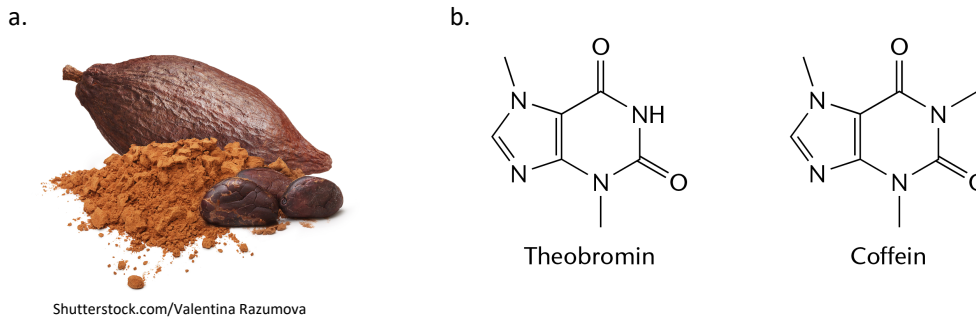




## Bestemmelse af theobrominindholdet i kakao

Kakao er et fermenteret produkt fra kakaoplantens frø (*Theobroma cacao*). Kakao indeholder theobromin og coffein, se figur 1.



Figur 1. a. Kakaobælg, frø og kakaopulver. b. Stregformler for theobromin og coffein.

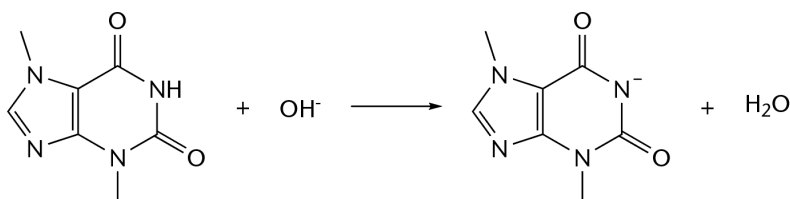
Kakao indeholder theobromin i en masseprocent på ca. 2,6 % og coffein i en masseprocent på ca. 0,24 %, men det kan variere.

Coffein virker opkvikkende, mens effekten af theobromin er lavere. De virker begge som antagonister på adenosinreceptorer i hjernen, men theobromins affinitet for receptoren er to til tre gange lavere end coffeins.

Theobromin virker hostestillende og kan forbedre lungefunktionen hos astmatikere og i modsætning til coffein virker theobromin søvnforlængende. Halveringstiden for theobromin i kroppen er 7,2 timer i forhold til 4,1 timer for coffein. Coffein nedbrydes til theobromin i kroppen.

Theobromin indeholder flere hydrofile grupper, bl.a. N-H og C=O, men samlet set er molekylet kun svagt opløseligt i vand (0,49 g/L, 25 °C). Til gengæld har theobromin en højere opløselighed i varmt vand end i koldt vand, og det kan derfor ekstraheres fra kakaopulveret ved opvarmning.

Theobromin er en svag syre ( $pK_s = 9,24$ ), som kan titreres med en stærk base som NaOH hvorved den korresponderende svage base til theobromin dannes:



Coffein er også opløseligt i vand, men da coffein ikke har syreegenskaber, vil den ikke reagere med hydroxid.

I eksperimentet anvendes fedtfattigt kakao da det letter filtreringen af den opvarmede kakaomasse.



## Materialer

- Stativ med klemmer
- 1 stk. konisk kolbe (250 mL)
- Vandbad
- Termometer
- Varmeplade og magnet
- Kakaopulver, fedtfattigt
- Elkedel
- Kaffetragt og kaffefilter
- 3 stk. bægerglas (250 mL)
- 1 stk. målekolbe (1 L)
- Fuldpipette (25 mL)
- Natriumhydroxid (0,010 M) – NaOH (aq)
- Mikroburette
- 1 stk. måleglas (50 mL)
- Magnetomrører og magnet
- Phenolphthalein

## Fremgangsmåde

1. Spænd en 250 mL konisk kolbe op i et stativ, og placér det i et vandbad på en varmeplade med omrøring. Kom en magnet i kolben.
2. Afvej 10 g kakaopulver og overfør til den koniske kolbe og hæld 100 mL kogende vand ned i kolben.
3. Tænd for omrøringen og for varmepladen. Mål temperaturen i kakaoblandingen. Den skal holdes på ca. 80 °C i 10 minutter. Sluk herefter for varmepladen, men lad blandingen stå et par minutter.
4. Filtrér kakaoblandingen (pas på, den er varm!) gennem et kaffefilter ned i et 250 mL bægerglas. De første 25,0 mL overføres med fuldpipette til en 1 L målekolbe og der fyldes op med demineraliseret vand til strengen, sættes prop på og omrystes. Denne blanding er lysebrun.
5. Fyld en mikroburette op med 0,010 M NaOH(aq).
6. Udtag to gange 50 mL af den fortyndede brunlige opløsning til hver sit 250 mL bægerglas.
7. Tilsæt 6 dråber phenolphthalein til det ene bægerglas og titrer opløsningen indtil et farveskift fra lysebrun til pink. Det andet glas bruges som reference.
8. Aflæs det anvendte volumen af NaOH, og notér i tabel 1.
9. Gentag titreringen.

## Resultater

Masse af kakao (g)	Volumen af NaOH (mL) 1. titrering	Volumen af NaOH (mL) 2. titrering

Tabel 1.



### Efterbehandling

1. Beregn stofmængden af NaOH.
2. Angiv stofmængden af theobromin idet reaktionsforholdet inddrages.
3. Beregn massen af theobromin i den fortyndede opløsning og derefter i den ufortyndede opløsning. Husk at det kun var 25 mL ud af de 100 mL kakaopløsning, som blev anvendt. Notér i tabel 2.
4. Beregn masseprocenten af theobromin i kakaopulver.

m(theobromin) (fortyndet opløsning) (g)	m(theobromin) (ufortyndet opløsning) (g)	Masseprocent af theobromin (g/100 g kakaopulver)

Tabel 2.

### Diskussion

1. Vurdér indholdet af theobromin i kakaopulveret i forhold til den angivne værdi.
2. Diskutér fejlkilder i eksperimentet.
3. Giv forslag til hvad der sker med carbohydrater og proteiner i kakaopulveret under ekstraktionen.
4. Giv forslag til hvorfor theobromin har lavere affinitet for adenosinreceptoren end coffein har.
5. Giv forslag til hvorfor halveringstiden for theobromin i kroppen er højere end for coffein.

### Konklusion

Lav en konklusion hvor der tages stilling til om eksperimentets formål er opfyldt.