

# 우유 및 유제품의 조리과학적 기능

전 회 정  
숙명여자대학교 식품영양학과

## I. 머릿말

한반도에서 유류 이용은 문헌에 의하면 서기 4세기 이전으로, 가공품이 귀족층과 불교계의 승려들에게 응용되었고, 이조말에 와서 가축의 번식을 위하여 한정적으로 응용되어 오던 것마저 금지되어 대중화되지 못하였다.

일제 시대 유류가 재래종에서 Hostein종과 양 등의 외국산종으로 바뀌기 시작하고 착유량이 점차 증가되기 시작하였다.

발효유의 경우는 불란서의 pasteur연구소장이었던 Metchnikoff의 장수설 발표 후, 1945년 이후 전세계적으로 전파되었으나 우리나라에서는 해방후의 빈곤했던 경제 사정으로 많이 응용되지 못하였다.

현대에 이르러 1960년대 초부터 서울 우유 협동조합에서 시판하여 우유, 연유, 분유, 버터, 야구르트가 만들어 지고 1970년 초에는 치즈가 만들어지기 시작했으나 종류가 한정되고 다른 식품에 비해 경쟁력도 낮아 이용율은 다른나라에 비하여 아직도 많이 뒤지고 있는 형편이다.

우리나라 음식에서 우유와 유제품이 조리에 이용되었던 것은 쌀가루에 우유를 넣어 만드는 타락죽과 겨자채에 우유를 겨자와 함께 개어 섞는 정도 이외에는 없었다. 그러나 외국음식이 많이 전래되면서 최근에 이르러서는 우유, 치즈, 버터 등이 흔하게 이용되고 있으나 아직까지도 일반가정에서는 조리에 많이 이용하고 있지는 않다.

그러나 앞으로는 점점 더 식생활이 다양해지고 우유와 유제품의 영양적 우수함이 알려짐에 따라 가정에서도 조리에 많이 이용할 것으로 생각된다. 본고에서는 이제까지 연구되었던 구성성분과 고유기능, 조리에 이용할 때 열과 산에 의한 변화와 음식에 이용되는 우유, 유제품의 선택과 주의점 등을 알아보도록 하겠다.

## II. 우유의 구성성분과 구성요소

우유의 구성성분은 평균적으로 물 88%, 단백질 3.3%, 지방 3.3%, 탄수화물 4.7%, 무기질 0.7%로 물이외에 영양 성분도 비록 적은 양이나 질이 우수하여 높이 평가되고 있다.

단백질은 평균 3.3%중에서 80-82%가 casein이고, whey protein은 18-20%으로 single protein이 아니고 lactalbumin과 lactoglobulin의 complexes protein으로 되어 있다.

카제인은 3개의 중요한 성분으로 구성되어 있다. 약 55%가  $\alpha_s$ -casein, 30%는  $\beta$ -casein, 그리고 15% 정도는  $\kappa$ -casein이다. 우유 중에서 micelle상태로 존재하고 이 micelle은 각종 카제인과 칼슘, 마그네슘, 인, 구연산염 등으로 형성되어 있어 그 구조에 대하여 아직도 분명치 않은 점이 많다.

유청단백질은 첫째로 많은 양의  $\beta$ -lactoglobulin과  $\alpha$ -lactalbumin이 있으며, 유전적 변이체로 A,B,C,D 등이 있다. 이외에도 proteose-peptone과 효소 단백질, 혈청 알부민, 면역 단백질 등이 있으며, 카제인에 비하여 생물가는 더 높다.

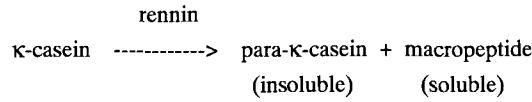
### I. 우유 중의 단백질

#### (1) Casein micelle

카제인 마이셀의 크기는 20-600 nm이고  $\alpha_s$ -casein은 3개의 유전적 변이체로  $\alpha_{s1}$ -casein A, B, C로 명명되며 이러한 변이체는 아미노산 조성에 있어서 갯수와 종류에 차이가 있고 전기영동에 의한 이동도의 차이에 의해서 분자량이 다르게 결정되며 우유를 만드는 소의 품종에 따라서 출현율은 다르다.

$\alpha_s$ -casein은 칼슘이온에 대하여 예민하게 작용한다.

$\beta$ -casein도 전기영동법에 의해서 3종류의 변이체가 존재하고 이동도가 큰 순서로 A, B, C로 명명하며 온도가 상승하면 응고현상을 일으킨다.  $\kappa$ -casein은  $\alpha$ -casein 복합체로부터 분리되었고 칼슘에 예민하지 않으며 렌닌효소 작용을 받는 단백질이다. 2종류의 유전적 변이체가 있으며 rennin작용에 의해서 para- $\kappa$ -casein은 침전한다.



$\kappa$ -casein도 유전적 변이체가 존재한다.

카제인과의 분자 사이는 hydrogen bonding을 포함한 hydrophobic bonding, electrostatic interaction(전자적 상호작용), disulfide bonding과 calcium bonding이 있다.

submicelle의 구조를 묘사하기 위하여 casein micelle을 보면 소수기의 중심에  $\alpha_s$ -casein과  $\beta$ -casein이  $\kappa$ -casein분자와 인산 group과 칼슘인산염 등으로 둘러 쌓여 구성되어 있다고 설명할 수 있다.

$\kappa$ -casein은 카제인 마이셀의 안정화에 관여한다.

이러한 casein micelle이 모여 매끄럽지 않게 존재하여 효소인 rennin이 작용하면  $\kappa$ -casein은 친수성인 carboxy-terminal끝에 관여하여 펩타이드 결합을 끊고 칼슘과 작용하여 응고물을 형성한다.

### (2) Whey protein

유청단백질의 구성성분은  $\beta$ -lactoglobulins과  $\alpha$ -lactoalbumin, immunoglobulins, 유청 albumin 등이다.

이러한 구성 단백질들은 변성되지 않은 상태로 pH 4.6에서 수용성으로 존재한다.

## 2. 우유 중의 효소

우유는 몇종류의 효소를 가지고 있다.

lipase를 포함하여 proleaze, alkaline phosphatase, acid phosphatase, esterase, xanthine oxidase, lacto peroxidase, catalase, aldolase, lysozyme 등이 존재한다.

이 중 중요한 lipase와 protease는 casein micelles와 연합되어 있고 xanthine oxidase는 우유 지방구의 세포막에 연합되어 있다.

Alkaline phosphatase는 저온 살균의 적절한 지표로 이용된다. 즉 적절하게 저온 살균된 우유라면 이 효소는 우유에 남아 있지 않다.

**Table 1. Concentrations of the Major Milk Proteins**

Protein	Concentration (g/liter)	Aproximate percentage of total protein
Caseins	24 - 28	80
$\alpha_s$ - caseins	15 - 19	42
$\alpha_1$	12 - 15	34
$\alpha_2$	3 - 4	8
$\beta$ -caseins	9 - 11	25
$\kappa$ -caseins	3 - 4	9
$\gamma$ -caseins	1 - 2	4
Whey proteins	5 - 7	20
$\beta$ -lactoglobulins	2 - 4	9
$\alpha$ -lactoalbumin	1 - 1.5	4
proteose - peptones	0.6 - 1.8	4
blood proteins: serum albumin	0.1 - 0.4	1
immunoglobulins	0.6 - 1.0	2
		100

## 3. 우유 중의 지방

지방은 주로 tryglyceride와 phospholipid, sterol(대개 cholesterol), 유리지방산이 함유되어 있다. Triglyceride는 전

지방의 85%를 차지하고, mono- and diglycerides는 적은 양을 차지한다. 이들은 지방구로 존재하는데 지방구의 표면을 싸고 있는 막을 지방구막이라 하며 이것들은 친수성이다.

지방산의 탄소수가 C<sub>2</sub>에서 C<sub>28</sub>까지의 포화지방산으로 되어있고 일반적으로 C<sub>4</sub>와 C<sub>10</sub>까지의 short chain이 비교적 많은 양을 차지한다.

포화지방산인 butyric acid(C<sub>4</sub>)와 caproic acid가 있고 myristic C<sub>14</sub> acid와 parmitic, stearic acid가 많고 mono enoic acid 중 oleic acid와 dienoic acid중 linoleic이 2.8%, trienoic인 linolenic은 0.5%에 지나지 않는다.

**Table 2. Lipid Composition of Bovine Milk**

Lipid	Weight percent	g/liter <sup>a</sup>
Triacylglycerols (triglycerides)	97 - 98	31.2
Diacylglycerols (diglycerides)	0.3 - 0.6	0.14
Monoacylglycerols (monoglycerides)	0.02 - 0.04	0.01
Free fatty acids	0.1 - 0.4	0.08
Free sterols	0.2 - 0.4	0.10
Phospholipids	0.2 - 1.0	0.19
Hydrocarbons	Trace	Trace
Sterol esters	Trace	Trace

Source: From Patton and Jensen.

**Table 3. Major fatty acids of bovine milk fat**

Fatty acid	Weight percent	Fatty acid	Weight percent
Saturated, straight-chain		Monoenoic	
4 : 0	3.57	14 : 1	0.76
6 : 0	2.22	16 : 1	1.79
8 : 0	1.06	18 : 1 <sup>1</sup>	27.02
10 : 0	1.88	20 : 1	0.22
11 : 0	0.12	Dienoic	
12 : 0	2.96	18 : 2 <sup>1</sup>	2.83
13 : 0	0.10	Trienoic	
14 : 0	11.20	18 : 3 <sup>1</sup>	0.5
15 : 0	1.52	Branched	
16 : 0	25.24	Keto	0.3
17 : 0	0.70	Hydroxy	
18 : 0	11.90		0.3

Source: Jensen et al., 1967.

<sup>1</sup>All positional isomers.

#### 4. 우유 중의 탄수화물

우유 중의 탄수화물은 대부분이 유당이나 미량으로 포도당, 갈락토오즈, oligosaccharide가 있다.

유당의 함량은 4.4-5.2%인데 품종에 따라 차이가 많다.

우유의 단맛은 유당함량에 의한 것이고 유당 중의 약 0.5% 정도는 단백질과 결합 상태로 존재한다.

유청의 lactose는 α형과 β형으로 설명되며, β-lactose가 α-lactose보다 용해성이 있고, 유당의 결정은 α형이라 말할 수 있다.

#### 5. 우유 중의 무기질

무기질은 매우 적은 양의 이온상태로 존재하며 양이온은 sodium, potassium, calcium, magnesium이고, 음이온은 chloride이다.

우유 중의 무기질은 유청과 콜로이드상(the casein micelles)에 나누어져 있다. 특별히 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>와 phosphate 이온은 유청과 콜로이드상에 분배되어 있다.

인산염, 구연산염, 중탄산염, 황산염 등으로 무기질이 존재하고 미량의 구리, 철분 등이 우유와 유제품의 풍미를 저해하는 원인이 되기도 한다.

### 6. 우유 중의 비타민과 그외 미량 성분

지용성 비타민으로 비타민 A, 비타민 D가 지방구에 존재하고, 수용성인 비타민 C와 지용성 비타민 K가 소량 존재한다. Riboflavin은 유청 중의 녹색을 띠는 중요 영양성분인데 광선에 예민하므로 주의하여야 한다.

그 외에 여러 유기산과 에스테르, 당인산염 등이 존재한다.

**Table 4. Concentration of the Principal Salts and Lactose in Milk and Distribution in the Soluble and Colloidal Phases**

Component	Total in milk (mg/100 g)		Percentage in soluble phase	Percentage in colloidal phase
	Mean	Range of values		
Total calcium	117.7	110.9 - 120.3	33	67
Ionized calcium	11.4	10.5 - 12.8	100	0
Magnesium	12.1	11.4 - 13.0	67	33
Sodium	58	47 - 77	94	6
Potassium	140	113 - 171	93	7
Citrate	176	166 - 192	94	6
Total phosphorus	95.1	79.8 - 101.7	45	55
Inorganic phosphorus	62.9	51.9 - 70.0	54	46
Chloride	104.5	89.8 - 127.0	100	0
Lactose	4800	-	100	0

Source: Form White and Davies and Davies and White.

## III. 우유의 고유 기능

### 1. 조리 중 열에 의한 변화

(1) 우유의 유청단백질은 가열에 의해 변성 응고된다.

단백질 종류별로 보았을 때 α-lactoalbumin은 62°C에서 β-lactoglobulin은 78°C, 유청 알부민은 64°C에서 변성이 된다.

혈청 알부민이 가장 열변성 온도가 낮지만 우유의 유청 중에는 혈청 알부민의 함량은 낮다.

α-lactoglobulin의 열 응고점은 79°C로서 면역 글로블린은 낮은 온도에서 가장 빨리 열변성을 일으키는 성분이다. β-lactoalbumin은 열저항성이 강하고 응고점이 114°C이다. 120°C 이하에서의 가열에는 응고하지 않는다.

유청단백질의 열변성은 63°C에서 30분, 95.5°C에서 8초의 가열에서 약 65%의 변성을 보여준다.

**Table 5. Effect of heat treatment on the milk protein (%)**

Factor	Treatment			UHT	
	Raw	LTLT	HTST	Product A	Product B
Total Protein	3.19 (100.00)	3.24 (101.57)	3.18 (99.69)	3.14 (98.43)	3.14 (98.43)
Casein	2.49 (100.00)	2.57 (103.21)	2.54 (102.01)	2.61 (104.82)	2.61 (104.82)
Whey Protein	0.70 (100.00)	0.67 (95.71)	0.64 (91.43)	0.53 (75.71)	0.53 (75.71)
Non-Protein Nitrogen	0.18 (100.00)	0.17 (94.44)	0.18 (100.00)	0.19 (105.56)	0.19 (105.56)

\*( ): The denaturation rate of fraction in heat treated milk as compared to the raw milk.

다른 연구에서는 75°C에서 15분간, 85°C에서 15분, 135°C에서 2초간 가열시 각각 42.7%, 65%, 73%가 감소하였다.

**Table 6. Effect of heat treatment on the milk protein**

Fraction	Heat treatment of milk						
	Raw milk	15 min 75°C	5 min 85°C	10 min 85°C	15 min 85°C	2 sec 130°C	2 sec above 135°C
Total protein	3.29	3.23	3.23	3.21	3.20	3.18	3.16
Casein	2.41	2.67	2.71	2.73	2.84	2.96	2.98
whey protein	0.674	0.386	0.286	0.264	0.232	0.204	0.182
N.P.N.	0.230	0.203	0.223	0.237	0.245	0.301	0.321

(2) 유청 단백질과 달리 콜로이드 상태로 산포되어 있는 casein은 열에 비교적 예민하지 않다. 조리하는데 사용하는 가열정도로는 신선한 우유에 함유되어 있는 카제인은 응고되지 않고, 100°C에서 12시간, 135°C에서 1시간, 155°C에서 3분간 가열해야 응고된다.

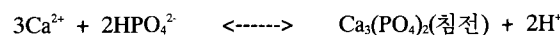
(3) β-lactoglobulin과 κ-casein의 상호작용으로 가열변화가 일어나는 것은 유청의 β-lactoglobulin이 변성하면 변성된 sulfide기(SH기)의 반응이 증가하고 이것이 카제인 중의 S-S결합을 갖는 κ-casein과의 사이에 S-S와 SH교환반응을 일으키고 양자가 결합하여 복합체가 형성되면서 변성 단백질이 된다.

카제인 표면에 κ-casein이 많이 분포되어 있기 때문에 β-lactoglobulin은 casein micelle의 표면에 결합하는 형으로 된다. 다시 이것이 카제인 마이셀의 사이의 결합을 개재하는 형으로 되고 casein micelle의 응집이 일어난다. 한편 가열에 의해 β-lactoglobulin은 α-lactalbumin과 함께 복합체를 형성한다. β-lactoglobulin과 κ-casein과는 직접 복합체를 형성하지 않지만 β-lactoglobulin을 사이에 두고 결국 κ-casein, β-lactoglobulin, α-lactalbumin의 복합체가 형성된다. 유청단백질이 casein micelle에 결합하기 위해 casein micelle의 입자크기에 변화가 일어난다. 즉 가열에 의해 micelle의 일부가 작은 입자로 되고 유청단백질과 카제인과의 상호작용에 의해 큰 마이셀을 생성한다.

(4) lysine 잔기의 반응 - 우유단백질 중에 함유되어 있는 lysine의 ε-amino기는 가열에 의해 갈변하고 우유 중의 lactose가 환원성이 있기 때문에 lactulose lysine이 생성된다. 이 lactulose lysine을 산가수분해하면 Furosine과 Pyridosine이 생성된다. 즉 lysine이 유지되지 않기 때문에 lysine을 이용 할 수 없게 되어 영양가가 저하된다.

(5) 우유 중 칼슘의 존재는 약 120 mg/100 ml의 함유량이 있고(100%) 그중 67%는 불용성(콜로이드성)으로서 나머지는 33%는 가용성으로 존재한다. 불용성 칼슘 중의 1/3은 카제인과 결합하고 casein micelle 중에 함유되어 있으며 2/3은 인산과 함께 인산칼슘으로 불용성의 콜로이드로 분산되어 있다. 가용성 칼슘을 2/3가 인산칼슘이나 구연산 칼슘으로 이온화 되지 않은 형태로 용해하고 있으면 1/3은 이온화 되어 있다. 신선한 우유는 CO<sub>2</sub>가스가 녹아 있는데 우유를 가열하면 증발되어 잃게 되고 pH는 상승된다.

calcium phosphate는 높은 온도에서 용해성이 감소되므로 콜로이드 상태의 Ca이 우유를 가열하면 Ca의 농도는 낮게 된다. 이러한 변화는 75-90%가 22시간 후에 일어난다.



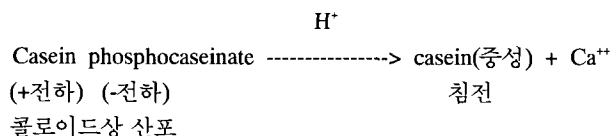
(6) 향미의 변화 - 우유를 가열했을 때와 유제품의 생산에서 우유 단백질, 지방, 탄수화물의 조성에 의한 예민한 상호관계로 인하여 지방으로부터 Lactones과 Methyl Ketones이 생성되고, free fatty acid가 생긴다. 이로 인하여 독특한 우유의 향미가 생기고, 단백질이 파괴되며, Lactose caramelization과 Maillard가 반드시 일어남을 고려해야 한다.

## 2. 콜로이드의 안전성과 응고

우유 카제인의 교질 입자, 칼슘인산염, 카제인 마이셀의 반응은 우유를 가열할때, 치즈를 만들때, 신맛의 유제품의 생산과 농축할때의 Rheology에 있어서 고려해야 할 필수적인 점이다. 마이셀은 공기와 물, 기름과 물과의 접촉 면에서 상호작용이 있다. 이 상호작용은 균질우유를 만들때와 생크림을 거품칠때, 아이스크림을 만들기 위해 열

릴 때에도 작용이 일어난다. 카제인 마이셀이 안정을 잃게 되면 우유의 이온상태가 변한다. 즉 pH와 염의 농도가 바뀐다. 카제인 마이셀에 화학적 변화에 의하여 카제인의 집합체가 생긴다. 이것은 효소인 린넨의 반응과 가열응고 현상에서 나타난다.

(1) 우유에 산을 가하여 pH가 저하되면 콜로이드 상태인 우유의 마이셀 연합에서 칼슘인산염을 잃게 되는 현상이 있다. pH 5.2에서 마이셀의 움직임은 없다. pH가 더 낮아지면 인산염은 용해되고 마이셀의 구조를 잃게 된다. 우유에 산을 가하여 pH의 저하 되면(pH 4.6에서) 칼슘 인산염은 분자에서 양전하를 가진 칼슘 이온이 떨어져 나가고 그 대신 수소이온이 카제인과 결합하므로서 카제인이 중화되어 전하를 가지지 않게 된다. 따라서 카제인은 큰 덩어리로 되어 침전하게 된다.



위의 원리를 이용하여 치즈를 만든다.

(2) 우유에 구연산 나트륨을 첨가하면  $Ca^{2+}$  활동을 낮추므로 안정성을 높일 수 있다.

이러한 현상은 커피에 넣는 크림을 만들 때 크림색이 잘 퍼지도록 하기 위하여 (ultra-heat-treated) Sodium Citrate 0.1%를 넣는 것으로 설명될 수 있는데, 이것은 casein micelles이 지방구와 혼합이 되는 현상이다.

(3) 우유는 낮은 온도(0-30°C)에서는 pH와 이온력의 변화가 있어도 안정성이 있고 우유가 맛이 시게 느껴지고 온도의 가열이 있을 때 응고되기 시작한다.

4°C에서 신선한 우유의  $\beta$ -casein은 monomer로 존재하나 온도가 상승하면 강하게 polymer화 된다.

치즈를 만들기전 우유의 보관이 4°C에서 48시간 저장하면 치즈의 yield가 1.9% 감소되는 연구결과가 보고된 바 있는데 이것은 온도가 상승되면 저온에서 해리된 것이 역전되어 마이셀이 있는 칼슘인산염이 증가되고 유청의 칼슘이온활동이 저하된것이다. 60°C 이상으로 가열할 때 유청 단백질은 카제인 마이셀과 결합하여 변화가 일어난다.

(4) Ethanol의 첨가로 인한 탈수는 micelles의 응집을 일으키게 한다. 신선한 우유에 ethanol을 50-70%로 다량 첨가했을 때 볼 수 있는 현상이고, 우유가 신맛이 시작될 때는 ethanol의 농도가 낮아도 응고된다.

(5) 여러가지 물질, 즉( $\kappa$ -carrageena, 계면활성제)와의 상호작용은 안정성에 변화를 줄 수 있다. 카제인 마이셀은 균질화과정과 거품을 낼 때 oil-water, oil-air와의 접촉면에 상호작용한다.

(6) 콜로이드 상태로 산포되어 있는 칼슘인산염이 효소인 레닌에 의하여 마이셀의 안정을 깨고 응고된다.

Rennin은  $\kappa$ -casein의 phenylalanine-methionine bond(105와 106사이)를 끊고 용해성이 큰 펩타이드와 결합된다. 나머지  $\kappa$ -casein에서 분리된 para- $\kappa$ -casein 분자는 유청단백질에 남아 있다. 이렇게 변화된 p-casein분자는 안정성이 적어서 콜로이드 상태를 잃고 본래의  $\kappa$ -casein과 작용한다.

레닌에 의해서 응고된 gel은 산으로 응고된 것과는 달리 단단하고 칼슘 함유량도 많다.

레닌으로 카제인을 응고시킬 때는 우유의 온도가 15°C일때는 일어나지 않고 60°C이상에서도 효소가 불활성화되어 작용을 상실한다. 적당한 온도는 40°C이고 고열로 가열한 것을 효소첨가로 응고시킬때는 gel상태가 약하다.

(7) 냉동은 콜로이드의 안정성에 영향을 준다. 우유는 -0.54°C 이하로 차게 하면 냉동이 시작된다. 우유가 얼 때 얼음 형태가 되고 안 얼은 물에 남아 있는 모든 성분의 농도는 상승되므로 유당과 칼슘인산염이 녹아 있는 농도가 달라 이온력에도 변화가 온다.

우유가 얼은 후 다시 녹아서 제기능에 심각한 영향을 주지 않도록 하기 위해서는 안내로 한정시켜 얼릴 수 있다. 얼은 우유의 카제인이 녹을 때 스폰지 형태로 부풀게 되는 경향은 제기능을 찾는데 중요한 점이 되고 짧은 기간(약 6-10주)의 저장기간에 한정되기 때문이다.

### 3. 유화의 안정성과 거품형성

우유 성분은 진용액, 교질용액으로 산포되어 있는 외에도 유화상태로 산포되어 있는 것도 있다. 생우유를 얻은 후 오랫동안 흔들지 않고 놓아두면 크림상태가 용기 맨위에 생기는 것은 우유의 유화 상태가 불완전한 것이 나타난 것으로 지방구가 하나로 합쳐진 것이다. 이것은 지방이 액상 내에서 심하게 마찰이 되면 생길 수 있다.

만일 지방이 모두 고체화되면 지방구는 서로 합쳐지지 않고 밀집되어 덩어리로 되기도 한다. 이런 현상이 생크림을 거품칠 때 지나치면 버터 덩어리로 되는 현상으로 설명될 수 있다.

(1) Creaming

우유 지방의 평균 직경은 평균 3-4  $\mu\text{m}$ 의 작은 방울로 액체 속에 떠 있다. 소의 종류에 따라 지방구는 1  $\mu\text{m}$ 이하에서 10  $\mu\text{m}$ 이 넘는 것까지 많은 차이가 있다.

우유의 지방구는 표면에 유화제의 얇은 막이 둘러 쌓여서 지방구끼리 합쳐지는 것을 방지하고 있다.

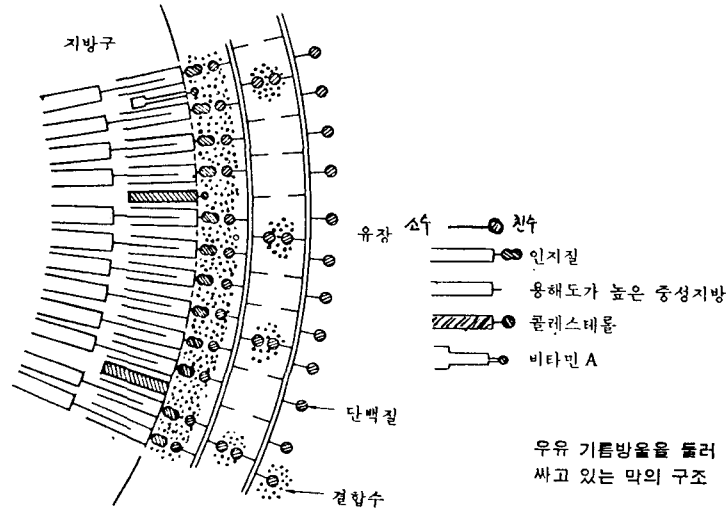


그림 1. 니콜라이 킹(Nicola King)이라는 학자가 제시한 우유 지방구의 유화제 막.

그림 1에서 지방구와 이들 단백질 막이 이중으로 표면을 둘러 싸고 있는 그 중간에 인지질과 단백질이 있어 친수성 부분은 유청 속으로 향하고 기름방울 표면은 친수성막으로 형성된다. 안쪽의 단백질 막은 소수성인 펩타이드 사슬쪽 외부로 향하고 친수성인 아미노산의 곁사슬쪽 인지질의 친수성 부분으로 대하여 엉켜 있다.

그리고 바깥쪽 단백질 막은 펩타이드 사슬쪽이 내부로 향하고 외부에 아미노산의 곁사슬이 향하여 유청에 떠 있기 때문에 지방구가 서로 합쳐지지 않는다. 우유 지방구 표면에 모여드는 agglutinin(항체)라는 물질은 고체나 고체화되는 지방구에 흡착되어진다. 이것은 자연 그대로의 단백질이다.

이것을 연구 증명한 것은 이미 1939년에 Sharp Krukovsky가 증명했고 1984년에는 Euber와 Brunner가 항원과 항체의 반응에 있어서 탈지 우유의 피막과 지방구의 동시 상호작용의 이론을 기도했다. 탈지우유의 피막은 우유 지방구 피막의 같은 재원으로 부터 얻어진 지단백질의 분획이다. 항체는 크림층에 부분적으로 박테리아를 집결시키고 streptocicci 박테리아는 지방구에 엉킨다.

신선한 우유는 크림층이 형성되지 않지만 실내온도에 오래 방치해두면 지방구가 크게 모여 덩어리가 되는 표면에 떠 오르는 과정을 creaming이라 한다. 지방함량이 많을 수록 우유의 점성은 커진다.

지방구에 용해되어 있는 카로틴이 우유와 크림에 담황색을 띄게 한다.

(2) 거품 형성과 교반

우유 단백질은 거품을 고정시킨다. 카제인은 공기와 물 피막에 특별히 강하게 흡착되어 접근하기 쉽도록 된다고 추측된다. 지방구는 우유의 거품형성은 안정에 적은 영향을 준다. 지방구가 거품막에 닿게 되면 액상의 지방은 표피물에 퍼져서 막의 필름을 파괴시키는 원인이 되기 때문이다. 그러므로 탈지우유가 전지우유보다 많은 거품을 낸다. 균질우유는 방울이 불안정하게 되는 경향을 감소시킨다. 크림속에 기포가 섞일 때 그 형성의 결과는 크림에 함유되어 있는 지방이 액상으로 있는지 고체상인지에 달려 있다. 새로 형성된 기포는 대단히 짧은 시간동안 깨끗한 표면을 가지나 즉시 지방구가 표면에 붙게 되고 단백질을 흡착하게 된다. 만일 지방이 거의 액상이면 얇은 층이 기포표면을 덮게 된다. 기포가 분열되면 순간 지방은 방울로 형성된다. 지방이 거의 고체상태이고 지방함량이

충분하면 지방구는 기포의 표면을 덮을 것이고 거품은 안정성이 있게 된다. 지방의 방울들은 air cell을 감싸서 network를 형성한다. 크림이 고체와 액체상의 지방이 방울로 있을 때 교반을 하면 공기 방울은 가라앉거나 모여진다. 액상의 지방은 시멘트 재료 역할을 하고 방울로 된 butter granules는 거품이 된다. 전통적으로 버터를 만들 때 교반시 온도는 교반하는 시간을 다르게 할 수도 있고 고르게 생산될 수 있도록 향상시키는 요인이 된다. 여름에는 탈지우유로 거품형성을 하고 크림은 지방함량이 30%이상일 때 거품을 친다. 지방이 차가워 고체 상태일 때 굳기에 충분한 시간을 두고 거품을 친다.

## IV. 우유 및 유제품의 기능에 따른 조리의 유의점

### 1. 우유

① 우유는 마시고 음식을 만들 때(soup, custard, baked products) 이용하는데 마시는 우유는 균질화(homogenization)된 것을 마시는 것이 소화와 좋고 입에서 느낌이 부드러워진다.

② soup나 sauce를 만들 때 뜨거운 재료와 섞을 때는 저온살균한 우유를 넣으면서 소스를 만드는 편이 더 용용하다. homogenated milk는 지방구를 작게 하면서 유청의 단백질을 지방구에 흡착되도록 했기 때문에 열에 더 예민하게 반응하여 쉽게 응고되어진다. 익숙한 솜씨로 음식을 준비할 때는 좋은 결과가 있지만 그렇지 못할 때가 많기 때문이다.

③ custard, corn starch pudding 등을 만들 때 균질우유 사용은 점도와 겔형성, creamier texture에서 비균질우유보다 좋은 결과를 얻었다는 보고도 있다.

④ Tomato cream soup를 만들 때 우유와 토마토를 함께 넣고 끓이면 토마토에서 나온 산에 의하여 카제인이 응고하기 때문에 보기에 좋지 않은 덩어리가 생긴다. 그러므로 먼저 cream soup를 만들고 우유와 밀가루가 잘 혼합된 후 먹기 직전에 tomato puree를 넣어야 한다.

⑤ 우유와 레몬주스나 오렌지 주스를 넣어 케익 반죽을 할 때 액상이라 해서 우유와 오렌지 주스를 한데 섞어 반죽하지 말고 우유를 먼저 밀가루와 섞은 후에 오렌지 주스를 넣어 반죽한다.

⑥ 큰덩어리 빵(loaf bread)을 만들 때 우유는 뜨겁게 가열하여 좀 식힌 것이 가열하지 않은 우유보다 만든 후의 부피를 더 크게 만들 수 있다. 이것은 우유를 가열하면 그릇 밑바닥에 열에 의해 응고된 유청단백질이 제거되기 때문에 빵의 부피를 줄어뜨리게 하는 응고현상을 막기 때문이다. 이때 카제인은 응고되지 않는다.

### 2. Acidophilus milk

Law fat milk나 skin milk를 lactobacillus acidophilus를 넣어 배양한 것으로 소화를 위해 환자에게 좋은 우유이다. 그러나 온도에 민감하게 변하기 때문에 보관에 유의해야한다.

여름철에는 반드시 냉장고에 보관한다.

### 3. Cream

크림은 milk fat이 18% 이상 함유되어야 한다. 종류는 light cream(coffee cream) 지방 함량이 18-30%이다. light whipping cream은 30-36% milk fat이고 보통 가정에서는 거품치기가 힘들 때가 있다. heavy whipping cream은 36% 이상으로 냉장고에 보관된 cream이 방안에 둔 것보다 점도가 크다.

5°C로 차게 24-48시간 두면 크림이 점차로 점도가 증가하여 쉽게 거품을 낼 수가 있다. 거품칠 크림은 7°C 이하에 보관하고 사용하는 bowl과 beater도 차게 한다.

음식의 용도에 따라 거품형성의 정도는 조절해야 할 것이다.

### 4. Sour cream

상품화된 사워크림은 light cream에 streptococcus lactis를 넣어서 22°C에 두어 배양한 것과 신맛이 날 때까지 산을 첨가(0.5%)한 것이 있다.

지방이 없는 우유 성분(탈지분유)과 carragenan과 같이 식물성 gums을 sour cream에 첨가한다. 빵에 바르는 버터 대용이나 채소나 다른 음식과 섞어만든 요리, baking product, 후식에 많이 이용하며, 차게 그대로 이용하거나



요리의 마지막 단계에서 식힌 후에 섞는다.

### 5. Cheese

우리나라에서 치즈가 처음 생산된 것은 1967년 임실에서 벨기에 신부에 의해 소량 만들어졌고 1972년에 서울 우유에서 만들기 시작하여 1982년부터 증가추세에 있는데 process cheese와 mozzarella cheese로 그 종류는 다양하지 못했다.

① 국산치즈는(유재현 1982) 총지질이 평균 32.78%이고 그중 중성지질이 99.1%이다. triglyceride는 평균 74.26%이고 불포화지방과 포화지방의 비는 26.5 : 73.5로 조사되었다.

② 같은 process cheese인데도 국산은 gelatin이나 French onion soup 등에 대용할 때는 전혀 녹아 내리는 듯하게 되지 못하여 조리시 어려움이 있다.

③ 치즈 성분은 우유지방, 카제인 등이 대부분 옮겨진 것이다.

Table 7. 치즈제조시 우유성분의 이동(우유 100 g당)

유 청(g)		우 유(g)		치 즈(g)	
지방	0.24	지방	3.50	지방	3.28
케이신	0.10	케이신	2.30	케이신	2.20
유당	4.90	유당	5.10	유당	0.20
유청	0.65	유청	0.68	유청	0.03
단백질	0.35	단백질	0.69	단백질	0.34
회분	84.04	회분	87.73	회분	3.69
수분		수분		수분	
유 청	90.288	우 유	100	치 즈	9.72

숙성한 치즈일수록 열에 잘 녹으므로 Foudue 등의 요리에는 완전히 숙성한 Emmentaler나 Gruyere cheese를 사용한다. 우리나라에서 생산된 process cheese(sliced cheese)는 생산시에 전지우유로 만드는 함량과 인산염의 사용증량 관계로 첨가하는 물질에 영향을 받아 열을 가하여 음식에 이용할 때는 외국산과 차이가 있다.

④ 발효되지 않은 생치즈의 고형분 함량이 17-45%로 독일산 바르크(Bark), 쉬히트치즈(schicht cheese) 영국, 캐나다, 미국의 cottage cheese, 불란서의 Fromage blanc 등이 있는데 냉장고에서 2-4주간 보관할 수 있으나 신속히 소비해야 한다. 찬 Salad나 후식으로 쓰임새가 매우 넓어서 흔하고, 영양적으로 우수하며, 값싼 음식으로 많이 이용된다.

⑤ 치즈를 가열하여 녹이는 요리, 피자, 치즈 소스 등을 만들 때에는 낮은 온도에서 짧은 시간내에 마치는 것이 좋다. 지나치게 높은 가열은 기름과 단백질을 분리시키고 딱딱하게 만든다. 이런 현상은 75°C와 100°C의 물에서 치즈를 실험하면 쉽게 관찰할 수 있다.

### 6. Yogurt

우리나라에서 시판되는 요구르트(김문숙 외 2인, 1993) 발효유를 조사한 것은

pH: 3.87 - 4.19

산도: 0.97 - 1.4%

점도: 7.85 - 21000 CP

당도: 16.2 - 22.2 Brik

젖산균: 10<sup>8</sup> - 10<sup>9</sup> CFU/ml

로 저장 중에도 일정 수준을 유지하고 있다고 발표하였다.

요구르트의 적당한 신맛은 pH 4.1-4.2로 저온에 보관, 유산 생성을 억제해야하고 10°C에서 저장시 15일까지는 맛에 변함에 없고, 20°C에서는 6일까지만 맛에 변함이 없이 먹을 수 있다고 연구되었다(이호진 외 4인 1992).

또 다른 연구는 요구르트의 주된 풍미 성분은 Acetaldehyde로 인정되며 그 외 성분도 요구르트의 독특한 풍미에 보조적인 역할을 담당한다고 추론했다.

요구르트의 이용은 성상별로 plain yoghurt, hard yoghurt, drink yoghurt, frozen yoghurt로 널리 쓰이며 살아 있는 유산균을 음식과 함께 섭취하여 정장작용과 세균성 질환치료에 잘 응용되는 좋은 식품이다.

그 중에서는 L. acidophilus를 넣어 발효된 음료나 요구르트는 대장에서 이식되는 점이 중요 특징으로 연구되었다.

plain yoghurt를 채소요리와 뜨거운 음식에 혼합할 때는 모든 준비가 완료되면 어느 정도 식힌 후 섞어서 장만해야 효율적이다. 그 외에 연구로 우유를 첨가한 취반미(김경자의 2인 1991)에서는 우유 혼합 조리 후 취반미가 노화되면 시간이 경과해도 그 폭이 작게 되었고 기호면에서도 우유를 30-50% 혼합한 취반미가 좋은 결과를 얻었다고 보고된바 있다.

**Table 8. 유제품의 보존방법 및 온도**

제 품 명	보 존 방 법	보 관 온 도	보 관 한 도
조 제 분 유	뚜껑을 꼭닫고 직사광선능 피하고 건조한 곳에 보관	실 온	12 개월
연유 (무당 가당)	직사광선을 피하고 서늘하고 건조한 곳에 보관	실 온	6 개월 12 개월
버터(무염, 가염)	0~5°C의 냉장고에 저장, 냄새를 빨아들이기 쉬우므로 주의	0~5°C	3 개월
치즈	5°C이하로 냉장, 직사광선을 피할 것. 자른면의 수분증발을 막기위해 면포나 유지로 싸서 보관, 0°C 이하가 되면 얼어 조직이 나빠지므로 주의	0~5°C	3 개월
아이스크림	-15~-18°C 냉장고에 보관, 일정한 온도로 유지하는 것이 조직의 안정화에 꼭 필요하다.		

### 참고문헌

1. 이부영: 인류와 유제품의 역사 우유, **23**: 20-25 (1985).
2. 김덕용: 한반도의 우유 이용에 관한 역사적인 고찰 한양여전 **1**: 78-91 (1979).
3. 김현욱: 우유와 요구르트 우유, **2(1)**: 19-29 (1981).
4. 김영교: 우유 단백질(총설) 한국식품과학회지 **4(3)**: 224-232 (1972).
5. 편집실: 초고온 살균 우유와 저온 살균 우유의 비교 실험 결과 서울우유 1989. 9.
6. 홍윤호: 우유와 유제품들의 영양학적 특성 우유, **4(4)**: 21-26 (1984).
7. 이승교: 우유의 성분과 합성 우유, **2(4)**: 11-17 (1981).
8. 김동신: lactobacillus acidophilus를 이용한 발효 유제품 우유, **2(4)**: 18-24 (1981).
9. 박택규: milk 중의 sodium 및 chlorine의 방사과 분석 건국학술지 **11**: 683-686 (1970).
10. 박택규: 우유 중의 미량원소의 Thermal Neutron activation Analysis에 관한 연구 pp. 755-777.
11. 이혜수: 조리과학, 교문사, 1992. pp. 393-418.
12. 김석환, 반상진: 율령정 열처리에 의한 우유단백질 성분 변화에 관한 연구, 한국 낙농학회지, **5(2)**: 61-67 (1983).
13. 이토 타카토시, 우유의 단백질 및 칼슘에 대한 가열의 영향, 우유, **3(36)**: 6-14 (1989).
14. 김정미, 홍윤호, 이용규: 우유의 가열처리에 따른 지표 물질의 변화, 한국영양식품과학회지, **21(4)**: 390-397 (1992).
15. 신영국, 김종우: 교온처리에 의한 우유의 미생물 및 화학적 변화에 관한 연구, 충남대학교 농업기술연구 보고서 **13(2)**: 198-209 (1986).
16. 김현욱: 한국 치즈 산업의 과제, 우유 **39**: 21 (1989).
17. 황주환: 한국산 시판 cheese의 휘발성 유리 지방산에 관한 연구, 건국대학교 대학원 논문집 제 20집 1985.
18. 윤여창 국산 UHT유 중의 Ascorbic acid함량에 관한 연구 건국대 한국축산 과학연구소 논문집 **8**: 35-40 (1983).
19. 고준수: 열처리에 의한 yoghurt의 보존성에 관한 연구 한국낙농과학지, **5(3)**: 218-229 (1983).
20. 김문숙, 안은숙, 신동화: 시판 요구르트의 특성 비교 연구, 한국식품과학회지 **25(4)**: 340-344 (1993).
21. 김동신: Yoghurt 제조에 있어서 단일균주와 복합균주 cultures의 사용에 따른 pH 변화, 경북대 논문집, **25, 26**: 363-371 (1978).
22. 이용규, 김용성, 홍윤호: 열처리방법에 따른 우유의 이화학적 변화에 관한 연구, 전남대학교 논문집 **29**: 45-55 (1984).
23. 김영교, 전우민: Casein의 안정성에 관한 연구-유산발효유 제조시 산침전에 대하여 고대 농림논집 **22**: 71-77 (1982).

24. 양 룡, 박석원, 신완철: 우유 단백질의 열안정성에 관한 연구, 한국식품과학회지 **5**(1): 37-45 (1983).
25. 김영교, 김영찬: 가열에 의한  $\beta$ -lactoglobulin과  $\kappa$ -casein의 상호작용에 관한 연구, 고대농림논집, **23**: 97-108 (1983).
26. 유재현, 정의용: 국산 yoghurt의 휘발성 Carbonyl 화합물에 관한 연구, 한국 낙농학회지 **4**(2): 119-125 (1982).
27. 박인덕, 홍윤호: 우유성분을 이용한 생치즈와 유청 음료의 개발, 한국식품과학회지, **24**(3): 209-214 (1992).
28. 유재현: 국산 자연 cheese의 지질에 관한 연구, 건국대학 논문집 **7**: 37-49 (1982).
29. 강국희: 우리나라의 발효유의 품질과 개발방향, 과학기술연구, **9**: 181-187 (1981).
30. 이광희: 요구르트와 유산균에서의 lactase Activity, 한국영양식량학회지, **21**(1): 60-63 (1992).
31. Robert Jenness Effects of Dairy processing operations on milk proteins, 한국식품과학회지, **8**(5): 406-412 (1996).
32. Jane Bowers, Food theory and Applications, pp. 426-453. Macmillan Com. NY 1992.
33. Marjorie P. Penfield, Experimental and Science 3rd edition.
34. Gladys C. Peckham. Foundations of Food preparation 3rd edition, Macmillan com.
35. Marion Bennion Introductory food 12 edi Merrill prentice Hall 421-459.
36. Owen R. Fennema, Principles of food science part I. Food chemistry, Marcel Dekker inc. NY & Basel 1976, pp. 644-656.
37. ADA Marie Campbell Marjorie Porter Penfield Ruth M. Griswold The experimental study of food houston mifflin com. Boston 1979. pp. 86-103.
38. O.R. Fennema Food chemistry 2nd Ed pp. 795-813.
39. C.V. Morr Composition, physicochemical and Functional properties of Reference whey protein concentrates, *J. of Food Science* **50**: 1406-1411 (1985).
40. M.E. Mangino 외 4인, Effects of Heat processing on the Funtionality of whey protein concentrates. *J. of Food Science* **52**(6), 1987.
41. S.Y. Liao and M.E. Mangino, Characterization of the composition, physicochemical and Functional pr operties of Acid whey protein concentrates, *J. of Food science*, **52**(4): 1033 (1987):
42. G.A. Smith and Mendel friedman, Effect of cabohydrates and heat on the Amino Acid Composition and chemically A-vailable lysine content of casein, *J. of Food Science*, **49**: 817 (1984).
43. Sunisa Varunsation 외 3인, Effects of  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  and  $Na^{++}$  on Heat Aggregation of whey protein concentrates, *J. of Food Science*, **48**: 42 (1983).