モザレラチーズの製造過程におけるカゼインおよびパラカゼインのカルシウムおよび無機リン量の変化

江澤 真*・浅野悠子*・六井洋子*
松山 惇*・清澤 功*

Changes in the Calcium and Inorganic Phosphorus Contents of Casein and Paracasein on the Preparation Process of Mozzarella Cheese

EZAWA Makoto*, ASANO Yuko*, ROKUI Yoko*,
MATSUYAMA Jun* and KIYOSAWA Isao*

*Faculty of Agriculture, Tamagawa University
6-1-1, Tamagawagakuen, Machida-shi, Tokyo 194-8610

The modified bovine milk (3% of fat, pasteurized at 65°C for 30 min) was added starter and rennet, then kept at 30°C for 40 min. The curds prepared from coagulated milk were treated successively by resting, addition of 2% NaCl and kneading to prepare Mozzarella cheese (MC). The amounts of calcium (Ca) and inorganic phosphorus (Pi) bound to casein or paracasein from the curds at each process were determined to obtain their molar ratios. The amounts of Ca and Pi in 1 g of casein sedimented from the untreated milk by ultracentrifugation were 32.4 and 15.4 mg respectively, and the molar ratio of Ca/Pi was 1.62. Those in paracasein after cooking the coagulated milk with starter and rennet were 16.2 and 10.3 mg respectively. And the Ca/Pi ratio was lowered to 1.21. After resting, addition of 2% NaCl and kneading of the curds, the Ca/Pi ratio of paracasein was much more lowered to 1.06. In the curds prepared from the milk treated with starter and rennet at 30°C for 40 min, the intensity of α_{s1} -band decreased on urea-PAGE, whereas α_{s1} -I band appeared. The intensity of κ -band also decreased immediately after addition of rennet to the milk and a-band also appeared on SDS-PAGE. The intensity of β -band slightly decreased, but that of α_{s2} -band unchanged during the processing of milk.

(Received Jun. 21, 2000; Accepted Aug. 21, 2000)

モザレラチーズ (MC) は、牛乳にスターターおよびレンネットを添加して形成したカードに食塩を添加し、さらに高温でニーディング (kneading) してつくられる軟質チーズである。このチーズは、熟成日数が短く、風味が淡泊であり、加熱、溶融すると糸引き性があり、ピザ食品などに広く利用されている。このため、最近このチーズに対する需要が高まっており、MC 製造上の

ミリング pH¹⁾、凝固剤の種類²⁾、食塩添加³⁾などと MC の機能性との関係、低脂肪 MC の調製^{4),5)}などについて多くの研究が行われている。

MC の糸引き性と牛乳カゼインミセルの変化との関係についても研究されている。KOSIKOWSKI⁶⁾によると、牛乳のカルシウムカゼイネートは、まず pH 6.2 でレンニン作用によりジカルシウムパラカゼイネートに変化し、

沈澱物またはカードを生じる。さらに、スターターが産生した乳酸によって生じたモノカルシウムパラカゼイネートを54℃またはそれ以上の温度で加熱すると、カードは滑らかさと柔軟性がまして糸引き性を有するようになるという。筆者ら⁷⁾は牛乳にスターターおよびレンネットを添加して得たカードに2%食塩を添加、混合した後、湯浴中でニーディングを行い、MCを調製した。このMCを低温保蔵し、MCの機能性とパラカゼインの結合性カルシウム/リンモル比(Ca/Pi比)の変化を観察したところ、その比は1.0以下になり、牛乳中のカゼインミセルのCa/Pi比より低下することを明らかにした。また、MCのCa/Pi比は他のナチュラルチーズよりも低かった。

そこで、本研究では、牛乳にスターターおよびレンネットを添加して得たカードに2%食塩を添加、混合し、ニーディングを行い、各過程におけるパラカゼインのCa/Pi比の変化について観察した。また、カゼインのポリアクリルアミドゲル電気泳動図との関係について検討したので、以下に報告する。

材料および方法

1. 材 料

使用した生牛乳は、玉川大学農場飼育のホルスタイン種より採取した。スターターのLB-12 (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) およびST-36 (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*)、ならびにレンネットはCHR. HANSEN 社製のものを使用した。

2. モザレチーズの調製

生牛乳は脂肪3.0%に調整し、65℃、30分間殺菌した後、低温室(約4℃)で一晩保持した。この調整乳(以下牛乳とする。pH 6.67±0.02) 10kgをチーズバット(縦33cm, 横24cm, 深さ14cm)に入れて30℃に加温し、LB-12およびST-36各300mgを攪拌しながら添加した。牛乳のpHが6.4に達した時点でレンネット300mg(6%食塩水50mlに溶解)を添加し、よく混合した。これを40分間静置してレンネット反応を行い、形成したカードをカードカッターで1.2cm角に切断して15分間放置し、さらに15分間ゆっくり攪拌した。ついで、2分間に約1℃の割合で30℃から42℃まで攪拌しながら昇温し、クッキングを行った。カードはpH 6.0になるまで放置し、この時点でホエーを除去した。バットの底に板状に堆積したカードを二等分して積み重ね、15分毎にレストイング(resting)を行った。カードのpHが5.2に達した時点でミリングを行い、食塩2%を添加、混合して四等分した後、75℃の湯浴中で2分間

ニーディングを行った。このカードを型(直径7cm, 高さ15cm)詰めして冷却し、ナイロン/ポリエチレン袋(厚さ75μm)で真空包装した。この操作により3回モザレチーズ(以下MCとする)を調製し、下記の分析試料に供した。なお、pHはpHメーター(堀場製作所, F-12)により測定した。

3. 窒素の定量

牛乳およびレンネット添加直後の牛乳の全窒素(TN)は、1.0mlをマイクロケルダール法により定量した。また、これらの牛乳は29,000×g, 60分間遠心分離(日立製作所, CR2083型)し、上澄液1.0mlについて上記のとおり窒素を定量した。この窒素量をTNから差し引いて沈降性窒素(SN)とし、6.38を乗じて沈降性カゼイン(Cs)とした。レンネット反応後およびクッキング後の凝固乳は、2,240×g, 20分間遠心分離し、その上澄液の窒素を定量し、同様にTNから差し引いてSNを求め、6.38を乗じてパラカゼイン(pCs)とした。

ミリング後のカードおよび調製直後のカード0.1gを精秤し、マイクロケルダール法により全窒素(TN)を定量した。また、これらのカード0.1gを乳鉢に採り、50℃の温水を加えながら完全に破碎し、懸濁液を100ml定容にした。この懸濁液を2,240×g, 20分間遠心分離し、上澄液1.0mlの窒素を定量し、TNから差し引いて不溶性窒素とし、これに6.38を乗じてpCsとした。

4. CaおよびPの定量

牛乳およびレンネット添加直後の牛乳1.0mlを濃硫酸で加水分解した後、その分解液を適当に希釈し、その吸光値(422.7nm)を原子吸光度計(ASH社, AA-835 Japan Jarreel)により測定し、全カルシウム(TCa)を求めた。この際、希釈液にSrCl₂溶液(関東化学株)をSr濃度500ppmになるように添加した。また、同分解液の全P(TP)をAllen法⁸⁾により定量した。

また、上記の上澄液のCaおよびPを定量し、TCaまたはTPから差し引いて、沈降性Ca(SCa)および沈降性P(SP)とした。さらに、CsのP(有機リン, Po)含量はカゼインのP含量を0.8%として算出し、SPから差し引いて沈降性無機P(SPi)とした。

カードおよびMCのTCaおよびTPは、0.2gを濃硫酸で加水分解し、その分解液のCaおよびPを定量して求めた。さらに、上記の懸濁液を遠心分離して得た上澄液のCaを定量し、TCaから差し引いて結合性Ca(bCa)とした。同様に、上澄液のPを定量し、TPから差し引いて結合性P(bP)を求めた。さらに、pCs

の Po 含量を算出し、bP から差し引いて結合性無機 P (bPi) とした。

5. 尿素および SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動

尿素-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (尿素-PAGE) は、ANDREWSの方法⁹⁾に準じて行った。濃縮用ゲルは2.66 M 尿素および8%アクリルアミドゲル (pH 6.8), また分離用ゲルは3.93 M 尿素および12%アクリルアミドゲル (pH 8.8) を使用した。

電気泳動用試料の調製は次のとおり行った。牛乳および凝固乳の沈殿物またはカード0.2 g を0.06 M Tris-HCl 緩衝液 (pH 6.8, 8 M 尿素を含む) 10 ml に溶解し、2-メルカプトエタノール2滴を滴下し、40℃, 45分間攪拌しながら溶解した後、3,000 rpm, 20分間遠心分離し、脂肪層を除去した上澄液を使用した。

電気泳動は、スラブ式電気泳動装置 (ATTO AE-6400) を使用し、濃縮ゲルでは200V, 分離ゲルでは280Vの定電圧とし、室温で40~50分間行った。電気泳動後、泳動図上のバンドの着色強度の解析は、ATTO デンシトグラフシリーズ1次元解析プログラムソフトゾーンデンシトメトリー (Macintosh 版 Version 1.3) で行った。

SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) は、SDS 試料用溶液1 ml に試料約0.01 g を溶解し、攪拌しながら4分間煮沸した後、3,000 rpm, 15分間遠心分離 (富永製作所) し、その上澄液を用いて電気泳動を行った。なお、SDS 試料用溶液は、0.5 M Tris-HCl 緩衝液 (pH 6.8) 0.125 ml, 70%グリセロール0.1 ml, 10% SDS 溶液0.2 ml, 2-メルカプトエタノール0.05 ml およびイオン交換水0.525 ml を混合して調製した。

標準タンパク質 (ELECTROPHORESIS CALIBRATION KIT, Pharmacia 製, 低分子用) 溶液は、

1 バイアルに SDS 試料用溶液 400 μ l を添加し、4分間煮沸して調製した。

電気泳動後のゲルは、0.25%クーマシーブリリアントブルー R250を含む10%酢酸+45%メタノール混合液で染色し、10%酢酸+25%メタノール混合液で脱色した。ゲルは No.2 東洋濾紙上に置き、ゲルドライヤー (ATT OAE-3701 SLAB gel dryer) により固定した。濾紙上に固定したゲルの電気泳動図は、ATTO 1次元解析プログラムソフトゾーンデンシトメトリーで解析した。

なお、以上の分析値は、3回調製した MC の平均値 (±標準偏差) として示した。

結果および考察

1. 牛乳中のカゼインおよびパラカゼインのカルシウムおよび無機リン量

MC を3回調製した際に使用した牛乳 (Table 1, No.1) の全窒素 (TN), カゼイン態窒素 (CN), 乳清タンパク態窒素 (WN) および非タンパク態窒素 (NPN) 含量の平均値 (±標準偏差) は、それぞれ 442 ± 9 , 347 ± 12 , 71 ± 6 および 24 ± 2 mg/100 ml であった。また、全カルシウム (TCa) および全リン (TP) 含量は、それぞれ 100 ± 9 および 83 ± 3 mg/100 ml であった。

この牛乳 (Table 1, No.1) を用いて、牛乳にスターターを添加し、pH 約6.4に達した時点でレンネットを添加したもの (No.2), これを30℃, 40分間保持した後の凝固乳 (No.3) および42℃でクッキング後の凝固乳 (No.4) を遠心分離し、各上澄液の pH を測定して Table 1 に示した。また、各上澄液の窒素を定量し、全窒素 (TN) から差し引いて沈降性窒素 (SN) を求めた。その結果、SN 量は pH の低下とともに増加した。したがって、沈降性カゼイン (Cs) および沈降性パラ

Table 1 The changes of pH values in the milk with starter and rennet, and the sedimented amounts of casein or paracasein during the processing

Sample No.	Treatment of milk	pH	TN (mg/100ml)	SN (mg/100ml)	Cs or pCs (g/100ml)
1	Heated at 60°C for 30 min	6.65 ± 0.02	442 ± 90	205 ± 39	1.30 ± 0.25
2	Added starter and rennet	6.46 ± 0.09	449 ± 21	303 ± 29	1.93 ± 0.19
3	Kept at 30°C for 40 min	6.37 ± 0.13		324 ± 90	2.06 ± 0.05
4	Cooked to 42°C	6.25 ± 0.20		341 ± 17	2.17 ± 0.11

TN ; total nitrogen, SN ; sedimented nitrogen, Cs ; casein, pCs ; paracasein.

No.1 and 2 were centrifuged at $29,000 \times g$ for 60min, No.3 and 4 at $2,240 \times g$ for 20min.

Values are mean $\pm$ SE (n = 3)

カゼイン (pCs) 量も増加した。

van HOOYDONKら¹⁰⁾は脱脂乳を4M HClでpH 6.6~4.6に調節し、これらの脱脂乳にレンネットを添加し、30℃、1時間保持した後遠心分離し、上澄液(乳清)の窒素量を測定している。それによると、pH 6.6からpH 5.6の間で僅かな上昇を認めており、この現象はレンネット作用によるカゼインマクロペプチドの遊離によると述べている。しかし、本実験条件ではこのような現象は認められなかった。

また、各上澄液のCaおよびPを測定し、TCaおよびTPからこれらの値を差し引いて、沈降性Ca(SCa)および沈降性P(SP)を求めた。さらに、pCsから算出した有機リンをSPから差し引いて、沈降性無機P(SPi)とした。このようにしてCs 1 gあたりのSCaおよびSPi量を求めて、Table 2に示した。これによると、牛乳を遠心分離して得たCs 1 gあたりのSCaおよびSPi量はそれぞれ32.4および15.4 mgであり、Ca/Pi比は1.62になった。

SCHMIDT¹¹⁾によると、カゼインミセルのCaおよびPi含量は1 gあたりそれぞれ29および14 mgであり、これからCa/Pi比を求めると1.6になる。また、カゼインミセルの複合カチオン+Caとリン酸のモル比はほぼ一定であり平均1.7であるという¹²⁾。本実験におけるCsのCa/Pi比もこれらの比率に近い値が得られた。

牛乳にスターターを添加してpH約6.4でレンネットを添加した直後の牛乳100 mlあたりのSCaおよびSPi量はいずれも増加したが、Cs 1 gあたりの値は反対に低下した。したがって、カゼインミセルの結合ないしは吸着性CaおよびPiが遊離したことが推測された。この変化はCaの方がPiより大きかったので、Ca/Pi比は増加した。さらに、レンネット作用後の凝固乳をカッティングおよびクッキングした場合、pCs 1 gあたりのSCa量は明らかに低下し、SPi量はわずかに低下したに過ぎなかった。このため、pCsのCa/Pi比はNo.1およびNo.2よりも低下した。

2. カードのパラカゼインのCaおよびPi結合性

凝固乳は42℃に加温し、pH 6.0になるまで放置した後ホエーを除去した。得たカードはレスティングし、さらにカードのpH 5.2に達した時点でミリングして2%食塩を添加、混合した後、75℃の湯浴中でニーディングしてMCを得た。レスティング後カードおよびMCのpCs、CaおよびP含量を求めた。さらに、これらの懸濁液を遠心分離し、その上澄液のCaおよびP含量を測定し、上記のとおりpCs 1 gあたりの結合性Ca(bCa)および結合性Pi(bPi)量を求めた(Table 3)。それによると、bCa量はわずかに低下したが、bPi量はほとんど変化しなかった。したがって、Ca/Pi比はわずかに低下した。

Table 2 The changes of sedimented calcium and inorganic phosphorus in the milk with starter and rennet during the processing

Sample No.	SCa		SPi		Ca Pi (molar ratio)
	(mg 100ml)	(mg g)	(mg 100ml)	(mg g)	
1	42.5±4.4	32.4±2.8	20.1±0.5	15.4±0.2	1.62±0.12
2	54.3±7.3	28.0±2.8	22.0±4.1	11.3±1.6	1.90±0.08
3	45.7±0.3	22.0±0.4	25.7±1.8	12.4±0.9	1.36±0.09
4	35.4±1.2	16.2±0.3	22.5±1.0	10.3±0.5	1.21±0.04

SCa ; sedimented Ca, SPi ; inorganic Pi.

The conditions of milk treatment and centrifugation were same as those in Table 1.

Values are mean±SE (n=3).

Table 3 The contents of calcium and inorganic phosphorus bound to paracasein in the curds treated by milling and kneading

Sample No.	Treatment of curd	pCs	bCa	bPi	Ca Pi (molar ratio)
		(g 100 g)	(mg g)	(mg g)	
5	Curd after milling	8.5±1.1	17.6±2.1	12.3±1.2	1.10±0.06
6	Curd after kneading	21.2±0.3	15.0±1.0	11.0±1.3	1.06±0.13

pCs ; paracasein, bCa ; Ca bound to paracasein, bPi ; inorganic Pi bound to paracasein. Values are mean±SE (n=3).

調製1日後のMCにおけるpCsのCa/Pi比は1.21および1.29であったが⁷⁾、今回の実験でクッキング後の操作によってpCsのCa/Pi比は急激に低下することが明らかになった。

市販MCではこの比率が1.0以下であり、また調製したMCを低温保藏したところ1.0以下に低下し、30日間の保藏では0.72になった。MCにおけるpCsのCa/Pi比を求めた報告はないが、KIMURAら¹³⁾はストリングチーズ (String cheese, SC) のカゼインに結合するCa/Pi比を求めて、チーズのpH 4.9~6.0で0.9~1.2の間にあることを報告している。これらはチーズ自体のCa/Pi比であり、チーズを懸濁化して得たカードの比率とは異なるので、厳密な比較はできないが、カゼインミセルのCa/Pi比よりも低下することは明らかである。SCはチーズを指で裂いた場合、その表面が繊維状の外観を呈することが特徴である。KIMURAら¹³⁾はこの性質を繊維形成性 (stringiness) と呼んでいる。MCは加熱、溶融すると糸引き性 (stringiness) または展延性 (stretchability) を示すが、これらのチーズではいずれも高温でカードを練圧する。したがって、Ca/Pi比の低下にはカードの加熱が大きく影響

していることが推察される。

3. カゼインおよびパラカゼインの電気泳動図

MC製造の各段階におけるカゼインおよびパラカゼイン (No.1~No.6) の尿素-およびSDS-PAGEによる電気泳動パターンをFig.1に示した。また、尿素-PAGEの α_s^- ($\alpha_{s1} + \alpha_{s2}^-$), α_{s1}^- I, β^- および γ^- バンドならびにSDS-PAGEの α_{s1}^- , α_{s2}^- , β^- および κ^- バンドの染色強度 (以下、バンド強度と略す) の割合をTable 4およびTable 5に示した。尿素-PAGEでは、牛乳にスターターおよびレンネットを添加し、30℃、40分間保持すると、 α_s^- バンド強度は減少し、それに伴って新たに α_{s1}^- Iバンドが出現した。一方、 β^- バンド強度の変化はほとんど認められなかった。また、 γ_1^- および γ_2^- バンド強度もほとんど変化しなかったが、 γ_3^- バンドはスターターおよびレンネット添加後に消失した。また、SDS-PAGEでは、 α_{s1}^- バンドはレンネット作用後の過程 (No.3~No.6) で減少したが、 α_{s2}^- バンドはほとんど変化しなかった。 β^- バンドもほとんど変化しなかったが、 κ^- バンドはレンネット添加時に急激に減少し (No.2)、さらにその後減少した (No.3~6)。それとは反対に α^- バンドが増加した。

Fig. 1 The urea-PAGE and SDS-PAGE patterns of casein and paracasein during the preparation of Mozzarella cheese.

Line 1; prepared milk, 2; addition of rennet, 3; at 40 min. after addition of rennet, 4; after cooking 5; after resting, 6; after kneading.

Table 4 Percentage changes in the intensity of each band on the urea-PAGE patterns of casein and paracasein components during the processing

Sample No.	Casein component (%)					
	α_s -	α_{s1} -I	β -	γ_1 -	γ_2 -	γ_3 -
1	53.7 $\pm$ 1.1	-	35.1 $\pm$ 2.1	5.4 $\pm$ 0.6	2.3 $\pm$ 1.2	3.5 $\pm$ 1.3
2	56.6 $\pm$ 2.1	-	36.1 $\pm$ 1.4	-	3.3 $\pm$ 1.3	3.7 $\pm$ 1.4
3	55.8 $\pm$ 1.4	2.4 $\pm$ 0.4	34.9 $\pm$ 1.7	-	3.9 $\pm$ 1.0	3.0 $\pm$ 1.9
4	55.0 $\pm$ 0.3	3.6 $\pm$ 1.0	34.4 $\pm$ 1.7	-	3.7 $\pm$ 0.7	3.1 $\pm$ 1.0
5	53.8 $\pm$ 3.4	4.6 $\pm$ 1.3	34.7 $\pm$ 3.0	-	3.1 $\pm$ 1.4	3.7 $\pm$ 2.4
6	53.2 $\pm$ 3.0	4.5 $\pm$ 1.9	34.2 $\pm$ 3.1	-	3.8 $\pm$ 1.7	4.3 $\pm$ 2.1

The conditions in the milk (No.1-4) and curd (No.5-6) treatments were indicated in Table 1 and 3, respectively. Values are mean $\pm$ SE (n=3).

Table 5 Percentage changes in the intensity of each band on the SDS-PAGE patterns of casein and paracasein components during the processing

Sample No.	Casein component (%)				
	α_{s2} -	α_{s1} -I	β -	κ -	a -
1	9.6 $\pm$ 0.4	39.4 $\pm$ 0.4	37.5 $\pm$ 3.9	13.3 $\pm$ 3.3	-
2	10.1 $\pm$ 0.8	39.0 $\pm$ 1.8	35.5 $\pm$ 0.6	6.3 $\pm$ 1.3	9.1 $\pm$ 0.9
3	10.7 $\pm$ 2.0	37.2 $\pm$ 3.1	36.5 $\pm$ 1.7	1.7 $\pm$ 0.8	13.9 $\pm$ 1.3
4	10.3 $\pm$ 1.9	35.8 $\pm$ 3.8	35.4 $\pm$ 3.5	2.8 $\pm$ 0.6	15.7 $\pm$ 0.2
5	10.5 $\pm$ 0.6	35.5 $\pm$ 1.9	35.4 $\pm$ 1.5	3.6 $\pm$ 1.5	15.0 $\pm$ 1.2
6	10.9 $\pm$ 1.1	36.3 $\pm$ 2.5	34.8 $\pm$ 1.5	3.3 $\pm$ 1.0	14.7 $\pm$ 0.8

The conditions in the milk (No.1-4) and curd (No.5-6) treatments were indicated in Table 1 and 3, respectively. Values are mean $\pm$ SE (n=3).

α_{s1} -カゼインからの単一成分の生成は、最初チェダーチーズのゲル電気泳動によって確認され¹⁴⁾、この加水分解物は α_{s1} -I と名づけられた¹⁵⁾。このペプチドは、チェダーチーズから分離され¹⁶⁾、ゴーダチーズ¹⁷⁾、メシヤンチーズ¹⁸⁾などでも確認され、さらに α_{s1} -カゼインのレンネット作用によって生じることが明らかになった¹⁹⁾。しかし、これらのチーズでは、 β -カゼインの加水分解はほとんど受けなかった。本実験で調製した MC とこれらのチーズのゲル電気泳動図には、とくに顕著な相違は認められない。したがって、MC におけるパラカゼインの Ca/Pi 比の低下は、カード中の α_{s1} 、 β -および κ -カゼインを含むパラカゼインにおける Ca および Pi の結合状態に微妙な変化が起っていることが示唆される。これらの変化と MC の機能性との関係については、さらに種々の条件下で詳細な検討が必要である。

要 約

調整乳 (脂肪 3%, 65°C, 30 分間殺菌) にスターターおよびレンネットを添加し、30°C, 40 分間保持した

後凝固乳を得た。さらに、凝固乳から得たカードのレスティングおよび 2% 食塩添加およびニーディングを行い、モザレラチーズを調製した。この過程におけるカゼインおよびパラカゼインの結合性カルシウム (Ca) および無機リン (Pi) 量を測定し、Ca/Pi モル比を求めた。また、カゼインおよびパラカゼインの尿素-および SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (PAGE) を行い、Ca/Pi 比との関係について検討した。

- ① 調整乳のカゼイン 1 g あたりの Ca および Pi 結合量は、それぞれ 32.4 および 15.4 mg であり、Ca/Pi モル比は 1.62 であった。また、スターターおよびレンネットを添加した凝固乳のクッキング後のパラカゼインではそれぞれ 16.2 および 10.3 mg、ならびに 1.21 であった。
- ② カードをレスティング、2% 食塩添加およびニーディングすると、パラカゼイン 1 g あたりの Ca および Pi 結合量は、それぞれ 15.0 および 11.0 mg であり、その比はさらに 1.06 に低下した。
- ③ カゼインの尿素-PAGE では、 α_{s1} -バンド強度は調整乳にスターターおよびレンネットを添加し、

30℃, 40分間保持後に減少し, α_{s1} -I カゼインが出現した。

- ④ カゼインの SDS-PAGE では, κ -バンド強度は調整乳にレンネット添加直後から著しく低下し, α -バンドが出現した。また, β -バンド強度はわずかに低下したが, α_{s2} -バンド強度はほとんど変化しなかった。

文 献

- 1) YUN, J. J., KIELY, L. J., KINDSTEDT, P. S. and BARGANO, D. M.: *J. Dairy Sci.*, **76**, 3639 (1993)
- 2) YUN, J. J., KIELY, L. J., KINDSTEDT, P. S. and BARGANO, D. M.: *J. Dairy Sci.*, **76**, 3657 (1993)
- 3) CHENG, L. J., AUGUSTIN, M. A., MCKINNON, I. R. and SUTHERLAND, B. J.: *Aust. J. Dairy Technol.*, **52**, 8 (1997)
- 4) MERRILL, R. K., OBERG, C. J. and MCMAHON, D. J.: *J. Dairy Sci.*, **77**, 1783 (1994)
- 5) FIFE, R. L., MCMAHON, D. J. and OBERG, C. J.: *J. Dairy Sci.*, **79**, 1903 (1996)
- 6) KOSIKOWSKI, F.: *Cheese and Fermented Milk Foods* (Edwards Brothers Inc.), p.186 (1977)
- 7) 江澤 真・植芝由香・関 寛・宮山伸二展・松山 惇・清澤 功: 日畜会報, **70**, J189 (1999)
- 8) 吉川春寿・高橋葭常: 磷酸代謝実験法 (廣川書店, 東京), p.24 (1958)
- 9) ANDREWS, A. T.: *J. Dairy Res.*, **50**, 45 (1983)
- 10) van HOOYDONK, A. C. M., HAGEDOORN, H. G. and BOERRIGTER, I. J.: *Neth. Milk Dairy J.*, **40**, 281 (1986)
- 11) SCHMIDT, D. G.: *Neth. Milk Dairy J.*, **34**, 42 (1980)
- 12) van HOOYDONK, A. C. M., HAGEDOORN, H. G. and BOERRIGTER, I. J.: *Neth. Milk Dairy J.*, **40**, 369 (1986)
- 13) KIMURA, T., SAGARA, Y. and TANEYA, S.: *Milchwissenschaft*, **47**, 547 (1992)
- 14) LEDFORD, R. A., O'SULLIVAN, A. C. and NATH, K. R.: *J. Dairy Sci.*, **49**, 1098 (1966)
- 15) FOX, P. F. and GUINEY, J.: *J. Dairy Sci.*, **40**, 229 (1974)
- 16) CREAMER, L. K. and RICHARDSON, B. C.: *New Zealand J. Dairy Sci. Technol.*, **9**, 9 (1974)
- 17) VISSEER, F. M. W. and DE GROOT-MOSTERT, A. E.: *Neth. Milk Dairy J.*, **31**, 247 (1977)
- 18) DEJONG, L.: *Neth. Milk Dairy J.*, **30**, 242 (1976)
- 19) FOX, P. F. and GUJNEY, J.: *J. Dairy Res.*, **40**, 229 (1973)

(平成12年6月21日受付, 平成12年8月21日受理)