

Kan gær bruges til andet end brød?

□ Introduktion+

I denne aktivitet er I bioteknologiske ingeniører. Jeres mission er at teste, hvordan forskellige miljøfaktorer påvirker gærcellernes respiration, så I kan finde den absolut mest effektive formel til industriel produktion!



Når store bioteknologiske virksomheder skal producere alt fra insulin til bæredygtigt flybrændstof og enzymer til vaskepulver, bruger de ikke store, osende kemikaliefabrikker. De bruger levende celler – som f.eks. gær – som bittesmå biologiske fabrikker. Gærceller er levende organismer, og deres respiration (gæring) styres af proteiner, der kaldes **enzymer**. Men ligesom mennesker arbejder enzymer og gærceller kun optimalt under helt bestemte forhold. Hvis det er for koldt, falder produktionen i søvn. Hvis det er for varmt eller syrligt, ødelægges (denaturerer) enzymerne, og cellerne dør.

□ Sikkerhed+

Opmærksomhed

Vi arbejder med varmt vand til at opvarme gæren. Pas på ikke at skolde jer. Der kan opstå et let overtryk i de lukkede reagensglas/flasker under gæringen.

Forholdsregler

Når der arbejdes med varmt vand, brandbare dampe (ethanol) og åben ild/varmekilder, skal alle bære beskyttelsesbriller, og der skal være

brandslukningsudstyr klar i lokalet. Fyld aldrig beholderne helt til kanten, så der er plads til gasudvikling!

Førstehjælp

Ved skoldning eller varmt vand på huden skal området straks skylles med lunkent vand i 10-15 minutter.

Oprydning

Gærblandingerne må hældes direkte i vasken. Skyl glassene grundigt med børste og varmt vand, så de er helt rene til næste hold.

☐☐ Materialer+

A) Gæring+

- Tørgær/frisk gær
- Sukker (glukose)
- Vand med forskellig pH (fx eddike, natron og postevand)
- Koldt vand/isterninger
- Elkedel
- Reagensglas/små flasker
- Balloner (til opsamling af gas) eller målesprøjter
- Målebånd (til at måle ballonens omkreds)
- Termometre (digital anbefales)
- pH-strips
- Målebæger
- Evt. mikroskoper (med objektglas, dækglas og methylenblåt)

B) Destillering+

- Rundbunde kolber
- Destillationsbro/svalerør (brug evt. flaske med vand)
- Slinger til koldt vand
- Elvarmekappe (eller trefod med spritbrænder/gasbrænder).
- Termometer (digitalt anbefales)
- Filtre (fx kaffefilter)

- Petriskåle
- Tændstikker/lightere (til brændbarhedstest)
- Evt. alkoholmeter

□ Vejledning+

A) Gæring+

OBS: For at lave et fuldt kontrolleret forsøg skal I arbejde med **variabelkontrol**. Det betyder, at I kun må ændre på én ting (den **uafhængige variabel**) ad gangen, mens alt andet holdes fuldstændigt konstant.

Klassen deles op i tre ekspertgrupper, der hver undersøger én uafhængig variabel:

1. **Ekspertgruppe A (Temperatur):** Undersøger respirationen ved f.eks. 10C (isvand), 25C (stuetemperatur), 40C og 70C (meget varmt). *Konstant:* pH (neutral) og sukkerkoncentration (5%).
2. **Ekspertgruppe B (pH-værdi):** Undersøger respirationen ved f.eks. pH 3 (sur, eddike), pH 7 (neutral, vand) og pH 10 (basisk, natronvand). *Konstant:* Temperatur (35C) og sukkerkoncentration (5%).
3. **Ekspertgruppe C (Glukosekoncentration):** Undersøger respirationen med f.eks. 0% sukker (kontrol), 2% sukker, 5% sukker og 15% sukker. *Konstant:* Temperatur (35C) og pH (neutral).

Fremgangsmåde:

1. Opløs 5g gær i 100 mL vand, der er justeret til netop jeres gruppes krav (f.eks. den rigtige temperatur, pH eller sukkerkoncentration). Man kan også lave én stor fælles blanding, som alle grupper tager fra og ændre variable.
2. Hæld gærblandingen over i et reagensglas eller en lille plastflaske.
3. Træk hurtigt en ballon over flaskehalsen, og fastgør den evt. med en elastik, så gassen ikke slipper ud.
4. Start stopuret. Mål ballonens omkreds med et målebånd hvert 2. minut i 15 minutter for at måle gasudviklingen (CO₂).
5. (Valgfrit mikroskop-trin): Tag en enkelt dråbe af gærvæsken, læg den på

et objektglas med en dråbe methylenblå, og læg dækglas på. Kig på cellerne under stor forstørrelse. De celler, der er farvet helt blå, er døde (da de ikke kan pumpe farvestoffet ud), mens de klare/hvide celler er levende og aktive!

B) Destillering+

I det første forsøg kiggede vi på gassiden (CO_2) af gærcellernes respiration. Men gæringen (den anaerobe respiration uden ilt) har også et flydende biprodukt: **ethanol** (alkohol).

Glukose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) $\rightarrow$ 2 x Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) + 2 x Kuldioxid (CO_2)

For at bevise, at der rent faktisk er lavet alkohol, og for at isolere det, skal I igennem to klassiske proces-trin, som efterligner industrien:

1. Gæringen (Anaerobe forhold)

Gærceller producerer kun alkohol, når de **mangler ilt** (anaerobe forhold).

1. Bland en større portion gærvæske i en stor kolbe (f.eks. 15g gær, 15g sukker og 250 mL lunt vand).
2. Sæt en gærlås (en prop med slange til et glas med fx CO_2 -indikator, eller en tæt ballon) på kolben, så CO_2 kan slippe ud, men der ikke kan komme ny ilt ind.
3. Lad kolben stå lunt i mindst **2-3 dage** (eller til næste lektion). Gæren vil nu have omdannet sukkeret til en svag "gær-øl" med en alkoholprocent på ca. 5-10%.

2. Destillation – Isolér alkoholen

Da alkohol koger ved en lavere temperatur end vand, kan vi adskille de to væsker ved at koge blandingen.

1. Filtrér gærblandingen igennem et kaffefilter, så I fjerner de fleste gærceller. Hæld den klarede væske over i destillationskolben.
2. Tilsæt et par pimpsten (så væsken ikke koger eksplosivt).
3. Tænd for opvarmningen og hold skarpt øje med termometret. **Vigtigt:** Alkohols (ethanols) kogepunkt er 78°C , mens vands er 100°C .
4. Opsaml de dråber, der kondenserer og drypper ud af svalerøret, så længe temperaturen ligger stabilt omkring $78-83^\circ\text{C}$. Når temperaturen begynder at stige tæt mod 100°C , skal I stoppe opvarmningen, da det nu kun er rent

vand, der fordamper.

3. Eftervisning: Har vi lavet biobrændstof?

I har nu opsamlet et klart destillat. Men er det alkohol? Det kan I teste på tre måder:

- **Brandtesten:** Hæld et par dråber af jeres destillat op i en urteskål eller petriskål. Sæt forsigtigt en tændstik til. Hvis væsken brænder med en svag, næsten usynlig blå flamme, har I succesfuldt produceret brændbar alkohol!
- **Lugttesten:** Tag en dyb indånding over kolben – dufter det af husholdningssprit eller hospital?
- **Måleudstyr:** Brug et alkoholmeter, som sættes i destillatet, og viser alkoholprocenten.

□ Opsamling+

Databehandling+

For at kunne sammenligne jeres resultater på tværs af klassen, skal I behandle jeres rådata i regneark:

[+ Hent regneark](#)

- Indtast jeres målinger i det hentede måleskema.
- **Beregn gennemsnittet:** Da I har kørt flere forsøg (replikationer) i gruppen, skal I bruge formlen =AVERAGE() (eller =MIDDEL()) til at beregne gennemsnittet for jeres målinger over tid.
- **Lav et diagram:** Markér jeres gennemsnitsdata, og indsæt et **punktplo**t med **jævne kurver (X-Y-graf)**. Tiden skal være på x-aksen, og ballonens omkreds (eller gasvolumen) skal være på y-aksen.
- Sammenlign kurverne: Hvilken temperatur/pH/sukkerkoncentration fik kurven til at stige hurtigst? Hvornår fladede den ud?

Spørgsmål+

- **Gasart:** Hvilken gas blev der dannet og hvorfor?
- **Optimum vs. Denaturering:** Hvorfor gik gæringen helt i stå ved 70°C?
- **Bioteknologi i industrien:** Hvordan bruger virksomheder som f.eks. Novonesis eller Novo Nordisk denne viden?
- **Mikroskoperingens funktion:** Hvis I kiggede i mikroskopet: Hvor stor en procentdel af cellerne var reelt levende (klare) under de forskellige ekstreme forhold? Kan vi bruge farvning til at kvalitetssikre en biologisk produktion?
- **Fra sort til grøn energi:** Hvordan kan vi erstatte fossile brændstoffer med bioethanol lavet på restprodukter fra landbruget (f.eks. halm)?
- **Arealudnyttelse og fødevarerangel:** Er det et etisk problem at bruge landbrugsjord på at dyrke afgrøder (f.eks. majs), som vi laver om til biobrændstof (1. generations bioethanol), i stedet for mad? Hvordan løser nyere bioteknologi dette (2. generations bioethanol)?

□ Lærervejledning+

- **Didaktiske overvejelser:** Gæringsforsøget er en klassiker i naturfagsundervisningen, men ved at rammesætte det som en "industriel optimeringsudfordring" flyttes fokus fra tør biokemisk teori til virkelighedsnær anvendelse og teknologiforståelse.
- **Variabelkontrol:** Aktiviteten er genial til at træne den naturvidenskabelige metode. Eleverne opdager hurtigt, at hvis de ændrer på både temperatur og pH samtidig, kan de ikke konkludere, hvad der reelt påvirkede gærcellerne.
- **Matematisk kobling:** Eleverne skal gå fra rå observationer (ballonens fysiske størrelse) til kvantitativ databehandling i grafer, hvilket styrker deres evne til at afkode tendenser og matematiske kurver (optimale vækstkurver).
- **Faglig forklaring:** Enzymer er proteiner, der mister deres 3D-struktur/folder sig ud ved høj varme. Det kaldes denaturering, og processen er irreversibel – ligesom når et æg spejles. I industrien benyttes gigantiske ståltanke kaldet bioreaktorer, hvor computere

konstant måler og justerer temperatur, pH og næring med millisekunders præcision for at holde mikroorganismene i topform.

- **Tværfaglig perspektivering (Bioethanol):** Lad klassen diskutere, hvorfor denne proces er fuldstændig identisk med den måde, man producerer 1. generations biobrændsel på i stor skala (f.eks. til iblanding i benzin). I kan perspektivere til, hvorfor det er CO₂-neutralt (fordi den CO₂, der frigives under gæringen og afbrændingen, oprindeligt blev optaget af de planter, der lavede sukkeret via fotosyntese).

□ Kreditering+

- Link til kilder