

## Sisällysluettelo:

- 1** **Biologian sovellukset ovat yhä moninaisempia**
- 2** **Bakteerit ja arkeonit ovat tumattomia mikrobeja**
- 3** **Tumallisiin mikrobeihin kuuluu eliöitä alkueliöiden ja sienten kunnista**
- 4** **Virukset lisääntyvät soluissa**
- 5** **Mikrobeja ja entsyymejä käytetään bioteollisuudessa**
- 6** **Geenitekniikalla tutkitaan ja muokataan perimää**
- 7** **Eliöiden geenejä siirretään, muokataan ja poistetaan**
- 8** **Jalostus on ihmisen ohjaamaa evoluutiota**
- 9** **Geenitekniikka on muuttanut jalostusta**
- 10** **Lääketeollisuudessa käytetään biotekniikkaa**
- 11** **Uusia diagnoosi- ja hoitomenetelmiä kehitetään jatkuvasti**
- 12** **Biologista tietoa käytetään yksilöntunnistuksessa**
- 13** **Biologian sovellukset auttavat ihmistä ja ympäristöä**

## Tehtävien vastaukset s. 13

### 1. Käsitteet

- a – 5 biotalous: Erilaisia ratkaisumalleja, joilla pyritään vähentämään riippuvuutta uusiutumattomista luonnonvaroista.
- b – 6 biotekniikka: Tekniikkaa, jossa käytetään eliöitä, soluja tai orgaanisia molekyylejä.
- c – 2 geenitekniikka: Biotekniikan osa-alue, jossa tutkitaan ja muokataan perimää.
- d – 4 systeemibiologia: Biologian tutkimusalue, jossa pyritään yhdistämään tiedot solujen ja yksilöiden toimintamekanismeista kokonaisuudeksi.
- e – 3 mikrobiologia: Biologian osa-alue, jossa tutkitaan mikroskooppisen pieniä eliöitä ja viruksia.
- f – 1 synteettinen biologia: Biologian monitieteinen tutkimusala, jossa pyritään suunnittelemaan uusia molekyylejä ja rakenteita.

### 2. Mediaseuranta

Opiskelijan oma vastaus.

### 3. Samaa vai eri mieltä

Opiskelijan oma vastaus.

### 4. Väittämiä

Väittämiä voi perustella monella eri tavalla, mutta seuraavassa esimerkkejä.

- a. Biologista tietoa sovelletaan maataloudessa ja kalastuksessa eli ravinnontuotannossa, joka on keskeinen osa ihmiskunnan selviytymisessä. Myös lääketiede perustuu biologisen tiedon soveltamiseen. Kaikki tutkimus ja tiedon soveltaminen, mikä liittyy elolliseen luontoon, on biologisen tiedon soveltamista.

- b. Insinööritieteissä, kuten rakentamisessa, käytetään hyväksi eliöiden rakenteita ja rakenteiden toimintaa. Myös tietokoneiden kehittämisessä hyödynnetään tietoja esimerkiksi hermosolujen toiminnasta.
- c. Erityisesti tutkittaessa eliöitä tarvitaan kemiaa, fysiikkaa ja biologiaa. Tutkittaessa eliöitä tarvitaan tietoa kemiallisista yhdisteistä ja niiden reaktioista, solujen ja soluelinten rakenteesta sekä solujen välisestä viestinnästä. Suurten tietomäärien käsittelyyn tarvitaan tietoteknistä osaamista. Matemaattisten mallien avulla lasketaan esimerkiksi sairauksien leviämismalleja. Yhdistämällä eri tieteenalojen asiantuntemus saadaan monipuolista tutkimustietoa.

### 5. Muovia syövät toukat

- a. Tutkija sulki muovipussiin toukkia, jotka oli löytänyt puhdistessaan mehiläispesää. Toukat söivät muovipussin auki, ja pääsivät pussista ulos.
- b. Muovijäte on suuri ongelma maailmanlaajuisesti. Toukat voisivat olla osa ratkaisua, jolla muovijätettä hävitetään.
- c. Jos toukat käyttävät muovin hajottamiseen yhtä tiettyä entsyymiä, siitä voidaan valmistaa muovia hajottavaa ainetta. Toukkia voitaisiin käyttää myös syömään muovia esimerkiksi suurissa tankeissa.
- d. Jos toukkia laitettaisiin luontoon hävittämään muovia, voi ekosysteemissä tapahtua muutoksia. Ei tiedetä, kuinka ne vaikuttavat ravintoketjuihin. Tästä syystä entsyymin käyttö olisi turvallisempaa.

### 6. Innovaatioita

Opiskelijan oma vastaus.

### 7. Haastattelututkimus bioteknologiasta

Opiskelijan oma tutkimus. Suunnittelun mallina voi käyttää seuraavaa lomaketta.

## Bioteknologiaan liittyvä kysely

Sukupuoli:  nainen  mies  muu

Ikä:  alle 15 v.  15–19  20–30  31–50  yli 50

Ammatti  opiskelija/lukiolainen  muu, mikä \_\_\_\_\_

a. Määrittele seuraavat käsitteet 3–4 sanalla.

Geeni

---

---

Kloonaus

---

---

Kantasolu

---

---

Geeniruoka

---

---

Geenitesti

---

---

DNA-tunniste

---

---

Geenihoito

---

---

b. Kerro enintään kahdella lauseella, mitä sinulle tulee mieleen sanasta ”bioteknologia”.

---

---

---



## Tehtävien vastaukset s. 31

### 1. Bakteerit

- a – 4** Antibioottiresistenssigeenit syntyvät geenimutaatioiden tuloksena.
- b – 5** Ihmisen suolistossa elää bakteereja, jotka valmistavat K-vitamiinia.
- c – 6** Hernekasvien juurinyströissä elää bakteereja, jotka sitovat ilmakehän typpikaasua ja antavat sitä kasvin käyttöön.
- d – 2** Syanobakteerit ovat ainoita omavaraisia bakteereja, jotka pystyvät yhteyttämään fotosynteesin avulla.
- e – 1** Ennen bakteerin jakautumista sen perintöaines eli kromosomin ja plasmidien DNA kahdentuu, niin että uusiin bakteereihin saadaan sama perintöaines kuin mikä alkuperäisessä bakteerissa on.
- f – 3** Sairaalabakteeri on resistentti monelle eri antibiootille, ja se on kehittynyt rekombinaation tuloksena. Yksi bakteeri voi saada useita resistenssigeenejä kolmen rekombinaation tavan, transformaation, konjugaation tai transduktion avulla.

### 2. Bakteerien ja arkeonien vertailua

piirre	bakteerit	arkeonit
ribosomeja	X	X
yksi kromosomi	X	X
soluseinässä mureiinia	X	
geeneissä introneita		X
silmukointikoneisto		X
plasmideja	X	X
DNA pakattu histoniproteiinien avulla		X
lisääntyvät jakautumalla	X	X
osa taudinaiheuttajia	X	
kemosynteesiä	X	X
fotosynteesiä	X	
osa mutualistisissa suhteissa muiden eliöiden kanssa	X	X

### 3. Eliöiden evoluutio

**Ilmakehän synty:** kun syanobakteerit alkoivat yhteyttää fotosynteesin avulla, lisääntyi hapen määrä kaasukehässä. Happi reagoi kaasukehässä olleiden kaasujen kanssa, ne hävisivät ja kaasukehä alkoi kehittyä nykyisenkaltaiseksi ilmakehäksi.

**Otsonikerroksen synty:** syanobakteerien fotosynteesissään tuottamasta hapesta alkoi syntyä ylempänä ilmakehässä otsonikerros.

**Tumallisen solun synty:** viherhiukkaset ja mitokondriot ovat alun perin olleet itsenäisiä bakteereja

**Kasvien evoluutio:** kasvisolun synty ja kasvien mutualistiset suhteet mikrobien kanssa (esim. hernekasvit ja niiden juurinystyräbakteerit)

**Ihmisen evoluutio:** sopeutuminen uudenslaisiin mikrobiympäristöihin

### 4. Bakteerisolun ja sen osat

- Kuvan solu ei ole kasvisolu, koska siinä ei ole tumakotelo, viherhiukkasia, mitokondrioita, solunesterakkulaa, solulimakalvostoa, Golgin laitetta, peroksisomeja.
- Kuvan solu ei ole eläinsolu, koska siinä ei ole tumakotelo, keskusjyväsiä, mitokondrioita, solulimakalvostoa, Golgin laitetta, peroksisomeja, lysosomeja.
- Kuvan solu ei ole sienisolun, koska siinä ei ole tumakotelo, mitokondrioita, solulimakalvostoa, Golgin laitetta, peroksisomeja, lysosomeja.
- Kapseli suojaa bakteeria ja auttaa sitä kiinnitymään alustaansa.
- Plasmidi on rakenteeltaan DNA:ta, ja siinä on osa bakteerin geeneistä.
- Ribosomissa rakennetaan aminohappoketjuja bakteerin translaatiassa.
- Soluhengityskalvostolla tapahtuvat aerobisten bakteerien soluhengitysreaktiot.

### 5. Elintarvikkeiden säilöntä

- a. Sokerointi: liuoksen osmoottinen väkevyys on suurempi kuin bakteerisolujen sisällä, minkä seurauksena osmoosi tapahtuu bakteerisolujen sisältä ympäröivään liuokseen ja bakteerit kuivuvat ja kuolevat.
- b. Suolaus: liuoksen osmoottinen väkevyys on suurempi kuin bakteerisolujen sisällä, minkä seurauksena osmoosi tapahtuu bakteerisolujen sisältä ympäröivään liuokseen ja bakteerit kuivuvat ja kuolevat.
- c. Pakastaminen: bakteerien aineenvaihdunta hidastuu ja ne muuttuvat lepoitiöiksi.
- d. Jääkaappisäilytys: bakteerien aineenvaihdunta (esimerkiksi entsyymien toiminta) hidastuu.
- e. Tyhjiöpakkaaminen: aerobiset bakteerit eivät saa soluhengitykseen tarvitsemaansa happea, niiden energiantuotanto lakkaa ja ne kuolevat.
- f. Etikan käyttö: liuoksen pH muuttuu bakteerien entsyymien kannalta epäedulliseksi, ja bakteerien aineenvaihduntareaktiot pysähtyvät.
- g. Kuumennus: bakteerien proteiinit (esim. entsyymit, solukalvoproteiinit) denaturoituvat ja bakteerit kuolevat.
- h. Kuivaaminen: bakteerien aineenvaihduntareaktiot lakkaavat veden puutteen vuoksi ja bakteerit muuttuvat lepoitiöiksi.

### 6. Hiirikokeita

- a. R-kannan bakteerit eivät olleet tappavia, S-kannan bakteerit olivat.
- b. Koska S-kannan bakteerit oli tapettu. Ne eivät enää pystyneet tuottamaan hiirelle vahingollista myrkkyä aineenvaihdunnassaan.
- c. Elävät R-bakteerit olivat ottaneet sisäänsä kuolleiden S-bakteerien geenejä (plasmideissa tai kromosomin paloissa) eli oli tapahtunut transformaatiota. Joku tai jotkin näistä geeneistä olivat sellaisia, joiden ilmenemisen tuloksena R-kannan aiemmin vaarattomissa bakteereissa syntyi hiirelle tappavaa myrkkyä.



## 7. Erytromysiini ja bakterit

a.

Kun erytromysiinin käyttö on aloitettu vuonna 2001, on sille vähitellen kehittynyt resistentti bakterikanta. Resistenssi on ollut huipussaan vuonna 2005.

Kun erytromysiiniä on alettu käyttää, valinta on suosinut niitä bakteereja, joissa on tapahtunut erytromysiinille resistenssin antava geenimutaatio. Resistentit bakterit ovat lisääntyneet, ja bakterit ovat kuolleet, joilla ko. resistenssigeeniä ei ole.

Kun erytromysiinin käyttöä on vähennetty (vähimmillään vuonna 2008), on myös erytromysiinille resistenttien bakterien määrä vähentynyt. Kun bakterit eivät enää altistu erytromysiinille, resistenssigeeni häviää nopeasti bakteripopulaatiosta.

b.

Antibioottiresistenssigeeni syntyy geenimutaation tuloksena. Koska bakterit ovat haploidisia, myös resessiiviset geenimutaatiot ilmenevät heti.

Valinta suosii antibioottia käytettäessä niitä bakteereja, joissa on resistenssigeeni kyseistä antibioottia vastaan. Resistentit bakterit jäävät henkiin ja lisääntyvät nopeasti. Ne bakterit, joissa kyseistä resistenssigeeniä ei ole, kuolevat.

Bakterit voivat saada resistenssigeenejä muilta bakteereilta rekombinaation avulla.

Rekombinaatiotapoja on kolme:

1. Transformaatio: elävä bakterit ottaa sisälleen kuolleesta bakterista vapautuneita plasmideja ja kromosomin paloja. Uudet kromosomin palat korvaavat bakterissa alkuperäisen kromosomin palat.
2. Konjugaatio: luovuttajabakterit siirtää kahdentutta perintöainestaan (esim. plasmidin) piluksen kautta vastaanottajabakteriin.
3. Transduktio: bakteriofagi kuljettaa kromosomin palan bakterista toiseen. Siirtynyt kromosomin pala korvaa uudessa bakterissa alkuperäisen kromosomin palan.

Rekombinaation avulla yksi bakterit voi saada resistenssigeenejä monia eri antibiootteja vastaan.

- c. Sairaalabakteerilla tarkoitetaan sairaalassa kehittyntä, monelle antibiootille resistenttiä bakteerikantaa.
- d. Välttämällä turhien antibioottien käyttöä, syömällä tautiin määrätty antibioottikuuri loppuun asti, eristämällä sairaalassa sairaalabakteerin kantaja muista potilasta, hyvällä hygienialla (esim. käsihygieniä), desinfioidulla.

### 8. Bakteeritutkimus

Tutkimustehtävä. Ei mallivastausta.

### 9. Liisan sairaskertomus

- a. Antibiootit ovat homeiden valmistamia aineita, joita ne käyttävät puolustautumisessa bakteereja vastaan. Nykyisin antibiootteja valmistetaan teollisesti.

Antibiootit häiritsevät bakteerien aineenvaihduntaa, esimerkiksi niiden proteiinisynteesiä tai soluseinän rakentumista, mikä johtaa bakteerien kuolemaan.

- b. Maanantai-iltapäivällä bakteeri oli resistentti antibiootille D.  
Maanantai-iltana ennen sairaalasta lähtöä bakteeri oli resistentti antibiooteille A ja D.  
Tiistai-iltana bakteeri oli resistentti antibiooteille A ja D.  
Torstaina bakteeri oli resistentti antibiooteille A, B ja D.

Bakteerin antibiottiresistenttiys näkyy diagrammissa siten, että bakteerit eivät kuole kyseiseen antibioottiin.

- c. Antibioottia B., koska se tuhoaa viljelmässä olevat bakteerit muutamassa tunnissa. Kaikkia muita antibiootteja vastaan bakteerit ovat resistenttejä.
- d. Antibiottiresistenssigeeni syntyy geenimutaation tuloksena. Koska bakteerit ovat haploidisia, myös resessiiviset geenimutaatiot ilmenevät heti.

Valinta suosii antibioottia käytettäessä niitä bakteereja, joissa on resistenssigeeni kyseistä antibioottia vastaan. Resistentit bakteerit jäävät henkiin ja lisääntyvät nopeasti. Ne bakteerit, joissa kyseistä resistenssigeeniä ei ole, kuolevat.

Bakteerit voivat saada resistenssigeenejä muilta bakteereilta rekombinaation avulla.

Rekombinaatiotapoja on kolme:

1. Transformaatio: elävä bakteeri ottaa sisälleen kuolleesta bakteerista vapautuneita plasmideja ja kromosomin paloja. Uudet kromosomin palat korvaavat bakteerissa alkuperäisen kromosomin palat.
2. Konjugaatio: luovuttajabakteeri siirtää kahdentunutta perintöainestään (esim. plasmidin) piluksen kautta vastaanottajabakteeriin.
3. Transduktio: bakteriofagi kuljettaa kromosomin palan bakteerista toiseen. Siirtynyt kromosomin pala korvaa uudessa bakteerissa alkuperäisen kromosomin palan.

Rekombinaation avulla yksi bakteeri voi saada resistenssigeenejä monia eri antibiootteja vastaan.

- e. Potilaasta otetaan bakteerinäyte, jota viljellään kasvatusmaljalla. Siinä kasvaa eri bakteerikantoja, joten niistä tehdään puhdasviljelmä.

Antibioottien tehoa tutkitaan laittamalla puhdasviljelmään eri antibioottikiekkoja. Mitä tehokkaammin antibiootti vaikuttaa, sitä suurempi kirkas rengas antibioottikiekkon ympärille syntyy, koska siinä bakteerit ovat tuhoutuneet.

### 10. Maidon mikrobit

Tutkimustehtävä. Ei mallivastausta.

## Tehtävien vastaukset s. 43

### 1. Tumallisten mikrobien vertailua

piirre	alkueläimet	yksisoluiset levät	hiivasienet	homesienet
solussa soluseinä		X	X	X
soluseinä kitiniä			X	X
solussa viherhiukkasia		X		
omavaraisia		X		
toisenvaraisia	X		X	X
soluhengitys energianvapauttamistapana	X	X	X	X
alkoholikäyminen energianvapauttamistapana			X	
taudinaiheuttajia	X		X	X
tuottajia		X		
hajottajia			X	X

### 2. Homeiden rakenne

Tutkimustehtävä. Ei mallivastausta.

### 3. Tutkimus homeiden kasvuolosuhteista

Tutkimustehtävä. Ei mallivastausta.

### 4. Lisäaineet ja elintarvikkeiden säilyvyys

Tutkimustehtävä. Ei mallivastausta.

### 5. Energianvapauttamisreaktiot hiivasoluissa

- a. Se taikina, joka on muovikelmulla peitettyssä purkissa, muuttuu väriltään vaaleaksi.  
Se taikina, joka on purkissa ilman muovikelmua, pysyy väriltään sinisenä.
- b. Muovikelmulla peitettyyn purkkiin ei pääse happea, ja siinä hiivasolut tuottavat energiaa alkoholikäymisen avulla.  
Peittämättömässä purkissa hiivasolut ovat aerobisissa oloissa eli niillä on käytettävissä happea soluhengitystä varten.
- c. Purkkiin syntyy alkoholia, koska taikinassa olevissa hiivasoluissa tapahtuu alkoholikäymistä.
- d. Hiivasolut tarvitsevat raaka-ainetta eli glukoosia soluhengitystään tai alkoholikäymistään varten.  
Ne saavat tarvitsemansa glukoosin pilkkomalla amylaasientsyyminsä avulla vehnäjauhojen tärkkelystä glukoosiksi.

### 6. Geenimuunnellut hyttyset ja malaria

- a.
  - Malarialoisiot lisääntyvät malariahyttysen elimistössä suvullisesti. Suvullinen lisääntyminen lisää malarialoisioden perinnöllistä muuntelua.
  - Malarialoisiot siirtyvät ihmisen verenkiertoon malariahyttysen syljen mukana, kun naarashyttynen imee ihmisestä verta.
  - Malarialoisiot siirtyvät ensin maksaan, jossa ne lisääntyvät suvuttomasti monistumalla.
  - Maksasta malarialoisiot siirtyvät verenkierron mukana punasoluihin, joissa ne lisääntyvät monistumalla.
  - Kun punasolu tulee täyteen uusia malarialoisioita, punasolu hajoaa ja malarialoisiot pääsevät tartuttamaan uusia punasoluja.
  - Punasolujen hajotessa elimistöön vapautuu malarialoisioden myrkyllisiä aineenvaihduntatuotteita, jotka aiheuttavat potilaalle korkean kuumeen.
  - Malariahyttynen voi saada malarialoisioita imiessään malariaan sairastuneen ihmisen verta.

- b. Hyttysmyrkyillä, suojaavalla vaatetuksella, hyttysverkoilla esimerkiksi sänkyjen päällä, estolääkityksellä, kosteikkoja kuivaamalla (hyttyset tarvitsevat lisääntyäkseen vettä, jossa hyttysen munat kehittyvät toukiksi).
- c. Geenimuunneltuihin malariahyttysiin siirretty geeni estää malarialoisioiden lisääntymisen malariahyttysten elimistössä.
- d. Siirtogeeni periytyi vain puolelle geenimuunneltujen malariahyttysten jälkeläisistä.
- e. Siirtogeeni siirrettiin malariahyttysten iturataan eli siihen solulinjaan, josta sukusolut syntyvät. Silloin kaikissa sukusoluissa on siirtogeeni.
- f. Siirtogeeniset malariahyttyset pariutuvat luonnossa tavallisten malariahyttysten kanssa ja siirtogeeni periytyy osalle niiden jälkeläisistä. Sukupolvi sukupolvelta siirtogeenisten malariahyttysten määrä kasvaa ja malarialoisioiden lisääntyminen malariahyttysissä vaikeutuu.

### 7. Alkueläintauteja

- a. giardiaasi
  - aiheuttaja: siimaeliöihin kuuluva *Giardia lamblia*
  - esiintymisalue: trooppiset ja subtrooppiset alueet
  - oireet ihmisessä: ripuli, ilmavaivat, vatsan turpoaminen, kouristelut
  - hoitokeinot: antibioottihoito. Ennaltaehkäisyä saastuneen veden käytön välttäminen.
- b. trypanosomiaasi
  - aiheuttaja: tsetsekärpäsen syljen mukana ihmiseen siirtyvä, siimaeläimiin kuuluva *Trypanosoma*-alkueläin
  - esiintymisalue: Afrikka
  - oireet ihmisessä: kuume, imusolmukkeiden turpoaminen, aivokuume, apatia, uneliaisuus, aivotulehduksen aiheuttama kuolema
  - hoitokeinot: suramiini-, pentamidiini- tai eflornitiinikuuri. Ennaltaehkäisyä kärpästen piston välttäminen.

- c. Chagasin tauti eli amerikkalainen trypanosomiaasi
- aiheuttaja: luteen pureman mukana ihmiseen siirtyvä, siimaeläimiin kuuluva *Trypanosoma cruzi*-alkueläin
  - esiintymisalue: Väli- ja Etelä- Amerikassa
  - oireet ihmisessä: kuume, imusolmukkeiden turpoaminen, krooninen sydänlihastulehdus
  - hoitokeinot: bentsnidatsoli- tai nifurtimoksikuuri. Ennaltaehkäisyä luteiden tuhoaminen rakennuksista ja nukkumispaikoista.
- d. primaarinen ameba-aivotulehdus (primary amoeba meningoencephalitis, PAM)
- aiheuttaja: ameboihin kuuluva *Naegleria fowleri*
  - esiintymisalue: lämpimät, makeat vedet sekä huonosti klooratut uima-altaat.
  - oireet ihmisessä: ameba tunkeutuu ihmisen keskushermostoon nenän kautta. Alkueläin kulkee hermoratoja pitkin aivoihin ja alkaa käyttää ravintonaan hermosoluja. Seurauksena muutoksia aistitoiminnoissa, päänsärkyä, kuumetta, hallusinaatioita, sekavuutta. Johtaa hoitamattomana kuolemaan parin päivän sisällä.
  - hoitokeinot: sienilääkkeet, antibiootit.

## Tehtävien vastaukset s. 55

### 1. Viruksen ja bakteerin vertailua

	virus	bakteeri
geenejä	X	X
kromosomi		X
solukalvo		X
ribosomeja		X
entsyymejä	X	X
tapahtuu geenimutaatioita	X	X
tapahtuu rekombinaatioita	X	X
lisääntyminen jakautumalla		X

### 2. Virus – Elävä vai ei?

a.

elämälle tyypillisiä piirteitä	virus	bakteeri
evoluutio	X	X
oma aineenvaihdunta		X
perinnöllinen informaatio	X	X
itsenäinen lisääntyminen		X
makromolekyylejä	X	X
oman perinnöllisen informaation hyödyntäminen proteiinien valmistuksessa	X	X
itsesäätelykyky		X

- b. Viruksia ei lueta kuuluviksi eliöihin, koska niiltä puuttuvat useimmat elämälle tyypilliset piirteet: niillä ei esimerkiksi ole solurakennetta eikä omaa aineenvaihduntaa ja ne eivät ne pysty lisääntymään itsenäisesti.



### 3. DNA-virus ja isäntäsolu

- A – 2 ja 6:** Uusien virusten proteiinien rakentamiseen käytetään isäntäsolun solulimassa olevia aminohappoja ja aminohappoketjut rakennetaan isäntäsolun ribosomeilla.
- B – 5:** Virus pääsee isäntäsoluun endosytoosin avulla isäntäsolun solukalvosta kuroutuvan rakkulan sisällä.
- C – 4:** Isäntäsolun DNA-nukleotideista tehdään DNA:n kahdentumisen avulla uutta virus-DNA:ta.
- D – 1:** Uudet virukset poistuvat isäntäsolusta eksosytoosin avulla solukalvosta kuroutuviin rakkuloihin.
- E – 3:** Viruksen proteiiniuori hajotetaan isäntäsolun entsyymien avulla, minkä seurauksena viruksen perintöaineksi vapautuu solulimaan.

### 4. Virusten perinnöllinen muuntelu

a.

- Virusten perimä muuttuu jatkuvasti. Syynä ovat geenimutaatiot ja rekombinaatio.
- Viruksilla on jokaista geeniä yksi kappale, minkä vuoksi myös resessiiviset geenimutaatiot ilmenevät niissä heti. Geenimutaation tuloksena esimerkiksi pintaproteiinin rakenne voi muuttua hieman toisenlaiseksi.
- Virusten rekombinaatiossa samaan isäntäsoluun joutuu kaksi erilaista virustyyppiä. Isäntäsolussa syntyy molempien rakenneosia. Uusia viruksia koottaessa voi syntyä uudenlainen virustyyppi, jossa on geenejä molemmista alkuperäisistä viruksista ja jonka pintarakenne on erilainen kuin kummanikaan alkuperäisen viruksen.

b.

- Rokotteet ja viruslääkkeet menettävät tehonsa.
- Joitakin virustauteja, kuten influenssaa, vastaan ei synny immuniteettia, koska ko. virukset muuntelevat niin suuresti. Muistisolut eivät tunnista muuntunutta virusta, ja ihminen sairastuu uudelleen. Esimerkiksi influenssaviruksesta syntyy joka vuosi uusi virustyyppi.

## 5. Virusten ominaisuuksia

- a. Viruksilla ei ole solurakennetta, joten niillä ei voi olla solukalvoa. Niiden perintöaines on proteiineista muodostuvan kapsidin sisällä.
- b. Koska viruksilla on jokaista geeniä vain yksi kappale eli ne ovat haploideja, myös resessiiviset geenimutaatiot ilmenevät heti, koska alleeleilta puuttuvat vastinalleelit.
- c. Bakteriofagit ovat bakteereissa lisääntyviä viruksia, ja ne voivat kuljettaa DNA:ta uusiin bakteereihin. Silloin kyseessä on yksi bakteerien rekombinaatiotavoista, transduktio.
- d. Viruksilla ei ole omia ribosomeja. Virusproteiinien valmistus, aminohappoketjujen kokoaminen, tapahtuu isäntäsolun ribosomeissa.
- e. Virusten sisällä ei ole aminohappoja. Virusproteiinit tehdään isäntäsolun solulimassa olevista aminohapoista.
- f. Viruksen ei kannata olla äärimmäisen tappava, koska silloin se ei ehdi lisääntyä isäntäsoluissaan, vaan isäntäeliö kuolee ja viruksen lisääntyminen päättyy siihen.

## 6. HI-virus

- a.
  - Zoonoosi tarkoittaa eläimestä ihmiseen tarttuvaa tautia.
  - Retrovirus on virustyyppi, jonka perimä on yksijuosteista RNA:ta, ja joka käyttää omaa käänteiskopioijaentsyymiään apuna kääntäessään perimänsä isäntäsolussa kaksijuosteiseksi DNA:ksi. Se siirtyy tumaan ja liittyy osaksi isäntäsolun perimää muuttaen isäntäsolun virustehtaaksi.
  - HI-virus kuuluu retroviruksiin.
  - HI-virus on syntynyt apinoissa esiintyvistä SI-viruksesta.
- b. SI-virus on voinut päästä ihmisen elimistöön esimerkiksi apinan puremasta tai kun ihmiset ovat käyttäneet apinan lihaa ravintonaan.

- c. Kun käänteiskopioijaentsyymi kääntää yksijuosteisen RNA:n kaksijuosteiseksi DNA:ksi, siinä syntyy paljon virheitä eli tapahtuu geenimutaatioita.
- d. Heidän solukalvoistaan puuttuvat reseptorit, joihin HI-virus voisi kiinnittyä ja päästä soluun sisälle.
- e.
- Maapallon väestön edelleen kasvaessa ihmiset päiväntasaajan alueella raivaavat lisää sademetsiä pelloiksi ja laitumiksi, ja he joutuvat kosketuksiin luonnonvaraisten eläimien kanssa.
  - Globalisaatio. kuten ihmisten matkustaminen, levittää eläinlajeja uusille alueille.
  - Ilmastonmuutos aiheuttaa erityisesti monien tauteja levittävien hyönteisten levinneisyysalueiden laajenemisen.

### 7. Zikaviruksen leviäminen

- a.
- Koska zikavirusta levittävän keltakuumehyttysen levinneisyysalue on tropiikissa.
  - Koska luonnossa zikavirusten väli-isäntänä ovat apinat, jotka elävät vain tropiikin ja subtropiikin alueilla.
  - Zikavirus voi siirtyä myös apinan puremasta ihmiseen.
  - Myös toinen zikavirusta levittävä hyttynen, tiikerihyttynen, elää eteläisessä Aasiassa eli trooppisella alueella.
- b.
- Ensimmäinen ihmiseltä löydetty zikavirustartunta vuonna 1960 Nigeriassa.
  - Afrikassa osalle ihmisistä on syntynyt immuniteetti zikavirusta vastaan, näkyy kartassa vihreinä alueina (zikan vasta-aineita havaittu)
  - Etelä-Aasian ensimmäiset zikavirustartunnat 1970-luvulla.
  - Myös Etelä-Aasiassa on osalle ihmisistä kehittynyt immuniteetti.
  - Seuraavat zikavirustartunnat havaittu vasta 2000-luvulla Micronesiassa.
  - Vuonna 2013 epidemia Ranskan Polynesiassa.
  - Vuosina 2014-2016 tartuntatapauksia Etelä- ja Keski-Amerikassa.
  - Aasiassa levittäjänä keltakuumehyttysen lisäksi tiikerihyttynen.
  - Zikavirus on levinnyt uusille alueille matkustavien ihmisten mukana.
  - Monissa Aasian ja Latinalaisen Amerikan maissa kaupunkien tiheä asutus on tehostanut tartuntojen leviämistä, samoin suojaamaton seksi.

- Zikavirusta levittävät hyttysset ovat myös voineet siirtyä alueelta toiselle esimerkiksi hedelmäkuljetusten mukana.

c.

- Suojautumalla hyttysten pistoilta hyttysmyrkköjen, vaatetuksen ja sänkyjen päällä olevien hyttysverkkojen avulla.
- Kuivaamalla kosteikat, huolehtimalla kaupunkien viemäröinnistä jne. eli vähentämällä hyttysten lisääntymispaikkoja.
- Käyttämällä kondomia yhdynnässä, koska zikavirus voi siirtyä siemennesteen mukana naisen elimistöön.
- Erityisesti raskaana olevien naisten tulee välttää matkustamista alueille, joissa on todettu zikavirusta.

d.

- Ilmastonmuutoksen seurauksena zikavirusta levittävän tiikerihyttysen levinneisyysalue tulee laajenemaan, nyt sitä on tavattu jo Alankomaissa.
- Zikavirustartutoja tulee esiintymään myös Etelä- ja Keski-Euroopassa.

e.

- Todennäköisesti tiikerihyttynen ei pääse leviämään Suomeen saakka, koska talvi pysäyttää niiden lisääntymisen.
- Ei siis ole todennäköistä, että Suomessa syntyy zikavirusepidemioita.

## 8. Virukset ja rokotteet

a.

- Viruksia ei pidetä eliöinä, koska niillä ei ole solurakennetta, itsenäistä aineenvaihduntaa eivätkä ne pysty lisääntymään itsenäisesti.
- Kooltaan hyvin pieniä, paljon pienempiä kuin bakteerit.
- Muodoltaan vaihtelevia: esimerkiksi pyöreitä, monikulmaisia tai nauhamaisia.
- Perintöaines DNA:ta tai RNA:ta, kaksijuosteista tai yksijuosteista.
- Viruksilla geenien määrä on pieni.
- Perintöaines on proteiineista rakentuvan kapsidin sisällä.
- Retroviruksilla on kapsidin sisällä käänteiskopioijaentsyymejä.
- Kapsidin pinnalla on pintaproteiineja.
- Joillakin viruksilla on kapsidin ympärillä isäntäsolun solukalvosta peräisin oleva vaippa.

b.

- Virukset lisääntyvät vain tietyn isäntälajin/lajiryhmän/tietyissä soluissa.
- Virus kiinnittyy isäntäsolunsa pintaan.
- Virus otetaan isäntäsolun sisälle endosytoosin avulla/viruksen vaippa sulautuu isäntäsolun solukalvoon/bakteriofagit ruiskuttavat perintöaineksensa bakteerin sisälle.
- Viruksen kapsidi hajotetaan isäntäsolun sisällä isäntäsolun entsyymien avulla.
- DNA-viruksen lisääntyminen:
  - Useimpien DNA-virusten perimä, kaksijuosteinen DNA, siirtyy isäntäsolun tumakotelon sisälle ja liittyy osaksi jotakin isäntäsolun kromosomia.
  - Isäntäsolussa käynnistyy proteiinisynteesi, jossa valmistetaan uusien virusten proteiineja. Proteiinisynteesissä hyödynnetään isäntäsolun RNA-nukleotideja, entsyymejä, aminohappoja ja ribosomeja.
  - Viruksen DNA kahdentuu, niin että uusiin viruksiin saadaan sama perintöaines kuin alkuperäisessä viruksessa oli. DNA:n kahdentumisessa hyödynnetään isäntäsolun DNA-nukleotideja ja entsyymejä.
  - Syntyneet virusten rakenneosat kootaan uusiksi viruksiksi isäntäsolun solulimassa.
  - Uudet virukset poistuvat solusta eksosytoosin avulla. Useimmiten isäntäsolu kuolee, kun virukset ovat vapautuneet sen sisältä.
- Retroviruksen lisääntyminen:
  - Retroviruksen perimä on yksijuosteista RNA:ta.
  - Retrovirus pääsee isäntäsolun sisälle, kun sen vaippa sulautuu isäntäsolun solukalvoon.
  - Isäntäsolun sisällä retroviruksen käänteiskopioijaentsyymien avulla virus-RNA käännetään kaksijuosteiseksi DNA:ksi, joka siirtyy isäntäsolun tumakotelon sisälle ja kiinnittyy osaksi isäntäsolun kromosomia.
  - Isäntäsolussa käynnistyy proteiinisynteesi, jossa valmistetaan uusien virusten proteiineja. Proteiinisynteesissä hyödynnetään isäntäsolun RNA-nukleotideja, entsyymejä, aminohappoja ja ribosomeja.
  - Viruksen RNA kopioituu, niin että uusiin viruksiin saadaan sama perintöaines kuin alkuperäisessä viruksessa oli. RNA:n kopioinnissa hyödynnetään isäntäsolun RNA-nukleotideja ja entsyymejä.
  - Syntyneet virusten rakenneosat kootaan uusiksi viruksiksi isäntäsolun solulimassa.
  - Uudet virukset poistuvat solusta ja ottavat samalla ympärilleen isäntäsolun solukalvoa vaipaksi. Useimmiten isäntäsolu kuolee, kun virukset ovat vapautuneet sen sisältä.

- c.
- Rokotteessa on tapettua tai heikennettyä taudinaiheuttajaa tai sen osaa (esim. pintaproteiinia).
  - Rokote toimii elimistöön tunkeutuvan antigeenin (elimistölle vieras molekyyli, joka käynnistää immuunireaktion) tavoin.
  - Rokotteen seurauksena B-soluista syntyy plasmassoluja, jotka tuottavat vasta-ainetta taudinaiheuttajaa vastaan.
  - B-soluista syntyy myös muistisoluja: jos sama taudinaiheuttaja pääsee myöhemmin elimistöön, vasta-aineiden tuotanto käynnistyy nopeasti eikä ihminen sairastu tautiin.
  - Virusten perimä muuttuu jatkuvasti. Syynä geenimutaatiot ja rekombinaatio.
  - Viruksilla on jokaista geeniä yksi kappale, minkä vuoksi myös resessiiviset geenimutaatiot ilmenevät niissä heti. Geenimutaation tuloksena esimerkiksi pintaproteiinin rakenne voi muuttua hieman toisenlaiseksi.
  - Virusten rekombinaatiossa samaan isäntäsoluun joutuu kaksi erilaista virustyyppiä. Isäntäsolussa syntyy molempien rakenneseosia. Uusia viruksia koottaessa voi syntyä uudenlainen virustyyppi, jossa on geenejä molemmista alkuperäisistä viruksista ja jonka pintarakenne on erilainen kuin kummanikaan alkuperäisen viruksen.
  - Muistisolut eivät tunnista muuntunutta virusta, ja rokote on menettänyt tehonsa.

### 9. Afrikkalainen sikarutto

- a. Tauti on levinnyt Afrikassa käyneiden ihmisten mukana uusille alueille: Se leviää epäsuorasti viruksen saastuttamien vaatteiden, kuljetusvälineiden tai rehun mukana sekä tartunnan saaneen eläimen lihassa ja siitä valmistetuissa lihatuotteissa. Virus säilyy pakastetussa lihassa jopa useita vuosia.
- b. Suomessa afrikkalaista sikaruttoa ei vielä ole, mutta Suomen naapurivaltioissa, kuten Virossa ja Suomen rajan läheisyydessä Venäjällä, sitä jo on. Tauti voi levitä Suomeen esimerkiksi rajan yli kulkevien villisikojen mukana.
- c. Esim. Virossa maataloilla vierailevien ihmisten noudatettava hyvää hygieniää. Estetään saastuneiden lihatuotteiden ja rehun pääsy Suomeen. Tarkkaillaan Suomen villisikakantaa ja tarvittaessa harvennetaan sitä.

- d. Koska itärajan yli pääsee kulkemaan villisikoja Suomeen, ja ne voivat olla afrikkalaisen sikaruton kantajia.  
Afrikkalainen sikarutto leviää hyvin helposti eläimistä toiseen hengitysilman mukana.

## 10. Influenssaviruksen muuntelu

- a.
1. perintöaines
  2. proteiinkuori eli kapsidi
  3. vaippa
  4. pintaproteiini
- b. Jos samaan isäntäsoluun joutuu kaksi geeneiltään vähän erilaista virustyyppiä (lintuinfluenssavirus ja ihmisen influenssavirus), alkaa solu valmistaa kummankin virustyyppin proteiinosia sekä monistaa niiden geenejä. Kun uudet virukset kootaan, voi jonkin viruksen sisälle joutua geenejä, joista osa on peräisin toisesta ja osa toisesta alkuperäisestä viruksesta. Tapahtumaa sanotaan viruksen rekombinaatioksi. Kuvan esittämässä tapauksessa uudessa viruksessa on kaksi geeniä lintuinfluenssaviruksesta ja kaksi geeniä ihmisen influenssaviruksesta. Myös uuden viruksen pintarakenteet ovat yhdistelmä kahdesta vanhasta virustyyppistä.
- c. Ihmisen immuunijärjestelmän muistisolut eivät tunnista uutta virustyyppiä, koska sen pintarakenteet ovat erilaiset kuin mitä muistisolut ovat ”painaneet mieleensä”. Seurauksena on ihmisten laajamittainen sairastuminen ja pahimmassa tapauksessa maailmanlaajuinen tautiepidemia, pandemia.
- d. Monet virukset pystyvät lisääntymään vain tietyn isäntälajin soluissa. Kuitenkin osa viruksista, kuten influenssaa tai vesikauhua aiheuttavat virukset, pystyvät lisääntymään monen isäntälajin soluissa. Jos samaan soluun joutuu kaksi eri virustyyppiä, on mahdollista, että virusten rekombinaation seurauksena syntyy uusi virustyyppi, jolle ihmisillä ei ole immunitettia. Tiheä asutus, huono hygienia ja eläminen läheisessä kontaktissa eläinten kanssa lisäävät eläimistä ihmisiin siirtyvien tautien, zoonoosien, ja uusien virustyyppien kehittymisen todennäköisyyttä.

# BIOS5

## Luku 4 – Virukset lisääntyvät soluissa



## Tehtävien vastaukset s. 67

### 1. Entsyymit

- a. Proteiineja, jotka katalysoivat kemiallisia reaktioita. Entsyymit eivät itse muutu reaktiossa.
- b. Entsyymit toimivat katalyytteinä. Ne nopeuttavat soluissa tapahtuvia reaktioita alentamalla reaktioiden käynnistymiseen tarvittavaa energiaa. Reagoiva aine eli substraatti kiinnittyy entsyymiin aktiiviseen kohtaan. Syntyy entsyymi-substraatti-kompleksi, ja reaktio käynnistyy. Reaktiossa substraatti muuttuu lopputuotteeksi. Sitten entsyymi irtoaa lopputuotteesta. Irrottuaan se voi katalysoida uusia reaktioita. Kukin entsyymi katalysoi vain tietyn substraatin reaktioita. Jotkin entsyymit tarvitsevat toimiakseen erillisen osan, kofaktorin.
- c. Mikrobit sopivat hyvin entsyymien tuotantoon, koska ne kasvavat ja lisääntyvät nopeasti eivätkä tarvitse paljon ravintoaineita. Ne pystyvät tuottamaan pieneen kokoonsa nähden suuria määriä entsyymejä. Niitä on helppo muokata geeniteknisesti. Äärioloihin sopeutuneiden arkkien ja bakteerien entsyymit pystyvät toimimaan monenlaisissa teollisuusprosessien vaatimissa olosuhteissa.

### 2. Bioteknologia elintarviketeollisuudessa

- a. Sämpylä: Leivonnassa käytetään leiviniivaa. Hiivasolut käyttävät energianaan jauhojen hiilihydraatteja. Käymisreaktiossa syntyy mm. hiilidioksidia, jonka kuplat saavat taikinan kohoamaan.
- b. Hammastahna: Hammastahnaan lisätyt entsyymit poistavat hampaista tummentumia.
- c. Konetiskiaine: Pesuaineisiin lisätyt entsyymit hajottavat tärkkelystä, proteiineja ja rasvoja.
- d. Makeinen: Makeisten makeuttamiseen käytetään tärkkelyksestä amylaasientsyymien avulla valmistettua siirappia.

- e. Paperi: Paperin valkaisuun aiheuttamat ympäristöhaitat vähenevät käsittelemällä puukuidut ennen valkaisua entsyymeillä. Näin valkaisuun tarvitaan vähemmän kemikaaleja kuin ilman entsyymikäsittelyä.

### 3. Bioteknologian hyödyntäminen eri teollisuuden aloilla

Teollisuuden-ala	Käyttötarkoitus	Entsyymien käytön hyödyt
pesuaine-teollisuus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• likatahrojen irrottaminen vaatteista</li> <li>• lianpoisto astioista</li> <li>• tummentumien poisto hampaista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pesutehon lisääntyminen</li> <li>• energiankulutuksen pieneminen</li> </ul>
elintarvike-teollisuus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tärkkelyksen hajottaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• makeutusaineiden valmistaminen tärkkelyksestä</li> </ul>
meijeri-teollisuus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• proteiinin saostus</li> <li>• laktoosin pilkkominen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• epäpuhtauksien väheneminen</li> <li>• laktoosi-intoleranssista kärsivät pystyvät käyttämään maitotuotteita</li> </ul>
tekstiili-teollisuus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• värin poisto</li> <li>• puuvillakuitujen eristäminen kasvista</li> <li>• villakuitujen muokkaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kulutuskestävyyden paraneminen</li> <li>• käyttöominaisuuksien paraneminen (pehmeys, nukkaantumattomuus)</li> </ul>
leipomo-teollisuus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakenteen muokkaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• leivonta- ja käyttöominaisuuksien paraneminen</li> </ul>
rehu-teollisuus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ravintoaineiden pilkkoutumisen parantaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ravintoaineiden tehokkaampi hyödyntäminen elimistössä</li> <li>• päästöjen väheneminen</li> </ul>
paperi-teollisuus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• puukuidun hajottaminen paperin valkaisuissa</li> <li>• kuitujen pilkkominen</li> <li>• veden poistamisessa paperimassasta</li> <li>• painomusteen poistaminen kierrätyspaperista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• raaka-aineiden ja energian säästyminen</li> <li>• ympäristölle haitallisten päästöjen väheneminen</li> </ul>

### 4. Jogurtin valmistus

- a. Kuumentaminen eli pastöroiminen tuhoaa maidosta haitalliset mikrobit.
- b. Maidosta valmistetaan hapanta jogurttia mikrobien avulla. Maitoon lisätään maitohappobakteereja, jotka vaikuttavat jogurtin koostumukseen ja makuun. Maitohappobakteerit pilkkovat maidon proteiineja. Jogurtin happamuus aiheutuu maitohaposta.
- c. Funktionaaliset elintarvikkeet ovat tavalliseen ruokavalioon kuuluvia elintarvikkeita, jotka joko luontaisesti sisältävät tai joihin on lisätty terveyttä edistäviä mikrobeja tai aineita. Niillä on tieteellisin tutkimuksin osoitettu olevan myönteisiä vaikutuksia terveyteen. Maitohappobakteerit edistävät ruuansulatuselimistön hyvinvointia ja parantavat immuunivastetta. Kasvistanolit- ja steroidit vähentävät kolesterolin imeytymistä vereen ja näin alentavat veren kolesterolitasoa. Luonnonmarjoissa, esim. mustikassa on antioksidantteja, jotka parantavat vastustuskykyä.

### 5. Hiivasolut

- a. Laite, jossa biologisissa prosesseissa valmistetaan esimerkiksi entsyymejä tai antibiootteja. Bioreaktorissa pystytään säätelemään kasvatusolosuhteita tietynlaisiksi, eikä sinne pääse ulkopuolelta mikrobeja.
- b. Lähtötilanteessa hiivasoluja oli 2000 kappaletta/cm<sup>3</sup>. Hiivasolujen määrä lähti nopeaan kasvuun noin 6 tuntia kokeen alusta. Niille oli tarpeeksi elintilaa ja ravintoa, ja kasvu oli eksponentiaalista. Bioreaktorissa oli maksimimäärä hiivasoluja, noin 23 000 kpl/cm<sup>3</sup> 17 tuntia kokeen alusta, jonka jälkeen hiivasolujen määrä lähti lievästi laskemaan. Hiivasoluille ei enää riittänyt ravintoa eikä elintilaa, ja niitä alkoi kuolla.
- c. Glukoosin määrä oli kokeen alussa 43 g/dm<sup>3</sup> ja lopussa 3 g/dm<sup>3</sup>. Etanolin määrä alkaa kasvaa 3 tuntia kokeen alusta, ja sen määrä asettuu tasolle 22 g/dm<sup>3</sup>. Bioreaktoriin ei pääse happea, joten hiivasolujen energia-aineenvaihdunta perustuu alkoholikäymiseen: Glukoosista syntyy etanolia (= alkoholia) ja hiilidioksidia sekä vapautuu energiaa. Energiaa hiivasolut tarvitsevat elintoimintoihinsa, esimerkiksi jakautumiseen.

- d. Kokeen alussa pH oli 7 ja kokeen lopussa 5,2. pH laskee, koska hiivasolujen alkoholikäymisessä syntyy sivutuotteena hiilidioksidia, joka liuetessaan veteen muuttuu hiilihapoksi ja aiheuttaa happamuuden lisääntymisen bioreaktorissa.

### 6. Jätevesien puhdistaminen

Opiskelijan oma vastaus.

### 7. Kompostointi

- a. Kompostoitavaksi soveltuu orgaaninen jäte: ruuantähteet, hedelmien ja vihannesten kuoret, puutarhajäte ja pienet määrät helposti hajoavaa pehmeää paperia, kuten paperinenäliinat ja talouspaperi. Lisäksi kompostoriin tarvitaan haketta, joka sitoo kosteutta.
- b. Kompostin toiminta perustuu siihen, että mikrobit ja muut maaperän eliöt hajottavat orgaanista ainetta. Hajottamisen tuloksena syntyy multaa ja ravinteita kasvien käyttöön. Hajotus on tehokasta, kun kompostorissa on sopiva lämpötila ja kosteus sekä happea riittävästi.

Kompostin lämpöeristys estää hajotustoiminnassa syntyneen lämmön karkaamista ulkopuolelle. Ilmanvaihto turvaa riittävän happipitoisuuden. Jos happi loppuu aerobiset hajottajamikrobit eivät säily hengissä ja kompostorissa alkaa mätäneminen. Kansi estää sadeveden pääsyn kompostoriin. Se estää myös lintujen ja jyrsijöiden pääsyn kompostoriin.

- c.
- vähentää sekajätteen määrää
  - saadaan multaa puutarhaan ja kasvimaalle
  - keinolannoitteiden tarve vähenee
  - jätehuollon kustannukset pienenevät
  - pienentää kasvihuonekaasupäästöjä, kaatopaikoilla sekajätteen seassa oleva biojäte hajoaa hapettomissa oloissa, jolloin vapautuu metaania

## 8. Terveysvaikutteiset elintarvikkeet

- a. Opiskelijan oma vastaus.
- b. Opiskelijan oma vastaus.

## 9. Tuotetutkimus

Opiskelijan oma vastaus.

## 10. Pyykinpesuaineen tehon tutkiminen

Opiskelijan oma vastaus.

Ohje tutkimuksen toteuttamiseen:

- Noudata tutkimuksessasi biologisen tutkimuksen vaiheita.
- Perehdy olemassa olevaan tietoon tutkimastasi aiheesta.
- Muodosta hypoteesi.
- Suunnittele tutkimus, jonka avulla testaat hypoteesia. Mieti, mitä koejärjestelyltä vaaditaan, että tulokset ovat luotettavia ja että niiden avulla on mahdollista vetää johtopäätöksiä.
- Toteuta tutkimus.
- Kirjaa tulokset ja vertaa saatuja tuloksia hypoteesiin. Mitä sait selville? Vastasivatko tulokset hypoteesia? Kun dokumentoit tutkimuksesi, tee siitä niin perusteellinen ja selkeä, että joku toinen voisi toistaa suorittamasi tutkimuksen.

## Tehtävien vastaukset s. 84

### 1. Geenitekniikan käsitteitä

- a. Proteaasi on entsyymi, joka pilkkoo proteiineja. Ennen kuin DNA:ta voidaan käsitellä geenitekniikoissa, siitä täytyy poistaa histoni- ja muut proteiinit. Tähän käytetään proteaaseja.
- b. RNA-viruksissa tavattavaa käänteiskopioijaentsyymiä käytetään geenitekniikoissa silloin, kun halutaan muuttaa lähetti-RNA vastin-DNA:ksi eli cDNA:ksi. Sitä tarvitaan esimerkiksi poistettaessa tumallisen solun geeneistä intronit.
- c. Aluke on lyhyt yksijuosteinen DNA:n pätkä, joka tunnistaa emäspariutumisperiaatteen perusteella monistettavasta DNA:sta tarkasti halutun kohdan. Alukkeiden avulla rajataan PCR-tekniikassa se alue DNA:sta, joka halutaan monistaa.
- d. DNA:n monistamiseen PCR-tekniikassa käytetään kuumuutta kestävästä DNA-polymeraasientsyymiä.
- e. Hybridisaatiolla tarkoitetaan yksijuosteisten DNA-molekyylien (tai RNA-molekyylin) taipumusta kiinnittyä toiseen yksijuosteiseen DNA-molekyyliin emäspariperiaatteen perusteella. Koetin on halutun emäsjärjestyksen sisältävä yksijuosteinen DNA:n pätkä, joka hybridisoituu tutkittavaan DNA:han. Siihen liitetään yleensä merkkiainetta, jonka avulla voi tunnistaa esimerkiksi alleeleita.

### 2. Mikrobien entsyymit geenitekniikassa

- a. Katkaisu- ja liittjäentsyymit sekä cas-entsyymit ovat peräisin bakteereista. Kuumuutta kestävä DNA-polymeraasi ovat peräisin bakteereista tai arkeoneista. Käänteiskopioijaentsyymit ovat peräisin RNA-viruksista.

- b. Katkaisu- ja liittjäentsyymit ovat geeniteknikan ”sakset” ja ”liima”, joiden avulla DNA:ta pilkotaan ja liitetään uudelleen esimerkiksi yhdistelmä-DNA-tekniikassa. Kun cas-entsyymi on liitetty opas-RNA-molekyylisiin, sen avulla leikataan DNA:ta täsmälleen halutusta kohdasta. Kuumuutta kestävä DNA-polymeraasi käytetään PCR-menetelmässä, kun DNA:ta monistetaan. Käänteiskopioijaentsyymien avulla muokataan RNA:n emäsjärjestys DNA:n emäsjärjestykseksi. Sen avulla voidaan tumallisten lähetti-RNA:sta muokata DNA:ta, jossa ei ole introneja.
- c. Bakteerit käyttävät katkaisu- ja cas-entsyymeitä torjuessaan viruksia, jotka yrittävät siirtää perimäänsä bakteereihin. Eri bakteereista saadaan erilaisia katkaisuentsyymejä, joista kukin tunnistaa erilaisen emäsjärjestyksen. Cas-entsyymit liittyvät bakteerien eräänlaiseen immunologiseen muistiin. Ne kykenevät pilkkomaan minkä tahansa DNA-juosteen. Leikkauskohta tunnistetaan opas-RNA:n avulla, jonka emäsjärjestyksen bakteeri on tallentanut omaan perimäänsä.

Liittjäentsyymiä bakteerit käyttävät DNA-molekyylin päiden yhdistämiseen esimerkiksi kun se liittyy toisen bakteerin DNA:ta omaan perimäänsä esimerkiksi transformaatiossa.

RNA-virus tarvitsee käänteiskopioijaentsyymiä kun se valjastaa isäntäsolun tuottamaan uusia viruksia. Sen avulla virus muuttaa RNA:ta olevan perimänsä DNA:ksi, mikä sitten edelleen liittyy isäntäeliön perimään. Viruksen geenien sisältämän informaation perusteella isäntäsolu alkaa tuottaa viruksen tarvitsemia proteiineja sekä monistamaan sen perimää.

### 3. DNA-sirut

- a. DNA-sirut ovat pieniä, ohuita lasi- tai muovilevyjä, joiden pinnalla on säännöllisissä riveissä jopa kymmeniä tuhansia erilaisia yksijuosteisia DNA-koettimia. Koettimien avulla DNA-näytteestä voidaan tunnistaa esimerkiksi erilaisia geenimutaatioita.
- b. Valmistetaan siru, jossa jokainen koetin sirulla vastaa yksittäistä alleelia, koska siinä on osa alleelin emäsjärjestystä. Tämän jälkeen henkilöstä eristetään DNA:ta, joka puhdistetaan, monistetaan ja pilkotaan lyhyiksi paloiksi. Tämän jälkeen DNA-palat muutetaan yksijuosteiseksi ja tutkitaan, mitkä niistä pariutuvat sirulla. Pariutuminen alleelikoettimen kanssa näkyy värireaktiona.

- c. Tutkimusta varten tarvitaan DNA-siru, jossa on tutkittavien alleelien koettimet järjestyksessä. Tutkiminen aloitetaan eristämällä maksa- ja haimakudoksesta RNA:ta. Kun geeni on aktiivinen solussa, siinä tapahtuu proteiinisynteesiä, jonka yhteydessä syntyy lähetti-RNA:ta. Eristetystä RNA:sta tehdään käänteiskopioinnilla yksijuosteisia vastin-DNA-koettimia, jotka värjätään maksa- ja haimakudoksen kohdalla eri merkkiaineilla. Aina kun värjätty koetin pariutuu sirun jonkin geenin koettimeen, tiedetään värin perusteella, kummassa kudoksessa kyseinen geeni on aktiivinen. Mikäli geeni on aktiivinen molemmissa kudoksissa, tämä näkyy kolmantena värinä. Väriaineen lähettämän signaalin voimakkuus kertoo puolestaan aktiivisuuden määrästä.

#### 4. PCR:n käyttö genotyypin selvittämisessä

- a. Tutkijat käyttivät käänteiskopioijaentsyymiä.
- b. Värjätty koetin tunnistaa halutun kohdan tarkasti emäspariperiaatteen perusteella.
- c. Koeputkeen laitetaan nukleotideja, alukkeita, DNA-polymeraasia ja fluoresoivalla merkkiaineella varustettu koetin, joka tunnistaa A-alleelin emäsjärjestystä vastaavan kohdan alukkeiden välissä.

PCR-ajo suoritetaan lämpötiloja vaihtamalla koeputkessa.

- Aluksi näytettä kuumennetaan, jolloin DNA-juosteet irtoavat toisistaan.
- Lämpötilaa lasketaan, jolloin alukkeet tarttuvat halkaistuun juosteeseen. Samanaikaisesti myös koetin tarttuu halkaistuun DNA:han, mikäli emäsjärjestys vastaa A-alleelia.
- Lämpötilaa nostetaan uudelleen jolloin DNA-polymeraasi alkaa kopioida alukkeiden välistä DNA-jaksoa koeputkessa olevista nukleotideista. Mikäli monistettavalla alueella on koetin, niin siitä lähtee signaali signaalinlukulaitteelle.
- Ajoa toistetaan useita kertoja, ja signaalinlukulaite mittaa, montako kertaa A-alleeli on monistettu kierrosten aikana. Tuloksista piirretään viivadiagrammi.

- d. PCR-tekniikalla DNA-määrä monistuu eksponentiaalisesti.



- e. Henkilö H on genotyypiltään homotsygoottinen AA, koska koettimilla varustettuja DNA-jaksoja monistui moninkertainen määrä verrattuna henkilö G:hen, jolla on perimässään vain yksi alleeli A.

### 5. Sirppisoluanemian tutkiminen eräissä suvussa

- a. Pistemutaatiolla tarkoitetaan yhden emäksen muuttumista DNA-jaksossa. Pistemutaatio voi tapahtua geenin koodaavassa jaksossa tai sen säätelyalueella. Yhden emäksen haitallinen muutos voi johtaa aminohappoa koodaavan emäskolmikodon muuttumisen ennenaikaiseksi lopetuskolmikoksi. Emäsmuutos voi korvata proteiinin kannalta keskeisen aminohapon toiseksi, minkä seurauksena proteiinin laskostuminen ja toiminta häiriintyvät. Mutaatio voi johtaa sairauteen silloin, kun se aiheuttaa proteiinin rakenteen ja toiminnan muutoksen. Vain sukusolulinjassa tapahtuneet mutaatiot periytyvät.
- b. Kuva A: Sukututkimus on hyvin käyttökelpoinen tapa, kun halutaan tutkia, miten jokin yhden geenin aiheuttama fenotyyppi periytyy. Fenotyypin, tässä tapauksessa sirppisoluanemian, esiintymisestä suvussa kerätään mahdollisimman kattava aineisto ja rakennetaan sen perusteella sukupuun. Sukupuun avulla voidaan seurata tämän fenotyypin periytymistä ja tehdä päätelmiä sen periytymistavasta. Sukupuusta selviää usein, sijaitseeko ominaisuuden aiheuttaman geenin lokus sukupuolikromosomissa, autosomissa vai mitokondriossa. Lisäksi sen avulla voidaan päätellä monesti, onko kyseisen fenotyypin aiheuttama alleeli dominoiva vai resessiivinen. Sukupuun laatimisessa käytetään yleensä vakiintuneita symboleja.

Kuvassa B on suoritettu restriktioentsyymillä MstII katkaistujen DNA-palojen elektroforeesin avulla tapahtuva erottelu mutaation tarkempaa analyysiä varten. Ennen katkaisuentyymikäsittelyä on DNA eristettävä jokaisen sukupuussa esiintyvän henkilön soluista.

Solut on eristystä varten rikottava, mikä onnistuu esim. murskaamalla nestetyydessä jäädytetty näyte. Solukalvorakenteissa olevat rasvat voidaan irrottaa soluista detergenteillä ja solujen proteiinit proteaaseilla eli proteiineja pilkkovilla entsyymeillä. Rasvat ja proteiinit poistetaan näytteestä uuttamalla sopivissa liuottimissa. DNA eristetään rasvoista ja proteiineista sentrifugin avulla. Tämän jälkeen puhdas DNA saostetaan kylmässä alkoholiliuoksessa. Eristetty DNA pilkotaan seuraavaksi bakteereista eristetyllä katkaisu- eli restriktioentsyymillä. Katkaisuentyymejä on erityyppisiä sen mukaan, minkälaisen emäsjärjestyksen ne DNA:n kaksoisjuosteessa tunnistavat ja katkaisevat.

# BIOS5

Luku 6 – Geenitekniikalla tutkitaan ja muokataan perimää

Kuva C: MstII - entsyymillä voidaan eristää  $\beta$ -globiinigeenistä alue, jolla sirppisoluanemiaan aiheuttava pistemutaatio sijaitsee. Yhden nukleotidin muutos mutatoituneessa  $\beta$ -globiinigeenissä poistaa sen sisällä olevan katkaisukohtan, jolloin MstII- entsyymi ei kykene katkaisemaan DNA-juostetta. Näin mutatoitunut geeni leikkautuu ainoastaan yhtenä kookkaana DNA-jaksona (x). Normaalisti geenistä saadaan kaksi DNA-jaksoa, lyhempi (z) ja hieman pidempi (y) jakso.

DNA-jaksot erotellaan toisistaan koon perusteella geelielektroforeesissa.

Hyytelömäisessä geelissä lyhyet DNA - jaksot kulkevat sähkökentässä nopeammin kuin kookkaat DNA - jaksot kohti elektroforeesilaitteen anodia (+ - napa). Kuva B osoittaa, että pisimmät pilkkoutumattomat x-jaksot kulkevat geelillä lyhemmän matkan ja normaalialleelin pilkkoutuneet y - jaksot ja z - jaksot kulkevat geelissä pitemmälle.

- c. Henkilön II – 4 genotyyppi on Bb, henkilön II – 5 BB ja henkilön II – 6 bb.

Sukupuun (kuva A) perusteella voidaan päätellä, että terveet henkilöt II – 4 ja II – 5 ovat mutaation suhteen joko heterotsygotteja (Bb; kantajia) tai täysin terveitä (BB). Henkilön II – 6 on oltava bb.

Geelielektroforeesin perusteella henkilön II – 4 genomissa esiintyy sekä mutanttialleeli (b, jakso x) että normaalin dominoivan alleeliin (B) jaksot (y, z). Henkilöllä II – 5 on ainoastaan normaalialleelin jaksot (y, z). Henkilön II – 6 näytteestä löytyy ainoastaan mutanttia  $\beta$ -globiinia edustava x-jakso eli alleeli b.

## Tehtävien vastaukset s. 94

### 1. Käsitteiden määrittelyä

- a. Eliö, jonka perimää on muunneltu geenitekniikan avulla.
- b. Muuntogeenin eliö, johon on siirretty yksi tai useampia vieraita geenejä.
- c. Muuntogeeninen eliö, jonka yhden tai useamman geenin ilmentyminen on estetty.

### 2. Geeninsiirto

- a. Sääteleyosa on osa geeniä ja sen toiminnan kannalta välttämätön. Ilman sääteleyaluetta geenin luennan suorittava entsyymi (RNA-polymeraasi) ei kiinnity koodaavan osan eteen (promoottori) ja lähetti-RNA:n rakentaminen (transkriptio) ei käynnisty. Siirron kohteena olevassa eliössä ei välttämättä ole sopivaa sääteleyaluetta, joten se on liitettävä mukaan siirrettävään DNA-jaksoon.
- b. Merkkigeenin avulla voidaan paikallistaa ja tunnistaa siirrettygeeni. Merkkigeeninä käytetään sellaista geeniä, joka aiheuttaa helposti tunnistettavan muutoksen fenotyyppissä. Näin varmistetaan, että geenin siirto on onnistunut.
- c. Siirtogeenisiä bakteereita kasvatetaan antibioottimaljalla, koska geenisiirron yhteydessä bakteeriin siirretään myös geeni, joka aiheuttaa resistenssin tälle antibiootille. Kasvatettaessa siirron kohteena olevia bakteereita antibioottimaljalle vain ne bakteerit, joissa on siirretty geeni kykenevät elämään tällä maljalla. Menetelmää kutsutaan antibioottivalinnaksi.
- d. Virukset pystyvät luonnostaan tunkeutumaan isännän soluihin ja liittämään oman perimänsä niiden perimän osaksi. Lisäksi ne infektoivat vain tiettyjä kudoksia. Virusvektorista täytyy kuitenkin poistaa ennen siirtoa sen omaan lisääntymiseen liittyvät geenit ja korvata ne siirrettävällä geenillä.

- e. Geenin siirto ei onnistu läheskään aina ja tähän on useita syitä. Siirtogeneeni liiity lainkaan kohdesolujen perimään tai sitä liittyy vain vähäisessä määrin. Useat geeninsiirtotekniikat ovat epätarkkoja, joten geeni voi liittyä väärään kohtaan, jolloin se ei toimi lainkaan tai toimii virheellisesti. Lisäksi geenejä voi siirtyä useita kappaleita soluun, jolloin sen toiminta ei ole halutun laista.

### 3. Aivotutkija pohtii

- a. Käytettävissä on useita leimattuihin DNA- tai RNA-koettiin perustuvia tekniikoita. Ne perustuvat siihen, että leimattu koetin pariutuu RNA:n tai siitä valmistetun yksijuosteisen cDNA:n kanssa. RNA-puolestaan kertoo, että kyseinen geeni on aktiivinen, koska geeniä luettaessa syntyy lähetti-RNA:ta. Esimerkiksi kudosleikkeestä voi tunnistaa onko joku geeni siinä aktiivinen värireaktion perusteella.  
Mikäli halutaan tutkia useita geenejä samanaikaisesti, tehokas tapa on käyttää DNA-sirua, jossa on koettimet tutkituille geeneille. Aluksi kudoksesta eristetään RNA ja muutetaan se käänteiskopioinnin ja merkkiaineen avulla leimatuksi vastin-DNA:ksi. Vastin-DNA-molekyylien annetaan reagoida sirulla olevien DNA-koettimien kanssa. Vastin DNA hybridisoituu niiden geenikoettimien kanssa, joilla on vastaava emäsjärjestys. Merkkiaineen synnyttämän värireaktion perusteella nähdään mihin geenikoettiin näyte on tarttunut eli mitkä geenit ilmentyvät tutkittavassa kudoksissa.
- b. Aminohappojärjestyksen perusteella on mahdollista päätellä geenin emäsjärjestys. Koska monia aminohappoja koodaa useampi emäskolmikko, pyritään aminohappoketjusta valitsemaan sellainen jakso jossa vaihtoehtoja on mahdollisimman vähän. Emäsjärjestyksen perusteella haetaan geenitietokannasta kyseinen geeni. Emäsjärjestyksen perusteella voidaan myös tehdä koetin ja hakea kyseinen geeni DNA-sirulta.
- c. Kun geeni tunnetaan, se voidaan eristää ja monistaa PCR:n avulla. Tämä edellyttää, että geeni ei ole liian suuri ja että sopivat alukkeet tunnetaan. Muussa tapauksessa geeni voidaan monistaa bakteerien avulla. Geenikirjastosta (mieluiten cDNA-kirjastosta) haetaan koettimen avulla bakteeri, jonka plasmidissa kyseinen geeni sijaitsee. Tämän jälkeen kyseistä bakteeria voidaan kasvattaa ja eristää viljelmän bakteereista DNA.

- d. Kyseistä välittäjäainetta voidaan tuottaa yhdistelmä-DNA-tekniikalla tuotetuissa siirtogeenisissä bakteereissa. Välittäjäaineen tuotantoa ohjaavan geenin siirto plasmidiin tapahtuu siten, että sekä siirrettävä DNA, että plasmidi leikataan samoilla katkaisuentyymeillä. Näin plasmidiin syntyy kolo, johon siirrettävä DNA liitetään liittjäentsyymillä. Plasmidissa on lisäksi valmiina antibioottiresistenssigeeni. Kun plasmidivektorit ovat valmiita, ne siirretään bakteeriviljelmään, jossa plasmideita siirtyy osaan bakteereista. Tämän jälkeen viljelmän bakteereja kasvatetaan antibioottialjoilla, jolloin vain antibiootille resistentit siirtogeeniset bakteerit säilyvät hengissä. Näitä bakteereita kasvatetaan bioreaktoreissa ja eristetään bakteerien tuottama välittäjäaine.

#### 4. Poistogeenisen hiiren tuottaminen crispr-tekniikalla

- a. Crispr-tekniikassa DNA-juoste kyetään leikkaamaan täsmällisesti halutun emäsjärjestyksen kohdalta. Leikkaamisen suorittaa cas-entsyymi ja oikean kohdan tunnistaa opas-RNA. Opas-RNA kiinnittyy cas entsyymiin ja kuljettaa sen leikkauskohtaan.
- b. Poistettavan geenin tunnistava opas-RNA ja cas-entsyymi siirretään hedelmöittyneeseen munasoluun. Siellä opas-RNA:n ja cas-entsyymien muodostama makromolekyylitunnistaa ja pilkkoo poistettavan geenin ja tekee siitä toimimattoman. Munasolu siirretään valeraskaaseen naaraaseen, missä siitä kehittyy alkio ja alkioista jälkeläinen. Mikäli siirto on onnistunut, jälkeläisen molemmat alleelit ovat toimintakyvyttömiä. Koska siirto ei läheskään aina onnistu, toimenpide tehdään useaan munasoluun.
- c. Poistogeenisyys testataan eristämällä muutettu osa geenistä PCR:llä. Tähän tarvitaan kaksi sen molemminpuolista aluketta. Kun geeni on eristetty, se sekvensoidaan poistogeenisyyden varmistamiseksi.
- d. Poistogeenisiä hiiriä käytetään lähinnä lääketieteellisissä tutkimuksissa, kun halutaan tietää, miten jokin geeni vaikuttaa koko elimistön toimintaan. Poistogeenisillä hiirillä pyritään esimerkiksi mallintamaan erilaisia tauteja aiheuttavia mutaatioita.

### 5. Crispr-tekniikan tutkiminen

- a. HI-viruksen geenit tallentuvat tartunnan saaneella ihmisellä T-solujen DNA:han. Näiden geenien avulla solu alkaa tuottaa uusia HI-virusia. Tutkijoiden tavoitteena oli estää näitä geenejä toimimasta tai poistaa ne sairastuneen eläimen elimistöstä. Lopullisena tavoitteena on kehittää HIV-tartunnan saaneille tehokas ja pysyvä hoitokeino.
- b. Crispr-menetelmässä opas-RNA tunnistaa halutun kohdan, tässä tapauksessa tietyn viruksen geenin, ja sen kuljettama cas-entsyymi poistaa palan geenistä tai mahdollisesti koko geenin. Solun DNA:n korjausmekanismit liittävät katkaistun geenin lyhentyneet palat yhteen ja tekevät samalla tästä geenistä toimintakyvyttömän.
- c. Kaikki tutkijoiden kolme koetta onnistuivat. Ensimmäisessä kokeessa he onnistuivat vähentämään merkittävästi geenin ilmentymistä, mikä näkyi vähentyneenä virus-geenin RNA:n tuotantona. Toisessa kokeessa 96 prosentissa tapauksista hiiren oma HIV (EcoHiv) ei kyennyt lisääntymään crispr-käsitellyissä hiirissä. Kolmannessa kokeessa tutkijat istuttivat HI-virustartunnan saaneen ihmisen T-soluja hiireen. Crispr-tekniikan avulla he kykenivät poistamaan yhdellä kertaa kaikki piilevät HI-viruksen geenit näistä soluista.
- d. Kaikki kokeet suoritettiin hiirillä, joten tuloksia ei voi suoraan soveltaa ihmiseen. Uuden hoitokeinon kehittäminen ja käyttöönotto vie vuosia ja vaatii lukuisia klinisiä (käytännön hoitoon liittyviä) testejä. Lisäksi crispr-tekniikka muokkaa perimää, mikä herättää myös vastustusta.

## Tehtävien vastaukset s. 108

### 1. Jalostukseen liittyviä käsitteitä

- a. Valintajalostus perustuu siihen, että lisääntymään valitaan jalostajan mielestä halutun ominaisuuden suhteen parhaimmat yksilöt. Puhtaalla linjalla tarkoitetaan jalostuksessa valinnan seurauksena muodostuneita, jalostettavan ominaisuuden suhteen homotsygoottisia yksilöitä. Kasvinjalostuksessa puhdas linja on mahdollista saavuttaa itsepölytteisillä kasveilla. Kun puhdas linja on saavutettu, jalostusta ei enää voida jatkaa valinnan avulla.
- b. Rotu on eläinlajin sisäinen yksilöjoukko, jonka yksilöt tietyiltä ominaisuuksiltaan poikkeavat muista lajin yksilöistä. Saman lajin eri rodut pystyvät lisääntymään keskenään ja tuottamaan lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä. Vastaavaa kasvilajin yksilöjoukkoa kutsutaan lajikkeeksi. Esimerkiksi koirarodut ja omenien lajikkeet.
- c. Risteytysjalostuksen avulla pyritään saamaan aikaan uusia ominaisuusyhdistelmiä. Tavoitteena on jalostaa yksilöitä, joilla on useita jalostajan toivomia ominaisuuksia. Risteytysjalostuksessa risteytetään eri rotuja keskenään tai eri lajikkeita keskenään. Kasveilla voidaan risteyttää myös eri lajeja. Heteroosilla tarkoitetaan heterotsygoottisten yksilöiden paremmuutta suhteessa homotsygoottisiin yksilöihin. Heterotsygoottisia yksilöitä saadaan yleensä risteytysjalostuksen tuloksena.
- d. Alkionsiirto on yleistynyt kansainvälisessä eläintenjalostuksessa. Alkionsiirrolla tarkoitetaan sitä, että munasolun hedelmöittymisen ja lyhyen kehitysvaiheen jälkeen eläimen alkiot kerätään talteen ja pakastetaan tai siirretään heti kehittymään valitun naaraan kohtuun. Tarvittavat munasolut hedelmöitetään yleensä keinosiemennyksellä.

### 2. Puhdas linja

- a. Jalostaja valitsee aina suurimman siemenen: siemenen koko kasvaa tiettyyn rajaan asti. Jalostaja valitsee aina pienimmän siemenen: siemenen koko pienenee tiettyyn rajaan asti.
- b. Valinnan tuloksena syntyivät puhtaat linjat. Tällöin pavut ovat siementen kokoon vaikuttavien geenien suhteen homotsygoottisia, jolloin valinta ei enää vaikuta siementen kokoon.



- c. Koska ympäristötekijät vaikuttavat papujen kokoon. Puhtaissa linjoissa kaikki muuntelu on ympäristötekijöiden aiheuttamaa.

### 3. Koirien biopankki

- a. Urosten tulee olla terveitä, rotupiirteiden ulkomuodolta (koko, turkin väri, häntä jne.) rodulle tyypillisiä, käyttäytymiseltään terveitä.
- b. Sukusiitoksella tarkoitetaan sitä, että käytettävät vanhemmat ovat keskenään läheisempää tai kaukaisempaa sukua. Jalostuksessa käytetään käsitettä sukusiitosaste. Sukusiittoisuus lisää riskiä perinnöllisten sairauksien esiintymiseen. Pienessä populaatiossa sukusiitos on yleisempää kuin suuressa populaatiossa.
- c. Näin turvataan rodun perinnöllinen monimuotoisuus ja vähennetään sukusiitoksen riskiä ja samalla esimerkiksi rodulle tyypillisten sairauksien yleistymistä. Esimerkiksi suomenpystykorvalla esiintyy runsaasti epilepsiaa, jonka mahdollisuus lisääntyy, jos jalostuksessa käytetään toisilleen sukua olevia yksilöitä.
- d. Pyritään siihen, että lisääntymään saadaan mahdollisimman iso osa populaatiosta, koska joka tapauksessa on kyse pienistä populaatioista. Voidaan käyttää geenitestejä. Käytetään tarvittaessa keinosiemennystä, jolloin lisääntyvät yksilöt voidaan valita paikkakunnasta riippumatta.

### 4. Tomaatin jalostus

- a. Tomaatteja voidaan jalostaa valintajalostuksen avulla. Tällöin saman lajin lajikkeen yksilöistä valitaan aina sopivimmat, esimerkiksi suurimmat, lisääntymään. Lajikkeita risteyttämällä saadaan uusia ominaisuusyhdistelmiä, esimerkiksi uuden värisiä tomaatteja.
- b. Maatiaislajikkeiden muuntelu on vähäistä, koska kasvatuksessa on pitkään käytetty omia, saman lajikkeen siemeniä. Uusia ominaisuuksia voi syntyä vain mutaatioissa.
- c. Kun risteytetään kahden lajikkeen yksilöitä, saadaan uusia ominaisuusyhdistelmiä. On havaittu, että joissain tapauksissa heterotsygoottinen yksilö eli hybridi on tuottavuudeltaan parempi ja kestää erilaisia ympäristön stressitekijöitä paremmin. Tätä ilmiötä kutsutaan heteroosiksi.

- d. Niillä voi olla ominaisuuksia, joita tarvitaan tulevaisuuden jalostuksessa, esimerkiksi hyvä lisääntymiskyky ja kylmydenkestävyys. Ne ovat myös osa kulttuuriperintöä.

### 5. Kauppatutkimus

Tutkimustehtävä, ei mallivastausta.

### 6. Siemenpankki varmuusvarastona

- a. Siemenpankissa säilötään siemeniä kaikista nykyisistä viljelykasveista, vanhoista viljelykasvien kantamuodoista ja villeistä lajikkeista. Näin ne säilyvät tallessa, vaikka niitä ei tällä hetkellä viljeltäisi tai niiden viljely loppuisi tulevaisuudessa.
- b. Huippuvuorilla maaperä on ikiroudassa ja kallioperä on geologisesti vakaa, joten varasto on turvallinen.
- c. Eläinten geenien säilyttämisessä voisi toimia munasolujen, siittiösolujen tai alkioiden pakastaminen.
- d. Jos olosuhteet maapallolla muuttuvat esimerkiksi ilmastonmuutoksen seurauksena, saatetaan näistä säilytetyistä siemenistä löytää viljelykasveja, jotka menestyvät muuttuvissa olosuhteissa.
- e. Viljelykasvien säilyttämisen keinoja ovat kasvitieteelliset puutarhat, arboretumit, vanhojen viljelylajikkeiden viljelyn tukeminen, luopuminen samoista lajikkeista (esimerkiksi banaani) jne. Tuotantoeläinten säilyttämisessä esimerkiksi vanhojen maataisrotujen kasvattamisen tukeminen, kuluttajien kulutustottumuksiin vaikuttaminen (esimerkiksi Suomessa kotimaisen lampaanlihan suosiminen), pienten tuotantoyksiköiden tukeminen jne.

## Tehtävien vastaukset s. 121

### 1. Selvitä

- a. Riisiin on siirretty geenejä maissista ja bakteerista. Se on saatu tuottamaan runsaasti A-vitamiinin esiastetta beetakaroteenia, joka aiheuttaa riisin keltaisen värin.
- b. Loheen on siirretty kasvuhormonin tuotantoa ohjaavia geenejä Amerikan kivinilkasta ja Tyynenmeren kuningaslohesta. Muuntogeeninen lohi tuottaa kasvuhormonia ympäri vuoden.
- c. Maissiin on siirretty maaperäbakteerista geeni, joka tuottaa Bt-toksiinia. Bt-toksiinia erittyy maissin lehtiin ja niitä syödessään esim. maissikoisan toukat kuolevat.
- d. Koiran käyttäytymiseen ja luonteeseen ja jopa ulkonäköön vaikuttavat geenien lisäksi ympäristötekijät.
- e. Solukkoviljelyssä kasvisolut saadaan erilaistumaan taimiksi kasvihormonien avulla.

### 2. Hyönteismyrkkyä tuottavan maissin jalostaminen

- a.
  1. Bakteerin ja vektorina käytettävän plasmidin DNA katkaistaan samalla katkaisuentymillä.
  2. Hyönteismyrkyn tuottoa ohjaava bakteerin geeni siirretään plasmidiin liittjäentymien avulla.
  3. Plasmideja siirretään maissin soluihin, joita kasvatetaan soluviljelmässä.
  4. Solukkoviljelmästä valitaan ne solukot, joihin geeninsiirto on onnistunut, ja niistä kasvatetaan muuntogeenisiä maissikasveja.
  5. Kasvissa erittyy lehtiin hyönteismyrkkyä. Lehtiä syövät maissikoisan toukat kuolevat
- b. Kasvi tuottaa itse hyönteismyrkkyä, joten pellolle ei tarvitse ruiskuttaa kemiallisia hyönteismyrkkyjä.

- c. Hyönteisille voi kehittyä vastustuskyky hyönteismyrkkyä vastaan nopeammin, koska kasvit tuottavat myrkkyä koko ajan. Kemiallinen myrkky levitetään pellolle vain ajoittain. Muuntogeeninen maissi voi levitä ympäristöön ja risteytyä muiden maissilajikkeiden kanssa. Hyönteismyrkky saattaa tappaa myös muita hyönteisiä kuin maissin tuholaisia ja ravintoketjuun joutuessaan se voi vaikuttaa muihin eliöihin.

### 3. Sinikukkainen neilikka

- etsitään jostain sinikukkaisesta kasvista geeni, joka ohjaa sinisen pigmentin tuotantoa
- geeni kloonataan
- kloonattu geeni siirretään vektoriin (esim. agrobakteerin plasmidiin)
- plasmidiin siirretään myös sopiva promoottori ja merkkigeeni esim. antibioottiresistenssigeeni
- yhdistelmäplasmidi siirretään takaisin agrobakteeriin
- agrobakteerin annetaan infektoida kasvin solukoita esimerkiksi solukkoviljelmässä, jolloin se kuljettaa siirrettävän geenin osaksi kasvin perimää
- siirtogeenisistä soluista kasvatetaan uusia kasveja, joissa uusi geeni ilmenee sinisenä kukan värinä

### 4. Loistavat seeprakalat

- a.
- eristetään valoa hohtavasta meduusasta fluoresoivaa väriä tuottava geeni
  - siirretään geeni mikroinjektion avulla kalan mätimunaan
  - tavoitteena on, että siirretty geeni liittyy munasolun perimään
  - kasvatetaan mätimunista seeprakaloja, joista ainakin osaan on siirtynyt fluoresoivaa väriä tuottava geeni
- b. Geeniä ei tarvitse siirtää jokaiseen kalaan erikseen, koska geeni periytyy jälkeläisille samoin kuin muutkin geenit.
- c.
- pelätään muuntogeenisten seeprakalojen pääsevän luontoon
  - pelätään, että muuntogeenisten akvaariokalojen hyväksyminen nopeuttaisi muuntogeenisen ravinnon hyväksymistä
  - muuntogeenisiä seeprakaloja on nykyisin alettu jalostaa ainoastaan ulkonäön takia

## 5. Muuntogeeninen haapa

- a. Tutkijan olivat saaneet haavan tuottamaan 80 prosenttia enemmän biomassaa kasvukaudessa. Puuaineksen kasvunopeus lähes kaksinkertaistui normaaliin kasvuun verrattuna.
- b. Tutkijat tekivät haavasta muuntogeenisen muokkaamalla tiettyjä geenejä jällessä. Puut kasvavat paksuutta jälsikerroksesta. kasvu perustuu solujen jakautumiseen. Muuntogeenisten haapojen jällessä geenit tuottivat tavallista enemmän sytokiniinihormonia, joka nopeutti solujen jakautumista ja siten puiden rungon kasvua.
- c. Muuntogeeniset haavat kasvoivat kasvihuoneessa ihanteellisissa oloissa. Ulkona tutkimuspalstoilla kasvavista haavoista testataan, tunnistavatko puut normaalin vuorokausirytmien. Tutkimuksessa tutkitaan myös lisääntykö kasvu oloissa, jotka eivät ole niin suotuisat kuin kasvihuoneessa.
- d. Kun puupelloilla kasvavat puut kasvavat nopeasti turbovauhdilla, ei tarvitse ottaa puuntuotantoon uusia alueita.

## 6. Etyleeni

Opiskelijan oma vastaus.

Ohje tutkimuksen toteuttamiseen:

- Noudata tutkimuksessasi biologisen tutkimuksen vaiheita.
- Pehdy olemassa olevaan tietoon tutkimastasi aiheesta.
- Muodosta hypoteesi.
- Suunnittele tutkimus, jonka avulla testaat hypoteesia. Mieti, mitä koejärjestelyltä vaaditaan, että tulokset ovat luotettavia ja että niiden avulla on mahdollista vetää johtopäätöksiä.
- Toteuta tutkimus.
- Kirjaa tulokset ja vertaa saatuja tuloksia hypoteesiin. Mitä sait selville? Vastasivatko tulokset hypoteesia? Kun dokumentoit tutkimuksesi, tee siitä niin perusteellinen ja selkeä, että joku toinen voisi toistaa suorittamasi tutkimuksen.

## 7. Darwinin tutkimus

Tutkimus tehtiin heinäkasvin siemenillä, joihin kasvaa idätettäessä itutuppi eli yksisirkkaisen heinäkasvin ensimmäinen lehti.

Koe 1: Itutuppea valaistaan sivulta tulevalla valolla, jolloin se kääntyy kasvamaan valoa kohti.

Koe 2: Itutupesta katkaistaan kärki ja valaistaan itutuppea samasta suunnasta ja samalla valon määrällä kuin kokeessa 1. Itutuppi ei reagoi valoon

Koe 3: Itutupen kärki peitetään ja valaistaan itutuppea samasta suunnasta ja samalla valon määrällä kuin kokeessa 1. Itutuppi ei käänny kasvaessaan valon suuntaan.

Johtopäätökset:

Auksiinia erittyy itutupen kärjessä valon vaikutuksesta ja se kulkeutuu kasvin varjopuolelle lisäten siellä solujen pituuskasvua. Solujen varjopuolen pituuskasvu kääntää kasvin kohti valoa.

## 8. Erilaista kloonamista

- a. Perimältään samanlaisten eläinyksilöiden tuottaminen. Tämä voi tapahtua esim. tumansiirtotekniikkaa käyttäen.

Kloonamalla voidaan tuottaa perinnöllisesti samankaltaisia yksilöitä yhdestä tai muutamasta solusta monistamalla. Kloonamalla voidaan myös monistaa esim. tuotannollisia huippueläinyksilöitä sekä pelastaa uhanalaisia lajeja.

- b. Perimältään samanlaisten kasvien tuottaminen. Tämä tapahtuu, kun kasveja lisätään kasvullisesti (suvuttomasti) esim. juurimukuloista, pistokkaista, rönsyistä yms. Voidaan käyttää myös solukkoviljelmiä, joiden soluista saadaan kasvihormonien avulla kokonaisia kasviyksilöitä.

Kloonamalla voidaan tuottaa perinnöllisesti samankaltaisia yksilöitä yhdestä tai muutamasta solusta monistamalla. Kloonamalla voidaan monistaa nopeasti monia hyötykasveja sekä metsäpuita. Kloonamalla voidaan tuottaa myös lajiristeymiä, jotka ovat usein steriilejä. Lisäksi kloonamalla voidaan tuottaa terveitä, viruksettomia kasviyksilöitä.

- c. Geenin eristäminen, liittäminen bakteereihin, monistaminen bakteeriviljelmässä, geenin sisältävän pesäkkeen etsiminen ja geenin eristäminen siitä. Myös PCR:llä tehtävä DNA-jakson monistaminen on sen kloonamista.

Bakteerikloonin avulla voidaan kloonata genejä. Geenien kloonamisessa saadaan pienestäkin geeninäytteestä niin suuri määrä DNA:ta, että sitä voidaan tutkia ja analysoida useiden tutkijoiden toimesta.

## 9. Jalostus ja geenitekniikan menetelmät

- a. I

eliö	menetelmä			
	geeninsiirto	tumansiirto	risteytysjalostus	valintajalostus
ihmisen hormonia tuottava lammas		X		
rikkakasvien torjunta-ainetta kestävä soija	X			
kasvuhormonia tuottava hiiva	X			
nopeasti juokseva kilpahevonen			X	X
A-vitamiinin esiastetta tuottava riisi	X			

- b. Pienikasvuisuuden hoitoon käytetään kasvuhormonia, jota tuotettiin aikaisemmin eristämällä sitä eläinten aivolisäkkeestä. Ihmisen kasvuhormonigeeni voidaan siirtää hiivasoluun, jolloin hiivaviljelmissä saadaan tuotettua täysin samanlaista kasvuhormonia kuin ihmisen aivolisäkkeestä erittyä. Tuottaminen hiivaviljelmissä on nopeaa ja halpaa, ja tuotettu kasvuhormoni on puhtaampaa kuin eläimistä eristetty kasvuhormoni. Ihmiseen ei siirry esimerkiksi eläinten tauteja.

A-vitamiinin esiastetta tuottava riisi eli kultainen riisi on geenitekniikan menetelmillä tuotettu muuntogeeninen riisilajike, joka on saatu aikaan siirtämällä siihen genejä maissista ja bakteerista. Kultainen riisi jalostettiin ehkäisemään A-vitamiinin puutetta alueilla, joilla riisi on pääasiallinen ravinnonlähde.

## 10. Kasvihormonit

- a. Kypsyvät hedelmät erittävät ilmaan kaasumaista etyleenihormonia. Se saa aikaan ennenaikaista kukkien varisemista ja hedelmien kypsymistä.
- b. Pituuskasvua tapahtuu kaikissa kasvinosissa, kun auksiinipitoisuus on välillä 0,0000001–0,00001 mg/l.
- c. Kun auksiinipitoisuus kasvaa, se hidastaa juurien kasvua. Sen sijaan silmujen ja varren kasvu kiihtyy. Pitoisuuden kasvaessa 0,005 mg/l silmujen kasvua lisäävä vaikutus lakkaa ja hormoni alkaa hidastaa silmujen normaalia kasvua. Varren kasvua auksiini kiihdyttää noin 1 mg/l saakka, jonka jälkeen sen vaikutus on kasvua hidastava.

## 11. Muuntogeeninen ravinto

- a. Kun lehmä syö muuntogeenistä ravintoa, esimerkiksi heinää, jonka soluseinät ovat muunnetun geenin takia helpommin sulavia, se saa enemmän ravintoaineita kuin tavallisesta heinästä. Lehmän syömän heinän geenit ja pääosin myös proteiinit hajoavat lehmän elimistössä eivätkä siirry sellaisenaan maitoon. Maito ei eroa oleellisesti tavallista heinää syöneen lehmän maidosta.

Muuntogeenisestä ohrasta valmistetussa oluessa on ohrasta vapautuneita sokereita, proteiineja ja makuaineita. Todennäköisesti suuri osa ohran geeneistä on hajonnut oluen tuotantoprosessin aikana, mutta niitä saattaa olla edelleen oluessa. Myös muuntogeenisen ohran proteiineja on oluessa.

Muuntogeeninen tomaatti sisältää vieraita geenejä ja niiden tuottamaa proteiinia. Niitä joutuu ihmisenkin ruuansulatuselimistöön, missä sekä geenit että proteiinit hajoavat nopeasti ja ne käytetään uudelleen ihmisen oman DNA:n ja RNA:n sekä proteiinien valmistamiseen.



### b. Hyödyt:

- muuntogeenisten kasvi voi olla on ravintoarvoltaan parempi
- muuntogeeniset kasvit saattavat olla paremman makuisia ja tuottaa enemmän satoa
- proteiinien aminohappokoostumusta on mahdollista parantaa, niin että aminohappoja saadaan ravinnosta oikeassa suhteessa
- kasvien säilymistä voidaan parantaa, esim. pitkään säilyvä tomaatti
- muuntogeenisen kasvin viljely saattaa vähentää torjunta-aineiden käyttöä

### Riskit

- siirretyn geenin ohjeen mukaan syntynyt proteiini voi aiheuttaa allergiaa, kuten mikä tahansa uusi proteiini
- mikäli muuntogeeninen kasvi sietää paremmin rikkaruohomyrkkyä, siinä saattaa olla rikkaruohomyrkkyjämiä
- rikkaruohomyrkyn sietoa parantava geeni voi siirtyä lähisukuisiin rikkaruohoihin
- muuntogeenisessä viljelykasvissa siirretty geeni voi olla sijoittunut perimään siten, että se vaikuttaa toisen geenin ilmentymiseen. Tällöin viljelykasvissa usea ominaisuus voi olla tahattomasti muuttunut (uudet geeninsiirtotekniikat, esim. crispr-tekniikka mahdollistavat täsmällisen geeninsiirron)
- muuntogeenisiä lajikkeita viljelevien viljelijöiden riippuvuus monikansallisista yrityksistä

## Tehtävien vastaukset s. 131

### 1. Tautien torjunta

- a. Bakteritautien hoidossa käytettävät antibiootit eivät tehoa viruksiin. Antibiootin bakteereja tappava vaikutus perustuu siihen, että se häiritsee jotakin vaihetta bakteerin aineenvaihdunnassa (esim. proteiinisynteesiä tai soluseinän rakentumista). Koska viruksilla ei ole itsenäistä aineenvaihduntaa, eivät antibiootit voi tehotta viruksiin.
- b. Interferoneja voidaan käyttää virustautien hoidossa. Interferonit ovat solujen tuottamia proteiineja, jotka estävät virusten lisääntymistä.
- c. Bakterien ja virusten rekombinaation ansiosta niiden pintaproteiinit muuttuvat. Rokotuksen tuloksena elimistöön syntyneet muistisolut eivät enää tunnista muuntuneita mikrobeja, ja ihminen sairastuu tautiin.
- d. Kun proteiinireseptorin kolmiulotteinen rakenne tunnetaan, pystytään valmistamaan lääkemolekyyli, joka sopii siihen kuin avain lukkoon. Tällöin puhutaan täsmälääkkeistä.
- e. Antibiooteille resistentit bakteerit ovat yleistyneet ja monia bakteritauteja on nykyisin yhä vaikeampi hoitaa. Lisäksi antibiootit tappavat myös elimistön hyödyllisiä bakteereita. Taudinaiheuttajabakteereilla on isäntäspesifisiä bakteriofageja. Niiden avulla voidaan tuhota taudinaiheuttajabakteerit elimistöstä ilman, että elimistön normaalit bakteerit tuhoutuvat. Bakteriofagit tuhoavat myös antibioottiresistenttejä kantoja.

### 2. Insuliinin tuotanto bakteerisolussa

- a. Insuliini on elimistön elintärkeä hormoni, jonka avulla veren glukoosia saadaan siirrettyä maksa-, lihas- ja rasvakudoksen soluihin. Ilman insuliinia ihminen menehtyy. Insuliini on proteiini ja sitä tuottavat sen tuotantoon erikoistuneet haiman solut

- b. Kuvassa insuliinia tuotetaan yhdistelmä-DNA-tekniikalla bakteerisolussa.
- Aluksi insuliinin tuotantoa ohjaava geeni eristetään insuliinia tuottavasta ihmisen solusta. Koska insuliinigeeni sisältää introneita, tehdään eristys lähetti-RNA:sta. Lähetti-RNA muutetaan käänteiskopioijaentsyymien avulla DNA:ksi.
  - Bakteerista eristetään plasmidi, jossa on valmiina antibioottiresistenssigeeni ja geenin luentaan tarvittava säätelyalue. Plasmidit ja siirrettävä geeni leikataan samoilla katkaisuentyymeillä. Siirrettävä geeni kiinnitetään plasmidiin liittäjäentsyymeillä.
  - Kun plasmidivektorit ovat valmiita, ne siirretään bakteeriviljelmään, jossa plasmideita siirtyy osaan bakteereista.
  - Tämän jälkeen viljelmän bakteereja kasvatetaan antibioottialjoilla, jolloin vain antibiootille resistentit siirtogeeniset bakteerit säilyvät hengissä. Näiden bakteerien jakautuessa myös niihin siirretty geeni monistuu plasmidin mukana.
  - Insuliinigeenin sisältäviä bakteereita kasvatetaan bioreaktorissa, jossa ne tuottavat insuliinia. Insuliini eristetään ja puhdistetaan bakteereista jatkokäyttöä varten.
- c. Bioteknisen valmistuksen etuina ovat valmisteen puhtaus ja prosessin tehokkuus. Sikojen ja nautojen insuliini on rakenteeltaan hieman erilaista kuin ihmisen, ja sen käyttöön liittyy muun muassa allergiariskejä. Yhdistelmä-DNA-tekniikalla tuotetaan täysin ihmisen insuliinin kaltaista hormonia.

### 3. Bioteknologiseen lääketieteeseen liittyviä käsitteitä

- a. Mikrobin pinnalla on erilaisia proteiineja, jotka elimistön puolustusjärjestelmän imusolut tunnistavat vieraksi aineiksi. Näitä aineita kutsutaan antigeeneiksi, ja ne käynnistävät elimistössä vasta-aineiden tuotannon. Rokotteessa elimistöön siirretään antigeenejä ja elimistön puolustusjärjestelmä käynnistyy ilman, että ihminen sairastuu. Imusolut tekevät muistisoluja, jotka tunnistavat myöhemmin saman taudinaiheuttajan ja käynnistävät nopean puolustuksen.

- b. Antibiootit ovat mikrobien tuottamia tai synteettisesti valmistettuja aineita, jotka estävät bakteerien lisääntymistä ja kasvua. Bakteriofagit ovat bakteereissa lisääntyviä viruksia. Monet taudinaiheuttajabakteerit ovat tulleet resistenteiksi antibiooteille ja bakteriofageista suunnitellaan antibiootteja korvaavia bakteerilääkkeitä.
- c. Nykyisin lähes kaikki lääkkeenä käytetystä insuliinista valmistetaan yhdistelmä-DNA-tekniikalla.
- d. Monoklonaalinen vasta-aine on soluviljelmässä tuotettu proteiini, joka tunnistaa tarkasti yhden antigeenin osan. Monoklonaalisia vasta-aineita käytetään täsmälääkkeinä muun muassa syövän hoidossa.
- e. Kookkaita lääkeproteiineja voidaan tuottaa muuntogeenisissä nisäkkäissä, kuten lehmissä, vuohissa ja kaneissa. Nisäkkäät ovat periaatteessa hyviä proteiinien tuottajia, koska siirtogeeni on mahdollista saada toimimaan utareen soluissa ja erittymään maitoon. Nisäkkäiden käyttöä lääkkeiden tuottajina kuitenkin rajoittavat tuotantomenetelmän suuret kustannukset.

#### 4. Täsmälääke syöpää vastaan

Koska syöpäsolun solukalvon pintaproteiinin rakenne tunnetaan, voidaan syöpätyypille kehittää täsmälääke monoklonaalisten vasta-aineitten avulla. Monoklonaaliset vasta-aineet ovat elimistön puolustusjärjestelmän B-imusolujen tuottamia vasta-aineita, jotka tunnistavat antigeenistä vain yhden osan. Niitä valmistetaan soluviljelmissä. Monoklonaalisia vasta-aineita voidaan käyttää joko suoraan syöpälääkkeinä tai niihin voidaan liittää syöpäsoluja tuhoavia aineita, solusalpaajia.

Monoklonaalinen vasta-aine tälle syöpätyypille tehtäisiin seuraavalla tavalla 1. Hiireen injektoidaan syöpäsolun pintaproteiinia. Hiiren elimistö tunnistaa pintaproteiinin antigeeniksi ja siinä muodostuu erilaisia B-solujan plasmajäseniä, joista kukin tuottaa vasta-ainetta proteiinin tiettyä osaa vastaan. 2. Plasmajäseniä eristetään ja laitetaan ne kasvamaan soluviljelmään, jossa ne yhdistyvät kasvatuksessa käytettäviin syöpäsoluihin (eri syöpäsoluihin kuin mihin ollaan kehittämässä lääkettä). 3. Soluviljelmissä syntyy erilaisia fuusiosoluja, joista kukin tuottaa vain yhdenlaista vasta-ainetta. 4. Soluviljelmästä eristetään eri vasta-aineita tuottavat solut erikseen ja kasvatetaan niitä omilla kasvatusmaljoillaan. 5. Kasvatusmaljoilla solut tuottavat vasta-aineita, jotka voidaan ottaa talteen ja käyttää lääkkeenä tätä nimenomaista syöpää vastaan.

Monoklonaalisten vasta-aineiden etuna on se, että niiden vaikutus kohdistuu vain syöpäsoluihin. Tarttumalla syöpäsolunreseptoreihin ne estävät tai hidastavat syöpäsolujen kasvua. Mikäli niihin onnistutaan liittämään solusalpaaja, se tuhoaa yksinomaan syöpäsoluja ja elimistön muut salpaajalle herkät solut säästyvät.

### 5. Lääkkeiden kehitystyö ja testaus

Opiskelijan oma vastaus.

Hyviä tietolähteitä ovat Lääkealan turvallisuus ja kehittämiskeskus FIMEA sekä Lääketeollisuus ry.

### 6. Antibioottien tehon tutkiminen

- a. Koska laajin kirkas alue on vankomysiinin ympärillä, on se tappanut tehokkaimmin bakteereja.
- b. Streptomysiinin ympärille ei ole syntynyt lainkaan kirkasta kehää, joten se ei pysty tuhoamaan kyseistä bakteeria.
- c. Toiseksi laajin kirkas alue on erytromysiinin ympärillä, eli se tappaa bakteereja toiseksi tehokkaimmin.

### 7. DNA-rokotteet

- a. DNA-rokotteessa elimistöön pistetään plasmideja, joihin on liitetty yhdistelmä-DNA-tekniikalla viruksen pintaproteiinigeeni. Geeni liittyy osaksi solujen omaa perimää ja solu alkaa tuottaa antigeeninä toimivaa virusproteiinia tai sen osaa. Solu siirtää proteiinin solukalvon pinnalle, josta elimistön immunologinen järjestelmä tunnistaa solun viruksen infektoimaksi ja tuhoaa sen imusolujen avulla. Samalla T- ja B-imusolut tuottavat

elimistössä muistisoluja. Immunologisen muistin avulla elimistö on saanut suojan kyseistä virusta vastaan.

- b. Se saadaan valmistettua perinteisiä rokotteita nopeammin, sillä on niihin verrattuna vähemmän sivuvaikutuksia ja sen säilyvyys on parempi.
- c. Rokotteen kehittäminen vie runsaasti aikaa. Ennen käyttöönottoa se tulee testata erittäin tarkkaan eläinkokeilla. Testauksella selvitetään rokotteen teho sekä mahdolliset sivuvaikutukset. Tämän jälkeen seuraa testaus ihmisillä. Vasta tämän jälkeen rokote voidaan ottaa laajamittaiseen käyttöön.

## Tehtävien vastaukset s. 143

### 1. Lääketieteeseen liittyviä käsitteitä

- a. Koe-eläimissä mallinnetaan ihmisen perinnöllisiä tauteja, kun niihin kehitetään uusia hoitokeinoja. Poistogeenisessä eläimessä geenivirheen vaikutusta pystytään tutkimaan olosuhteissa, jotka vastaavat mahdollisimman hyvin potilaan elimistöä.
- b. Solukorvaushoidolla korvataan potilaan tuhoutuneet tai virheelliset solut terveillä soluilla. Solukorvaushoidoissa käytetään pääasiassa uudelleen ohjelmoituja lähes kaikkikykyisiä kantasoluja (IPS-soluja), jotka valmistetaan potilaan omista soluista. Ne ohjelmoidaan halutuksi solutyypiksi kasvutekijöiden ja muiden kemiallisten aineiden avulla ja siirretään takaisin potilaaseen.
- c. Virusta käytetään vektorina eli geeninkuljettimena, kun geenejä halutaan siirtää soluviljelmän soluihin ja tämän jälkeen siirtää muokatut solut takaisin elimistöön. Virusta voidaan käyttää myös siirrettäessä geenejä suoraan potilaaseen. Virus on tehokas vektori, koska se siirtää luonnostaan omaa geeninsä tietyn tyyppisiin isäntäsoluihin.
- d. Useat geenitestit perustuvat värjätyihin koettimiin. Emäspariperiaatteen perusteella koetin tunnistaa esimerkiksi tietyn mutanttialleelin. Esimerkiksi DNA-sirut perustuvat koettimiin.
- e. Biopankkeihin varastoidaan kudosis- ja DNA-näytteitä sekä muita tietoja potilaista. Genomitietokantoihin on puolestaan tallennettu geenitietoa, kuten koko ihmisgenomin sekvenssi ja erilaisten alleelien emäsjärjestykset. Kun potilaan kudosis- ja DNA-näytteistä saatavaa tietoa yhdistetään geenitietoon, on mahdollista parantaa potilaan hoitoa ja selvittää tutkimuksissa sairauksien syntymekanismeja.

### 2. Geenihoito

Geenihoidoa käytetään kun jollain henkilöllä on virheellinen alleeli ja elimistö ei kykene tuottamaan tarvitsemaansa proteiinia. Alleeli siirretään potilaaseen ja sen sisältämän ohjeen mukaan elimistöön alkaa syntyä puuttuvaa proteiinia. Geenihoidossa alleeli liitetään sopivaan vektoriin eli kuljettimeen. Yleisimmin geenin kuljettimena toimii lisääntymiskyvyttömäksi tehty virus. Myös liposomimolekyylejä on käytetty vektorina.

Geenihoidossa potilaasta voidaan eristää soluja, joita muokataan soluviljelmässä ja palautta ne sitten takaisin elimistöön. Esimerkiksi vakavaa immuunipuutossairautta (ADA) on hoidettu tällä menetelmällä. Myös syöpäpotilaan omia T-soluja on muokattu ja palautettu ne sitten potilaan elimistöön, jossa ne alkoivat tuhota syöpäsoluja tehokkaasti.

Geenihoidon vaihtoehtoisena menetelmänä on suora geeninsiirto potilaaseen. Niitä on tutkittu vakavien sairauksien kuten aivosyöpien hoidossa tai hemofilian hoidossa. Niissä viruksen avulla potilaaseen on liitetty tautia hoitavia geeniä ja ruiskutettu kasvaimeen tai verenkiertoon.

Geenisiirtojen ongelmana on usein siirtojen tehottomuus; geeni ei siirry läheskään aina oikeaan kohteeseen. Toinen ongelma on mahdollinen geenin tallentuminen ei haluttuun kohtaan potilaan perimässä, jolloin siirto voi muodostaa ongelmia normaalien geenien toiminnassa ja jopa aiheuttaa syöpää. Crispr-tekniikka voi osaltaan tuoda ratkaisun näihin ongelmiin, koska sen avulla geenisiirtojen tarkkuus on parantunut suuresti. Geenihoidoon liittyy myös eettisiä ongelmia: minkälaisissa tapauksissa ihmisen perimää saa muokata.



### 3. Suomalainen tautiperintö

- a. Suomalaisella tautiperinnöllä tarkoitetaan sellaisia harvinaisia perinnöllisiä tauteja, joita esiintyy Suomessa enemmän kuin muualla maailmassa. Suomalainen tautiperintö johtuu suomalaisten asutushistoriasta. Pienen kantaväestön perustajavaikutus sekä maantieteellinen että kielellinen isolaatio selittävät tiettyjen perinnöllisten tautien yleisyyden ja toisten harvinaisuuden tai kokonaan puuttumisen alkuperäisessä suomalaisessa väestössä. Yhdysvaltojen asutushistoria on täysin erilainen. Väestöä sinne on muuttanut kaikista maanosista ja erilaiset alleelit ovat siellä enemmän edustettuina ja sekoittuneina kuin Suomessa.
- b. Lieksan asuu paljon vähemmän asukkaita ja asukkaat ovat läheisempää sukua keskenään kuin Salon asukkaat. Perustajavaikutus näkyy selvästi Lieksassa ja resessiiviset alleelit ilmenevät siellä todennäköisemmin kuin Salossa.
- c. Yksittäisissä geneeissä tapahtuneet mutaatiot voidaan selvittää PCR-menetelmällä ja emäsjärjestyksen sekvensoinnilla. Kaikki suomalaisen tautiperimän alleelit voidaan selvittää myös DNA-siruilla (Suomi-siru).
- d. Suomalainen tautiperintö on hyvin tutkittu ja internetistä löytyy lukuisia aiheeseen liittyviä sivustoja. Yksittäisten tautien osalta löytyy lisäksi potilaille ja omaisille tarkoitettuja yhdistyksiä, joilla on hyvin selkeät ja kattavat nettisivustot.

### 4. Täsmälääke syöpää vastaan

- a. HI-virus on ihmisillä ja eräillä muilla kädellisillä tavattava retrovirus.
- b. HI-virus lisääntyy ihmisen puolustusjärjestelmän T-imusoluissa. Sen vaippa on samanlainen kuin T-solun solukalvo, joten se pääsee uuden isäntäsolun sisään sulautumalla sen solukalvoon. Solun sisällä virus hajoaa.  
Tämän jälkeen HI-viruksen käänteiskopioijaentsyymi kääntää viruksen RNA:n kaksijuosteiseksi DNA:ksi ja viruksen geenit liittyvät osaksi isäntäsolun tuman DNA:ta. Sitten solu alkaa tuottaa virus-RNA:ta. Osa muodostuneesta RNA:sta toimii uusien virusten perimänä ja osa lähetti-RNA:na, jonka ohjeen mukaan solu rakentaa viruksen kuoren ja vaipan proteiineja sekä entsyymejä.  
Seuraavaksi vaipan pintaproteiinit kuljetetaan rakkuloissa uusien virusten kokoamispaikalle.  
Valmiit HI-virukset eritetään ulos solusta. Samalla ne saavat ympärilleen vaipan, joka muodostuu isäntäsolun solukalvosta ja viruksen vaipan pintaproteiineista. Tämän jälkeen uudet virukset ovat valmiita infektoimaan uusia T-soluja.  
Koska HI-virus on erikoistunut lisääntymään T-imusoluissa, hoitamaton HIV-tartunta lamauttaa elimistön immunologisen puolustuksen ja aiheuttaa AIDS-sairauden.
- c. Luuytimen kantasolujen siirto. elimistön puolustusjärjestelmän muokkaus, geenihoito, hoitorokote ja shock and kill-hoitomenetelmä.
- d. **Luuytimen kantasolujen siirrossa** käytetään kantasolujen luovuttajana henkilöä, jolla ccr5-geenistä HI-virustartuntaa estävä alleeli. Tätä hoitoa on käytetty HIV-potilailla, joilla on verisyöpä.  
**Shoc and kill –menetelmän** aluksi annetaan rokote, joka auttaa puolustusjärjestelmää tunnistamaan virustartunnan saaneet T-solut. Tämän jälkeen potilaalle annetaan lääkeainetta, joka herättää myös T-soluissa olevat piilevät virukset, jolloin elimistön rokotuksella tehostettu puolustusjärjestelmä tuhoaa nämä infektoituneet solut.
- e. Luuytimen kantasolujen siirto ei tehoa T-soluissa piilotteleviin inaktiivisiin HI-viruksiin. Shock and kill menetelmän positiiviset tulokset perustuvat toistaiseksi vain yhteen potilaskokeeseen.

## Tehtävien vastaukset s. 153

### 1. Murhaajan selvittäminen

a.

- rikospaikan veritahrojen soluista, tupakantumppeihin tarttuneista huulien soluista ja mahdollisesti myös astioihin jääneistä soluista pystytään eristämään DNA:ta
- miesten päällystakissa olevista hiuksista voidaan eristää DNA:ta
- rikospaikalta kerättyä DNA:ta verrataan uhrin ja hänen luonaan vierailleiden henkilöiden DNA:han
- myös takista löytyneiden eläinten karvojen perusteella tietty henkilö on mahdollista yhdistää rikospaikkaan
- rikospaikalta voi löytyä myös sormenjälkiä
- sormenjälkien käyttö yksilöntunnistamisessa perustuu siihen, että sormenpäiden ihoharjanteet ovat yksilöllisiä
- sileisiin pintoihin jää sormenpäiden harjanteiden kuvioita

b.

- DNA:n toistojaksoja monistetaan PCR- menetelmällä
- monistetut toistojaksot erotellaan elektroforeesimenetelmällä
- näytteen DNA-tunnisteet eli DNA-profiilit tulostuvat käyrinä
- DNA-profiileja verrataan epäiltyjen DNA-profiileihin
- jos rikospaikalta löydetyn näytteen ja epäillyn henkilön DNA-profiilit ovat samanlaiset, DNA on peräisin samasta henkilöstä
- sormenjäljet saadaan näkyviin ripottelemalla niiden päälle hienojakoista jauhetta
- poliiseilla on vanhoista rikoksentehtävistä sormenjälkirekisteri, joten rikospaikalta löytyneitä sormenjälkiä voidaan verrata rekisterissä oleviin sormenjälkiin

c.

- identtisten kaksosten DNA-toistojaksot ovat samanlaiset
- jotta kaksoset pystytään erottamaan toisistaan, rikospaikalta löytyneistä näytteistä on tehtävä koko genomien sekvensointi, jolloin kaksoset pystytään erottamaan toisistaan.

### 2. Isyystutkimus

a.

- mies on lapsen isä
- lapsen perimästä puolet on peräisin isältä ja puolet äidiltä
- lapsen toistojaksoista ne, joita äidillä ei ole löytyvät isältä

b.

- ei voi
- isyystutkimuksessa käytettävät DNA: n toistojaksot sijaitsevat geenien ulkopuolisella ei-koodaavalla alueella

### 3. Koirankakkapulma

a. Katujen koirankakkaongelma halutaan poistaa tieteen keinoin. Kaduille kakkaläjiä jättävien koirien omistajat halutaan saada selville ja näin poistaa kakat kaduilta.

b.

- koiran ulosteessa on suoliston sisäpinnalta irronneita soluja
- soluista eristetään DNA:ta
- DNA:n toistojaksoja monistetaan PCR - menetelmällä
- toistojaksot erotellaan elektroforeesimenetelmällä
- saadaan koiran DNA - tunnistet
- jotta tunnisteen perusteella saataisiin selville kakkaläjän tuottanut koira ja omistaja, koirista on oltava DNA - rekisteri, josta saatavaan DNA - tunnisteeseen tutkitun koiran tunnistetta verrataan
- jotta rekisteri voidaan perustaa, jokaisen koiranomistajan pitää antaa koirastaan DNA - näyte,
- koirien DNA - tunnistet tallennetaan tietokantaan

### 4. DNA-tunnistet

a. PCR- menetelmän avulla DNA:ta pystytään monistamaan nopeasti koeputkessa.

Menetelmä perustuu eri vaiheiden vuorotteluun, jolloin lämpötilaa muuttamalla saadaan DNA-ketju vuoroin avautumaan ja rakentumaan uudelleen. Jokaisessa vaiheessa mallina olevan DNA: n määrä kaksinkertaistuu.

# BIOS5

## Luku 12 – Biologista tietoa käytetään yksilöntunnistuksessa

Toistojaksot ovat tumallisten eliöiden DNA:ssa esiintyviä lyhyitä 1-5 nukleotidin mittaisia toistuvia jaksoja. Eri yksilöillä toistojen määrä vaihtelee.

Elektroforeesi on laboratoriomenetelmä, jossa sähkövirran avulla erotellaan erikokoisia molekyylejä. DNA- ja RNA-molekyylien erottelu perustuu erikokoisten palojen liikkumisnopeuteen geelissä. Pitkät palat liikkuvat hitaammin kuin lyhyet.

- b. DNA:n tutkiminen tapahtuu erityispuhtaassa laboratorihuoneessa ja tutkijat käyttävät suojavaatteita, jotta heidän omaa DNA:taan ei sekoitu tutkittavaan näytteeseen.
- c.
- rikostutkinta
  - isyyden selvittäminen
  - sukulaisuuden selvittäminen
  - onnettomuuksien uhrien henkilöllisyyden selvittäminen
  - sodan ja konfliktien uhrien henkilöllisyyden selvittäminen
  - luonnonkatastrofien uhrien henkilöllisyyden selvittäminen

### 5. DNA-tunnisteiden avulla selvinyt rikos

Tutkimustehtävä, ei mallivastausta.

### 6. Biologisiin ominaisuuksiin perustuva yksilöntunnistus

- a.
- kasvonpiirteet
  - silmien iirikset
  - sormenjäljet
  - puheääni
  - veriryhmät
  - DNA

b.

- biologiset ominaisuudet kulkevat aina mukana
- automatisoitunut biologinen tunnistus on nopeaa ja sillä on laajat sovellusmahdollisuudet
- passit, ajokortit, henkilöllisyystodistukset, pankkikortit, kulkuluvat, tietokoneiden ja matkapuhelimien käyttö
- luotettavuus lisääntyy, kun yhdistetään useampia menetelmiä
- kasvojentunnistuksessa ongelmana on se, että kasvonpiirteet muuttuvat vanhetessa, tunnistusta vaikeuttavat myös kasvojen erilaiset ilmeet ja vahva meikki
- iiristunnistus on erittäin luotettavaa, koska jokaisen ihmisen, jopa identtisten kaksosten, iiristen kuviointi on erilainen, iiristen kuvaaminen on helppoa erityiskameroilla
- sormenjälkitunnistus on erittäin helppokäyttöinen ja sopii hyvin suurten ihmismäärien tunnistukseen, tunnistusta vaikeuttavat likainen ja rasvainen, halkeillut ja kuiva iho sekä haavat, tunnistuksessa käytettävät laitteet ovat kehittyneitä ja edullisia hinnaltaan
- äänessä on joitakin piirteitä, joita ei pysty muuttamaan, äänen käheys voi kuitenkin vaikeuttaa tunnistusta.

c.

- luotettavin yksilöntunnistus perustuu DNA:n analysointiin
- pystytään tekemään mistä tahansa näytteestä, joka sisältää soluja
- riittää lisäksi hyvin pieni määrä DNA:ta, koska sitä pystytään monistamaan PCR-menetelmällä
- näyte on otettava huolellisesti, ettei tutkittavaan näytteeseen joudu näytteenottajan DNA:ta, esim. sormista
- DNA-tunnistuksessa käytettävät alueet sijaitsevat geenien ulkopuolisella, ei-koodaavalla alueella, tulokset eivät anna tietoa henkilön ominaisuuksista

d. Esimerkiksi:

- yksityisyyttä loukkaavana riskinä voidaan pitää esimerkiksi sitä, että ihmisestä pystytään saamaan DNA-näyte tai sormenjälki hänen tietämättään ja tutkia sitä ja tallentaa se
- digitaalisessa muodossa olevia DNA-tunnisteiden ongelmana on tietoturvallisuus
- voidaan myös pohtia, onko henkilölle kuoleman jälkeen tehty yksilöntunnistus yksityisyyden loukkaamista ja millaisissa tapauksissa testin tekeminen on oikeutettua

## Tehtävien vastaukset s. 165

### 1. Käsitteitä

- a. Biohajoava muovi valmistetaan esimerkiksi tärkkelyksestä. Sen valmistukseen käytetään uusiutuvia luonnonvaroja, kun taas öljypohjainen (perinteinen) muovi valmistetaan uusiutumattomista luonnonvaroista.
- b. Synteettiset torjunta-aineet valmistetaan keinotekoisesti ja ne hajoavat ympäristössä hitaasti ja usein rikastuvat ravintoketjuissa. Biologiset torjunta-aineet ovat peräisin luonnosta: eläimistä, kasveista, sienistä tai bakteereista. Ne hajoavat vähitellen luonnossa hajottajien toimesta.
- c. Fossiiliset polttoaineet ovat uusiutumattomia luonnonvaroja (öljy, kivihiili, maakaasu) ja biopolttoaineet ovat peräisin uusiutuvista luonnonvaroista (kasvien biomassassa).
- d. Tekoäly eli keinoäly perustuu tietokoneiden tai tietokoneohjelmien toimintoihin, jotka voidaan ajatella älykkäiksi, ihmismäisiksi toiminnoiksi. Neuroverkkoja eli eliöiden hermosolujen toimintaa käytetään mallina kehitettäessä tekoälyä.

### 2. Biopolttoaineita

- a. Orgaanisista aineista, kuten kasveista, valmistettuja polttoaineita.
- b. Niillä voidaan korvata uusiutumattomia energialähteitä.
- c. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineissa käytetään pääasiassa ravinnoksi kelpaavia kasveja, kuten maissia ja sokeriruokoa. Neljännen sukupolven biopolttoaineita ollaan kehittämässä ja ne perustuvat esimerkiksi syanobakteerien ja sellaisten solujen, jotka kykenevät tuottamaan suoraan polttoaineiksi kelpaavia yhdisteitä, käyttöön.



## Luku 13 – Biologian sovellukset auttavat ihmistä ja ympäristöä

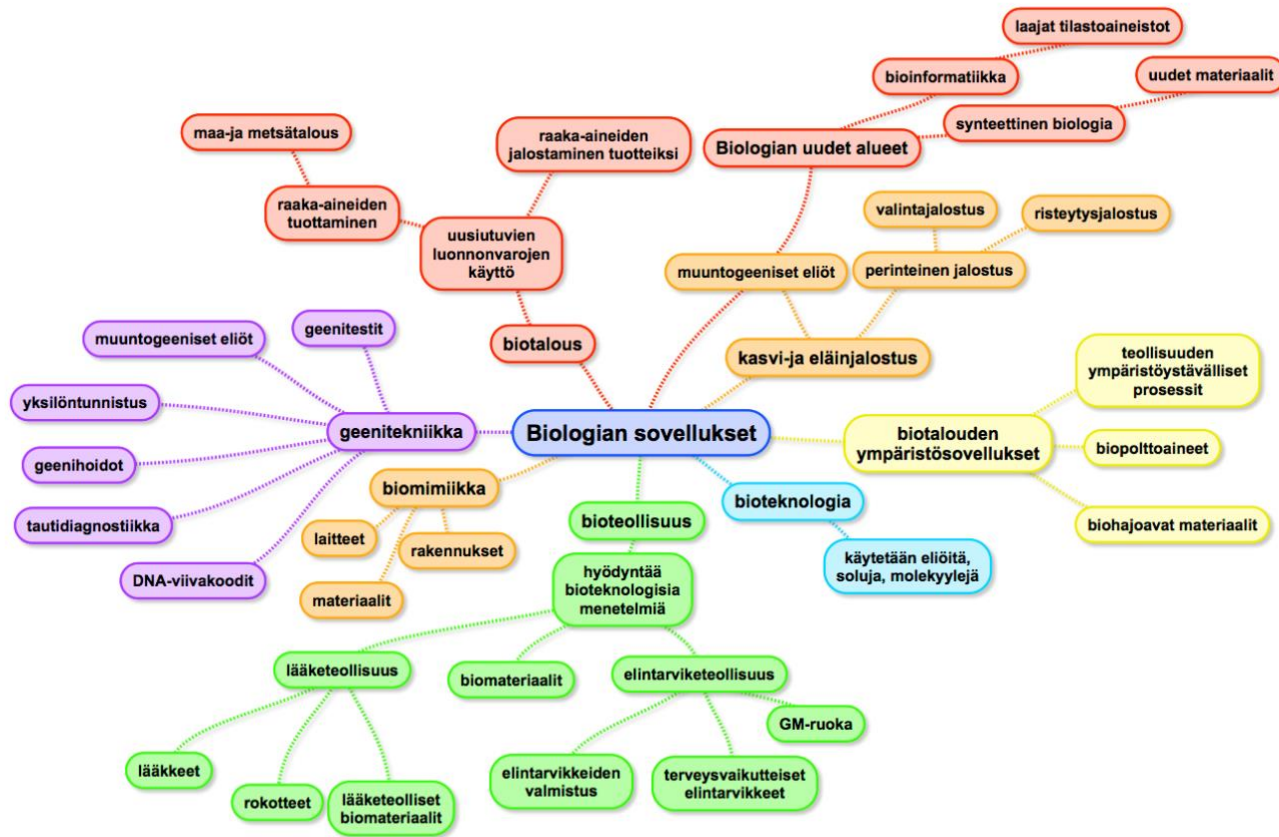
### 3. Biologian sovellusten merkitys

Esimerkki ajatuskartasta:



# BIOS5

## Luku 13 – Biologian sovellukset auttavat ihmistä ja ympäristöä



## 4. Biologian sovellusten analysointi

Esimerkki asian käsittelystä:

<p><b>edut</b></p>	<p>Ravinnontuotannon lisääminen (jalostus, viljelymenetelmät)</p> <p>Uusiutuvien luonnonvarojen käytön lisääminen</p> <p>Jätteen käsittely</p> <p>Sairauksien parantaminen</p> <p>Uhanalaisten eliöiden suojelumenetelmien kehittyminen</p>	<p><b>haitat</b></p>	<p>Luonnon monimuotoisuuden väheneminen</p> <p>Oikeus kalliisiin hoitoihin ei jakaudu tasaisesti</p> <p>Muuntogeenisten eliöiden pääsy luontoon</p>
<p><b>uhat</b></p>	<p>Väestönkasvun kiihtyminen lääketieteen kehittyessä.</p> <p>Taloudellinen epätasaro (kehittyneet/kehittyvät maat)</p> <p>Eettiset kysymykset</p>	<p><b>mahdollisuudet</b></p>	<p>Uudet energiamuodot</p> <p>Geenihoidot (crispr-tekniikka)</p> <p>Tekoäly, biorobotit</p> <p>Keinotekoiset organismit</p>

### 5. Muovijäte

- a. Ohjataan kuluttajia vähentämään pakkausmuovia, kierrätetään muovia tehokkaasti, kehitetään vaihtoehtoisia materiaaleja, etsitään muovia hajottavia bakteereja ja muita eliöitä. Näkyvän jätteen haravointi ja siivilöinti merivedestä. Muovia hajottavien muuntogeenisten bakteerien tuottaminen.
- b. Muuntogeenisten organismien käyttö luonnossa on harkittava tarkoin, koska muuntogeenisten eliöiden mahdollisia haittoja ei välttämättä tunneta vielä tarpeeksi tarkkaan. Muuntogeeninen muovia hajottava bakteeri saattaisi levitä ympäristöön ja hajottaa sellaisenkin muovin, jota ei ole tarkoitettu hajotettavaksi.
- c. Suihkugeelit, hammastahnat, muut hygieniatuotteet, kosmetiikka, pesuaineet, fleecemateriaalit, urheilutekstiilien tekniset kankaat, autojen renkaat ym.

### 6. Tutkijat ovat huolissaan maapallon tulevaisuudesta

- a. Tutkijoiden vetoamus sisälsi seuraavat toimenpiteet (lyhennettynä ja yhdisteltynä):
  - hyvin hoidettujen luonnonsuojelualueiden lisääminen
  - suojelualueiden tulee kattaa alueita maalla, merellä ja makean veden vesistöissä sekä ilmakehässä
  - suojelualueiden tulee kattaa eri ekosysteemejä ja tulee palauttaa ekosysteemejä luonnontilaan
  - uhanalaisten lajien salametsästys ja kauppa saatava kuriin
  - erityisesti metsien alkuperäislajien suojelu ja palauttaminen alkuperäiselle tasolle
  - ekosysteemipalvelujen turvaaminen
  - vihreää energiatekniikkaa on kehitettävä
  - luovuttava fossiilisten polttoaineiden käytön tukemisesta
  - ruokajätteen määrää on vähennettävä
  - ruokavaliota on muutettava kasviravinnon suuntaan
  - perhesuunnittelupalveluita on lisättävä ja ohjattava naisia ja miehiä vapaaehtoiseen perhesuunnitteluun
  - politiikkojen on kannustettava kansalaisia tavoittelemaan väestönkasvun rajoittamista kestäväälle ja tieteellisesti hyväksyttävälle tasolle
  - koulutuksessa lisättävä lasten ja nuorten tietoisuutta luonnosta sekä arvostamista
  - kuluttamisen verotusta ym. muuttamalla ohjata valintoja kestävään suuntaan

b. Esimerkkejä:

- Bioteknologian kehittyminen on tärkeää erityisesti uusiutumattomien energialähteiden kehittämisessä ja siirryttäessä pois fossiilisista polttoaineista.
- Bioteknologian keinoin kehitetään uusia, korvaavia materiaaleja uusiutumattomista luonnonvaroista valmistettavien tilalle (esimerkiksi muovit).
- Suojelualueiden suunnittelussa ja perustamisessa voidaan hyödyntää bioinformatiikkaa.
- Lajien suojelussa ja salametsästyksen ehkäisyssä biologiset tunnistusmenetelmät (DNA-viivakoodit).
- Ruokavalion muuttamisessa esimerkiksi bioreaktoreissa valmistettava soluruoka.

c. Opiskelijan oma vastaus.