

난백분말과 카제인으로 만든 요구르트에서 당의 첨가 효과

고영태 · 이주원
덕성여자대학교 식품영양학과

The Effects of Sugar Addition in Yogurt Prepared from Egg White Powder and Casein

Young-Tae Ko and Ju-Won Lee
Department of Foods and Nutrition, Duksung Women's University

Abstract

A curd yogurt was prepared from egg white powder (EWP) and casein added with sugars (glucose, fructose, lactose). The effects of sugar addition on acid production and growth of *Lactobacillus* were studied. The effects of sugar addition on sensory property and volatile aroma compounds were also studied. Acid production by *L. acidophilus* in EWP 2% (W/V), casein 3% (W/V) and sugar 0.5, 1 or 2% (W/V) was lower than that of *L. acidophilus* in milk (control). Acid production in sample added with glucose or fructose of 1% or 2% (W/V) was higher than that of 0.5% (W/V), while acid production in lactose added sample was not affected with the concentration of lactose. Number of viable cells of *L. acidophilus* at 24 hr in milk, glucose added sample, fructose added sample and lactose added sample was 3.6×10^9 , 5.6×10^8 , 6.0×10^8 , and 3.2×10^7 , respectively. Through 30hr fermentation, acid production and number of viable cells of *L. acidophilus* in milk were higher than those of sugar added samples. Sensory property of fructose added sample was slightly better than that of milk yogurt (reference), while that of lactose added sample was significantly inferior. Though the composition of volatile aroma compounds was slightly different according to sample, gas chromatographic analysis detected acetone, ethanol, diacetyl and acetoin in samples fermented by *L. acidophilus*.

Key words: yogurt, egg white powder, casein

I. 서 론

우리나라의 1994년 발효유 생산량은 524,000톤으로 유제품 가운데 시유 다음으로 높은 생산 실적을 보였으며, 1994년 발효유 매출액은 5500억원에 달하였다¹⁾. 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 겔(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 나간다²⁾. 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 있다³⁾.

난백은 우유보다 가격이 저렴하고, 성분이나 영양분이 우유와 차이가 있고 가열과 산에 의한 응고성이 있으므로 요구르트의 새로운 소재로서 연구 대상이 될 가치가 충분하다고 사료된다. 특히 종래의 요구르트는 유지방분을 함유하고 있으나, 본 연구에서 시도하고자 하는 난백 요구르트는 지방을 함유하지 않으므로 무지방 요구르트(fatless yogurt)로서 새로운 기능성 식품이 될 수 있다.

본 연구와 관련된 문헌을 살펴보면, 난백을 이용한 요구르트 유사 제품의 제조³⁾, 젖산균에 의한 卵의 발효에 관한 연구^{4,5)}, 잣과 生卵白을 이용한 크림버터와 치즈의 제조⁶⁾, 우유와 난백분말을 이용한 요구르트의 제조^{7,8)} 등이 있으나, 달걀 또는 난백으로 만든 요구르트에서 젖산균의 생육과 산생성, 관능성, 향기 성분 등을 체계적으로 조사한 연구는 아직 발표된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 前報⁹⁾에 이어 “난백분말을 이용한 요구르트의 제조에 관한 연구”의 일부로서 난백분말과 카제인에 당(포도당, 과당, 유당)을 첨가하여 만든 기질을 젖산균(*Lactobacillus*)으로 발효하여 호상의 요구르트를 만든 후, 난백분말로 만든 요구르트에 첨가된 당이 젖산균의 생육과 산생성 및 요구르트의 품질(관능성, 휘발성 향기 성분)에 미치는 영향을 조사하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 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), 과당(특급, Yakuri Pure Chemical Co., Japan), 유당(1급, Shimakyu Pure Chemical Co., Japan)을 사용하였다. 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.

2. 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.

3. 요구르트의 제조

우유를 그대로 기질로 사용하거나(대조군으로 함), 난백분말 2%(W/V)와 카제인 3%(W/V)를 살균된 증류수에 넣어 가열교반기(Corning Model PC-320, USA)로 완전히 용해시킨 후 포도당, 과당 또는 유당을 각각 0.5, 1 또는 2%(W/V) 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.

4. 젖산균의 생육과 산생성량 측정

요구르트에서 젖산균의 생육과 산생성을 조사하기 위해서 발효가 완료된 요구르트로부터 시료를 일정량 취하여 생균수, 적정산도, pH를 측정하였다. 측정방법은 고의 방법과 같다¹⁰⁾.

5. 요구르트의 관능검사

시료의 발효 시간은 요구르트의 커드 상태, 酸味, 유청의 분리 상태 등을 고려하여 16.5시간으로 하였다. 시료는 50 ml의 종이컵에 30 ml씩 넣고 parafilm(American National Can, USA)으로 덮은 후, 3종의 젖산균 가운데 가장 산생성이 뛰어난 *L. acidophilus*로 발효시켰다. 발효가 완료된 요구르트를 냉장고에서 1일 방냉한 후 검사원에게 제공하였다. 관능검사방법은 多重比較試驗에 준하였으며¹¹⁾, 8명의 검사원을 예비실험을 통해 미리 훈련시킨 후 3일간 3회에 걸쳐 검사를 실시하였다. 표준시료로는 우유를 *L. acidophilus*로 16.5시간 발효시켜 만든 호상요구르트를 사용하였다.

6. 요구르트의 휘발성 향기 성분 분석

요구르트의 휘발성 향기 성분은 김과 고¹²⁾, 박¹³⁾, 영인과학 GC workshop 교재집¹⁴⁾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. 표준물질을 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 조정 한 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 방법¹²⁾과 같다.

7. 자료의 처리 및 분석

실험의 결과는 PC-STAT(Universty of Georgia, USA) software¹⁵⁾를 사용하여 분산분석(ANOVA)과 최소유역차 검정으로 통계처리하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 젖산균의 산생성과 생육

(1) 당의 첨가 효과

우유 시료를 대조군으로 하고 난백분말 2%(W/V)와 카제인 3%(W/V)혼합시료에 당(포도당, 과당, 유당)을 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 접종 직후의 산도를 뺀 수치이다.

당 0.5% 첨가의 경우 우유 시료(대조군)에 비교하여 당 첨가 시료의 산생성이 유의적으로 낮았으며(p < 0.05), 당 첨가 시료 가운데 유당 첨가 시료의 산생성이 포도당 또는 과당 첨가 시료보다 유의적으로 낮았다(p < 0.05). 이와 같은 경향은 당 1% 또는 2% 첨가 시료에서도 동일하였다. 한편 pH는 우유 시료에 비하여 포도당 또는 과당 첨가 시료는 다소 낮았으나, 유당 첨가 시료는 높았다.

이상의 결과를 종합하여 보면 난백분말 2%(W/V)와 카제인 3%(W/V)에 당 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 젖산균은 원래 우유에서의 생육이 적합한 균주라는 점, (ii) 우유 시료의 고형분이 대략 12.7% 정도이

므로¹⁶⁾, 당 첨가 시료의 5.5-7%(난백분말 2%, 카제인 3%, 당 0.5-2%)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 한다¹⁷⁾. *L. acidophilus*의 경우 acetate(또는 mevalonic acid), riboflavin, calcium pantothenate, niacin, folic acid 등을 필요로 한다고 알려져 있다¹⁷⁾. 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, 당 혼합 시료에서 젖산균의 산생성이 저조했다고 생각된다.

우유 시료의 산도가 높음에도 불구하고 포도당 또는 과당 첨가 시료와 pH가 같거나 높은 이유는 우유에 함유된 인산염, 구연산염 등의 pH 완충작용에 기인하는 것으로 생각된다¹⁸⁾.

(2) 요구르트의 물리적인 특성과 관능성

Table 2는 우유 시료를 대조군으로 하고, 난백분말과 카제인에 당을 첨가한 시료를 3종의 젖산균 가운데 가장 산생성이 뛰어난 *L. acidophilus*로 24시간 발효시켜 만든 요구르트의 물리적인 특성과 관능성을 관찰한 것이다.

커드의 형태는 우유 요구르트와 비교하여 유당 첨가 시료가 다소 부드러웠으며(softly soft), 유청의 분리는 포도당과 과당 첨가 시료는 소량이었으나, 유당 시료는 비교적 많았다. 조직감은 우유요구르트를 5.0으로 했을 때 포도당과 과당 첨가 시료는 4.25-4.5, 유당 첨가 시

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

	Sugar conc. (%)	Milk (Control) ²⁾	Additive		
			Glu	Fru	Lac
Titratable acidity (%) ³⁾	0.5%	0.963 ^a ± 0.063	0.437 ^b ± 0.010	0.437 ^b ± 0.010	0.164 ^c ± 0.015
	1 %	0.963 ^a ± 0.063	0.515 ^b ± 0.011	0.524 ^b ± 0.025	0.164 ^c ± 0.010
	2 %	0.963 ^a ± 0.063	0.503 ^b ± 0.033	0.503 ^b ± 0.015	0.182 ^c ± 0.010
pH ⁴⁾	0.5%	4.03	4.01	4.00	4.75
	1 %	4.03	3.96	3.96	4.81
	2 %	4.03	3.95	3.96	4.81

1) EWP: egg white powder.

2) Control sample (milk) did not contain sugar.

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.

료는 4.0으로 다소 낮은 수치를 보였고, 냄새는 모든 시료가 요구르트 냄새 이외의異臭味를 내지 않았다. 한편 酸味는 포도당과 과당 첨가 시료는 4.0-4.5, 유당 첨가 시료는 3.5로 다소 낮은 경향을 보였다.

우유 시료(대조군)보다 고형분 함량이 낮고 산생성이 낮음에도 불구하고 포도당과 과당 첨가 시료의 커드가 대조군과 큰 차이가 없는 이유는 가열과 산에 의한 난백단백질의 응고에 의한 것으로 생각되며¹⁾, 유당 첨가 시료의 커드가 부드러운 것은 산생성량이 적어서 난백 단백질의 응고 정도가 약하기 때문이라고 생각된다. 우유 시료보다 포도당과 과당 첨가 시료의 유청의 분리가 높은 것은 고형분 함량이 낮기 때문이며, 유당 첨가 시료는 낮은 산도로 인하여 단백질의 변성 정도가 낮고 이에 따라 단백질의 保水性도 저하했기 때문이라고 추정된다. 당 첨가 시료의 조직감이 다소 저조한 이유는 우유 시료에 비하여 커드의 매끄러움(smoothness)이 다소 떨어지는 점, 난백분말에 의한 거품, 유청의 존재 등에 의한 것이며, 이와 같은 현상은 유당 첨가 시료에서 특히 현저하였다. 酸味는 젖산균의 산생성량과 비례하여 우유 시료가 가장 강하고, 유당 첨가 시료가 가장 약했다.

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

(3) 젖산균의 산생성과 생육

Table 3은 우유 시료를 대조군으로 하고 난백분말 2%(W/V)와 카제인 3%(W/V)에 2%(W/V)의 당(포도

당, 과당, 유당)을 첨가한 시료를 *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. delbrueckii*로 24시간 발효시킨 후 산생성과 생균수를 관찰한 것이다.

*L. acidophilus*의 경우 산도는 대조군인 우유 시료가 0.948%인데 비하여 포도당, 과당 첨가 시료는 0.485%, 0.476%로 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$), 유당 첨가 시료는 0.167%로 포도당, 과당 첨가 시료보다 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). pH는 우유 시료와 포도당, 과당 첨가 시료는 큰 차이가 없었고, 유당 첨가 시료는 다른 시료보다 높았다. 이와 같은 결과는 Table 1의 결과와 경향이 매우 유사한 것이다. 한편 생균수는 우유 시료가 3.6×10^8 인데 비하여 포도당과 과당 첨가 시료는 $5.6-6.0 \times 10^8$ 으로 현저하게 낮았으며, 유당 첨가 시료는 3.2×10^7 으로 가장 낮았다. *L. casei*와 *L. delbrueckii*로 만든 시료의 산도와 pH도 *L. acidophilus*의 경우와 대체로 유사한 경향을 보였으나, 이 두 균의 경우 생균수는 당 첨가 시료 사이에서는 큰 차이가 없었다.

이상의 결과로부터, (i) 우유 시료는 높은 생균수로 인하여 산생성이 높고, 당 첨가 시료는 낮은 생균수로 인하여 산생성이 낮았으며, (ii) *L. acidophilus*의 유당 첨가 시료의 경우 산생성이 낮고 특히 생균수가 낮은 이유는 *L. acidophilus*(KCTC 2182)가 2당류인 유당 분해 능력이 저조하기 때문이라고 생각된다.

2. 젖산균의 산생성과 생육의 경시적인 변화

Fig. 1-3은 우유 시료를 대조군으로 하고, 난백분말과 카제인에 당을 첨가한 시료를 *L. acidophilus*로 30시간

Table 2. Comparison of physical and sensory properties of yogurt prepared from milk and mixture of EWP, casein and sugar¹⁾

		Curd		Whey separation ²⁾	Texture ³⁾	Odor	Acid taste ⁴⁾
Milk (Control)		Normal			5.0	Normal	5.0
A d d i t i v e	Glu	0.5%	S.S ⁵⁾ -Normal	+++	4.25	Normal	4.0
		1 %	Normal	+++	4.5	Normal	4.5
		2 %	Normal	+	4.5	Normal	4.5
	Fru	0.5%	S.S-Normal	+++	4.25	Normal	4.0
		1 %	Normal	+	4.5	Normal	4.5
		2 %	Normal	+	4.5	Normal	4.5
Lac	0.5%	Slightly soft	+++	4.0	Normal	3.5	
	1 %	Slightly soft	+++	4.0	Normal	3.5	
	2 %	Slightly soft	++	4.0	Normal	3.5	

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

2) Whey 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.

5) S.S: Slightly soft.

Table 3. Acid production and growth of lactic acid bacteria in milk or mixture of EWP, casein and sugar¹⁾

	Culture ²⁾	Milk (Control)	Additive		
			Glu 2%	Fru 2%	Lac 2%
Titratable acidity (%) ³⁾	LA	0.948 ^a ±0.040	0.485 ^b ±0.025	0.476 ^b ±0.007	0.167 ^c ±0.022
	LC	0.729 ^a ±0.032	0.440 ^b ±0.014	0.440 ^b ±0.024	0.260 ^c ±0.007
	LD	0.793 ^a ±0.009	0.398 ^b ±0.009	0.389 ^b ±0.021	0.215 ^c ±0.007
pH ⁴⁾	LA	4.02	4.01	4.02	4.93
	LC	4.24	4.08	4.09	4.54
	LD	4.16	4.12	4.13	4.70
Viable cell count (CFU/ml) ⁵⁾	LA	3.6×10 ⁹	5.6×10 ⁸	6.0×10 ⁸	3.2×10 ⁷
	LC	2.8×10 ⁹	4.6×10 ⁸	4.0×10 ⁸	5.4×10 ⁸
	LD	3.6×10 ⁹	8.4×10 ⁸	7.0×10 ⁸	3.2×10 ⁸

- 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 1.
- 5) Mean values of four or more replication.

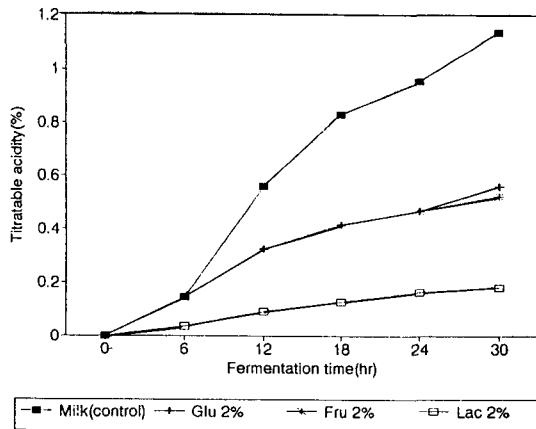


Fig. 1. Changes in titratable acidity during fermentation by *L. acidophilus*.

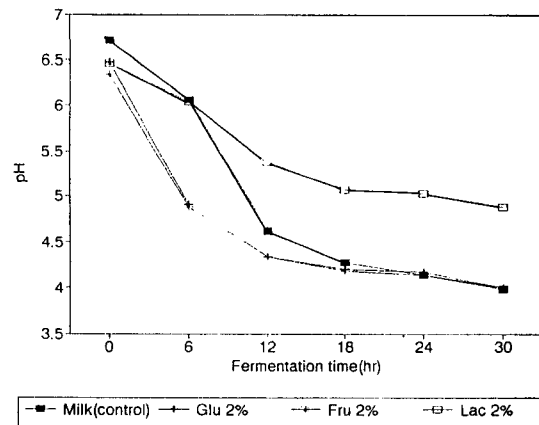


Fig. 2. Changes in pH during fermentation by *L. acidophilus*.

발효시키면서 산생성과 생육을 관찰한 것이다.

Fig. 1에 나타난 바와 같이 *L. acidophilus*에 의한 산생성은 쏘 실험 시간에 걸쳐서 대조군인 우유 시료가 가장 높았고 유당 첨가 시료가 가장 낮았으며, 포도당, 과당 첨가 시료는 그 중간에 상당하였다. pH는 18시간까지 포도당, 과당 첨가 시료가 가장 낮았으며, 18시간 이후에는 우유, 포도당, 과당 첨가 시료 사이에 큰 차이가 없었다(Fig. 2). 한편 유당 첨가 시료의 pH는 쏘 실험 시간에 걸쳐서 가장 높았다. 생균수의 경시적인 변화(Fig. 3)를 보면, 우유 시료는 12시간에 stationary phase에 도달하여 30시간까지 계속되었으며, 포도당과 과당 시료는 6시간에 stationary phase에 도달하여 30시간까지 계속되었다. 한편 유당 시료의 경우는 접종 직후(0 hr)의 생균수보다 증가하지 않았

으며 18시간 이후에는 감소하는 현상을 보였다. 전반적으로 볼 때 쏘 실험 시간에 걸쳐서 우유 시료의 생균수가 가장 높았으며, 유당 첨가 시료의 생균수가 가장 낮았다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 우유 시료는 젖산균의 생육에 가장 적당한 기질이므로 쏘 실험 시간에 걸쳐서 높은 생균수와 산생성을 보였으며, 유당 첨가 시료는 2당류인 유당이 *L. acidophilus* (KCTC 2182)의 탄소원으로 적합하지 않아서 쏘 실험 시간에 걸쳐서 가장 낮은 생균수와 산생성을 나타낸 것으로 해석된다. 포도당과 과당은 유당보다는 *L. acidophilus* (KCTC 2182)의 우수한 탄소원이지만, 젖산균의 생육 기질로서는 다양한 영양소를 함유한 우유에는 미치지 못하였다.

3. 요구르트의 관능성

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

Table 4에 나타난 바와 같이, 전반적인 기호도(overall acceptability)는 표준시료보다 과당 첨가 시료가 다소 높은 수치를 보였으나 유의적인 차이는 없었으며($p < 0.05$), 포도당 시료는 표준 시료보다 낮은 수치를 보였으나 역시 유의적인 차이는 없었다($p < 0.05$). 한편 유당 첨가 시료는 다른 시료보다 수치가 현저하게 낮았으며 통계학적으로 유의성을 나타냈다($p < 0.05$). 맛(taste)의 경우는 전반적인 기호도와 유사한 경향을 보였으나, 과당 첨가 시료가 표준 시료보다 유의적으로 우수하였다($p < 0.05$). 냄새(odor)는 표준시료와 포도당, 과당 첨가 시료 사이에는 차이가 없었으나 유

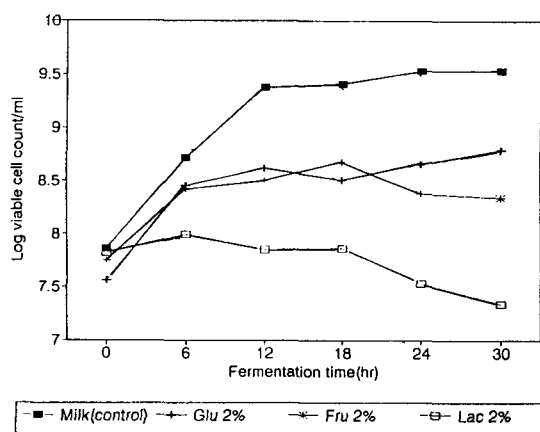


Fig. 3. Changes in viable cell during fermentation by *L. acidophilus*.

당 첨가 시료는 표준시료보다 유의적으로 낮은 수치를 보였다($p < 0.05$). 조직감(texture)은 표준시료보다 당 첨가 시료가 유의적으로 낮은 수치를 보였으며($p < 0.05$), 당 첨가 시료 가운데는 유당 첨가 시료의 수치가 가장 낮았다.

표준시료와 비교하여 당 첨가 시료는 유청의 분리가 상대적으로 높으며, 커드가 다소 부드러워 부서지기 쉽고 난백분말에 의한 거품이 존재하여 조직감(texture)은 다소 저조하였으나, 난백분말의 존재로 인하여 대체로 매끄럽고 윤기가 있었다. 유당 첨가 시료의 냄새(odor)가 저조한 이유는 유당 첨가 시료의 산생성이 저조하여 요구르트 특유의 발효 냄새를 거의 느낄 수 없기 때문이다. 맛(taste)은 표준시료는 酸味가 다소 강한데 비하여 포도당, 과당 첨가 시료는 다소 약한 酸味와 당의 甘味가 적절한 조화를 이루어 표준시료보다 높은 수치를 나타냈다. 한편 유당 첨가 시료의 맛은 낮은 산도로 인하여 호상요구르트 특유의 상큼한 酸味가 존재하지 않아서 낮은 수치를 보인 것이다. 전체적으로 볼 때 요구르트의 전반적인 기호도(overall acceptability)는 맛(taste)의 영향을 가장 크게 받는 것으로 나타났다.

표준시료의 높은 산도(0.948%, Table 3 참조)에 비하여 당 첨가 시료의 산도(0.167-0.485%, Table 3 참조)가 매우 낮음에도 불구하고 이들 시료에서도 커드가 형성되고 특히 포도당, 과당 첨가 시료의 경우 커드의 경도가 표준시료와 큰 차이가 없는 이유는 당 첨가 시료에 가열과 산에 의하여 응고되기 쉬운 난백분말이 들어 있기 때문이라고 생각된다. 난백과 난황은 가열, 산 또는 알칼리의 첨가, γ 선 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

Table 4. Effect of additives on sensory properties of yogurt prepared from milk or mixture of EWP, casein and sugar¹⁾

	Milk (Reference) ²⁾	Additive		
		Glu 2%	Fru 2%	Lac 2%
Overall acceptability	5.00 ^{ab}	4.83 ^b ± 0.35	5.04 ^a ± 0.46	4.00 ^c ± 0.29
Taste	5.00 ^b	5.04 ^{ab} ± 0.49	5.27 ^a ± 0.51	3.93 ^c ± 0.37
Odor	5.00 ^a	5.00 ^a ± 0.21	5.00 ^a ± 0.21	4.70 ^b ± 0.46
Texture	5.00 ^a	4.50 ^b ± 0.26	4.48 ^b ± 0.23	4.08 ^c ± 0.50

1) Samples 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. 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: Curd yogurt prepared from milk fermented with *L. acidophilus* for 16.5 hr.

유동성이 소실되려면 80°C 이상의 온도가 필요하다¹⁹⁾. 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 이루어졌으며, 당 첨가 시료 가운데 유당 첨가 시료의 경도가 현저히 낮은 것은 이 시료의 산도가 현저히 낮기 때문이라고 생각된다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 본 연구에서 시도된 난백분말과 카제인으로 만든 호상의 요구르트 가운데 일부는 관능성이 비교적 우수하므로 식품산업체에서 새로운 기능성 식품으로 개발될 수 있는 가능성이 높다고 생각되며, “난백분말과 카제인을 이용한 호상요구르트의 제조”는 앞으로도 연구를 계속할 가치가 있는 실험 주제라고 사료된다.

4. 요구르트의 휘발성 향기 성분

Table 5는 *L. acidophilus*로 접종한 직후(0 hr)와 발효시킨 후(24 hr)의 호상요구르트의 휘발 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.

당 첨가 시료의 경우는 acetoin은 생성되지 않았으며, ethanol과 diacetyl은 접종 직후에는 존재하지 않았으나 24시간 발효에 의해 생성되었으며, acetone은 0시간보다 24시간 후에 다소 증가하고, butanol은 감

소하였다.

우유 시료와 당 첨가 시료의 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. 당 시료 사이에서는 (i) 3시료의 발효 전 acetone 함량이 큰 차이가 없고 발효 후에는 이들이 다소 증가하였으며, (ii) 발효 후의 diacetyl 함량도 큰 차이가 없으나, (iii) 발효후의 ethanol 함량이 유당 첨가 시료에서 다소 높았다.

Acetone은 우유와 MRS broth에서 유래된 것이므로²⁰⁾, 우유 0시간 시료가 당 첨가 시료보다 높은 것이며 우유 0시간 시료 3.714 ppm이 24시간 발효 후에 2.767 ppm으로 감소한 것은 발효중에 일부가 휘발된 것으로 생각된다. 당 첨가 시료의 acetone 함량이 발효 후에 다소 증가한 것은 젖산균 발효에 의해서도 acetone이 소량 생성되는 것을 의미한다. 우유 시료와 당 시료는 성분이 다르므로 acetone의 생성량이 다를 뿐만 아니라, 형성된 커드의 구조도 다르기 때문에 발효 도중에 acetone의 휘발되는 정도도 다를 것으로 설명된다.

Ethanol은 일부는 우유에서 유래되었으나²⁰⁾, 대부분이 발효에 의하여 생성된 것이므로 우유 시료는 0시간에 1.283 ppm이 존재하였으나 당 첨가 시료에는 0시간에 나타나지 않았고, 또한 당 첨가 시료에서는 젖산균의 생육이 낮으므로 24시간 시료의 함량이 우유 시료 24시간보다 낮은 것으로 설명된다.

Diacetyl은 발효에 의해서만 생성되므로 모든 시료에서 24시간에만 나타났다. Butanol은 MRS broth에서 유래된 것으로서²⁰⁾, 24시간 발효 과정에서 일부 휘발되어 발효 후에 함량이 감소된 것이며, acetoin은 우유에 함유된 구연산(0.07-0.4% 범위)에서 만들어지므로²¹⁾, 우유

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

		Acetone		Ethanol		Diacetyl		Butanol		Acetoin	
		0 hr	24 hr	0 hr	24 hr	0 hr	24 hr	0 hr	24 hr	0 hr	24 hr
Milk (control)		3.714	2.767	1.283	10.162	- ²⁾	2.088	3.707	3.115	-	64.903
		±0.501	±0.514	±0.037	2.578		±1.808	±0.420	±0.445		±16.257
A d d i t i v e	Glu 2%	0.292	0.382	-	4.672	-	1.762	4.384	3.544	-	-
		±0.029	±0.012		±0.331		±0.129	±0.522	±0.470		
	Fru 2%	0.300	0.428	-	4.084	-	2.167	±4.236	3.604	-	-
		±0.056	±0.060		±0.405		±0.416	±0.555	±0.741		
	Lac 2%	0.342	0.423	-	6.622	-	1.978	3.984	3.561	-	-
		±0.043	±0.042		±0.769		±0.558	±0.533	±0.828		

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.

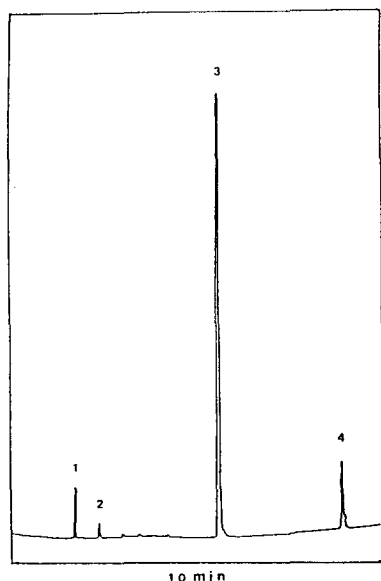


Fig. 4. GC chromatogram of volatile aroma compounds in 0 hr sample prepared from mixture of EWP, casein and glucose.

2, acetone; 3, n-propanol; 4, butanol.

가 들어 있지 않은 당 첨가 시료에서는 나타나지 않은 것으로 설명된다.

Fig. 4는 포도당 첨가 시료 0시간의 chromatogram으로 4개의 피크가 나타났는데 이 가운데서 성분이 확인된 피크는 2번(acetone), 3번(n-propanol)과 4번(butanol)이며, 1번(1.855 min)은 성분이 확인되지 않았다. Fig. 5는 포도당 첨가 시료 24시간의 chromatogram으로 6개의 피크가 나타났는데, 이 가운데서 성분이 확인된 것은 2번(acetone), 3번(ethanol), 4번(diacetyl), 5번(n-propanol) 및 6번(butanol)이며, 1번(1.876 min)은 성분이 확인되지 않았다. 0시간 시료와 24시간 시료를 비교해 보면, 0시간에는 나타나지 않았던 ethanol과 diacetyl 피크가 24시간에 나타났다.

본 실험에서 사용된 *L. acidophilus*(KCTC 2182)는 시료에 따라서 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 있다²²⁾. 본 실험에서 시료에 따라 원래 존재하거나, 또는 발효 도중에 소량 생성된 acetone은 요구르트의 전반적인 향기에 다소 기여하지만, MRS broth에서 유래된 butanol

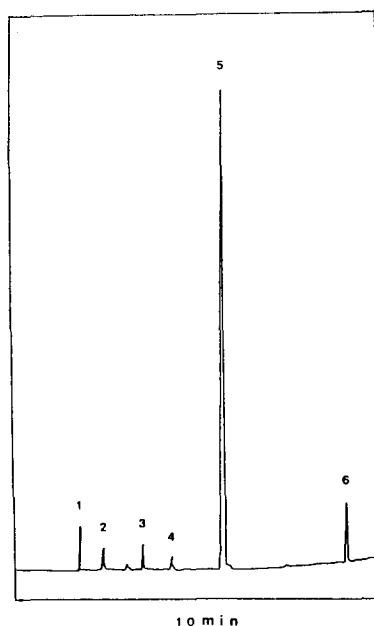


Fig. 5. GC chromatogram of volatile aroma compounds in 24 hr sample prepared from mixture of EWP, casein and glucose.

2, acetone; 3, ethanol; 4, diacetyl; 5, n-propanol; 6, butanol.

은 요구르트의 향기에 도움이 되지 않는 것으로 알려져 있다²²⁾. Acetaldehyde, 휘발성 지방산, 2-butanone도 요구르트의 향기에 기여한다고 알려져 있으나²²⁾, 본 실험에서는 확인되지 않았다.

문헌⁽²²⁻²⁴⁾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 생생대사산물에 차이가 있으며²⁵⁾, 젖산균의 발효 기질이 다르다는 점(우유 시료; 난백, 카제인, 당 혼합 시료), 뿐만아니라 휘발 성분의 채취 및 분석 방법에도 문헌의 방법과는 차이가 있기 때문이라고 생각된다.

IV. 요약

본 연구에서는 난백분말과 카제인에 당(포도당, 과당, 유당)을 첨가하고 젖산균(*Lactobacillus*)으로 발효시키면서 첨가된 당이 젖산균의 산생성과 생육, 요구르트의 관능성 및 휘발성 향기 성분에 미치는 영향을 조사하였다. 난백분말 2%(W/V)와 카제인 3%(W/V)에 당 0.5, 1 또는 2% (W/V)를 첨가하고 *L. acidophilus*로 발효하여 만든 시료에서 젖산균의 산생성은 우유 시

료(대조군)보다 낮았으며, 포도당과 과당은 1%와 2%가 0.5%보다 산생성이 높았으나, 유당은 당 농도에 의하여 차이를 보이지 않았다. 한편 *L. acidophilus*의 생균수는 우유 시료가 24시간 발효 후에 3.6×10^8 인 데 비하여, 2%(W/V)의 포도당 또는 과당을 첨가한 시료는 $5.6-6.0 \times 10^8$ 으로 낮았으며, 유당 첨가 시료는 3.2×10^7 으로 가장 낮았다. 우유 시료와 당 첨가 시료를 *L. acidophilus*로 30시간 발효시키면서 산생성과 생육을 관찰했을 때, 쏘 실험 시간에 걸쳐서 우유 시료의 산생성과 생균수가 높았다. 관능검사의 결과(*L. acidophilus* 16.5 hr 발효)를 보면 우유 시료(표준시료)보다 과당 첨가 시료는 다소 우수하였으나, 유당 첨가 시료는 현저하게 저조하였다. *L. acidophilus*는 시료에 따라서 다소 차이는 있으나 발효 과정에 acetone, ethanol, diacetyl, acetoin을 생성하였다.

참고문헌

1. 한국유가공협회 편집부: 유업통계, 우유, 통권 제 60호, 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. *Journal of Food Science*, **49**: 1444 (1984).
4. 김창한, 하정옥, 김시관: 유산균에 의한 낱의 발효에 관한 연구, 제 1보: 발효란 중의 유산균수, 적정산도 및 pH 변화, 한국식품과학회지, **15**(2): 118 (1983).
5. 김창한, 하정옥, 김시관: 유산균에 의한 낱의 발효에 관한 연구, 제 2보: 발효란 중의 단백질 변화, 한국식품과학회지, **15**(2): 123 (1983).
6. 강양진, 조현희: 발효식품 제조법, 특허공보 제 303호 (1977).
7. 고영태: 난백분말의 첨가가 호상요구르트에서 젖산균의 산생성과 요구르트의 품질에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **27**(4): 458 (1995).
8. 고영태, 경현민: 난백분말 첨가 우유에서 젖산균의 산생성, 요구르트의 관능성 및 휘발성 향기 성분의 경시적인 변화, 한국식품과학회지, **27**(4): 612 (1995).
9. 고영태, 이은주: 난백분말과 카제인을 이용한 요구르

트의 제조, 한국식품과학회지, **28**, (1996) 게재예정.

10. 고영태: 두유에 첨가된 유제품이 젖산균의 산생성과 대두요구르트의 품질에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **22**(2): 183 (1990).
11. Larmond, E.: *Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food*. Canada Department of Agriculture, Ottawa, p. 31 (1977).
12. 김경희, 고영태: 우유와 곡류를 이용한 요구르트의 휘발성 향기성분, 한국식품과학회지, **25**(2): 136 (1993).
13. 박승국: 향 연구란 무엇이며 어떻게 하는가? 식품과학과 산업, **24**(4): 88 (1991).
14. 영인과학: GC Workshop 교재집. 영인과학, 서울 (1991).
15. University of Georgia: *PC-STAT*. University of Georgia, USA (1985).
16. Walstra, P. and Jenness, R.: *Dairy Chemistry and Physics*. John Wiley and Sons, New York, p.2 (1984).
17. Buchanan, R.E. and Gibbons, N.E.: *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 8th ed., The Williams and Willikins Co., Baltimore, p. 576 (1974).
18. Walstra, P. and Jenness, R.: *Dairy Chemistry and Physics*. John Wiley and Sons, New York, p. 194 (1984).
19. 안효일, 김형기, 이성갑, 양철영, 양종범, 윤원호: 축산식품가공학. 세진사. 서울, p. 335 (1990).
20. 김경희: 우유와 곡류를 이용한 요구르트의 제조에 관한 연구. 덕성여자대학교 박사학위논문 (1993).
21. 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).
22. Rasic, J.L. and Kurmann, J.A.: *Yogurt*. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, p. 90 (1978).
23. 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).
24. Tamine, A.Y. and Robinson, R.K.: *Yogurt: Science and Technology*. Pergamon Press, Oxford, p. 300 (1985).
25. Rasic, J.L. and Kurmann, J.A.: *Yogurt*. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, p. 92 (1978).

(1996년 3월 2일 접수)