[農化 第 37 卷, 第 3 号, p.119~125, 1963]

牛乳蛋白質の消化性の改善に関する研究 (第 1 報)*

牛乳の加熱, カルシウムイオン活性の調節, 乳清蛋白質の添加,
均質化および超遠心分離による粗大カゼイン区分除去の牛乳の
消化性, とくに凝固性に対する効果

中 井 秀 了 (明治乳業株式会社研究所)

昭和 37 年 6 月 27 日 受 理

従来牛乳蛋白質の消化性を改善するために, 加熱, カルシウムイオン活性の調節 (イオン交換, キレート化合物の添加等), 均質化, 超音波加工および蛋白分解酵素による軽度の加水分解などの方法がとられ, その結果カードテンションが減少してソフトカード牛乳となり, 人乳蛋白質の消化性に近似するといわれてきた. すなわち, 牛乳を加熱すると蛋白分解酵素の作用を受け易くなり^(1~4), カードテンションが減少する⁽⁵⁾. またカルシウムイオン活性を調節するために磷酸塩およびクエン酸塩等を牛乳に添加する研究がなされており, とくにこの中ではヘキサメタ磷酸ナトリウムの添加の効果について多くの報告がなされ^(6~8), この方法によってカードテンションが減少する. また一方イオン交換法によって牛乳中のカルシウムイオン活性を調節してもカードテンションが低下し, 古くはイオン交換体としてゼオライトが使用された⁽⁹⁾.

さらに牛乳を均質化してもカードテンションは減少し⁽¹⁰⁾, レンニンの作用を受け易くなること⁽¹¹⁾ が知られており, また超音波振動によっても牛乳はソフトカードになるという⁽¹²⁾.

しかしながら一方, 著者は Spur らの報告⁽¹³⁾ にもとづき, 乳児栄養において牛乳蛋白質の消化性を人乳のそれに近似させるためには, 従来の標準法カードテンションの低下のみを行なっても, なお乳児の胃内におけるカードの状態が粗大であり, 従ってカードテンションの測定に際し塩酸の濃度をさらに増加して, 従来の方法より一層生理学的に適切な条件でカードテンションを測定して人乳の胃の中におけるカードの状態に近づける必要のあることを認め報告した⁽¹⁴⁾.

今回著者は前記の牛乳蛋白質の消化性の改良に用いられた諸種の加工方法によって, 牛乳が乳児の胃の中における消化条件に準じた条件で, どのように凝固するかを試験したので報告する.

実 験 方 法

1. 窒素の測定 ケルダール法によった. なお消化試験など一度に多数の窒素の測定を行なう際には, 著者ら⁽¹⁵⁾のインドフェノール比色法によった.

2. カルシウムおよびマグネシウムの測定 EDTA 滴定法⁽¹⁶⁾によった.

3. 遊離カルシウム量の測定 比較的カルシウム結合力の強い化合物を牛乳にしたいに量が多くなるように量を変えて添加していくと, 結合力の強い化合物の場合は, 添加量に比例して直線的にカルシウムイオンを牛乳から除去していくであろうが, 余り結合力の強くない化合物を添加した場合は, まず反応性のある遊離カルシウムイオンが結合し, 次に除去率に変化が生じしたいに牛乳中の結合型のカルシウムイオンとも結合し始めるものと考えられる. このような考えに基づいて結合剤として弗化ナトリウムを選び, 反応性のある遊離カルシウム量の測定を試みた.

脱脂乳 10 ml を容量 15 ml の遠沈管にとり, これに 10~60 mg の弗化ナトリウムを粉末のまま投入し, 攪拌棒を用いてよく攪拌し弗化ナトリウムを溶解するとともにカルシウムイオンと反応させる. 10 分間時々攪拌しながら放置後, 3,000 r. p. m. にて 15 分間遠心分離し, 上澄液のカルシウム含量を EDTA 滴定法によって測

* Study on Improvement of Digestibility of Milk Protein. Part I. The Effects of Heating, Adjustment of Activity of Calcium Ion, Addition of Whey Protein, Homogenization and Elimination of Coarse Casein Micelle from Milk by Ultracentrifuge on the Digestibility of Milk especially on the Coagulability of it.

By Shuryo NAKAI (Research Laboratory, Meiji Milk Products Co., Ltd.)

第 1 表 脱脂乳に種々の量の弗化ナトリウムを添加したときのカルシウム結合量

脱脂乳に添加した NaF 量 (mg/100ml)	上澄液中の Ca 量 (mg/100ml)	NaF と結合した Ca 量 (mg/100ml)
0	109.9	0
100	106.0	3.9
200	102.3	7.6
300	102.3	7.6
400	102.3	7.6
500	102.3	7.6
600	100.9	9.0

第 1 図 脱脂乳に種々の量の弗化ナトリウムを添加したときのカルシウム結合量の変化

定し、もとの牛乳のカルシウム測定値との差と添加した弗化ナトリウム量との関係を図示する。脱脂乳についての測定成績の 1 例を第 1 表および第 1 図に示す (弗化ナトリウム量及びカルシウム量は脱脂乳 100 ml に対する量で示してある)。

第 1 表および第 1 図の成績から、牛乳中の遊離カルシウム量の測定には弗化ナトリウムの添加量は、牛乳 10 ml 当り 30 mg でよいことがわかる。この量を用いれば大体 11 mg/100 ml までの遊離カルシウム量が測定できることになる (NaF 0 mg から 200 mg までの直線部分を 300 mg まで延長するとカルシウム量が 11 mg となる)。

4. レンネット凝固試験法 生牛乳 10 ml に対し、400 倍効力のレンネット液 (Hansen レンネット 1 錠を 187 ml の水に溶解) 1 ml を添加 35° における凝固時間を測定した。

5. カードテンション 標準法カードテンションは米国酪農科学協会法に準じた方法⁽¹⁷⁾、生理学的カードテンションは Spurr⁽¹⁸⁾の方法に従った。すなわち牛乳 100 ml に対し、0.6% (3,000 倍のペプシンとして) のペプシン液 3 ml と 1 N 塩酸 2.3 ml の混液を使用して標準法カードテンション試験法に準じ測定する。ただし定温槽の温度は 37° とする。

6. 消化試験法 (A) 試験乳 100 ml をゴム袋に入れ 37° の定温槽中でゆるやかに (16~20 回/分) 上下に振とうした。この液に 0.1 N の塩酸中に 0.1% (3,000 倍のペプシンとして) にな

るように溶解したペプシン液を 30 分毎に 7.5 ml の割合で添加し、消化開始後 1 時間おきに試料をとり分解度を測定した。蛋白分解度は終濃度 0.05 N になるようにトリクロル酢酸を加え濾過後濾液中の窒素含量をインドフェノール比色法⁽¹⁵⁾により測定し、全窒素に対する百分率を算出し消化率 (または TCA 可溶性蛋白量) とした。

消化試験法 (B)

(1) ペプシン消化試験法: 10 ml の試験乳に 1 N 塩酸と水を計 0.4 ml 加え pH 5.5 とし、これに 3,000 倍のペプシンの 0.15% 溶液を 0.6 ml 添加して 37° で 2 時間消化する。

(2) パンクレアチン消化試験法: ペプシン消化の終わった牛乳に 1 N 水酸化ナトリウムと水を計 0.7 ml 加えて pH 7.0 とした後、2.2% u.s.p. パンクレアチン液 (濾過液) を 0.3 ml 加え、さらに 37° で 3 時間消化を続ける。消化の終わったものは、これに 10 ml の 0.44 N トリクロル酢酸を加え、濾過後濾液中の窒素含量を測定する。測定にはインドフェノール比色法⁽¹⁵⁾を用いた。消化率は次のようにして算出した。

$$\text{可消化率} = \frac{\text{濾液中の窒素量}}{\text{総窒素量}} \times 100 \quad \left(\begin{array}{l} \text{総窒素中消化後の可消化部分の} \\ \text{占める百分率} \end{array} \right)$$

$$\text{分解率} = \frac{\text{濾液中の窒素量} - \text{非蛋白態窒素}}{\text{総窒素量} - \text{非蛋白態窒素}} \times 100 \quad \left(\begin{array}{l} \text{総蛋白質中消化後分解をうけた} \\ \text{蛋白質の百分率} \end{array} \right)$$

7. 牛乳蛋白質組成の分別測定 Rowland⁽¹⁸⁾ の方法に従った。

8. 滴定酸度 牛乳 10 ml を 0.1 N 水酸化ナトリウム液にて滴定し、フェノールフタレンを指示薬として用い乳酸酸度で表示した。

9. pH 東亜電波 HM-5 型ガラス電極 pH 計を用いて測定した。

10. 固形分 アルミ製容器に 15 g の珪砂とともに 3~4 g の試料をとり 98° の湯浴にて 4 時間乾燥後秤量した。

注) 使用したペプシンはカードテンションの測定には従来⁽¹⁷⁾に従い極東製薬製 5,000 倍ペプシンを用い、消化試験には胃組織などの混入による影響をさけるため純度の高い Difco 社製 10,000 倍ペプシンを用いた。それぞれ 3,000 倍に換算して使用した。

11. 均質機 Manton-Gaulin 社製 Laboratory Homogenizer Model 1 を使用.

12. 超遠心分離機 日立製作所製 409 型分離用超遠心機使用.

実 験 成 績

加熱の効果 牛乳をそのまま, または濃縮した後に加熱した場合の蛋白質の消化性の変化については既に報告したので⁽⁴⁾, 次に牛乳の加熱のカードテンションに及ぼす影響について試験した. まず加熱の生理的カードテンションにおよぼす影響を調べるため, 80° に 10 分加熱殺菌後真空濃縮釜にて 45° にて 1 時間, 固形分 40% になるまで濃縮した牛乳を 70°, 80° および 90° にそれぞれ 10 分間加熱し, 生理学的カードテンションを測定した. その成績を第 2 表に示す.

第 2 表 加熱した濃縮乳 (固形分 40%) の生理学的カードテンション

加熱条件	生理学的カードテンション (g)
加熱しないもの	8~10
70°, 10 分加熱	5~7
80°, 10 分加熱	3~5
90°, 10 分加熱	2~3

すなわち明らかに加熱の効果が認められ, 生理学的カードテンションは減少した.

次に各種の加熱を行なった場合の牛乳の凝固性の変化を表示してみると, 第 3 表の通りになる. すなわち生理学的カードテンションおよび標準法カードテンションとともに濃縮乳を加熱した方が, 生乳そのままを同じ条件で加熱するよりテンションが減少する傾向にある.

カルシウムイオン活性調節の効果

I. ヘキサメタ燐酸ナトリウム添加の効果: 燐酸塩またはクエン酸塩の

添加によってカードテンションを低下することができることが Tracy ら⁽¹⁰⁾によって研究され, その中ではヘキサメタ燐酸ナトリウムが優れていることが報告されている⁽⁵⁻⁷⁾. このようなカルシウムイオンの活性を制限することが生理学的カードテンションにどのような効果があるかをしらべてみた.

すなわち標準法カードテンションを 0 g とするに必要なヘキサメタ燐酸ナトリウムの量 0.045% よりさらに多い 0.06~0.10% のヘキサメタ燐酸ナトリウムを生牛乳に添加し, 完全に標準法カードテンションを 0 g としておいた後, その生理学的カードテンションを測定した.

実験成績は第 4 表のとおりであり, ヘキサメタ燐酸ナトリウムの添加により, 標準法カードテンションは

第 3 表 各種の加熱乳の凝固性

加熱条件	標準法カードテンション (g)	生理学的カードテンション (g)
生牛乳	50 以上	50 以上
牛乳 { 2 分	4~7	7~12
煮沸 { 120°, 2 分加熱	2~5	
40% { 90°, 5 分加熱	1~3	4~6
濃縮乳 { 90°, 10 分加熱	1~2	4~6
脱脂粉乳	2~10	5~15
全脂粉乳	2~15	5~20

第 4 表 ヘキサメタ燐酸ナトリウムの添加と生理学的カードテンションの関係

牛乳に対するヘキサメタ燐酸ナトリウムの添加量 (%)	標準法カードテンション (g)	生理学的カードテンション (g)
0.06	0	8~10
0.08	0	8~10
0.10	0	8~10

明らかに 0 g となるが, 生理学的カードテンションはほとんど低下しないことがわかった.

II. イオン交換の効果 イオン交換によって牛乳のカードテンションを減少させる方法は古くはゼオライトを使用してイオン交換を行なったことに始る⁽⁹⁾. 次に Amberlite IR-120 を用いて牛乳中のカルシウムイオンを除去し, その消化性に対する影響について研究した成績をのべる.

1. 牛乳のイオン交換処理法

1) 使用イオン交換樹脂: Rohm & Haas 社のスチレン系強塩基性陽イオン交換樹脂 Amberlite IR-120 を Na 型として使用, その 50 ml を用いてカラムを作製した.

2) イオン交換樹脂による処理条件: 次のとおりである.

逆洗流速: 93 ml/3.8 cm²/分 22.2°

再生流速: 6.65 ml/50 ml 樹脂/分

洗浄流速: 6.65 ml~10 ml/50 ml 樹脂/分

交換流速: 13.3 ml/50 ml 樹脂/分

再生液: 10% 食塩水

再生水準: 12 g 食塩/50 ml 樹脂

洗浄水量: 330 ml/50 ml 樹脂

交換容量: 19.7 g Ca/50 ml 樹脂

2. 交換乳の試験成績: 脱脂乳のイオン交換処理法およびこれによって得られた交換乳の分析試験成績を第 2 図に示す. 第 2 図から判明したことは次のとおりである.

① イオン交換によるカルシウムの交換率は交換流速によって多少異なるが, 13.3 ml/50 ml 樹脂/min では

原料脱脂乳		イオン交換	交換乳
滴定酸度 0.146%			滴定酸度 0.066%
pH 6.4			pH 7.2
Ca 含量 1.096 mg/cc			Ca 除去率 94.4%
Mg 含量 0.156 mg/cc			Mg 除去率 76%
固形分 8.64%			固形分 8.50%
蛋白質 3.05%			蛋白質 2.77%

10° において 1N-クエン酸添加		イオン交換	交換乳
酸度調節乳			滴定酸度 0.160%
滴定酸度 0.25%			pH 6.6
pH 5.7			Ca 除去率 94.0%
			Mg 除去率 78%
			固形分 8.53%
			蛋白質 2.72%

(Amberlite IR-120 Na 型使用)

第 2 図 脱脂乳のイオン交換実験成績

を作り、標準法カードテンション、レンネット凝固時間および遊離カルシウム量を測定した。実験成績は第 3 図のとおりである。第 3 図から判明したことは次のごとくである。

約 80%, 最大 94% であり、マグネシウムの交換率は約 75% であった。

② 酸度をあらかじめ調節しても、なくても交換率に大差がなかった。ただし酸度をあらかじめ調節しておくで交換乳の酸度は常乳とはほとんど等しくすることができる。

③ 交換乳はホエーに似た色調となり、やや塩味を帯びた甘味を呈する。

3. イオン交換の牛乳の凝固性に及ぼす影響： 2. において得られた交換乳を用い、もとの牛乳と混合し種々の割合のカルシウム交換率をもった牛乳

第 3 図 イオン交換した牛乳の凝固性

① カードテンションは 20% の交換率で 0 g となった。この曲線はヘキサメタリン酸ナトリウムを牛乳に添加したときのカードテンションの変化曲線と似ている。

② レンネットによる凝固時間は交換率 15% までは抛物線上に時間が延長したが、それ以上の交換率のときは別の曲線になるようである。前者の抛物線は佐々木ら⁽²⁰⁾ がしゅう酸カリウムを用いてカルシウムを除いたときの曲線と同じ傾向を示している。

③ 遊離カルシウム量は交換率 15% 程度まではほぼ直線的に減少するが、それ以降は減少率は低下する。

④ 従ってレンネット凝固時間が交換率 15% 以上で別の変化を示すことは、遊離カルシウムの量とも大いに関係があるように考えられる。すなわち遊離カルシウム量のうち直線の交換点附近までの量、すなわち 5~6 mg/100 ml (イオン交換率 0% のときの遊離カルシウム量 - 交換率 15% のときの遊離カルシウム量) がイオン状であり、これが直接レンニンの凝固時間に影響しているが、その他のうちの 1~2 mg/100 ml のカルシウムは、カルシウムイオン除去後に平衡に保つためにイオン状に転換するカルシウムであろう。これが存在するためにレンニン凝固曲線がまた凝固力を回復してくるのではないかと考えた。このイオン状カルシウム量は Christianson ら⁽²¹⁾ および Tissiers ら⁽²²⁾ の成績とはほぼ一致する。

⑤ 次にイオン交換と生理学的カードテンションの関係をしらべた。すなわちカルシウム含量の 20% を交換

した脱脂乳を 80° に 10 分間加熱したもの生理学的カードテンションを測定するとカゼインの凝固基しくホエーを分離して測定不能であって、これは原料の脱脂乳を 80°, 10 分間加熱した場合と異ならなかった。従ってイオン交換によっては生理学的カードテンションはほとんど変化しないものと考えられ、この成績及び第 4 表の成績から考えられることは生理学的カードテンションは酵素凝固の影響もあるが、多分に酸凝固的性質をもっているものと考えられる。なぜなら酸凝固はカルシウムイオンの存否と関係しないからである。

第 5 表 カルシウム塩を添加した場合の生理学的カードテンション

カルシウム塩 添加量 (mg Ca/100ml)	生理学的カード テンション (g)
0	20~25
6.5	20~25
13	20~25
26	14~20
39	11~15
65	10~14

III. カルシウム塩添加の効果 逆にカルシウム塩を添加して加熱すると微細なカードを作り、育児用に適するという報告⁽²⁸⁾もあるので、その効果について全脂粉乳溶解液に塩化カルシウムを添加し実験を行なった。成績は第 5 表のとおりである。固形分含量が 11.4% になるように溶解した全脂粉乳溶解液に第 5 表に示した量のカルシウム塩を添加後、80°, 10 分間加熱、冷却した後生理学的カードテンションを測定した。カルシウムイオンを相当多量に添加するとやや生理学的カードテンションは減少するが大きな効果はなかった。

乳清蛋白質添加の効果 人乳蛋白質と牛乳蛋白質の最も大きい相異は、

その全蛋白質中に占めるカゼインの割合である。第 6 表に著者が牛乳、調製粉乳、ホエー粉末および人乳について蛋白質組成を分析した分析値を掲げるが、人乳蛋白質は牛乳蛋白質に比し、明らかにカゼイン/非カゼイン蛋白質比が低いことがわかる。このため最近牛乳にホエーを添加して、そのカゼイン/非カゼイン蛋白質比を人乳に近づける試みがなされている。著者もこの方法による製品を作り、その消化性その他について検討した。

第 6 表 牛乳、調製粉乳、ホエー粉末および人乳の蛋白質組成

試料の種類	総蛋白質 (%)	カゼイン (%)	非カゼイン 蛋白質 (%)	カゼイン 非カゼイン 蛋白質 比	アルブミン+ グロブリン (%)	プロテオース ペプトン (%)	非蛋白態 窒素 (%)
牛 乳	3.08	2.3	0.78	3.0	0.44	0.33	0.33
70%型調製粉乳	18.5	16.0	2.5	6.4	0.56	1.49	0.45
ホエー粉末	11.7	2.4	9.3	0.26			
人 乳	1.6	0.7	0.9	0.78			

(註) 人乳は初乳に近いものを用いたので蛋白含量がやや高い。

1. ホエー添加粉乳のトリクロロ酢酸可溶性蛋白質量および生理学的カードテンション

(1) 試料調製法: カゼイン/非カゼイン蛋白比=8 の 70% 型調製粉乳にホエー粉末をそれぞれ次の比率で混合した。

調製粉乳: ホエー粉末	混合粉の カゼイン/非カゼイン 蛋白比
1 0	8
1 0.5	2.6
1 1	1.6

(2) TCA 可溶性蛋白量: この粉乳を全蛋白含量 1.9% になるように溶解し、TCA 可溶性蛋白量を測定した。その結果、カゼイン/非カゼイン蛋白比 8 の場合 TCA 可溶性蛋白量は 9% であったものが、2.6 の場合 21%, 1.6 の場合 27% と明らかに増加した。

この成績はカゼイン/非カゼイン蛋白比が 2.6 以下になると人乳同様の TCA 可溶性蛋白量となることを示す(人乳は TCA 可溶性蛋白量 20~25%)。

2. 乳清蛋白質添加調製粉乳の消化試験成績 人乳は牛乳に比し乳清蛋白質を多く含むので牛乳にホエーを添加して、人乳の蛋白質組成に近似せしめたときの消化性の変化について検討した。

(1) 試料: 調製粉乳の製造に際し、乳清蛋白質を増加せしめるためイオン交換によって脱塩したチーズホエーを添加した。脱塩のためにはチーズホエーの 1/9 容量の OH-形 Amberite IRA-410 と、1/8 容量の H-形 Amberite IR-120 のモベットによってカラム法によりその灰分の 86% を除去した。このイオン交換したチーズホエーを 75°, 10 分間殺菌後、カゼイン/非カゼイン蛋白比 1.7 になるように濃縮前に他の牛乳と混合し、噴霧乾燥して調製粉乳を作製した。

(2) 消化試験法: 消化試験法 (B) に基づいて試験した。消化試験値には試料の蛋白濃度が 3.0% となるよ

第 7 表 ホエー添加粉乳の消化試験成績

試 料 の 種 類	総窒素量 (mg%)	試料中の TCA 可溶性窒素量 (mg%)	消化試験後の 可溶性窒素量 (mg%)	可消化率 (%)	分解率 (%)
70% 型 調 製 粉 乳	470	25	162	35	31
乳清蛋白増強調製粉乳	467	93	168	36	20
無 糖 練 乳 (糖類添加)	475	43	194	41	35

うに希釈して試験に
供した。また糖類の
存在が消化試験値に
影響するので、対照
として用いた無糖練
乳には調製粉乳と同

じ糖類（乳糖：澱粉分解物：ショ糖=1:1:1）を乳固形分に対し 3/7 添加して試験に供した。

(3) 試験成績：試験成績は第 7 表のとおりであり、すなわち乳清蛋白質添加調製粉乳は先にのべたように、TCA 可溶性蛋白質が多いために可消化率は従来の調製粉乳と大差がないが、TCA 可溶性蛋白質値を差引き分解率を算出すると無糖練乳および従来の調製粉乳より悪いことがわかる。

(4) 生理学的カードテンション：乳清蛋白質を添加した調製粉乳の生理学的カードテンションを測定すると、同時に製造した対照の調製粉乳が 11 g を示したのに対し、ホエーを添加しカゼイン/非カゼイン蛋白比 1.2 の調製粉乳は 3 g を示した。これに対しホエーの粉末を用いて同じ蛋白質濃度の溶液について測定すると 0 g であった。

従ってホエーの添加によって生理学的カードテンションは明らかに減少するが、完全に 0 g にはならない。これは乳清蛋白質の添加によって牛乳カゼインの濃度が減少するためにテンションが減少するのであって、カゼインの凝固性自体は何らの変化をうけていないからである。

均質化の効果 牛乳に 210 kg/cm² より 630 kg/cm² までの圧力をかけて均質化したが、生理学的カードテンションはいずれも 45 g で変らずほとんど影響がなかった。

超遠心分離による粗大カゼインミセル除去の効果 牛乳カゼインの粒子径は人乳カゼインに比しはるかに大きい^(24,25)。もし牛乳カゼインの粒子径を人乳なみに小さくできれば、人乳と同じ消化性を示すに至るであろうかということは一つの問題点である。牛乳カゼインの粒子にも大小があるので、これを超遠心分離機を用いて強大な重力を与えれば、大粒のカゼインが沈降するものと考えられる。そのため脱脂乳を 80, 730 g にて 30 分間遠心分離し、小粒のカゼインのみを残した半透明の上澄液を作り、生理学的カードテンションを測定した。しかし超遠心分離による蛋白質の希釈により全体に均一な凝塊とならないため正確な測定値は得られなかったが、残存カゼイン自体は強い凝固を示し、カゼインの凝固性の改善は認められなかった。従ってカゼインの凝固性は単にカゼイン粒子の大小の問題だけにあるのではなく、カゼイン自身の性質の本質的な差によるものであらうと考えられる。

考

察

キレート化合物を添加したり、イオン交換によってカルシウムイオンを閉鎖または除去すると標準法カードテンションは明らかに減少する。そのために乳児の胃内において消化の初期に発生するカードを軟くすることはできるものとする。しかしこの牛乳の生理学的カードテンションはほとんど低下しないから、胃酸がさらに分泌され酸度が進行してカゼインの等電沈澱ができ、いよいよペプシンが作用し始める頃に甚しく凝固することも考えられる。Lemke⁽²⁶⁾ ものべているように人乳はこうした条件でも大きな凝固はほとんどできず、もし凝固してもきわめて微細である。その上、人乳カゼインは等電点をすぎると牛乳と異なり、急速に再溶解する特性ももっている。牛乳の凝固性の改良の方向はこの等電点における凝固を防止する方向にも向けられねばならないものとする。しかるに牛乳カゼインの等電点における凝固を防ぐためには、カルシウムイオン活性の調節をしても、カゼインの等電点における凝固現象には陽イオンは全く関与しないのであるから、この凝固の状態を変化させることは不可能である。何らかのカゼインの変性を必要とするものと考えられる。一方 Spur⁽¹³⁾ ものべているように無糖練乳の生理学的カードテンションはきわめて低いが、著者ら⁽¹⁴⁾ の実験では必ずしも 0 g とはならず、また本報告の実験の範囲でも単に牛乳を加熱するだけではある程度の変性によって生理学的カードテンションは低下するが、完全に人乳と同程度のものは得られなかった。乳清蛋白質を添加してもカゼインそのものに何らかの変性が起らない限り、生理学的カードテンションはカゼインの希釈の効果以外期待できない。均質化によるカゼインの変性も生理学的カードテンションを低下することができず、また超遠心機によりカゼインの粗ミセルを除き、人乳と同様の微細ミセルのみを得ようとしたが、カゼインの凝固性そのものには大差がなかった。要するにカゼ

インの凝固にあずかる何らかの結合力に変化を生ずるような変性が牛乳蛋白質の凝固性の改善のためには望ましいものと考えられる。

要

約

牛乳の消化性とくにその凝固性に対する加熱, カルシウムイオン活性の調節, 乳清蛋白質の添加, 均質化ならびに超遠心分離による粗大カゼインミセルの除去の効果を検討し, 次の成績を得た。

(1) 牛乳を加熱することによって標準法カードテンションのみならず, 生理学的カードテンションも減少する。

(2) ヘキサメタリン酸ナトリウムの添加によってカードテンションは減少するが, 生理学的カードテンションは減少しなかった。

(3) イオン交換によって牛乳のカルシウムイオンを除去し, それを用いて酵素による凝固性を試験した。その結果, カードテンションは減少し, レンネット凝固時間は延長するが, 生理学的カードテンションに影響はなかった。

(4) 生理学的カードテンションに対してカルシウムイオンは余り影響ないが, これは生理学的カードテンションは酵素凝固性のみでなく酸凝固性をも測定する値であるためである。

(5) 乳清蛋白質を添加し, 牛乳のカゼイン/非カゼイン蛋白比を人乳に近づけることにより, トリクロル酢酸可溶性蛋白量を人乳と同程度まで増加することができる。

(6) 乳清蛋白質の添加により生理学的カードテンションも減少するが, これはカゼインの希釈によるものであって, カゼインの凝固性の根本的变化を意味しない。

(7) 乳清蛋白質を添加した牛乳は消化試験の結果では, むしろ蛋白質の分解率は低下した。

(8) 630 kg/cm² までの均質化では, 生理学的カードテンションに変化は認められなかった。

(9) 牛乳を超遠心分離して粒子の大きいカゼインを除き, 粒子の小さいカゼインのみ残すようにしたものを作ったが, 生理学的カードテンションは減少しなかった。

本研究の実施に当り, 御指導を賜った明治乳業株式会社河合勝一課長, 故小村清常務, 中江利郎博士, ならびに本研究の発表を許可された国生義夫社長に深謝する。

(1) L. V. Hanks, W. H. Riesen, L. M. Henderson, C. A. Elvehjem : <i>J. Biol. Chem.</i> , 176 , 467 (1948).	(14) 河合勝一, 中井秀了 : 栄養と食糧, 15 , 99 (1962).
(2) 津郷友吉 : 畜産物の科学, 3 , 139 (1952).	(15) 中井秀了, 土屋文安 : 分析化学, 10 , 387 (1961).
(3) 木下保一 : 四国医誌, 10 , 317, 322 (1957).	(16) W. Biedermann, G. Schwarzenbach : <i>Chimia</i> , 2 , 56 (1948).
(4) 今戸正元, 中井秀了, 土屋文安, 浅野悠輔 : 日畜会報投稿中.	(17) 佐々木林治郎編 : 牛乳乳製品ハンドブック, 朝倉書店, p. 511 (1958).
(5) J. L. Dizikes, F. J. Doan : <i>J. Dairy Sci.</i> , 25 , 37 (1947).	(18) S. J. Rowland : <i>J. Dairy Res.</i> , 9 , 42 (1938).
(6) C. Schwartz, C. K. Jones, T. W. Mack, R. W. Vance : <i>ibid.</i> , 23 , 19 (1940).	(19) P. H. Tracy, W. J. Corbett : <i>J. Dairy Sci.</i> , 23 , 289 (1940).
(7) 佐々木林治郎, 津郷友吉 : 特許 196, 140 (27. 9. 27).	(20) 佐々木林治郎, 津郷友吉, 中井秀了 : 本誌, 29 , 291 (1955).
(8) 佐々木林治郎, 津郷友吉, 最明秀明 : 栄養と食糧, 11 , 195 (1958).	(21) G. Christianson, R. Jenness : <i>Anal. Chem.</i> , 26 , 1923 (1954).
(9) J. F. Lyman, E. Browne, H. E. Otting : <i>J. Ind. & Eng. Chem.</i> , 25 , 1297 (1933).	(22) H. Tissier, D. Rose : <i>J. Dairy Sci.</i> , 41 , 351 (1958).
(10) B. Spur : <i>J. Milk Tech.</i> , 6 , 266 (1943).	(23) M. Lust : <i>Lait</i> , 32 , 241 (1952).
(11) 佐々木林治郎, 宮沢久七 : 日畜会報, 29 , 287 (1958).	(24) 前野正久, 遊佐孝五 : 日畜会報, 27 , 39 (1956).
(12) L. A. Chambers : <i>J. Dairy Sci.</i> , 19 , 29 (1936).	(25) E. Huth : <i>Monatsschr. Kinderheilk.</i> , 105 , 247 (1947).
(13) B. Spur, I. J. Wolman : <i>J. Pediatrics</i> , 41 , 541 (1952).	(26) H. Lemke : <i>ibid.</i> , 99 , 409 (1951).