

Mallivastaukset Biokemian ja molekyylibiotieteiden valintakoe yhteistyön valintakoe 25.5.2023

Tehtävät perustuvat kokeessa annettuihin aineistoihin ja lukion biologian ja kemian oppimäärään.

Esseetehtävien vastauksissa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella suurinta osaa mallivastauksessa esitettyjä asioita.

Aineistot on poistettu tekijänoikeussyistä.

Osa 1 Kudosmallit

Osan 1 tehtävät perustuvat aineistoon 1.1. Organ-On-A-Chip Platforms: A Convergence of Cells, Tissues and Microscale Technologies

Osallistut tutkijana projektiin, jossa on tarkoitus testata uuden lääkeaineen turvallisuutta ja tehokkuutta.

1. Projektin kumppani suunnittelee eläinkokeita lääkeaineiden testaukseen, mutta osa tutkijoista haluaisi tehdä kokeita solu- ja kudosisjälymalleilla hyödyntäen mikrofluidistisia siruja (microfluidic chips) ja Organ-on-Chip-tekniikoita (OoC). Merkitse, ovatko väittämät OoC tekniikoita koskevista oikein vai väärin.
 - a. Koska sirut ovat kooltaan pieniä, niillä voidaan tutkia vain yksittäisiä soluja. **Väärin**
 - b. Siruihin voidaan yhdistää soluja stimuloivia ja solujen toimintoja mittaavia laitteistoja. **Oikein**
 - c. OoC-tekniikoin ei voida mallintaa solujen ja kudosten toimintoja, sillä niissä ei voida ottaa huomioon solujen välisiä vuorovaikutuksia. **Väärin**
 - d. In vitro mallien puutteena on usein keskittyminen vain yhteen solu- tai kudostyyppiin, jolloin ei oteta huomioon kudosten ja elinten välisiä vuorovaikutuksia. **Oikein**
2. Mitkä OoC tekniikoita koskevista väittämistä ovat oikein ja mitkä väärin?
 - a. Human-on-Chip -monikudosmallin avulla voidaan tutkia esimerkiksi suun kautta otettavien lääkkeiden imeytymistä ruuansulatuskanavasta verenkiertoon, lääkkeen metaboliaa maksassa, vaikutusta sydänsoluihin ja erittymistä munuaisista. **Oikein**
 - b. OoC-malleissa hyödynnetään mikrofluidistisia laitteita yhdistettynä soluihin. **Oikein**
 - c. Syövän metastasointia voidaan mallintaa kytkemällä useita OoC-malleja samalle alustalle. **Oikein**
 - d. OoC-tekniikoiden merkittävin puute on se, ettei niiden avulla voida tarkasti kontrolloida solujen mikroympäristöä. **Väärin**

3. Mitkä lääkekehitystä koskevat väittämät ovat annetun aineiston perusteella oikein ja mitkä väärin?

- a. Lääkekehityksen kannalta merkityksellistä on ymmärtää, kuinka pelkästään lääkeaineen kohdekudos ja solut reagoivat lääkkeen antamiseen. **Väärin**
- b. Vaikutukset sekundäärisiin kudoksiin voivat olla yhtä tärkeitä kuin vaikutukset kohdekudoksessa, erityisesti jos lääkeaineet aiheuttavat toksisuutta. **Oikein**
- c. Optimaalisten mallien puuttuessa lääkekehityksen tarpeisiin, moni markkinoille päätyneistä, prekliiniset tutkimukset ja kliiniset kokeet läpäisseistä lääkkeistä joudutaan vetämään pois markkinoilta haittavaikutusten vuoksi. **Oikein**
- d. Optimaaliset OoC-mallit ottavat huomioon kudosten väliset vuorovaikutukset. **Oikein**

4. Saat tehtäväksesi kehittää ja testata human-on-chip monikudosalustalle maksan kudosomallian. Mitkä maksan toimintaa koskevat väittämät ovat oikein ja mitkä väärin?

- a. Maksa osallistuu verenpaineen säätelyyn erittämänsä hormonin, reniinin avulla. Jos verenpaine laskee, maksasta erittyy enemmän reniiniä, jolloin verenpaine taas nousee. **Väärin**
- b. Nefroni on maksan toiminnallinen yksikkö. **Väärin**
- c. Koska maksa ei pysty varastoimaan elimistölle haitallisia aineita, maksan toiminta ei estä haitallisten aineiden leviämistä muihin elimiin. **Väärin**
- d. Maksan solut muokkaavat haitallisia aineita vaarattomampaan muotoon esimerkiksi muuttamalla ne vesiliukoisiksi, jolloin munuaiset pystyvät ne poistamaan virtsan mukana. **Oikein**

5. Mitkä maksan roolia OoC- malleissa kuvaavista väittämistä ovat oikein ja mitkä väärin?

- a. Maksan aineenvaihdunta voi aktivoida lääkeaineen esiasteen aktiiviseen muotoon. **Oikein**
- b. Maksan aineenvaihdunta voi inaktivoida, eli tehdä lääkeaineita tehottomaksi. **Oikein**
- a. Maksa ja munuaiset ovat yleisimmät elimet, joissa lääkeaineiden toksisuus ilmenee. **Väärin**
- c. Maksa sisältää vain yhtä solutyyppeä, hepatosyyttejä. **Väärin**

6. Oikean solulähteen valitseminen OoC malliin on tärkeää. Mitkä seuraavista väittämistä ovat oikein ja mitkä väärin?

- a. Ihmisestä otetut, primaarit hepatosyytit menettävät toiminnallisuutensa 2D soluviljelmissä joidenkin päivien jälkeen. **Oikein**
- b. Ihmisestä otettuja, primareja hepatosyyttejä voidaan lisätä soluviljelmissä. **Väärin**
- d. Ihmisestä otettuja primaareja hepatosyyttejä voidaan pakastaa. **Oikein**
- c. Maksasolulinjat (Hepatic cell lines) soveltuvat hyvin lääketestaukseen, sillä niiden toiminta, esimerkiksi herkkyys maksatoksisille aineille, vastaa täysin normaalien hepatosyyttien toimintaa. **Väärin**

7. Mitkä OoC:n solulähteitä koskevat väittämät ovat oikein ja mitkä väärin?

- a. Kantasoluista erilaistetut hepatosyytit ovat maksan OoC-mallien kultainen standardi. **Väärin**

- b. Erittäin monikykyisten kantasolujen käyttöä maksan OoC-malleissa rajoittaa niiden epätäydellinen erilaistuminen kypsiksi maksasoluiksi. **Oikein**
- c. Indusoitujen erittäin monikykyisten kantasolujen avulla voidaan lääkkeitä testata potilaskohtaisesti. **Oikein**
- d. Indusoitujen erittäin monikykyisten kantasolujen käytön etuna ovat nopeus ja tuotannon halpa hinta. **Väärin**

8. Mitkä monikudosmalleja (multi-OoC) koskevista väittämistä ovat oikein ja mitkä väärin?

- a. Sydäntoksisuus OoC:ssa ilmenee tavallisimmin solukuolemana. **Väärin.**
- b. Vielä toistaiseksi maksan ja sydämen OoC-mallit sisältävät monikudosmallit (multi-OoC) eivät ole pystyneet jäljittelemään lääkkeiden ihmisessä aiheuttamia sivuvaikutuksia. Sivuvaikutukset ovat ilmenneet vasta, kun monikudosmallin on lisätty munuainen. **Väärin.**
- c. Lääkkeiden sydäntoksiset vaikutukset saattavat ilmetä vasta sen jälkeen, kun lääkeaine on metaboloitu maksassa. **Oikein**
- d. Tulehdustekijät, kuten IL-1 ja TNF saattavat aiheuttaa tulehdusreaktioita myös muissa kudoksissa kuin missä ne on alun perin tuotettu. **Oikein**

9. Päätät käyttää maksan OoC mallissasi kantasoluista erilaistettuja maksasoluja yhdistettynä endoteelisoluihin. Mitkä väittämistä ovat oikein ja mitkä väärin?

- e. Endoteelisolut muodostavat OoC-malliin verisuonia. Oikein
- f. Endoteelisoluja ei maksan OoC-mallissa tarvita, sillä maksa muodostuu vain yhdestä solutyypistä, eli hepatosyyteistä. Väärin.
- g. Endoteelisolujen muodostamat verisuonet mahdollistavat hapen ja ravinteiden kulkeutumisen tasaisesti OoC:n rakenteisiin. Oikein
- h. OoC:n verisuonia voidaan käyttää immuunisolujen lisäämiseksi malliin. Oikein

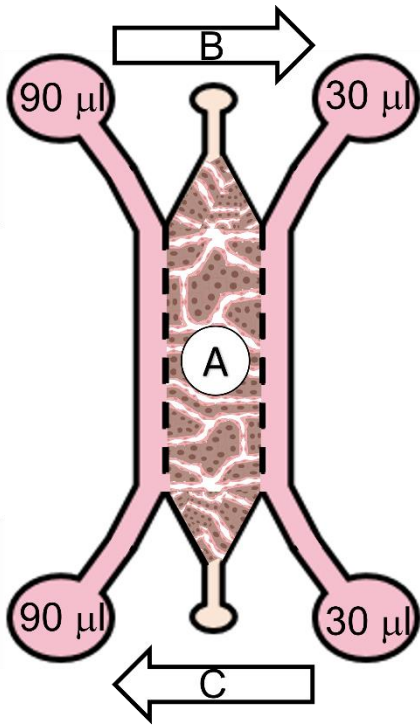
10. OoC-koetta varten tarvitse soluviljelyliuosta 60 ml. Se valmistetaan yhdistämällä oikeat määrät kantaliuoksia DMEM-liuokseen. Lopullisessa soluviljelyliuoksessa tulee olla 5 % seerumia, 1 % antibioottia, 200 mM maksan kasvutekijää ja 300 mM verisuonikasvutekijää. Seerumin ja antibiootin kantaliuosten konsentraatiot ovat 100 %. Maksan kasvutekijän kantaliuoksen konsentraatio on 1000 mM ja verisuonikasvutekijän kantaliuoksen konsentraatio on 900 mM. Laske, kuinka paljon tarvitset kutakin kantaliuosta 60 ml lopputilavuuden saavuttamiseksi.

Vastaukset:

- Seerumi 3,00 ml
- Antibiootti 0,60 ml
- Maksan kasvutekijä 12,00 ml
- Verisuonikasvutekijä 20,00 ml
- DMEM-liuos 24,40 ml

11. Kuvassa on maksan OoC kuvattuna ylhäältä päin. Tarkoituksenasi on saada nestevirtaus sirulla kasvattamasi verisuonittuneen maksakudoksen (A) läpi. Tätä varten lisäät alla olevan kuvan mukaisesti toiselle puolelle sirua oleviin kammioihin molempiin 90 μl ja toiselle puolelle sirua oleviin kammioihin molempiin 30 μl soluviljelyliuosta siten, että vasemman puolen yhteistilavuus on 180 μl ja oikean puolen yhteistilavuus on 60 μl . Vasemman ja oikean puolen kammioiden dimensiot ovat samat. Millaisen nestevirtauksen saat sirullesi? Mitkä väittämistä ovat oikein ja mitkä väärin?

- Neste virtaa nuolen B osoittamalla tavalla. **Väittämä on oikein**
- Neste virtaa nuolen C osoittamalla tavalla. **Väittämä on väärin.**
- Neste ei virtaa kudoksen läpi, sillä virtaukseen vaikuttaa vain nesteiden väkemyydet. **Väittämä on väärin.**
- Neste virtaa hydrostaattisen paine-eron takia. Kun paine-ero tasoittuu, neste lakkaa virtaamasta. **Väittämä on oikein.**



Osa 2 Bakterigenomiikka

Osan 2 kysymykset perustuvat aineistoon Functional Omics

Monivalintehtävien oikeat vastaukset on merkitty **lihavoituna tekstinä**.

1. Valitse yksi oikea vaihtoehto alla olevista. Hypoteettiset proteiinit ovat,

- a. proteiineja, joita koodaavaa geenisekvenssiä ei tunneta
- b. **proteiineja, joiden geenisekvenssi tiedetään mutta toimintaa ei tunneta**
- c. proteiineja, joilla on solussa monta käyttötarkoitusta

2. Valitse yksi oikea vaihtoehto. Jos haluat selvittää mille kaikille antibiooteille bakteeri on vastustuskykyinen selvität,

- a. metabolomin
- b. **resistomin**
- c. mikrobiomin

3. Valitse yksi oikea vaihtoehto. Heterologinen ekspressio tarkoittaa.

- a. **proteiinin tuottoa toisessa isäntäorganismissa geenisiirron avulla**
- b. *Escherichia coli*n tuottamaa proteiinia
- c. useamman kuin yhden geenin tuottamaa proteiinia

4. Valitse yksi oikea vaihtoehto. Horisontaalinen geeninsiirto tarkoittaa geenien.

- a. **siirtymistä bakteerien välillä**
- b. siirtymistä eri maantieteellisten paikkojen välillä
- c. siirtämistä bakteerista toiseen laboratoriossa

5. Valitse yksi oikea vaihtoehto. Plasmidin avulla

- a. ei voida siirtää geenejä eri bakteerilajien välillä
- b. **bakteeri voi muuttua antibioottiresistentiksi**
- c. solu voi saada vain ominaisuuksia, joita saman lajin bakteereilla on

Oikein-väärinväittämät

- a) Bakterin antibioottiresistenssiä voi selvittää etsimällä bakterin genomista tunnettuja antibioottiresistenssiä koodaavia geenejä. Antibioottiresistenssit bakterit ovat syntyneet antibioottien käytön myötä. **Väittämä on oikein.**
- b) Antibioottiresistenssit bakterit ovat syntyneet antibioottien käytön myötä. **Väittämä on väärin.**
- c) Antibioottiresistenssi voi siirtyä bakterista toiseen. **Väittämä on väärin.**
- d) Bakteri voi olla resistentti vain yhdelle antibiootille kerrallaan. **Väittämä on väärin.**
- e) Genomisekvenssin avulla voidaan nykyään löytää kaikki antibioottiresistenssigeenit. **Väittämä on väärin.**
- f) Vain pientä osaa maailman mikrobeista voidaan viljellä laboratoriossa. Vain viljelykelpoisten mikrobien antibioottiresistenssiä on mahdollista tutkia. **Väittämä on väärin.**
- g) Plasmidi on kromosomaalista DNA:ta oikein. **Väittämä on väärin.**
- h) Samankaltaiset geenisekvenssit koodaavat samankaltaisia proteiineja eri organismeissa. **Väittämä on oikein.**
- i) Bakterin antibioottiresistenssi voi perustua antibiootteja muokkaaviin entsyymeihin. **Väittämä on oikein.**
- j) Transformaatio on vieraan DNA:n siirtämistä mikrobisoluun. **Väittämä on oikein.**

Osa 3 Bakteerin geeninsäätely

Osan 3 kysymykset perustuvat aineistoon *Lac*-operon ja lukion biologian oppimäärään.

Monivalintatehtävien oikeat vastaukset ovat merkitty **lihavoituna tekstinä**.

1. Valitse oikea vaihtoehto. *lac*-operoni sisältää kolme geeniä, joita tarvitaan laktoosin metaboliaan.

- a) ***lac Z*-geeni koodaa proteiinia, joka hydrolysoi laktoosia**
- b) *lac Y*-geeni koodaa proteiinia, joka hydrolysoi laktoosia
- c) *lac Z*-geeni koodaa proteiinia, joka syntetisoi laktoosia
- d) *lac Z*-geeni koodaa repressoriproteiinia.

2. Valitse oikea vaihtoehto. β -galaktosidaasi konvertoi laktoosia allolaktoosiksi. Mikä merkitys allolaktoosilla on *lac*-operonin säätelyssä?

- a) Allolaktoosi sitoutuu promoottoriin ja aktivoi *lac*-operonin transkription
- b) **Allolaktoosi sitoutuu repressori -eli estäjäproteiiniin, ja RNA-polymeraasi aloittaa *lac*-operonin transkription.**
- c) Allolaktoosi transkriptoi *lac*-operonin.
- d) Allolaktoosi sitoutuu RNA-polymeraasiin ja tämän seurauksena RNA-polymeraasi aloittaa *lac*-operonin transkription.

3. Valitse yksi oikea vaihtoehto. Mikä seuraavista väittämistä kuvaa parhaiten operonia?

- a) Operoni on DNA:n alue, joka koostuu yhdestä geenistä, jota säätelee useampi kuin yksi promoottori.
- b) Operoni on DNA:n alue, joka koodaa sokeria metaboloivia entsyymejä.
- c) Operoni on RNA:n alue, joka koostuu useamman kuin yhden geenin koodaavista alueista.
- d) **Operoni on DNA:n alue, joka koodaa sarjaa toiminnallisesti samankaltaisia geenejä saman promoottorin ohjauksessa.**

4. Valitse yksi oikea vaihtoehto. Mikä molekyyli sitoutuu bakteerien promoottoreihin ja transkriptoi geenien koodaavat alueet?

- a) **RNA-polymeraasi**
- b) Ligaasi
- c) DNA-polymeraasi
- d) Helikaasi

5. Valitse yksi oikea vaihtoehto. Mitä tarkoitetaan allosteerisella säätelymekanismilla?
- Allosteerisessa säätelyssä molekyyli sitoutuu proteiiniin ja saa sen muuttamaan muotoaan ja aktiivisuuttaan.**
 - Allosteerisessa säätelyssä geenit ilmentyvät jatkuvasti
 - Allosteerisessa säätelyssä aktivaattoriproteiini aktivoi geenin.
 - Allosteerisessa säätelyssä repressoriproteiini sammuttaa geenin.
6. Valitse yksi oikea vaihtoehto. Missä olosuhteissa *lac*-rakennegeenit ilmentyvät tehokkaimmin.
- Korkea glukoosipitoisuus, korkea laktoosipitoisuus
 - Ei glukoosia, ei laktoosia
 - Korkea glukoosipitoisuus, ei laktoosia
 - Ei glukoosia, korkea laktoosipitoisuus**
7. Valitse yksi oikea vaihtoehto. Mikä on *lacZ*-geenin tehtävä?
- Tämä geeni koodaa entsyymiä, β -galaktosidaasia, joka pilkkoo laktoosin kahdeksi glukoosimolekyyliksi.
 - Tämä geeni koodaa entsyymiä, galaktosidipermeaasia, joka kuljettaa laktoosia soluun.
 - Tämä geeni koodaa *lac*-operonin repressorin.
 - Tämä geeni koodaa entsyymiä, β -galaktosidaasia, joka pilkkoo laktoosin glukoosiksi ja galaktoosiksi.**
8. Valitse yksi oikea vaihtoehto. *lac*-operonin geenejä ilmennetään, kun..
- laktoosia on läsnä ja glukoosia ei ole käytettävissä.
 - cAMP:n konsentraatio solussa on korkea.
 - cAMP–CAP proteiini on sitoutunut *lac*-promootteriin.
 - lac*-repressoriproteiini on sitoutunut allolaktoosiin.
 - Kaikki ylläolevat vaihtoehdot toteutuvat.**
9. Valitse oikea vaihtoehto. Bakteeri käyttää ravinnokseen mieluiten..
- glukoosia**
 - ksylitolia
 - laktoosia
 - monipuolisesti eri sokeriyhdisteitä
10. Valitse oikea vaihtoehto. Mitä molekyyliä operoniin on kiinnittyneenä ja mihin kohtiin operonissa, kun glukoosia on saatavilla vähän ja laktoosia ei ole läsnä lainkaan?
- operoniin ei ole sitoutunut mitään
 - operoniin on sitoutunut repressoriproteiini, joka sitoutuu operaattoriin DNA:ssa
 - cAMP on sitoutunut promootteriin
 - cAMP+CAP -proteiini on sitoutuneena promootteriin ja repressoriproteiini on sitoutuneena operaattoriin**

12. β -galaktosidaasi on lac-operonin lacZ-geenin ilmentämä entsyymi, joka pilkkoo laktoosia (maitosokeri) galaktoosiksi ja glukoosiksi. Entsyymien toiminta noudattaa yhtälöä $v=V_{\max}/(1+K_m/[S])$, jossa v = alkunopeus (mitattu nopeus), V_{\max} =entsyymien maksimaalinen nopeus, K_m = Michaelis-vakio (entsyymille ominainen vakio) ja $[S]$ =substraattikonsentraatio (laktoosi). $V_{\max}= 100 \text{ mmolmin}^{-1}$ ja $K_m= 0,1 \mu\text{M}$.

a) Missä laktoosikonsentraatiossa β -galaktosidaasin nopeus on 50 mmolmin^{-1} ?

vastaus:

v on puolet V_{\max} :sta eli 50 mmolmin^{-1} . Sijoitetaan arvot yhtälöön ja ratkaistaan $[S]$, joka on **$0,1 \mu\text{M}=K_m$**

b) Olet puhdistanut β -galaktosidaasientsyymierän *E. coli*-bakteerista ja testaat entsyymien toimintaa. Tätä varten tarvitset substraattiliuoksen. Substraattina käytetään laktoosikaltaista yhdistettä ONPG (ortonitrofenyyli- β -galaktosidi), joka muodostaa hajotessaan värillisen yhdisteen ja on näin helppo detektoida.

Haluat valmistaa 200ml 0,5M ONPG-varastoliuosta. Paljonko ONPG:tä pitää punnita liuosta varten? ONPG:n moolimassa on 301,251 g/mol.

vastaus:

$$m=CVM=0,5\text{mol/l}\cdot 200\text{ml}\cdot 301,251 \text{ g/mol} = \mathbf{30,125 \text{ g}}$$

c) Valmistamastasi ONPG-varastoliuoksesta on tarkoitus valmistaa erääseen kokeeseen 250 ml käyttöliuosta, jonka pitoisuus on 100 mM. Kuinka monta millilitraa tarvitset varastoliuosta käyttöliuoksen valmistukseen?

vastaus:

$$C_1V_1=C_2V_2 \rightarrow V_1=C_2V_2/C_1= 100\text{mM}\cdot 250\text{ml}/0,5\text{M} = \mathbf{50,0 \text{ ml}}$$

e) Olet testannut β -galaktosidaasientsyymien toimintaa kahdella eri substraattikonsentraatiolla, jotka ovat $[S]=0,1\text{M}$ ja $[S]=0,01\text{M}$ ja olet saanut tulokseksi molemmissa mittauksissa saman nopeuden. Osoita, miksi kymmenkertainen ero $[S]$:ssa ei vaikuta entsyymien nopeuteen.

vastaus:

$$[S]=0,1\text{M}, v=V_{\max}/(1+0,1\mu\text{M}/0,1\text{M})=V_{\max}/(1+1\times 10^{-6})=V_{\max}$$

$$[S]=0,01\text{M}, v=V_{\max}/(1+0,1\mu\text{M}/0,01\text{M})=V_{\max}/(1+10\times 10^{-6})=V_{\max}$$

Toisin sanoen entsyymin kaikki sitoutumispaikat substraatille ovat täynnä molemmilla substraattikonsentraatioilla eli entsyymi toimii maksiminopeudella.

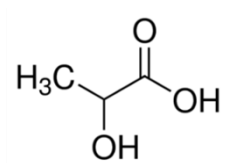
Osa 4 Lukion oppimäärän kemian ja molekyylibiologian tehtävät

Osan 4 kysymykset perustuvat lukion kemian ja biologian oppimäärään.

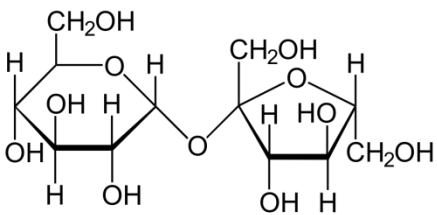
monivalintetehtävien oikeat vastaukset ovat **merkitty lihavoituna tekstinä**.

1. Valitse listasta kunkin yhdisteen yleiskielessä käytettävä ei-systemaattinen nimi.

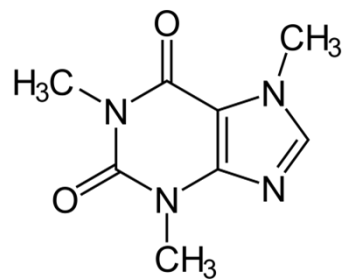
a)



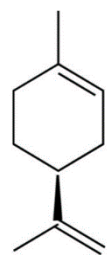
b)



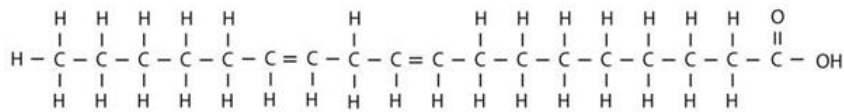
c)



d)



e)



vastaukset:

a) maitohappo b) sakkaroosi c) kofeiini d) limoneeni e) linolihappo

2. Selitä lyhyesti

- mikä on puskuriliuos ja mistä se koostuu.
- Millaisissa olosuhteissa puskuriliuoksen puskurikapasiteetti on suurimmillaan?

vastaus:

a) Puskuriliuos on liuos, jonka pH ei merkittävästi muutu, kun siihen lisätään pieniä määriä happoa tai emästä. Puskuriliuos koostuu heikosta haposta ja sen vastinemäksestä tai heikosta emäksestä ja sen vastinhaposta.

b) Kun liuos sisältää yhtä suuret tai lähes yhtä suuret konsentraatiot heikkoa happoa/emästä ja sen vastinemästä/happoa.

2. c) Alla on lueteltu happo–emäspareja sekä niiden happovakiota vesiliuoksessa. Haluat valmistaa puskuriliuoksen, joka toimii tehokkaimmin lähellä fysiologista pH:ta, joka on keskimäärin 7,4. Käytettävissäsi ovat alla olevat vaihtoehdot. Valitse sopivin happo–emäspari?

- | | |
|---|--|
| 1. $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$ | $1.8 \times 10^{-5} K_a$ (mol dm ⁻³) |
| 2. $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$ | $6.3 \times 10^{-8} K_a$ (mol dm ⁻³) (oikein) |
| 3. $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ | $5.6 \times 10^{-10} K_a$ (mol dm ⁻³) |

peruste vastaukselle 2. c):

Pushkuriliuos pystyy vastustamaan pH:n muutoksia parhaiten kun sen puskurikapasiteetti on suurimmillaan. Protolyysireaktio on tällöin tasapainossa. Tasapainossa olevasta reaktiosta voidaan määrittää tasapainovakio, josta happovakio on erityistapaus. Tasapainotilassa hapon ja vastinemäksen tai emäksen ja vastinhapon konsentraatiot ovat yhtä suuret.

Tällöin:

$$K_a = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HPO}_4^{2-}]}$$

Josta hapon ja emäksen konsentraatiot supistuvat pois:

$$K_a = [H_3O^+]$$

Liuoksen pH tasapainotilassa määräytyy oksoniumionikonsentraation, eli tässä tapauksessa happovakion mukaan:

$$pH = -\lg K_a$$

Happo-emäspariliuosten pH-arvot tasapainotilassa ovat: 4.75, 7.2 ja 9.25. Lähimpänä fysiologista pH:ta on pari nro 2.

3. Sinulla on geenin X DNA:ta, jossa on 5'-päässä katkaisuentyymin BamHI-tunnistukohta ja 3'-päässä EcoRI-katkaisuentyymin tunnistukohta. Sinulla on myös proteiinin ilmentämiseen soveltuva plasmidi, jossa on BamHI- ja EcoRI katkaisukohdat ja antibioottiresistenssiä koodaava geeni (ampisilliini). Kerro, miten valmistat yhdistelmäplasmidin, jota voisi käyttää geenin X koodaaman proteiinin tuottamiseen bakteerissa.

vastaus:

1. Plasmidi ja DNA katkaistaan molemmilla katkaisuentyyimeillä.
2. Plasmidi ja DNA liitetään yhteen liittäjäentyyymillä.
3. Yhdistelmäplasmidi siirretään bakteeriin (transformaatio).
4. Ne solut, joissa on plasmidi, tuottavat antibioottiresistenttiyden antavan geenin tuotetta, joka pilkkoo ampisilliinin solun ympäriltä ja solu voi kasvaa. Samalla myös siirretty geeni monistuu.
5. Plasmidi voidaan eristää ja siirtää varsinaisiin tuotantosoluihin proteiinin tuottoa varten. Bakteeria kasvatettaessa plasmidi ilmentää siihen siirrettyä geeniä X ja koodaamaa proteiinia syntyy.

4. Epäorgaanisia alumiini suoloja käytetään useissa eri rokotevalmisteissa tehostamaan antigeenin aiheuttamaa immuunivastetta. Amorfista alumiinihydroksifosfaattisulfaattia käytetään hepatiitti A (Vaqta), hepatiitti B (Recombivax) ja HPV (Gardasil 9) rokotteiden lisäaineena.

Kuinka monta milligrammaa amorfista alumiinihydroksifosfaattisulfaattia ($\text{Al}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})(\text{SO}_4)$) tarvitaan, jotta saadaan valmistettua alumiinin suhteen 37 millimolaarinen (mmol/l) HPV-rokoteannos, jonka annoskoko on 500 mikrolitraa (μl)?

vastaus:

$$M(\text{Al}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})(\text{SO}_4)) = (1,01 + 9 \cdot 16,00 + 2 \cdot 26,98 + 30,97 + 32,07) \text{ g/mol} = 262,01 \text{ g/mol}$$

$$c(\text{Al}) = 37 \text{ mmol/l} = 0,037 \text{ mol/l} \quad V(\text{rokoteannos}) = 500 \mu\text{l} = 0,0005 \text{ l}$$

Yhdestä moolista ($\text{Al}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})(\text{SO}_4)$) vapautuu kaksi moolia alumiinia, jolloin yksi mooli alumiinia on peräisin 0,5 moolista ($\text{Al}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})(\text{SO}_4)$), josta saadaan kerroin 0,5.

$$m(\text{Al}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})(\text{SO}_4)) = c(\text{Al}) \cdot V(\text{rokoteannos}) \cdot M(\text{Al}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})(\text{SO}_4)) \cdot 0,5 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ g} = \mathbf{2,4 \text{ mg}}$$

5. Kaksinauhaista DNA:ta sisältävän liuoksen DNA-pitoisuudeksi on mitattu $3,1 \text{ mg l}^{-1}$. Kaikki liuoksen sisältämät DNA-molekyylit ovat yhtä pitkiä, 143 emäsparia. Kuinka monta kappaletta DNA-molekyyliä liuoksessa on, kun DNA-emäsparin molekyylimassa on 660 g mol^{-1} , liuoksen tilavuus $0,035 \text{ ml}$ ja Avogadron vakio $6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Monivalintavaihtoehdot:

a) $6,9 \times 10^8$ kpl

b) $6,9 \times 10^{11}$ kpl

c) $3,5 \times 10^{11}$ kpl d) $3,5 \times 10^8$ kpl

Vastauksen peruste:

Lasketaan 143 bp pitkän kaksinauhaisen DNA-molekyylin moolimassa:

$$M(\text{DNA}) = 143 \times 660 \text{ g mol}^{-1} = 94\,380 \text{ g mol}^{-1}$$

Liuoksen sisältämän DNA:n ainemäärä:

$$n = \rho \times V / M$$

$$n(\text{DNA}) = 3,1 \times 10^{-3} \text{ g l}^{-1} \times 0,035 \times 10^{-3} \text{ l} / 94\,380 \text{ g mol}^{-1} = 1,149 \times 10^{-12} \text{ mol}$$

Lasketaan liuoksen sisältämä kappalemäärä DNA-molekyyliä:

$$N = n \times N_A$$

$$N(\text{DNA}) = 1,149 \times 10^{-12} \text{ mol} \times 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 6,922 \times 10^{11}$$

Saadaan vastaus: Liuoksessa on **$6,9 \times 10^{11}$** kappaletta DNA-molekyylejä.