

7

# Fermenteringstyper og vineddikeproduktion

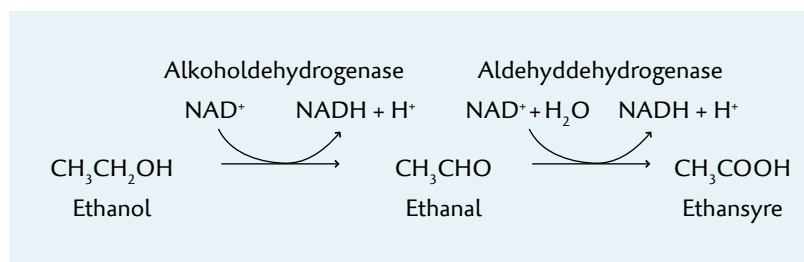
Vineddike (søg på: vinaigre (fr), vinegar (en)) produceres ved at alkohol omdannes til ethansyre (eddikesyre) af bakterier af slægten *Acetobacter*.

Fremstillingen af vineddike kan foretages på flere forskellige måder, og de er gode eksempler på hvordan man rent teknisk tager hensyn til mikroorganismernes biologi.

Et af de forhold man skal tage hensyn til, er at processen er aerob, dvs. at den kræver oxygen. For at forstå hvorfor, må man forstå stofskifteprocesserne bag.

## Acetobacters stofskifte

Omdannelsen finder sted i to trin, først oxideres ethanol til ethanal, derefter oxideres ethanal til ethansyre (eddikesyre), se figur 1. Ethansyre vil, afhængigt af pH, optræde som ethanoat (acetat).



Figur 1. Omdannelse af ethanol til ethansyre.

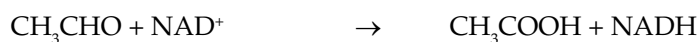
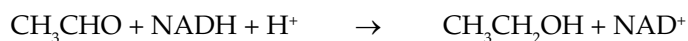
Processen kan sammenlignes med den omdannelse der foregår i vores lever, når vi skal afgifte alkohol. Den katalyseres af enzymerne alkohol-dehydrogenase og aldehyd-dehydrogenase. Bakterierne bruger altså den ethanol som gærcellerne har dannet i vinen som deres substrat, og omdanner det til acetat. NADH overføres til elektrontransportkæden, se Bioteknologi 2, side 41. En bakteriecelle indeholder ikke mitokondrier, men elektrontransportkædens enzymer er placeret i cellemembranen.

*Acetobacter* må ikke forveksles med de anaerobe acetogene (acetatproducerende) bakterier i fx biogasanlæg. Her er acetatproduktionen et resultat af en anaerob gæringsproces.

## Opgaver

Sammenlign med processerne i stofskiftet, Bioteknologi 2, side 32 ff:

1. Hvordan danner gærcellerne vinens ethanol-indhold?
2. Afstem de to delreaktioner. Sæt OT for  $\text{NAD}^+$  til +1. Begge delreaktioner vil føre til et pH-fald i cytoplasma:



3. Angiv hvilken enzymgruppe de to nævnte enzymer tilhører.
4. Forklar hvordan den dannede NADH anvendes i elektrontransportkæden.

5. Hvorfor kræver eddikesyreproduktionen dioxygen, når stoffet ikke indgår i processerne i figur 1?
6. Hvor meget ATP vil du forvente at bakterien kan danne ud fra et ethanolmolekyle?

## Vineddikeproduktion

*Acetobacter* kan producere eddikesyre i koncentrationer på mellem 5 og 18 vol.%. Ud over eddikesyre producerer svampen andre spildprodukter, fx citronsyre og 2,3-dihydroxy-4-oxobutansyre (tartaraldehydsyre). De er sammen med vinens smagsstoffer med til at give eddiken dens duft og smag.

Vineddike er fremstillet siden oldtiden, ikke mindst pga. eddikens anvendelse som konserveringsmiddel (syrekonservering).

Fermenteringen kræver ilt. I dag sker produktionen grundlæggende på tre forskellige måder:

- Orleans-fermentering (fra Frankrig i 1670'erne): Fermenteringen sker i liggende åbne fade med lufthuller foroven. I bunden af fadene gemmer man bakterier fra batch til batch. Vinen fyldes på fadene som henstår i omkring tre måneder. Bakterierne danner en geléagtig biofilm på overfladen, en 'Mère de Vinaigre' eller 'eddikemoder', se Bioteknologi 2, figur 14. Man kan evt. tilsætte lidt vin og aftappe en tilsvarende mængde eddike løbende. Gæringen kræver at alkoholprocenten i vinen er over 5 %.
- Rislefilter-fermentering: For at få en hurtigere iltning kan man pøde løvtræsspånere med *Acetobacter*, så der dannes en biofilm på overfladen. Spånere pakkes i en tank eller søjle, og vinen hældes igennem, evt. af flere omgange.
- Neddykket gæring (opfundet af tyskeren Schutzenbach, 1832): Her gennemlufter eller omrører man gæringstanken og hæver temperaturen til omkring 30 °C. Bakterierne danner ikke en gelé, men er i opløsning, og kommer på den måde hele tiden i berøring med ny næring.

De to sidste metoder er de hurtigste, men de har den ulempe at en del af vinens flygtige duftstoffer forsvinder.

Neddykket gæring er den hurtigste metode, men har den ulempe at bakterierne findes i eddiken efter processen og derfor skal renses fra.

Vineddikens smag og duft afhænger altså af fermenteringstype og af hvilken alkoholtype man starter med. Nogle typer af vineddike lagres i flere år i fade hvor der sker en yderligere smagsudvikling (fx balsamico). Pga. fordampning gennem fadenes væg kan eddiken desuden blive tykkere og mere sirupsagtig.

## Opgaver

1. Forklar hvorfor *Acetobacter* vokser på overfladen af vineddiken hvis der ikke er omrøring eller gennembobling. Hvilke fordele får bakterien af at danne en biofilm?
2. Forklar hvorfor man kan øge hastigheden af fermenteringsprocessen med luftgennembobling.
3. *Acetobacter* er aktiv ved pH-værdier under 5. Hvad kalder man bakterier som kan klare så lave pH-værdier?

Hvis I har haft syre-basekemi kan du desuden besvare følgende spørgsmål:

4. Hvad er ethansyres pKs?
5. Hvordan ændrer ligevægten mellem ethansyre og ethanoat sig gennem en fermenteringsproces som den omtalte?
6. Beregn pH-værdien i henholdsvis en 5 vol.% og en 18 vol.% vineddike. Se bort fra de andre syrer som dannes.

**Kilder**

Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wiki/Vinegar> giver en god oversigt over hvad vineddike er, og hvordan det fremstilles.

På følgende link er en gennemgang af flere forskellige fermenteringsprocesser i levnedsmiddelindustriene, bl.a. produktion af vineddike:

<http://www.fao.org/docrep/x0560e/x0560e10.htm>.

Denis Martin, personlig kommunikation.

Brock, Thomas m.fl.: Biology of microorganisms, 5. udgave, Prentice-Hall International Editions, 1988.