

## 우유의 품질과 저온성균

정 총 일

건국대학교 동물자원연구센터

### Quality of Milk and Psychrotrophic Bacteria

Chung Il-Chung

Animal Resources Research Center, Konkuk University

#### ABSTRACT

Since generalization of cold storage of raw and processed milk, psychrotrophic bacteria has become more important. The number present in raw milk is related to sanitary conditions during production and to length and temperature of storage before pasteurization. Growth of psychrotrophs in raw milk often reduces the quality of pasteurized products. Recently, some pathogenic bacteria like *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Bacillus cereus* are reported to grow at low temperature and cause food poisoning. The presence of gram positive psychrotrophic bacteria which can survive pasteurization can limit the shelf life of pasteurized milk during extended storage and the survival of heat stable proteases and lipases produced by gram negative psychrotrophic bacteria often brings about proteolytic damage to milk protein in the products. Therefore, in order to prevent the deterioration of milk and milk products by the growth of psychrotrophs, it is necessary to cool down the temperature of raw milk as soon as possible after milking and to keep the temperature below 5°C during storage at farm. As psychrotrophic bacteria become readily predominant in raw milk under refrigeration, it can be considered to change the traditional incubating temperature for SPC from 30~32°C to 25~27°C at which the psychrotrophs prefer to grow. The psychrotrophic bacterial count (PBC) is of limited use in dairy industry, because of the 10 days incubation period. Although estimates of psychrotrophic bacteria may provide an acceptable shelf-life prediction, there is no single, generally acceptable rapid method for replacing the PBC at the moment. Consequently, faster method for estimating psychrotrophic bacteria has to be developed.

## I. 서 론

최근 우리 주변의 급격한 상황 변화에 따라 우리 나라 우유도 품질상 많은 도전을 받고 있다. 즉, 1995년 1월부터 시작된 유제품 수입자유화로 해마다 많은 양의 모조분유, 치즈 등의 유제품이 수입되고 있어 직·간접적으로 외국 유제품과 품질 경쟁이 불가피해졌으며, 또한 소비자들의 소득수준 향상으로 인한 고품질 제품의 선호와 더불어 신선하고 위생적인 식품을 찾는 경향이 더욱 강해졌다.

이러한 소비자들의 요구에 부응하고 국제경쟁력을 갖추기 위하여 정부나 유업체들은 고품질의 보다 위생적 우유 생산에 모든 역량을 기울이지 않을 수 없게 되었다. 이러한 노력의 결과 최근 수년 사이에 우유의 위생적 품질은 크게 개선되었다고 할 수 있다. 특히 세균수 면에서 볼 때 전체 농가 원유의 85%가량이 세균수 10만/ml 이하의 1등급 원유이며 50만/ml 이상의 4등급은 불과 2~3%에 지나지 않아 조금만 더 노력한다면 전체 농가 원유의 90% 이상이 1등급을 받을 수 있는 날도 멀지 않을 것으로 생각되어 몇 년 전과 비교하면 획기적으로 유질이 개선된 것은 사실이다.

그러나 좀더 자세히 들여다 보면 아직도 개선되어야 할 부분이 많다. 원유의 체세포수가 체세포수 증가의 근본 원인이 되는 유방염 문제가 걸림돌이 되어 별로 개선이 되지 못하고 있는 데다, 공장 도착시의 탱크로리 원유의 세균수는 농장 벌크탱크 우유가 집유과정에서 자체증식 및 오염으로 세균수가 1ml당 수십만 이상이 되어 선진국과 비교할 수 없을 정도로 높으며, 또한 집유과정에서 4등급 원유가 다른 양질의 원유와 혼합되어 전체의 유질을 저하시키고 있다는 점을 들 수 있다. 그리고 더욱 문제가 되는 것은 일반세균 중에서 차지하는 저온성균의 비율이 상당히 높아져 우유의 보존성을 저하시키는 원인이 되고 있다.

우유·유제품의 국제경쟁력을 높이고 건강 지향적인 소비자들의 요구에 부응하기 위해서는 위

에 열거된 문제점들을 하루 빨리 해결하지 않으면 안될 것이다. 여기에서는 냉장 보존중의 우유·유제품 변질의 원인균인 저온성균의 성질, 작용, 문제점 및 대책을 알아보려 한다.

## II. 저온성균의 분포와 종류

저온성균의 대부분은 물이나 토양에 널리 분포되어 있으며, 원유에서는 유산균이나 내열성균 등과 함께 상재균총의 일부를 이루고 있다. 우유에 오염되는 저온성균은 주로 착유기기의 세척 및 소독불량과 유질 관리, 취급 부주의 등이 원인이며, 이들 중 우유에서 가장 많이 발견되는 균은 *Pseudomonas* spp.로, 그람 음성, 무포자 간균, 카탈라제 양성으로 대부분 단백질과 지방 분해에 관여하는 protease와 lipase를 생산한다. *Enterobacter*와 *Klebsiella*도 원유에서 자주 발견되고, 또한 저온성 대장균도 우유단백질을 분해하여 우유를 변패시키는 원인균으로 알려져 있다. 그람 양성 of 저온성균도 원유에서 자주 분리되며, 가장 검출 빈도가 높은 균은 *Micrococcus*, *Bacillus*, *Arthrobacter* 등이다<sup>10)</sup>.

내열성 저온성균은 그람 양성 또는 음성으로 *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Streptococcus* 등으로, 살균유와 유제품에서 이들 저온성균의 중요성은 세균수와 종류, 저장기간, 저장온도 등에 따라 달라진다.

Table 1. Psychrotrophs found in fresh raw milk

Thermoduric & Psychrotrophic genera	Psychrotrophic genera
<i>Microbacterium</i>	<i>Pseudomonas</i>
<i>Micrococcus</i>	<i>Acinetobacter</i>
<i>Bacillus</i>	<i>Flavobacterium</i>
<i>Clostridium</i>	<i>Aerobacter</i>
<i>Alcaligenes</i>	<i>Alcaligenes</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>Bacillus</i>
<i>Lactobacillus</i>	<i>Arthrobacter</i>

Table 2. Distribution of psychrotrophs isolated and identified from farm bulk tank

(남 등, 1996)

Genus	Distribution	
	No.	Ratio(%)
<i>Pseudomonas</i>	33	47.1
<i>Acinetobacter</i>	18	25.7
<i>Enterobacter</i>	10	14.3
<i>Bacillus</i>	6	8.6
<i>Corynebacterium</i>	3	4.3
Total	70	100

Table 3. The generation time of psychrotrophs below 0°C

Species	Generation time(d)	Temperature(°C)
<i>Bacillus</i> spp.	2	-2
<i>Bacillus</i> spp.	7	-4.5
<i>Bacillus</i> spp.	9	-5~-7
<i>Bacillus cryophilus</i>	0.25	-5

### Ⅲ. 저온성균의 작용

저온성균의 증식에 의해 가장 먼저 나타나는 변화는 풍미의 변화이다. 풍미 변화로는 불결취, 부패취, 과실취(ester취), 발효취, rancid취와 쓴맛을 들 수 있다. 관능검사에서도 이와 같은 변화를 감지할 수 있는 단계에 도달했을 때의 저온성균

의 수는 대개  $5.0 \times 10^6 \sim 2.0 \times 10^7$  cfu/ml의 범위이지만 매우 작용이 강한 균주의 경우는 이보다 낮은 수치에서도 풍미 변화를 감지할 수 있다<sup>12)</sup>. 일반적으로 저온성균은 유단백질과 유지방 또는 유당을 분해하는 작용을 갖고 있지만 화학분석 방법으로 이러한 유성분의 변화를 검출하기가 어렵다. 화학분석방법으로 변화를 검출할 수 있는 수준은 적어도  $10^6 \sim 10^7$  /ml 이상이 되어야 가능하다. 우유의 점질화를 일으키는 저온성균의 경우도 점질화가 감지될 수 있는 시점의 균수는 관능검사에서의 마찬가지 수준 정도이다.

## Ⅳ. 저온성균과 효소 생산

### 1. 단백질분해효소

#### 1) Protease에 의한 단백질분해

냉장 우유 중에서 저온성균의 증식과정 중에 생산된 효소가 우유 단백질과 지질을 분해하여 우유·유제품의 보존성을 저하시킨다는 사실은 이미 잘 알려져 있다. Bulk 탱크우유의 저온성균 조사에서 Bockelmann(1970)은 벌크탱크우유로부터 분리한 균의 46%가 *Pseudomonas*이며, 그중 77%는 지방을 분해하고 85%는 카제인을 분해한다고 보고하였다.

일반적으로 효소의 생산은 증식곡선에서 대수기 말기에서부터 정지기 초기에 이루어지며 이때의 세균수는 대략  $10^6 \sim 10^8$  cfu/ml인 것으로 알려져 있다<sup>13)</sup>. 우유에 *Pseudomonas*와 *Flavobac-*

Table 4. Ratio of PBC/ SPC according to storage temperature and time

(단위 : %)

Period(d)	Temp.	A <sup>1)</sup>			B <sup>2)</sup>		
		4°C	7°C	10°C	4°C	7°C	10°C
0		41	41	41	23	23	23
4		80	90	114	52	69	68
8		85	106	156	64	100	104
12		123	229	717	108	267	440

\* Bacterial counts of raw milk : <sup>1)</sup>  $4.7 \times 10^4$ , <sup>2)</sup>  $4.0 \times 10^5$  cfu/ml

Table 5. 우유·유제품의 저온 저장시 변패 원인균

원인균	우유·유제품의 변패
<i>Ps. fluorescens</i>	유단백질 및 유지의 가수분해
<i>Ps. fragi</i>	유지의 가수분해, 에스테르류의 생성
<i>Ps. putrefaciens</i>	유단백질의 분해
<i>Ps. viscosa</i>	점질막 형성(Cottage cheese), 부패취
<i>Ps. nigrifaciens</i>	버터의 변색
<i>Alc. viscosus</i>	우유의 점질화
<i>Alc. metalcaligenes</i>	점질막 형성(Cottage cheese)

terium 등의 저온성균이 증식하면  $\beta$ -와  $\alpha$ -casein 이 감소하며, 가장 대표적인 저온성균인 *Ps. fluorescens*는 카제인을 분해하여 멸균유의 gel화를 초래한다. 그 기작은 protease가 카제인에 작용하면 casein분해에 의해 casein태 질소가 감소하고 가용성 질소와 비단백태 질소가 증가하며, 전기영동분석결과  $\beta$ -와  $\alpha$ -casein의 순으로 이루어지는 것으로 보고되었다. casein gel화의 가장 중요한 열쇠가 되는  $\kappa$ -casein의 분해도 당연히 일어나며 그 결과 para- $\kappa$ -casein이 생겨 gel이 형성된다. Law(1979)는 *Ps. fluorescens* AR11을  $5 \times 10^4$  cfu/ml로 접종한 우유를 배양하여 균수가 증가한 시점에서 UHT처리한 후 20 $^{\circ}$ C로 보존한 실험을 하였으며, 그 결과는 Table 6과 같다.

멸균전의 *Pseudomonas* 균수가  $5 \times 10^7$ 과  $8 \times 10^6$ cfu/ml인 우유를 UHT처리한 후 20 $^{\circ}$ C로 저장한 결과 10~14일과 8~10일 만에 gel화 되었다. 그러나 whey protein의 분해는 거의 나타나지 않았다.

*Ps. fluorescens*, *Ps. fragi*와 *Ps. putrefaciens*가 저온 저장한 살균유에서 증식할 때 casein과 whey 단백질이 분해되고 응고와 함께 bitter, off-flavor 현상이 나타나면서 변질되었다. 이 때의 세균수는  $10^7 \sim 10^8$ cfu/ml로 정상적으로 예상되는 수치보다는 높게 나타났다.

## 2) Protease의 특성

대부분의 저온성균 protease는 높은 온도의 가열처리에 쉽게 파괴되지 않는다. 최근 protease의 내열성과 효소의 불활성화 방법에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으나 명백한 결론은 얻지 못하고 있다. 칼슘과 아연이 *Ps. protease*의 내열성을 증가시킴을 관찰하였으며 또한 초고온에서의 효소의 내열성은 아마도 효소의 구조적 유연성과 가열변성에 대해 2가 양이온이 증가하는 신속·정확한 재구성에 의해 이루어지는 것이라는 주장이 유력하다.

Table 6. *Ps. fluorescens* AR11에 의해 원유 중에 생산된 내열성 protease에 의한 UHT유의 카제인 분해

UHT처리후의 저장유종의 <i>Ps. fluorescens</i> 균수	UHT처리후 Gel화 되기까지의 일수	Gel화한 시점에서 카제인 분해도(%)		
		$\alpha_{s1}$	$\beta$	$\kappa$
$8 \times 10^5$	56 <sup>a</sup>	0	0	T
$8 \times 10^6$	56	0	30	50
$8 \times 10^7$	12	22	78	100

<sup>a</sup> 56일간 20 $^{\circ}$ C의 보존에서 gel화가 일어나지 않음.

T. 혼적 정도

Table 7. Heat resistance of proteases and lipases from psychrotrophs

Microorganisms	T(°C)	D(min)	Z(°C)	Complete inactivation
Proteases				
<i>Pseudomonas</i>				150°C, 2.4s
<i>Ps. fluorescens</i>	120	4	20	
<i>Pseudomonas</i>	149	1.5	32.5	
<i>Ps. fluorescens</i>	130	11	34.5	
<i>Ps. fluorescens</i>				132°C, 7min
<i>Ps. fluorescens</i>	150	27	28	
<i>B. cereus</i>	150	0.016		
Lipases				
<i>Ps. fluorescens</i>	130	16		
<i>Pseudomonas</i>	160	1.25	37	
<i>Micrococcus</i>	160	1	63	

T : Temperature

D : decimal reduction time

Z : temperature coefficient

Adams 등(1976)은 원유에서 분리 배양한 저온성균의 70~90%가 내열성 효소를 생산하며, 이들을 149°C에서 10초간 가열한 후에도 대부분이 가열전 활성의 70%를 지니고 있으며, UHT살균의 풍미와 보존성에 커다란 영향을 미치고 있다고 보고하였다. 또한 *Ps. fluorescens* AR11 proteinase의 D치 측정 결과 140°C와 150°C에서 대략 60초와 30초가 걸리는 것으로 나타났다.

저온성균 효소들이 초고온에서 내열성이 매우 강함에도 불구하고 최근에는 이러한 효소를 불활성화시키는데 오히려 낮은 온도가 효과적이라는 보고도 있다. 낮은 온도에서 실행하는 현상을 "reactivation" 또는 "low temperature inactivation(LTI)"라 불려지고 있으며 이것은 효소의 구조변화가 생겨 자기분해가 일어나기 때문인 것으로 알려지고 있다. Adams 등 (1976)은 LTI를 할 경우 UHT우유의 gel화를 방지할 수 있으며 보존 중에 쓴맛의 발생시간을 약 10배로 연장시킬 수 있다고 하였다. 효소활성의 최적 pH는 7~8로 pH 6.5에서도 최고활성치의 85~90%가 활

성하며, *Ps. aeruginosa* proteinase의 활동범위는 5.5~9.0이며 최적 pH는 7.3이다. 최적온도는 45°C이지만 실온에서도 최고치의 25%의 활성을 보였다. 이러한 연구결과들은 많은 저온성 단백질분해효소가 살균 또는 멸균온도에서도 완전히 파괴되지 않고 잔존함으로써 유통과정중 제품의 품질에 중대한 영향을 미치고 있음을 시사하고 있다.

### 3) Protease의 검출

Protease 생산균은 카제인을 함유하고 있는 agar 배지에서 집락 형성의 결과로 검출될 수 있다. Martley 등(1970)의 Ca<sup>2+</sup>을 함유하는 caseinate 배지는 감도가 높아 κ-카제인의 분해로 생기는 초기의 빠른 침전을 검출할 수 있을 뿐 아니라 세균의 집락 주위에 발생하는 clearing의 검출로 알 수 있다. 이 방법은 세균수와 단백질분해균의 동시검출과 원유의 질을 추정하는데 도움을 주지만 시간이 많이 걸리고 또한 우유의 protease 량

을 측정할 수 없는 결점이 있다. 현재까지 우유의 저온성 protease를 신속 정확하게 측정할 수 있는 마땅한 방법이 개발되어 있지 못하다.

우유의 단백질 분해를 검출하는데 PAGE와 SGE방법을 사용하고 있으나, 정량적 방법이 못 되고 너무 전문적이기 때문에 실제 공장에서 적용하기에는 곤란하다.

## 2. 지질분해 효소

### 1) Lipase에 의한 지방분해

원유에서의 저온성 지방분해균(psychrotrophic lipolytic bacteria)에 대한 분리동정이나 분포에 관한 보고는 별로 많지 않으며, 현재까지 발표된 문헌들에 의하면 *Pseudomonas* 균주에 속하는 균들이 단백질분해에서와 마찬가지로 지방분해에 있어서도 매우 강한 활성을 나타내고 있는 것으로 보고되고 있으며, 또한 *Flavobacterium*과 *Alcaligenes* spp.도 강한 지방분해력을 나타내는 것으로 알려져 있다.

Muir 등(1978)은 4℃와 8℃ 사이에서의 온도 차이가 저온성균의 발육과 지방분해에 상당한 영향을 미치는 것을 관찰하였으며, 6℃/48시간에서 대부분의 우유가  $1.7 \times 10^7$ cfu/ml 이상의 균수를 나타냈고 이 수치는 유리지방산의 농도와 일치하였다. Jensen과 Hansen(1974)는 저온성균을 우유에 접종하여 2~10℃로 24~48시간 배양한 결과 모두 유리지방산이 증가하였음을 확인하였다. 우유 및 유제품의 rancid화를 초래하는 지방분해는 주로 우유 유래의 native milk lipase에 기인하며 우유의 생산과 수송중 교반의 정도에 따라서도 달라진다.

살균유의 풍미결합(지방분해취)은 거의 대부분이 살균처리전의 원유의 상태에 기인하며 처리전 원유의 풍미결합이 살균유로 이행된다. 또한 저온성균 유래의 phospholipase에 의해 지방구피막물질이 제거되어 2차적으로 지방구가 lipase에 노출될 경우와 제품과정 중의 지나친 교반, 그리고 살균 균질시에 저온성균이 오염될 경우에는

세균성 lipase에 의한 지방분해가 쉽게 일어날 수 있다. 또한 *Ps. fluorescens* lipase에 의한 치즈의 rancid화에 관한 조사에서 Law(1979)는 지방구로부터 유산과 medium chain(C<sup>6</sup>~C<sup>10</sup>)의 'soapy' 지방산이 유리될 때 강한 off-flavor가 발생한다고 하였다. 원유의 lipase는 약 80%가 cream으로 이행되며 또한 그 중의 80%가 butter로 이행된다. 따라서 *Pseudomonas* spp.를 접종한 크림을 90℃로 2분간 살균한 다음 제조한 버터의 경우 5℃에서 2일간 보존으로 제품의 rancid화를 감지할 수 있다.

### 2) Lipase의 특성

대부분의 저온성균 유래 lipase의 상대수는 HTST 또는 UHT살균에도 쉽사리 파괴되지 않으며, 일부 연구보고에 의하면 *Ps. fluorescens* 27의 lipase가 90℃ 20분간 열처리에도 안정하였으며, *Achromobacter* sp. 1447의 lipase활성은 95℃ 10분, *Ps. fluorescens* R3에서는 80℃ 10분간 가열 처리에서 활성을 유지하는 것으로 나타났다.

*Pseudomonas* sp. lipase에서는 pH 5.8에서 열저항성이 최대로 되며 pH 6.5에서는 최대치의 8.3%밖에 활성이 인정되지 않았다<sup>2)</sup>. 저온불활성은 lipase의 경우에도 인정되고 있다. Fitzgerald와 Deeth(1983)에 의하면 100℃ 30초간 열처리에서 25% 이하의 실활을 보인 20시료중 17시료가 55℃ 1시간 처리로 활성이 저하되었으며, 다시 80~100℃로 가열할 경우 활성이 증가하는 시료도 있으며(최대 44%까지 상승), 그후 55℃로 다시 처리하여도 안정하였다. pH 6.0 이하에서는 지방분해가 일어나지 않는다. 그러므로 발효유제품에는 별로 영향을 미치지 못할 것으로 생각된다.  $10^7$ cfu/ml 이상의 지방분해 저온성균을 첨가한 우유로 Cheddar cheese를 만든 경우 4개월 저장한 후 cheese에 rancidity를 일으키기에 충분한 내열성 lipase가 발견되었으며 *Ps. fluorescens* AR11로 실험한 경우에도 비슷한 조건하에서 2개월만에 같은 결과를 나타냈다<sup>3)</sup>.

### 3) Lipase의 검출

고체배지에서 lipase생산균의 집락 형성을 검출하는 방법에 대해서는 일반적으로 triglyceride와 oil emulsions에서 지방분해로 생긴 clear zone의 생성이나 지방산이 유리됨에 따라 변하는 colored zone생성에 기초를 두고 있다. 원유에서의 세균성 lipase의 검출은 native milk lipase의 비교적 강한 활성 때문에 현재 양자를 구분할 수 있는 좋은 방법이 발견되지 않고 있다. 그러나 대부분의 저온성 lipase가 원유의 native lipase보다 내열성이 강하기 때문에 HTST 살균처리 우유에서 문제가 되는 것은 저온성균이 생산하는 lipase라고 할 수 있다.

우유에서의 유리지방산 측정에 근거를 둔 방법은 상당한 노력을 필요로 하며 분석 정밀도도 떨어진다. 또한 저온성 균수와 원유의 유리지방산 수준과 반드시 일치하지 않으므로 유리지방산 측정이 우유의 저온성균 lipase량을 반영한다고는 볼 수 없다. 현재의 분석방법으로는 colorimetric 또는 spectrophotometric 측정방법이 이상적이긴 하나 이 방법에서는 chromophore의 추출과 농축에 따른 불용성 또는 무색의 exogenous substrate로부터 세균성 lipase의 방출을 얼마나 정확하게 측정하느냐가 문제점으로 지적되고 있다.

### 3. Phospholipase

저온성균의 phospholipase C는 지방구막에 작용하여 native lipoprotein의 활성을 높여주는 것으로 알려지고 있으며, Fox 등(1976)은 저온보존유에서 분리한 phospholipase생산균 중의 62%가 *Pseudomonas*임을 보여주었으며, 또한 풍미상의 결함이 있는 균질유를 조사한 결과 냉장 온도에서 증식할 수 있는 phospholipase C 생산균이  $10^8$ cfu/ml이었다. Griffiths(1983)에 의하면 *Pseudomonas*의 평균 57%가 phospholipase C를 생산하며, 6°C에서도 지방구막을 파괴하는데 충분한 활성을 나타내며, 저온성균이 생산하는

phospholipase C는 UHT처리에 의해서도 파괴되지 않고 최대 57%의 활성이 남는다고 하였다.

## V. 문제점 및 대책

최근 우유의 냉장 저장이 일반화되어 원유의 일반세균수에 대한 저온성 균수의 비율이 크게 높아지고 있는 것으로 나타나고 있다. 냉장 우유 변질의 가장 중요한 원인균인 저온성균은 우유 생산단계에서 심하게 오염될 경우 집유과정과 공장의 저장 중에 증식하여 우유 단백질이나 지방을 분해하여 풍미의 악화를 초래하고 제품의 유통 중에 보존성의 저하와 함께 gel화 현상을 일으킨다.

일반적으로 저온성균은 열에 약하여 대개의 경우 63°C, 30분간 가열처리에 사멸되나 일부 그람 양성 내열성균은 살아남아 제품의 품질에 상당한 영향을 미친다. 세균의 열에 의한 사멸은 대수적으로 진행되기 때문에 최초의 세균수가 많을수록 잔존율도 높아지며, 또한 균종이나 균주 간에도 많은 차이가 있다. 그리고 살균처리 후 살아남는 세균은 거의 대부분 가열에 의한 상해를 입어 평판 배양에 의해 집락을 형성하지 못하므로 일반 세균검사 방법상에는 나타나지 않는 수가 많다. 그러므로 살균처리 직후에는 세균수가 적었던 제품이 6~7°C에서 7일간 저장한 후에 세균수가  $10^6$ ~ $10^8$ /ml에 달하였다고 하는 실험결과가 이를 뒷받침하고 있다. 또 하나의 문제는 살균전 원유의 그람음성의 저온성균이 증식하면서 생산한 내열성 효소가 살균처리에 파괴되지 않고 활성을 그대로 유지하면서 우유의 단백질이나 지방을 분해하여 우유중의 카제인의 불안정화, 우유의 응고, 유리지방산의 증가, 쓴맛의 생성 및 gel화의 원인이 된다. 또한 최근에는 *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Bacillus cereus* 등의 병원성 세균이 낮은 온도에서 증식하여 식중독을 일으킨 사례도 보고되고 있다. 그리고 처리과정 중 저온성균에 오염되었을 경우, 균수가 매우 적거나 열손상균 때문에 일반 검사법으로는 검출이 어렵고 또한 배양시간이 길어 상

당한 기간이 소요되며, 저온성균의 종류가 다양하고 그 성질이나 작용도 각기 다를 뿐 아니라 배양온도 등에 있어 중온성균과의 애매한 점이 많아 명확하게 구분되지 않는 경우도 많다. 또한 저온성균이 생산한 효소를 측정할 수 있는 적절한 방법이 없는 것도 문제점으로 지적되고 있다. 그러므로 저온성균에 의한 우유의 품질 저하를 방지하기 위해서는 다음과 같은 대책들이 필요하다.

1. 목장의 착유단계에서부터 철저한 위생관리와 소독으로 세균의 오염을 최대한 방지하고 냉각을 철저히 하여 세균의 증식을 억제하는 것이 최선의 방법이라 할 수 있다. 또한 착유기구나 탱크, 파이프라인 등의 CIP를 철저히 하여 세균의 오염을 최소화한다. 왜냐하면 저온 저장한 우유의 보존성은 발육속도가 일정한 조건하에서는 최초의 균수가 중요하며, 균수가 일정한 경우에는 저장온도에 따라 달라지기 때문이다.
2. 저온성균의 증식으로 인한 품질 저하를 방지하기 위해서는 농가 원유의 저장온도, 집유과정과 유통중의 제품의 저장온도를 철저히 5℃이하로 유지하는 것이 바람직하다.
3. 아울러 소비자들에게도 우유 냉각의 중요성과 이를 소홀히 했을 경우에 발생할 수 있는 문제들을 교육시키고 부엌에서의 HACCP 프로그램도 개발할 필요가 있다.
4. 원유의 일반세균수 측정을 위해 사용되고 있는 표준평판 배양법의 배양온도를 현재의 30~32℃에서 25~27℃로 낮추는 방법을 검토할 필요가 있다. 원유의 저온성 균수가 일반세균수보다 많을 경우 배양온도는 저온성균의 발육적온에 가깝도록 조정하는 것이 바람직하다.
5. 저온성균은 일반적으로 7℃에서 10일간 배양해야 하므로 한번 검사하는데 상당한 시일이 소요되고 현장에서 이용하기에는 문제가 많으므로 배양시간을 단축하여 쉽게 검출할 수 있는 방법도 연구 개발하여야 할 것이다.

## VI. 참고문헌

1. Adams, D.M., Barach, J.T. and Speck, M.L. : Effect of psychrotrophic bacteria from raw milk on milk proteins, *J. Dairy Sci.*, 59:823-827(1976).
2. Adams, D.M. and Brawely, T.G. : Heat resistant bacterial lipases and ultra high temperature sterilization of dairy products, *J. Dairy Sci.* 673-679(1981).
3. Bockelmann, I. Von. : 18th Int. Dairy Congr., 1E, p. 106(1970).
4. Fitz-Gerald, C.H. and Deeth, H.C. : *Aust. J. Dairy Technol.*, 38:97(1983).
5. Fox, C.W., Chrisope, G.L. and Marshall, R.T. : *J. Dairy Sci.*, 59:1858(1976).
6. Griffiths, M.W. : Synergistic effects of various lipases and phospholipase C on milk fat *J. Food Technol.*, 18:495-505 (1983).
7. Jensen, H.O. and Hansen M.S. : *Dairy Sci. Abstr.* 36:3160(1974).
8. Law, B.A. : Reviews of the progress of dairy science : Enzymes of psychrotrophic bacteria and their effects on milk and milk products, *J. Dairy Res.*, 46: 573-588(1979).
9. Martley, F.G., Jyashanear, S.R. and Lawrence, R.C. : *J. Appl. Bacteriol.*, 33:363-372(1970).
10. Mikawa K.H. : Psychrotrophic Bacteria in Milk, *Bulletin of Japan Dairy Technical Assoc.*, 45:1-15(1995).
11. Muir, D.D., Kelly, M.E. Phillips J.D. and Wilson, A.G. : *J. Soc. Dairy Technol.*, 31:137-142(1978).
12. 김대중, 정충일 : 국산원유의 미생물학적 품질개선에 관한 연구, *한국낙농학회지*, 15(2) :95-102(1993).



13. 남은숙, 정충일, 강국희 : 저장온도에 따른 원유의 단백질 분해에 관한 연구, 한국식품과학회지, 16(1):14-20(1996).
14. 정충일, 강국희 : “우유·유제품의 미생물학” 단행본, 유한문화사, p.32-61(1999).