

난백분말과 유제품을 이용한 요구르트의 제조

고영태

덕성여자대학교 식품영양학과

The Preparation of Yogurt from Egg White Powder and Milk Products

Young-Tae Ko

Department of Foods and Nutrition, Duksung Women's University

Abstract

Gel-type yogurt was prepared from egg white powder (3%, w/v), glucose (2%, w/v) and four kinds of milk products (4%, w/v). The effects of milk product on acid production and growth of *Lactobacillus* were studied. The effects of milk product on sensory property and volatile aroma compounds were also studied. Acid production by *L. acidophilus* at 24 hr in samples containing milk product was significantly lower than that by *L. acidophilus* in milk ($p < 0.05$). The sample containing casein produced less acid than the other samples. Number of viable cells of *L. acidophilus* at 24 hr in milk and samples containing milk product was 2.0×10^8 /mL and 5.0×10^8 ~ 8.0×10^8 /mL, respectively. Sensory property of the samples containing milk product was lower than that of milk yogurt (reference). However, sensory property of the sample containing casein was not significantly different from that of milk yogurt ($p < 0.05$). The sample containing whey powder showed lower sensory score than other samples. 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, milk product, *Lactobacillus*

서 론

우리나라의 1995년 발효유 생산량은 584,000톤으로 유제품 가운데 시유 다음으로 높은 생산 실적을 보였다⁽¹⁾. 한편 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 커드를 이루는 응고된 단백질은 카제인과 변성된 유청

단백질의 공동 침전물이라고 할 수 있으며, 남아 있는 유청에는 응고되지 않은 proteose-peptone 부분, 비단백성 질소 화합물과 그 외의 수용성 성분이 들어 있다⁽²⁾.

난백은 성분이 우유와 다르므로 젖산균의 생육기질로서는 적합하지 않지만 가열이나 산에 의하여 응고되는 특성을 지니고 있다⁽³⁾. 따라서 난백요구르트 제조에 수반되는 몇가지 문제점을 해결할 수 있다면, 요구르트의 새로운 소재로서 연구 대상이 될 가치가 충분히 있다고 생각된다.

본 연구의 목적은 요구르트의 제조 원료로서는 새로운 소재라고 할 수 있는 난백분말에 여러가지 유제품을 첨가하여 젖산균의 생육과 산생성 및 요구르트의 품질에 미치는 영향을 조사하는 것이다. 난백분말을 사용하여 요구르트의 기능성을 향상시키고, 새로운 향미를 부여하며, 경제적인 효과도 기하고자 한다.

본 연구와 관련된 문헌을 살펴보면, 난백을 이용한 요구르트 유사 제품의 제조⁽⁴⁾, 젖산균에 의한 꾀의 발효에 관한 연구^(5,6), 잣과 生卵白을 이용한 크림버터와

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

치즈의 제조⁷⁾ 등이 있다. 이상의 문헌을 자세히 검토하여 보면, 달걀 또는 난백을 이용하여 요구르트를 만들고 여기에서 젖산균의 생육과 산생성, 관능성, 향기 성분 등을 체계적으로 조사한 연구는 아직 발표된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 前報⁽⁸⁻¹¹⁾에 이어서 “난백분말을 이용한 요구르트의 제조에 관한 연구”의 일부로서 난백분말에 4종의 유제품을 첨가하여 만든 기질을 젖산균(*Lactobacillus*)으로 발효하여 호상의 요구르트를 만든 후, 첨가된 유제품이 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), 전지분유(서울우유), 탈지분유(서울우유), 유청(Sigma Chemical Co., USA), casein sodium (화학용, Wako Pure Chemical Co., Japan), 포도당(1급, Yakuri Pure Chemical Co., Japan)을 사용하였다. 이들의 성분조성은 Table 1과 같다. 휘발성 향기 성분 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. delbrueckii* (IFO 3202)의 3종의 균주를 선택하여 사용하였으며 젖산균의 보존용 배지로는 MRS 한천배지 (Difco Lab., USA)를 사용하였다.

Table 1. Composition of various milk products (%)

	Whole milk powder ⁽¹²⁾	Skim milk powder ⁽¹²⁾	Whey powder ⁽¹³⁾	Casein ⁽¹³⁾
Protein	25.5	35.0	13.0	90.0
Fat	27.5	1.0	ND	ND
Lactose	38.0	52.5	65.0	0.2
Ash	6.0	8.5	8.0	ND
Moisture	3.0	3.0	4.4	ND
Lactic acid	ND ¹⁾	ND	2.0	ND

¹⁾ND: Not determined.

요구르트의 제조

우유를 그대로 기질로 사용하거나(대조군으로 함), 난백분말 3% (w/v)와 포도당 2% (w/v)를 살균된 증류수에 넣어 가열교반기(Corning Model PC-320, USA)로 완전히 용해시킨 후 유제품 4% (w/v)를 각각 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 위해서 발효가 완료된 요구르트로부터 시료를 일정량 취하여 생균수, 적정산도, pH를 측정하였다. 측정방법은 고의 방법과 같다⁽¹⁴⁾.

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⁽¹⁵⁾, 9명의 검사원을 예비실험을 통해 미리 훈련시킨 후 4일간 4회에 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⁽¹⁶⁾, 박⁽¹⁷⁾, 영인과학 GC workshop 교재집⁽¹⁸⁾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 Series II 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 조정된 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⁽⁶⁾과 같다.

자료의 처리 및 분석

실험의 결과는 PC-STAT (Universty of Georgia, USA) software⁽¹⁰⁾를 사용하여 분산분석(ANOVA)과 최소유의차 검정으로 통계처리하였다.

결과 및 고찰

젖산균의 산생성과 생육

유제품의 적정 첨가 농도: 우유 시료를 대조군으로 하고, 난백분말 3% (w/v)와 포도당 2% (w/v)기질에 4종의 유제품을 각각 2, 3, 4% (w/v)첨가하고 *L. acidophilus* (KCTC 2182)로 24시간 발효한 후, 우유시료 (대조군)와 산생성을 비교 관찰한 결과는 Table 2와 같다. Table 2에서 적정 산도는 24시간 발효 후에 측정된 산도에서 접종 직후의 산도를 뺀 수치이다.

전지분유의 경우 우유 시료(대조군) 0.932%에 비교하여 전지분유 첨가 시료 (2%)의 산생성은 0.565%로 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$), 전지분유 첨가 시료(2~4%) 가운데는 전지분유의 농도가 증가할수록 산생성

도 증가하였다. 이와 같은 경향은 탈지분유, 유청, 카제인 첨가 시료의 경우도 거의 동일하였다. 그러나 4종의 유제품 시료 사이에서는 전지분유나 탈지분유 첨가 시료가 유청이나 카제인 첨가 시료보다 산도가 다소 높은 경향을 보였다. 한편 pH는 우유 시료에 비하여 유제품 첨가 시료가 다소 낮았다.

이상의 결과를 종합하여 보면 난백분말 3% (w/v)와 포도당 2% (w/v)에 4종의 유제품 2~4% (w/v)를 첨가하여 만든 시료에서 젖산균의 산생성이 우유 시료(대조군)보다 낮음을 알 수 있다. 그 이유로는 본 실험에서 사용한 젖산균(*L. acidophilus* KCTC 2182)은 원래 우유에서 생육이 적합한 균주라는 점, 우유 시료의 고형분이 대략 12.7%인데 비하여⁽²⁰⁾, 유제품 첨가 시료의 고형분은 7~9%로 낮으며, 더욱이 젖산균 생육에 필요한 유고형분 함량이 2~4%로 우유 시료보다 현저히 낮으므로 이와 같은 결과가 나온 것으로 설명된다.

*Lactobacillus*는 영양소의 생합성 능력이 제한되어 있어 종에 따라 차이가 있지만 일반적으로 아미노산, 펩타이드, 핵산유도체, 비타민, 염, 지방산, 당류 등의 영양소를 필요로 한다⁽²¹⁾.

*L. acidophilus*의 경우 acetate (또는 mevalonic acid), riboflavin, calcium pantothenate, niacin, folic acid 등을 필요로 한다고 알려져 있다⁽²¹⁾. 따라서 우유와 같이 젖산균의 생육에 필요한 다양한 영양소를 함유한 기질에 비하여 난백은 단백질로서는 높은 영양가를 지니고 있으나 젖산균의 생육 기질로서는 우유보다 부적합하고 여기에 포도당(2%)과 유제품(2~4%)을 첨가하여도 우유보다는 젖산균의 산생성이 저조했다고 생각된다.

우유 시료의 산도가 높음에도 불구하고 유제품 시료보다 pH가 다소 높은 이유는 인산염, 구연산염 등의 pH 완충작용 성분⁽²²⁾이 유제품 시료보다 우유 시료

Table 2. Effect of milk products on acid production by *L. acidophilus* in milk or mixture of EWP⁽¹⁾ and glucose

		Milk (Control) ⁽²⁾	WMP ⁽¹⁾	SMP ⁽¹⁾	WP ⁽¹⁾	Casein
Titratable acidity (%) ⁽³⁾	Conc. of additive					
	2%	0.932 ^a ± 0.049	0.565 ^{bc} ± 0.007	0.601 ^b ± 0.014	0.549 ^c ± 0.007	0.544 ^a ± 0.038
	3%	0.932 ^a ± 0.049	0.643 ^b ± 0.013	0.635 ^b ± 0.027	0.610 ^{bc} ± 0.007	0.581 ^c ± 0.027
	4%	0.932 ^a ± 0.049	0.722 ^b ± 0.016	0.679 ^{bc} ± 0.023	0.671 ^c ± 0.027	0.589 ^d ± 0.040
pH ⁽⁴⁾	2%	4.03	3.83	3.87	3.82	3.88
	3%	4.03	3.84	3.96	3.84	3.92
	4%	4.03	3.85	4.02	3.84	3.97

⁽¹⁾EWP: egg white powder, WMP: whole milk powder, SMP: skim milk powder, WP: whey 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 (indicated as a, b, c, d).

⁽⁴⁾Median values of six or more replications.

Table 3. Comparison of physical and sensory properties of yogurt prepared from milk or mixture of EWP, glucose and milk products¹⁾

Sample or Additive	Gel form	Liquid separation ²⁾	Texture ³⁾	Odor	Acid taste ⁴⁾	Color	
Milk (Control)	Normal	None	5.0	Normal	5.0	Milky White	
WMP	2%	Very soft	++	4.0	Normal	4.5	Slightly Yellow
	3%	Very soft	++	4.0	Normal	4.5	Slightly Yellow
	4%	Very soft	+~++	4.0	Normal	4.5	Slightly Yellow
SMP	2%	Soft	++	4.0	Normal	4.5	Slightly Yellow
	3%	Soft	++	4.0	Normal	4.5	Slightly Yellow
	4%	Soft	+~++	4.0	Normal	4.5	Slightly Yellow
WP	2%	No curd	+++	3.5	Normal	5.5	Yellow
	3%	No curd	+++	3.5	Normal	5.5	Yellow
	4%	No curd	+++	3.5	Normal	5.5	Yellow
Casein	2%	Normal	None	4.5	Normal	4.5	White
	3%	Normal	None	4.5	Normal	4.5	White
	4%	Slightly hard	None	4.5	Normal	4.5	White

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

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.

에 많이 함유되어 있기 때문이다.

이상의 결과로부터 젖산균의 산생성을 촉진시키는 유제품의 첨가 농도는 2%나 3%보다 4%가 적합하다고 판단되었다. 한편 예비실험의 결과로 볼 때 4% 이상의 농도에서는 산생성은 촉진되나 높은 농도의 유제품 첨가로 인하여 난백요구르트의 특성이 감소되어 바람직하지 않았다.

요구르트의 물리적인 특성과 관능성: Table 3은 우유 시료를 대조군으로 하고 *L. acidophilus*로 24시간 발효시켜 만든 유제품 첨가 요구르트의 물리적인 특성과 관능성을 관찰한 것이며, Fig. 1은 우유 시료, 전지분유(4%), 탈지분유(4%), 유청(4%), 카제인(4%)첨가 시료의 사진이다.

젤의 형태는 우유요구르트와 비교하여 카제인 첨가 시료의 경우는 같거나, 오히려 다소 단단하였으나(4% 첨가), 나머지 시료는 우유요구르트보다 부드럽거나 유청시료의 경우와 같이 커드가 전혀 형성되지 않았다. 액체(상정액)의 분리는 젤의 상태와는 반대로 우유 시료와 카제인 시료의 경우는 없었으나, 다른 시료에서는 비교적 많은 양을 보였다. 조직감은 우유 시료를 5.0으로 했을 때 유제품 첨가 시료는 3.5~4.5로 저조하였으며, 냄새는 모든 시료가 요구르트 발효취 이외의 이취를 내지 않았다. 酸味는 우유 시료 5.0에 비하여 유청 시료만이 5.5로 다소 강하였고, 나머지 시료는 우유 시료보다 다소 약하였다. 한편 色相은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 우유 시료는 유백색, 전지분유



Fig. 1. Photograph of yogurt prepared from milk or mixture of EWP, glucose and milk products. From left: milk yogurt (control), WMP yogurt, SMP yogurt, WP yogurt, casein yogurt.

나 탈지분유 시료는 약한 황색, 카제인 시료는 우유 시료와 거의 같은 백색을 나타냈다.

전지분유나 탈지분유 첨가 시료의 젤의 형태가 부드럽고 액체(상정액)의 분리가 많은 것은 고형분 함량이 낮기 때문이며, 유청 시료의 경우는 유청 단백질이 시료의 24시간 발효 후의 pH (3.82~3.84)부근에서 커드를 형성하지 않기 때문에 액체의 분리가 많았으며, 카제인 시료의 경우는 24시간 발효 후의 pH (3.88~3.97)가 카제인의 등전점(pH 4.6~4.7)에 근접하여 우유 시료에 상당하는 젤의 형태를 나타낸 것으로 생각된다. 유제품 첨가 시료의 조직감이 다소 저조한 이유는 우

유 시료에 비하여 젤의 매끄러움(smoothness)이 다소 떨어지는 점, 난백분말에 의한 거품의 생성, 액체의 존재 등에 의한 것이다. 산미는 우유 시료보다 유제품 첨가 시료가 젖산균에 의한 산생성이 낮기 때문에 산미가 낮았으며 유청 시료의 경우는 커드가 형성되지 않고 액체 함량이 높아서 산미가 보다 강하게 느껴진 것으로 생각된다. 전지분유나 탈지분유 첨가 시료의 색상(약한 황색)은 첨가된 분유에 의한 것이고, 유청 시료의 색상(황색)은 첨가된 유청의 색상에 의한 것이다.

젖산균의 산생성과 생육: Table 4는 우유 시료를 대조군으로 하고 난백분말 3% (w/v)와 포도당 2% (w/v)에 4% (w/v)의 유제품을 각각 첨가한 시료를 *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. delbrueckii*로 24시간 발효시킨 후 산생성과 생균수를 관찰한 것이다. *L. acidophilus*의 경우 산도는 대조군인 우유 시료가 0.889%인데 비하여 유제품 시료는 0.628~0.668%로 유의적으로 낮았으며(p<0.05), 유제품 시료 가운데는 카제인 시료가 0.628%로 가장 낮았다. pH는 우유 시료가 유제품 시료보다 다소 높았다. 이와 같은 결과는 Table 2의 결과와 수치는 다소 다르지만 그 경향이 유사한 것이다. 한편 생균수는 우유 시료가 2.0×10^9 /mL인데 비하여 유제품 시료의 생균수는 5.0×10^8 ~ 8.0×10^8 /mL으로 현저하게 낮았다.

*L. casei*와 *L. delbrueckii*로 발효시킨 시료의 산도와 pH도 *L. acidophilus*의 경우와 대체로 유사한 경향을 보였으며, 이들의 생균수는 우유 시료보다 다소 낮았다.

이상의 결과로부터, (i)우유 시료는 발효 과정에서 대체적으로 높은 생균수를 유지하므로 산생성이 높았으며(특히 *L. acidophilus*의 경우), (ii)젖산균 균주에 따라 생균수는 다소 차이가 있으며, (iii)유제품의 종류에 따라서도 산생성 촉진 효과는 차이가 있다는 것이

시사되었다.

유제품 첨가 시료 가운데 카제인 시료의 산도가 낮은 이유는 카제인이 정제된 상태이므로 다른 유제품보다 젖산균 생육에 필요한 영양소가 적기 때문이며, 카제인 시료의 pH가 다소 높은 이유는 시료의 산도도 비교적 낮고 카제인 단백질의 pH 완충작용에도 기인하는 것으로 생각된다.

한편 우유 시료에 비하여 유제품 첨가 시료의 산생성이 비교적 낮음에도 불구하고 Fig. 1에 나타난 바와 같이 유청 시료를 제외하고는 호상요구르트의 형태를 유지할 수 있는 것은 유제품 시료에 함유된 난백 단백질과 첨가된 유제품 중의 카제인에 의한 것으로 생각된다. 즉 (i)난백단백질이 시료 준비 과정에서 받은 가열과 발효 중에 젖산균이 생성한 산에 의하여 응고되는 특성을 지니고 있으며³⁾, (ii)유청 시료를 제외한 유제품 중에 함유된 카제인의 응고가 커드 형성에 도움을 준 것으로 생각된다.

요구르트의 관능성

우유요구르트를 표준시료(reference)로 하고, 난백분말 3% (w/v)와 포도당 2% (w/v)에 4종의 유제품 4% (w/v)를 각각 첨가하고 *L. acidophilus*로 16.5시간 발효시켜 만든 호상요구르트를 시료로 하여 실시한 관능검사의 결과는 Table 5와 같다.

전반적인 기호도(overall acceptability)는 우유요구르트보다 유제품 첨가 시료가 저조하였으나 카제인 시료의 경우는 표준시료와 유의적인 차이를 보이지 않았으며(p<0.05), 유제품 첨가 시료 중에서는 유청 시료가 가장 저조하였다. 맛(taste)의 경우는 전반적인 기호도와 대체로 유사한 경향을 보였으나 카제인 시료가 표준시료와 유의적인 차이를 보였다(p<0.05). 냄새

Table 4. Acid production and growth of lactic acid bacteria in milk or mixture of EWP, glucose and milk products¹⁾

Culture ²⁾		Milk (Control)	WMP 4%	SMP 4%	WP 4%	Casein 4%
Titratable acidity (%) ³⁾	LA	0.889 ^a ± 0.007	0.666 ^b ± 0.009	0.668 ^b ± 0.007	0.650 ^b ± 0.014	0.628 ^c ± 0.027
	LC	0.706 ^a ± 0.023	0.587 ^c ± 0.009	0.605 ^c ± 0.032	0.655 ^b ± 0.009	0.470 ^d ± 0.032
	LD	0.776 ^a ± 0.014	0.599 ^c ± 0.011	0.689 ^b ± 0.014	0.545 ^d ± 0.007	0.527 ^c ± 0.020
pH ⁴⁾	LA	4.04	3.88	3.99	3.87	4.00
	LC	4.32	4.02	4.08	3.96	4.21
	LD	4.20	4.02	4.08	4.04	4.15
Viable cell count (CFU/mL) ⁵⁾	LA	2.0×10^9	5.2×10^8	8.0×10^8	5.0×10^8	5.4×10^8
	LC	3.8×10^9	2.1×10^9	2.3×10^9	1.2×10^9	1.5×10^9
	LD	3.2×10^9	1.6×10^9	2.0×10^9	1.1×10^9	1.7×10^9

¹⁾Sample was prepared from yogurt fermented for 24 hr.
²⁾Culture: LA-*L. acidophilus*, LC-*L. casei*, LD-*L. delbrueckii*.
^{3),4)} See footnote in Table 2.
⁵⁾Mean values of four or more replications.

Table 5. Effect of milk product addition on sensory properties of yogurt prepared from mixture of EWP, glucose and milk products¹⁾

	Milk (Reference) ²⁾	Additive			
		WMP	SMP	WP	Casein
Overall acceptability	5.00 ^a	4.31 ^b ± 0.25	4.31 ^b ± 0.25	3.38 ^c ± 0.37	4.94 ^a ± 0.31
Taste	5.00 ^a	4.35 ^c ± 0.33	4.28 ^c ± 0.28	3.51 ^d ± 0.44	4.83 ^b ± 0.32
Odor	5.00 ^a	5.00 ^a	5.00 ^a	5.00 ^a	5.00 ^a
Texture	5.00 ^a	4.11 ^b ± 0.21	4.18 ^b ± 0.24	3.14 ^c ± 0.28	4.90 ^a ± 0.37
Color	5.00 ^a	4.85 ^b ± 0.29	4.85 ^b ± 0.29	3.53 ^c ± 0.46	5.00 ^a

¹⁾Sample was prepared from curd yogurt fermented with *L. acidophilus* for 16.5 hr. Any two means in a row not followed by the same letter are significantly different at the 5% level (indicated as a, b, c). 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.

(odor)의 경우는 모든 시료 사이에 차이를 보이지 않았으며, 조직감(texture)과 색상(color)의 경우는 전반적인 기호도와 유사한 경향을 보여 유제품 첨가 시료의 점수가 낮았으나 카제인 시료의 경우는 표준시료와 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$).

표준시료와 비교하여 유제품 첨가 시료는 액체(상징액)의 분리 정도가 상대적으로 높으며, 젤이 부드러워 부서지기 쉽고 난백분말에 의한 거품(foam)의 생성으로 전반적인 기호도가 저조하였으나, 카제인 시료의 경우는 젤이 단단하고 액체의 분리도 없어서 표준시료와 유의적인 차이를 보이지 않은 것으로 생각된다. 한편 유청 시료의 경우는 커드 자체가 거의 형성되지 않고 액체의 분리 정도가 과다하여 낮은 점수를 나타낸 것이다. 표준시료와 유제품 첨가 시료 사이에 냄새의 차이가 없는 것은 모든 시료가 젖산균 발효취 이외의 특이향을 나타내지 않았기 때문이다. 카제인 시료의 맛은 산미가 표준시료보다 낮으나 포도당의 감미와 젖산의 산미가 적절한 조화를 이루어 표준시료에 비하여 크게 저조하지는 않았다. 전체적으로 볼 때 본 실험에서 사용된 시료의 관능성, 즉 전반적인 기호도(overall acceptability)는 맛(taste), 조직감(texture) 및 색상(color)의 복합적인 영향을 받는 것으로 나타났다.

표준시료의 높은 산도(0.889%, Table 4 참조)에 비하여 전지분유, 탈지분유 또는 카제인 시료는 산도(0.628~0.668%, Table 4 참조)가 비교적 낮음에도 불구하고 이들 시료에서도 젤이 형성되고 특히 카제인 시료의 경우는 젤의 경도가 표준시료와 차이가 없었는데, 그 이유는 이들 시료에는 가열과 산에 의하여 응고되기 쉬운 난백과 카제인이 들어 있기 때문이라고 생각된다. 난백은 가열, 산 또는 알칼리의 첨가, γ 선 조사 등의 처리를 받으면 유동성을 상실하고 응고하게 된다. 가열 속도에 따라 다소 차이가 있으나 난백은 60°C 전후

에서 응고가 시작된다. 난백은 최초에는 젤(gel)상으로 되고 유동성이 소실되면 80°C 이상의 온도가 필요하다³⁾. 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 난백의 응고가 발생하고, 이들 시료에 함유된 카제인도 젖산균이 생성한 산에 의하여 커드를 생성하여 호상요구르트의 젤 형성에 크게 기여한 것으로 생각된다.

요구르트의 휘발성 향기 성분

Table 6은 *L. acidophilus*로 접종한 직후(0 hr)와 발효시킨 후(24 hr)의 호상요구르트의 휘발성 성분을 분석한 결과이다.

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

유제품 첨가 시료의 경우도 전반적인 경향은 우유 시료와 유사하였으나 두 시료 사이의 뚜렷한 차이점은 유제품 첨가 시료에 있어서 (i)acetone함량이 발효 전과 후에 큰 차이가 없고 우유 시료보다 현저하게 낮으며, (ii)발효 후의 ethanol함량도 우유 시료보다 현저하게 낮고, (iii)유청 시료의 경우는 발효 전에도 1.010 ppm의 diacetyl이 존재한다는 점이다.

Acetone은 우유와 MRS broth에서 유래된 것이므로²³⁾, 우유 0시간 시료가 유제품 시료보다 높은 것이며 우유 0시간 시료 4.444 ppm이 24시간 발효 후에

Table 6. Composition of volatile aroma compounds in samples fermented with *L. acidophilus*¹⁾ (unit : ppm)

	Acetone		Ethanol		Diacytyl		Butanol		Acetoin	
	0 hr	24 hr	0 hr	24 hr	0 hr	24 hr	0 hr	24 hr	0 hr	24 hr
Milk	4.444	2.381	1.808	12.804	---	1.568	1.910	1.026	---	38.729
(Control)	±1.131	±0.310	±0.302	±2.392	---	±0.206	±0.615	±0.075	---	±7.444
WMP	0.438	0.487	1.433	5.446	---	1.615	1.630	1.245	---	51.058
	±0.048	±0.031	±0.209	±0.697	---	±0.235	±0.239	±0.192	---	±18.349
SMP	0.438	0.427	1.454	5.540	---	4.052	1.884	1.402	---	48.213
	±0.059	±0.069	±0.249	±1.105	---	±1.530	±0.350	±0.273	---	±14.998
WP	0.421	0.349	1.373	4.553	1.010	3.591	1.514	1.341	---	50.404
	±0.085	±0.060	±0.044	±0.773	±0.111	±0.613	±0.243	±0.213	---	±19.046
Casein	0.410	0.377	1.719	7.626	---	1.702	1.761	1.309	---	54.558
	±0.096	±0.067	±0.428	±1.620	---	±0.244	±0.505	±0.116	---	±21.002

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

²⁾ -: trace.

2.381 ppm으로 감소한 것은 발효중에 일부가 휘발된 것으로 생각된다. 유제품 첨가 시료의 acetone 함량이 발효 전과 후에 큰 차이가 없는 것은 이 경우에는 젖산균 발효에 의해서도 acetone이 소량 생성된 것을 의미한다. 우유 시료와 유제품 시료는 성분이 다르므로 acetone의 생성량이 다를뿐만 아니라, 형성된 커드의 구조도 다르기 때문에 발효 도중에 acetone의 휘발되는 정도도 다를 것으로 설명된다.

Ethanol은 일부는 우유에서 유래되었으나⁽²³⁾, 대부분이 발효에 의하여 생성된 것이므로 유제품 시료에서는 젖산균의 생육이 낮아서 24시간 시료의 함량이 우유 시료 24시간보다 낮은 것으로 설명된다.

Diacytyl은 발효에 의해서만 생성되므로 모든 시료에서 발효 후에 나타났으며, 유청 시료의 경우는 치즈 제조의 부산물인 유청에서 유래된 diacytyl이 발효 전부터 존재한 것으로 설명된다.

Butanol은 MRS broth에서 유래된 것으로서⁽²³⁾, 24시간 발효 과정에서 일부 휘발되어 발효 후에 함량이 감소된 것이며, acetoin은 우유에 함유된 구연산(0.07~0.4% 범위)에서 만들어지므로⁽²⁴⁾, 우유에서 만들어진 유제품 시료에서도 나타난 것으로 설명된다.

Fig. 2는 전지분유 시료의 0시간 chromatogram으로 5개의 피크가 나타났는데 이 가운데서 성분이 확인된 피크는 2번(acetone), 3번(ethanol), 4번(n-propanol)과 5번(butanol)이며, 1번(1.919 min)은 성분이 확인되지 않았다. Fig. 3은 동일한 시료의 24시간 chromatogram으로 7개의 피크가 나타났는데, 이 가운데서 성분이 확인된 것은 2번(acetone), 3번(ethanol), 4번(diacytyl), 5번(n-propanol), 6번(butanol) 및 7번(acetoin)이며, 1번(1.910 min)은 성분이 확인되지 않았다. 0시간 시료와 24시간 시료의 chromatogram을 비

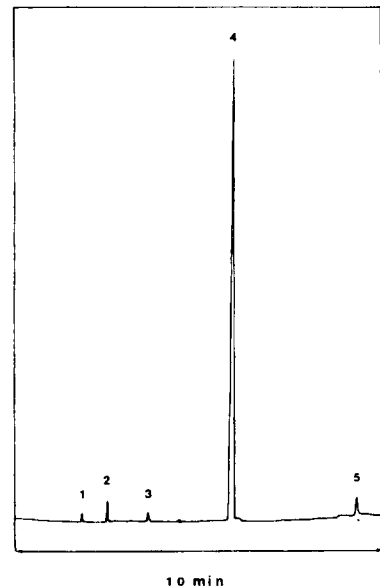


Fig. 2. GC chromatogram of volatile aroma compounds in 0 hr sample prepared from mixture of EWP, glucose and WMP. 1: unknown, 2: acetone, 3: ethanol, 4: n-propanol, 5: butanol.

교해 보면, 0시간에는 나타나지 않았던 diacytyl과 acetoin 피크가 24시간에 나타났다.

본 실험에서 사용된 *L. acidophilus* (KCTC 2182)는 시료에 따라서 발효 과정에 acetone, ethanol, diacytyl, acetoin을 생성하였으며, 이 가운데서 diacytyl은 낮은 농도로 존재하지만 요구르트의 주요한 휘발성 향기 성분으로 알려져 있고, acetoin은 양적으로는 diacytyl보다 현저하게 높으나 요구르트의 향기에 diacytyl만큼 기여하지는 않으며, ethanol도 요구르트의 향기에 그다지 중요하지는 않은 것으로 알려져 있다⁽²⁵⁾. 본 실

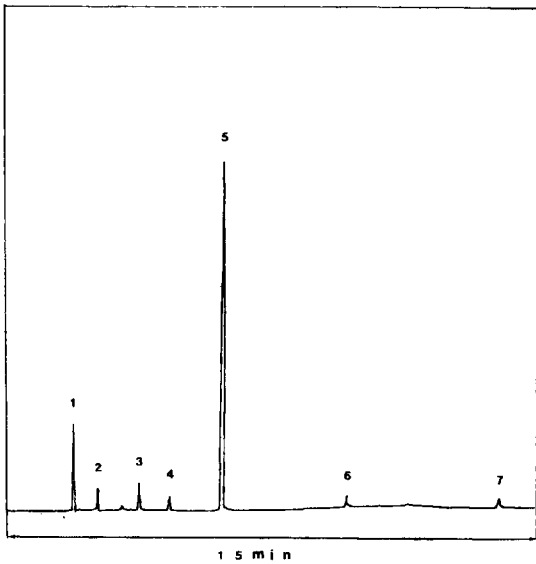


Fig. 3. GC chromatogram of volatile aroma compounds in 24 hr sample prepared from mixture of EWP, glucose and WMP. 1: unknown, 2: acetone, 3: ethanol, 4: diacetyl, 5: n-propanol, 6: butanol, 7: acetoin.

험에서 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⁽²⁵⁾. Acetaldehyde, 휘발성 지방산, 2-butanone도 요구르트의 향기에 기여한다고 알려져 있으나⁽²⁵⁾, 본 실험에서는 확인되지 않았다.

문헌^(25,27)에 보고된 요구르트의 휘발성 향기 성분의 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, 포도당, 유제품 혼합 시료), 뿐만 아니라 휘발성분의 채취 및 분석 방법에도 문헌의 방법과는 차이가 있기 때문이라고 생각된다.

요 약

본 연구에서는 난백분말 3% (w/v)와 포도당 2% (w/v)에 4종의 유제품 4% (w/v)를 각각 첨가하여 기질을 만들고 젖산균(*Lactobacillus*)으로 발효하여 호香的 요구르트를 만든 후, 첨가된 유제품이 젖산균의 생육과 산생성 및 요구르트의 품질(관능성, 휘발성 향기 성

분)에 미치는 영향을 조사하였다. *L. acidophilus*로 24시간 발효된 시료의 경우, 산도는 우유 시료(대조군)에 비하여 유제품 첨가 시료가 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$), 유제품 첨가 시료 가운데는 카제인 시료의 산도가 가장 낮았다. 생균수는 우유 시료가 2.0×10^8 /mL인데 비하여 유제품 첨가 시료는 $5.0 \times 10^8 \sim 8.0 \times 10^8$ /mL으로 현저하게 낮았다. *L. acidophilus*로 16.5시간 발효시켜 만든 호상요구르트의 관능성을 보면, 전반적인 기호도는 우유요구르트(표준시료)보다 유제품 첨가 시료가 저조하였으나 카제인 시료의 경우는 표준시료와 유의적인 차이를 보이지 않았으며($p < 0.05$), 유제품 첨가 시료 중에서는 유청 시료의 관능성이 가장 저조하였다. 본 실험에서 사용된 *L. acidophilus* (KCTC 2182)는 시료에 따라서 다소 차이가 있으나 발효 과정에 acetone, ethanol, diacetyl, acetoin을 생성하였다.

문 헌

1. 한국유가공협회 편집부: 유업통계. 우유, 통권 제66호, 59 (1996)
2. Rasic, J.L. and Kurmann, J.A.: *Yogurt*. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, p.68 (1978)
3. 안효일, 김형기, 이성갑, 양철영, 양종범, 윤원호: 축산식품가공학. 세진사, 서울, p.335 (1990)
4. Lin, J. and Cunningham, F.E.: Preparation of a yogurt-like product containing egg white. *J. Food Sci.*, **49**, 1444 (1984)
5. 김창한, 하정옥, 김시관: 유산균에 의한 卵의 발효에 관한 연구, 제 1보: 발효란 중의 유산균수, 적정산도 및 pH 변화. *한국식품과학회지*, **15**, 118 (1983)
6. 김창한, 하정옥, 김시관: 유산균에 의한 卵의 발효에 관한 연구, 제 2보: 발효란 중의 단백질 변화. *한국식품과학회지*, **15**, 123 (1983)
7. 강양진, 조현희: 발효식품 제조법, 특허공보 제 303호 (1977)
8. 고영태: 난백분말의 첨가가 호상요구르트에서 젖산균의 산생성과 요구르트의 품질에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **27**, 458 (1995)
9. 고영태, 경현민: 난백분말 첨가 우유에서 젖산균의 산생성, 요구르트의 관능성 및 휘발성 향기 성분의 경시적인 변화. *한국식품과학회지*, **27**, 612 (1995)
10. 고영태, 이은주: 난백분말과 카제인을 이용한 요구르트의 제조. *한국식품과학회지*, **28**, 337 (1996)
11. 고영태, 이주원: 난백분말과 카제인으로 만든 요구르트에서 당의 첨가 효과. *한국조리과학회지*, **12**, 153 (1996)
12. 서울우유협동조합: 제품설명서. 서울우유협동조합, 서울 (1996)
13. Sigma Chemical Company: Sigma Catalog. Sigma Chemical Company, Saint Louis, Missouri (1996)
14. 고영태: 두유에 첨가된 유제품이 젖산균의 산생성과 대두요구르트의 품질에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **22**, 183 (1990)

15. Larmond, E.: *Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food*. Canada Department of Agriculture, Ottawa, p.31 (1977)
16. 김경희, 고영태 : 우유와 곡류를 이용한 요구르트의 휘발성 향기성분. 한국식품과학회지, **25**, 136 (1993)
17. 박승국 : 향 연구란 무엇이며 어떻게 하는가? 식품과학과 산업, **24**(4), 88 (1991)
18. 영인과학 : GC Workshop 교재집. 영인과학, 서울 (1991)
19. University of Georgia: *PC-STAT*. University of Georgia, USA (1985)
20. Walstra, P. and Jenness, R.: *Dairy Chemistry and Physics*. John Wiley and Sons, New York, p.2 (1984)
21. Buchanan, R.E. and Gibbons, N.E.: *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 8th ed., The Williams and Willikins Co., Baltimore, p.576 (1974)
22. Walstra, P. and Jenness, R.: *Dairy Chemistry and Physics*. John Wiley and Sons, New York, p.194 (1984)
23. 김경희 : 우유와 곡류를 이용한 요구르트의 제조에 관한 연구. 덕성여자대학교 박사학위논문 (1993)
24. 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)
25. Rasic, J.L. and Kurmann, J.A.: *Yogurt*. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, p.90 (1978)
26. 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)
27. Tamine, A.Y. and Robinson, R.K.: *Yogurt: Science and Technology*. Pergamon Press, Oxford, p.300 (1985)
28. Rasic, J.L. and Kurmann, J.A.: *Yogurt*. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, p.92 (1978)

(1997년 1월 13일 접수)