

Eksperiment 4.4: Plastik fra mælk

Eksperiment om at lave plastik fra biomasse

Formål

I skal fremstille plastik fra biomasse ved at udskille og oprense proteiner fra mælk.

I skal bruge

20 ml eddike
200 ml mini- eller skummetmælk
Bægerglas (250 ml)
Bægerglas (500 ml) eller stor skål
Indikatorpapir
Måleglas (100 ml)
Røreske
Termometer
Varmeplade
Viskestykke



Oplæg

Plastik er en såkaldt polymer. 'Poly' betyder mange, og en polymer er et molekyle, der er sat sammen af mange mindre, ens dele (mer = del). Eksempelvis består plastikken polyethen (PE) af mange gentagelser af ethen-molekylet (C_2H_4), der danner en lang kæde med hundredtusindvis af carbonatomer. De lange polyethen-kæder filtrer sig sammen og gør derved materialet meget stærkt.

Næsten al plastik består af carbon og hydrogen. Derfor fremstilles plastik oftest af olie eller naturgas, der indeholder det nødvendige carbon og hydrogen. Men når vi en dag løber tør for fossile brændstoffer, får vi brug for en alternativ carbonkilde til at fremstille plastik. Biomasse indeholder masser af carbon, og for mere end 100 år siden blev der faktisk opfundet en metode til at fremstille plastik fra biomasse, nemlig ved hjælp af proteiner fra mælk. Metoden blev opfundet i Tyskland, fordi skolelærerne ville have hvide tavler at skrive på i stedet for sorte. Den hvide mælkeplastik endte dog i stedet med at blive populær til blandt andet knapper og smykker. Det mælkeprotein, man bruger i fremstillingen, hedder kasein. I dette eksperiment skal I lave plastik af kasein.

Sådan gør I

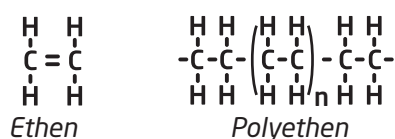
1. Stil et 500 ml bægerglas eller en stor skål frem, og læg et viskestykke over glasset.
2. Hæld 200 ml mælk i et 250 ml bægerglas.
3. Tænd varmepladen, og stil bægerglasset med mælken på pladen. Sæt termometret i mælken.
4. Opvarm mælken under oprøring. Mælken må ikke koge.
5. Sluk for varmen, når mælken er ca. 55 °C. Mål pH-værdien med indikatorpapir: _____
6. Tilsæt eddiken, og mål pH-værdien: _____
7. Rør godt rundt i et par minutter.
8. Hæld den klumpede mælk forsigtigt gennem viskestykket ned i bægerglasset/skålen.
9. Når klumperne er afkølet lidt, kan I presse dem sammen og forme jeres plastik, som I foretrækker.

Forklaring

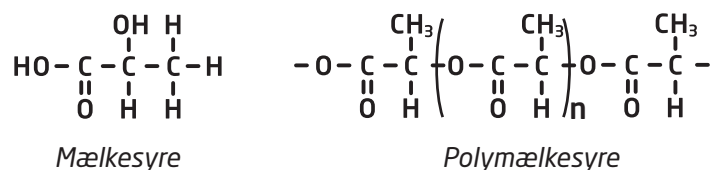
Kaseinmolekylerne i mælk samler sig i små kugler, der kaldes miceller. De består af mange tusinde molekyler. Ved normal pH-værdi er micellerne jævnt fordelt i mælken, fordi de er negativt ladede og derfor frastøder hinanden. Når man tilsætter en syre som eddike, neutraliseres de negative ladninger af positive hydrogenioner fra eddiken, og kasein-micellerne klumper sig sammen til et fast stof. Plastik lavet af kasein er altså ikke opbygget på helt samme måde som traditionel plastik. I modsætning til de lange carbonkæder i eksempelvis polyethylen, der filtrer sig sammen, binder de kugleformede miceller sig ikke lige så stærkt til hinanden. Derfor er denne type plastik ikke så holdbar.

Efterbehandling

1. Forklar, hvad der sker med carbonbindingerne i ethen-molekylet, når det bliver bundet i polyethen. (n betyder, at ethen-enheden gentages mange gange).

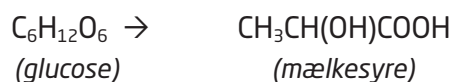


2. Den vigtigste ingrediens til at lave plastik fra biomasse i dag er mælkesyre. Plastikken hedder polylactic acid (PLA), som betyder polymælkesyre. Formlen for mælkesyre er $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$.



Hvilke atomer bliver tilovers, når et mælkesyre-molekyle bliver bundet i en polymælkesyre-kæde?

3. Mælkesyre kan fremstilles ved gæring af glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Det er dog en dyr proces, så forskerne forsøger at fremstille mælkesyre ved hjælp af katalysatorer i stedet. Afstem reaktionen for mælkesyregæring:



Tip: Princippet bag afstemning af en reaktion er, at antallet af et grundstofs atomer skal være det samme på begge sider af reaktionspilen. Det gøres ved at justere antallet af molekyler, altså sætte et tal foran molekylformlen. Selve formelen for et molekyle må ikke ændres!

4. Når mælk bliver gammel og sur, skyldes det, at bakterier omdanner mælkesukker til mælkesyre. Hvad sker der med pH-værdien, når koncentrationen af syre stiger?
-

5. Hvorfor tror du, at gammel mælk klumper?
-

Eksperiment 4.4: Plastik fra mælk

Eksperiment om at lave plastik fra biomasse

Baggrundstekst

Afsnittet 'Katalyse baner vejen for miljøvenlig plastik'



Beskrivelse

Eleverne fremstiller plastik fra biomasse ved at udskille og opsamle kaseinproteiner fra mælk.

Forklaringer

pH-værdiens indflydelse på kasein

Mælk består primært af kulhydrater, fedtstof og proteiner samt små mængder vitaminer, salte og enzymer. Komælk indeholder 3-4 % protein, hvoraf ca. 80 % er kaseiner. De enkelte kaseinmolekyler samler sig i små kugler, der kaldes miceller, og som består af mange tusinde molekyler. pH i mælk er normalt tæt på neutral, og i denne tilstand er micellerne negativt ladede og frastøder derfor hinanden. Hvis man sænker pH til 4,6 for eksempel ved at tilsætte husholdningseddike, neutraliseres micellernes negative ladninger af syren. Det medfører, at kasein-micellerne klumper sig sammen og fælder ud. Ved endnu lavere pH bliver micellerne hovedsageligt positivt ladede.

Udfældningsfænomenet kendes også fra syrnede mælkeprodukter som yoghurt, der er tykkere i konsistensen end mælk. Det skyldes en lavere pH-værdi, der får kasein-micellerne til at klumpe og øge viskositeten. Ved syrnede mælkeprodukter bruger man bakterier, der omdanner mælkesukker (laktose) til mælkesyre, hvorved pH sænkes. Det er også mælkesyrebakterier, der gør mælken sur og klumpet, når den står for længe. Det er dog ikke de samme bakterier som i yoghurt, og derfor smager mælken dårligt.

Fra monomer til polymer

Den kemiske reaktion, hvorved polymeren dannes, kaldes for en polymerisering. Den kan foregå ved forskellige kemiske reaktioner. For at danne polyethen er det for eksempel nødvendigt at bryde dobbeltbindingen i ethen. For at danne polymælkesyre derimod skal der fraspaltes et vandmolekyle fra mælkesyre-enheden.

Plastik fra biomasse. Før og nu

Kasein-plastik blev første gang fremstillet i 1897. Den industrielle produktion adskiller sig fra elev-eksperimentet ved, at man lader kasein reagere med formaldehyd (methanal). Reaktionen eliminerer vand og hærder plastikken, men det kan ikke anbefales til elev-eksperiment. I dag findes der en lang række metoder til at fremstille bioplastik, for eksempel fra cellulose, stivelse eller sukker. Selv polyethen kan fremstilles fra biomasse ved at omdanne bioethanol til bioethen. Produktionen af plastik fra biomasse er dog oftest afhængig af enzymatiske processer, som hæver prisen i forhold til traditionel plastik. Forskning i billige og mere stabile ikke-biologiske katalysatorer kan være med til at øge effektiviteten på fremstillingen og sænke prisen på bioplastik. Eksempelvis udvikler DTU og firmaet Haldor Topsøe en ny metalkatalysator til produktion af mælkesyre. Katalysatoren har blandt andet den fordel over enzymerne, at den ikke selv tager skade af mælkesyren.

Gode råd til eksperimentets udførelse

Kaseinplastikken bliver mest holdbar ved brug af mini- eller skummetmælk, da mælakens lave fedtkoncentration giver en renere udfældning af kasein.