

Varjovalmennuksen valmennuskurssi B (+C)

Kemian laskarit 2.5.2026

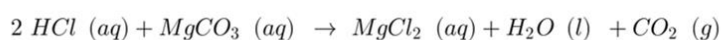
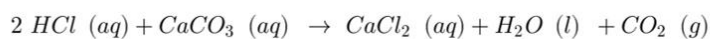
Mallivastaukset

Tehtävä 1 (Lääkis 2023, t.B3):

Närästyslääke sisältää antasideja, jotka neutraloivat mahahappoa eli maharauhasten katesolujen erittämää suolahappoa. Erään närästyslääkkeen imeskelytabletti sisältää 680 mg kalsiumkarbonaattia ja 80 mg magnesiumkarbonaattia. $M(\text{CaCO}_3) = 100,09 \text{ g/mol}$ ja $M(\text{MgCO}_3) = 84,32 \text{ g/mol}$.

Kirjoita neutraloitumisreaktioiden tasapainotetut reaktioyhtälöt olomuotomerkintöineen.

Kuinka monta milligrammaa suolahappoa voidaan neutraloida yhdellä tabletilla?



$$m(\text{CaCO}_3) = 680 \text{ mg}$$

$$m(\text{MgCO}_3) = 80 \text{ mg}$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 100,09 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M(\text{MgCO}_3) = 84,32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{0,680 \text{ g}}{100,09 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,00679389 \text{ mol}$$

$$n(\text{MgCO}_3) = \frac{0,08 \text{ g}}{84,32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,00094877 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl}) = 2 \cdot n(\text{CaCO}_3) = 0,01358778 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl}) = 2 \cdot n(\text{MgCO}_3) = 0,00189753 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl})_{\text{kok}} = 0,01358778 \text{ mol} + 0,00189753 \text{ mol} = 0,0154853 \text{ mol}$$

$$M(\text{HCl}) = 1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 36,458 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$m(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) = 0,0154853 \text{ mol} \cdot 36,458 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 560 \text{ mg}$$

Vastaus: Noin 560 mg

Tehtävä 2 (Biokemian yhteisvalinta 2023, t.3.12, muokattu):

β -galaktosidaasi on entsyymi, joka pilkkoo laktoosia (maitosokeri) galaktoosiksi ja glukoosiksi. Entsyymin toiminta noudattaa yhtälöä

$$v = \frac{V_{\max}}{1 + \frac{K_m}{[S]}}$$

jossa v on alkunopeus (mitattu nopeus), $V_{\max}$ on entsyymin maksimaalinen nopeus, K_m on Michaelis-vakio (entsyymille ominainen vakio) ja $[S]$ on substraattikonsentraatio (laktoosi). Kyseiselle entsyymille $V_{\max} = 100 \text{ mmol/min}$ ja $K_m = 0,1 \text{ }\mu\text{M}$.

a) Missä laktoosikonsentraatiossa β -galaktosidaasin nopeus on 50 mmol/min ?

$$\begin{array}{ll} v = \frac{V_{\max}}{1 + \frac{K_m}{[S]}} & \longrightarrow \quad \frac{V_{\max}}{2} = \frac{V_{\max}}{1 + \frac{K_m}{[S]}} \\ V_{\max} = 100 \frac{\text{mmol}}{\text{min}} & 2 = 1 + \frac{K_m}{[S]} \\ v = \frac{V_{\max}}{2} & \frac{K_m}{[S]} = 1 \\ K_m = 0,1 \frac{\mu\text{mol}}{\text{l}} & [S] = K_m = 0,1 \frac{\mu\text{mol}}{\text{l}} \end{array}$$

Vastaus: Substraattikonsentraatiossa $0,1 \text{ }\mu\text{mol/l}$

b) Olet puhdistanut β -galaktosidaasientsyymierän *E. coli*-bakteerista ja testaat entsyymin toimintaa. Tätä varten tarvitset substraattiliuoksen. Substraattina käytetään laktoosinkaltaista 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.

$$V(\text{ONPG}) = 200 \text{ ml}$$

$$n(\text{ONPG}) = c(\text{ONPG}) \cdot V(\text{ONPG})$$

$$c(\text{ONPG}) = 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

$$m(\text{ONPG}) = M(\text{ONPG}) \cdot n(\text{ONPG})$$

$$= 301,251 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 200 \text{ ml}$$

$$M(\text{ONPG}) = 301,251 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$= 30,125 \text{ g}$$

Vastaus: 30,125 g

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

$$V_1 c_1 = V_2 c_2 \quad \longrightarrow \quad V_1 = \frac{V_2 c_2}{c_1}$$

$$V_1 = ?$$

$$c_1 = 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

$$= \frac{250 \text{ ml} \cdot 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}}{0,5 \frac{\text{mol}}{\text{l}}}$$

$$V_2 = 250 \text{ ml}$$

$$c_2 = 100 \frac{\text{mol}}{\text{ml}} = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

$$= 50 \text{ ml}$$

Vastaus: 50 ml

d) Olet testannut β -galaktosidaasientsyymisi toimintaa kahdella eri substraattikonsentraatiolla, jotka ovat $[S]=0,1M$ ja $[S]=0,01M$ ja olet saanut tulokseksi molemmissa mittauksissa saman nopeuden. Osoita, miksi kymmenkertainen ero $[S]$:ssa ei vaikuta entsyymin nopeuteen.

$$v_1 = \frac{100 \frac{\text{mmol}}{\text{min}}}{1 + \frac{0,1 \frac{\mu\text{mol}}{l}}{0,1 \frac{\text{mol}}{l}}} = \frac{100 \frac{\text{mmol}}{\text{min}}}{1 + \frac{1}{10^6}} \approx \frac{100 \frac{\text{mmol}}{\text{min}}}{1}$$

$$= 100 \frac{\text{mmol}}{\text{min}} = V_{\text{max}}$$

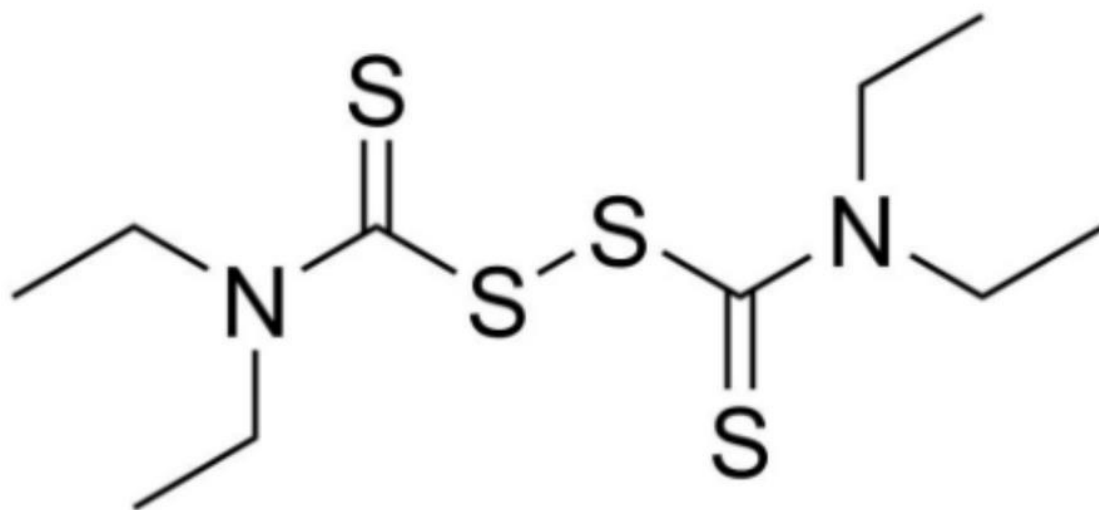
$$v_2 = \frac{100 \frac{\text{mmol}}{\text{min}}}{1 + \frac{0,1 \frac{\mu\text{mol}}{l}}{0,01 \frac{\text{mol}}{l}}} = \frac{100 \frac{\text{mmol}}{\text{min}}}{1 + \frac{1}{10^5}} \approx \frac{100 \frac{\text{mmol}}{\text{min}}}{1}$$

$$= 100 \frac{\text{mmol}}{\text{min}} = V_{\text{max}}$$

Vastaus: Entsyymin kaikki sitoutumispaikat ovat täynnä molemmilla substraattikonsentraatioilla. Entsyymi siis toimii maksiminopeudella, jolloin kymmenkertainen ero $[S]$:ssa ei vaikuta sen nopeuteen. *Tähän riittää vastaukseksi pelkkä yllä oleva osoitus laskujen avulla!*

Tehtävä 3 (Lääkis 2021, t. 10):

Disulfiraami on alkoholismin hoidossa käytettävä lääkeaine:

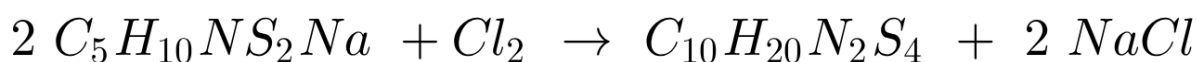


Disulfiraamia voidaan valmistaa kaksivaiheisella synteesillä. Ensimmäisessä vaiheessa muodostuu natriumdietyyliditiokarbamaattia, kun hiilidisulfidi, dietyyliamiini ja natriumhydroksidi reagoivat alla olevan reaktioyhtälön mukaisesti.



a) Synteesin toisessa vaiheessa natriumdietyyliditiokarbamaatti reagoi kloorikaasun kanssa muodostaen disulfiraamia ja natriumkloridia. Kirjoita tasapainotettu reaktioyhtälö synteesin toisesta vaiheesta. Käytä reaktioyhtälössä orgaanisten yhdisteiden kohdalla molekyylikaavoja. Olomuotoja ei tarvitse merkitä näkyviin.

Vastaus:



b) Disulfiraamia valmistetaan 0,100 kg:sta natriumdietyyliditiokarbamaattia käyttäen kaasupullostta otettua kloorikaasua. Ennen reaktiota kloorikaasua on kaasupullossa 45,0 g, ja kaasun paine on 309 kPa. Mikä on kloorikaasun paine kaasupullossa disulfiraamin valmistuksen jälkeen?

Oletetaan, että kaikki pullostta otettu kloorikaasu reagoi natriumdietyyliditiokarbamaatin kanssa, lämpötila kaasupullossa pysyy vakiona ja kaasu käyttäytyy ideaalikaasun tavoin.

$$M(Cl_2) = 70,90 \frac{g}{mol}$$

$$M(C_5H_{10}NS_2Na) = 171,27 \frac{g}{mol}$$

$$m(Cl_2) = 45,0 \text{ g}$$

$$m(C_5H_{10}NS_2Na) = 0,100 \text{ kg}$$

$$p_0 = 309 \text{ kPa}$$

Kloorin ainemäärä kaasupullossa ennen reaktiota:

$$n_0 = \frac{m(Cl_2)}{M(Cl_2)} = \frac{45,0 \text{ g}}{70,90 \frac{g}{mol}} \approx 0,63470 \text{ mol}$$

Klooria kuluu reaktiossa:

$$n_1 = \frac{1}{2} n(C_5H_{10}NS_2Na) = \frac{m(C_5H_{10}NS_2Na)}{2M(C_5H_{10}NS_2Na)} = \frac{100 \text{ g}}{2 \cdot 171,27 \frac{g}{mol}} \approx 0,29194 \text{ mol}$$

Kloorin ainemäärä reaktion jälkeen:

$$n_2 = n_0 - n_1 = 0,63470 \text{ mol} - 0,29194 \text{ mol} = 0,34276 \text{ mol}$$

$$\frac{p_0}{n_0} = \frac{RT}{V}$$

$$\frac{p_2}{n_2} = \frac{RT}{V}$$

$$\frac{p_0}{n_0} = \frac{p_2}{n_2}$$

$$p_2 = \frac{p_0}{n_0} n_2 = \frac{309 \text{ kPa}}{0,63470 \text{ mol}} \cdot 0,34276 \text{ mol} = 166,87 \text{ kPa} \approx 167 \text{ kPa}$$

Vastaus: 167 kPa

Tehtävä 4 (Valintakoe B 2025, t. B9, muokattu):

Selenoproteiinit sisältävät seleeniä, jota on selenokysteiinitähteessä. Selenokysteiiniä voidaan pitää DNA:n koodaamana aminohappona, koska se liitetään muodostuvaan polypeptidiketjuun UGA-lopetuskodonin avulla.

Selenokysteiinitähde löytyy esimerkiksi glutathioniperoksidaasista. Tällä entsyymillä on kvaternäärirakenne, joka koostuu samanlaisista alayksiköistä eli polypeptidiketjuista. Glutathioniperoksidaasi katalysoi vetyperoksidin ja glutathionin reaktiota vedeksi ja glutathionidisulfidiksi.

a) Glutathioniperoksidaasi sisältää 0,34 massaprosenttia seleeniä. Glutathioniperoksidaasin moolimassa määritettiin geelisuodatuksella. Tulokseksi saatiin 93 000 g/mol. Kuinka monta polypeptidiketjua on tämän perusteella glutathioniperoksidaasin kvaternäärirakenteessa?

$$M(\text{Se}) = 78,96 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Moolissa glutathioniperoksidaasia on
 $0,0034 \cdot 93\,000 \text{ g} = 316,2 \text{ g}$ Seleeniä

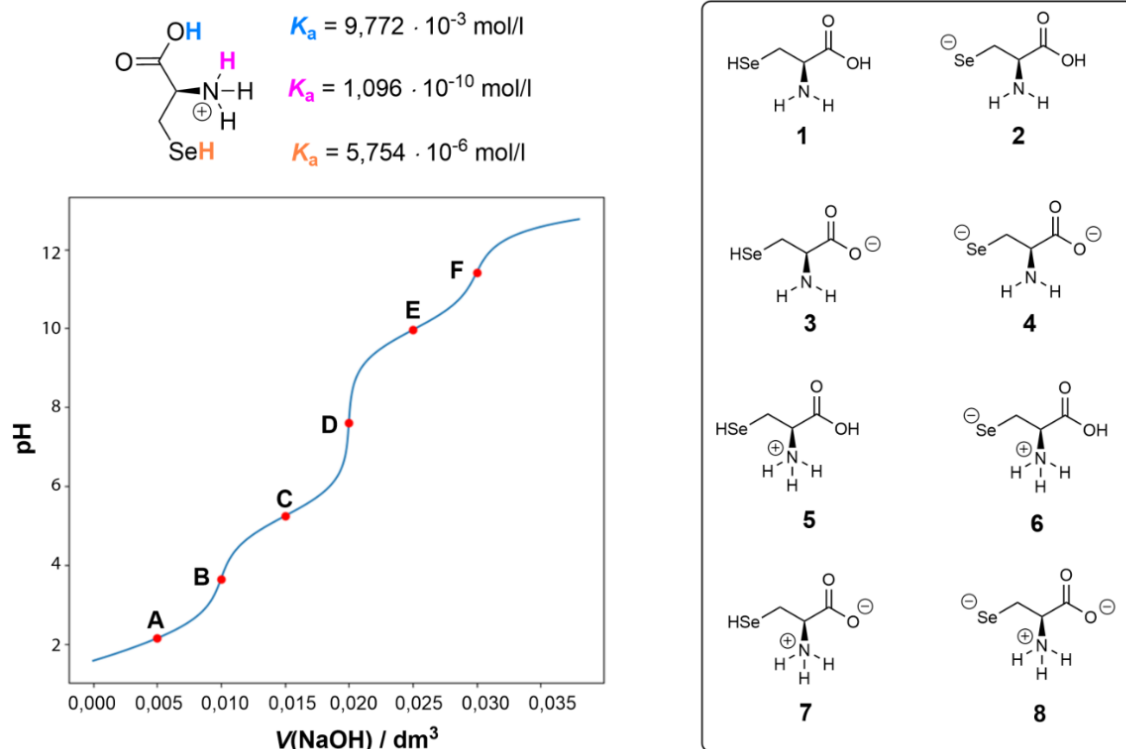
Tällöin moolissa glutathioniperoksidaasia on

$$\frac{316,2 \text{ g}}{78,96 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 4 \text{ mol seleeniä.}$$

Yhdessä glutathioniperoksidaasissa on siis neljä seleeniatomia. Koska jokaisessa polypeptidiketjussa on yksi selenokysteiini, glutathioniperoksidaasilla on täten neljä polypeptidiketjua.

Vastaus: Neljä polypeptidiketjua

b) Oheisessa kuvassa on esitetty vasemmalla selenokysteiinin rakennekaava, titrauskäyrä sekä funktionaalisten ryhmien happovakioiden arvot. Jokainen funktionaalinen ryhmä on esitetty happomuodossa. Oikealla on esitetty selenokysteiinin happo-emäsmuodot 1–8.



Mitä muotoja 1–8 on titrauskäyrän pisteissä A–F, ja kuinka suuri osuus kutakin muotoa on selenokysteiinin kokonaisainemäärään nähden näissä pisteissä?

Vastaus:

A: 50% yhdiste 5, 50% yhdiste 7

B: 100% yhdiste 7

C: 50% yhdiste 7, 50% yhdiste 8

D: 100% yhdiste 8

E: 50% yhdiste 4, 50% yhdiste 8

F: 100% yhdiste 4

c) Kuinka monta puskurointialuetta selenokysteiinillä on?

Vastaus: Selenokysteiinillä on kolme puskurointialuetta

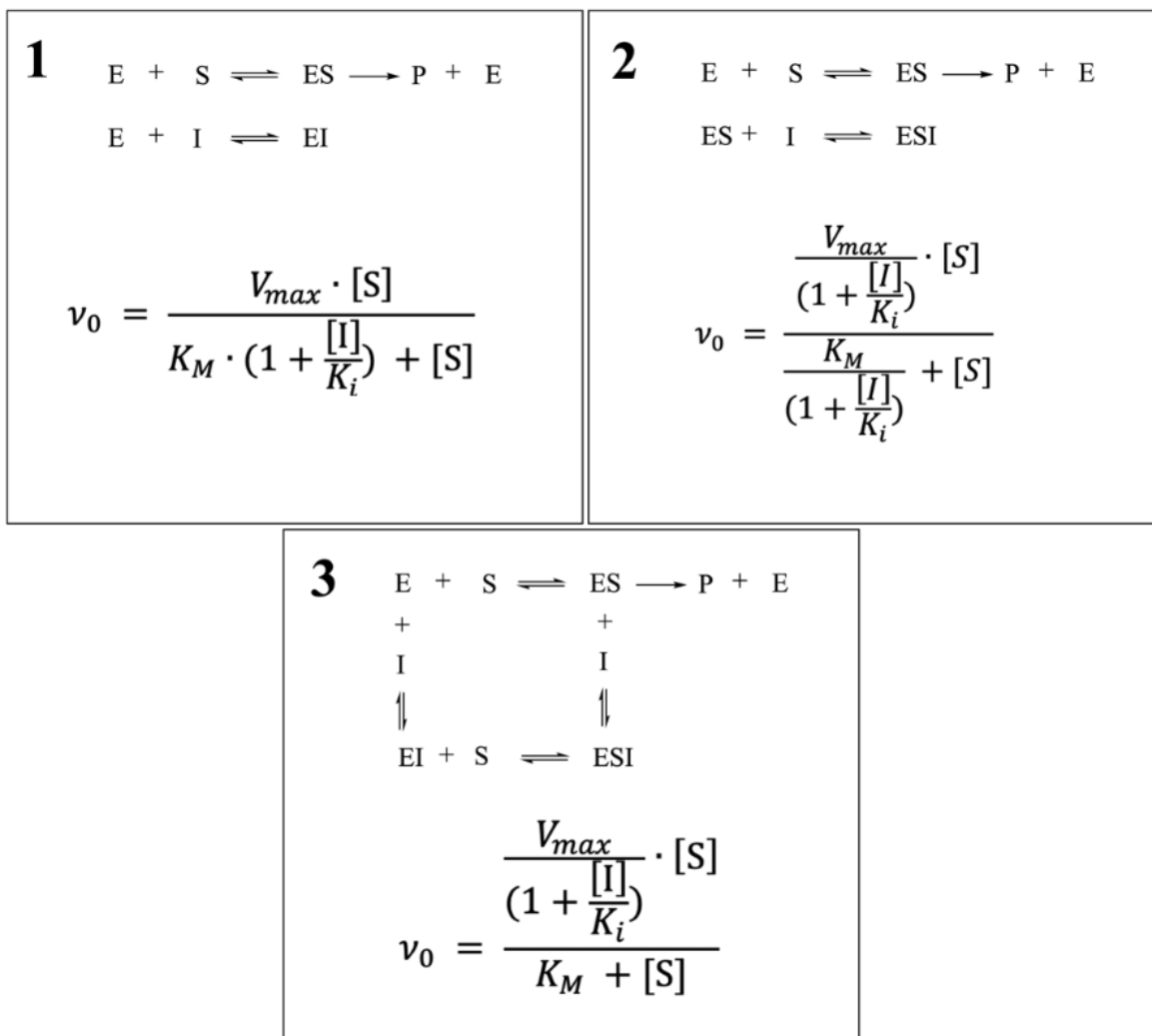
Tehtävä 5 (Lääkis 2021, t. 12, muokattu):

Entsyymit ovat biologisia katalyyttejä, jotka nopeuttavat reaktioita muuttamalla reaktiomekanismia. Yksinkertaistettuna: Entsyymi (E) sitoutuu lähtöaineeseen eli substraattiin (S). Tällöin muodostuu entsyymi–substraattikompleksi (ES), joka reagoi edelleen tuotteeksi (P). Entsyymi vapautuu katalysoimaan uutta reaktiota.

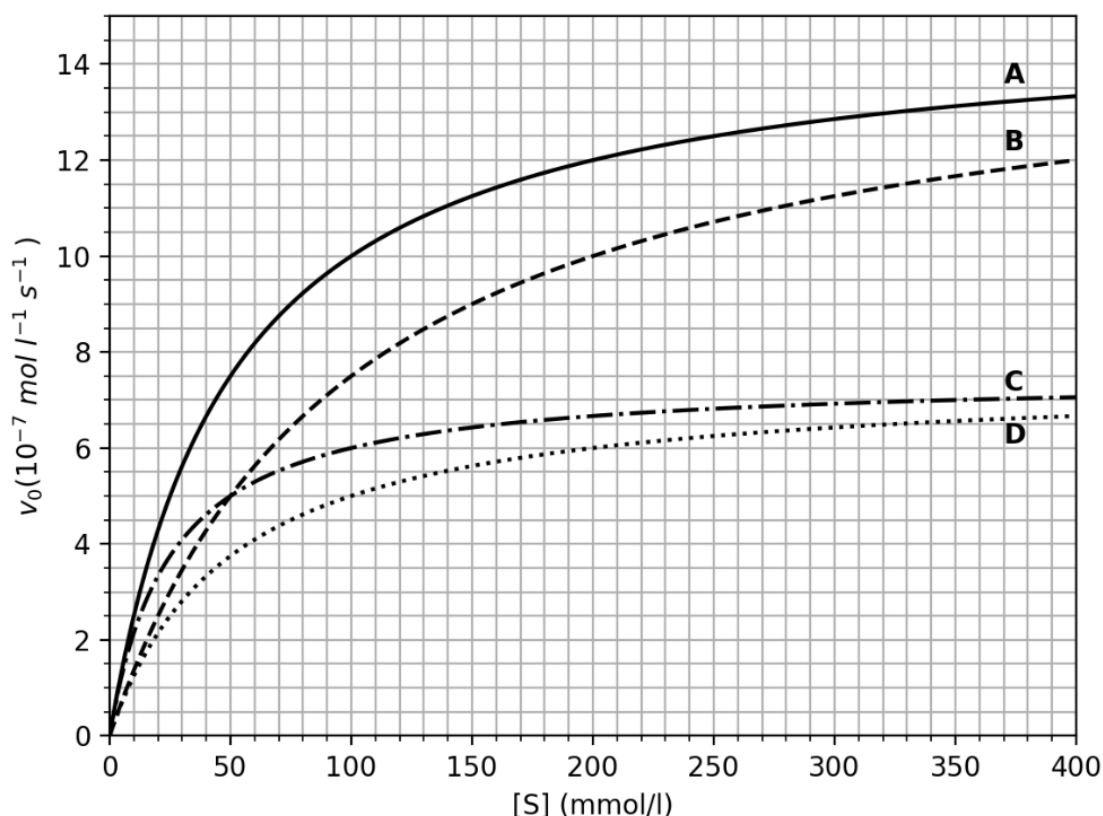
Entsyymien toimintaa voidaan hidastaa inhibiittoreilla (I), jotka voivat toimia usealla mekanismilla. Inhibiittori voi sitoutua vapaaseen entsyymiin (inhibitiotapa 1), entsyymi–substraattikompleksiin (inhibitiotapa 2) tai niihin molempiin (inhibitiotapa 3). Ensimmäistä vaihtoehtoa kutsutaan kilpailevaksi entsyymi–inhibitioksi ja kaksi muuta ovat ei-kilpailevia. Entsyymien, substraatin ja ES:n välistä tasapainoa kuvaa dissosiaatiovakio K_s , joka on tasapainovakio ES:n hajoamisreaktiolle E:ksi ja S:ksi.

Entsyymien ja inhibiittorin sitoutumista entsyymi–inhibiittorikompleksiksi (EI) kuvaa dissosiaatiovakio K_i , joka on tasapainovakio EI:n hajoamiselle E:ksi ja I:ksi tai entsyymi–substraatti–inhibiittorikompleksin (ESI) hajoamiselle ES:ksi ja I:ksi.

Entsyymien katalysoiman reaktion alkunopeudelle v_o voidaan johtaa inhibitiotapoja vastaavat yhtälöt (kuva 12-1, 1-3). Yhtälöissä oleva vakio K_M on aina suurempi tai yhtä suuri kuin dissosiaatiovakio K_s . V_{max} on entsyymaattisen reaktion suurin mahdollinen nopeus tietyllä entsyymikonsentraatiolla. Alkunopeudella tarkoitetaan reaktion nopeutta tilanteessa, jossa tuotetta ei ole ehtinyt muodostua niin paljon, että se vaikuttaisi oleellisesti lähtöaineen konsentraatioon. Käänteistä reaktiota tuotteesta takaisin substraatiksi ei tällöin oteta huomioon.



Kuva 12-1. Laatikoissa on esitetty inhibitiotapojen 1–3 reaktiot ja alkunopeuden yhtälöt.



Kuva 12-2. Entsymaattisen reaktion alkunopeus (v_0) substraattikonsentraation ($[S]$) funktiona. K_M on sama kaikissa reaktioissa, samoin K_s ja $V_{\max}$. Käyrällä A on esitetty tilanne ilman inhibiittoria ($[I]=0$ mmol/l). Käyrien B–D reaktioissa $[I] = 0,010$ mmol/l ja $K_i = 0,010$ mmol/l.

a) Täydennä alla olevaan taulukkoon (L1) entsyymin katalysoiman reaktion tuotteen konsentraatiot ajanhetkillä 0,0 s, 5,0 s ja 10,0 s reaktion käynnistämisestä alkaen. Substraattikonsentraatiot ovat (i) 0,20 mol/l ja (ii) 0,050 mol/l. Entsyymi toimii kuvan 12-2 mukaisesti, ja reaktioissa inhibiittorikonsentraatio $[I]$ on 0,00 mol/l.

	$[S] = 0,20 \text{ mol/l}$	$[S] = 0,050 \text{ mol/l}$
$t = 0,0 \text{ s}$	$[P] = 12 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{ls}} \cdot 0\text{s} = 0 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$	$[P] = 7,5 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{ls}} \cdot 0\text{s} = 0 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$
$t = 5,0 \text{ s}$	$[P] = 12 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{ls}} \cdot 5\text{s} = 6 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$	$[P] = 7,5 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{ls}} \cdot 5\text{s} = 3,8 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$
$t = 10,0 \text{ s}$	$[P] = 12 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{ls}} \cdot 10\text{s} = 12 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$	$[P] = 7,5 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{ls}} \cdot 10\text{s} = 7,5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$

b) Yhdistä inhibiitiotapa (1–3) sitä vastaavaan kuvan 12-2 käyrään (B, C, D).

Vastaus: B = 1, C = 2, D = 3