

시판 조제 분유의 화학적 품질 평가

한 정 은 · 홍 윤 호

전남대학교 가정대학 식품영양학과

Chemical Quality Evaluation of Commercial Infant Formulas

J. E. Han and Y. H. Hong

Dept. of Food and Nutrition, Chonnam National University

Abstract

In this study, three domestic and one foreign formulas for the infants up to 5 month old were examined to detect chemical changes such as pH, reactive sulfhydryl groups(RSH) content, 5-hydroxymethylfurfural(HMF) content, available lysine content, electrophoresis, and surface color caused by heat treatment for long term storage. In the SDS-polyacrylamide gel electrophoresis, A and B products showed similar pattern, while C product had a clearly distinguishable β -lactoglobulin band, but in casein, only D product showed a few strong casein band. RSH content, which indicate the extent of whey protein denaturation, ranged from 4.40 to 5.93 mmole/g protein. HMF content, which indicate the extent of Maillard reaction, ranged from 192 to 432 μ mole/100g in formulas. B product showed the highest RSH and HMF content. Available lysine content ranged from 31 to 46 mg/g protein. Among them D product contain the highest available lysine content and other's showed no significant difference. In conclusion, the domestic infant formulas showed higher RSH and HMF content than the foreign product and the available lysine content of the domestic products were lower than that of the foreign product.

Key words : infant formula, RSH, HMF, available lysine.

서 론

조제 분유는 아이의 성장 및 발달, 생리적 반응이 모유를 먹인 아기와 유사한 결과가 나타나도록 현대의 모든 과학적 지식과 기술을 동원하여 탄생시킨 모유 대체 식품이다⁽¹⁾. 우유 단백질은 모유와 비교하여 함량과 조성이 다를 뿐만 아니라 모유보다도 소화가 잘 되지 않아 열변성 공법으로 단백질을 변성시켜 소화력을 높이고 알레르기 발생률을 낮춘다. 우유 가공에 이용되는 모든 처리 공정 중 가열 처리는 가장 중요한 공정이며 미생물을 사멸함으로써 보다 안전한 식품으로 변환되고, 효소류를 파괴함으로써 저장 기간을 연장하는 효과를 나타내며, 열처리에 의하여 소비자의 기호에 맞는 맛

과 향미 및 외관을 갖는 제품을 생산하도록 촉진한다. 우유를 가열 처리함에 따라 일어나는 성분의 변화 중 일부는 유용하고 일부는 그렇지 않는 점이 있다. 과다한 열처리는 영양소 파괴를 초래할 우려가 있으므로 열처리 공정을 적정하게 조정하는 것이 요구된다.

조제 분유 제조 공정 중 주요 열처리과정은 예열과 농축 과정, 건조 과정으로 크게 나눌 수 있는데 건조 유제품은 예열 처리 과정 중 그 특성이 대부분 결정된다고 한다^(2,3). 농축 과정은 열변성을 피하기 위하여 감압 하에 수행하고 현재 가장 보편적으로 이용되고 있는 분무 건조 방식은 건조실에서 매우 빠른 시간에 이루어지기 때문에 온화한 건조 방식이라고 할 수 있다⁽⁴⁾.

분유는 저장하는 중에도 풍미 변화, 변색, 용해도 저하 등의 변화가 일어난다. 또한 유단백질과 유당 사이의 Maillard 반응은 분유의 예비가열, 진공 농축, 건조, 저장 중에 증진되어서

Corresponding author : Youn-Ho Hong, Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju, 500-757, Korea. E-mail:yhhong@chonnam.ac.kr

이산화탄소, 유기산, maltol, furfural 등을 포함한 수많은 화합물을 형성하므로 제품의 품질 저하를 가져온다고 보고되었다⁽⁵⁾.

1996년이래 우리 나라의 유제품 소비는 200만 톤을 초과하였고 꾸준한 제품개발로 소비량은 계속 늘어가고 있다. 현재 우리 나라에서 조제 분유가 소비되는 양은 연간 2만 톤 이상으로 유제품 소비량의 약 1%를 차지하고 있다⁽⁶⁾.

조제 분유의 소비는 유아에만 국한되어 있고 그 구성 성분의 많은 부분이 수입품에 의존하고 있는 실정이다. 또한 많은 영양 성분들이 첨가되어 조제되므로 철저한 품질 관리가 요구된다. 그러나 조제 분유의 품질 검사 및 연구에 관련된 보고는 미미한 실정이다.

본 연구에서는 국내 유가공 업체가 보다 양질의 조제 분유 제품들을 생산하여 외국 제품들의 개방화에 대비할 수 있도록 기초 자료를 제공하고자 국내 시판중인 조제 분유 중 유아의 성장 과정에서 가장 민감한 시기인 1단계(0~5개월) 분유를 중심으로 국내 회사 제품 3종과 외국 회사 제품 1종을 수거하여 이들에 대한 화학적 품질 변화에 대해 알아보고자 pH, 활성 황화수소기(reactive sulfhydryl, RSH) 함량, 5-hydroxymethylfurfural(HMF), 가용 라이신(available, reactive lysine) 함량, 유단백질의 전기영동 양상과 색도를 조사하였다.

재료 및 방법

재 료

국내 시판되고 있는 3종의 국내 조제 분유(A, B, C 제품)와 1종의 외국 조제 분유(D 제품)를 대상으로 1단계(생후 0~5개월) 제품을 2000년 1월부터 3월까지 시중에서 구입하여 사용하였다. 모든 제품들은 1주일 이내 비슷한 시기에 제조된 것으로 5회에 걸쳐 수거하여 실험하였고 이 제품들은 모두 제조된 날로부터 4개월 이내의 제품이었다.

일반 성분 분석

조제 분유의 일반 성분은 A.O.A.C⁽⁷⁾ 방법에 따라 수분, 회분, 단백질, 지방질 함량을 분석하였다. 수분은 상압 가열 건조법, 회분은 직접 회화법, 조단백질은 미량-켈달법, 지방질은 모조니아 변법을 이용하였다. 당질은 유당을 기준

으로 하여 페놀 황산법⁽⁸⁾으로 시행하였다.

pH 측정

조제 분유를 일반적인 조유 농도인 13% 용액으로 만든 후 실온에서 측정하였다.

SDS-polyacrylamide gel 전기영동

조제 분유의 단백질 구성비를 보기 위해 Laemmli 방법⁽⁹⁾에 따라 15% acrylamide gel로 전기영동을 실시하였다. α s-casein(M.W. 25,000), β -casein (24,000), κ -casein(19,800), β -lactoglobulin(18,400), α -lactalbumin(14,300)을 혼합하여 1 mg/ml 용액을 만든 후 전기영동 표준 시료로 사용하였다. 5% 희석한 시료에 SDS 전기영동용 완충용액(30% SDS, 1 M Tris, 100% glycerol, 2% bromophenol blue, β -mercaptoethanol)을 첨가하여 100°C에서 3분간 가열하였다. 이 혼합 시료액을 20mA의 직류 전류로 전기영동한 다음 0.25% Coomassie brilliant blue R-250(w/v)로 염색하고 탈색한 후 단백질 띠를 확인하였다.

활성 황화수소기 함량 측정

조제 분유의 활성 황화수소기 농도의 측정은 Anema와 Lloyd의 방법⁽¹⁰⁾에 준하여 측정하였다. 10% 희석한 조제 분유 6.7ml에 Tris-HCl 완충용액(0.1M Tris-HCl에 4mM EDTA 첨가, pH 9.0)을 13.3ml 첨가하여 혼합하였다. Ellman 시약(0.2g DTNB/100ml 0.1M phosphate buffer, pH 7.0)을 0.3ml 첨가한 다음 발색될 수 있도록 2분간 방치했다. 이 용액에 ammonium sulfate 5g을 첨가하여 1분간 저은 후 여과지(Toyo filter paper 2 layers, No. 4, ashless)로 여과하였다. 이 여과액을 다시 0.45 μ m membrane filter로 여과한 후 412nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 물질로는 DTNB(5,5'-dithiobis 2-nitrobenzoic acid)를 사용하였다.

5-Hydroxymethylfurfural 함량 측정

분유의 HMF 함량은 Keeney와 Bassette의 비색법⁽¹¹⁾에 따라 정량하였다. 10% 희석한 조제 분유 10ml를 내열성 시험관에 취하여 매 실험시 새로 조제한 0.3N oxalic acid 용액을 5ml 가하여 끓는 물에서 60분간 가열하였다. 이것을 흐르는 물에 냉각시켜 40% trichloroacetic

acid(TCA) 용액을 5ml 첨가하여 혼합한 후 여과(Toyo filter paper, No. 4)하였다. 여과액 4ml에 0.05M thiobarbituric acid(TBA) 용액 1ml를 첨가한 다음 40°C에서 35분간 반응시키고 흐르는 물에 냉각시킨 후 443nm에서 측정하였다. 표준 검량선은 HMF 표준 용액을 일정 농도로 희석하여 측정하였다.

가용 라이신 함량 측정

가용 라이신은 Vigo 등의 방법⁽¹²⁾에 따라 측정하였다. 시료 0.5g을 10% SDS 용액 50ml에 녹여 1% 시료 용액을 제조하였다. OPA(*o*-phthaldialdehyde) 시약은 매 실험시 새로 제조하여 사용하였는데 95% 에탄올 2ml에 녹인 80mg OPA, 0.1M sodium tetraborate buffer (pH 9.7~10) 50ml, 20% SDS 5ml와 2-mercaptoethanol 0.2ml를 혼합하여 100ml가 되도록 증류수로 정용하였다. 1% 시료 용액 100 μ l에 OPA 시약 4ml를 첨가하여 25°C에서 2분간 incubation시켰다. 이것을 340nm에서 흡광도를 측정하였고 순수 케이신을 표준물질로 사용하였다.

색도 측정

표면 색도는 조제 분유 시료를 불투명하고 검은 분말 측정용 접시에 빈 공간 없이 쌓아 넣고 색차계(Chroma meter, Model No CR-300, MINOLTA, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정된 값은 L, a, b로 나타내고 표준 색판으로는 백색판(L=92.8, a=0.3137, b=0.3193)을 사하였다. Hunter system(CIE Lab system)에 의해 L(+/-)값은 brightness(white/black), a(+/-)값은 redness(red/green), b(+/-)값은 yellowness(yellow/blue)를 나타낸다.

결과 및 고찰

조제 분유의 일반 성분

조제 분유의 일반 성분 조성은 Table 1과 같다. 수분 함량은 B사를 제외하고는 명시된 수분 함량 보다 다소 낮게 나타났다. 조제 분유의 일반 성분 구성 비율은 100g당 단백질 12~14g, 지방질 24~28g, 당질 55~57g의 분포로 C사가 다른 회사들에 비해 단백질과 당질 함량이 다소 높았으나 지방질은 상대적으로 낮았다. 회분 함량은 회사마다 차이가 있었으나 첨가 또는 강화한 미량 원소에 의한 값과 사용된 유청 분말의 회분 함량에 의한 차이인 것으로 생각되었다. 포장에 명시된 성분 조성표를 비교해보면 외국 제품인 D사는 국내 제품들에 비해 불포화지방산인 리놀레산이 훨씬 많았으며 β -카로틴과 철분이 강화되어 있었다.

건조 유제품은 수분이 2~4% 범위 내에서 함유되어야 하며 상대 습도가 10~30%를 넘지 않도록 해야 충분한 저장성을 갖게 된다⁽⁴⁾. 유리 수분 함량이 높으면 저장 중 단백질 변성, 효소 작용, Maillard 반응, 무정형 유당이 α -유당 수화물로 전환되어 결정을 형성하고 서로 결합하여 결정이 커지는 원인이 된다⁽¹³⁾.

조제 분유 생산시 단백질의 절반이상이 무지유고형분(solid not fat, SNF)으로부터 유래되고 나머지 부분은 유청으로부터 유래된다. Codex, EC Commission, LSRO(FDA)에서는 모유의 평균 아미노산 구성을 기초로 한 "reference amino acid profiles"를 제시해 놓고 조제 분유에 단백질 함량을 최소 1.8g/100Kcal로 규정하였다. 현재 상업적인 조제 분유들은 이보다 더 많은 단백질을 함유하는데 이는 모유의

Table 1. Proximate compositions of commercial infant formulas

(g/100g infant formula)

	Infant formulas			
	A	B	C	D
Moisture	2.37 \pm 0.03	2.58 \pm 0.04	2.34 \pm 0.02	2.13 \pm 0.03
Ash	2.20 \pm 0.01	2.31 \pm 0.01	2.69 \pm 0.01	3.02 \pm 0.01
Protein	12.68 \pm 0.18	12.59 \pm 0.36	14.56 \pm 0.12	12.24 \pm 0.06
Lipid	27.42 \pm 0.14	26.96 \pm 0.09	24.15 \pm 0.12	27.98 \pm 0.16
Lactose	55.52 \pm 0.08	56.13 \pm 0.25	56.90 \pm 0.10	55.16 \pm 0.07

단백질과 비교하여 열등한 단백질의 질과 제조품의 단백질 함량에 어떤 피할 수 없는 batch to batch 다양성 등이 고려되었기 때문이다. 유청의 첨가로 인해 우유에 부족한 α -lactalbumin, lactoferrin 등 미량 성분을 보충할 수 있고 더 나은 아미노산 조성을 유도할 수 있다⁽¹⁴⁾.

조제 분유의 pH

시료의 pH는 모유의 고형분 농도 13%를 기준으로 증류수로 희석하여 측정하였다. Table 2에서 보는 바와 같이 모든 시료에서 pH 값은 6.64~6.74 범위의 값으로 나타났다. 따라서 조제 분유는 중성에 가까운 산성임을 알 수 있었다. 한편 Albala-Hurtado 등은 조제 분유의 pH 값이 6.65 ± 0.1 로 측정되었다고 보고하였다⁽¹⁵⁾.

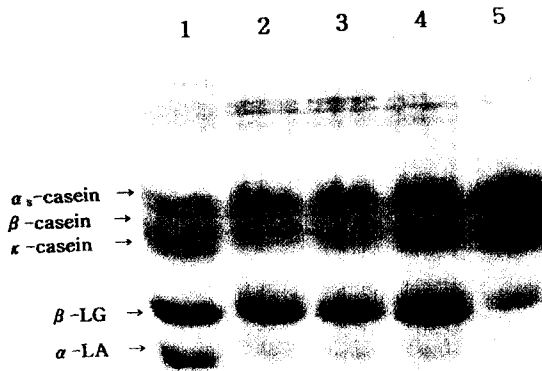


Fig. 1. SDS-PAGE patterns of infant formulas. 15% acrylamide gel, loading volume : 10 μ l. lane 1 : Standard (α_s , β , κ -casein, β -lactoglobulin, α -lactalbumin(from top position)); lane 2 : A product, 3 : B product, 4 : C product, 5 : D product.

조제 분유 단백질의 전기영동 양상

전기영동 양상은 Fig. 1과 같다. A와 B사 제품은 유사한 양상을 보였고 C사 제품은 β -lactoglobulin 띠가 다소 진했으며 D사 제품은 β -lactoglobulin 띠가 다른 제품에 비해 희미했으나 케이션 띠는 강하였다. 가열 등급 분류표에 의해 해석해 보면 C사 제품은 다른 제품들에 비해 더 낮은 온도에서 열처리된 것으로 추정되고 그 밖의 제품들 또한 강도의 차이는 있으나 β -lactoglobulin 띠가 명확히 나타났으므로 중간 정도의 온도에서 열처리되었을 것으로 보인다. Hartman과 Suanson⁽¹⁶⁾에 의하면 알부민과 β -lactoglobulin이 열처리로 인하여 케이션과 복합체를 형성하여 유청 단백질이 감소한다고 보고하였다. 뒤에 기술된 열처리 지표(RSH, HMF)의 수치를 보면 D사 제품의 값이 다른 제품들에 비해 낮음을 볼 수 있는데 케이션 띠가 진한 것은 열처리로 인한 복합체의 형성보다는 다른 제품들에 비해 β -lactoglobulin의 양이 적은 유청분말을 사용하지 않았나 추정된다. Guo 등⁽³⁾은 조제 분유 mix를 가공 전, HTST 살균, 균질화, 농축, 분무 건조 후 시료를 즉시 채취하여 전자 현미경으로 관찰한 결과 살균 후 케이션 입자는 거칠고 불규칙한 표면을 가졌는데 이것은 아마도 케이션-유청 단백질의 상호 작용 때문일 것이라고 추측하였다. 농축과 분무 건조 후에는 미세 구조와 질소에 거의 변화가 없었다. 이로 보아 분유는 농축 이전의 과정에서 그 품질이 거의 결정되는 것으로 보였다.

활성 황화수소기 함량

활성 황화수소기(RSH) 함량은 단백질 g당 4.40~5.93mmole 범위로 나타났다(Table 2). 변성된 유청 단백질 정도를 보여주는 RSH 함

Table 2. Chemical properties of commercial infant formulas

	Infant formulas			
	A	B	C	D
pH	6.71 \pm 0.02	6.73 \pm 0.05	6.74 \pm 0.03	6.64 \pm 0.02
RSH(mmmole)/g protein	4.57 \pm 0.68	5.93 \pm 0.51	4.78 \pm 0.90	4.40 \pm 0.60
HMF(μ M)/100g infant formula	294 \pm 37	432 \pm 71	257 \pm 18	192 \pm 27
Available lysine(mg)/g protein	36 \pm 4.84	34 \pm 2.81	31 \pm 3.76	46 \pm 2.02

량은 B사 제품이 가장 높게 나타났고 다른 제품들은 큰 차이를 나타내지 않았으나 D사 제품이 다소 낮은 값을 가졌다. Baldwin⁽²⁾에 의하면 SH기는 예열 온도와 그 지속 시간에 상당히 영향을 받고 1년간 저장하면서 분석한 결과 SH기가 약간 감소하였다고 보고하였다. 이 증가량은 높은 초기 값을 가질 때 더 증가폭이 컸다고 한다. 열처리 안된 우유의 대부분의 유리 SH기는 β -lactoglobulin과 알부민의 구형 구조 안에 들어 있어 반응성이 없다. 그러나 열처리시 유청 단백질의 변성과 더불어 유리 SH기가 노출되고 반응성을 가지게 된다. 그러므로 활성 황화수소기 함량은 열처리를 통해 유도된 유청 단백질의 변성 정도의 지표를 제공할 수 있다⁽¹⁰⁾. 열처리 후의 SH기의 농도와 유청 단백질 함량은 부(-)의 상관으로 각각 유의차가 인정되었는데 SH기의 농도는 열처리 온도와 시간, 원유의 조성, 산도, 산소의 함량, 저장 조건에 따라 영향을 받는다고 하였다⁽¹⁷⁾. β -lactoglobulin은 α -lactalbumin보다 열변성에 더 민감하며⁽¹⁸⁾ 우유의 가열에 의하여 β -lactoglobulin과 κ -casein의 상호 작용이 일어나는데 가열에 의해서 β -lactoglobulin이 변성하면 변성된 SH기의 반응성이 증가하고 이것이 케이션 중에서 S-S결합을 갖는 κ -casein과의 사이에 S-S와 SH 교환 반응을 일으키고 양자가 결합하여 복합체가 형성된다고 보고하였다⁽¹⁹⁾. 케이션은 매우 불규칙하면서 성긴 3차 구조를 가지고 있어 140°C 이하의 온도에서 구조가 거의 변화하지 않으나 유청 단백질의 경우는 특정한 3차 구조를 가지고 있기 때문에 80°C에서도 상당한 정도로 변성이 일어난다고 보고되었다. β -lactoglobulin에 함유되어 있는 함황아미노산인 methionine, cysteine과 cystine 등의 SH기는 가열에 의해 반응성이 높아지고 이것이 분해되어 휘발성 황 화합물들을 생성하고 가열취를 발생한다고 알려졌다^(20,21).

5-Hydroxymethylfurfural 함량

총 HMF 함량은 분유 100g당 192~432 μ mole 범위를 보였다(Table 2). 가장 높은 활성 황화수소기와 수분 함량을 가진 B사 제품이 HMF 또한 가장 높은 양을 보여줬고 나머지 제품들 또한 활성 황화수소기 함량과 비교하여 유사한 경향을 보여줬다. 박과 홍⁽²²⁾에 의하면

분유 100g당 총 HMF는 217~511 μ mole 범위를 나타내었고 Albala-Hurtado 등^(15,23,24)에 의하면 같은 시료를 가지고 분말과 액상 조제 우유를 만든 후 20, 30, 37°C에서 9개월간 저장하면서 HPLC를 이용하여 총 HMF를 조사한 결과 100g당 분유에서는 100~231 μ mole 그리고 액상 조제유의 경우에는 60~81 μ mole 범위를 나타내어 액상보다 분말이 더 높은 함량을 보였다. Renner⁽²⁵⁾에 의하면 수분함량이 5% 이상인 분말로 된 유제품을 실온에서 저장하는 중 Maillard 형태의 갈변화 반응이 일어난다고 하였으며 Caric 등⁽²⁶⁾은 control 분유의 경우 6개월 저장 이후 HMF 함량은 28.4mmole/m³인데 비하여 철분 첨가시 30.9mmole/m³이고 비타민 A 첨가시 39.0mmole/m³으로 철분 또는 비타민 A를 첨가하였을 때 더욱 증가함을 보고하였다. 그러나 본 실험에선 D사 제품이 β -카로틴과 철분이 강화되었음에도 불구하고 HMF 함량은 다른 제품들 보다 낮게 나타났다. 유제품에서 HMF 생성은 가공과 저장 중에 일어나며 그 생성률은 제품의 구성 성분과 수분 함량 그리고 열처리 지속 시간과 온도, 특히 예열 처리에 따라 크게 의존한다⁽⁵⁾. Kieseker와 Clarke⁽²⁷⁾는 10~40°C 온도 범위의 탈지 분유의 저장 안정성 조사에서 수분 함량이 4% 미만인 분유는 20°C 정도의 온도에서 저장시 소량의 변화만이 발생되었다고 함으로써 각종 영양 성분이 첨가된 조제 분유의 저장 기간에 따른 HMF 함량의 증가가 예열 처리 뿐 만 아니라 수분 함량과 관계가 있음을 시사해 주었다. Burton⁽²⁸⁾에 따르면 HMF 함량은 Maillard 반응의 중간 물질로서 온도에 따라 생성 또는 분해되기 때문에 차이가 다양하다고 하였다.

가용 라이신 함량

활성 황화수소기와 HMF 함량이 가장 낮았던 D사 제품이 단백질 g당 46mg의 (분유 100g당 552mg)의 가장 높은 가용 라이신 함량을 보였고 나머지 제품들은 31~36mg(분유 100g당 415~450mg)의 함량을 보였다. Tomarelli 등⁽²⁹⁾은 조제 분유의 가용 라이신 함량을 HPLC를 사용하여 측정된 결과 분말 형태에서는 단백질 g당 65~67mg, 액상 형태에서는 57mg을 나타내었다. 액상 상태에서 분유가 라이신 손실이 더 많게 나타났다. Albala-Hurtado 등⁽¹⁵⁾

은 조제 분유를 9개월 동안 저장시 분말과 액상 형태의 각 시료의 초기 농도는 단백질 g당 56mg, 55mg와 비교하여 변화가 거의 없었다고 하였다. Evangelisti 등⁽³⁰⁾은 조제 분유에 blocked lysine 양을 "furosine method"에 의해 계산하였다. 이 양은 탄수화물 구성과 관련되어 있다. 단지 유당만을 포함하고 있는 조제 분유는 라이신이 풍부한 단백질 부분과 함께 20% 이하의 아미노산 blocking을 유도할 수 있다고 하였다. 이는 유당을 말토덱스트린(maltodextrin)으로 부분 대체했을 때 라이신 blocking의 감소를 가져왔고 포도당 첨가시 많은 양의 blocked lysine을 야기시켰다. Morales 등⁽³¹⁾에 의하면 필수 아미노산인 라이신에서 ε-amino group은 여러 형태의 공유 결합에 의해 blocking 되는데 영향을 받기 쉽다고 주장하였다. 이는 우유 가공 중에 Maillard 반응에서 유당과 상호 작용하기 때문이라고 하였다. 라이신 함량이 많은 유청 단백질에도 불구하고 blocked lysine 함량이 심각하게 증가하지는 않았다. 대부분의 시료는 blocked lysine 양이 아기를 위해 제안된 이용할 수 있는 라이신의 일일 섭취가 낮아짐으로서 영양에 부적합한 영향을 가질 만큼 높지는 않았다.

색 도

일반적으로 Maillard 반응 정도는 HMF 함량에 따라 측정하나 직접적인 방법으로 표면의 색을 측정하여 Table 3에 나타내었다. L 값의 범위는 90.88~91.91로 주목할 만한 차이가 나지 않았다. L 값은 입자 크기가 감소함에 따라 백색도가 증가하는 미립 특성인 투명도와 관계가 있다고 알려졌다. b 값은 D 제품이 가장 높았으나 이 제품은 β-카로틴이 첨가되어 있어 이에 의한 영향이 있었을 것으로 추정된다. 그 밖의 제품들은 HMF 값이 높았던 B, A, C 제

품 순서로 b 값이 높게 측정되었다.

전지 분유의 경우 저장하는 동안 b 값이 더 높아졌고 저장 온도가 높아짐에 따라 약간 증가하였다는 보고가 있다⁽³²⁾.

요 약

본 연구에서는 국내 시판중인 1단계(0~5개월) 분유를 5회에 걸쳐 구입하여 화학적 품질 변화에 대해 알아보려고 일반 성분, pH, 활성 황화수소기(RSH), HMF, 가용 라이신 함량, 유단백질의 전기영동 양상과 색도를 조사하였다.

조제 분유의 활성 황화수소기 함량의 범위는 단백질 g당 4.40~5.93mmole범위로 나타났고 HMF 함량은 분유 100g당 192~432 μmole 범위를 보였다. 가장 높은 RSH와 수분 함량을 가진 B사 제품이 HMF 또한 가장 높은 양을 나타냈고 나머지 제품들도 RSH 함량과 비교하여 유사한 경향을 보여줬다. 가용 라이신 함량은 RSH와 HMF 함량이 가장 낮았던 D사 제품이 단백질 g당 46mg으로 가장 높게 나타났고 나머지 제품들은 31~36mg이었다. B사 제품은 다른 제품에 비해 높은 수분 함량이 측정되었고 RSH 함량이 상대적으로 많았으며 높은 HMF 함량을 보였는데 비해 가용 라이신은 큰 차이가 없었다. 색도는 HMF 함량과 비교하여 Hunter' b 값(yellowness)이 유사한 경향을 보였다.

시판 중인 조제 분유는 국내 제품이 외국 제품에 비해 다소 수분과 단백질 함량이 높았다. 그 품질 면에서는 유청 단백질의 변성 정도를 나타내는 RSH 함량이 외국 제품에 비해 높았고 갈변화 정도를 나타내는 HMF 함량은 많게는 2배 이상이었으며 가용 라이신 함량은 국내 제품이 외국 제품보다 낮았다.

Table 3. Hunter L, a, b values of commercial infant formulas

	Infant formulas			
	A	B	C	D
L	91.93±0.93	90.88±0.64	90.89±0.76	91.91±0.13
a	-4.94±0.12	-5.35±0.02	-3.77±0.05	-5.00±0.03
b	18.48±0.23	20.66±0.07	15.18±0.12	23.32±0.05

L(+/-) : brightness(white/black); a(+/-) : redness(red/green); b(+/-) : yellowness(yellow/blue)

참고문헌

1. Heinig, M. J. and Dewey, K. G. : Health advantages of breast feeding for infants. a critical review. *Nutr. Res. Rev.*, 9, 89 (1996).
2. Baldwin, A. J. and Ackland, J. D. : Effect of preheat treatment and storage on the properties of whole milk powder. Changes in physical and chemical properties. *Neth. Milk Dairy J.*, 45, 169 (1991).
3. Guo, M. R., Hendricks, G. M. and Kindstedt, P. S. : Component distribution and interactions in powdered infant formula. *Int. Dairy J.*, 8, 333 (1998).
4. Kessler, H. G. : *Food Engineering and Dairy Technology*. Pub. Housing Verlag A. Kessler., Germany (1981).
5. Wong, N. P. : *Fundamentals of Dairy Chemistry*, 3rd ed, Van Nostrand Reinhold Co. New York (1988).
6. 농림부 축산국 축산 경영과 : http://www.maf.go.kr/intro/organ_07.asp#02
7. A.O.A.C. : *Official method of analysis* 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1990).
8. James, C. S. : *Analytical Chemistry of Foods*. Blackie Academic and Professional. p.130 (1995).
9. Laemmli, U. K. : Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227, 680 (1970).
10. Anema, S. G. and Lloyd, R. J. : Analysis of whey protein denaturation : a comparative study of alternative methods. *Milchwiss.*, 54, 206 (1999).
11. Keeney, M. and Bassette, R. : Defection of intermediate compounds in the early stages of browning reaction in milk products. *J. Dairy Sci.*, 42, 945 (1959).
12. Vigo, M. S., Malec, L. S., Gomez, R. G. and Llosa, R. A. : Spectrophotometric assay using *o*-phthaldehyde for determination of reactive lysine in dairy products. *Food Chem.*, 44, 363 (1992).
13. 김현옥의 다수 : 유가공학 - 기초공정 · 유제품제조 - 선진문화사, 서울 (1999).
14. Jost, R., Maire, J. C., Maynard, F. and Secretin, M. C. : Aspects of whey protein usage in infant nutrition, a brief review. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 34, p.533 (1999).
15. Albala-Hurtado, S., Veciana-Nogues, M. T., Marine-Font, A. and Vidal-Carou, M. C. : Changes in furfural compounds during storage of infant milks. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 2998 (1998).
16. Hartman, H. T. and Suanson, A. M. : Changes in mixtures of whey protein and κ -casein due to heat treatments. *J. Dairy Sci.*, 48, 1161 (1965).
17. 이용규, 김용성, 홍윤호 : 열처리 방법에 따른 우유의 이화학적 변화에 관한 연구. 전남대학교 논문집<농,수산편>, 45 (1984).
18. Dannenberg, F. and Kessler, H. G. : Reaction kinetics of the denaturation of whey proteins in Milk. *J. Food Sci.*, 53(1), 258 (1988).
19. 이또 타카토시 : 우유의 단백질 및 칼슘에 대한 가열의 영향. 유가공연구, 6, 106 (1989).
20. Aboshama, K. and Hansen, A. P. : Effect of ultra high temperature steam injection processing on sulfur containing amino acids in milk. *J. Dairy Sci.*, 60, 1374 (1977).
21. Klostermeyer, H. : Hitzeinduzierte Veranderungen von Milchnhaltsstoffen. *Milch-wirt. Berichte*, 86, 17 (1986).
22. 박영희, 홍윤호 : 조제 분유의 열처리 정도 비교. 한국식품과학회지, 23(5), 627 (1991).
23. Albala-Hurtado, S., Veciana-Nogues, M. T., Izquierdo-Pulido, M. and Vidal-Carou, M. C. : Determination of free and total furfural compounds in infant milk formulas by high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 2128 (1997).
24. Albala-Hurtado, S., Bover-Cid, S., Izqui-

- erdo-Pulido, M., Veciana-Nogues, M. and Vidal-Carou, M. C. : Determination of available lysine in infant milks by high-performance liquid chromatography. *J. Chromat. A.*, 778, 235 (1997).
25. 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).
26. Caric, M., Gavarić, D. and Milanović, S. : In *Challenges to contemporary dairy analytical techniques*, RSC, London. 303 (1984).
27. Kiesecker, F. G. and Clarke, P. T. : The effect of storage on the properties of non-milk powders. *Aust. J. Dairy Technol.*, 39, 74 (1984).
28. Burton, H. : Review 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 (1984).
29. Tomarelli, R. M., Yuhas, R. J., Fisher, A. and Weaber, J. R. : An HPLC method for the determination of reactive(available) lysine in milk and infant formulas. *J. Agric. Food Chem.*, 33(2), 316 (1985).
30. Evangelisti, F., Calcagno, C. and Zunin, P. : Changes induced by Maillard reaction in milk formulas. *Riv. Soc. It. Sci. Alim.*, 22, 77 (1993).
31. Morales, F. J., Romero, C. and Jimenez-Perez, S. : Evaluation of heat-induced changes in Spanish commercial milk : hydroxymethylfurfural and available lysine content. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 31, 411 (1996).
32. Stapelfeldt, H., Nielsen, B. R. and Skibsted, L. H. : Effect of heat treatment, water activity and storage temperature on the oxidative stability of whole milk powder. *Int. Dairy Journal.*, 7, 331 (1997).

(2000년 11월 21일 접수)