed rakkudesse, kus need lõplikult lagundatakse.

Puuduseks on see, et rakusise seedimise puhul keskkond on kõikidele ensüümidele ühesugune, kuigi erinevate ensüümide näiteks pH optimumid võivad erineda. Rasvade süsivesikute ja valkude seedimine toimub ühesuguses keskkonnas ja eriline spetsialiseerumine ei ole võimalik. Toiduosakeste suurus, mis rakusiseselt seeditakse on limiteeritud. Ainuraksed saavad neelata osakesi, mis on tunduvalt väiksemad, kui nad ise.

Rakuvälisel seedimisel on teatavad eelised rakusise seedimise ees, kuna võimaldab lagundada suhteliselt suuri toiduosakesi. Rakuväline seedimine on tavaliselt seotud keerulisema seedeelundkonnaga, kuhu eritatakse vajalikud seedeensüümid. Seedesüsteemil võib olla üks avaus või ka kaks avaust. Ühe avuse puhul (ainuõssed, lameussid) väljutatakse toidujäägid sama teed mööda, kust nad sisse tulid. Samas on välistatud uue toidupala neelamine enne, kui seedimine pole lõpetatud. Kahe avusega seedesüsteem võimaldab rakendada keerulisemat ja efektiivsemat seedimissüsteemi. Toit neelatakse suu kaudu ja ta läbi terve seeria mõjutusi seedeensüümide jt. tegurite poolt. Edasi toitained absorbeeritakse ja seedimata osakesed väljutatakse päraku kaudu. Selliselt on võimalik toitu neelata ka siis, kui seedimine käib ja seedepärotsesse ei häirita. Toid liigub ainult ühes suunas.

### *Ensümaatiline seedimine*

Enamus toiduaineid koosnevad suurtest molekulidest (valgud), vees lahustumatutest (rasvad) või suurtest ja vees lahustumatustest ainetest (tärkliis, tselluloos). Enne, kui neid ühendeid loomorganismid kasutada saavad, tuleb need lagundada väikesteks vees lahustuvateks molekulideks. Nende kõikide ainete lagundamine seob vett ja nimetatakse sellepärast hüdroloüüsiks. Hüdroloüüs on spontaanne reaktsioon ja selles protsessis vabaneb energiat soojuse näol. Toiduainete spontaanne hüdroloüüs on aga väga aeglane protsess ja vajab kiirendamist ensüümide poolt. Kõik ensüümid on valgud, paljud on eraldatud ja nende toimet on väga põhjalikult uuritud. Valke lagundavad pepsiin (maos) ja trüpsiin (pankreasest). Lipaas (pankreas) rasvu.

Valkude lagundamine selgrootutel, sõltumata sellest, kas see on rakusisene või rakuväline, toimub põhimõtteliselt samuti nagu selgroogsetel. Välja arvatud, et selgrootutel ei ole pepsiinitaolisi ensüüme, mis toimiksid happelises lahuses. Ka teiste ensüümide struktuur ei ole alati indente, kuid toimemehhanismid on sarnased. Rasvade lagundamine toimub selgrootutes ja selgroogsetes sarnaselt. On veel üks klass rasvaineid, mida nimetatakse vahadeks. Peame eelkõige silmas mesilasvaha jt. looduslikke vahasid. Inimesele ja enamusele maismaaloomadele on see seedimatu. Ometi on terve hulk loomi, kes vaha söövad. Olgu näiteks vahaleedik röövik, üks Lõuna-Aafrika lind – meenäitur. Meenäituri soolestikus on siiski sümbiontsed bakterid kes vaha lagundavad.

Vaha on valkude ja rasvade kõrval äärmiselt tähtis toiduaine mereloomadel. Vahasid leidub paljudes mereloomades: molluskid, krevetid, mereroosid, korallid, kalad. Põhilised vahatootjad ehk teadusekeles põhiline vaha primaarproduktioon mereökosüsteemis tuleb väikestelt planktilistelt vähilaadsetelt, eriti kopepoodidelt. Mõnedes nendel võib vaha sisaldus kuivkaalus ulatuda kuni 70%-ni. Kopepoodid toituvad fütoplanktonist, mis ei sisalda vahasid, see tähendab, et vahad sünteesitakse nende väikeste vähilaadsete poolt. Vahade roll mereökosüsteemi toiduahelas on kaugelt suurem, kui varem arvati. On hinnatud, et ligikaudu poolt fotosünteesi produktioonist maal muudetakse vahadeks.

Nii on kaladel seedetraktis, kes kopepoodisest toituvad (heeringas, anshovis, sardiinid), olemas ensüümid, vahade lipaasid, mis neid vahasid lagundavad. Samas leidub väga erinevaid vahasid paljudes teistes mereloomades, isegi vaalades. Seetõttu vajab vahade lagundamise küsimus edasist uurimist. Ka merelindudel, kes toituvad vaharikastest organismidest, lagundatakse vahad seedetraktis. Kokkuvõtteks võib öelda, et on olemas suur hulk loomi, kes kas ise või sümbiontide abiga suudavad vahasid lagundada, kuid vahad ei ole universaalne toiduaine.

Süsivesikute seedimine on sarnane kõikides loomades. Lihtsuhkruid saab otse kasutada, di- ja polüsahhariidid lagundatakse. Üheks väga oluliseks varuaineks taimedes on tärklis. Tärklis on amülaasil tärklis lihtsam lagundada, kui tärklis on eelnevalt kuumutatud. Seetõttu inimesed kuumutavad tärklis sisaldavaid toiduaineid. Amülaas sisaldub süljes. Sülje üheks peamiseks ülesandeks on talitleda määrdeainena, st. teha toit libedaks, et lihtsustada neelamist.

Sülg võib sisaldada ka toksiine (maod) või antikoagulante (verimevad putukad), anesteetikuid (verdimevad nahkhiire, putukad).

### *Puit toiduainena*

Puit on maailma kõige enim müüdav materjal. Taimede kõige tähtsam osa on tselluloos. See on glükoosi polümeer, mis on lahutsumatu ja vastupandav paljudele kemikaalidele. Kuigi



paljud selgroogsed loomad sõltuvad otseselt tselluloosist kui nende peamisest energiaallikast, ei sünteesi nende endi seedesüsteem tsellulaase. Tsellulaase on kirjeldatud paljude selgrootute loomade seedetraktis. Sageli toimub tselluloosi seedimise sümbiontsete mikroorganismide abil.

### *Selgrootute tselluloosi seedimine*

Seda, kas tsellulaase toodetakse looma seedesüsteemis, või sümbiontsete mikroorganismide poolt, on sageli raske kindlaks teha.

*Teod.* On peaaegu üldtunnustatud fakt, et viinamäetigu *Helix pomatia* seedesüsteem sünteesib tsellulaasi ja seedib tselluloosi. Samas, uurides tänapäevaste meetoditega viinamäeteo seedesüsteemi ekstrakti, ei ole seal leitud mingit tsellulaasi. See jällegi viitaks sümbiontsetele mikroorganismidele. Samas ei tõesta ka see fakt, et seedesüsteem ei sünteesi tsellulaasi.

Laevaohardi (*Teredo*) on teine looma, kelle võimet ilma “abilisteta” seedida tselluloosi, on aktsepteeritud. Tõepoolest, laevaohardi soolestikust on leitud tsellulaase ja soolestikuekstraktid vabastavad tselluloosist suhkrumolekule ja ei ole ka leitud soolestikust sümbiontseid, tselluloosi lagundavaid baktereid. Siiski ei tähenda mikroorganismide puudumine nn. eksperimentides veel seda, et elaval organismil neid ei pruugiks olla. Kui me kujutame ette 20. sajandi 50 aastatel tehtud soolesisu analüüsi, siis kõigepealt loom tapeti, uhmerdati soolestiks peeneks ja analüüsiti. Loomulikult on vähe tõenäoline seal midagi elusat leida. Hilisemates uurimistes on ka laevaohardi soolestikust kultiveeritud tselluloosi lagundavaid baktereid. Samas ei tea me kunagi öelda, kas see on juhus või mitte. Ei ole ju võimalik läbi uurida k õiki karbipopulatsioone.

*Majasoomukas.* Majasoomuka soolestikust ei ole leitud tselluloosi lagundavaid mikroorganisme. Samuti on nende sooltest leitud tõelist tsellulaasi. Samas ei suuda majasoomukas pikemat aega elada ainult tselluloosidieedil.

Majasoomukaga on tehtud päris hoolikaid katseid. On kasvatatu üles täiesti sümbiontideta isendid ja tõepoolest, ka need suudavad seedida tselluloosi.

*Termitid.* Termitidel on sümbiontsete mikroorganismide olemasolu seedesüsteemis väljaspool kahtlust. Seal on palju viburloomi ja baktereid, kes lagundavad tselluloosi. Kuivõrd termitid toituvad ainult puidust, siis on nende soolestikus ka hulgaliselt teisi sümbionte tagamaks valkude jt. vajalike toitainetega varustamise.

### *Selgroogsete tselluloosi seedimine*

*Mäletsejad.* Mäletsejate magu koosneb paljudest osadest. Selle kohta, kuidas toimub mäletsejate seedimine, on olemas palju eestikeelselt materjali ja selle loete ise. Mitemäletsejad on kõik ülejäänud. Alati kasutatakse sümbiontseid mikroorganisme. Tavaliselt asuvad mikroorganismid seedesüsteemiesotsas.

*Glükoneogenees maksas.* Kuna sümbiontsed mikroorganismid kasutavad enamuse süsivesikutest ise ainevahetuse käigus ära, siis mäletsejatel on vajadus kuskilt neid aineid kompenseerida, eriti veel sellepärast, et aju saab kasutada oma energiavajaduste rahuldamiseks energiat ainult süsivesikutest (miks?). glükoosi produtseeritakse vabadest rasvhapetest, mis on produtseeritud sümbiontsete mikroorganismide poolt.

On ka loomi, kus tselluloosi lagundamine sümbiontsete mikroorganismidega toimub seedesüsteemi lõpuosas. See tekitab vajaduse koprofaagiaks, ehk näiteks jäneseid, närilised peavad sööma iseenese väljaheiteid. Loomulikult näeme metsas igal pool jänese-pabulaid. Neid enam ei süüa. Koprofaagidest selgroogsetel on kahte tüüpi väljaheiteid. Need väljaheited, mida süüakse, neelatakse otse pärakust väljumisel ja hoitakse seedesüsteemis (maos) esmaselt neelatud toidust eraldi.

## Toitained

Toitu on oomadele vaja kahel eesmärgil:

- toidust saab energiat (see vabaneb kõikide põhiliste toitainete, valgud, rasvad, süsivesikud lagunemisel); Organismi energiavajadus peab olema kaetud toiduga. Söödava toidu hulk sõltub üldiselt looma energiavajadusest ja toidu koostisest. Enamuse loomade energiavajaduse suudaks rahuldada üksnes glükoos.
- organismile vajalikke aineid (aminohapped, vitamiinid, mineraalained). Aminohapete- ja vitamiinidega peaks olea suhteliselt selge. Mida looma organism või sümbiondid ei sünteesi, need peab saama toiduga. Samuti on vajalik teatavate mikroelementide olemasolu toidus.

## *Keemiline kaitse ärasöömise vastu*

Üks võimalus vältida kellegi poolt ärasöömist, on teha ennast mitesöödavaks. See lihtne printsiip on taimede ja loomade seas vägagi levinud. Kõige levinud meetod on mürgiste ainete kasutamine. Väga paljud taimed seda kasutavad. Samas ei ole praktiliselt taimi või teisi elusorganisme, kellel täielikult puuduksid looduslikud vaenlased. Mürkainete sünteesi kasutavad ka paljud loomad.

*Taimemürgid.* Mitmesugused taimedes sisalduvad ained mõjutavad praktiliselt kõiki füsioloogilisi süsteeme. Nad võivad mõjuda nahale, seedesüsteemile, verele, närvisüsteemile, ainevahetusele, söögi toiduväärtusele, hormonaalsele ja reproduktiivsüsteemile.

*Alkaloidid.* Alkaloidid on keemiliselt üsna mitmesugused. Nende seas on mitmeid tõsiseid selgroogsete loomade närvimürke. Näiteks oopium, nikotiin, strühniin, kuraare.

*Glükosiidid.* Üks enim teada aine on digitalis, mis on üledoseerimisel letaalne (mõjutab südame tööd). Amügdaliin on aine mida leidub kirsi, aprikoosi, ploomi ja vähesel määral ka õunaseemnetes. Tema hüdroolüüsil vabaneb tsüaniid. On teada juhus, kus inimene, kellele maitseid õunaseemned, kogus neid kokku terve klaasitäie, sõi need kõik ära ja suri tsüaniidimürgistusse.

Paljudes troopilistes maades laialt toiduks kasutavad maniokk sisaldab nii palju tsüaniide, et isege selle toiduks valmistamine on ohtlik. Mugulaid leotatakse enne toiduka valmistamist pikalt vees ja mõnedes suhkrurudes on selle toidu valmistamine jäetud üksnes vanade inimeste tööks. Ilmselt selle pärast, et nad ei ole tormakad.

Huvitav on fenomen, et mõned inimesed tunnevad tsüaniidil tugevat mõrumandlilõhna. Teiste inimeste jaoks on tsüaniid täiesti lõhnatu.

*Õlid ja vaigud.* Üheks näiteks on mariuhaana ja kannabis, mis mõjutavad närvisüsteemi. Teisald on siin palju aineid, mis mõjutavad seedesüsteemi või ka muid mõjusid.

*Oblikhape.* Oblikhappe mõju on kaudne. Sidudes kaltsiumi lahustumatuks kaltsiumoksaaladiks väheneb kaltsiumi kontsentratsioon veres, mis omakorda põhustab närvide töös häireid, lihaskrampe ja neerukahjustusi. Meil kasvavatest taimedest (rabarbed, spinat ja oblikas) ei kujuta mõõduka tarbimise juures ohtu. Näiteks rabarberi lehed on suurema oblikhappesisaldusega, kui varred ja võivad endast ohtu kujutada. Lääne-Ameerikas on aga üks taim, mille nimeks on Halogeton ja mille oblikhappe sisaldus on üle 30% kuivmassist. Karjakasvatajatele on see probleemiks.

*Ensüümide inhibiitorid.* Paljud taimed sisaldavad aineid, mis inhibeerivad trüpsiini toimet. Neid esineb eelkõige liblikõieliste perekondades. Näiteks sojaubades, maapähklites jt. taimedes.

Enamus trüpsiiniinhibiitoritest lagunevad kuumutades. Sega ei kujuta nad inimesele suurt ohtu. Samas neile loomadele, kes söövad kuumutamata toitu, kujutab selline toit ohtu.

*Hormonaalsete efektidega taimed.* Paljud ristõielised taimed sisaldavad sinepiõli, mis ise on ärritav ja suurtes kogustes võib olla fataalne. Peale selle sisaldavad nad aineid, mis pärssivad kilpnäärme talitust ja võivad põhjustada struumat.

*Loomade sigimist mõjutavad ained.* Paljud taimed sisaldavad loomade hormoonanalooge. Näiteks putukate juveniilhormoone või juveniilhormooni toimet pärssivaid aineid. Ka selgroogsete sigiminst mõjutavaid taimseid aineid on olemas. Näiteks mitmete liblikõieliste

taimede sees on aineid, mis omavad östrogeenset aktiivsust. Seda on eriti hästi uuritud Austraalias, kus mõnedes piirkondades hakkasid lambad halvasti sigima. Californias ariidsetes regioonides kasvavad taimed produtseerivad kuivadel aastatel palju östrogeeni, mis viib ka lehti söövate vuttide sigivuse alla. Vähendades selliselt järglaste hulka, kellele niikuinii toitu ei jätkuks. Normaalse verehiimi korral on taimede östrogeenisaldus väike ja vutid sigivad normaalselt.

*Loomade poolt kasutatavad taimemürgid.* Asklepias (angervarreline) sisaldab südameglükosiide. Lisaks südametegevuse tmõjutamisele, avaldab see aine ka oksendavat mõju. Tavaliselt hakkab seda taime söönud looma oksendama ja jääb siiski ellu.

Vaatamata selle taime toksilisusele, on terve hulk liblikaid, kes sellel taimel toituvad, näiteks monarhliblikas. Putuktoidulised loomad ei söö selliseid putukaid, kuna nad on akumulbeerinud suure hulga mürgiseid aineid. Kui näiteks mõni lind sööb ära kasvõi ühe monarhliblika, siis tekivad tal tõsised probleemid. Mitte ainult putukad ei kasuta sellist moodust. Ka mereloomade seas on selline kaitsemoodus kasutusel. Näiteks mõned mereteod söövad meripõisi (*Physalis*), kes on väga mürgine meduus. Kui teod söövad ta nematotsüste, siis need millegipäras ei avane, vaid akumulbeeritakse teo kudedes. Kes ka iganes sellist tigu sööks, teeb seda viimast korda.

*Loomad, kes kasutavad omaenda mürke.* Loomad sünteesivad ka ise mitmesuguseid mürke. Maod, skorpionid, ämblikud, mesilased, herilased. Need on tavalised näited. ON ka ebatavalisemaid näiteid tuhatjalgade poolt ärritamisel eraldatud vesiniktsüaniid, või keemilise aerosooli kujur pritsitav 100 kraadine vedelik paugujooksikul. Paugujooksiku tagaleha tipul on kaks reservuaari, millse ühes on hürdokinoon ja vesinikperoksiid. Teises katalaaside ja peroksidaaside segu. Kui mardikat ärritada, segab ta mõlemast natuke kokku ja tulemus pritsitakse mardika poolt soovitud suunas.