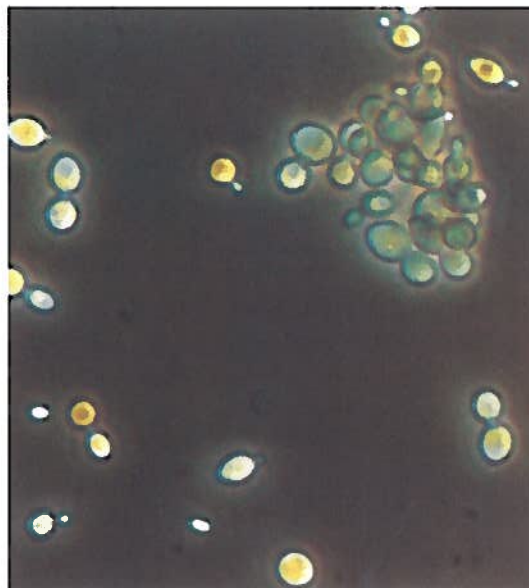


13. Melasse bliver til bagegær



Gær formerer sig ved knopskydning. Det kan ses i et mikroskop.



Bagegær består af gærsvampe. De er i virkeligheden en slags små næsten runde encellede planter, som kun er ca. $1/100$ mm i diameter. De formerer sig ved knopskydning. Set i et mikroskop, viser det sig ved, at der først kommer en lille "knop" på cellen. "Knoppen" vokser, og når den er lige så stor som "moderen", så afsnøres den. Herefter er et nyt selvstændigt individ skabt.

Gærsvampene indeholder enzymer, som katalyserer omdannelsen af sukker til ethanol og kuldioxid. Det er derfor gær er så nyttig ved både alkoholfremstilling og ved bagning; jf. kapitel 12.

Råmaterialer i gærindustrien

På en gærfabrik har man brug for, at gærsvampene hele tiden formerer sig. Det sker i særlige tanke af rustfrit stål (gæringstanke). Gærsvampene formerer sig kun, hvis der er næringsvæske, samt gødningsstoffer og vitaminer i stålbeholderen. Næringsvæsken er oftest en sukkerop-

løsning. Efter vækst og "høst" af gær sælges den til private husstande og til bagerier.

Glukose, $C_6H_{12}O_6$ kan i princippet anvendes som næringsstof, men det er for dyrt. I stedet anvendes sukker, $C_{12}H_{22}O_{11}$ i form af melasse, der er meget billigere end både glukose og rent sukker. Melasse, der er en tyktflydende væske og et affaldsprodukt fra sukkerfremstillingen, indeholder ca. 45 % opløst sukker. Faktisk er det en fordel ved gærfremstilling at anvende melasse, fordi det foruden sukker indeholder en række andre stoffer, som er nødvendige for gærsvampenes vækst.

Gærsvampenes behov for gødningsstoffer, dækkes af især kvælstof-, fosfor- og svovlforbindelser. Det er de samme stoffer, som findes i blomstergødning og den kunstgødning, som landmanden bruger. Yderligere kræver gærvæksten små mængder af særlige mikronæringsstoffer. Det kan bl.a. være magnesiumforbindelser.

Gærens behov for vitaminer, især B-vitaminer, dækkes delvis via et naturligt indhold heraf i melasse. Men det er dog nødvendigt at tilsætte ekstra biotin, når gær skal formere sig optimalt. I rent sukker findes slet ingen vitaminer. Derfor er det vanskeligere at formere gær alene med rent sukker som næringskilde.

Betingelser for gærvækst

Som nævnt i forrige kapitel kan gærsvampe omsætte sukker under både aerobe (oxygenrige) forhold og under anaerobe (oxygenfattige) forhold. Under anaerobe betingelser omdanner gærsvampe sukker til ethanol (alkohol) og carbondioxid.

I praksis har det vist sig, at de mest ideelle vilkår for vækst og formering af gærsvampe er meget fortyndede sukkeropløsninger og oxygenrige forhold. Under disse forhold dannes næsten intet alkohol. Det udnyttes ved fremstilling af bagegær.

Industriel gærfremstilling starter med, at en 0,5 % sukkeropløsning (i form af melasse) blandes med lidt bagegær. Samtidig blæses der hele tiden oxygen i form af atmosfærisk luft gennem opløsningen. Temperaturen i blandingen holdes på 30-32°. Varmeudviklingen ved processen er i en stor gæringstank mere end rigelig til at holde denne temperatur, som er den ideelle for gærvækst. Faktisk er det nødvendigt hele tiden at afkøle gæringstanken med koldt vand, så temperaturen inden i tanken ikke bliver for høj. Under væksten og formeringen forbruges det opløste sukker. I takt med at sukkeret forbruges af gærsvampene, til sættes hele tiden lidt af en koncentreret sukkeropløsning (forrådsopløsning). Det sker med en sådan hastighed at sukkerkoncentrationen aldrig overstiger 0,5 %. Fordi mængden af gær fordobles ca. hver 4 time, dvs. der bliver flere og flere gærsvampe til at fordøje sukkeret, så kan doseringshastigheden af forrådsopløsningen hele tiden forøges, jf. forsøg 13.1. På en gærfabrik fås af 1 g sukker ca. 0,5 g torgær. Det svarer til ca. 2 g fugtig bagegær.

I praksis har det vist sig, at der ikke er tilstrækkelig med gødningsstoffer i melasse til at gær kan formere sig optimalt. Derfor tilsætter man på en gærfabrik altid ekstra næringsstoffer, nemlig ammoniak (kvælstofkilde), ammoniummonohydrogenfosfat (kvælstof/fosforkilde), svovlsyre (svovlkilde) samt magnesiumsulfat (magnesium/svovlkilde).

de). Samtidig sørger man for, at pH ligger mellem 4,0 og 5,5. Tilsætning af næringsstoffer (sukker) og gødningsstoffer under gærfremstillingen foregår på en gærfabrik automatisk og styres af en computer.

Bioteknologi

Gærfremstilling er, ligesom både alkoholfremstilling ved gæring (forsøg 12.1) og eddikefremstilling ved iltning af alkohol (se i bogen "Alkohol – også et kemikalie), eksempler på bioteknologiske processer. Ved disse udnyttes biologiske processer i levende organismer (f.eks. svampe og bakterier) til at producere nyttige organiske stoffer. Organismerne er ofte meget følsomme overfor ændringer af pH, temperatur og oxygenindhold. Forurening ("vildgær") kan også have indflydelse. Derfor er god hygiejne en nødvendighed ved alt bioteknologisk arbejde.

Det bliver mere og mere almindeligt at anvende bioteknologi i den kemiske industri, bl.a. på medicinalfabrikker. Det sker eksempelvis, når virksomheden Novo-Nordisk fremstiller enzymer, som bruges ved øl- og alkoholfremstilling, og i vaskemidler.

Forsøg 13.1

Fremstilling af bagegær

(kan med fordel udføres som fællesforsøg)

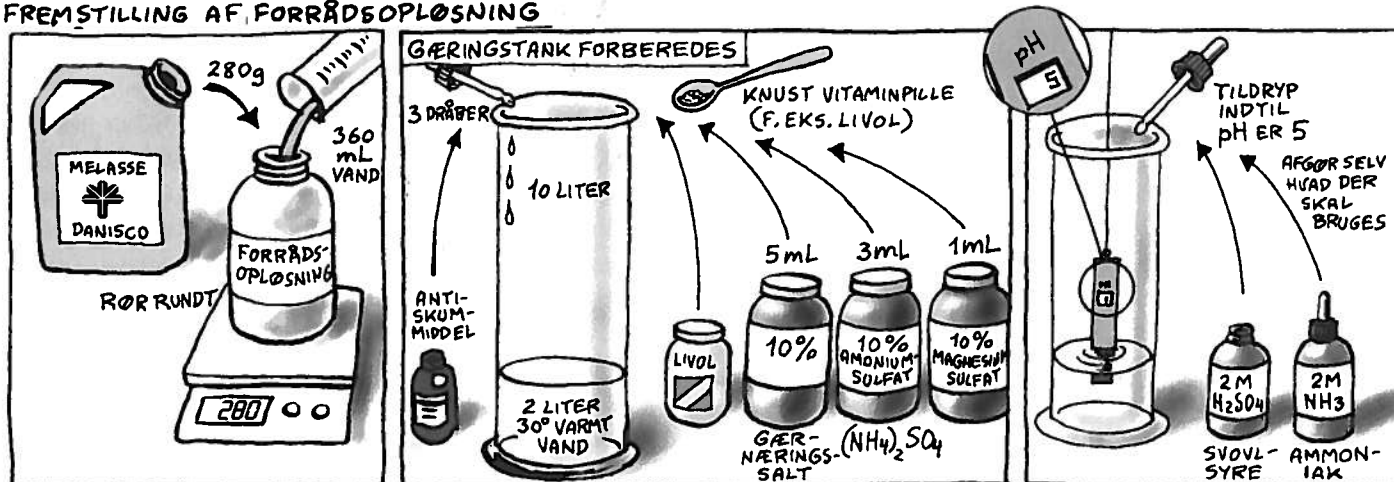
Materialer:

Melasse; bagegær (frisk); 10 % gærnærings salt (ammoniummonohydrogenfosfat), $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; 10 % ammoniumsulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 10 % magnesiumsulfat, MgSO_4 ; vitaminpille indeholdende biotin, f.eks. LIVOL; 2 M svovlsyre, H_2SO_4 (dråbeflaske); 2 M ammoniak, NH_3 (dråbeflaske); indikatorpapir (evt. pH-meter); antiskummiddel; høj smal beholder til gærvækst, ca. 10 liter, diameter ca. 20 cm; glas til melasseopløsning; akvariepumpe med fritte (luftsten); termometer; magnetomrører; kaffetragt med filter; akvarievandvarmer; peristaltisk pumpe/adaptor; tænd/sluk ur (mekanisk indstilling); evt. mikroskop (600-1000 gange forstørrelse).

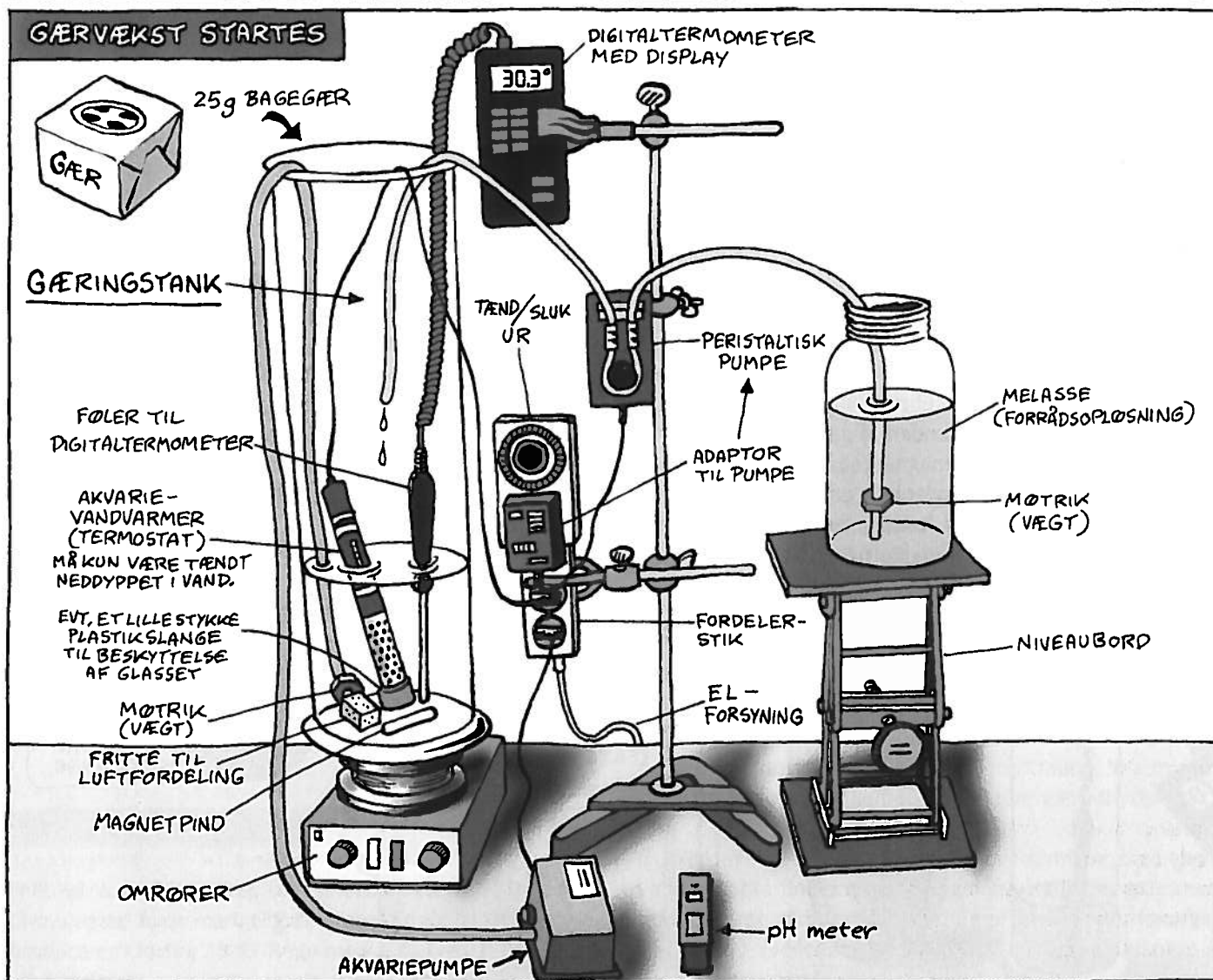
Bemærkninger:

Formering af bagegær i større målestok er særlig følsom over for selv små ændringer af vækstbetingelserne. Ved fremstilling af gær er det derfor særlig vigtigt omhyggeligt at følge instruktionerne i produktionsbeskrivelsen. Den viste opstilling anvendes.

FREMSTILLING AF FORRÅDSOPLØSNING



GÆRVÆKST STARTES



Forrådsopløsning fremstilles:

- Fremstil en forrådsopløsning af melasse (sukker); den kaldes F: Opløs 280 g melasse i 360 mL vand. Sukkerkoncentrationen i F er ca. 0,25 g/mL. Hæld derefter F over i en forrådsbeholder (glas eller plastik).

Gæringstank forberedes:

- Fyld 2 liter 30° varmt vand og 5 mL 10 % gærnærings-salt i en 10 liter høj smal beholder (gæringstank).
- Tilsæt yderligere 3 mL 10 % $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ og 1 mL 10 % MgSO_4 .
- Tilsæt så meget af en knust vitaminpille, at det svarer til mindst 0,1 g biotin (100 mg); vitaminpillen indeholder også andre stoffer, men de skader ikke.
- Tilsæt 3 dråber antiskummiddel.
- Juster om nødvendigt pH i opløsningen til 4,5-5 ved dråbevis tilsætning af enten H_2SO_4 eller NH_3 (pH=4,5 er bedst). Kontroller omhyggeligt pH med indikatorpapir eller et pH-meter.
- Placer en akvarievandvarmer i opløsningen. Temperaturregulatoren indstilles, så temperaturen under forsøget konstant holdes på 30-32° (kontrolleres ved aflæsning af det neddyppede termometer).
- Bobl via en fritte (porøst materiale) konstant store mængder atmosfærisk luft igennem væsken i beholderen, indtil gærfremstillingen næste dag er helt afsluttet; anvend en akvariepumpe, som om muligt kan levere op til 10 liter luft pr. minut. Et metallod tøjres til fritten, så den hele tiden er ved bunden af gærtanken.
- Placer en omrørerpind (magnet) i opløsningen og omrør konstant opløsningen under hele gærvæksten ved hjælp af en magnetomrører (så fordeles den tilsatte luft bedre).

Gærvækst startes:

- Hæld 25 g frisk bagegær i beholderen. Følg gærvæksten via iagttagelse i et mikroskop (se nedenfor).
- Tilsæt derefter F efter følgende tidsplan*: Der tilsættes 30 mL til tiden 0 (start) og derefter doseres 30 mL på følgende tidspunkter (timer): 4,0; 6,5; 8,0; 9,5; 11,0 og derefter tidligst hver time indtil forrådsbeholderen er tom.

Der må på intet tidspunkt ved tilsætning af F doseres mere end 30 mL. Herved er F opbrugt efter ca. 24 timer. Du kan evt. placere en papirhætte løst hvilende oven på gæringsbeholderen. Hætten vil opfange det skum, som dannes under gærvæksten. Du kan evt. supplere med 4-5 dråber ekstra antiskummiddel.

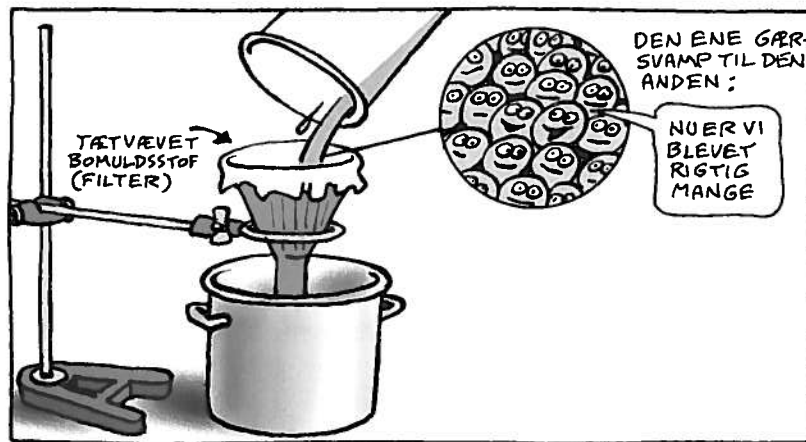
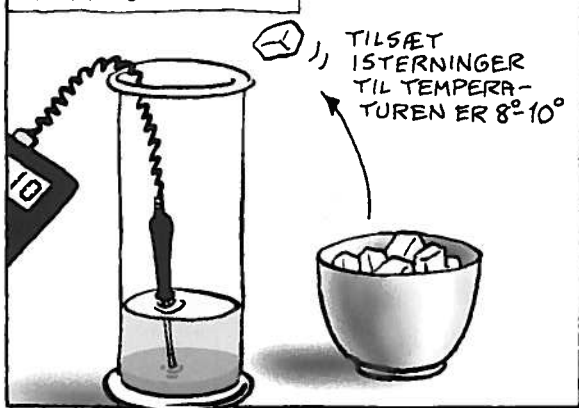
Under gærvæksten må pH ikke overstige 5,5. Regulér evt. ved dråbevis tilsætning af H_2SO_4 .

"Høst" af bagegær:

- Afbryd luftgennemboblingen 3-4 timer efter at det sidste af F er tilsat.
- Tilsæt så mange isklumper at temperaturen i gæringsbeholderen falder til 8-10°.
- Lad det dannede bagegær bundfælde sig. Væsken over bundfaldet dekanteres fra. Bundfaldet indeholdende gær filtreres derefter gennem meget tæt vævet bomuldsstof (filtrerpapir og kaffefiltre kan være for tætte). Med fordel kan i stedet anvendes en Büchnertragt, sugokolbe og vakuumpumpe. Som filtermateriale i Büchnertragten anvendes tæt vævet bomuldsstof klippet til (cirkulært), så det passer til tragtens bundflade.
- Noter dit udbytte af fugtig bagegær i forhold til din startmængde.

HØST AF BAGEGÆR

CA. 1 DØGN SENERE



*Doseringen af forrådsopløsningen foretages lettest med en peristaltisk pumpe ved på de angivne tidspunkter at pumpe forrådsopløsning over i gæringstanken. Pumpen styres af et ur.

Forinden skal pumpehastigheden angivet i mL/minut bestemmes. Derefter kobles et tænd/sluk ur ind mellem stikkontakt og pumpe. Uret indstilles til at tænde på de angivne tidspunkter. Hvis pumpehastigheden f.eks. er 2 mL/minut indstilles uret hver gang til at levere strøm i 15 minutter, svarende til 30 mL (et billigt tænd/sluk ur kan netop holdes åben på forskellige tidspunkter i perioder på 15, 30, 45, ... minutter).

Er du computer- og programmeringskyndig, kan du eventuelt selv udarbejde et styringsprogram, som via en computer kan styre tilsætningen af forrådsopløsningen.

Gærformering set i mikroskop

Du kan under formeringen af gæren udtage en dråbe af den dannede gæropslemning og i et mikroskop følge væksten af gærsvampe (knopskydning); mikroskopet skal kunne forstørre 600-1000 gange.

Risikoen for vildgæring under gærformeringen kan mindskes ved at koge forrådsopløsningen, før den skal bruges. Ligeledes kan den luft, som anvendes under gærformeringen, filtreres gennem et såkaldt sterilt filter, som fjerner eventuelle uønskede bakterier. Lavt pH hæmmer bakterievækst.

Du kan anvende den fremstillede gær til alkoholgæring i forsøg 12.1. Din gær kan også anvendes ved bagning af brød.

Forsøg 13.1 viser, at under kontrollerede oxygenrige forhold med konstant lav sukkerkoncentration kan man opnå, at gærsvampe formerer sig. Under disse vækstforhold undgås i væsentlig grad, at gæren omdanner sukker til alkohol. I et mikroskop kan man se, at formeringen sker via knopskydning.

Opgave 13.1

Hvis 50 % af det sukker, som findes i melasse, omdannes til bagegær, hvor mange gram tør gær vil der da kunne produceres i forsøg 13.1? Regn med at der er 45 % sukker i ren melasse.



Hvor mange gram "våd" gær produceres, hvis der er 75 % vand i den "våde" gær?

Opgave 13.2

Anvend oplysningerne i opgave 13.1.

Hvis du starter med 60 kg tørgær, og gærmængden fordobles hver fjerde time, hvor mange kg tør gær har du så efter 24 timer?

Hvor mange kg våd gær svarer det til?

Hvor mange kg sukker kræves for at producere denne gærmængde?

Hvor mange kg melasse skal der bruges?

I forsøg 13.1 anvendes 280 g melasse og en gæringstank med et volumen på 10 liter. Hvor stort et volumen angivet i m^3 skal gæringstanken ved ovenstående gærproduktion have, hvis størrelsesforholdene er de samme som i forsøg 13.1?

Åben opgave

Prøv om du ved at ændre på reaktionsbetingelserne (temperatur, pH, lufttilledning, sukkerkoncentration, tilsætningsstoffer) i forsøg 13.1 kan opnå et bedre gærudbytte.

Du kan eventuelt undersøge, om der samtidig med gærvæksten også finder en alkoholgæring sted. Det gøres ved at bestemme alkoholprocenten i gærvæsken, når forsøget er afsluttet (vejledning hertil findes i bogen "Alkohol – også et kemikalie").