

# Forbedret UHT-mælk med enzymer?

Omdannelse af laktose til galaktooligosaccharider med enzymer mindsker Maillard-reaktioner og forbedrer UHT-mælkens holdbarhed. Forskningsprojektet viser endvidere stor effekt af opbevaring på 20 grader eller lavere – og stor forskel på konventionel og laktosefri UHT-mælk.

UHT-behandling er en udbredt metode til at slå bakterier ihjel, og dermed gøre mælk langtidsholdbar, så den er velegnet til eksport til f.eks. Asien og Afrika. Varmebehandlingen og den forlængede holdbarhed giver dog anledning til kemiske reaktioner mellem sukre og proteiner i mælken (kaldet Maillard-reaktioner). Herved bliver mælken brun og ændrer smag, især hvis opbevaringstemperaturen er høj. Maillard-reaktioner indebærer en kaskade af reaktioner med mange mellemprodukter, som til slut omdannes til store polymerer, der er brunfarvede, og det er derfor en analytisk udfordring at bestemme de præcise reaktionsprodukter i mælken.

I dette projekt, som er finansieret af Mejeribrugets ForskningsFond, har vi udviklet verdens mest omfattende analytiske platform til karakterisering af Maillard-reaktionsprodukter. Dermed kan vi følge udviklingen af Maillard-reaktioner på det molekylære niveau for at få en forbedret forståelse for hvilke reaktioner, der er mest udbredte i UHT-mælk under lagring. Vi har vist, at hvis UHT-mælk lagres ved 20 °C i stedet for ved 30 °C eller 40 °C i op til et år, så er omfanget af Maillard-reaktioner ret begrænset. Laktosefri UHT-mælk er mere udsat for Maillard-reaktioner end konventionel UHT-mælk, fordi laktose er hydrolyseret (kløvet) til galaktose og glukose, som er mere reaktive sukkerarter. Holdbarheden af laktosefri mælk er derfor betydeligt kortere, fordi mælken hurtigere bliver brun under lagring, og smagsforandringerne er endnu mere udtalte end i konventionel mælk.

## Enzymatisk omdannelse af sukker

Hydrolyse af laktose i laktosefri mælk opnås oftest ved brug af et enzym, der kaldes laktase. Nogle ty-

per af laktase kan udover at kløve laktose til glukose og galaktose også inkorporere den frie galaktose til galakto-oligosaccharider (GOS). Hermed reduceres mængden af fri galaktose, og projektets arbejdshypotese var, at dette skulle reducere omfanget af Maillard-reaktioner i den mælk, som nu er fri for laktose, men indeholder glukose og GOS. I modelsystemer med kasein har vi vist, at erstatning af galaktose med GOS mindsker Maillard-reaktioner, og det samme ses i UHT mælk tilsat en type laktase, der omdanner laktose til glukose og GOS. Overraskende fandt vi også, at et specifikt mellemprodukt (3-deoxyglykosen, et fragment fra sukker) blev dannet i meget høje koncentrationer i både kasein-modelsystemer og UHTmælk med GOS. Dette gav anledning til et forhøjet indhold af sukkernedbrydningsprodukter (5-hydroxymethylfurfural), men ikke en højere koncentration af andre Maillard-reaktionsprodukter. Betydningen af den højere koncentration af 3-deoxyglykosen og 5-hydroxymethylfurfural for kvaliteten af mælk med GOS er endnu ukendt.

## Til nytte for mejeriindustrien

Resultaterne fra dette projekt viser vigtigheden af kontrol med lagringstemperatur af UHT-mælk, og at bare 10 graders stigning har stor konsekvens for produktkvaliteten. Selvom den synlige brunfarvning, der finder sted for konventionel og laktosefri UHT-mælk ved opbevaring ved 30 °C i henholdsvis 12 og 6 måneder, er acceptabel for forbrugere, kan den ernæringsmæssige kvalitet blive væsentligt forringet på grund af Maillard-reaktioner. Det anbefales derfor at opbevare UHT-mælk, og især laktosefri UHT-mælk, ved lave temperaturer. For kon-



AF MARIANNE N. LUND, PROFESSOR, INSTITUT FOR FØDEVAREVIDENSKAB, KØBENHAVNS UNIVERSITET.  
VALENTIN RAUH, SENIOR RESEARCH SCIENTIST, ARLA FOODS AMBA.



## Projektinfo

*Titel:* IMAGE: Forbedring af kvalitet og stabilitet af UHT behandlede mejeriprodukter ved enzymatisk design af mælkesukkerprofil.

*Projektleder:* Professor Marianne N. Lund, Institut for Fødevidenskab, Københavns Universitet.

*Deltagere:* Senior research scientist Valentin Rauh, Senior Scientist John Sørensen, Senior Research Scientist Ulf Andersen, Arla Foods amba.

Lektor Karsten Olsen, Adjunkt Cristian de Gobba, Postdoc Mahesha M. Poojary, ph.d.-studerende Wei Zhang, Institut for Fødevidenskab, Københavns Universitet.

Professor Birte Svensson, Adjunkt Marie Sofie Møller, Institut for Bioteknologi og Biomedicin, Danmarks Tekniske Universitet.

*Projektperiode:* Juni 2016 – oktober 2018

*Hovedformål:* At vise at ændring af sukkerprofilen i mælk ved omdannelse af laktose til galakto-oligosakkarider vil forbedre lagerstabilitet og kvalitet af laktose-reducerede UHT-mejeriprodukter.

At bestemme i hvilken grad ændring af sukkerprofilen i mælk mod et oligosakkarid-rigt produkt vil påvirke sukker-protein og protein-protein interaktioner og protein denaturering og efterfølgende, hvad dette betyder for de fysiske karakteristika af mælken og stabilitet under transport og lagring.

MEJERIBRUGETS  
FORSKNINGSFOND

ventionel UHT-mælk anbefales en opbevarings- og forsendelsestemperatur på under 30 °C (og gerne 20 °C), mens laktosefri UHT-mælk bør holdes så koldt som muligt og ved max. 20 °C for at undgå ophobning af Maillard-reaktionsprodukter. Enzymatisk omdannelse af laktose til glukose og GOS er lovende i tilfælde, hvor man ønsker at hæmme Maillard-reaktioner, men dannelse af sukkernedbrydningsprodukter skal undersøges yderligere. De analytiske metoder, der er udviklet i projektet, er allerede til stor gavn i andre projektsamarbejder med den danske mejeriindustri. ●



## Resumé

Formålet med IMAGE-projektet var at forbedre kvaliteten af UHT-mælk, med særligt fokus på laktosefri og laktosereduceret mælk. Holdbarheden af laktosefri mælk er begrænset af uønskede smagsforandringer og brunfarvning efter fremstilling, hvilket skyldes kemiske reaktioner kaldet Maillard-reaktioner. Når laktosefri mælk fremstilles, ændres sukkerprofilen, så mælkesukker – laktose – spaltes til andre sukre, der er mere reaktive i Maillard-reaktioner. I dette projekt blev laktose omdannet enzymatisk til galakto-oligosakkarider og glukose i UHT-mælk, hvilket begrænsede omfanget af Maillard-reaktioner, men gav anledning til en forhøjet koncentration af sukkernedbrydningsprodukter. Samme resultat blev fundet i modelsystemer med kasein og forskellige kombinationer af GOS, laktose, galaktose og glukose.