

Figur 198. Bakterievækstkurven kan inddeles i fire faser, nølefasen (a), den eksponentielle vækstfase (b), den stationære fase (c) og dødsfasen (d).

### Mikroorganismers vækst

Når vi rører ved maden, afsætter vi bakterier fra huden. Opbevarer vi maden lunt og fugtigt, vil der inden længe ske en kraftig bakterievækst, og maden bliver fordævet. Hvis man tilsætter gær til en dej, vil der ske en helt tilsvarende vækst, gærcellerne udvikler kuldioxid, og brødet hæver. Tilsætter man gær til en frugtsaft, så vil gærvæksten føre til at der laves vin. Når vi tilsætter mikroorganismer til noget, siger vi at vi poder med dem. Celler af en eller flere arter som er opformerede til et stort antal celler, kalder vi en **cellekultur**.

Hvor hurtigt mikroorganismene vokser og formere sig, vil være afhængig af mange forskellige forhold, såsom temperatur, pH og næringsstoffer. Når vi forstår hvordan væksten i en cellekultur sker, og hvordan den afhænger af de forskellige vækstfaktorer, så får vi mulighed for at styre væksten.

Mikroorganismers vækst følger et mønster som kan beskrives med vækstkurven i figur 198. Kurven kaldes ofte **bakterievækstkurven**, selvom den også beskriver væksten i andre cellekulturer.

Det gælder fx når man brygger vin i en stor dunk, en såkaldt vinballon, se figur 199.

### Vækst i vinballonen

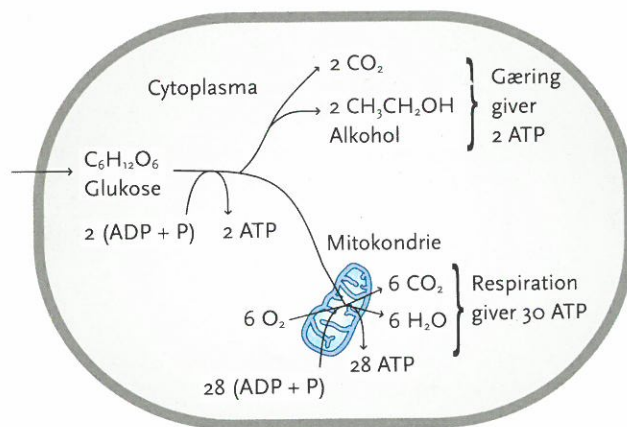
En vinballon tilsættes sukkerholdig frugtsaft, en pakke gær og gærnæringsssalt, som kan forsyne gærcellerne med nitrogen og fosfor. Herefter vil gærcellernes vækst forløbe efter et mønster som kan deles i fire faser, se figur 198.

#### Nølefasen

Før gæren kan begynde at formere sig, må de enkelte celler tilpasse sig de nye omgivelser. Det sker i den såkaldte nølefase. Gærcellerne vil begynde at danne de



Figur 199. Vinballon. Gærrøret i munden forhindrer at bakterier fra luften inficerer vinen.



Figur 200. Respiration og gæring.



Figur 201. Industrielle gæringstanke. Man ser kun toppen af tankene.

enzymmer, som de skal bruge for at spalte sukkeret i væsken til glukose, optage glukosen og udnytte den som energikilde. Gærcellerne bruger glukosen til respiration. Efter kort tid vil deres respiration opbruge ilt i ballonen. For stadig at få energi ud af glukosen, vil de nu i stedet spalte den til alkohol og kuldioxid uden brug af ilt, se figur 200. Denne spaltning kaldes en **gæring**, og giver mindre ATP-energi end respiration. Til gengæld kan gærcellerne altså benytte den når der ikke er ilt til stede. Gær danner som nævnt alkohol ved gæringen, mens andre celler danner andre affaldsstoffer. Mælkesyrebakterier og vore egne celler danner eksempelvis mælkesyre.

Noget af den glukose gærcellerne optager, bruges sammen med næringsstofferne fra gærnærings saltet til at danne organiske stoffer til cellernes vækst. Energien til at danne disse stoffer leveres af ATP fra gæringen, og cellerne vil vokse i størrelse.

#### Den eksponentielle vækstfase

Efterhånden som cellerne vokser, vil de begynde at dele sig. En celle deler sig i to. To celler deler sig til fire. Fire celler deler sig til otte. Denne deling sker med en konstant hastighed og får antallet af celler til at dele sig

eksplosivt. Dette mønster for vækst kaldes også for eksponentiel vækst, hvilket giver navn til den eksponentielle vækstfase. Hvor hurtig væksten kan blive, afhænger af hvilken mikroorganisme vi har med at gøre. Nogle bakterier er i stand til at fordoble deres antal på mindre end 20 minutter. Gær er langsommere.

Den eksponentielle vækstfase kan opleves som en voldsom boblen i vinballonen, når kuldioxid frigøres ved gæringen. Man kalder derfor også denne fase for stormgæringen.

#### Den stationære fase

Efterhånden som gæren bruger sukkeret, stilner gæringen af. Dermed deler cellerne sig også sjældnere. I den stationære fase vil der ikke komme flere nye celler til end det antal der dør. I de næste dage vil antallet af levende celler i ballonen derfor være konstant. Under gæringen vil der dannes alkohol, og alkoholprocenten vil derfor stige stille og roligt. Samtidig danner gæren små mængder af andre affaldsstoffer som kan være med til at bidrage til vinens aroma.

#### Dødsfasen

Alkohol er giftigt, også for gærceller. Når alkoholkon-

centrationen stiger, vil den efterhånden hæmme gær-cellerne og til sidst dræbe gæren. Det sker i dødsfasen. Nu mangler man blot at filtrere de døde gærceller fra og lagre vinen for at udvikle dens smag.

### Vækst i den industrielle produktion

Et helt tilsvarende vækstmønster foregår på et mejeri, når mælk podes med mælkesyrebakterier og gærer til tykmælk, eller i store industrielle gæringstanke, hvor gensplejsede bakterier fremstiller enzymer, se figur 201. Når brød stilles til hævnning, begynder en tilsvarende vækst også. Her afbrydes processen bare under den eksponentielle vækstfase, fordi gæren dræbes ved opvarmning i ovnen.

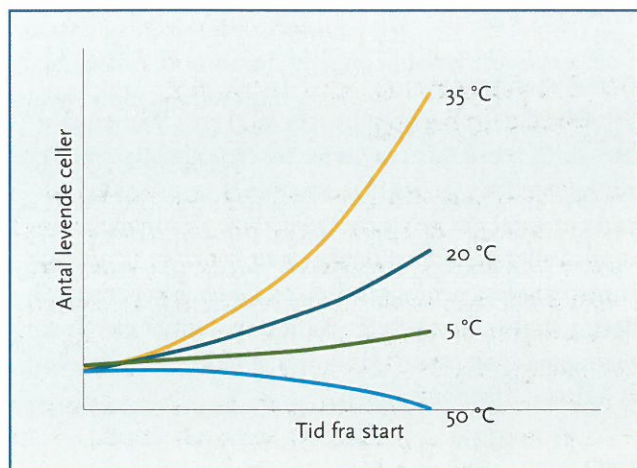


Figur 203. Pasteuriseringsapparat på mejeri.

146

### ► Vækstfaktorer

Vi har nu set på hvordan væksten i en cellekultur forløber. Hvor hurtigt væksten sker, afhænger af vækstfaktorer som fx mængden af næringsstoffer, temperatur og pH. Det skyldes at disse faktorer påvirker hastigheden af de biokemiske processer i cellen. Hastigheden af biokemiske processer som respiration, gæring, transport, bevægelse og dannelse af nye stoffer styres af cellens enzymer. Ved at regulere på faktorerne kan vi derfor styre cellernes vækst. Det kan både være interessant når vi prøver at fremme væksten i en produktion, eller når vi ønsker at begrænse væksten for at fødevarer ikke skal fordærves så hurtigt. Her skal vi se nærmere på temperatur og pH. 🧪



Figur 202. Temperaturens indflydelse på cellers væksthastighed.

### Temperatur

Cellers væksthastighed stiger med stigende temperatur. Det skyldes at næringsstoffer rent fysisk bevæger sig hurtigere når temperaturen stiger. De bliver derfor hurtigere at optage og omsætte. De øvrige processer i cellerne som aktiveres af enzymer foregår også hurtigere, se figur 202. Det betyder at vi kan hæmme bakteri-



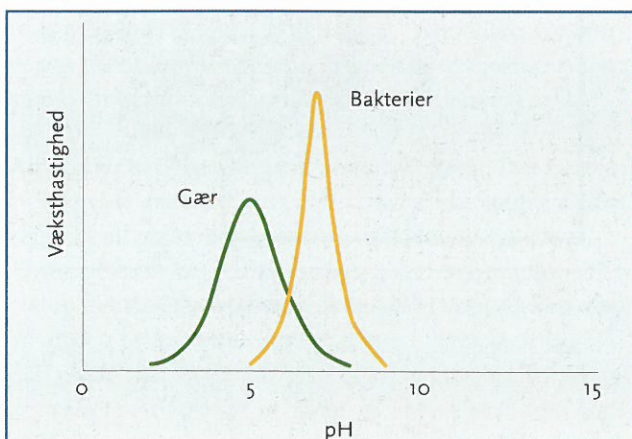
Figur 204. Autoklave.

ers vækst ved at anbringe maden i køleskabet. Når vi fryser maden, går bakterievæksten helt i stå, og cellerne vil gå i en dvaletilstand. En temperatur omkring 37 °C vil være den mest optimale for de fleste mikroorganismer i vore omgivelser. Fx foretrækker bakterierne i vores tarmsystem denne temperatur. Mange bakterier i naturen vokser langsommere end tarmbakterierne ved 37 °C. De har færre enzymer, eller deres enzymer er mindre effektive ved denne temperatur. Til gengæld kan de udkonkurrere tarmbakterierne ved lavere temperaturer, fordi deres enzymer er mere effektive her. Det gør dem mere konkurrencedygtige i jord, søer og åer. Ved temperaturer mellem 40 °C og 60 °C vil enzymer og andre store molekyler i cellerne blive ødelagt, og cellerne vil dø. Enkelte bakterier kan tåle meget høje temperaturer. Deres naturlige levesteder er fx i varme kilder. De indeholder meget varmostabile enzymer.

Ved at koge eller gennemstege maden kan vi dræbe de fleste bakterier. Varmebehandling benyttes i mange sammenhænge. På mejeriet opvarmes mælken kort før den viderebearbejdes. Dette kaldes en **pasteurisering**, se figur 203. Hvis drabet skal være helt effektivt, steriliserer man fødevarer og medicinsk udstyr ved ca. 120 °C i en trykkoger, en såkaldt autoklave, se figur 204. En tilsvarende behandling giver bl.a. dåsemad en lang holdbarhed.

## pH

En anden betydningsfuld faktor for cellers vækst er surhedsgraden eller pH. De fleste celler vokser bedst ved neutral pH. Hvis man tilsætter syre eller base til den væske de lever i, vil det ændre strukturen af deres proteiner. Det betyder at deres enzymer bliver inaktive, de-



Figur 205. pH's indflydelse på væksthastigheden.



Figur 206. I dag bruges der enzymer fra gensplejsede mikroorganismer i stort set alle vaskemidler.

res livsprocesser hæmmes og cellevægge og cellemembraner kan nedbrydes. Vi benytter dette til at bekæmpe bakterier, når vi sylter i eddike eller gør rent med basiske rengøringsmidler. Svampe, og dermed også gær, foretrækker svagt sure opløsninger. Her kan de konkurrere mere effektivt med bakterier, se figur 205.

Nogle bakterier lever i sure eller basiske omgivelser i naturen. De udskiller ofte fordøjelsesenzymer som fungerer ved høj eller lav pH. Disse enzymer kan være interessante at udvinde og anvende. Fx er pH i vaskemidler høj pga. sæben, og hvis enzymer skal virke her, så skal de altså kunne tåle høj pH. 🧪

## ► Enzymproduktion vha. gensplejsning

Når vi fordøjer protein, kulhydrat og fedt i fordøjelsessystemet benytter vi **enzymer**, se figur 40, side 25. Enzymer er proteiner som aktiverer cellernes og kroppens biokemiske reaktioner og øger deres reaktionshastighed. Enzymer er meget effektive. Hvert enzym kan således meget hurtigt aktivere den samme reaktion mange tusinde gange før det går til grunde. Det afhænger af temperatur, pH og koncentrationen af det stof de skal virke på, hvor hurtigt det går.

I fordøjelsessystemet spaltes protein med proteaser,