

チーズ製造における限外汙過技術の利用—Ⅱ^{注)}

浅 田 祥 司

3. UF チーズにとって好ましい国際チーズ規格はあるのか否か?

UF によるチーズ製造の制約は UF 技術自体にあるのではなく、UF チーズの規格と消費者の受け入れ如何にかかっている^{3, 4, 12)}。ほとんどのチーズのタイプはその組成、場合によってはその生産技術に基いて厳密に決められており、新しい技術の導入は困難である。たとえば、幾つかの国では UF チーズを従来法によるものと同じ表示にはできないことになっている⁴⁾。しかし、従来法によるチーズでも数百年前のものと比べれば、テクスチャーもフレーバーも恐らく違ったものではなかっただろうか。チーズのタイプとその製造法は何世紀にもわたって発展してきたものであり、新しい技術の導入とその実験を何故続けてはいけないのかと反論できるように思われる⁴⁸⁾。

チーズによっては従来法よりも UF 法によるものの方が消費者に好まれるかもしれない。しかし、それは前もって保証できるものでなく、従来法によるチーズの生産者は当然次のような心配をするだろう。即ち、従来法によるチーズと全く同じ特性をすべてもつとは限らない UF チーズを、Mozzarella, Gouda などと称して販売することは今までの評判を一気に落としかねない……。実際、「さまざまな技術を用いて牛乳からつくった白色チーズに対し、Feta チーズという言葉を使用することは、消費者を混乱させるだけでなく、国際的な混乱から思いがけない結果さえ引き起こしかねない……さらに、化学的にも時には官能的にも違っている従来からの Feta チーズの評価を下げることにつながる……」という意見⁹⁶⁾も出されている。

「チーズ」はミルクとその産物の両方、あるいはそのどちらかを凝固させ

注) 本稿は、「甲南家政」, 第 21 号, p 1—19 (1988) に続くものである。

る工程を経てできる最終産物と定めるべきであり（ただし、ホエー蛋白とカゼインの比率が原乳のそれを上まわらない場合）、同じタイプのチーズなら同じ物理的、化学的、官能的特徴をもつ必要があるとも主張されている⁶⁷⁾。しかし、問題はホエー蛋白にあるという点であろう。その程度は存在するホエー蛋白の割合と、加工中あるいは消費前（調理済み Pizza のように）にチーズが熱処理を受けているかどうかによるのだが。

ホエー蛋白はカゼインと同じ性質を示すことはない。それで UF チーズは従来法によるものとは異なった組成になるのである。チーズ中に保持されるホエー蛋白の割合が増加するにつれ、チーズ中の無脂乳固形分（NFS）も増加するようになる。その結果、脂肪保持に変化はないとするなら、乾物当たりの脂肪含量（FDM）は減少していく。もし何らかの理由で FDM が一定でなければならないならば、脂肪を UF 濃縮液に加えることが必要となる。もしホエー蛋白が主に不溶性の変性した状態で存在しているならば、UF チーズは従来法のものより水分が多くなる傾向にあるように思われる。たとえば、従来法による Feta チーズの水分含量は約 53% であるのに対し、UF 法による Feta チーズの水分含有量は約 57% である。一般に、UF チーズ中の変性ホエー蛋白量が増えるにつれ、チーズ中に保持される水分の割合もまた高くなるようである。UF チーズの NFS と水分の割合が高くなると必然的に脂肪の比率は下っていく。即ち、山羊と羊の乳から従来法によりできる Feta チーズは、脂肪含量がそれぞれ約 20% および 30% になる。これに対し、UF Cast Feta チーズの脂肪含量は通常 15% から 18% 程度である。したがって、UF Cast Feta チーズの単位重量当たりの脂肪の割合は、従来法による Feta チーズに比べ小さくなると言えよう。つまり、従来法による Feta チーズ中の脂肪が一部ホエー蛋白と水分に置きかわったと考えられる。

一方、原乳中のホエー蛋白の個々の構成成分の割合とそのレベルは一年を通して変動しているという事実がある。そのため、UF チーズ中の蛋白組成も変動する傾向にある。さらにミネラル含量についても UF チーズと従来法によるチーズとでは異なるのが普通である。UF チーズ中の Ca レベルは

チーズのレオロジー的性質に著しい影響を与えることも既に報告されている⁶⁸⁾。

3. 1 結 論

定義によれば UF チーズの組成は従来法によるチーズのそれとは同じではない。しかし、チーズ中へのホエー蛋白の取り込みが従来からの伝統的な特性を大きく変えない限り、このことは問題とならないであろう。UF チーズ中にホエー蛋白のほぼ $\frac{1}{3}$ までが可溶性かつ未変性な状態で保持される程度なら、通常の前乳からつくったチーズと比べても見たところ区別できないほどである。

商業規模でのデータがもっと多く利用できるようになれば、ホエー蛋白、特に変性した状態のものを高い割合で含む UF チーズについては独自の規格を設けるのが適当という結論になるかもしれない。たとえそれが従来法によるチーズの市場性を保護する措置であったとしても、UF チーズにとって決して不利なものとはならないであろう。何故なら UF チーズのもつ秀れた栄養学的価値（ホエー蛋白やミネラルの価値）を消費者に訴えることができるからである。

4. 膜システムの技術的進歩は、UF によるチーズ製造についての現在の知見を越えたのか否か？

前乳の UF 濃縮が成功するか否かは主に UF 膜とその装置の性能や信頼性にかかっている¹⁰⁾。この 15 年間に UF 膜とその装置の両方において非常に技術的進歩が認められたことは、UF の実用化への大きな前進となろう。UF 膜の素材としては、第一世代が酢酸セルロース、第二世代がポリカーボネートやポリスルフォネート、第三世代がジルコニウムや酸化アルミニウムを使っている。また、UF 自体のシステム（モジュール）としてはさまざまなタイプ、たとえばキャピラリー型、平面膜型、管型、スパイラル巻き型の

ものが発売されている。

4. 1 膜の技術的進歩

蛋白含量にして 18% までという全乳の UF 濃縮の限界は、濃縮保持液の高い粘度に起因するものであった¹⁷⁾。全固形分を必要レベルまで標準化するために、凍結乾燥した保持液を加えることでこの問題を打破しようとする試みも提案された⁶⁹⁾。しかし、もっと秀れた解決策は全固形分を 50—60% まで濃縮できる新しい膜システムの開発であった¹⁹⁾。ポリスルフォネート膜は耐薬品性、耐熱性に秀れているだけでなく機械的強度も文句なしと言えよう。ただし、塩素のような酸化剤に対しては若干問題があり、スケーリング (scaling) も起こしやすいとされている⁵¹⁾。現在では全乳がおよそ 7 倍、脱脂乳が 10 倍まで UF 濃縮できるようになってきた。そのような最新の UF 膜を使えば、少なくとも理論的にはホエーを全く発生させずに、Mozzarella チーズや Camembert チーズをつくるのに必要な高い TS 含量をもつ濃縮保持液を得ることが可能である⁵⁷⁾。既に UF を利用した商業的規模の Mozzarella チーズ製造プラントが多く発注されているはずなのに^{12, 39, 70)}、その運転成績についてのデータはまだ公表されていない。

膜の活性層がジルコニウムまたは酸化アルミニウム、支持層が黒鉛または多孔質セラミックからなるミネラル膜の開発も大変興味深いものがある。これらのミネラル膜は 400℃ までの熱に耐えられ、広範囲の pH に対しても支障はないとされている^{32, 71)}。秀れた機械的強度、低 pH での高い膜透過速度、素晴らしい洗浄性を示すミネラル膜は、特に低 pH で高い水分含量のチーズ、たとえばフレンチタイプのフレッシュチーズ、クワーク、クリームチーズ、ラクティックゴートチーズの製造に適している^{59, 72)}。ミネラル膜はメタル膜、無機質膜、あるいはセラミック膜ともよばれ、現在フランスでは St Paulin-type チーズの製造に使われている⁵⁸⁾。ミネラル膜では少なくとも全固形分が 46% までのプレチーズ状濃縮保持液をつくることができる⁷³⁾。

4. 2 膜の洗浄

近年、濃縮効率を上げ、エネルギー消費を減らすため、UF モジュール内の流れ特性を改善する研究が熱心に行なわれるようになってきた⁷⁴⁾。最新のUF 膜では 50℃ 以上での運転が可能であり⁴⁾、微生物管理が非常に楽になっている。今では、操作温度の上限は膜自体の寿命によるよりもむしろ濃縮蛋白の熱変性如何によって決まるとされている。現在使われている非セルロース系の膜は膜面汚染 (fouling) を起こしやすいと指摘されているが⁴⁾、近い将来には膜面汚染されにくい膜が利用されるようになるだろう。しかし、UF 膜のサニテーションについては依然問題をかかえたままである。と言うのは、膜透過速度の回復は必ずしも微生物管理の程度如何とは関係がないからである。一方、アメリカでは UF 装置のサニタリー仕様の規格についてこれから決めていかねばならない状況である⁵⁾。ただし、通常の洗浄操作に加えて過酸化水素液 (または過酸化水素と過酢酸の混合液) を使えば比較的簡単に膜の殺菌は可能と報告されている (T. R. Bruynel の私信)。

4. 3 UF チーズの開発における問題点

膜技術の進歩とは対照的に、チーズの特性に及ぼす UF プロセスの影響についてはまだよく解明されていない。UF チーズをいかにうまくつくるのかについては、試行錯誤によりそのガイドラインが得られている。しかし、何故このような一連の操作を特にするのかといった理由については不明な場合が少なからずあるようである。たとえば、軟質チーズをつくる最適の方法は 20 ~ 25℃ で 15 時間レンネット凝固させ、その後 UF 濃縮にかけることと言われている^{1, 59)}。しかし、その理由は全く不明である。明らかに UF を利用したチーズ製造はまだ実験の段階と言えるのではないだろうか。

UF 濃縮の際、粘性を帯びた保持液は 50 ~ 55℃ の間で送液される。このことが種々の原乳成分に変化を引き起こすようになるかもしれない。脂肪球のサイズの減少は UF 濃縮の初期に起こり、脂肪球膜の損傷を伴うことが知られている²⁴⁾。しかし、適切な設計に基づく装置なら特に問題とはならない

ようである¹⁾。もし気泡が濃縮保持液に取り込まれるようになれば、ホエー蛋白の変性も気液界面で起こるかもしれない⁷⁵⁾。乳蛋白とは別の蛋白質ではせん断力によって変性することが報告されており⁷⁶⁾、ホエー蛋白もUF濃縮の過程で同様の影響を受ける可能性は否定できない。なめらかなテクスチャーのUFチーズが必要な場合、原乳に対し強めの加熱処理をしてやればよい。しかし、必要以上の加熱処理をすればCamembertのようなチーズの場合、余りにも急激な熟成をもたらすことになる⁷⁷⁾。たぶん変性したホエー蛋白が急速に加水分解されるためと考えられる。熟成中のホエー蛋白の分解、さらにその後のフレーバーやテクスチャーに及ぼす影響についての研究データの不足は、UFを利用するチーズ製造法の発展と普及を妨げることになるのではという意見も発表されている³⁾。

その上、基礎的なデータだけから商業規模での運転如何をあれこれ議論するという問題もある。ほとんどの研究グループの場合、小さなスケールのUF装置で、しかも通常バッチ（回分）式で運転するだけの方法を採用している。その場合に得られる濃縮保持液は、商業規模で使われる連続式の多段階UFユニットで得られるものに比べ粘度が高くなる傾向にあるとされている。広範囲に及ぶさまざまな種類の膜や運転条件が研究グループごとに採用されているため、一見矛盾した結果のように思われる場合も少なくないであろう。

どの工程の、どの操作がチーズの特性に影響を与えるのか判断するのは必ずしも容易なことではない。何故なら従来法によるチーズの固有のテクスチャー、フレーバーと言っても、それはさまざまなテクスチャーやフレーバーの中で最も普遍的なものを一つだけ選んで議論しているに過ぎないからである。たとえば、市販のCheddarチーズをたくさん買って調べてみた場合、ほとんどのものがある一つの固有のテクスチャーをもっていると判断できるだろう。しかし、通常よりも可塑性が強い、あるいは砕けやすいテクスチャーを示すものもいくつかあるのではないだろうか。その場合、たとえそれがCheddarチーズの固有の物性でなかったとしても、可塑性に富んだテ

クスチャーの Cheddar チーズもやはり Cheddar チーズとよぶべきではないだろうか。もしもっと可塑性に富んだ Cheddar チーズの需要があるのなら何も問題はないのである。結局、どんな UF チーズであれその成功如何は大衆がそのチーズを喜んで買ってくれるのか否かにかかっていると言えよう。

4. 7 結 論

膜とその関連するモジュール技術の最近の進歩に対し、濃縮乳の加工中に生じる化学的变化についての現在の知見が追いつかなくなっている。特に加熱処理が加わる場合はそれが顕著である。UF にかける前の原乳と UF 濃縮保持液の両方、あるいはそのいずれかが軟質および半軟質 UF チーズの製造で受ける加熱の程度は依然試行錯誤によっている。UF 濃縮保持液に含まれるホエー蛋白の変性の際、—SH と—S—S—のバランスに影響する因子はもっと正確に解明される必要があろう。濃縮乳中の水相とコロイド相におけるミネラル分の平衡も容易に、加熱処理、pH、NaCl および蛋白質濃度によって変わるものである。UF 濃縮に関連したさまざまなメカニズムがもっと明らかになれば、UF を利用するチーズ製造はもっと発展するものと思われる。

5. UF による Cast Feta チーズの商業的成功は例外とよべるものか否か?

UF 技術のもつ利点のほとんどは一般にすべての UF チーズに適用できるものであるが、UF Feta チーズだけに特別あてはまるものもいくつかある。多量の含有塩、リパーゼ添加のおかげで、過剰のミネラルによる苦味といったさまざまなフレーバー上の問題をうまくカバーしていると考えられている。UF 濃縮保持液の均質化 (homogenization) に起因するリパーゼ活性化の可能性⁴⁷⁾あるいは脂肪の酸化臭の発生 (rancidity)²⁵⁾、さらに蛋白分解の低下によるフレーバーの欠如といった点は、UF Feta チーズの製造に際して問題とはならないのである。リボフラビンの透過液側への流失ロスでさえ、

チーズ自体の色をより白くし、羊や山羊の乳からつくる伝統的な Feta チーズの色に一層近づくと判断され、かえって歓迎されるほどである⁷⁸⁾。

UF Feta チーズ中のホエー蛋白の存在は従来法のものよりもテクスチャーをもっとなめらかなものになっている。そのなめらかさの程度は原乳の加熱処理によって決まり、UF にかける前の均質化の程度によってもいくらか影響されるようである²⁰⁾。テクスチャーのなめらかさと原乳の加熱処理との密接な関係は、ヨーグルトの製造においても全く同様に観察されている⁶¹⁾。UF Feta チーズのテクスチャーはギリシャのような国では概して消費者に好まれないようだが³⁴⁾、中近東の多くの国、特にイランでは消費者の好評を得ている。従来からの Feta チーズに似たテクスチャーのものをつくろうとするなら、ホエー抜きをある程度行なわなければならない。Structured UF Feta チーズとよばれるそのようなチーズをつくる場合、従来法と同様、凝固させてつくることになる³⁴⁾。UF Feta チーズの製造初期には参照する成分規格もない状態であったが、今後 Feta チーズの国際規格を確立する必要があると思われる。

5.1 軟質および半軟質 UF チーズの開発

UF チーズの技術面におけるこれまでの最も顕著な進歩は、Feta タイプ、Blue チーズ、クワーク (Quarg) といった比較的高い水分含量で低 pH のチーズの場合に認められている。UF Blue チーズでみられるフレーバーは UF Feta チーズの場合と同様、UF プロセスによるフレーバー欠陥をカバーすることが期待できよう。実際、液状の「プレ・チーズ」(蛋白含量が 4～12%) からできる UF Blue チーズは従来のものと比べ、官能的評価は同じかあるいはやや高いと報告されている⁷⁷⁾。酸性化処理した山羊の乳 (pH 4.4) をミネラル膜で 40% ほどの TS 含量にまで濃縮できることが今では可能であり、乳酸味のする新しいチーズも開発されていくことが予想される⁵⁹⁾。

UF Quarg チーズの生産の場合、苦味の問題が初期の頃ネックとなった

が、これは既に濃縮保持液中の高いミネラル含量によることが判明している^{17, 34, 80)}。この問題を解決するには Quarg チーズの最終 pH を 4.5 ~ 4.6 にして UF 処理することであり、これは最近の高濃縮システムの開発によって可能になったと言えよう^{12, 13, 34)}。乳酸発酵およびその後の UF 濃縮の前に原乳を高温で熱処理 (85°C で 5 分間)すれば、従来からの Quarg チーズとよく似たテクスチャーが得られることも発表されている²¹⁾。ある商業規模のプラントでは 95°C で 5 分という高温加熱処理が原乳に施されているとも報告されている⁸¹⁾。従来法によるクリームチーズや Ricotta チーズでみられるなめらかなテクスチャーは、製造中に原乳が受ける比較的高温の熱処理に大部分由来すると考えられる。したがって、従来からのものによく似た特性をもつ UF クリームチーズや UF Ricotta チーズを開発することは決して不可能ではないだろう。

5. 2 熟成を必要とする UF チーズの開発

軟質あるいは半軟質チーズの蛋白含量まで原乳を濃縮できる UF 技術は、通常フレッシュな状態で消費される Quarg チーズ、フレーバー生成がほとんど蛋白分解によらない Cast Feta チーズのような場合には十分適用できることは明らかである。しかし、硬質および半硬質チーズでは従来から比較的長い熟成期間を必要としてきたし、固有のテクスチャーやフレーバーをもたらすには蛋白分解が不可欠とされている⁸²⁾。用いる凝固剤の蛋白分解活性はチーズ熟成を左右する重要な因子であるため、UF チーズ中のカゼインに対する残存レンネットの比率を従来法のものと同じだけ確保していかなければならない。ゆっくりとした蛋白分解やフレーバー生成が UF チーズの研究初期に報告されているが、これは残存レンネット量が少なかったためであろう。となるとレンネット使用量の著しい節約は、UF Feta チーズやフレッシュチーズ、あるいは凝固剤が通常製造過程で不活性化されてしまう UF Mozzarella チーズのようなタイプのものに限ってのみ期待できることになると思われる。後でその理由を述べるが、比較的多量のホエー蛋白の存在自体、

チーズの熟成にも影響しているようである。UF 自体に起因する問題はないけれども⁸³⁾，UF 処理中に送液や均質化によって生じる原乳成分への物理的損傷は，UF Cheddar チーズの組織とフレーバーの両方あるいはそのいずれかの欠陥に関係していると報告されている⁸⁴⁾。実際，UF Cheddar チーズの製造プラントでは均質化を最低レベルにしているだけでなく²⁷⁾，せん断力による損傷も最小となるような設計が勧められている²⁶⁾。

UF Cast Feta, UF Domiati, UF Quarg といったチーズでは原乳中の乳蛋白をほとんどすべて利用可能である。しかし，他の UF チーズをみる限り現時点では部分的な蛋白回収の方がもっと現実的と言えるのではないだろうか。従来法によるチーズの場合，その特性や熟成に影響を与えずにどの程度までホエー蛋白を含むことができるのかを決めることさえ試行錯誤の段階である。たとえば，5 倍濃縮保持液からつくった UF Mozzarella チーズは一定の溶融性や伸張性を示さないのに対し⁶⁹⁾，2 倍濃縮保持液からつくった Mozzarella チーズは非常に秀れた溶融性を示している⁸⁵⁾。

一方，カードを洗浄する操作を含むチーズの場合，UF 処理後の透析濾過でもって洗浄操作の代わりをさせることは有益かもしれない。何故なら，脂肪のロスが減らすだけでなく，従来法では多量に出る希釈ホエーの問題も解決できるからである。高脂肪のチーズの場合，ホエーと水の置換を脂肪が機械的に妨げるようなので一般にうまく洗浄するのは困難とされている。これまでのさまざまな試みの中では，Brick チーズよりも伝統的な Colby チーズのテクスチャーに近づける試みの方がはるかに成功していると言えそうである³⁰⁾。

5.3 結 論

一連の幸運ともよべる状況に恵まれて UF Cast Feta チーズの開発が進められてきた。比較的水分量が多くて低 pH のチーズ，たとえば UF Blue チーズ，UF Quarg チーズのようなものを開発することは可能であり，消費者が特に喜んで若干違ったテクスチャーのチーズを受け入れてくれるなら

十分成功は期待できるのではないだろうか。今までのところ、従来からある熟成させた硬質および半硬質チーズの特性を再現、さらにチーズ中のホエー蛋白の比率が高いような UF チーズをつくるのは困難とみられている。

6. ホエー蛋白の存在はチーズのさまざまな性質に影響を及ぼしているのか否か？

従来からのチーズに含まれるホエー蛋白の割合は非常に小さい。たとえば、Cheddar チーズは 0.035% のホエー蛋白を含んでいる（ただし、カゼインは 25%）。これは原乳自身 0.7% のホエー蛋白を含んでいるのだが、ホエーの 95% は製造途中で失われてしまうからである。ホエー蛋白が UF チーズのさまざまな性質に及ぼす影響については未だ論争の対象となっている。Maubois¹⁾ は最近次のような考えを発表している。即ち、UF チーズのミネラル含量がコントロールされるなら、そのチーズは官能的にも従来法によってつくったものと同じになるし、軟質チーズ中へのホエー蛋白の取り込みは熟成に影響しないと述べている。しかし、別の報告によるとホエー蛋白の影響は UF チーズに取り込まれる比率に左右されるし、ホエー蛋白が可溶性で未変性な状態であるのか、あるいは不溶性で変性した状態であるのかどうかによっても違ってくると主張されている。

6. 1 ホエー蛋白の組成

原乳中のホエー蛋白のレベルは全蛋白の 16～22% の間で変動している⁵³⁾。ホエー蛋白の組成や原乳中の比率は乳の分泌時期およびその間の健康状態によっても変わるものである。時々見落とされることは、主要なホエー蛋白、即ち β -lactoglobulin や α -lactalbumin は UF チーズ中に保持される余分な窒素化合物の約 60% を占めているに過ぎないという点である¹⁷⁾。残りの 40% は何かと言えば、牛血清アルブミン、免疫グロブリン（この割合は乳房炎の発生如何に大きく依存する）およびプロテオース・ペプトン（ill-

defined fraction) である。これらの後者の成分の場合、プロセスに入るまでの原乳の貯蔵時間、貯蔵温度、乳の分泌時期とともに順に変動する native なプロティナーゼやプラスミンの原乳中の濃度によってその含有比率は決まると言われている⁸⁶⁾。プロテオース・ペプトンは原乳中の全蛋白の 2～6% の間で変動する。また、 κ -カゼインからのグリコマクロペプチドは通常ホエーの中に流失してしまう。一方、変化を受けなかった κ -カゼインは UF チーズ中に残っている^{27, 87)}。このようにホエー蛋白の組成は一定しているとはとても言えないのである⁸⁸⁾。原乳の組成が著しい季節変動を受けるような国では、一定の組成をもつ濃縮保持液を維持し続けるのは容易なことではないと思われる²⁰⁾。

全ホエー蛋白の 40% 程度を占めるのは免疫グロブリンとプロテオース・ペプトンである。これらの成分は β -lactoglobulin や α -lactalbumin に比べ、秀れたフレーバー結合能をもつことが既に見出されている⁸⁹⁾。したがって、UF チーズ中のフレーバー変動の一部は取り込まれたホエー蛋白の組成変化と関係があるのかもしれないと指摘されている。

(以下、続く)

REFERENCES

- 1) Korolczuk, J., Maubois, J.-L. & Fauquant, J. (1986). In "Milk, the Vital Force", 22 nd Int. Dairy Congr., The Hague, p. 123 & 153.
- 2) Hansen, R., (1981). N. Europ. Dairy J., 47 (1), 6.
- 3) Honer, C. (1984). Dairy Record, 85 (7), 72.
- 4) Horton, B. S. (1982). Dairy Record, 83 (12), 126.
- 5) Horton, B. S. (1986). Caseus, The Cheese Magazine, 3 (2), 22.
- 6) Jensen, L. A., Johnson, M. E. & Olson, N. F. (1987). Cult. Dairy Prod. J., 22 (5), 6.
- 7) Maubois, J. L. & Mocquot, G. (1971). Le Lait, 51, 495.
- 8) De Boer, R. & Nooy, P. F. C. (1980). N. Europ. Dairy J., 46 (3), 52.
- 9) Olson, N. F. (1984). Dairy Record, 85.
- 10) Mocquot, G. (1979). In "Proc. 1st Biennial Marschall Int. Cheese Conf.", p. 603.
- 11) Wilson, G. (1986). Caseus, The Cheese Magazine, 3 (2), 3 & 12.

- 12) Kosikowski, F. V. (1986). Food Technol., 40 (6), 75.
- 13) Patel, R. S. & Reuter, H. (1985). Milchwissenschaft, 40 (10), 592.
- 14) van Leeuwen, H. J., Freeman, N. H., Sutherland, B. J. & Jameson, G. W. (1984). PCT International Patent Application, WO/ 84 / 01 / 268 / A 1.
- 15) Culioli, J. & Sherman, P. (1978). J. Text. Studies, 9, 257.
- 16) Green, M. L., Turvey, A. & Hobbs, A. G. (1981). J. Dairy Res., 48, 57.
- 17) Glover, F. A. (1985). Tech. Bull. No. 5. N. I. R. D. Reading.
- 18) Maubois, J.-L. & Mocquot, G. (1974). J. Dairy Sci., 58, 1001.
- 19) Kristensen, A. S., Nielsen, W. K. & Madsen, R. F. (1981). N. Europ. Dairy J., 47 (9), 268.
- 20) Dunlop, F. (1987). Private communication.
- 21) Patel, R. S., Reuter, H. & Prokopek, D. (1986). J. Soc. Dairy Technol., 39, 27.
- 22) Randhahn, H. (1976). J. Text. Studies, 7, 205.
- 23) Goudedranche, H., Maubois, J.-L., Ducruet, P. & Mahaut, M. (1980). Desalination, 35, 243.
- 24) Green, M. L., Scott, K. J., Anderson, M., Griffin, M. C. A. & Glover, F. A. (1984). J. Dairy Res., 51, 267.
- 25) Green, M. L., Glover, F. A. & Marshall, R. J. (1982). 21 st Int. Dairy Congr., Moscow, Vol 1, Book 2, p. 448.
- 26) Muller, L. (1987). Private communication.
- 27) Dalgleish, D. G. (1981). J. Dairy Res., 48, 65.
- 28) Green, M. L., Glover, F. A., Scurlock, E. M. W., Marshall, R. J. & Hatfield, D. S. (1981). J. Dairy Res., 48, 333.
- 29) Jameson, G. W. (1984). Aust. Soc. Dairy Technol., Tech. Bull., No. 27, p. 23.
- 30) Bush, C. S., Caroutte, C. A., Amundson, C. H. & Olson, N. F. (1983). J. Dairy Sci., 66, 415.
- 31) Sutherland, B. J. & Jameson, G. W. (1981). Aust. J. Dairy Technol., 36, 136.
- 32) Coton, G. (1986). Dairy Ind. Int., 51 (8), 29.
- 33) Qvist, K. B., Thomsen, D. & Jensen, G. K. (1986). Beretning fra Statens Mejeriforsog, 268.
- 34) Mortensen, B. K. (1984). In "Milk Proteins '84", Proc. Int. Congr. Milk Proteins. Luxemburg. Ed Galesloos, T. E. & Tinbergen, B. J.
- 35) Kosikowski, F. V. (1985). J. Dairy Sci., 68, 2403.
- 36) Ostergaard, B. (1987). Private communication.
- 37) Welch, B. J. (1985). N. Europ. Dairy J., 51 (6), 162.
- 38) Hickey, M. W., van Leeuwen, H., Hillier, A. J. & Jago, G. R. (1983). Aust. J. Dairy Technol., 38, 110.
- 39) Anon. (1985). Dairy Record, 86 (6), 52.

- 40) Mistry, V. V. & Kosikowski, F. V. (1985). J. Dairy Sci., 68 (5), 1613.
- 41) Mistry, V. V. & Kosikowski, F. V. (1986). J. Dairy Sci., 69 (6), 1484.
- 42) Ernstrom, C. A. & Anis, S. K. (1986). In Proc. IDF Seminar "New dairy products via new technology", p. 21. International Dairy Federation.
- 43) Haisch, K. H. (1982). 21 st Int. Dairy Congr., Moscow, Vol. 1, Book 2, p. 449.
- 44) Brule, G., Maubois, J. L. & Fauquant, J. (1974). Le Lait, 54, 600.
- 45) Green, M. L. (1985). J. Dairy Res., 52, 555.
- 46) Hansen, R. (1977). N. Europ. Dairy J., 43, 304.
- 47) Kosikowski, F. V. (1981). 2 nd Biennial Marschall Int. Cheese Cont., p. 385.
- 48) Neilson, P. S. (1985). Proc Pre-Congr. Symp. Advanced Processing Technology of Animal Products. Seoul, Korea, p. 48.
- 49) Gansen, R. (1981). N. Europ. Dairy J., 47 (5), 147.
- 50) Madsen, R. F. & Bjerre, P. (1981). N. Europ. Dairy J., 47 (4), 89.
- 51) Madsen, R. (1985). In "Evaporation, Membrane Filtration & Spray drying", Chapter 7, p. 179. Ed Hansen. R.
- 52) Iyer, M. & Lelievre, J. Soc. Dairy Technol., 40. In press.
- 53) Marsnall, K. R. (1982). In "Developments in Dairy Chemistry- 1", Chapter 11, p. 339. Ed. Fox, P. F.
- 54) Dejmek, P. (1986). Milchwissenschaft, 41 (11), 686.
- 55) Zall, R. (1985). National Dairy News, 5, (9), No. 28, p. 15.
- 56) Shaw, M. B. (1986). In "Modern Dairy Technology", Volume 2. Ed. by Robinson, R. K.
- 57) Anon. (1983). N. Europ. Dairy J., 6, 165.
- 58) Goudedranche, H., Maubois, J. L., Ducruet, P. & Mahaut, M. (1981). Technique Laitiere No. 950, p. 7.
- 59) Mahaut, M., Korolczuk, J., Pannetier, R. & Maubois, J-L. (1986). Technique Laitiere & Marketing No. 1011, p. 24.
- 60) Burgess, K. J. (1986). J. Soc. Dairy Technol., 39, 101.
- 61) Schmidt, R. H. & Morris, H. A. (1984). Food Technol., 38 (5), 85.
- 62) Siapantas, L. (1979). In "Proc. 1st Biennial Marschall Int. Cheese Conf.", p. 617.
- 63) Gilles, J. (1987). Private communication.
- 64) Olson, N. F. (1986). Dairy Foods, 87 (6), 109.
- 65) Muller, L. (1984). In "Proc. Symp. for soft drink, fruit juice, dairy and food industries", Auckland, New Zealand, p. 517.
- 66) Anifantakis, E. (1985). Recommended standard for Feta cheese, Appendix 3. Submission to Group D 31, International Dairy Federation.
- 67) International Dairy Federation (1986). FAO/WHO Recommended General Standard for Cheese (Standard A 6), D-Doc 151, Appendix

- 3.
- 68) Sutherland, B. J. & Pameson, G. W. (1982). 21 st Int. Dairy Congr., Moscow. Vol. 1. Book 1. p. 451.
- 69) Covacevich, H. R. & Kosikowski, F. V. (1978). J. Dairy Sci., 61, 701.
- 70) Kosikowski, F. V. (1984). 21 st Annual Invitational Italian Cheese Seminar, Madison, Wisconsin, p. 88.
- 71) Gerster, D. & Veyre, R. (1985). ACS Symposium Series, 281, 225.
- 72) Maubois, J.-L. (1986). In "Membranes and Membrane Processes" p. 255. Ed. Drioli, E. & Nakagaki, M.
- 73) Anon. (1979). Technique Laitiere, No. 934, p. 12.
- 74) Asmussen, P., Johnsen, A. F. & Anderson, K. (1986). N. Europ. Dairy J., 52 (3), 66.
- 75) Reese, E. T. & Robbins, F. M. (1981). J. Colloid & Interface Sci., 83, 393.
- 76) Talboys, B. L. & Dunnill, P. (1985). Biotechnol. & Bioeng., 21, 2263.
- 77) Prokopek, D., Buchheim, W. & Knoop, A. M. (1978). 20 th Int. Dairy Congr., Paris, p. 796.
- 78) Mottar, J. & Delbeke, R. (1978). 20 th Int. Dairy Congr., Paris, p. 797.
- 79) Mahaut, M. & Maubois, J.-L. (1978). 20 th Int. Dairy Congr., Paris, p. 793.
- 80) Puhán, Z. & Gallmann, P. (1981). N. Europ. Dairy J., 47 (1), 4.
- 81) Herbetz, G. (1985). Deutsche Milchwirtschaft, 36 (33), 1042.
- 82) Lawrence, R. C., Credmer, L. K. & Gilchwilles, J. (1987). J. Dairy Sci., 70, in press.
- 83) Lelievre, J., Iyer, M., Bennett, R. J. & Lawrence, R. C. (1986). N. Z. J. Dairy Sci. Technol., 21, 157.
- 84) van Leeuwen, H. J., Kim Nguyen, Prince, R. J. & Jameson, G. W. (1982). Second Australian Dairy Technology Conference, Glenormiston, Victoria, Australia, September 1982.
- 85) Fernandez, A. & Kosikowski, F. V. (1986). J. Dairy Sci., 69 (8), 2011.
- 86) Donnelly, W. J. & Barry, J. G. (1983). J. Dairy Res., 50, 433.
- 87) Sood, V. K. & Kosikowski, F. V. (1979). J. Dairy Sci., 62, 1713.
- 88) Kilara, A. & Sharkasi, T. Y. (1986). Crit. Rev. Food. Sci. & Nutr., 23 (4), 323.
- 89) Jasinski, E. & Kilara, A. (1985). Milchwissenschaft, 40 (10), 596.
- 90) de Koning, P. J., de Boer, R., Both, P. & Nooy, P. F. C. (1981). Neth. Milk Dairy J., 35, 35.
- 91) van den Berg, G. (1979). Neth. Milk Dairy J., 33, 210.
- 92) Maubois, J.-L. & Kosikowski, F. V. (1978). 20 th Int. Dairy Congr., Paris, p. 792.
- 93) Sood, V. K. & Kosikowski, F. V. (1979). J. Food Protection, 42, 958.

- 94) Brown, R. J. & Ernstrom, C. A. (1982). *J. Dairy Sci.*, 62, 2391.
- 95) Banks, J. M. & Muir, D. D. (1985). *J. Soc. Dairy Technol.*, 38 (1), 27.
- 96) Rollema, H. S. & Poll, J. K. (1986). *Milchwissenschaft*, 41 (9), 536.
- 97) Hickey, M. W. & Broome, M. C. (1984). *Aust. Soc. Dairy Technol., Tech. Bull.*, No. 27, p. 27.
- 98) Kinsella, J. E. & Fox, P. F. (1986). *Crit. Rev. Food Sci. & Nutr.*, 24 (2), 91.
- 99) Pierre, A., Brule, G., Fauquant, J. & Piot, M. (1977). *Le Lait*, 57, 646.
- 100) Pierre, A., Brule, G. & Fauquant, J. (1978). *Le Lait*, 58, 575.
- 101) Kealey, K. S. & Kosikowski, F. V. (1985). *J. Dairy Sci.*, 68, 3148.
- 102) Birkkjaer, H. E. (1976). *Deutsche Milchwirtschaft*, 27, 859.
- 103) Friis, T. (1981). *N. Europ. Dairy J.*, 47 (7), 220.
- 104) Covacevich, H. R. (1981). In "Proc. 2nd Biennial Marschall Int. Cheese Conf.", p. 237.
- 105) Fernandez, A. & Kosikowski, F. V. (1986). *J. Dairy Sci.*, 69, 643 & 2551.
- 106) Schafer, H. W. & Olson, N. F. (1975). *J. Dairy Sci.*, 58, 494.
- 107) Covacevich, H. R. & Kosikowski, F. V. (1977). *J. Food Sci.*, 42 (5), 1359.
- 108) Kosikowski, F. V. (1977). "Cheese and Fermented Milk Foods", 2nd Ed., j. 188.
- 109) Ernstrom, D. A., Sutherland, B. J. & Jameson, G. W. (1980). *J. Dairy Sci.*, 64, 228.
- 110) Covacevich, H. R. & Kosikowski, F. V. (1977). *J. Food Sci.*, 42, 1362.
- 111) Lyster, R. J. L. (1981). *J. Dairy Res.*, 48, 85.
- 112) Holt, C., Dalgleish, D. G. & Jenness, R. (1981). *Anal. Biochem.*, 113, 154.
- 113) Sutherland, B. J. & Jameson, G. W. (1982), 21st Int. Dairy Congr., Moscow, Vol. 1, Book 1, p. 450.
- 114) Kosikowski, F. V., Masters, A. R. & Mistry, V. V. (1985). *J. Dairy Sci.*, 68 (Suppl. 1), 52.
- 115) Jacobsen, M. K. (1985). *Nord. Europ. Dairy J.*, 51 (2), 38.
- 116) Rousseaux, P., Maubois, J. L. & Mahaut, M. (1978). 20th Int. Dairy Congr., Paris, p. 794.
- 117) Pakkala, E., Turunen, M. & Antila, V. (1985). *Meijertieteellinen Aikakauskirja*, 43 (1), 47.
- 118) Kealey, K. S. & Kosikowski, F. V. (1986). *J. Dairy Sci.*, 69 (6), 1479.
- 119) Kosikowski, F. V., Masters, A. R. & Mistry, V. V. (1985). *J. Dairy Sci.*, 68, 541 & 548.
- 120) Poulsen, P. R. (1978). *J. Dairy Sci.*, 61, 807.
- 121) Kindstedt, P. S. & Kosikowski, F. V. (1986). *J. Dairy Sci.*, 69 (Suppl.

- 1), 78.
- 122) Kosikowski, F. V. (1983). J. Dairy Sci., 66, 2494.
- 123) Olson, N. F., Amundson, CH., Bush, C. S. & Garoutte, C. A. (1981). "In Proc. 2nd Biennial Marschall Int. Cheese Conf.", p. 155.
- 124) Maubois, J. L. (1979). In "Proc. Symp. Ultrafiltration/Membranes", Am. Chem. Soc., Washington DC, Vol. 13, Polymer Sci. & Tech., p. 305.
- 125) Slack, A. V., Amundson, C. H., C. G. & Jorgensen, N. A. (1983). J. Dairy Sci., 66 (Suppl. 1), 99.
- 126) Zall, R. R. & Chen, J. H. (1986). Milchwissenschaft, 41 (4), 217.
- 127) Jolly, R. C. & Kosikowski, F. V. (1975). J. Dairy Sci., 58, 1272.