

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE
MEIERIINSTITUTTET

MEMBRANFILTRERING I MEIERIINDUSTRIEN

AV

ROGER K. ABRAHAMSEN

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE

MEIERIINSTITUTTET

MEMBRANFILTRERING I MEIERIINDUSTRIEN

AV

ROGER K. ABRAHAMSEN

Ås-NLH, 1981

FORORD

I Meieriteknologi, hovedkurs, MIT 3, har en funnet det riktig å gi to timer forelesning om anvendelsen av membranfiltrering; omvendt osmose (hyperfiltrering) og ultrafiltrering.

Dette kompendiet er skrevet for disse forelesningene. En bygger på at membranfiltrering som prinsipp, den viktigste nomenklaturen samt apparatenes oppbygging, i hovedsak er kjent fra undervisning i Næringsmiddelmaskiner, NM 2 og fra øvelsesarbeid i Meieriteknologi, øvingskurs, MIT 2.

I forelesningene vil en i alt vesentlig følge disposisjonen i kompendiet, men i en del tilfelle vil en gjennomgå andre eksempler på anvendelse. Det vil også være aktuelt med en noe mer detaljert gjennomgang av noen av de eksemplene som er nevnt i kompendiet. En nærmere redegjørelse for anvendelse av membranfiltrering ved behandling av myse for tilbakeføring av myseprotein til ystemelka, gis i tilknytning til den delen av MIT 3 som omhandler ostens teknologi.

Roger K. Abrahamsen

Ås-NLH, august 1981

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	1
2. ANVENDELSE AV MEMBRANFILTRERING VED BEHANDLING AV MYSE	2
2.2 <u>Omvendt osmose av myse</u>	4
2.2.1 Myse konsentrert til bruk som fôr	4
2.2.2 Forkonsentrering av myse til brunost- produksjon:	6
2.3 <u>Anvendelse av myseprotein til ysting</u>	7
2.4 <u>Anvendelse av myse til laktoseproduksjon</u>	8
2.5 <u>Alkohol fra myse</u>	10
3. ANVENDELSE AV MEMBRANFILTRERING VED BEHANDLING AV MELK	12
3.1 <u>Proteinstandardisering av melk</u>	12
3.2 <u>Melk med redusert laktoseinnhold</u>	13
3.3 <u>Membranfiltrering anvendt ved produksjon av yoghurt</u>	15
3.4 <u>Ultrafiltrering av ystemelk</u>	20
3.4.1 Fremstilling av kvarg	21
3.4.2 Fremstilling av kremoster ved Maarud Gård	24
3.4.3 Fordeler ved ultrafiltrering av ystemelk	24
4. SLUTTKOMMENTARER	25
5. LITTERATURLISTE	26

Frost

1. INNLEDNING

Det er sannsynligvis i meieriindustrien at membranfiltreringsteknikken har fått den største industrielle anvendelsen. Det første omvendt osmoseanlegget i norsk meieriindustri ble montert på Gjøvik Meieri i april 1975. I dag er det montert flere anlegg for omvendt osmose (RO) og ett anlegg for ultrafiltrering (UF), men flere meierier vurderer anskaffelse av membranfiltreringsutstyr.

Av den internasjonale meierifaglige litteraturen kan en se at membranfiltrering har utviklet seg til å bli en relativt alminnelig anvendt teknikk i meieriindustrien. For 5-10 år siden ble det publisert et stort antall artikler som omtalte det en kan kalle grunnleggende sider ved membranfiltreringen.

I dag ser en, som oftest, at membranfiltrering omtales som et hvilket som helst annet ledd i en eller annen prosessbeskrivelse.

En rekke meierifaglige forskningsinstitusjoner verden over har vært og er opptatt av membranfiltrering som tema, men det kan synes som om disse institusjonene i relativt liten grad har sett på den mer praktiske teknologiske anvendelsen av UF og RO. Det virker som det praktiske meieribruk, i samarbeid med leverandørene av membranfiltreringsutstyr, selv har måttet løse mange spørsmål i tilknytning til selve anvendelsen av teknikken.

I dette kompendiet vil en legge hovedvekten på dagens meieriteknologiske anvendelse og den potensielle anvendelsen av membranfiltrering. Dette gjøres antakelig enklest ved å gjennomgå forskjellige prosesser der UF og RO anvendes eller rent forsøksvis har vært anvendt. Siden membranfiltreringsteknikken har gjort en mer full-

stendig utnyttelse av melkas bestanddeler mulig, vil en også komme inn på noen produkter som er litt utradisjonelle i meieriteknologisk sammenheng. Det vil bli lagt størst vekt på en omtale av de teknologiske og kvalitetsmessige sidene ved prosessene og produktene, og i mindre grad gitt en vurdering av de økonomiske forhold ved anvendelsen av membranfiltrering.

I figur 1 har en utarbeidet en oversikt som viser i hvilke forbindelser det kan være aktuelt å benytte RO eller UF eller en kombinasjon av disse teknikkene.

2. ANVENDELSE AV MEMBRANFILTRERING VED BEHANDLING AV MYSE

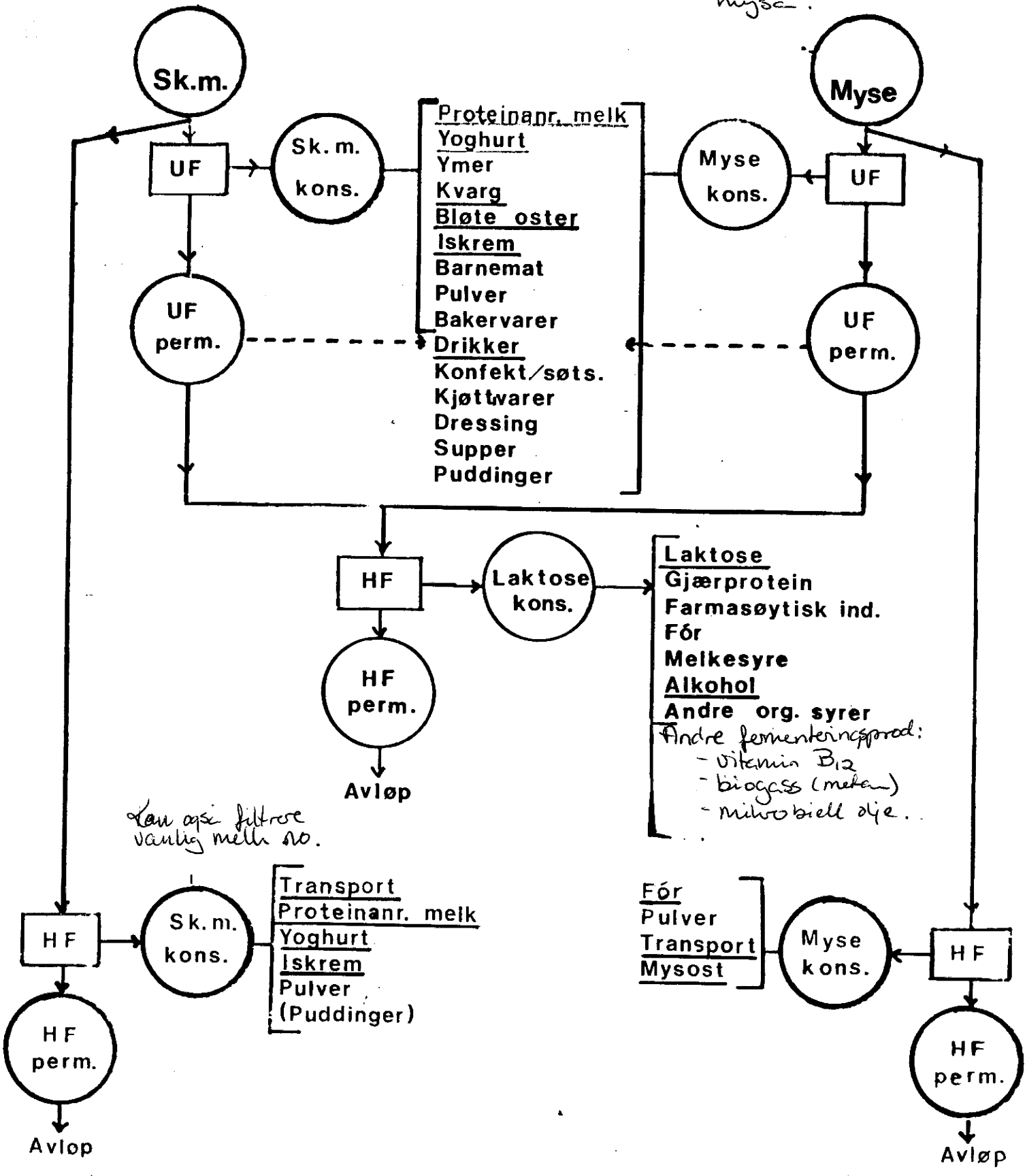
Mysas sammensetning varierer en del, avhengig av hvilken type ost den stammer fra, mysas behandling og oppbevaring. Følgende oppstilling gir imidlertid en idé om mysas sammensetning:

Totalt tørrstoff	6,5%
Laktose(melkesukker)	4,7%
Protein	0,7%
Aske	0,7%
Ikke-protein-nitrogen	0,2%

Verdensproduksjonen av myse er i størrelsesorden 80 milliarder kg. Proteinmengden i denne mysemengden ekvivalerer med proteininnholdet i ca. 2 milliarder kg soyabønner eller ca. 20 milliarder kg melk(Kjærgaard Jensen 1978).

En beregning foretatt av Høilo (1975) viser at det ved norske meierier blir produsert omlag 500 mill. liter myse årlig. Av dette går 120 mill. liter til produksjon av brunost og prim, 40 mill. liter går til fremstilling av mysepulver. Av det resterende går 150 mill. liter

Godt hjelpemiddel for
 er te vare på³
 mysa.



Figur 1. Oversikt over mulig anvendelse av membranfiltrering ved behandling av myse og melk.

i retur som dyrefôr til produsentene, mens ca. 190 mill. liter går i kloakken.

Myseproteinene har en aminosyresammensetning som gir dem en meget høy næringsverdi. De har også flere funksjonelle egenskaper som det er mulig å utnytte i forskjellige produkter.

Mysa virker sterkt forurensende. Det er beregnet at 100 kg myse kan forurense like mye som 45 personer i ett døgn. Laktose, som utgjør den vesentligste delen av mysas tørrstoff, står ansvarlig for omkring 70% av mysas evne til å forurense. En ultrafiltrering av myse vil altså gi et verdifulle myseproteinkonsentrat og et permeat som det på grunn av dets evne til å forurense også må finnes en praktisk anvendelse for.

2.2. Omvendt osmose av myse

2.2.1 Myse konsentrert til bruk som fôr:

Omvendt osmose av myse er den mest aktuelle anvendelse av membranfiltrering ved norske meierier i dag. Behandlingen gir en ren konsentrering av mysa. Konsentratet anvendes til fôr eller til videre inndamping for fremstilling av brunost.

Omvendt osmose anleggene i norske meierier benyttes enten til konsentrering av myse til fôr, til forkonsentrering av myse ved brunostframstilling eller til forkonsentrering før tørking.

Ved konsentrering av mysa til fôr har det ved norske meierier vært vanlig å øke mysas totale tørrstoff til 12-13 %, dvs. at 60-65 % av mysas væske er fjernet. En slik volumreduksjon reduserer lagrings- og transportkostnadene samtidig som fôrverdien av produktet vil bli omtrent den samme som for skummetmelk.

I Danmark og Irland konsentrerer man mysa til et tørrstoffinnhold omkring 19-20% før den returneres som fôr. Dette gjøres med tilfredsstillende resultat både økonomisk og fôringsmessig (Donnelly et al. 1974, Kjærgaard Jensen, 1978).

Rent fôringsmessig er det utvilsomt en fordel å arbeide med konsentrert fôr. Spesielt for svin, som har relativt lite magevolum, vil konsentrering av mysa føre til at dyret kan ta til seg større mengder mysetørrstoff, samtidig som trivselen i bingen vil bedres. Også for storfé vil en konsentrering av mysa være en fordel både trivsel og arbeidsmessig.

For å få inntrykk av stoffinnholdet i myse, konsentrert ved omvendt osmose, har en ved Meieriinstituttet analysert myse fra ysting av Jarlsbergost etter forskjellig konsentreringsgrad. Resultatet er gjengitt i tabell 1.

Innhold	Volumreduksjon %			
	0	52,5	62,5	75,0
Tørrstoff %	5,12	10,31	13,07	20,14
Fett %	0,39	0,51	0,60	0,88
Laktose %	3,22	6,67	8,46	12,91
Aske %	0,58	1,20	1,50	2,44
Total-Nitrogen mg/100g	93	182	230	335
Svovel mg/100g	8	14	17	23
Fosfor mg/100g	32	58	80	111
Klor mg/100g	160	-	370	630
Kalium mg/100g	92	131	164	303
Natrium mg/100g	105	159	194	298
Kalsium mg/100g	25	37	55	82

Tabell 1: Stoffsammensetningen i mysa fra fremstilling av Jarlsbergost etter forskjellig grad av konsentrering ved omvendt osmose (Etter Bredeveien et al. 1976).

(Mysa var en blanding av 1. og 2. avtapp, og tilsatt 350 g NaCl pr. 100 liter ystemelk i 2. avtapp).

2.2.2 Forkonsentrering av myse til brunostproduksjon:

Som alternativ til økning av inndampingskapasiteten, har enkelte meierier, funnet det økonomisk fordelaktig å gå til anskaffelse av anlegg for omvendt osmose. Det er vanskelig å sette opp en generell økonomisk kalkyle på om montering av membranfiltreringsutstyr vil være fordelaktig eller ikke. Dette må beregnes for det enkelte anlegg. Ved forkonsentrering av myse til bruk i brunostproduksjonen, er det aktuelt å konsentrere til 12-14% tørrstoff i membranfiltreringsanlegget før den videre konsentrering til ca. 55% tørrstoff som foregår i vakuuminndamper.

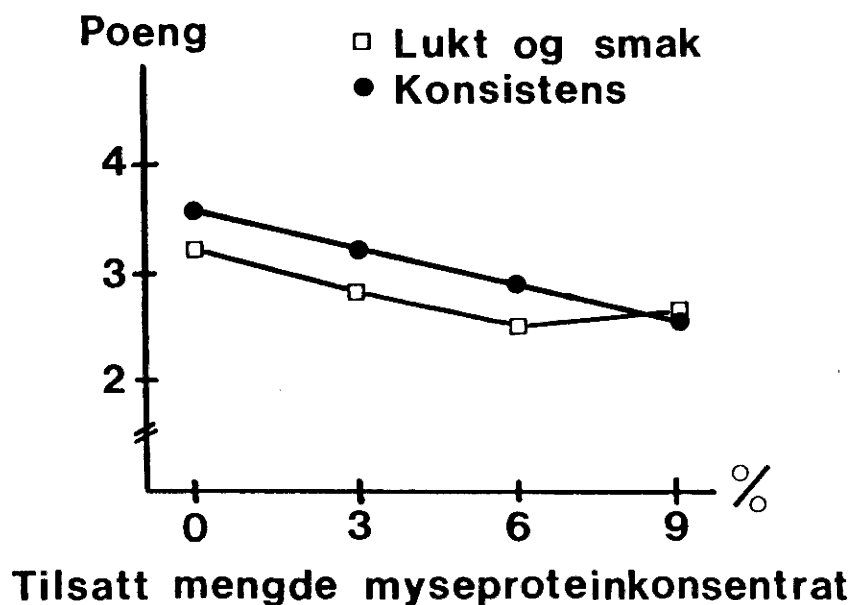
2.3 Anvendelse av myseprotein til ysting

Både ernæringsmessig, ressursmessig, forurensningsmessig, økonomisk og meieriteknologisk, er en optimal utnyttelse av melkas og mysas bestanddeler av stor interesse. Ved vårt institutt har vi gjennom en serie undersøkelser forsøkt å utnytte mysa på det stedet der den produseres, dvs. i ysteriet.

I en rekke orienterende ystingsforsøk har en ultrafiltrert myse for derved å få frem et myseproteinkoncentrat. Disse konsentratene ble tilsatt ystemelk i forskjellige mengder etter at myseproteinene var denaturert ved hjelp av varme. Uten en slik denaturering vil myseproteinene ikke felles ut sammen med melkas kasein, slik vi ønsket det i disse undersøkelsene. Et av de viktigste spørsmålene i denne forbindelse var om det var mulig å tilbakeføre myseprotein til ystemelka på denne måten, og i tilfelle, i hvilke mengder, uten at det gikk ut over ostekvaliteten. Det ideelle ville være å tilbakeføre hele myseproteinmengden fra én ysting til neste dags ystemelk.

Forskjellige ostetyper ble fremstilt under dette prosjektet. Resultatene viste at osteutbyttet kunne økes 12-15% ved tilbakeføring av myseproteinene til ystemelka. Kvaliteten på osten ble imidlertid gjennomgående noe dårligere enn kontrollostene ystet uten ekstra tilsetning av myseprotein. Tilsetning av myseproteinkoncentrat til ystemelka medførte en noe klinete og litt melen konsistens, og ofte også en dårligere hullsetting. Det generelle inntrykket var også at ostenes lukt og smak ble negativt påvirket av tilsetningen. Som eksempel har en i figur 2 vist resultatene fra den organoleptiske bedømmelsen av Sveitserost tilsatt forskjellige mengder ultrafiltrert myse. Resultatene indikerer ellers at det er noe bedre muligheter for tilbakeføring

av myseproteiner til bløtere ostetyper enn til faste. En regner med at en del av de negative forholdene en registrerte i disse undersøkelsene kan rettes opp ved forskjellige endringer i ystingsteknikken. Det har imidlertid, av kapasitetsmessige grunner, ikke vært mulig å arbeide videre med disse problemene.

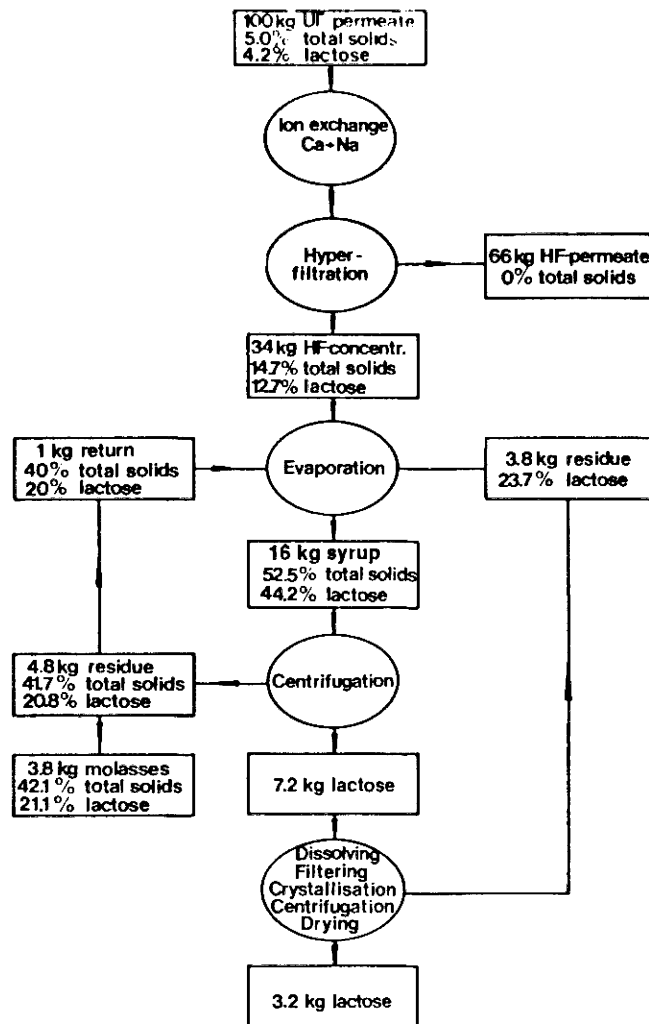


Figur 2: Organoleptiske egenskaper for Sveitserost ystet av melk tilsatt forskjellige mengder ultrafiltrert myse. (Etter Abrahamsen 1979) (Mysekonsentratene hadde: 12,7-13,2% totalt tørrstoff og 5,8-6,3% myseprotein).

2.4 Anvendelse av myse til laktoseproduksjon

De danske sukkerfabrikker har utviklet en metode, som ved hjelp av ultrafiltrering av myse og behandling av permeatet ved hjelp av omvendt osmose, gir laktose av meget høy kvalitet og til en fordelaktig pris (Nicolaisen 1975).

Figur 3 viser en prinsippskisse av prosessen for fremstilling av laktose. Mysa ultrafiltreres. Permeatet fra ultrafiltreringen føres gjennom en ionebytter hvor kalsium byttes med natrium eller kalium. Dette gjøres for å unngå utfelling av kalsiumsalter under krystalliseringen av laktose. Etter ionebyttingen konsentreres permeatet i et omvendt osmoseanlegg inntil henimot 15% tørrstoff. Dette konsentratet inndampes til 45-50% tørrstoff. En har nå en sirup som er mettet ved 90°C. Ved en gradvis avkjøling, i løpet av 16-18 timer, skjer en ny oppløsning, filtrering, omkrystallisering og sentrifugering før laktosen til slutt tørkes.



Figur 3: Prinsippskisse for fremstilling av laktose fra permeat fra ultrafiltrering av myse (Etter Nicolaisen 1975).

Det er fremholdt at denne prosessens store fordel ligger i den første ultrafiltreringen av mysa, som gjør det mulig å utnytte både myseproteinfraksjonen og det laktoserike permeatet til forskjellige formål. Ultrafiltreringen gir både økonomiske og tekniske fordeler ved laktoseproduksjonen, fordi laktosekrystalliseringen kan gjennomføres uten uheldig innflytelse av proteiner. I følge Nicolaisen(1975) gir dette et utbytte av laktose som er tett opp til det teoretisk mulige.

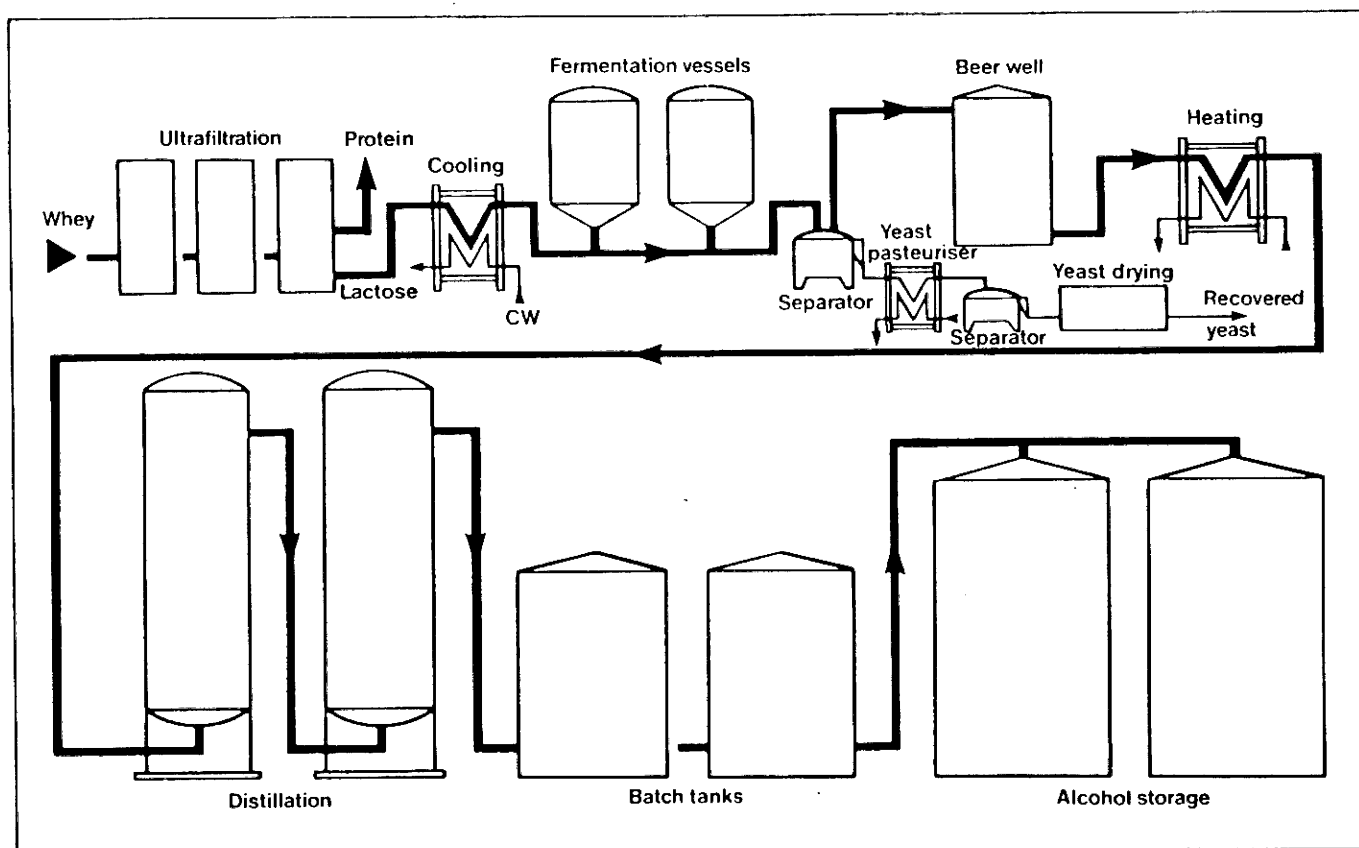
2.5 Alkohol fra myse

Interessen for og ønsket om å utnytte mysa best mulig har ført til en relativt sterk interesse for fremstilling av alkohol fra myse. En oversikt over publiserte arbeider på dette temaet viser at membranfiltrering spiller en viktig rolle i flere av de prosessene som har eller som kan få industriell betydning (Mann 1980).

I Danmark har A/S Dansk Gærings-Industri utviklet en prosess for fremstilling av alkohol fra myse. Prosessen omfatter, som første ledd, en ultrafiltrering av mysa for å fjerne proteinene. Permeatet fermenteres av gjæren Kluyveromyces fragilis. Etter fermentering følger separering og destillering. Prosessen kan gjøres kontinuerlig. I følge Reesen (1978) vil 41 liter mysepermeat med 4,5% laktose gi 1 liter 100% alkohol. Det hevdes at alkoholen fremstilt på denne måten kan konkurrere både prismessig og kvalitetsmessig med alkohol fremstilt fra melasse og fra jordolje.

Et Britisk patent fra 1978, for fremstilling av alkohol fra myse, omfatter, i tillegg til ultrafiltrering av myse, en konsentrering av permeatet ved hjelp av omvendt osmose før en fermentering med gjærarten

Candida pseudotropicalis (Mann 1980). Fra Carbery Milk Products i Irland kan en hente et nesten fantastisk eksempel på en gunstig utnyttelse av myse (Hansen 1980 a). Firmaets meieri i Ballineen er det største ysteri i Irland. Mysa fra cheddarostystingen siles og separeres for å fjerne ostestøv og fett før den kjøres inn på et ultrafiltreringsanlegg med en kapasitet på 570.000 liter myse pr. døgn ved fremstilling av et proteinkonsentrat på 36% tørrstoff. Dette proteinkonsentratet spraytørres. Permeatet forgjæres til alkohol i 6 gjæringstanker, hver på ca. 190.000 liter, ved hjelp av gjæren Kluyveromyces fragilis. Et flytdiagram som viser prosessen ved Carbery Milk Products er vist i figur 4.



Figur 4: Flytdiagram for fremstilling av alkohol fra myse ved Carbery Milk Products, Ireland (Etter Dairy Industries International 1979).

Baylyp . Ved gjæringen i Carbery's anlegg oppnår man 86% av det teoretisk mulige utbytte. En beregning, foretatt av Hansen (1980a), viser at det fra de 570.000 liter myse, hvert døgn produseres ca. 14000 liter 96,5 % alkohol ved dette meieriet. Alkoholene anvendes ved fremstilling av vodka og gin. En del anvendes til en spesiell irsk likør, basert på meieriets alkohol og kremfløte, altså et rent meieriprodukt!

Metoden som anvendes av Carbery kan nå tilbys av APV i England på lisens. Verdensrettighetene til prosessen holdes av APV International (Dairy Industries International 1979).

3. ANVENDELSE AV MEMBRANFILTRERING VED BEHANDLING AV MELK

3.1 Proteinstandardisering av melk

I mange land standardiseres konsummelkas fettinnhold. Innen meieriindustrien forventes en utvikling mot meieriprodukter med standardisert proteininnhold. Den enkleste måten å forandre proteininnholdet på i melk, vil være å tilsette eller fjerne vann. Ved en slik fremgangsmåte vil imidlertid melkas øvrige bestanddeler endres i samme forhold. Muligheter for en spesifikk justering av melkas proteininnhold har vært svært begrenset inntil membranfiltreringsteknikken ble tilgjengelig i begynnelsen av 1970-årene.

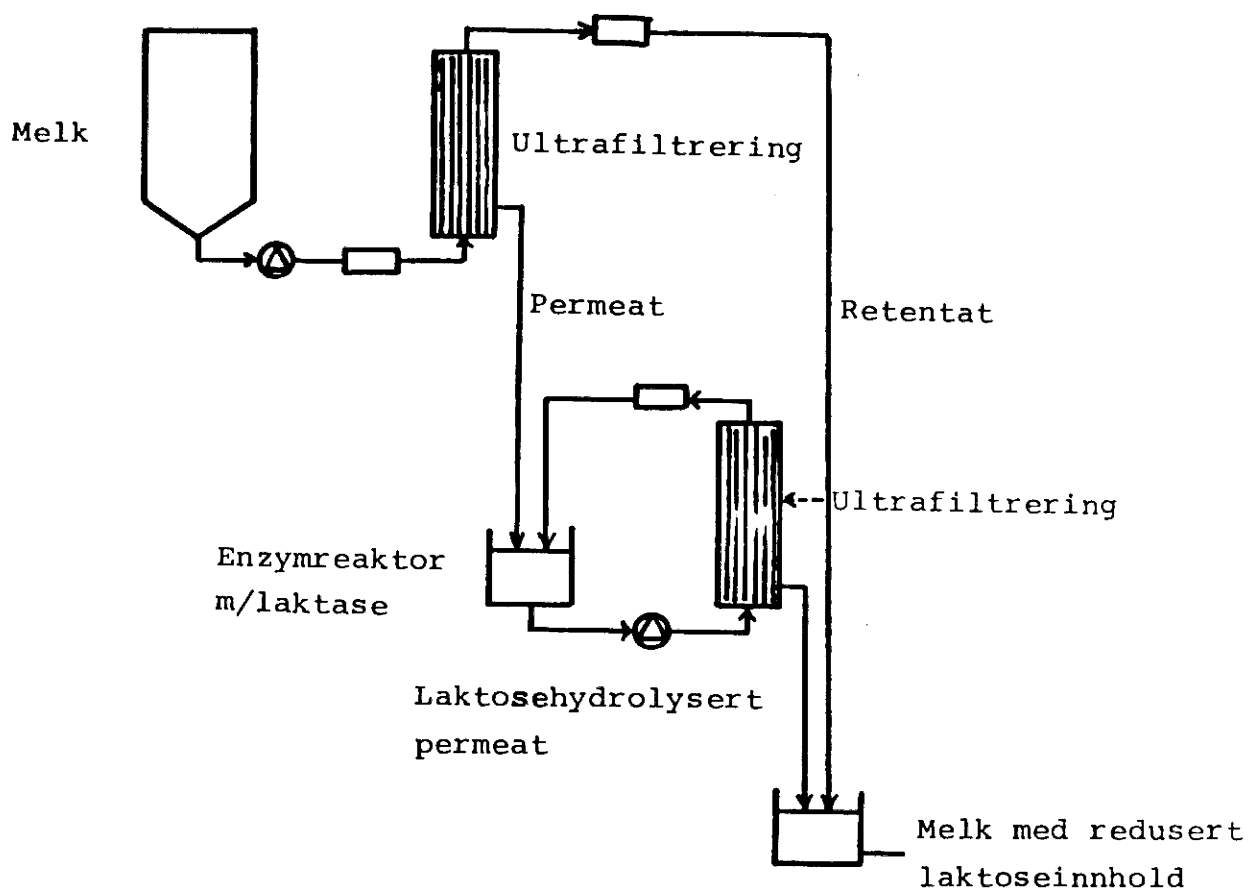
Forsøk utført ved Statens Forsøgsmeieri i Hillerød i Danmark (Rønkilde Poulsen 1978) har vist at ultrafiltrering er en egnet metode til standardisering av melkas proteininnhold. Proteinstandardisering ved hjelp av ultrafiltrering, har vist seg å være mulig over et relativt bredt proteinintervall, uten merkbare organoleptiske konsekvenser for konsummelka. For skummet melk fant en at proteininnholdet kunne variere fra 3,1 til 6,4 uten at produktommerne kunne kjenne for-

skjell, for lettmelk var grensen 1,75-6,5% og for helmelk 1,5 til mer enn 6,5%. Velger en å benytte ultrafiltrering, kan proteininnholdet økes ved å fjerne permeat eller reduseres ved å fjerne retentat. Dersom ønsket om proteinstandardisert melk vinner frem, kan dette resultere i at ultrafiltreringsutstyr blir like vanlig i et meieri som separatoren eller pasteuren (Juul Sørensen 1976).

I følge Gerhold et.al.(1975) ble ultrafiltreringsutstyr for proteinanriking av lettmelk montert i et meieri i Tyskland allerede i 1974. Hensikten var å øke proteininnholdet med 1% i melk med 1,5% fett.

3.2 Melk med redusert laktoseinnhold.

En stor del av jordens befolkning tåler ikke å innta næringsmidler med såvidt høyt laktoseinnhold som i melk. Produksjon av laktosefattig melk er derfor ønskelig. I en slik produksjon kan en dra nytte av ultrafiltrering ved å bygge opp en prosessenhet som best kan betegnes som en membranenzymreaktor. Fremstilling av melk med redusert laktoseinnhold ved hjelp av en membranenzymreaktor, er vist skjematisk i figur 5.



Figur 5: Flytdiagram for fremstilling av melk med lavt innhold av laktose ved hjelp av membranenzymreaktor (Etter Roger et al. 1977).

Pasteurisert melk ultrafiltreres. Permeatet ledes til et reaksjonskammer der det også tilsettes et enzym som kan spalte laktose til glukose og galaktose. Enzymet laktase (β -galaktosidase) forestår denne spaltingen. Pasteuriseringen er nødvendig fordi upasteurisert melk inneholder komponenter som reduserer laktasens aktivitet, (Nordisk Meieriindustri 1976). Ultrafiltreringen er nødvendig for å fjerne proteinene, også dette av hensyn til enzymreaksjonen. De optimale betingelsene i enzymreaktoren er funnet å være: pH 6,6, 33°C og en laktasekonsentrasjon på 0,8 g/kg permeat. Under disse

betingelsene benyttet Roger et al. (1977) en oppholdstid i reaktoren på ca. 30 minutter.

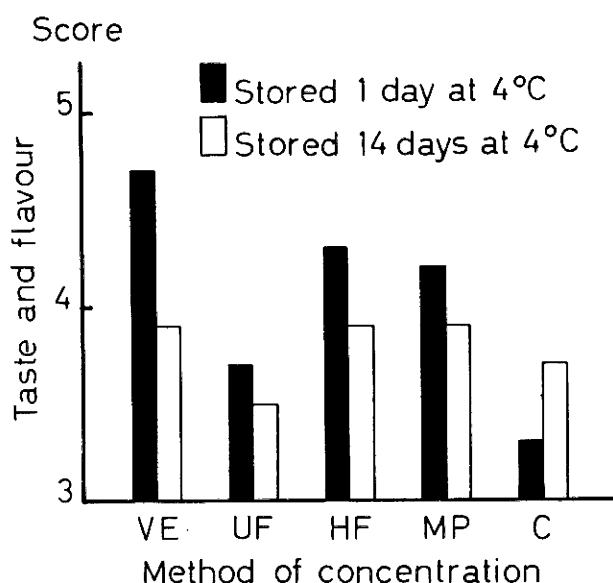
Fra reaksjonskammeret føres det laktasebehandlede permeat til en ny ultrafiltreringsenhet. I denne vil laktaseenzymet finnes i retentatet, mens permeatet vil være fritt for laktase. Retentatet føres tilbake til enzymreaktoren, slik at laktasen kan brukes flere ganger. Permeatet, som altså har et redusert laktoseinnhold, føres til slutt sammen med retentatet fra den første ultrafiltreringen. Resultatet blir en laktosefattig melk. Når 76% av laktosen var spaltet i permeatet, oppnådde Roger et al. (1977) en spaltingsgrad på 61% i sluttproduktet. At spaltingsgraden i sluttproduktet er lavere enn i permeatet, skyldes at retentatet fra første ultrafiltrering inneholder laktose som ikke er spaltet. Laktaseenzymet føres tilbake til reaksjonskammeret og kan på den måten benyttes flere ganger. Ved porsjonsvis kjøring er det funnet at enzymet iallefall kan anvendes til mer enn 10 porsjoner, (Kowalewska et al. 1978). Prosessen kan imidlertid gjøres kontinuerlig, slik som det er beskrevet og undersøkt av Roger et al. (1977) og Johansen & Steins-holt (1979).

3.3 Membranfiltrering anvendt ved produksjon av yoghurt

I de fleste land fremstilles yoghurt av melk med et øket innhold av fettfritt tørrstoff. Norske forskrifter sier at yoghurt skal fremstilles av melk der det fettfrie tørrstoffet er øket med minst 2,5%. Tilsetting av mager tørrmelk eller vakuuminndamping har vært de to aktuelle måtene å øke det fettfrie melketørrstoffet på. Både ultrafiltrering og omvendt osmose kan være alternative konsentreringsformer. Yoghurt av høg kvalitet, fremstilt av RO-konsentrert melk, er beskrevet av flere, og slik yoghurt produseres industrielt (Bundgaard et al. 1972, Chapman et al. 1974,

Davies et al. 1977, Jepsen 1977, Abrahamsen & Holmen 1980).

Ved vårt institutt har vi sammenliknet kvaliteten på yoghurt fremstilt ved å tørrstoffanrike melka ved hjelp av de fire nevnte metodene: tilsetning av mager tørrmelk, inndamping, omvendt osmose og ultrafiltrering. (Abrahamsen & Holmen 1980). Resultatene fra disse undersøkelsene viste at en generelt oppnådde like gode produkter ved å benytte omvendt osmose som ved tilsetning av tørrmelk eller inndamping. Resultatene fra bedømmelsen av produktenes lukt og smak er gjengitt i figur 6.



Figur 6. Poeng for lukt og smak i yoghurt fremstilt av melk konsentrert på forskjellig måte. (Etter Abrahamsen & Holmen 1980).

Poengskala fra 1-5, 5 beste poeng

VE = Vakuuminndamping

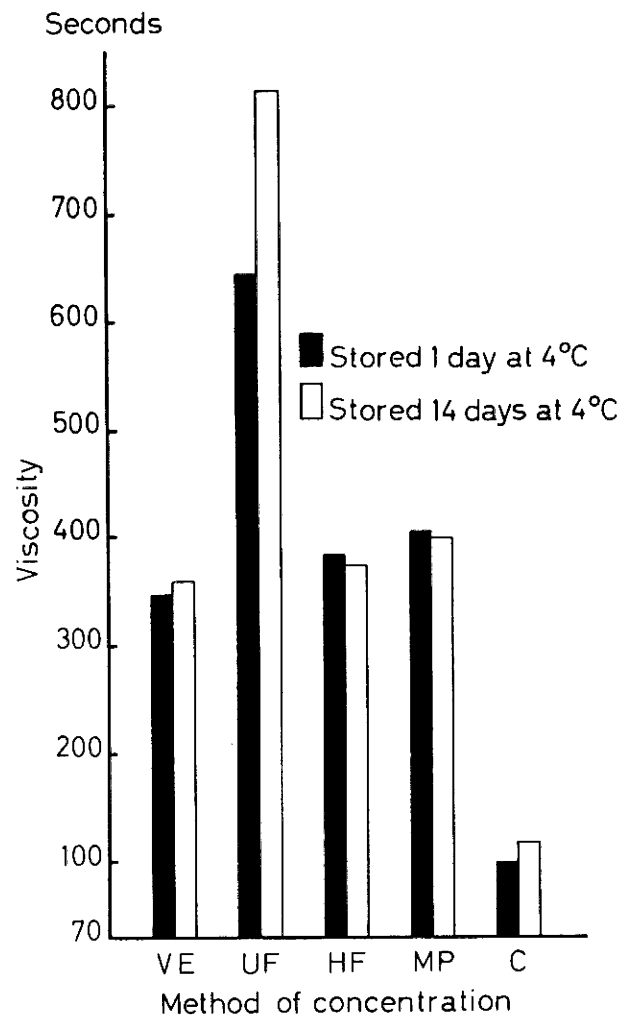
UF = Ultrafiltrering

HF = Hyperfiltrering (Omvendt osmose)

MP = Tørrmelk

C = Kontroll (ukonsentrert melk)

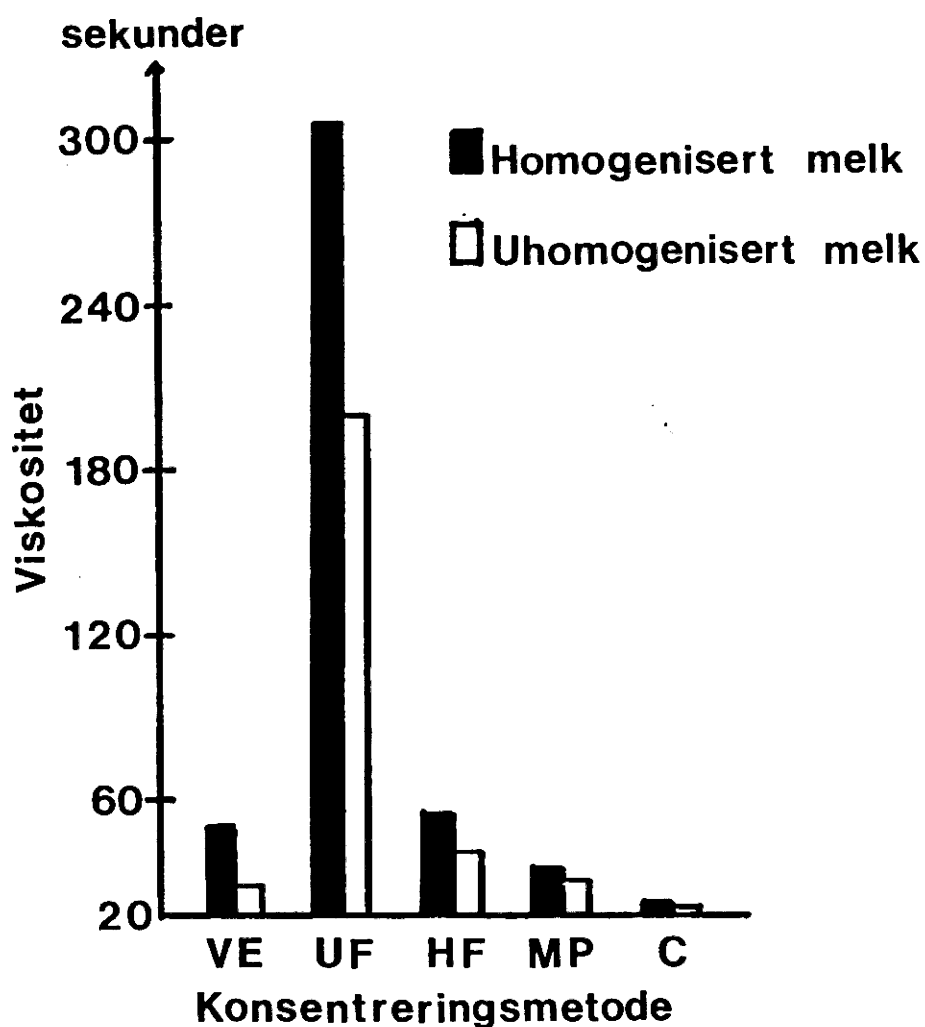
I figur 7 har en vist resultatene fra registrering av prøvenes viskositet. Resultatene viste at det var mulig å fremstille yoghurt med høyere viskositet ved bruk av ultrafiltrering enn ved de andre metodene. UF-yoghurtens koagelfasthet og viskositet var imidlertid så høy at produktommerne oppfattet koagelet som for fast og viskositeten som for høy. Undersøkelsen kan tyde på at det ved hjelp av ultrafiltrering, er mulig å oppnå et produkt med god koagelfasthet og konsistens ved en lavere konsentreringsgrad enn ved de andre aktuelle konsentreringsmetodene. Et slikt produkt vil ikke være i overensstemmelse med våre forskrifter, men det er likevel interessant å undersøke dette nærmere, både utfra et meieriteknologisk og et økonomisk syn.



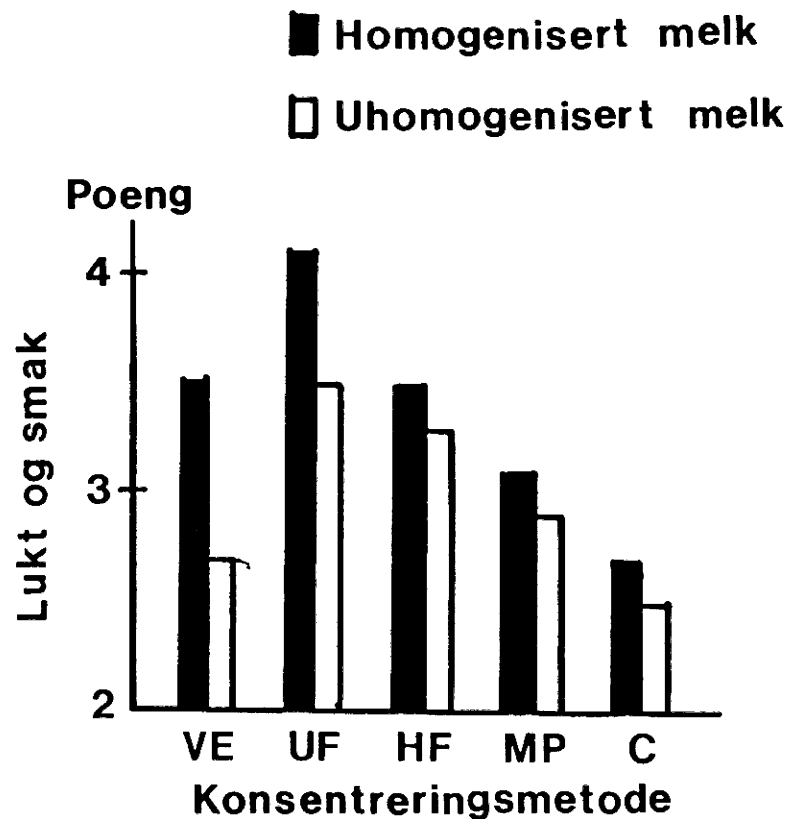
Figur 7. Viskositeten i yoghurt fremstilt av melk konsentrert på forskjellig måte (Etter Abrahamsen & Holmen 1980) (Symbolforklaring se tekst til figur 6)

Ved fremstilling av yoghurt av geitmelk, har vi funnet at UF var den eneste konsentreringsform som ga et produkt med akseptabel kvalitet, dersom melkas fettfrie tørrstoff skal økes med ca. 2,5%. (Abrahamsen & Holmen 1981). De andre tre metodene for øking av melkas tørrstoff ga en geitmelksyoghurt med et for løst koagel og for lav viskositet. Geitmelk gir vanligvis et skjørere koagel enn kumelk. Ved UF er det i hovedsak en økning i proteininnholdet som finner sted. Dette er sannsynligvis årsaken til den høyere viskosi-

teten både i ku- og geitmelksyoghurt fremstilt av UF-konsentrert melk. I figur 8 og 9 har en vist resultatene fra registreringene av geitmelksyoghurtens viskositet og dens lukt og smak. Alle vurderte egenskaper var best i UF-geitmelksyoghurt.



Figur 8: Viskositeten i geitmelksyoghurt fremstilt av melk konsentrert på forskjellige måte. (Symbolforklaring se tekst til figur 6)



Figur 9: Poeng for lukt og smak i geitmelksyoghurt fremstilt av melk konsentrert på forskjellig måte. (Symbolforklaring se tekst til figur 6)

3.4 Ultrafiltrering av ystemelk

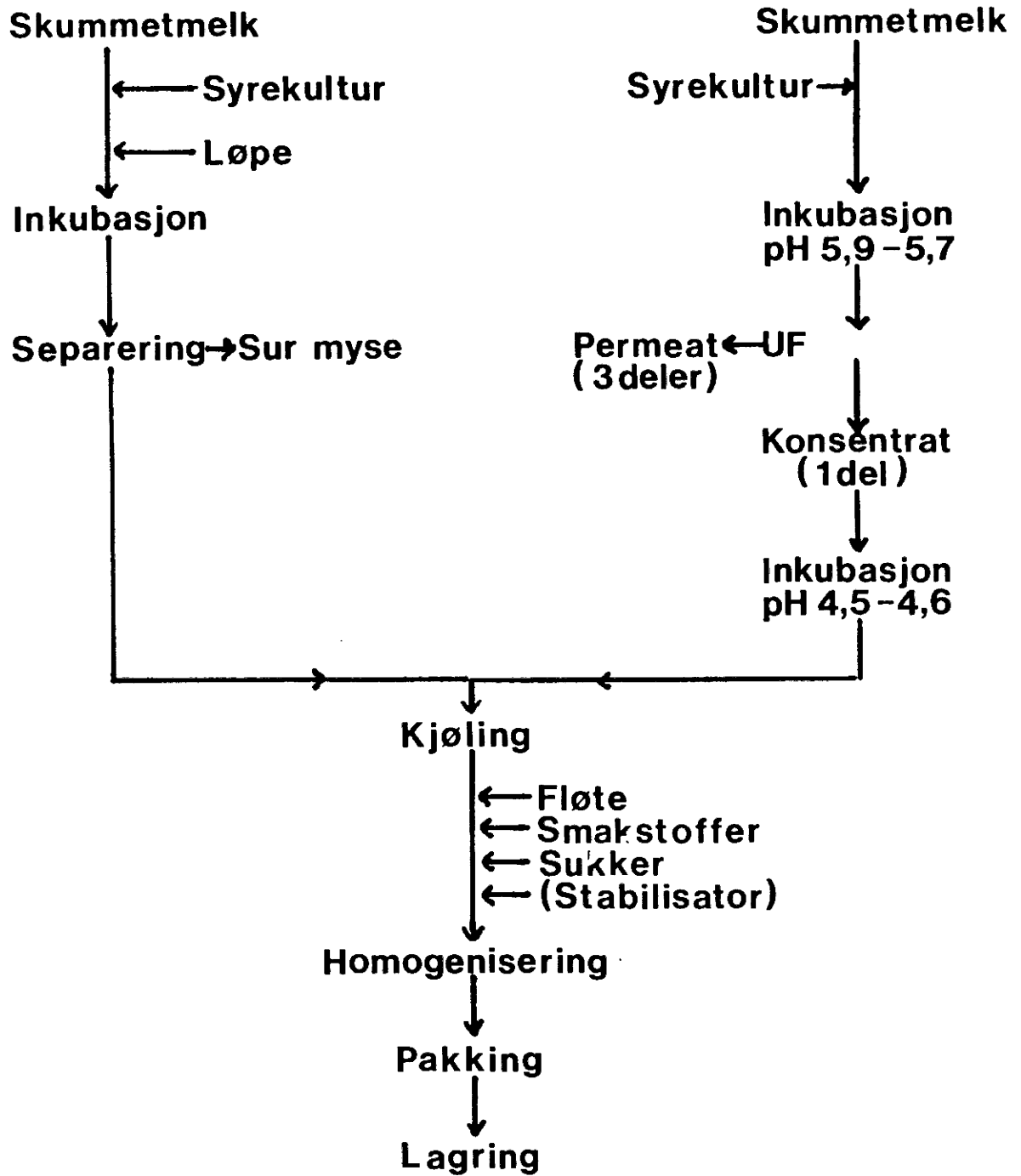
Den mest avanserte og meieriteknologisk mest spennende anvendelse av membranfiltrering er ved ultrafiltrering av ystemelk for fremstilling av såkalt "preost".

I 1969 tok de franske forskerne Maubois, Mocquot og Vassal (1969) ut patent på en metode der ultrafiltrering av ystemelk danner grunnlaget for fremstilling av ferskost og bløte oster. Metoden, som nå går under betegnelsen MMV-metoden, har dannet grunnlaget for en rekke forsknings- og utviklingsarbeider med sikte på å benytte metoden til fremstilling av forskjellige oster, også faste oster.

MMV-metoden innebærer at fettstandardisert melk eller skummetmelk konsentreres omtrent til det tørrstoff som ønskes i osten. Den konsentrerte melka har da tilnærmet samme stoffinnhold som osten og kalles gjerne "preost". Preosten tilsettes ønsket bakteriekultur, eventuelt muggkultur, og løpe etter at temperaturen i pre osten er regulert til ønsket nivå for syrning og løpning (ca. 30°C). Den koagulerte osten formes eller pakkes. Metoden har fått praktisk anvendelse ved produksjon av ferskost som kvarg og for bløtoster som f.eks. camembert. (Jepsen 1975, Puhan & Gallmann 1981, Güngerich 1981). I Danmark har man igang nye automatiske anlegg for fremstilling av Feta-ost fra ultrafiltreringskonsentrat (Hansen 1980 b, c).

3.4.1 Fremstilling av kvarg:

I figur 10 har en skjematisk vist fremstilling av kvarg ved konvensjonell metode og ved hjelp av ultrafiltrering, slik det er foreslått av Puhan & Gallmann (1981).

Konvensjonell metodeUF-metode

Figur 10: Flytdiagram for fremstilling av kvarg på tradisjonell måte og ved hjelp av ultrafiltrering (Etter Puhan & Gallmann 1981)

Pasteurisert skummetmelk tilsettes en bakteriekultur for normal biologisk syrning av melka. Denne syrningen pågår i ca. 7 timer til pH 5,9-5,7, før melka konsentreres, ved hjelp av ultrafiltrering, til ca. 18% tørrstoff, som er normalt tørrstoffinnhold i denne ferskosttypen. Det har ikke vært vanlig å gjennomføre en slik syrning før ultrafiltreringen. En har imidlertid funnet at osteprodukter av ultrafiltrert melk lett kan få en uheldig smak og en noe utypisk konsistens. Disse feilene skyldes i vesentlig grad at kalsiuminnholdet i det ultrafiltrerte produktet blir vesentlig høyere enn i tilsvarende produkt fremstilt på tradisjonell måte. En regner nemlig at ca. 60% av melkas kalsium er bundet til kasein. Ved syrning av melka, spaltes dette kalsiumet av fra kaseinmicellene og går over i melkeserumet. Ved kaseinets isoelektriske punkt (pH 4,6-4,7) er praktisk talt alt kalsium spaltet av fra kaseinmicellene. Ved syrning før ultrafiltreringen, vil det altså være mulig å redusere kalsiuminnholdet i sluttproduktet såvidt mye at de nevnte kvalitetsfeilene ikke vil forekomme.

I konsentratet fortsetter syrningen inntil pH 4,55 som er normal surhet i kvarg. Osten blir kjølt, tilsatt eventuell fløte og smaksingredienser, før homogenisering og pakking.

Tyske erfaringer viser at produktutbyttet øker med 15% ved bruk av ultrafiltrering, på grunn av at myseproteinene blir med i produktet istedet for å gå tapt med mysa. Dette innebærer ifølge Güngerich (1981) at det for å produsere 1 kg UF-kvarg går med 3,24 l melk, mens det ved tradisjonell fremstilling vil være behov for 4,62 l.

3.4.2 Fremstilling av kremoster ved Maarud Gård:

Det eneste UF-anlegg i Norge beregnet på fraksjonering av melk er i drift på Maarud Gård. Her benyttes anlegget til konsentrering av helmelk for produksjon av Maarud's kremoster. Melka konsentreres til samme tørrstoff som i den ferdige osten, dvs. ca. 45% tørrstoff. Etter syrning og løpelegging, oppnås en fast ostemasse, som neste morgen røres opp og varmebehandles ved 86°C i 20 minutter, før den homogeniseres og pakkes mens den fremdeles er varm. Pakkene kjøles på kjølerom hvor osten igjen får sin faste konsistens, slik vi, som konsumenter, kjenner den.

3.4.3 Fordeler ved ultrafiltrering av ystemelk:

Etter denne korte omtalen av MMV-metoden og gjennomgang av et par eksempler på anvendelse, vil en spørre hvilke fordeler metoden innebærer. Med de erfaringer en har høstet kan en si at metoden har følgende fordeler:

- a) Økt produktutbytte fordi myseproteinene blir i produktet istedet for å gå tapt med mysa.
- b) Produktene får økt næringsverdi på grunn av myseproteinenes gunstige ernæringsmessige sammensetning.
- c) Bedre utnyttelse av melkekomponentene.
- d) Det dannes ikke myse. Permeatet, som er fritt for protein, kan gå direkte inn i produksjon av gjæringsprodukter eller laktose.
- e) Ostene, f.eks. ved fremstilling av Camembert, kan fremstilles med større vektnøyaktighet. Dette vil gi redusert melkeforbruk.
- f) Tap av tilsetningsstoffer reduseres. Forbruket av løpe kan f.eks. reduseres med 80% ved produksjon av Camembert.
- g) Fettforbruket reduseres fordi tap av fett til mysa er eliminert og fordi vektnøyaktigheten av ostene er større.

h) Produksjonen kan lett automatiseres og gir redusert arbeidskraftbehov. Det er hevdet at man i Frankrike har kunnet redusere forbruk av arbeidskraft med hele 33% (Nielsen 1974).

4. SLUTTKOMMENTARER

I dette heftet har en forsøkt å presentere noen eksempler på anvendelsesmuligheter for membranfiltreringsteknikken i meieriindustrien. Det har ikke vært mulig, på den avsatte tiden, å nevne alle muligheter en kunne føle trang til å nevne.

Hvórvídt det er økonomisk riktig å anskaffe membranfiltreringsutstyr i de produksjoner det er teknologisk mulig å benytte teknikken, må vurderes i hvert enkelt tilfelle. De fleste av de driftsøkonomiske beregninger en kan finne i litteraturen, tyder imidlertid på at membranfiltrering, i mange tilfelle, kommer ut som et økonomisk gunstig alternativ.

Bruk av ultrafiltrering og omvendt osmose har, som en har sett av eksemplene, gjort en totalutnyttelse av melkas verdifulle bestanddeler mulig. Myse, som tradisjonelt har vært et lite attraktivt biprodukt, har for enkelte produksjoner blitt et interessant råstoff på grunn av de muligheter membranfiltreringen har gitt. Membranfiltreringsteknikken kan således: bidra til bedre utnyttelse av melka, gi produkter for humant konsum med høyere næringsverdi, gi reduserte utslipp av organisk materiale i våre resipienter og gi nye og interessante produkter. Det vil bli spennende å følge utviklingen i anvendelsen av membranfiltreringsteknikken i meieriindustrien i årene som kommer.

5. LITTERATURLISTE

ABRAHAMSEN, R.K., 1979:

2/ Cheesemaking from milk fortified with ultrafiltrated whey protein concentrate.

Milchwissenschaft 34 (2): 65 - 68.

ABRAHAMSEN, R.K., T.B. HOLMEN, 1980:

Yoghurt from hyperfiltrated, ultrafiltrated and evaporated milk and from milk with added milk powder.

Milchwissenschaft 35 (7): 399 - 402.

ABRAHAMSEN, R.K., T.B. HOLMEN, 1981:

Goat's milk yoghurt made from non-homogenized and homogenized milks, concentrated by different methods.

Journal of Dairy Research, (under trykking).

BREDEVEIEN, J., R. T. SOLGAARD, A. LYSØ, 1976:

Myse og myseprodukter til husdyr.

Meieriposten 65 (15): 543 - 549.

BUNDGAARD, A.G., O.J. OLSEN, R.F. MADSEN, 1972:

Ultrafiltration and Hyperfiltration of Skim Milk for Production of Various Dairy Products.

Dairy Industries 37 (10): 539, 542, 544 - 546.

CHAPMAN, H.R., V.E. BINES, F.A. GLOVER, P.J. SKUDDER, 1974:

X Use of milk concentrated by ultrafiltration for making hard cheese, soft cheese and yoghurt.

Journal of the Society of Dairy Technology 27 (3): 151 - 155.

DAIRY INDUSTRIES INTERNATIONAL, 1979.

Dairy Equipment Review 1979.

Dairy Industries International, 44 (12): 5.

DAVIES, F.L., P.A. SHANKAR & H.M. UNDERWOOD, 1977:
Recent developments in yoghurt starters. I. The use
of milk concentrated by reverse osmosis for the
manufacture of yoghurt.
Journal of the Society of Dairy Technology 30(1): 23-28.

DONNELLY, J.K. A.C.O. SULLIVAN, R.A.M. DELANEY, 1974:
Reverse osmosis - concentration applications.
Journal of the Society of Dairy Technology 27 (3):
128 - 140.

GERHOLD, HAYER, GÜTTER, 1975:
Eiweissangereicherte Milchprodukte durch Ultrafiltration - ernährungsphysiologisch hochwertige Nahrungsmittel.
Deutsche Milchwirtschaft 26 (9): 265 - 267.

GÜNGERICH, C., 1981:
Die Ultrafiltration in der Speisequark-Fabrikation.
Deutsche Milchwirtschaft 32 (14): 498 - 500.

HANSEN, R., 1980 a.:
Carbery Milk Products i Irland fremstiller alkohol af valle.
Nordeuropæisk mejeri-tidsskrift 46 (1/2): 10 - 13, 17.

HANSEN, R., 1980 b.:
Portioneringsanlæg til fremstilling af Feta-ost af ultrafiltreringskoncentrat.
Nordeuropæisk mejeri-tidsskrift 46 (1/2): 33 - 35, 39.

HANSEN, R., 1980 c.:
Komplet anlæg til automatisk storproduktion af Feta-ost af ultrafiltreringskoncentrat.
Nordeuropæisk mejeri-tidsskrift 46 (6): 149 - 151.

HØILO, S. 1975:
Økonomi ved biproduktsanvendelser.
Nordisk Mejeriindustri 2 (7/8): 329 - 333, 347.

JENSEN, G. KJÆRGAARD, 1978:

Valle og permeat - kvantiteter, kvaliteter og værdinormer.

Mælkeritidende 91 (8, 10, 11): 187 - 196, 254 - 257, 283 - 286.

JEPSEN, S., 1975:

Fremstilling af camembert ved ultrafiltrering efter MMV-metoden.

Nordeuropæisk mejeri-tidsskrift 41 (4): 101 - 104.

JEPSEN, S., 1977:

Membrane filtration in the manufacture of cultured milk products.

American Dairy Review 39 (1): 29 - 33.

JOHANSEN, O., K. STEINSHOLT, 1979:

Fremstilling av melk og tørret melk med hydrolysert laktose.

Meieriposten 68 (7): 197 - 204.

KOWALEWSKA, J., S. POZNANSKI, W. BEDNARSKI, K. SULIMA, 1978:

Membranteknikkens anvendelse ved enzymatisk laktose-spalting og gentagen anvendelse af β - galaktosidasen.

Nordeuropæisk mejeri-tidsskrift 44 (1): 20 - 26.

MANN, E.J., 1980:

Alcohols from whey.

Dairy Industries International 45 (3): 47 - 48.

MAUBOIS, J.L., G. MOCQUOT, L. VASSAL, 1969:

Procédé de traitement du lait et de sous - produits laitiers.

Fransk patent nr. 2052.121.

NICOLAISEN, B., 1975:

Anvendelse af valle til laktoseproduktion.

Nordeuropæisk mejeri-tidsskrift 51 (4): 125 - 130.

NILSEN, P. SÆDERUP, 1974:

Opstilling og indplacering af membranfiltreringsanlæg i mejeri.

Mælkeritidende 87:1427 - 1439.

NORDISK MEJERIINDUSTRI, 1976:

Hydrolyse av laktos ger livsmedelindustrin nya alternativ.

Nordisk Mejeriindustri 3 (3): 122 - 123, 129.

POULSEN, P. RØNKILDE, 1978:

Feasibility of Ultrafiltration for Standardizing Protein in milk.

Journal of Dairy Science 61 (6): 807 - 814.

PUHAN, Z., P. GALLMANN, 1981:

Anvendelse af ultrafiltrering ved fremstilling af kvarg.

Nordeuropæisk mejeri-tidsskrift 47 (1): 4 - 5.

REESEN, L., 1978:

Valle og permeat som råstof til alkoholfremstilling.

Mælkeritidende 91 (7): 165 - 166, 168 - 170.

ROGER, L. , J.L. THAPON, G. BRULE, J.L. MAUBOIS, 1977:

Kontinuerlig hydrolyse af laktose i en enzymatisk membranreaktor.

Nordeuropæisk mejeri-tidsskrift 43 (1/2): 38 - 45.

SØRENSEN, E. JUUL, 1976:

Membranfiltrering av skummjølke.

I. Hallström, B. & Eriksson, G., 1976. Industriell membranteknik - omvänd osmos och ultrafiltrering.

Ingeniörsforlaget AB, Stockholm.



