

The Genus Bacillus 와 乳製品

서울대학교 농과대학 유가공학 낙농미생물학연구소

허철성 · 김현욱

I. 緒 論

乳加工産業이 발전함에 따라 유제품의 多樣化가 이루어졌고 品質의 손상없이 오랫동안 貯藏할 수 있는 제품을 만들기 위하여 지속적으로 많은 研究가 이루어져 왔다.

유제품의 저장성을 높이기 위하여 유내 미생물의 분포, 이들의 열저항성, 성장온도등이 연구되어 왔으며, 乳内에서 열저항성이 높은 Streptococci, Micrococci, Corynebacteria, 포자 형성 미생물 등이 발견되고 있다.⁽⁴⁴⁾ 이들 열저항성 미생물중 孢子 形成 微生物은 生乳内에 널리 존재하고 포자를 형성함으로써 열처리에 살아남아 액상유 및 각종 유제품의 腐敗를 일으킴으로써 저장기간을 단축시킨다고 알려졌다.^(13, 17, 37)

牛乳内 Bacilli에 대한 광범위하고 종합적인 보고가 1960년 Jane-Williams와 Franklin에 의해서 이루어졌으며 그후에 열저항성 미생물의 분포에 관한 연구가 계속 이루어졌다.⁽²⁸⁾

Bacilli는 低温殺菌乳^(28, 31) 뿐만 아니라 UHT처리乳⁽²⁸⁾에서도 살아남고, 최근에는 우유의 저온저장 기간이 길어짐에 따라 저온에서 성장할 수 있는 Bacilli가 특히 중요성을 가지게 되었다.^(22, 47) 또한 저온성 Bacilli는 열저항성, 저온 성장능력을 동시에 가짐으로써 냉장중의 유제품에서 sweet curdling, bitty cream, 식중독 등의 문제점을 유발할 수 있다.^(35, 9)

따라서 유제품의 저장기간을 늘리고 안전한 제품을 소비자에게 공급하기 위해서는 Bacilli의 분포, 열저항성, 부패현상, 식중독등에 관한 연구가 필요하다 하겠다.

본 總說에서는 Bacilli의 특성, 오염원, 분포, 열저항성, 유제품과 인체에 영향등에 관하여 살펴보고자 한다.

II. The genus Bacillus 속 微生物의 일반적 특성

The genus Bacillus는 1838년 Ehrenberg에 의해 처음 발견된후 많은 연구가 이루어져다. Bacillus의 분류에는 많은 난점이 있었으나, Smith⁽⁴²⁾ 등의 분류에 관한 연구후 많은 진전이 있어서 1973년 Gordon등⁽²²⁾의 분류방법이 제시되었다. 그는 Bacillus의 포자형태, Sporangium내에서 포자위치 등으로 I, II, III group으로 분류하고 생화학적 특성으로 종(種)을 분류 하였으나 많은 변이가 인정되고 있다.

1975년 Bergey's Manual 8판⁽³⁾에는 the genus Bacillus가 the genus Sporolactobacillus, the genus Clostridium과 함께 the Family Bacillaceae내에 속하고 있으며, spore를 형성하는 직간상형으로 크기는 폭이 0.3~2.2 μ m, 길이 1.2~7.0 μ m이며 대부분 lateral 편모에 의해 일반적으로 운동성을 가진다. Gram 염색에 대부분 양성이나 음성인것도 존재하고, 호흡과 발효를 겸하는 것과 그렇지 않은 것이 있으며 전자 전달계의 acceptor는 산소이고 nitrate에 의해 대체될 수도 있다. 또한 catalase를 생산하며 DNA의 G+C의 비율은 32-62 mole%이다.

Bacilli는 대부분 단백질 분해효소를 가짐으로써 우유내의 casein을 분해 할 수 있으며 호기성 종이 많고 온도, 습도 등이 성장에 불리한 조건일 때는 포자를 형성하여 물, 흙, 건조 등에서 오랜동안 살아남고 좋은 조건하에서는 다시 발아하여 성장을 계속할 수 있다.

III. 乳製品内的 Bacillus spp.

1. Bacillus spp의 오염원

Bacillus는 자연계에 널리 존재하며, 흙과 물이

가장 기본적인 오염원이고 이들은 乳牛와 馱과와 접촉, 사람, 동물, 착유기계, 공기등을 통하여 우유내에 오염된다.⁽⁴¹⁾

목장내에서 오염원은 공기, 물, 사료, 糞, 깔집, 사람, 착유기 등이며^(4, 27, 45, 46) Davis와 Wilkinson⁽¹⁹⁾은 착유기와 공기로부터의 오염은 상당히 적다고 보고 하였다. 또한 Barkley와 Delaney⁽¹¹⁾는 Bacillus cereus의 주요 오염원은 창고에서 보관된 brewers grain이라고 주장하였으며, 덜 세척된 착유기의 찌꺼기에서 미생물이 번식하여 주 오염원이 될 수 있음을 보여 주었고 pipeline gasket이 저온성 포자형성 미생물의 주요 오염원이라고 연구된 바도 있다.⁽⁴⁾

2. Bacillus, spp의 乳内分布

乳内에 존재하는 미생물의 분포는 우유의 취급상태, 수송, 저장, 가공에 따라 많은 변이가 있으며 또한 우유가 생산되는 지역, 기온에 따라 많은 변이가 존재한다. 원유 및 착유기계, 공장에 따른 Bacillus의 분포에 관한 연구가 1960년대에 많이 이루어졌다.⁽⁴⁶⁾

Martin⁽²⁸⁾은 우유내의 총균수와 포자형성균수의 관계에는 유의성이 없었으며 원유내 중온성 포자형성균은 50~5900 cfu/ml이고 평균 400~760 cfu/ml임을 보고하였고 이 포자형성 미생물의 약 95%가 Bacillus로서, 대부분을 차지하고 있으나 1000 cfu/ml 이상의 포자수는 거의 드물고 이보다 낮은수로 존재한다고 한다.

乳内의 포자수는 계절적으로 많은 변이가 있고 축사내에서 사육되는 겨울철에 우유시료의 27.3%가 Bacilli에 의해 오염되어 있었으나, 초지에서 사육되는 여름철에는 오염이 16.7%로 줄어들었다.⁽³⁷⁾ 또한 이는 성장하기에 적당한 여름철에는 온도가 낮은 겨울보다 포자를 덜 형성함으로써 얻어지는 결과라고 추측할 수도 있다. 여름철 原乳의 포자형성 미생물수는 평균 103 cfu/ml이고 겨울철 원유는 342 cfu/ml로 높았고, 가공처리후는 각각 0.45 cfu/ml, 0.57 cfu/ml로 약간의 차이 밖에 보이지 않았다.⁽⁴⁶⁾ 生乳에서 발견되는, 지금까지 보고된 Bacilli는 B. cereus, B. licheniformis, B. coagulans, B. stearothermophilus, B. sphaericus, B. megaterium, B. pumilus, B. firmus, B. brevis, B. circulans, B. marcerans 그리고 B. subtilis 등이다.^(9, 22, 29, 46, 47)

그러나 原乳에서 가장 우점되는 中温性 Bacilli는 B. licheniformis, B. subtilis, B. cereus 등이고 가공후에는 B. subtilis가 더 우점하는 경향을 보인다.^(17, 46)

또한 高温性 Bacilli로서는 B. stearothermophilus, B. calibolactis, B. coagulans가 발견되었다.⁽¹³⁾

일반적으로 乳製品에 가장 영향을 주는 미생물은 低温性 Bacilli이다. 저온성 Bacilli로 가장 많이 분포하는 것은 B. cereus,⁽²²⁾ B. coagulans,⁽²⁶⁾ B. firmus와 B. megaterium⁽⁶⁾ 등으로 보고되고 있으나, 분리조건, 연구자에 따라 많은 차가 있으며 최근 연구에서는 저온성 Bacilli가 많이 검출되고 있다. 이는 저온 냉장에 따른 저온성 포자형성 미생물이 생우유내에 우점되고 또한 저장기간의 연장 등에 의한 현상으로 보여진다.⁽⁸⁾

우유내에 Bacilli의 분포를 보면 Table 1과 같다.

IV. Bacillus 孢자의 性質

1. 發 芽(Germination)

포자는 성장에 알맞는 조건하에서 발아하지만 열, reducing agent, 낮은 pH, Ca-dipicolinic acid, ionizing radiation 그리고 여러 물질에 의해서 발아촉진이 이루어진다.⁽²³⁾ 우유내의 포자가 사멸온도에 못 미치는 처리를 받는다면 사멸효과 보다는 오히려 발아효과가 커져 살균유 뿐 아니라 UHT 처리 사유에서 조차 부패를 촉진시킬 수 있다.⁽³⁸⁾

포자의 발아현상은 우유를 기질로하여 많은 연구가 이루어졌으며, Martin⁽²⁸⁾은 121°C, 137°C의 1초간 열처리가 104.5°C, 1초 열처리 우유보다 포자의 발아는 촉진되나 실질적인 포자의 수는 감소한다고 보고하였다. 그는 그 원인을 강한 열처리로 인한 우유내 조건이 포자의 발아, 성장에 좋은 조건을 만들어 배지의 역할을 하기 때문이라고 주장하였다. 그외의 이유로는 乳内 열저항성 immunoglobulin을 파괴하여 sulfhydryl group의 이화학적 변화, 유내의 OR potential의 감소, 생세포가 이용하기 쉬운 물질의 생성등으로 설명하고 있다.^(31, 36)

고압증기멸균시 포자의 발아가 적은 이유로는 발아에 독소역할을 하는 물질이 생성되는 것이 아닌가 추측하고 있으며 Wilkinson과 Davies⁽⁴⁸⁾는 작은 분자량의 dialysable germinant는 고분자량의 non-dialysable과 저분자량의 dialysable 부분이 열처리에

Table 1. Occurrence of Bacillus, spp. in milks(%)

Source	raw milk (28)	rawmilk (22)	farm milk (46)	factory milk (46)	milks (32)	milks (9)
<u>Bacillus</u> , spp.						
<u>B. licheniformis</u>	43.3	19.9	34.2	51.3	50.9	16.30
<u>B. subtilis</u>			11.7	19.3	35.8	48.52
<u>B. cereus</u>	37.4	65.7			3.8	11.85
<u>B. coagulans</u>	3.7	10.1		9.0		4.81
<u>B. pumilus</u>	3.4		28.6	2.4	5.7	4.81
<u>B. sphaericus</u>	2.0				1.9	
<u>B. cerus var mycoides</u>	1.7					
<u>B. firmus</u>						1.49
<u>B. brevis</u>	1.3	0.4	12.3	10.2		1.13
<u>B. laterosporus</u>	1.0			0.6		0.37
<u>B. circulans</u>	0.7	1.1				1.49
<u>B. stearothermophilus</u>	0.7					2.56
<u>B. lentus</u>				0.6		5.15
<u>B. macerans</u>		0.4		0.6		0.76
<u>B. megaterium</u>		1.4	11.7	2.4		0.76
<u>B. polymixa</u>		1.1		1.2		
<u>B. alvai</u>					4.7	
Non-classified	4.7		1.5			

*Reference

의해서 생성된 물질이라 주장하였다.

그러나 UHT처리는 B. coagulans, B. cereus 포자의 발아에 영향을 거의 주지 않으며⁽³¹⁾ 75°C에서 20분 열처리시에 가장 발아가 쉽게 일어났다는 보고도 있다.

2. Bacillus, spp. 胞子の 열저항성

Bacillus 포자의 열저항성은 Ca-dipicolinate가 주원인이라 하여⁽¹¹⁾ 고온성 Bacillus 포자의 열저항성은 중온성 보다 크고, 중온성은 일반적으로 저온성보다 열저항성이 크다. B. stearothermophilus와 B. coagulans가 열저항성이 가장크고 B. cereus가 가장 낮다.⁽⁹⁾

Laine⁽²⁵⁾은 2°C와 20°C에서 성장시킨 포자의 열저항성 실험에서 D값이 2°C보다 20°C가 큼을 증명하였다. 탈지유에서 저온성 포자의 D값은 95°C에서 1.4~2.4분으로서 역시 저온성 포자의 열처리에 대한 저항성이 낮았고 Martin⁽²⁸⁾은 104.5°C에

B. laterosporus가 0% B. pumilus가 50%에 이르는 열저항성을 보고하였고, 121°C에서는 97.7% (B. licheniformis), 98.4% (B. laterosporus), 98.7% (B. megaterium)이고, 137.8°C에서 모든 실험균주가 99.99%의 사멸율을 보였다고 한다 (Table 2)

Davis⁽⁹⁾는 같은 실험에서 Bacillus, spp.의 적어도 20% 정도는 100°C, 30분간 열처리에서 살아 남았으며, B. cereus는 21.9%, B. coagulans, B. B. brevis, B. megaterium, B. laterosporus 그리고 B. stearothermophilus는 100% 살아 남았으며, 110°C 10분간 열처리에서 B. coagulans, B. stearothermophilus의 포자가 살아 남았으며 120°C, 10분간 열처리에서 B. coagulans가 15.4%, B. stearothermophilus가 71.4% 살아남았으나 130°C, 10분간 열처리에서 모든 Bacillus 포자가 사멸하였다고 하였다.

그러나 이러한 열저항성에 관한 연구들은 다음 5가지 요인을 고려해야만 한다.⁽⁴⁷⁾

1) 같은 종의 Bacillus, spp.라도 열저항성은 strain

Table 2. Effect of heat treatment on Bacillus spores⁽²⁸⁾

organisms	% destruction (1sec.)		
	104.5°C	121°C	137.8°C
<i>B. licheniformis</i>	16	97.7	99.99
<i>B. cereus</i>	25	99.98	"
<i>B. coagulans</i>	45	99.97	"
<i>B. pumilus</i>	50	99.99	"
<i>B. sphaericus</i>	45	99.99	"
<i>B. cereus var mycoides</i>	27	99.99	"
<i>B. laterosporus</i>	0	99.40	"
<i>B. megaterium</i>	4	98.70	"
<i>B. circulans</i>	19	99.99	"

에 따라 다를수 있다.

- 2) 열저항성은 포자형성 조건에 따라 다르다.
- 3) 열처리 조건과 방법에 따라 다르다.
- 4) 열처리중 우유내 조건의 변화에 따른 포자의 생존율은 촉진, 억제 될 수 있다.
- 5) 열저항성은 non-logarithmic일 수 있다.

V. 유제품내에서 Bacillus, spp.의 역할

포자형성미생물에 의해 일어나는 우유 및 유제품의 부패현상은 1960년 Jane-williams와 Franklin의 종합적으로 보고하였으며 1960년대에는 살균유, 원유내의 Bacillus, spp.의 검출이 주요 연구 대상이었으나 70년대에 이르러 Bacillus, spp.에 의한 부패현상, 보존기간 단축 열저항성에 대해 연구가 많이 이루어졌으며 최근에는 저온성 Bacillus, spp.에 대한 연구가 이루어지고 있다.⁽³⁵⁾

유처리에서 살아남은 포자가 발아하여 적당한 조건을 갖춘 우유 및 유제품에서 일정수준까지 성장하면 유제품의 변패, 독소형성으로 인한 식중독 위험을 보일 수 있다.⁽⁹⁾

1. Bacillus, spp.에 의한 부패

Bacillus, spp.에 의한 우유의 부패는 sweet curdling, bitterness, yeastiness, fruity flavor, sourness,⁽⁴⁰⁾ 등이고 4°C나 8°C에서 저장된 살균유의 주요 부패미생물은 B. cereus, B. licheniformis이다.⁽³⁴⁾

B. circulans는 fruity flavor 후에 rancidity가 일어나고 7°C 저장된 우유에서 B. laterosporus, B. coagulans가 성장하여 불쾌취가 나고 부패현상이 나타날때는 10⁷~10⁶cfu/ml의 Bacillus, spp.를 함유하고 있었다.⁽³⁹⁾

B. cereus는 유내에서 sweet curdling, 쓴맛을 주로 나타내며 sweet curdling은 여러 연구자에 의해 연구되었으며 5°C 내지 7°C 보관시에는 10일정도에 부패현상이 나타난다.⁽³⁵⁾

영국에서는 B. cereus의 중온성 strain이 sweet curdling과 bitty cream을 만드는 주요 Bacillus로 인정되었다.⁽¹²⁾ 또 체다 치즈에서 분리한 Bacillus는 치즈향에 거의 영향을 주지 않았으나 저온성 Bacillus는 향취와 질에 영향을 준다고 하였다.^(19, 20, 21)

우유뿐 아니라 다른 유제품, 크림^(1, 11) 분유⁽²⁴⁾ soft dessert⁽²⁸⁾ 등에서 B. cereus의 문제점이 보고되었다.

2. Sweet curdling

이 현상은 소비자가 발견할 수 없는 sweet curd가 형성되는 것으로서 B. cereus에 의해서 주로 일어난다.⁽⁷⁾

Sweet curdling 현상은 가장 많이 나타나는 유제품 변질로서 다른 Bacillus종보다 B. cereus가 좀더 잘 발아함으로서 일어난다.⁽⁴⁶⁾

Sweet curdling은 포자형성 미생물에 의한 rennin같은 효소에 의해 일어나고 저온성 Bacillus가 분비하는 효소는 열저항성 extracellular enzyme 으로서 UHT乳에서 단백질과 지방을 분해, 부패를 일으킨다.⁽³³⁾

B. cereus는 Exponential 성장기에서 sweet curdling을 일으키고, para-k-casein, sialic acid유리등이 sweet curdling 현상과 관계가 있으며 이에 관계되는 효소는 포자형성, 발아에 관계치 않고 영양세포 성장시에 분비된다.⁽⁵⁾

B. cereus에 의한 sweet curdling 현상은 pH가 거의 변하지 않는 현상이며 S. lactis로 발효된 체다치즈에서 B. cereus가 성장하였으며 pH 5.0이하에서는 B. cereus가 성장하지 못한것으로 알려졌다.⁽³⁰⁾

3. Bitty Cream

B. cereus는 sweet curdling 뿐만아니라 bitty cream을 일으키는데 이것은 뜨거운 음료와 혼합시에 乳内の cream 입자가 떠오르는 현상이며 이것은 유내 cream층에 포자가 성장함으로써 유발된다. 이는 또한 크림층에서 성장함과 동시에 유내 지방구 표면의 lecithin의 분해로 일어나는 복합적인 과정이다.⁽⁴³⁾

유지방구의 lecithin 분해는 lecithinase에 의해 일어나고, 이 효소는 B. cereus, B. cereus var mycoides 이외의 다른 미생물에서도 분비하나 B. cereus에 의해 주로 bitty cream이 유발된다.⁽⁴³⁾ B. cereus는 bitty cream plug 현상도 유발한다.

4. Bacillus, spp에 의한 식중독

열처리에서 하나의 포자라도 살아 남는다면 발아하여 증식한후 유제품의 부패 뿐만아니라 인체에 식중독을 유발할 수 있다. Bacillus중 식중독을 일으키는 종은 대부분이 B. cereus이며 그원인에 대하여 많은 연구가 이루어졌다.⁽¹⁴⁾ 또한 Bacillus cereus의 식중독에 관하여 종합적인 보고가 있다.⁽¹⁵⁾ 미국과 유럽에서 몇몇 보고들이 있으며 B. cereus 식중독은 food-borne infection이 아니라 food-borne intoxication으로서 독소에 의한 식중독으로 Clostridium perfringens와 유사한 증상의 식중독을 유발한다.⁽²⁾

식중독 증상은 어른보다 어린이가 약하며 B. cereus가 $25-110 \times 10^6$ cfu/ml일때 나타나며 잠복기는 보통 10시간이고, 설사, 구토, 메스꺼움, 뒷골이 아픈 증상이 나타난다.⁽¹⁸⁾

IV 結 論

이상에서 살펴본 바와 같이 Bacillus는 孢子를 형성함으로써 열처리에 살아남아 발아 성장을 하여 유제품의 부패, 인체에 식중독을 일으켜 제품의 질과 안정성을 떨어뜨리고 저장기간을 단축시킴으로써 경제적 손실을 유발할 수 있다.

Bacillus, spp의 존재는 현재 사용이 확대되고 있는 UHT(135°C, 3-5 sec)에서도 생존할 수 있으며, 흙, 물, 사료, 공기등에 널리 존재하고 있어서 유내에 오염되어 쉽게 문제를 일으킬수 있다.

Bacillus, spp는 유제품의 부패로서 yeastiness, fruity flavor, bitty cream, sweet curdling 현상을

일으키며 B. cereus는 식중독을 유발할 수 있다.

목장에서 위생적착유, 유제품의 철저한 살균, 정확한 냉장을 통하여 Bacillus의 발아 성장을 억제함으로써 부패현상을 막아야 할 것이다.

국내에서도 살균시유와 UHT유의 저장성 연장을 위하여 목장원유, 유가공장, 수송기구 등에 대한 종합적인 연구가 이루어져야 겠다.

VII. 参考文献

1. Barkley, M.B., and P. Delaney. 1980. An occurrence of bitty cream in Australian pasteurized milk. *Neth. Milk Dairy J.* 34:194-198.
2. Bonventre, F.P. and C.E. Johnson. 1970. *B. cereus* toxin. p. 415. In T.C. Montie, S. Kadis and S.J. Ajl[eds]. *Microbial Toxin III. Protein Toxins.* Academic Press. London and New York.
3. Buchanan, R.E. and N.E. Gibbson. 1974. *Bergey's manual of Determinative Bacteriology.* 8th ed. Williams and Wilkings. Baltimore.
4. Cannon, R.Y., 1972. Contamination of raw milk with psychrotrophic sporeformers. *J. Dairy Sci.* 55:669.
5. Chouldhery, A.K., and E.M., Mikolajcik. 1974. *Bacilli* in milk. 2 Sweet curd formation. *J. Dairy Sci.* 54:321-325.
6. Chung, B.H., and R.Y. Cannon. 1971. Psychrotrophic sporeforming bacteria in raw milk supplies. *J. Dairy Sci.* 54:448.
7. Collins, E.B. 1984. Heat resistant psychrotrophic microorganisms. *J. Dairy Sci.* 64:157-460.
8. Credit, C., R. Hedeman, P. Heywood, and D. Westhoff. 1972. Identification of bacteria isolated from pasturized milk following refrigerated storage. *J. Milk Food Technol.* 35:708-709.
9. Davies, R.L. 1975. Heat resistance of *Bacillus* species. *J. Soc. Dairy Tech.* 28:69-78.
10. Daives, F.L., and C. Wilkinson. 1973. *Bacillus cereus* in milk and Dairy products. pp. 65-67. In C. Hobbs and J.H.B. Christian [ed]. *The microbiological safety of food.* Academic press. London and New York.
11. Daview, J.G., 1969. *Microbiological examination*

- of cream. Dairy Inds. 34:55.
12. Franklin, J.G., 1969. Some bacteriological problems in the market milk industry in the U.K., J. Soc. Dairy Technol. 22:100-109.
 13. Franklin, J.G., D.J. Williams, and L.F.L. Clegg. 1956. A survey of the number and types of aerobic spore in milk before and after commercial sterilization. J. Appl. Bacteriol. 19:46.
 14. Gilbert, R.J., and A.J. Taylor. 1976. *B. cereus* food poisoning. In F.A. Skinner and J.G. Carr [ed]. Microbiology in Agriculture, Fisheries and Food. Society for Applied microbiology. Academic press. London.
 15. Goepfert, J.M., W.M. Spira and H.U. Kim. 1972. *Bacillus Cereus*: Food poisoning organism. A. Review. J. Milk Food Technol. 35(4):213-227.
 16. Gordon, R.E., U.C. Haynes, and C.H. Pang. 1973. The Genus *Bacillus*. Agricultural handbook No. 427. Agri. Res. Serv. U.S. Department of Agri.
 17. Grinsted, E., and L.F.L. Clegg. 1955. Spore forming organisms in commercial sterilized milk. J. Dairy Res. 22:178-190.
 18. Hauge, S. 1950. Matforgifzninger frenkalt av *Bacillus cereus*. Nordisk. Hyg. Tidsskr. 31:189-206. (Biol. Abstr. 25:1063, 1951) cited from 15.
 19. Jensen, J.P., G.W. Reinhold, C.J. Washam, and E.R. Vadamuthu. 1975a. Role of enterococci in cheddar cheese: Growth of enterococci during manufacturing and curing. J. Milk Food Technol. 36:613-618.
 20. Jensen, J.P., G.W. Reinhold, C.J. Washam, and E.R. Vadamuthu. 1975b. Role of enterococci in cheddar cheese: Proteolytic activity and lactic acid development. J. Milk Food Technol. 38:3-7.
 21. Jensen, J.P., C.W. Reinhold, C.J. Washam and E.R. Vadamuthu. 1975c. Role of enterococci in cheddar cheese: organoleptic considerations. J. Milk Food Technol. 38:142-145.
 22. Johnston, D.W., and J. Bruce. 1982. Incidence of thermophilic psychrotrophs in milk produced in the west of Scotland. J. Appl. Bacteriol. 52: 333-337.
 23. Keynan, A., and E. Evenchik. 1969. pp. Activation. 359-396. In I.G.W. Gould and A. Hurst [eds]. The bacterial spores. Academic press, London.
 24. Kim, H.U. and J.M. Goepfert. 1971. Occurrence of *Bacillus cereus* in selected dry food products. J. Milk Food Technol. 34:12-15.
 25. Laine, J.J. 1970. Studies on Psychrophilic *Bacilli* of food origin. Annales Academiae Scientiarum Fennicae. A. IV. Biologica 1969. 1-36 (cited from 8) .
 26. Langeveld, L.P.M., F. Cuperus, and J. Stadhouders. 1973. Bacteriological aspects of the keeping quality at 50°C of reinfected and non-reinfected pasteurized milk. Neth. Milk Dairy J. 27:54-65.
 27. Mackenzie, E. 1973. Thermophilic and psychrotrophic organism on poorly Cleaned milking plant and farm bulk milk tanks. J. Appl. Bacteriol. 36:457-463.
 28. Martin, J.H. 1974. Significance of bacterial spores in milk. J. Milk Food Technol. 37:94-98.
 29. Martin, J.H., 1981. Heat resistant mesophilic micro-organism. J. Dairy Sci. 64:149-156.
 30. Mikolajcik, E.M., J.W. Kearney, and T. Kristofersen. 1973. Fate of *Bacillus cereus* in cultured and direct acidified skimmilk and cheddar cheese. J. Milk Food Technol. 36:317-320.
 31. Mossel, D.A.A., E.H. Meursing, and H. Slot. 1974. An investigation on the numbers and types of aerobic spores in cocoa powder and whole milk. Neth. Milk and Dairy I. 28:149.
 33. Mottar, J., 1981. Heat resistant enzymes in UHT milk and their influence on sensoric changes during uncooled storage. Milchwissenschaft. 36: 87-91.
 34. Mourges, R., and Auclair, J. 1973. Keeping quality of aseptically packaged pasturized milk during storage at 4°C and 8°C. Lait. 53:481-490- (cited from 28).
 35. Overcast, W.W., and K. Atmaram. 1973. The role of *Bacillus cereus* in sweet curdling of fluid milk. J. Milk Food Technol. 37:233-236.
 36. Randolph, H.E., and I.A. Gould. 1967. Characterization of the natural inhibitor in skimmilk

- affecting lactic acid bacteria. *J. Dairy Sci.* 51:8.
37. Ridgway, J.D. 1955. Some recent observations on the bacteriology of sterilized milk. *J. Appl. Bacteriol.* 18:374-387.
 38. Roberts, W.M. 1961. Trends in Ultra-high temperature pasturization. *J. Dairy Sci.* 44:559-563.
 39. Shehata, T.E., A. Duran, and E.B. Collins. 1971. Influence of temperature on the growth of psychrophilic strains of *Bacillus*. *J. Dairy Sci.* 54:1579-1582.
 31. Mikolajcik, E.M., and M. Koka. 1968. *Bacilli* in milk. I. spore germination and growth. *J. Dairy Sci.* 51:1579-1582.
 40. Shehata, T.E., and E.B. Collins. 1972. Sporulation and heat resistance of psychrophilic strains of *Bacillus*. *J. Dairy Sci.* 55:1405-1409.
 41. Shehata, T.E., and E.B. Collins. 1971. Isolation and identification of psychrophilic species of *Bacillus* from milk. *Appl. Microbiol.* 21:466-469.
 42. Smith, N.R., R.E. Gordon and F.E. Clark. 1946. Aerobic mesophilic sporeforming bacteria. USDA Misc. Publ. No. 559.
 43. Stone, M.J., and A. Rowlands. 1952. "Broken" or MMgritty" cream in raw and pasteurized milk. *J. Dairy Res.* 19:51-62.
 44. Thomas, S.B. 1974. The microflora of bulk collected milk. Part I. *Dairy Ind.* 39:237.
 45. Thomas, S.B., and R.G. Druce. 1967. Incidence and significance of thermophilic bacteria in farm milk supplies: A reappraisal and review. *J. Appl. Bacteriol.* 30:265-298.
 46. Waes, G., 1976. Aerobic mesophilic spores in raw milk. *Milchwissenschaft.* 31:521-524.
 47. Westhoff, D.C. 1981. Microbiology of Ultra-high Temperature Milk. *J. Dairy Sci.* 64:167-173.
 48. Wilkinson, G., and F.L. Davies. 1973. Germination of spores of *Bacillus cereus* in milk and milk dialysates: Effect of heat treatment. *J. Appl. Bacteriol.* 36:485-496.