

한국시판우유의 Lactulose 함량 및 Calcium, Ascorbic Acid의 이용성 관한 연구

이 경 혜

국립장원대학교 식품영양학과

Lactulose Content and Availability of Calcium and Ascorbic Acid of the Commercial Milk Products in Korean Market

Lee, Kyung-Hea

Department of Food and Nutrition, Changwon National University, Changwon, Korea

ABSTRACT

In order to investigate heating rate of commercial milk products in korean market, lactulose content and availability of calcium and ascorbic acid were measured. The pH range for raw and commercial milk was 6.5 - 6.75, and protein content was 2.5 - 3.13%. The acid degree value ($^{\circ}$ SH) showed between 5.3 and 7.1. There were no differences in pH, protein and acid degree among 3 types of milk. The portion ionic Ca content in UHT-milk (32.4%) and pasteurized milk (27%) increased significantly in comparison with raw milk (4.6%). Pasteurization led to loss of 20% ascorbic acid, and losses of UHT-treatment are approximately twice as high. Significant differences of lactulose content between UHT milk and pasteurized milk were observed. Some of UHT milk products showed very high value of lactulose content like sterilized milk. It is well known that the stress caused by indirect UHT treatment is slightly higher compared with the direct process. The results in this experiment suggested that most of UHT milk in korean market may be treated by indirect UHT method. In order to keep the advantages of milk component, the heating methods of milk have to be reconsidered. (*Korean J Nutrition* 29(9) : 1042~1048, 1996)

KEY WORDS : heat treatment · lactulose · Ca · ascorbic acid availability.

서 론

우유는 somatic cells과 미생물로 인한 부패를 막기 위하여 소비자에게 공급되기전에 반드시 살균처리되어야 한다. 경제적 관점에서 보면 단 하나의 방법은 열처리이다. 원유를 열처리 할 때 그 방법으로는 저온살균처리(pasteurization), 초고온살균(Ultra-High-Temperature : UHT)처리방법과 멸균처리(sterilization)방법들

채택일 : 1996년 9월 6일

이 있다. 이 중 저온살균처리방법은 62~65℃에서 30분 또는 71~74℃에서 최소 30초간 처리하여 영양가 보호 면에서 가장 효과적이고 위생적으로 안전한 방법이라고 알려져 있다. 이는 소비자를 동물의 질병 또는 주변 환경에서 오염되어 우유로 분비되는 병원균으로부터 보호할 수 있다. UHT 처리방법은 135~150℃에서 수초간(directly or indirectly) 가열 후 급속 냉각, 무균상태에서 포장하여 실온 상태에서 최소한 6주 보관이 가능하다. 멸균처리는 높은 온도에서 처리되어 더 이상 미생물이 성장할 수 없는 상태이며, 이때 단백질 또는 현저한 비타

민의 손실, 뚜렷한 열처리 후 풍미의 생성¹⁾ 등의 변화를 초래한다.

우유의 열처리시 2가지 상반되는 작용이 일어난다²⁾. 그 하나는 가해지는 열로 유도되는 우유성분의 분해이고, 두번째는 우유성분과의 상호작용으로 인한 새로운 반응물의 형성이다. 이들 변화중 일부는 저장등의 조건에 지속적인 영향을 받는다. 따라서 저장기간에 따른 부수적인 영향을 고려해야 한다. 이때 특히 영향을 받는 성분이 단백질과 비타민으로 알려져 있다³⁾. 우유는 양질의 단백질이 많이 함유된 식품으로 열처리시 단백질의 변성 그리고 단백질이 지닌 기능기와 다른 성분간에 상호작용에 의하여 직접 또는 간접적으로 단백질의 질에 영향을 받게 된다.

단백질의 손상과 더불어 아미노산도 변화를 받게되는데, 이때 모든 아미노산들이 일률적으로 영향을 받지 않고, 필수 아미노산인 lysine이 유일하게 free한 ε-NH₂-group을 가지고 있어, 식품내 다른 성분과 쉽게 결합된다. Lysine의 손상 정도는 연구 방법에 따라 차이가 있게 보고 되었으나 저온살균처리시 1~2%, direct heated UHT-milk는 4%, indirect heated UHT-milk는 5~10% 그리고 멸균처리시 15% 이상인 것으로 보여진다. 유제품은 그의 높은 lysine과 환원성 당 함량 때문에 Maillard 반응에 상당히 노출되어 있다. Maillard 반응으로 생성되어 열처리 부과정도를 용이하게 잴 수 있는 indicator들은 amadori 전위반응물질들과 hydroxymethylfurfural(HMF) 이 있다. 이외에 lactose로 부터 형성되는 결합물질, 예로 isomerization에 의한 lactulose가 있다⁴⁾. 가압살균 처리된 우유에서 lactulose가 발견된 후, lactulose는 우유의 열처리 부과정도를 분류하는 척도로 이용되고 있다. Lactulose(4-0-β-D-galacto-pyranosyl-D-fructose)는 우유나 유제품의 생산시 가해지는 열처리 또는 알카리 처리에 의해 lactose로 부터 만들어진다.

Meißner⁵⁾는 우유를 microwave, waterbath 그리고 직화에서 80℃와 90℃로 조리했을때 lactulose생성량과 furosine(r=0.885, p<0.05) 및 HMF(r=0.989, p<0.05) 사이에 높은 상관관계가 있음을 보고하여 lactulose가 furosine이나 HMF와 함께 열처리의 정도를 나타내는 인자임을 증명하였다.

소화과정에서 우유단백질내 생리활성을 지닌 peptides(lactomorphins, calcium-binding-phosphopeptides 등) 들의 분리가 열변성에 의하여 촉진 또는 감퇴된다. 열에 의한 단백질변성으로 또는 단백질분해에 의해 phosphopeptide가 생기면, 이의 negative한 특성을 지닌 phosphoserinest가 2가 이온(Ca²⁺, Zn²⁺,

Mn²⁺, Fe²⁺)들에 높은 친화력을 보이게 되어 이들 이온들의 생체이용성에 영향을 미치게 된다. 또한 phosphopeptide는 불용성 calciumphosphate의 형성을 방해한다. 따라서 우유는 양적, 질적으로 Ca 공급의 이상적인 식품이라 할 수 있으나, 이는 열의 강도에 영향을 받게된다⁶⁾. 우유나 유제품의 Ca이 다른식품의 Ca에 비해 흡수이용율이 높은 이유는 lactose와 phosphopeptide, lactate 발효, micellar Ca의 함량 그리고 Ca-P의 비율 때문인 것으로 알려져 있다.

우유내 Ca의 존재는 micellar calcium(69%)과 ionic Ca(31%)으로 micellar Ca이 ionic Ca보다 높은 생체이용성을 지니는 것으로 알려져 있고⁷⁾, 이들의 비율은 조건에 따라 변할 수 있다. 이에 영향을 미치는 요인으로 pH 값, 열처리, 건조처리 등을 들 수 있다. 또한 lactulose 함량도 Ca 이용성에 크게 영향을 미친다⁸⁾.

한편 우유는 수용성 비타민의 좋은 공급원으로, 예를 들어 우유 300mL 섭취시 Vit. B₂와 B₁₂의 1일 권장량의 25% 이상을 공급 받을 수 있다. 그러나 이들 비타민은 열처리에 대단히 민감하게 반응하여 availability의 감소를 보인다⁹⁾. 이때 특히 수용성 비타민이 많이 손상되는데, 산소 존재시 folic acid와 비타민 C는 100%의 파괴를 보인다. 비타민 B₁, B₆, B₁₂, 등은 저온살균처리시 10~15%, UHT 처리시 이의 2배 정도 손실량 증가, indirect UHT 또는 멸균처리시는 저온살균처리 경우 보다 4배 이상 손실되며, UHT 처리된 우유의 경우 장기간 보존시 그 손실 정도는 더욱 커진다.

우유는 열량에 비하여 많은 단백질, 비타민 그리고 Ca등의 무기질이 농축되어 들어있는 큰 장점을 지닌 식품이다. 그리고 우유내에는 활성기능기들을 지닌 물질들이 많기 때문에 열처리 과정에서 위에서 언급한 바와 같이 화학적, 물리학적 변화를 받게 된다. 이 변화의 정도는 우유에 가해지는 열의 강도에 직접적으로 영향을 받아 우유의 영양가에 영향을 미치게 된다.

본 실험에서는 시중에 유통되고 있는 우유제품들을 수집하여 lactulose의 생성 및 ascorbic acid, Ca의 availability를 측정하여 열처리 방법에 따른 질의 변화를 살펴 보았다.

실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 시약

본 실험에서는 두 우유회사의 원유와 본 대학이 소재하고 있는 지역의 슈퍼마켓에서 쉽게 구할 수 있는 4종류의 저온살균처리된 우유와 12종류의 UHT 처리된 우유 제품들을 사용하였다. 위의 유통 우유들은 제조일자와

저장기간을 고려하여 실시하였다. Lactulose 측정에 사용된 모든 효소제들(galactosidase #105 031, glucose oxidase #105 139, catalase #106 810, hexokinase/glucose-6-phosphate dehydrogenase #127 183, phosphoglucose isomerase #127 396)과 기타 시약들은 모두 독일의 Böhringer Mannheim Biochemica사로 부터 구매를 하였다. 모든 실험은 3회에 걸쳐 구입한 시판우유들을 각회마다 3번 반복실험을 하였으며, 이의 결과를 평균한 값을 도표에서 나타내었다.

2. 시료의 일반성분 분석

시료 구입 후 우선 시료의 pH를 측정하였으며, 수분 함량과 단백질의 측정은 AOAC Method¹⁰⁾에 따라 실시되었다.

3. 우유의 신선도 측정

우유의 산도를 측정하여 신선도 판정을 위한 척도로 사용한다. 우유와 유제품의 질평가방법으로도 쓰이는데, 본 실험에서는 SOXHLET-HENKEL법에¹¹⁾ 따라 측정되었다. 즉 산도 측정을 위해 100mL 우유가 함유한 산을 KOH로 중화시켜 측정하였고, 100mL 우유 당 1ml의 0.25 N-KOH 소비를 Soxhlet-Henkel법에 의해 산도 1(°SH)로 정의하였다. 우유 10mL을 fullpipette로 취해 삼각 flask에 50mL 증류수로 섞어 희석한다. 여기에 phenolphthalein지시약 5방울을 가해 연한 붉은 색이 잠시 유지되는 점까지 적정하여 KOH 소비 mL를 기록한다.

4. Ionic Ca의 정량

본 실험에서는 단백질 침전전에 의한 총 Ca의 정량¹²⁾ 및 ionic Ca의 양을 Reimerdes & Roggenbruk방법¹²⁾을 약간 변경시켜 측정하였다. 우유를 3차 증류수와 1:1로 혼합 희석하여 Ca-micell을 1시간 동안 0°C, 49, 460xg에서 원심분리하여 침전시킨 후 상층액을 즉시 취한다. 상층액에 ionic Ca함량이 5µL/mL 이하가 되도록 3차 증류수로 희석시킨 후 5% lanthansolution 1mL을 혼합하여 Atomabsorptions spectrometer(GBC Scientific Equipment PTY LTD, Australia)로 422.7 nm에서 측정하였다. Micellar Ca은 총 Ca에서 ionic Ca을 공제하여 계산하였다.

5. Ascorbic acid의 정량

본 실험에서는 Tillmans method¹³⁾에 따라 total ascorbic acid와 dehydroascorbic acid의 함량을 측정하였다.

6. Lactulose 정량

Geier와 Klostermeyer의 효소적 측정방법⁷⁾을 사용

하였는데, 이 방법은 실험 방법이 비교적 간단하며 lactose나 glucose등에 방해 받지 않고 정확하게 측정될 수 있다는 장점이 있다.

그 원리를 보면, 수용성 sample에서 이당류인 lactose와 lactulose가 β-D-galactosidase에 의해 단당류인 galactose와 glucose 또는 fructose로 가수분해된다. 분해된 fructose와 lactulose는 함량 면에서 동일하다. Lactose는 우유에서 lactulose보다 훨씬 많은 양이 존재하기 때문에 분해 후 glucose는 fructose 측정을 방해 할 수 있다. 따라서 glucose를 glucoseoxidase로 산소 존재하에 gluconic acid로 산화시키고, 나머지 산화되지 않은 glucose와 lactulose에서 분해된 fructose는 hexokinase에 의해 ATP의 존재 하에서 인산화 된다. 이때 형성된 glucose-6-phosphate(G6P)는 glucose-6-p-dehydrogenase와 함께 NADP⁺ 존재하에 6-phosphogluconate로 산화된다. 여기서 NADPH가 발생하고, 이를 340nm에서 흡광도를 측정한다. 그후 fructose-6-phosphate는 효소 phosphoglucoseisomerase 첨가에 의해 G6P로 이성화 된다. 이 G6P를 위와 같이 산화시킨다. 이때 다시 NADPH가 발생하여 흡광도는 증가하게 되고, 이를 340nm에서 다시 측정한다. 이 두 흡광도 차이는 fructose함량에 비례하게 되고, 이는 lactulose함량을 나타내게 된다.

원래 우유내 들어 있을 수 있는 fructose가 측정되는 것을 방지하기 위해 blank-test를 병행한다. 이때는 β-galactosidase를 첨가하지 않고, 시료간의 흡광도 차이로 lactulose함량은 정확하게 계산되어질 수 있다. 즉 fructose 6 phosphate의 isomerization 전과 후의 흡광도 차이(ΔE)에 의해 아래의 공식에 의해 계산한다.

$$\text{mg Lactulose}/100\text{g sample} = \frac{M_L \times V_1 \times 4 \times 1000}{\epsilon \times d \times V_2 \times 100 \times m} \times \Delta E_{\text{lactulose}}$$

$$\Delta E_{\text{lactulose}} = \Delta E_{\text{sample}} - \Delta E_{\text{blank value}}$$

$$M_L = \text{molecular weight of lactulose} = 342.3$$

$$\epsilon = \text{absorption coefficient at 340nm}$$

$$= 6.3(1 \times \text{mmol}^{-1} \times \text{cm}^{-1})$$

$$V_1 = \text{final volume mL} (= 3.24\text{mL})$$

$$V_2 = \text{sample volume mL} (1\text{mL})$$

$$d = \text{light path}(\text{cm})$$

$$m = \text{sample weighing}(\text{g})$$

결과 및 고찰

1. 우유의 일반성분 분석 및 신선도

상용우유의 pH는 6.5~6.75 사이의 값을 갖는데¹³⁾,

본 실험에서 사용된 대부분의 우유들의 경우 이 범위내에 속하였으며, 열처리 방법에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 1).

우유의 고형분이 11.2~12% 정도¹³⁾를 보이는데 본 시유들의 경우 수분함량이 87.7%에서 89% 사이의 값을 보이고, 열처리 방법에 따라 유의적인 차이가 없었다. 단백질 함량의 측정결과도 그룹간에는 차이가 없었고, 단한제품의 경우는 식품분석표¹⁴⁾에 나타나 있는 2.9%에 비해 떨어지는 값인 2.5%를 나타내었다.

우유의 산도를 측정할 신선도 판정에서 °SH값에 따른 일반적인 우유의 신선도 평가의 기준¹¹⁾은 °SH값이 4~5인 경우 늙은 소 또는 감염된 소에서 얻어진 응유되기 어려운 우유로, 6~7사이의 값을 normal milk로, 그리고 8~9는 수유 초기의 경우(초유)에 해당되거나 신우유(yoghurt 형성 시작하는 정도로 산화 됨)로 °SH-grad가 8이상인 것은 유통될 수 없다고 정의하고 있다. 따라서 우유에서 기대되는 산도는 °SH 6.5~7.5 정도인데, 본 실험 결과를 보면 저온살균우유 중 1개의 제품이 5.6의 값을 UHT 제품은 4개사의 제품이 °SH 5.3, 5.5, 5.7, 5.9의 수치를 보여 신선도 면에서 떨어졌다. 그러나 °SH 8이 넘는 제품은 하나도 발견되지 않았다(Table 1).

2. Calcium 정량

Ca 형태에 따른 측정값이 Table 2에 정리되어 있다.

우유제품의 total Ca은 0.1% 정도로 식품분석표¹⁴⁾의 값과 잘 일치하며, 제품간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. Ionic Ca은 total Ca에 대한 비율이 원유 4.6%에

Table 1. PH value, moisture, crude protein content and acid value(°SH) of raw milk, pasteurized milk and UHT-milk

Parameter	Raw milk (n=2)	Pasteurized milk(n=4)	UHT-milk (n=12)
pH	6.75	6.62±0.06	6.51±0.03
Moisture(%)	88.1	88.1 ±0.80	88.0 ±0.87
Protein(%)	2.98	3.03±0.11 (2.88 - 3.13)*	2.98±0.02 (2.50 - 3.10)*
°SH	6.2	6.37±0.73 (5.6 - 7.0)*	6.01±0.56 (5.3 - 7.1)*

Mean±S.E.

*minium-maximum value

Table 2. Portion of micellar and ionic calcium contents of 3 types of milk

Parameter	Raw milk(n=2)	Pasteurized milk(n=4)	UHT-milk(n=12)
Total Ca(mg/L)	1000.0 ^a	1061.5±78.4 ^a	1034.1± 52.2 ^a
Ionic Ca(mg/L)	45.8 ^a	288.2±69.3 ^b	336.8±114.4 ^b
Micellar Ca(mg/L)	954.2 ^a	775.5±23.3 ^b	697.3± 96.8 ^b
Ionic/total × 100	4.6 ^a	27.2± 4.2 ^b	32.4± 10.3 ^b

Mean±S.E.

Values in the same column with different superscript letters are significantly different(p < 0.05)

서 열처리 후 27.2%와 32.4%로 현저히 증가하였으며, micellar Ca은 상대적으로 감소하였다. 그러나 저온살균처리우유와 UHT-우유 사이에는 유의적인 차이가 없었다. 이는 원유에서 Ca의 대부분이 casein micell에 결합되어 있는데, 열처리에 따라 단백질이 변성을 받으면서 micell의 구조에서 분리된 것으로, Brule¹⁵⁾에 의하면 Ca의 단백질 구조에서의 분리는 pH에 가장 크게 영향을 받으며, 건조와 열처리에 의해서도 변화된다고 한다. 그러나 본 실험에서는 저온살균처리 우유와 UHT-우유의 처리에 열의 강도가 다름에도 유의적 차이를 보이지 않았다.

Wong과 Lacroix¹⁶⁾는 micellar Ca이 ionic Ca보다 높은 이용성을 지녀, femur에 Ca 축적량과 식이내 micellar Ca 함량이 양의 상관관계를 갖는다고 보고하였다.

또한 Egan과 Rennie¹⁷⁾는 쥐의 회장에서 ⁴⁵Ca의 흡수가 UHT 처리된 경우 파스퇴르 처리된 우유와 비교해 20% 감소되었다고 보고하여 열처리 강도가 Ca 흡수에 영향이 있음을 입증하면서, 임신부, 어린이, 폐경기 여성 등 Ca의 요구가 높은 경우 저온살균처리 우유가 효과적이라고 주장하였다. 그러나 이에 반대되는 연구결과도 많아서 Henry등¹⁸⁾과 Week등¹⁹⁾의 연구에서는 쥐의 Ca-balance 실험에서 원유, 저온살균처리 그리고 UHT 우유들 간에 소장흡수와 femur 축적량의 차이를 찾지 못했다. 일련의 다른 연구들⁶⁾²⁰⁾²¹⁾도 유제품간에 뚜렷한 차이점을 발견하지 못한 것으로 기술하고 있다. 이런 실험 결과 사이의 차이는 사료 조성(특히 lactose-, Ca 함량, Ca-P의 비율등)의 차이와, 적응성, 호르몬의 조절능 등에 의한 것으로 사료된다. 앞으로 이 관계를 규명할 수 있는 연구들이 더 이루어져야 되겠다. 결론적으로 현재까지의 연구를 종합하여 보면, 우유의 열처리 강도에 따른 Ca의 물리화학적 구조의 변화가 Ca의 체내 이용성에 측정가능한 뚜렷한 차이점을 유도할 수는 없을 것으로 사료된다.

3. Vitamin C의 정량

우유는 많은 필수성분을 함유하고 있는데, 우유 300 mL을 마시면 1일 열량권장량의 에너지는 9%를 얻고, 비타민 A, B₂, pantothenic acid, folic acid, B₁₂는 이보다 높은 수준을 공급받게 되는데, 특히 B₂와 B₁₂의 경

Table 3. Total ascorbic acid contents of 3 types of milk

Parameter	Raw milk(n=2)	Pasteurized milk(n=4)	UHT-milk(n=12)
Total vit.C, mg/L(% to raw milk)	14.0 ^a (100%)	11.2±0.3 ^b (80±2.7%)	9.1± 2.1 ^b (65±23%)
% Ascorbic acid content to raw milk	100% ^a	97 ±4.0% ^a	95 ± 6.7% ^a
% Dehydroascorbic acid content to raw milk	100% ^a	63 ±9.0% ^b	35 ±16.7% ^c

Mean±S.E.

Values in the same column with different superscript letters are significantly different(p < 0.05)

우 권장량의 30% 정도를 얻을 수 있다⁹⁾. 그러나 이들 비타민들은 열처리에 의해 부분적으로 파괴된다. 이때 지용성의 경우는 비교적 안정되고, 주로 수용성이 열에 예민하게 영향을 받는다.

본 실험에서는 vitamin C의 정량을 실시하였으며 그 결과는 Table 3와 같다.

비타민 C는 우유에서 양적으로 중요한 의미를 지니지 않지만, 이의 손실은 우유내 다른 비타민들의 보호 차원에서 중요한 역할을 한다. Ford^{22/23)}의 실험에 의하면, 비타민 C가 낮을 경우 B₁₂의 분해와 folic acid의 산화가 증가되었다.

본 실험의 결과를 보면, 총 비타민 C 함량이 원유에 비하여 저온살균처리에 의해 20%, UHT 처리에 의해 28% 가량 감소되었으며, 원유와 열처리된 우유사이에는 유의적 차이가 있었으나 저온살균처리와 UHT 처리에 따른 차이는 보이지 않았다. Schaafsma²⁴⁾에 의하면 저온살균처리 처리시 5~15%, UHT 처리시 10~20%, boiling시 15~20%, 멸균처리시 30~50%의 비타민 C의 손실이 따랐다. 이와 비교해 보면, 본 실험에서는 더 많은 비타민 C의 손실이 진행된 것으로 보인다.

비타민 C의 손실중 산화형인 dehydroascorbic acid가 더 열에 예민하여 Renner³⁾에 의하면, 저온살균처리로 50%, UHT 처리로 거의 100%가 파괴되었다. 본 실험에서 열처리에 의해 ascorbic acid 함량은 그룹간에 유의적인 감소를 보이지 않았으나 dehydroascorbic acid의 함량은 현저히 감소되었다. 그 감소의 폭은 Renner의 결과보다 적었으나, UHT 처리된 우유중 한 제품이 0 값을, 두 제품이 8%의 dehydroascorbic acid 잔류량을 보였다.

4. Lactulose 정량

Lactulose는 특히 유제품에 가해진 열처리 정도를 측정하는 좋은 인자로 많이 쓰이고 있는데, 본 실험결과가 Table 4에 제시되어있다.

원유에서는 lactulose가 전혀 발견되지 않았으며 저온살균처리 우유에서 소량이 검출되었으나 원유와 유의적인 차이가 없었다. 그러나 UHT 우유에서 lactulose 함량이 현저하게 증가하였으며, 제품간의 lactulose 함량도 차이가 심해 30mg에 172mg으로 큰 폭의 차이를 보였다.

Table 4. Lactulose contents(mg/100mL) of 3 types of milk

Raw milk (n=2)	Pasteurized milk(n=4)	UHT-milk (n=12)
0 ^a	3.0±3.2 ^a (0 - 7.8)*	106.3± 44.9 ^b (30.1 - 172.1)*

Mean±S.E.

Values in the same column with different superscript letters are significantly different(p < 0.05)

*minium-maximum value

그간 여러 학자⁷⁾²⁵⁻²⁷⁾에 의해 측정된 시판용 우유와 유제품의 lactulose함량 몇가지를 요약해 보면, 저온살균 처리우유는 0~15mg lactulose/100mL, UHT 우유는 5~75.5mg lactulose/100mL, 멸균우유의 경우는 68~200mg lactulose/100mL의 값을 보이고 있다. 이들 중 Geier and Klostermeyer⁷⁾는 lactulose 측정방법을 발전시켰다. 각 저자별로 약간의 차이가 있는 값을 보였는데, 방법은 각각 달라도 그 결과는 유사한 경향을 보이고 있어, lactulose함량이 시판 우유 종류에 따라 차이가 있는 것을 볼 수가 있다. 이들 결과로 우유에 가해진 열처리 부과정도를 측정, 평가하는 적당한 parameter로 인정받고 있다. 독일²⁸⁾에서는 저온살균처리 우유의 경우 lactulose가 측정되지 않았으며, UHT-milk 경우 100mL당 평균 28mg, 멸균우유(sterilized milk) 경우는 105mg인 것으로 보고되었다.

위에 언급한 다른 실험의 결과와 독일의 LMBG²⁸⁾의 결과와 비교해 볼때 우리의 UHT-우유제품에 훨씬 많은 lactulose가 생성되었다. Nangpal²⁹⁾은 lactulose는 100℃ 이하에서는 거의 생성되지 않으며, 온도와 가열시간에 주로 영향을 받는다고 하였다. Lactulose 측정법은 특히 UHT와 저온살균처리우유를 열처리 면에서 구별할 수 있게 하는데⁷⁾²⁶⁾, Andrews²⁶⁾와 Nangpal²⁹⁾은 같은 UHT 우유라도 직접 또는 간접 열처리 방법에 따라 lactulose 생성에 현저한 차이가 있음을 보고하였다. 실제로 간접적인 UHT의 처리는 열에 노출되는 시간이 직접적인 방법에서 보다 길어서 열의 부과량이 질적으로 다를 것이다. 이는 여러 논문들²⁾³⁾²⁶⁾²⁹⁾에서 간접열처리된 우유의 경우 유의적으로 높은 lactulose 함량을 나타내어 입증되고 있다.

본 실험의 결과로 보면 국내 우유제품의 포장에서 표시

를 하고 있지는 않으나 국내에서는 주로 간접적인 열처리를 하고 있다고 사료되며, 본 실험에서 사용된 14개사 UHT-제품 중 lactulose 함량으로 보면 5제품은 멸균우유의 수준으로 열처리부과량이 강할 것으로 짐작된다.

결 론

우유질을 측정하는 방법에는 여러가지 접근 방법이 있었으나, 본 연구는 공식적인 원유의 열처리 방법인 저온살균처리, UHT 처리방법에 따라 생산되어 시중에 유통되고 있는 우유제품들의 lactulose 함량, Ca과 비타민 C 및 신선도등을 측정, 비교검토하여 우유가공의 열처리실태를 살펴보고 앞으로의 방향 설정에 도움이 되고자 시도되었다. 그 결과는 아래와 같다.

1) 원유 및 시중에 유통되고 있는 우유들의 pH는 6.5~6.75, 수분함량은 87.7~89%, 단백질 함량은 2.5~3.13% 사이의 값을 보였다.

2) 우유의 산도는 °SH 5.3~7.1의 범위에 놓여있다.

3) Ca은 열처리에 따라 casein micell에서 분리되었는데, 그 비율은 저온살균처리 우유의 경우 27%, UHT-우유 경우는 32.4%로 원유의 4.6%에 비하여 현저히 증가되었다.

4) 비타민 C는 저온살균처리 우유의 경우 20%, UHT-우유 경우는 35%의 정도가 열처리에 의해 손실되었으며, 이의 대부분이 dehydroascorbic acid의 손실로 인한 것이었다.

5) Lactulose의 생성은 저온살균처리 우유에서는 3.0 mg/100mL를 보여 낮았으나, UHT-우유는 106.3mg/100mL로 이는 외국문헌 보고의 멸균우유에 준할 정도로 높은 수준이었다.

이상의 결과로 볼때 본 실험에 사용된 시판우유의 경우, 비타민 C의 파괴와 lactulose생성량이 외국의 자료들과 비교해 높게 나타났으며, 특히 UHT-우유제품들에서 두드러졌다. 우리나라 시장의 UHT 제품들은 간접적인 열처리 방법으로 처리되어 열에 노출되는 시간이 긴데서 오는 현상으로 짐작된다. UHT 처리방법은 원래 135~150°C에서 수초간 직·간접적인 방법에 의해 가열한 후 급속냉각, 무균상태에서 포장하여 실온상태에서 최소 6주간 보관이 가능하도록 만든 제품이다. 그러나 우리나라의 제품은 UHT-우유와 저온살균처리 우유의 유통기간이 같은 모순점을 갖고 있다.

우리나라의 원유 생산량 및 국민 1인당 우유 섭취량은 크게 증가하여, 1989년 한국영양학회의 보고³⁰⁾에 의하면 1인 1일 당 소모량이 약 75ml에 달하게 되었고, 이들 중 대부분이 우유로 섭취되며, 그 외에 여러 형태의 유제

품이 생산되고 있다. 이는 쌀을 주식으로 하는 우리에게 가장 결핍되기 쉬운 필수아미노산인 lysine과 비타민 B₂, B₁₂등을 우유로 부터 섭취할 수 있는 좋은 기회이며, 또한 성장하는 어린이, 임신부, 수유부 그리고 폐경기의 여성 등 Ca 필요량이 높은 시기에 우유는 가장 이상적인 식품이기도 하다. 이제 우유가 우리의 식생활에 깊이 뿌리를 내린 만큼, 우유의 가공처리 과정을 깊은 관심을 가지고 식품영양학적으로 연구하여 품질 면에서 보다 우수한 우유의 공급을 위하여 그의 갈 방향을 정립하여 보아야 할 적절한 시기에 있다고 보여진다. 아울러 이런 시도가 토대가 되어서 유아용 유제품들에 대해서도 계속 검토되어져 나가야한다고 사료된다. 성장기의 유아와 어린이들은 특히 우유나 유제품에 의존도가 큰 반면, 우유의 열처리는 필수적이므로, 국민의 건강관리의 차원에서 이 열처리과정에서 발생하는 영양적 질의 저하를 막기 위한 노력이 필요하겠다.

■ 감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 1994 국산연구기기 시험연구과제로 선정되어 수행된 바, 한국과학재단과 UV-visible spectrophotometer S-2040을 지원해 주신 (주) 신코에 감사를 드립니다.

Literature cited

- 1) Sick H, Barth CA. Der Einfluß der Molkereitechnischen Beratung von Milch auf den ernährungsphysiologischen Wert der Konsummilch. *AID-Verbraucherdienst* 31 : 75-81, 1986
- 2) Erbersdobler HF, Dehn-Müller B. In : Heat induced changes in milk. ed. Fox PF. *Bulletin of the IDF* 238 : 62-67, Brüssel, Belgien, 1989
- 3) Renner E. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. Volkswirtschaftlicher Verlag, München, 1983
- 4) Finot PA. In : *The Maillard Reaction*. ed. Finot PA. et al. Birkhäuser Verlag : 259-272, Basel, 1990
- 5) Meißner K. Vergleichende Modell-und Praxisuntersuchungen zum Einfluss der Mikrowellengarung auf die Lebensmittelqualität. *Dissertation, University Kiel, Germany, 1995*
- 6) Kopra N. Resorption und Retention des Calciums nach Gabe verschiedener Milchprodukte und Milchinhaltsstoffe. *Dissertation, Universität Kiel, Germany, 1990*
- 7) Geier H, Klostermeyer H. Formation of lactulose during heat treatment of milk. *Milchwissenschaft* 38 : 475-477, 1983
- 8) West DW. Structure and function of phosphorylated residues of casein. *J Dairy Res* 53 : 333-352, 1986
- 9) Sieber R. Verhalten der Vitamine während der Lagerung

- von UHT-Milch. *Mitt Gebiete Lebensm Hyg* 80 : 467-489, 1989
- 10) A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C., 1990
 - 11) Matissek R, Schnepel FM, Steiner G. *Lebensmittelanalytik* 2nd. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg and New York, 1992
 - 12) Reimerdes EH, Roggenbruk G. Chemie und Technologie der Milchproteine. I. Die Modifizierung von β -Casein und Caseinmicellen durch saure Phosphatase aus Kartoffeln. *Milchwissenschaft* 35 : 1342-1346, 1980
 - 13) Belitz HD, Grosch W. *Lehrbuch der Lebensmittelchemie* (3rd ed.), Springer-Verlag, New York, 1987
 - 14) 식품분석표. 한국인의 영양권장량. 한국영양학회, 서울, 1995
 - 15) Brule G. Les mineraux du lait. *Revue laitiere francaise* 400 : 61-65, 1981
 - 16) Wong NP, Lacroix DE. Biological availability of calcium in dairy products. *Nutr Rep Int* 21 : 673-680, 1980
 - 17) Egan C, Rennie MJ. Effect of ultra-high-temperature treatment on rat jejunal absorption of calcium from milk micelles. *J Physiol* 406 : 220, 1988
 - 18) Henry KM, Toothill J. A note on the availability of the calcium of milk submitted to ultra-high-temperature sterilization with or without subsequent in bottle sterilization. *J Dairy Res* 27 : 77-80, 1960
 - 19) Weeks CE, King RL. Bioavailability of calcium in heat-processed milk. *J Food Sci* 50 : 1101-1105, 1985
 - 20) Smith TM et al. Absorption of calcium from milk and yoghurt. *Am J Clin Nut* 42 : 1187-1200, 1985
 - 21) Recker RR et al. Calcium absorbability from milk products, an imitation milk, and calcium carbonate. *Am J Clin Nutr* 47 : 93-95, 1988
 - 22) Ford JE. Factors influencing the destruction by heat of vitamin B₁₂ in milk. *J Dairy Res* 24 : 360-365, 1957
 - 23) Ford JE. The influence of the dissolved oxygen in milk on the stability of some vitamins towards heating and during subsequent exposure to sunlight. *J Dairy Res* 34 : 239-247, 1967
 - 24) Schaffsma G. Effects of heat treatment on the nutritional value of milk. *Int Dairy Fed Bulletin* 238 : 68-70, 1989
 - 25) Martinez-Castro I, Olano A. *Rev. Espaniola Lecheria* 110 : 213, 1978
 - 26) Andrews GR. Distinguishing pasteurized, UHT and sterilized milks by their lactulose content. *J of the Society of Dairy Technology* 37 : 92-95, 1984
 - 27) Reimerdes EH, Rothkitt KD. *Z. Lebensmitteluntersuchung und Forschung* 181 : 408-411, 1985
 - 28) Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG : Bestimmung des Lactulosegehaltes von Milch. 1-3, 1988
 - 29) Nangpal A, Reuter H. Bildung von Laktulose während der Ultraheizerhitzung von Vollmilch. *Milchwissenschaft* 42 : 298-301, 1987
 - 30) 한국영양학회편, 한국 영양자료집, 신광출판사, 서울, 1989