



우유의 열처리가 우유품질과 영양가에 미치는 영향: II. 열처리에 의한 우유의 미생물 사멸효과

김광현 · 박대은 · 오세종*

전남대학교 동물자원학부

Effects of Heat Treatment on the Nutritional Quality of Milk: II. Destruction of Microorganisms in Milk by Heat Treatment

Kwang-Hyun Kim, Dae Eun Park, and Sejong Oh*

Division of Animal Science, Chonnam National University, Gwangju, Korea

Abstract

The second article of 'Effects of heat treatment on the nutritional quality of milk,' titled 'Destruction of microorganisms in milk by heat treatment' and authored by Dr. Seong Kwan Cha, who worked at the Korea Food Research Institute, covers the heat-stable microorganisms that exist in milk after pasteurization. The article focusses on the microbiological quality of raw milk and market milk following heat treatment, and is divided into four sub-topics: microbiological quality of raw milk, survey and measurement of microorganisms killed in raw milk, effect on psychrophilic and mesophilic microorganisms, and effect of heat treatment methods on thermophilic microorganisms. *Bacillus* spp. and *Clostridium* spp. are spore-forming gram-positive organisms commonly found in soil, vegetables, grains, and raw and pasteurized milk that can survive most food processing methods. Since spores cannot be inactivated by LTLT (low temperature long time) or HTST (high temperature short time) pasteurization methods, they are often responsible for food poisoning. However, UHT (ultra high temperature) processing completely kills the spores in raw milk by heating it to temperatures above 130°C for a few seconds, and thus, the UHT method is popularly used for milk processing worldwide.

Keywords

psychrophilic bacteria, thermophilic microorganism, *Clostridium*, low temperature long time, Ultra high temperature

서론

Fig. 1은 1894년 5월 16일 미국 New York Times에 실린 기사 내용이다. "Pure milk for the poor (가난한 사람들을 위한 깨끗한 우유); Nathan Straus는 어제 4곳의 우유 집유소를 개소하다" 지금 우리의 시각으로 보면 이러한 내용이 기사에 나오는 것이 신기하게 느껴질 지도 모른다. 18~19세기의 우유 음용에 대한 현실, 우유의 열처리, 빈곤계층과의 관계 등을 보다 자세히 들여다 보면 충분히 이해될 수 있다. 1870년 뉴욕시 유아 사망률은 20% 수준이었고, 많은 경우 오염된 우유를 먹고 사망하였으며, 그 원인은 당시 우유에서 가장 빈번한 미생물 오염원인 결핵균(*Mycobacterium tuberculosis*)과 디프

Received: March 21, 2017

Revised: March 23, 2017

Accepted: March 23, 2017

*Corresponding author :
Sejong Oh, Division of Animal
Science, Chonnam National
University, Gwangju, Korea.
Tel : +82-62-530-2116,
Fax : +82-62-530-2129,
E-mail : soh@chonnam.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

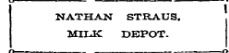


PURE MILK FOR THE POOR

FOUR DEPOTS OPENED YESTERDAY BY NATHAN STRAUS.

Extension of the Charity Begun Last June—Sterilized Milk at Low Prices to Save the Lives of Children—Aid Much Appreciated by the Beneficiaries—Preparation of Formulas for Food for Frail Children—Two More Depots Soon to be Opened.

Four milk depots were opened yesterday, each of which bore the sign:



The depots are at 317 East Ninth Street, 147 Eldridge Street, 22 Market Street, and at the pier at the foot of East Third Street. Each place has every convenience for keeping and selling milk.

These depots have been established by Mr. Straus for the sale of pure fresh and sterilized milk, and are extensions of the charity begun by him last June at the foot of East Third Street. At the East Third Street depot hundreds of poor families in the crowded tenement district of the east side were enabled to get the choicest fresh and sterilized milk at cost prices during the heated Summer months last year.

The special object of the charity is to educate the poor people to understand the value of sterilized milk as a food for their babies, and to supply it at a reasonable rate.

That the people of the east side had learned to appreciate Mr. Straus's charity was proved when the Third Street depot was opened yesterday. All day long the customers who patronized the place last Summer crowded the depot.

"I am so glad," one woman said, "to have the place open again, so that I can get the sterilized milk for my baby. It saved the life of one of my children last year." The woman was one of the purchasers, and she carried in her arms a little pale-faced child. The children had found out that the depot was to be opened again, and many of them were on hand to buy milk at a penny a glass.

Mr. Straus visited the East Third Street depot yesterday afternoon, and was greatly pleased to find that the sales had been so large. The other stations did remarkably well, considering the fact that they were new in their neighborhoods.

Mr. Straus said to a reporter for The New-York Times: "The work has started out well. The success of the milk depot last Summer has led me to extend the facilities. The only trouble is that the poor people do not yet fully understand the value of the sterilized milk as a remedy for the sickness of children and as a preventive. I have reduced the price of the sterilized milk to 5 cents a quart, which is below the cost price. It is possible that I may reduce the price still further. At present, however, I am not convinced that this would be wise."

Dr. A. Jacob, the specialist in diseases of children, is preparing, at Mr. Straus's request, formulas for foods for children. The foods now in market are too expensive for the poor people to buy. It is Mr. Straus's intention to supply these foods at cost prices in cases where they are required by frail children.

In enlarging the scope of this charity expense has not been considered. Mr. Straus's only thought is to save the lives of just as many children as he can. Fifteen persons will be required to look after the milk depots. Two more depots are to be opened near Fifth Street, one on the east side, and one on the west side.

At present the sterilized milk is prepared at the East Third Street depot, and sent from there to the other depots. A. R. Green is in charge of the sterilizing plant. If necessary, another place for preparing the milk will be established later in the season. The four depots are under the general superintendance of A. L. Kinkead, Mr. Straus's private secretary.

The milk is brought from Delaware County, N. Y. The prices fixed are: Sterilized milk, 5 cents a quart; raw milk, 4 cents a quart and 1 cent a glass. The sterilized milk is put in bottles of different sizes ready for use.

축사를 만들어 젖소에게 급여하였다. 그 당시에는 위생에 대한 인식이 거의 없었으므로 젖소 사육시설과 우유 배송시설이 매우 열악했을 뿐 아니라, 살균을 실시하지 않았기 때문에 원유에 함유되어 있거나, 2차 오염된 여러 병원성균의 생육으로 위생상의 문제가 빈번하게 발생하게 된 것이었다.

우유 살균이 법제화 되기 이전까지는 생유, 살균유가 각각 판매되었는데, 살균유의 경우 가격이 비싸 가난한 사람들이 살균 우유를 음용하기에는 경제적으로 어려운 상황이었다.

Fig. 1과 2에서 언급한 Nathan Straus라는 사업가는 미국의 Macy 백화점 공동 창업주로서, 가난한 사람들이 살균되지 않은 우유를 먹고 사망하는 것을 줄여보고자 뉴욕시에 4곳의 우유 집유소를 만들고, 살균된 우유를 가난한 사람들에게 공급했던 것이다. 실제로 자신의 아들이 오염된 우유로 인하여 사망하였기 때문에 살균우유의 공급이라는 자선사업을 할 수 있었던 계기가 되었을 것으로 생각된다. 약 110년 전 미국 백화점 공동 창업주의 사회봉사 정신은 안전한 우유가공기술을 마련하는데 초석이 되었을 것으로 생각된다.

초기의 우유 열처리의 목표는 주로 병원성 세균의 제거였으며, 이 목표가 달성된 이후에는 제품의 경제적 손실을 가져오는 부패성 세균의 제거에 초점이 맞추어졌다. 우결핵 및 결핵을 발생시키는 *Mycobacterium bovis*와 *Mycobacterium tuberculosis*는 LTLT (Low Temperature Long Time) 살균만으로도 사멸되기 때문에 LTLT는 오래전부터 우유 살균방법으로 널리 사용되어 왔다. 우유의 열처리온도를 높이고, 가열시간을 단축시키는 이론적 배경은 Q₁₀-value에 의한 것으로, 이는 HTST(High Temperature Short Time) 살균법의 이론적 근거가 되었다. 즉, 영양소는 미생물보다 Q₁₀-value가 높으므로 열처리 온도를 높이면 영양소 파괴 속도보다 미생물 파괴 속도가 더 빠르게 진행되기 때문에, HTST 살균과 같은 보다 경제적인 열처리 방법이 도입되었다. 그 후에 UHT 살균방법이 개발되었지만, 당시 기술로는 2차 오염을 방지하지 못하여 바로 생산 현장에 적용되지 않았다. 그러나 우유의 포장기술의 발달로 미생물

Fig. 1. New York Times published May 16, 1894.

테리아균(*Corynebacterium diphtheriae*) 등과 같은 병원성 세균에 기인한 것이었다. 이러한 사실은 당시 미국, 캐나다 등에서 심각한 사회적 이슈가 되기도 하였다.

18세기에 들어오면서 인구가 늘고 우유 소비가 증가하였는데, 특히 기차와 같은 운송수단의 확충은 보다 먼 생산지에서 도시로 우유의 배달을 가능하게 하였다(Fig. 2). 그 당시는 지금과 같은 cold-chain system도 아니고, 철도와 마차를 이용한 수송이 대부분이었기 때문에, 여름철의 경우 장거리에서 착유된 우유의 배송은 결핵균과 같은 병원성 미생물 오염도를 증가시키기 충분하였다.

미국의 뉴욕시와 캐나다 주요 도시들의 경우, 주로 맥주공장에 젖소 목장이 많았다. 맥주 제조 후 부산물(폐기물)로 나오는 맥과 효모찌꺼기를 가축의 사료로 이용하였으며, 대부분 바로 공장 앞에서



Fig. 2. Photo of Nathan Straus (1848-1931) (Left; https://en.wikipedia.org/wiki/Nathan_Straus) and delivery of raw milk (Center & Right; <https://en.wikipedia.org/wiki/Milk>)



2차오염을 방지하는 공정이 적용되면서 유통기한(shelf-life)을 획기적으로 증가시킬 수 있었다. 오늘날의 UHT(Ultra High Temperature) 살균방법은 우유의 변질을 발생시키는 내열성 포자까지 불활성화 시키고, 외부로부터의 오염을 차단하면서 포장 가능한 무균충전(aseptic filling) 공정의 적용과 함께 보편적인 우유의 살균 방법으로 사용되고 있는 것이다. UHT 살균(혹은 이와 동등한 열처리) 우유가 아닌 경우, 이들 미생물 포자가 상미기간 동안 발아되지 않고 섭취 시에도 그냥 위장 내에서 식중독을 일으키지 않기만을 바랄 뿐이다.

*Bacillus cereus*는 토양 및 채소, 곡류, 우유 등 식품 원료에서 흔히 발견되는 그람양성균으로 대부분의 식품 가공처리 과정에서도 생존 가능한 포자 형성균이다. LTLT 또는 HTST 살균방법으로는 포자를 불활성화 시킬 수 없기 때문에 *Bacillus* 속과 *Clostridium* 속 미생물 중 식중독을 일으키는 종들에 대해서는 주의를 기울여야 한다. 낮은 온도에서의 우유 열처리는 Bactofuge와 같이 보조적인 가공공정을 혼용하여 사용하더라도, 부패 미생물인 내열성 enterococci, micrococci 등은 완벽하게 제거할 수 없다는 점이다. 일부 유업체에서 사용하는 저온살균이라는 단어는 옳은 말이 아니다. 저온살균이란 단어에서 “저온”은 “low temperature long time”(저온장시간)에서 유래된 것으로 열처리를 오래 했다는 의미의 장시간(long time)이라는 단어를 빼고 저온(low temperature)만을 강조하여 사용한 것이다. 아마도 장시간을 뺀 이유는 오랫동안 열처리 했다는 것을 의미하므로, 회사가 추구하는 마케팅 전략과 부합되지 않아 인위적으로 빼고 사용했을 것이다.

“우유의 열처리가 우유품질과 영양가에 미치는 영향”의 두 번째 장은 원유 및 열처리 후 존재하는 미생물에 대한 내용이다. 이 글은 한국식품연구원(당시에는 한국식품개발연구원)에 재직하던 차성관 박사가 “열처리에 의한 우유의 미생물 사멸효과”란 제목으로 원유의 미생물적 품질이 열처리 후 시유의 미생물적 품질에 미치는 영향, 시유의 미생물적 품질조사 및 미생물의 사멸효과 측정, 열처리방법에 따른 저온성 및 중온성 미생물의 사멸효과 및 열처리 방법에 따른 고온성 미생물의 사멸효과 등의 총 4개의 부제목으로 작성한 것이다. 이 논문은 원유(raw milk) 및 시유(market milk)에 존재하는 미생물에 대하여 열처리 전 원유의 품질, 열처리 2차 오염, 열처리 온도의 영향 등을 체계적으로 고찰한 것으로 우유의 품질에 대한 국내 연구자에게 도움이 될 것으로 믿는다.

본 론

1. 원유의 미생물적 품질이 열처리 후 시유의 미생물적 품질에 미치는 영향

우유는 영양적으로 가장 풍부하고 이상적인 식품이라고 할 수 있는 반면에, 그만큼 미생물의 공격을 받아 더 빨리 부패될 수 있는 식품이기도 하다. 많은 나라에서는 살균처리 하지 않은 우유의 유통을 법적으로 금하고 있다. 즉, 스코틀랜드에서는 살균처리 하지 않은 우유를 식품으로 상품화 시키는 것이 법적으로 금지되어 있고, 영국에서는 호텔, 레스토랑과 같은 곳에 살균처리 하지 않은 우유를 공급하는 것이 법적으로 금지되어 있다(IDF Bulletin No. 200, 1986). 목장에서 위생적으로 착유된 우유는 가능한 한 빨리 온도를 낮추어 주어야 한다. 즉, 우유를 부패시킬 수 있는 부패 미생물의 오염가능성은 어느 곳이나 존재하기 때문에 또 우유를 아무리 위생적으로 착유하였다고 하더라도 우유 속에는 이미 mL당 수백 내지 수 만 마리의 미생물이 존재하기 때문에, 이러한 오염 미생물의 성장을 최대한으로 억제시켜 줄 수 있어야 하는 것이다(Foster 등, 1958). 원유의 미생물적인 품질은 열처리와 같은 살균처리를 거쳐 제조된 시유의 미생물적인 품질과 곧바로 연결된다고 할 수 있다. 열처리에 의한 살균방법은 저온살균, 고온살균, 초고온살균과 같이 여러 가지 있을 수 있지만, 같은 열처리 방법을 사용하였을 때 처음 원유 속에 미생물이 많이 들어있는 우유는, 미생물이 적게 들어있던 우유보다 열처리 후에도 미생물이 많이 남아있게 되는 것은 당연한 사실이다. 우유 살균처리의 중요한 목적은 인체에 유해한 병원균을 사멸시킴으로써 위생적으로 안정한 시유를 생산하는데 있지만, 또한 가지 중요한 살균처리의 목적은 원유 속에 함유되어 있는 미생물의 수를 최대한으로 줄여서 시유제품의 보존성을 높이는 것이라 할 수 있다(Westhoff, 1978).

원유우유의 미생물적 품질은 원유에 존재하는 미생물의 수와 미생물의 종류에 따라 결정된다. 그렇지만 원유에 오염되어 있는 미생물의 종류와 그 양은 낙농가의 위생상태라든가, 지역에 따라서 또 계절 등 환경변이에 따라서 매우 다양하다고 할 수 있다. 시유제품을 생산하기 위해서는 목장에서 생산된 우유는 시유공장까지 저장, 수송되어야 하는데, 이때 저장온도와 같은 저장상태와 수송상태가 시유 처리하기 위한 원유우유의 미생물적 품질에 중요한 영향을 미치게 된다(Langeveld와 Cuperus, 1980).

원유의 미생물적 품질에 대하여 지금까지 많은 문헌에 의하여 총설되고 연구조사가 발표되었는데(Franklin 등, 1956; Ab-Elnaga, 1966; Molska 등, 1977; Martin, 1981; Cousins과 Bramley, 1981; 中西武雄, 1983; Phillips와 Griffiths, 1986), Table 1에 는 양질의 원유 중에 발견되는 미생물의 종류와 그 출현빈도에 대하여 보여주고 있다.

원유의 미생물적 품질에 있어 질이 떨어질 때 즉, 원유속의 미생물

**Table 1.** 양질의 원유 중에 함유되어 있는 미생물의 종류와 출현빈도 (Cousins와 Bramley, 1981).

Group (genus)	출현빈도 (%)
Micrococci	30-99
<i>Micrococcus</i>	
<i>Straphylococcus</i>	
Streptococi	0-50
<i>Enterococcus</i>	
<i>Streptococcus</i>	
Asporogenous Gram positive rods	<10
<i>Microbacterium</i>	
<i>Corynebacterium</i>	
<i>Arthrobacter</i>	
<i>Kurthia</i>	
Gram negative rode	<10
<i>Pseudomonas</i>	
<i>Flavobacterium</i>	
<i>Enterobacter</i>	
<i>Klebsiella</i>	
<i>Aerobacter</i>	
<i>Escherichia</i>	
<i>Serratia</i>	
<i>Alcaligenes</i>	
Spore-formers	<10
<i>Bacillus</i>	
Miscellaneous	<10
<i>Streptomycetes</i>	
Yeasts	
Moulds	

수가 증가함에 따라서 발견되어지는 미생물의 종류도 달라진다고 할 수 있는데, 원유 속에 미생물 수가 증가함에 따라서 micrococci는 감소하고, 그람음성간균이 증가하는 경향을 보여준다(Cousins와 Bramley, 1981).

원유를 열처리하여 시유제품을 생산할 때 원유 및 시유제품의 미생물적 품질과 관련한 중요한 세가지 미생물그룹이 있다. 즉, 내열성균(thermoduric microflora), 내저온성균(psychrotropic microflora) 그리고 대장균군(coliforms)이다.

내열성균(thermoduric microflora)이란 63℃에서 30분간 열처리에도 생존하는 균을 말하는데 *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus*와 *Clostridium*의 포자, 그리고 *Alcaligenes* 등의 종류가 있다. 이들 내열성균들은 우유의 살균처리 과정에서 가장 문제

가 되는 균들이라 하겠다. *Microbacterium lacticum*과 *Bacillus*, *Clostridium*의 포자는 살균처리에 100% 살아남게 되고 *Micrococcus*의 몇 가지 종류는 열처리에 약한 종류도 있지만, *Alcaligenes tolerans*는 약 1~10%가 살균처리에 살아남게 된다. Streptococci와 lactobacilli는 1% 미만이 63℃에서 30분의 열처리에 살아남는 것으로 보고되고 있다(Cousins와 Bramley, 1981). 원유 중에 가장 많이 발견될 수 있는 내열성균은 micrococci로 39% 정도 차지하고 있고, 다음으로 많이 발견될 수 있는 것은 *Bacillus*의 포자로 약 30%를 차지하고 있다(Msrtin, 1981). *Clostridium* spp.의 포자는 혐기성 배양조건과 적당한 배지를 사용하였을 때만 검출될 수 있는데, 사일리지를 먹이는 겨울에 더 많이 검출되고, 방목을 하기 시작하면 clostridial 포자는 발견되는 수가 점점 줄어들어 mL당 1개 이하로 떨어진다. *Cl. tyrobutyricum*의 포자는 원유 속에 1개 이상만 들어있어도 그 원유로 그뤼에레치즈와 엠멘탈치즈를 만드는데 적합하지 않다(Cousins와 Bramley, 1981).

내저온성균(psychrotropic microflora)이란 5~7℃에서 7~10일 후 자랄 수 있는 균으로서 *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Aerobacter*, *Alcaligenes*와 같은 그람음성 간균류가 주로 이에 해당되는데, 그들의 약 50%는 *Pseudomonas* spp.가 차지하고 있고, 간균류에서도 *Bacillus*, *Arthrobacter*와 같은 속이 이에 속한다. 이들 내저온성균이 특히 문제가 되는 이유는, 우유의 열처리 과정에서 내저온성균은 사멸된다고 하더라도 그들이 자라면서 만들어낸 효소들 중에는 열에 파괴되지 않는 것들이 있기 때문이다. 최근에 내저온성균 중 내열성을 가지고 있는 *Bacillus* spp.들이 내열·내저온성균(thermoduric psychrotropic bacteria)으로서 문제를 일으키고 있는데, 이들은 냉장고와 같은 저온에서 자라나며, 또 살균처리에 제거되지 않기 때문이다(Coghill, 1982). 대장균군(coliform organisms) 혹은 *Escherichia coli*가 원유 속에서 발견된다고 하는 것은 이들이 직접적인 병원균의 오염을 나타내는 것은 아니지만, 이들의 출현은 분변계통 물질의 오염과 관계가 있으므로 병원균의 오염에 대한 간접적인 측정에 이들은 사용되고 있다. 이들 대장균 군에 속하는 몇몇 속은 내저온성균에 해당되는데 원유 중에서 10~30%까지 발견되고, 이들의 대부분은 *Aerobacter* spp.에 속하고 있다(Cousins와 Bramley, 1981).

원유의 미생물적 품질이 열처리 후 시유의 품질에 미치는 영향에 대해서 Patel과 Blankenagel(1972)들은 원유 속에 100만 마리 이상의 균이 있을 때 이들 원유를 가지고 만든 시유제품은 쓴맛과 같은 불만족한 풍미를 가지고 있음을 보고하고 있고, Suhren 등(1986)은 원유 속에 80만 마리 이상의 균이 있을 때 시유 생산에 있어 제품 풍미에 이상이 있다는 판정이 내려짐을 밝혔다. Niemierski 등(1982)은 여러 가지 다른 미생물적 품질을 가지고 있는



원유를 가지고 72℃, 74℃, 76℃에서 각각 17.2초, 31초, 43.1초 간의 열처리를 함으로써 총 균수, 내열성균수, 저온성균수, 포자형성균수 등에 대하여 어떠한 영향을 끼치는가 조사하였는데, 열처리된 우유속의 총 균수는 원유 속에 들어있는 내열성균수에 따라 좌우된다는 것을 발견하였다. 원유 속에 저온성세균이 있을 때와 없을 때 UHT처리우유의 품질에 어떠한 영향을 끼치는가에 대하여 (Blanc 등, 1984), 또 원유 속에 세균수의 많고 적음에 따라 UHT 처리 우유의 품질은 어떻게 달라지는가에 대하여 Gillis 등 (1995)은 조사보고하고 있다. Overcast와 Adams (1966)는 원유 속에 저온성 미생물이 많이 자랐을 때 우유의 살균처리 후 저온성 미생물의 성장에 어떠한 영향을 미치는가를 조사하였는데, *Brevibacterium lipoliticum*과 다른 저온성 미생물의 성장이 하루 이를 더 빨라짐을 발견하였다.

일본에서 조사·보고된 한 자료에 의하면 Table 2와 같은 일반세균의 열처리 방법에 따른 효과를 보여주고 있다.

Griffiths 등(1986)은 50℃와 72℃ 사이에서 여러 가지 온도를 취하고, 5초, 15초, 60초, 120초간의 열처리에 대한 우유의 살균효과에 대하여 실험하였는데, 70℃ 이상의 살균에서 포자형성균이 증가하였음을 보고하고 있다. 원유 중에 300만 마리의 미생물이 있을 때 원유의 관능검사에 이상이 있었고, 이러한 원유로 우유를 만들었을 때 관능검사에 이상이 있는 제품이 됨을 Suheren 등 (1979)은 실험보고를 하였고, 이들은 또한 살균우유에서 멸균포장을 하였을 때 제품을 6℃에서 저장하면 6일 이상의 보존성이, 그리고 9℃에서 저장하면 3일 이상의 보존성이 있음을 보고하고 있다. Ramanjaenyulu와 Vyas(1985)는 우유를 63℃에서 30분, 93℃에서 3분, 100℃에서 3분 열처리하여 상온에서의 그 보존성을 조사하였는데, 100℃에서 3분 열처리하는 방법이 clot on boiling test에서 가장 보존성이 우수함을 나타내었다고 보고하고 있다. *Pseudomonas*균이 많고 적은 원유를 20℃에서 저장하여 UHT 열처리 후 유리지방산이 생성되는지의 여부를 조사하였을 때, 100만 마리의 생균수/mL에서는 유리지방산이 생기지 않았으나, 천만 내지 1억 마리의 생균수/mL에서는 유리지방산이 생성하였음을 토대

로 Bucky 등(1987)은 시유의 저장중 지방질 분해를 줄이기 위한 방법을 고안하여 실험하였는데, 즉 UHT 열처리전에 60℃에서 5분간 원유를 열처리한 다음에 140℃에서 5초간 열처리함으로써 140℃에서 5초간 열처리만 한 경우보다 10%의 휘발성 지방산의 생성을 방지할 수 있었음을 보고하고 있다. 원유 중에 mL당 5만 마리 이상의 저온성 세균이 있을 때 살균처리된 우유는 저장성이 낮았고, 풍미에 이상이 있었으며, 가을과 겨울에 수집된 시료는 여름에 수집된 시료보다 품질이 낮았다고 Boyd 등(1955)은 보고하고 있다. 정(1987)의 연구보고에 의하면 우리나라 경기도 일대의 원유의 미생물적 품질은 1983년 이후 탱크로리의 도입 등 집유시스템의 개선으로 크게 향상되었지만, 저온세균의 문제가 상대적으로 대두하게 되었고, 1983년 여름철 원유의 경우, 일반세균수는 mL당 400만 이하가 냉각기에 의한 냉각저장에서는 전체의 51.5%이고, 지하수 냉각에서는 17.4%이었음을 보고하고 있다. 열처리한 우유는 UHT 살균유의 경우 5℃ 저장에서 9일후에 세균수가 mL당 300 이하였으며, HTST 살균유는 7일째부터 그리고 LTLT 열처리 경우는 3일 후부터 세균수가 mL당 4만 이상이 되었음을 보고하고 있다.

2. 시유의 미생물적 품질조사 및 미생물의 사멸효과 측정

1) 시유제품의 미생물적 품질조사

시유제품의 미생물적 품질은 시유제품 속에 들어있는 미생물의 종류와 그 양에 따라 좌우된다고 할 수 있는데, 통상적으로 시유의 미생물적 품질검사는 총 균수, 대장균군수, 내저온균수, 내열성균수, 호열성균수, 단백질분해균수, 지방분해균수, 호기성세균 포자수, 효모, 곰팡이수 등을 조사함으로써 미생물적인 품질을 추정하게 된다(Richardson, 1985).

이러한 여러 가지 미생물 품질조사 항목중 우유의 열처리와 주로 관계되는 것은 총 균수와 내열성균수, 호열성균수 그리고 호기성세균 포자수라 하겠다. 그 중에서도 시유의 살균처리에서 사멸되지 않고 살아남을 수 있는 내열성 미생물이 중요한 미생물이라 할 수 있는데, LTLT 및 HTST 열처리 후 사멸되지 않는 내열성 미생물로

Table 2. 원료우유와 살균우유내의 일반세균수 (CFU/mL) (中西武雄, 1983)

우유	계절	봄	여름	가을	겨울
원료우유		3.9×10^6	3.6×10^6	1.4×10^7	1.9×10^6
63℃, 30분		5.1×10^4	3.3×10^4	2.4×10^4	3.8×10^4
75℃, 15분		3.5×10^3	5.5×10^3	9.8×10^3	6.4×10^3
81℃, 15초		2.8×10^3	2.9×10^3	2.5×10^3	5.5×10^3
120℃, 순간		2	4	-	-

는 *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Microbacterium*, *Bacillus*, *Clostridium*과 같은 그람양성균들이 이에 속하고, *Alcaligenes*와 같은 그람음성균도 이에 속한다(Stadhouders, 1975). 이들 내열성 미생물들은 대부분이 중온성 혹은 호열성 미생물들이기 때문에 시유제품을 냉장고에 보존하였을 때 자라지 않지만, 최근에 몇 가지 내열성 미생물들이 냉장고에서도 자랄 수 있는 내열·내저온성 미생물임이 밝혀져 문제가 되고 있다(Washam 등, 1977; Mikolajcik과 Simon, 1987; Coghill과 Juffs, 1979; Collins, 1981; Martin, 1981; Coghill, 1982; Phillips와 Griffiths, 1986).

살균시유의 세균수와 관련된 미생물 품질에 대해서는 각 나라마다 식품위생법으로 그 수를 규정하고 있는데, 우리나라의 식품공전에는 살균 우유중 mL당 10 이하로 규정하고 있다.

시유 제품속에 존재하고 있는 미생물의 수와 종류는 시유제품의 미생물적 품질을 결정하는 동시에 시유의 보존성에도 영향을 미치게 되는데, Aggarwal & Sirinivasan(1986)은 *B. cereus*균이 우유중에 소량이 들어있다고 하더라도 시유의 보존성에 간과할 수 없는 영향을 미친다고 보고하고 있고, Chandler & McMeekin(1985)은 냉장고에서 자라는 저온성 미생물 *Pseudomonas*들이 살균직후에 10 CFU/mL 이하이었으나, 점점 증가하여 살균시유의 부패에 관계되는 것을 조사하였고, Donnelly & Busta(1981)들은 혐기성 포자 형성균이 시유제품의 품질에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구를 실시하였다.

李(1984)는 자유중국에서 수거된 변질된 UHT제품 37개로부터 40개의 균을 분리하여 동정을 실시하였는데, 13균주는 *Bacillus*였고, *Lactocacillus* 12균주, Yeast 5균주, *Micrococcus* 3균주, *Streptococcus* 3균주 그리고 *Pseudomonas* 2균주를 발견하였다. 시유제품의 미생물적 품질을 개선하기 위한 방법들에 대하여 많은 저자들은 실험보고하고 있는데, 원유에 유산균을 0.5% 첨가하였을 때 열처리 후 저온성균과 대장균군의 억제효과는 유의성있게 나타나지 않았지만, 원유의 보존성을 평균 1일 정도 연장시켜줌을 보고하고 있고(White와 Shilotri, 1979), ultrasonic처리와 열처리를 함께 처리한 우유의 내열성 미생물 streptococci의 사멸정도를 이들 처리를 각각 따로한 우유와 비교하였는데, 두 가지 처리를 함께한 우유의 사멸정도가 각각 따로 처리한 우유보다 6~11배 높은 사멸효과를 가져왔음을 보고하고 있다(Ordenez 등, 1984). Stadhouders (1982)는 원유에 64~68°C에서 10초간의 열처리를 하고 또 추가로 살균처리를 하여줌으로써 상대적으로 시유 중에 유산균의 증가를 가져올 수 있다는 보고를 하고 있고, Kessler & Horak(1984)은 55°C와 90°C 사이에서 여러 가지로 살균온도를 달리하고, 5초 내지 60초간의 여러 가지로 살균온도와 시간을 달리함으로써 또 이들 살균 처리된 우유들을 여러 가지의 저장온도에서 보존하였을 때 살

균우유의 저장성에 대하여 조사하였는데, 71~78°C에서 살균하여 5°C에서 저장하였을 때 저장성이 가장 좋다고 발표하였다. Zikakis (1986)는 유제품들의 저장성을 높이고, 품질을 높일 수 있는 방법을 제안하고 있다.

미생물의 검사방법은 나라별로 각각 다른 시스템을 가지고 있고, 똑같은 방법을 사용하지 않기 때문에 미생물의 품질 검사시에는 유의하여야 하는데, 총 균수 검사에 있어 우리나라의 식품공전에는 New Man 염색액에 의해 염색된 세균을 현미경으로 측정하는 것으로 되어 있고, 일반세균수는 표준평판법으로 표준 한천배지를 이용하여 35°C에서 48시간 배양하여 생성된 집락수를 계산하게 되어 있다. 미국 낙농제품의 표준검사방법에는 표준평판법으로 32°C에서 48시간 배양 후 생성된 집락수를 계산하여 세균수 검사를 하고 있고, 그 밖에 impedimetric method, plate loop method, spiral plate count method 등을 선택할 수 있게 되어 있다(Richardson, 1985). IDF 자료에 의하면 standard plate count agar에 0.1% 탈지분유를 첨가하여 배지를 만들고, 배양은 30°C에서 72시간 하게 되는 방법을 설명하고 있다(IDF standard 100A:1987, Provisional). 저온성균 검사에 있어서도 우리나라의 식품공전에는 표준평판법에 따라 25°C에서 72시간 배양시켜 생성된 집락의 수를 측정하게 되어 있는데, 미국 낙농제품의 표준검사 방법에는 표준평판법으로 7°C에서 10일간 배양하여 생성된 집락의 수를 계산하게 되어 있다(Rickardson, 1985). 저온성균 측정에 있어 두 가지 배양온도 즉, 4°C와 7°C에서 10일간 배양한 비교 실험 결과, mL당 100이하의 콜로니수가 4°C에서 91%이었는데, 7°C에서 76%인 결과를 Thomas 등(1960)은 얻었다고 보고하고 있다. 시유제품의 미생물적 품질조사 방법에 대한 실험보고를 많은 저자들은 하고 있는데, 우유중의 세균을 직접 현미경으로 계산할 수 있는 membrane filtration epifluorescent microscopy 방법이 Pettipher 등(1980)에 의하여 실시되어 이 방법은 값이 비싸지 않고, 시간도 시료당 25분밖에 걸리지 않은 빠른 방법으로 보고되어 있고, 우유 1mL 중에 천 마리 내지 1억 마리의 세균이 들어있을 때 이 방법이 응용된다고 설명하고 있다. 원유 및 시유의 미생물적 품질을 20시간 안에 또 간단한 기구와 배지로서 검정할 수 있는 water agar test를 Taylor(1971)는 개발하여 재래식 방법과 비교 실험하였는데, 원유 및 시유의 품질을 결정할 수 있는 매우 유용한 방법으로 보고하고 있다. Microtiter technique(Fung과 Kraft, 1968)에 의한 우유내의 중온성, 내저온성균 그리고 대장균수의 측정을 standard plate count 방법과 비교하여 실험한 결과, 이 방법은 통계분석에 의한 큰 신뢰도를 보여주었고, 시간, 물자, 공간을 절약할 수 있는 방법으로 추천하고 있다(Casas 등, 1977). Phillips 등(1984)은 우유시료에 nisin, penicillin, crystal violet



등을 첨가하여 21°C에서 25시간 배양한 후 빠르게 살균후의 미생물 오염을 발견할 수 있는 방법을 고안하여 실험하고, 시유제품의 85% 정도 살균 후 오염을 예견할 수 있었음을 보고하고 있다. 저온성균의 측정에 있어 7°C에서 10일간 배양은 너무 긴 시간이므로 Coghill과 Juffs(1979)는 21°C에서 25시간 배양시킴으로 저온성균을 측정하고 있다. Malthus analyser를 이용한 살균 후 미생물 오염을 측정할 수 있는 방법이 Visser와 Groote(1984)에 의하여 소개되었는데, 우유병이나 팩 속의 한 개의 그람음성균까지도 이 방법으로 발견하는 것이 가능하다고 보고하고 있다. Bishop과 White(1975)는 살균시유의 저장성을 측정하기 위한 방법으로 세균수의 검사(저온성균수, 총 균수, 그람음성균수, 개량된 저온성균수의 측정방법)와 대사산물에 의한 측정 방법 등을 비교하여 실험하였는데, 모든 세균수의 검사방법들과 Proteolysis는 살균시유의 저장성과 유의성 있게 상관관계를 나타내었지만 저장성을 예측할 수 없었고, lipopolysaccharide의 측정과 impedance방법이 살균시유의 저장성과 상당히 높은 상관관계를 보여주는 동시에 또한 저장성을 예측할 수 있는 회귀곡선을 보여주었음을 보고하고 있다. 시유의 미생물 오염도를 측정할 수 있는 penicillin agar test를 Loane(1973)은 실시하여 살균후 미생물의 오염도를 측정할 수 있는 유용한 방법으로 소개하고 있고, Tolle와 Suhren(1982)은 시유의 저장성을 측정할 수 있는 방법 즉, 오염균들의 성장과 저장성의 판단기준에 대한 방법을 제시하고, Limulus test와 관능검사에 의한 우유의 부패한계를 총 균수와 관계지어 설명하고 있다. Griffiths 등(1985)은 spiral plate를 이용하고, 살균시유 제품들의 미생물적 품질을 조사하였는데, 11%의 제품들이 100,000 CFU/mL 이상의 미생물을 함유하고 있고, 85%의 제품들이 1,000~10,000 CFU/mL 미생물을 가지고 있었음을 보고하고 있다.

2) 우유 미생물의 사멸효과 측정

원유를 열처리하여 시유제품을 제조할 경우, 시유제품 속에 남아있는 미생물의 종류와 수는 원료우유에 얼마만큼 미생물이 함유되어 있고, 어떠한 종류의 미생물이 들어있는가에 따라서 또 어떠한 열처리를 하였을 때 원유 속에 미생물이 많이 들어있으면 시유속에도 미생물이 많이 들어있다고 말할 수 있는 것이다. 이것은 어떠한 미생물의 D-value(어떤 일정한 온도에서 미생물 또는 포자의 수를 10분의 1로 감소시키는데 필요한 시간)가 일정하기 때문이다. 미생물의 사멸은 또한 열처리 온도가 높아짐에 따라 기하급수적으로 커진다고 할 수 있는데, 이에 따라 Z-value(D-Value를 10분의 1로 감소시키는데 요하는 온도상승치)로서 어떠한 미생물의 사멸되는 정도를 나타내기도 한다. 온도를 10°C 상승시킬 때 미생물의 사멸속

도가 얼마나 빠르냐 나타내는 값으로서 Q_{10} -value(Kessler, 1976)를 사용하고 있고, F-value란 어떤 일정한 Z-value에서 미생물이나 포자의 사멸을 위한 열처리할 때의 가열과 냉각과정의 모든 합산된 열처리의 측정치를 분으로 나타낸 시간인데, Z-value가 10°C (18 °F)이고, 온도가 121°C(250 °F)에서의 F-value를 F_0 -value라 하고, F_0 -value는 공장에서 제품을 생산해 낼 때 멸균처리 공정을 나타내는데 사용된다.

이러한 D-값, Z-값, Q_{10} -값 혹은 F-값은 실험방법 또는 실험목적에 따라 다르게 사용되는데, 가장 일반적으로 많이 사용되는 미생물의 열처리에 의한 사멸정도를 나타내는 방법은 D-값과 Z-값이다. 저온에서의 실험실적인 Q_{10} -값의 계산과 공정에서 150°C까지의 UHT열처리할 경우의 Q_{10} -값의 계산이 일치하지 않는다는 보고에 대해서 Davies(1975)는 실험을 한 결과, Q_{10} -값은 저온에서나 고온에서나 일정하다는 실험결과를 얻고, 일치하지 않는 값이 나온 것은 다른 이유일 것이라는 주장을 하였다. F_0 -값 즉 Z-값이 10°C이고, 온도가 121°C에서의 F-값은 공장에서 제품을 생산해 낼 때 멸균처리 공정을 표시하는데 흔히 사용하는데, 예를 들어, 미국 FDA에서 의약품에 요구되는 F_0 -값 8이라는 것은 *Clostridium botulinum*의 포자 사멸효과를 고려한 Z-값 10°C에서 또 멸균온도 121°C에서 8분간 열처리하여 주는 것을 의미하는 것이다(Wallhausser, 1987). UHT 열처리를 할 때 미생물 포자의 사멸정도를 측정할 수 있는 기구를 고안하여 Segner 등(1982)은 사멸효과 측정실험을 하였다.

3) 열처리 방법에 따른 저온성 및 중온성 미생물의 사멸효과

(1) 저온성 및 중온성 미생물의 정의

저온성 미생물은 내저온성 미생물(psychrotroph)과 호저온성 미생물(psychrophile) 두 가지로 구분하여 정의할 수 있는데, Brock과 Madigan(1988)에 의하면 호저온성 미생물이란 0°C에서 자랄 수 있는 미생물로 이들 미생물 중에 최적성장온도가 15°C 이하이면 strict psychrophile로, 최적성장온도가 25~30°C면 Facultative psychrophile로 정의하고 있다. 이 때 Facultative psychrophile을 내저온성 미생물과 같은 의미로 사용하고 있다. 우유 및 유제품에서는 호저온성 미생물은 극히 드물고, 주로 내저온성 미생물이 발견되기 때문에 우유에서의 저온성균은 곧 내저온성균을 의미할 수 있다. 저온성균의 측정은 우리나라의 식품공전에서는 표준평판법에 따라 25°C에서 72시간 배양시켜 생성된 집락의 수를 측정하게 되었고, 미국낙농제품의 표준 검사법에는 표준평판법으로 7°C에서 10일간 배양하여 생성된 집락의 수를 계산하게 되어 있다 (Richardson, 1985).

낙농제품에서 발견될 수 있는 저온성 미생물에는 주로 그람음성, oxidase positive, 포자를 형성하지 않는 균들 즉, *Pseudomonas*, *Flavobacterium* 그리고 *Alcaligenes*가 주축을 이루고 있다. 때로 이들 그룹에 catalase negative인 *Acinetobacter*가 속하기도 한다. 이들 중 원유에서 가장 많이 발견되는 세균은 *Pseudomonas*로 그람음성균의 약 50%를 차지하고 있고, *P. fluorescens*가 주류를 이루고 있다(Cousins & Bramley, 1981). Okazaki & Bessho (1968)는 우유 및 기타 식품에서 235개의 내저온성세균들을 분리하여 동정한 결과, 68.6%가 *Pseudomonas*이었고, 13.2%가 *Micrococcus*, *Alcaligenes*가 9.3%, 그리고 *Aeromonas*가 6.8% 발견되었음을 보고하고 있다. Yamamoto 등(1981)도 시유에서 저온성 미생물들을 661균주 분리하여 동정하였는데, *Pseudomonas*가 46.7%이었고, *Acinetobacter*가 9% 그리고 *Bacillus*가 7.1% 발견되었음을 보고하고 있다.

중온성 미생물(mesophilic microorganism)이란 20~45℃의 범위에서 잘 자라는 미생물로서 정의될 수 있다(Brock과 Madogan, 1988; Stanier 등, 1986). 우유의 세균수 검사에서 30~35℃의 배양온도에서 생성된 집락수를 계산하는 것은 바로 중온성 미생물의 수를 계산하는 것이라 할 수 있다.

(2) 열처리방법에 따른 저온성 및 중온성 미생물의 사멸효과

일본의 Yamamoto 등(1981)이 조사한 바에 의하면, Table 3에서 보여주는 것과 같이, 총 40개 우유회사중 UHT열처리를 하는 24개 회사의 제품에서는 내저온성 미생물이 발견되지 않았고, LTLT와 HTST 열처리를 하는 회사의 제품에서는 mL당 1,000개까지의 저온성 미생물이 발견되었음을 알 수 있다.

이들 내저온성균들의 수는 열처리 직후에는 거의 나타나지 않지만, 열처리한 제품을 6~7℃에서 7일간의 저장 후에는 이미 mL당 10만 내지 100만 마리의 내저온성 미생물이 발견되었음을 Nakaniishi (1983)는 보고하고 있다. 김(1982)에 의하면, 우리나라의 UHT 처리우유의 미생물적 품질의 조사결과 세균수는 4개 회사의 제품

은 5℃ 저장의 경우, 4일까지 mL당 100마리 이하이었으나, 2개 회사제품은 3일 이후 4만 이상으로 나타났고 저온세균수의 경우 역시 4개회사의 제품은 4일까지 mL당 100마리 이하이었으나 2개 회사의 제품은 3일 이후 100만 마리 이상으로 나타난 것으로 보고되었다. 황과 조(1981)의 실험에 의해서도 저온세균들이 UHT열처리 직후에는 나타나지 않지만, 시유의 저장 중 저온세균의 증가를 보고하고 있고, 원유 중의 저온세균은 계절별로 여름에 겨울보다 4배 정도 많은 수를 나타내었다고 보고하고 있다.

Macaulay 등(1963)은 *Pseudomonas*, *Alcaligenes*와 같은 저온성 미생물을 가지고 73℃에서 16초간의 열처리를 하였을 때 균의 사멸효과를 조사하였는데, 약 10,000개의 균을 사멸시킬 수 있었고, *Alcaligenes*가 *Pseudomonas*보다 사멸효과는 적었고, 사멸효과는 초기의 균수에 따라 그리고 저장시간에 따라 달라졌음을 발견하였다. 미생물의 열처리에 의한 사멸효과 실험결과, 미생물의 열에 의한 사멸은 어떠한 물리, 화학적인 법칙에 의해 설명할 수 없고, 또한 미생물의 열처리에 대한 저항성은 미생물들의 생육기 혹은 미생물의 배양온도에 따라 다르다는 것 그리고 오랫동안의 외부영향에 의해서 열저항성이 높아질 수 있음을 Christophersen (1951)은 보고하고 있다. Nichols와 Wolf(1945)는 bacteriophage의 열저항성에 대해서 실험 보고하고 있고, Prouty(1953)는 우유 중의 미생물의 사멸효과에 미칠 수 있는 여러 가지 영향에 대해서 설명하고 있다. 62℃에서 25분간의 열처리와 71.5℃에서 16초간의 열처리를 하였을 때 생존한 미생물의 분포를 조사한 결과, 전자에서는 68℃의 미생물이 streptococci이었고, 24%가 micrococci이었으나, 후자의 열처리에서는 뒤바뀌어 30%가 streptococci이고, 60%가 micrococci임이 밝혀졌다(Hileman 등, 1941). *Micrococcus freudenreichii*균의 우유와 아이스크림에서의 열에 의한 사멸효과 실험결과 99.99%의 사멸효과를 얻기 위한 열처리 시간은 우유에서보다 아이스크림에서 2~4배 더 필요함이 발견되었다(Speck, 1947). 원유에서는 *Streptococcus*가 주로 발견되었으나, 살균시유에서는 streptococci 이외에 microbacteria, micrococci 그리고 호기성 포자 형성간균들이 균수를 세기 위한 배양시간이 지남에 따라 점점 더 많이 발견되었고, microbacteria는 37℃의 배양에서는 발견되지 않고 30℃와 22℃의 배양에서 배양 초기부터 많이 검출되었음이 보고되었고(Ashton, 1950), Galesloot (1951)는 살균시유에서 주로 발견되는 미생물은 aerobic bacilli, microbacteria, thermophilic streptococci, thermophilic micrococci, *Alcaligenes viscolactum*과 기타 *Pseudomonas*, *Flavobacterium*이라고 보고하고 있다. 원유와 시유에서 검출되는 호저온성세균에 대한 조사결과, 원유 중에는 68% 이상의 시료에서 시유중에는 41%의 시료에서 mL당 만 개 이상의 호저온

Table 3. 일본의 40개 우유회사의 시유제품중 저온성미생물이 발견되는 정도 (Yamamoto 등, 1981)

Psychrotrophic (counts/mL)	Pasteurization method		
	UHT	HTST	LTLT
0	24	-	-
1	5	-	3
10	-	3	-
100	-	-	2
1,000	-	3	1



성세균이 발견되었고, 실험실에서 행한 살균시료에서는 10개 미만의 호저온성 세균이 발견되었음이 보고되었다(Thomas와 Chandra Sekhar, 1946). 살균시유에 있어 *Pseudomonas*의 출현과 역할에 대하여 조사하기 위해서 Kielwein (1971)은 *Pseudomonas*를 200균주 분리하여 동정한 결과, 57%는 *P. fluorescens*였고, 14%는 *P. putida*, 14%는 *P. putrefaciens*에 그 밖에 *P. fragi*, *P. taetrolens* 등으로 구성되었으며 이들 *Pseudomonas*를 다시 살균시유에 오염시켰을 때 *P. fragi*와 *P. putrefaciens*에 의해서 심한 부패를 발견할 수 있었다고 보고하였다. 원유를 69°C, 74°C, 78°C에서 각각 40초간 열처리하였을 때 열처리 전·후에 미생물의 조성이 어떻게 변하는가에 대해서 Kandler (1960)는 실험하였는데, 원유에서는 streptococci가 80%이고, 그람 음성균이 20%이었으나, 모든 세 가지의 열처리 후에는 그람음성균은 발견되지 않았고, 열처리 온도가 낮았을 때는 산을 늦게 생성하는 faecalis와 같은 streptococci가 주류이었으나 열처리 온도가 높아갈수록 micrococci와 coryneform bacteria가 늘어나는 경향을 보였다고 보고하였다. 원유를 71°C에서 127°C 사이에서 5.7°C씩 온도를 높여가며 10가지 다른 온도에서 0.6초씩 열처리된 우유는 4.4°C의 냉장고에서 일주일의 보존성을 가지지 못했고, 104°C 이상의 온도에 처리된 우유들은 모두 시중의 살균 우유보다 더 나은 미생물적인 품질을 가지고 있었음을 보고하고 있다.

Abo-Elnaga(1966)는 60°C에서 85°C까지의 여러 가지 온도에서 40초씩 우유의 열처리에 의한 미생물의 사멸효과를 실험하였는데, 60°C의 열처리에는 50%의 세균이 사멸되었으며, 65°C까지는 *Streptococcus lactis*, *S. cremoris*, *coli aerogenes*가 사멸되었으며, 72°C에서는 coagulase 양성인 Staphylococci가 사멸되었음을 밝혀내었다. HTST 열처리에 주로 살아남는 균은 *S. thermophilus*와 *S. bovis*였으며, *Microbacterium* spp., *M. candidus*, *M. conglomeratus*, *M. leteus*, *M. caseolyticus*와 같은 세균들도 발견되었는데 이들 microbacteria는 80°C의 열처리에도 사멸되지 않는다는 것을 발견하였다. Elliker 등(1964)은 호저온성 미생물과 살균우유의 보존성과의 관계를 설명하였고, Daous 등(1965)은 streptococcal bacteriophage의 열에 의한 사멸효과와 이에 미치는 여러 가지 영향에 대하여 조사 보고하고 있다. 원유 속에 *Pseudomonas*와 같은 내저온성 미생물이 많으면 많을수록 세균의 열에 대한 사멸효과는 더욱 적어졌으며, 88°C에서 10초 혹은 95°C에서 많을수록 세균의 열에 대한 사멸효과는 더욱 적어졌으며, 88°C에서 10초 혹은 95°C에서 5초의 열처리보다 72°C나 79°C에서의 15초간의 열처리에서 세균의 사멸효과가 더 높았다고 Weckback과 Langlois(1977)는 실험보고하고 있다. 72.5°C에서 25~30초의 살균처리를 연달아 두 번 하였을 때, *Microbacterium lacticum*이 분

리되었다고 Mantere-Alhonen (1969)은 보고하고 있다. 김(1987a)은 우리나라 지역별로 원유를 공급받아 혼합원유의 미생물검사를 실시하였는데, 봄에는 생균수가 3.7×10^6 , 대장균수가 2.3×10^5 인 결과를 얻었음을 발표하였다. 또한 김(1987b)의 실험에 의하면, 세균수가 6.9×10^6 인 원유를 가지고 65°C에서 30분 열처리한 결과, 99%의 세균이 사멸되었음을 보고하고 있다. 김(1987c)의 다른 실험에 의하면 역시 세균수가 6.9×10^6 인 원유를 가지고 79°C에서 15초 열처리하였을 때 99.65%의 세균이 사멸되었고, 80°C에서의 15초간의 열처리에는 99.95% 그리고 90°C에서 15초간의 열처리에서는 99.99%의 세균이 사멸되었음을 보고하고 있다.

(3) 열처리 방법에 따른 내열·내저온성 미생물의 사멸효과

Grosskof와 Harper, 1969)들이 원유에서 또 시유에서 내열·내저온성 미생물(thermoduric psychrotropic bacteria)을 분리하였다고 보고한 이래, 많은 저자들은 이들 미생물의 시유에서의 중요성을 강조하고 또한 많은 실험결과들을 보고하고 있다(Chung과 Cannon, 1971; Shehata 등, 1971; Shehata와 Collins, 1971, 1972; Langveld 등, 1973; Washam 등, 1977; Mikolajcik과 Simon, 1978; Cogihill과 Juffs, 1979; Collins, 1981; Coghill, 1982; Phillips와 Griffiths, 1986). 지금까지는 내저온성 미생물로 *Pseudomonas*, *Alcaligenes* 같은 미생물들이 원유 중에 많이 오염되었을 때, 그들이 만들어내는 효소들로 인해서 혹은 post-contamination에 의한 문제들 뿐이었지, 내저온성 미생물들은 열처리에 약한 것으로 알려져 있어, 살균처리 과정중 이들 내저온성 미생물들의 열처리에 의한 사멸효과는 그다지 문제되지 않았었는데, 이러한 내열·내저온성 미생물의 등장으로 우유의 살균처리 과정에서 관심을 불러 일으키게 되었다. 즉, 이들 내열·내저온성 미생물들은 살균처리에 살아남을 수 있고, 또 냉장고와 같은 저장온도에 있어서도 성장을 할 수 있기 때문에, 살균시유를 부패시킬 수 있는 중요한 미생물 그룹으로 등장하게 된 것이다.

Shehata와 Collins(1971)는 97개의 원유시료를 80°C에서 10분간 열처리한 후 4~7°C에서 3주 내지 4주 배양시켰을 때 30% 시료에서 7°C 이하에서 성장하는 *Bacillus*가 분리되었음을 보고하고 있다. 또한 Chung과 Cannon(1971)은 원유시료 중 83%의 시료가 포자형성하는 내저온성 세균을 함유하고 있다고 발표하였고, Washam 등(1977)은 227개 살균유 시료에서 내저온성 세균들을 분리하였는데, 분리된 700개의 균중 135개는 72°C에서 16초간의 열처리에 사멸되지 않았고, 또 이들은 다시 7.2°C의 배양온도에서 생육함을 발견하였다. 또한 이들 분리된 균주들을 동정한 결과, 포자형성균인 *Bacillus*가 주류를 차지하고 있었고 *Arthrobacter*, *Microbacterium*, *Streptococcus* 그리고 *Corynebacterium* 등과 같은 포

자형성균이 아닌 속도 동정되었음을 보고하였다. Mikolajcik과 Simon(1978)의 실험보고에 의하면 109개의 원유시료를 80℃에서 12분씩 열처리 하였을 때 87%의 시료들은 내저온성 포자형성균들의 수가 mL당 10 이하이었으나, 이들 열처리된 우유를 7℃에서 2주 배양하였을 때 저온성균수가 mL당 10만개 이상으로 되었으며 내열·내저온성 미생물들은 열처리된 우유를 부패시킬 수 있다고 주장하였다. 혐기성 포자형성균인 *Clostridium*이 저온성 미생물에 속한다는 연구보고가 있고(Bhadsvle 등, 1972), Coghill과 Juffs(1979)들의 실험에 의하면 내저온성 포자형성세균이 시유와 크림중에 31%나 발견되었는데 이들을 동정한 결과, *Bacillus cereus*, *B. megaterium*, *B. coagulans*, *B. licheniformis* 그리고 *B. firmus* 등과 같은 *Bacillus* 속으로 밝혀졌고 *B. cereus*가 가장 많이 발견되는 종류로 보고되었다. Langeveld 등(1973)은 *B. circulans* 세균이 5℃에서 저장된 우유의 부패를 일으킬 수 있는 균이라고 보고하고 있고, Coghill(1982)은 350개의 내열·내저온성 미생물들을 분리하여 73℃, 75℃ 및 85℃에서 각각 15초씩 열처리 하였을 때 생존할 수 있는 미생물들을 조사하였다. Phillips와 Griffiths (1986)에 의하면 살균 유제품에 *Bacillus* spp.의 계절적인 오염을 살펴보았을 때 여름과 가을에 많은 내저온성 *Bacillus*의 오염이 있었다고 보고하였다.

4) 열처리 방법에 따른 고온성 미생물의 사멸효과

(1) 고온성 미생물의 분류 및 출현빈도

고온성 미생물(thermophile microorganisms)이란 45~50℃ 이상에서 자라는 미생물을 말한다(Brock과 Madigan, 1988). 우유에서 발견되는 고온성 미생물은 엄밀한 의미에서 두 가지로 나눌 수 있는데, 즉 내고온성 미생물(thermoduric microorganisms)과 호고온성 미생물 (thermophilic microorganisms)이다. 내고온성 미생물이란 저온살균 즉 62.8℃에서 30분간의 열처리에서 사멸되지 않는 미생물로 이들에는 *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Microbacterium*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*와 같은 속들이 있다. 호고온성 미생물이란 55℃에서 자라는 미생물이다. 호기성 포자형성간균 혹은 통성혐기성 포자형성간균들이 이에 속한다(Nelson, 1981).

시중 UHT 열처리시유에서 발견되는 *Bacillus* species의 출현빈도를 Table 4에서 찾아볼 수가 있다.

Table 4에 의하면 UHT열처리 시유 중에서 가장 많이 발견되고 있는 *Bacillus* species로는 *B. subtilis*, *B. cereus*와 *B. licheniformis*인 것을 알 수 있다.

Mckenzie 등(1946)은 654균주의 내열성균을 살균유에서 분리하여 동정한 결과, 73%가 microbacteria, 10%가 micrococci, 3%가 streptococci 그리고 기타 14%는 그람음성 간균들이었다고 보고하였다. Schaal과 Nocker(1977)들은 독일 28개 UHT-우유제조 회사로부터 1,580개의 시료를 얻어 미생물적인 품질검사를 실시한 결과, 약 10%의 시료가 포장에 결점이 있었고, 1.3%가 변질된 우유로 밝혀졌으며 19%의 시료는 mL당 3만개 이상의 세균수를 나타내었는데 이들 시료로부터 미생물을 분리하였을 때 *Sc.*

Table 4. UHT-처리 시유에서 발견되는 *Bacillus* spp.의 출현빈도 (%)

Literature	a	b	c	d	e	f
<i>B. subtilis</i>	61.2		87.5	48.5		52.5
<i>B. cereus</i>	4.5	39.7	22.5	11.9	37.4	14.2
<i>B. licheniformis</i>	6.0	20.5		16.3	43.3	9.3
<i>B. pumilus</i>		13.2		4.8	3.4	12.4
<i>B. megaterium</i>	11.9			0.7		6.8
<i>B. circulans</i>	7.5			1.5		
<i>B. sphaericus</i>	6.0				2.0	
<i>B. coagulans</i>	1.5			4.8	3.7	
<i>B. larvae</i>	1.5					
<i>B. lentus</i>				5.2		
<i>B. stearothermophilus</i>				2.6		
<i>B. firmus</i>				1.5		1.2
<i>B. brevis</i>				1.1		
<i>B. macerans</i>				0.7		
<i>B. alvei</i>						3.7

a : 허와 김, 1983, b : Mpstert 등, 1979, c : Westhoff와 Dougherty, 1981, d : Nakanishi, 1982, e : Martin, 1974, f : Mukundan 등, 1979



*lactis*와 호기성 *subtilis*-*mesentericus* 그룹의 *Bacillus*가 주류를 차지하고 있었고, 그람음성균도 약 6%를 차지하고 있었다고 보고하였다. Id와 Schaal(1979)들의 다른 연구보고에 의하면 UHT 처리우유중 중온성 호기성 포자형성균이 36%, micrococci가 22% 그리고 *Sc. lactis*가 30%를 차지하고 있었다.

Table 5에서 원유와 멸균유에 있어서의 *Bacillus* spp.의 분포 변화를 볼 수가 있다.

Table 5와 비슷한 결과를 Grinsted와 Clegg(1955)들도 보고하고 있는데, 원유 중에서는 *B. licheniformis*가 그리고 멸균유에서는 *B. subtilis*가 가장 많이 발견되는 중온성 포자형성균이었고, 호열성 포자형성 균으로 *B. calidolactis*가 검출되었음을 보고하고 있다. Fourie 등(1972)들의 실험에 의하면 80℃에서 10분간 열처리 한 우유에서 분리된 1,187개의 균주중 71%는 *Bacillus*균들 중에는 21.4%가 *B. licheniformis*, 23.7%가 *B. pumilus*, 20%가 *B. subtilis* 그리고 12.2%가 *B. cereus*이었고 *B. stearothermophilus*는 발견되지 않았다고 보고하고 있다. 우유를 65~68℃에서 40초간 살균처리하였을 때 가장 많이 발견되는 내열성균은 *Microbacterium*이었고 그밖에 *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Micrococcaceae* 그리고 *Streptococcus*이었다고 보고되었다(Seiler 등, 1984).

(2) 열처리방법에 따른 고온성 미생물의 사멸효과

Teuber와 busse(1981)들은 우유 중에 있는 미생물들을 열처리 방법에 따른 사멸효과에 따라 세 가지 그룹으로 나누고 있다. 즉, HTST 열처리에 사멸되는 미생물 그룹과 HTST 열처리에는 사멸되지 않지만, UHT 열처리에는 사멸되는 미생물 그룹 그리고 세 번째는 UHT 열처리에도 사멸되지 않는 미생물 그룹이다. 첫 번째, HTST 열처리에 사멸되는 미생물 그룹에는 *Staphylococcus aureus*, hemolytic streptococci, 그람음성 대장균(*E. coli*, *Salmonella*), *Pseudomonas*, *Brucella abortus*, *Mycobacterium tuberculosis* 그리고 모든 효모와 곰팡이들이 이에 속한다. 둘째, HTST 열처리에는 사멸되지 않지만 UHT 열처리에는 사멸되

Table 5. 원유와 멸균유에 있어서의 *Bacillus* spp.의 분포변화 (Franklins 등, 1956)

	원유 (%)	멸균유 (%)
<i>B. licheniformis</i>	62	26
<i>B. brevis</i>	15	-
<i>B. subtilis</i>	7	44
기 타	9	17
미동정	7	13
Spore count	0~700/100 mL	0~1.1/100 mL

는 미생물들로는 내열성 enterococci, micrococci, microbacteria, thermophilic lactobacilli, *Streptococcus thermophilus* 그리고 *Bacillus*, *Clostridium*이 이에 속한다. 세 번째, UHT 열처리에도 사멸되지 않는 미생물로는 *B. stearothermophilus*의 포자가 이에 속하는데, 원유가 많이 오염되었을 때는 *Bacillus*와 *Clostridium*의 포자가 이에 속하는데 원유가 많이 오염되었을 때는 *Bacillus*와 *Clostridium*의 몇몇 포자들도 이에 속할 수가 있다. Mottar(1981)는 *B. subtilis* 포자의 열에 의한 사멸, 유청 단백질의 변성, HMF의 형성, Lysine의 소멸, 단백질 분해효소의 불활성화에 대한 UHT 열처리의 영향을 조사하였는데, 나온 결과로서 우유 영양분의 최소한의 파괴와 포자의 충분한 사멸에 필요한 UHT 열처리의 온도와 처리시간의 범위를 정하는 도표를 작성하였다. Horak(1982)도 우유의 열처리에 있어 중온성 및 고온성 포자형성균의 사멸과 색깔 그리고 thiamine과 lysine의 파괴 정도를 104~160℃ 범위에서 또 2~9,000초 사이의 열처리시간에 있어서 조사하였는데, 포자의 충분한 사멸에 필요한 최소한의 열처리와 우유의 화학적인 영양성분을 최대한으로 보호할 수 있는 UHT 열처리의 범위를 도표로 작성하였다. Westhoff(1981)는 *Bacillus* 포자의 100℃에서의 D-값이 1~8분이고, Z-값이 6~11℃임을 밝혔고, Rajkowski와 Mikolajcik (1987)들은 17 종류의 *B. cereus*에 대한 D-값, Z-값을 구하였는데 D-값은 100℃에서 0.6~27분이었고, Z-값은 7.4~14.5℃인 것을 발견하였다. *B. stearothermophilus*에 대한 D-값은 130~145℃ 범위에서 0.8~18초이고 Z-값은 항상 10.5℃인 것이 보고되었고(Anap 등, 1987), *B. stearothermophilus*에 대한 다른 D-값은 130~145℃에서 thermal death curve는 일직선이었지만, 125℃/1.9~31.5초 이하의 범위에서는 일직선이 되지 않았고, 133.4℃에서의 D-값은 6.66초임이 보고되었다(Konietzko와 Reuter, 1980). Franklin 등(1958)은 *Bacillus subtilis* 786을 가지고 물과 우유속에서 열처리에 대한 사멸효과를 실험하였는데, 물 속에서보다 우유 속에 있을 때 사멸효과는 더 높았고, 포자에 대한 110~120℃에서의 Q₁₀-값은 문헌에 보고된 값보다 높은 30이었음을 보고하였다.

*B. subtilis*의 포자의 D-값은 CaCl₂와 sodium dipicolinate를 첨가하였을 때 올바르게 얻을 수 있었음이 또한 보고되었다 (Edwards 등, 1965a, 1965b).

*B. coagulans*의 120℃에서의 D-값은 0.875분(*B. pumilus*)에서 4.1분(*B. licheniformis*)까지 여러 가지 값을 나타내었고, Z-값은 6.4℃(*B. licheniformis*)에서 11.5℃(*B. circulans*)까지 여러 가지 값을 보여주었음이 보고되었다(Mikolajcik, 1970). Martin 등(1966)은 *Bacillus* spp.에 대하여 104.5℃, 121℃, 137℃에서 1초간 열처리 하였을 때 포자의 생존률은 104.5℃에서 50~84%이

있고 121°C와 137°C에서는 97.7~99.99%이상의 사멸효과를 보여 주었다고 보고하였다. 김과 남(1987)은 우유를 100~145°C 사이에서 5°C 간격으로 온도를 높여 10가지 다른 온도에서 2초간씩 열처리 하였을 때 130°C에서 mL당 50개의 세균이, 135°C 이상에서는 세균이 검출되지 않았다고 보고하고 있다. 멸균유에 있어 포자형성균의 중요성에 대하여 Clegg(1950)는 이들 포자형성균들은 원유에서 약 8% 이상 발견된다고 할 수 있는데 이들을 사멸시키려면 우유는 너무 많은 열처리를 받게 되어 caramelization을 면할수 없게 된다고 설명하였다. 이에 대한 대처방법으로 125~130°C에서 1분간의 열처리가 유용할 수 있다고 Clegg는 주장하였다. 멸균유에 있어서 포자형성균의 오염도에 대하여 Candy Nichols (1956)가 조사하였는데, 여름의 포자형성균의 오염도는 겨울보다 낮은 것을 발견하였다. 그 이유는 겨울에는 가축들이 방목을 하지 않기 때문에 오염도가 더 클 수 있고, 또 한 가지 이유는 여름에는 멸균유를 생산할 때 더 높은 열처리온도와 더 오랜 열처리시간을 사용하기 때문이 아닌가 추측할 수 있다고 주장하였다. Candy와 Nichols (1956)는 멸균시유에서 포자형성균을 분리해 내었는데, *B. subtilis*가 가장 많이 발견될 수 있는 포자형성균으로 이들은 적당한 조건에서 우유를 빨리 부패시킨다고 설명하였다. 이러한 결과는 118°C에서 5분간의 열처리 시킨 멸균유에서 40개의 시료중 8개가 mesentericus subtilis 그룹의 *Bacillus*에 의해서 변질되었음을 발견한 Bentler(1961)의 실험과 일치되는 것이었다. Hermier(1961)는 UHT열처리 우유로부터 호열성균을 분리하여 그들의 성질을 조사하였는데, 이들의 최적 생장온도는 65°C이었고, 이들은 37°C에서 자라지 않았고, 이들은 65°C에서 한시간 이내에 germination이 일어났음을 밝혔다. *B. cereus*는 Wikininson & Davies(1973)들에 의하면 *Bacillus* species 중에서 가장 쉽게 germinate 할 수 있는 균으로 밝혀졌다. *B. licheniformis*는 시유중에 가장 많이 발견될 수 있는 *Bacillus* species 중의 하나이지만 시유의 부패에는 관여하지 않는 것으로 알려져 있고, *B. cereus*의 포자는 UHT열처리에서는 사멸되는 것으로 알려져 있지만 post-contamination에 의해서 혹은 살균시유에 있어서는 포자가 살아남기 때문에 시유부패의 가장 큰 원인균으로 보고되고 있다(Davies, 1972). Busse (1975)는 UHT처리우유의 생산에 있어 미생물적인 품질을 어떻게 조절할 수 있고 실제로 시유 생산공장에서 어떻게 미생물적인 품질 검사를 할 수 있는지 또 공장에서 생긴 미생물적인 품질문제들에 대하여 어떻게 원인을 밝히고, 문제를 해결할 수 있는지에 대한 방안을 제시하였다. 한편, UHT멸균유의 멸균도를 검사하기 위한 방법으로 30°C에서 3일 배양시키는 것은 배양기간이 너무 짧고, 30~35°C에서 적어도 5~7일 배양시켜야 멸균되지 않은 우유시료를 가려낼 수 있다고 Luck 등(1978)은 주장하였다. 시유내의 포자

형성균의 사멸을 위하여 tyndallization 멸균방법을 응용한 방법 즉, 80°C에서 10분간 열처리 한 후 30°C에서 24시간 배양하고, 다시 한번 80°C에서 10분간 열처리하는 방법으로 우유 내의 포자형성균에 대한 사멸효과를 조사하였으나, 뚜렷한 효과가 없었다고 Brown 등(1979)은 실험 보고하고 있다. Molska 등(1977)은 열처리에 의해서 시유 중의 미생물 분포가 어떻게 달라지는지 알아보기 위해서 72°C, 76°C, 84°C에서 각각 15초 간씩 열처리한 결과, 살균온도가 높아질수록 *Bacillus*와 *Microbacterium*과 같은 내열성균의 분포도가 높아진다는 것을 알게 되었다. 또한 109°C, 115°C, 121°C에서 각각 5, 10, 15, 20분간씩 열처리하였을 때, 우유내에서의 증온성 혹은 호열성 포자균의 사멸정도와 멸균효과를 Ghaleb(1983)은 조사하였는데, 증온성 포자형성균들의 사멸효과가 호열성 포자형성균들보다 크다고 실험 보고하였다.

결론

원유의 미생물적 품질은 살균처리 후 제조되는 시유의 미생물적 품질에 직접적으로 반영된다고 할 수 있다. 원유우유의 미생물적 품질은 원유에 존재하는 미생물의 수와 미생물의 종류에 따라 결정되는데, 양질의 원유에 가장 많이 발견되는 미생물은 micrococci와 streptococci라 할 수 있고, 우유의 열처리와 관련하여 가장 중요한 세 가지 미생물그룹은 내열성균, 내저온성균 그리고 대장균군이다. 내열성균에는 Micrococci와 streptococci라 할 수 있고, 우유의 열처리와 관련하여 가장 중요한 세 가지 미생물 그룹은 내열성균, 내저온성균 그리고 대장균군이다. 내열성균에는 *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Clostridium* 그리고 *Alcaligenes* 등과 같은 종류가 있고 내저온성균에는 *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flovobacterium*, *Aerobacter* 그리고 *Alcaligenes* 등과 같은 그룹의 간균류가 주로 해당된다. 최근 저온성균 중에 문제가 되고 있는 미생물 그룹은 내열·내저온성균으로 이들이 살균처리에 살아남을 수 있으며, 또한 냉장 온도나 같은 저온에서 자랄 수 있기 때문이다. 열처리와 관계되는 시유의 미생물적 품질은 총 균수, 내열성균수, 저온성균수, 대장균군수를 조사함으로써 추정할 수 있고, 세균수와 관계된 미생물 품질에 대해서 우리나라의 식품공전에서는 살균우유중 mL당 세균수가 4만 이하로 규정하고 있고, 대장균군 수는 mL당 10 이하로 규정하고 있다. 우유미생물의 사멸효과 측정에는 D-value, Z-value, Q₁₀-value 그리고 F-value로서 하고 있는데, D-value (어떤 일정한 온도에서 미생물 또는 포자의 수를 10분의 1로 감소시키는데 필요한 시간)와 Z-value(D-value를 10분의 1로 감소시키는데 요하는 온도상승치)가 통상적으로 많이 쓰이고 있고, F₀-value는 공장에서 제품을 생산해 낼 때 멸균처리 공



정을 나타내는데 사용된다. 저온성 미생물들은 우유의 살균처리과정에서 대부분 사멸되기 때문에 원유 중에 이들 저온성 미생물들이 오염되는 것이 우려되는 것은 그들이 만들어 내는 내열성 효소때문이라 할 수 있고 살균 후 post-contamination에 의해서 이들이 오염되는 것이라 하겠다. 그렇지만 이러한 내저온성 미생물 중에는 열처리에 사멸되지 않는 내열·내저온성 미생물 그룹이 있다는 것이 알려진 이후 이들 내열·내저온성 미생물들은 관심을 끌고 있다. 내고온성 미생물이란 62.8℃에서 30분간의 열처리에 사멸되지 않는 미생물로 *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Microbacterium*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*와 같은 속이 이들에 해당하고 호고온성 미생물이란 55℃에서 자랄 수 있는 미생물로 호기성 포자형성간균 혹은 통성혐기성 포자형성간균들이 이에 속한다. 시중 UHT열처리 시유종에서 가장 많이 발견되는 *Bacillus* species로는 *B. subtilis*, *B. cereus* 그리고 *B. licheniformis*다. 열처리 방법에 따른 사멸효과에 따라 미생물을 세 가지 그룹으로 나눌 수 있다. 즉, 첫 번째로 HTST 살균처리에 사멸되는 미생물로 *Staphylococcus aureus*, Hemolytic streptococci, 그람음성 대장균, *Pseudomonas*, *Brucella abortus*, *Mycobacterium tuberculosis* 그리고 효모, 곰팡이들이 이에 속하고, 두 번째 그룹은 HTST 열처리에는 사멸되지 않지만 UHT열처리에는 사멸되는 미생물들로 내열성 enterococci, micrococci, 그리고 *Bacillus*, *Clostridium*이 이에 속한다. 세 번째 그룹은 UHT열처리에도 사멸되지 않는 미생물로 *B. stearothermophilus*의 포자가 이에 속하는데, 원유가 많이 오염되었을 때는 *Bacillus*와 *Clostridium*의 몇몇 포자들도 이에 속할 수가 있다.

References

1. Abo-Elnaga, I. G. 1966. Influence of heat treatment on bacterial content of milk. *Millchwissenschaft* 21(9): 561-564.
2. Aggerwal, P. K. and Srinivasan, R. A. 1986. Influence of *Bacillus cereus* on the keeping quality of pasteurized milk. *Indian J. Dairy Sci.* 39:95-97.
3. Anap., G. R., Agrawala, S. P. and Patil, G. R. 1987. Studies on UHT processing of buffalo milk. II. Death kinetics of heat resistant spores. *Indian J. Dairy Sci.* 40:278-281.
4. Ashton, T. R. 1950. Some bacteriological aspects of the deterioration of pasteurized milk. *J. Dairy Res.* 17: 261-287.
5. Bentler, W. 1961. The bacteriology of sterilized milk. *Arch. Lebensmitt. Hyg.* 12(1):12-15.
6. Bhadsavle, C. H., Shehate, T. E. and Collins, E. B. 1972. Isolation and identification of psychrophilic species of *Clostridium* from milk. *Appl. Microbiol.* 24:699-702.
7. Bishop, J. R. and White, C. H. 1985. Estimation of potential shelf life of pasteurized fluid milk utilizing bacterial numbers and metabolites. *J. Food Prot.* 48:663-667.
8. Blanc, C. E., Flueckinger, M. R. and Steiger, G. 1984. Effects of cold storage and enrichment with psychrotrophic bacteria on the quality of UHT milk. *Alimenta* 23:71-79.
9. Boyd, J. C., Smith, C. K. and Trout, G. M. 1955. The role of psychrophilic bacteria in the keeping quality of commercially pasteurized and homogenized milk. *J. Milk Fd. Tech.* 18(2):32-36.
10. Brock, T. D. and Madigan, M. T. 1988. *Biology of microorganisms* 5th ed. Prentice-Hall Int., Inc.
11. Brown, J. V., Wiles, R. and Prentice, G. A. 1979. The effect of a modified tyndalization process upon the sporeforming bacteria of milk and cream. *J. Soc. Dairy Technol.* 32(2):109-112.
12. Bucky, A. R., Hayes P. R. and Robinson, D. S. 1987. A modified ultra high temperature treatment for reducing microbial lypolysis in stored milk. *J. Dairy Res.* 54:275-282.
13. Busse, M. 1975. Microbiological aspects of UHT-milk processing. *Deutsche Milchwirtschaft* 26(50):1800-1802.
14. Candy, M. R. and Nichols, A. A. 1956. Some bacteriological aspects of commercially sterilized milk. II. Type of sporeforming bacteria isolated. *J. Dairy Res.* 23(3):329-335.
15. Casas, I. A., Leon, N. and Izquierdo, P. 1977. Microtiter technique for enumeration of mesophilic, psychrotrophs, and coliforms in raw and pasteurized milk. *J. Food Prot.* 40(11):759-797.
16. Chandler, R. E. and McMeekin, T. A. 1985. Temperature function integration and its relationship to the spoilage of pasteurized, homogenized milk. *Australian*



- J. Dairy Technol. 40:37-10.
17. Christophersen, J. 1951. Heat destruction and heat resistance of microorganisms. *Milchwissenschaft* 6(8/9): 309-313.
 18. Chung, B. H. and Cannon, R. Y. 1971. Psychrotrophic sporeforming bacteria in raw milk supplies. *J. Dairy Sci.* 54:448.
 19. Clegg, L. F. L. 1950. Spore-forming thermophiles in sterilized milk. *J. Soc. Dairy Technol.* 3:238-250.
 20. Coghill, D. 1982. Studies on thermophilic psychrotrophic bacteria in south East Queensland Dairy products. *Australian J. Dairy Technol.* 37:147-148.
 21. Coghill, D. and Juffs, H. S. 1979. Incidence of psychrotrophic sporeforming bacteria in pasteurized milk and cream product and effect of temperature on their growth. *Australian J. Dairy Technol.* 34: 150-153.
 22. Collins, E. B. 1981. Heat resistant psychrotrophic microorganisms. *J. Dairy Sci.* 64:157-160.
 23. Cousins, C. M. and Bramely, A. J. 1981. *The microbiology.* Vol. 1. Appl. Sci. Publ., London.
 24. Daoust, D. R., El-bisi, H. M. and Litsky, W. 1965. Thermal destruction kinetics of a lactic streptococcal bacteriophage. *Appl. Microbiol.* 13(3):478-485.
 25. Davies, F. L. 1975. Heat resistance of *Bacillus* species (review) *J. Soc. Dairy Technol.* 28(2):69-78.
 26. Donnelly, L. S. and Busta, F. F. 1981. Anaerobic sporeforming microorganisms in dairy products. *J. Dairy Sci.* 64:161-166.
 27. Edwards, J. L., Busta, F. F. and Speck, M. L. 1965a. Thermal inactivation characteristics of *Bacillus subtilis* spores at UHT. *Appl. Microbiol.* 13(6):851-857.
 28. Edwards, J. L., Busta, F. F. and Speck, M. L. 1965B. Heat injury of *Bacillus subtilis* spores at UHT. *Appl. Microbiol.* 13(6):858-864.
 29. Elliker, P. R., Sing, E. L., Christensen, L. J. and Sandine, W. E. 1964. Psychrophilic bacteria and keeping quality of pasteurized dairy products. *J. Milk. Fd. Tech.* 27(3): 69-75.
 30. Evans, D. A., Lachman, E. L. and Litsky, W. 1963. Some observations on the bacteriological keeping quality of milk processed by high temperatures with a 0.6 second holding time. *J. Milk. Fd. Tech.* 26(10): 332-336.
 31. Foster, E. M., Nelson, F. E., Speck, M. L., Doetsch R. N. and Olson, J. C. 1958. *Dairy microbiology.* Prentice-Hall, New Jersey.
 32. Fourie, K. H., Hermann, M. N. and Bester, B. H. 1972. *Bacillus* species in South African raw and pasteurized milk. *S. Afr. J. Dairy Technol.* 4(2):127-133.
 33. Franklin, J. G., Williams, D. J. and Clegg, L. F. L. 1956. A survey of the number and types of aerobic mesophilic spores in milk, before and after commercial sterilization. *J. Appl. Bact.* 19(1):46-53.
 34. Franklin, J. G., Williams, D. J. and Clegg, L. F. L. 1958. Methods of assessing the sporicidal efficiency of an UHT milk sterilizing plant. III. Laboratory determination of the heat resistance of spores of *Bacillus subtilis* in water and in milk. *J. App. Bact.* 21(1): 51-57.
 35. Fung, D. Y. C. and Kraft, A. A. 1968. Microtiter method for the evaluation of viable cells in bacterial cultures. *Appl. Microbiol.* 16:1036-1039.
 36. Galesloot, T. E. 1951. Some aspects of the bacteriology of pasteurized milk. II. Investigation on the plate count of commercially pasteurized milk. *Neth. Milk Dairy J.* 5(2):94-103.
 37. Ghaleb, H. M. 1983. Sterilized milk produced from different temperature time combinations. I. Bacteriological aspects. *J. Agri. Res. Tanta Uni.* 9(3):629-638.
 38. Gillis, W. T., Cartledge, M. F., Rodriguez, I. R. and Suarez, E. J. 1985. Effect of raw milk quality on ultra-high temperature processed milk. *J. Dairy. Sci.* 68: 2875-2879.
 39. Griffiths, M. W. J., Phillips, D. and Muir, D. D. 1985. The quality of pasteurized milk and cream at point of sale. *Dairy Industries International* 50:25,27-28, 31.
 40. Griffiths, M. W. J., Phillips, D. and Muir, D. D. 1986. The effect of sub-pasteurization heat treatments on the shelf life of milk. *Dairy Industries International* 51:31, 33-35.



41. Grinsted, E. and Clegg, L. F. L. 1955. Spore-forming organisms in commercial sterilized milk. *J. Dairy Res.* 22(2):178-190.
42. Grosskoph, J. C. and Harper, W. J. 1969. Role of psychrophilic spore formers in long life milk. *J. Dairy Sci.* 52:897.
43. Hermier, J. 1961. The origin of thermophilic spores in inbottle sterilized milk. *Lait* 41(403/404):129-144.
44. Hileman, J. L., Leber, H. and Speck, M. L. 1941. Thermoduric bacteria in pasteurized milk. II. Studies on the bacteria surviving pasteurization, with special reference to high temperature short-time pasteurization. *J. Dairy Sci.* 24(4):305-315.
45. Horak, F. P. 1982. Study of reaction kinetic of destruction of spores and chemical changes in UHT treatment of milk with the view of optimizing the heating procedures. *Oesterreichische Milchwirtschaft.* 37:337-344.
46. Id, D. and Schall, E. 1979. Microbiology of UHT milk. *Archivfur Lebensmittelhygiene* 30(1):17-19.
47. IDF-Bulletin. 1986. Monograph on pasteurized milk. International Dairy Federation Bulletin No. 200.
48. International Dairy Federation. 1987. Milk and milk products. Enumeration of microorganisms-colony count at 30°C. IDF Standard 100A:1087.
49. Kandler, O. 1960. Heat-resistance and determination of microflora in 72°C, 40 sec. pasteurized milk. *Milchwissenschaft* 15(4):165-171.
50. Kessler, H. G 1976. *Lebensmittel-Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Mokereitechnologie* Verlag A. Kessler, Postfach 1721, 8050 Fresing.
51. Kessler, H. G. and Horak, F. P. 1984. Effect of heat treatment and storage condition on the keeping quality of pasteurized milk. *Milchwissenschaft* 39:451-454.
52. Kielwein, G. 1971. Pseudomonads and aeromads in market milk : detection and estimation. *Arch. Lebensmittelhyg.* 22(1):15-19.
53. Konietzko, M. and Reuter, H. 1980. Destruction of *Bacillus stearothermophilus* during UHT treatment. *Milchwissenschaft* 15:274-275.
54. Langeveld, L. P. M. and Cuperus, F. 1980. The relation between temperature and growth rate in pasteurized milk of different types of bacteria which are important to the deterioration of that milk. *Netherlands Milk and Dairy J.* 34:106-125.
55. Langeveld, L. P. M. and Cuperus, F. and Stadhouders, J. 1973. Bacteriological aspects of the keeping quality at 5°C of reinfected and non-reinfected pasteurized milk. *Neth. Milk Dairy J.* 27(1):54-65.
56. Loane, P. C 1973. A further examination of the penicillin agar test for post-pasteurization contamination of milk. *Australian J. Dairy Technol.* 28(3): 119-122.
57. Lueck, H., Mostert, J. F. and Husmann, R. A. 1978. Bacteriological evaluation of UHT milk. *South African J. Dairy Technol.* 10(2):83-85.
58. Macaulay, D. M., Hawirko, R. Z. and James, N. 1963. Effect of pasteurization on survival of certain psychrophilic bacteria. *Appl. Microbiol.* 11(2):90-92.
59. Mantere-Alhonen, S. 1969. Microbacteria in double pasteurized milk. *Milchwissenschaft* 24(8):488-490.
60. Martin, J. H. 1974. Significance of bacterial spores in milk. *J. of Milk and Food Technol.* 37(2):94-98.
61. Martin, J. H. 1981. Heat resistant mesophilic microorganisms. *J. Dairy Sci.* 64:149-156.
62. Martin, J. H., Harper, W. J. and Gouldl, A. 1966. UHT effects on selected *Bacillus* species. *J. Dairy Sci.* 49(11): 1367-1370.
63. McKenzie, D. A., Morrison, M. and Lambert, J. 1946. Further studies of thermoduric bacteria in milk. *Proc. Soc. Appl. Bact.* 1:37-39.
64. Melo, R. S., Cerf, O., and Hermier, J. 1961. Selection of a thermophilic strain of *Bacillus* for measuring the sterilizing efficiency of UHT installations. *Lait* 53(527): 413-429.
65. Mikolajcik, E. M. 1970. Thermodestruction of *Bacillus* spores in milk. *J. Milk Fd. Technol.* 33:61-63.
66. Mikolajcik, E. M. and Simon, N. T. 1978. Heat resistant psychrotrophic bacteria in raw milk and their growth at 7°C. *J. Food Prot.* 41(2):93-95.
67. Molska, I., Michalik, E. and Salek, A. 1977. The influence of different pasteurization temperatures on



- the microflora of milk with special consideration of heat-resistant bacteria. *Acta Alimentaria Polonica* 3(2):127-136.
68. Mostert, J. F., Lueck, H. and Husmann, R. A. 1979. Isolation identification and practical properties of *Bacillus* species from UHT and sterilized milk. *South African J. Dairy Technol.* 11:125-132.
69. Mottar, J. 1981. Heat resistant enzymes in UHT milk and their influence on sensoric changes during uncooled storage. *Milchwissenschaft* 36:87-91.
70. Mukundan, M., Suhrahmanyam, M. and Oarameswaran, M. N. 1979. Studies on microflora in boiled milk. *Kerala J. Veterinary Sci.* 10:234-239.
71. Nakanishi, T. 1982. Some hygienic problems of long life milk in Japan. *Japanese J. Dairy Food Sci.* 31(5): A141-A145.
72. Nakanishi, T. 1983. Changes and keeping quality of cow's milk by various heat treatment. *Japanese J. Dairy Food Sci.* 32:A75-A88.
73. Nelson, F. E. 1981. The microbiology of market milk. In Robinson, R. K. (Ed.). 1981. *Dairy microbiology*. Vol. 1. Appl. Sci. Publ., London.
74. Nichols, A. A. and Candy, M. R. 1956. Some bacteriological aspects of commercially sterilized milk. I. Incidence and nature of spoilage. *J. Dairy Res.* 23(3): 391-328.
75. Nichols, A. A. and Wolf, J. Z. 1945. The heat resistance of the bacteriophages of cheese starter with observation on the estimation of phage concentration. *J. Dairy Res.* 14(1/2):93-100.
76. Niemierski, P., Feier, U. and Grossklaus, D. 1982. Effect of temperature and time on the HTST pasteurization of milk. *Milchwissenschaft* 37:133-138.
77. Okazaki, H. and Bessho, M. 1968. So called psychrophilic bacteria in milk and other foods. *J. Jap. Vet. Med. Ass.* 21(9):387-391.
78. Ordonez, J. A., Sanz, B., Hernandez, P. E. and Lopez-Lorezo, P. 1984. A note on the effect of combined ultrasonic and heat treatments on the survival of thermotolerant streptococci. *J. Appl. Bacteriol.* 56:175-177.
79. Overcast, W. W. and Adams, G. A. 1966. Growth of certain psychrophilic bacteria in pasteurized milk as influenced by previous excessive psychrophilic growth in the raw milk. *J. Milk. Fd. Technol* 29(1):14-18.
80. Patel, G. B. and Blankenagel, G. 1972. Bacterial count of raw milk and flavour of the milk after pasteurization and storage. *J. Milk Fd. Technol.* 35:203-206.
81. Pettipher, G. L., Mansell, R., Mckinnon, C. H. and Cousins, C. M. 1980. Rapid membrane filtration epifluorescent microscopy technique for direct enumeration of bacteria in raw milk. *Appl. Environ. Microbiol.* 39:423-429.
82. Phillips, J. D. and Griffiths, M. W. 1986. Factors contributing to the seasonal variation of *Bacillus* spp. in pasteurized dairy products. *J. Appl. Bacteriol.* 61:275-285.
83. Phillips, J. D., Griffiths, M. W. and Muir, D. D. 1984. Preincubation test to rapidly identify post-pasteurization contamination in milk and single cream. *J. Food Prot.* 47:391-393.
84. Prouty, C. C. 1953. The effects of heat on bacteria in milk with particular reference to thermal death rates as influenced by various factors. *J. Milk Food Tech.* 16(2):66-72, 76.
85. Rajkowski, K. T. and Mikolajcik, E. M. 1987. Characteristics of selected strains of *Bacillus cereus*. *J. Food Prot.* 50:199-205.
86. Ramanjaneyulu, G. and Vyas, S. H. 1985. Keeping quality of heat treated milk at room temperature. *Asian J. Dairy Res.* 4:20-22.
87. Richardson, G. H. (Ed.). 1985. *Standard methods for the examination of dairy products*. 15th ed. American Public Health Association, Washington.
88. Schall, E. and Noecker, F. 1977. Investigation of the microbial quality of commercial UHT milk products. *Archiv. fuer. Lebensmittelhygiene.* 28(2):56-61.
89. Segner, W. P., Frazier, W. C. and Calbert, H. E. 1962. Method for the determination of rates of spore inactivation of UHT. *J. Dairy Sci.* 45(11):1392-1393.
90. Seiler, H., Stoerand, S. and Busse, M. 1984. Identification of coryneform bacteria isolated from milk immediately after heating and following refrigerated



- storage. *Milchwissenschaft* 39:346-348.
91. Shehata, T. E. and Collins, E. B. 1971. Isolation and identification of psychrophilic species of *Bacillus* from milk. *Appl. Microbiol.* 21:466-469.
 92. Shehata, T. E. and Collins, E. B. 1972. Sporulation and heat resistance of psychrophilic strains of *Bacillus*. *J. Dairy Sci.* 55:1405-1409.
 93. Shehata, T. E., Duran A. and Collins, E. B. 1971. Influence of temperature on the growth of psychrophilic strains of *Bacillus*. *J. Dairy Sci.* 54:1579-1582.
 94. Speck, M. L. 1947. The resistance of *Micrococcus freudenreichii* in laboratory HTST pasteurization on milk and icecream mix. *J. Dairy Sci.* 30:975-981.
 95. Stadhouders, J. 1982. Cooling and thermalization as a means to extend the keeping quality of raw milk. *Kieler Milchwirt. Schaftl. Forschungsberichte* 34:19-28.
 96. Stainer, R. Y., Ingraham, J. L., Wheelis, M. L. and Painter, R. P. 1986. *Themicrobial world*. 5th ed. Prentice- Hall, New Jersey.
 97. Suhren, G., Heeshen, W. and Tolle, A. 1979. Bacteriological quality of market milk. *Deutsche Milchwirtschaft* 30:1128-1129, 1132-1134.
 98. Taylor, M. M. 1971. The bacteriological control of pasteurizing plant using the water agar test. *Dairy Inds.* 36(8):445-447.
 99. Teuber, M. and Busse, M. 1981. Microbiological aspects. In *IDF Bulletin*, 1981. New monograph on UHT-milk. Document No.133.
 100. Thomas, S. B. and Chandra Sekhar, C. V. 1946. Psychrophilic bacteria in raw and commercially pasteurized milk. *Proc. Soc. Appl. Bact.* 1:47-50.
 101. Thomas, S. B., Griffiths, J. M. and Foulkes, J. B. 1960. Psychrophilic bacteria in pasteurized milk. *Dairy Eng.* 77(12):438-445.
 102. Tolle, A. and Suhren, G. 1982. Pasteurized market milk: multiplication of microorganisms and limits of keeping quality. *Deutsche Molkerei-Zeitung* 103:728-731, 734.
 103. Visser, J. R. and de Groote, J. M. T. H. 1984. Malthus microbiological growth analyzer as an aid in the detection of post pasteurization contamination of pasteurized milk. *Neth. Milk Dairy J.* 38:151-156.
 104. Walhaeusser, K. H. 1978. *Sterilization, Desinfektion, Konservierung*, 2 Aufl. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
 105. Washam, C. J., Olson, H. C and Vedamuthu, E. R. Heat-resistant psychrotrophic bacteria isolated from pasteurized milk. *J. Food Prot.* 40(2):101-108.
 106. Weckback, L. S. and Langois, B. E. 1977. Effect of heat treatments on survival and growth of a psychrotroph and on nitrogen fractions in milk. *J. Food Prot.* 40(12):857-862.
 107. Westhoff, D. C. 1978. Heating milk for microbial destruction: a historical outline and update (Review). *J. Food Prot.* 41(2):51-54.
 108. White, C. H. and Shilotri, S. G. 1979. Inoculation of citric acid fermenting bacteria into raw milk in farm bull tanks. *J. Food Prot.* 42(1):51-54.
 109. Yamamoto, K., Sato, H. and Akatsu, K. 1981. Distribution of psychrotrophic organisms in commercial milk. *J. Food Hyg. Soc. Japan.* 22:162-166.
 110. Zikakis, J. P. 1986. Factors affecting the shelf life of dairy products. *Develop. Food Sci.* 12:313-334.
 111. 김종우, 남명수. 1987. 한국산 우유의 적정 살균조건에 관한 실험적 연구 IV. 초고온 처리에 의한 우유의 화학적 조성 및 미생물학적 성상의 변화. *충남대학교 농업기술연구보고 제 14권 제2호* 318-328.
 112. 김종우. 1982. U.H.T. 처리유의 보존성에 관한 연구. *한국 낙농학회지* 4(3):175-180.
 113. 김종우. 1987a. 한국산 우유의 적정살균조건에 관한 실험적 연구 I. 원유의 화학적 조성 및 미생물적 성장. *충남대학교 농업기술연구보고 제14권 제2호 별쇄* 295-300.
 114. 김종우. 1987b. 한국산 우유의 적정 살균조건에 관한 실험적 연구 II. 저온살균처리에 의한 우유의 화학적 조성 및 미생물학적 성상의 변화. *충남대학교 농업기술연구보고 제14권 제2호 별쇄* 301-308.
 115. 김종우. 1987c. 한국산 우유의 적정 살균 조건에 관한 실험적 연구 III. 고온살균처리에 의한 우유의 화학적 조성 및 미생물학적 성상의 변화. *충남대학교 농업기술연구보고서 제 14권 제 2호 별쇄* 309-317.
 116. 李季眉. 1984. 高溫滅菌牛乳中之腐敗微生物. *中華微免雜誌* 17:86-91.
 117. 정충일. 1987. 우유의 냉각저장중 저온세균증식과 가열처리에 의한 생화학적 유질변화에 관한 연구. *성균관대학교 박사*



학위논문.

118. 허철성, 김현옥. 1983. UHT처리시유에서 발견되는 중온성 *Bacillus* 속 미생물에 관한 연구. Korean J. Dairy Sci. 5(1):29-36.
119. 황대우, 조종후. 1981. 우유중 저온세균의 오염도. 한국수의 공중보건학회지 5(1):11-14.
120. 中西武雄. 1983. 牛乳·乳製品の微生物學. 地球社.