

열처리에 의한 우유의 이화학적 품질변화에 관한 고찰

인영민 · 정인경
농촌진흥청 축산기술연구소

A Review on the Change of Physicochemical Quality during Heating of Milk

Y. M. In · I. K. Jung
National Livestock Research Institute, RDA

ABSTRACT

Milk can be regarded as a complete food, containing protein, fat, lactose, vitamins and minerals. Milk is heated for a variety of reasons. The main reasons are: to remove pathogenic organisms; to increase shelf-life. But, when milk is heated, many changes take place: denaturation of whey proteins and interaction with casein, Maillard browning, losses of vitamin and minerals. The addition of a additive and milk powder to flavor and taste may cause undesirable change of quality during heating milk. The reconstituted milk is the milk product resulting from the addition of water to the dried or condensed form in the amount necessary to re-establish the specified water solids ratio. Therefore, according to the increasement of consumption of processed milk, the necessity for study about the quality of processed milk mixed with reconstituted milk arose.

(**Keyword** : Physicochemical change, Heat treatment milk, Processed milk)

I. 서론

우유는 소화율이 높고 필수아미노산이 풍부한 양질의 단백질과 칼슘의 좋은 공급 식품으로써 성장기 어린이뿐만 아니라 성인과 노인에게도 권장되는 완전식품이다. 그러나 원유는 음용을 위해 반드시 병원성 미생물의 사멸과 유해효소를 불활성화 시키는 가열 살균과정을 필요로 한다. 이런 가열 살균과정에서 우유의 성분에 이화학적인 변화가 나타나며 영양성분의 손실이 야기된다. 따라서 최근까지 우리나라에서는 우유의 열처리 조건이 우유의 품질 즉, 성분 및 영양가에 미치는 영향에 대한 논쟁이 분분하였으며,

열처리 조건이 다른 우유제품의 장단점에 대해서 많은 관심이 일고 있다.

우유류 중 일반시유(market milk)는 원유를 그대로 영양성분상의 조정을 거치지 않고 위생적으로 가열처리한 음용우유로서 축산물가공처리법 시행규칙에 의하면 시유는 살균시유와 멸균시유, 가공유(강화우유, 성분조정유), 환원유 등으로 구분된다.

최근 우리나라에도 다양한 소비층의 입맛에 맞추기 위하여 우유에 과일향(딸기, 바나나, 메론) 등의 향신료나 커피·코코아 등의 기호성 첨가물을 혼합하여 만든 가공우유제품들이 점차 증가하고 있으며, 소비량도 '98년에 170,144톤에서 '99년에 197,695톤으로 16.2%의 증가를 나타내 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다.

Corresponding author : Y. M. In, National Livestock Research Institute, Suwon, 441-350, Korea

가공유는 우유의 최저함유량이 85%로서 유고형분을 추가하기 위하여 탈지분유 또는 농축탈지유, 환원유(reconstituted milk)를 첨가하기도 한다.

환원유는 전지분유 또는 농축유를 물에 용해시켜 원유의 유고형분 함량대로 환원시킨 우유로서 최근에는 값싼 수입 분유로 제조되는 환원유의 유통이 국산 액상유의 가장 큰 위협이 되고 있다. 이러한 환원유를 원료로 하는 가공유에 첨가되는 설탕과 기타 첨가성분들은 미생물에 대한 보호효과를 가지므로 시유보다 격심한 열처리가 요구되며 풍미와 색소형성을 위해 가열, 농축, 건조, 가당 등의 가공 과정을 거치면서 우유 단백질이나 아미노산이 변성되는 것으로 알려져 왔기 때문에 환원유나 가공유의 품질에 대한 연구가 절실히 요구되는 실정이다.

따라서 본고에서는 시유 및 가공유의 열처리 시 이화학적·영양학적 변화를 살펴보고, 유제품의 수입개방에 따른 수입산 분유의 사용량을 줄이면서, 국산 원유를 이용한 신선시유의 우수성을 알리고자 한다.

II. 우유의 가열살균 방법

1. 저온장시간 살균법(LTLT; Low temperature long time pasteurization)

LTLT살균법은 holding pasteurization 이라 하며 일반적으로 batch식의 살균장치로서 중간에 열수 또는 증기를 통하는 것에 의해서 우유를 62~65℃에서 30분간 가열 살균하는 방법이다. 살균중의 가열효과를 균일하게 하기 위하여 주로 교반기를 부착 사용하고 있다. 이 방법은 처리 시간이 길고 다른 살균방법에 비하여 살균효과가 적어 최근에는 점차 사용이 줄어들고 있다.

2. 고온단시간 살균법(HTST; High temperature short time pasteurization)

이 방법은 우유를 연속적으로 열 교환기를 통과시킴으로써 72~75℃에서 15~16초의 단시간에 가열 살균시키는 방법으로 다량의 우유를 연속적으로 가열 살균할 수 있는 장점이 있다.

3. 고온순간 살균법(Flash pasteurization)

우유를 80~95℃에서 순간 가열 처리하는 방법으로 서 유럽의 일부 국가에서 이용되고 있는 가열처리 방법이다. LTLT살균법에 비해 살균효과가 높은 편이나 가열취의 발생이나 유청단백질의 응고 및 갈색화 반응이 나타나 신선함을 유지하는 데에는 적당하지 않다.

4. 초고온 처리법(UHT; Ultra high temperature treatment)

UHT멸균법은 130~150℃에서 0.5~2초간 멸균 처리하는 방법으로 높은 온도에서 짧은 시간 가열처리함으로써 바람직하지 않은 영양소 파괴와 화학적 변화를 극소화하면서 우유의 미생물을 완전히 사멸할 수 있다는 장점이 있다. UHT방법은 미생물을 100% 사멸시키는 멸균(sterilization)과 미생물의 대부분을 사멸시키는 살균(pasteurization)의 두 종류로 구분된다. 현재는 거의 대부분의 유가공 공장에서 UHT방법을 사용하고 있다. 이러한 UHT살균과 멸균법을 정확하게 구별하기 위해서는 UHT처리 온도와 가열 후 재오염을 방지하는 무균 충전이 꼭 필요하다.

우리나라의 경우 우유의 살균 처리방법은 저온살균법에서 고온순간살균법을 거쳐 현재는 거의 초고온처리법을 도입, 이용하고 있는 실정이나 국내 시판되고 있는 우유들의 열처리 조건에 차이가 많다.

Table 1은 미국 FDA가 권장하는 가열 살균조건으로

Table 1. Condition of heat treated pasteurization for milk and dairy products in USA(RDA recommendation)

| Product | Pasteurization method | Temperature (°C) | Time |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------|----------|
| milk low fat milk skim milk | LTLT | 62.8 | 30 min |
| | | 71.7 | 15 sec |
| | HTST | 88.3 | 1 sec |
| | | 90.0 | 0.5 sec |
| | | 94.0 | 0.1 sec |
| | | 95.5 | 0.05 sec |
| cream chocolate milk | LTLT | 65.5 | 30 min |
| | HTST | 74.4 | 15 sec |
| ice-cream | LTLT | 68.3 | 30 sec |
| | HTST | 79.4 | 15 sec |

유제품에 따라서 살균방법에 차이를 두고 있다.

III. 열처리시 우유의 이화학적 및 영양학적 변화

1. 단백질

(1) 유청단백질의 열변성

유청단백질은 총 우유 단백질의 약 20%를 차지하고 있으며, β -lactoglobulin, α -lactalbumin, immunoglobulin, serum albumin, proteose-peptone, non proteic compounds 등으로 구분할 수 있다. 우유의 열처리 시 유청단백질의 열변성(denaturation) 정도는 열처리 온도와 시간에 영향을 받으며, 열처리를 전혀 받지 않은 상태의 유청단백질은 뚜렷한 형태를 갖고 있으나, 어느 범위 수준 이상의 열에 노출될 때에는 이러한 형태가 파괴되면서 단백질의 특성이 변화된다¹⁾.

유청단백질 내 비활성 상태인 sulfhydryl group(-SH 기)은 가열에 의해 3차적 구조가 변하면서 활성화된다. 따라서 우유를 75°C에서 가열할 경우 합황아미노산이 -SH기를 유리하여 휘발성황화물질이 형성되면서 가열취가 발생된다고 한다^{2,3)}.

또한 유청단백질은 열처리에 의해 응집되면서 연질 커드가 형성되는데 이 연질커드는 cottage 치즈 제조 시에 우유 단백질의 응고력을 저하시키는 원인이 된다.

유청단백질은 각 종류에 따라서 열처리시의 변성율이 다르다. 가장 먼저 변성이 일어나는 유청단백질은 immunoglobulin이며 유청 albumin, β -lactoglobulin, α -lactalbumin은 열변성에 대한 안정성이 조금 높아 탈지유를 70°C에서 30분간 가열했을 때 각 유청단백질의 열변성율은 immunoglobulin이 89%, 유청albumin이 59%, β -lactoglobulin이 32%, α -lactalbumin 6%였다고 보고된 바 있다⁴⁾.

그리고 유청단백질은 가열 살균방법에 따라서 변성 정도가 달라 LTLT살균법의 경우 약 12~20%, HTST의 경우 50%, UHT의 경우 60~65%의 변성이 일어난다고 하였다⁵⁾.

그중 β -lactoglobulin은 유청의 주요단백질로서 유

청단백질의 50-55%를 차지하며 양적으로 뿐 아니라 우유의 열처리시의 변화에서도 중요한 역할을 한다. 60°C이상으로 열처리 시 변성되기 시작하며 가열 온도가 높아질수록 thiol-disulfide 내부교환 반응에서 κ -casein 또는 α -lactalbumin과 복합체를 형성하여 micelle의 표면구조와 안정성에 변화를 야기시킨다^{6,7)}. Eberhard⁸⁾등은 원유중에 β -lactoglobulin은 약 3500~3800mg/l 존재하지만 열처리를 받으면 열 변성되어 살균유에서는 약 5~25%정도 감소된다고 하였으며, 살균유 보다는 멸균유내의 β -lactoglobulin 함량이 유의적으로 적었다고 보고하였다.

특히, 우유를 예비가열 할 때의 유청단백질 변성 정도에 따라 분유제품의 특성이 나타나는데, 분유 생산 시 농축 전에 실시하는 살균처리는 최소한 제품에 악영향을 끼치는 세균을 파괴할 수 있는 살균효과가 있어야 하므로 72~74°C에서 15초간 예비 가열할 경우 유청단백질이 약 10%정도 변성되며 90°C의 높은 온도로 10~30분간 열처리 할 경우에는 더 많은 유청단백질의 변성이 야기된다. 원유와 환원유에서 유청단백질의 변화를 비교한 김⁹⁾의 연구에서는 유의적이지는 않지만 원유에 비해 환원유에서 유청단백질이 더 많이 변성된 것으로 나타났다.

(2) Casein micelle의 변화

우유 중 Casein은 우유에서 인산칼슘과 결합해서 casein-calcium phosphate의 복합체를 형성하여 colloid 상태로 존재하는데 이 복합체를 casein micelle이라 한다¹⁰⁾.

Casein은 열에 안정하다고 알려져 있으나 가열 조건에 따라서 유청단백질과의 상호작용, 칼슘이온의 농도 변화, pH의 변화 등에 의해 casein micelle의 양과 크기가 변화되는 것으로 보고되고 있다^{11,12)}. 즉, 우유를 HTST나 UHT 처리를 하였을 경우 원유 중의 casein micelle의 크기에 비해서 크기가 큰 micelle의 수가 증가되었는데 가열에 의한 casein micelle의 크기는 HTST보다는 UHT살균법에서 가장 변화가 큰 것으로 보고되고 있다¹³⁻¹⁵⁾. 우유의 가열처리에 의해 크기가 큰 casein micelle이 증가하는 이유는 열 변성된 유청단백질이 casein micelle표면에 존재하는 κ -casein과 상호

작용을 하여 유청단백질이 micelle 표면에 부착되기 때문이다.

(3) 유청단백질과 casein과의 상호작용

Casein micelle의 구성성분 중 κ -casein은 우유의 가열 처리에 의하여 유청 단백질과 복합체를 형성하는 것으로 알려져 있으며 그 중 β -lactoglobulin내의 free sulphydryl group과의 상호작용에 의한 β -lactoglobulin/ κ -casein이 가장 잘 알려져 있다^{10,16,17}. 이와같은 복합체 형성은 유제품 제조 시 예열에 의한 제품의 점도와 열 안정성에 변화를 주어, 치즈 제조시 κ -casein의 rennin 작용에 대한 감수성을 저해하여 응고시간을 지연시키며, 우유 응고후 micelle 간의 상호작용에 의해 일어나는 유청분리를 저해한다. 또한 열처리에 의해 변성된 β -lactoglobulin은 우유가 발효될 때 micelle간의 용해를 공간적으로 방해하여 yoghurt의 조직을 저해하는 것으로 보고되어 있다¹⁸.

그러나 casein micelle은 β -lactoglobulin 뿐만 아니라 α -lactalbumin과도 상호작용을 하여 복합체를 형성한다고 하며¹⁹, Elfagm과 Weelock^{20,21}은 κ -casein과 α -lactalbumin은 가열에 의해 직접적으로 상호작용을 하지 않지만 우유의 열처리시 β -lactoglobulin과 α -lactalbumin이 먼저 상호작용에 의해서 복합체를 형성한 후에 κ -casein과 반응하여 커다란 복합체를 형성한다고 하였다.

2. 탄수화물

우유의 가열처리에 의한 탄수화물의 변화는 우유의 색, 맛 과 향기 등의 변화에 관련된 것이 많으나 이들의 변화를 일으키는 일련의 과정은 갈변화 현상이라 하는 Maillard 반응에 의한 변화가 대부분이다. 이와 같은 Maillard 반응에 의해 생성되어 우유의 열처리에 따른 변화를 측정하는 지표로 사용되는 것들로는 amadori 전위반응 물질인 furosine(ϵ -N-2-furosyl methyl-lysine)과 HMF(hydroxymethylfurfural), 그리고 lactose의 isomerization에 의해 형성되는 lactulose 등이 있다.

(1) Furosine

Furosine은 1965년 말 과일 처리된 탈지분유의 가수

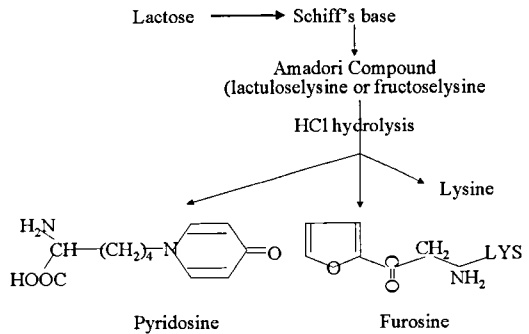


Fig 1. The pathway of the furosine formation

분해물에서 알려지지 않은 peak가 발견된 이후로 연구가 진행되어 이 물질이 lysine과 glucose와 관련이 있음을 밝혀냈다²².

우유의 열처리시 lactose와 lysine이 반응하여 schiff's base를 형성하고 lactosylamine을 거쳐 amadori rearrangement후에 Maillard반응 과정에 의해 안정한 물질인 lactuloseysine이 된다. 그러나 열처리되거나 저장중인 유제품의 경우에는 galactose가 분해된 fructoselysine(ϵ -N-2-deoxy-frutosyl-L-lysine)도 존재한다. 이 두 물질은 산 가수분해에 의해 furosine, lysine, pyridosine으로 분해된다(Fig 1).

우유의 가열처리에 따른 furosine생성량을 조사한 많은 연구결과에 의하면 frosine은 우유의 열처리에 따른 초기단계에 형성되는 것으로서 우유를 열처리할 경우에는 가열온도에 따라서 그 함량이 증가된다고 하였다^{23, 24}. Resmini 등²⁵은 70~100°C 온도 범위에서 온도를 상승시키면서 furosine의 생성량을 조사한 결과 온도가 높아짐에 따라서 furosine이 많이 생성되었다고 보고하였으며, 100°C이상의 고온에서는 생성량이 급격히 증가되었다고 하였다²². 따라서 우유내 furosine의 수준은 우유의 열처리 정도를 구분할 수 있는 지표로서 이용될 수 있어 최근 Italy에서는 살균유의 furosine수준 한계치를 정하고 있다²⁶.

특히 우유로 분유를 제조하는 과정동안 furosine이 많이 생성된다는 것은 많은 연구결과에서 보고된 바 있다. 원유와 환원유의 furosine수준을 비교 조사한 신의 연구²⁷에서도 환원유를 첨가하지 않은 원유에 비해 환원유 내 furosine의 수준이 유의적으로 높았으며, 첨

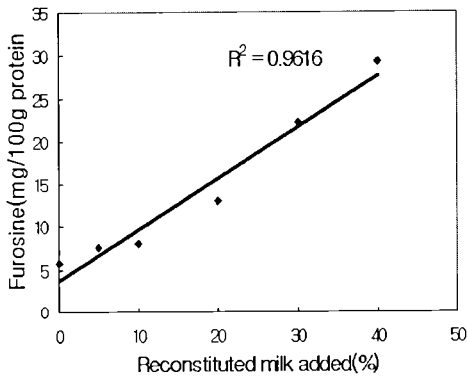


Fig. 2. Furosine content in milk mixed with reconstituted milk

가되는 환원유량이 증가할수록 furosine의 수준이 높아지는 것으로 보고되었다(Fig 2).

따라서 furosine 함량이 기준 이상으로 나온 유제품은 열처리 기준을 준수하지 못했거나 분유제품이 첨가된 것으로 판단되며 제조 과정 중 문제가 있는 제품이라고 판단할 수 있다고 본다.

(2) HMF (Hydroxymethylfurfural)

HMF는 1949년에 Wolfrom 등이 glucose와 glycine의 수용액을 열처리했을 때 생성된다고 보고한 이래로 계속 연구가 진행되어 1953년 Hodge에 의해 Maillard반응에 의한 HMF의 생성메카니즘이 밝혀졌다. 그후 Boekel과 Rehman²⁸⁾이 제시한 HMF의 반응 메카니즘을 살펴보면(Fig.3), 우유중의 유당과 lysine이 축합반응을 한 후 Schiff's base가 형성되며, 이는 Amadori rearrangement되어 lactulosylamine(1-amine-1-deoxy-ketose)로 전환된다. pH가 낮을 경우 Amadori 물질은 enolization을 거쳐서 HMF의 Schiff's가 되며, 분해과정중에 galactose가 떨어져 나가면서 HMF가 생성된다.

최근 HMF가 우유의 열처리 정도의 지표로서 주목을 받아 이에 대한 연구가 많이 이루어 지고 있다. 우유의 열처리에 따른 HMF함량 변화에 대한 연구에서, Morales 등은 90~140°C에서 우유를 가열처리 할 경우 열처리 온도와 열처리 시간이 증가할수록 HMF의 생성량이 증가되었다고 하였으며²⁹⁾ Holsinger 등³⁰⁾도 HMF는 우유의 가공 및 저장과정 중에 생성되며 열처

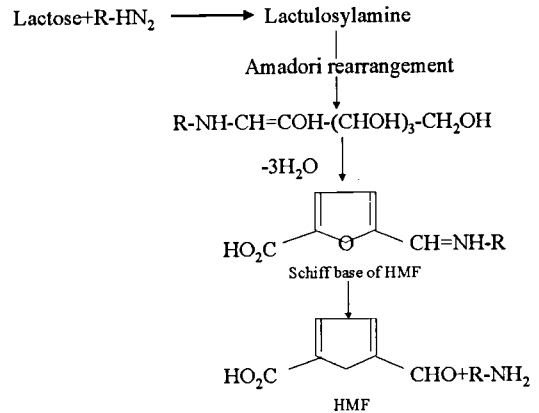


Fig 3. The pathway of HMF formation

리 온도 및 시간에 영향을 받는다고 하였다. 국산 원유와 시유의 HMF함량을 비교 조사한 연구³¹⁾에서도, UHT살균 시유가 원유에 비해서 HMF가 더 많이 함유되어 있는 것으로 나타났으며 원유와 75°C, 132°C, 140°C로 가열처리한 우유에서의 HMF함량을 조사한 연구³²⁾에서도 132°C와 140°C의 높은 온도로 살균한 우유의 HMF함량은 원유에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다.

특히 가공유의 고형분 함량이 많을수록 HMF의 함량이 증가하는 것으로 보고되고 있는데, 원유와 환원유의 HMF함량을 비교 조사한 연구⁹⁾에서 열처리를 가하지 않은 경우에서도 원유에 비해 환원유의 HMF 함량이 더 많았으며, 가열온도가 높아질수록 HMF함량은 점차 증가되었다. Fink 등의 연구에서도 UHT살균유와 멸균유의 HMF수준이 각각 1~10 μmol/l, 30~140 μmol/l로 나타나 HMF함량은 열처리 정도가 심하고, 고형분 함량이 많을수록 증가된다고 하였다.

국산 탈지분유와 수입분유와의 HMF 함량을 비교 조사한 최와 김³³⁾의 연구의 경우 열처리 정도에 따라 HMF 함량에 차이를 보였으며, 국산 조제분유의 열처리 정도를 알아보기 위해 HMF 함량을 조사한 박과 홍³¹⁾의 연구에서도 저장기간을 길게하기 위해 더 많은 열처리를 한 분유에서 HMF함량이 높게 나타났다. 그리고 많은 연구결과에서 분유의 HMF함량은 우유의 예열처리 정도에 따라서도 영향을 받으며, 건조방법에 따라서도 많은 차이를 보여 분유의 품질은 제조공정시의 열처

리나 가공방법에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

따라서 유단백질과 유당 사이의 Maillard반응은 가공에 사용되는 분유의 예비가열, 진공농축, 건조, 저장 중에 증진되어서 HMF를 많이 형성하므로 제품의 품질저하를 가져올 것으로 본다.

(3) Lactulose(4-O- β -D-galactopyranosyl-D-fructofuranose)

Lactulose는 1958년 Adachi에 의해 120°C에서 10시간 동안 열처리된 우유에서 처음으로 발견되었다. 가열처리된 우유내에서 lactulose는 두 가지 형태로 존재한다. 하나는 유리상태의 lactulose이며, 다른 하나는 유단백질의 amino groups이 공유결합된 ϵ -N-deoxylactulosyl-L-lysine 이다. 가열 처리된 우유내의 유리 lactulose는 Lobry de Bruyn-Alberda van Ekenstein(LA) transformation 에 의해 형성되며 우유 중 유당농도의 변화에 따라 lactulose농도도 변화된다고 한다.

우유의 열처리 시 lactulose 함량 변화에 대한 대부분의 연구결과에 의하면 살균유에서는 lactulose가 검출되지 않은 반면에 UHT살균유나 병장멸균유의 lactulose 함량은 높은 것으로 나타나 lactulose 수준이 우유의 열처리 정도를 구분하는 지표로서 주목받고 있다³⁴. 국내 시판우유 중 lactulose함량을 조사한 박 등³⁵의 연구에서도 우유의 열처리 정도에 따른 이화화학적 변화 중 lactulose 함량이 우유의 가열처리 정도의 지표가 될 수 있다고 하였다.

Lactulose는 Lactobacilli와 Bifidobacterium bifidum에 의해 이용되어 에너지원과 성장인자로서 유아의 영양에 중요한 당류이지만 지나친 정도의 lactulose는 위의 장관장애를 일으킬 수 있다고 보고되고 있어 우유의 열처리 시에 형성되는 lactulose의 수준이 우유 및 유제품의 품질에도 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

3. 지방

우유 성분 중에서 유지방은 제품의 가격형성 뿐 아니라 제품의 향과 맛의 형성에도 중요한 역할을 한다. 우유 중 지방은 착유 후 냉각, 균질, 교반 및 열처리 등의 요인에 의해 물리적, 화학적인 변화가 나타난다. 특

히 우유의 지방은 열처리 과정 중 lactones이나 methyl ketone이 형성되면서 우유의 풍미에 손상을 일으키는 원인이 되는데 저온살균유의 경우에는 12nmol/g fat으로 원유(10nmol/g fat)와 큰 차이를 보이지 않으나, UHT살균이나 병장멸균 처리 시에는 lactone이나 methyl ketone이 많이 생성된다. 그리고 우유 중의 triglyceride에 결합되어 있는 지방산이 가열처리에 의해 일부 분리되어 유리지방산으로 변화되기도 하나 그 변화량은 매우 적다. 또한 우유 중의 불포화지방산은 가열에 의해 산화되어 과산화물을 생성하기도 하며 이러한 과산화물이 우유의 풍미를 저하시키거나 과량섭취 시 독성의 원인이 될 수 있다.

4. 비타민 및 무기질

우유의 가열처리에 의해 일부 비타민과 무기질이 부분적으로 손실되는 것으로 알려져 있다. 지용성비타민은 비교적 열에 안정하여 가열살균 과정 중 손실에 따른 함량 변화는 크지 않은 것으로 알려져 있다. Scott 등³⁶은 우유를 가열 살균 또는 멸균했을 때에 열에 의한 비타민 A의 손실은 큰 차이가 없었다고 보고하였으며, Betty 등³⁷은 우유에 지방함량이 많을수록 비타민 A의 가열안정성은 더욱 높아지는데 이는 항산화 작용을 하는 tocopherol이 유지방의 산화를 억제함으로써 비타민A를 안정시키기 때문이라고 한다³⁸. 따라서 탈지우유보다는 전지우유내의 비타민 A가 더욱 안정하다고 한다. 비타민D에 대한 내열성에 대한 연구결과에 의하면 유지방중에 존재하는 비타민D는 열에 상당히 안정하여 110~120°C에서 15분간의 열처리과정에서도 감소되지 않았으며, 비타민E의 경우에도 약 10%이하의 손실이 있었다고 하였다³⁹.

그러나 수용성 비타민인 thiamine, riboflavine, 비타민 B12의 경우 지용성비타민에 비해 그 손실율이 크나 이는 저장 중에 일어나는 손실에 비하면 매우 적은 양이다. 비타민 중 가장 손실정도가 큰 것은 비타민 C이며 저온 살균과정에서 약 10~25%, UHT처리 과정에서는 25% 혹은 그 이상의 손실이 일어나는 것으로 확인되었다⁴⁰. 국내 시유의 비타민 C함량에 대한 남의 연구보고⁴¹에서도 원유를 130°C로 가열 처리 한 후에 비타민 C가 28%정도 손실될 것으로 나타나 시판되는 우

유내의 비타민 C의 함량은 매우 낮을 것으로 보인다.

우유의 무기질 중 가열처리에 의해 영향을 받는 것으로는 칼슘과 마그네슘, citrate, phosphate 등이 있다. 특히 칼슘의 경우, 우유를 가열 살균 처리하는 과정에서 칼슘의 염류분포의 평형에 영향을 미쳐 가용성 칼슘의 양이 감소하고 인산 또는 변성된 단백질과 결합하여 casein micelles 안으로 이동하면서 콜로이드 상 칼슘으로 변화되어 한외여과성 칼슘함량이 감소된다고 한다⁴²⁾, 이러한 우유의 열처리에 따른 가용성 칼슘 양의 감소나 존재형태의 변화는 체내 이용성에는 크게 영향을 미치는 않는다고 보고되고 있어 우유의 열처리에 따른 칼슘양의 감소는 큰 문제가 되지 않는다. 그러나 김과 최의 연구에서⁴³⁾ 원유와 시유의 칼슘함량은 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 가공유의 경우에는 원유에 비해 칼슘함량이 유의적으로 낮게 나타났다. 또한 가공유는 설탕, 이성화당, 물엿 등이 첨가되어 제조되고 있어 원유나 신선 시유에 비해 유당의 함량이 낮다. 따라서 칼슘의 체내 흡수율도 신선 시유에 비해 낮아지므로 가공유를 섭취할 경우 칼슘 공급원으로서 우유의 효율성이 신선 시유에 비해 매우 떨어질 것이다.

IV. 결론

우유의 가열 살균처리는 식품의 위생상 반드시 거쳐야 하는 공정으로서 병원성미생물의 사멸과 유해효소의 불활성화에 그 목적이 있다. 그러나 이러한 가열살균 과정에서 우유의 주요 영양소들의 이화학적 변화가 나타나고 영양성분의 손실이 함께 야기된다.

우유의 가열처리로 인한 이화학적 변화는 대개 두 개 이상의 우유성분이 상호 복합적으로 작용하여 나타난다. 유청단백질이 열에 의해 변성되며, casein micelle의 변화가 나타나고, 유청단백질과 casein의 복합체가 형성되며 유당의 carbonyl기와 ϵ -amino기의 Maillard 반응에 따른 갈변화 반응 결과 여러 복합물질이 형성되면서 우유의 품질에 영향을 미치게 된다.

이와 같이 우유는 열처리에 의해 우유 본래의 성질이 변하기 때문에 열처리를 적게 받을수록 신선한 유제품이라고 할 수 있으며, 소비자들은 신선한 유제품을 선호하고 있다. 그러나 우유의 저장성을 높이기 위

해 분말 또는 농축상태로 하여 보관하였다가 필요시에 원래의 고형분 함량으로 환원시킨 환원유의 형태로 이용하는 기술이 꾸준히 개발되어 왔으며 일부 유가공업자들은 가격을 낮추기 위해 값싼 수입산 분유를 사용한 환원유를 가공유의 제조에 사용하기도 한다. 이렇듯 유제품의 수입이 전면 개방된 이래 쏟아져 들어오는 수입분유로 제조되는 환원유의 유통이 국산 시유의 품질저하를 가져올 것으로 본다.

따라서 국산 원유를 이용한 신선시유의 우수성을 강조하고, 우수한 품질의 우유 공급을 위해서 또한 유제품 수입개방에 대한 중요한 대응 방안을 마련하기 위해서는 신선시유와 환원유를 첨가한 가공유의 열처리시의 변화에 대해 좀더 명확하고 체계적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 참고문헌

1. Renner, E : Milk and dairy products in human nutrition. Volkswirt. Verlag, Munich, 283, 1983
2. Aboshama, K. and A.P. Hansen. Effect of ultra high temperature steam injection processing on sulfurcontaining amino acids in milk. J Dairy Sci., 60: 1374-1378, 1977
3. Jaddou, H.A., J.A. Pavey and D.J. Manning. Chemical analysis of flavor volatiles in heat treated milks. J. Dairy Res., 45: 391-403, 1978
4. Larson, B.L. and G.D. Roller. Heat denaturation of the specific serum proteins in milk. J. Dairy Sci., 38: 351-357, 1955
5. 各種乳製品製造工程におけるホエー蛋白質の變化. Jap. J. Dairy Sci., 33(6) : A195-201, 1984.
6. Zittle CA, Thompson MP, Custer JH, Cerbulis J. K-casein-beta-lactoglobulin interaction in solution when heated. J Dairy Sci 45: 807-810, 1962
7. Park, K.H., & Lund, D.B., Calorimetric study of the thermal denaturation of β -lactoglobulin. J. Dairy Sci., 67:1699-1706, 1984.
8. Eberhard, P., Butikofer, U., Bosset, J.O., Gallmann, P.U. Effect of pasteurization technologies on selected heat load indicators. Heat treatments & alternative methods. IDF. 363-364, 1996

9. 김용기. 환원유가 혼입된 모조시유의 검출방법에 관한 연구. 석사학위 논문. 서울대학교 대학원, 1992
10. Walstra, P., Jenness, R.. Dairy chemistry and physics. New York; Wiley, 1984.
11. 김영교 등 Casein micelle의 조성에 관한 연구, III. Casein micelle의 침전에 대한 온도의 영향. 韓畜誌. 26: 407-411, 1984
12. Darling, D.F. Heat stability of milk. J. Dairy Res., 47: 199-210, 1980
13. Aoki, T and Y. Kako. Relation between micelle size and formation of soluble casein on heating concentrated milk. J. Dairy Res. 50: 207-213, 1983 r
14. Kim, Y.K and Kim. S.H. Stuiess on the effect of heating and freezing milk on the properties of casin micelles. Proceedings; VI Word conference on animal production, Helsinki, 105, 1988
15. 김세현, 김영교. 열처리에 의한 casein micelle의 성질 변화에 관한 연구. 韓畜誌. 28: 673-678, 1986
16. Hill, A.R. The β -lactoglobulin- κ -casein complex. Canadian Institute of Food Technology Journal, 22:120-123, 1989
17. Jang, H.D., & Swaisgood, H.E. Disulphide bond formation between thermally denatured β -lactoglobulin and κ -casein micelles. J. Dairy Sci., 73: 900-904, 1990
18. Mottar, J. and Bassier, A. Effect of heat induced association of whey proteins and casein micelles on yoghurt texture. J. Dairy Sci.. 72: 2247, 1989
19. Law, A.J.R., Horne, E.S., Banks, J.M., Leaver, J. Heat-induced changes in the whey proteins and caseins. Milchwissenschaft, 49: 125-129, 1994
20. Elfagm, A.A. and J.V. Wheelock. Effect of heat on α -lactalbumin과 β -lactoglobulin in bovine milk. J. Dairy Res., 44: 367-371, 1977
21. Elfagm, A.A. and J.V. Wheelock. Heat interaction between α -lactalbumin, β -lactoglobulin and casein in bovine milk. J. Dairy Sci., 61: 15-163, 1978
22. Elbersdobler, H.F. Twenty years of furosine-better knowledge about the biological significance of Maillard reaction on food and nutrition, Amino-carbonyl reactions in Food and biological system. 481-491, 1986
23. Hurrell, R.F., Finot, P.A., Ford, J.E. Storage of milk powders under adverse conditions. I. Losses of lysine and of other essential amino acids as determined by chemical and microbiological methods. Br. J. Nutr. 49: 343-354, 1983
24. L.Pellegrino, I. De Noni & P. Resmini. Coupling of lactulose and furosine indices for quality evaluation of sterilized milk. Int. Dairy Journal 5:647-659, 1995
25. Resmini, P., Pellegrino, L., & Battelli, G. Accurate quantification of furosine in milk and dairy products by direct HPLC methods. Ital. J. Food Sci. 3: 173-183, 1990
26. Roland Van Renterghem & Jan De Block. Furosine in consumption milk and milk powder. Int. Dairy Journal 6:371-382, 1996
27. 신필기. 안영태, 김현옥. 국내 시유 및 유제품의 furosine 함량에 관한 연구. 동물자원학회지. 42(3) : 325-330, 2000
28. Boekel, M.A.J.S. & Rehman, Zia-ur. Determination of hydroxymethylfurfural in heated milk by high-performance liquid chromatography. Neth Milk dairy J. 41: 297-306, 1987
29. Morales, F.J., Romero, C., & Jimenez-perez, S. New Methodologies for Kinetic Study of Cl Formation and Reactive Lysine Blockage in Heat-Treated Milk and Model Systems. Journal of Food Protection. 58(3): 310-315, 1995
30. Holsinger, V.H., N.P.Wong, R.Jemness, M. Keeney, and E.H. Marth. Fundamentals of Dairy chemistry. 3rd. p. 326. Van Nostrand, Reinhold Co., New York.. 1988
31. 박영희, 홍윤호. 국내 시판우유중의 HMF(5-Hydroxymethylfurfural) 함량. 한국낙농학회지, 11(4): 265-272, 1989
32. 정충일. 가열처리에 의한 우유의 생화학적 품질변화. Korean Dairy Technol. 5(1): 24-31, 1987
33. 최장현, 김영교. 탈지분유의 이화학적 성질에 관한 연구. 한국낙농학회지 16(3):228-240, 1994
34. Montilla A, Calvo M.M. Santa-Maria G. Corzo N. Olano A. Correlation between lactulose and furosine in UHT-heated milk. Journal of Food Protection 59(10):1061-1061, 1996
35. 박영희, 홍윤호. 시판 우유중의 lactulose 함량. 한국영양식량학회지. 19(4):330, 1990
36. Scott, J.K., D.R. Bishop, A. Zechalko and J.D.

- Edwards-Webb. Nutrition content of liquid milk. I. Vitamin A, D, C and of the B-complex in pasteurized bulk liquid milk. *J. Dairy Res.* 51;37-50, 1984
37. Betty, L., T.Lau, Y. Kakuda and D.R. Arnott. Effect of milk fat on the stability of vitamin A in UHT-milk. *J of Dairy Sci.* 69;2052-2059, 1986
38. Cox, D.H., S.T.Coulter and W.O. Lundberg. Effect of nordihydroguaiacetic acid(NDGA) and other factors in stability of added vitamin A in dry and fluid milks. *J. Dairy Sci.* 40;564, 1957
39. Porter, J.W.G and S.Y. Thompson. The effect of heat treatment on the nutritive quality of liquid milk, with particular reference to UHT processes. *Dochema-Monogr.* 63-233-241. 1969
40. 이경혜. 한국시판우유의 Lactulose함량 및 Calcium, Ascorbic acid 의 이용성 관한 연구. *한국영양학회지* 29(9):1042-1048, 1996.
41. 남명수. 초고온처리된 우유의 미생물 및 화학적변화에 관한 연구. 석사학위논문. 충남대학교 대학원. 1988
42. Burton H. Reviews of the progress of dairy science: The bacteriological, chemical, biochemical and physical changes that occur in milk at temperatures of 100-150°C. *J Dairy Res* 51: 341-363, 1984
43. 김광수, 최석호. 액상유제품의 조성분 및 무기물 함량에 관한 조사 연구. *한국낙농학회지* 15(1):49-55, 1993