

Forbedret funktionalitet ved anvendelse af hydrodynamisk og akustisk kavitation

Forskningsprojekt skal give bedre forståelse af de molekylære ændringer, som hydrodynamisk og akustisk kavitation medfører, og gøre det muligt at ændre funktionaliteten i bl.a. yoghurt og pulverprodukter.



Af Postdoc Sandra Beyer Gregersen, Lektor Marianne Hammershøj og Lektor Lars Wiking, Institut for Fødevarer, Aarhus Universitet



Ph.d.-studerende Zachary Glover og Lektor Adam Cohen Simonsen, Institut for Fysik, Kemi og Farmaci, Syddansk Universitet



R&D Manager Kristian Raaby Poulsen, Arla Foods Ingredients Group P/S

R&D Process Engineer Karina Bertelsen og Bent Pedersen, SPX Flow Technology A/S Senior R&D Manager Ulf Andersen, Arla Foods R&D

og kollaps af luftbobler forekommer. Der er meget få videnskabelige studier af netop denne teknologiske anvendelse i mejeriindustrien. Et nyligt pilotstudie på frisk mælk, som blev behandlet med hhv. hydro-kavi og aku-kavi, har dog vist, at begge teknologier kan bruges til at opnå mikrobiel inaktivering og homogenisering. Hydro-kavi kræver mindre energi sammenlignet med aku-kavi, hvorfor opskalering synes mere realistisk for procesindustrien.

I dette projekt studeres og sammenlignes brug af aku-kavi og hydro-kavi til forbedring af mejeriprodukters funktionelle egenskaber med fokus på yoghurtproduktion.

Interaktioner mellem mælkefedtkuglemembranen og proteinnetværket

De kræfter, der introduceres ved kavitation, kan påvirke både proteiner og fedt i mælkebaserede systemer. Både aku-kavi og hydro-kavi kan give mindre fedtkugler – og altså have en homogeniserende effekt. Når fedtkuglestørrelsen reduceres, bliver overfladearealet af disse samlet set større, og samtidig kan der ske ændringer i den membran, der omgiver fedtkuglerne. Det er velkendt, at ved homogenisering af mælk bliver forskellige proteiner (kaseiner og valleproteiner) bundet til fedtkuglemembranen, hvilket påvirker legekaberne. Den egenskab er vigtig for en lang række mejeripro-

Kavitation opstår, når bobler dannes under lavt tryk i en væske og efterfølgende kolliderer med frigivelse af en energibølge. Ukontrolleret kavitation er ødelæggende for procesudstyr, men ved kontrolleret kavitation kan den energi, der frigives, bruges til at skabe ønskede ændringer i de fysisk-kemiske egenskaber.

Kontrolleret kavitation opnås ved brug af højintensiv ultralyd (akustisk kavitation) (herefter: aku-kavi), hvor lydølger resulterer i vibration af molekylerne i mediet og desuden introducerer dannelse og kollaps af små luftbobler i mediet. Højintensive ultralydsteknologier opererer med frekvenser mellem 20 og 100 kHz, hvilket er lige over det hørbare frekvensområde, og med intensiteter på 10-1000 W/cm², hvilket er kraftigere end den lavintensive ultralyd, der fx bruges ved human ultralydsscanning. Der har gennem de

senere år været stor opmærksomhed på ultralyd som proces teknologi til fødevarer. Fokus har været på forbedring af fødevarer kvaliteten, reduktion af proces tid og mikrobiologisk kontrol. Nyligt afsluttede studier ved Institut for Fødevarer, Aarhus Universitet, har vist, at højintensiv ultralydsbehandling kan påvirke homogenisering af fedtkugler, accelerere fedtkrystallisering, øge viskositeten og mindske synerese i yoghurt, samt forbedre geldannelse af valleproteiner. En udfordring ved denne teknologi er, at der kan komme afsmag og lugt i produkter med et vist fedtindhold, sandsynligvis pga. øget oxidation.

Kavitation kan også skabes i en såkaldt kavitator (hydrodynamisk kavitation) (herefter: hydro-kavi). Denne teknologi er baseret på en rotor med en række huller, der ved et højt omdrejningstal skaber en trykforskel mellem huller og overflade, hvorved dannelse

Resumé: Højintensiv ultralyd (akustisk kavitation) og hydrodynamisk kavitation er begge kavitationsbaserede teknologier, som under processering påvirker proteiner og fedt i mælk og mejeriprodukter. Projektet afklarer, hvordan teknologierne påvirker interaktioner mellem mælkefedtkugler og mælkens proteiner, og hvilken effekt det har på mejeriprodukters funktionelle egenskaber.

Perspektiver for mejeri-produkter i praksis – pulver-hydrering og yoghurt

Anvendelse af kavitationsbaserede teknologier har en række potentielle muligheder inden for fremstilling af mejeriprodukter – specifikt i forhold til strukturforbedring og pulverhydrering. Projektet skaber vidensgrundlag for anvende kavitationsbaserede teknologier til at optimere strukturgivende egenskaber i bl.a. yoghurt. Vi forventer på sigt, at teknologien kan give en bedre struktur i gelnetværk, dvs. en stærkere gel med en øget vandbinding. Dermed forbedres kvaliteten af yoghurt mht. både tekstur og synerese. Projektets fokus på yoghurt indebærer også undersøgelse af hydrering af pulver under kavitationsbehandling. Potentielt kan kavitationsbaserede teknologier på sigt bidrage til en reduktion i hydreringstid og bedre ensartethed i pulverhydreringen, hvorfor det bliver muligt at opnå samme – eller bedre – kvalitet af yoghurt ved anvendelse af mindre mængde mælkepulver. For at kavitationsteknologier kan implementeres i mejeriindustrien er det vigtigt at kende grundlæggende effekter på proteiner og fedt i mælk og forstå, hvordan de funktionelle egenskaber påvirkes. Dette projekt vil øge vores viden på det felt.

dukter, eksempelvis yoghurt. Vi ønsker at forstå, hvordan kavitationsbaserede teknologier påvirker fedtkuglestørrelse og strukturen af fedtkuglemembranen. Desuden undersøges, om der sker en denaturering (udfoldning) af proteiner under kavitation, da dette også påvirker legekenskaberne. I projektet kortlægges betydningen af procesforhold (fx holdetid, temperatur, flow) under kavitation for molekylære ændringer i mælkebaserede systemer. Dette kan bruges til at forstå de bagvedlæggende mekanismer.

Funktionelle egenskaber i fokus

I fødevarer, hvor mælkeproteiner danner netværk, vil molekylære ændringer i fedt, proteiner og protein/fedtkugle-interaktioner have betydning for

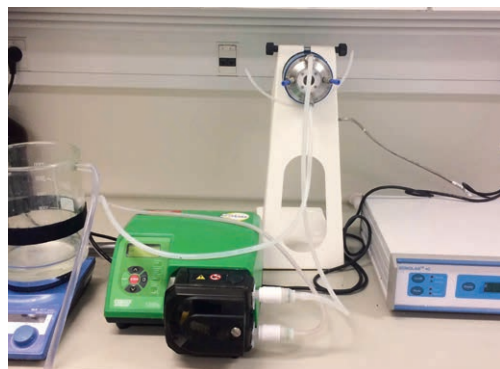
bl.a. gellers tekstur og vandbindingsevne. Projektets fokus er yoghurtproduktion, hvor vi vha. en række applikationstests undersøger, om kavitationsbaserede teknologier kan forbedre de funktionelle egenskaber. Projektets hypotese er, at aku-kavi og/eller hydro-kavi skaber en stærkere associering mellem fedtkugle og mælkeproteiner, hvorved konsistensen af yoghurt kan forbedres.

Et anden applikationsmulighed for kavitationsteknologier er ved pulverhydrering. I forhold til yoghurtproduktion er fremstilling og kvalitet af mælkepulver af stor betydning i og med, at mælkepulver indgår som en vigtig bestanddel i størstedelen af de yoghurter, der fremstilles i dag. Vi vil undersøge om kavitationsbehandling af pulversuspensioner kan reducere hydreringstiden og give en bedre ensartethed af pulveret. Samtidig vil vi gerne finde ud af, om behandlingen efterfølgende påvirker fermenteringsforløbet, yoghurtens konsistens eller dens vandbindingsevne.

De praktiske forsøg

De fundamentale effekter af procesforhold under kavitation på mælkeproteiner og mælkefedt studeres i en serie pilot- og laboratorieforsøg, med klassisk homogenisering som reference. Institut for Fødevarer har et laboratoriekaleultralydsudstyr, hvor betydningen af tid, effekt og temperaturkombinationer kan testes. Prøverne kan udsættes for både direkte ultralydsbehandling med en probe og indirekte ultralydsbehandling, hvor mælken pumpes igennem en ultralydscelle under behandling, se figur 1. Sidstnævnte er mest realistisk i forhold til implementering i en proceslinje. Hydro-kavi testes i en række pilotforsøg ved SPX Flow Technology Innovation Center, Silkeborg, hvor vi kan evaluere betydningen af proces-teknologiske faktorer. Effekterne af henholdsvis aku-kavi og hydro-kavi på fedtkuglestørrelsesfordeling, proteinstrukturen og fedtkuglemembranens proteinsammensætning analyseres ved Institut for Fødevarer. I de indledende forsøg kigges ligeledes på dannelsen af oxidationsprodukter.

Parallelt bliver associering af protei-



Figur 1. Laboratorieudstyr til højintensiv ultralydsbehandling med indirekte sonotrode (Aarhus Universitet)

ner til fedtkugleoverflade undersøgt med nye avancerede mikroskopiteknikker ved Institut for Fysik, Kemi og Farmaci, Syddansk Universitet.

Ud fra resultaterne af de basale studier udvælges de mest optimale proceskonditioner for kavitation til applikationsforsøgene. Her fokuseres på funktionelle egenskaber. Der gennemføres desuden en række forsøg med hydro-kavi-behandling af pulversuspensioner for at studere effekten på hydreringstid, pulverkvalitet og efterfølgende yoghurtfermentering og funktionelle egenskaber. ■

Projekt under Mejeribrugets ForskningsFond:

Titel: Forbedret funktionalitet af mejeriprodukter ved anvendelse af nye proces-teknologier gennem forståelse af molekylære ændringer ved hydrodynamisk og akustisk kavitation

Projektleder: Lektor Marianne Hammershøj, Institut for Fødevarer, Aarhus Universitet

Deltagere: Institut for Fysik, Kemi og Farmaci, Syddansk Universitet, SPX Flow Technology Danmark A/S, Arla Food Ingredients P/S og Arla Foods a/b

Projektperiode: 2016-2019

Hovedformål: At forstå, hvorledes kavitation påvirker mælkeproteiner og fedtkuglemembranen af betydning for mejeriprodukters funktionalitet

Projektet er finansieret af Mejeribrugets ForskningsFond, Future Food Innovation, SPX Flow Technology A/S, Arla Foods Ingredients Group P/S og Aarhus Universitet.