

조제분유의 열처리 정도 비교

박영희 · 홍윤호*

동신대학 식품영양학과, *전남대학교 식품영양학과

Comparison of the Heat Treatment Intensity in Infant Formulae

Young-Hee Park and Youn-Ho Hong*

Department of Food Science and Nutrition, Dongshin University

*Department of Food Science and Nutrition, Chonnam National University

Abstract

The heat treatment indicators such as HMF contents, lactulose contents and whey protein denaturation rates were measured to refer to the heat treatment intensity of domestic market infant formulae. The HMF contents showed 21.0~43.9 $\mu\text{mol/l}$: in the case of powder types, the HMF contents in enriched nutrient products(ii) were higher whereas in the case of liquid types they were packed in cans(i). The lactulose contents showed 2.5~11.4 mg/100 ml in the powder type and 27.0~164.8 mg/100 ml in the liquid type. There was much difference in the lactulose contents according to the product types. Compared with the ADPI standards, most of infant formulae were considered to be medium-heat class. The whey protein denaturation rates were 1.1~69.4% in the powder type and 37.4~71.3% in the liquid type.

Key words: HMF, lactulose, whey protein denaturation rates, infant formula

서 론

조제분유의 품질은 반드시 모유의 조성과 유사하도록 개선되어야 한다⁽¹⁾. 또한 우유를 기초로 하는 유아식은 가열처리를 거친 우유를 사용하므로 조제분유 제품에 대한 열처리의 연구는 더 좋은 분유 생산을 위해서 대단히 중요하다. 생유에 비해 가열처리된 우유의 잇점은 그것이 위장에서 모유와 비슷한 부드러운 응고물을 형성하는 것으로, 초고온처리유와 저온살균유에 의한 육아시험은 초고온처리유가 더 많은 체중증가를 나타냈다⁽²⁾.

표준화된 우유를 예비가열할 때의 유청단백질 변성 정도에 따라 분유제품의 특성이 나타나는데, 분유의 농축 전에 실시하는 살균처리는 최소한 제품에 악영향을 끼치는 세균을 파괴할 수 있는 살균효과가 있어야 하므로 low-heat 분유는 72~74°C에서 15초간 예비가열하면 유청단백질의 10% 미만이 변성되고^(3,4), high-heat 분유는 90°C에서 10~30분간의 더 높은 열처리조건하에서 예비가열하면 훨씬 많은 유청단백질의 변성이 야기되었다고 하였다⁽⁵⁾. 또한 유단백질과 유당사이의 Maillard 반응은 분유의 예비가열, 진공농축, 건조, 저장중에 증진되어서 이산화탄소, 유기산, maltol, furfural 등을 포함한 수 많은 화합물을 형성하므로 제품의 품질저하를 가져온다고 보

고되었다^(6,7).

현재 우리나라에서는 3개의 유업체에서 조제분유를 제조, 시판하고 있는데 이 제품들의 예비가열, 살균과 멸균과정에서 일어나는 이화학적 및 영양생리학적 변화들에 관하여는 거의 연구되고 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국산 조제분유의 열처리 정도를 알아보기 위하여 hydroxymethylfurfural(HMF) 함량, lactulose 함량, 유청단백질소 변성율 등의 지표 성분을 중심으로 유아용 조제분유 분말상과 액상제품들을 분석, 비교하여 보다 양질의 유제품들을 생산하는데 필요한 참고자료를 제공하고자 시도하였다.

재료 및 방법

재료

시료로 사용한 유아용 조제분유는 시판중의 3개 회사 제품중 생후 0~5개월용(i)과 생후 6~10개월용(ii)인 분말상과 액상제품을 제조일이 다른 것으로 시중에서 구입하여 시료로 사용하였다.

액상 조제분유의 제조

수분함량이 2.4~4.8%(제품 표시의 수분함량: 2.5%)인 분말상 조제분유에 대해서는 13g을 정확히 정량하여 증류수 100 ml에 녹여 수분함량이 87%인 액상 조제분유 상태로 제조하였으며, 수분함량이 86~87%인 시판용 액상 조제분유는 그대로 사용하였다.

Corresponding author: Youn-Ho Hong, Department of Food Science and Nutrition, Chonnam National University, Kwangu 500-757, Korea

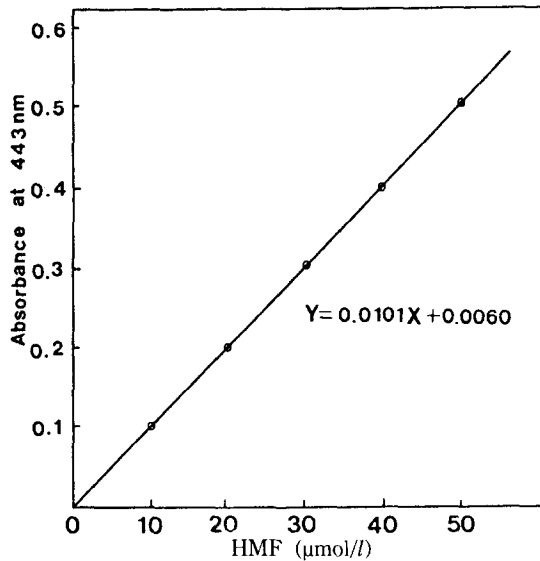


Fig. 1. HMF standard calibration curve

조제분유의 HMF 함량 측정

HMF 표준검량선의 작성은 HMF 표준시약(Sigma, U.S.A.)을 증류수에 녹여서 1 mM/l 농도로 만들어 stock solution으로 하고, 이것을 일정농도로 희석하여 0~50 μmol/l 농도에 대해 이중 반복실험을 한 결과 Fig. 1과 같은 표준검량선을 얻었다. 회귀방정식은 $Y = 0.0101X + 0.0060$ 이며 상관계수는 $r = 0.9998$ 이었다. 시료의 HMF 함량은 Keeney와 Bassette⁽⁸⁾의 비색법에 따라 측정하였다.

조제분유의 lactulose 함량 측정

분석용 lactulose, N-trimethylsilylimidazole(TMSI), phenyl-β-D-glucoside(Sigma, U.S.A.)를 사용하였으며, 표준용액은 Olano⁽⁹⁾의 방법에 따라 제조하였다. Lactulose의 반응계수(RF)를 구하기 위한 혼합표준용액 A, B, C시료의 제조과정은 Fig. 2와 같다. 시료 1 ml에 내부표준물질인 1% phenyl-β-D-glucoside 용액 0.5 ml를 가하고 10 ml 용량 플라스크에 메탄올로 채워 잘 혼합한 다음 한 시간 동안 실온에 방치시키고, 동양여과지(No. 6)로 여과시킨 용액의 1 ml를 취해 질소 gas로 증발건조시킨 다음, 혼합표준용액과 동일하게 TMSI 유도체를 제조하였다.

시료중의 lactulose 함량은 gas chromatography(GC)에 의하여 Olano⁽⁹⁾의 방법에 따라 측정하였는데 분석 조건은 다음과 같다. GC는 Shimadzu gas chromatograph GC-14A를 사용하였으며, 검출기는 flame ionization detector를, 그리고 컬럼은 2% OV-17 on Chromosorb W-HP(80~100 mesh)로 충전된 stainless steel column(3 m×3.2 mm)을 사용하였다. 컬럼의 온도는 240℃, 주입구와 검출기의 온도는 280℃에서 수행하였고, 운반기체

Standard mixture	A	B	C
5% lactose soln.	1 ml	1 ml	1 ml
+ 30 mg% lactulose soln.	1 ml	2 ml	3 ml
+ 1% phenyl-β-D-glucoside soln.	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml

↓

make up to 10 ml with methanol

↓

mix well

↓

pipette 1 ml

↓

evaporate and dry with N₂ gas

↓

+ 0.15 ml N-Trimethylsilylimidazole

↓

incubate in water bath (65°C, 30 min)

↓

cool to room temperature

↓

+ 0.1 ml hexane

↓

+ 0.15 ml water

↓

centrifuge (2,000 rpm, 5 min.)

↓

take of clear upper layer

↓

inject 1 μl (GC)

Fig. 2. Procedures of sample preparation for lactulose determination

로는 N₂(30 ml/min)를 사용하였다.

Lactulose의 반응계수(RF)는 혼합표준용액 A, B, C의 평균값에서 구하였으며, 시료중의 lactulose 함량은 gas chromatogram에 나타난 피이크의 면적비로부터 계산하였다⁽⁹⁾.

조제분유의 질소분획물의 함량 및 유청단백질소 변성율의 측정

조제분유의 총질소(total nitrogen : TN), 비케이신질소(non-casein nitrogen : NCN), 비단백태질소(non-protein nitrogen : NPN)는 Rowland⁽¹⁰⁾, Aschaffenburg와 Drewry⁽¹¹⁾의 분획방법과 micro-Kjeldahl법⁽¹²⁾에 기초하여 측정하였다. 비케이신질소의 측정은 시료 여과액 10 ml의 수분을 일부 증발시킨 다음 분해시켰다. 유청단백질소(whey protein nitrogen : WPN) %는 비케이신질소 %에서 비단백태질소 %를 뺀 값으로 계산하였고, 열변성 유청단백질소(heat denatured whey protein nitrogen : DWPN) %는 각 조제분유의 유청단백질소 함량과 low-heat 탈지분유 표준물질(ADPI, U.S.A.)의 유청단백질소 함량을 비교하여 다음과 같이 계산하였다.

DWPN of infant formula (%) =

$$\frac{\text{WPN of low heat standard} - \text{WPN of formula}}{\text{WPN of low heat standard}} \times 100$$

결과 및 고찰

조제분유의 HMF 함량

조제분유에서 측정된 HMF 함량은 Table 1에 나타나 있는데 같은 회사 제품끼리는 같은 기호로 묶였으며 생후 6개월 이전 단계인 유아용은 (i)로, 생후 6개월 이후 단계는 (ii)로 표시하여 비교하였다. 8종의 제품에서 측정된 조제분유의 HMF 함량은 21.0~43.9 $\mu\text{mol/l}$ 범위를 보였는데, 이 중 액상제품(D)을 제외한 분말상 제품에서는 1단계인 (i)에서보다 2단계인 (ii)에서 더 높은 HMF 함량을 보였다. 액상제품(D)은 보존형태에 있어서 (i)은 6개월간 장기 저장용으로 can에 담겨져 있는 반면, (ii)는 6주간 보존용으로 tetrapack에 포장된 것인데 (i)이 저장기간을 길게 하기 위해 훨씬 더 많은 열처리가 된 것으로 생각된다.

Renner⁽¹³⁾에 의하면 수분함량이 5% 이상인 분말로 된 유제품을 실온에서 저장하는 중 Maillard 형태의 갈변화 반응이 일어난다고 하였으며, Caric 등⁽¹⁴⁾은 control 분유의 경우 6개월 저장 이후 HMF 함량은 28.4 mmol/m^3 인데 비하여 Fe 첨가시 30.9 mmol/m^3 이고 vitamin A 첨가시 39.0 mmol/m^3 으로, Fe 또는 vitamin A를 첨가하였을 때 더욱 증가함을 보고하였다. Kieseker와 Clarke⁽¹⁵⁾는 10~40°C 온도범위의 탈지분유의 저장 안정성 조사에서 수분함량이 4% 미만인 분유는 20°C 정도의 저장시 소량의 변화만이 발생되었다고 함으로써 각종 영양성분이 첨가된 조제분유의 저장기간에 따른 HMF 함량의 증가가 수분함량과 관계가 있음을 시사해 주었다. 또한 분유의 HMF 함량은 우유의 예열처리(low, medium, high heat)의 정도에 따라라도 조금 영향을 받는다고 하였다⁽²⁾.

분유의 건조방법에는 분무식과 회전식이 있는데 분무식 건조가 회전식 건조보다 더 낮은 열처리가 수행된다. 분무식 건조는 80~100°C에서 0.5~1.0초의 열처리를 받는 반면 회전식 건조가 100~130°C에서 2~3초의 열처리를 받게 되어 분무식 건조를 실시하는 것이 매우 짧은시간에 수행되므로써 반응이 적게 일어나고, 회전식 건조분유는 훨씬 더 많은 갈변화 반응이 일어난다고 하였다⁽¹⁶⁾. 따라서 이 때 생성된 HMF 함량도 분무식 건조분유의 경우인 7 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ 에 비하여 회전식 건조분유는 12 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ 으로 더 높고, 구식형 회전식 건조방법을 사용했을 때는 50 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ 으로 훨씬 높게 정량되었다고 하였다⁽²⁾. 분무식 건조방법이 우유의 건조에 이용되게 된것은 20세기 초의 일이지만, 이 방법으로 제조된 분유는 다른 방법, 즉 동결건조법, 박막건조법으로 제조된 분유보다 품질이 양호하므로 최근에는 거의

Table 1. HMF values of market infant formulae

Samples ^a	Total HMF \pm SD ^b ($\mu\text{mol/l}$)	HMF of raw milk ($\mu\text{mol/l}$)	Absolute HMF	
			($\mu\text{mol/l}$)	($\mu\text{mol}/100\text{g}$)
powder type				
A (i) ^c	28.2 \pm 1.6	7.2	21.0	16.2
A (ii) ^d	37.0 \pm 2.6	7.2	29.8	22.9
B (i)	36.8 \pm 2.6	7.2	29.6	22.8
B (ii)	51.1 \pm 3.1	7.2	43.9	33.8
C (i)	39.0 \pm 4.8	7.2	31.8	24.5
C (ii)	41.9 \pm 2.8	7.2	34.7	26.7
liquid type				
D (i)	48.6 \pm 2.9	7.2	41.4	31.9
D (ii)	32.0 \pm 2.0	7.2	24.8	19.1

^anumber of samples, n=5

^bSD: standard deviation

^c(i): 0~5 month-old infant, grade of stage 1

^d(ii): 6~10 month-old infant, grade of stage 2

이 방법을 많이 쓰고 있는 것으로 알려져 있다⁽¹⁷⁾.

표준용액의 lactulose 반응계수(RF)

1% phenyl- β -D-glucoside를 표준물질로 사용하여 lactulose의 RF(\bar{x})값을 혼합표준용액 A, B, C에 대해 7회 측정하여 얻었는데 1.1~1.2의 범위이었고 평균 1.15이었다. 본 실험에서 얻어진 RF값들은 평균 RF(\bar{x})에 대해 10% 범위내에 속하여 Olano⁽⁹⁾가 보고한 바와 일치하였다.

조제분유의 lactulose 함량

조제분유에서 분석한 lactulose GC-chromatogram은 Fig. 3에, 그리고 함량 결과는 8개 제품에서 측정된 lactulose 함량에서 제품에 표시된 lactulose 첨가량을 빼고 계산된 lactulose 함량으로 Table 2에 나타내었다. 분말상의 경우 시료 (A)는 측정값이 첨가량보다 작아서 계산할 수 없었고, (B)는 9.0~11.4 $\text{mg}/100\text{ml}$, (C)에서는 2.5~2.6 $\text{mg}/100\text{ml}$ 으로 비교적 낮게 측정되었으며, 액상 (D)에서는 27.0~164.8 $\text{mg}/100\text{ml}$ 으로 많은 함량을 보였다. 시판되는 조제분유 중에는 첨가된 lactulose 함량을 명시하였는데, 분말상에서는 295~500 $\text{mg}/100\text{g}$ powder (38.4~65.0 $\text{mg}/100\text{ml}$), 액상에서는 65~72 $\text{mg}/100\text{ml}$ 였다.

Bernhart 등⁽¹⁸⁾은 조제분유의 lactulose 함량을 측정하여 콘테이너내의 멸균 액상 조제분유의 이당류 중 1.1~5.3%(50~250 $\text{mg}/100\text{ml}$)임을 밝힌 반면, 분무식 건조분유에서는 아주 소량이거나 또는 존재하지 않는다고 보고하였다. 또한 액상 조제분유의 lactulose 함량은 보관 0개월시 86 $\text{mg}/100\text{ml}$ 에서 저장 29개월 이후 187 $\text{mg}/100\text{ml}$ 로 증가하였다고 보고한 바, 액상형태가 저장기간에 많은 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

Hendrickse 등⁽¹⁹⁾은 액상과 분말상 조제분유의 lactu-

Table 2. Lactulose contents (mg/100 ml) of market infant formulae

Samples ^a	Lactulose Mean \pm SD ^b	Label (added)	Subtracted lactulose (Mean-added)
powder type			
A (i) ^c	34.8 \pm 5.4	65.0	—
A (ii) ^d	30.5 \pm 4.7	65.0	—
B (i)	74.0 \pm 6.5	65.0	9.0
B (ii)	49.8 \pm 4.8	38.4	11.4
C (i)	2.5 \pm 0.2	156.0 [†]	2.5
C (ii)	2.6 \pm 0.2	260.0 [†]	2.6
liquid type			
D (i)	229.8 \pm 10.5	65.0	164.8
D (ii)	99.0 \pm 3.7	72.0	27.0

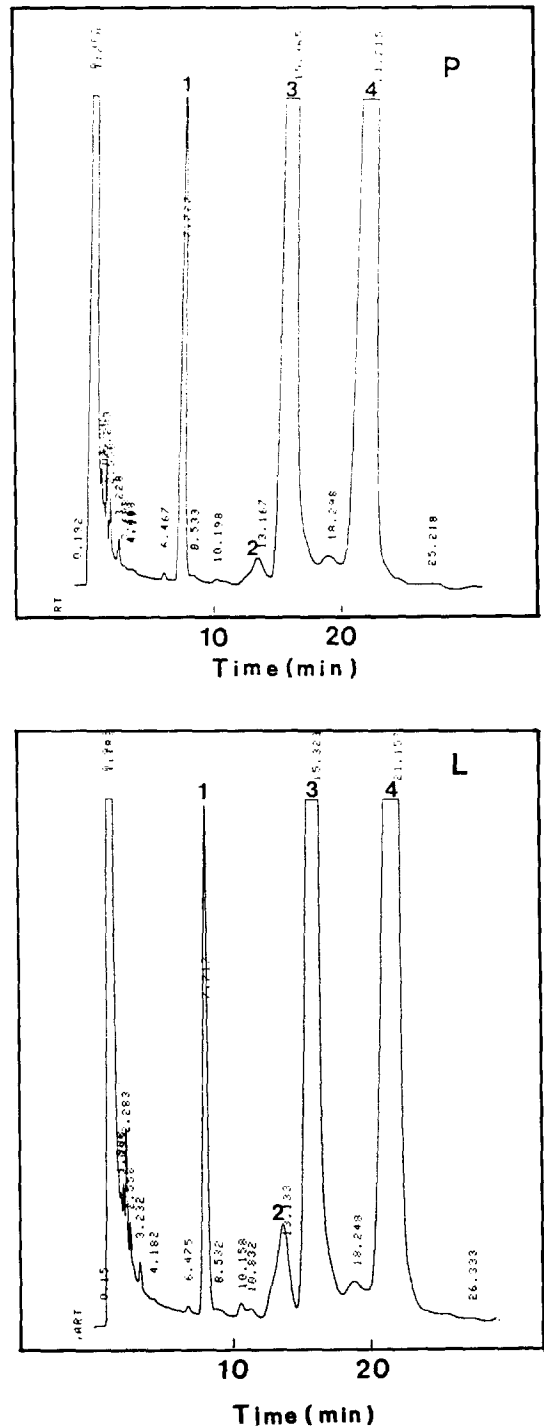
^anumber of samples, n=5^bSD: standard deviation^c(i): 0~5 month-old infant, grade of stage 1^d(ii): 6~10 month-old infant, grade of stage 2[†]: fructooligosaccharides

lose 함량이 비슷한 농도였다고 보고하였는데, 이는 본 실험의 결과와는 상당한 차이가 있었다. Beach와 Menzies⁽²⁰⁾는 조제분유에서 lactulose 함량을 측정하여 초고온멸균 조제분유는 소량의 lactulose를 함유하고, 분무식 건조분유는 17 mg/100 ml를 함유하고 있다고 보고하였는데, 이것은 본 실험에서 제품에 강화된 lactulose 함량을 빼낸 분무식 건조분유의 값인 9~11 mg/100 ml과 유사함을 보였다.

Lactulose는 소장관에서 분해되지 않고 *Lactobacilli*와 *Bifidobacterium bifidum*에 의해 이용되어 에너지원과 성장인자가 되기 때문에 유아의 영양에 중요하다고 하였다⁽²¹⁾. 또한 lactulose는 우유를 열처리할 때 비교적 적은 양만이 형성될 뿐이므로 유아용 조제분유 등에 lactulose를 강화시킬 것을 제안하였으나⁽²²⁾, Olano⁽²³⁾와 Zadow⁽²⁴⁾는 지나친 농도의 lactulose가 어떤 위장관 장애를 일으킬 수도 있다고 보고함으로써 유아용 조제분유에는 가능한 대변 완하효과에 영향을 미치지 않을 만큼의 lactulose의 농도를 설정하여 첨가하는 것이 바람직함을 시사하였다. Lactulose를 유아식에 매일 1~2%나 체중 1 kg당 1.0~1.5g의 양으로 첨가할 때 장내 microflora의 조성이 모유를 먹여 키운 유아와 거의 같다는 것이 밝혀졌는데⁽¹⁸⁾, 본 실험결과 분말상의 조제분유 제품은 유아의 대변 완하효과에 영향을 미치지 않을 수준이었으며 (D)사의 1단계 액상제품에서만 164.8 mg/100 ml로 다소 우려되었다.

조제분유의 질소분획물 함량 및 유청단백질 변성율

조제분유에 대해 측정된 질소분획물들의 함량과 유청단백질의 변성율을 Table 3에 나타내었다. 조제분유의 유청단백질 변성율은 American Dairy Products Institute (ADPI)⁽²⁵⁾에서 제시한 low-heat 탈지분유 표준물질의

**Fig. 3. GC-chromatogram of lactulose in market infant formula (powder type (P): B-i, liquid type (L): D-i)**

1. phenyl-β-D-glucoside(internal standard)
2. lactulose
3. α-lactose
4. β-lactose

Table 3. Distributions of nitrogen fractions of market infant formulae (mg/100g of liquid form (% of TN))

Samples ^a N-fractions	Low heat standand	Powder type						Liquid type	
		A(i) ^c	A(ii) ^d	B(i)	B(ii)	C(i)	C(ii)	D(i)	D(ii)
Total nitrogen		271.2	305.7	268.8	296.6	249.8	322.8	282.4	378.2
Non-casein nitrogen		88.2 (32.5)	98.4 (32.2)	74.0 (27.5)	66.7 (22.5)	122.6 (49.1)	162.0 (50.2)	65.6 (23.2)	105.9 (28.0)
Casein nitrogen		183.0 (67.5)	207.3 (67.8)	194.8 (72.5)	229.9 (77.5)	127.2 (50.9)	160.9 (49.8)	216.8 (76.8)	272.3 (72.0)
Non-protein nitrogen		26.4 (9.7)	35.3 (11.6)	41.7 (15.5)	37.2 (12.5)	27.3 (10.9)	27.7 (8.6)	37.9 (13.4)	45.6 (12.1)
Whey protein nitrogen	96.3	61.8 (22.8)	63.1 (20.6)	32.3 (12.0)	29.5 (10.0)	95.3 (38.2)	134.2 (41.6)	27.6 (9.8)	60.3 (15.9)
Denatured whey protein nitrogen DWPN (%) ^b		34.6 35.9	33.2 34.5	64.0 66.5	66.8 69.4	1.0 1.1		68.7 71.3	36.0 37.4

^anumber of samples, n=5

^bDWPN (%) = $\frac{\text{WPN of low heat standard} - \text{WPN of formula}}{\text{WPN of low heat standard}} \times 100$

^c(i): 0~5 month-old infant, grade of stage 1

^d(ii): 6~10 month-old infant, grade of stage 2

유청단백질소 함량을 기준으로 하여 계산하였다.

본 실험의 결과, 시판되고 있는 8개 조제분유 제품간에 질소분획물 조성비율은 많은 차이가 있었다. 조제분유 제품의 CN : WPN : NPN 비율은 50~78 : 10~42 : 9~16으로 모유 중의 44 : 37 : 19의 비율⁽²⁶⁾과 다르게 나타났다. 조제분유의 단백질조성은 우유단백질의 소화성을 모유와 같게 하기 위해서 유청단백질을 증가시켜 케이스인 : 유청단백질의 비율을 거의 모유와 같게 한 것, 케이스인의 부분 소화에 의한 케이스인질소 : 비케이스인질소를 모유에 가깝게 한 것, 또는 양자를 병용한 것 등의 제품을 생산하고 있다고 하였다⁽²⁶⁾.

ADPI⁽²⁵⁾에서는 Harland-Ashworth의 방법을 변형시켜 유청단백질소를 Kjeldahl분석으로 정량한 값으로 분유의 열처리 등급을 분류하였는데, low-heat 탈지분유는 7.41 mg/g, medium-heat 탈지분유는 7.40~0.46 mg/g, 그리고 high-heat 탈지분유는 0.45 mg/g으로 제시하였다. Table 3에 나타난 조제분유의 유청단백 질소함량을 분말 상태인 mg/g으로 환산하면, (A)는 4.75 mg/g(i)과 4.85 mg/g(ii), (B)는 2.49 mg/g(i)과 2.27 mg/g(ii), (C)는 7.33 mg/g(i)과 10.33 mg/g(ii) 그리고 (D)는 2.12 mg/g(i)과 4.64 mg/g(ii)으로, 이 값들을 ADPI⁽²⁵⁾에서 제시한 열처리 등급을 기준으로 분류했을 때, 본 실험의 (A), (B), (D) 제품은 medium-heat 등급에 해당되었고, (C) 제품은 low-heat 등급에 해당되었다.

조제분유의 유청단백질 열변성율을 측정된 결과를 비교하면, 분말상의 조제분유 중 (A)는 35.9%(i)와 34.5%(ii), (B)는 66.5%(i)와 69.4%(ii)의 변성율을 보였으며, (C)는 1.1%(i)의 변성율과 low-heat 표준물질의 유청단백질소 함량을 기준으로 할 때 계산할 수 없었는데(ii), 이것은 분유 제조시 불변성 유청단백질을 다량 첨가한 때문인 것으로 사료된다. 액상 (D)조제분유에서는 71.3%

(i)와 37.4%(ii)의 변성율을 보였는데, (i)은 can으로 (ii)는 tetrapack으로 포장되었고 특히 can으로 포장된 (i)의 유청단백질의 열변성율이 높았다.

요 약

본 실험에서는 국산 유아용 조제분유의 열처리 정도를 파악하기 위하여 HMF 함량, lactulose 함량, 유청단백질 변성율 등을 측정하였다. 조제분유의 HMF 함량은 21.0~43.9 μmol/l로 분말상의 경우 각종 영양성분의 함량이 더 강화된 (ii)단계 제품에서 많은 HMF 함량을 보였으나, 액상의 경우 can 포장용 제품에서 더 많았다. 조제분유의 lactulose 함량은 분말상에서 2.5~11.4 mg/100 ml였고 액상에서 27.0~164.8 mg/100 ml으로 제품의 형태에 따라 많은 차이가 있었다. ADPI에서 제시한 열처리 등급을 기준으로 분류했을 때 대부분의 조제분유 제품이 medium-heat 등급에 해당되었으며, 조제분유의 유청단백질 열변성율을 측정된 결과, 분말상에서는 1.1~69.4%였고 액상에서는 37.4~71.3%이었다.

문 헌

1. 전석락, 이필린 : 유아용 조제분유(Infant formula)에 대한 최근의 연구 동향. 한국유가공연구, 4(2), 61(1986)
2. Renner, E.: *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. Volkswirt. Verlag, Munich, p.297(1983)
3. Hall, C.W. and Hedrick, T.I.: *Drying of Milk and Milk Products*. 2nd ed. Avi, Westport, Conn.(1971)
4. Pallansch, M.J.: *Dried products*. In *By-products from Milk*, Webb, B.H. and Whittier, E.O.(ed), Avi, Westport, Conn., p.124(1970)
5. Morr, C.V. and Richter, R.L.: *Chemistry of processing*. In *Fundamentals of Dairy Chemistry*, Wong, N.P.(3rd

- ed), Reinhold Co. Inc., New York, p.739(1988)
6. Whitney, R. McL.: Proteins of milk. In *Fundamentals of Dairy Chemistry*, Wong, N.P.(3rd ed), Reinhold Co. Inc., New York, p.81(1988)
 7. Brown, R.J.: Milk coagulation and protein denaturation. In *Fundamentals of Dairy Chemistry*, Wong, N.P.(3rd ed), Reinhold Co. Inc., New York, p.583(1988)
 8. Keeney, H. and Bassette, R.: Detection of intermediate compounds in the early stages of browning reaction in milk products. *J. Dairy Sci.*, **42**, 945(1959)
 9. Olano, A.: determination of lactulose in heated milk by gas liquid chromatography. *IDF, Questionnaire*, **189** /E(1988)
 10. Rowland, S.J.: The precipitation of the proteins in milk. *J. Dairy Res.*, **9**, 30(1938)
 11. Aschaffenburg, R. and Drewry, J.: New procedure for the routine determination of the various non-casein proteins of milk. *XV Int. Dairy Congr.*, **3**, 1631(1959)
 12. Rowland, S.J.: The determination of the nitrogen distribution in milk. *J. Dairy Res.*, **9**, 42(1938)
 13. Renner, E.: Storage stability and some nutritional aspects of milk powders and ultra high temperature products at high ambient temperatures. *J. Dairy Res.*, **55**, 125(1988)
 14. Carić, M., Gavarić, D. and Milanović, S.: *Challenges to Contemporary Dairy Analytical Techniques*. RSC, London, p.303(1984)
 15. Kieseker, F.G. and Clarke, P.T.: The effect of storages on the properties of non-fat milk powders. *Australian J. Dairy Technol.*, **39**, 74(1984)
 16. Schulz, M.E.: *Fragen und Antworten zur Milchwirt. Technologie*. Volksw. Verlag, Munich (1967)
 17. 강국희, 유제현, 정충일 : 유가공실무, 유한문화사, 서울, p.169(1983)
 18. Bernhart, F.W., Gagliardi, E.D., Tomarelli, R.M. and Stribley, R.C.: Lactulose in modified milk products for infant nutrition. *J. Dairy Sci.*, **48**, 399(1965)
 19. Andrews, G.R.: Formation and occurrence of lactulose in heated milk. *J. Dairy Res.*, **53**, 665(1986) [Hendrickse, R.G., Wooldridge M.A.W. and Russell, A.: *Br. Medical J.* i, 1194(1977)]
 20. Andrews, G.R.: Formation and occurrence of lactulose in heated milk. *J. Dairy Res.*, **53**, 665(1986) [Beach, R.C. and Menzies, I.S.: *Lancet*, i, 425(1983)]
 21. Méndez, A. and Olano, A.: Lactulose. A review of some chemical properties and application in infant nutrition and medicine. *Dairy Sci., Abstracts*, **41**, 531 (1979)
 22. Andrews, G.R.: Formation and occurrence of lactulose in heated milk. *J. Dairy Res.*, **53**, 665(1986) [Vince, A.J. and Burridge, S.M.: *J. Medical Microbiology*, **13**, 177(1980)]
 23. Andrews, G.R.: Formation and occurrence of lactulose in heated milk. *J. Dairy Res.*, **53**, 665(1986) [Olano, A.: *Alimentatia*, **133**, 37(1982)]
 24. Zadow, J.G.: Lactose: Properties and uses. *J. Dairy Sci.*, **67**, 2654(1984)
 25. ADPI: *Standards for Grades of Dry Milk Including Methods of Analysis*. American Dairy Products Institute, Bulletin, **916**(1990)
 26. 이재영, 유제현, 강국희 : 유가공학. 향문사, 서울, p.164 (1981)

(1991년 8월 20일 접수)