

12. Sukker og melasse bliver til alkohol



På De Danske Spritfabrikker foregår både alkohol- og gærfremstilling i store gæringstanke (delvis skjulte).

Alkoholgæring

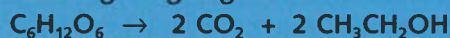
Fremstilling af ethanol (alkohol, sprit) ved gæring af sukkerlignende stoffer har været kendt i tusindvis af år. Det er f.eks. foregået, når man har fremstillet vin og øl. Heri er der op til 12 % ethanol.

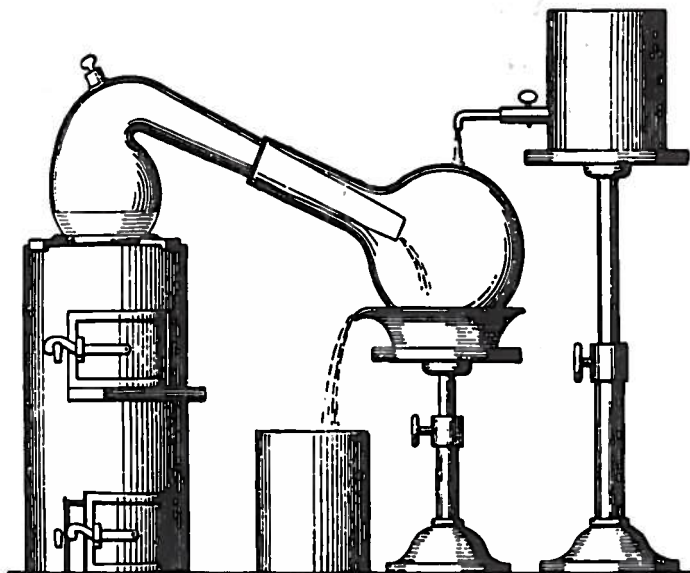
Råmaterialerne ved alkoholgæringen er gær blandet med et såkaldt forgærbart kulhydrat. Det kan f.eks. være honning, som er en blanding af kulhydraterne glukose og fruktose; jf. kapitel 5. Rent sukker omdannes også af gær til ethanol.

Kulhydratet stivelse kan omdannes til forgærbare kulhydrater af vand og stivelsesspaltende enzymer; jf. kapitel 10. Enzymerne, der anvendes, kan være Novo-Nordisk-enzymmer eller de enzymer, som altid dannes i frø, der spirer. Det sidste har man udnyttet ved ølproduktion ud fra byg, ris, majs eller andre stivelsesholdige afgrøder.

Hvis råmaterialet for alkoholgæringen er glukose (druesukker), der har formelen $C_6H_{12}O_6$, så ser reaktionsskemaet sådan ud:

Alkoholgæring af glukose





Distillation

Ren ethanol fremstilles ved såkaldt destillation af "tynde" opløsninger af ethanol; det kan f.eks. være en gæret sukkeropløsning eller vin.

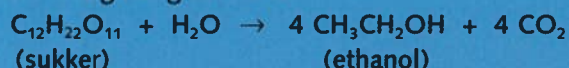
Destillationskunsten har formodentlig været kendt i næsten 1000 år og været anvendt ved fremstilling af brændevin, altså vin der har været opvarmet ("brændt").

Ved en destillation opvarmes en blanding, så dens temperatur er lidt højere end kogepunktet for det stof i blandingen, som har lavest kogepunkt. Herved opnås, at det fortrinsvis er dette stof, som fordamper. Ethanols kogepunkt er 78° , mens vands kogepunkt er 100° . I en opvarmet blanding af ethanol og vand vil det derfor især være ethanol, som fordamper først. Ved at afkøle de varme dampe, så de fortætter (kondenserer), fås næsten ren ethanol.

I Danmark fremstilles en mindre del af den rene ethanol ud fra stivelse i form af korn. Denne "kornethanol" anvendes især til spiritusfremstilling, f.eks. snaps. Hovedparten af den danske ethanolproduktion, dvs. ca. 90 % fremstilles dog ved gæring af sukker, $C_{12}H_{22}O_{11}$. I praksis anvendes sukkeraffald i form af melasse, som indeholder ca. 45 % sukker; jf. kapitel 8.

Reaktionsskemaet for gæring af sukker til ethanol ser sådan ud:

Alkoholgæring af sukker



Opgave 12.1

Molekylvægten for $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ er 342, og for $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ er den 46. Beregn på basis af disse oplysninger og ovenstående reaktionsskema, hvor mange gram $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (alkohol) der teoretisk kan fremstilles af 50 g $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ (sukker).

Aerobe og anaerobe processer

Omdannelsen af sukker til ethanol foregår i praksis bedst ved en såkaldt an-a-e-rob proces. Det betyder, at blandingen af sukker og gær ikke er i kontakt med oxygen (anaerob betyder "uden oxygen").

Hvis gæringen foregår under a-e-robe forhold, dvs. under samtidig tilførsel af oxygen, viser det sig, at det kun er en mindre del af sukkeret, der omdannes til ethanol. Under aerobe forhold anvender gæren sukkeret som energikilde ved dens formering i stedet for at producere ethanol. Denne kendsgerning udnyttes ved fremstillingen af bagegær, sådan som det fremgår af kapitel 13. Du kan af ovenstående se, at man med relativt enkle midler, her luft (oxygen), har mulighed for at styre processen i den retning, man ønsker.

Forsøg 12.1

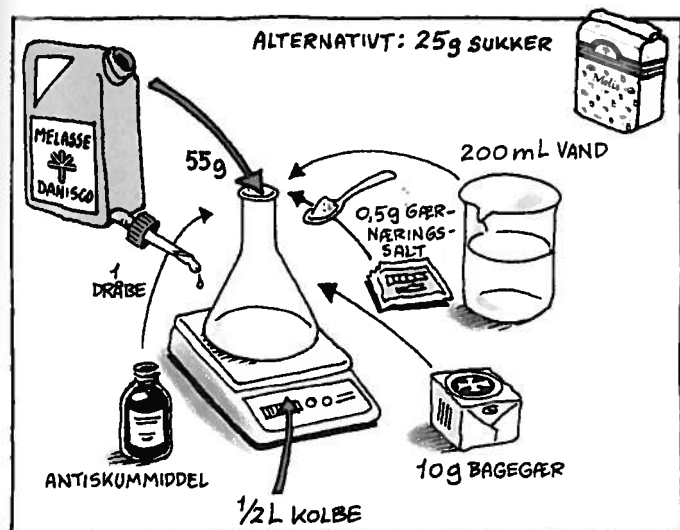
Alkoholgæring

Materialer:

Melasse fra sukkerfabrikkerne, men rent sukker kan anvendes i stedet (100 g melasse indeholder 45 g sukker); frisk gær eller tørgær; gærnæringssalt (ammoniummonohydrogenfosfat); kolbe + prop m. hul; glsrør + slanger; theske; termometer; akvarievandvarmer; antiskummiddel.

Gæring

- Anbring 55 g melasse i en 0,5 liter kolbe. Tilsæt ca. 0,5 g gærnærings salt (melassen kan erstattes af 25 g sukker).



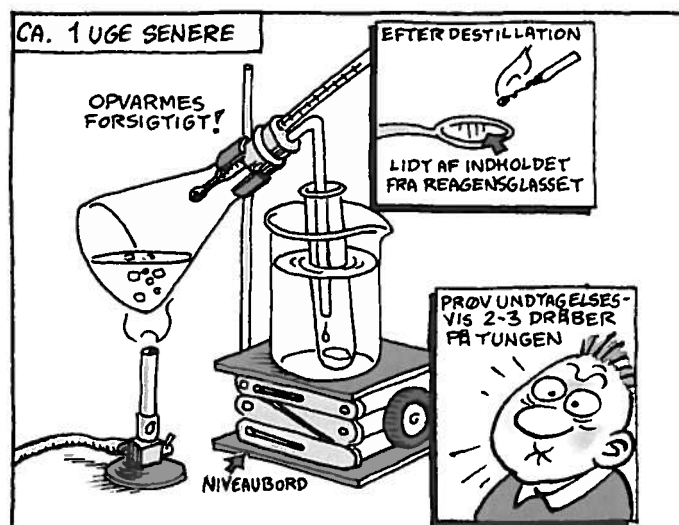
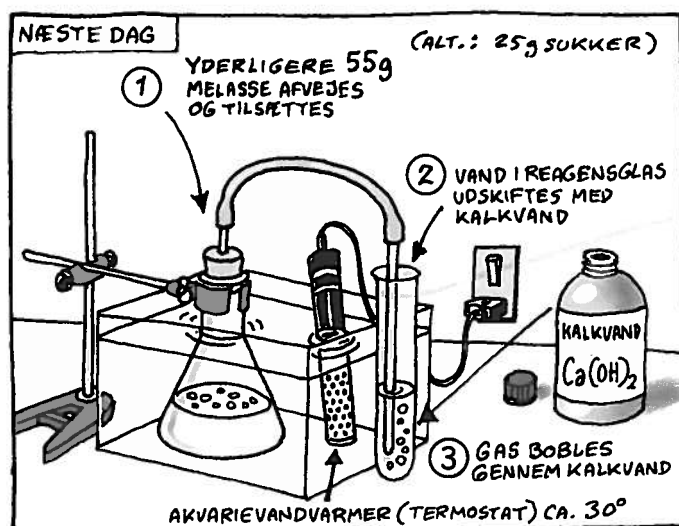
- Tilsæt ca. 200 mL vand. Tilsæt 1 dråbe antiskummiddel; kolben skal være så stor, at den kun er ca. halvt fyldt.
- Tilsæt 10 g gær og bland kolbens indhold (10 g gær kan erstattes med 2,5 g tørgær).
- Forbind kolben via prop og en slange med et glasrør, der er neddyppet i et reagensglas; dette er ca. 1/4 fyldt med vand.
- Lad opstillingen stå lunt ved ca. 30° til næste dag eller længere. Hold f.eks. kolben neddyppet i vand, der opvarmes af en termostatstyret akvarievandvarmer.
- Tilsæt næste dag yderligere 55 g melasse eller 25 g sukker til blandingen.

Påvisning af carbondioxid

- Udskift vandet i reagensglasset med samme mængde kalkvand; glasrøret skal igen være neddyppet i væsken.
- Sæt igen prop i kolben og ryst den forsigtigt, så der bobler gas igennem kalkvandet.
- Hvilket udseende får kalkvandet herved? Opskriv et reaktionsskema for den proces du ser resultatet af; du kan hente hjælp til løsning af dette spørgsmål ved at læse kapitel 3.
- Lad blandingen af sukker og gær stå lunt i yderligere 5-6 dage, så gæringsprocessen afsluttes.
- Hvordan ser kalkvandet i reagensglasset nu ud? Forklar!

Destillation:

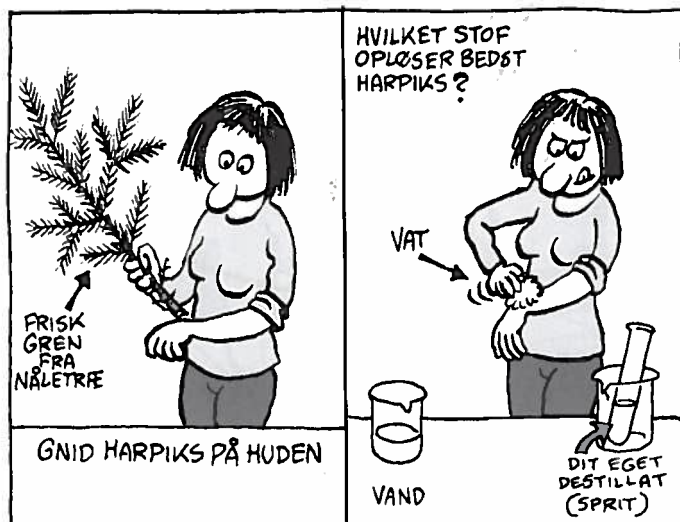
- Sæt prop med termometer og bøjet glasrør fast i kolbens munding. Bemærk at termometerstiklen skal være 3-5 cm længere nede i kolben end glasrøret; hvorfor? Du kan eventuelt bøje glasrøret til en vinkel på 60-70°.



Det gøres, når røret ved opvarmning i en bunsenflamme er blevet blødt.

- Opvarm blandingen med en så svag bunsenflamme, at blandingen lige netop koger. NB! Det sker før 100°. Lad den varme damp strømme ned mod bunden af et vandkølet reagensglas, så dampen fortættes. Pas på tilbage sugning!
- Stop destillationen når termometeret viser mere end ca. 90°.
- Smag helt undtagelsesvis på et par dråber af destillatet.
- Hæld lidt af dit destillat op på en metaltheske og undersøg om dampene over væsken kan antændes med en tændt tændstik.

Hvis ikke, så opvarm først undersiden af thesken med en tændt tændstik og prøv igen.



- Undersøg om dit destillat er bedre end vand til at opløse lidt harpiks på din finger: Harpiks kan du få fra en frisk gran- eller fyrregren.

Forsøg 12.1 viser, at man ved gæring af sukker kan fremstille ethanol. Destillatet er næsten ren ethanol indeholdende en lille smule vand. Hvis destillatet indeholder mere end 45-50 % ethanol, kan dets dampe umiddelbart antændes.

I praksis viser det sig, at uanset hvor meget sukker der anvendes, så vil ethanolprocenten ved gæring aldrig blive højere end 12-14 %. Større koncentration af ethanol slår nemlig gærsvampene ihjel, dvs. gæren dræber sig selv!

I øvrigt må sukkerkoncentrationen heller ikke være for stor; så dør gæren også. Det er derfor vi kan anvende ethanol (sprit) som desinfektionsmiddel og sukker som konserveringsmiddel ved syltning.

CO₂, der opstår som et biprodukt ved ethanol fremstillingen, opsamles i praksis i komprimeret form. Det anvendes eksempelvis som tilsætningsstof til læskedrikke.

Arbejdsprocesserne som er udført i forsøg 12.1 er i forenklet udgave en kopi af det, der foregår hos De Danske Spritfabrikker i Grenå. I dit forsøg får du dog ethanol med et forholdsvis stort vandindhold, dvs. 20-40 % vand. Men selv ved den bedste destillation af en ethanol/vandblanding kan koncentrationen af ethanol aldrig blive højere end 96 %.



Ethanol (sprit) bruges som opløsningsmiddel i farve og lak-industrien.

Opgave 12.2

Opskriv et afstemt reaktionsskema for forbrænding af CH₃CH₂OH.

Hvorfor kan en 30 % ethanolopløsning først antændes, efter at den er opvarmet?

Alkohol i hverdagen

Hvis man ikke ligefrem er kemiker, vil de fleste nok mene, at hovedparten af al den ethanol, der produceres i verden, drikkes i form af øl, vin og spiritus. Men drikkealkohol udgør kun en beskedent procentdel af det samlede forbrug. Det meste ethanol anvendes som opløsningsmiddel i f.eks. lakker og maling. I forsøg 12.1 opdagede du således, at dit hjemmelavede ethanol kunne opløse harpiks.

I fremtiden forventes stigende mængder ethanol at blive anvendt som brændstof, bl.a. som supplement til benzin. Yderligere vil ethanol i fremtiden være et realistisk alternativ som råstof i den kemiske industri, efterhånden som verdens oliereserver mindskes; jf. kapitel 17.

Læs mere om alkohol i bogen "Alkohol – også et kemikalie".