



Forord

Denne oppgaven har blitt utført ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (IKBM), seksjon matvitenskap våren 2014. TINE Meierier var oppdragsgiver for oppgaven. Oppgaven har medført mye praktisk arbeid både i pilotanlegget på NMBU og på TINE FoU Kalbakken, noe som har vært veldig spennende og lærerikt.

Jeg vil først og fremst rette en stor takk til mine veiledere professor Judith A. Narvhus, forsker Anne-Grethe Johansen og doktorgradstipendiat Sigrid Svanborg for gode råd, faglige innspill og motivasjon. Jeg vil spesielt takke Sigrid som var med på den praktiske gjennomføringen og som har vært til stor hjelp og støtte under hele oppgaven.

Jeg vil også takke ansatte i pilotanlegget på Ås, ansatte på meierilaboratoriet på Ås, ansatte i pilotanlegget og på laboratoriet på TINE Kalbakken, Solve Sæbø for hjelp med statistiske analyser, Reidar Barfod Schuller for hjelp med reologiske målinger og Elin Simonstad Valle som utførte sensoriske analyser av produktene.

Til slutt vil jeg takke mine medstudenter for motivasjon og trivsel under arbeidet med masteroppgaven, og for å ha gjort studenttilværelsen på Ås til en fin tid.

Ås, juni 2014

Gunhild Husby Knustad

Sammendrag

Hensikten med oppgaven var å utvikle en proteindrikk med høyt innhold av native myseproteiner, og undersøke hva slags effekter ulike teknologiske faktorer ville ha på det ferdige produktet.

Proteindrikker med ulik proteinkonsentrasjon (6/8%), forhold mellom nativt myseprotein og kasein (20:80/30:70), myseproteinkilde (jomfrumyse/WPC80) og konserveringsmetode (UHT/sterilfiltrering) ble undersøkt med hensyn til kjemiske, mikrobielle, funksjonelle og sensoriske egenskaper. 12 ulike proteindrikker ble laget i tre gjentak med melkefraksjoner som ingredienser. Det ble også laget to ekstraprodukter med høyere andel nativt myseprotein.

Ekspérimentet ble utført som et fullt faktorielt design, hvor flere faktorer ble undersøkt samtidig. Innhold av native myseproteiner ble bestemt ved HPLC. Det ble gjort skumanalyser (overrun og stabilitet) og reologiske målinger (viskositet). Sensorisk profilering ble brukt for å undersøke proteindrikkens smak, konsistens og utseende. Det ble også utført kvalitetsbedømmelse av lagrede produkter. Det ble gjort mikrobiologiske analyser av ferske og lagrede produkter. Dataene ble analysert ved bruk av variansanalyse (ANOVA type 3 test).

Det var relativt store avvik i råstoffsammensetningen mellom de tre produksjonene, noe som førte til at det også ble store avvik i resultatene til de ferdige proteindrikkene i de tre gjentakene. Proteindrikker med sterilfiltrert jomfrumyse hadde høyest andel native myseproteiner av alle proteindrikkene, og de hadde høyt skumoverrun og tynn konsistens. Alle proteindrikkene hadde svært stabile skum. Det ble ikke funnet store forskjeller i proteindrikkens egenskaper som følge av myseproteinkilde. Proteindrikkene hadde en relativt lik sensorisk profil med små forskjeller i smak, konsistens og utseende. Den sensoriske analysen viste at innholdet av negative smaksegenskaper som besk/bitter, oksidert, brent og bismak var svært lavt eller fraværende. Produktene som ble UHT-behandlet og med 8 % totalprotein hadde mest kokt smak. Proteinkonsentrasjon hadde stor effekt på de funksjonelle egenskapene. Proteindrikkene med 8 % totalprotein hadde lavest overrun og var mest viskøse av proteindrikkene.

Abstract

The purpose of this assignment was to develop a protein drink with high content of native whey proteins, and to investigate how different technological factors would affect the product.

Protein drinks with different concentration of protein (6/8%), ratio native whey protein/kasein (20:80/30:70), whey protein source (virgin whey/ WPC80) and conservation method (UHT/sterile filtration) was investigated due to chemical, microbiological, functional and sensory properties. 12 protein drinks were made in three different productions with milk fractions as ingredients. Two extra products with a higher amount of native whey protein was also made.

The experiment was conducted as a full factorial design, where several factors were investigated at the same time. The content of native whey proteins was analyzed using HPLC. Foam properties (overrun and stability) and rheological properties (viscosity) was measured. Sensory profiling was used to determine the products taste, consistency and appearance. A quality evaluation was also conducted. The fresh and stored products were tested microbiologically. The data was analyzed using analysis of variances (ANOVA type 3 test).

It was relatively large differences in the composition of the raw materials in the three productions, and as a consequence the results also differed in the protein drinks. Protein drinks with sterile filtered virgin whey had the highest content of native whey proteins. They had high foam overrun and a thin consistency. All of the protein drinks had very good foam stability. It was not detected any big differences due to whey protein source. The protein drinks had a relatively similar sensory profile with only small differences in flavor, consistency and appearance. The sensory analysis only revealed small or none of the negative attributes like bitter, oxidized, burned or off flavor. The UHT-treated products and products with 8% protein content had the lowest overrun and the highest viscosity of the protein drinks.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
1. Innledning.....	1
2. Teori	3
2.1. Råstoff	3
2.1.1. Protein	3
2.1.2. Laktose	3
2.1.3. Fett.....	4
2.1.4. Mineraler	4
2.2. Proteiner i melk	5
2.2.1. Kasein.....	5
2.2.2. Myseprotein.....	6
2.3. Membranfiltrering	8
2.3.1. Mikrofiltrering.....	10
2.3.2. Ultrafiltrering og diafiltrering	11
2.4. Forskjeller mellom nativ myse (jomfrumyse) og myse fra osteproduksjon (WPC)..	12
2.5. UHT-behandling	14
2.5.1. Effekt av varmebehandling på melkeproteiner	15
2.6. Funksjonelle egenskaper.....	17
2.6.1. Viskositet.....	17
2.6.2. Skum.....	18
2.7. Sensoriske egenskaper	21
2.7.1. Profilerings.....	22
2.7.2. Kvalitetsbedømmelse	23
2.8. Faktorielt design	23

3.	Materialer og metoder	24
3.1.	Forsøksdesign	24
3.2.	Fremstilling av proteindrikker	25
3.2.1.	Råstoff	25
3.2.2.	Mikrofiltrering (MF)	27
3.2.3.	Ultrafiltrering (UF) og Diafiltrering (DF).....	27
3.2.4.	Sterilfiltrering av jomfrumyse og vann	27
3.2.5.	Blanding av produkter	28
3.2.6.	UHT-behandling og homogenisering.....	28
3.2.7.	Flytskjema for fremstilling av proteindrikker	29
3.3.	Kjemiske analyser.....	30
3.3.1.	Bestemmelse av proteinsammensetning.....	30
3.3.2.	Mysedenaturering (HPLC).....	31
3.3.3.	Tørrstoff	32
3.3.4.	pH	32
3.3.5.	Mineraler	32
3.3.6.	Laktose	32
3.3.7.	Fett.....	32
3.4.	Funksjonelle egenskaper.....	33
3.4.1.	Skum.....	33
3.4.2.	Viskositet.....	34
3.5.	Sensoriske analyser.....	34
3.6.	Kvalitetsbedømmelse av lagrede produkter	35
3.7.	Mikrobiologiske analyser	36
3.8.	Statistisk behandling av data	36
4.	Resultater.....	38
4.1.	Råstoff	38

4.2.	Kjemisk.....	39
4.2.1.	Laktose, fett, tørrstoff og proteinsammensetning.....	39
4.2.2.	pH.....	41
4.2.3.	Denatureringsgrad av myseproteiner.....	42
4.2.4.	Innhold av myseproteiner i proteindrikker.....	45
4.2.5.	Mineraler	48
4.3.	Funksjonelle egenskaper.....	50
4.3.1.	Skum.....	50
4.3.2.	Viskositet.....	55
4.4.	Sensoriske egenskaper	60
4.5.	Kvalitet ved lagring	64
4.6.	Mikrobiologisk	67
5.	Diskusjon.....	68
5.1.	Gjentak (variasjon i prosess)	68
5.1.1.	Kjemisk	69
5.1.2.	Funksjonelle egenskaper	70
5.1.3.	Sensoriske egenskaper.....	70
5.2.	Behandling: UHT/Sterilfiltrert	71
5.2.1.	Kjemisk	71
5.2.2.	Funksjonelle egenskaper	72
5.2.3.	Sensoriske egenskaper.....	73
5.2.4.	Mikrobiologi og kvalitet ved lagring	74
5.3.	Myseproteinkilde: WPC 80/Jomfrumyse	75
5.3.1.	Kjemisk	75
5.3.2.	Funksjonelle egenskaper	76
5.3.3.	Sensoriske egenskaper.....	77
5.4.	Forhold mellom nativt myseprotein og kasein: 20:80/30:70.....	77

5.4.1.	Kjemisk	77
5.4.2.	Funksjonelle egenskaper	78
5.4.3.	Sensoriske egenskaper.....	79
5.5.	Totalprotein: 6% / 8%.....	79
5.5.1.	Kjemisk	80
5.5.2.	Funksjonelle egenskaper	80
5.5.3.	Sensoriske egenskaper.....	81
5.6.	Effekt av samspill mellom flere faktorer	81
5.7.	Videre arbeid	82
6.	Konklusjon	84
7.	Referanser.....	86
8.	Oversikt over vedlegg som finnes på CD.....	88

1. Innledning

Myse og myseproteiner ble tidligere sett på som et avfallsprodukt, men blir i dag verdsatt på grunn av gode ernæringsmessige og funksjonelle egenskaper. Myseproteiner har en ernæringsmessig verdi som overgår de fleste andre proteiner, og har også et høyt innhold av svovelholdige aminosyrer som støtter antioksidantfunksjoner (Sinha et al. 2007).

Målet med oppgaven er å utvikle en base for en restitusjonsdrikk med høyt innhold av myseprotein. En restitusjonsdrikk skal raskt gjenoppbygge musklenes energilagre og være gunstig for muskelvekst og -vedlikehold. I tillegg bør den ha gode funksjonelle og sensoriske egenskaper. Skumegenskapene vil bli spesielt vektlagt i denne oppgaven da dette er viktig i en proteinshake. Proteindrikken skal utvikles som et nakent system uten tilsetningsstoffer eller smak, og skal være et modellsystem som senere kan videreutvikles.

Membranfiltrering gjør det mulig å separere melk i ulike deler med ulikt innhold og konsentrasjon. Ved å kombinere mikrofiltrering og ultrafiltrering/diafiltrering av skummetmelk dannes det et myseproteinkonsentrat. Dette konsentratet omtales i litteraturen som nativt mysekonsentrat (proteininnhold opp til 80%), nativt myseisolat (proteininnhold over 80 %) eller jomfrumyse. Jomfrumyse har andre funksjonelle egenskaper enn myse fra osteproduksjon på grunn av ulikt fettinnhold og rester fra osteproduksjon (Ardisson-Korat & Rizvi 2004). Native myseproteiner har gode funksjonelle egenskaper som løselighet, skumegenskaper, emulgerende egenskaper og gelegenskaper. Ernæringsmessig har nativt mysekonsentrat en god aminosyreprofil med høyt innhold av tilgjengelig lysin og cystein (Bylund 1995). Myseproteiner denatureres lett ved varmebehandling, og ved bruk av ny teknologi i form av sterilfiltrering vil en stor del av de native myseproteinene kunne bevares.

Det finnes en del forskning om native myseproteiners funksjonelle egenskaper i isolater, men lite om applikasjon. Bakgrunnen for oppgaven er et ønske om å undersøke hvordan jomfrumyse kan anvendes som ingrediens i produkter, og hvilke funksjonelle og sensoriske egenskaper disse produktene vil få.

Mer spesifikt er hensikten med oppgaven å undersøke om jomfrumyse som ingrediens har andre/bedre sensoriske og funksjonelle egenskaper (skumoverrun, skumstabilitet og viskositet) enn WPC 80, og hvilke forskjeller det er mellom varmebehandlet og ikke-varmebehandlet (sterilfiltrert) myseprotein. Det skal også undersøkes hvilken effekt proteinkonsentrasjon og

forholdet mellom nativ myse og kasein har på de sensoriske og funksjonelle egenskapene. Produktene blir laget uten tilsatt smak, og det vil derfor være ønskelig å undersøke om det er noen negative smaksegenskaper til stede som for eksempel kokt smak, bismak og oksidert smak.

2. Teori

2.1. Råstoff

Kumelk er satt sammen av vann, fett, proteiner, laktose, salter og enzymer i tillegg til mange andre små komponenter. Mange av komponentene er ernæringsmessig essensielle, og er også en god kilde til energi (Walstra et al. 2006). Myse (serumfasen i melk) utgjør 80-90 % av melkens totale volum og inneholder omtrent 50 % av næringsstoffene som opprinnelig finnes i melk; løselig protein, laktose, vitaminer og mineraler (Bylund 1995). Tradisjonelt er myse et biprodukt fra produksjon av ost og kasein, og den brukes hovedsakelig til å produsere myseproteinpulver og myseproteinpulver hvor mineraler og/eller laktose har blitt redusert. I nyere tid har det blitt mer fokus på nye metoder for å utvinne myse som gir bedre bevaring av myseproteinene og som gjør det til en råvare med høy kvalitet (Bylund 1995).

Ny teknologi som membranfiltrering gjør det mulig å utnytte komponentene i melken på best mulig måte (Heino 2009).

2.1.1. Protein

Melkeproteiner kan deles i to typer proteiner, kasein og myseprotein.

Kasein utgjør hoveddelen av melkens proteiner, og består av α_{s1} -, α_{s2} -, β og κ -kasein. Myseproteiner står for 20% av den totale proteinmengden i melken, og består hovedsakelig av β -laktoglobulin (β -LG), α -laktalbumin (α -LA) og bovin serum albumin (BSA) (Walstra et al. 2006).

2.1.2. Laktose

Laktose er det største karbohydratet i melk. Det er et disakkarid bestående av D-glukose og D-galaktose (Walstra et al. 2006). Det fins bare minimale spor av andre sukkerarter i melken (Waagner 2001).

2.1.3. Fett

Fett i melk inneholder triglyserider, di- og monoglyserider, fettsyrer, steroler, karotenoider og vitaminer. I melk forekommer så godt som alt fett i fettkuler. Fettkulene er de største molekylene i melk og har en gjennomsnittlig diameter på 3-4 μm . (Bylund 1995) Melkefettet har stor betydning for næringsverdi, smak og fysiske egenskaper (Waagner 2001).

2.1.4. Mineraler

Melkens mineralinnhold består av salter og sporstoffer. Tabell 1 viser gjennomsnittlig innhold av salter i melk. Kaseinmicellene inneholder uoppløste salter i tillegg til positivt ladede ioner som er bundet til negativt ladet kasein (hovedsakelig kalsium, magnesium, kalium og natrium). Kaseinmicellene inneholder også kolloidalt kalsiumfosfat som kan variere i sammensetning, og som kan ha ionebyttinge egenskaper (Walstra et al. 2006).

Tabell 1: De viktigste saltene i melk og deres distribusjon mellom serumfasen (myse) og kaseinmiceller (hentet fra Walstra et al. 2006)

Komponent	Gjennomsnitt (mg/100 g)	Andel tilstede i serumfasen	I miceller (mmol/g tørr kasein)
Na	48	0,95	0,04
K	143	0,94	0,08
Ca	117	0,32	0,77
Mg	11	0,66	0,06
Aminer	-	~1	-
Cl	110	1	-
CO ₃	10	~1	-
SO ₄	10	1	-
PO ₄	203	0,53	0,39

Sporstoffer er naturlige komponenter i melk, og blir bare funnet i svært små mengder. Sink er det sporstoffet melk har høyest konsentrasjon av, omtrent 3 mg/kg. Andre elementer er til stede i mye lavere konsentrasjoner. Innholdet av sporstoffer i melken kan variere i stor grad avhengig av kuas føring. Det er lite kjent hvordan sporstoffene fordeler seg i de ulike fraksjonene i melken. Noen av elementene er sannsynligvis bundet til protein. Omtrent 10 % av kobber og

nesten halvparten av jern er bundet til fettkulemembranen. Sink befinner seg hovedsakelig i kolloidalt fosfat. Kobber (Cu) har katalysatoregenskaper på autooksidasjon av fett. Naturlig Cu i melk fremmer ikke oksidasjon, mens tilsatt Cu ofte gjør det. (Walstra, 2006)

2.2. Proteiner i melk

Det er to hovedtyper av proteiner i melk, kasein og myseprotein. Fordeling av proteiner i melk vises i Tabell 2.

Tabell 2: Proteiner i melk (hentet fra Walstra et al. 2006). *

Protein	mmol/m ³ Milk	g/kg Milk	g/100 g Protein	Molar Mass	g Protein/g N
Casein	1120	26	78.3		6.36
α_{s1} -Casein	450	10.7	32	~23600	—
α_{s2} -Casein	110	2.8	8.4	~25200	—
β -Casein	360	8.6	26	23983	—
κ -Casein	160	3.1	9.3	~19550	—
γ -Casein	40	0.8	2.4	~20500	—
Serum proteins	~320	6.3	19	—	~6.3
β -Lactoglobulin	180	3.2	9.8	18283	6.29
α -Lactalbumin	90	1.2	3.7	14176	6.25
Serum albumin	6	0.4	1.2	66267	6.07
Proteose peptone	~40	0.8	2.4	4000–40000	~6.54
Immunoglobulins	~4	0.8	2.4	—	~6.20
IgG1, IgG2	—	0.65	1.8	~150000	—
IgA	—	0.14	0.4	~385000	—
IgM	—	0.05	0.2	~900000	—
Miscellaneous	—	0.9	2.7	—	—
Lactoferrin	~1	0.1	—	86000	6.14
Transferrin	~1	0.01	—	76000	6.21
Membrane proteins	—	0.7	2	—	~7.1
Enzymes	—	—	—	—	—

Note: Approximate composition. IEP = isoelectric pH.

*forkortelser: IgG1/IgG2=Immunoglobulin gamma 1/2, IgM=Immunoglobulin makro.

2.2.1. Kasein

Kasein utgjør hoveddelen av melkens proteiner, og består av α_{s1} -, α_{s2} -, β og κ -kasein. De har mange eksponerte hydrofobe grupper, og disse molekylene danner ofte hydrofobe bindinger. Kaseiner har lite sekundær og tertiær struktur, og det skal derfor mye til før de blir denaturert. I melk forekommer kaseinene i form av kaseinmiceller. Kaseinmicellen inneholder omtrent like deler α_s - og β -kasein i kjernen med lite κ -kasein. Den ytre delen av micellen består av like deler κ - og α_s -kasein med lite β -kasein (Walstra et al. 2006). En kaseinmicelle inneholder flere tusen

kaseinmolekyler. De fleste molekylene er termodynamisk stabile komplekser holdt sammen av kolloidalt kalsiumfosfat. Kaseinmicellen har en åpen proteinstruktur som lett forstyrres som følge av endringer i miljøet (Holt et al. 2013). Den ytre delen av kaseinmicellen inneholder κ -kasein som stikker som «hår» ut av micellen. Dette «hårete» laget er hydrofilt og negativt ladet, og er essensielt for å holde kolloidial stabilitet (Walstra et al. 2006).

Kasein er uløselig ved isoelektrisk punkt, det vil si ved pH 3.5-5.5. På grunn av deres åpne struktur og høye vannbindingsevne danner de relativt viskøse løsninger. Overflateaktiviteten til kaseiner er høy, og det gjør dem til gode skumdannere. Den høye overflateaktiviteten gjør at skummene ikke er særlig stabile, noe som kan skyldes at filmen som dannes rundt boblene i skummet er tynn og at skummet dreneres raskt sammenlignet med skum fra globulære proteiner (Fox & McSweeney 1998).

2.2.2. Myseprotein

De fleste myseproteinene er globulære proteiner med høy grad av hydrofobitet og kompakt foldede peptidkjeder (Walstra et al. 2006). Myseproteinene består av β -laktoglobulin, α -laktalbumin, bovin serum albumin (BSA), immunoglobuliner, laktoferrin, transferrin, små mengder enzymer og mindre proteiner og peptider. β -laktoglobulin har interessante fysiokjemiske egenskaper og kan brukes til emulgering, skumdannelse og gelering (Brans et al. 2004).

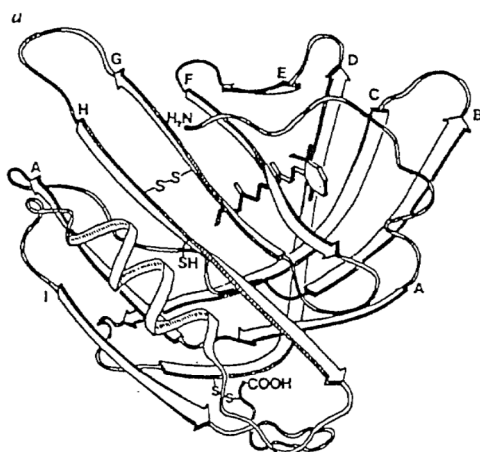
α -laktalbumin

α -laktalbumin inngår i melk fra alle pattedyr og har en viktig rolle i syntesen av laktose i juret (Bylund, 1995). Proteinet er lite, kompakt foldet og har en rund form. Det har et spesifikt ikke-eksponert bindingspunkt for et kalsiumion som vil stabilisere proteinkonformasjonen. Hvis kalsiumionet fjernes vil proteinet delvis brette seg ut og få en mer utflytende form. I denne formen kan proteinet gjennomgå en irreversibel varmedenaturering ved relativt lav temperatur (Walstra et al. 2006). α -laktalbumin har 123 aminosyrer og fire disulfidbindinger. Proteinets innhold av organisert sekundærstruktur er lav: 30 % α -heliks og 9 % β -ark (β -sheet på engelsk). Dette gjør at molekylet er svært fleksibelt (Cayot and Lorient, 1997).

β -laktoglobulin

β -laktoglobulin inngår bare i melk fra kløvdyr, og den er hovedkomponenten i myseprotein fra kumelk (Bylund 1995). Proteinets løselighet avhenger sterkt av pH og ionestyrke (Walstra et al. 2006). β -laktoglobulin har 162 aminosyrer med en thiolgruppe og to disulfidbindinger. Den sekundære og tertiære strukturen av β -laktoglobulin har en stor andel av β -ark (43-50 %) og viser høy grad av organisering. Figur 1 viser den tertiære strukturen til β -laktoglobulin. Det har en kompakt struktur på grunn av sine to disulfidbindinger (Cayot & Lorient 1997).

β -laktoglobulin forekommer i hovedsakelig tre genetiske varianter A, B og C. Variantene A og B har ulik konformasjonsstabilitet. β -laktoglobulin kan binde seg til apolare molekyler som for eksempel retinol (vitamin A) og noen fettsyrer, men det er lite sannsynlig at dette er av teknologisk eller ernæringsmessig betydning. (Walstra et al. 2006)



Figur 1: Skjematisk fremstilling av den tertiære strukturen av et bovint β -laktoglobulin, som viser retinolbindingen; piler indikerer antiparallele β -ark stukturer (Cayot & Lorient 1997).

Bovin serum albumin (BSA)

BSA er et stort protein og inneholder 582 aminosyrer. Proteinets funksjon er å transportere ikke-polare molekyler i biologiske væsker. Det er et kompakt protein og det kan bli reversibelt denaturert ved varme eller ved tilsetning av syre eller base ved 40-50 °C (Cayot & Lorient 1997).

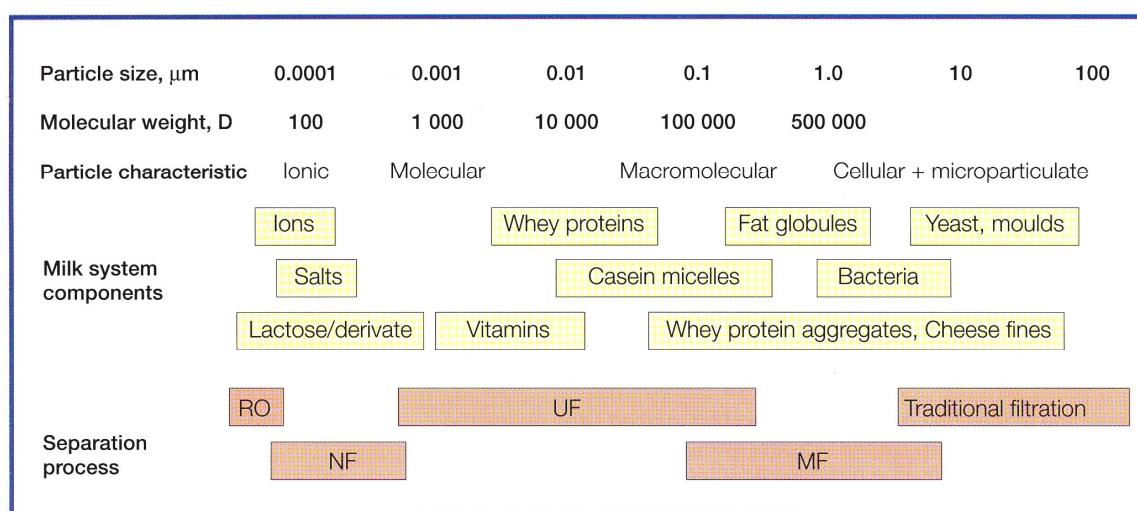
Immunoglobulin

Immunoglobulin er antistoffer som dannes som respons på stimulering av spesifikke antigener. Det finnes flere typer immunoglobuliner, og i melk forekommer IgG, IgA og IgM, med svært variable konsentrasjoner. (Walstra et al. 2006). Proteinene finnes i store mengder i kolostrum,

og de er av stor betydning for overføring av resistens mot infeksjonssykdommer fra kua til kalven (Waagner 2001). Immunoglobulin denatureres ved høyere temperaturer enn β -laktoglobulin og α -laktalbumin. I nærvær av BSA er de veldig varmesensitive, på grunn av interaksjoner med frie thiolgrupper (Cayot & Lorient 1997).

2.3. Membranfiltrering

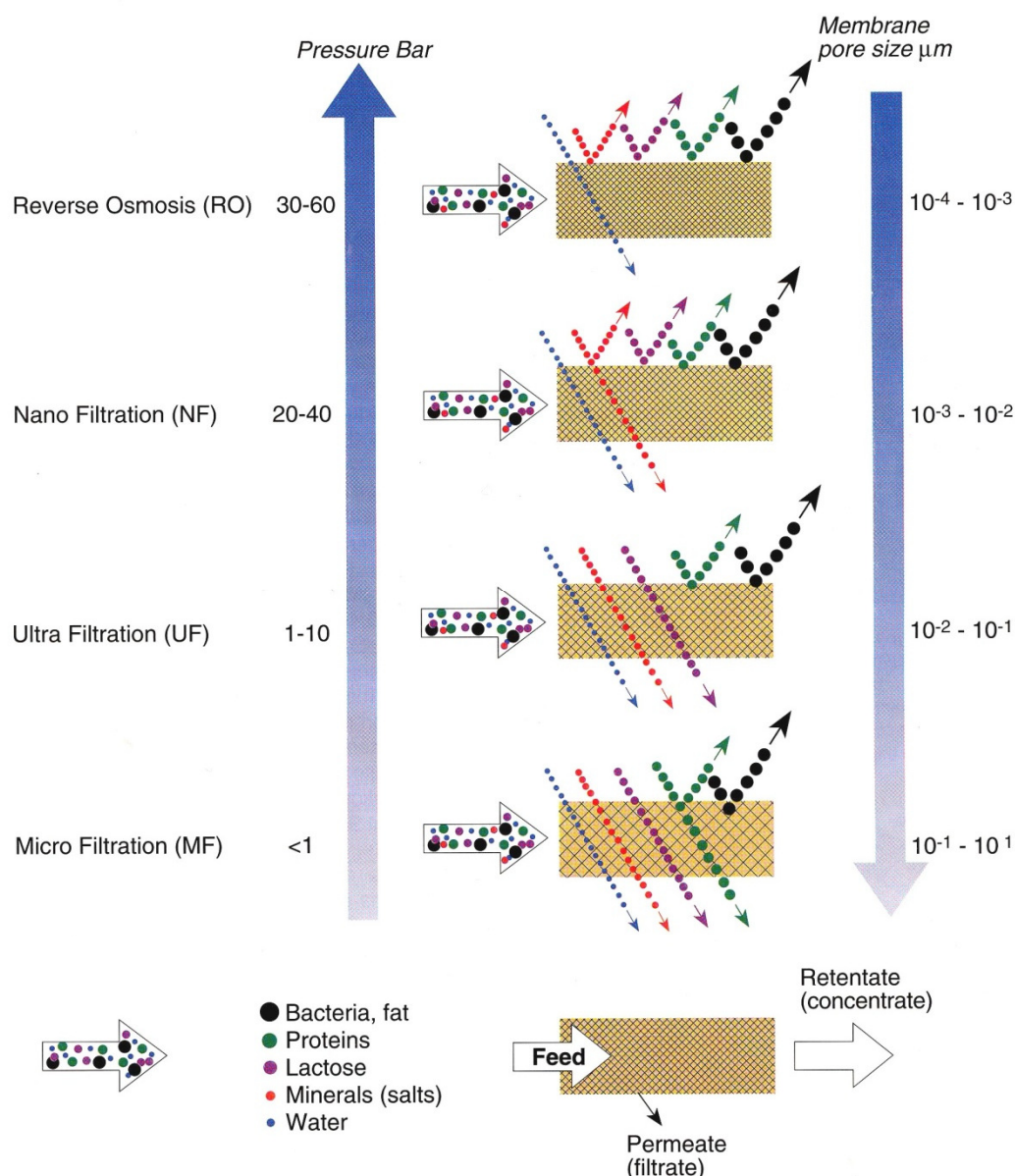
Membranfiltrering er en fysisk prosess hvor molekyler/ioner separeres fra en løsning ved hjelp av en semipermeabel membran og tilført trykk. Målet kan være å fjerne bakterier og sporer, fjerne salter og fett, fraksjonering, standardisering og konsentrering (Bylund 1995). Spekteret i applikasjon av membranprosesser i meieriindustrien vises i Figur 2.



Figur 2: Spekter i applikasjon av membransepareringsprosesser i meieriindustrien (Bylund, 1995).

I meieriindustrien kan teknologien brukes til blant annet osteproduksjon og myseprosessering. Membranfiltrering kan føre til nye eller forbedrede produkter, for eksempel produkter med standardisert innhold av ulike komponenter, økt proteininnhold og mindre fett. Bruk av membranseparering vil gi en mer konstant kvalitet på sluttproduktene (Brans et al. 2004). Under membranfiltreringen er væsken lukket inne i et system med en semipermeabel membran (Walstra et al. 2006). Det som filtreres kalles «føden», og permeabilitet er membranens kapasitet til å filtrere en komponent. Det som stoppes av membranen kalles retentat og det som går gjennom kalles permeat. Konsentrasjonsfaktoren er reduksjon i volum, det vil si forholdet mellom fødens startvolum og sluttvolumet til konsentratet/retentatet (Bylund 1995). Det finnes ulike typer membranfiltrering som brukes for å filtrere/konsentrere komponenter av ulik

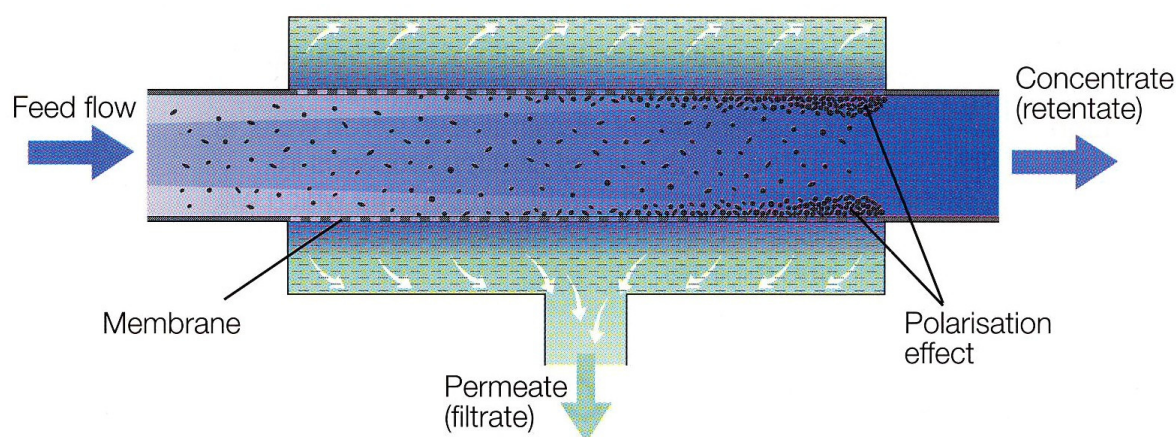
størrelse som vist i Figur 3. Omvendt osmose (reversed osmosis, RO) brukes for å konsentrere løsninger ved å fjerne vann, nanofiltrering brukes til delvis demineralisering, ultrafiltrering brukes til konsentrering av makromolekyler (eks. proteiner), mikrofiltrering brukes til å fjerne bakterier og til separering av makromolekyler (Bylund 1995).



Figur 3: Prinsipper for membranfiltrering (hentet fra Bylund 1995).

Melk er et komplekst filtreringsmedium på grunn av bred variasjon i partikkelstørrelser (1 nm–20 μm), høy konsentrasjon av dispergerte komponenter og naturlig variasjon. Dette gjør at membranprosesser for melk er utsatt for problemer med fouling (tetting av filteret), noe som vil redusere kapasiteten. Ved fouling hindres myseprotein i å trenge gjennom membranen, noe som

er hovedoppgaven ved konsentrering av kaseinmiceller. For å forhindre dette kreves det prosesser med høy «cross-flow»-hastighet, og det krever mye energi (Brans et al. 2004). «Cross-flow» (Figur 4) vil si at føden beveger seg langs overflaten til membranen, og ikke føres rett mot membranen som i «dead-end»-filtrering (Walstra et al. 2006). Selektivitet er et annet viktig aspekt ved membraneparering, og flere faktorer spiller inn for å få en god kombinasjon av komponenter som holdes tilbake og som trenger gjennom membranen. Det er viktig med uniform porestørrelse i membranen, at det er like prosessbetingelser over hele membranområdet, og at det er lite fouling da dette påvirker selektiviteten (Brans et al. 2004).



Figur 4: «Cross-flow» membranfiltrering (hentet fra Bylund 1995).

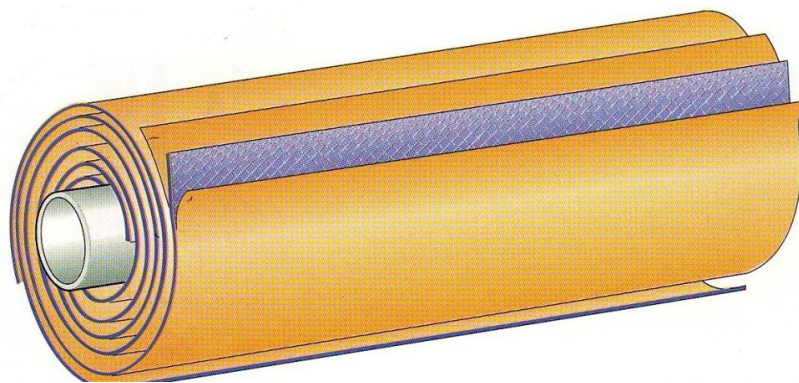
2.3.1. Mikrofiltrering

Mikrofiltrering (MF) brukes for å separere partikler, mikrober og molekyler fra væsker, og blir i utstrakt grad brukt i farmasøytisk-, kjemisk-, og næringsmiddelindustri (Heino 2009). MF som filtreringsteknologi ligger mellom ultrafiltrering (UF) og grovfiltrering, og er den eldste teknikken blant filtreringsteknikkene. Moderne mikrofiltreringsmembraner blir laget med en enkelt porestørrelse, og ved å bruke en kombinasjon av flere membraner kan en oppnå ulike fraksjoner fra en enkelt væske (Heino 2009). Ved bruk av MF kan melkeproteinene separeres i kasein- og myseproteinfraksjoner. Mikrofiltrering med keramiske membraner med en størrelse på 0.05 til 0.2 μm gjør det mulig å separere skummetmelk i en kaseinrik del (retentat) og en del med permeat bestående av native myseproteiner, laktose, mineraler og vann (Brans et al. 2004). Ved å ultrafiltrere og diafiltrere permeatet konsentreres myseproteinene.

Membranfiltrering av melk blir ikke brukt som konserveringsmetode i Norge i dag, det brukes kun ulike former for varmebehandling. Mikrofiltrering reduserer mengden bakterier og sporer i melken uten å påvirke smaken og gir lengre holdbarhet enn pasteurisering. Dette er en stor fordel i forhold til UHT-behandling hvor melken får en «kokt» smak. Antall bakterier som reduseres ved MF er høyere enn ved baktofugering. Størrelsen til bakterier som finnes i melk varierer fra 0,4-2.0 μm (Brans et al. 2004). Ved fjerning av bakterier og sporer brukes membraner med porestørrelser fra 0.8-1.4 μm (Svanborg et al. 2014). Ved reduksjon av bakterier og sporer er både kontroll av fouling og selektivitet viktig. Foulingmekanismer er fullstendig poreblokkering av bakterier og sporer, delvis poreblokkering av kaseinmiceller, adsorpsjon av myseproteiner til membranens overflate og «in-pore» fouling av myseproteiner (Brans et al. 2004). Selektivitet er viktig fordi bakterier og sporer i størst mulig grad må bli holdt tilbake, mens andre melkekomponenter skal passere gjennom membranen (Brans et al. 2004).

2.3.2. Ultrafiltrering og diafiltrering

Ultrafiltrering (UF) brukes til å konsentrere melkeproteiner i melk og i myse, og til å standardisere proteininnholdet i melk som skal brukes til ysting, yoghurt og andre produkter (Bylund 1995). Ultrafiltrering er en trykkstyrt membranprosess som separerer og konsentrerer komponenter av ulik størrelse (molekylvekt 10^3 til 10^6 Da) (Walstra et al. 2006). Det benyttes en semipermeabel membran, og størrelsen på porene gjør at vann, ioner og de fleste molekyler går gjennom, mens makromolekyler og partikler holdes tilbake. Separeringsprosessen avhenger av faktorer som molekylstørrelse, hvilken membran som benyttes og trykk (Walstra et al. 2006). Membraner som brukes er keramiske, polymeriske, «hollow fibre» og «spiral wound» (Figur 5).

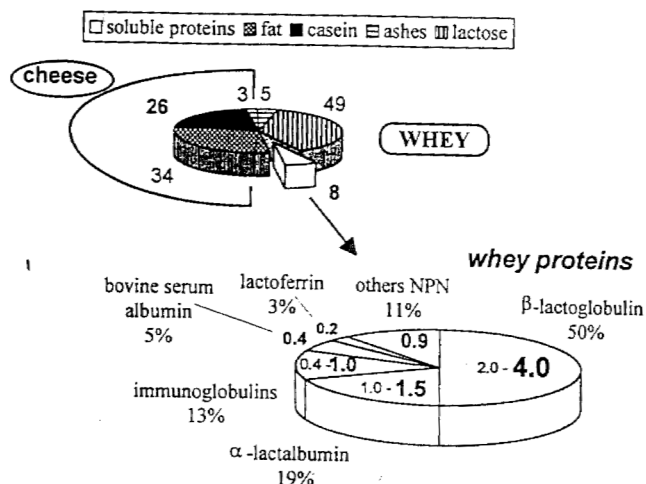


Figur 5: «Envelope formation» av Spiral-wound filterdesign (hentet fra Bylund 1995).

Diafiltrering (DF) er en prosedyre hvor retentatet fortynnes med vann og konsentreres om igjen (Walstra et al. 2006). Dette gjør at en oppnår et renere konsentrat ved at små molekyler som laktose og mineraler vaskes ut, og andelen proteiner i retentatet økes ytterligere (Bylund (1995).

2.4. Forskjeller mellom nativ myse (jomfrumyse) og myse fra osteproduksjon (WPC)

WPC 80 fremstilles ved ultrafiltrering og spraytørking av myse fra osteproduksjon. Figur 6 viser sammensetning av myse fra osteproduksjon. Mysen forkonsentreres ved bruk av UF eller ved bruk av inndamping til et tørrstoffinnhold på 58-62 % før tørking. Konsentratet blir deretter omdannet til pulver i en spraytørke, hvor tørkeprosessen foregår i flere trinn; omforming av konsentratet til svært små dråper i en varmluftsstrøm, vannfordampning, og separering av pulver fra tørkeluften (Bylund, 1995). Under tørkeprosessen tapes flyktige komponenter, inkludert en liten mengde aromakomponenter. Deler av proteinet kan bli uløselig under tørkeprosessen, noe som skyldes varmekoagulering. Dette gjør at pulveret inneholder partikler som ikke løses opp i vann, men det vil bare utgjøre en liten del av pulveret (Walstra et al. 2006).



Figur 6: Sammensetning av myse fra osteproduksjon. Tallene indikerer konsentrasjon i g/liter. NPN (nonprotein nitrogen) = produkter som består av ikke-protein nitrogen (hentet fra Cayot and Lorient, 1997).

Permeatet som dannes når kasein konsentreres kalles nativ, eller «ideal» myse. Den native mysen er et mikrobiologisk sterilt og klart permeat, hvor sammensetningen ligner på den i søt ostemyse (Heino 2009). Mikrofiltrert nativ myse inneholder ikke fett, kasein, kaseinstøv, kaseinmakropeptid eller andre biprodukter fra osteproduksjon (Ardisson-Korat & Rizvi 2004). Myse fra osteproduksjon kan også inneholde rester av starterkultur og melkesyre (Heino 2009). Grunnen til ulikt fettinnhold i nativ myse og ostemyse er at MF-membranen ved produksjon av nativ myse stanser fettkulene fra å gå over i permeatet. Ved klarifisering av ostemyse benyttes det ofte membraner med porestørrelse 0,8µm, og da som regel «spiral wound»-membraner som ikke har like skarp «cut off» som keramiske membraner. Til fraksjonering av melkeproteiner fra skummetemelk benyttes en lavere porestørrelse. Nativ myse kan likevel inneholde små mengder kasein, da tap av kasein til permeatet avhenger av membranens tetthet og porestørrelse. I noen tilfeller kan også kaseinmonomerer løse seg fra micellen og ende opp sammen med den native mysen. Det finnes nesten ikke bakterier og somatiske celler i nativ myse, da membranens porestørrelse er så liten at den kun slipper gjennom et fåtall av disse (800 kDa). Membranen holder også tilbake termisk dannede κ-kasein- og β-laktoglobulinkomplekser (Heino 2009).

Nativ myse inneholder native myseproteiner (ikke denaturert), som har gode funksjonelle egenskaper, og derfor er den teknologiske og økonomiske verdien av den native mysen høyere enn den for standard søt ostemyse (Maubois 2002). Hvis den native mysen konsentreres videre med ultrafiltrering dannes nativt myseproteinkonsentrat (NWPC) eller isolat (NWPI) (Heino

2009). Nativt myseproteinkonsentrat kalles også «jomfrumyse». Native myseproteiner har skumegenskaper likestilt med eggehviteproteiner (Heino 2009).

Tørking av ostemysekonsentratet som brukes til WPC 80 vil påvirke proteinene ved grenseflaten og i den kontinuerlige fasen (Campbell & Mougeot 1999), noe som gjør at pulveret får andre funksjonelle egenskaper enn jomfrumysekonsentratet. Myseproteinenes biologiske og funksjonelle egenskaper er viktige når de brukes i næringsmidler, og da med fokus på løselighet, vannbindingsevne, gelering, skum- og emulgerende egenskaper (Foegeding et al. 2002).

2.5. UHT-behandling

Ultrahøy temperatur (UHT)-behandling av melk innebærer en kontinuerlig varmeprosess ved temperaturer høyere enn 130°C (vanligvis 140-150°C) med en holdeperiode på noen få sekunder (vanligvis 2-10 sek). Behandlingen ødelegger alle mikroorganismer som kan vokse under normale forhold ved lagring, mens de kjemiske, fysiske og sensoriske endringer er små (Datta et al. 2002). Dette gjør at produktene får lang holdbarhet uten bruk av konserveringsmidler. Det oppnås tilsvarende sporedrap ved UHT-behandling som ved autoklaving, men UHT-behandling sikrer ikke inaktivering av eventuelle bakterielipaser og –proteaser. Det er derfor svært viktig med råvarer av god bakteriologisk kvalitet (Waagner 2001). Det er også viktig med aseptisk tapping for at produktene skal holde seg sterile. UHT-behandlede produkter har en holdbarhet fra seks uker til seks måneder i romtemperatur (Hagenes 2006).

UHT-behandlet melk må homogeniseres. Dette skyldes at sterilisert melk som ikke er homogenisert vil skille seg og danne en «fettplugg» ved lagring, og denne lar seg ikke mikse inn i melken igjen (Walstra, 2006). God blanding av produktene før UHT-behandling er viktig for å unngå klumper som kan tette til homogenisatoren. Klumper kan også føre til dårlig varmeovergang, noe som vil gi usterile produkter. Hvis det kommer luft inn i produktet under blandingen kan det føre til påbrenning i produksjonsutstyret. I flytende produkter kan luft i produktet føre til problemer ved tapping på grunn av skum (Hagenes 2006).

Det finnes to hovedtyper av UHT-behandling: direkte og indirekte. Ved direkte UHT mikses melken med varm damp (injeksjon eller infusjon), mens ved indirekte UHT varmes melken ved hjelp av en platevarmeveksler. I begge behandlingene blir varmeveksler benyttet til å forvarme melken før UHT-behandling, og til å avkjøle den etterpå. Det er mindre problemer med

påbrenning i direkte UHT-systemer, noe som skyldes fravær av varmeoverførende overflater (Datta et al. 2002).

Varmebehandlingen foregår i to steg. Først forvarmes produktet til 60-80 °C, og deretter varmes det videre under trykk til ønsket UHT-temperatur, vanligvis 140 °C, og holdes i 3-4 sekunder. UHT-behandling av melk kan gi litt brunfarge og kokt smak i ferdigproduktet (Hagenes 2006).

2.5.1. Effekt av varmebehandling på melkeproteiner

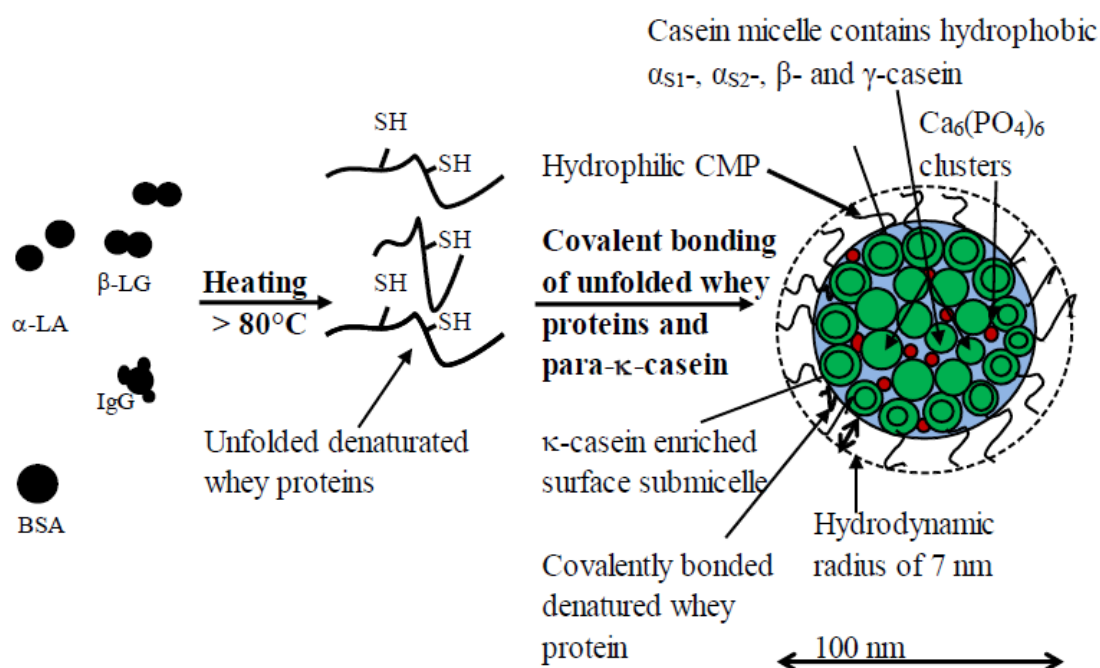
Denaturering av myseproteiner er den vanligste endringen i melken som følge av UHT-behandling. Graden av denaturering blir vanligvis estimert ved å måle hvor mye av proteinet som ikke er denaturert etter behandling. Direkte UHT-behandling gir lavere grad av denaturering av både β -laktoglobulin og α -laktalbumin enn indirekte UHT (Datta et al. 2002). Myseproteinene denatureres i form av endringer i den sekundære og tertiære strukturen. Dette vil ikke ha noen negativ effekt på myseproteinenes ernæringsmessige verdi med hensyn til innhold av aminosyrer. Det antas at denaturert myseprotein er lettere å fordøye på grunn av mer tilgjengelighet av peptidkjedene for fordøyelsesenzymene. UHT-behandling fører kun til små endringer i vitamin- og lysininnhold. Ved lik maksimumstemperatur og holdetid vil direkte UHT gi mindre tap enn indirekte (Waagner 2001).

Denaturering av myseproteiner foregår i to trinn: 1) utfoldelse av molekylerne (reversibel eller irreversibel) 2) aggregering, vanligvis etter irreversibel utfolding (de Wit 1998; Waagner 2001). De utfoldede molekylerne gir økt antall reaktive thiolgrupper. Disse reagerer med S-S-grupper enten internt eller med andre molekyler. Det dannes hydrofobe bindinger og S-S-bindinger mellom ulike myseproteinmolekyler, men også mellom proteiner fra fettkulemembranen og med κ - og α_{s1} -kaseiner. Dette fører til at det dannes små løselige aggregater bestående av to eller flere molekyler. Videre aggregering vil gi store uløselige partikler. Varmekoagulering kan være et problem i melkekonsentrater, hovedsakelig på grunn av høyere innhold av kasein. Reaksjonene avhenger av pH, ionestyrke og temperatur (Walstra et al. 2006). Økt kalsiumkloridkonsentrasjon fører til økt aggregering under varmebehandling (80 °C, 10 min, $6.0 < \text{pH} < 7.6$). Salter vil generelt fremkalle aggregering via hydrofobe samspill, noe som skyldes en reduksjon i elektrostatisk frastøtning (Cayot & Lorient 1997).

Når temperaturen er under 80-100 °C vil hastigheten for aggregeringsprosessen være mye større enn hastigheten for utfoldelsesprosessen. Ved temperaturer over 90-100 °C vil derimot

hastigheten for utfoldelsesprosessen være høyere enn for aggregeringsreaksjonen. Dette skyldes at utfoldelsesreaksjonen er mer temperaturavhengig enn den etterfølgende aggregeringsreaksjonen, noe som gjør at de to kurvene ved et tidspunkt vil krysse hverandre. Ved lavpasteurisering ved 72 °C i 15 sekunder denatureres kun en liten del av melkens myseproteiner (1-2 %), primært en del av immunglobulinene (Waagner 2001).

Interaksjon med kaseinmiceller er komplisert. Figur 7 viser hvordan denaturerte myseproteiner knytter seg til kaseinmicellen. Ved temperatur over 120 °C og høy pH vil en stor del av kaseinet (hovedsakelig κ -kasein) gå ut av micellen. κ -kaseinet reagerer med denaturerte myseproteiner, noe som er av stor betydning for varmestabiliteten til melk. β -laktoglobulin er trolig hovedkilden til –S-S- og SH-grupper, på grunn av dens høye konsentrasjon i melk og dens frie thiolgrupper. Proteiner i fettkulemembranen er mest aktive ved danning av H₂S, derfor vil varming av skummetmelk produsere lite H₂S (Cayot & Lorient 1997).



Figur 7: Kaseinmicellestruktur, myseproteiner og tilknytning av myseproteiner til kaseinmiceller. CMP=kaseinmakropeptid, Ca₆(PO₄)₆=kalsiumfosfatgruppe, SH=disulfidbånd som har blitt åpnet ved oppvarming (Heino 2009).

Andre endringer som skjer som følge av varmebehandling av melk er i følge Walstra et al. (2006):

- økning av kolloidalt kalsiumfosfat og reduksjon av Ca²⁺

- laktose degraderes gradvis til laktulose og organiske syrer
- pH i melken reduseres
- enzymer inaktiveres
- reaksjoner mellom laktose og proteiner (maillardreaksjoner)
- frie sulfhydrylgrupper dannes
- kaseinmicellene aggregerer, noe som kan ende med koagulering (ikke ønskelig i proteindrikk)
- laktoner og metylketoner dannes fra fett
- varming av melk kan gjøre den litt hvitere. For kraftig varmebehandling vil gjøre den brun
- viskositet øker på grunn av denaturering av myseproteiner og (mest) på grunn av aggregering av kaseinmicellene

2.6. Funksjonelle egenskaper

2.6.1. Viskositet

I reologien studeres ulike stoffer og væskers evne til å flyte og deformeres under innflytelse av mekanisk kraft (Ibarz & Barbosa-Canovas 2003). En væske kan flyte ved at det tilføres en belastning. Belastningen σ er det samme som kraft over et område, enhet $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$. Flyten karakteriseres av skjærhastighet. Flyteegenskapene påvirkes av ytre faktorer som temperatur, type belastning, mengde belastning og belastningens varighet (Walstra et al. 2006). Andre parametere kan være pH, konsentrasjon og trykk.

Viskositet er væskens indre motstand mot å flyte. Dette blir derfor brukt som en viktig karakteristikk av flytende næringsmidler. Enhet som brukes om viskositet er Pas. Mange væsker får endret viskositet ved oppvarming, kjøling, konsentrasjon osv. Flyt kan beskrives som at væsken består av flere lag, og når den flyter over en overflate vil det øverste laget flyte raskest og dra med seg neste lag ved en litt lavere fart og fortsette slik til det nederste laget ved overflaten er stillestående. Kraften som beveger væsken kalles skjærkraft (shear stress) [Pa] og fartsgradienten (velocity gradient) kalles skjærhastighet (shear rate) [1/s]. Væsker og gasser som viser en lineær sammenheng ved plotting av skjærhastighet mot skjærkraft kalles Newtonske fluider. Newtonske væsker er definert som væsker hvor viskositeten ikke er avhengig av skjærkraft eller skjærhastighet (Fellows 2000).

Eksempler på newtonske materialer er vann, de fleste oljer, gasser, og enkle løsninger av sukker og salter (Fellows 2000). Vann ved 20 °C har viskositet $\eta=1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, og den synker ved høyere temperaturer (Walstra et al. 2006). Ikke-newtonske fluider viser en ikke-lineær sammenheng mellom skjærhastighet og skjærkraft. Mange flytende næringsmidler, inkludert emulsjoner og konsentrerte løsninger, som inneholder stivelse, pektin og protein har ikke-Newtonske egenskaper (Fellows 2000).

Instrumenter for reologiske målinger i væsker

For å måle reologiske egenskaper i væsker benyttes instrumenter som generelt kan deles i to kategorier, enten roterende type eller rørtype. Instrumenter som måler reologiske egenskaper kalles reometere. Roterende systemer brukes generelt for å undersøke tidsavhengig oppførsel fordi materialet kun kan gå gjennom apparatet en gang i rørsystemer. I mange flytende næringsmidler er den elastiske oppførselen så liten at viskositetsfunksjonen blir det mest interessante. Denne funksjonen involverer skjærbelastning og skjærhastighet, og forholdet mellom disse to er etablert gjennom eksperimentelle data. Dynamisk viskositet er det samme som viskositet i Newtonske fluider (Steffe 1996).

Et vanlig instrument for måling av viskositet i væsker er konsentrisk sylinderviskometer. Den vanligste typen kalles Searlesystem og består av en roterende bob i en stasjonær kopp (Steffe 1996).

2.6.2. Skum

Skum og emulsjoner i næringsmidler er svært populære blant konsumenter (Dickinson 1999). Det fins et stort spekter av ulike næringsmidler med luftbobler, som kan ha mange like egenskaper til tross for at de tradisjonelt ikke er relaterte. Et eksempel er øl- og egghviteskum som begge er stabilisert av proteiner, hvor forskning på den ene kan gi relevant informasjon om den andre (Campbell & Mougeot 1999).

Fremstilling og stabilisering av skum

Skum er et tofasesystem hvor luft er dispergert i væske (Damodaran 1997). Skum i flytende næringsmidler lages vanligvis ved pisking eller risting. Skummets varighet i meieriprodukter kan variere fra ti minutter (milkshake) til flere timer eller dager (pisket krem) (Campbell & Mougeot 1999).

Produksjon av skum skjer ved at det dannes en proteinfilm rundt gassboblene, og ved samling av gassbobler i en struktur (Foegeding et al. 2006). Proteiners evne til å danne og stabilisere skum, har mange likheter med faktorer som påvirker evnen til å danne en emulsjon. Disse faktorene er rask diffusjon av molekyler til luft/vann-grensesnittet, amfifilisk struktur (både hydrofobe og hydrofile deler), løselighet og fleksibilitet (Cayot & Lorient 1997).

For at skummet ikke skal kollapse må det tilsettes emulgator eller et skumdannende middel. Både proteiner og emulgatorer er overflateaktive, og reduserer overflatespenningen ved grenseflaten (Campbell & Mougeot 1999). Proteiner er generelt mindre overflateaktive enn lavmolekylære tensider (eks. fosfolipider, mono- og diglyserider), noe som gjør at de danner skum som er mer stabile (Damodaran 1997). Emulgatorer består ofte av små fettsyrekjeder, mens proteiner består av lange molekyllkjeder dannet av aminosyreenheter. Deler av proteinet er hydrofobt, mens andre deler er hydrofile. Dette gjør at molekylet kan utfoldes ved boblens grenseflate, og den hydrofile delen er i vannfasen, mens den hydrofobe delen er i luften (Campbell & Mougeot 1999). Proteiner stabiliserer skummet hovedsakelig ved å danne en viskoelastisk membranaktig film rundt luftboblene gjennom samspill mellom delvis denaturerte proteiner (Borcherding et al. 2009; Damodaran 1997).

Blanding av proteiner og emulgatorer kan gi et ustabilt system, da emulgatorene vil forhindre sammenkjeding av proteiner, mens proteinene vil forstyrre emulgatorenes raske diffusjon til overflaten. Lipider har generelt denne effekten på proteinstabiliserte skum, og derfor vil innhold av fett ha betydning for skumegenskapene. I myseproteinspum er ofte evne til å danne skum og skumstabilitet omvendt sammenhengende (Campbell & Mougeot 1999).

Ulike proteiner har ulik overflateaktivitet på grunn av forskjellig fleksibilitet og konformasjonsstabilitet. pH, ionestyrke og temperatur har også innvirkning på proteinets overflateaktivitet (Borcherding et al. 2009). Proteinenes komposisjon, struktur og fysiske karakter har innvirkning på skumegenskapene, men også type protein, konsentrasjon, isoleringsprosess, og miljømessige faktorer under fremstilling spiller inn (Damodaran 1997). Mye av litteraturen innen dette feltet dreier seg om skumegenskaper til isolerte melkeproteiner, og ikke skumegenskaper i et helt melkeproteinsystem (Borcherding et al. 2009).

Analysering av skum

Presis måling av egenskaper i proteinskum er ofte vanskelig på grunn av at destabiliseringsprosessen starter samtidig med skumdannelsen eller umiddelbart etter forming (Foegeding et al. 2006). Et proteins evne til å danne skum avhenger av metoden for å få luft inn i produktet. Destabilisering av proteinskum skyldes drenering, sammensmelting av bobler eller deling av bobler. I skum med myseproteinisolat har det blitt vist at økt viskositet i startløsningen vil gi økt stabilitet i skummet ved å gi lavere fart på dreneringen (Foegeding et al. 2006).

Overrun brukes ofte for å karakterisere skum i flytende næringsmidler med høyt luftinnhold. Overrun representerer luften som tilsettes, og defineres som:

$((\text{vekt/volum av upisket produkt} - \text{vekt/volum av pisket produkt}) / \text{vekt/volum av pisket produkt}) * 100$.

Overrun tilsvarer volumet av gass per enhet volum gassfri materiale (Campbell & Mougeot 1999).

Skummets stabilitet representerer kapasiteten skummet har til å beholde struktur over tid. Dette kan analyseres ved å måle skummets volum over tid, eller ved å måle mengden væske som dreneres fra skummet over tid (Oboroceanu et al. 2014).

Andre analysemetoder for skum er måling av tetthet og distribusjon av boblestørrelse i skummet (Borcherding et al. 2009), måling av film i gass/væske-grenseflaten, måling av molekylstørrelse og måling av tekstur (Germain & Aguilera 2014).

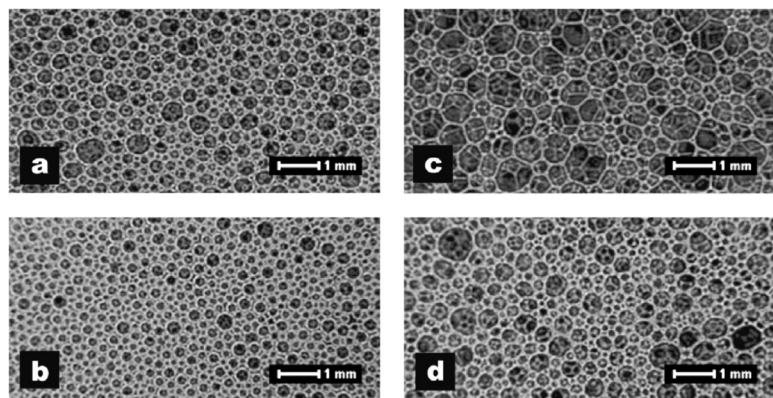
Skummets egenskaper

Myseproteinenes komposisjon og struktur påvirker deres funksjonelle egenskaper. Det kan være vanskelig å evaluere de funksjonelle egenskapene på grunn av ulike forhold i miljøet rundt proteinet og ulike analysemetoder. Informasjon fra testing av funksjonelle egenskaper i modellsystemer kan være mer nyttige for i ettertid å forklare proteinenes oppførsel i mer komplekse næringsmidler enn å forutse deres funksjonalitet (de Wit 1998).

Ifølge Heino et al. (2007) har tidligere forskning vist at høyt innhold av native myseproteiner er en viktig årsak til høy overrun og stabilitet i skum. I forskningen til Heino et al. (2007) ble det derimot funnet at fettinnholdet er den viktigste faktoren når det gjelder skumegenskaper. Høyt fettinnhold i WPC-pulver gir svakere skumstabilitet og redusert skumvolum. Proteiner i fettkulemembranen har også en negativ effekt på myseproteinets skumdannende egenskaper.

Det ble funnet at skumoverrun ble over fem ganger høyere med spraytørket NWPC (nativt myseproteinkonsentrat) og frysetørket NWPC sammenlignet med spraytørket WPC (myseproteinkonsentrat) og frysetørket WPC (Heino et al. 2007).

Ifølge forskningen til Borcharding et al. (2008) førte denaturering av myseprotein til mer ustabil skum, noe som skyldes mer overflateaktivitet på grunn av eksponering av reaktive funksjonelle grupper.



Figur 8: Digitale bilder av skum fra HTST-varmet skummetmelk i sammenheng med proteininnhold (a/c = 1 %, b/d = 6 %) etter 1 min (venstre) og 20 min (høyre) drenering.

Borcharding et al. (2009) undersøkte i sin studie effekten av å øke proteinkonsentrasjonen fra 1 til 6% på skumegenskapene i skummetmelk. Studien viste at boblestørrelsen ble redusert med økt proteininnhold. Forskjellen i boblestørrelse var størst mellom konsentrasjonene 2 og 4 %, mens ved sammenligning av

konsentrasjonene 4 og 6 % var boblestørrelsen nærmest identisk. Figur 8 viser bilder tatt av skum med ulik proteinkonsentrasjon, og det kommer tydelig fram at boblestørrelse reduseres ved økt konsentrasjon. Henstand fører til koalesens av boblene på grunn av drenering av væske fra filmen når boblene kommer i kontakt med hverandre. Dette vil føre til at filmen blir tynn og ødelagt (Borcharding et al. 2009).

Litteraturen som omhandler sammenheng mellom proteinkonsentrasjon og skumstabilitet gir ulike konklusjoner. Ifølge Halling (1981) vil økt skumstabilitet kun oppnås opp til en proteinkonsentrasjon på 0.1 %. Forskningen til Britten og Lavoie (1992) viste derimot at skumstabiliteten (i skum fra kaseinat og myseprotein) økte opp til en proteinkonsentrasjon på 10 %, mens høyere proteininnhold førte til redusert skumstabilitet.

2.7. Sensoriske egenskaper

Melk skal ha en mild søt smak og svak lukt og aroma. God smak i melk er et essensielt kvalitetskrav, og et viktig aspekt ved det er fravær av uønskede smaker (Walstra et al. 2006) (eks. papp, oksidert, besk, bitter, bismak etc.).

UHT-behandlet melk kjennetegnes av en «kokt» smak. Kort tid etter behandling kan melken ha en sterk k al- eller svovelaktig bismak, som defineres som «kokt» smak. Dette skyldes flyktige svovelkomponenter og frie sulfhydrylgrupper som frigjøres ved varmedenaturering av myseproteiner. Ved lagring vil de flyktige sulfhydrylgruppene oksidere, noe som reduserer den kokte smaken. Sammenlignet med indirekte UHT-behandlet melk har direkte UHT-behandlet melk mindre kokt smak, lavere oksygeninnhold, mindre separering av fett, mindre denaturert β -laktoglobulin og høyere innhold av folsyre og vitamin C. Sedimentering og gelering ved lagring er et større problem i direkte UHT-behandlet melk enn i indirekte UHT-behandlet melk (Datta et al. 2002).

De sensoriske egenskapene til skum i næringsmidler dreier seg hovedsakelig om tekstur. Skum i flytende næringsmidler gir en annen munnfølelse og et annerledes utseende enn produkter uten skum. Skummet kan gi en reduksjon i smaksintensitet (Campbell & Mougeot 1999).

2.7.1. Profilerings

Sensorisk profilering er en kvalitativ beskrivende test. Et produkts sensoriske profil består av en liste av aktuelle egenskaper i produktet og intensiteten av disse. Profilen kan inneholde alle de sensoriske egenskapene til produktet, eller bare egenskaper som for eksempel lukt og smak. Det må være enighet mellom deltagerene i dommerpanelet om vokabularet som benyttes for å beskrive et produkt. Med et godt trent dommerpanel vil resultatene v re reproducerbare (Lawless & Heymann 2010; Rødbotten 2000).

F r profileringen starter er det viktig med en «kalibrering» av dommerne. Det vil si at 2-3 prøver serveres hvor panelet diskuterer resultatene. Målet er å undersøke om dommerne har lik forståelse av egenskaper, om dommerne forstår bruken av skalaen, om en eller flere av dommerne må justere sin bruk av skalaen, og om den valgte referanseprøven er hensiktsmessig (Rødbotten 2000).

Profilering er en velegnet metode ved utvikling av et nytt produkt, forandring av et eksisterende produkt, definering av et standardprodukt eller sammenligning av eget produkt med konkurrentens produkt (Rødbotten 2000).

2.7.2. Kvalitetsbedømmelse

Kvalitetsbedømmelse er en test hvor den sensoriske kvaliteten til et produkt bedømmes ved hjelp av numerisk gradering. Egenskapen som skal bedømmes blir karakterisert ved hjelp av en poengskala. Poengskalaen skiller mellom prøver som har riktig kvalitet og prøver som har feil kvalitet. Metoden krever godt trenede dommere. Problemer ved metoden kan være at dommerne ikke benytter seg av hele skalaen, at poenggivningen er vanskelig å reproducere og at skalaen har lett for å «gli» over tid. Produktene som bedømmes bør ha en sensorisk spesifisering som beskriver det riktige produktet i objektive termer (Rødbotten 2000).

2.8. Faktorielt design

Generelt er faktorielle design mest effektivt for eksperimenter med to eller flere faktorer (Montgomery 2009). Et faktorielt design vil si at man utforsker alle mulig kombinasjoner av nivåene til faktorene som er involvert. Faktorer i et faktorielt design er som regel krysset. Effekten av en faktor er definert som endringen i en respons produsert ved en endring i nivået til faktoren. Dette kalles også hovedeffekt (Montgomery 2009).

Faktorielle design brukes mye i eksperimenter hvor mange faktorer er involvert, og målet er å studere deres felles effekt på en respons. Et faktorielt design hvor hver faktor har to nivåer kalles et 2^k faktorielt design, og innebærer $2*2*2*...*2 = 2^k$ observasjoner (Montgomery 2009). Disse nivåene kan være kvantitative, for eksempel to verdier av totalprotein, eller kvalitative, for eksempel to behandlinger.

3. Materialer og metoder

3.1. Forsøksdesign

Det ble laget 12 ulike proteindrikker hvor myseproteinkilde, forholdet mellom myseprotein og kasein, totalt proteininnhold og behandling ble variert på henholdsvis to nivåer, som vist i Tabell 3. Før forsøket startet ble det klart at proteinkilden WPC 80 ikke kunne sterilfiltreres, på grunn av for store partikler i løsningen som førte til tetting av filteret. Dette førte til at forsøket ikke ble fullstendig balansert. Produktene ble sammenlignet med henblikk på kjemiske, sensoriske og funksjonelle egenskaper.

Tabell 3: Forsøksdesign med fire faktorer; myseproteinkilde, myse:kasein-forhold, totalt proteininnhold og behandling, hvor hver har to nivåer.

Myseproteinkilde	Myse:kasein-forhold	Totalt proteininnhold (%)	Behandling
Jomfrumyse	20:80	6	UHT
		8	
	30:70	6	
		8	
WPC 80	20:80	6	
		8	
	30:70	6	
		8	
Jomfrumyse	20:80	6	Sterilfiltrert
		8	
	30:70	6	
		8	

Forsøket ble gjennomført med tre gjentak med så like betingelser som mulig. Gjentak vil si produksjonsuke hvor produksjon av råstoff, blanding og behandling av produktene ble utført. I det tredje gjentak ble det i tillegg laget to produkter med 8% totalprotein og forhold NWP:kasein 50:50, en med sterilfiltrert jomfrumyse og en med jomfrumyse og UHT-behandling som vist i Tabell 4.

Tabell 4: To ekstra produkter med høyere andel myseproteiner produsert sammen med produktene i gjentak 3.

Myseproteinkilde	Myse:kasein-forhold	Totalt protein-innhold (%)	Behandling
Jomfrumyse	50:50	8	UHT
			Sterilfiltrering

3.2. Fremstilling av proteindrikker

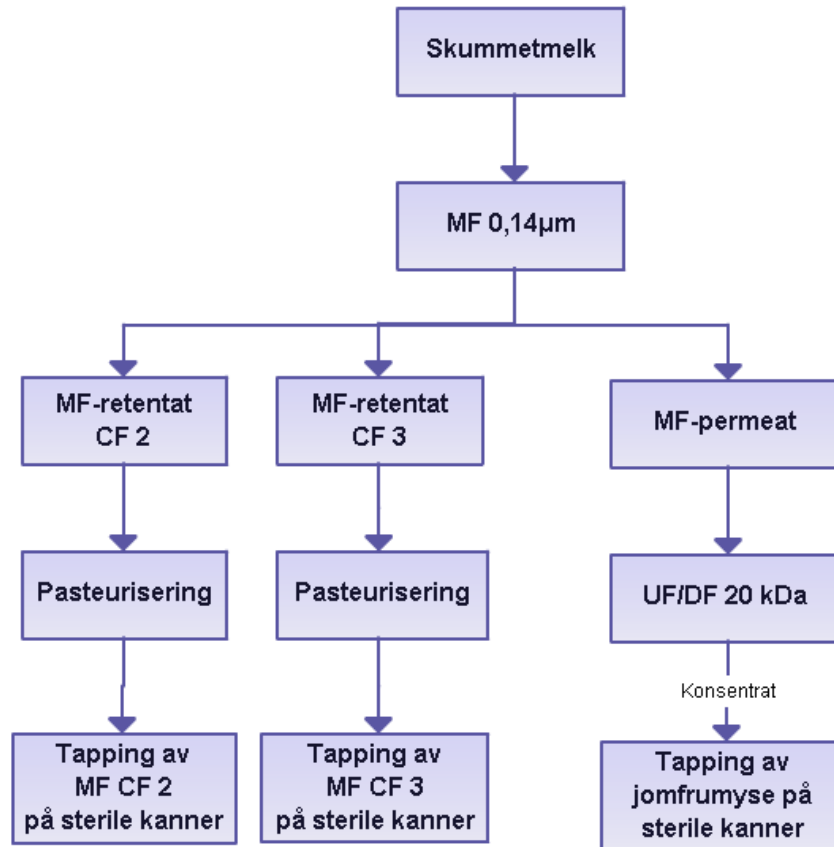
Proteindrikkene ble produsert i tre ulike produksjonsuker, definert som gjentak 1, 2 og 3.

3.2.1. Råstoff

Melken som ble benyttet som råstoff ble levert fra fjøset ved avdeling for husdyrvitenskap, NMBU, Ås, Norge (1800 liter). Den ble varmebehandlet ved 63 °C i 15 sekunder i en platevarmeveksler (Pasteur A3-HRB, S.nr. 30100-41281, Alfa Laval, Lund, Sverige) og separert (Westfalia separator, S.nr. 1710160, GEA, Oelde, Tyskland), og skummetmelken ble deretter overført til en balansetank.

MF-retentat og UF-retentat (jomfrumyse) ble produsert i pilotanlegget ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (IKBM) i Ås, Norge som vist i flytskjema i Figur 9. WPC 80-pulveret som ble brukt er et kommersielt produkt produsert ved TINEs anlegg i Verdalen, Norge. Pulveret er fremstilt ved ultrafiltrering og spraytørking av myse fra hvitostproduksjon (produktdatablad i vedlegg 1).

Produksjon av MF-retentater og jomfrumyse (Figur 9) gikk over to dager, hvor MF-retentatene ble produsert dag 1, pasteurisert og tappet på sterile plastkanner, og MF-permeatet ble tappet på en tank og oppbevart til dag 2. Dag 2 ble det produsert jomfrumyse ved å ultrafiltrere og diafiltrere MF-permeatet. Jomfrumysen ble tappet på sterile plastkanner og oppbevart kjølig.



Figur 9: Produksjon av råstoffer til proteindrikker. Dag 1 ble 1600 liter skummetmelk mikrofiltrert (MF) ved to konsentrasjonsfaktorer (CF2 og CF3). Retentatene ble pasteurisert og tappet på 20 liters sterile plastkanner, mens 900 liter permeat ble oppbevart på tank til dag 2. Dag 2 ble permeatet ultrafiltrert (UF) og diafiltrert (DF), og deretter tappet på sterile kanner.

Proteininnhold og sammensetning av nativ myse og kasein i WPC 80-pulver, MF-retentat og UF-retentat ble analysert ved hjelp av Kjeldahlmetoden (beskrevet i kap. 3.3.1), og resultatene ble brukt som grunnlag for beregning av resepter. MF CF 2 ble brukt som ingrediens i proteindrikkene med 6 % totalprotein og MF CF 3 ble brukt som ingrediens i proteindrikkene med 8 % totalprotein. Dag 3 ble råstoffene fraktet til TINE FoU Kalbakken, Oslo, Norge for videre behandling. Laboratoriet og pilotanlegget ved TINE FoU ble benyttet til sterilfiltrering av nativ myse, blanding av produkter og UHT-behandling av MF-retentater og ferdige produkter. Figur 10 og Figur 11 viser flytskjema for fremstilling av produktene.

3.2.2. Mikrofiltrering (MF)

Råstoffet som inngikk i proteindrikkene ble produsert ved å fraksjonere skummetmelk i et mikrofiltreringsanlegg (APV UF/MF pilot MCC RV 00109921 RKA 01118340, APV, Silkeborg, Danmark). Anlegget har blitt noe endret etter levering fra produsent. Det har blitt montert på en innebygd permeatkjøling som beskrevet i patenten 330181 (Hoffmann 2011). Det ble benyttet en keramisk membran (Inside céram, Tami industries, Frankrike) med porestørrelse 0,14 µm. Filtreringstemperatur var 55-58 °C. Det ble produsert retentat med konsentrasjonsfaktor 2 og 3. Permeatet ble benyttet til produksjon av jomfrumyse.

3.2.3. Ultrafiltrering (UF) og Diafiltrering (DF)

Mikrofiltrert permeat ble fraksjonert i et kombinert ultrafiltrerings- og diafiltreringsanlegg (Alfa Laval, UFS-4, Silkeborg, Danmark). Permeatet ble filtrert ved 50 °C gjennom en membran av typen «spiral wound» (GR60PP-6338/48, APV, Silkeborg, Danmark) med en cut off på 20 kDa. Trykket inn på membranen var 2,2 bar og trykk ut var 0,9 bar.

Diafiltrering gjør at en oppnår et renere konsentrat ved å fjerne små molekyler ved at retentatet fortynnes med vann og konsentreres om igjen (Walstra et al. 2006). Dette vil redusere laktoseinnholdet i retentatet og øke proteinkonsentrasjonen ytterligere. Vannet som ble fjernet ved ultrafiltrering ble erstattet med pasteurisert vann (50 °). Dette ble gjentatt ca tre ganger. Brix (% løselig tørrstoff) i permeatet ble registrert ved hjelp av et håndrefraktometer. Etter at brix i permeatet målte 0° ble vann tilsatt ytterligere tre ganger før konsentrering ned til 50 L og tapping på kanner.

3.2.4. Sterilfiltrering av jomfrumyse og vann

Det ble benyttet sterilfilter (Opticap XL 150 Capsule, Media: Sterile Millipore Express SHC 0.5/0.2µm, Jaffrey, NH USA) for å sterilisere jomfrumyse. Jomfrumysen ble temperert til 37°C i et vannbad før filtrering. Den ble deretter ført gjennom en slange og presset gjennom sterilfilteret ved hjelp av en peristaltisk pumpe (230 volt, 10-650 rpm) modellnr. 77410-10 (Masterflex, Cole Parmer, USA), og tappet på 500 ml sterile glassflasker. Den samme typen sterilfilter ble også benyttet til å sterilisere vann.

3.2.5. Blanding av produkter

Totalt proteininnhold og innhold av nativ myse og kasein i råstoffene ble analysert ved hjelp av Kjeldahlmetoden (beskrevet i kap. 3.3.1) umiddelbart etter produksjon. Med disse resultatene som grunnlag ble det utarbeidet resepter hvor totalprotein ble variert i to nivåer (6% og 8%), og forholdet mellom nativ myse og kasein ble variert i to nivåer (20:80 og 30:70). Ingrediensene bestod av MF-retentat CF 2, MF-retentat CF 3, UF-retentat, WPC 80-pulver og vann (resepter i vedlegg 2).

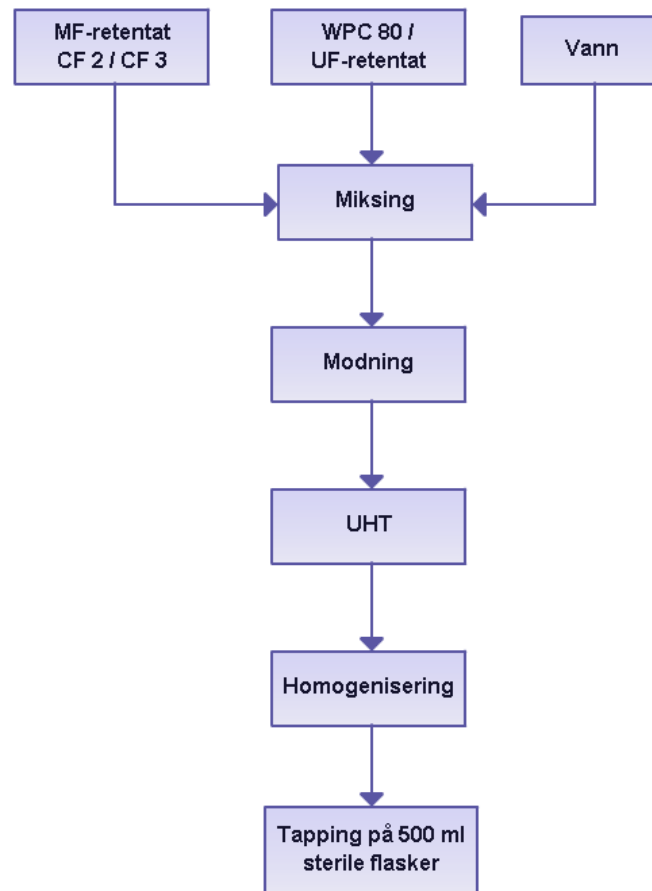
Produktene som skulle UHT-behandles ble blandet i randomisert rekkefølge, og deretter satt på kjølerom for å modnes/rehydreres i ett døgn før UHT-behandling. Hver batch hadde et totalinnhold på 15-20 kg.

Produktene med sterilfiltrert jomfrumyse ble blandet i sterilbenk for å unngå kontaminasjon. Ingrediensene bestod av UHT-behandlet MF-retentat CF 2/CF3, sterilfiltrert UF-retentat (jomfrumyse), og sterilfiltrert vann. Det ble benyttet identisk sammensetning av ingredienser som for UHT-behandlede produkter med jomfrumyse. Ingrediensene ble veid inn i 500 ml sterile glassflasker.

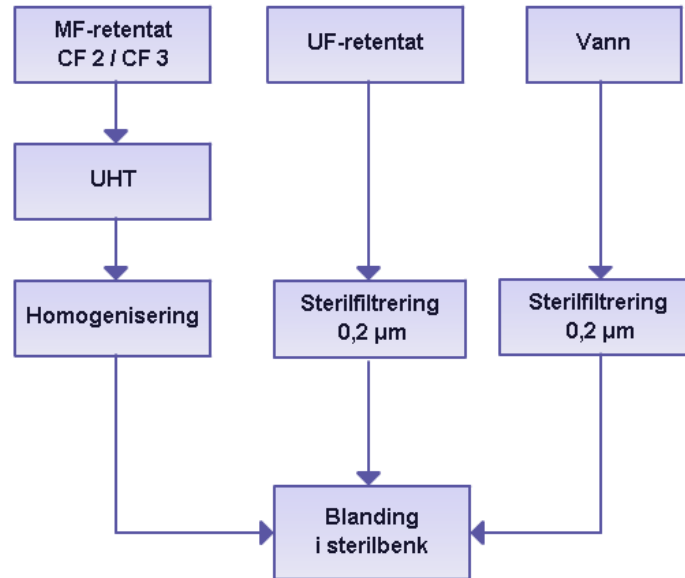
3.2.6. UHT-behandling og homogenisering

Åtte av produktene i forsøket ble UHT-behandlet, i tillegg til MF-retentatene som skulle brukes som ingredienser i produktene med sterilfiltrert jomfrumyse. Det ble benyttet et UHT-anlegg i pilotanlegget ved TINE FoU Kalbakken (Pilot plant SSP (SPX) 2013, Silkeborg, Danmark) med en kapasitet på 80-150 l/t. Produktene ble varmebehandlet med direkte injeksjon ved 140 °C i 4 sekunder. Deretter ble produktet holdt ved 75 °C i 60 sekunder i rørvarmeveksler. Produktene ble homogenisert nedstrøms med et trykk på 150 over 30 bar. MF-retentatene ble kjølt i to trinn etter homogeniseringen. Tappetemperatur var ca. 10 °C, og produktene ble tappet på sterile flasker i sterilbenk. Blandingene med lavest totalprotein ble UHT-behandlet først på grunn av mindre fare for påbrenning enn blandingene med høyere totalprotein. Utover det ble de ulike blandingene behandlet i randomisert rekkefølge. Det ble utført skylling og lutvask mellom hver batch, og full vask ved behov for å standardisere varmedenaturering i anlegget.

3.2.7. Flytskjema for fremstilling av proteindrikker



Figur 10: Fremstilling av UHT-behandlede proteindrikker med MF-retentat, WPC80, UF-retentat (jomfrumyse) og vann som ingredienser.



Figur 11: Fremstilling av proteindrikker med sterilfiltrert UF-retentat (jømfrumyse), MF-retentat og vann som ingredienser.

3.3. Kjemiske analyser

3.3.1. Bestemmelse av proteinsammensetning

Kjeldahlmetoden ble benyttet for å bestemme totalt innhold av protein og sammensetning av myseprotein og kasein. Total nitrogen (TN), ikke-kasein nitrogen (IKN) og ikke-protein nitrogen (IPN) ble analysert i henhold til IDF 20-1:2001 (IDF, 2001a), 20-5:2004 (IDF, 2001c) og 29-2:2004 (IDF, 2004). Resultatene ble benyttet til å beregne innholdet av total protein, og sammensetningen av kasein og nativt myseprotein. Analysen ble gjort på melkefraksjonene, hvor resultatet dannet grunnlag for reseptberegning, og på et utvalg av ferdigprodukter. Det ble også gjort analyser av tilsvarende produkter før UHT-behandling for å sammenligne med resultatene etter UHT-behandling. Ved analysing av WPC 80 ble det laget en stamløsning ved å veie inn 20 g pulver og tilsette destillert vann til blandingen veide 200 g. Blandingene ble rørt jevn ved bruk av magnetrører. Videre ble samme prosedyre som ved analysing av de andre prøvene benyttet.

Rørene med prøve og reagenser ble kokt i en Kjeltex oppslutningsblokk (Foss, Sverige) og destillert og titrert i et Kjeltex destillasjonsapparat (Foss, Sverige).

3.3.2. Mysedenaturering (HPLC)

Prøveopparbeiding for kvantitativ bestemmelse av nativt α -LA og summen av β -LG A og B, uttrykt som β -LG, med RP-HPLC ble gjort i henhold til en modifisert metode som beskrevet i Beyer (1990). Alle prøvene ble fortynnet med milliQ vann og pH ble justert til 4.6 med 0,05 M HCl for å felle ut denaturerte proteiner. Prøvene stod deretter til henstand i en time før filtrering (Blue ribbon 589/3, Whatman GmbH, Dassel, Tyskland). Før videre analysering ble prøvene fortynnet med «trifluoroacetic acid» (TFA) buffer (0.1 % v/v, 99 % TFA), (Sigma-Aldrich) og filtrert gjennom et 0.2- μ m filter (25 mm Syringe Filter, VWR, West Chester, PA, USA). 10 μ L fra hver prøve ble injisert i kolonnen, (Zorbax 300SB-C₁₈, 4.6 * 150 mm, 5-Micron med forkolonne Zorbax 300SB-C₁₈ 4.6 * 12.5 mm 5-Micron, Agilent, Santa Clara, CA, USA) i et HPLC system (Perkin Elmer Series 200, Santa Clara, CA, USA) med en UV/VIS detektor (226 nm). Softwaren som ble brukt til dataanalyse av dataene var TotalChrom Workstation software version 6.2.1 (Perkin Elmer, Shelton, CT, USA). Proteinene eluerte ved en flowrate på 0.5 mL min⁻¹ ved 25 °C med gradient A (0.1 % TFA) og gradient B (80 % acetonitrile and 0.1 % TFA), begge fra Merck KGa (Darmstad, Tyskland). Systemet ble stabilisert ved 40 % gradient B i 3 min og deretter økt til 50 % gradient B over 2 min. Gradient B ble videre økt til 54 % over 12 min, deretter til 60 % over 3 min og til slutt holdt ved 60 % i 8 min. Standarden som ble brukt til myseproteinene var α -LA L6010, β -LG A L7880 og β -LG B L8005 (Sigma Aldrich, St.Louis, MO, USA). Kalibreringen ble utført ved å fortynne individuelle standarder av løsninger av α -LA og β -LG i gradient A, fulgt av filtrering gjennom 0.2- μ m filtere og injisering i HPLC-apparatet.

Formel for beregning av innhold av α -LA, β -LG A og β -LG B i prøvene:

$$\frac{((\text{Resultat HPLC} \frac{\text{mg}}{\text{ml}} \times (\text{fortynning } 10:2)) \times \text{prøve m.fortynning } g)}{\text{prøve } g} \quad \text{Formel 3.1}$$

Formel for beregning av denatureringsgrad i UHT-behandlede prøver:

$$\text{Denatureringsgrad (\%)} = 1 - \left(\frac{\frac{\text{mg}}{\text{ml}} \text{ etter UHT}}{\frac{\text{mg}}{\text{ml}} \text{ før UHT}} \right) \times 100 \quad \text{Formel 3.2}$$

3.3.3. Tørrstoff

Tørrstoff ble analysert i henhold til IDF 21B:1987 (IDF 1987).

3.3.4. pH

pH ble målt med et PHM 92 LAB pH-meter (Radiometer, Lyon, Frankrike).

3.3.5. Mineraler

Innholdet av mineraler i produktene ble analysert av Solfrid Lohne ved institutt for miljøvitenskap (IMV), NMBU, Ås, Norge. Det ble målt innhold av natrium, magnesium, fosfor, kalium, kalsium, jern, kobber og sink i ferdigprodukter og i fraksjoner etter UHT/sterilfiltrering. Mineralene i melken og melkefraksjonene ble spaltet ved bruk av 65% konsentrert HNO₃ ved 250 °C i en Milestone Ultrawave UltraClave III (Milestone, Sorisole, Italia) og fortynnet til 10% HNO₃ før analyse (De La Fuente, Carazo, & Juárez, 1997) via «Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry» (Perkin Elmer Optima 5300 DV).

3.3.6. Laktose

Laktose ble analysert ved å bruke HPLC, som beskrevet av Moe, Porcellato et al. (2013).

Prøven ble fortynnet 1:10 med destillert vann før analysering. Etter HPLC ble innhold av laktose i prøven beregnet med formelen:

$$\text{Laktose (ppm)} = \frac{\text{Prøve (g)} + \text{destillert vann (g)}}{\text{Prøve (g)}} * \text{resultat HPLC (ppm)} \quad \text{Formel 3.3}$$

3.3.7. Fett

Innhold av fett ble analysert eksternt ved Måltidets hus (TINE FoU, Stavanger, Norge). Det ble gjort analyser av WPC 80-pulveret, MF-retentatene, UF-retentat, skummetmelk og av ett ferdigprodukt fra hvert gjentak. Metoden Schmidt-Bondzynski-Ratzlaff (SBR) ble brukt til analyser av WPC 80 etter standardisert intern metode MA 707 som referer til tre IDF-standarder (IDF, 2004a, 2005b, 2006). Fettinnhold i de øvrige prøvene ble analysert med Röse-Gerber

metoden (IDF, 1987a). Resultatene fra analysen ble senere brukt til å beregne teoretisk innhold av fett i alle ferdigproduktene. Dette ble gjort ved å bruke fettinnholdet i råstoffene som inngikk i et ferdigprodukt og sette inn i formel:

$$\text{Fett (\%)} = \frac{\text{Sum fett g/100g i råstoff}}{\text{Total mengde produkt (g)}} \times 100 \% \quad \text{Formel 3.4}$$

3.4. Funksjonelle egenskaper

3.4.1. Skum

Skumanalyser ble gjort i henhold til en modifisert utgave av TINEs «Stabilitetstest av milkshake» (TINE 2012). Skummets volum, overrun og stabilitet ble målt. I tillegg ble det gjort en visuell observasjon av skummets utseende ved å fotografere skummet ved et gitt tidspunkt. TINE milkshake jordbær og TINE YT restitusjonsdrikk kakao ble brukt som referanser i skumanalysene. Milkshaken inneholder 1,4 g fett og 4 g protein per 100 gram, og restitusjonsdrikken inneholder 1 g fett og 5,6 g protein per 100 gram.

Produktene ble oppbevart på kjølelager, og holdt ved analysering en temperatur på 5-7 °C. 200 ml prøve ble målt opp i målesylinder, og deretter helt over i et stort syltetøyglass (800 g) med lokk og ristet manuelt i 20 sekunder. Produktet ble helt over i en 500 ml målesylinder og volumet lest av straks. Overrun (økning i volum ved luftinnblanding, i forhold til originalt volum) ble beregnet med formel:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{\text{mengde skum (ml)} - \text{mengde før risting (ml)}}{\text{mengde før risting (ml)}} * 100 \quad \text{Formel 3.5}$$

Skumstabilitet representerer skummets kapasitet til å bevare struktur over tid og kan bli evaluert enten ved å måle volumet av skummet eller volumet til den drenerte væsken over tid. (Oboroceanu et al. 2014) Skumstabilitet ble bestemt ved hjelp av to metoder. Den første

metoden gikk ut på å måle skummets volum i målekolben umiddelbart etter risting og deretter etter 5 minutters henstand. Stabilitet ble beregnet ut i fra mengden bevart skum med formel:

$$\% \text{ bevart skum} = \frac{\text{mengde skum etter 5 minutter henstand (ml)}}{\text{mengde skum umiddelbart etter risting (ml)}} * 100 \quad \text{Formel 3.6}$$

Metode 2 gikk ut på å lese av skillet mellom væskefase og skum i målesylinderen etter 5 minutters henstand. Dette ga et mål på hvor mye væske som ble drenert fra skummet. %drenering fra skummet ble beregnet med formel:

$$\% \text{ drenering} = \frac{\text{væske drenert fra skum (ml)}}{\text{mengde før risting (ml)}} * 100 \quad \text{Formel 3.7}$$

3.4.2. Viskositet

Produktenes viskositet (flyteegenskaper) ved økende skjærhastighet ble målt ved å benytte et Physica UDS 200 reometer (Anton Paar, Ostfildern, Tyskland). Det ble benyttet bob-kopp system ved målingene. En liten mengde prøve ble helt i koppen og proben/bob ble deretter senket ned i prøven sånn at prøven dekket proben. Prøvene ble temperert til 20 °C før måling. Hver prøve ble målt med tre paralleller, hvor prøvens viskositet ble registrert i målepunkter med økende skjærhastighet fra 1 til 400 [1/s] med 30 målepunkter. Softwaren som ble benyttet for analyse av dataene var US200, versjon 2.50. Det ble benyttet et annet reometer for måling av prøvene fra tredje gjentak. Det ble da benyttet et Physica MCR 301 reometer (Anton Paar, Ostfildern Tyskland). Softwaren som ble benyttet for analyse av dataene var Rheoplus/32. Selve målingen foregikk på samme måte som i gjentak 1 og 2.

3.5. Sensoriske analyser

Beskrivende analyser benyttes innenfor sensorikken for å beskrive produktet og fastslå produktets profil. Testen blir utført med et trent dommerpanel og målet er å gi en detaljert

spesifikasjon av de sensoriske egenskapene til et enkelt produkt, eller å sammenligne de sensoriske ulikhetene mellom mange produkter (Lawless & Heymann 2010).

Det ble foretatt en profileringstest av produktene fem dager etter produksjonsdato. I tillegg til proteindrikkene ble MF CF 2 og en referanse (TINE Styrk) tatt med i profileringen. Hver prøve ble profilert i to replikater og prøvene ble presentert i randomisert rekkefølge. Prøvene ble temperert til romtemperatur før servering. Profileringen ble utført av Elin Simonstad Valle ved TINE FoU med et trent dommerpanel. Før den sensoriske testen startet ble det utført en kalibreringsrunde med referanse, MF CF 2 og en av proteindrikkene. Kriteriene produktene ble bedømt etter var fargestyrke, fnokker, konsistens, munnfølelse, melen, tørrhet i munnen, søt smak, syrlig smak, kokt smak, brent smak, besk/bitter smak, oksidert smak, pappsmak, pulversmak og bismak. Poengene ble angitt på en skala fra 1-9, hvor 1 var «ingen» og 9 «intens». Det var 6-7 trente dommere som deltok i hver bedømming. De fleste av dommerne deltok i alle tre gjentakene, men det var ikke mulig å få til et identisk dommerpanel i hvert gjentak.

3.6. Kvalitetsbedømmelse av lagrede produkter

Etter at produktene hadde vært lagret i fire uker ble det foretatt et kvalitetsbedømmelse av produktene med trent dommerpanel ved TINE FoU Kalbakken. Bedømmelsen ble utført av Elin Simonstad Valle med fire dommere. Produktene ble bedømt ut i fra kriteriene utseende, lukt og smak. En poengskala fra 1 til 5 ble benyttet, der 5 er best. Dette er den samme skalaen som benyttes ved kvalitetsbedømmelser i TINE.

Skalen er definert slik:

- 5 poeng: Samsvar med sensorisk spesifikasjon
- 4 poeng: Ubetydelig avvik fra sensorisk spesifikasjon
- 3 poeng: Tydelig avvik fra sensorisk spesifikasjon
- 2 poeng: Betydelig avvik fra sensorisk spesifikasjon
- 1 poeng: Svært betydelig avvik fra sensorisk spesifikasjon

Hvis produktet blir gitt 3 poeng eller lavere må det begrunnes med kommentar. TINE Styrk ble brukt som referanseprodukt.

I tillegg til kvalitetsbedømmelsen ved TINE FoU ble det foretatt en visuell estimering av farge og bunnfall av de lagrede produktene.

3.7. Mikrobiologiske analyser

Det ble gjort mikrobiologiske analyser av de ferdige produktene for å se om UHT-behandlingen og sterilfiltreringen hadde vært tilstrekkelig for å få sterile produkter. 1 ml av prøvene ble støpt inn i Brain heart infusion agar (Oxoid, Hampshire, England). Prøvene ble inkubert aerobt ved 30 °C i 5 dager. Det ble gjort mikrobiologiske analyser av ferske produkter (6 dager) og av lagrede produkter (4 uker).

3.8. Statistisk behandling av data

Det ble brukt variansanalyse (ANOVA type 3 test) for å analysere dataene. Den statistiske softwaren R (versjon 2.15.2, 2012-10-26, The R Foundation for Statistical Computing) ble benyttet til statistisk behandling av data. De statistiske analysene ble utført på proteindrikkene som inngikk i alle tre gjentakene, og ikke på de to ekstraproduktene med forhold 50:50 myseprotein:kasein som ble produsert i gjentak 3.

Forsøket ble satt opp som et 2^k faktorielt design med fastsatte faktorer, randomisert design og med antatt normale forutsetninger (Montgomery 2009). Faktorer som inngikk var proteinkilde, behandling, forhold myseprotein/kasein, totalprotein og gjentak. Gjentak ble inkludert i den statistiske analysen fordi det var relativt stort avvik mellom de tre gjentakene. Ved å inkludere gjentak som faktor i modellen ble dette tatt høyde for. For å finne den optimale modellen ble det først laget en fullstendig modell hvor alle faktorer og mulige samspill var inkludert (som vist i Tabell 5), og deretter brukt stegvis baklengs eliminering med et signifikansnivå på 5 %. Baklengs eliminering vil si å stegvis fjerne ikke-signifikante faktorer fra modellen, hvor en starter med den minst signifikante faktoren eller samspillet i leddet med høyest orden (samspill mellom alle faktorene). Ikke-signifikante faktorer og samspill med lavere orden enn signifikante faktorer/samspill beholdes i modellen for å respektere hierarkiet.

Tabell 5: Oppbygning av modell for variansanalyse av 2^k design

Kilde til variasjon
k hovedeffekter
A
B
⋮
K
$\binom{k}{2}$ samspill 2 faktorer
AB
AC
⋮
JK
$\binom{k}{3}$ samspill 3 faktorer
ABC
ABD
⋮
IJK
⋮
$\binom{k}{k}$ samspill k faktorer
ABC ... K

4. Resultater

Det ble laget 12 ulike proteindrikker i tre gjentak (produksjonsuker). De bestod av mikrofiltrert retentat fra skummetmelk med konsentrasjonsfaktor 2 eller 3 (MF CF 2 / MF CF 3) og myseproteinkonsentrat-pulver med 80 % protein i tørrstoff (WPC 80) eller ultrafiltrert retentat (UF) også kalt jomfrumyse. Produktene ble enten behandlet med ultrahøy temperatur (UHT)-behandling eller inneholdt sterilfiltrert jomfrumyse. Proteindrikkene ble analysert med henblikk på kjemiske, funksjonelle, sensoriske og mikrobielle egenskaper. Det ble brukt variansanalyse (ANOVA type 3 test) for å analysere dataene (resultater fra variansanalyse med p-verdier og estimer i vedlegg 4).

4.1. Råstoff

Det ble foretatt analyser av laktose-, fett- og proteininnhold i råstoffene som ble brukt i forsøket. Proteinkonsentrasjon og sammensetning ble brukt til å beregne resepter.

Tabell 6 viser at sammensetning og konsentrasjon av proteiner i de to MF-retentatene var relativt jevnt i de tre gjentakene, i motsetning til UF-retentatet som hadde større variasjon mellom gjentakene. MF- retentat CF 3 i gjentak 3 skiller seg fra de to andre produksjonene ved at det inneholder vesentlig mindre fett og laktose.

Tabell 6: Råstoffenes sammensetning i tre gjentak (produksjonsuker). Det ble brukt WPC 80 fra den samme batchen i alle gjentakene. Ruter som er merket med – har ikke blitt analysert.*

Råstoff	Gjentak	Sk. melk	UF	MF CF 2	MF CF 3	WPC 80
Laktose %	1	-	0.088	4.310	4.125	3.9493
	2	-	0.132	4.615	4.399	"
	3	-	0.107	4.531	2.897	"
Fett %	1	-	0.04	0.32	0.42	4.86
	2	-	0.02	0.25	0.39	"
	3	-	0.02	0.25	0.16	"
NWP %	1	0.5	6.7	0.8	0.9	67
	2	0.6	8.4	0.5	0.6	"
	3	-	8.1	0.7	0.8	"
Kasein %	1	2.6	0.5	5.8	8.1	2.1
	2	2.6	0.7	5.6	8.2	"
	3	-	0.2	5.4	8.3	"
TP %	1	3.3	7.2	6.5	9.0	68.7
	2	3.3	9.1	6.2	8.9	"
	3	-	8.5	6.2	9.2	"

*forkortelser: NWP; native whey protein = nativ myse, TP; totalprotein, sk.melk; skummetmelk, UF; ultrafiltrert, MF CF2/3; mikrofiltrert konsentrasjonsfaktor 2/3.

4.2. Kjemisk

4.2.1. Laktose, fett, tørrstoff og proteinsammensetning

Den kjemiske sammensetningen i proteindrikkene ble analysert både eksternt ved Måltidets hus og internt på laboratoriet for meieriteknologi og matkvalitet ved NMBU. Laktose- og fettinnhold ble beregnet ut i fra analysert innhold av laktose og fett i råstoffene. Tabell 7 viser at laktose- og fettinnhold varierer mer mellom gjentakene (større standardavvik) i produktene med 8 % TP enn i produktene med 6 % TP. Begge hadde signifikant variasjon mellom gjentakene. Dette skyldes at det var større variasjon i laktose- og fettinnhold mellom gjentakene i MF CF3 (Tabell 6) som ble benyttet som råstoff i produktene med 8 % TP. Totalprotein og forhold nativt myseprotein/kasein (denaturert myseprotein inngår i verdien for kasein) ble analysert ved Kjeldahlmetoden. Det ble kun gjort analyse på et utvalg av proteindrikkene, da det var en tidkrevende analyse. Mengde totalprotein samsvarer godt med reseptene, mens forholdet myseprotein:kasein varierer mer. Proteindrikkene med sterilfiltrert jomfrumyse har en større andel av native myseproteiner enn proteindrikkene som ble UHT-behandlet. Det var signifikant høyere innhold av laktose i proteindrikkene med 8% totalprotein og forhold 20:80

nativ myse/kasein. Det var signifikant høyere innhold av fett i proteindrikkene med WPC 80 som myseproteinkilde og 8 % totalprotein. (Variansanalyse for resultatene finnes i vedlegg 4)

Tabell 7: Proteindrikkenes innhold av laktose, fett (begge beregnet ut i fra analysert laktose-/fettinnhold i råstoff), tørrstoff (TS), totalprotein (TP) og sammensetning av NWP (native whey protein = nativ myse) og kasein (begge % av totalprotein). Verdiene er gitt som gjennomsnitt av tre gjentak med standardavvik (en ekstraproduksjon med forhold 50:50 ble produsert uten gjentak).

Faktorer ^a				Laktose	Fett	TS	TP	NWP	Kasein ^b
Beh.	Kilde	Forhold	TP*	%	%	%	%	% av TP	% av TP
UHT	JM	20:80	6 %	0.038 ± 0.002	0.23 ± 0.03	11.0 ± 0.2	5.9 ± 0.1	9.6 ± 1.3	90.4 ± 1.3
UHT	JM	20:80	8 %	0.029 ± 0.006	0.25 ± 0.11	12.3 ± 0.3			
UHT	JM	30:70	6 %	0.033 ± 0.002	0.21 ± 0.03	10.2 ± 0.6			
UHT	JM	30:70	8 %	0.026 ± 0.006	0.22 ± 0.10	12.0 ± 0.2	7.7 ± 0.3	11.1 ± 2.4	88.9 ± 2.4
UHT	WPC80	20:80	6 %	0.039 ± 0.002	0.28 ± 0.03	11.2 ± 0.7	5.9 ± 0.4	9.9 ± 3.1	90.1 ± 3.1
UHT	WPC80	20:80	8 %	0.030 ± 0.006	0.32 ± 0.11	13.2 ± 0.1			
UHT	WPC80	30:70	6 %	0.034 ± 0.002	0.30 ± 0.02	10.9 ± 0.3			
UHT	WPC80	30:70	8 %	0.027 ± 0.006	0.35 ± 0.07	12.5 ± 0.5	7.8 ± 0.4	12.1 ± 1.1	87.9 ± 1.1
SF	JM	20:80	6 %	0.038 ± 0.002	0.23 ± 0.03	10.5 ± 0.9	5.8 ± 0.3	15.7 ± 1.2	84.3 ± 1.2
SF	JM	20:80	8 %	0.029 ± 0.006	0.25 ± 0.11	12.4 ± 0.3			
SF	JM	30:70	6 %	0.033 ± 0.002	0.21 ± 0.03	10.1 ± 0.4			
SF	JM	30:70	8 %	0.026 ± 0.006	0.22 ± 0.10	11.8 ± 0.2	7.7 ± 0.2	28 ± 0.8	72 ± 0.8
UHT	JM	50:50	8 %	0.0005	0.08	11.2	8.1	16.0	84
SF	JM	50:50	8 %	0.0005	0.08	11.1	8.0	48.0	52

a) Faktorer: Beh.=Behandling; UHT/Sterilfiltrert (SF), Kilde=myseproteinkilde; jomfrumyse (JM) / WPC80, Forhold=forhold mellom myseprotein og kasein; 20:80/30:70, TP*= teoretisk totalprotein; 6% / 8%.

b) Denaturert myseprotein inngår i verdiene til Kasein.

4.2.2. pH

Tabell 8 viser at pH i de ulike proteindrikkene varierte lite.

Tabell 8: pH i proteindrikkene. Verdiene er gitt som gjennomsnitt av tre gjentak med standardavvik (en ekstraproduksjon med forhold 50:50 ble produsert uten gjentak).

Faktorer *				
Behandling	Kilde	Forhold	TP	pH
UHT	JM	20:80	6 %	6.85 ± 0.03
UHT	JM	20:80	8 %	6.86 ± 0.07
UHT	JM	30:70	6 %	6.87 ± 0.08
UHT	JM	30:70	8 %	6.86 ± 0.06
UHT	WPC80	20:80	6 %	6.80 ± 0.04
UHT	WPC80	20:80	8 %	6.82 ± 0.07
UHT	WPC80	30:70	6 %	6.79 ± 0.12
UHT	WPC80	30:70	8 %	6.81 ± 0.02
SF	JM	20:80	6 %	6.83 ± 0.08
SF	JM	20:80	8 %	6.85 ± 0.05
SF	JM	30:70	6 %	6.86 ± 0.04
SF	JM	30:70	8 %	6.88 ± 0.02
UHT	JM	50:50	8 %	6.84
SF	JM	50:50	8 %	6.9

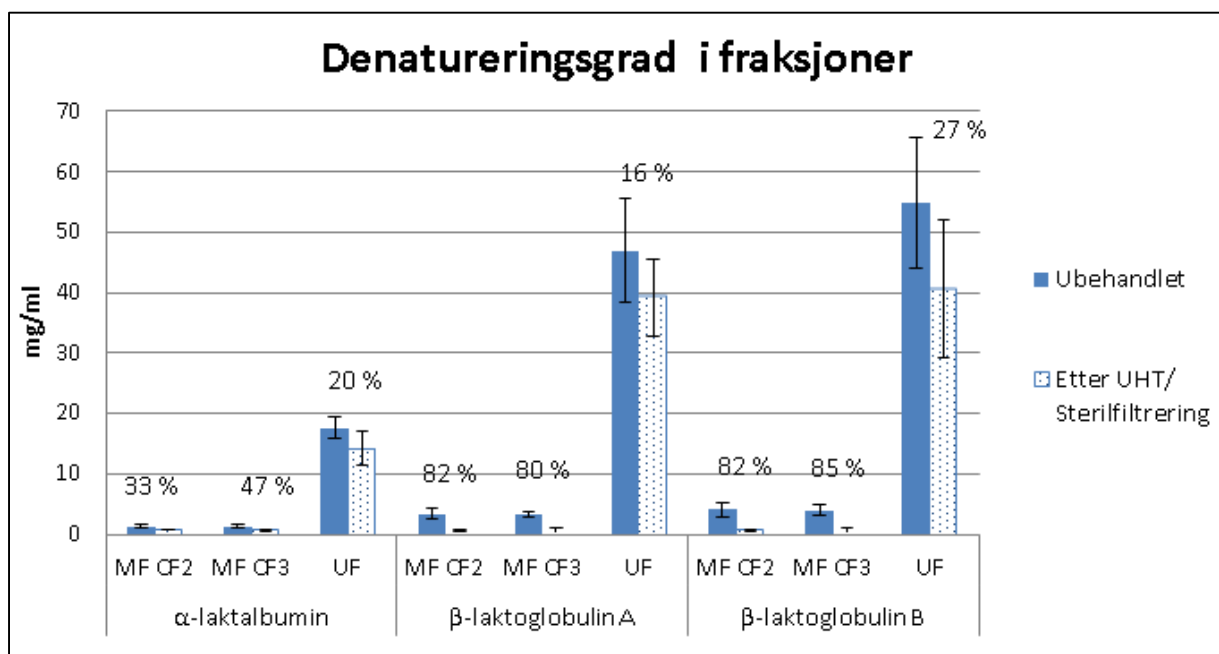
* Faktorer: Behandling; UHT/Sterilfiltrert (SF), Kilde=myseproteinkilde; jomfrumyse (JM) /WPC80, Forhold=forhold mellom myseprotein og kasein; 20:80/30:70, TP= teoretisk totalprotein; 6% / 8%.

4.2.3. Denatureringsgrad av myseproteiner

Det ble målt denatureringsgrad i råstoffer og i UHT-behandlede proteindrikker ved hjelp av HPLC-analyser før og etter UHT-behandling. Denatureringsgrad vil si hvor mye innholdet av native (ikke-denaturerte) myseproteiner har blitt redusert i prosent som følge av behandling.

Denatureringsgrad i MF-retentater og UF-retentat

Figur 12 viser at det var høy denatureringsgrad i de UHT-behandlede MF-retentatene og vesentlig mindre denatureringsgrad i de sterilfiltrerte UF-retentatene (jomfrumyse). α -laktalbumin i MF-retentatene hadde vesentlig lavere denatureringsgrad enn β -laktoglobulin A og B.

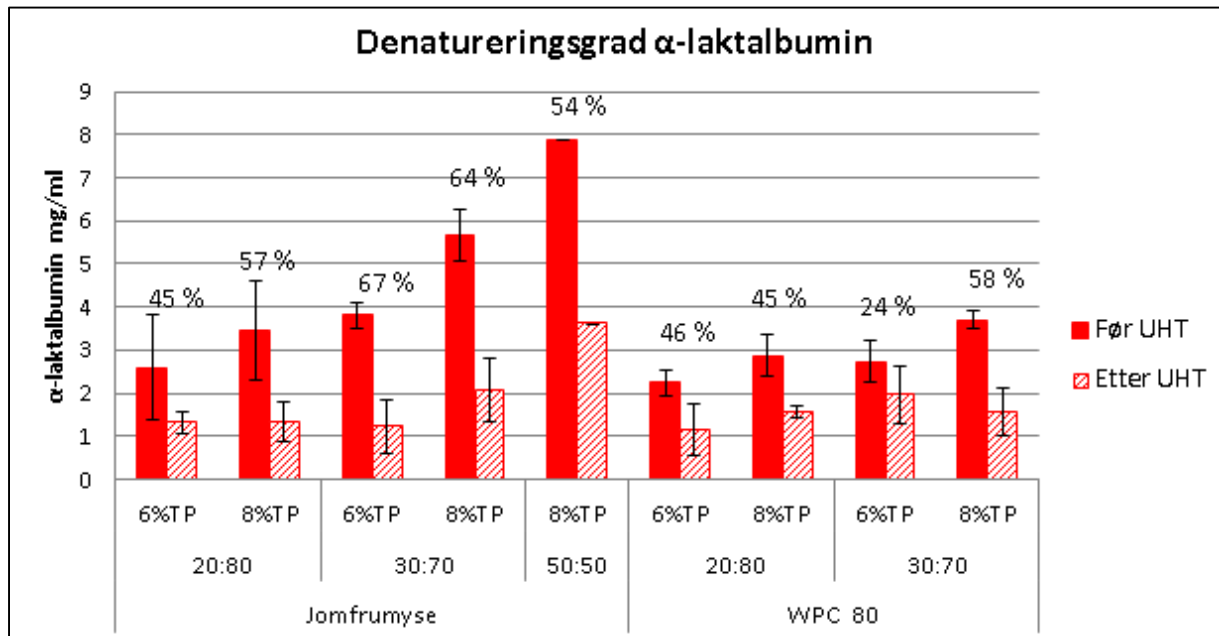


Figur 12: Innhold av α -laktalbumin, β -laktoglobulin A og B i proteinfraksjonene som ble benyttet som råstoff i proteindrikker før og etter behandling. MF-retentatene ble UHT-behandlet, mens UF-retentatet ble sterilfiltrert. Søylen viser gjennomsnittlig innhold $n=3 \pm$ standardavvik. Tallet over hver søyle viser denatureringsgrad. MF CF 2/3 = Mikrofiltrert retentat konsentrasjonsfaktor 2/3, UF=ultrafiltrert retentat (jomfrumyse).

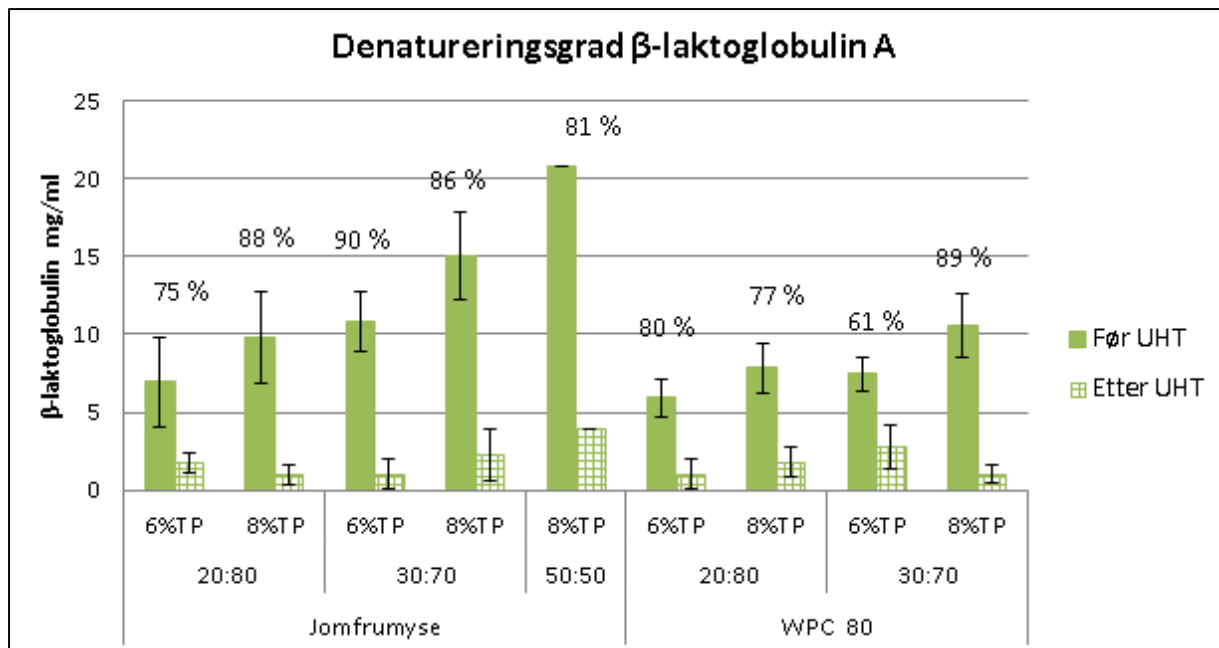
Denatureringsgrad i UHT-behandlede proteindrikker

Figur 13 viser at det var høy denatureringsgrad i produktene med jomfrumyse som myseproteinkilde. Produktene med jomfrumyse hadde i utgangspunktet høyere innhold av α -laktalbumin enn produktene med WPC 80, men etter behandling er det ingen signifikant forskjell mellom produktene med ulik myseproteinkilde. Figur 14 og Figur 15 viser at det i likhet med α -laktalbumin også var høyere innhold av β -laktoglobulin A og B i produktene med

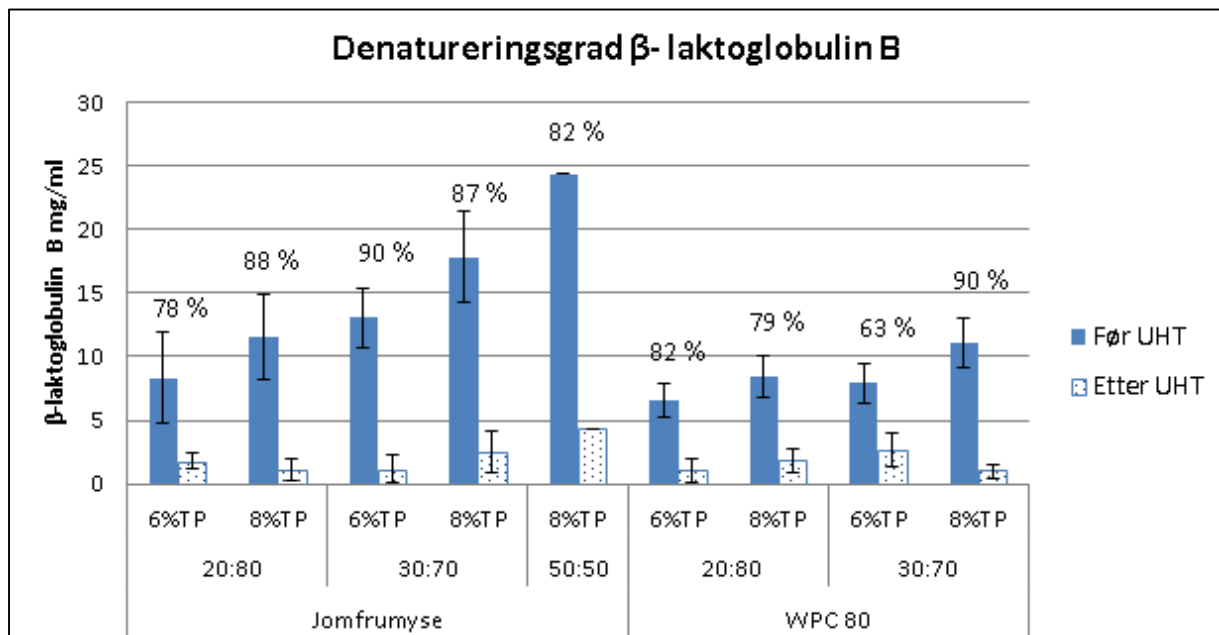
jomfrumyse før UHT-behandling, men at det heller ikke her var noen signifikant forskjell etter behandling. β -laktoglobulin A og B ble i større grad denaturert enn α -laktalbumin. Den statistiske analysen viste at det ikke var signifikant effekt av noen av faktorene (vedlegg 4).



Figur 13: Innhold av α -laktalbumin i proteindrikker med ulikt forhold NWP:kasein (20:80/ 30:70), totalprotein (6/8%TP) og myseproteinkilde (jomfrumyse/WPC80) før og etter UHT-behandling. Søylene viser gjennomsnittlig innhold $n=3 \pm$ standardavvik (bortsett fra produkt med forhold 50:50 hvor $n=1$). Tallet over hver søyle viser denatureringsgrad.



Figur 14: Innhold av β -laktoglobulin A i proteindrikker med ulikt forhold NWP:kasein (20:80/ 30:70), totalprotein (6/8%TP) og myseproteinkilde (jomfrumyse/WPC80) før og etter UHT-behandling. Søylene viser gjennomsnittlig innhold $n=3 \pm$ standardavvik (bortsett fra produkt med forhold 50:50 hvor $n=1$). Tallet over hver søyle viser denatureringsgrad.

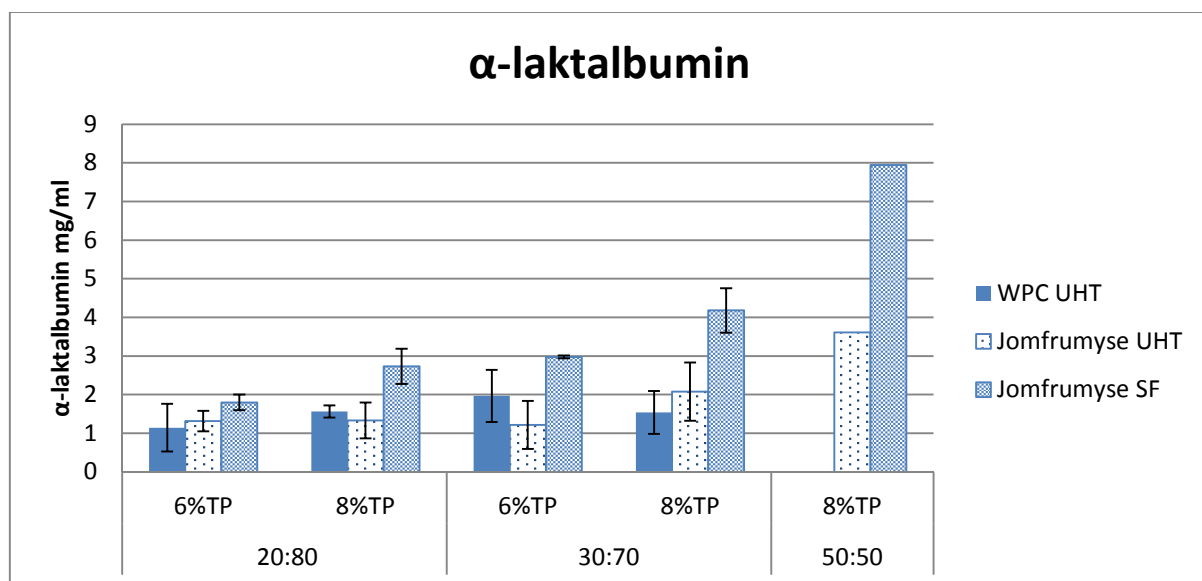


Figur 15: Innhold av β -laktoglobulin B i proteindrikker med ulikt forhold NWP:kasein (20:80/ 30:70), totalprotein (6/8%TP) og myseproteinkilde (jomfrumyse/WPC80) før og etter UHT-behandling. Søylene viser gjennomsnittlig innhold $n=3 \pm$ standardavvik (bortsett fra produkt med forhold 50:50 hvor $n=1$). Tallet over hver søyle viser denatureringsgrad.

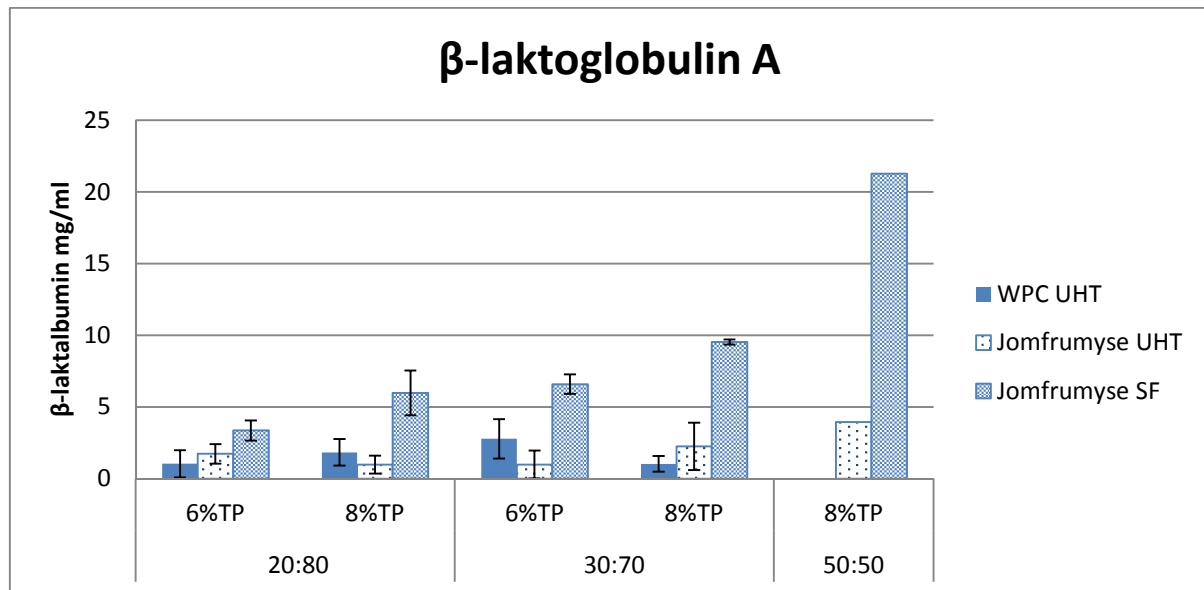
4.2.4. Innhold av myseproteiner i proteindrikker

De ferdige proteindrikkene inneholdt α -laktalbumin og β -laktoglobulin A og B ble målt ved hjelp av HPLC.

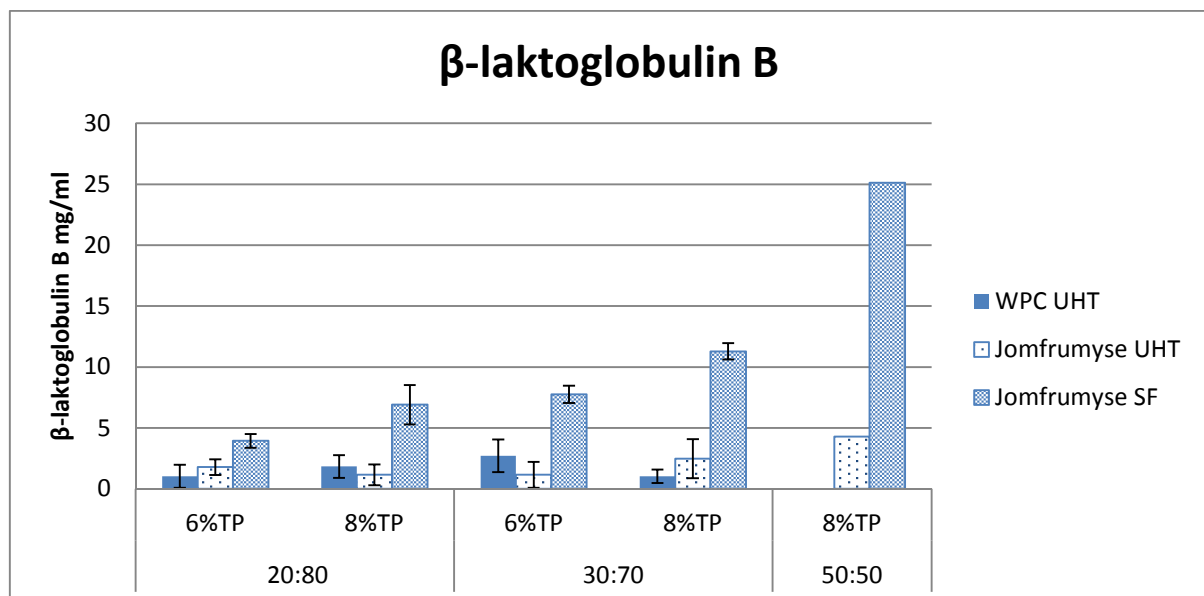
Figur 16, Figur 17 og Figur 18 viser at det var vesentlig høyere innhold av α -laktalbumin og β -laktoglobulin A og B i proteindrikkene som inneholdt sterilfiltrert jomfrumyse. Innholdet var også høyere i produktene som hadde en sammensetning med høyere andel myseproteiner (forhold 30:70).



Figur 16: Innhold av alfa-laktalbumin (mg/ml) i proteindrikker med ulik totalprotein (TP), sammensetning av myseprotein og kasein (forhold; 20:80 /30:70 /50:50). Søylene viser gjennomsnittlig innhold $n=3 \pm$ standardavvik i proteindrikker med ulik myseproteinkilde (jomfrumyse/WPC) og behandling (sterilfiltrert (SF)/UHT).



Figur 17: Innhold av Beta-laktoglobulin A (mg/ml) i proteindrikker med ulik totalprotein (TP), sammensetning av myseprotein og kasein (forhold; 20:80 /30:70 /50:50). Søylene viser gjennomsnittlig innhold $n=3 \pm$ standardavvik i proteindrikker med ulik myseproteinkilde (jomfrumyse/WPC) og behandling (sterilfiltrert (SF)/UHT).



Figur 18: Innhold av beta-laktoglobulin B (mg/ml) i proteindrikker med ulik totalprotein (TP), sammensetning av myseprotein og kasein (forhold; 20:80 /30:70 /50:50). Søylene viser gjennomsnittlig innhold $n=3 \pm$ standardavvik i proteindrikker med ulik myseproteinkilde (jomfrumyse/WPC) og behandling (sterilfiltrert (SF)/UHT).

Tabell 9 viser at faktorene behandling og forhold hadde signifikant effekt på innholdet av α -laktalbumin og β -laktoglobulin A og B i produktene. Innholdet av α -laktalbumin ble også signifikant påvirket av faktoren totalprotein, samt at det ble funnet signifikant samspill mellom behandling og forhold, og mellom proteinkilde og totalprotein. Innholdet av β -laktoglobulin A og B i produktene ble signifikant påvirket av samspill mellom faktorene behandling og forhold, mellom behandling og totalprotein, mellom proteinkilde, forhold og totalprotein, og mellom proteinkilde, forhold, totalprotein og gjentak.

Det ble ikke utført variansanalyse på to ekstraprodukter med 50 % nativ myse (av totalprotein) som ble produsert i gjentak 3, men resultatene i Figur 16, Figur 17 og Figur 18 tyder likevel på at behandlingsmetode har stor effekt på bevaring av α -laktalbumin og β -laktoglobulin A og B. Produktene med sterilfiltrert jomfrumyse inneholdt mer enn dobbelt så mye α -laktalbumin, mer enn fire ganger så mye β -laktoglobulin A, og mer enn fem ganger så mye β -laktoglobulin B som de UHT-behandlede produktene.

Tabell 9: Variansanalyse (ANOVA) for α -laktalbumin og β -laktoglobulin A og B. Tabellen viser p-verdier for faktorer og samspill som er inkludert i modellene til de tre responsene. Signifikante p-verdier (<0.05) er markert. Ikke-signifikante p-verdier er inkludert for å respektere hierarkiet i modellene.

Faktorer *	p-verdi		
	α -laktalbumin	β -laktogl.A	β -laktogl.B
Behandling	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Proteinkilde	0.749	0.356	0.336
Forhold	< 0.001	0.014	0.008
TP	0.049	0.285	0.220
Gjentak	-	0.599	0.837
Samspill			
Behandling * Forhold	0.014	0.001	< 0.001
Behandling * TP	-	0.007	0.003
Proteinkilde * Forhold	-	0.699	0.802
Proteinkilde * TP	0.047	0.359	0.416
Proteinkilde * Gjentak	-	0.411	0.300
Forhold * TP	-	0.535	0.634
Forhold * Gjentak	-	0.335	0.338
TP * Gjentak	-	0.991	0.968
Proteinkilde * Forhold * TP	-	0.008	0.008
Proteinkilde * Forhold * Gjentak	-	0.751	0.823
Forhold * TP * Gjentak	-	0.754	0.841
Proteinkilde * TP * Gjentak	-	0.525	0.620
Proteinkilde * Forhold * TP *			
Gjentak	-	0.037	0.037
Justert R²:	0.7164	0.8704	0.9057

*Forklaring: Behandling; UHT/sterilfiltrert, proteinkilde; jomfrumyse/ WPC 80, forhold; sammensetning av myseprotein og kasein 20:80/30:70, totalprotein (TP); 6%/ 8%, gjentak; n=3.

4.2.5. Mineraler

Proteindrikkenes innhold av mineraler ble analysert ved institutt for miljøvitenskap (IMV), NMBU, Ås, Norge. Tabell 10 viser at proteindrikkene har høyere innhold av de fleste av mineralene i produktene med 8 % totalprotein. Det er også en tydelig forskjell mellom

proteindrikkene med ulik sammensetning (forhold) av myseprotein og kasein, og innholdet av flere av mineralene.

Tabell 11 viser at det var signifikant effekt av forholdet mellom myseprotein og kasein på innhold av alle mineralene. Innholdet av alle mineralene i proteindrikkene ble også signifikant påvirket av gjentak (produksjonsuke). Behandling hadde kun signifikant innvirkning på innhold av kobber. Proteinkilde hadde signifikant innvirkning på innhold av alle mineralene, bortsett fra sink, mens totalprotein hadde signifikant innvirkning på innhold av alle mineralene, bortsett fra natrium. Proteindrikkene med 8 % totalprotein hadde høyest innhold av de fleste av mineralene. Det ble funnet effekt av samspill mellom flere av faktorene på innholdet av jern. Innholdet av kobber ble signifikant påvirket av samspill mellom behandling og gjentak og mellom proteinkilde og forhold.

Tabell 10: Innhold av mineraler i proteindrikker med variert myseproteinkilde, behandling, totalprotein og sammensetning av myseprotein og kasein. Verdiene er gitt som gjennomsnitt av tre gjentak med standardavvik (en ekstraproduksjon med forhold 50:50 ble produsert uten gjentak).*

Faktorer				Na	Mg	P	K	Ca	Fe	Zn	Cu
Beh.	Kilde	Ratio	TP	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
UHT	JM	20:80	6 %	0.32 ± 0.006	0.14 ± 0.006	1.4 ± 0.06	1.5 ± 0.06	1.8 ± 0.06	0.30 ± 0.007	7.5 ± 0.06	0.18 ± 0.06
UHT	JM	30:70	6 %	0.28 ± 0.03	0.12 ± 0.01	1.1 ± 0.12	1.2 ± 0.12	1.6 ± 0.15	0.37 ± 0.04	6.3 ± 0.35	0.21 ± 0.05
UHT	WPC80	20:80	6 %	0.32 ± 0.02	0.14 ± 0.01	1.3 ± 0.06	1.5 ± 0.12	1.8 ± 0.1	0.27 ± 0	7.4 ± 0.42	0.16 ± 0.02
UHT	WPC80	30:70	6 %	0.31 ± 0.01	0.13 ± 0.01	1.2 ± 0.06	1.4 ± 0.06	1.7 ± 0.06	0.32 ± 0.01	6.6 ± 0.06	0.17 ± 0.04
SF	JM	20:80	6 %	0.31 ± 0.04	0.13 ± 0.02	1.3 ± 0.15	1.4 ± 0.17	1.7 ± 0.21	0.27 ± 0.03	7.1 ± 0.53	0.14 ± 0.01
SF	JM	30:70	6 %	0.31 ± 0.02	0.12 ± 0.01	1.2 ± 0.06	1.3 ± 0.06	1.6 ± 0.06	0.37 ± 0.05	6.4 ± 0.15	0.19 ± 0.02
UHT	JM	20:80	8 %	0.3 ± 0.02	0.15 ± 0.006	1.6 ± 0.06	1.3 ± 0.06	2.3 ± 0.06	0.39 ± 0.053	9.7 ± 0.21	0.20 ± 0.02
UHT	JM	30:70	8 %	0.28 ± 0.01	0.14 ± 0.01	1.4 ± 0.0	1.2 ± 0.0	2 ± 0.1	0.48 ± 0.05	8.5 ± 0.0	0.25 ± 0.04
UHT	WPC80	20:80	8 %	0.31 ± 0.02	0.15 ± 0.01	1.7 ± 0.1	1.4 ± 0.06	2.3 ± 0.1	0.37 ± 0.06	9.8 ± 0.21	0.20 ± 0.03
UHT	WPC80	30:70	8 %	0.31 ± 0.02	0.15 ± 0.01	1.5 ± 0.06	1.4 ± 0.06	2.1 ± 0.06	0.47 ± 0.12	8.6 ± 0.2	0.18 ± 0.04
SF	JM	20:80	8 %	0.31 ± 0.02	0.15 ± 0.01	1.6 ± 0.1	1.4 ± 0.06	2.3 ± 0.1	0.39 ± 0.06	9.7 ± 0.26	0.18 ± 0.01
SF	JM	30:70	8 %	0.31 ± 0.02	0.14 ± 0.01	1.4 ± 0.06	1.2 ± 0	2 ± 0.1	0.47 ± 0.06	8.5 ± 0.17	0.22 ± 0.03
UHT	JM	50:50	8 %	0.31	0.12	1.1	0.9	1.6	0.73	6.2	0.3
SF	JM	50:50	8 %	0.31	0.12	1.1	0.9	1.6	0.72	6.2	0.3

*Faktorer: Beh.=Behandling; UHT/Sterilfiltrert (SF), Kilde=myseproteinkilde; jomfrumyse (JM) / WPC80, Ratio=forhold mellom myseprotein og kasein; 20:80/30:70, TP= totalprotein; 6% / 8%.

Tabell 11 viser signifikante faktorer og samspill mellom faktorer for de åtte mineralene som ble analysert.

Tabell 11: Variansanalyse (ANOVA) for mineralinnhold i proteindrikkene. Tabellen viser p-verdier for faktorer og samspill som er inkludert i modellene til de åtte responsene. Signifikante p-verdier (<0,05) er markert. Ikke-signifikante p-verdier er inkludert for å respektere hierarkiet i modellene.

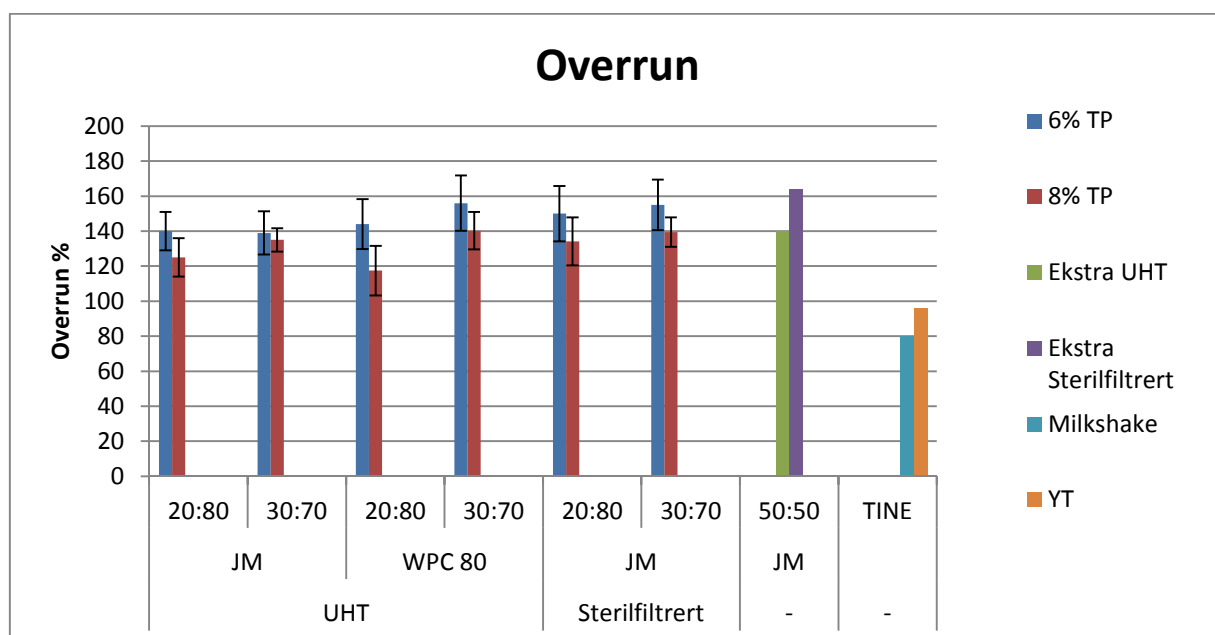
Faktorer*	p-verdi							
	Na	Mg	P	K	Ca	Fe	Zn	Cu
Behandling	-	-	-	-	-	-	-	0.005
Proteinkilde	0.006	0.002	0.005	<0.001	0.038	<0.001	-	0.001
Forhold	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.036
TP	-	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Gjentak	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Samspill								
Behandling * Gjentak	-	-	-	-	-	-	-	0.049
Proteinkilde * Forhold	-	-	-	-	-	0.017	-	0.015
Proteinkilde * TP	-	-	-	-	-	0.020	-	-
Proteinkilde * Gjentak	-	-	-	-	-	0.001	-	-
Forhold * TP	-	-	-	-	-	0.021	-	-
Forhold * Gjentak	-	-	-	-	-	0.903	-	-
TP * Gjentak	-	-	-	-	-	0.013	-	-
Proteinkilde * Forhold * TP	-	-	-	-	-	0.087	-	-
Proteinkilde * Forhold * Gjentak	-	-	-	-	-	0.010	-	-
Forhold * TP * Gjentak	-	-	-	-	-	<0.001	-	-
Proteinkilde * TP * Gjentak	-	-	-	-	-	0.008	-	-
Proteinkilde * Forhold * TP * Gjentak	-	-	-	-	-	0.018	-	-
Adjusted R² :	0.5087	0.7942	0.8861	0.7214	0.9452	0.973	0.9739	0.6575

*Forklaring: Behandling; UHT/sterilfiltrert, proteinkilde; jomfrumyse/ WPC 80, forhold; sammensetning av myseprotein og kasein 20:80/30:70, totalprotein (TP); 6%/ 8%, gjentak; n=3.

4.3. Funksjonelle egenskaper

4.3.1. Skum

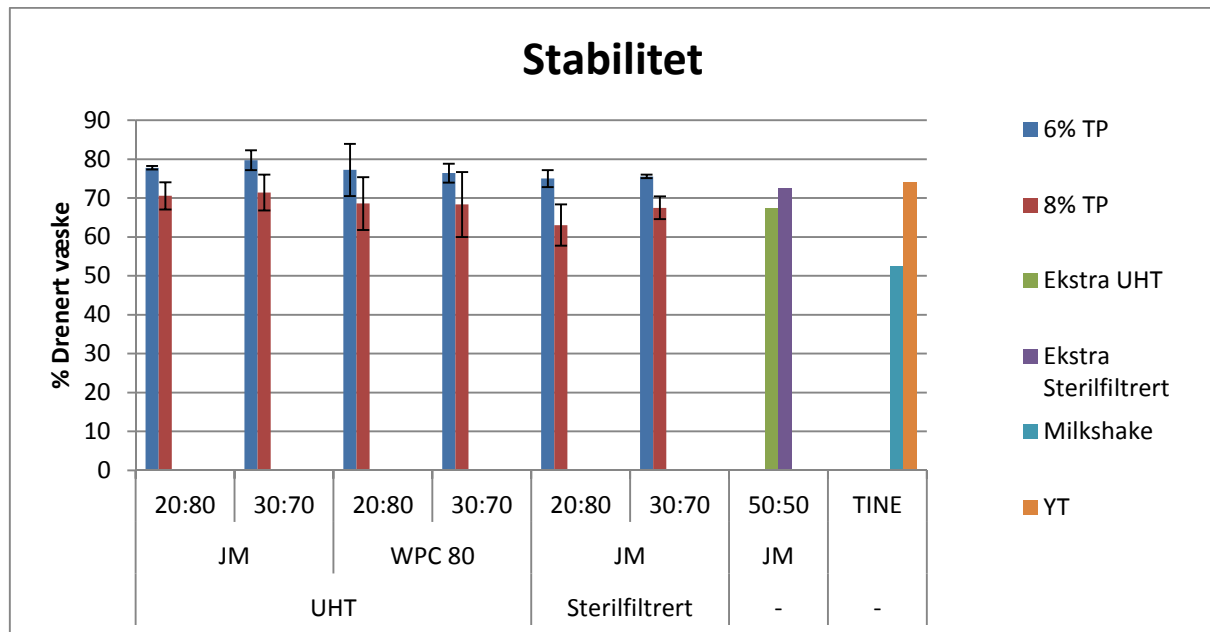
Overrun ble målt ved å beregne volumøkning etter risting av proteindrikkene i 20 sekunder. Figur 19 viser at proteindrikkene med 8 % totalprotein og med 20:80 sammensetning av myseprotein og kasein hadde signifikant (Tabell 12) mindre overrun enn proteindrikkene med 6 % totalprotein og forhold 30:70. Proteindrikkene som inneholdt sterilfiltrert jomfrumyse hadde signifikant høyere overrun enn produktene som ble UHT-behandlet.



Figur 19: Overrun i % for proteindrikker med ulik myseproteinkilde, behandling, sammensetning og totalprotein. Resultatene er angitt som gjennomsnittsverdi for tre gjentak med standardavvik. I tillegg er målinger på to ekstraprodukter med 50:50 myseprotein:kasein, TINE Milkshake og TINE YT restitusjonsdrikk inkludert i figuren. JM= jomfrumyse, WPC=whey protein concentrate, 20:80/30:70 = forhold myseprotein:kasein, TP=totalprotein.

Skummets stabilitet ble evaluert ved hjelp av to metoder. Den første metoden gikk ut på å måle skummets volum i målekolben etter 5 minutters henstand. Nesten alle proteindrikkene hadde svært stabilt skum, og det var bare noen få som hadde fått mindre skumvolum etter 5 minutter enn umiddelbart etter risting (resultater i vedlegg 3).

Metode to gikk ut på å måle skillet mellom væskefase og skum etter 5 minutter. Dette ga et mål på hvor mye væske som ble drenert fra skummet. Figur 20 viser at det var lavere væskedrenering i proteindrikkene med 8 % totalprotein enn i proteindrikkene med 6 % totalprotein. Dette indikerer bedre skumstabilitet i produktene med 8 % totalprotein. Denne effekten var ikke signifikant (Tabell 12). Dette kan skyldes stort standardavvik i målingene mellom hvert gjentak. Det ble funnet signifikant samspill mellom totalprotein og gjentak. Behandling, proteinkilde og gjentak hadde signifikant effekt på skummets stabilitet.



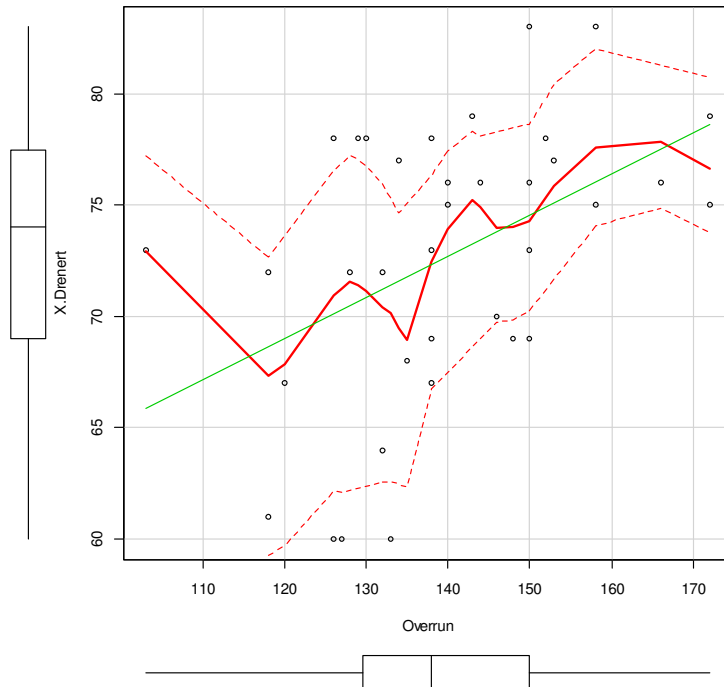
Figur 20: Skummets stabilitet evaluert ved måling av drenert væske (angitt som % av startvolum) etter henstand i 5 minutter. Høye verdier av drenert væske viser lav skumstabilitet. Skumstabilitet ble målt på proteindrikker med ulik myseproteinkilde, behandling, sammensetning og totalprotein. Resultatene er angitt som gjennomsnittsverdi for tre gjentak med standardavvik. I tillegg er målinger på to ekstraprodukter med 50:50 myseprotein:kasein, TINE Milkshake og TINE YT restitusjonsdrikk inkludert i figuren. JM= jomfrumyse, WPC=whey protein concentrate, 20:80/30:70 = forhold myseprotein:kasein, TP=totalprotein.

Tabell 12: Variansanalyse (ANOVA) for overrun og stabilitet i skum. Tabellen viser p-verdier for faktorer og samspill som er inkludert i modellene til de to responsene. Signifikante p-verdier (<0,05) er markert. Ikke-signifikante p-verdier er inkludert for å respektere hierarkiet i modellene.

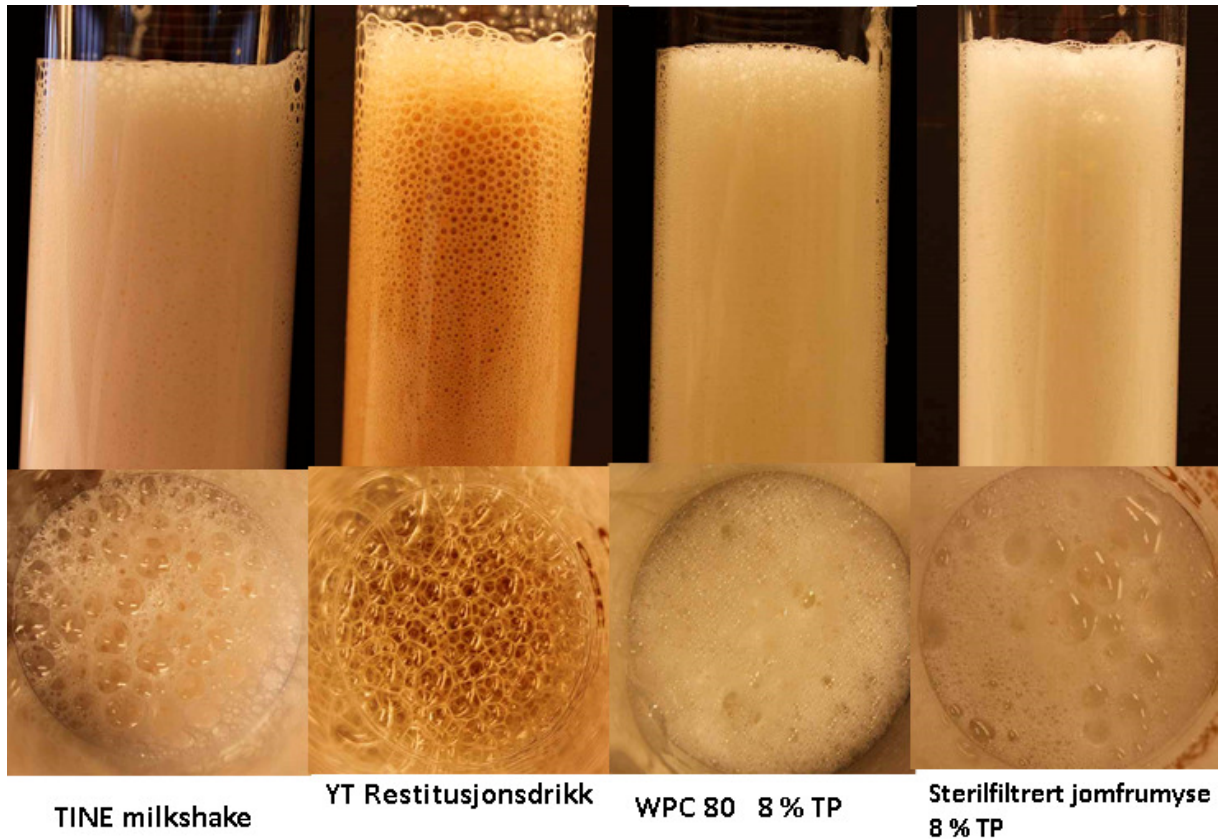
Faktorer*	p-verdi	
	Overrun	Stabilitet
Behandling	< 0.001	< 0.001
Proteinkilde	0.05	0.033
Forhold	< 0.001	-
TP	< 0.001	0.13
Gjentak	< 0.001	< 0.001
Samspill		
Proteinkilde * Forhold	0.004	-
Proteinkilde * TP	0.034	-
Proteinkilde * Gjentak	-	0.002
TP * Gjentak		0.046
Forhold * Gjentak	0.003	-
Justert R²:	0.8671	0.8254

*Forklaring: Behandling; UHT/sterilfiltrert, proteinkilde; jomfrumyse/ WPC 80, forhold; sammensetning av myseprotein og kasein 20:80/30:70, totalprotein (TP); 6%/ 8%, gjentak; n=3.

Figur 21 viser at det er en lineær sammenheng mellom skumstabilitet og overrun, hvor skumstabiliteten ble dårligere ved høyere overrun.



Figur 21: Sammenheng mellom % drenert væske og overrun i skum.

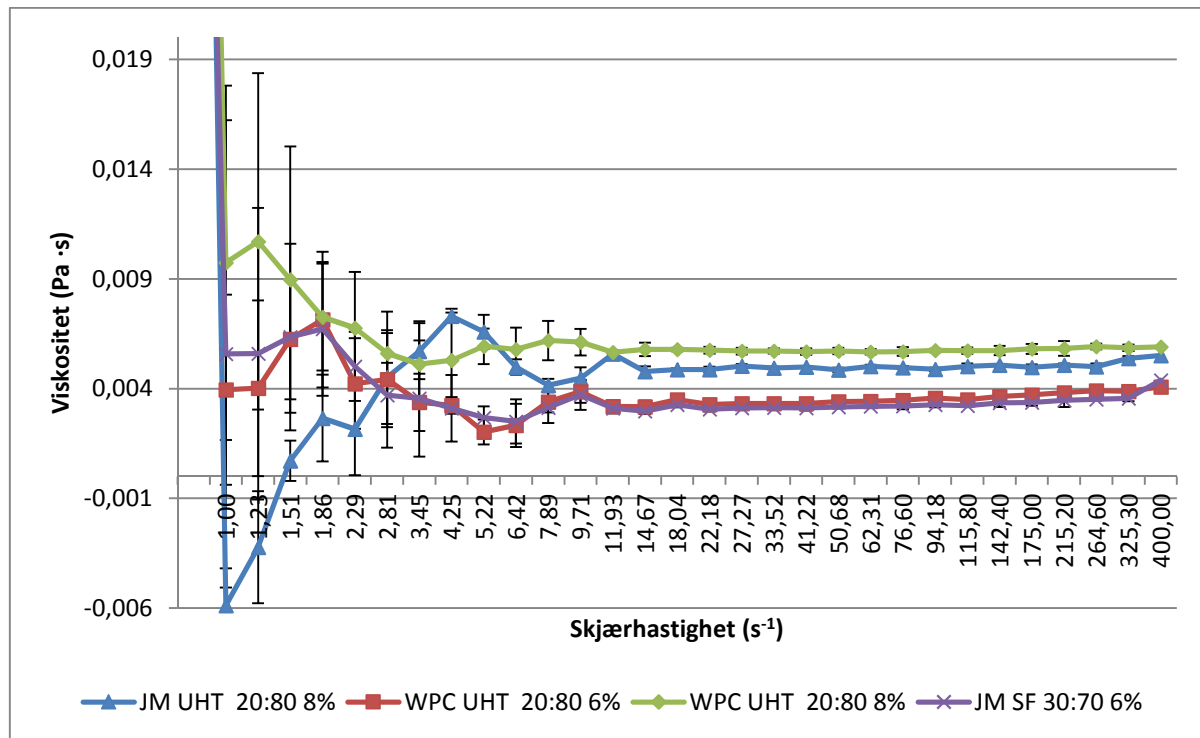


Figur 22: Bilder tatt av skum etter 2 minutter henstand.

Sammenlignet med TINE milkshake og YT restitusjonsdrikk hadde alle proteindrikkene tett skum med små bobler. Det er vanskelig å se forskjell på proteindrikkenes skum ved visuell observasjon, men det kan se ut til at skummene med WPC 80 er litt tettere enn skummene med jomfrumyse, og at produktene med WPC 80 i større grad faller sammen etter henstand i mer enn 5 minutter.

4.3.2. Viskositet

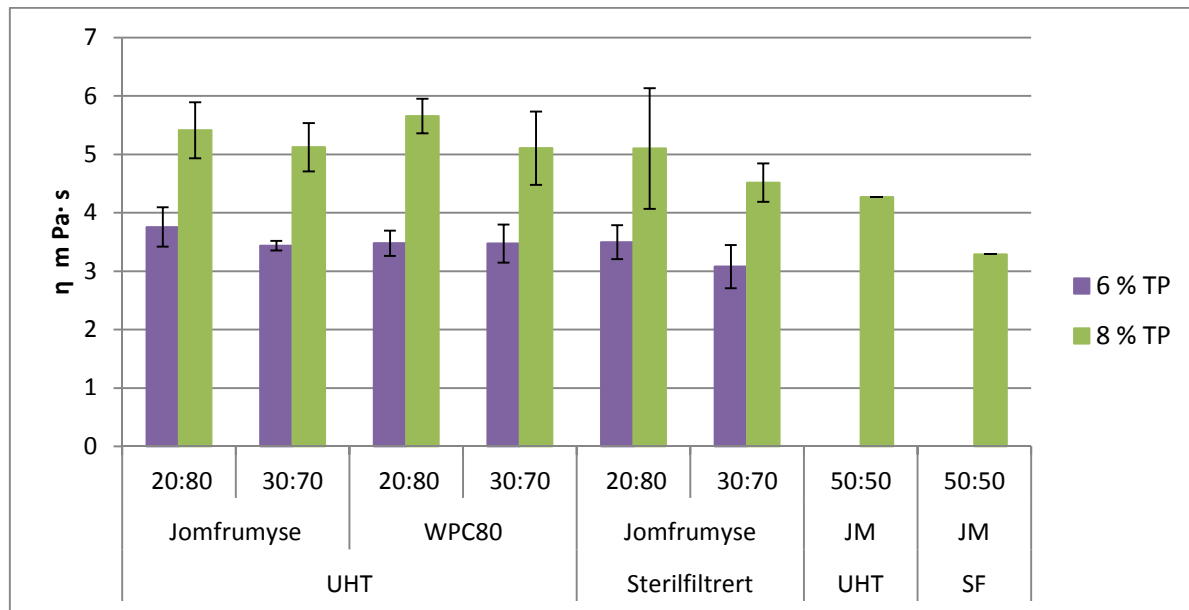
Viskositet ble bestemt ved bruk av et Paar Physica reometer. Figur 23 viser at det var mye «støy» i målingene som ble gjort ved skjærhastighet ca. $1-10 \text{ s}^{-1}$. I området med skjærhastighet fra $10-400 \text{ s}^{-1}$ er resultatene stabile med lavt standardavvik og tilnærmet Newtonsk oppførsel (viskositeten er lineær og påvirkes ikke av skjærhastighet). Noen av produktene viser likevel tendens til skjærtynnende oppførsel ved høy skjærhastighet.



Figur 23: Viskositet ved økende skjærhastighet for fire utvalgte proteindrikker fra gjentak 1.

Ved måling av viskositet var det mye «støy» i de første målepunktene, og derfor ble et punkt midt i måleserien ved skjærhastighet $50,68 \text{ s}^{-1}$ valgt ut for fremstilling og behandling av data. Figur 24 viser et klart skille mellom prøver med ulik mengde totalprotein, hvor prøvene med 6 % totalprotein har signifikant (Tabell 13) lavere viskositet enn prøvene med 8 % totalprotein.

Tabell 13 og Tabell 14 viser at de UHT-behandlede produktene og produktene med forhold 20:80 var mer viskøse enn produktene med sterilfiltrert jomfrumyse og forhold 30:70. Det var også signifikant effekt av gjentak og samspill mellom flere av faktorene. Det var ikke signifikant effekt av myseproteinkilde på viskositet, men resultatene viser en tendens til at produktene med WPC 80 var mer viskøse enn produktene med jomfrumyse (Tabell 14).



Figur 24: Viskositet η (ved skjærhastighet 50,68 s⁻¹) for proteindrikker med ulike myseproteinkilde, behandling, sammensetning og totalprotein. Resultatene er angitt som gjennomsnittsverdi for tre gjentak med standardavvik. I tillegg er målinger på to ekstraprodukter med 50:50 myseprotein:kasein uten gjentak inkludert i figuren. JM= jomfrumyse, WPC=whey protein concentrate, 20:80/30:70 = forhold myseprotein:kasein, TP=totalprotein.

Tabell 13: Variansanalyse (ANOVA) for viskositet. Tabellen viser p-verdier for faktorer og samspill som er inkludert i modellene til responsen. Signifikante p-verdier (<0,05) er markert. Ikke-signifikante p-verdier er inkludert for å respektere hierarkiet i modellene.

Faktorer*	p-verdi
	Viskositet
Behandling	< 0.001
Proteinkilde	0.054
Forhold	< 0.001
TP	< 0.001
Gjentak	< 0.001
Samspill	
Behandling * Forhold	0.146
Behandling * TP	0.109
Behandling * Gjentak	< 0.001
Proteinkilde * Forhold	0.517
Proteinkilde * TP	0.043
Proteinkilde * Gjentak	< 0.001
Forhold * TP	0.010
Forhold * Gjentak	0.024
TP * Gjentak	0.001
Behandling * Forhold * Gjentak	< 0.001
Behandling * TP * Gjentak	0.039
Proteinkilde * Forhold * TP	0.081
Proteinkilde * Forhold * Gjentak	0.856
Forhold * TP * Gjentak	0.475
Proteinkilde * TP * Gjentak	< 0.001
Proteinkilde * Forhold * TP * Gjentak	< 0.001
Adjusted R² :	0.8671

*Forklaring: Behandling; UHT/sterilfiltrert, proteinkilde; jomfrumyse/ WPC 80, forhold; sammensetning av myseprotein og kasein 20:80/30:70, totalprotein (TP); 6%/ 8%, gjentak; n=3.

Tabell 14: Estimater for signifikante hovedeffekter med standardfeil (estimater for hele modellen i vedlegg 4).

Hovedeffekt	Estimat (Pa)	Standardfeil $\sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}$
Skjæringspunkt	4.252e-03	2.712e-05
Behandling (Sterilfiltrert)	-1.689e-04	2.712e-05
Forhold (20:80)	1.921e-04	2.712e-05
TP (6 %)	-8.501e-04	2.712e-05
Gjentak (1)	-2.044e-04	3.922e-05
Gjentak (2)	4.393e-04	3.922e-05

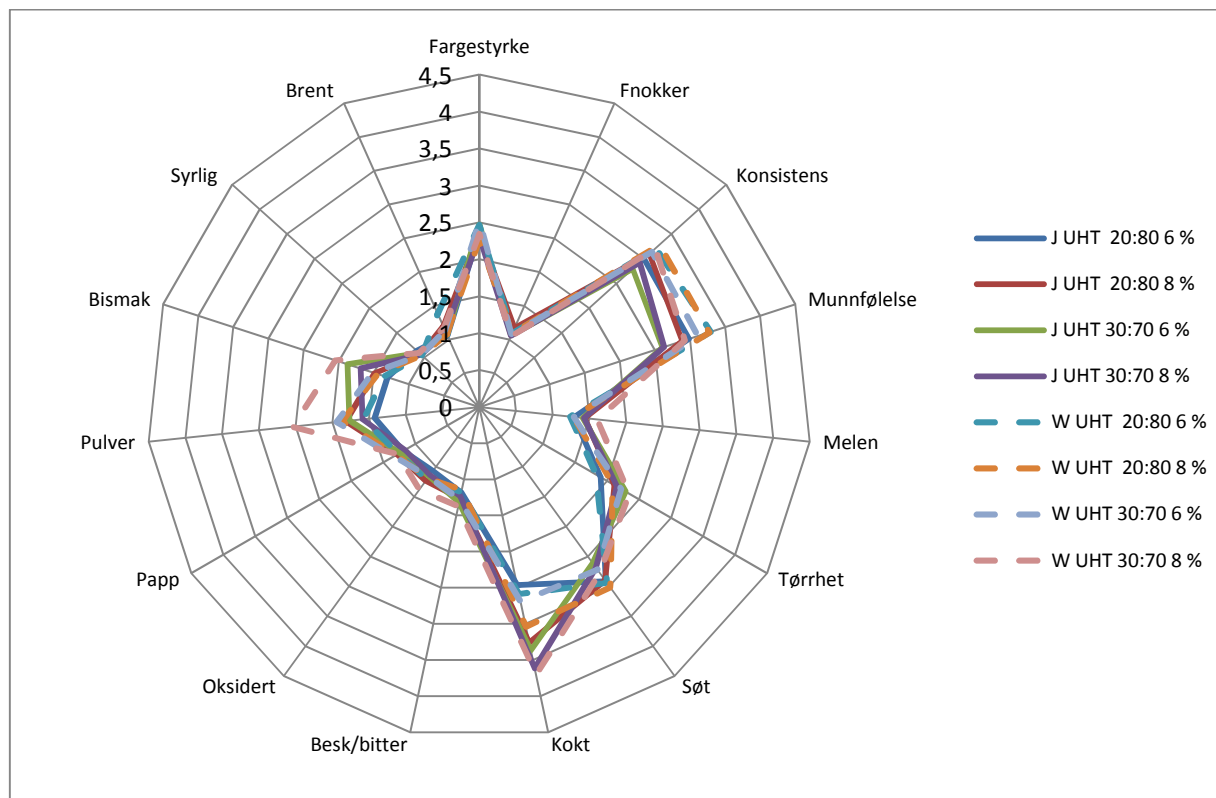
Hver faktor har oppgitt estimat for ett nivå. Det andre nivået av faktorene vil ha tilsvarende estimat, men med motsatt fortegn.

4.4. Sensoriske egenskaper

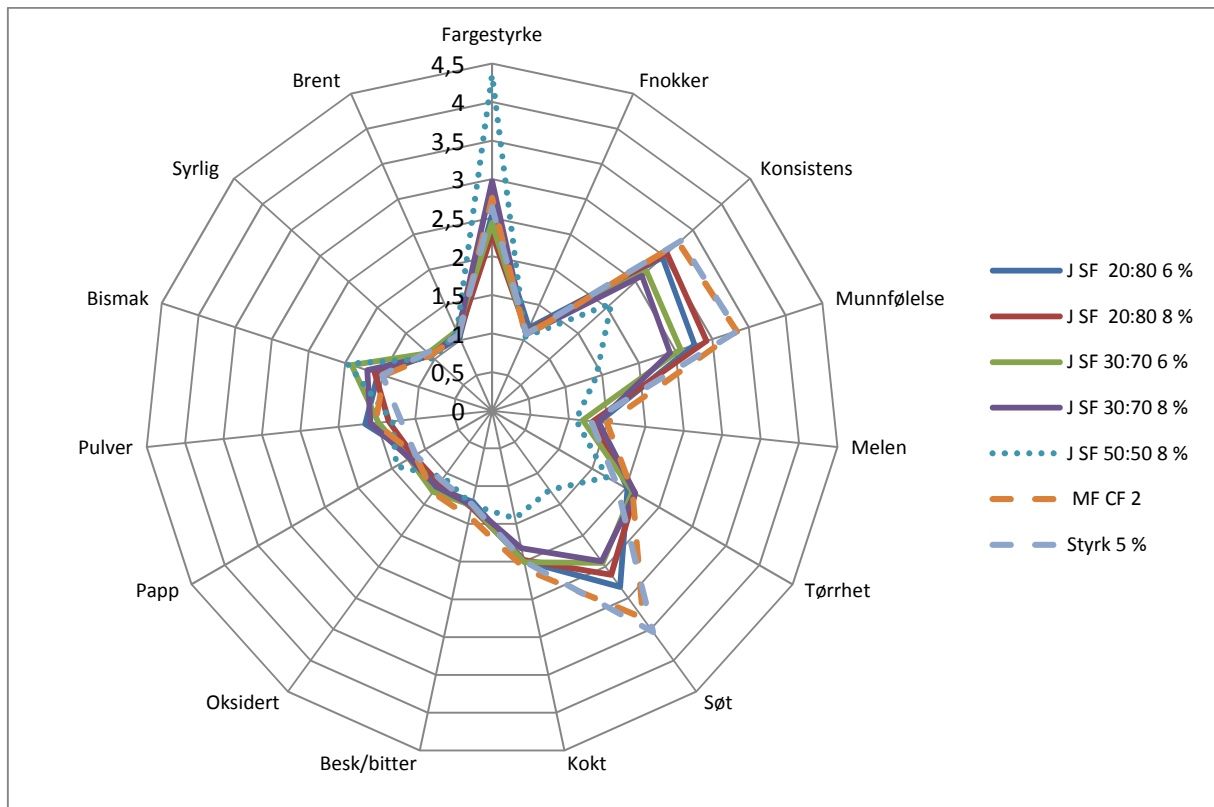
De sensoriske egenskapene til proteindrikkene, samt MF-retentat med konsentrasjonsfaktor 2 og referanse (TINE Styrk) ble identifisert ved hjelp av profilering.

Figur 25 og Figur 26 viser at proteindrikkene har en relativt lik sensorisk profil med små forskjeller i smak, konsistens og utseende. Det har blitt gitt poeng i nedre del av poengskalaen til alle produktene, noe som indikerer at ingen av produktene har sterke eller utpregede egenskaper når det kommer til smak, konsistens eller utseende. Størst forskjell mellom proteindrikkene kan sees i egenskapen kokt smak hvor de UHT-behandlede produktene har fått signifikant (Tabell 16) høyere poengscore. Totalprotein har også signifikant effekt på kokt smak, hvor produktene med 8 % TP fikk høyest poengscore. Produktene med WPC 80-pulver har signifikant mer pulversmak enn de andre produktene. De sterilfiltrerte proteindrikkene er litt mindre søte enn de UHT-behandlede produktene. Denne effekten er signifikant. MF-retentatet og referansen var søtere enn proteindrikkene. Produktene med WPC-pulver fikk omtrent lik poengscore som referansen og MF-retentatet på konsistens og munnfølelse, og hadde signifikant (Tabell 15) høyere poengscore enn produktene med jomfrumyse. Tabell 15 viser at det i tillegg til proteinkilde var en signifikant effekt av behandling, forhold og gjentak, samt samspill mellom noen av faktorene på proteindrikkenes konsistens. Alle produktene har scoret svært lavt på de negative egenskapene besk/bitter smak, oksidert smak, pappsmak, syrlig smak, brent smak, fnokker og melen. Variansanalysene i Tabell 15 og

Tabell 16 viser at flere av disse responsene har lave R^2 -verdier og få statistisk signifikante faktorer. Produktet med ekstra mye nativ myse (50:50 myseprotein:kasein) hadde en sensorisk profil som skilte seg klart fra de andre proteindrikkene, blant annet ved sterkere farge, tynnere konsistens og mindre søt smak.



Figur 25: Sensorisk profilering av egenskaper i proteindrikker med ulike myseproteinkilde, behandling, sammensetning og totalprotein. Verdiene er gjennomsnitt av tre gjentak (standardavvik i vedlegg. .) Her fremstilles kun UHT-behandlede proteindrikker. J= jomfrumyse, W= WPC 80 (80 % whey protein concentrate), UHT=ultra high temperature, 20:80/30:70 = forhold myseprotein:kasein, 6 / 8% = % totalprotein. Det ble benyttet en skala fra 1-9, men fremstilles her med et utdrag (1-4,5) for å få frem forskjellene mellom produkter og mellom egenskaper. Fargestyrke; 1=hvitt 9=blå/grå, fnokker; 1=ingen 9=mange, konsistens; 1=tynn 9=tykk, munnfølelse; 1=vassen 9=fyldig, tørrhet i munnen; 1=ingen tørrhet 9=svært mye tørrhet, smak; 1=ingen 9=intens.



Figur 26: Sensorisk profilering av egenskaper i proteindrikker med ulik myseproteinkilde, behandling, sammensetning og totalprotein. Verdiene er gjennomsnitt av tre gjentak (bortsett fra produkt med forhold 50:50) med standardavvik i vedlegg. . Her fremstilles proteindrikker med sterilfiltrert jomfrumyse, MF-retentat og TINE Styrk. J= jomfrumyse, W= WPC 80 (80 % whey protein concentrate), SF=sterilfiltrert, 20:80/30:70 = forhold myseprotein:kasein, 6 / 8% = % totalprotein. Det ble benyttet en skala fra 1-9, men fremstilles her med et utdrag (1-4,5) for å få frem forskjellene mellom produkter og mellom egenskaper. Fargestyrke; 1= hvit 9=blå/grå, fnokker; 1=ingen 9=mange, konsistens; 1=tynn 9=tykk, munnfølelse; 1=vassen 9=fyldig, tørrhet i munnen; 1=ingen tørrhet 9=svært mye tørrhet, smak; 1=ingen 9=intens.

Tabell 15: Variansanalyse (ANOVA) for utseende og konsistens. Tabellen viser p-verdier for faktorer og samspill som er inkludert i modellene til de fem responsene. Signifikante p-verdier (<0,05) er markert. Ikke-signifikante p-verdier er inkludert for å respektere hierarkiet i modellene.

Faktorer*	p-verdi					
	Fargestyrke	Fnocker	Konsistens	Munnfølelse	Melen	Tørrhet
Behandling	0.933	-	0.0127	-	-	-
Proteinkilde	-	-	<0.001	<0.001	-	-
Forhold	0.161	0.008	<0.001	0.217	-	-
TP	0.032	-	0.138	0.967	-	-
Gjentak	0.004	0.009	<0.001	0.280	<0.001	0.008
Samspill						
Behandling * Forhold	0.128	-	0.010	-	-	-
Behandling * TP	0.064	-	-	-	-	-
Behandling * Gjentak	0.332	-	-	-	-	-
Forhold * TP	0.017	-	0.540	0.071	-	-
Forhold * Gjentak	0.026	-	0.001	0.783	-	-
TP * Gjentak	0.021	-	0.203	0.791	-	-
Behandling * Forhold * TP	0.007	-	-	-	-	-
Behandling * Forhold * Gjentak	0.031	-	-	-	-	-
Forhold * TP * Gjentak	-	-	0.036	0.029	-	-
Justert R²:	0.563	0.282	0.864	0.597	0.597	0.165

*Forklaring: Behandling; UHT/sterilfiltrert, proteinkilde; jomfrumyse/ WPC 80, forhold; sammensetning av myseprotein og kasein 20:80/30:70, totalprotein (TP); 6%/ 8%, gjentak; n=3.

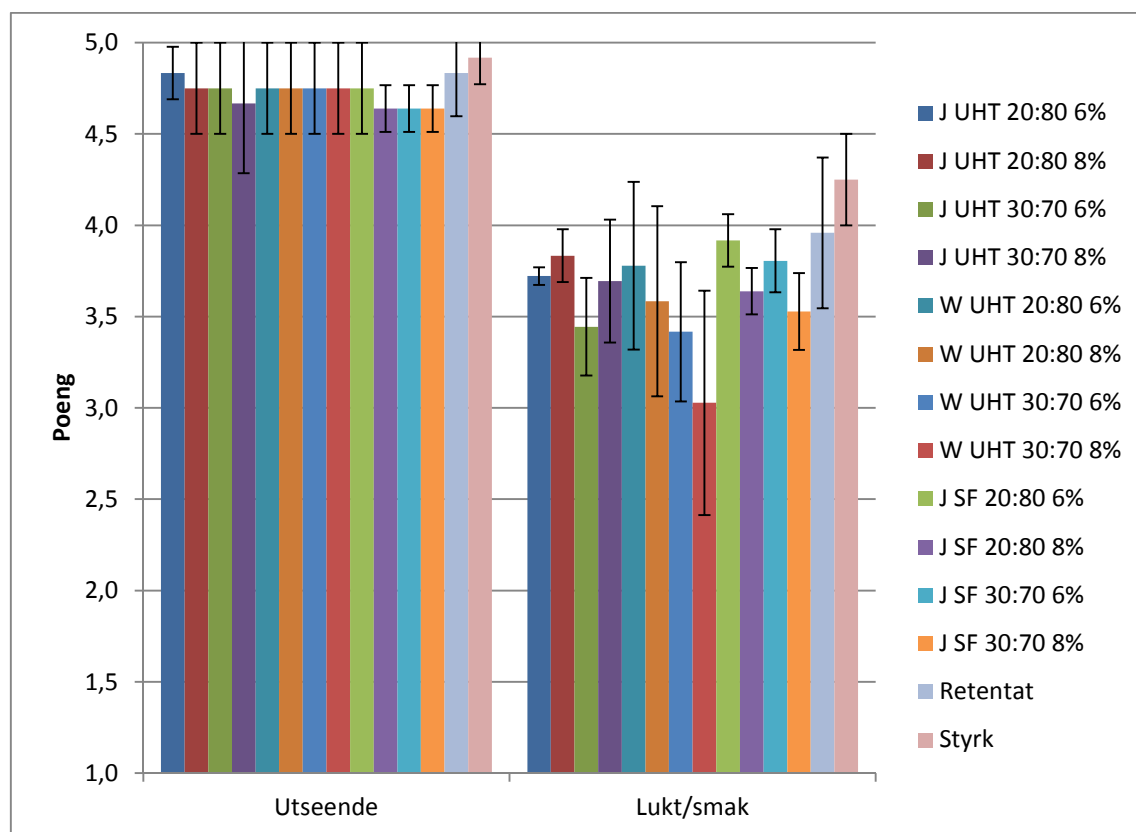
Tabell 16: Variansanalyse (ANOVA) for smak. Tabellen viser p-verdier for faktorer og samspill som er inkludert i modellene til de syv responsene. Signifikante p-verdier (<0,05) er markert. Ikke-signifikante p-verdier er inkludert for å respektere hierarkiet i modellene.

Faktorer*	p-verdi								
	Søt	Kokt	Besk/bitter	Oksidert	Papp	Pulver	Bismak	Syrlig	Brent
Behandling	<0.001	<0.001	-	-	-	-	-	-	-
Proteinkilde	-	-	0.790	-	-	0.006	-	0.884	0.099
Forhold	<0.001	-	0.003	-	-	-	0.012	0.084	0.085
TP	0.899	0.047	-	-	-	-	-	0.444	0.262
Gjentak	<0.001	-	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.007	0.553	0.136
Samspill									
Proteinkilde * Forhold	-	-	0.040	-	-	-	-	0.978	0.350
Proteinkilde * TP	-	-	-	-	-	-	-	0.462	0.036
Proteinkilde * Gjentak	-	-	-	-	-	-	-	0.688	0.297
Forhold * TP	0.437	-	-	-	-	-	-	0.488	0.086
Forhold * Gjentak	0.329	-	-	-	-	-	-	0.093	0.107
TP * Gjentak	0.071	-	-	-	-	-	-	0.309	0.390
Proteinkilde * Forhold * TP	-	-	-	-	-	-	-	0.015	0.013
Proteinkilde * Forhold * Gjentak	-	-	-	-	-	-	-	0.723	0.495
Forhold * TP * Gjentak	0.037	-	-	-	-	-	-	0.363	0.171
Proteinkilde * TP * Gjentak	-	-	-	-	-	-	-	0.872	0.105
Proteinkilde * Forhold * TP * Gjentak	-	-	-	-	-	-	-	0.015	0.048
Justert R²:	0.681	0.507	0.665	0.374	0.443	0.342	0.274	0.218	0.273

*Forklaring: Behandling; UHT/sterilfiltrert, proteinkilde; jomfrumyse/ WPC 80, forhold; sammensetning av myseprotein og kasein 20:80/30:70, totalprotein (TP); 6%/ 8%, gjentak; n=3.

4.5. Kvalitet ved lagring

Det ble gjort en kvalitetsbedømmelse av alle ferdigprodukter etter fire ukers lagring. Figur 27 viser at produktene holdt seg svært godt utseendemessig etter lagringen, mens produktenes lukt og smak ble bedømt som noe dårligere enn referansen (TINE Styrk), og med større variasjon mellom de ulike produktene (kommentarer til produktene i vedlegg nr 6).



Figur 27: Kvalitetsbedømmelse etter 4 ukers lagring av proteindrikker med ulike myseproteinkilde, behandling, sammensetning og totalprotein. MF-retentat CF 2 inngikk også i bedømmelsen, og TINE Styrk ble brukt som referanse. Søylene viser gjennomsnittsverdi for tre gjentak med standardavvik. J= jomfrumyse, W=WPC 80 (80 % whey protein concentrate), SF= sterilfiltrert, UHT=ultra high temperature, 20:80/30:70 = forhold myseprotein:kasein, 6 / 8% = % totalprotein. Det ble benyttet en skala fra 1-5 hvor 5 er best.

I tillegg til kvalitetsbedømmelsen ble farge og bunnfall observert. Det ble ikke funnet noen fargeforskjeller i produktene ved visuell estimering. Det var litt bunnfall i alle produktene etter 4 ukers lagring, men vesentlig mindre i de produktene som inneholdt sterilfiltrert jomfrumyse.

Tabell 17: Variansanalyse (ANOVA) for proteindrikkenes kvalitet ved lagring. Tabellen viser p-verdier for faktorer og samspill som er inkludert i modellene til de to responsene. Signifikante p-verdier (<0,05) er markert. Ikke-signifikante p-verdier er inkludert for å respektere hierarkiet i modellene.

Faktor*	p-verdi	
	Utseende	Lukt smak
Behandling	0.009	0.537
Proteinkilde		0.009
Forhold		<0.001
TP		0.001
Gjentak	<0.001	<0.001
Samspill		
Behandling * TP		
Behandling * Gjentak	0.002	0.008
Proteinkilde * Forhold		0.039
Proteinkilde * TP		0.006
Proteinkilde * Gjentak		<0.001
Justert R²:	0.8313	0.7179

*Forklaring: Behandling; UHT/sterilfiltrert, proteinkilde; jomfrumyse/ WPC 80, forhold; sammensetning av myseprotein og kasein 20:80/30:70, totalprotein (TP); 6%/ 8%, gjentak; n=3.

4.6. Mikrobiologisk

Tabell 18 viser at det i liten grad forekom vekst av aerobe bakterier i de ferske proteindrikkene. Det var ingen vekst i de UHT-behandlede produktene, mens det var noe vekst i produktene med sterilfiltrert jomfrumyse, spesielt i det første gjentaket. Ved utsåing av lagrede proteindrikker (4 uker gamle) ble det ikke funnet vekst på noen av prøvene.

Tabell 18: Vekst av aerobe bakterier (totaltall) i ferske proteindrikker. *

Faktorer				Gjentak 1	Gjentak 2	Gjentak 3
Beh.	Kilde	Forhold	TP	cfu/ml	cfu/ml	cfu/ml
UHT	JM	20:80	6 %	0	0	0
UHT	JM	20:80	8 %	0	0	0
UHT	JM	30:70	6 %	0	0	0
UHT	JM	30:70	8 %	0	0	0
UHT	WPC80	20:80	6 %	0	0	0
UHT	WPC80	20:80	8 %	0	0	0
UHT	WPC80	30:70	6 %	0	0	0
UHT	WPC80	30:70	8 %	0	0	0
SF	JM	20:80	6 %	20	0	0
SF	JM	20:80	8 %	0	0	14
SF	JM	30:70	6 %	10	0	0
SF	JM	30:70	8 %	2	0	0
UHT	JM	50:50	8 %	-	-	0
SF	JM	50:50	8 %	-	-	4
Sterilfiltrert jomfrumyse				10	0	0

*Faktorer: Beh.=Behandling; UHT/Sterilfiltrert (SF), Kilde=myseproteinkilde; jomfrumyse (JM) / WPC80, Forhold=forhold mellom myseprotein og kasein; 20:80/30:70, TP= totalprotein; 6% / 8%.

5. Diskusjon

Bakgrunnen for oppgaven var å utvikle en proteinshake med gode funksjonelle og sensoriske egenskaper, og med høyt innhold av myseprotein. Det skulle være et nakent system uten tilsetningstoffer eller smak, noe som er fordelaktig ved at det reduserer støyen som flere ingredienser, aroma eller farge ville medføre. Dette vil si at det er et modellsystem som senere kan videreutvikles. Myseproteiner har mange fordeler både ernæringsmessig og funksjonelt. De har en ernæringsmessig verdi som overgår de fleste andre proteiner, og har et høyt innhold av svovelholdige aminosyrer som støtter antioksidantfunksjoner (Sinha et al. 2007). Myseproteiner er gode skumdannere og har gode emulgerende- og geldannende egenskaper. Ved å bruke ny teknologi i form av sterilfiltrering ble en stor del av de native myseproteinene bevart, i motsetning til ved UHT-behandling hvor det er høy denatureringsgrad av myseproteiner. Det er forventet at native myseproteiner vil ha andre/bedre funksjonelle egenskaper enn denaturerte myseproteiner.

Hensikten med forsøket var å undersøke om jomfrumyse (nativt myseproteinkonsentrat) har bedre sensoriske og funksjonelle egenskaper (skum, stabilitet og viskositet) enn WPC 80, og hvilke forskjeller det er mellom varmebehandlet og ikke-varmebehandlet (sterilfiltrert) myseprotein. Det ble også undersøkt hvilken effekt proteinkonsentrasjon og forholdet mellom nativ myse og kasein har på de sensoriske og funksjonelle egenskapene.

Eksperimentet ble utført som et fullt faktorielt design, hvor flere faktorer ble undersøkt samtidig. Fordelen med faktorielle design er at de er mer effektive enn en-faktor-om-gangen-eksperimenter. I tillegg er et faktorielt design nødvendig hvis samspill mellom faktorene er til stede, for å unngå misvisende konklusjoner. Ved å bruke denne typen design er det mulig å estimere effekten av en faktor ved ulike nivåer av andre faktorer, noe som gir gyldige konklusjoner ved et spekter av eksperimentelle forhold (Montgomery 2009).

5.1. Gjentak (variasjon i prosess)

Råstoffene til proteindrikkene og de ferdige proteindrikkene ble produsert i tre gjentak (produksjonsuker). Det viste seg at det var nokså stort avvik i den kjemiske sammensetningen til råstoffene i de ulike gjentakene. Dette førte til at det også var store avvik mellom de ferdige

proteindrikkene i de tre gjentakene, noe som ble tatt høyde for ved å ta med gjentak som faktor i den statistiske analysen.

Resultatene fra analyser av melkefraksjonene som ble brukt som råstoff viser at sammensetning og konsentrasjon av proteiner i de to MF-retentatene var relativt jevnt i de tre gjentakene, i motsetning til UF-retentatet som hadde større variasjon mellom gjentakene. MF-retentat CF 3 i gjentak 3 skiller seg fra de to andre produksjonene ved at det inneholder vesentlig mindre fett og laktose. Det er trolig faktorer under produksjon av råstoffene som er grunn til variasjonen. Det ble tatt protein- og fettanalyse av skummetmelken ved bruk av MilkoScan (ikke en del av resultatene) under produksjonen, og det var ingen unormale verdier for innhold av protein og fett i skummetmelken i noen av produksjonsukene.

Det er vanskelig å få til en fullstendig standardisert prosess ved mikrofiltrering og ultrafiltrering/diafiltrering. Hvis konsentreringen av protein er for høy, vil også innholdet av fett og andre komponenter som holdes tilbake av membranen bli høyere, og omvendt ved for lav konsentrering av protein. Dette er trolig ikke årsaken til at fett- og laktoseinnholdet var uvanlig lavt i MF CF 3 i det tredje gjentak (produksjonsuke), da proteininnholdet var litt høyere i denne produksjonsuken enn i de to foregående produksjonsukene.

5.1.1. Kjemisk

Ved beregning av resepter til proteindrikkene var det kun innhold av protein og forholdet mellom nativt myseprotein og kasein (inkludert denaturert myseprotein) som ble standardisert. Dette førte til at det ble stor variasjon mellom gjentakene i blant annet fett- og laktoseinnhold i de ferdige proteindrikkene. MF CF 3 ble brukt som råstoff i produktene med 8 % totalprotein, og siden dette råstoffet hadde størst variasjon mellom gjentakene på innhold av laktose og fett, kom også dette til uttrykk i de ferdige proteindrikkene. Dette kan også være årsak til stor variasjon mellom gjentakene i andre resultater.

Resultatene fra den kjemiske analysen viser at laktose- og fettinnhold varierer mer mellom gjentakene (større standardavvik) i produktene med 8 % TP enn i produktene med 6 % TP. Dette skyldes at det var større variasjon i laktose- og fettinnhold mellom gjentakene i MF CF3 som ble benyttet som råstoff i produktene med 8 % TP. Mengde totalprotein samsvarer godt med reseptene, mens forholdet myseprotein:kasein varierer mer. Proteindrikkene med sterilfiltrert jomfrumyse har som forventet en større andel av native myseproteiner enn

proteindrikkene som ble UHT-behandlet. Gjentak hadde signifikant effekt på mineralinnholdet i produktene. Dette skyldes som tidligere nevnt trolig variasjoner i råstoffene.

5.1.2. Funksjonelle egenskaper

Gjentak hadde signifikant effekt på overrun og stabilitet i skum. Dette kan ha sammenheng med varierende fettinnhold i råstoffene ved de ulike gjentakene. Det kan også skyldes analysemetoden, hvor skummet ble dannet ved manuell risting og dermed er vanskelig å standardisere. Forskningen til Heino et al. (2007) viser at fett har stor innvirkning på overrun og stabilitet i skum. Fett vil også ha innvirkning på viskositet ved at produktet blir mer fyldig (viskøst).

Proteindrikkenes viskositet ble signifikant påvirket av gjentak, og dette skyldes som tidligere nevnt trolig råstoffenes sammensetning. Produktene som ble produsert i det første gjentak var minst viskøse, og produktene som ble produsert i det andre gjentak var mest viskøse.

5.1.3. Sensoriske egenskaper

Noen av de sensoriske egenskapene ble også påvirket av gjentak. Store/signifikante forskjeller i gjentakene kan både skyldes at det er forskjell på de ulike produksjonene, og at det har vært ulike dommere ved hver bedømming. Det kan også skyldes at dommerne ikke har klart å være konsekvente ved bruk av skalaen for hver gang. De sensoriske egenskapene som ble påvirket av gjentak var fargestyrke, fnokker, konsistens, melen, tørrhet, søt smak, besk/bitter smak, oksidert smak, pappsmak, pulversmak og bismak.

Utseende og lukt/smak ved lagring ble signifikant påvirket av gjentak. Dette kan i likehet med resultatene fra sensorisk profilering skyldes ulik kjemisk sammensetning (fett, laktose) av proteindrikkene, forskjellige dommere ved hvert gjentak eller ikke konsekvent bruk av skala.

De mikrobiologiske analysene viste at det var mer vekst i gjentak 1. Det ble også funnet vekst i den sterilfiltrerte jomfrumysen ved dette gjentak. Dette betyr at jomfrumysen som ble benyttet som ingrediens kan ha kontaminert proteindrikkene, eller proteindrikkene kan ha blitt kontaminert ved blanding. Større vekst av mikroorganismer i det første gjentak kan være en konsekvens av at det var første gang både sterilfiltering og blanding av produkter ble utført. I de andre gjentakene var det opparbeidet mer erfaring, noe som gjorde prosessen bedre og mer

steril. Dette viser at det sannsynligvis var faktorer rundt utføringen av sterilfiltreringen som gjorde at det ble funnet mikroorganismer i det første gjentak, og ikke sterilfiltreringen i seg selv. Derfor er det trolig ingen grunn til å stille spørsmål ved sterilfiltrering som metode for sikker produksjon.

5.2. Behandling: UHT/Sterilfiltrert

Sterilfiltrering ble valgt som konserveringsmetode av jomfrumyse på grunn av et ønske om å bevare native myseproteiner. Det er lite litteratur som omhandler effekten av ikke-denaturerte myseproteiner på ernæringsmessige og funksjonelle egenskaper. I følge Waagner (2001) har UHT-behandling svært liten innvirkning på den ernæringsmessige kvaliteten i melk. Waagner hevder at denaturerte myseproteiner er mer lettfordøyelige enn native proteiner. Heino (2009) hevder at et høyt innhold av native myseproteiner gir bedre skumstabilitet, men at innhold av fett i mysekonsentrat eller pulver har den største innvirkningen på skumegenskapene.

Produkter med sterilfiltrert jomfrumyse ble sammenlignet med UHT-behandlede produkter for å teste om de to behandlingsmåtene ville gi ulike kjemiske, funksjonelle og sensoriske egenskaper. Det var opprinnelig meningen at begge myseproteinkildene (WPC 80 og jomfrumyse) skulle testes med to ulike behandlinger, men WPC 80 lot seg ikke sterilfiltrere på grunn av store aggregater som tettet filtrene. Ifølge Walstra et al. (2006) kan deler av proteinet bli uløselig under tørkeprosessen på grunn av varmekoagulering. Dette gjør at pulveret inneholder store partikler og partikler som ikke løses opp i vann, og kan være årsaken til at løsningen med WPC-pulver ikke lot seg sterilfiltrere.

5.2.1. Kjemisk

Myseproteinene blir denaturert ved varmebehandling, og det fører til utfoldelse av molekylene og aggregering (de Wit 1998; Waagner 2001).

Behandling hadde signifikant effekt på innhold av ikke-denaturerte myseproteiner, og produktene med sterilfiltrert jomfrumyse hadde vesentlig høyere innhold av α -laktalbumin og β -laktoglobulin A og B enn de UHT-behandlede produktene. Forskjellen mellom UHT-behandling og sterilfiltrering kommer tydelig fram i resultatene til alle proteindrikkene, men spesielt tydelig er det i produktene med forhold 50:50 nativt myseprotein/kasein.

Det ble også målt denatureringsgrad i råstoffer og i UHT-behandlede proteindrikker ved hjelp av HPLC-analyser før og etter UHT-behandling. Denatureringsgrad vil si hvor mye innholdet av native (ikke-denaturerte) myseproteiner har blitt redusert i prosent som følge av behandling. Resultatene viser at det var høy denatureringsgrad i produktene med jomfrumyse som myseproteinkilde. Dette skyldes at det i utgangspunktet var høyere innhold av native myseproteiner i jomfrumyse enn i WPC 80 før UHT-behandling. Grunnen til at det var mindre nativ myse i produktene med WPC 80 før UHT-behandling skyldes trolig at det har vært denaturering av myseproteiner under tørkeprosessen.

Behandling hadde signifikant innvirkning på innholdet av kun ett mineral, kobber. De UHT-behandlede produktene hadde noe høyere innhold av kobber enn produktene med sterilfiltrert jomfrumyse. Varmebehandling fører til forandring i fettkulemembranen, spesielt i innhold av kobber (Walstra et al. 2006). Det er vanskelig å si om dette er årsaken, eller om effekten av behandling på innhold av kobber er tilfeldig. Resultatene viser at for de resterende mineralene hadde ikke behandling noen signifikant effekt på innholdet i proteindrikkene.

Bortsett fra denaturering av myseprotein fører UHT-behandling til minimale kjemiske endringer i melk. Innholdet av tørrstoff, laktose og fett ble ikke signifikant påvirket av behandlingsmetode. Varmebehandling kan føre til reaksjoner i forbindelse med laktose, noe som kan føre til endringer i smak, farge, ernæringsmessig verdi og pH. Diafiltreringen av mysekonsentratet gjorde at proteindrikkene hadde lavt innhold av laktose. Laktoseinnholdet i proteindrikkene varierte fra 0.0005-0.039 % mot 4.8 % i vanlig skummetmelk.

I følge Walstra et al. (2006) reduseres melkens pH ved varmebehandling. Det var ikke tilfelle i dette forsøket da behandling ikke hadde signifikant effekt på pH i proteindrikkene. Vanlig melk har en pH på rundt 6.7 ved romtemperatur, og proteindrikkene skiller seg ikke mye fra dette.

5.2.2. Funksjonelle egenskaper

Viskositet

Viskositet (η) ble målt ved 20°C med en skjærhastighet på 50,68 (1/s). De UHT-behandlede proteindrikkene hadde signifikant høyere viskositet enn drikkene med sterilfiltrert jomfrumyse. Studien til Marcelo & Rizvi (2008) viste at viskositeten til jomfrumyseproteinisolat var lavere enn i WPI og WPC80-løsninger. De native myseproteinenes lave molekylvekt og runde form gjør at de generelt har lav viskositet i fortynnet løsning. Denaturerte globulære proteiner har

aminosyregrupper som kan danne hydrogenbindinger i løsnings og skape bedre vannbindingsevne. Dette fører til svelling av proteinene og til aggregering etter som mengden denaturerte proteiner øker. Dette vil igjen føre til høyere viskositet. I tillegg vil innhold av laktose og fett ha innvirkning på løsnings viskositet, og det har vist seg at økning i laktose og fett vil gi økning i viskositet. I følge Marcelo og Rizvi (2008) gir større andel denaturert myseprotein i WPC80 sannsynligvis høyere viskositet, noe som stemmer med resultatene hvor de UHT-behandlede proteindrikkene hadde høyere viskositet enn proteindrikkene med sterilfiltrert jomfrumyse. Større andel denaturert myseprotein i de UHT-behandlede produktene er sannsynligvis grunnen til at de er mer viskøse enn produktene med sterilfiltrert jomfrumyse.

Skum

Proteindrikkene som inneholdt sterilfiltrert jomfrumyse hadde signifikant høyere overrun enn produktene som ble UHT-behandlet.

I følge Heino et al. (2007) har tidligere forskning vist at den viktigste grunnen til høy overrun og stabilitet i skum er et høyt innhold av native myseproteiner. Studien til Heino et al. (2007) viste derimot at fettinnholdet hadde størst effekt på skumegenskapene.

Ifølge forskningen til Borcherdig et al. (2008) førte denaturering av myseprotein til et mer ustabil skum, noe som skyldes mer overflateaktivitet på grunn av eksponering av reaktive funksjonelle grupper.

Produktene med sterilfiltrert jomfrumyse hadde mindre væskedrenering fra skummet enn de UHT-behandlede produktene. Dette kan tyde på bedre skumstabilitet i produktene med sterilfiltrert jomfrumyse. Det er likevel vanskelig å konkludere med om behandling hadde effekt på skumstabilitet, både på grunn av målemetode og på grunn av et ubalansert forsøksdesign.

5.2.3. Sensoriske egenskaper

Proteindrikkene ble bedømt med sensorisk profilering av trenede dommere. Smak, konsistens og utseende ble bedømt i produktene uten at de var ristet opp til skum. Dette ble gjort fordi det er vanskelig å gjøre sensoriske analyser på skum. Dette skyldes blant annet at prøvene må opparbeides på en slik måte at alle skummene blir smakt på ved nøyaktig likt tidspunkt etter

oppskumming. Ved bedømming av skum er det også vanskelig å vurdere smak, og det kan derfor være bedre å analysere skummets tekstur og utseende i en egen sensorisk bedømming.

UHT-behandling kan gi kokt smak og sedimentering (Bylund 1995). Ved visuell observasjon av produktene var det litt mer bunnfall i produktene som ble UHT-behandlet enn i produktene med sterilfiltrert jomfrumyse. De UHT-behandlede produktene fikk signifikant høyere poengscore på kokt smak i den sensoriske profileringen. UHT-behandling gir mer kokt smak enn høypasteurisert melk på grunn av større frigjøring av lavmolekylære svovelforbindelser. Ved lagring kan disse forbindes med oksygen, og derfor reduseres ofte den kokte smaken i løpet av noen dager/uker. UHT-behandling kan også føre til at det dannes små mengder laktoner fra hydrokso-fettsyrer, og det vil også bidra til smak (Waagner 2001).

UHT-behandling kan føre til at laktose reagerer med aminogrupeer i Maillardreaksjonen (Walstra et al. 2006). Dette fører til endringer i smak. De UHT-behandlede proteindrikkene hadde signifikant søtere smak enn produktene med sterilfiltrert jomfrumyse.

Ifølge Brans et al. (2004) vil sterilfiltrering av melk gi bedre kvalitet sammenlignet med UHT-behandlet melk, med god smak samtidig som den får lang holdbarhet.

Denaturering av myseproteiner gir økt viskositet. Resultatene fra den sensoriske profileringen viste at de UHT-behandlede produktene hadde tykkere konsistens enn produktene med sterilfiltrert jomfrumyse, noe som samsvarer med resultatene fra viskositetsmålingene.

5.2.4. Mikrobiologi og kvalitet ved lagring

Det var svært lite mikrobiell vekst i produktene. Det var ikke vekst i noen av de UHT-behandlede produktene. Det ble funnet noen kolonier i enkelte av produktene med sterilfiltrert jomfrumyse. Dette kan skyldes kontaminasjon under blanding av ingrediensene som ble gjort manuelt i sterilbenk. Etter fire ukers lagring av produktene ble det ikke funnet noen mikrobiell vekst.

Den sensoriske kvalitetsbedømmelsen viste at produktene holdt seg svært godt utseendemessig ved lagring. Sammenlignet med referanseproduktet (TINE Styrk) fikk ikke proteindrikkene like høy poengscore på smak. Siden det ikke ble gjort kvalitetsbedømmelse av ferske produkter er det vanskelig å si om dette skyldes lagringen, eller om smaken i produktene var generelt dårligere enn i TINE Styrk.

5.3. Myseproteinkilde: WPC 80/Jomfrumyse

Det ble undersøkt om ulike myseproteinkilde ville gi ulike egenskaper i proteindrikkene. På grunn av at det ikke var mulig å sterilfiltrere WPC 80 går det bare an å konkludere med hva slags forskjeller det er mellom WPC 80 og jomfrumyse som myseproteinkilde i UHT-behandlede produkter. Hovedforskjellene mellom de to myseproteinkildene er at WPC 80 inneholder fett, kasein og andre biprodukter fra osteproduksjon, mens jomfrumyse er et mikrobiologisk sterilt og klart permeat. Nativ myse inneholder ikke kaseinmakropeptider, celler, bakteriofager eller termisk dannede κ -kasein- og β -laktoglobulinkomplekser (Heino 2009).

5.3.1. Kjemisk

Det ble ikke funnet signifikant effekt av myseproteinkilde på denatureringsgrad i UHT-behandlede proteindrikker. Bestemmelse av denatureringsgrad ved bruk av HPLC gav store standardavvik både mellom parallellene i hver måling og mellom gjentakene. Dette kan være grunnen til at det ikke ble funnet signifikante forskjeller ved statistisk analyse. Likevel viser resultatene en trend med høyere denatureringsgrad i proteindrikkene med jomfrumyse enn i produktene med WPC 80. Dette skyldes sannsynligvis at det var større innhold av native myseproteiner i ubehandlet jomfrumyse enn i WPC 80. Grunnen til at det var mindre nativt myseprotein i produktene med WPC 80 før UHT-behandling skyldes trolig at det har vært denaturering av myseproteiner under tørkeprosessen til WPC-pulveret. Myseproteinkilde hadde ingen signifikant effekt på innholdet av udenaturerte myseproteiner etter behandling.

Myseproteinkilde hadde signifikant effekt på innholdet av de fleste av mineralene det ble analysert for. Proteindrikkene med WPC 80 som myseproteinkilde hadde signifikant høyere innhold av kalsium, kalium, magnesium, natrium og fosfor, mens proteindrikkene med jomfrumyse som myseproteinkilde hadde signifikant høyere innhold av kobber og jern. Det var ingen signifikant effekt av myseproteinkilde på innholdet av sink i proteindrikkene.

Diafiltrering fører til at lavmolekylære stoffer som mineraler vaskes ut av konsentratet (Walstra et al. 2006), og dette kan være grunnen til at jomfrumyse hadde mindre innhold av enkelte salter enn WPC 80. pH i ystekaret ved produksjon av myse til WPC 80 kan også ha innvirkning på mineralbalansen.

Proteindrikkene med WPC 80 som myseproteinkilde hadde signifikant høyere tørrstoff og beregnet fettinnhold enn produktene med jomfrumyse. WPC 80 inneholder generelt mer fett enn ultrafiltrert mysekonsentrat på grunn av rester fra osteproduksjon. Innhold av beregnet laktose ble ikke signifikant påvirket av myseproteinkilde.

5.3.2. Funksjonelle egenskaper

Forskjellen mellom nativ myse og WPC 80 er at det vil være mer fett, ostestøv, kasein og andre biprodukter fra osteproduksjon i WPC 80. I tillegg vil tørking påvirke proteinene ved grenseflaten og i den kontinuerlige fasen (Campbell & Mougeot 1999), noe som gjør at WPC-pulveret får andre funksjonelle egenskaper enn jomfrumysekonsentratet.

Skum

Stabiliteten i skum ble signifikant påvirket av myseproteinkilde. Ved måling av drenert væske fra skummet var jomfrumyse mer stabil enn WPC 80. Dette skyldes trolig at produktene med WPC 80 har høyere fettinnhold enn produktene med jomfrumyse, noe som virker negativt på skumstabilitet. Myseproteinkilde hadde ikke signifikant effekt på overrun, men det var signifikant samspill mellom myseproteinkilde, myseprotein/kasein-forhold og totalprotein. Det er derfor sannsynlig at myseproteinkilde har en effekt på overrun ved ulike nivåer av de nevnte faktorene.

Viskositet

Det var ingen signifikant effekt av myseproteinkilde på viskositet, men det var signifikant samspill mellom myseproteinkilde og flere av de andre faktorene. Resultatene viser en tendens til at produktene med WPC 80 var mer viskøse enn produktene med jomfrumyse. Dette er i overenstemmelse med resultatene fra den sensoriske analysen hvor produktene med WPC 80 ble bedømt som mer fyldige og med mer munnfølelse enn produktene med jomfrumyse som myseproteinkilde.

5.3.3. Sensoriske egenskaper

Den sensoriske analysen viste at produktene med WPC 80 hadde tykkere konsistens og mer munnfølelse enn produktene med jomfrumyse. Dette kan skyldes at det var mer tørrstoff og fett i produktene med WPC 80. Det kan også skyldes høyere andel denaturerte myseproteiner i WPC 80, som gir høyere viskositet. Produktene med WPC 80 hadde signifikant mer pulversmak. Pulversmak kan være en litt tørr fornemmelse i munnen eller en litt kokt smak. Det er tvilsomt at pulveret ikke har blitt helt rehydrert etter at det har gått gjennom UHT-anlegget. Dette skyldes at det er mikroinimatorer på anleggene for å være sikker på at alt pulveret har blitt løst opp i modningstanken før miksen pumpes videre til UHT-anlegget.

Kvalitetsbedømmelsen av lagrede produkter viste at proteindrikkene med jomfrumyse fikk litt bedre poengscore på lukt og smak enn proteindrikkene med WPC 80. Myseproteinkilde hadde ingen signifikant effekt på utseende til lagrede produkter.

5.4. Forhold mellom nativt myseprotein og kasein: 20:80/30:70

Forholdet mellom nativt myseprotein og kasein ble variert i to nivåer for å se om dette hadde noen effekt på proteindrikkenes egenskaper. I tillegg ble det laget to ekstraprodukter hvor andelen native myseproteiner ble økt til 50 % av totalprotein. Disse produktene var ikke en del av den statistiske analysen, men det er likevel interessant å se hvordan økningen i andel myseproteiner påvirker produktene. I den sensoriske analysen var det bare ekstraproduktet med sterilfiltrert jomfrumyse som ble profilert. Det skyldes at det er begrenset hvor mange prøver dommerne klarer å bedømme i en omgang. Dommerne bedømte 14 prøver ved hver bedømming (12 proteindrikker, MF-retentat og referanse, MF-retentatet ble byttet ut med et ekstraprodukt i det siste gjentaket). Hver prøve ble servert to ganger, og det ble dermed 28 prøver å bedømme.

5.4.1. Kjemisk

Proteindrikkene med forhold 30:70 myseprotein/kasein hadde som forventet signifikant høyere innhold av native myseproteiner (α -laktalbumin og β -laktoglobulin A og B) enn proteindrikkene med forhold 20:80.

Det var signifikant høyere innhold av laktose i produktene med myse/kasein-forhold 20:80. Dette skyldes at det var høyere innhold av laktose i MF-retentatene enn i UF-retentat og WPC

80. Det var spesielt lite laktose i UF-retentatet. Produktene med forhold 20:80 hadde høyest innhold av MF-retentat. Forhold hadde ikke signifikant effekt på innhold av fett.

Myse/kasein-forhold hadde signifikant innvirkning på innhold av de fleste av mineralene det ble analysert for. Dette kan skyldes ulikt mineralinnhold i råstoffene, som dermed gir forskjellig mineralinnhold i produkter med ulikt blandingsforhold av MF-retentat, UF-retentat og WPC 80. Det er i følge Walstra et al. (2006) lite kjent hvordan sporstoffene fordeler seg i de ulike fraksjonene i melken. Noen av elementene er sannsynligvis bundet til protein. Det var sannsynligvis lavere innhold av mineraler i UF-retentat enn i MF-retentatene på grunn av diafiltreringen, som fører til utvasking av mineraler og andre lavmolekylære stoffer.

5.4.2. Funksjonelle egenskaper

Produktene med myse/kasein-forhold 30:70 hadde høyere overrun i skum. Dette kan skyldes høyere andel myseproteiner og at det ser ut til å være sammenheng mellom nativ myse og gode skumegenskaper. Ifølge Foegeding et al. (2006) danner globulære proteiner som β -laktoglobulin mer viskoelastiske filmer i luft/væske-grenseflaten i skum enn proteiner som β -kasein. Det antas at reologien i grenseflaten er viktig for egenskaper i skum. Dette er en mulig forklaring på at proteindrikkene med høyest andel myseproteiner hadde høyere skumoverrun. Forhold mellom myse og kasein hadde ingen signifikant effekt på skumstabilitet.

Det var signifikant effekt av myse/kasein-forhold på viskositet. Proteindrikkene med forhold 20:80 var mest viskøse. Ifølge Fox og McSweeney (1998) danner kaseiner viskøse løsninger på grunn av deres åpne struktur og gode vannbindingsevne. Dette stemmer med resultatene hvor proteindrikkene med størst andel kasein var signifikant mer viskøse enn proteindrikkene med minst andel kasein. Det er også mulig at produktene med myse/kasein-forhold 20:80 har en høyere andel med denaturerte proteiner (denaturert myseprotein inngår i andelen kasein), og at dette er grunnen til høyere viskositet. Ekstraproduktene med 50:50 myseprotein/kasein hadde lavere viskositet enn de andre proteindrikkene, spesielt produktet med sterilfiltrert jomfrumyse. Dette skyldes sannsynligvis den store andelen sterilfiltrert jomfrumyse i produktet, og dermed lavere andel denaturerte proteiner enn i de andre produktene. Globulære ikke-denaturerte myseproteiner har vist seg å gi lavere viskositet i løsninger (Marcelo & Rizvi 2008).

5.4.3. Sensoriske egenskaper

Den sensoriske analysen viste at produktene med forhold 20:80 hadde signifikant mer søt smak, mindre besk/bitter smak og minst bismak. Mer søt smak kan skyldes at det var mer laktose i kaseindelen (MF-retentatene). Det er vanskelig å si hvorfor produktene med høyest andel myseproteiner hadde mer besk/bitter smak og bismak. Referanseproduktet som ble brukt (TINE Styrk) fikk gjennomsnittlig 1,5 poeng på bismak, mens alle proteindrikkene gjennomsnittlig hadde mellom 1 og 2 poeng, noe som viser at ingen av produktene skilte seg mye fra referansen.

Produktene med myse/kasein-forhold 20:80 hadde signifikant tykkere konsistens i forhold til produktene med forhold 30:70. Dette samsvarer med resultatene fra viskositetsmålingene hvor produktene med forhold 20:80 hadde høyest viskositet.

Kvalitetsbedømmelsen som ble gjort på lagrede produkter viste at produktene med forhold 20:80 hadde signifikant bedre lukt/smak enn produktene med forhold 30:70. Dette kan henge sammen med at produktene med forhold 20:80 hadde mer søt smak, mindre besk/bitter smak og mindre bismak.

Den sensoriske profilen til ekstraproduktet med forhold 50:50 myseprotein/kasein skilte seg tydelig fra de andre proteindrikkene både i utseende, konsistens og smak. Produktet hadde vesentlig høyere fargestyrke enn de andre produktene. UF-retentatet som ble brukt som myseproteinkilde hadde en brun farge, og proteindrikkene med høyere andel myseproteiner hadde større innhold av denne ingrediensen, noe som ga en mørkere farge.

Ekstraproduktet hadde vesentlig tynnere konsistens enn de andre proteindrikkene. Dette skyldes sannsynligvis lavere andel denaturerte proteiner enn i de andre produktene. Resultatene fra profileringen samsvarer med resultatene fra viskositetsmålingene hvor ekstraproduktet med sterilfiltrert jomfrumyse hadde vesentlig lavere viskositet sammenlignet med de andre proteindrikkene med lik proteinkonsentrasjon (8%).

5.5. Totalprotein: 6% / 8%

Proteinkonsentrasjonen i proteindrikkene ble variert i to nivåer, 6 og 8 %, for å se hvilken effekt dette ville ha på produktenes egenskaper. Totalprotein hadde signifikant effekt på flere av proteindrikkenes egenskaper, og spesielt på de funksjonelle egenskapene. Både i skumegenskaper og viskositet hadde proteinkonsentrasjonen den største innvirkningen på resultatene.

5.5.1. Kjemisk

Resultatene viser at proteindrikkene med 8 % totalprotein hadde signifikant høyere innhold av laktose, fett og de fleste av mineralene det ble analysert for. Dette skyldes trolig høyere tørrstoffinnhold i disse produktene og at høyere konsentrering av proteiner i råstoffene også har gitt høyere konsentrering av andre bestanddeler.

Proteinkonsentrasjon hadde kun signifikant innvirkning på innhold av ikke-denaturert α -laktalbumin, og ikke på innholdet av β -laktoglobulin A og B. Samspill mellom behandling og totalprotein hadde derimot signifikant effekt på innholdet av β -laktoglobulin A og B, og resultatene viser at proteindrikkene med sterilfiltrert jomfrumyse og 8 % totalprotein hadde høyere innhold enn proteindrikkene med 6 % TP.

Det var forventet at proteinkonsentrasjon ville ha en effekt på innholdet av ikke-denaturerte myseproteiner. Stort standardavvik mellom parallellene i metoden kan være årsaken til at det ikke ble funnet signifikant effekt av TP på innholdet av β -laktoglobulin A og B i de UHT-behandlede proteindrikkene.

5.5.2. Funksjonelle egenskaper

Proteindrikkene med 6 % totalprotein hadde høyere overrun i skum. Det er vanskelig å si hva årsaken til dette er, men det kan skyldes høyere innhold av stoffer som virker hemmende på skum i produktene med 8 % totalprotein (fett, denaturerte myseproteiner). Resultatene viser at det var en lineær sammenheng mellom skumstabilitet og overrun, hvor skumstabiliteten ble dårligere ved høyere overrun. Det vil si at proteindrikkene med 8 % totalprotein hadde best skumstabilitet. Denne effekten var ikke signifikant, noe som kan skyldes stort standardavvik i målingene mellom hvert gjentak. Det ble også funnet signifikant samspill mellom totalprotein og gjentak. Ifølge Campbell og Mougeot (1999) er myseproteiners evne til å danne skum og skumstabilitet ofte omvendt sammenhengende.

Litteraturen som omhandler sammenheng mellom proteinkonsentrasjon og skumstabilitet gir ulike konklusjoner. Ifølge Halling (1981) vil økt skumstabilitet kun oppnås opp til en proteinkonsentrasjon på 0.1 %, mens forskningen til Britten og Lavoie (1992) viste at skumstabiliteten (i skum fra kaseinat og myseprotein) økte opp til en proteinkonsentrasjon på 10 %, mens høyere proteininnhold førte til redusert skumstabilitet.

Forskningen til Borchering et al. (2009) viser at økt proteinkonsentrasjon fører til redusert boblestørrelse. Proteindrikkene hadde skum med små bobler sammenlignet med referansene som ble brukt, TINE Milkshake og YT restitusjonsdrikk. Tine Milkshake inneholder 4 % protein, mens YT restitusjonsdrikk inneholder 5,6 % protein. Siden disse produktene også inneholder sukker og tilsetningsstoffer er det ikke sikkert at forskjellen i boblestørrelse skyldes proteinkonsentrasjon. Det var ikke mulig å visuelt oppdage forskjeller i boblestørrelse mellom proteindrikkene med 6 og 8 % totalprotein. Det er mulig at forskjellen mellom 6 og 8 % totalprotein er for liten, og at større forskjeller i proteininnhold ville gitt en forskjell.

Produktene med 8 % totalprotein var vesentlig mer viskøse enn produktene med 6 % totalprotein, noe som henger sammen med at høyere tørrstoffinnhold gir økt viskositet.

5.5.3. Sensoriske egenskaper

Den sensoriske profileringen viste at proteindrikkene med 8 % totalprotein ga mer kokt smak enn proteindrikkene med 6 % totalprotein. Dette skyldes trolig at et utgangspunkt med høyere proteinkonsentrasjon vil gi større mengde denaturerte myseproteiner, som fører til kokt smak.

Proteinkonsentrasjon hadde signifikant innvirkning på fargestyrke, noe som kan henge sammen med tørrstoffinnhold.

Proteinkonsentrasjon hadde ingen signifikant effekt på noen andre sensoriske egenskaper. Ingen av produktene hadde noen utpreget smak eller konsistens, med unntak av kokt smak. Det ble gitt poeng i nedre del av skalaen på de fleste egenskaper, noe som viser at produktene hadde nøytral smak og utseende. Dette er positivt i et modellprodukt som dette, da det ikke var noen utpregede usmaker som må maskeres med tilsatt smak.

5.6. Effekt av samspill mellom flere faktorer

Ved statistisk analysing av resultatene i denne masteroppgaven ble det brukt et faktorielt design hvor man utforsker alle mulig kombinasjoner av nivåene til faktorene som er involvert.

Selv om resultatene viste at det var signifikant effekt av samspill mellom flere av faktorene, ble det lagt størst vekt på signifikante hovedfaktorer i diskusjonen. Av og til kan man oppleve at hoved-faktorer er signifikante, og i tillegg samspill av mange faktorer. Det kan være et reelt og viktig samspill, men noen ganger vil slike dukke opp av tilfeldigheter. Hvis man tester på 5%

nivå, er det viktig å huske at 5% av alle ikke-signifikante faktorer (eller samspill) vil dukke opp som signifikante selv om de ikke er det.

5.7. Videre arbeid

Forskning

Det ble i denne oppgaven ikke gjort sensoriske analyser på produktenes skumegenskaper. Dette er vanskelig å måle på grunn av at det krever rask servering og at hver dommer får prøvene før skummet begynner å kollapse/endre seg. Det kan være interessant å gjøre forbrukertester på skumegenskaper for å se hvilke egenskaper i skum forbrukere foretrekker. Det kan også være interessant å gjøre forbrukertester på smaksegenskapene i proteindrikkene. På en del av egenskapene som ble testet sensorisk var det små forskjeller. Hvis produktene skal jobbes videre med, kan en bruke forskjellstester for å undersøke om det er en sensorisk forskjell mellom prøvene.

Det vil i senere arbeid være interessant å gå mer i dybden på hvilken effekt samspill av flere faktorer har på proteindrikkene, og teste faktorene ved flere nivåer. For eksempel ved flere proteinnivåer, flere nivåer med økt andel myseprotein etc.

I denne oppgaven ble det laget to ekstraprodukter med økt andel myseprotein. I senere arbeid kan det undersøkes mer rundt økning av andel myseproteiner. Spesielt hvis fremtidig forskning på ernæring viser at native myseproteiner har en ernæringsmessig fordel vil dette være interessant.

Applikasjon

Hvis det skal utvikles en proteinshake basert på funnene i denne oppgaven bør det først og fremst gjøres forbrukerundersøkelser for å finne ut hvilke egenskaper som blir foretrukket blant forbrukere. Hvis skumstabilitet er en foretrukket egenskap, må dette forskes mer på og det må utvikles metoder som er mer tilpasset produktene i denne oppgaven. Det kan være interessant å måle skumstabilitet ved lengre henstand enn det som ble gjort i denne oppgaven. Hvis skumdannende egenskaper er viktigere enn stabilitet, vil en proteinkonsentrasjon på 6% og sterilfiltrert jomfrumyse være et godt valg. Ved videre utvikling av produktene kan det være lurt å fjerne mer fett fra skummetmelken før mikrofiltrering, da fett virker hemmende på skum.

I tillegg vil et fettfattig produkt ha en bedre helseprofil. I en restitusjonsshake/proteinshake vil det trolig være ønskelig med et så høyt proteininnhold som mulig. Selv om resultatene viste at lavere proteininnhold gav bedre skumoverrun hadde ekstraproduktet med 50:50 forhold myseprotein/kasein, 8 % totalprotein og sterilfiltrert jomfrumyse svært gode skumdannende egenskaper.

Et problem ved å ha høyt proteininnhold i produktet er påbrenning i UHT-anlegget, noe som ikke vil være et problem ved å bruke sterilfiltrert jomfrumyse som ingrediens. Ved å tilsette hjelpestoffer vil det også være mulig å øke proteinkonsentrasjonen uten at det fører til påbrenning i UHT-anlegget. Hjelpestoffer kan også gi bedre skumstabilitet. Det kan likevel være spennende å utvikle et produkt uten tiletningstoffer da dette kan markedsføres som et «naturlig» og «rent» produkt. Et problem ved høyt innhold av jomfrumyse er at det kan gi en lysebrun farge på det ferdige produktet. Dette kan kamufleres ved å tilsette farge, for eksempel i en kakao-/sjokoladedrikk. Resultatene viste at produktene med sterilfiltrert jomfrumyse hadde lavere viskositet enn de UHT-behandlede produktene. Skummet i proteinshaken vil likevel føre til at produktet får en fyldig konsistens og mer munnfølelse. Produktene med sterilfiltrert jomfrumyse hadde vesentlig mindre kokt smak enn de UHT-behandlede produktene. Dette er en stor fordel. En ulempe er at de også hadde mindre søt smak, og derfor vil det kanskje være nødvendig å tilsette søtning.

Det bør undersøkes mer i forhold til å anvende sterilfiltrering av jomfrumyse i et kommersielt produkt, både med hensyn til økonomi og med hensyn til mattrygghet. Det bør gjøres forsøk som tar for seg mer grundige mikrobiologiske analyser og sensoriske analyser på lagrede produkter. Hvis det ikke er mulig å lage et like sterilt produkt ved bruk av sterilfiltrering, vil UHT-behandling av produktene være en bedre konserveringsmetode.

Det kan også være mulig å teste ingrediensene fra denne oppgaven i andre produkter enn en restitusjonsshake. Proteindrikkene hadde et veldig kompakt og stabilt skum, noe som er ønskelige egenskaper i enkelte kaffedrikker som for eksempel cappuccino. Ingrediensene fra dette forsøket kunne også tenkes å bli brukt i ulike desserter hvor høyt skumoverrun og god skumstabilitet er en fordel. I disse produktene er ikke høyt proteininnhold viktig (som det er i en restitusjonsshake), og derfor vil en ingrediens med 6 % proteinkonsentrasjon være et godt valg.

6. Konklusjon

Proteindrikkene ble produsert i tre gjentak hvor det var relativt store avvik i råstoffssammensetningen mellom de tre produksjonene. Dette førte til at det også ble store avvik i resultatene til de ferdige proteindrikkene i de tre gjentakene.

Proteindrikkene med sterilfiltrert jomfrumyse hadde som forventet en vesentlig høyere andel native myseproteiner enn de UHT-behandlede produktene. Resultatene viste at produktene med sterilfiltrert jomfrumyse hadde tynnere konsistens enn de UHT-behandlede produktene, noe både resultatene fra den sensoriske analysen og viskositetsmålingene viste. Proteindrikkene med sterilfiltrert jomfrumyse hadde høyere skumoverrun enn de UHT-behandlede produktene. Alle proteindrikkene hadde svært stabile skum, og det er vanskelig å konkludere med om de ulike faktorene utgjorde noen forskjell på skumstabilitet, da målemetoden ikke var optimal. Likevel kan det se ut til at overrun og stabilitet i skum var omvendt proporsjonalt.

Det ble ikke funnet store forskjeller i proteindrikkenes egenskaper som følge av myseproteinkilde, men siden WPC 80 ikke lot seg sterilfiltrere ble bare de UHT-behandlede produktene sammenlignet. Den sensoriske analysen viste imidlertid at WPC 80 gav tykkere konsistens og mer munnfølelse enn produktene med jomfrumyse.

Resultatene viste at produktene har en relativt lik sensorisk profil med små forskjeller i smak, konsistens og utseende. Det ble gitt poeng i den nedre delen av poengskalaen på alle egenskaper, noe som viser at produktene har en nøytral smak med tynn konsistens. Smaksmessig var det kakt smak som skilte seg mest ut. De UHT-behandlede produktene og produktene med 8 % totalprotein hadde signifikant mer kakt smak enn produktene med sterilfiltrert jomfrumyse og produktene med 6 % totalprotein. Produktene med myseprotein/kasein-forhold 30:70 hadde mindre søt smak og mer besk/bitter smak. Proteindrikken med myseprotein/kasein-forhold 50:50 og sterilfiltrert jomfrumyse hadde en sensorisk profil som skilte seg klart ut fra de andre proteindrikkene og fra referanseproduktet (TINE Styrk) med vesentlig mindre kakt smak, mindre søt smak, sterkere farge og tynnere konsistens.

Proteinkonsentrasjon hadde stor effekt på de funksjonelle egenskapene. Proteindrikkene med 8 % totalprotein hadde signifikant lavere overrun og var mer stabile enn produktene med 6 % totalprotein. Stabilitet var ikke signifikant, noe som trolig skyldes målemetode. Proteindrikkene med 8 % totalprotein var vesentlig mer viskøse enn proteindrikkene med 6 % TP.

Proteindrikkene med forhold 20:80 myseprotein/kasein var også mer viskøse noe både de sensoriske analysene og viskositetsmålingene viste.

Det er vanskelig å konkludere med hva slags sammensetning og konserveringsmetode som vil fungere best i en fremtidig proteinshake, uten å ha utført forbrukertester. De ulike proteindrikkene hadde helt klart forskjellige egenskaper som følge av ulikt proteininnhold, myseproteinkilde og konserveringsmetode, men hvilken kombinasjon som vil passe best i en applikasjon må undersøkes videre.

7. Referanser

- Ardisson-Korat, A. V. & Rizvi, S. S. H. (2004). Vatless manufacturing of low-moisture part-skim Mozzarella cheese from highly concentrated skim milk microfiltration retentates. *Journal of Dairy Science*, 87 (11): 3601-3613.
- Beyer, H. J. (1990). *Zum Einfluss der Proteinkonzentration auf das Denaturierungsverhalten der Molkenproteine die damit verbundenen rheologischen Veränderungen*. München: Technische Universität München-Weihenstephan.
- Borcherding, K., Lorenzen, P. C., Hoffmann, W. & Schrader, K. (2008). Effect of foaming temperature and varying time/temperature-conditions of pre-heating on the foaming properties of skimmed milk. *International Dairy Journal*, 18 (4): 349-358.
- Borcherding, K., Chlrenzen, P. & Hoffmann, W. (2009). Effect of protein content, casein-whey protein ratio and pH value on the foaming properties of skimmed milk. *International Journal of Dairy Technology*, 62 (2): 161-169.
- Brans, G., Schroën, C. G. P. H., van der Sman, R. G. M. & Boom, R. M. (2004). Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges. *Journal of Membrane Science*, 243 (1-2): 263-272.
- Britten, M. & Lavoie, L. (1992). FOAMING PROPERTIES OF PROTEINS AS AFFECTED BY CONCENTRATION. *Journal of Food Science*, 57 (5): 1219-&.
- Bylund, G. (1995). *Dairy processing handbook*. Lund, Sverige: Tetra Pak Processing Systems AB.
- Campbell, G. M. & Mougeot, E. (1999). Creation and characterisation of aerated food products. *Trends in Food Science & Technology*, 10 (9): 283-296.
- Cayot, P. & Lorient, D. (1997). Structure-function relationships of whey proteins. I: Damodaran, S. & Paraf, A. (red.) *Food Proteins and their Application*. New York, USA: Marcel Dekker, Inc.
- Damodaran, S. (1997). Protein-stabilized foams and emulsions. I: Damodaran, S. & Paraf, A. (red.) *Food proteins and their application*. New York, USA: Marcel Dekker, Inc.
- Datta, N., Elliott, A. J., Perkins, M. L. & Deeth, H. C. (2002). Ultra-high-temperature (UHT) treatment of milk: comparison of direct and indirect modes of heating. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57 (3): 211-227.
- de Wit, J. N. (1998). Nutritional and Functional Characteristics of Whey Proteins in Food Products. *Journal of Dairy Science*, 81 (3): 597-608.
- Dickinson, E. (1999). Adsorbed protein layers at fluid interfaces: interactions, structure and surface rheology. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 15 (2): 161-176.
- Fellows, P. J. (2000). *Food processing technology*. 2 utg. Cambridge, England: Woodhead publishing limited.
- Foegeding, E. A., Davis, J. P., Doucet, D. & McGuffey, M. K. (2002). Advances in modifying and understanding whey protein functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 13 (5): 151-159.
- Foegeding, E. A., Luck, P. J. & Davis, J. P. (2006). Factors determining the physical properties of protein foams. *Food Hydrocolloids*, 20 (2-3): 284-292.
- Fox, P. F. & McSweeney, P. L. H. (1998). *Dairy chemistry and biochemistry*. London, England: Blackie Academic & Professional.
- Germain, J. C. & Aguilera, J. M. (2014). Multi-scale properties of protein-stabilized foams. *Food Structure*, 1 (1): 55-70.

- Hagenes, K. (2006). *Produksjon av meieriprodukter*. Oslo, Norge: Pensumtjeneste AS. 288 s.
- Halling, P. J. (1981). PROTEIN-STABILIZED FOAMS AND EMULSIONS. *Crc Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 15 (2): 155-203.
- Heino, A. (2009). Microfiltration in cheese and whey processing, 978-952-10-5936-0. Helsinki, Finland: University of Helsinki, Department of Food Technology.
- Heino, A. T., Uusi-Rauva, J. O., Rantamaki, P. R. & Tossavainen, O. (2007). Functional properties of native and cheese whey protein concentrate powders. *International Journal of Dairy Technology*, 60 (4): 277-285.
- Hoffmann, T. (2011). *Membrane filtration and membrane filtration assembly*.
- Holt, C., Carver, J. A., Ecroyd, H. & Thorn, D. C. (2013). Invited review: Caseins and the casein micelle: Their biological functions, structures, and behavior in foods. *Journal of Dairy Science*, 96 (10): 6127-6146.
- Ibarz, A. & Barbosa-Canovas, G. V. (2003). *Unit operations in food engineering*. USA: CRC Press.
- IDF. (1987). *Milk cream and evaporated milk. Determination of total solid content*. 21B:1987. Brussels, Belgium: International Dairy Federation.
- Lawless, H. T. & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food*. 2 utg. Food Science Text Series. New York, USA: Springer Science+Business Media.
- Marcelo, P. A. & Rizvi, S. S. H. (2008). Physicochemical properties of liquid virgin whey protein isolate. *International Dairy Journal*, 18 (3): 236-246.
- Maubois, J. L. (2002). Membrane microfiltration: a tool for a new approach in dairy technology. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57 (2): 92-96.
- Moe, K. M., Porcellato, D. & Skeie, S. (2013). Metabolism of milk fat globule membrane components by nonstarter lactic acid bacteria isolated from cheese. *Journal of Dairy Science*, 96 (2): 727-739.
- Montgomery, D. C. (2009). *Design and analysis of experiments*. 8 utg. Singapore: John Wiley & Sons. 730 s.
- Oboroceanu, D., Wang, L., Magner, E. & Auty, M. A. E. (2014). Fibrillization of whey proteins improves foaming capacity and foam stability at low protein concentrations. *Journal of Food Engineering*, 121 (0): 102-111.
- Rødbotten, M. (2000). Metoder i sensorisk analyse. I: studiegruppe, S. (red.) *Sensorisk analyse - bedømmelse av næringsmidler*. Oslo, Norge: Gyldendal.
- Sinha, R., Radha, C., Prakash, J. & Kaul, P. (2007). Whey protein hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. *Food Chemistry*, 101 (4): 1484-1491.
- Steffe, J. F. (1996). *Rheological methods in food process engineering*. 2 utg. East Lansing, USA: Freeman Press.
- Svanborg, S., Johansen, A.-G., Abrahamsen, R. K. & Skeie, S. B. (2014). Initial pasteurisation effects on the protein fractionation of skimmed milk by microfiltration. *International Dairy Journal*, 37 (1): 26-30.
- TINE. (2012). *Stabilitetstest av milkshake*. MA-metode. Oslo, Norge: Johanne Brendehaug.
- Waagner, E. N. (2001). *Mælkekemi*. Odense, Danmark: Erhvervsskolernes forlag.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M. & Geurts, T. J. (2006). *Dairy science and technology*. 2 utg. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.

8. Oversikt over vedlegg som finnes på CD

Vedlegg 1. Produktdatablad for WPC 80

Vedlegg 2. Resepter

Vedlegg 3. Resultater samlet

Vedlegg 4. Variansanalyser: utskrift fra R

Vedlegg 5. Sensorikk rådata

Vedlegg 6. Kvalitetsbedømmelse

Vedlegg 7. Reologiske målinger rådata

Vedlegg 8. HPLC- denatureringsgrad rådata

Vedlegg 9. Kjeldahl rådata

Vedlegg 10. Bilder skumanalyser