

우유와 과즙으로 만든 발효유의 동결건조

고영태 · 오미화
덕성여자대학교 식품영양학과

Freeze Drying of Fermented Milk Prepared from Milk and Fruit Juices

Young-Tae Ko and Mi-Hwa Oh

Department of Foods and Nutrition, Duksung Women's University

Abstract

Fermented milk was prepared from milk or mixture of milk and apple juice/grape juice, and it was freeze dried. pH change and growth of *Lactobacillus acidophilus* (KCTC 2182) during freeze drying were studied. The effects of freeze drying on sensory evaluation and volatile aroma compounds in freeze dried sample or reconstituted sample were also studied. Freezing and freeze drying did not affect pH of fermented milk. Number of viable cells of *L. acidophilus* was markedly reduced during freezing or freeze drying. When number of viable cells in original fermented milk was considered as 100%, survival ratio of viable cells after freezing was 64.5~85.2% and that after freeze drying was 10.0~21.1%. When sensory properties of original fermented milk prepared from juice-milk (ratio 15:35) were compared with those of freeze dried/reconstituted sample, sensory properties of original sample were better than those of freeze dried/reconstituted sample. Ethanol, diacetyl, butanol and acetoin were detected in all of original samples and freeze dried/reconstituted samples while acetone was detected in samples containing high amount of grape juice. Volatile aroma compounds in original fermented milk were reduced during freeze drying. *L. acidophilus* produced ethanol, diacetyl and acetoin during fermentation.

Key words: fermented milk, *Lactobacillus*, apple juice, grape juice, freeze drying

서 론

우리나라의 1997년 발효유 생산량은 655,000톤으로 유제품 가운데 시유 다음으로 높은 생산 실적을 보였다¹⁾.

발효유 또는 요구르트는 액상이거나 유체상이며, 부패하기 쉽기 때문에 반드시 냉장고에 보관해야 하고, 냉장고에 보관된 발효유의 경우에도 보존 기간이 수일 내지는 일주일 정도에 지나지 않는다. 만약 분말, 고체 또는 과립상태의 발효유를 제조할 수 있다면 발효유의 저장 기간을 훨씬 늘릴 수 있으며, 다른 식품과 혼합하여 사용하기에 용이하다는 잇점이 있으므로 새로운 기능성 식품의 개발에 큰 도움이 될 것이다.

건조 발효유의 제조에 관한 연구는 Kim과 Bhowmik²⁾

의 "우유요구르트의 분무 건조 과정에 있어서 젖산균의 생존도"에 관한 논문이 발표된 바 있는데, 그 내용은 건조에 의한 젖산균의 생존수 변화를 관찰한 것이며, 건조에 의하여 발효유의 품질(예: 관능성 등) 변화와 건조시에 일어날 수 있는 휘발성 향기 성분의 변화에 관한 측면은 다루지 않았다. 따라서 본 연구에서는 발효유의 동결에 의하여 젖산균 생존수의 변화, 관능성의 변화 및 휘발성 향기 성분의 변화 등을 조사하는 것을 연구 목적으로 하였다.

Ko와 Kang^{3,4)}은 사과주스와 포도주스를 각각 우유와 여러가지 비율로 혼합한 기질에 젖산균을 접종하여 발효유를 만든 후, 과즙-우유 혼합 기질에서 젖산균의 생육과 산생성, 관능성 및 휘발성 향기 성분의 변화를 조사한 바 있다. 본 논문에서는 과즙-우유 혼합 기질로 만들어진 발효유를 동결건조하고, 동결건조 전과 후의 생존수, pH의 변화, 관능성 및 휘발성 향기 성분의 변화 등을 조사하여 얻은 결과의 일부를 보고하는 바이다.

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

재료 및 방법

재료 및 시약

발효유 제조의 원료로 시유(매일유업), 무가당 100% 사과즙(해태음료), 무가당 100% 포도즙(해태음료)를 사용하였다. 휘발성 향기 성분 분석의 표준물질로는 acetone, n-propanol, butanol (특급, Junsei Chemical Co., Japan), ethanol (GC용, 99.8%, Merck Co., F.R. Germany), diacetyl (특급, Tokyo Kasei Co., Japan) 및 acetoin (GC용, 98%, Fluka Chemie, Switzerland)을 사용하였다.

사용균주

연구실에 보존중인 *Lactobacillus acidophilus* (KCTC 2182) 균주를 사용하였으며 젖산균의 보존용 배지로는 MRS 한천배지 (Difco Lab., USA)를 사용하였다.

발효유의 제조

우유 50 mL을 대조군으로 하고(VII), I. 사과즙 25 mL:우유 25 mL, II. 사과즙 15 mL:우유 35 mL, III. 사과즙 5 mL:우유 45 mL, IV. 포도즙 25 mL:우유 25 mL, V. 포도즙 15 mL:우유 35 mL, VI. 포도즙 5 mL:우유 45 mL의 비율로 혼합한 후, MRS 액체배지에서 24시간 배양한 젖산균 배양액을 1% (V/V)의 비율(10^7 CFU/mL 수준)로 접종하여 40°C의 항온기에서 21시간 발효시켰다.

발효유의 동결 및 동결건조

준비된 발효유는 300 mL의 cell(주. 일신랩. FB-0300)에 25 mL를 넣은 후, 크린랩(주. 크린랩)으로 덮고 -70°C의 냉동고(Forma Scientific, Inc., Model 917)에서 50분간 동결시킨 후, 동결건조기(주. 일신랩, Model FD-5505P)로 실온(25~29°C)에서 응축기 온도 -50°C, 압력 10 mmTorr의 조건하에서 시료에 따라 24~30시간 동결건조시켰다. 건조가 완료된 시료는 cell에 담긴 상태에서 크린랩에 덮어 시료로 사용할 때까지 5°C의 냉장고에 보관하였다. 고체 상태의 시료를 필요로 하는 경우에는 동결건조된 시료를 그대로 사용하였고, 액체 상태의 시료가 필요한 경우에는 30°C의 살균수로 還元하여 사용하였다. 환원을 위하여 첨가된 살균수는 동결건조 전의 cell 및 액체 시료의 중량과 동결건조 후의 cell 및 건조 시료의 중량의 차이로 산정하였다. 고체 상태의 시료는 일부 관능검사의 경우에만 사용하였고, 모든 다른 실험에서는 액체 상태로 환원시킨 시료를 사용하였다.

발효유의 동결 및 解凍

발효유의 동결 방법은 동결건조의 경우와 동일하고, 해동은 실온(25~29°C)에 90분간 방치하여 완전히 녹인 후 시료로 사용하였다.

젖산균의 생육과 pH 측정

젖산균의 생육과 pH를 조사하기 위하여 발효가 완료된 발효유 또는 환원시킨 액상 발효유로부터 일정량의 시료를 취하여 생균수, pH를 측정하였다. 측정방법은 Ko⁽⁶⁾가 사용한 방법과 같다.

액상 발효유와 동결건조된 고체 상태 발효유의 관능성 검사

시료의 발효 시간은 예비실험의 결과를 참고하여 pH 및 생균수의 변화, 발효유의 커드 상태, 酸味, 액체(상등액)의 분리 상태 등을 고려하여 21시간으로 하였다. 액상 시료는 50 mL의 종이컵에 30 mL씩 넣은 후 parafilm (American National Can, USA)으로 덮은 후 *L. acidophilus*로 발효시켰다. 원래의 발효유는 발효 완료 후 냉장고에서 1일 방냉한 것, 동결건조 시료는 동결건조 후 환원된 시료를 사용하였다. 고체 상태의 발효유가 필요한 경우에는 동결건조시킨 후 환원하지 않은 시료를 사용하였다. 관능검사방법은 多重比較試驗⁽⁶⁾ 또는 嗜好尺度法⁽⁶⁾에 준하였으며, 8명의 검사원을 예비실험을 통해 미리 훈련시킨 후 3일간 3회에 걸쳐 검사를 실시하였다.

발효유의 휘발성 향기 성분 분석

발효유의 휘발성 향기 성분은 Kim과 Ko⁽⁷⁾, Park⁽⁸⁾, GC workshop 교재집(영인과학)⁽⁹⁾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 53°C의 pair stirrer (Eyela, PS-100, Japan)에서 20분간 교반하였다. 발생한 headspace gas를 5 mL gas tight syringe (Hamilton Co., USA)로 1 mL 취하여 HP 6890 Series gas chromatograph (Hewlett Packard Co., USA)로 분석하였다. 표준 물질을 사용하여 머무름시간(retention time)을 비교하여 피크를 확인하고 HP ChemStation (Revision A.05.01, 1997)으로 계산된 표준시료와 시료의 해당 향기 성분의 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 53°C의 pair stirrer (Eyela, PS-100, Japan)에서 20분간 교반하였다. 표준시료로부터 발생한 headspace gas를 1 mL 주입시켜 얻어진 피크의 면적과 시료의 해당 향기 성분 피크 면적을 비교하여 계산하였고, 여기에 표준시료 중의 n-propanol의 면적과 시료 중의 n-propanol의 면적비인 회수율의 역수를 곱하여 정량하였다. 실험은 2회 반복 실시하고 매회 12회 이상 주입하였으며 gas chromatograph의 분석조건은 Ko와 Kang⁶⁾의 방법과 같다.

자료의 처리 및 분석

실험의 결과는 PC-STAT (University of Georgia, USA) software¹⁰⁾를 사용하여 F-test (ANOVA와 최소 유의차 검정) 또는 t-test로 통계처리하였다.

결과 및 고찰

동결과 동결건조가 발효유의 pH와 젖산균 생균수에 미치는 영향

Table 1은 동결(freezing)과 동결건조(freeze drying)가 발효유의 pH와 *Lactobacillus acidophilus* (KCTC 2182)의 생균수에 미치는 영향에 관한 결과이다. 동결

전 발효유의 pH는 3.92~4.47, 동결 후에는 3.89~4.53, 동결건조 후에는 3.90~4.50으로 거의 변화가 없었다. 생균수는 동결 전의 균수를 100%로 했을 때, 동결 후의 생존율은 64.5~85.2%, 동결건조 후의 생존율은 10.0~21.1%이고, 동결 전과 후에는 I, II와 VII을 제외한 나머지 시료가 유의적인 차이를 보였으며(p > 0.05), 동결건조 전과 후의 시료는 모두 유의적인 차이를 보였다(p > 0.05). 이상의 결과로 보면 동결 또는 동결건조에 의하여 발효유의 pH는 거의 변화가 없으나, 생균수는 동결, 특히 동결건조 도중에 급격히 감소하는 것으로 판단된다. 동결 도중에 생균수가 감소한 이유는 본 실험의 낮은 동결 온도(-70°C)에서 세균 세포막의 지질이 硬化되어 저온에 약한 일부 세균들의 세포막이 손상되고¹¹⁾, 아울러 저온에서 결빙된 수분 입자의 부피 팽창으로 균체가 손상되었기 때문이라고 생각된다. 동결건조에 의한 생균수의 감소는 여러가지 복합적인 원인이 있겠지만, 진공에 가까운 압력(10 mmTorr)과 장시간의 건조(24~30 hr)에 균체가 노출되어 일부 생존력이 약한 균체의 사멸을 초래한 것으로 추측된다. 그러나 상세한 것은 앞으로의 실험에 의하여 확인되어야 할 과제이다.

Kim과 Bhowmik¹²⁾은 우유요구르트를 액체 질소로 급속 동결한 후, 실온, 50 μmHg 압력의 조건하에서 50시간 동결건조시켰을 때, 요구르트 중의 *L. bulgaricus*의

Table 1. Effects of freezing and freeze drying on pH change and survival of *L. acidophilus* in milk or mixture of milk and apple/grape juice

No.	Sample ratio		pH ¹⁾			Viable cell count ²⁾ (CFU/mL)		
	Juice	Milk	Before freezing	After freezing	After freeze drying	Before freezing (× 10 ⁸)	After freezing (× 10 ⁸)	After freeze drying (× 10 ⁸)
I	Apple 25	25	4.04	4.03	4.04	1.7 ^a ± 0.38 (100%)	1.4 ^a ± 0.51 (82.4%)	2.4 ^b ± 1.04 (14.1%)
II	Apple 15	35	4.08	4.07	4.09	2.9 ^a ± 1.01 (100%)	2.3 ^b ± 1.31 (79.3%)	2.9 ^b ± 0.96 (10.0%)
III	Apple 5	45	4.20	4.18	4.21	2.0 ^a ± 0.51 (100%)	1.6 ^b ± 0.21 (80.0%)	3.9 ^c ± 2.40 (19.5%)
IV	Grape 25	25	3.92	3.89	3.90	2.5 ^a ± 1.12 (100%)	1.8 ^b ± 0.64 (72.0%)	5.1 ^c ± 2.62 (20.4%)
V	Grape 15	35	4.02	3.96	3.98	2.7 ^a ± 0.83 (100%)	2.3 ^b ± 0.85 (85.2%)	5.7 ^c ± 3.56 (21.1%)
VI	Grape 5	45	4.21	4.29	4.22	3.1 ^a ± 0.89 (100%)	2.0 ^b ± 0.56 (64.5%)	3.2 ^c ± 1.37 (10.3%)
VII	Juice 0	50	4.47	4.53	4.50	2.9 ^a ± 0.81 (100%)	2.2 ^a ± 0.77 (75.9%)	3.9 ^b ± 0.97 (13.5%)

¹⁾Median values of seven or more replications.

²⁾Mean values of seven or more replications.

^{a-c}Any two means in a row not followed by the same letter are significantly different at the 5% level.

균수가 대략 1/100 정도로 감소하였다. 이와 같은 결과는 본 연구의 결과보다 동결건조에 의한 생균수 감소율이 훨씬 높은 것이다. 그 이유는 Kim과 Bhowmik⁽²⁾의 실험에서 급속 동결제로 사용한 액체질소가 본 실험의 동결 조건(-70°C) 보다 균체의 손상을 많이 초래하였기 때문이라고 사료된다.

동결건조된 시료의 형태와 색상

Fig. 1은 동결건조된 시료의 형태와 색상을 보여주는 칼라사진으로, 동결건조된 시료는 원래의 발효유 또는 還元된 시료와 비교하여 볼 때, 색상은 다소 진하고, 일반적으로 대부분의 동결건조 제품이 그러하듯이 다공성, 비늘 모양의 미세 조직, 부서지기 쉬운 고체의 형태를 나타냈고, 우유 시료와 비교하여 과즙이 함유된 시료, 특히 과즙 함량이 높은 시료는 gel화된 軟質의 특유한 점성과 조직감을 나타냈다.

동결건조 후 환원된 발효유의 기호성

Table 2는 발효유 시료 I~VII을 동결건조시킨 후 다시 살균수로 환원하여 물리적인 특성과 기호성을 관찰한 것이다. 환원된 시료의 형태(appearance)는 동결건조 전의 발효유보다 다소 거칠다는 느낌을 주는 입자가 유체 상태를 이루고 있었으며, 환원 직후에는 상등액의 분리가 없었으나, 18시간 후에는 6~15%에서 27~37%까지 상등액이 분리하였고, 분리의 정도는 과

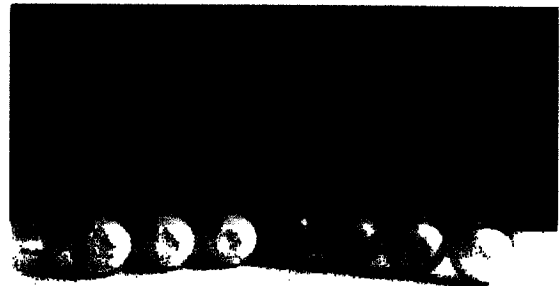


Fig. 1. Photograph of freeze dried fermented milk prepared from milk or mixture of milk and apple/grape juice. From left 1 (Apple-Milk 25 : 25), 2 (Apple-Milk 15 : 35), 3 (Apple-Milk 5 : 45), 4 (Grape-Milk 25 : 25), 5 (Grape-Milk 15 : 35), 6 (Grape-Milk 5 : 45) and 7 (Milk 50).

즙의 혼합 비율이 높을수록 증가하는 경향을 보였다. 냄새(odor)는 모든 시료가 각각 특유한 냄새를 나타냈으며, 동결건조 전의 시료와 큰 차이는 없었다. 酸味는 동결건조로 변화가 거의 없었고, 우유시료보다 과즙 시료의 산미가 다소 낮은 것은 Ko와 Kang⁽³⁾이 지적한 바와 같이 주스에 함유된 과당, 포도당 등의 甘味에 의한 것으로 설명된다. 色相은 함유된 과즙의 종류와 비율에 따라 모든 시료가 각각 특유의 색상을 나타냈으며, 동결건조 전의 시료와 큰 차이가 없었다.

Table 2. Effects of freeze drying on organoleptic properties of fermented milk prepared from milk or mixture of milk and apple/grape juice¹⁾

No.	Sample ratio		Appearance	Supernatant separation		Odor	Acid taste ⁴⁾	Color
	Juice	Milk		0 hr ²⁾	18 hr ³⁾			
I	Apple 25	25	Fluid	None	22~28%	Apple yogurt smell	4.0~4.2	Less milky white
II	Apple 15	35	Fluid	None	12~21%	Weak apple yogurt smell	4.3~4.7	Slightly milky white
III	Apple 5	45	Fluid	None	6~15%	Milk yogurt smell	5	Milky white
IV	Grape 25	25	Fluid	None	27~37%	Grape yogurt smell	4~4.3	Violet
V	Grape 15	35	Fluid	None	13~27%	Grape yogurt smell	4.5~4.7	Slightly violet
VI	Grape 5	45	Fluid	None	11~24%	Grape & Milk yogurt smell	4.9~5	Slightly violet-tinted milky white
VII	Juice 0	50	Fluid	None	16~22%	Milk yogurt smell	5	Milky white

¹⁾Samples were prepared from milk and juice fermented with *L. acidophilus* for 21 hr, freeze dried and reconstituted with water.

²⁾0 hr: Measured immediately after reconstitution.

³⁾18 hr: Measured after 18 hr standing in test tube (diameter 1.8 cm) at 5°C.

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

관능성 검사

Table 3은 사과즙스-우유의 혼합 비율이 15:35인 기질로 만든 발효유(A)와 동일한 발효유를 동결건조-환원한 시료(B)의 관능성을 嗜好尺度法에 따라 비교한 결과이다. 전반적인 기호도는 A 시료가 6.18, B 시료가 5.70으로 A 시료가 유의적으로 우수하였으며($p > 0.01$), 맛(taste)과 조직감(texture)도 A 시료가 B 시료보다 우수하였다. 한편 향(odor)과 색상(color)은 두 시료 사이에 차이가 없었다. Table 4는 포도즙스-우유의 혼합 비율이 15:35인 기질로 만든 발효유 (A)와 동일한 발효유를 동결건조-환원한 시료(B)의 관능성을 비교한 결과이다. 전반적인 기호도는 A 시료가 6.30, B 시료가 5.70으로 A 시료가 유의적으로 우수하였으며 ($p > 0.01$), 맛, 향, 조직감, 색상의 경우도 A 시료가 B 시료보다 우수하였다. 이상의 결과를 종합하여 보면, 동결건조 전의 시료 (A)가 후의 시료 (B)보다 관능성이 우수하며, 이와 같은 경향은 포도즙스-우유 혼합 시료의 경우에 보다 현저한 것으로 나타났다. 동결건

조-환원된 시료는 앞에서 언급한 바와 같이 다소 거칠게 보이는 유체의 형태를 나타내어 시각적으로 기호도가 떨어지고, 미각적인 면에서도 다소 거칠다는 느낌을 주었으며, 동결건조로 휘발성 향기 성분이 감소한 것도 관능성 저하의 한 원인이 된 것으로 해석된다. 두 시료의 조직감이 같지 않다는 점도 동결건조 전의 원래의 발효유에만 익숙한 검사원들에게는 동결건조-환원된 시료의 선호도를 낮게 판정하는데 영향을 준 것 같다. 그러나 이와 같은 단점은 동결건조-환원된 시료를 균질화하여 입자를 동결건조 전의 시료와 같이 미세화하면 크게 개선될 것으로 기대된다. 포도즙스-우유 시료의 관능성이 동결건조에 의하여 사과즙스-우유 시료보다 더 저하한 것은 원래 향기가 진한 포도즙스의 향기 성분이 동결건조로 현저하게 감소하고, 시료의 성격상 사과즙스 시료보다 포도즙스 시료에서 동결건조에 의한 색상의 변화를 보다 확실하게 검사원들이 감지할 수 있었기 때문이라고 생각된다.

Table 3. Comparison of sensory properties of (A) fermented milk prepared from milk/apple juice and (B) those of reconstituted fermented milk prepared from milk/apple juice

	(A) Fermented milk prepared from milk/apple juice ¹⁾	(B) Reconstituted fermented milk prepared from milk/apple juice ¹⁾
Overall acceptability	6.18±0.76*** ²⁾	5.70±0.80
Taste	6.20±0.80**	5.73±0.83
Odor	6.00±0.71	5.98±0.70
Texture	6.00±0.69**	5.60±0.74
Color	5.55±0.50	5.55±0.50

¹⁾Ratio of substrate: milk/apple juice 35/15.

²⁾ $p > 0.01$.

Table 4. Comparison of sensory properties of (A) fermented milk prepared from milk/grape juice and (B) those of reconstituted fermented milk prepared from milk/grape juice

	(A) Fermented milk prepared from milk/grape juice ¹⁾	(B) Reconstituted fermented milk prepared from milk/grape juice ¹⁾
Overall acceptability	6.30±0.80*** ²⁾	5.70±0.71
Taste	6.35±0.84**	5.75±0.75
Odor	6.23±0.87* ³⁾	6.13±0.85
Texture	6.25±0.81**	5.45±0.89
Color	6.13±0.74*	5.98±0.60

¹⁾Ratio of substrate: milk/grape juice 35/15.

²⁾ $p > 0.01$.

³⁾ $p > 0.05$.

Table 5는 사과즙스-우유 혼합 기질로 만든 발효유를 동결건조시킨 고체상의 시료 3종과 동결건조시킨 우유 시료(표준시료:reference)의 관능성을 비교한 결과이다. 전반적인 기호도는 사과즙스-우유 15:35 시료가 가장 우수하였으며($p > 0.05$), 다른 사과즙스-우유 혼합 시료의 경우도 표준시료보다 관능성이 저조하지는 않았다. 이와 같은 결과는 혼합시료의 맛, 냄새가 표준시료보다 대체적으로 우수하다는 것을 의미한다. Table 6은 포도즙스-우유 혼합 기질로 만든 발효유 3종과 우유로 만든 발효유를 동결건조하여 관능성을 비교한 결과이다. 전반적인 기호도는 포도즙스-우유 15:35 시료

Table 5. Sensory properties of freeze dried fermented milk prepared from milk or mixture of milk and apple juice¹⁾

	Milk (Milk 50)	Ratio of apple juice to milk		
		25:25	15:35	5:45
Overall acceptability	5.00 ^b	5.03 ^b ±0.34	5.50 ^b ±0.23	5.10 ^b ±0.21
Taste	5.00 ^c	5.83 ^a ±0.41	5.60 ^b ±0.31	5.18 ^c ±0.24
Odor	5.00 ^c	5.83 ^a ±0.37	5.53 ^b ±0.26	5.10 ^c ±0.21
Texture	5.00 ^a	4.40 ^c ±0.21	4.73 ^b ±0.26	5.00 ^a
Color	5.00 ^a	4.30 ^c ±0.30	4.78 ^b ±0.26	5.00 ^a

¹⁾Samples were prepared from milk and juice fermented with *L. acidophilus* for 21 hr.

^{a-c}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.

Table 6. Sensory properties of freeze dried fermented milk prepared from milk or mixture of milk and grape juice

	Milk (Milk 50)	Ratio of grape juice to milk		
		25:25	15:35	5:45
Overall acceptability	5.00 ^d	5.55 ^b ±0.36	6.08 ^a ±0.44	5.20 ^c ±0.25
Taste	5.00 ^c	5.95 ^b ±0.56	6.35 ^a ±0.46	5.15 ^c ±0.24
Odor	5.00 ^b	6.10 ^a ±0.35	5.95 ^a ±0.36	5.05 ^b ±0.15
Texture	5.00 ^a	4.45 ^c ±0.15	4.90 ^b ±0.21	5.05 ^a ±0.15
Color	5.00 ^c	4.85 ^c ±0.76	5.83 ^a ±0.71	5.28 ^b ±0.55

^{a-d}See footnote in Table 5.

가 가장 우수하였으며(p > 0.05), 다른 혼합 시료의 경우도 표준시료보다 유의적으로 우수한 결과를 보였는데(p > 0.05), 이와 같은 결과는 혼합시료의 맛, 냄새가 표준시료보다 현저하게 우수하다는 것을 나타낸다.

Table 3~4의 결과로 보면, 동결건조·환원된 시료의 관능성이 동결건조 전의 발효유보다 저조하였으나, Table 5~6의 결과와 현재 진행 중인 다른 실험의 결과로 판단하면, 동결건조시킨 고체상의 발효유, 특히 과즙-우유 혼합 시료는 환원성이 뛰어나고 기호도가 우수하여 앞으로 새로운 젖산균 발효 제품 또는 기능성 식품으로 개발할 가치가 있다고 사료된다.

휘발성 향기 성분의 변화

Table 7~8은 동결건조 전의 발효유와 동결건조·환원된 발효유의 휘발성 향기 성분의 함량(ppm)과 동결건조 후의 회수율을 나타낸 것이다. Table 7을 보면 동결건조 전과 후의 모든 시료에서 ethanol, diacetyl, butanol, acetoin이 검출되었으며, 포도즙스 함량이 높은 IV와 V 시료에서는 acetone도 검출되었다. Table 8을 보면 동결건조에 의하여 모든 시료의 휘발성 향기

성분의 함량이 감소하는 경향을 보였는데 그 감소의 정도는 시료 별로 다소 차이가 있었다. 즉 휘발성이 높은 acetone의 회수율은 27.9~43.1%, ethanol의 회수율은 16.2~38.9%이고, 휘발성이 비교적 낮은 diacetyl의 회수율은 62.8~90.0%, butanol의 회수율은 44.8~75.0%, acetoin의 회수율은 32.0~52.3%로 대체적으로 휘발성이 높은 acetone과 ethanol이 휘발성이 비교적 낮은 diacetyl, butanol, acetoin 보다 낮은 회수율을 나타내어 동결건조에 의한 損失率이 높음을 시사하였다. 한편 과즙-우유 혼합 비율에 따른 차이를 보면, diacetyl의 경우를 제외한 나머지 향기 성분은 과즙 함량이 감소함에 따라 회수율도 대체적으로 감소하는 경향을 보였다. 우유시료의 향기 성분 회수율은 대체적으로 과즙 함량이 가장 낮은 III과 VI 시료의 회수율에 가까웠다. 본 실험에서 검출된 향기 성분 가운데 acetone은 포도즙스에서, ethanol은 주로 발효유와 포도즙스, 소량은 우유와 사과즙스에서, diacetyl은 발효유에서, butanol은 젖산균의 배지로 사용된 MRS broth에서, acetoin은 발효유에서 유래되었음을 blank test의 결과에서 확인하였다. 본 실험에서 검출된 향기 성분 가운데 젖산균 발효에 의하여 생성된 향기 성분은 ethanol, diacetyl, acetoin이며, acetone과 butanol은 젖산균 발효와는 무관하게 원래부터 기질에 존재하는 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 Ko와 Kang⁽⁴⁾, Kim과 Ko⁽⁷⁾, Ko와 Lee⁽¹²⁾의 결과와 경향이 대체로 유사한 것이었다. 그러나 이상의 결과는 본 실험에서 사용한 특정한 GC 칼럼과 본 연구실에서 운용되고 있는 특수한 분석 조건하에서 얻어진 것이므로, 분석 조건이 이와 다를 경우에는 다른 향기 성분도 검출될 가능성이 있다고 사료된다.

Fig. 2는 사과즙스-우유(25:25)로 만든 발효유의 휘발성 향기 성분의 GC chromatogram이며, Fig. 3은 동

Table 7. Composition of volatile aroma compounds in samples before and after freeze drying¹⁾ (unit: ppm)

No	Sample ratio		Acetone		Ethanol		Diacetyl		Butanol		Acetoin		
	Juice	Milk	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	
I	Apple	25	25	- ²⁾	-	3.93±0.84	1.53±0.42	4.07±0.93	3.08±0.79	0.39±0.07	0.28±0.06	32.01±9.09	16.70±7.73
II	Apple	15	35	-	-	7.78±1.18	2.49±0.23	3.76±0.58	2.36±0.49	0.32±0.04	0.24±0.03	29.92±6.04	13.24±2.38
III	Apple	5	45	-	-	11.87±2.66	2.56±0.33	1.40±0.27	1.05±0.33	0.29±0.06	0.13±0.02	14.03±4.96	6.30±1.72
IV	Grape	25	25	3.06±0.23	1.32±0.23	88.12±8.91	31.76±7.34	4.30±0.37	3.45±0.96	0.32±0.03	0.18±0.03	21.68±2.63	10.94±3.80
V	Grape	15	35	2.19±0.38	0.61±0.12	52.77±7.06	16.47±3.99	1.40±0.31	1.26±0.32	0.28±0.05	0.14±0.03	10.82±3.22	5.66±1.15
VI	Grape	5	45	-	-	26.47±3.07	4.28±0.32	0.72±0.11	0.59±0.17	0.26±0.03	0.12±0.02	7.96±2.61	4.03±1.27
VII	Juice	0	50	-	-	6.81±0.74	1.23±0.26	0.89±0.06	0.73±0.15	0.20±0.02	0.11±0.02	31.35±9.32	10.02±4.68

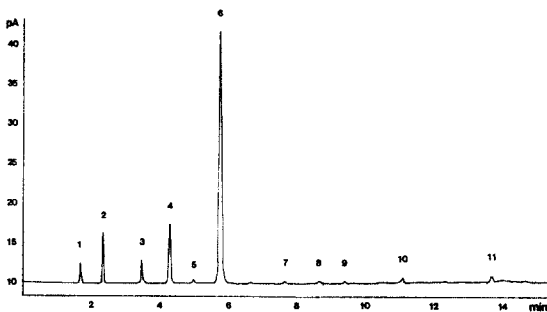
¹⁾Mean values and standard deviations of 18 or more replications.

²⁾- : Trace.

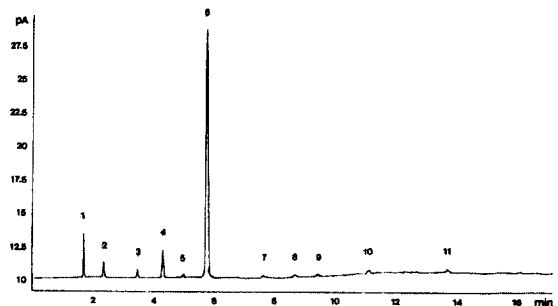
Table 8. Recovery ratio of volatile aroma compounds after freeze drying

(unit: %)

No	Sample ratio		Acetone	Ethanol	Diacetyl	Butanol	Acetoin
	Juice	Milk					
I	Apple 25	25	- ¹⁾	38.9	75.7	71.8	52.2
II	Apple 15	35	-	32.0	62.8	75.0	44.3
III	Apple 5	45	-	21.6	75.0	44.8	44.9
IV	Grape 25	25	43.1	36.0	80.2	56.3	50.5
V	Grape 15	35	27.9	31.2	90.0	50.0	52.3
VI	Grape 5	45	-	16.2	81.9	46.2	50.6
VII	Juice 0	50	-	18.1	82.0	55.0	32.0

¹⁾ - : Trace.**Fig. 2. GC chromatogram of volatile aroma compounds in fermented milk prepared from mixture of apple juice and milk (25 mL : 25 mL).**

1: unknown, 2: dodecanol, 3: ethanol, 4: diacetyl, 5: unknown, 6: n-propanol, 7: unknown, 8: unknown, 9: butanol, 10: unknown, 11: acetoin.

**Fig. 3. GC chromatogram of volatile aroma compounds in freeze dried/reconstituted sample prepared from mixture of apple juice and milk (25 mL : 25 mL).**

1: unknown, 2: dodecanol, 3: ethanol, 4: diacetyl, 5: unknown, 6: n-propanol, 7: unknown, 8: unknown, 9: butanol, 10: unknown, 11: acetoin.

일한 발효유를 동결건조-복원한 시료의 휘발성 향기 성분의 GC chromatogram이다. 먼저 Fig. 2를 보면 모두 11개의 피크가 나타났는데, 이 중에서 dodecanol (2), ethanol (3), diacetyl (4), n-propanol (6), butanol (9), acetoin (11)의 6개는 표준물질의 머무름시간과 비교하여 성분이 확인이 되었고, 5개의 피크(1,5,7,8,10)는 성분을 확인할 수 없었다. n-propanol은 내부표준물질 (internal standard)로 첨가한 것이며, dodecanol은 GC의 ChemStation이 원래부터 기억하고 있는 성분이다. 한편 Fig. 3을 보면 피크의 수와 패턴은 Fig. 2와 거의 유사하나, 피크의 높이가 감소하였음을 알수 있다(예: diacetyl 17.5 pA → 12.0 pA). 이와 같은 결과는 동결건조에 의하여 발효유의 휘발성 향기 성분이 감소한다는 Table 8의 결과와 일치하는 것이다. 5개의 미확인 성분을 확인하는 것이 앞으로 수행해야 할 과제이다.

요 약

본 연구에서는 과즙-우유 혼합 기질로 만들어진 발

효유를 동결건조하고, 동결건조 전과 후의 생균수, pH의 변화, 관능성 및 휘발성 향기 성분의 변화를 조사하였다. 동결 또는 동결건조에 의하여 발효유의 pH는 거의 변화가 없었으나, 생균수는 동결, 특히 동결건조 도중에 급격히 감소하였는데, 동결 전의 균수를 100%로 했을 때, 동결 후의 생존율은 64.5~85.2%, 동결건조 후의 생존율은 10.0~21.1%였다. 사과즙-우유의 혼합 비율이 15:35인 기질로 만든 발효유와 동일한 발효유를 동결건조-환원한 시료의 관능성을 비교했을 때, 동결건조 전의 시료가 후의 시료보다 관능성이 우수하며, 이와 같은 경향은 포도즙-우유 혼합 시료의 경우에 보다 현저하였다. 동결건조 전과 후의 모든 시료에서 ethanol, diacetyl, butanol, acetoin이 검출되었고, 포도즙 함량이 높은 시료에서는 acetone도 검출되었으며, 동결건조에 의하여 모든 시료의 휘발성 향기 성분의 함량이 감소하는 경향을 보였다. 본 실험에서 검출된 향기 성분 가운데 젓산균 발효에 의하여 생성된 향기 성분은 ethanol, diacetyl, acetoin 이었다.

감사의 글

본 연구는 1998년도 덕성여자대학교 교내 연구비 지원에 의하여 이루어진 연구의 일부로 덕성여자대학교에 깊이 감사드립니다.

문헌

1. Korean Association of Dairy Technologists: *Milk* (in Korean). Korean Association of Dairy Technologists, **19**(1), 58 (1998)
2. Kim, S.S. and Bhowmik, S.R.: Survival of lactic acid bacteria during spray drying of plain yogurt, *J. Food Sci.*, **55**(4), 1008-1010 (1990)
3. Ko, Y.T. and Kang, J.H.: The preparation of fermented milk from milk and fruit juices (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**(6), 1241-1247 (1997)
4. Ko, Y.T. and Kang, J.H.: Volatile aroma compounds of fermented milk prepared from milk and fruit juices (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **30**(1), 184-191 (1998)
5. Ko, Y.T.: Effects of milk products on acid production by lactic acid bacteria in soy milk and quality of soy yogurt (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**(2), 183-191 (1990)
6. Larmond, E.: *Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food*. Canada Department of Agriculture, Ottawa, p.31 (1977)
7. Kim, K.H. and Ko, Y.T.: Volatile aroma compounds of yogurt from milk and cereals (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **25**(2), 136-141 (1993)
8. Park, S.K.: The review of flavor analysis: Part 1. The analysis of food flavor (in Korean). *Food Sci. and Ind.*, **24**(4), 88-94 (1991)
9. Young-In Scientific Co.: *Textbook of GC workshop*. (in Korean), Young-In Scientific Co., Seoul (1991)
10. University of Georgia: *PC-STAT*. University of Georgia, USA (1985)
11. Madigan, M.T., Martinko, J.M. and Parker, J.: *Biology of Microorganisms*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, p. 162 (1997)
12. Ko, Y.T. and Lee, E.J.: The preparation of yogurt from egg white powder and casein (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**(2), 337-344 (1996)

(1998년 8월 7일 접수)