

ホエータンパク濃縮物の耐熱性と 乳化能力に関する研究

安藤 功一*・加藤 勲**
Pavel JELEN*** 遊佐 孝五*

Studies on Emulsifying Capacity and Heat Stability of Whey Protein Concentrates

Koichi ANDO*, Isao KATO**, Pavel JELEN***
and Kogo YUSA*

(May, 1980)

緒 言

カゼインあるいは、チーズの製造に際し副産物として大量に生産されるホエー（乳清）の利用については、酪農先進国ですでに家畜飼料として一部利用されてきたが、しかし、その多くは廃棄されてきた。ホエーの BOD⁸⁾ 値は以外と高く、甘性ホエー（カマンベール、ゴダー、チェダーチーズホエーなど）で 3.5 g/l、酸性ホエー（酸、カッテージ、クリームチーズホエーなど）で 4.5 g/l であり、このように有機質に富む物を廃棄するなら、周辺河川の水質に影響をもたらすのは必至である。この問題解決と社会情勢の変化にともないフランスでは、これらホエーをチーズプラントから回収し、主要成分である乳糖から食用酵母を生産し商品化（商品名、Protibel²⁾）が試みられている。ホエーを取りまく各専門域において特に処理技術と製品の試作開発が行われてきた^{7), 12), 13), 15)}。ホエーの利用が今日に到るまで遅れた主なる原因は、ホエー成分に因るところが大きく、固形分（約 6%）は脱脂乳の 2/3、たん白質（約 0.7%）は脱脂乳の 1/5 を含み、固形分の約 75% は、乳糖（約 4.5%）であり、脱脂乳より成分濃度が低いことと、ホエーの輸送、処理加工など経済性を考えると、ホエーは魅力ある資源とはいえない。我国では、副産物としてホエーを生産している

* 酪農学科，乳製品製造学研究室

Laboratory of Milk Research, Department of Dairy Science, The College of Dairying, Ebetsu, Hokkaido 069-01, Japan

** 教養科，化学研究室

Laboratory of Chemistry, Department of Dairy Science, The College of Dairying, Ebetsu, Hokkaido 069-01, Japan

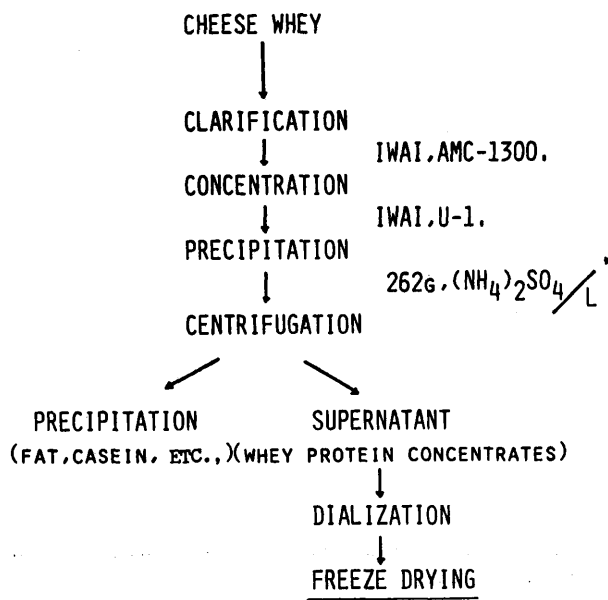
*** Department of Food Science, University of Alberta, Edmonton, Canada

のが、幸いにも大手乳業メーカーであり、そこでは、チーズ製造とホエーの製品化(脱塩乾燥製品)は、ほぼ同じ場所で同時並行に製造されている。このホエー製品はさらに、育児用調整粉乳へと付加値が高められ有効に利用されている。今日、小規模のチーズ工場生産されるホエーであっても、処理技術の改良向上により、自主利用の可能性が期待できる時期に到ったものと考えられるところから、著者らは、ホエーにわずか、0.6~0.9%含まれるタンパク質を、乳化製品の代替タンパク質素材として、利用するための基礎研究として、各種タイプのホエーを調製し、そこからホエータンパク濃縮物(*whey protein concentrates* 以後、WPC と呼称する。)を分離し、それぞれの耐熱性と、乳化力について測定を行った。

試料調製および実験方法

1. WPC の分離調製

甘性ホエー(ゴダー、チェダー、エメンタールおよびカマンベールの各チーズホエー)と酸性ホエー(カッテージおよびクリーム各チーズホエー)は、いずれも殺菌乳(75°C, 15 秒)を用い常法⁹⁾により製造を行い、ホエーを採取した。なお、クリームチーズは、85°C, 30 分の殺菌後、20°C で18 時間、発酵を行ったホエーを供した。これらのホエー



*ROBBINS ET AL.

Fig. 1. Procedure of whey protein preparation in cheese whey.

は、cream separator で脱脂と微細チーズカードを除去し、ultra-filtration (IWAI-U-1) で、約 20 倍に濃縮を行い、その後、Robbins ら¹⁶⁾ の硫酸アンモニウムによる沈殿分離法の一部を採用して WPC を分離し、透析の後、凍結乾燥を行い実験試料とした。(Fig. 1) 一方、 α -ラクトアルブミン (以後、 α -A と呼称する。) および β -ラクトグロブリン (以後 β -G と呼称する。) は Robbins¹⁶⁾ らの方法で調製を行った。Na-カゼインは、牛乳を 3,000 r. p. m. で、2 回遠心分離を行い、クリーム層を除去し、脱脂乳を調製し、これに 1 N, HCl を添加し、カゼインを等電点 (pH 4.6~4.7) で沈殿分離し、得られたカゼインを、1 N, NaOH で溶解し、Na-カゼインとし、透析の後、凍結乾燥を行い保存試料とした。なお、この時、分離されたホエイが酸ホエイで、先のチーズホエイと、同じ処理法で実験試料の調製を行った。

2. WPC の耐熱性 (加熱安定温度限界点) の測定

WPC の熱安定点は、試料の耐熱性を比較するため、実施したもので、次の装置により、測定を行った。Fig. 2 の装置は、各温度における濁度変化の連続測定を行うものである。本装置の仕様は、試料を循環するための定量ポンプ、熱交換部 (テフロンチューブ) 脱気トラップ、温度測定用サーミスター、グリセリン恒温槽 (0~100°C) 記録計 (温度と濁度) および光学装置 (フローセル) の各部から、構成されている。なお、試料は、温度の上昇にともなって、濁度も増加し最高に到達する。やがて凝集が出現すると共に濁度は、下降を始める。濁度の上昇開始時と最高に到達した時の中間点 (middle point, °C) を加熱安定温度限界点とした。試料のタンパク濃度は、全て 0.25% に調整した。

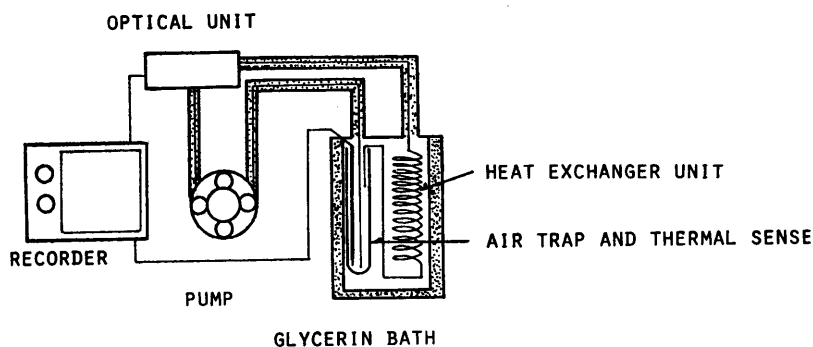


Fig. 2. Scheme on recording system of changing turbidity at different temperature.

3. WPC のタンパク質定量

WPC のタンパク質含量は、常法であるケルダール法⁵⁾ ($N \times 6.38$) とビュレット法¹⁴⁾ で定量を行った。

4. Polyacrylamide gel disc 電気泳動法 (PAG)

WPC は, 0.05 M トリスアミノメタン-0.04 M グリシン緩衝液 (pH 8.6) に溶解し同じ緩衝液で一昼夜透析を行う。次に最終濃度で 0.2 M β -メルカプトエタノール, 0.75 M ショ糖および 4.5 M 尿素を加え試料とした。泳動条件は次のように行った。4.5 M 尿素を含む 8.0% polyacrylamide gel を作成し, 両極槽には, 試料の透析に用いた緩衝液を満し, 泳動用ゲル 1 本に付き, 2 mA を通電し, 泳動終了後は直ちに 1% アミドブラック 10 B で 5 分間染色し, その後 7% 酢酸溶液で染色固定, 脱色を行った。Gel は, Isco-Gelscanner (model 1310) により各ゲルの α -A と β -G 濃度を測定した。

5. WPC の乳化能力測定

WPC の乳化能力測定は, Webb¹⁹⁾ ら, Satterlee¹⁷⁾ ら, および Cante³⁾ らの乳化能力測定法を参考に装置を製作して実施した。(Fig. 3) 装置の仕様は, 内径 80 mm, 深さ 100 mm, 回転翼 40 mm, 回転数 2,000 r. p. m 電極間距離 (先端, 白金製) 30 mm。なお, 電極には, 定電圧装置により 10 V を加圧した。試料のタンパク質濃度は, 0.025% (pH 7)¹⁸⁾ となるよう 1 M NaCl で溶解した。試料に注ぐ油は, 大豆白絞油 (日清精油株式会社) を用い注加速度 (3.4 ml/min) は, ペリスタルポンプで調節を行った。乳化終点の判定は, 電圧抵抗が極大に到達した時点を終点とし, そこに到る油消費量から blank (1 M NaCl, 100 ml) の油消費量を差引き, 乳化能力とした。

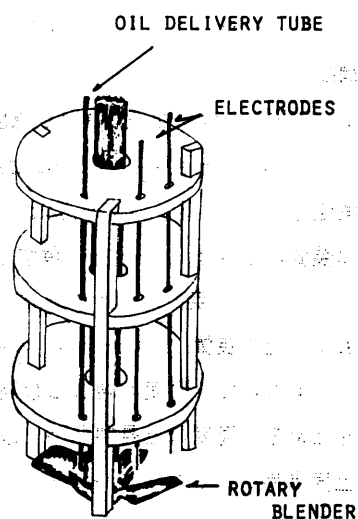


Fig. 3. Scheme of emulsion forming apparatus and electrical resistance sensor.

6. α -ラクトアルブミンと β -グロブリンのタンパク分強酵素処理

α -A と β -G は *chymotrypsin*, *trypsin*, および *pepsin* を供し Anson¹⁾ らの方法により処理を行った。

実験結果と考察

1. WPC のタンパク質含量

Robbins¹⁶⁾ らの方法の一部を採用し調製した WPC のタンパク質濃度を (Table 1) に示した。これらはいずれも乾物中のタンパク質含量であり, それぞれの濃度は酸ホエー (62.8%), カマンベールチーズホエー (62.72%), チェーダーチーズホエー (75.68%), クリ

Table 1. Effect of protein content in whey protein concentrats

Protein source	% of dry basis
α -lactalbumin	88.02
β -lactoglobulin	99.02
Casein	92.76
Acid whey	62.81
Camembert cheese whey	62.72
Cheddar cheese whey	75.68
Cream cheese whey	82.76
Emmental cheese whey	69.84
Gouda cheese whey	75.89

ームチーズホエー (82.76%), エメンタールチーズホエー (69.84%) およびゴダーチーズホエー (75.89%) であった。WPC の調製方法が同一条件であったにもかかわらずクリームチーズホエーの約 83% を最高として、最低の酸ホエー、カマンベールチーズホエーの約 63% と差異が認められた。このことは、クリームチーズ製造における使用原料の高温殺菌処理と乳酸菌スタータによる長時間の発酵という非熟成チーズ特有の製造により生産されたホエーでこれは、他のチーズから調整した WPC と比較し、乳酸菌スターターに由来するタンパク分解酵素により分解された考算が高く、タンパク質含量 (全 N 量 $\times 6.38$) は見かけの上では多いが、しかし、電気泳動の結果 (Fig. 4) から明らかなように、 α -A および β -G の分解産物が認められることから、必ずしも、native なタンパク質とはいえず、換言するなら、原料となるホエーの種類すなわち前処理法の相異が、WPC の N 化合物の性状決定と係わりがあると推察される。

2. WPC のホエータンパク質成分比率

Fig. 4 は、各種ホエーから分離した WPC の PAG を示した。これら PAG のタンパク濃度は全て一定に調整し泳動を行った結果である。また、各種調整 WPC の PAG では、多くのピークが認められるが、これらピークを α -A と β -G の 2 画分に大別し比較検討を行った。特に、クリームチーズホエーから分離した WPC のピーク全体を観察すると、他の WPC のピークよりタンパク濃度が同じであるにも係わらず、全体的に小さいことが認められた。また、 α -A ピークと β -G ピークの中間のピーク A と陽極側のピーク B は、他の WPC より量的に多く出現しており、このピーク A については、Hanziker⁶⁾ らの報告にある α -A と β -B の加熱複合体と推察される。また、ピーク B については、他と製造方法が異なるホエーであるところから、 α -A および β -G を含めた乳タンパク質が、乳酸菌に由来するタンパク分解酵素により、プロテオース、ペプトンなどの低分子物質に分解され

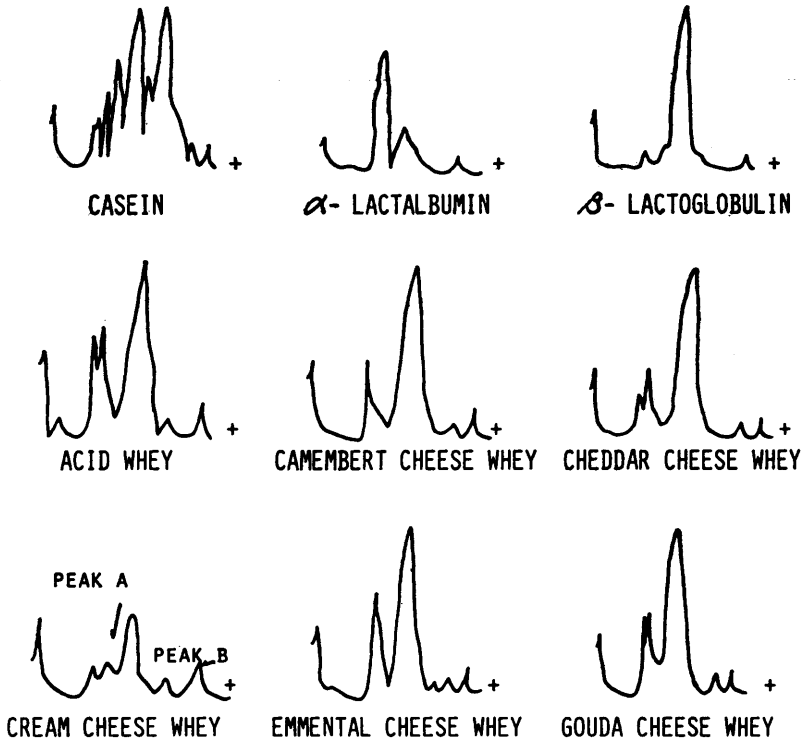


Fig. 4. Densitogram of whey protein concentrats by PAG.

Table 2. Percentage of α -lactalbumin and β -lactoglobulin in different whey protein concentrats

Protein Source	α -lactalbumin (%)	β -lactoglobulin (%)
α -lactalbumin	70.25	29.75
β -lactoglobulin	7.21	92.75
Acid whey	27.39	72.61
Camembert cheese whey	12.53	87.47
Cheddar cheese whey	19.65	80.35
Cream cheese whey	28.77	71.23
Emmental cheese whey	25.85	74.15
Gouda cheese whey	23.16	76.84

たのが、ピーク B 出現したと推定される。次にこれら WPC の PAG をゲルスキャナーにより α -A 画分と β -G 画分の濃度比率を算出し、Table 2 に示した。各 WPC の α -A 画分と β -G 画分の比率はそれぞれ、酸ホエー (27.39% 対 72.61%)、カマンベール (12.53% 対 87.47%)、チェダー (19.65% 対 80.35%)、クリーム (28.77% 対 71.23%)、エメンタル

(25.85% 対 74.15%) およびゴダー (23.16% 対 76.84%) となった。一般に、 α -A は 23~27%, β -G は 73~76% とされており、これから見る限り、カマンベール、チェダーの α -A 比は低く、クリームでは高い値が得られた。

3. WPC の耐熱性 (加熱定温度限界点)

各種ホエーから調製した WPC のなかで、 α -A 画分と β -G 画分の含有比率が衆知の値に近いゴダーチーズホエーとタイプの異なるクリームチーズホエーおよび未加熱牛乳から調製した酸ホエーの代表試料 3 種と control として、 α -A と β -G の熱変性点 (middle point, °C) を Table 3 に示した。それぞれの pH における耐熱性の順序は、pH 4.5 でクリームチーズホエー (71°C) > 酸ホエー (68°C) > ゴダーチーズホエー (64°C), pH 5.5 ではクリームチーズホエー (85°C) > ゴダーチーズホエー (82°C) > 酸ホエー (78°C) および pH 6.5 はクリームチーズホエー (78°C) > ゴダーチーズホエー (75°C) > 酸ホエー (68°C) となっており pH 4.5 を除き、チーズホエーから調製した WPC は pH 5.5, 6.5 で総じて耐熱性を有しており、その傾向は、クリームチーズホエーに代表されているように顕著であった。Hidalgo⁴⁾ らは、WPC のトリプシン処理により熱安定性を高めることを認めており、さきに示した PAG から、クリームチーズホエーは、他とピーク形状が異なり、泳動速度の早いピーク B (プロテオース, ペプトン画分と推定される。)の成分と耐熱性の強い β -G 画分の比率が高くこのことが、クリームチーズホエーの耐熱性を上昇させたとも考えられるが、native な酸ホエーより、チーズホエーの耐熱性が高かったのは、乳酸菌による発酵時のタンパク分解作用に因るところが大きいと推察される。一方、pH 5.5 では、いずれの試料とも、前後の pH より強い耐熱性を示したが、この点に関しては、酸性域における熱安定性と pH の関係については、新たに解明されていかなければならない課題と考える。しかし、ホエーから WPC を加熱分離するに際し、必要以上の加熱は溶解性¹¹⁾の低下を招くことが知られていることから、pH 4.5, 70°C 周辺が不安定域であり、逆に、WPC の 2 次加工に際し、酸性域で加熱処理するには、pH 5.5 周辺の安定域を選択することにより目的を遂げるこ

Table 3. Effect of heat stability (Middle point, °C) from whey protein concentrats

	Control	Middle point (°C)		
		pH 4.5	pH 5.5	pH 6.5
α -A	60°C	67°C	72°C	60°C
β -G	75°C	83°C	91°C	78°C
Acid	53°C	68°C	78°C	68°C
Gouda	64°C	64°C	82°C	75°C
Cream	53°C	71°C	85°C	78°C

Table 4. Emulsifying capacity of whey protein concentrates

Protein source	Oil (g)/Protein (mg)
α -lactalbumin	3.4299
β -lactoglobulin	3.1963
Casein	2.4519
Acid whey	3.3268
Camembert whey	2.7147
Cheddar cheese whey	2.7257
Cream cheese whey	0.5400
Emmental cheese whey	3.2328
Gouda cheese whey	2.4374

とができるものと考ええる。

4. WPC の乳化能力

各種ホエーから調製した WPC の乳化能力をタンパク質 1 mg に結合した油の量で現したのが、Table 4 である。未加熱の牛乳から調製した α -A、 β -G および酸ホエーからの WPC は、他のチーズホエーから調製した WPC より高い乳化能力が認められた。さきの Table 2 に示した各種 WPC の α -A 画分と β -G 画分の構成比を Table 4 の結果を比較すると、 α -A 画分の多い WPC は、乳化能力が高い傾向を認めた。このことは、 α -A は、乳化能力は高いが熱に不安定であるという性質を呈し、高温処理を施したホエーほど乳化力が低いことを示唆している。特にクリームチーズホエーの WPC は最低の乳化力を示したが、耐熱性の向上に関与した乳酸菌によるタンパク質分解作用に加え、高温加熱処理が、乳化力にマイナス要因に働いたことが、原因と考えられる。Kuehler¹⁰⁾ らは、透析 WPC、1 mg は 2.99 g の油と結合すると報告しているが、WPC の分離法と原料となるホエーの種類によって乳化力に差異が生ずるものと推察される。そこで、pH と加熱温度を変えた時の乳化への影響と酵素処理後の乳化の影響を、control と対比させて実験を試みた。Fig. 5

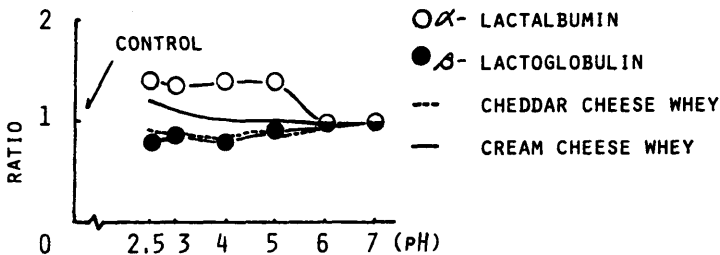


Fig. 5. effect of pH of emulsifying capacity in α -lactalbumin, β -lactoglobulin, cheddar cheese whey and creamc cheese whey.

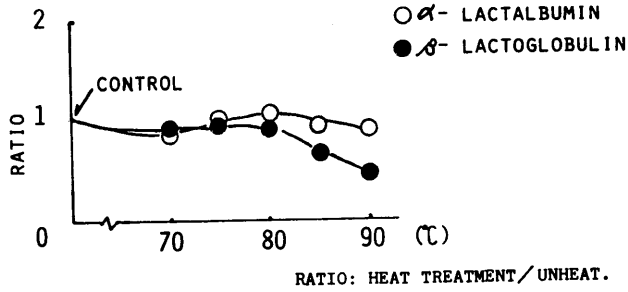


Fig. 6. Effect of pH 7 after heating of emulsifying capacity in α -lactalbumin and β -lactoglobulin.

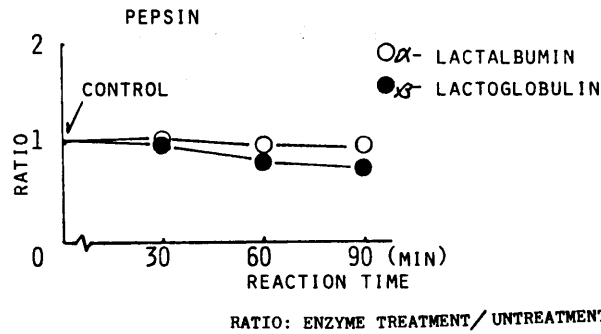
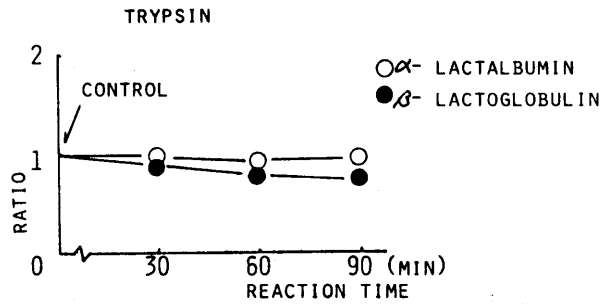
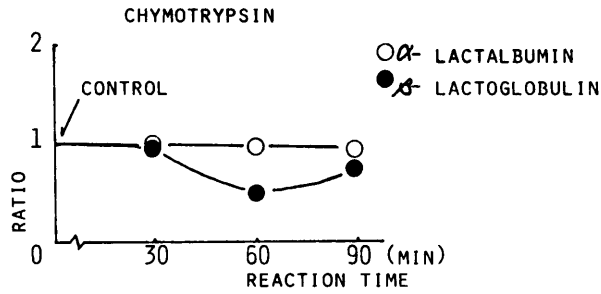


Fig. 7. Effect of emulsifying capacity of α -lactalbumin and β -lactoglobulin after enzyme treatment.

は、pH の影響であるが、pH 2.5~5 の範囲では、 α -A は高い乳化力を、また、 β -G では、 α -A と逆の傾向が認められた。しかし、pH 6 あるいは 7 では、 α -A、 β -G とともに、control と近似した乳化力を示した。次に加熱の影響であるが、これは、Fig. 6 に示した。 α -A、 β -G とともに 80°C を越えると、共に control より、乳化力の急激な低下現象が認められた。また、*chymotrypsin*、*trypsin* および *pepsin* 処理後の乳化力は、Fig. 7 に示した。 α -A、 β -G とともに反応時間の経過にともない、全ての酵素とも、低下の傾向が認められたが、特に β -G は顕著であった。この点については、Kuehler¹⁰⁾ らは、酵素による加水分解が進行すると乳化能力が低下したことから、乳化には、所定の分子サイズの必要があると報告している。著者らの酵素を用いた実験からも、ほぼ同じ傾向を認めることができた。一般に、タンパク質と脂質の乳化機構すなわち相互作用は、単純な分子間結合のみで説明できるものではなく、例えば、リン脂質と正に荷電したアミノ酸や脂質との結合、その時、そこに 2 価金属イオンが、存在すると負に荷電したアミノ酸と静電結合するというように、複雑な相互作用系より成っていることが知られている。著者らの行った本実験は、WPC の乳化機構の解明が目的ではないので論述は削除するが、少なくとも、ホエーのタイプすなわち前処理工程の相異と WPC の分離条件の相異が、WPC の乳化能力に差異をもたらすことが、明らかとなった。また、チーズホエーでも、クリームチーズホエーのように乳酸菌の影響を強く受けたものからの WPC は、乳化製品素材としては好ましいとはいえないが、耐熱性を有しているところから、タンパク強化食品素材などに転用するのが望ましい利用法といえよう。

要 約

WPC (Whey Protein Concentrates) を乳化製品の代替タンパク質素材として利用するための基礎実験として、各種ホエーから調製した WPC の乳化能力と熱安定性について比較検討を行った。

1. WPC の乾物におけるタンパク質含有量は、それぞれ酸ホエー (62.81%)、カマンベールチーズホエー (62.72%)、チェダーチーズホエー (75.68%)、エメンタルチーズホエー (69.84%)、ゴダーチーズホエー (75.89%) およびクリームチーズホエー (82.76%) であった。

2. WPC の α -ラクトアルブミン画分と β -ラクトグロブリン画分の濃度比は、それぞれ、酸ホエー (27.39% 対 72.61%)、カマンベールチーズホエー (12.53% 対 87.47%)、チェダーチーズホエー (19.65% 対 80.35%)、クリームチーズホエー (28.77% 対 71.32%)、エメンタルチーズホエー (25.85% 対 74.15%) およびゴダーチーズホエー (23.16% 対 76.84%) であった。

3. WPC の熱安定性 (middle point, °C) は, pH 未調整で, ゴダーチーズホエー (64°C) > 酸ホエー (53°C), クリームチーズホエー (53°C), pH 4.5 では, クリームチーズホエー (71°C) > 酸ホエー (68°C) > ゴダーチーズホエー (85°C) > ゴダーチーズホエー (82°C) > 酸ホエー (78°C) および pH 6.5 では, クリームチーズホエー (78°C) > ゴダーチーズホエー (75°C) > 酸ホエー (68°C) であり, チーズホエーから調製した WPC は, 平均, 耐熱性が強かった。

4. WPC の乳化能を, タンパク質 1 mg と結合する油の量で表わすと, 酸ホエー (3.3268 g) > エメンタルチーズホエー (3.2328 g) > チェダーチーズホエー (2.7257 g) > ゴダーチーズホエー (2.4374 g) > クリームチーズホエー (0.5400 g) であり, WPC の耐熱性と乳化能力は, ホエーのタイプにより異なることが明らかとなった。

謝 辞

終りにあたり, 雪印乳業株式会社, 技術研究所ならびに, 岩井機械工業株式会社に紙面を借りて深謝申し上げます。

文 献

- 1) Anson, M. L. 1938. The estimation of pepsin, trypsin, papain and cathepsin with hemoglobin, *J. Gen. Physiol.*, **22**: 79-89.
- 2) Bel-Industries, 8. Rue de Penthievre-75361, Paris, France.
- 3) Cante J. C., Franzen W. R. and F. Z. Saleeb, 1979. Proteins as emulsifiers: Methods for assessing the role. *J. AM. Oil Chemists' Soc.*, **56**: 71 A-77 A.
- 4) Hidalgo, J. and E. Gramper., 1977. Solubility and heat stability of whey protein concentrates. *J. Dairy Sci.*, **60**: 1515-1518.
- 5) Horwitz, W., 1980. Official methods of analysis of the association of official chemists, 238-272.
- 6) Hunziker, H. G. and P. N. Tarassuk., 1965. Chromatographic evidence for heat-induced interaction of α -lactalbumin and β -lactoglobulin. *J. Dairy Sci.*, **48**: 733-734.
- 7) Hynd, J., 1970. Utilization of milk proteins. *J. Soc. Dairy Tec.*, **23**: 95-99.
- 8) Jelen, P., 1979. Industrial whey processing technology. *Agricultural and Food Chemistry*, **27**: 658-661.
- 9) Kosikowsky, F., 1977. *In* Cheese and fermented milk Foods., 2nd. edition. Edwards Brothers, Inc., Ann Arbor, Michigan, USA 127-129, 159-161, 229-239, 281-282, 283-286, 342-345.
- 10) Kuehler, C. A. and C. M. Stime, 1974. Effect of enzymatic hydrolysis on some function properties of whey protein. *J. Food Sci.*, **39**: 379-382.
- 11) Morr, C. V., Swanson, P. E. and L. Richiter, 1973. Functional characteristics of whey protein concentrates. *J. Food Sci.*, **38**: 324-330.
- 12) Mann, J. E., 1974. Whey utilization-part 1. *Dairy Industries.*, (August), 303-304.
- 13) Mann, J. F., 1974. Whey utilization-part 2. *ibid.*, 343-344.
- 14) 日本化学会編 1956. 生物化学 1, 実験化学講座 23. 36-37, 丸善株式会社, 東京.

- 15) Oborn, J., 1968. A review of methods available for whey utilization in Australia. The Aust. J. Dairy Tech., 23: 131-136.
- 16) Robbins, M. F. and M. J. Kronman, 1968. Simplified method for preparing α -lactalbumin and β -lactoglobulin from cow's milk. Biochim. Biophys. Acta., 82: 186-188.
- 17) Satterlee, D. L., B. Free and E. Levin, 1973. Utilization of high protein tissue powers as a binder/extender in meat emulsions. J. Food Sci., 38: 306-309.
- 18) Tornberg, E., 1978. Functional characterization of protein stabilized emulsions: creaming stability. J. Food Sci., 43: 238-274.
- 19) Webb, N. B., Ivey, J. F., Craig, B. H., Jones, A. V. and R. T. Monroe, 1970. The measurement of emulsifying capacity by electrical resistance. J. Food Sci., 35: 501-504.

Summary

In order to best utilize the whey protein concentrates (WPC) as an alternate protein source for dairy products. The emulsifying capacity and heat stability of the whey protein concentrates of various kinds of cheese whey (acid whey, camembert cheese whey, cheddar cheese whey, emmental cheese whey, gouda cheese whey and cream cheese whey) were investigated. The results are as follows:

1. The crude protein contents (W/V, %) of dry WPC's were: acid whey (62.81), camembert (62.72), cheddar (75.68), emmental (69.84), gouda (75.89) and cream cheese (82.76).

2. The weight percent ratio of α -lactalbumin and β -lactoglobulin in the WPC's were: acid whey (27.39:72.61), camembert (12.53:87.47), cheddar (19.65:80.35), emmental (25.85:74.15), gouda (23.16:76.84) and cream cheese (28.77:71.23).

3. The middle point temperatures ($^{\circ}\text{C}$) at heat stability of WPC's were: 64°C (gouda) and 53°C (acid whey and cream cheese) for unadjusted pH samples; 68°C (acid whey), 64°C (gouda), 71°C (cream cheese) for pH 4.5 samples; 78°C (Acid whey), 82°C (Gouda) and 85°C (cream cheese) for pH 5.5 samples; and 68°C (acid whey), 75°C (gouda) and 78°C (cream) for pH 6.5 samples. In general, heat resistance of the WPC's of cheese whey was greater than that of acid whey.

4. The emulsifying capacities (Combined oil (G)/protein (mg)) were: acid whey (3.3268 g), camembert (2.7147 g), cheddar (2.7257 g), emmental (3.2328 g), gouda (2.4374 g) and cream cheese (0.5400 g).