



Title	微生物レンネットのチーズ製造への応用
Author(s)	河野, 建夫; KAWANO, Tateo; 有馬, 俊六郎 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 9(3), 253-258
Issue Date	1975-03-20
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/11875">https://hdl.handle.net/2115/11875</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	9(3)_p253-258.pdf



# 微生物レンネットのチーズ製造への応用

河野建夫・有馬俊六郎

(北海道大学農学部附属酪農科学研究施設)

## Application of Microbial Rennet to Cheese Making

Tateo KAWANO and Shunrokuro ARIMA  
(Institute for Dairy Science, Faculty of Agriculture,  
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

(Received October 19, 1974)

### 緒 論

従来、チーズ製造の際の牛乳凝固剤として仔牛の第四胃から抽出調製したカーフレンネット(以下CRと呼ぶ)が用いられてきたが、今日の世界的な食肉需要の増加に伴いCR採取用に屠殺される仔牛の数が相対的に減少の傾向にあるといわれ、その結果CRの入手が困難となる状況が生まれつつあるが、一方でチーズの需要は今後一層の増加が予想されており、かかる事情から近年CRに代わるチーズ製造に有用な凝乳酵素の積極的な開発が強く望まれている。これまでに知られた凝乳作用を有する酵素には、ペプシンに代表される動物由来凝乳酵素、パパインに代表される植物由来凝乳酵素、カビ又は細菌の産生する微生物由来凝乳酵素などがあるが、中でも微生物由来酵素のうちのいくつかは、作用の類似性に加えて、安価で大量生産可能な点から有力なCR代替凝乳酵素として注目されている。筆者はすでに微生物由来凝乳酵素のうち、有馬らにより発見された *Mucor pusillus* Lindt の産生する酵素<sup>1)</sup>(以下MRと呼ぶ)を取り上げ、本酵素の牛乳凝固の初期段階における作用特性を追求したが<sup>2)</sup>、今回、同酵素のチーズ製造への応用の可否を主眼に実験を行なった。

尚、本研究中のカードテンション(カードの硬さ)測定実験において新たに購入したレオメーター(富士理科工業製)を用いたが、この装置の実用性の追求も本研究の目的のひとつである。

### 材料ならびに方法

以下の実験はいずれもCRの場合を対照とした。

#### I. チーズ製造実験

#### 1) 材 料

原料乳は北海道大学農学部附属農場の合乳(平均脂肪率3.1%)を用いた。酵素はMRは名糖産業製、CRはハンセン社(デンマーク)製のものを用いた。

#### 2) 製造方法

ゴータ型チーズ製造法<sup>3)</sup>に準じ、各2回ずつ行なった。チーズバットは15ℓの特注バットを用いた。

#### 3) チーズ分析

熟成1~2カ月の試料を常法<sup>4)</sup>により、水分、蛋白質、脂肪、食塩含量について分析した。アミノ酸分析は菊池らの方法<sup>5)</sup>に抛り、アミノ酸自動分析計を用いて測定した。チーズ歩留りは原料乳に対する生チーズ(加塩終了直後のチーズ)の重量パーセントで表わした。

### II. カードテンション測定実験

#### 1) 測定方法

測定器機として富士理化学工業製のレオメーターを用い、エッジ(刃)には直径1cmの円盤型を用いた。予備実験の結果、エッジがカード中に侵入する際の最初のピークをカードテンション値として採用した。単位はgで表わすが、これはカードの硬さの絶対値ではなくエッジの形状により変化する。

#### 2) 試料調製方法

カードの基質として蒸留水に溶かした10%還元脱脂粉乳溶液を用いた。この50mlを1lotとし、2N乳酸でpHを調整した後、CaCl<sub>2</sub>溶液を加え、30分間恒温に保った後、酵素を添加し、スターラーで15秒間攪拌して60分後のカードテンションを測定した。実験条件は次の如くである。即ち、

温 度 °C: 30, 35, 40

pH : 6.5, 6.3, 6.1, 5.9, 5.7, 5.5

CaCl<sub>2</sub> % : 0, 0.02, 0.05, 0.10, 0.20, 0.50, 1.00

CaCl<sub>2</sub> 溶液は基質 50 ml に対し 1 ml の添加で上記の濃度とした。酵素は各々 5 g を蒸留水に溶かし 100 ml 溶液としたものを原液として冷凍貯蔵し、使用に際しては牛乳凝固時間を同一にするための予備試験を行ない、MR は平均 35 倍稀釈、CR は平均 10 倍稀釈した。この時、0.01M CaCl<sub>2</sub> 溶液に溶かした 12% 還元脱脂粉乳に対する凝固時間は平均 95 秒であった。

3) pH 補正実験

CaCl<sub>2</sub> 溶液の添加に伴ない基質の pH は低下するが、その補正を行なった場合のカードテンションについて補足的に測定した。既述の如く調製した基質に CaCl<sub>2</sub> 溶液を加え、次に所定の pH となるよう 0.5 N NaOH または 2 N 乳酸で調整した。この実験条件は次の如くである。

温度 °C : 30

pH : 6.5, 6.3, 6.1, 5.9, 5.7, 5.5

CaCl<sub>2</sub> % : 0.02, 0.10, 0.20, 0.50

尚、実験はいずれも三回繰返して行ない、その平均値をカードテンションの値として用いた。

結果ならびに考察

I. チーズ製造実験

両酵素を用いて製造したチーズの成分分析結果を表-1 に示した。この表に見る限り、両チーズの成分間に顕著な差は認められない。チーズ中遊離アミノ酸については、定量的な測定は行なわなかったが、定性的には両者はよく類似していた (図-1)。色調は CR チーズが白色ないしクリーム色を呈したのに対し、MR チーズは若干

表-1 チーズの成分組成

組 成	MR チーズ (%)	CR チーズ (%)
水分	37.42	37.75
蛋白質	18.56	18.20
脂肪	31.79	29.09
食塩含量	3.32	3.29
チーズ歩留り*	11.59	11.74

\* 生チーズ g × 100 / 全乳量 g

黄色味を帯びたが、テクスチャ、風味への影響は認められなかった。MR を使用したカードにはこの酵素特有の臭気が感じられたが、熟成の段階で消失した。有馬らの報告した MR チーズにおける苦味の出現<sup>6)</sup> は本実験においては認められなかった。

今回の実験から、MR は CR に代わる凝乳酵素として有用であると思われたが、カッティング時のカードにおいて MR は CR より常に軟弱であり、そのため MR カードは常にセッティング (酵素添加からカッティング前までの静置工程) の時間を延長する必要があった。(セッティング時間は CR で 20~30 分、MR では 60~70 分を要した。) 同様の結果は有馬らにより報告されている<sup>6)</sup>。このカッティング時のカードの硬さはチーズの品質ならびに収量を左右する要因の一つであり、特に本型 (硬質) のチーズにおいてはカッティング時のカードの充分な硬さの保持が、高収率かつ良品質のチーズ製造上必須である。即ちカードが軟弱に過ぎると、ホエー中へのカゼイン、脂肪の過剰な流出から収率の低下をきたし、また充分なホエーの排除が妨げられるため酸性チーズや腐敗しやすいチーズの原因となる。

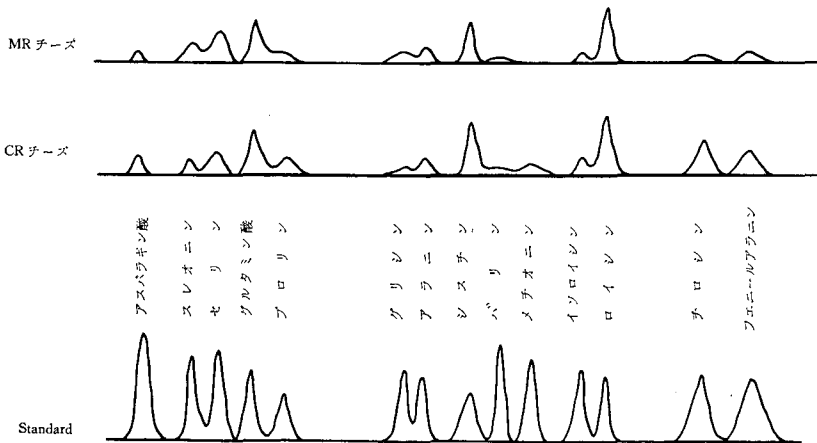


図-1 チーズ中の遊離アミノ酸

そこで、本実験に見られたMRカードの欠陥の改良を目的として、従来のCRを用いたチーズ製造条件にとられず、MRカードの最適凝乳条件をカードテンション(カードの硬さ)の測定により探った。

II. カードテンション測定実験

同一条件下において、MRのカードテンションは対照としたCRのそれよりも常に低い値を示した(図-2)。35°C、40°Cにおいても同様の傾向を示したので図は省略した。この結果は筆者が既に報告したκ-カゼインに対する酵素分解作用のMRとCRの差<sup>2)</sup>と何らかの関係があるように思われる。図中の破線は筆者の経験によるカッティング可能なカードテンションの最低値である。尚、生乳を用いた従来のゴーダ型チーズの製造条件はCaCl<sub>2</sub> 0.0005~0.02%, pH 6.3~6.4, 温度 31~32°Cである。

本結果をもとにMR単独で、CaCl<sub>2</sub>濃度、pH、温度について最適値を検討した。

CaCl<sub>2</sub>濃度: CaCl<sub>2</sub>濃度の増加に伴いカードの硬さが増加するとの報告はいくつかあるが<sup>5)6)</sup>、図-3よりCaCl<sub>2</sub>が一定濃度を越すと、カードテンションは平衡状態かやや減少の傾向にあることがわかる。このカードテンション平衡化の現象は、カゼイン間の結合を助けてカード形式に寄与するカルシウムイオンが基質中で飽和状態となることを意味する。図よりカード形式に効果的なCaCl<sub>2</sub>の添加は0.1~0.2%が考えられるが、CaCl<sub>2</sub>添加によりカード中に出現する苦味について検討した結果(表-2)を加味するならば、CaCl<sub>2</sub>濃度は0.1%が適当であろう。

pH: 有馬ら、菊池らは牛乳のpHの低下が酵素による凝乳時間を短縮することを報告しており、従って基質のpHが低いほどカードはより硬くなると考えられるが、図-4に見られるとおり、CaCl<sub>2</sub>濃度が相対的に高い時(0.1%~)はpHの低下に伴うカードテンションの増加は認められない。また、CaCl<sub>2</sub>添加に伴い基質の

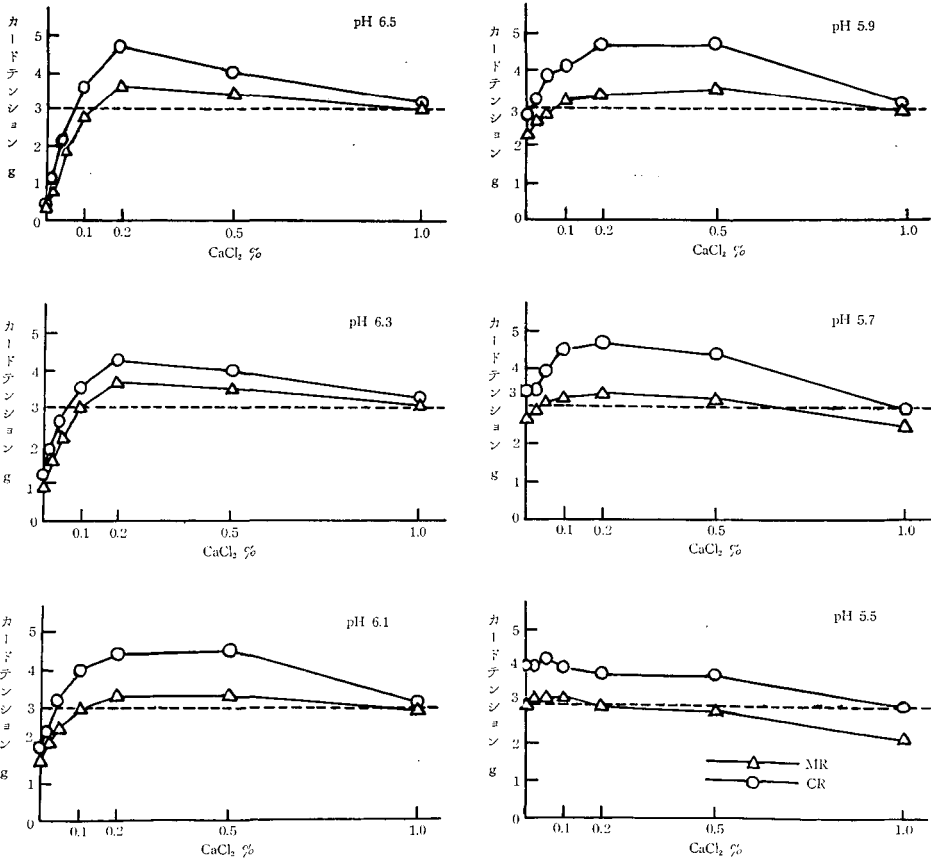


図-2 MRとCRによるカードテンション(30°C)

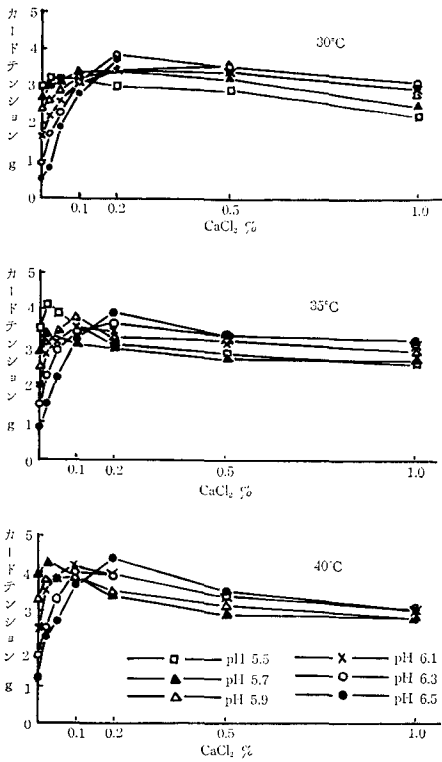


図-3 CaCl<sub>2</sub>を中心として見たMR  
カードテンションの変化

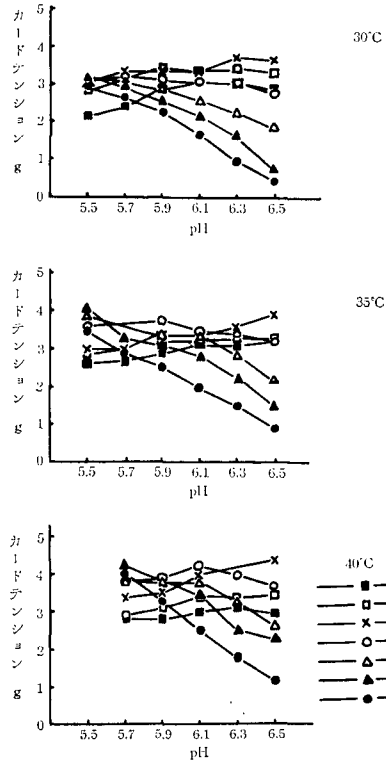


図-4 pHを中心として見たMR  
カードテンションの変化

表-2 カードの苦味状況

CaCl <sub>2</sub> (%)	0.02	0.05	0.10	0.20	0.50	1.00
苦味*	—	—	—	±	+	+

\* — 無, ± やや感じる, + 強

pHが低下したが、この補正実験の結果(図-5)、CaCl<sub>2</sub>濃度0.2%以下では添加の有意の影響はないように思われる。CaCl<sub>2</sub>濃度を0.1%とした時、チーズ製造時の乳酸菌の使用量を考慮し、pHは6.3が適当と考えられる。

温度: 温度の上昇はカードのシネリシスを促すとの説や本酵素の最適凝乳活性温度が56°CとCR(42°C)に比べて高いところから、基質の温度の上昇に伴いカードテンションの増加が予想されたが、図-6より、基質温度の上昇のカードテンションに対する影響はCaCl<sub>2</sub>濃度が相対的に低い場合に限られ、CaCl<sub>2</sub>濃度0.1%以下において温度の上昇がカードテンションの増加に有効であった。この結果から、CaCl<sub>2</sub>0.1%、pH6.3の条件下で乳酸菌の繁殖温度も考慮し、基質の温度は40°Cが適当で

あると思われる。

以上により、チーズの品質を左右するカード形式の際の主要三条件は、MRの使用において、CaCl<sub>2</sub>濃度0.1%、pH6.3、温度40°Cが最適であると結論される。

尚、今回カードテンション測定に用いたレオメーターは、この種の実験に充分有用であると思われた。

要 約

1) 従来の製造方法によりMRとCRを用いてチーズを製造した結果、両者の間に有為の差は認められなかった。しかしカットング時におけるカードはMRの方が常に軟らかく、そのためセッティング時間の延長を必要とした。

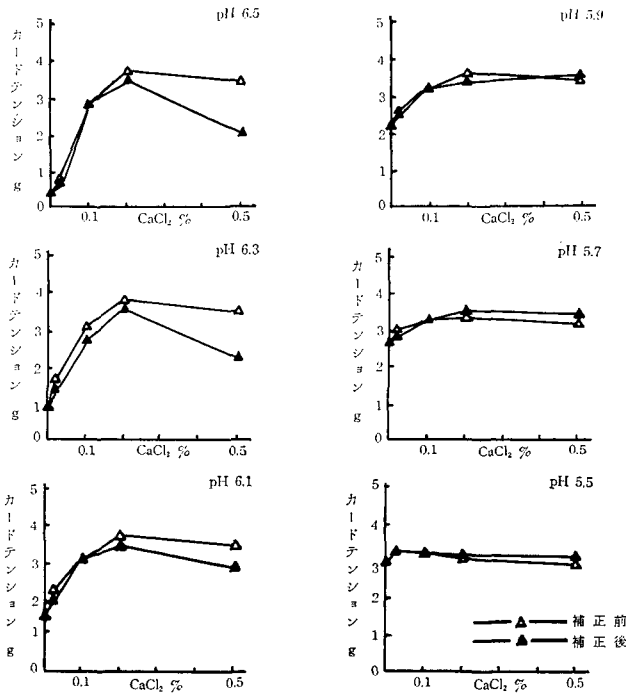


図-5 CaCl<sub>2</sub>添加後 pH 補正のカードテンションに及ぼす影響

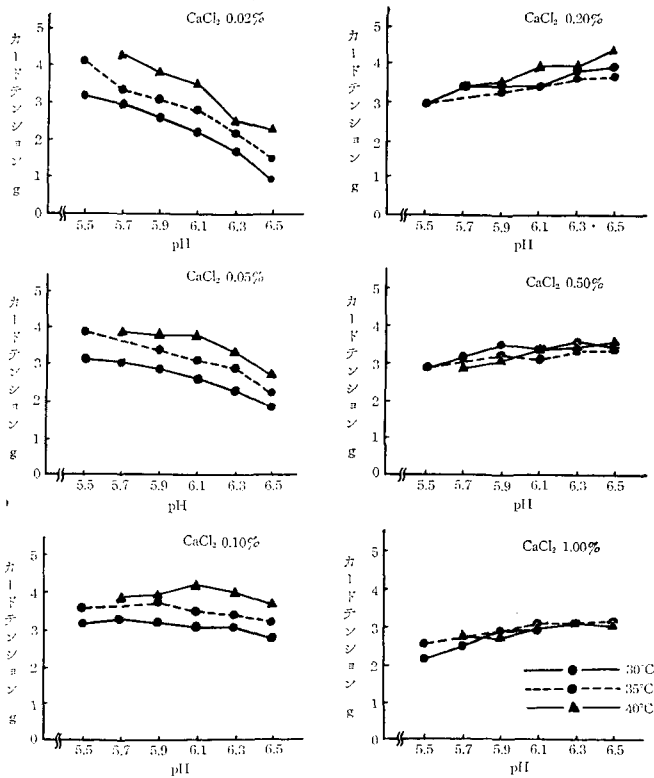


図-6 温度を中心として見た MR カードテンションの変化

2) MR カードの改良を主眼とした実験結果から、次の凝乳条件が考えられる。即ち、 $\text{CaCl}_2$  濃度 0.1%, pH 6.3, 温度  $40^\circ\text{C}$ 。

3) 本実験で用いたレオメーターはカードテンションの測定に有用であった。

#### 参考文献

- 1) 岩崎慎二郎・有馬 啓：化学と生物, Vo 13, No. 2, 67, 1965.
- 2) 河野建夫・有馬俊六郎：北海道大学農学部卒業論文, 1972.
- 3) 大条方義：乳製品製造 I, 乳業技術講座 2, 95, 1967, 朝倉書店.
- 4) 東京大学農芸化学教室：実験農芸化学, 下巻, 655, 1960.
- 5) 菊池俊彦・他：雪印乳業技術研究報告, (70), 13, 1968.
- 6) 有馬 啓・津郷友吉・他：日畜会報, 35, 229, 1964,

#### Summary

Experimental Gouda-type cheesemaking was carried out with Microbial Rennet (MR) and Calf Rennet (CR).

The differences in quality between MR cheese and CR cheese were not observed significantly.

MR showed the weak curd coagulation in comparison with CR when the curd was cut at the ordinary conditions of cheesemaking.

The best curd was obtained at pH 6.3,  $40^\circ\text{C}$  and 0.1%  $\text{CaCl}_2$  content during setting of MR cheesemaking.

The applicability of "Recometer" in the curd-tension measurement was confirmed.