

加熱處理에 의한 牛乳의 生化學的 品質變化

서울우유
鄭忠一

I. 緒論

牛乳에 대한 加熱處理는 製品의 保存성을 높이고 食品으로서의 保健上 安全性 確保를 위해 必須不可缺의 工程이다. 牛乳, 乳製品의 殺菌 또는 滅菌을 위한 加熱處理方法은 현재까지 알려진 어떠한 방법보다도 長點을 많이 가지고 있기 때문에 전세계적으로 널리 이용되고 있다.

과거 20餘年間 우리나라에 있어 牛乳, 乳製品에 대한 殺菌處理方法이 LTLT 에서 HTST 를 거쳐 현재는 거의 모든 乳加工場에서 UHT(Ultra High Temperature) 方法을 導入, 利用하고 있다. UHT 처리시스템에서는 우유의 微生物이 거의 다 死滅되어 細菌의 死滅率 99.9999 %에 달하지만, UHT 殺菌乳의 경우 非滅菌用容器에 充填包裝하므로 事後細菌汚染으로 인한 苦味, 異常風味, 凝固, 粘質化 등이 製品의 저장중에 발생하여 문제시되고 있으며, 滅菌乳에 있어서도 處理工程中 細菌이 完全 死滅되고 無菌包裝을 하기 때문에 常溫에서 長期間 貯藏이 가능하다고 하나 가열처리후의 殘存耐熱性酵素의 活性回復과 滅菌處理過程에서 熱에 의해 火傷을 입은 芽胞形成菌의 機能回復 등으로 貯藏기간 중에 凝固, gel 化 등의 문제점이 발생되고 있다 (中江 1976).

우유의 가열처리로 인한 生化學的 變化는 대개의 경우 2개 이상의 우유성분이 相互複合의 으로 作用하며, 蛋白變性的 경우 窒素分布의 變化和 電氣泳動度の 變化, 凝固物 또는 沈澱物の 生成 등의 현상이 나타나며, 또한 가열처리의 결과 乳糖의 카보닐기와 lysine 의 ϵ -아미노기와

의 maillard 反應으로 牛乳의 褐變現象과 함께 有效性 lysine 의 減少를 招來한다(Jennes & Patton 1959).

本論文에서는 牛乳의 殺菌 및 滅菌處理溫度가 牛乳의 蛋白變性和 褐變反應에 미치는 영향과 製品의 保好中에 일어나는 微生物學的 變化를 調査하기 위하여 殺菌處理溫度別 製品의 窒素化合物의 窒素含量的 變化和 Polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE)에 의한 단백질의 移動도와 褐變反應의 產物인 5'-Hydroxymethyl-furfural (HMF) 및 lysine 含量을 測定하였다.

II. 材料 및 方法

1. 試料

議政府 東豆川 地域에서 1986年 6月과 9月에 集乳한 原乳와 同原乳를 사용한 UHT 殺菌乳와 滅菌乳製品中에서 18個 lot 의 試料를 취하였으며, UHT 살균처리는 plate型 UHT 殺菌機(Pasilac, Denmark)로 132°C, 2초간 處理하였으며, 滅菌處理는 plate型 HTST로 75°C 15초간 예비살균한 후 다음날 140°C, 2초간 direct steam injection method (VTIS, Alfa Laval, Sweden)으로 처리하여 均質冷却시킨 다음 充填 包裝機(AB 9, Tetra pak, Sweden)로 無菌充填하여 20~25°C(常溫)로 保存하였다.

2. 窒素化合物의 測定

全窒素, 胍이窒素 및 非蛋白態窒素(NPN) 는 Snoeren 등(1979)의 N-fractionation 方法에

따라 分離한 후 Micro - Kjeldahl 法 (Rowland 1938)에 의해 測定하였다.

1) Total nitrogen (TN)

試料 5 ml 을 100 ml mess flask 에 넣고 계량한 후 증류수를 가하여 100 ml 가 되도록 한 다음 이 희석액 20 ml 을 취하여 500 ml Kjeldahl flask 에 넣고 濃黃酸 5 ml, 分解促進劑 (CuSO₄ : K₂ SO₄ 1 : 9) 1 g 을 첨가한 후 한시간 정도 分解시킨 다음 냉각하여 증류수를 250 ml 을 가하고 phenolphthalein 指示藥 2~3 방울 떨어뜨린 후 50 % NaOH 용액 15 ml 을 添加하여 알칼리성으로 한후 한시간 정도 증류하였다. 300 ml 용 삼각 flask 에 4 % 붕산 20 ml 을 취한 후 M.B 指示藥 (Methylred : methylene blue 1 : 1) 을 첨가한 다음 증류중 유출되는 암모니아를 捕集하였으며 終了後 1 / 50 N - HCl 로 용액의 색이 綠色에서 灰色으로 變하는 時點까지 滴定하였다.

$$\text{試料의 窒素 \%} = \frac{0.00028 \times F \times \text{소비 ml} \times 6.38}{\text{試料重量 (g)} \times 20 / 100} \times 100$$

$$1 / 50 \text{ N - HCl} = 0.00028 \text{ gN}$$

窒素係數 = 6.38

2) Non - casein nitrogen (NCN)

試料 10 ml 을 計量하여 mess flask 에 넣은 후 증류수 70 ml 과 0.5 N - HCl 을 가하여 pH 4.6 으로 조정 한 다음 다시 증류수를 가하여 10 ml 가 되도록 하여 잘 흔들어 혼합한 후 東洋濾紙 5 c 로 여과하여 카제인을 除去한 여과액을 앞의 TN 의 定量法대로 처리하여 NCN 의 量을 구하였다.

3) Non - protein nitrogen (NPN)

試料 20 ml 을 計量하여 mess flask 에 넣고 12 % Trichloroacetic acid (TCA) 70 ml 을 가한 후 증류수로 100 ml 이 되도록 채운 다음 잘 흔들어 혼합하여 東洋濾紙 5 c 에 여과한 후 앞의 方法대로 처리하여 NPN 의 量을 구하였다.

3. 카제인과 웨이단백의 電氣泳動

Fig. 10 과 같이 우유를 前處理하여 카제인과 웨이濃縮液을 만든 후 PAGE 方法 (Laemmli 1970 : 金, 1984) 으로 電氣泳動을 하였다. 전기

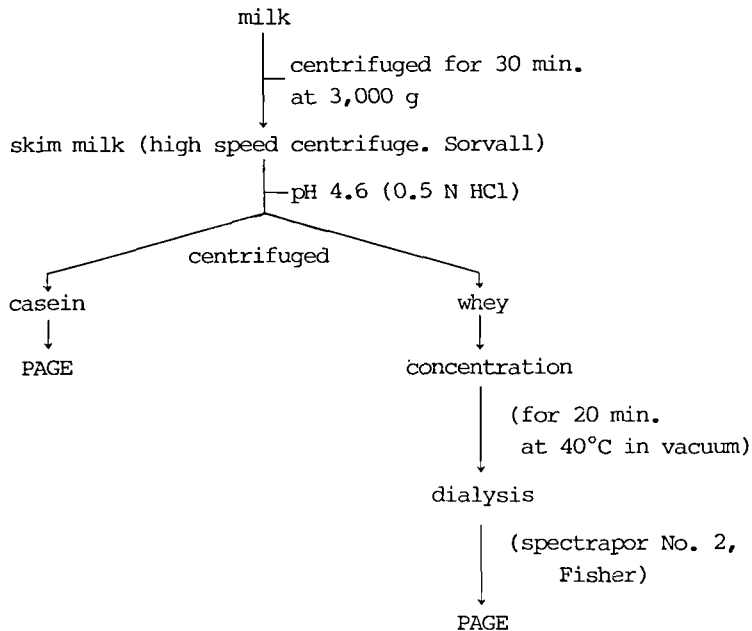


Fig. 1. Pretreatment of milk for polyacrylamide gel electrophoresis

영동시 gel 을 만드는데 필요한 gel buffer 는 tris 46 g 을 증류수 950 ml 에 용해시킨 다음 IN HCl 로 滴定하면서 pH 8.6 으로 조정 한 후 最終量을 1 ℓ 로 만들어 4°C 로 보관하면서 사용하였다. Running buffer 는 tris 7 g 을 증류수 950 ml 에 용해시킨 다음 glycine 을 넣어 용해시키면서 pH 를 8.6 으로 조정 한 후 最終量을 1 ℓ 로 하여 4°C 에 보관하면서 사용시에 증류수로 10 배 희석하였다. 試料는 DEAE-cellulose column, chromatography 를 위해서 준비한 試料中 column 에 吸着시킨 3 ml 을 제외한 나머지 3 ml 의 시료를 0.04 M 2-mercapto-ethanol 을 함유하는 THU-buffer (tris-HCl-urea buffer, 6 M urea, pH 8.6) 에서 24 시간 透析시킨 후 0.01 % 의 bromophenol blue 용액 한 방울을 첨가하여 시료로 사용하였다. gel 은 urea 14 g 을 gel buffer 35 ml 에 용해시키고 acrylamide 3.5 g 과 N.N-methylene bisacrylamide 0.06 g 을 용해시킨 다음 촉매제로 4 % ammonium persulfate 용액 1.25 ml 을 첨가하고 gel buffer 의 최종량이 50 ml 가 되도록 조정 한 후 TEMED (N₂N₂N₂-Tetramethylethylene diamine) 0.08 ml 을 첨가하고 충분히 혼합하여 電氣泳動用 유리管 (0.5 × 11 cm) 에 주입하여 gel 을 형성하였다. 電氣泳動은 준비된 gel 을 전기영동장치 (LKB 2197, Broma, Sweden) 에 설치하고 running buffer 를 채운 후 준비된 시료중 0.025 ml 을 gel 상단에 투입하고 유리관당 3 mA 의 일정한 전류로 4 시간 동안 泳動시켰다. 染色은 전기영동이 끝난 후 gel 을 유리관으로부터 분리시켜 1 % 의 amido black 10 B 용액으로 10 분간 染色한 다음 脫色溶液 (methanol (5) : 증류수 (10) : acetic acid (1) 에 浸漬하여 脫色시킨 gel 을 사진촬영하였다.

4. 5'-Hydroxymethylfurfural (HMF) 의 測定

生乳 10 ml 을 試驗管에 채취하여 5 ml 의 0.3 N 수산을 가하여 끓는 물에 한시간 동안 靜置시켰다가 실온에 냉각시킨 후 40 % TCA 5 ml 을 가하여 東洋濾紙 5 c 로 여과한 다음 여과액 4 ml 에 0.05 M 2-Thiobarbituric acid

1 ml 을 가하여 30 ~ 40 분간 정지 후 실온에서 냉각하여 443 nm 에서의 吸光度를 測定하였다. Blank 는 증류수를 같은 방법으로 처리하여 사용하였다. HMF 함량은 아래에 의해 구하였다.

$$(\text{吸光度} - 0.055) \times 87.5 = \mu\text{M HMF} / \ell$$

5. 有效性 lysine 測定

Kakade 등 (1969) 의 방법을 일부 修正해서 測定하였다. 즉, 5 배 희석한 우유 0.1 ml 을 시험관에 넣고 4 % NaHCO₃ (pH 8.5) 를 0.9 ml, 0.1 % TNBS (2, 4, 6-trinitrobenzene-sulfonic acid, 사용시 제조) 1 ml 을 가하여 40°C 에서 2 시간 반응시킨 후, 濃鹽酸 3 ml 을 첨가하여 120°C 에서 한시간동안 蛋白質을 分解하여 냉각시킨 다음, 증류수를 5 ml 가하여 마개 닫힌 시험관에 여과액을 채취한 다음 (東洋濾紙 5 c), 시험관에 10 ml 의 ethylether 을 첨가하여 심하게 진탕하여 ether 에 可溶인 不純物을 除去하는 조작을 2 회 반복하였다. 시험관을 溫湯槽에 넣고 殘存 ether 를 증발시켜 실온에 냉각시킨 후 365 nm 에서 측정하여 吸光度를 ε-TNP-lysine 의 표준곡선으로부터 有效性 lysine 함량을 구하였다.

이 경우의 Blank 는 試料에 0.1 % TNBS 를 가하기 전에 濃鹽酸 3 ml 을 가하여 反應을 저지하였으며 나머지는 同一하게 처리하였다.

III. 結果 및 考察

1. 牛乳蛋白質의 變化

牛乳의 加熱處理 및 製品の 保存中에 일어나는 變化를 알기 위하여 牛乳의 窒素化合物의 窒素를 Kjeldahl 法으로 測定하였고 PAGE 方法으로 카제인과 웨이단백의 變化를 測定하였다.

Table 1 은 加熱處理方法에 의한 질소화합물의 變化를 나타내었다. 웨이단백變性은 75°C 15 초 가열에서 19.5 %, UHT 살균유에서 56.1 % 그리고 直接加熱滅菌乳에서 58.5 % 로, 처리 온도가 높아질수록 變性率도 높아지나 UHT 살균유와 滅菌乳는 예상했던 것보다 變性率幅이 매우 적게 나타났다.

Table 1. The effect of heat treatment on the distribution of nitrogen over the milk proteins.

N-compounds (mg/100 g)	Heat treatment							
	Non		75°C, 15sec		132°C, sec		140°C, 2sec	
Total N(TN)	489	100%	489	100%	489	100%	489	100%
Non-casein N(NCN)	117	23.9	99	20.2	68	13.9	67	13.7
Casein N (TN-NCN)	372	76.1	390	79.8	421	86.1	42.2	86.3
Non-protein N (NPN)	35	7.2	33	6.8	32	6.5	33	6.8
Whey protein N	82	16.7	66	13.4	36	7.4	34	6.9
Denatured whey protein N DWPN(%)			16		46		49	58.5
				19.5		56.1		58.5

또한 加熱處理時 溫度가 높아질수록 카제인 함량이 많아지는 것은 變性된 웨이단백의 일부가 카제인과 결합하여 複合물을 형성하기 때문인 것으로 생각되며, NPN 함량은 처리방법에 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

이 數値는 金등(1983)이 조사한 살균처리방법별 웨이단백의 변성율, 75% 15분에서 42.73%, 85°C 11분에서 65.18%, 135°C 2초간 가열에서 73%보다는 많이 낮으며 NPN 함량변화에 있어서도 20.7%와 58.13%가 증가하였다는 보고와는 상반되는 결과였으며, Rawland(1938)의 115~120°C와 같은 高溫에서 단백질의 加水分解가 일어나 proteose-peptone 態 및 NPN 질소가 증가한다는 見解와도 일치하지 않았다.

Fig. 2.3은 UHT 살균유와 멸균유의 카제인 未變性 웨이蛋白質과 NPN 함량의 保存中의 변화를 나타내었다. 살균유의 9일째부터 급격히 증가하였고 멸균유는 거의 직선에 가까운 상승곡선을 나타내었으며 이것은 살균유와 멸균유 양쪽 모두 보존기간중에 약간의 단백질의 加水分解가 일어났음을 시사하고 있는 것으로 생각된다.

또한 pH 4.6에서 침전하지 않은 질소화합물이 증가하고 카제인 N가 감소하는 것은 加熱에 의해 생긴 카제인과 웨이蛋白質의 複合물 특히 k-casein과 β -lg의 複합물이 일부 解離하

기 때문인 것으로 해석되며 NPN은 가열처리 직후 약간 감소하였다가 보존중에 微量이나마 증가하는 것은 蛋白質分解酵素의 作用에 의해 증가한다는 보고(Andrews 1975, Snoeren 1979)와 일치하였다.

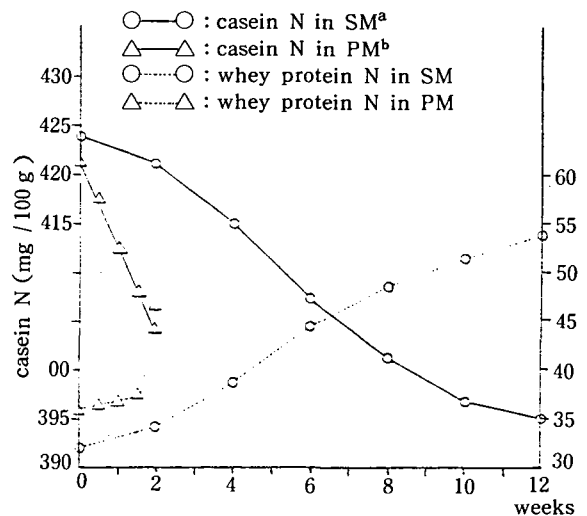


Fig. 2. The effect of storage on the mean values of casein N and whey protein N content of heat treated milk.

- a) SM : sterilized milk stored at 20~25°C.
- b) PM : UHP pasteurized milk stored at 5°C.

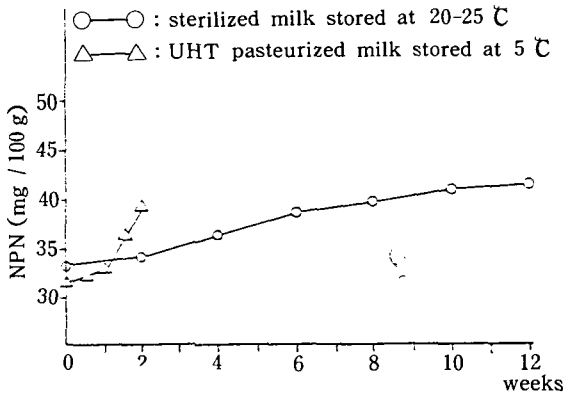


Fig. 3. The effect of storage on the mean values of NPN content of heat treated milk.

Fig. 4. 5는 착유직후 原乳의 貯藏條件과 牛乳의 加熱處理方法에 따른 카제인과 웨이蛋白質의 변화를 電氣泳動法으로 處理한 것이다. 原乳와 加熱處理乳를 比較해 볼 때, 原乳는 5°C와 10°C로 72 시간 저장한 경우 카제인이나 웨이 단백질에 전혀 변화가 없었으며, HTST 殺菌處理乳도 거의 변화가 없었으나 다만 웨이 단백질에 있어 α -lactalbumin (α -1a)와 β -lactoglobulin (β -1g)의 밴드형태가 약간 달라졌다. UHT 殺菌乳와 滅菌乳에 있어서는 카제인의 α_{s1} ~ α_{s5} 부분이 消失되었고 k-카제인에 해당되는 밴드와 웨이의 α -1a 및 β -1g의 밴드가 크게 擴散되었다. 그리고 加熱處理乳는 모두 原乳에 비해 移動도가 빠른 것으로 나타났다.

이것은 西川등(1967)의 100°C 20분 가열로 α - , 와 β -카제인 사이의 微量成分이 약간 흐려지며, 120°C 20분 가열에서 α - , 와 β - 카제인이 減少하고 電氣泳動패턴이 전체로 擴散된다는 報告와 어느 정도 일치하는 것으로 생각한다. 또한 UHT 살균유와 멸균유 다같이 카제인 slot 부분이 검게 나타난 것은 일부 熱變性된 蛋白質이 gel에 침투하지 못했기 때문인 것으로 推測된다.

그리고 保存中の 카제인 變化에 있어 5°C에 15일간 저장한 UHT 殺菌乳는 전반적으로 크게 擴散되었으며, 멸균유는 12주간 저장에서도 커다란 변화가 나타나지 않았다(Fig. 6).

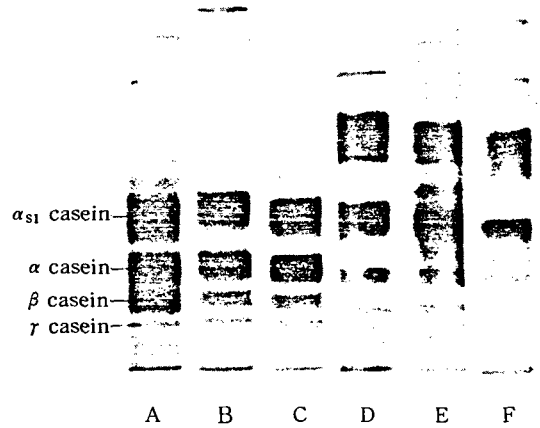


Fig. 4. Polyacrylamide gel electrophoresis of caseins

- A) Raw milk after milking .
- B) Raw milk stored at 5°C for 72 hrs.
- C) Raw milk stored at 10°C for 72 hrs.
- D) HTST milk at 75°C 15 sec.
- E) UHT milk at 132°C 2 sec.
- F) Sterilized milk at 140°C 2 sec.

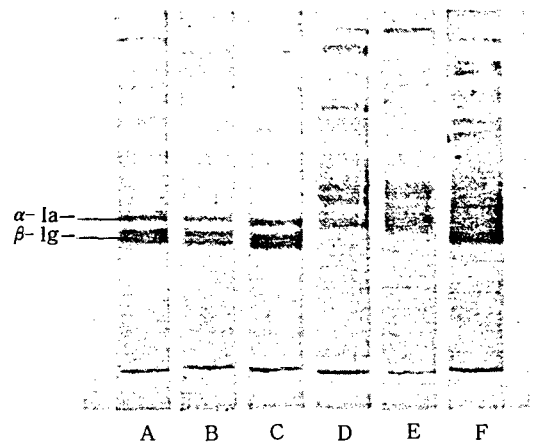


Fig 5. Polyacrylamide gel electrophoresis of whey proteins

- A) Raw milk after milking
- B) Raw milk stored at 5°C for 72 hrs.
- C) Raw milk stored at 10°C for 72 hrs.
- D) HTST milk at 75°C 15 sec.
- E) UHT milk at 132°C 2 sec.
- F) Sterilized milk at 140°C 2 sec

웨이 단백질에서는 UHT 살균유와 멸균유가 다 같이 거의 변화가 없었다(Fig. 7).

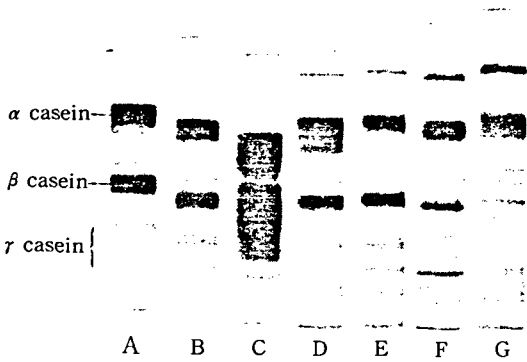


Fig. 6. Polyacrylamide gel electrophoresis of caseins of pasteurized and sterilized milk

- A) UHT milk right after processing
- B) UHT milk stored at 5°C for 9 days
- C) UHT milk stored at 5°C for 15 days
- D) Sterilized milk right after processing
- E) Sterilized milk stored at ambient temp. for 4 weeks.
- F) Sterilized milk stored at ambient temp. for 8 weeks.
- G) Sterilized milk stored at ambient temp. for 12 weeks.

2. 褐變反應과 有效性 lysine

우유의 高溫加熱處理에 의해 일어나는 褐變現象은 주로 amino-carbonyl 反應에 의한 것이기 때문에 경우에 따라서는 상당한 營養價의 低下를 동반하게 된다. 本 實驗에서는 褐色化合物

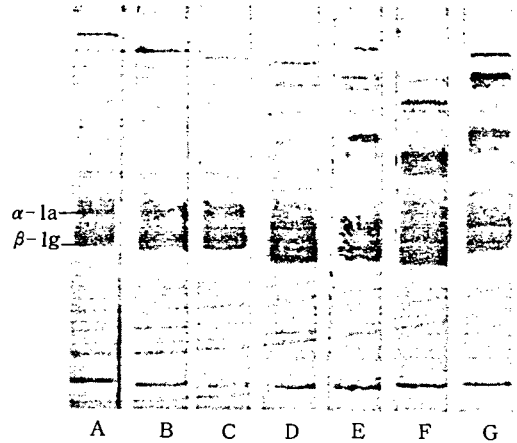


Fig. 7. Polyacrylamide gel electrophoresis of whey proteins of pasteurized and sterilized milk.

- A) UHT milk right after processing
- B) UHT milk stored at 5°C for 9 days
- C) UHT milk stored at 5°C for 15 days
- D) Sterilized milk right after processing
- E) Sterilized milk stored at ambient temp. for 4 weeks.
- F) Sterilized milk stored at ambient temp. for 8 weeks.
- G) Sterilized milk stored at ambient temp. for 12 weeks.

質形成의 指標로 알려져 있는 HMF 를 定量하였다. Table 2에서 나타난 바와 같이 75°C 15초간 처리에서는 거의 변화가 없었으나, 132°C 2초간 살균에서는 4.68 $\mu\text{M}/\ell$, 140°C 2초간 멸균처리에서는 4.83 $\mu\text{M}/\ell$ 로 나타나 祐川등(1981)의 UHT 살균유의 2.2 $\mu\text{M}/\ell$ 과는

Table 2. The effect of heat treatments on the mean values of HMF and lysine content in pasteurized and sterilized milk.

	No. of samples	Heat treatment			
		None	75°C, 15sec	132°C, 2sec	140°C 2sec
HMF ($\mu\text{M}/\ell$)	36	1.44	1.75	4.68	4.83
Lysine(mg/100ml)	18	214.8	210.3	210.2	198.8

상당한 차이가 있었으며, 보존중에는 거의 변화가 없었다(Fig. 8).

한편, maillard 반응의 첫단계에서 營養적으로 不活性化되는 lysine 은 原乳에서는 214.8 mg / 100 ml 이었으나 Table 2 와 같이 처리후 각각 6.4 %와 7.4 %가 감소하였다. Burvall등(1977)의 멸균유의 有效性 lysine 감소에 대한 보고에 의하면, 멸균전에 비해 10%이하 감소하였으며, 津郷등(1961)의 100°C 30분 이상 가열하여 10~20%, 120°C 30분에서는 상당부분이 불성화되었다는 研究結果에 近似하였으며, Renner & Dorguth (1980)는 市中 UHT 우유의 有效性 lysine 의 함량범위가 6.7~9.48 g / 100 g protein 이었다고 보고하였다.

또한 möller 등(1977)은 UHT 멸균처리조건에서는 不活性化가 인정되지 않으나, 실온에서 6개월이상 장기간 보존할 경우 어느정도 不活性化가 인정되어 그 有效性이 떨어진다고 주장하였다.

우유의 가열에 의해 乳糖과 결합한 카제인 중의 lysine 은 生體 내에서 이용될 수 없는 아미노산으로 되기 때문에 그만큼 영양가가 떨어지게 된다. 그러나 이 경우 lysine 이 乳蛋白質의 制

限아미노산이라면 당연히 영양가의 저하를 초래하지만, 우유단백질의 制限아미노산인 methionine 이기 때문에 lysine 이 다소 不活性化되어도 우유단백질의 生物價는 실제로는 별로 저하되지 않는다.

이상과 같이 130~140°C의 高溫으로 殺菌處理할 때의 牛乳蛋白質의 變性和 營養成分의 損失에 대해 調査한 結果, UHT 살균유와 멸균유가 다같이 whey 蛋白質에서 높은 變性率을 나타냈으며, 카제인에서도 電氣泳動的으로 $as_2 \sim as_3$ 부분이 소실되었고 k-케제인에 해당되는 부분도 상당히 擴散되었다.

그러나 UHT 살균유보다 멸균유쪽이 약간 變性度가 높았으나 큰 幅은 아니었으며, 다른 成分의 減少量의 차이는 거의 인정되지 않았다. 과거의 연구결과에 있어서도 UHT 殺菌乳와의 營養學상의 차이가 별로 없으며, 生物價, 消化率에 있어서도 原乳와 큰 차이가 없는 것으로 알려져 있다(祐川 1971 : Burton 1984).

IV. 要 約

京畿道內 一部地域에서 1986年 6月과 9月에 集乳한 原乳와 同原乳의 UHT 殺菌乳와 滅菌乳製品中에서 各 lot 別로 試料를 取하여 加熱處理溫度로 인한 牛乳蛋白質의 變性和 營養學的으로 미치는 영향을 알아보기 위하여 kjeldahl 法에 의한 窒素化合物의 窒素含量의 測定과 PAGE 에 의한 蛋白質의 移動度를 調査하였다. 또한 加熱處理時 牛乳의 乳糖成分의 carbonyl 基와 lysine 의 ϵ -amino 基間에 일어나는 소위 maillard 反應으로 인한 HMF 量의 增加, 不活性化된 lysine 의 量을 측정하였다.

1. 加熱處理方法에 따른 窒素化合物의 變化에서 웨이蛋白質은 75°C, 15초간 가열처리에서 19.5%, UHT 살균처리에서 56.1%, 그리고 直接 加熱滅菌乳에서는 58.5%가 각각 變性되었으며 處理溫度가 높아질수록 變性率도 높아졌다.

NPN 함량은 처리방법이나 온도에 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

2. PAGE 에 의한 牛乳蛋白質의 變化는 HTST 처리유는 原乳에 비해 카제인에는 거의 변화가

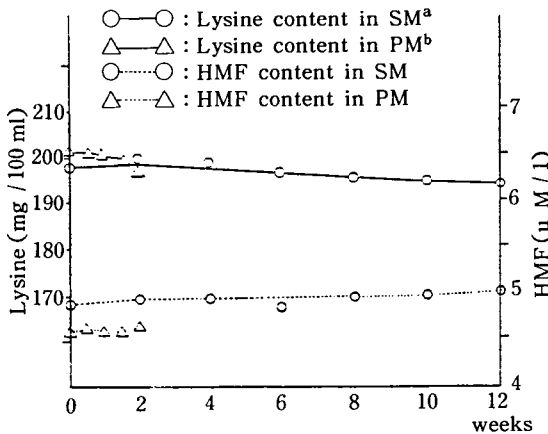


Fig. 8. The effect of storage on the mean values of lysine and HMF content in pasteurized and sterilized milk.

a) SM : sterilized milk stored at 20~25°C.

b) PM : UHT pasteurized milk stored at 5°C.

없고 웨이단백의 α -1a과- β -1g쪽의 band 의 형태가 약간 달라졌고 UHT 살균유와 멸균유에서는 카제인의 α s₂~ α s₅ 부분에 소실되었으며 k-casein 에 해당되는 부분과 웨이단백의 α -1a과- β -1g 부분도 상당히 擴散되었다.

또한 UHT 살균유와 멸균유 다같이 카제인의 slot 부분이 일부 蛋白質이 熱變性되어 gel에 침투되지 못해 검게 보인다.

3. 蛋白質의 電氣泳動的 變化에 있어 UHT살균유의 5°C 9일간 저장에서 카제인이 全體的

으로 크게 擴散되었고 12주 보존 멸균유에서는 α s-, k-와 β -카제인이 약간씩 擴散된 것으로 나타났다. 原乳의 5°C와 10°C로 3일간 저장한 경우에는 전기영동적으로 거의 변화가 없었다.

4. 高溫加熱處理에 의한 amino-carbonyl 反應으로 생기는 HMF 量은 UHT 살균유에서는 4.68 μ M / ℓ , 멸균유에서는 4.83 μ M / ℓ 였고, lysine 함량은 原乳에 비하여 각각 6.3%와 7.4%가 減少하였으며 UHT 살균유와 멸균유간의 큰 차이는 보이지 않았다.

IV. 引用文獻

1. Andrews, A.T.1975. Properties of saeptically packed UHT milk. J.Dairy Res. 42:89-99.
2. Burton, H.1984. Reviews of the progress of dairy science:The bacteriological, chemical, biochemical and physical changes that occur in milk at temperature of 100-150°C. J.Dairy Res. 51: 341-363.
3. Burvall, A.N.G.Asp., A.Dahigvist and R.Oste.1977. Nutritional value of lactose-hydrolysed milk:protein quality after some industrial processes. J.Dairy Res. 44:549.
4. Jenness, R. and S.Patton.1959. Principles of Dairy Chemistry. John Wiley and Sons, U.S.A.:p. 283-332.
5. Kakade, M.L. and I.E.Liener.1969. Determination of available lysine in proteins. Anal.Biochem. 27:273-280.
6. Laemmli, U.K.1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage. Nature, 227:680-685.
7. Moller, A.B., A.T.Andrews and G.G. Cheeseman.1977. Chemical changes in ultra-heat treated milk during storage. I.Hydrolysis of casein by incubation with proteinase and a peptidase mixture. J.Dairy Res. 44:259-266.
8. Renner, E. and H.Dorguth.1980. Milch-wissenschaft. 31:505. (cited from Burton, 1984).
9. Rowland, S.J.1938. The determination of Nitrogen distribution in milk. J. Dairy Res. 9:42.
10. Snoeren, T.H.M., C.A.Van Der Spek, R. Dekker and P.Both.1979. Proteolysis during the storage of UHT-sterilized milk. I.Experiments with milk heated by the direct system for 4 sec. at 142°C. Neth. Milk & Dairy. J. 33:31-39.
11. 金起成. 1984. Mucor rennet 으로 製造한 Cheddar cheese 의 熟成에 관한 研究. 博士學位論文 p. 19~26. 高麗大學校 大學院.
12. 김석환, 박상진, 윤여창. 1983. 열처리에 의한 유단백질 성분변화에 관한 연구. 韓酪誌 5:61~67.
13. 中江利孝. 1976. 微生物學的 見地からみた 原料乳及び 市乳の 諸問題. 日本酪農科學會誌. 25(6):A233~240.
14. 祐川金次郎. 1971. 牛乳蛋白質. 酪農技術普及會. p. 171~222.
15. 祐川金次郎, 村澤久司, 佐々木正人. 1981. UHT 殺菌乳の 滅菌乳の 比較 營養と食糧 34(5):445~449.
16. 津郷友吉, 小内陳男, 吉野梅夫. 1961. 牛乳蛋白質의 有效性리쯔의 加熱たよる 變化並びた 各種乳製品의 有效性리쯔含量의 比較. 農藝學化誌 35:888~892.