

8. Du fremstiller selv sukker

De grønne planter er som omtalt i kapitel 6 naturens kemiske fabrik for fremstilling af glukose (druesukker), $C_6H_{12}O_6$.

I nogle få planter, bl.a. sukkerroer og sukkerrør, omdannes næsten alt det dannede glukose til sukker. Det er derfor naturens produkter, som udnyttes, når der på en sukkerfabrik fremstilles rent sukker, $C_{12}H_{22}O_{11}$.

I forsøg 8.1 er beskrevet, hvordan du selv kan fremstille sukker ud fra en sukkerroe. Fremgangsmåden svarer til den, der anvendes på en sukkerfabrik. Eventuelt kan dette forsøg startes et halvt år tidligere, ved at man selv sår og dyrker sukkerroer!

Forsøg 8.1

Sukker fra sukkerroer

(Forsøget udføres bedst i den såkaldte roekampagnetid, ca. 1. okt.-15. dec.). Anvend friske sukkerroer. Skal de gemmes, så frys dem.

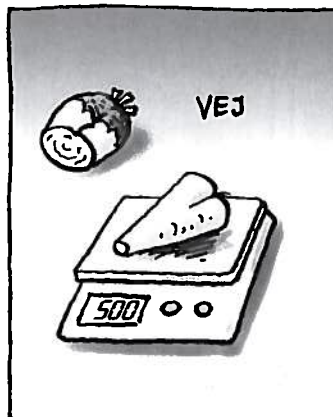
Materialer:

Sukkerroe (sukkerroer kan med fordel fryses og gemmes; efter optøning skal de forarbejdes senest næste dag); sukker; hydratkalk (læsket kalk), $Ca(OH)_2$; marmor, $CaCO_3$ og

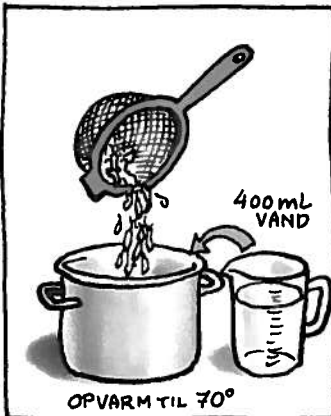
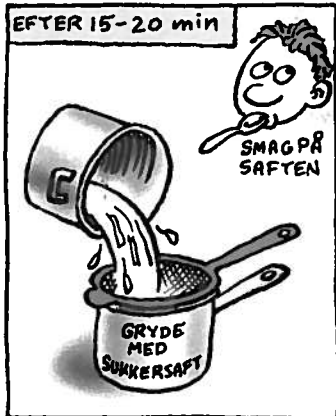
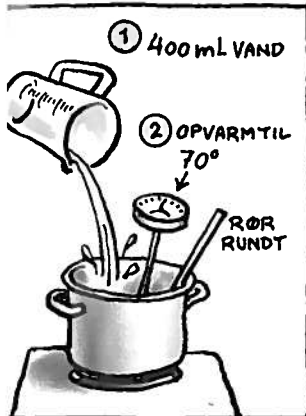


saltsyre, HCl 4 M (til CO_2 -fremstilling) eller i stedet en CO_2 -stålflaske; brødkniv; sigte; råkostjern; gryde (rustfri stål eller emaljeret); 100 mL måleglas; koniske kolber, 100 mL og 2 liter; diverse gummipropper m. 1 hul; 2 urinposer; kaffetragt med filter; (evt. i stedet en Büchnertragt (Ø ca. 9 cm), filtrerpapir og sugekolbe med gummimanchetter); termometer; morter; bageovn med termostat.

VASK OG FINDELING

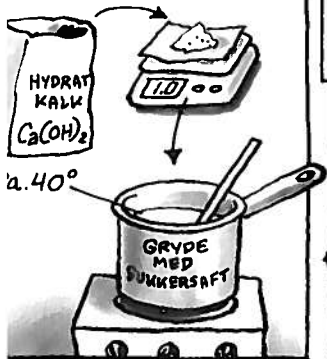


AKSTRAKTION



RENSNING MED KALK

ELD I LØBET AF ET PAR MINUTTER UNDER OMRØRING



sk og findeling

Vask og skræl en sukkerroe.

Snit 500 g af roen i stykker; den grove side af et råkostjern kan bruges.

Smag på en roesnitte. Beskriv smagen (surt, sødt, salt, ...)!

straktion (diffusion)

Anbring roesnitteerne i en gryde. Hæld ca. 400 mL 70° varmt vand i gryden. Hold i 15-20 minutter temperaturen på 70°; ikke højere! Snitneerne må ikke koges. Rør hele tiden rundt i snitneerne med en ske, så de hele tiden er i kontakt med vandet. Smag på vandet i gryden; beskriv smagen!

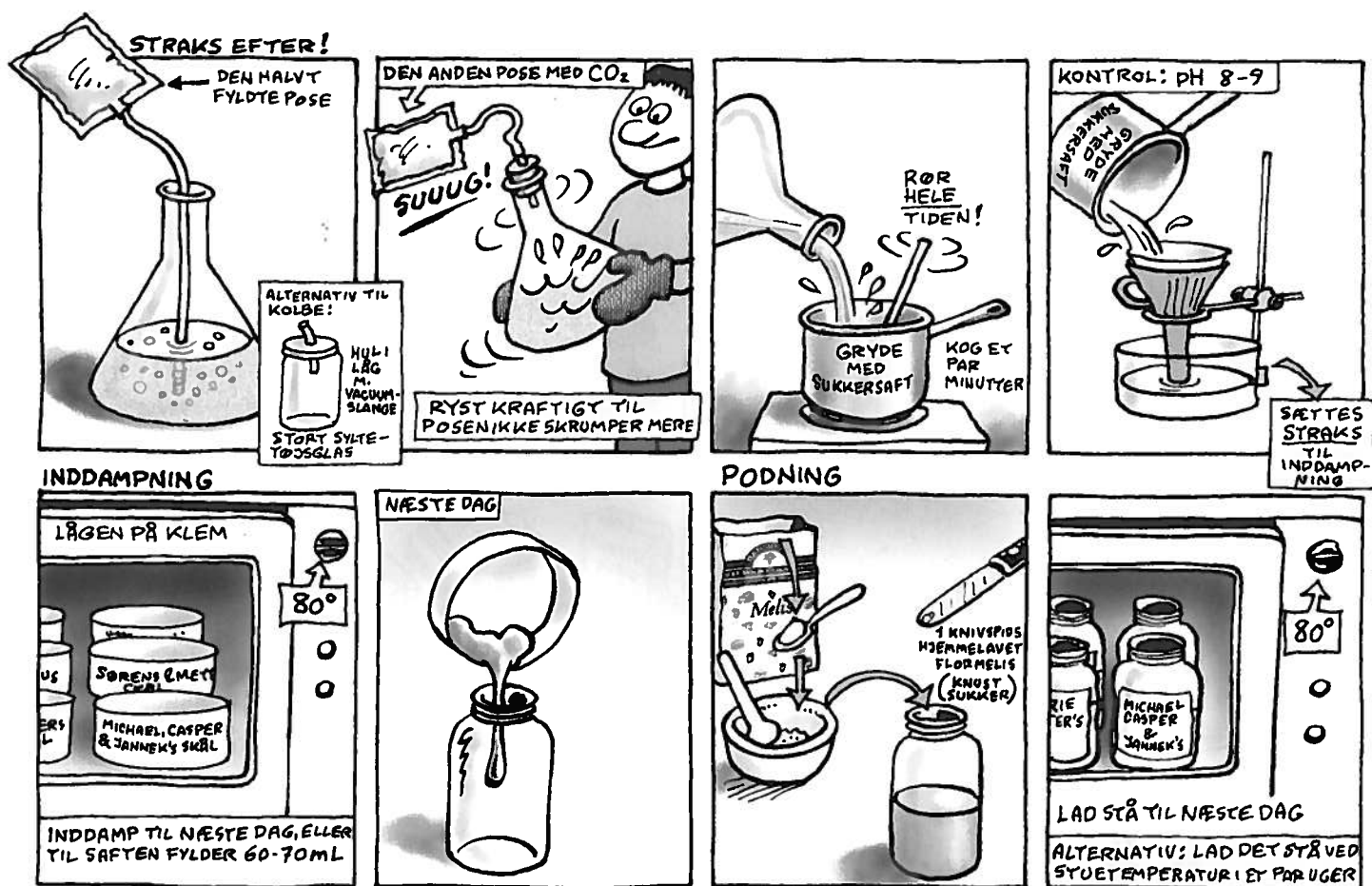
Hæld sukkersaften fra gryden over i en ren gryde eller skål uden at få roesnitte med; benyt en sigte. Sukkersaften skal gemmes!

Lad en gang mere roesnitteerne ligge i 70° varmt vand i 15-20 minutter. Smag også på denne sukkersaft. Adskil igen snitneerne fra saften og hæld den sammen med den

sukkersaft, som allerede er i en gryde eller skål. Hvordan smager roesnitteerne nu?

Rensning med læsket kalk og kalkfældning

- Temperaturen af den filtrerede sukkersaft i gryden skal være ca. 40°.
- Tilsæt i løbet af et par minutter ca. 1 g hydratkalk til sukkersaften; omrør hele tiden med en ske. Lad saften stå ca. 20 minutter.
- Fyld i ventetiden CO_2 i to urinposer. Den ene pose fyldes ca. halvt, den anden helt, dvs. ca. 1,5 liter (angående CO_2 se nedenfor).
- Opvarm sukkersaften til ca. 85° og tilsæt derefter på en gang 3 g hydratkalk. Omrør et par minutter. Mål pH med indikatorpapir.
- Overfør via en stor tragt hele grydens indhold til en 2 liter konisk kolbe. Saftens temperatur skal være ca. 85° lige før den hældes over i kolben; ellers må den opvarmes.



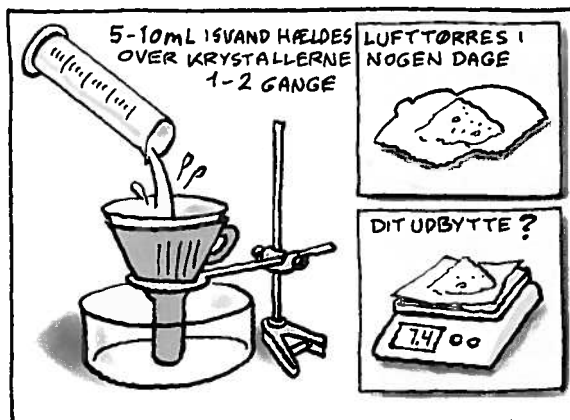
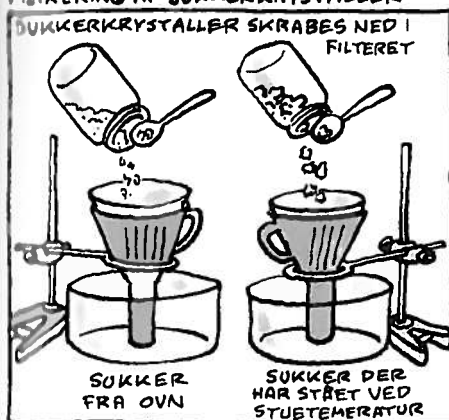
- Tryk på en gang al CO_2 fra den delvis fyldte pose ned gennem den varme sukkersaft i den koniske kolbe. Sæt straks gummiprop med 1 hul i kolben og isæt slange-studsens fra den fyldte CO_2 -pose i prophullet; "systemet" er nu lukket.
- Omryst den varme kolbe kraftigt i 5-10 minutter eller indtil den basiske sukkersaft ikke mere opsuger CO_2 (når posen ikke "skrumper" mere). Tag eventuelt et par handsker på, så du ikke brænder fingrene på den varme kolbe. Om nødvendigt må urinposen påfyldes CO_2 en ekstra gang. Væskens pH-værdi skal nu være ca. 8. Kontroller med indikatorpapir. Opløsningen må ikke være sur; hvorfor (find svaret i kapitel 5)?
- Hæld kolbens indhold tilbage i gryden og kog tyndsaf-ten i et par minutter (omrør hele tiden, opløsningen skummer let over). Herved er du sikker på, at et even-tuelt overskud af CO_2 er kogt ud. pH i opløsningen bør nu være 8-9.
- Filtrer saften i gryden gennem en kaffetragt med filter ned i en varmebestandig skål. Saften skal sættes til ind-

dampning umiddelbart efter filtreringen. Ved henstand ved stuetemperatur vil tyndsafteuellers begynde at gære.

Inddampning

- Anbring skålen i en tændt termostato-ovn; termostaten indstilles på ca. 80° , og ovenlågen holdes på klem, mens ovnen varmer, og vandet fordamper. Hvis du har tid til at overvåge inddampningen, kan du i stedet vælge at inddampe sukkeropløsningen ved under konstant omrøring at koge den i en tykbundet gryde på et komfur. Men det kræver, at du får afbrudt opvarm-ningen i tide, dvs. i god tid inden den dannede tyksaft brænder på. Hvis der er anvendt 500 g sukkerroe bør volumenet nu være 60-70 mL. Selve fordampningen af vand ved 80° varer ca. 18 timer. Pas på ikke at inddampe for længe; så branker sukke-ret!
- Når den varme sukkersaft – nu kaldet tyksaften – her-

FILTRERING AF SUKKERKRYSALLER



efter er så tyktflydende, at der næsten kan trækkes sukkertråde, hældes den over i et lille smalt glas.

Podning og krystaldannelse

- Tilsæt en lille knivspids flormelis til den gyldenbrune og varme tyksaft (angående flormelis se nedenfor); omrør/bland. Undertiden er der allerede nu "af sig selv" dannet store sukkerkrystaller.
 - Lad blandingen stå utildækket i den 80° varme ovn i et par timer eller længere, indtil der er kommet sukkerkrystaller. Skal blandingen stå i ovnen natten over kan låget lægges løst oven på glasset, så der ikke sker en for voldsom fordampning.
- Hvis man undlader at pøse med flormelis, og i stedet lader tyksaften stå i nogle uger ved stuetemperatur, så dannes "af sig selv" større sukkerkrystaller. I skolen kan disse være nemmere at rense end små krystaller. Iagttag evt. sådanne store og tørre krystaller gennem et forstørrelsesglas.

Filtrering og vask af sukkerkrystaller

- Skrab så godt som muligt, alle de dannede sukkerkrystaller over i et kaffefilter anbragt i en tragt; brug f.eks. en metalske. Vask krystallerne 1-2 gange med meget lidt isvand eller koldt vand (5-6 mL). Lad derefter krystallerne lufttørre nogle dage.
- Filtratet og den tyktflydende sirupslignende rest af sukkersaft kaldes melasse. Den kan i princippet kortvarigt gemmes til forsøg 11.1 og 12.1, fremstilling af alkohol og bagegær. I fryseren kan den holde sig i lang tid. Melasse fra sukkerfabrikkerne kan holde sig i lang tid uden at begynde at gære. Holdbarheden skyldes den store sukkerkoncentration.

Udbytteberegning

- Vej dit tørre sukker og beregn dit udbytte i % i forhold til den anvendte mængde sukkerroe. Du kan f.eks. skrive dine resultater i skema 8.1.
Beregn derefter også hvor mange gram sukker, der teoretisk er tilbage i melassen under forudsætning af, at sukkerroen har indeholdt 17 % sukker.
- Undtagelsesvis må der smages på det fremstillede sukker; ellers er det en ufravigelig regel aldrig at smage på stoffer i laboratoriet.

Skema 8.1. Resultater fra sukkerfremstilling

Vægt af sukkerroe; gram	
Teoretisk sukkerindhold; gram (beregnet som 17 % af roens vægt)	
Vægt af fremstillet og tørret sukker; gram	
Udbytte i forhold til den anvendte mængde sukkerroe; angives %	
Gram sukker tilbage og opløst i melassen (beregnes)	

Fremstilling af CO₂ og flormelis til forsøg 8.1

Den nødvendige mængde CO₂ kan du selv fremstille i skolelaboratoriet: Anbring ca. 10-12 g marmor i en lille kolbe eller et stort reagensglas. Hæld 60-70 mL 4 M saltsyre i kolben. Sæt straks en gummiprop med 1 hul påmonteret en urinpose i kolben. Når posen er ca. halvt fyldt, skiftes til en ny, som fyldes helt. CO₂ kan evt. i stedet tappes direkte fra en stålflaske.

CO₂ kan også fremstilles ud fra Na₂CO₃ (soda) eller NaHCO₃ (natron) tilsat enten citronsyre, vinsyre eller husholdningseddike.

Flormelis

Købt flormelis kan ikke anvendes til podning, fordi det indeholder majsstivelse. Det virker som antiklumpningsmiddel. Fremstil derfor selv flormelis ved at knuse melis i en morter.

Opgave 8.1

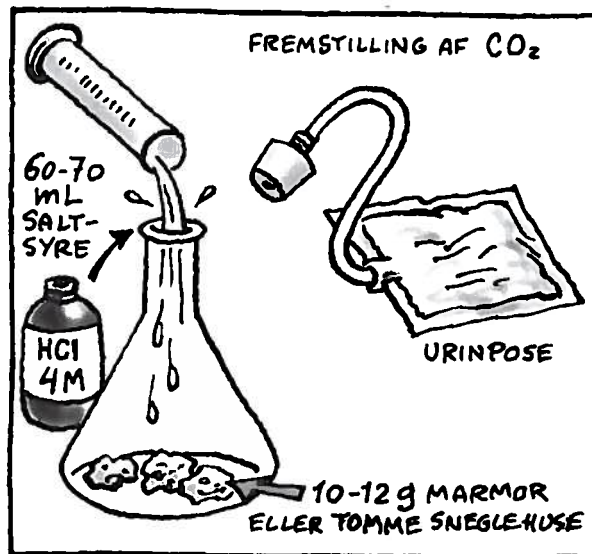
Ved fremstilling af sukker i forsøg 8.1 gennemfører du en kalkfældning med CO₂. Forklar hvorfor væsken næsten af sig selv opsuger CO₂.

Teknologi og sukkerfremstilling

Sukkerfremstilling i praksis foregår i princippet på samme måde som beskrevet i forsøg 8.1, blot er teknologien mere avanceret end i forsøget. Samtidig er brugen af resurser, bl.a. af vand og energi, reduceret til et minimum. F.eks. reguleres tilsætningen af CO₂ under kalkfældningen ved hele tiden at måle pH-værdien i sukkersaften.

Efter fældning af kalk med CO₂ tilsætter man på sukkerfabrikken små mængder soda, Na₂CO₃ til sukkersaften. Herved opnås en mere fuldstændig udfældning af kalk, CaCO₃.

Filtrering af sukkersaften efter fældningen af kalk kan være et problem både i vort forsøg og på sukkerfabrikkerne. Hvis eksempelvis de dannede krystaller af calciumcarbonat er for små, vil de hurtigt lukke filteret. Så vil filtreringen tage uacceptabel lang tid. I en egentlig produktion af sukker vil en sådan situation være en katastrofe. De erfaringer, man på sukkerfabrikkerne har gjort sig omkring de optimale vilkår for både kalkfældning og filtrering, har vi for-



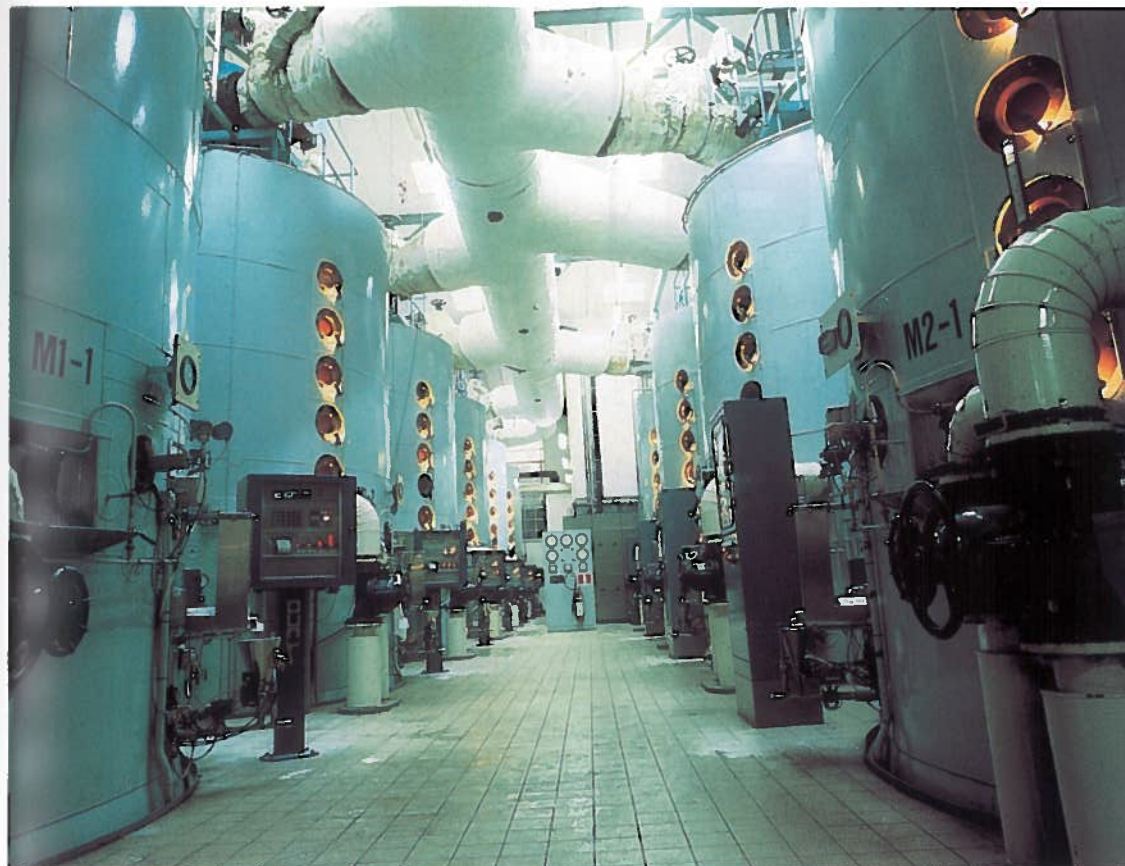
søgt at udnytte i forsøg 8.1. Eksempelvis vil gamle sukkerroer eller roer, som efter frysning har ligget optøet i længere tid, senere kunne give store filtreringsproblemer.

På sukkerfabrikken foregår inddampningen af sukkersaften i fem-seks trin, dvs. i fem eller seks forskellige beholdere. I beholder nr. 1 opvarmes den tynde sukkersaft til 130° under forhøjet tryk. Den afdestillerede og meget varme vanddamp herfra anvendes derefter i beholder nr. 2 til at opvarme en mere koncentreret sukkersaft til kogning og inddampning. Dette er muligt, fordi man i beholder nr. 2 sørger for, at trykket er lavere end i beholder nr. 1.

Man udnytter her det princip, at vands kogepunkt afhænger af omgivelsernes tryk. Desto højere tryk desto højere kogepunkt; jf. forsøg 8.2. Princippet udnyttes eksempelvis i en trykkoger.

Ved gradvis at reducere trykket i beholderne kan man på den måde bedre udnytte energien.

I den sidste beholder er sukkersaften mest koncentreret, og den branker let ved opvarmning. Derfor anvender man her et så lavt tryk, at sukkersaften koger allerede ved 85°. Ved denne temperatur reduceres brankning og misfarvning af tyksaften. Efter podning af tyksaften med flormelis og fortsat inddampning ved konstant omrøring opnås herved en bedre og renere krystaldannelse. Lang tids opvarmning selv ved 85° (som i vort forsøg) giver dog forøget brankning.



Sukkersaften ind-dampes i de store beholdere, som hver kan rumme ca. 50 tons.

På sukkerfabrikken udskilles de dannede sukkerkrystaller fra den fedtede sukkersaft i centrifuger med perforerede sidevægge. Hullerne heri er så små, at kun den fedtede sukkersaft kan trænge igennem, mens sukkerkrystallerne holdes tilbage. Efter en kortvarig overbrusning med en minimal mængde vand opnås helt hvide sukkerkrystaller. Den fraskilte sukkersaft indeholder stadig sukker. På sukkerfabrikken er man i stand til også at udskille sukkerkrystaller af denne saft. Når det ikke mere er lønsomt at udvinde sukker af saften, fås en sirupslignende væske, som kaldes melasse. Den har på en gang en sød og bitter smag. I melassen er der stadig ca. 45 % opløst sukker. Melasse sælges som kreaturfoder eller anvendes til fremstilling af ethanol (alkohol, sprit) eller bagegær; jf. kapitel 11 og 12.

Med hensyn til teknologien omkring kalkbrænding, som er en vigtig delproces ved sukkerfremstillingen, henvises til kapitel 9.

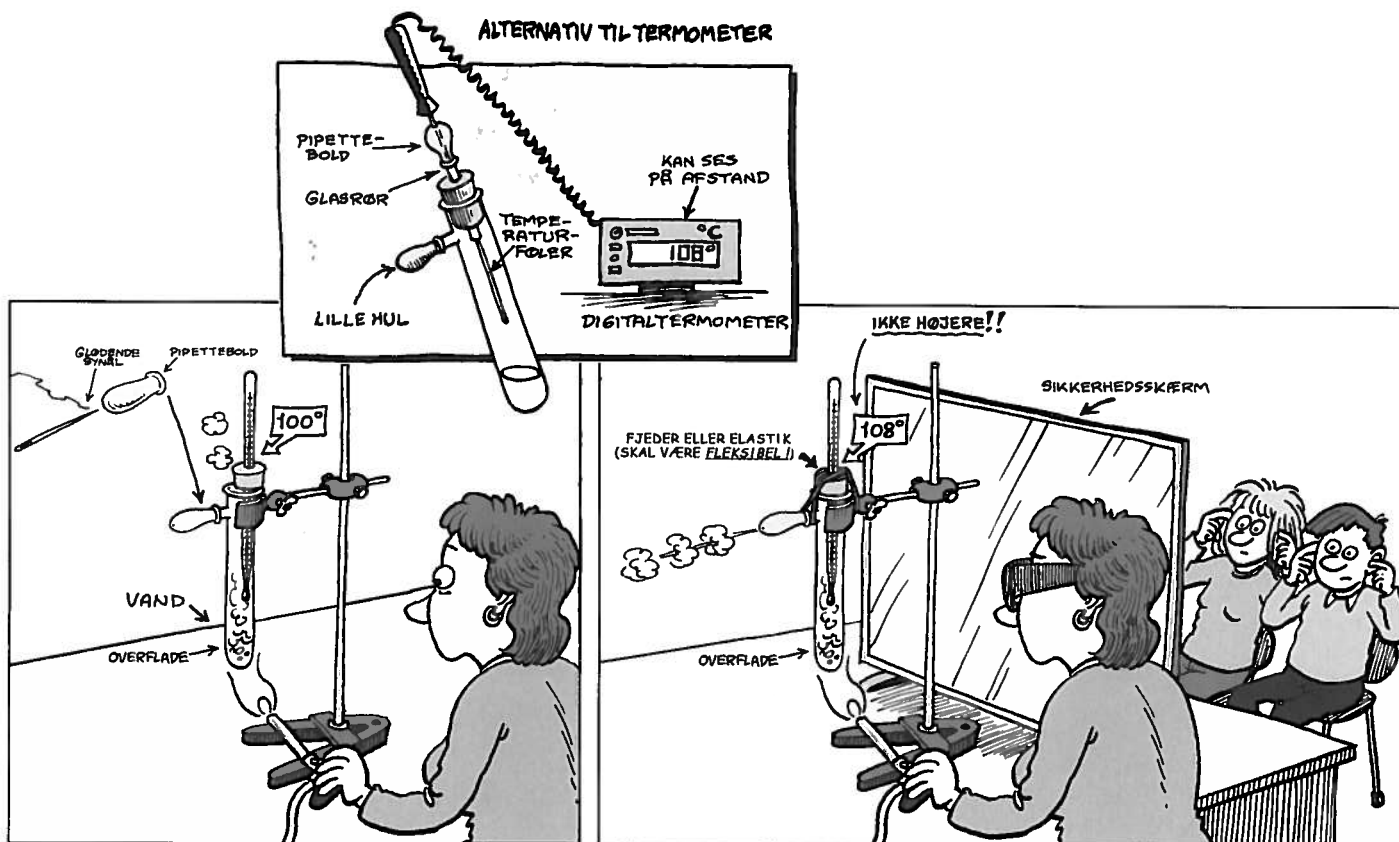
Forsøg 8.2

Kogepunkt og tryk (fællesforsøg)

Materialer:

Reagensglas med siderør; prop med termometer (evt. digitaltermometer); pipettebolde; stoppenål; vacuumpumpe (vandluftpumpe); sprængskærm; fjeder/elastikker.

- Hæld et par mL vand i et reagensglas med siderør.
- Punkter en lille pipettebold med en glødende stoppenål og sæt pipettebolden på glassets siderør (bolden tjener som sikkerhedsventil).
- Lad en gummiprop med termometer hvile løst på glassets åbning. Termometeret skal være et par cm over vandoverfladen. Opvarm vandet til kogning med en bunsenbrænder. Aflæs temperaturen af dampene, når vandet koger (termometeret må ikke røre glassets sider under opvarmningen). Noter tallet som vands kogepunkt ved atmosfæretryk.



- Sæt gummiproppen med termometeret fast i glassets åbning (prop/termometer kan evt. tøjres med en **fleksibel** fjeder eller elastik, så man ikke risikerer, at det under den efterfølgende opvarmning "skydes" af og knuses ved et fald på gulvet).
- Opvarm vandet i glasset til kogning, men stop opvarmningen, før vanddampens temperatur bliver højere end ca. 108°, fordi trykket stiger voldsomt ved højere temperatur.
- Ved brug af et termometer med digital aflæsning kan temperaturen følges på afstand; se figuren.
- Gentag forsøget med et par mL vand i glasset samt et par pimpsten (forhindrer stødkogning). Glassets siderør forbindes denne gang med en trykslange til en vakuum-pumpe; se figuren.
- Opvarm vandet i reagensglasset ved at holde det neddyppet i 70-80° varmt vand.
- Noter dine iagttagelser.

I forsøg 8.2 kan du ved aflæsning af termometeret direkte se, at vands normale kogepunkt ved 1 bar er 100°. Ved lavere tryk end 1 bar er kogepunktet lavere end 100°. Ved højere tryk ses, at kogepunktet er større end 100°. Som tid-

ligere nævnt udnyttes disse kendsgerninger ved opvarmning og inddampning af sukkersaft ved sukkerfremstilling.

Videobåndet "Fra sol til sukker" produceret af Danisco Sugar viser med levende billeder, hvordan sukkerproduktion foregår i praksis på en sukkerfabrik. Båndet kan lånes hos Kraks Forlag A/S, tlf. 45 95 63 00

