

## 脱脂粉乳로 製造한 치즈의 微細構造

李富雄 · 安孝一\*

전북대학교 축산학과 · \*서울보건전문대학 식품가공과

## Microstructure of Cheese Made from Skim Milk Powder

Bou-Oung Lee and Hyo-II Ahn\*

Department of Animal Science, Chonbuk National University, Junju

\*Department of Food Technology, Seoul College of Health, Seoul

### Abstract

Microstructure of milk powder and cheese made from milk powder were observed by electron microscope. Freeze dried milk powder showed apple-like appearance. The cheese made from freeze dried milk powder had relatively flat surface and homogenous deposit in compare with classical processed cheese. Imported milk powder also indicated similar surface as well as freeze dried milk powder, however, the cheese made from imported milk powder had somewhat coarse surface structures with the spaces between casein matrix and deposit. Commercial milk powder showed irregular shape in size and coagulum which were possibly denatured in the course of drying. The cheese made from commercial powder indicted irregular and small deposit and porous structure. The porosity of the cheese seemed to be influenced by the degree of heat treatment. Denatured protein would be less dispersive than native in presence of polyphosphates. Fat globule and protein micelle of cheese made from skim milk powder get very adjacent to each other and showed compactness of micelles. It is thought that melting mechanism of skim milk powder was different from the melting of typical processed cheese.

### 序 論

熔融 cheese (processed cheese, melted cheese)는 1910년경 유럽에서 출현하여 전세계적으로 그 소비량이 날로 증가하고 있다.<sup>(1)</sup> 우리나라에서도 식생활의 多變化 趨勢에 따라 cheese의 생산을 시도해야하나 원유의 품질과 생산원가면에서 큰 난점이 있다. Spray-dried 분유에 관하여 최초로 건조된 분유 입자는 2~20 $\mu$ 의 크기를 갖고 주름살이 있는 표면구조를 가지고 있다고 하였다.<sup>(2,3)</sup> 탈지분유 SEM (scanning electron microscope) 사진에서 표면의 구조가 미세한 주름구조와 톱니모양의 구조를 가지며 instant乳와 일반분유 사이에 큰 차이가 없으나 내부의 空洞에 차이가 있는 것을 관찰하였고<sup>(4)</sup> SEM에서 분유는 일반적으로 球形을 나타내고 절단되었을 때 크고 작은 구멍이 있다고 하였다.<sup>(5)</sup> 각종 온도에서 건조된 분유를 非水溶性 media에 분산시킨후

TEM (transmission electron microscope)으로 관찰한 결과 열처리 효과가 뚜렷하였고 단백질의 結合여부를 명백히 구분할 수 있었다.<sup>(6)</sup> Spray-dried된 전지분유를 총지방의 10%만 탈지하여 SEM으로 관찰한 결과 일부분은 용매추출될 수 있는 유지방이 표면에 부착되어 있고 다른 일부분은 입자내에 지방구로 존재한다고 하였다.<sup>(7)</sup> Glucono- $\delta$ -lactone을 첨가하여 산성화시킨 탈지분유 gel이 더욱 단단하고  $\beta$ -Lactoglobulin 형성체가 관찰되었다.<sup>(8)</sup> 저온에서 제조된 7% 탈지분유 용액을 pH 4로 조정시킨후 glucono- $\delta$ -lactone을 첨가한 것과 각종 안정제를 가한 것을 현미경으로 비교 관찰한 바 casein micelle의 안정성은 micelle크기와 ion 강도, 안정제의 종류 및 농도 그리고 pH에 따라 달라진다고 하였다.<sup>(9)</sup> 탈지분유를 이용하여 50% 고형분의 gel을 19mm 직경의 tube에 넣어 가열하여 硬度 등이 측정되었으며 표면을 SEM으로 관찰하였고<sup>(10)</sup> ultrafiltration

에 의하여 유청단백질을 농축하여 SEM으로 관찰하였다.<sup>(1)</sup> TEM에 의하여 casein micelle이 원료 gouda에서 200~600nm인것이 용융중 용융염 존재하에 더작은 입자 20nm로 현저히 줄어들었다.<sup>(2)</sup> 軟質의 용융 cheese는 20~25 $\mu$ 정도 직경의 protein matrix에 하나로 된 particle이 존재하고 硬質 cheese에서는 긴 net-work 같은 strand가 나타났다고 하였다.<sup>(3)</sup> 각종 용융점들은 각기 다르게 용융 cheese의 물리적 성질에 영향을 끼치지만 용융시간이 증가됨에 따라 더욱 단단하고 탄력성 있는 조직을 갖고 fatmass 크기의 감소와 유화도의 증가가 SEM과 TEM으로 확인하였다.<sup>(4)</sup> 용융 cheese제조시 콩단백질을 첨가하여 SEM에 대한 rennet로 응고시킨 후 caseinate를 관찰하는 한편 texture를 instron에 의하여 연구한 결과 콩단백질은 거칠은 기공성구조를 가

지고 硬度는 저하되었다고 하였다.<sup>(5)</sup> Lee등<sup>(6)</sup>은 TEM과 SEM에 의하여 각종 工程變數의 요인에 따른 조직모양을 관찰하였는데 높은 polyphosphate% 농도와 온도는 cheese 반죽을 균일하게 분산시키고 지방구를 個別化시킨다고 하였다.

본 연구는 우리나라 cheese제조 특수한 사정을 감안하여 우리 기호에 적합하고 생산원가를 줄일수 있는 cheese생산을 위하여 분유의 이용이 必然的이므로 분유용융중 일어나는 변화를 우선적으로 전자현미경으로 관찰하였다.

## 材料 및 方法

### 凍結乾燥粉乳의 製造

熱變性이 없는 탈지분유를 얻기 위하여 신선한 원유

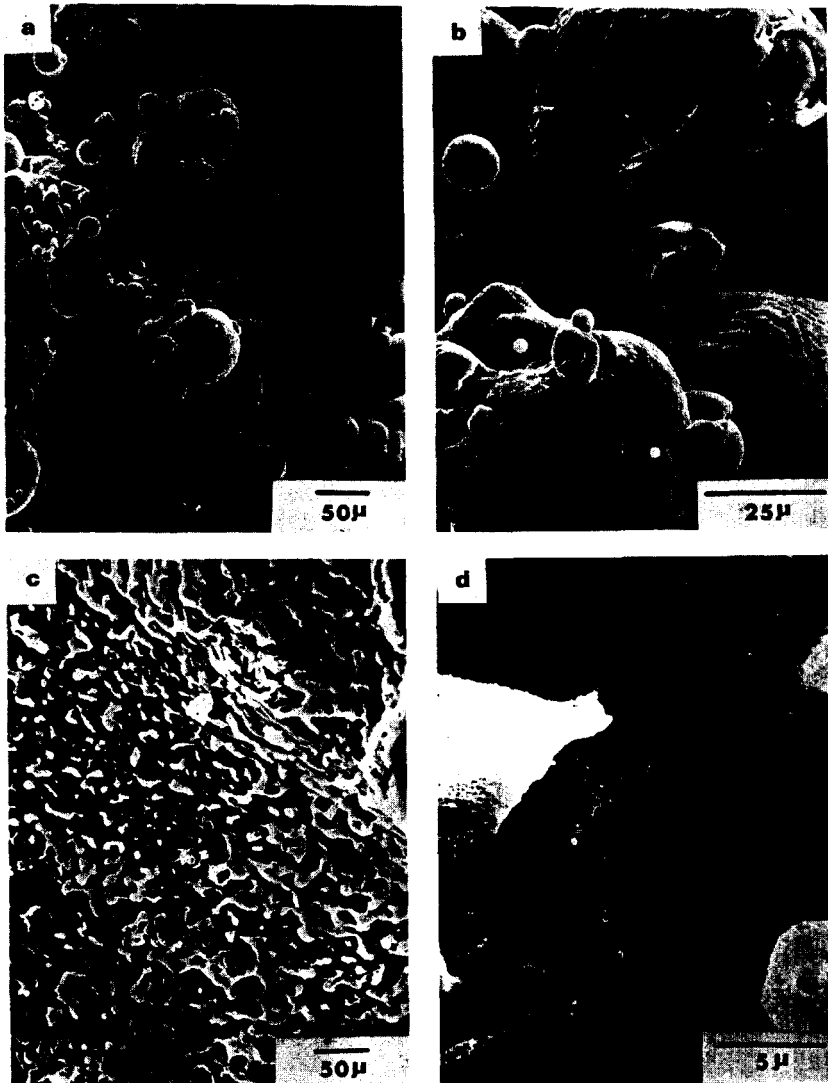


Fig. 1. SEM micrograph of freeze dried skim milk powder  
a - b powder  
c - d cheese

를 cream separator에서 탈지한 후 동결건조기(Rik-akika Co., Tokyo)에서 건조하여 시료로 하였다.

**脱脂粉乳**

그외에 사용된 분유는 1983년 상반기에 도입된 탈지분유와 시판탈지분유(A社)를 수집하여 사용하였다.

**熔融塩**

Cheese에 첨가한 염의 첨가량은 3%이었으며, 각 염의 비율은 mono sodium ortho phosphate(wako, EP) 2.5%, di sodium pyrophosphate (Benckiser - Knaspack, Food Grade) 50%, tetra sodium pyrophosphate (Junsei, EP) 10%, sodium tripolyphosphate (wako, EP) 20%, sodium pentapolyphosphate (Benckiser - Knaspack, Food Grade) 12.5%와 sodium hexametaphosp-

hate (Junsei, EP) 5%이었다.<sup>(1)</sup>

**Cheese 製造**

粉乳 27g, 上記塩 3g과 butter 27g 그리고 물 43ml를 加하여 總重量이 100g이 되게 한다음 교반기(국제이화학)에 용용기와 oil bath를 장치하여 100℃에서 10분간 150rpm으로 용용하였다. 용용후 Aluminum foil로 포장하여 24시간 실온에서 방치한 후 시료로 하였다. (47% 固形분에 51% 固形分中 脂肪量)

**走射電子顯微鏡**

Cheese를 약 5×5×7mm 입방형으로 자른 다음 3% glutaraldehyde溶液 0.1M phosphate buffer (pH7.2~7.4)에 넣어 4℃에서 25시간동안 前固定시킨다. 이 시료를 0.1M phosphate buffer로 두번 세척한 다음

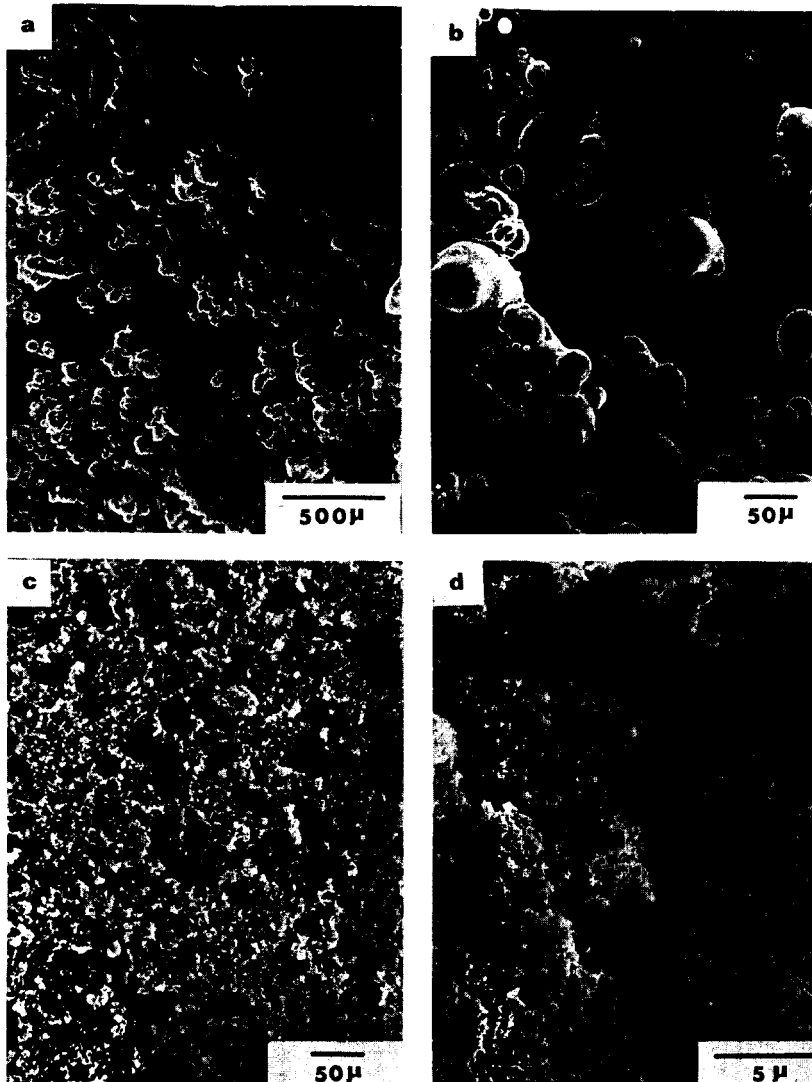


Fig. 2. SEM micrograph of imported skim milk powder a-b powder c-d cheese

1% Os<sub>4</sub>O<sub>10</sub> (0.1M phosphate buffer)에 넣어 4℃에서 2시간동안 後固定시킨다. 固定시킨 試料을 ethanol에 하룻밤 담가둔다. 그후 critical point dryer (Hitachi HC cp-2)로 건조시켰다. 분류시료는 양면 tape 위에 가루를 뿌린후 약하게 붙여 tape 위에 고정되지 않은 試料을 날려 보낸다.<sup>(1)</sup> 이 두종류 試料을 ion coater (Eikol B-3 Ion Coater)로 coating 시킨후 Scanning electron microscope (Hitachi S-450)로 15KV에서 관찰하였다.

#### 投過電子顯微鏡

5×5×7 mm 입방형으로 썬은 試料을 3% glutaldehyde (pH 7.4)로 前固定한후 1% Os<sub>4</sub>O<sub>10</sub> (pH 7.4)로 後固定하였고 통상적인 방법으로 ethanol의 탈수 및 epon 包媒를 거쳐 超薄切片을 만들어서 uranyl acetate

와 lead citrate로 二重染色한후 Hitachi-H-500 형의 transmission electron microscope로 관찰하였다.<sup>(1)</sup>

#### 結果 및 考察

본 실험에서는 SEM을 이용하여 분류와 cheese의 표면구조를 관찰하고 TEM에 의하여 cheese의 内部構造를 관찰하였다. 동결 건조분유와 이 분류로 제조된 cheese의 SEM 사진이 Fig. 1에 나타나 있다. 凍結乾燥粉乳는 직경이 약 50μ 정도의 球形의 粒子和 그 표면에 부착한 더 작은 모양의 입자들로 구성되었다. 높은 배율에서는 이러한 球形의 입자가 사과 모양을 나타냈고, 表面에 乳脂肪이 나타나 있는 것은 Buma<sup>(4)</sup>와 Buccheim<sup>(7)</sup>이 관찰한 것과 유사하였다. (Fig. 1의 a와 b) 동결 건조 분유로 조제한 cheese의 표면구조는 전형적

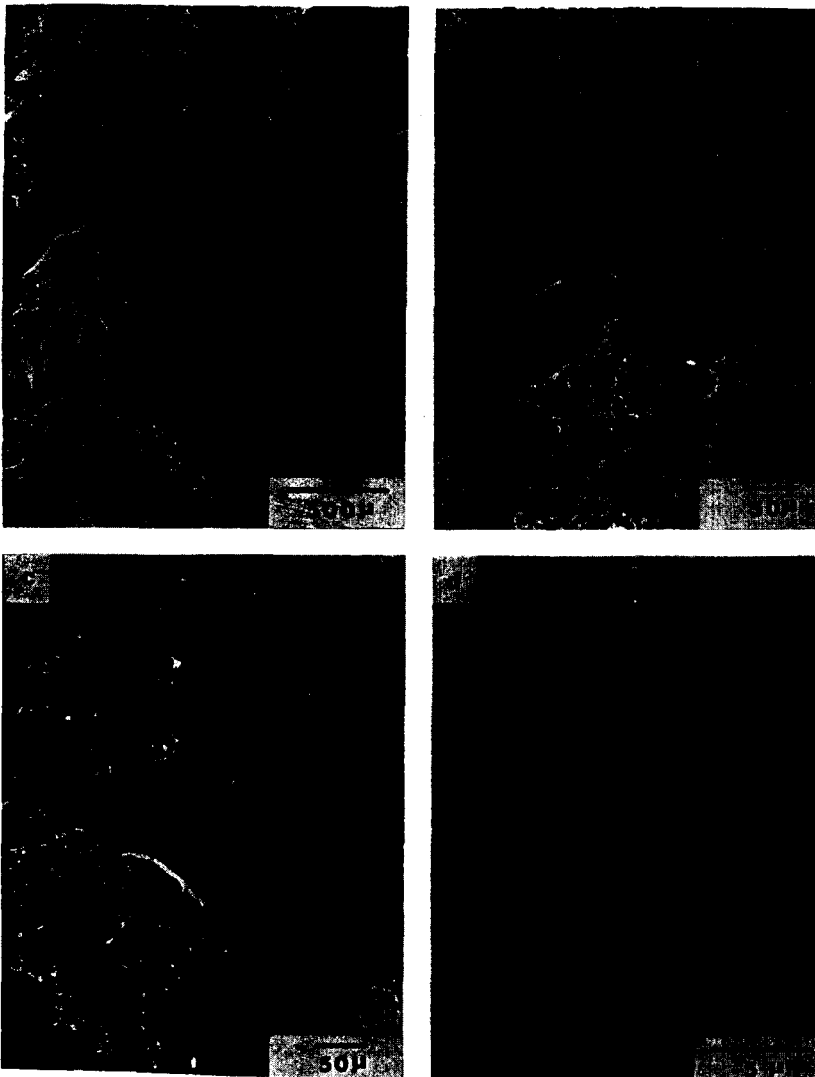


Fig. 3. SEM micrograph of commercial skim milk powder  
a-b powder  
c-d cheese

인 熔融 cheese<sup>(17)</sup>에서와는 달리 비교적 편평한 구조를 가지나 cheese 全体面에 균일하게 분산되어 있는 백색의 沈積物을 관찰할 수 있었다. 이러한 침적물은 Lee 와 Merson<sup>(14)</sup>이 관찰한 유청단백질의 침적물과 아주 유사하였다. (Fig. 1의 c와 d). 이들은 유청단백질이 ultra-filtration에 의하여 분리한후 casein과 섞어서 gel을 만들었을 때 유청단백질이 이러한 현상을 나타내었다. 도입분유의 SEM은 사과모양을 나타내지 않으나, 동결건조 분유와 그 모양이 거의 유사하였다. (Fig. 2의 a와 b) Cheese 표면사진은 골격적으로 동결건조 cheese와 비슷하나 표면이 보다 거칠어 보이며, 여기에서도 색은

약간 다르나 유청단백질의 침적물이 거의 균일하게 분산되어 있고, 동결건조 분유에서와는 다른 casein matrix와 침적물 사이에 큰 공간을 이루고 있다. (Fig. 2의 c와 d) 한편 시판 탈지분유의 표면구조는 분유의 입자가 구형이 아니고, 모양이 不規則하고 크기도 아주 다양하였다. (Fig. 3의 a와 b) 이러한 현상은 변성된 단백질 응고물 같은 형상을 나타내었다. 이 시판 분유는 소화율 시험<sup>(18)</sup>에서도 변성으로 보이는 요인때문에 낮은 소화율을 나타내었다. Cheese의 표면구조는 그 모양이 아주 불규칙하고 乳清蛋白質로 보이는 적은 침전물이 분포되어 있고 다른 cheese보다 細孔性이 훨씬

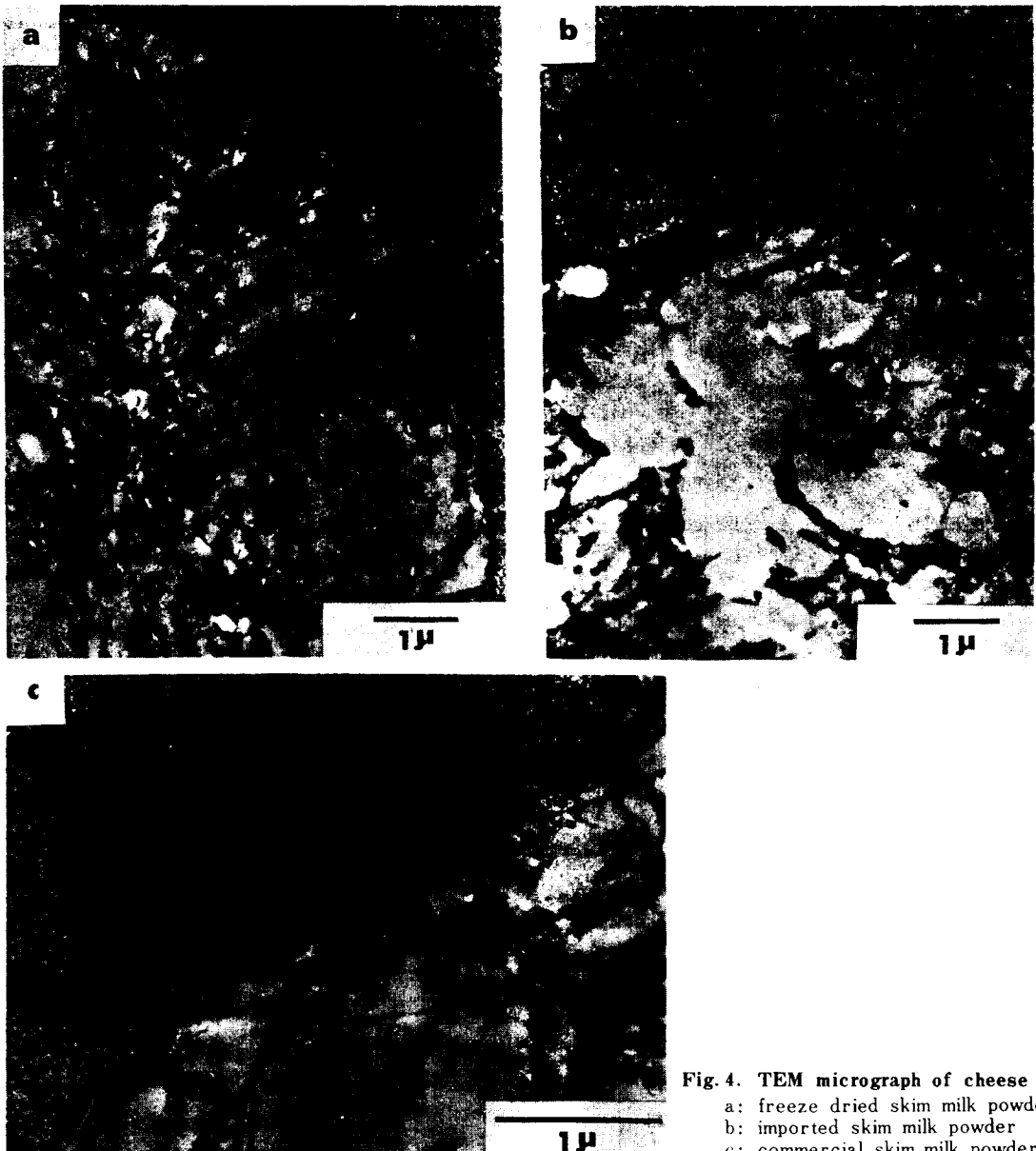


Fig. 4. TEM micrograph of cheese  
 a: freeze dried skim milk powder  
 b: imported skim milk powder  
 c: commercial skim milk powder

큰 것으로 나타나 있다. (Fig. 3의 c와 d) 동결건조 분유로 조제된 cheese의 SEM과 비교하면 더욱 더 거칠은 구조를 나타냈는데 이것은 변성된 단백질이 변성되지 않은 단백질보다 polyphosphate에 의한 단백질 분산이 덜 효과적인 것으로 보여진다. 熱變性度 증가에 따라 細孔性이 증가하는 것으로 보인다. Cheese들의 SEM의 모양은 Lee등<sup>(1)</sup>이 관찰한 전형적인 용융 cheese와는 달리 그 형상이 아주 다르므로 분유에서는 전형적인 cheese와는 다른 mechanism으로 용융이 일어나고 분유의 용융은 일반적인 gel과 유사한 것으로 보인다. 한편 건조단계에서 熱變性을 받는 정도에 따라 분유입자의 모양은 다양해지는 것으로 보인다. Cheese의 TEM은 일반적으로 caseins micelle이나 지방구, 미생물을 관찰하는데 도움이 된다.

본 실험중 3종의 cheese에서 TEM은 cheese 간에 아무런 차이를 나타내지 않았다. (Fig. 4의 a~c) 한편 지방구도 전형적인 용융 cheese에서처럼 관찰되었다. 전형적인 용융 cheese에서는 지방구와 casein matrix간에 상당한 공간이 있어서 熔融鹽 첨가농도나 용융온도 증가에 따라 이들이 보다 접근하려는 형상을 나타내었으나<sup>(2)</sup> 분유로 제조한 cheese에서는 아주 밀접된 형상을 나타냈을 뿐만아니라 protein matrix도 아주 치밀하게 나타내었다.

## 要 約

분유와 분유로 제조된 cheese의 微細構造가 전자顯微鏡에 의해서 관찰되었다. 동결건조 분유는 사과모양을 나타내었다. 동결건조 분유로 제조된 cheese는 전형적인 용융 cheese와 비교하여 표면의 구조가 비교적 편평하고 백색의 균일한 침적물을 나타내었다. 도입분유 역시 동결건조 분유와 거의 유사한 모양을 나타내었고, 도입분유로 제조된 cheese는 균일한 분산을 나타내나 표면이 약간 거칠고 caseins matrix와 침적물 사이에 공간이 있다. 시판 분유는 건조중 변성된 것으로 불규칙한 변성 응고물의 모양을 나타내었다. 시판 분유로 제조된 cheese의 모양은 불규칙하고 작은 침적물과 세공성이 큰 것으로 나타나 분유의 열변성도는 cheese의 세공성을 증가시키는 것으로 보인다. 변성된 단백질은 변성되지 않은 단백질보다 polyphosphate에 의한 단백질 분산성이 덜 효과적인 것으로 보인다. 분유로 제조한 cheese의 내부구조에서 지방구막과 casein micelle이 전형적인 용융 cheese에 비해 아주 근접해

있고 csein micelle이 아주 치밀한 양상을 나타내었다. 분유의 용융 기작도 전형적인 cheese의 용융과는 다른 것으로 보인다.

## 文 獻

1. Kieferle, F. : *Deutsche Molkerei-Zeitung*, 82, 1644 (1961)
2. Buma, T. J. : *Netherland Milk and Dairy J.*, 25, 123 (1971)
3. Buma, T. J. and Henstra, S. : *Netherland Milk and Dairy J.*, 25, 75 (1971)
4. Saito, Z. : *J. Dairy and Food Science*, 29, 101 (1980)
5. Saito, Z. : *J. Dairy and Food Science*, 31, 215 (1982)
6. Buccheim, W. : *Scanning Electron Microscope*, 3, 493 (1981)
7. Buccheim, W. : *Food Microstructure*, 1, 233 (1982)
8. Harwalker, V. R. and Kalab, M. : *Scanning Electron Microscope*, 3, 503 (1981)
9. Glahan, P. E. : *Progress in Food & Nutrition Science*, 6, 171 (1982)
10. Kalab, M., Voisy, P. W. and Emmons, D. B. : *J. Dairy Science*, 54, 178 (1971)
11. Lee, D. N. and Merson, R. L. : *J. Dairy Science*, 58, 1423 (1974)
12. Kimura, T. and Taneya, S. : *J. Electron Microscope*, 24, 115 (1975)
13. Kimura, T., Taneya, S. and Furichi, E. : *Inter. de Laiterie*, F, 245 (1978)
14. Taneya, S., Kimura, T., Izutsu, T. and Buccheim, W. : *Milchwissenschaft*, 35, 479 (1980)
15. Rayan, A. A., Kalab, M. and Ernstron, C. A. : *Scanning Electron Microscope*, 3, 633 (1980)
16. LEE, Y. H. and Marshall, R. T. : *J. Dairy Science*, 64, 2311 (1981)
17. LEE, B. O., Kilbertus, G. and Alais, C. : *Milchwissenschaft*, 36, 343 (1981)
18. 李富雄, 朴亨基, 安孝一, 申相柱 : 한국 축산학회지, 26 (1984)
19. Reynolds, E. S. : *J. Cell. Biol.*, 17, 176 (1963)
20. 安孝一 : 全北大學校 博士學位論文 (1984)

(1984년 5월 7일 접수)