

자색고구마를 첨가한 호상요쿠르트의 제조와 특성

이주찬 · 이가순 · 이종국 · 한규흥 · 오만진*
충남농업기술원, *충남대학교 식품공학과

Preparation and Characteristics of Curd Yogurt from Milk Added with Purple Sweet Potato

Joo-Chan Lee, Ka-Soon Lee, Jong-Kuk Lee, Kju-Heung Han and Man-Jin Oh*
Chungnam Agricultural Research and Extension Services
* Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

Abstract

A curd yogurt was prepared by fermenting milk added with skim milk powder and purple sweet potato by culture of 5 types of lactic acid bacteria (*Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus delbruekii sub. sp. lactis*, *Streptococcus lactis*, *Bifidobacterium bifidum* and *Leuconostoc lactis*). The curd yogurt were evaluated by acid production, pH, titratable acidity, number of viable cell, stability of purple sweet potato's pigment and keeping quality. Among the organisms tested, the acid production and number of viable cell by the culture of *L. bulgaricus* remarkably increased for the first 12 hours which showed 1.04×10^9 CFU/mL in number of viable cell and 4.22 in pH where as fermentation by the culture of *B. bifidum* was slow. After 36 hours of incubation which showed 3.3×10^8 CFU/mL in number of viable cell and 5.1 in pH. In stabilities of purple sweet potato anthocyanin pigment on fermentation, yogurt by *B. bifidum* was found to be most stable followed by *Leuc. lactis*, *L. delbruekii sub. sp. lactis*, *L. bulgaricus*, but yogurt by *St. lactis* was not stable. When curd yogurt added with purple sweet potato was kept at 2~3°C for 14 day, its keeping quality (pH, titratable acidity, number of viable cell) was relative good except product by *L. bulgaricus* was found to be decreased most of viable cell. After 2 weeks of keeping, pigment of yogurt was decreased by *B. bifidum*, stable by *L. delbruekii sub. sp. lactis*.

Key words : purple sweet potato, curd yogurt, lactic acid bacteria, pigment stability

서론

섬유질, 단백질 및 무기질 등이 풍부한 고구마는 고 에너지 식품이나 고구마 특유의 냄새 및 저장성 등의 문제로 가공 식품개발에 그 용도가 극히 제한되어지고 있다. 특히 자색고구마는 황미나 울미 고구마와 같은 일반 황색고구마에 비하여 유리당 함량이 1/3정도를 함유하고 있고 천연색소인 anthocyanin 색소

를 다량 함유하고 있어 일반 가정에서 찐고구마로 이용시 그 당도가 떨어지고 색소의 용출이 많아 소비자들의 기호도가 낮은 품종이다(1). 그러나 자색고구마는 식이섬유, 각종 비타민이 일반고구마보다 많이 함유되어 있고 anthocyanin 색소를 다량 함유하고 있기 때문에 자색고구마를 가공식품에 잘 이용한다면 천연색소도 이용하고 좋은 건강 식품으로도 효용 가치를 높일 수 있다고 본다(2,3).

한편 국민건강 증진을 위한 젓산 발효식품으로서 액상 및 호상요쿠르트의 지속적인 개발 식품이 생산, 시판되어지고 있어 고형분 함량을 높인 호상요

Corresponding author : Ka-Soon Lee, Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Taejeon, 305-313, Korea

요구르트의 제조에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(4-9). 자색고구마 내에 함유되어 있는 anthocyanin 색소는 색소의 특성상 pH가 산성쪽일 때 색소의 안정도가 좋은 성질을 가지고 있고(2, 3) 또 전분, 각종 무기질 및 비타민 함량이 높아서 젖산균의 생육에 좋은 소재가 될 것으로 생각된다. 또한 호상요구르트 제조시 점도를 증가시키고 유청의 분리가 되지 않기 위한 연구로 점도 안정제 첨가를 하게 되는데 이를 대체하기 위한 각종 전분의 첨가로 조직도의 향상에 대한 개발 연구도 이루어진 바 전분 첨가에 의한 점도 증진을 기대할 수 있었다고 보고하기도 하였다(5). 따라서 본 연구에서는 자색고구마를 첨가 이용하여 젖산균을 접종 배양하여 호상요구르트를 제조한 후 자색고구마의 첨가가 젖산균의 산생성, pH, 생균수, 색소의 안정성 및 제조 후 호상요구르트의 안정성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

자색고구마는 호남농업시험장 목포시험장에서 98년 재배 육종한 품종인 자색고구마 목포 29호를 분양받아 본 시험에 사용하였다.

균주

본 실험에 사용한 균주는 *Lactobacillus bulgaricus*(KCTC 3188), *Streptococcus lactis*(KCTC 3191), *Bifidobacterium bifidum*(KCTC 3202), *Leuconostoc lactis*(KCTC 3528), *Lactobacillus delbrueckii sub. sp. lactis*(KCTC 3636)의 5종의 균주를 생명공학연구소에서 분양받아 사용하였으며 젖산균의 보존용 배지로는 MRS한천배지(Difco Lab., USA)를 사용하였다.

요구르트의 제조

발효기질로서 첨가되는 자색고구마는 100℃에서 30분간 증자한 후 박피하여 puree type으로 사용하였으며 발효기질의 고형분함량을 증가시키기 위해서 우유에 탈지분유와 자색고구마를 표 1과 같은 비율로 혼합하여 osterizer blender로 균질화 시킨 후 autoclave에서 95℃에서 15분간 살균하였다. 살균기질을 40℃로 방냉한 후 MRS 액체배지에서 24시간 배양한 젖산균 배양액을 3%(w/v)의 비율로 접종하여 37℃ 항온기에서 경시적으로 발효시켰다.

Table 1. Ingredients¹⁾ of mixture for fermentation with yogurt bacteria.

Sample	(unit : g)				
	Total solid	Milk 12%	SMP ²⁾ 97%	PSP ³⁾ 28.9%	Total solid
Control(M)	100	10	-	-	19.7%
PSP yogurt	100	10	50	-	22.6%

¹⁾ Each mixture also contained 5% sugar and 3% starter culture preparation.

²⁾ skim milk powder.

³⁾ purple sweet potato puree.

pH 및 적정산도

젖산균의 산생성을 조사하기 위하여 시료 10g을 취하여 증류수 30mL를 가한 후 pH는 pH meter로 측정하였고 적정산도는 0.1 N NaOH로 pH 8.1까지 적정하여 젖산으로 환산하였다.

생균수 측정

생균수는 적정농도로 희석한 시료 1 mL를 B.C.P. plate count agar에 도말하여 37℃에서 48시간 배양한 후에 나타난 colony수를 측정하였다(11).

색도 측정

색도는 균질화한 시료 10g을 증류수 30mL에 용해, 여과한 후 분광광도계를 사용하여 550nm에서 흡광도를 측정하여 색도의 변화를 비교하였다.

요구르트의 저장성 조사

저장성 조사는 발효가 완료된 각각의 시료를 밀폐시킨 후 2~3℃의 냉장고에 보관하면서 저장기간에 따른 생균수, 적정산도, pH 및 색도를 측정하였다.

결과 및 고찰

발효중 pH와 적정산도의 변화

자색고구마를 우유에 첨가하고 5종의 젖산균을 접종하여 37℃에서 배양하면서 pH와 적정산도의 변화를 경시적으로 측정한 결과는 Fig. 1, 2와 같다. 대조군과 자색고구마 첨가군 모두 *L. bulgaricus*균이 발효개시 12시간만에 pH의 저하가 가장 심하여 pH 4.20과 4.22를 각각 나타내는 등 pH의 변화가 비슷한 양상을 보여주었으나 *L. delbrueckii*균 배양시는 대조군에 비하여 자색고구마 첨가시 24시간 발효후 더 낮은 pH를 나타내었으며 *B. bifidum*균 배양시는 자색고구마 첨가구에서의 pH의 변화는 서서히 감소하여 발효

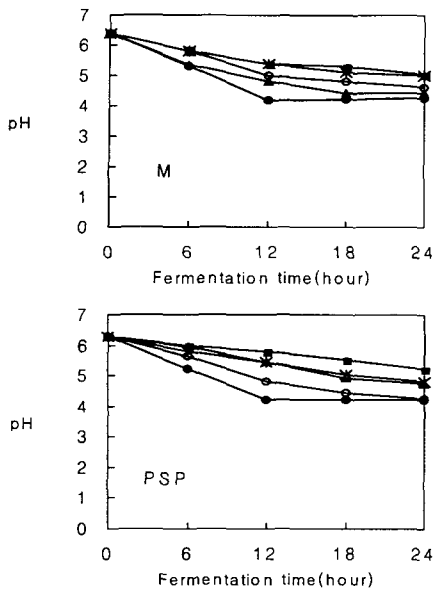


Fig. 1. Changes in the pH of mixtures during the fermentation by lactic acid bacteria.

M; Control(milk + SMP),
 PSP; Control+purple sweet potato.
 ●; *L. bulgaricus*. ▲; *S. lactis*,
 ■; *B. bifidum*. *; *Leuc. lactis*,
 ○; *L. delbruekii sub. sp. lactis*.

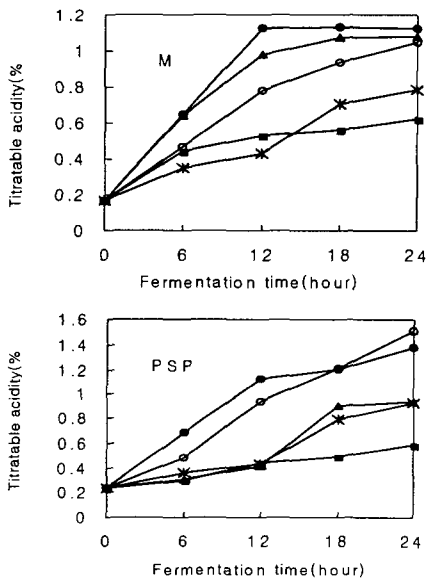


Fig. 2. Changes in the titratable acidity of mixtures during the fermentation by lactic acid bacteria.

M; Control(milk + SMP),
 PSP; Control+purple sweet potato.
 ●; *L. bulgaricus*. ▲; *S. lactis*,
 ■; *B. bifidum*. *; *Leuc. lactis*,
 ○; *L. delbruekii sub. sp. lactis*.

24시간째 5.25로 가장 pH의 변화가 적었음을 볼 수 있었다. 적정산도는 pH의 변화와 유사한 경향을 보여 주었으며 특히 자색고구마 첨가구에 *L. delbruekii*와 *L. bulgaricus*를 배양하였을 때 산생성이 가장 높게 나타나 24시간 발효 후 적정산도가 각각 1.512%와 1.377%이었다. 이는 Collin등(12)이 일반고구마를 첨가하여 요쿠르트 제조실험을 한 결과 12%의 고구마 첨가시 산도가 0.7~0.9%를 보인 것에 비하면 본 실험에서의 자색고구마 첨가는 산생성량이 높음을 알 수 있었고 또한 요쿠르트 제조시 율미 및 황미를 이용한 요쿠르트 제조도 동시에 수행한 자색고구마가 일반고구마보다 pH가 낮고 산 생성량이 높았음을 알 수 있었다(data생략). 이는 자색고구마가 일반고구마에 비하여 유리당 함량은 떨어지나 총당 및 전분함량이 많고 단백질 및 필수아미노산함량도 많아서(1) 젖산균의 생육기질로 일반고구마보다 적합하다고 생각된다.

생균수의 변화

발효시간에 따른 요쿠르트의 생균수의 변화를 측정한 결과 Fig. 3과 같다. 대조군과 자색고구마 첨가구

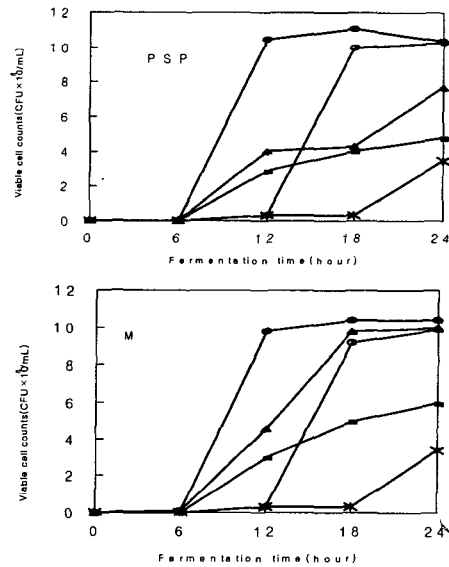


Fig. 3. Changes in the viable cell counts of mixtures during the fermentation by lactic acid bacteria.

M; Control(milk + SMP),
 PSP; Control+purple sweet potato.
 ●; *L. bulgaricus*. ▲; *S. lactis*,
 ■; *B. bifidum*. *; *Leuc. lactis*,
 ○; *L. delbruekii sub. sp. lactis*.

모두 *L. bulgaricus*와 *L. delbruekii*배양에 의한 요쿠르

트는 발효초기에 생균수 증가가 빨랐으며 *Leuc. lactis*는 발효개시 18시간까지는 느린 속도로 생균수가 증가하였으며 18시간 후부터 약간 증가함을 보여 주었다. 또한 *L. bulgaricus*와 *L. delbruekii*는 자색고구마 첨가구가 대조군보다 생균수가 높아 각각 1.040×10^9 와 1.030×10^9 CFU/mL로 가장 높았고 *S. lactis*는 오히려 생균수가 낮았다. 이는 Fig. 2에서 나타난 적정산도와 비교시 적정산도가 높은 구와 일치함을 보여 주어 젖산균의 활발한 증식이 산 생성량이 높음을 볼 수 있었다.

발효중 색도의 변화

Fig. 4는 자색고구마를 첨가하여 발효시킨 요구르트 제조에 있어서 균종에 따른 자색소의 안정성을 관찰한 것이다. 산 생성량이 가장 많았던 *L. bulgaricus*의 경우 발효시간에 따라 색소의 소실이 가장 많았으며 산 생성량이 그다지 높지 않았던 *S. lactis*의 경우도 발효 24시간까지 계속적으로 색소의 소실이 크게 나타났다. 발효시간동안 색소가 가장 안정되었던 균은 *L. delbruekii*이었다. 이상의 결과로 볼 때 anthocyanin 색소가 산성쪽에서 자색으로 안정한 성질을 띠는 것으로 알고 있으나 본 실험의 결과에 의하면 *S. lactis* 배양시 pH의 저하는 *L. delbruekii*배양시 pH의 저하보다 낮지는 않았으나 색소의 소실은 *S. lactis*배양쪽이 더 크게 나타난 것을 보면 젖산균이 균종에 따라 생육증식에 anthocyanin색소를 이용하던지 혹은 이 등 (3)이 보고한 바 ascorbic acid나 malonic acid등의 유기산이 anthocyanin색소의 안정성을 떨어뜨린다고 한 것등을 참고하면 젖산균의 생육중 대사산물 특히 유기산에 의해 안정성이 저하되는 것으로 사료된다.

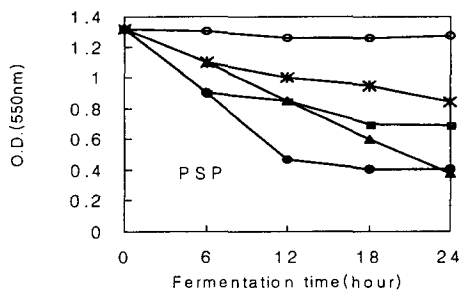


Fig. 4. Changes in the pigment of mixtures during the fermentation by lactic acid bacteria.
 M; Control(milk + SMP).
 PSP; Control+purple sweet potato.
 ●; *L. bulgaricus*, ▲; *S. lactis*.
 ■; *B. bifidum*, *; *Leuc. lactis*.
 ○; *L. delbruekii sub. sp. lactis*.

요구르트의 저장성

발효가 완료된 curd상 요구르트의 저장성을 알아보기 위하여 2~3°C에서 보관하면서 pH, 적정산도, 생균수 및 색도의 변화를 조사한 결과는 Fig. 5~8과 같다.

2주간의 저장기간 중 대조군이나 자색고구마 첨가구 모두 대부분의 pH변화는 극히 미비하였으나 자색고구마 첨가구 중 *B. bifidum*균에 의한 요구르트는 저장기간동안 pH의 변화가 미비하지만 지속적으로 저하하는 경향이었다. 산도의 경우 대조군은 *B. bifidum*균에 의한 요구르트가 약간 증가하는 것을 제외하고는 자색고구마 첨가구에서는 *L. bulgaricus*에 의한 요구르트는 저장 중 pH의 변화는 없었으나 산도는 약간 증가하는 경향이었고 *B. bifidum*은 저장 1주까지 증가하다가 그 이후 약간 감소하는 경향이었으며 *L. delbruekii*는 저장 11일까지 계속적으로 미비하게 증가하다가 14일째 감소하는 경향을 보였으며 *S. lactis*와 *Leuc. lactis*는 저장 중 미비하게 계속적으로 감소하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 *B. bifidum*균만을 제외하고 본 시험에 이용된 모든 젖산균은 대조군보다 자색고구마 첨가구가 저장 중 산 생성량이 높게 나타났다.

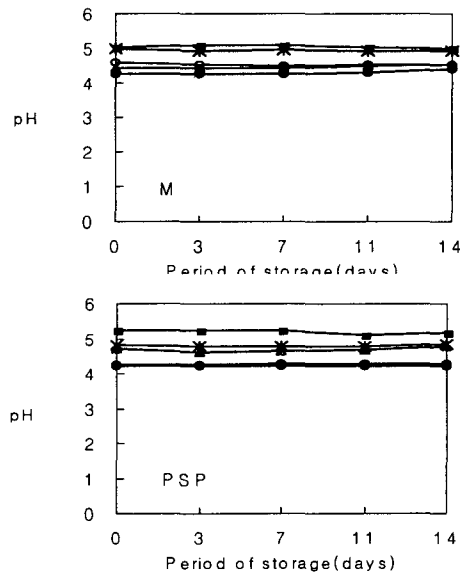


Fig. 5. Changes in the pH of curd yogurt at 2~3°C.
 M; Control(milk + SMP).
 PSP; Control+purple sweet potato.
 ●; *L. bulgaricus*, ▲; *S. lactis*.
 ■; *B. bifidum*, *; *Leuc. lactis*.
 ○; *L. delbruekii sub. sp. lactis*.

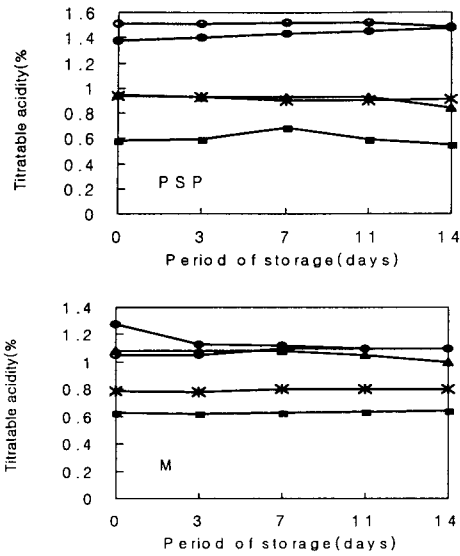


Fig. 6. Changes in the titratable acidity of curd yogurt at 2~3°C.

M; Control(milk + SMP)
 PSP; Control+purple sweet potato
 ●; *L. bulgaricus*. ▲; *S. lactis*.
 ■; *B. bifidum*. *; *Leuc. lactis*.
 ○; *L. delbruekii sub. sp. lactis*.

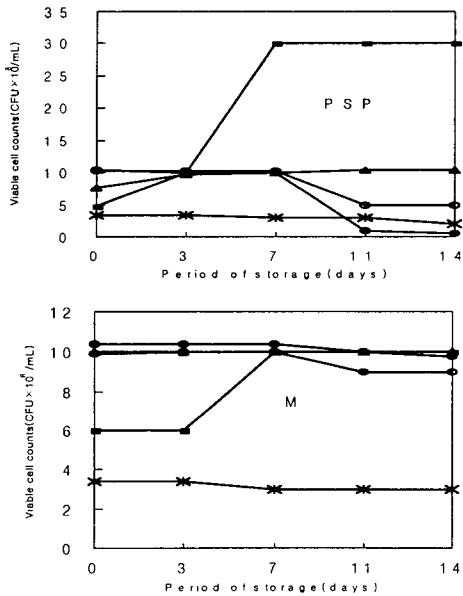


Fig. 7. Changes in the viable cell counts of curd yogurt at 2~3°C.

M; Control(milk + SMP),
 PSP; Control+purple sweet potato.
 ●; *L. bulgaricus*. ▲; *S. lactis*.
 ■; *B. bifidum*. *; *Leuc. lactis*.
 ○; *L. delbruekii sub. sp. lactis*.

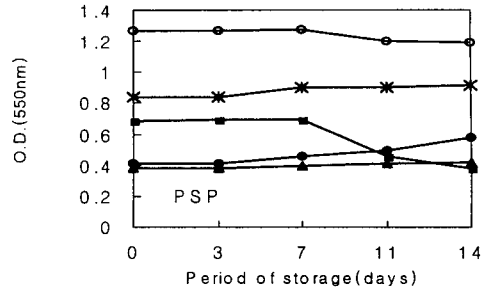


Fig. 8. Changes in the pigment of curd yogurt at 2~3°C.

M; Control(milk + SMP),
 PSP; Control+purple sweet potato.
 ●; *L. bulgaricus*. ▲; *S. lactis*.
 ■; *B. bifidum*. *; *Leuc. lactis*.
 ○; *L. delbruekii sub. sp. lactis*.

저장중 생균수의 변화를 보면 대조군에서는 *L. bulgaricus*의 생균수가 거의 변화가 없었으나 자색고구마 첨가구는 저장 1주 후 급격히 감소하였고 *L. delbruekii*는 대조군과 자색고구마 첨가구 모두 저장 2주째 감소 현상을 나타내었으며 *B. bifidum*균은 대조군과 자색고구마 첨가구 모두 저장 3일 후에 급격히 증가하였으며 특히 자색고구마 첨가구에서 생균수가 월등히 증가함을 볼 수 있었다. 배양 중 *B. bifidum*균은 산생성량도 적고 저장 중 산도의 변화도 거의 없었으나 저온에서 저장시 생균수가 큰 폭으로 증가하는 것은 이 균이 저온에서도 증식이 계속적으로 일어남을 알 수 있었으며 특히 이 균은 혐기성균으로서 저장 중에서도 기질을 이용하여 증식이 계속 이루어짐을 알 수 있었다. 이상과 같이 자색고구마를 첨가하여 발효시킨 요쿠르트는 신등(4, 6)이 보고한 고구마와 호박을 첨가하여 만든 요쿠르트나 감자를 첨가하여 만든 요쿠르트보다 생균수가 적기는 하지만 호상 요쿠르트의 식품기준치(13)보다 높게 나타나 자색고구마 첨가에 의한 요쿠르트 제조에 문제가 없음을 알 수 있었다.

색도는 발효기간 중 색소의 소실이 많았던 *L. bulgaricus*와 *S. lactis*는 저장기간 중 더 이상 감소하지 않았고 오히려 극미량 색도가 높아지는 것을 볼 수 있었으며 *B. bifidum*균은 저장 7일 후부터 색소의 소실이 증가하여 저장 2주째 색도의 소실이 가장 컸던 *S. lactis*보다 더 낮은 색도값을 나타냈다. 이는 *Bifidobacterium*속은 hetero형 젖산균으로서 저장 중에 생균수가 증가되는 결과를 미루어 볼 때 생육 중 젖산 이외의 유기산을 생성시키므로써 색소의 안정성을 떨어뜨리는 것으로 생각된다. 발효기간 중 색도 안정성이 가장 좋았던 *L. delbruekii*는 저장 중에도 약간 감소하였지만 커다란 변화는 없었다. 따라서 anthocyanin 색소를 이용

한 유산균유료를 제조할 때 *L. delbrueckii* 의 이용이 가장 효과적인 것으로 나타났다.

본 실험에서 연구된 결과 자색고구마를 첨가하여 호상요구르트를 만들 경우 요구르트내의 산생성량이 가장 높았던 균은 *L. bulgaricus* 이었고 생균수가 가장 많았던 균은 *B. bifidum* 이었으나 이 두 균주는 발효기간 및 저장기간 동안 색도의 소실이 컸으며 산 생성량 및 생균수 둘다 많았던 균주는 *L. delbrueckii* 균으로 나타났다.

건강식품으로 자색고구마를 첨가하여 발효시킨 요구르트는 pH, 산량 및 생균수에서는 적정조건을 갖게 되는 것으로 나타났으며 요구르트는 품질 결정상 외관 및 맛이 중요한 요소로 들 수 있는데 외관적인 측면에서는 천연색소인 자색을 이용한 면에서 신제품으로 생산될 수 있는 가능성이 높다고 생각되며 조직면에서도 울미나 황미와 같은 일반고구마와 동시 실험을 해 본 결과 유택의 분리가 일어나지 않았으나(data생략) 개선되어야 할 부분은 고구마 특유의 냄새를 싫어하는 소비자들을 위해 향미 개선에 연구를 더 하게 되면 좋은 건강 식품으로 각광을 받을 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

섬유질이 풍부하고 anthocyanin 색소가 풍부한 자색고구마를 이용하기 위하여 탈지유와 설탕이 들어있는 기본배지에 증자, 박피한 고구마를 첨가한 후 5종 (*Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus delbrueckii sub. sp. lactis*, *Streptococcus lactis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Leucomostoc lactis*) 의 젖산균주를 배양, 접종하여 호상요구르트를 만들고 자색고구마가 젖산균의 생육과 산 생성, 색도에 미치는 영향 및 저장성등을 조사한 결과 *L. bulgaricus* 균을 배양한 경우가 젖산균의 증식과 산 생성이 가장 빨라 발효개시 12시간만에 1.04×10^9 CFU/ml의 생균수와 pH 4.22를 나타냈고 *B. bifidum* 균은 발효개시 24시간까지는 젖산균의 증식이 느리게 이루어져 발효개시 36시간에 달할 때 3.3×10^8 CFU/ml의 생균수와 pH 5.1을 나타냈다. 발효종료 후 자색고구마를 첨가한 요구르트의 자색은 *B. bifidum* 균에 의한 요구르트제조시 색도가 가장 안정하였고 *Leuc. lactis*, *L. delbrueckii sub. sp. lactis*, *L. bulgaricus* 순으로 안정하였으며 *St. lactis* 균에 의한 요구르트는 자색의 색소 소실이 가장 많았다. 2~3℃에서 저장시 저장 2주까지 pH의 변화는 거의 없었고 생균수의 변화는 *L. bulgaricus*와 *L. delbrueckii sub. sp. lactis* 균에 의해 제조된 요구르트는 저장 1주까지는 변화가 없었으나 그 이후는 약간 감소하였으며 *St. lactis* 균과 *B. bifidum*

균은 저장 1주까지 저온에서도 생균수가 소량 증가함을 보여주었다. 색도는 저장 2주 후 *B. bifidum* 균에 의한 요구르트 제조시 자색도가 많이 소실되었고 *L. delbrueckii sub. sp. lactis* 균에 의한 요구르트가 가장 안정하였다.

참고문헌

1. 김선영, 유정희 (1995) 자색 고구마의 영양 성분 에 관한 연구. 한국식품과학회지, 27(5), 819-825
2. 김선재, 임종환, 이란숙, 이준설 (1996) 자색 고구마 색소의 추출과 특성. 한국식품과학회지, 28(2), 345-351
3. 이란숙, 임종환, 김선재, 정병춘 (1996) 자색 고구마 색소의 안전성에 관한 연구. 한국식품과학회지, 28(2), 352-359
4. 신용서, 이갑상, 김동환 (1993) 고구마와 호박을 첨가한 요구르트 제조에 관한 연구. 한국식품과학회지, 25(6), 666-671
5. 엄성신, 유지창, 고영태 (1993) 전분의 첨가가 호상 요구르트에서 젖산균의 산생성과 요구르트의 품질 에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 25(6), 747-752
6. 신용서, 성현주, 김동환, 이갑상 (1994) 감자를 첨가한 요구르트의 제조와 특성. 한국식품과학회지, 26(3), 266-271
7. 전기숙, 김연중, 박신인 (1995) 두유와 현미를 첨가한 요구르트의 제조 및 특성. 한국식품과학회지, 27(1), 47-55
8. 고영태 (1997) 난백 분말과 유제품을 이용한 요구르트의 제조. 한국식품과학회지, 29(3), 546-554
9. 이성태, 김만배, 김동길, 유제선, 이홍재, 허종수 (1998) 길경을 이용한 호상요구르트 제조 한국약용작물학회지, 6(4), 265-270
10. Tamine, A.Y., Robinson, R.K. (1983) Yogurt ; Science and Technology. Pergamon Press, p.236
11. Richardson, G.H. (1985) Standard method for the examination of dairy products. American public health association, p.133
12. Collins, J.L. Ebah, C.B. Mount, J.R. Demott, B.J., and Draughon, F.A. (1991) Production and evaluation of milk-sweet potato mixtures fermented with yogurt bacteria. *J. of Food Sci.*, 56(3) 685-688
13. 보사부(1991) 식품공전. 한국식품공업협회, p.97

(1999년 8월 29일 접수)