

난백분말과 카제인을 이용한 요구르트의 제조

고영태 · 이은주

덕성여자대학교 식품영양학과

The Preparation of Yogurt from Egg White Powder and Casein

Young-Tae Ko and Eun-Ju Lee

Department of Foods and Nutrition, Duksung Women's University

Abstract

Gel-type yogurt was prepared from egg white powder (EWP), casein and glucose. The effects of EWP on acid production and growth of *Lactobacillus* were studied. The effects of EWP on sensory properties and volatile aroma compounds were also studied. Acid production by *Lactobacillus* in EWP (1-3%, W/V) was significantly lower than that by *Lactobacillus* in milk (control). However, the increase of EWP content from 1 to 3% increased acid production significantly. Number of viable cells of *L. acidophilus* at 24 hrs in milk and EWP containing samples (1-3%) was $3.1 \times 10^7/ml$ and $8.3 \times 10^7-3.6 \times 10^8/ml$, respectively. Sample containing lower amount of EWP generally showed lower number of viable cells. Sensory property of EWP samples (1-3%) was significantly lower than that of milk yogurt (reference). However, sensory property of samples containing EWP 2% or 3% was significantly better than that of sample containing EWP 1%. Though the composition of volatile aroma compounds was slightly different from sample to sample, gas chromatographic analysis detected acetone, ethanol, diacetyl and acetoin in samples fermented by *L. acidophilus*.

Key words: yogurt, egg white, casein, *Lactobacillus*

서 론

우리나라의 1994년 발효유 생산량은 524,000톤으로 유제품 가운데 시유 다음으로 높은 생산 실적을 보였으며, 1994년 발효유 매출액은 5500억원에 달하였다⁽¹⁾. 그리고 1980년대 초부터는 종래의 액상요구르트보다 고형분 함량과 젖산균수가 많은 호상요구르트(농후발효유)가 시판되기 시작하였는데 최근 식생활 수준의 고급화에 따라 그 소비가 크게 증가하였다.

호상요구르트의 부드럽고 매끄러운 젤(gel)상의 조직은 우유의 주요 단백질인 카제인이 젖산에 의해서 응고되는 것을 이용한 것이다. 젖산균이 생성한 산에 의하여 우유가 응고하는데, pH 5.2-5.3에서 응고가 시작하여, pH 4.6-4.7에서 응고가 완료되며 이 시점에서 카제인에 결합된 염류가 떨어져 나간다⁽²⁾. 요구르트의 젤을 이루는 응고된 단백질은 카제인과 변성된 유청단백질의 공동 침전물이라고 할 수 있으며, 남아 있는 유청에는 응고되지 않은 proteose-peptone 부분, 비단백성

질소 화합물과 그 외의 수용성 성분이 들어 있다⁽³⁾.

난백은 우유보다 가격이 저렴하고, 성분이나 영양분이 우유와 차이가 있고 가열과 산에 의한 응고성이 있으므로 난백 요구르트 제조에 필요한 첨가물과 제조 공정의 복잡성을 해결할 수만 있다면, 요구르트의 새로운 소재로서 연구 대상이 될 가치가 충분히 있다고 생각된다. 또한 종래의 요구르트는 유지방분을 함유하고 있으나, 본 연구에서 시도하고자 하는 난백 요구르트는 지방을 함유하지 않으므로 이미 시판되고 있는 탈지요구르트와 함께 무지방 요구르트(non-fat yogurt)로서 새로운 기능성 식품이 될 수 있다.

본 연구의 목적은 요구르트의 제조 원료로서는 새로운 소재라고 할 수 있는 난백분말에 카제인과 당을 혼합하여 젖산균의 생육과 산생성 및 요구르트의 품질에 미치는 영향을 조사하는 것이다.

본 연구와 관련된 문헌을 살펴보면, 난백을 이용한 요구르트 유사 제품의 제조⁽⁴⁾, 젖산균에 의한 卵의 발효에 관한 연구^(4,5), 잣과 生卵白을 이용한 크림버터와 치즈의 제조⁽⁶⁾, 우유와 난백분말을 이용한 요구르트의 제조^(7,8) 등이 있다. 이상의 문헌을 자세히 검토하여 보면, 달걀 또는 난백을 이용하여 요구르트를 만들고 여

Corresponding author: Young-Tae Ko, Department of Foods & Nutrition, Duksung Women's University, Ssangmun-dong, Dobong-ku, Seoul 132-714, Korea

기에서 젖산균의 생육과 산생성, 관능성, 향기 성분 등을 체계적으로 조사한 연구는 아직 발표된 바가 없다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 "난백분말을 이용한 요구르트의 제조에 관한 연구"의 일부로서 난백분말과 카제인에 포도당을 첨가하여 만든 기질을 젖산균(*Lactobacillus*)으로 발효하여 호상의 요구르트를 만든 후, 난백분말이 젖산균의 생육과 산생성 및 요구르트의 품질(관능성, 휘발성 향기 성분)에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

요구르트 제조의 원료로 매일 우유(평택군 진위면 소재 중부공장)의 시유(전지우유), 난백분말(Sigma Chemical Co., USA), casein sodium(화학용, Wako Pure Chemical Co., Japan), 포도당(1급, Yakuri Pure Chemical Co., Japan)을 사용하였다. 휘발성 향기성분 분석의 표준물질로는 acetone(특급, Junsei Chemical Co., Japan), ethanol(GC용, 99.8%, Merck Co., F.R. Germany), diacetyl(특급, Tokyo Kasei Co., Japan), *n*-propanol(특급, Junsei Chemical Co., Japan), butanol(특급, Junsei Chemical Co., Japan) 및 acetoin(GC용, 98%, Fluka Chemie, Switzerland)을 사용하였다.

사용균주

Lactobacillus acidophilus (KCTC 2182), *L. casei* (IFO 3425), *L. delbruekii* (IFO 3202)의 3종의 균주를 선택하여 사용하였으며 젖산균의 보존용 배지로는 MRS 한천배지(Difco Lab., USA)를 사용하였다.

요구르트의 제조

우유를 그대로 기질로 사용하거나(대조군으로 함), 난백분말 1, 2, 3%(W/V)와 카제인 3%(W/V)를 살균된 증류수에 넣어 가열교반기(Corning Model PC-320, USA)로 완전히 용해시킨 후 포도당 2%(W/V)를 첨가하여 요구르트의 기질로 사용하였다. 준비된 기질은 60°C로 고정된 수조에서 20분간 가열 처리한 후 40°C로 식히고 MRS 액체배지에서 24시간 배양한 젖산균 배양액을 3%(W/V)의 비율로 접종하여 40°C의 항온기에서 일정시간 배양하였다.

젖산균의 생육과 산생성량 측정

요구르트에서 젖산균의 생육과 산생성을 조사하기 위

해서 발효가 완료된 요구르트로부터 시료를 일정량 취하여 생균수, 적정산도, pH를 측정하였다. 측정방법은 고⁽⁹⁾의 방법과 같다.

요구르트의 관능성 검사

시료의 발효 시간은 요구르트의 커드 상태, 酸味, 액체(상징액)의 분리 상태 등을 고려하여 16.5시간으로 하였다. 시료는 50 ml의 종이컵에 30 ml씩 넣은 후 parafilm (American National Can, USA)으로 덮은 후 *L. acidophilus*로 발효시켰다. 발효가 완료된 요구르트를 냉장고에서 1일 방냉한 후 검사원에게 제공하였다. 관능검사방법은 多重比較試驗에 준하였으며⁽¹⁰⁾, 8명의 검사원을 예비실험을 통해 미리 훈련시킨 후 3일간 3회에 걸쳐 검사를 실시하였다. 표준시료로는 우유를 *L. acidophilus*로 16.5시간 발효시켜 만든 호상요구르트를 사용하였다.

요구르트의 휘발성 향기 성분 분석

요구르트의 휘발성 향기 성분은 김과 고⁽¹¹⁾, 박⁽¹²⁾, 영인과학 GC workshop 교재집⁽¹³⁾을 참고로 하여 다음과 같이 분석하였다.

50 ml의 시료를 100 ml의 삼각플라스크에 넣고 50 g의 Na₂SO₄와 내부표준물질로 *n*-propanol을 50 ppm 가하여 rubber septum (24 mm, Sigma Chemical Co., USA)으로 밀봉한 후 50-55°C의 수조에서 20분간 교반하였다. 발생한 headspace gas를 5 ml gas tight syringe (Hamilton Co., USA)로 1 ml 취하여 HP 5890 SeriesII gas chromatograph (Hewlett Packard Co., USA)로 분석하였다. 표준 물질을 사용하여 머무름시간(retention time)을 비교하여 피크를 확인하고 integrator (HP 3396 B)로 계산된 표준시료와 시료의 피크면적을 비교하여 정량하였다. 표준시료는 lactic acid로 pH를 4.00으로 조정한 우유 50 ml에 50 g의 Na₂SO₄를 첨가하고 여기에 표준물질인 acetone, ethanol, diacetyl, butanol, acetoin을 각각 50 ppm 첨가하고 내부표준물질로 *n*-propanol을 넣은 후 rubber septum으로 밀봉한 후 50-55°C의 수조에서 20분간 교반하였다. 표준시료로부터 발생한 headspace gas를 1 ml 주입시켜 얻어진 피크의 면적과 시료의 피크면적을 비교하여 계산하고, 여기에 표준시료 중의 *n*-propanol의 면적과 시료 중의 *n*-propanol의 면적비인 회수율의 역수를 곱하여 정량하였다. 실험은 3회 이상 반복 실시하고 매회 5회 이상 주입하였으며 gas chromatograph의 분석조건은 김과 고의 방법⁽¹¹⁾과 같다.

자료의 처리 및 분석

실험의 결과는 PC-STAT (Universty of Georgia, USA) software⁽⁴⁾를 사용하여 분산분석(ANOVA)과 최소유의차 검정으로 통계처리하였다.

결과 및 고찰

젖산균의 산생성과 생육

포도당의 첨가 효과: 우유 시료를 대조군으로 하고, 난백분말 1, 2, 3%(W/V)와 카제인 3%(W/V)기질에 포도당을 각각 0.5, 1, 2%(W/V)첨가하고 *L. acidophilus* (KCTC 2182)로 24시간 발효한 후, 우유 시료(대조군)와 산생성을 비교 관찰한 결과는 Table 1과 같다. Table 1에서 적정 산도는 24시간 발효 후에 측정된 산도에서 점종 직후의 산도를 뺀 수치이다.

난백분말 1%의 경우 우유 시료(대조군) 0.948%에 비교하여 포도당 첨가 시료(0.5%)의 산생성은 0.414%로 유의적으로 낮았으며(p < 0.05), 포도당 첨가 시료(0.5-2%)가운데는 현저한 차이를 보이지 않았다. 난백분말 2%의 경우 우유 시료에 비교하여 포도당 첨가 시료(0.5%)의 산생성은 유의적으로 낮았으나(p < 0.05), 포도당 1, 2% 첨가 시료의 산생성은 0.5%의 경우보다 높았으며, 이와 같은 경향은 난백분말 3%의 경우도 거의 동일하였다. 한편 pH는 우유 시료에 비하여 포도당 0.5% 시료는 유사하거나 다소 높고, 포도당 1, 2% 시료는 다소 낮았다.

이상의 결과를 종합하여 보면 난백분말 1-3%(W/V)와 카제인 3%(W/V)에 포도당 0.5-2%(W/V)를 첨가하여 만든 시료에서 젖산균의 산생성이 우유 시료(대조군)보다 낮음을 알 수 있다. 그 이유로는(i) 본 실험에서 사용한 젖산균(*L. acidophilus* KCTC 2182)은 원래 우유에서의 생육이 적합한 균주라는 점, (ii) 우유 시료

의 고형분이 대략 12.7%이므로⁽⁵⁾, 포도당 첨가 시료의 4.5-8%보다 높아서 젖산균이 이용할 수 있는 영양분이 많고 다양하다는 점 등을 들 수 있겠다.

*Lactobacillus*는 영양소의 생합성 능력이 제한되어 있어 종에 따라 차이가 있지만 일반적으로 아미노산, 펩타이드, 핵산유도체, 비타민, 염, 지방산, 당류 등의 영양소를 필요로 한다⁽⁶⁾. *L. acidophilus*의 경우 acetate(또는 mevalonic acid), riboflavin, calcium pantothenate, niacin, folic acid 등을 필요로 한다고 알려져 있다⁽⁶⁾. 따라서 우유와 같이 젖산균의 생육에 필요한 다양한 영양소를 함유한 기질에 비하여 난백과 카제인은 단백질로서는 높은 영양가를 지니고 있으나 젖산균의 생육 기질로서는 우유보다는 부적합하므로 난백분말, 카제인, 포도당 혼합 시료에서 젖산균의 산생성이 저조했다고 생각된다.

우유 시료의 산도가 높음에도 불구하고 난백분말 시료와 pH가 같거나 높은 이유는 우유에 함유된 인산염, 구연산염 등의 pH 완충작용에 기인하는 것이라고 생각된다⁽⁷⁾.

요구르트의 물리적인 특성과 관능성: Table 2는 우유 시료를 대조군으로 하고 *L. acidophilus*로 24시간 발효시켜 만든 요구르트의 물리적인 특성과 관능성을 관찰한 것이다.

젤의 형태는 우유 요구르트와 비교하여 난백분말 1%시료는 다소 부드럽고 3%시료는 다소 단단하였으며, 액체(상징액)의 분리는 난백분말 농도와 포도당 농도가 증가할수록 감소하였다. 조직감은 우유 시료를 5.0으로 했을 때 난백분말 시료는 4.0-4.5로 다소 낮았으며, 냄새는 모든 시료가 요구르트 발효취 이외의異味를 내지 않았다. 한편 酸味는 난백분말 시료가 4-4.5로 다소 낮았다.

우유 시료(대조군)보다 고형분 함량이 낮고 산생성

Table 1. Effect of glucose on acid production by *L. acidophilus* in milk or mixture of EWP¹⁾ and casein

		Milk (Control) ²⁾	EWP 1%	EWP 2%	EWP 3%
Titratable acidity (%) ³⁾	Glucose				
	0.5%	0.948 ^a ± 0.026	0.414 ^b ± 0.016	0.416 ^b ± 0.015	0.394 ^b ± 0.031
	1%	0.948 ^a ± 0.026	0.450 ^d ± 0	0.557 ^c ± 0.009	0.604 ^c ± 0.018
	2%	0.948 ^a ± 0.026	0.414 ^d ± 0.020	0.542 ^c ± 0.010	0.634 ^c ± 0.045
pH ⁴⁾	0.5%	4.00	3.95	4.06	4.15
	1%	4.00	3.84	3.87	3.89
	2%	4.00	3.91	3.89	3.88

¹⁾EWP: egg white powder

²⁾Control sample(milk) did not contain glucose

³⁾% Titratable acidity as lactic acid; Values reported represent the difference between titratable acidity of an incubated sample and that of an identically treated, but unincubated sample; Mean values and standard deviations of six or more replications; Any two means in a row not followed by the same letter are significantly different at the 5% level

⁴⁾Mean values of six or more replications

Table 2. Comparison of physical and sensory properties of yogurt prepared from milk or mixture of EWP, casein and glucose¹⁾

		Gel form	Liquid separation ²⁾	Texture ³⁾	Odor	Acid taste ⁴⁾
	Milk (Control)	Normal	None	5.0	Normal	5.0
EWP 1%	Glu 0.5%	Slightly soft	++~+++	4.0	Normal	4.0
	1%	Slightly soft	++~+++	4.0	Normal	4.0
	2%	Slightly soft	++~+++	4.0	Normal	4.0
EWP 2%	0.5%	Normal	+++	4.5	Normal	4.0
	1%	Normal	+	4.5	Normal	4.5
	2%	Normal	+	4.5	Normal	4.5
EWP 3%	0.5%	Slightly hard	+	4.0	Normal	4.0
	1%	Slightly hard	~--	4.0	Normal	4.5
	2%	Slightly hard	None	4.0	Normal	4.5

¹⁾Samples were prepared from yogurt fermented with *L. acidophilus* for 24hr

²⁾Liquid separation : + slight, ++ moderate, +++ much

³⁾Texture : 9.0 extremely better, 5.0 equal to control, 1.0 extremely inferior

⁴⁾Acid taste : 9.0 extremely strong, 5.0 equal to control, 1.0 extremely weak

이 낮음에도 불구하고 난백분말 2%, 3% 시료의 젤이 대조군과 같거나 오히려 단단한 이유는 가열과 젖산에 의한 난백단백질의 응고에 의한 것으로 생각되며¹⁸⁾, 난백분말 시료의 액체의 분리가 높은 것은 일반적으로 고형분 함량이 낮기 때문이며, 같은 농도의 난백분말 시료 가운데 포도당 농도가 낮은 것이 액체의 분리가 높은 이유는 낮은 산도로 인하여 단백질의 변성 정도가 낮고 이에 따라 단백질의 保水性도 저하했기 때문이라고 추정된다. 난백분말 시료의 조직감이 다소 저조한 이유는 우유 시료에 비하여 젤의 매끄러움(smoothness)이 다소 떨어지는 점, 난백분말에 의한 거품의 생성, 액체의 존재 등에 의한 것이다. 산미는 젖산균의 산생성량과 대체로 비례하여 증가하였으나, 난백분말 시료의 낮은 산도에도 불구하고 산미가 대조군과 큰 차이가 없었다.

이상의 결과(Table 1, 2)로부터 난백분말 요구르트의 제조에서는 포도당의 첨가 농도는 0.5%나 1%보다 2%가 적합한 것으로 판단되어, 이후의 모든 실험에서는 포도당의 첨가 농도를 2%(W/V)로 하고 실험을 실시하였다.

젖산균의 산생성과 생육: Table 3은 우유 시료를 대조군으로 하고 난백분말 2%(W/V)와 카제인 3%(W/V)에 2%(W/V)의 포도당을 첨가한 시료를 *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. delbrueckii*로 24시간 발효시킨 후 산생성과 생균수를 관찰한 것이다.

*L. acidophilus*의 경우 산도는 대조군인 우유 시료가 0.927%인데 비하여 난백분말 1-3% 시료는 0.387-0.585% 로 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$), 난백분말

시료 가운데는 3%, 2%, 1%의 순으로 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). pH는 우유 시료가 난백분말 시료보다 다소 높았다. 이와 같은 결과는 Table 1의 결과와 그 경향이 유사한 것이다. 한편 생균수는 우유 시료가 3.1×10^7 /ml인데 비하여 난백분말 시료의 생균수는 8.3×10^7 - 3.6×10^8 /ml로 현저하게 낮았으며 대체적으로 낮은 난백분말 시료에서 낮은 생균수를 나타냈다.

*L. casei*와 *L. delbrueckii*로 발효시킨 시료의 산도와 pH도 *L. acidophilus*의 경우와 대체로 유사한 경향을 보였으며, 이들의 생균수도 대조군보다 현저하게 낮고 대체적으로 낮은 난백분말 시료에서 낮은 생균수를 나타냈다.

이상의 결과로부터, (i) 우유 시료는 높은 생균수로 인하여 산생성이 높았으며, 난백분말 시료는 낮은 생균수로 인하여 산생성이 낮다는 점과 (ii) 난백분말 농도를 증가시키기에 따라 젖산균의 생육과 산생성이 완만하게 증가되는 경향을 보이므로 난백분말 안에 젖산균의 발육촉진물질이 함유되어 있다는 사실이 시사되었다.

난백은 단백질을 주성분으로 하는 점성물질로서 대략 수분 88%, 단백질 10.1%, 탄수화물 1.23%, 회분 0.56%, 소량의 지질과 미량의 비타민(thiamin, riboflavin, niacin, pantothenate 등)이 함유되어 있다¹⁹⁾. 이 가운데서 비타민과 같은 성분이 젖산균의 생육과 산생성을 촉진시켰을 가능성이 있으나, 젖산균의 영양요구가 다양하고 난백에 함유된 성분도 다양하여 본 실험의 결과만으로는 난백 중의 어떤 성분이 젖산균의 발육촉진물질인가는 알 수 없으며, 이 부분에 대

Table 3. Acid production and growth of lactic acid bacteria in milk or mixture of EWP, casein and glucose¹⁾

	Culture ²⁾	Milk (Control)	EWP 1%	EWP 2%	EWP 3%
Titratable acidity (%) ³⁾	LA	0.927 ^a ± 0.011	0.387 ^d ± 0.015	0.506 ^c ± 0.010	0.585 ^b ± 0.007
	LC	0.699 ^a ± 0.009	0.300 ^d ± 0.009	0.422 ^c ± 0.014	0.469 ^b ± 0.009
	LD	0.799 ^a ± 0.025	0.289 ^d ± 0.014	0.401 ^c ± 0.010	0.478 ^b ± 0.009
pH ⁴⁾	LA	4.02	3.93	3.93	3.97
	LC	4.26	4.05	4.04	4.07
	LD	4.15	4.07	4.04	4.11
Viable cell count (CFU/ml) ⁵⁾	LA	3.1 × 10 ⁶	8.3 × 10 ⁷	2.0 × 10 ⁸	3.6 × 10 ⁸
	LC	2.3 × 10 ⁶	2.4 × 10 ⁷	1.8 × 10 ⁸	1.3 × 10 ⁸
	LD	2.2 × 10 ⁶	1.4 × 10 ⁸	2.7 × 10 ⁸	4.6 × 10 ⁸

¹⁾Sample was prepared from yogurt fermented for 24hr

²⁾Culture: LA-*L. acidophilus*, LC-*L. casei*, LD-*L. delbrueckii*

^{3),4)} See footnote in Table 1

⁵⁾Mean values of four or more replications

하여는 앞으로 보다 상세한 연구가 필요하다고 생각된다.

요구르트의 관능성

우유요구르트를 표준시료(Reference)로 하고, 카제인 3%(W/V)와 포도당 2%(W/V)에 난백분말 1, 2, 3% (W/V)를 각각 첨가하고 *L. acidophilus*로 16.5시간 발효시켜 만든 호상요구르트를 시료로 하여 실시한 관능 검사의 결과는 Table 4와 같다.

전반적인 기호도(overall acceptability)는 우유 요구르트보다 난백분말 요구르트가 유의적으로 낮았으며 (p < 0.05), 난백분말 요구르트 가운데는 2%와 3% 시료는 표준시료와 비교하여 큰 차이가 없었으나 1% 시료는 현저한 차이를 보였다. 맛(taste)의 경우도 전반적인 기호도와 유사한 경향을 보였으며, 냄새(odor)의 경우는 표준시료보다 난백분말 시료가 다소 저조하였다. 한편 조직감(texture)은 전반적인 기호도와 경향이 대체적으로 유사하여 표준시료보다 난백분말 시료가 저조하고, 난백분말 시료 가운데는 1%가 가장 점수가 낮았다.

표준시료와 비교하여 난백분말 시료는 액체의 분리가 상대적으로 높으며, 젤이 다소 부드러워 부서지기 쉽고 난백분말에 의한 거품(foam)의 생성으로 전반적인 기호도가 다소 저조하였으나, 젤의 조직감(texture)은 난백분말의 존재로 인하여 대체로 매끄럽고 윤기가 있었다. 난백분말 시료의 냄새(odor)의 경우 점수가 다소 낮은 것은 젖산균의 생육이 저조하여 요구르트 특유의 발효취가 낮았기 때문이라 생각된다. 난백분말 시료의 맛(taste)의 경우는 산미는 표준시료보다 낮았으나 포도당의 감미와 젖산의 산미가 적절한 조화를 이루어 2%와 3% 시료의 점수는 표준시료와 큰 차

Table 4. Effect of EWP concentration on sensory properties of yogurt prepared from mixture of EWP, casein and glucose¹⁾

	Milk (Reference) ²⁾	Concentration of EWP		
		1%	2%	3%
Overall acceptability	5.00 ^a	3.96 ^a ± 0.33	4.73 ^b ± 0.44	4.71 ^b ± 0.41
Taste	5.00 ^a	3.96 ^a ± 0.33	4.71 ^b ± 0.44	4.73 ^b ± 0.39
Odor	5.00 ^a	4.90 ^{a*} ± 0.36	4.83 ^a ± 0.28	4.85 ^{a*} ± 0.28
Texture	5.00 ^a	4.17 ^a ± 0.32	4.71 ^b ± 0.36	4.56 ^b ± 0.37

¹⁾Sample was prepared from curd yogurt fermented with *L. acidophilus* for 16.5hr; Any two means in a row not followed by the same letter are significantly different at the 5% level; The scores were assigned numerical values 1 to 9 with "no difference between sample and reference" equaling 5, "extremely better than reference" equaling 9 and "extremely inferior to reference" equaling 1

²⁾Reference : Gel-type yogurt prepared from milk fermented with *L. acidophilus* for 16.5 hr

이가 없었다. 전체적으로 볼 때 본 실험에서 사용된 시료의 관능성, 즉 전반적인 기호도(overall acceptability)는 맛(taste)의 영향을 가장 크게 받는 것으로 나타났다.

표준시료의 높은 산도(0.927%, Table 3참조)에 비하여 난백분말 시료의 산도(0.387-0.585%, Table 3참조)가 매우 낮음에도 불구하고 이들 시료에서도 젤이 생성되고 특히 3% 시료의 경우는 젤의 경도가 표준시료와 거의 차이가 없었는데, 그 이유는 이들 시료에 가열과 산에 의하여 응고되기 쉬운 난백이 들어 있기 때문이라고 생각된다. 난백과 난황은 가열, 산 또는 알칼리의 첨가, γ선 조사 등의 처리를 받으면 유동성을 상실하고 응고하게 된다. 가열 속도에 따라 다소 차이가 있으나 난백은 60°C 전후에서 응고가 시작된다. 난백은 최초에는 젤(gel)상으로 되고 유동성이 소실되려면

Table 5. Composition of volatile aroma compounds in samples fermented with *L. acidophilus*¹⁾

	Acetone		Ethanol		Diacyetyl		Butanol		Acetoin	
	0 hr	24 hr	0 hr	24 hr	0 hr	24 hr	0 hr	24 hr	0 hr	24 hr
Milk (control)	4.039±0.216	2.833±1.108	1.385±0.113	12.063±2.864	- ²⁾	2.711±0.652	3.689±0.212	3.014±1.087	-	77.421±12.910
EWP 1%	0.296±0.023	0.414±0.093	-	3.767±0.550	-	1.832±0.188	3.971±0.398	3.684±0.792	-	-
EWP 2%	0.308±0.038	0.516±0.063	-	3.784±0.510	-	1.845±0.170	3.902±0.448	3.719±0.466	-	-
EWP 3%	0.399±0.057	0.520±0.059	-	3.805±0.566	-	1.714±0.067	4.030±0.756	3.792±0.939	-	-

¹⁾0 hr sample was prepared from substrate inoculated with *L. acidophilus*; 24 hr sample was prepared from yogurt fermented with *L. acidophilus* for 24 hr; Mean values and standard deviations of ten or more replications

²⁾ -: Trace

80°C 이상의 온도가 필요하다⁽¹⁸⁾. 본 실험에서 사용된 난백분말(Sigma Chemical Co., USA)은 제조회사에서 분무건조에 의하여 제조된 것이며, 본 실험에서도 시료 준비 과정에 60°C, 20분간 가열처리하였다. 따라서 젖산균의 발효에 앞서 분무건조에 의한 가열과 60°C, 20분간 가열처리를 받은 것이다. 이와 같은 가열처리와 발효과정에 생성된 젖산에 의하여 난백분말 시료의 젤이 형성되었다고 생각된다. 한편 난백분말 시료 가운데 1% 시료의 젤은 2%와 3% 시료보다 현저하게 부드러웠는데 그 이유는 이 시료의 고흡분(난백분말) 함량이 낮고, 산도가 다른 시료보다 현저히 낮기 때문이라 생각된다.

요구르트의 휘발성 향기 성분

Table 5는 *L. acidophilus*로 접종한 직후와 24시간 발효시킨 후의 호상요구르트의 휘발 성분을 분석한 결과이다.

우유 시료(대조군)의 경우 diacyetyl과 acetoin은 접종 직후에는 존재하지 않았으나 24시간 발효에 의해 생성되었으며, acetone과 butanol은 24시간 발효 후에 그 양이 감소하였고, ethanol의 양은 0시간보다 24시간 후에 증가하였다.

난백분말 시료의 경우는 acetoin은 생성되지 않았으며, ethanol과 diacyetyl은 접종 직후에는 존재하지 않았으나 24시간 발효에 의해 생성되었으며, acetone은 0시간보다 24시간 후에 다소 증가하고, butanol은 감소하였다.

우유 시료와 난백분말 시료 사이의 차이점은 우유 시료에 있어서 (i) acetone 함량이 발효 전과 후에 난백분말 시료보다 높으며, (ii) ethanol이 발효 전에 탐지되고 발효 후에도 현저하게 높으며 (iii) acetoin이 발효 후에 생성된 점이다. 난백분말 시료 사이에서는 (i) 3시료의 발효 전 acetone 함량이 큰 차이가 없고 발효 후에

는 이들이 다소 증가하였으며 (ii) 발효 후의 diacyetyl과 ethanol 함량도 3시료 사이에 큰 차이가 없었다.

Acetone은 우유와 MRS broth에서 유래된 것이므로⁽²¹⁾, 우유 0시간 시료가 난백분말 시료보다 높은 것이며 우유 0시간 시료 4.039 ppm이 24시간 발효 후에 2.833 ppm으로 감소한 것은 발효중에 일부가 휘발된 것으로 생각된다. 난백분말 시료의 acetone 함량이 발효 후에 다소 증가한 것은 이 경우에는 젖산균 발효에 의해서도 acetone이 소량 생성된 것을 의미한다. 우유 시료와 난백분말 시료는 성분이 다르므로 acetone의 생성량이 다를 뿐만 아니라, 형성된 젤의 구조도 다르기 때문에 발효 도중에 acetone의 휘발되는 정도도 다를 것으로 설명된다.

Ethanol은 일부는 우유에서 유래되었으나⁽²¹⁾, 대부분이 발효에 의하여 생성된 것이므로 우유 시료는 0시간에 1.385 ppm이 존재하였으나 난백분말 시료에는 0시간에 나타나지 않았고, 또한 난백분말 시료에서는 젖산균의 생육이 낮으므로 24시간 시료의 함량이 우유 시료 24시간보다 낮은 것으로 설명된다.

Diacyetyl은 발효에 의해서만 생성되므로 모든 시료에서 발효 후에만 나타났으며, 이 경우에도 젖산균의 생육이 낮은 난백분말 시료에서는 우유 시료보다 다소 낮게 나타난 것으로 설명된다.

Butanol은 MRS broth에서 유래된 것이므로⁽²¹⁾, 24시간 발효 과정에서 일부 휘발되어 발효 후에 함량이 감소된 것이며, acetoin은 우유에 함유된 구연산(0.07-0.4% 범위)에서 만들어지므로⁽²²⁾, 우유가 들어 있지 않은 난백분말 시료에서는 나타나지 않은 것으로 설명된다.

Fig. 1은 난백분말 2% 시료의 0시간 chromatogram으로 4개의 피크가 나타났는데 이 가운데서 성분이 확인된 피크는 2번(acetone), 3번(n-propanol)과 4번(butanol)이며, 1번(1.850 min)은 성분이 확인되지 않았

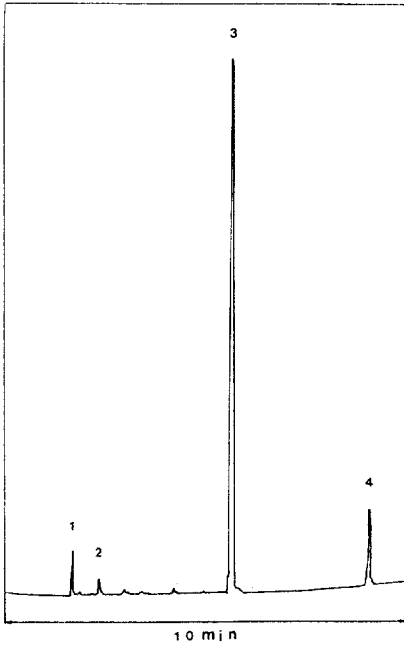


Fig. 1. GC chromatogram of volatile aroma compounds in 0 hr sample prepared from mixture of EWP, casein and glucose 2. acetone; 3. n-propanol; 4. butanol

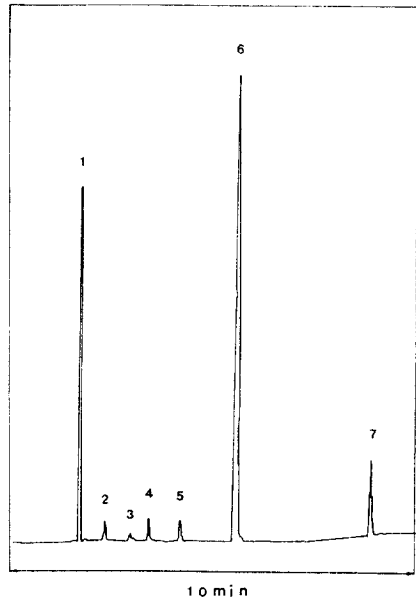


Fig. 2. GC chromatogram of volatile aroma compounds in 24 hr sample prepared from mixture of EWP, casein and glucose 2. acetone; 4. ethanol; 5. diacetyl; 6. n-propanol; 7. butanol

다. Fig. 2는 동일한 시료의 24시간 chromatogram으로 7개의 피크가 나타났는데, 이 가운데서 성분이 확인된 것은 2번(acetone), 4번(ethanol), 5번(diacetyl), 6번(n-propanol) 및 7번(butanol)이며, 1번(1.838 min)과 3번(3.215 min)은 성분이 확인되지 않았다. 0시간 시료와 24시간 시료의 chromatogram을 비교해 보면, 0시간에는 나타나지 않았던 ethanol과 diacetyl 피크가 24시간에 나타났다.

본 실험에서 사용된 *L. acidophilus* (KCTC 2182)는 시료에 따라서 다소 차이가 있으나 발효 과정에 acetone, ethanol, diacetyl, acetoin을 생성하였으며, 이 가운데서 diacetyl은 낮은 농도로 존재하지만 요구르트의 주요한 휘발성 향기 성분으로 알려져 있고, acetoin은 양적으로는 diacetyl보다 현저하게 높으나 요구르트의 향기에 diacetyl만큼 기여하지는 않으며, ethanol도 요구르트의 향기에 그다지 중요하지는 않은 것으로 알려져 있다⁽²³⁾. 본 실험에서 시료에 따라 원래 존재하거나, 또는 발효 도중에 소량 생성된 acetone은 요구르트의 전반적인 향기에 다소 기여하지만, MRS broth에서 유래된 butanol은 요구르트의 향기에 도움이 되지 않는 것으로 알려져 있다⁽²³⁾. Acetaldehyde, 휘발성 지방산, 2-butanone도 요구르트의 향기에 기여한다고 알려져 있으나⁽²³⁾, 본 실험에서는 확인되지 않았다.

문헌⁽²³⁻²⁵⁾에 보고된 요구르트의 휘발성 향기성분의 패턴과 *L. acidophilus* (KCTC 2182)를 사용하여 얻어진 본 연구의 결과는 대체로 유사한 경향을 보였으며, 다소 차이가 있는 이유는 젖산균 중에서도 종(species) 또는菌株(strain)에 따라 생성대사산물에 차이가 있으며⁽²⁶⁾, 젖산균의 발효 기질이 다르다는 점(우유 시료; 난백, 카제인, 포도당 혼합 시료), 뿐만 아니라 휘발성분의 채취 및 분석 방법에도 문헌의 방법과는 차이가 있기 때문이라고 생각된다.

요 약

본 연구에서는 난백분말과 카제인에 포도당을 첨가하여 만든 기질을 젖산균(*Lactobacillus*)으로 발효하여 호香的 요구르트를 만든 후, 난백분말이 젖산균의 생육과 산생성 및 요구르트의 품질(관능성, 휘발성 향기 성분)에 미치는 영향을 조사하였다. *L. acidophilus*로 24시간 발효된 시료의 경우, 산도는 우유 시료(대조군)에 비하여 난백분말 1-3% 시료는 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$), 난백분말 시료 가운데는 난백분말의 농도를 1%에서 3%로 증가시키에 따라 산생성이 증가하였다. 생균수는 우유 시료가 $3.1 \times 10^9/ml$ 인데 비하여 난백분말 시료는 $8.3 \times 10^7 - 3.6 \times 10^8/ml$ 으로 현저하게

낮았으며 대체적으로 낮은 농도의 난백분말이 첨가된 시료에서 낮은 생균수를 나타냈다. *L. acidophilus*로 16.5시간 발효시켜 만든 호상요구르트의 관능성을 보면, 전반적인 기호도는 우유 요구르트(표준시료)보다 난백분말 요구르트가 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$), 난백분말 요구르트 가운데는 2%와 3% 시료는 표준시료와 비교하여 큰 차이가 없었으나 1% 시료는 현저하게 저조하였다. 본 실험에서 사용된 *L. acidophilus* (KCTC 2182)는 시료에 따라서 다소 차이가 있으나 발효 과정에 acetone, ethanol, diacetyl, acetoin을 생성하였다.

감사의 말

본 연구는 1995년도 덕성여자대학교 교내 연구비 지원에 의하여 이루어진 연구의 일부로 덕성여자대학교에 깊이 감사드립니다.

문헌

1. 한국유가공협회 편집부 : 유업통계, 우유. 통권 제60호, 58 (1995)
2. Rasic, J.L. and Kurmann, J.A.: *Yogurt*. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, p.68 (1978)
3. Lin, J. and Cunningham, F.E.: Preparation of a yogurt-like product containing egg white. *J. Food Sci.*, **49**, 1444 (1984)
4. 김창한, 하정옥, 김시관 : 유산균에 의한 궤의 발효에 관한 연구. 제 1보 : 발효란 중의 유산균수, 적정산도 및 pH 변화. 한국식품과학회지, **15**, 118 (1983)
5. 김창한, 하정옥, 김시관 : 유산균에 의한 궤의 발효에 관한 연구. 제 2보 : 발효란 중의 단백질 변화. 한국식품과학회지, **15**, 123(1983)
6. 강양진, 조현희 : 발효식품 제조법. 특허공보 제 303호 (1977)
7. 고영태 : 난백분말의 첨가가 호상요구르트에서 젖산균의 산생성과 요구르트의 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **27**, 458 (1995)
8. 고영태, 경현민 : 난백분말 첨가 우유에서 젖산균의 산생성, 요구르트의 관능성 및 휘발성 향기 성분의 경시

- 적인 변화. 한국식품과학회지, **27**, 612 (1995)
9. 고영태 : 두유에 첨가된 유제품이 젖산균의 산생성과 대두요구르트의 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **22**, 183 (1990)
10. Larmond, E.: *Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food*. Canada Department of Agriculture, Ottawa, p.31 (1977)
11. 김경희, 고영태 : 우유와 곡류를 이용한 요구르트의 휘발성 향기성분. 한국식품과학회지, **25**, 136(1993)
12. 박승국 : 향 연구란 무엇이며 어떻게 하는가? 식품과학과 산업, **24**(4), 88 (1991)
13. 영인과학 : GC Workshop 교재집. 영인과학, 서울 (1991)
14. University of Georgia : *PC-STAT*. University of Georgia, USA (1985)
15. Walstra, P. and Jenness, R.: *Dairy Chemistry and Physics*. John Wiley and Sons, New York, p.2 (1984)
16. Buchanan, R.E. and Gibbons, N.E.: *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 8th ed., The Williams and Willikins Co., Baltimore, p.576 (1974)
17. Walstra, P. and Jenness, R.: *Dairy Chemistry and Physics*. John Wiley and Sons, New York, p.194 (1984)
18. 안효일, 김형기, 이성갑, 양철영, 양종범, 윤원호 : 축산식품가공학. 세진사, 서울, p.335 (1990)
19. Zebik, M.E.: Eggs and egg products. In *Food Theory and Applications*, 2nd ed., Bowers, J.(ed), Macmillan Publishing Co., New York, p.359 (1992)
20. 안효일, 김형기, 이성갑, 양철영, 양종범, 윤원호 : 축산식품가공학. 세진사. 서울, p.319 (1990)
21. 김경희 : 우유와 곡류를 이용한 요구르트의 제조에 관한 연구. 덕성여자대학교 박사학위논문 (1993)
22. Frank, J.F. and Marth, E.H.: Fermentations. In *Fundamentals of Dairy Chemistry*, Wong, N.P. (ed), Van Nostrand Reinhold Co., New York, p.684 (1988)
23. Rasic, J.L. and Kurmann, J.A.: *Yogurt*. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, p.90 (1978)
24. Marshall, V.: Flavour development in fermented milks. In *Advances in the Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*, Davies, F.L. and Law, B. A. (ed), Elsevier Applied Science Publishers, London, p.153 (1984)
25. Tamime, A.Y. and Robinson, R.K.: *Yogurt : Science and Technology*. Pergamon Press, Oxford, p.300 (1985)
26. Rasic, J.L. and Kurmann, J.A.: *Yogurt*. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, p.92 (1978)

(1996년 1월 11일 접수)