

시유의 유통기간 결정에 관한 학문적 고찰

최 석 호
상지대학교 생명공학과

Scientific Consideration in Determining Shelf Life of Market Milk

Suk Ho Choi
Department of Biotechnology, Sangji University

ABSTRACT

The shelf life of market milk should be determined based on the flavor which is influenced by environmental and sanitary conditions of dairy farm, milk processing plant, and storage and transportation facility as well as compositional quality, such as protein and fat, of the milk itself. The legal shelf life of market milk is often limited by microbiological quality, e.g. total bacterial count, coliform count, and food poisoning bacteria. The bacteria involved with milk spoilage and poisoning are originated from bacteria contaminating milk after pasteurization or spores surviving the heat treatment of pasteurization. The important factors which influence the shelf life of market milk are microbiological quality of raw milk, pasteurization condition, post-pasteurization contamination, and temperature during storage and transportation. The organoleptic quality and shelf life of market milk should be further improved by satisfying the consumer's taste, which depends on somatic cell count and bacterial count of milk, feed quality, foreign substance in milk, and physical treatment during processing and transportation.

(Keywords : Shelf life, Market milk, Flavor, Microbiological quality, Pasteurization)

I. 서론

축산물의 가공기준 및 성분규격이 개정되어 2002년 7월부터 시유의 유통기간이 자율화 되어 (국립수의과학검역원, 2001) 과거의 5일로 규정되어 있던 유통기간의 규제에서 벗어나게 되었다. 동시에 제조물책임(PL)법이 시행됨에 따라 유통되는 제품에 대해 제조사가 책임을 지며 만일에 제품을 구입한 소비자가 제품 결함에 의해 피해를 보았을 경우에 금전적 책임을 지

게 되었다. 이에 따라 시유의 품질이 우수한 유가공업체는 유통기간을 상향조정하여 시장에서의 경쟁력을 증대시킬 수 있게 되었다. 또한 유가공업체는 생산하는 시유의 유통 중 제품에 대해 책임을 지야하므로 열악한 국내 유통환경에서 시유의 유통기간을 결정하는 것은 쉽지 않을 것이다. 유가공업체에게 유통기간을 결정할 수 있는 권리를 부여하고 또한 이에 따른 책임을 지는 제도 하에서 우수한 품질의 우유를 생산하는 경쟁력이 있는 유가공장이 유리하게 되었다.

우유의 품질은 풍미, 미생물학적 품질, 외래물질의 혼입, 영양학적 품질 및 환경오염물질의 유입과 같은 요인들에 의해 영향을 받는다(Harding, 1995; 이 등, 2001). 시유의 유통기간은 소비자가 감지할 수 있는

*이 연구는 1996년도 농림기술특정연구과제 지원에 의해 수행되었음.

Corresponding author : S. H. Choi, Dept. of Biotechnology, Sangji University, Wonju, Kangwondo, 220-702, Korea.

품미의 변화에 의해 결정되고 또한 품미가 좋은 우유가 시장경쟁력이 가지고 있으므로 품미가 우유의 품질을 결정하는 중요한 요인이다. 품미가 우수한 시유를 생산하기 위하여서는 고품질 원유를 사용하여야 하며 과학적인 가공 공정과 냉장 유통 체계가 확립되어야 한다.

시유의 유통기간은 미생물학적 품질에 의해 영향을 받는다. 미생물학적 품질이 낮은 시유는 유통 중에 조기에 부패하며 식중독균이 분비한 독소가 함유될 수 있을 뿐만 아니라 식중독균이 검출될 가능성이 높아 공중위생에 위해요인이 된다. 시유의 미생물학적 품질은 원유의 미생물학적 품질, 살균조건, 2차 오염 및 저장과 유통온도에 의해 영향을 받는다(IDF, 1993). 원유의 미생물학적 품질과 살균조건은 상호관계를 가지고 있다. 대체로 LTLT와 HTST로 처리하는 원유의 미생물학적 품질은 UHT 처리할 원유에 비해 상대적으로 더 높아야 한다. 2차 오염은 시유의 유통기간을 결정하는 중요한 요인이다. 2차 오염이란 살균된 우유가 열교환기의 냉각부, 파이프, 완충탱크 및 충전기에서 원유의 혼입 또는 부적절하게 세척과 살균된 기계의 표면에 증식하는 세균에 의한 오염이다. 2차 오염에 의해 우유에 유입된 내냉성 그람음성 세균은 초기에는 매우 적게 존재하더라도 냉장온도에서 신속한 성장이 가능하므로 우유의 부패요인이 된다. 2차 오염을 방지하기 위하여 유가공장의 시설과 가동조건을 과학적이고 위생적으로 유지 관리하여야 한다. 공장환경과 가공기계를 위생적 상태로 유지함으로써 우유의 저장기간을 21일까지 연장할 수 있다(Barnard 등, 1995). LTLT, HTST 및 UHT 살균우유는 무균충전되지 않았으므로 저장 및 유통 중에 냉장되어야 하나 UHT 멸균 우유는 상온에서 유통이 된다. 근래에 UHT 처리된 후 무균충전 되는 새로운 개념의 ESL 살균우유가 국내에 도입되어 냉장 유통되고 있어 다른 살균우유들보다 유리한 저장성을 가지고 있다.

본 종설은 유통기간의 자율화와 제조물책임(PL)법이 도입되어 시유의 유통 환경이 급변하고 이에 발맞추어 도입된 ESL 살균우유가 시판되고 있는 시점에 시유의 품질과 유통기간에 관련된 품미와 미생물학, 국산 시유의 제조공정 및 시유의 유통기간에 영향을 미치는 생산, 제조 및 유통단계 별 요인에 대하여 고찰하고자 한다.

II. 본론

1. 우유 품미의 중요성

소비자의 입장에서 시유의 유통기간을 결정할 있는 중요한 기준은 우유의 품미이다. 미생물학적으로 문제가 없는 우유라 할지라도 열등한 품미를 가진 우유는 상품으로서 가치가 낮으므로 유통기간을 결정할 가치가 없다. 원유의 품미에 영향을 주는 요인에는 원유의 미생물학적 품질 외에도 사료, 유방염 및 외래물질 등 목장환경으로부터 유래되는 요인이 있다(표 1). 시유의 품질은 원유의 품질과 함께 목장에서의 수유 및 원유의 수송과 유가공장에서의 저장 및 가공 공정 및 유통 중에 일어날 수 있는 우유의 미생물학적 및 화학적 오염과 부패에 의해 영향을 받는다(표 2). 고품질 시유를 생산하기 위하여 우유의 운송, 가공, 저장 및 유통 조건에 대한 과학적인 관리체계의 확립과 수행이 필요하다. 우수한 품미의 시유를 생산하여 소비를 증대시키고자 하는 낙농가와 유가공업계의 노력이 필요하다(이무하 등, 2001).

우유의 품미는 우유의 건강 상태, 사료, 미생물에 의한 작용, 화학적 변화 및 이물질의 유입에 의해 영향을 받는다. 유방염은 병원균과 기타 세균의 우유에의 오염이 문제가 되지만 가수분해효소 및 염의 우유내 농도를 증가시켜 우유의 품미를 떨어뜨릴 수 있다. 독한 향의 잡초와 사료의 섭취를 제한하는 것은 필수적이다. 구리와 철의 표면에 접촉한 우유는 산화된다. 우유를 과도하게 교반하면 거품이 생기며 우유의 지방이 산패된다. 부적절하게 냉각된 우유는 세균이 증식하여 부패된다. 불결한 기구와 용기에 우유가 접촉하면 이취와 세균 증식에 의한 부패를 일으키게 된다. 또한 목장에 흔히 사용하는 살충제와 살균제와 같은 약제가 우유에 유입되어 이취를 낸다. 우유가 이미와 이취로 오염되는 것을 방지하고 미생물의 생육과 화학적 변화를 방지하여 신선한 우유의 품미를 유지하여야 한다. 우유의 품미를 판정하여 이미와 이취의 원인을 발견하여 교정하여야 한다. 관능검사를 실시하여 문제의 원유를 납입하는 목장에 통고하고 개선되도록 지도하여 고품질 원유를 확보하여야 한다.

2. 시유의 유통기간과 미생물학

표 1. 원유의 품질에 영향을 미치는 목장환경 인자

인자	결과	원유의 품질
유방염	체세포수	유대
	유방염균	공중보건 위해, 세균의 장독소
	Lipoprotein lipase 및 plasmin	지방과 단백질의 분해에 의한 풍미의 저하
위생적 품질	세균수	유대
	세균의 대사물질	풍미
	세균성 효소	지방과 단백질의 분해에 의한 풍미의 저하 열처리된 유제품에 효소 잔류
	식중독균	공중보건 위해
외래 불순물의 유입	가수, 세제, 유두담금액, 중화제, 분유, 보존제, 항생제	공중보건 위해, 풍미 저하
우유의 성분 함량	지방	유대, 유제품 수율
	단백질	유제품 수율
사료	사료취	풍미

표 2. 시유의 품질에 영향을 미치는 가공과 유통중의 환경 인자

인자	결과	시유의 품질
교반 또는 거품	지방구의 파괴	지방의 산패에 의한 풍미의 저하
균질	크림층의 분리 억제	지방의 손실 방지 버터입자의 형성 방지
살균	세균수의 감소	저장성(유통기간)
	식중독균의 제거	공중보건
	효소의 불활성화	풍미
충전	시유의 2차 오염 방지	저장성(유통기간) 및 풍미
유통	미생물학적 부패	저장성(유통기간) 및 풍미
	화학적 변화	풍미

시유의 유통기간을 결정함에 있어 최소한 법적으로 명시되어 있는 성분규격을 위반해서는 안될 것이며 시유를 섭취한 소비자가 식중독에 감염되어 제조물책임법에 저촉되는 사례가 일어나지 않도록 하여야 한다. 특히 고려해야할 것은 세균수와 대장균수이고 병원균 및 식중독균의 검출 여부이다. *Salmonella*, *E. coli*, *Campylobacter*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* 및 *Staphylococcus aureus*가 시유에 의한

식중독 원인으로 보고되고 있다. 시유에 유입된 경로는 명확히 알려져 있지 않지만 2차 오염, 부적절한 살균온도와 시간, 오염된 첨가물, 비위생적 포장재에 의해 식중독을 일으켜 공중위생의 위해요인이 될 수 있다(Vamam과 Sutherland, 1994). 미국 Illinois주에서는 우유에 오염된 살모넬라 식중독에 의하여 16,000명의 식중독 환자가 감염된 바 있다(Phillips와 Griffiths, 1989). 소비자가 우유를 마실 때에 느끼는 풍미의 급

표 3. 열처리방법과 충전방법이 다른 국산 시유의 품질 및 저장성

시유	LTLT 살균우유 HTST 살균우유	UHT 살균우유	ESL 살균우유	UHT 멸균우유
살균효과	90~95% 감소	10 ⁹ 이상 감소	10 ⁹ 이상 감소	10 ⁹ 이상 감소
충전	일반충전	일반충전	무균충전	무균충전
포장용기	PE-지대-PE 지봉형용기, PE 병	PE-지대-PE 지봉형 용기	PE-지대-PE 지봉형 용기	PE-지대-PE -AI-PE 육면체 용기
유통	냉장(0~10℃)	냉장(0~10℃)	냉장(0~10℃)	상온

격한 악화는 세균에 의한 부패에 의해 일어나게 된다. 우유의 미생물에 의한 부패는 두 가지 요인에 의해 일어날 수 있다. 첫째로 2차 오염에 의해 유입된 세균이고 두 번째는 살균에 의해 사멸되지 않는 포자형성세균이다. 2차 오염에 의해 유입된 세균들은 살균제에 대해 내성이 있으며 스테인레스 스틸과 합성고무 개스킷에 생물학적 박막을 형성하는 세균이다. 우유의 2차 오염에 관련된 주된 세균은 *Enterobacter*, *Citrobacter* 및 *Hafnia* 등을 포함한 *Enterobacteriaceae*에 속하는 수인성 세균이다. 그러나 일반적으로 우유는 냉장되어 저장되므로 부패의 주된 원인이 되는 세균은 *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*를 포함하는 그람음성 내냉성 세균이다. 저온살균된 우유가 7℃ 이하에서 저장될 때에 그람음성 내냉성 세균들이 초기의 낮은 세균수로부터 급속히 성장하여 *Enterobacteriaceae* 보다 우점하기 때문이다. 그람음성 내냉성 세균의 성장에 의해 단백질분해, 지방분해, 이취생성, 우유의 응고 등이 일어난다. 포자형성세균 중에서 *Bacillus*가 가장 중요하지만 살균우유의 부패에 미치는 영향은 제한적이며 특히 UHT에 의해 생산되는 우유에서는 포자형성세균도 살균되므로 중요하지 않다.

3. 국산 시유의 제조 방법과 유통 온도

국내에서 대부분 우유의 살균방법은 플레이트식 열교환기를 사용하여 130~150℃ 이상에서 0.5~5초간 살균하는 초고온살균법(UHT)이며 저온장시간살균법(LTLT: 63~65℃, 30분) 및 고온단시간살균법(HTST; 72~75℃, 15~20초)으로 생산되는 우유가 생산되고 있다. LTLT와 HTST는 원유에 분포한 세균의 종류에

따라 다르나 90~99%의 세균수를 감소시킬 수 있다. UHT로 살균되어 생산되는 우유는 내열성 세균뿐만 아니라 포자형성세균도 사멸함으로써 생산 직후의 세균수가 1 ml 당 거의 0에 육박한다(최석호, 1999). UHT 살균우유의 세균수는 원유의 세균수의 영향을 받지 않아 원유의 미생물학적 품질이 상대적으로 중요하지 않으며 LTLT와 HTST로 살균된 우유에 비해 상대적으로 저장성이 높다. 살균된 우유는 열처리된 후에 살균된 충전기를 통하여 청결한 용기에 충전되거나 무균상태는 아니므로 냉장하여 저장 및 유통되어야 한다.

UHT 멸균우유는 UHT 처리한 우유를 과산화수소로 멸균처리한 용기에 무균상태에서 충전한 우유이며 상온에서 저장이 가능하다. 최근에 국내에 도입된 ESL 살균우유는 UHT 멸균우유와 같이 UHT 처리 후에 멸균처리한 용기에 무균상태에서 충전하였으나 충전용기와 방법에 차이가 있어 냉장조건에서 유통되고 있다. UHT 멸균우유는 육면체의 용기에 충전되거나 ESL 살균우유는 UHT 살균우유와 같은 지봉형의 용기에 충전되어 외관상 UHT 살균우유와 동일하다. ESL 살균우유는 과산화수소와 자외선으로 용기가 살균되었으며 2차 오염을 차단하는 우유생산라인과 충전기와 충전환경을 적용하고 있어 실질적으로 UHT의 무균충전과 유사하다(김영찬과 이한동, 2001). 국내에서 생산되는 시유를 열처리방법과 충전방법에 분류하면 표 3과 같다.

4. 시유의 유통기간에 대한 영향 인자

시유의 유통기간에 원유의 미생물학적 품질, 살균조건, 2차 오염, 유통조건이 영향을 미친다.

1) 원유의 미생물학적 품질

위생적으로 착유된 우유의 경우에도 소량의 미생물이 존재하나 유방염에 걸리면 우유의 미생물 수는 증가한다. 유방염은 주로 *Escherichia coli*, *Styphlococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* 등 비롯한 환경성 유방염균에 의해 일어난다. 유방염은 또한 혈액으로부터 유래되는 단백분해효소인 plasmin과 지방분해효소인 lipoprotein lipase의 농도를 증가시킨다.

Lipoprotein lipase는 정상유인 경우에도 교반, 거품 등에 의해 지방구막에 변화가 생기면 유지방을 분해하여 산패취를 유발한다. 따라서 냉장된 우유를 펌프하고 수송할 때에 교반되고 거품이 나지 않도록 주의하여야 한다. Lipoprotein lipase는 살균 열처리에 불활성화되나 plasmin은 활성을 유지할 수 있다. UHT 처리 후에도 plasmin은 일부 활성을 유지하여 gel 형성과 쓴맛을 일으킨다.

젖소가 우사 내에 거주하는 시간이 길어지면 지방이 더러워지므로 우유의 미생물 오염도 증가한다. 젖꼭지, 착유기구, 착유관리인으로부터 미생물이 오염된다. 우유의 세균수가 1 ml 당 $10^6 \sim 10^7$ 에 도달하면 세균에 의해 형성된 유기산, 알데히드, 에스테르, 알코올 및 황과 질소를 함유한 휘발성 화합물과 같은 대사물질이 생산되어 저온살균우유뿐만 아니라 UHT 살균우유에 전달되므로 관능적 품질을 악화시킨다. 또한 세균으로 오염된 불결한 착유기 표면에 생성된 이취는 우유에 쉽게 흡수된다.

목장에서 우유가 냉장탱크에 저장되고 2~3일에 한 번씩 집유되면 2~7°C에서 성장이 가능한 내냉성 세균이 증식될 가능성이 크다. 그람음성세균에 의해 생산된 단백분해효소와 지방분해효소는 살균에 의해 파괴되지 않으며 UHT 처리에 의해서도 부분적으로 불활성화될 뿐이다. 이런 효소들은 유통기간이 짧고 냉장조건이 유지되는 살균우유의 경우에는 풍미에 영향이 크지 않다. 그러나 상온에서 저장하는 UHT 멸균우유의 관능적 품질을 악화시킨다. 특히 상당한 지방의 산패와 단백질의 분해가 일어나 풍미가 손상되고 물리화학적 변화가 심하게 일어날 수 있다. 유지방의 산패를 결정하는 acid degree value(ADV)는 정상적인 우유가 0.4~0.8이며 ADV가 1.0~1.4에 도달하면 민감한 사람은 산패취를 감지할 수 있다. ADV가 1.5에 도달하면 대부분의 사람들이 산패취를 느낄 수 있다(Zall,

1990).

7°C 이하에서는 내냉성 세균인 *Bacillus cereus*와 *Bacillus circulans*의 성장이 매우 낮으나 온도가 상승하면 성장이 활발해진다. 원유의 *Bacillus* 포자수는 1 ml당 5,000을 초과하는 경우가 드물다. 우유의 초기 포자수가 1 ml당 1이고 세대기간이 10°C에서 6시간인 경우에 6일 후에 1 ml당 10^7 에 도달할 수 있다. 그러나 4°C에 저장하면 10^7 에 도달하기 위하여 16~27일이 소요된다(IDF, 1993). 우유통이 *Bacillus*의 주 오염원이며 대량 집유되는 경우에는 현저히 감소되는 것으로 알려지나 변패현상이 주로 여름에 나타난다.

살균에 적절한 원유의 수유 기준으로서 온도, 풍미, 체세포수, 세균수, 대사물질의 양, 항생물질 잔류 여부를 사용할 수 있다. 일차적으로 원유에 세균이 유입되는 것을 방지하여야 고품질 원유를 생산할 수 있다. 일단 세균에 오염된 원유의 세균을 통제하는 것은 매우 어렵다. Bamard (1995)는 온도가 4°C 이상이고 세균수가 100,000 /ml 이상이고 항균물질 잔류검사가 양성이고 뚜렷한 이취가 있으며 적정산도가 0.20% 이상인 원유는 저온살균우유의 제조에 사용할 수 없다고 주장하였다. 우수한 품질의 원유로부터 생산한 우유만이 상품성과 유통기간을 보장받을 수 있다.

2) 살균 조건

LTLT와 HTST는 결핵균, 파상열균 등의 병원성 세균 및 살모넬라, 리스테리아 등의 식중독균을 파괴하기 위하여 설계되었다. 모든 그람음성세균은 사멸되지만 *Bacillus* 포자를 포함한 *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Streptococcus thermophilus* 등 일부 내열성 세균이 파괴되지 않는다. 이 세균들에 의한 원유의 오염도는 살균된 우유의 세균수에 직접적으로 영향을 주므로 유통기간에 직접적인 영향을 주므로 원유의 품질이 매우 중요하다.

*Bacillus cereus*와 같은 내냉성 포자형성세균들은 살균 후 냉장 온도가 8°C 이상으로 상승하면 증식하기 때문에 우유의 유통기간을 단축할 수 있다. *Bacillus cereus*는 우유를 연하게 응고하는 것이 통상적인 변패 현상이나 phospholipase를 생성하며 크림층의 쓴맛 생성을 수반하는 변패를 나타내는 원인균으로 전통적으로 인정되고 있다. 내열성 세균은 그람양성으로서 우유의 저온 냉장시에는 변패를 일으킬 가능성이 매우

났다.

UHT 처리는 상업멸균을 달성하는 열처리방법으로서 *Clostridium botulinum*을 비롯한 시유의 유통환경에서 성장할 수 있는 포자형성세균과 내열성 부패균을 사멸시킬 수 있는 공정이다. 그러나 2~5초의 단시간에 열처리되므로 비타민을 비롯한 영양소의 파괴를 최소화하고 있다. 국내에서 생산되는 대부분의 UHT 처리된 우유는 내열성 세균뿐만 아니라 *Bacillus*와 같은 포자형성세균도 사멸함으로 생산 직후의 세균수가 1 ml 당 거의 0에 육박한다. UHT 처리우유는 원유의 미생물학적 품질에 거의 상관없이 미생물학적 품질과 저장성이 우수하다. 단지 살균 후에 일어날 수 있는 충전기 등으로 인한 2차 오염에 의해 유통기간이 영향을 받을 수 있다.

우유의 모든 열처리 공정에서 우유의 안전성과 저장성을 증대하기 위하여 살균장치를 올바르게 설계하고 가동할 필요가 있다.

1) 우유의 살균처리 온도와 유지시간을 준수하고 이를 기록계에 지속적으로 기록하여 기계의 정상적인 작동을 확인하여야 한다.

2) 살균온도에 도달하지 못한 우유는 역류밸브에 의해 자동적으로 밸런스 탱크에 돌려보내어 적절히 살균되지 않는 우유가 통과되지 못하도록 안전장치가 설계되어 있어야 한다.

3) 열교환기의 재생부에서 살균된 우유의 압력이 원유의 압력보다 높도록 기계가 가동되어 원유가 개스킷 등을 통해 원유가 우유로 들어오는 것을 방지한다.

4) 개스킷의 마모, 역류밸브의 부적절한 작동 등과 같은 기계와 부속품의 기능 변화와 기계의 위치 변경 등이 있을 때에 우유의 살균온도와 시간 그리고 원유의 살균된 우유 내로의 유입여부를 확인하여야 한다.

3) 2차 오염(post-pasteurization contamination)

우유의 저장성에 있어 가장 중요한 인자는 우유가 열처리공정에서 열교환기의 유지부를 지난 후 냉각부, 우유파이프, 저장탱크 및 충전기에서 일어나는 2차 오염(재오염)이다. 건강한 유방의 유선세포에서 생산되어 유선포에 저장되어 있는 젖은 무균상태이다. 목장에서 생산과 착유될 때에 유방염, 유두관 및 착유기로부터 오염되는 것을 1차 오염이라 한다면, 유가공장에서 살균된 우유가 다시 오염되는 것을 2차 오염이라 한다.

국내에서 생산되는 LTLT 살균우유와 UHT 살균우유를 5월부터 9월에 걸쳐 시중에서 구입하여 7°C에서 10일간 저장한 후 표준평판법으로 세균수를 계수한 결과 10⁶/ml 이상으로 나타난 시유가 상당히 높은 비율로 나타나고 있었다(표 4). 이러한 시유로부터 분리한 세균 중 50% 이상을 *Pseudomonas*가 차지하고 *Acinetobacter*, *Aeromonas*과 같은 그람음성 내열성 세균이 대부분을 차지하였다(최석호, 1999). 여름에 생산된 상당량의 국산 시유가 2차 오염이 되어 유통기간의 결정에 제약이 되고 있음을 알 수 있었다.

살균된 우유가 원유 또는 다른 원인에 의해서 2차 오염이 되는 것을 최소화되도록 열교환기를 비롯한 유가공기계들이 설계되고 제조되어야 한다. 또한 공장 전체의 환경과 가동 여건을 개선하여 2차 오염의 가능성을 감소시켜야 한다. 사람의 직접적인 접촉이 없이 우유는 밀폐된 파이프와 기계를 통하여 살균 처리되거나 살균된 우유에 2차 오염이 일어나 공중보전에 위해를 일으키며 우유의 부패를 유발한다. 우유가 2차 오염이 되는 원인, 경로 및 방지대책은 표 5와 같다(Varnam과 Sutherland, 1994).

Barnard(1995)에 의하면 우유의 2차 오염 방지를 위해 저온살균기를 비롯하여 충전기의 완충탱크까지 모든 기계의 표면이 76.7°C에서 최소한 5분간 유지되어야 한다. 이를 위해서 기계에 유입되는 열수의 온도는 93.2°C까지 도달하여야 하며 순환과 배수될 때의 온도

표 4. 저장성 검사(7°C에서 10일)에서 10⁶ CFU/ml 이상의 세균수가 검출된 국산 살균우유의 퍼센트

검사일자	5월 11일	6월 30일	7월 29일	8월 11일	9월 3일
	(%)				
LTLT 살균우유	20	13	7	14	60
UHT 살균우유	25	35	21	42	0

가 82.3℃에서 10분간을 유지하여야 한다. 열수 다음에 21~31℃의 염소살균액 또는 옥소살균액을 5~10분간 순환시킨 다음 완전히 배수하여 살균을 완료한다. 살균우유의 충전에 사용하는 충전기를 철저하게 살균하면 냉장조건에서 21일 이상의 유통기간을 확보할 수 있다.

1ℓ의 용기에 충전된 우유에 1개의 그람음성세균이 존재함으로써 우유의 부패를 유발할 수 있다. 만약에 우유가 그람음성세균으로 2차 오염이 되지 않았다면 내열성 포자형성세균에 의해 부패된다. 2차 오염된 우유의 저장 가능기간은 4℃에서 보존할 때에 4~9일이나, 오염되지 않은 우유는 57일에 이른다고 하였다 (Mourgre와 Auclair, 1973). 8℃에서 보존할 때에 오염된 우유는 4~7일이고 오염이 되지 않은 우유는 21일이었다.

살균된 우유는 냉장온도에서 저장되므로 그람음성 내냉성 세균이 저장기간을 결정하는 요인이 되고 있다. 그람음성 내냉성 세균은 낮은 온도에 세대기간이 짧기 때문에 단기간에 우유를 부패시킬 수 있다. 따라서 살균우유의 저장성에 영향을 주는 주 요인은 2차 오염에 의해 우유에 유입된 그람음성 내냉성 세균이

다. LTLT와 HTST 열처리 후에 생존할 수 있는 *Bacillus*는 생육 속도가 그람음성세균에 대해 상대적으로 낮다. 그러므로 우유의 2차 오염을 통제하는 방법을 확보하는 것은 우유의 품질과 저장성을 관리함에 있어 매우 중요하다. UHT 살균우유의 유통기간은 UHT 처리 후에 냉장온도에서 생육할 수 있는 세균이 존재하지 않으므로 전적으로 2차 오염의 여부에 의해 유통기간이 결정된다.

ESL 살균우유는 UHT 열처리되었으며 2차 오염이 차단되어 무균충전되어 제조되므로 유통기간을 연장할 수 있다. 이렇게 무균충전하기 위하여 유가공장의 환경과 기계의 위생적인 관리가 필수적이다. 기존의 충전기도 Banard(1995)가 제시한대로 위생적으로 우유를 처리하면 유통기간을 21일로 증가시킬 수 있어 유통기간을 연장시킬 수 있다.

4) 저장과 유통 온도

우유에 오염된 세균의 성장률은 온도에 의해 영향을 받는다. 냉장 저장할 때에 약간의 온도 상승에 의해 성장률이 영향을 받는다. 온도가 3℃ 상승함으로써 유통기간이 50% 감소한다. 국내에서 생산된 LTLT 살

표 5. 살균우유의 2차 오염 원인과 예방대책

원 인	경 로	예 방 대 책
원료유	직접오염	- 살균기계의 정확한 제조, 가동과 유지
	간접오염 - 공장환경, 작업원	- 유가공장의 올바른 설계 - 통행제한, 수작업에 의한 우유 처리 금지
공장환경	간접오염 - 기계, 작업원, 포장재	- 동물, 토양, 물 등 외부환경에 의한 공장환경 오염 방지 - 공장의 원유처리구역으로부터 충전실(살균우유구역) 으로의 오염 방지 - 올바른 환경 위생
	직접오염	- 감염된 작업원의 근무 금지 및 질병 치료 - 올바른 위생습관 유지
작업원	간접오염 - 공장 환경, 외부 환경	- 보호 작업복 및 신발의 착용 - 외부 축산물의 반입 금지
	직접오염 - 원유 접촉, 생물학적 박막	- 기계의 오염 방지 - 가동시간을 8시간 이하로 제한 - 기계의 올바른 세척과 살균 실시
포장재	직접오염 - 우유병	- 우유병의 올바른 세척 및 살균 - 포장재의 오염 방지

균우유는 7℃에서 10일 동안 세균수가 낮게 유지되나 10℃에서는 급격하게 증가함을 알 수 있었다. 반면에 UHT 살균우유는 10℃에서 세균수의 변화가 없었다 (최석호, 1999). LTLT 살균우유는 온도의 상승에 따라 저장성이 급격히 감소함을 알 수 있으며 이는 10℃에서 저장하는 LTLT 살균우유에서 내생성 *Bacillus*가 성장하는 것으로 사료된다. 저온살균우유의 유통기간을 연장하기 위해서는 최소한 7℃이하로 유통 중의 저장 온도를 낮추어야만 할 것이다. 여름철에 우유를 전시하고 있는 개방식 냉장고의 온도가 10℃보다 높아 우유의 저장성에 문제를 일으킬 수 있으므로 이에 대한 대책이 필요하다.

UHT 살균우유는 저온살균우유에 비해 유통 중의 저장온도가 10℃까지 상승하더라도 비교적 저장성이 우수함을 알 수 있다. UHT 살균우유에는 포자형성세균이 사멸되었기 때문에 세균수의 증가가 적은 것으로 추정된다. UHT 살균우유는 2차 오염을 차단할 수 있는 위생적인 방법(표 5)을 수행하면 냉장 온도에서 장기간 유통할 수 있는 시유이다.

UHT 멸균우유는 상온에서 유통되기 때문에 우유에 잔류하는 효소에 의한 분해와 Maillard 반응 및 산소에 의한 산화반응이 일어나 화학적 변화가 일어날 수 있어 우유의 풍미 악화와 영양소가 파괴되는 결과를 유발한다. 원유의 미생물학적 품질과 저장 중의 온도는 이러한 화학적 변화에 중요한 역할을 한다.

ESL 살균우유는 무균충전되기 때문에 유통 중의 온도가 냉장 온도보다 약간 상승하더라도 변패될 가능성이 적다. ESL 살균우유는 냉장조건에서 저장하였을 때에 60일 후에도 변패되지 않았으나 UHT 살균우유는 제품에 따라 15일~60일 이후에 변패되었다. 더구나 ESL 살균우유는 상온에서도 10일 동안 변패되지 않았으나 20일 이후에는 일부 우유가 변패되기 시작하여 저장성이 매우 우수하였으나 UHT 멸균우유보다는 낮았다(김영찬과 이한동, 2001). 이는 ESL 살균우유의 충전공정이 UHT 멸균우유의 충전공정처럼 완전히 무균공정이 아닌 것으로 추측된다. ESL 살균우유는 상온에서도 상당한 저장성을 가지고 있으므로 국내의 열악한 유통환경에서 일어날 수 있는 부패에 대해 내구성을 가지고 있는 제품이다.

Ⅲ. 결론

시유의 세균수 및 대장균군수 등의 법적 규격을 준수하여 공중 보건의 안전성을 보장하고 유통 중에 우유의 변패를 방지하고자 하는 수단으로서 UHT 처리를 이용하여 살균하고 HACCP를 도입하여 위생적인 제조공정을 수립하여 2차 오염을 방지하고 유통환경을 개선하여 냉장유통체계를 확립하여 고품질 우유를 생산함으로써 국내 유가공업계는 부분적인 성과를 거두어 왔다. 최근에는 유통기간의 자율화와 생산물책임법이 시행되면서 ESL 살균우유가 일부 유가공업체에서 도입되어 열악한 유통환경에서 유통기간을 연장하고자 하는 노력을 하였다. 기존의 UHT 살균우유도 위생적으로 생산하면 유통기간을 연장할 수 있다. 우유의 유통기간을 증가시키기 위하여 2차 오염을 방지하는 것이 물론 중요하지만 풍미와 같은 우유의 품질을 향상시키기 위한 노력이 병행되어야 한다.

우유의 품질을 결정하는 기준이 미생물학적 품질보다는 풍미가 우선한다는 사실을 주목해야 한다. 우유의 풍미는 원유의 체세포수 및 미생물수, 사료, 외래물질, 물리적 취급에 의해서도 영향을 받음을 인지하여야 한다. 우수한 살균처리와 충전방법이 시유의 안전성을 보장하고 법적 유통기간을 연장할 수 있으나 유가공장이 사용한 원료인 원유의 품질이 열악할 때에 우수한 품질의 시유는 생산할 수 없어 적극적 의미의 유통기간을 가질 수 없다.

과학적인 살균처리와 위생적인 충전방법에 의해 시유의 미생물학적 품질을 지켜져야 한다. 이에 따라 유통기간을 연장하여 소비자가 섭취하기 전에 시유가 부패되는 것을 방지하여야 한다. 낙농가는 우수한 품질을 가진 원유를 생산하고 유가공업체는 원유를 위생적으로 처리하여 소비자가 즐겨 마시는 시유를 생산함으로써 시유의 소비를 증가시켜야 한다. 이를 위하여 낙농가, 유가공업체 및 관련 기관의 유기적인 협조와 제도적인 밀반침이 있어야 한다.

Ⅳ. 참고문헌

1. Barnard, S. E. 1996. Extending the keeping quality of fluid milk to 21 days. Dairy Food Environ. Sanit., 15:12-16.
2. Harding, F. 1995. Milk quality. Blackie Academic and Professionals. London.

3. IDF. 1993. Catalogue of tests for the detection of post-pasteurization contamination of milk. Bulletin of the IDF 281, pp. 13-34.
4. Mourgues, R., and Auclair, I. 1973. Keeping quality of aseptically packed pasteurized milk during storage at 4°C and 8°C. *Lait*, 53: 481-490.
5. Phillips, J. D. and Griffiths, M. W. 1989. Pasteurized dairy products-the constraints imposed by environmental bacterial contamination. *In* J. O. Nriagu and M.S. Simmons, ed. *Advances in Environmental Science and Technology: Food Contamination from Environmental Sources*. p.387. John Willey and Sons, New York.
6. Varnam, A. H. and Sutherland, J. P. 1994. Milk and milk products-technology, chemistry and microbiology. Chapman and Hall, London.
7. Zall, R. R. 1990. Control and destruction of micro-organism *In* Dairy Microbiology vol. 1. R. K. Robinson, ed. Elsevier Applied Science, London.
8. 국립수의과학검역원. 2001. 국립수의과학검역원 고시 제2000-20호.
9. 김영찬, 이한동. 2001. ESL우유와 ESL시스템. 2001 한국유가공기술과학회 제53회 추계심포지움 pp. 61-69.
10. 이무하, 이성기, 최석호, 김일석. 2001. 축산식품 품질경영학, 선진문화사.
11. 최석호. 1999. 고품질 우유의 생산 기술 개발. 최종 연구보고서 농림부.