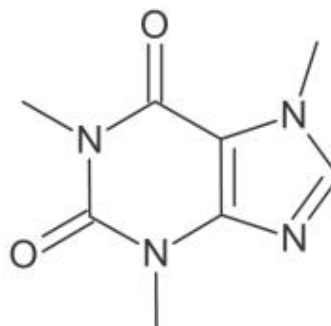


Opgave 1 Coffein

Kaffe er et af de mest anvendte nydelsesmidler i verden, idet kaffe blandt andet indeholder det opkvikkende stof coffein, se *figur 1b*.



a)



b)

Figur 1. a) En kop stærk kaffe. b) Strukturformel for coffein. Molekylformlen for coffein er $C_8H_{10}N_4O_2$.

En kop stærk kaffe med et volumen på 150 mL indeholder omkring 200 mg coffein.

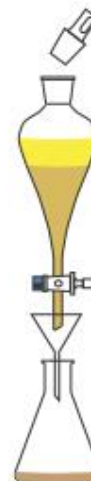
1. Beregn den formelle stofmængdekonzentration af coffein i en kop stærk kaffe.

Nogle elever vil undersøge indholdet af coffein i kaffebønner og har fulgt følgende fremgangsmåde:

Metode til ekstraktion af coffein fra kaffebønner:

- Kog 100 g malede kaffebønner i 10 minutter i 250 mL natriumcarbonatopløsning.
- Hæld forsigtigt væsken over i en skilletragt med 30 mL dichlormethan placeret i stinkskab, se *figur 2b*.
- Ekstraher coffein over i dichlormethan ved at vippe skilletragten frem og tilbage.
- Aftap dichlormethanfasen.
- Opvarm dichlormethanfasen, så dichlormethan fordamper.

a)



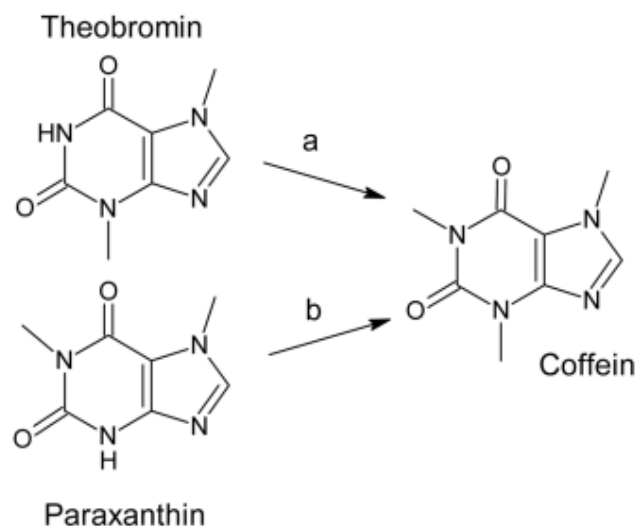
b)

Figur 2. a) Metode til ekstraktion af coffein fra kaffebønner. b) Skilletragt med dichlormethanfase (nederst) og vandfase (øverst).

Natriumcarbonat (Na_2CO_3) sikrer, at coffein bevares på en uladet basisk form, og dichlormethan (CH_2Cl_2) er et forholdsvist upolært opløsningsmiddel.

2. Argumentér for, at coffein kan ekstraheres ved ovenstående metode. Inddrag coffeins polære egenskaber.

I kaffeplanten dannes coffein gennem flere trin ud fra purinbasen guanin. Coffein dannes i sidste trin normalt fra theobromin, men kan også dannes fra paraxanthin, se reaktion a og b i *figur 3*.



Figur 3. Sidste trin i biosyntesen af coffein. Coffein kan dannes fra theobromin (reaktion a) eller paraxanthin (reaktion b).

Både reaktion a og b på *figur 3* er katalyseret af *coffeinsyntase*, og begge reaktioner følger Michaelis-Menten modellen for enzymkinetik.

Opgaven fortsættes næste side

I en række forsøg målte man reaktionshastigheden af *coffeinsyntase* ved forskellige substratkoncentrationer af henholdsvis theobromin og paraxanthin. Resultaterne er vist i *figur 4*.

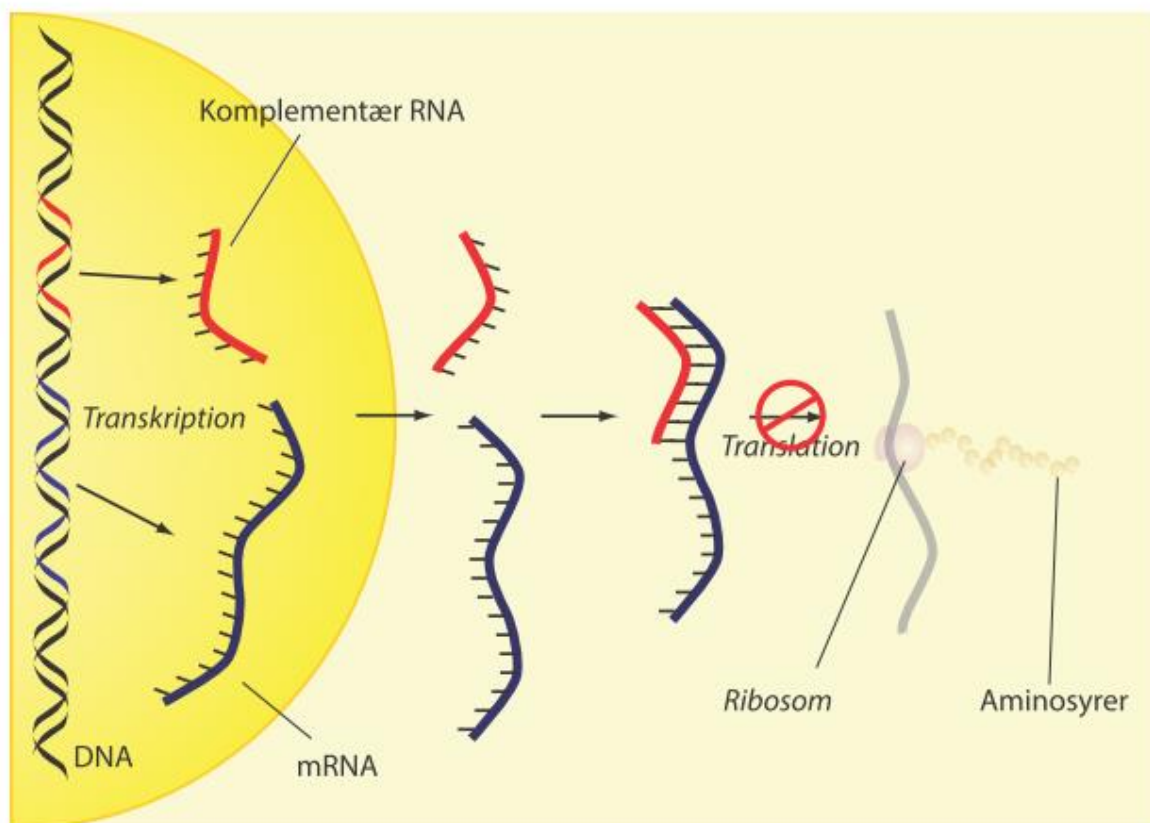
	[Theobromin] (mM)	v ($\mu\text{M}\cdot\text{min}^{-1}$)		[Paraxanthin] (mM)	v ($\mu\text{M}\cdot\text{min}^{-1}$)
a)	0,10	12	b)	0,10	3,0
	0,20	19		0,20	6,0
	0,40	25		0,40	10
	0,80	29		0,80	16
	1,6	32		1,6	23
	3,2	34		3,2	28
	6,4	35		6,4	31
	13	36		13	33

Figur 4. Resultater fra forsøg med måling af reaktionshastighed for enzymet *coffeinsyntase*. a) Med theobromin som substrat. b) Med paraxanthin som substrat.

3. Vis, at de to K_M -værdier for *coffeinsyntases* omdannelse af theobromin og paraxanthin er henholdsvis 0,20 mM og 1,2 mM.
4. Giv en mulig forklaring på, hvorfor de to substrater theobromin og paraxanthin, hvis strukturer er vist i *figur 3* på forrige side, giver forskellige K_M -værdier for *coffeinsyntase*.

Coffein virker opkvikkende, og nogle mennesker har problemer med at sove, hvis de drikker kaffe om aftenen. De kan i stedet indtage coffeinfri kaffe, hvor man ved ekstraktion har fjernet coffein fra kaffebønnerne.

Man kan også fremstille coffeinfri kaffe ved hjælp af genmodificerede kaffeplanter. Disse kaffeplanter er blevet transformeret med et kunstigt gen, der er komplementært til en del af genet for *coffeinsyntase*, se figur 5.



Figur 5. Celle i transformeret kaffeplante. Det blå område på DNA er genet for *coffeinsyntase*, og det røde område på DNA er et kunstigt gen, der er komplementært til en del af genet for *coffeinsyntase*.

5. Forklar hvorfor de transformerede kaffeplanter ikke danner coffein. Inddrag figur 5.

Kaffebønner fra de transformerede kaffeplanter viste sig stadig at indeholde coffein men kun cirka 50 % af indholdet i kaffebønner fra almindelige kaffeplanter.

6. Giv forslag til, hvorfor de transformerede kaffebønner stadig indeholder coffein.