

## 1 d

# Forsøg med syrning af mælk

**Formål**

Forsøgets formål er at følge syrningen af mælk til yoghurt.

**Baggrund**

Flere bakterietyper som lever på menneskekroppen, er i stand til at udnytte mælkerester omkring mælkekirtlerne på pattedyr. De får deres næring fra mælken og får energi ved at forgære mælkesukker (lactose) til mælkesyre (lactat):



Processen svarer til gæringsprocessen i Bioteknologi 2, figur 44, side 38.

Lactose er et disaccharid ( $\text{C}_6\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ). Derfor spalter bakterierne det til monosaccharider før de optager det.

Der findes en lang række bakteriestammer som laver lactatgæring. De inddeles af praktiske grunde i homofermentative og heterofermentative stammer. Homofermentative stammer laver en ren lactatgæring, mens heterofermentative også producerer andre organiske syrer, som giver mælken en dårlig smag.

Under bakteriernes vækst udskiller de desuden forskellige andre sekundære metabolitter eller affaldsstoffer. Affaldsstofferne er forskellige fra bakteriestamme til bakteriestamme. De giver surmælksprodukterne deres specielle aroma af yoghurt, smør osv., se også Bioteknologi 2 side 11, 12 og 46.

Bakterietyperne vil variere fra egn til egn. Herhjemme har *Streptococcus lactis* som vi kender fra tykmælk været mest almindelige. Stiller man nymalket mælk ved stuetemperatur, vil bakterierne opformeres i mælken og mælkesyren vil få pH til at falde. Mælken syrnes, og resultatet er tykmælk. Ved stuetemperatur kan mælkesyrebakterierne udkonkurrere colibakterier og andre bakterier fra vores tarmsystem. Pga. den lave pH vil de færreste bakterier kunne vokse i mælken, og den får en længere holdbarhed.

På mejeriet pasteuriserer man først mælken, og derefter tilsætter man bakterierne.

I dette forsøg skal I fremstille surmælksprodukter vha. mælkesyrebakterier. Bakterierne tilsættes som en smule yoghurt eller tykmælk, og I kan følge deres vækst ved at måle på mælkens pH som falder, når der produceres mælkesyre.

Det hurtigste vil være at fremstille yoghurt vha. yoghurtbakterierne *Lactobacillus bulgaricus* og *Lactobacillus thermophilus*. Deres optimale temperatur er omkring 42 °C. Andre muligheder er bakterier fra kærnemælk eller tykmælk, som har et lidt lavere temperaturoptimum og en tilsvarende lavere vækstrate.

I denne metode bestemmes pH med dataopsamlingsudstyr og pH-meter. Det kan være en god idé at afprøve pH-meteret og dataopsamlingsudstyret inden forsøget startes.

Bakteriernes vækst i mælken kan beskrives med bakterievækstkurven (Bioteknologi 2, figur 6, side 11).

Giv en kort skriftlig redegørelse for den teoretiske baggrund. Hvordan forventer du at væksten forløber i en kultur af mikroorganismer, og hvilken indflydelse vil forskellig temperatur og ændringen i pH-værdi have på væksten? Hvilke forventninger har du til forsøgets resultater? Brug Bioteknologi 2, side 11-16. Udvalg de diagrammer fra bogen som du mener man kan sammenligne resultaterne med, og forklar hvad de viser.

Det er altid en god idé at lave en ekstra kolbe yoghurt som står tildækket gennem forsøget. Den bruges til en afsluttende lugt- og smagstest!

### Materialer

- Rengjorte(!) erlenmeyerkolber
- Pasteuriseret eller UHT-behandlet mælk
- Yoghurt eller andet surmælksprodukt
- Dataopsamlingsudstyr med pH-meter og termometer
- Varmeplade med magnetomrører eller rystevandbad. Et rystevandbad giver den mest stabile temperatur

### Fremgangsmåde

1. Klargør og kontrollér pH-meter, termometer og dataopsamlingsudstyr. Kalibrér pH-meteret.
2. Hæld ca. 200 mL mælk op i hver af kolberne.
3. Tilsæt 10 mL yoghurt eller surmælksprodukt til hver af kolberne. Bland ved at ryste kolben let.
4. Anbring kolben i vandbad eller på varmeplade, se figur 1.
5. Anbring pH-meter og termometer i kolben. Kontrollér at der er omrøring, men at magneten ikke rammer elektroderne.
6. Notér starttidspunktet.
7. Lad dataopsamlingen fortsætte til næste dag.
8. Rengør kolberne ved forsøgets afslutning.



Figur 1. Forsøgsopstilling.

Kolben som skal bruges til smagsprøven, sættes efter 2-3 timer i køleskab til næste dag. Syrningen giver en fast yoghurt. Den kan evt. røres før smagning.

### Resultatbearbejdning

1. Afsæt resultaterne i et koordinatsystem med minutter fra forsøgsstart som x-akse og pH som y-akse. Det kan enten gøres direkte i databehandlingsprogrammet eller ved at udvælge målepunkter med et fast interval. Det kan være nødvendigt at udjævne måledata i programmet.
2. pH-kurven angiver ikke mælkesyrekoncentrationen, men  $-\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ . Det kan derfor være lettere at forholde sig til kurvens forløb ved først at regne tilbage til syrekoncentrationen. Det kan gøres for alle data i databehandlingsprogrammet, eller ved at udvælge punkter med passende intervaller.

3. Beskriv hvad der sker i kolben under syrningen. Kan du identificere de enkelte faser på bakterievækstkurven?
4. Kan du identificere en eksponentiel vækstfase? Beregn fordoblingstiden for syreproduktionen, se Bioteknologi 2, side 12.  
Hvorfor er denne fordoblingstid ikke den samme som bakteriekulturens fordoblingstid?
5. Sammenlign med din teori: Hvilke faktorer har indflydelse på bakterievæksten i mælken? Hvordan kan yoghurtfremstillingen gå galt?
6. Lugt og smag yoghurten. Er resultatet tilfredsstillende?

Udvælg evt. sammen med din lærer, hvilke af spørgsmålene i databehandlingen du vil fokusere på, det vil afhænge af dit forsøg.

#### **Noter**

Mælkens syrning kan også følges ved at udtage en prøve hvert kvarter og titrere med NaOH. Som pH-indikator benyttes phenolphthalein.

I mælken forekommer flere puffer-systemer, fx fosfat og bicarbonat. Det vil påvirke pH-målingerne. Læs mere i Bioteknologi 2, side 15.

Forsøgsopstillingen kan bruges til at undersøge en række forskellige forhold omkring mælkesyrebakteriers vækst:

- Hvordan afhænger bakterievæksten af temperaturen?
- Hvilke forskelle vil der være på væksten af forskellige mælkesyrebakterier?