

## 유산균주의 종류에 따른 통보릿가루 첨가 요구르트의 품질 특성

이미자<sup>1</sup> · 김경순<sup>1</sup> · 김형순<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원, <sup>2</sup>서남대학교 환경화학공학과

### Quality Characteristics of Whole Barley Flour Added Yogurt Made with Various Lactic Acid Bacteria

Mi-Ja Lee<sup>1</sup>, Kyung-Soon Kim<sup>1</sup>, and Hyung-Soon Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

<sup>2</sup>Department of Environmental & Chemical Engineering, Seonam University

#### Abstract

The objective of this experiment was to select the best strain of lactic acid bacteria for the manufacture of yogurt with 3% whole barley flour. Yogurt was fermented with various lactic acid bacteria, *Lactobacillus acidophilus* (LA), *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* (LB), and *Streptococcus thermophilus* (ST), and quality properties,  $\beta$ -glucan content, and antioxidant activity were estimated. The quality of the control yogurt and that containing barley flour showed significant differences according to the type of lactic acid bacteria strain. Barley yogurt that was fermented with LALBST complex bacteria had low pH, high titratable acidity and brix. Also, its viable cell count, the value of L, and antioxidant activity were high, and the value of a and b were low. The  $\beta$ -glucan content of barley yogurt containing 3% whole barley flour was 0.15%. The pH of yogurt decreased with the addition of barley flour. Titratable acidity, brix,  $\beta$ -glucan content, and the antioxidant activity of yogurt fermented with barley flour increased. Viscosity also increased significantly with the addition of barley flour. Yogurt qualities such as pH, titratable acidity, and viscosity were developed by the addition of barley flour. From these results, the best strain of lactic acid bacteria for fermenting yogurt containing barley flour was the LALBST complex.

**Key words:** yogurt, lactic acid bacteria, whole barley flour, viable cell count,  $\beta$ -glucan

## 서 론

요구르트는 발효 유제품으로 원유 또는 유가공품을 유산균 또는 효모로 발효시켜 산미와 향미를 강화시킨 것으로 유산균의 작용에 의해 젖산, peptone, peptide, 혹은 미량 활성물질 등의 유효성분이 생성되며 이것에 의하여 장의 운동이 자극되어 장내 부패가 억제되고 칼슘의 흡수가 개선되며 간 기능의 향진이나 장내 소화액의 분비가 촉진되는 등 인체 건강에 유익한 효과가 있어서 전 세계인이 즐기는 식품으로 자리 잡고 있다(Paik et al., 2004; Kim et al., 2009). 최근 들어 건강 지향성을 강조한 기능성 제품에 대한 관심이 높아지면서 요구르트 연구에서도 기존의 요구르트에 있는 기능성을 더 강화한다든지 또는 향산화, 항균

활성 등의 새로운 생리활성이 강화된 요구르트를 제조하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 요구르트 제조시 대두 단백질, 보리, 옥수수(Kim & Ko, 1993), 고구마와 호박(Shin et al., 1993), 식혜(Kang & Lee, 1997) 등을 발효기질로 이용하여 요구르트의 점도를 증가시킴으로써 요구르트 조직이 너무 묽거나 유청분리에 따른 품질저하를 개선하려는 연구들이 이루어졌다. 또한, 천연소재인 다시마(Jeong & Bang, 2003), 구기자(Kim et al., 1997; Cho et al., 2003; Bae et al., 2005), 클로렐라(Cho et al., 2004; Sung et al., 2005), 함초(Cho et al., 2003), 복분자(Lee & Hwang, 2006), 홍삼(Kim et al., 2008), 유자(Lee et al., 2008) 및 마늘(Cho et al., 2007) 등을 첨가하여 기존 요구르트의 기능성 외에 향산화, 항균 활성 등의 생리활성이 강화된 요구르트를 개발하려는 연구가 이루어지고 있다. 특히, 보리(Baik & Steven, 2008)는 단백질, 전분을 주성분으로 하여 이외에도 무기질, 비타민 등의 미량 영양소를 포함할 뿐만 아니라  $\beta$ -glucan을 함유하고 있어 최근 웰빙 식품으로 주목 받고 있으므로 보리를 첨가함으로써 요구르트의 기능성 향상 및 품질개선이 기대된다.

\*Corresponding author: Hyung-Soon Kim, Department of Environmental & Chemical Engineering, Seonam University, Namwon 590-711, Korea

Tel: +82-63-620-0229; Fax: +82-63-620-0210

E-mail: 63ajoong@hanmail.net

Received September 5, 2013; revised October 21, 2013; accepted October 28, 2013

유산균은 젖(乳)에서 잘 자라고 유산을 많이 생성하며, 인체에 해로운 물질 indole, skatole, phenol, amine, 암모니아 등을 생성하지 않고 부패를 방지하는 등 유익한 작용만을 하는 세균을 말한다. 유산균을 Bergrey's Manual에 의하여 분류하면 *Lactobacillaceae*에 속하는 속(Genus)으로서 *Lactococcus*(*Streptococcus*), *Lactobacillus*, *pediococcus*, *Leuconostoc*와 *Actinomyces*과에 속하는 *Bifidobacterium*, 그리고 *Bacillaceae*과에 속하는 *Sporolactobacillus*의 6 속으로 구분된다. 유산균들은 발효 형식에 따라서 호모유산발효균과 헤테로유산발효균으로 구별된다(Chevalier et al., 1990; Collins & Jones, 1997). 본 연구에서 사용한 *Streptococcus thermophilus* (ST)는 *Lactococcus*속에 속하는 고온성 유산균 starter이며, *Lactobacillus acidophilus*(LA)와 *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*(LB)는 *Lactobacillus* 속에 속하는 균종이다. LA는 acidophilus milk 생산을 위한 호열성 starter로 다른 균종과 혼합하여 사용되며, LB는 고온성 starter로 요구르트, 스위스치즈, 이탈리아 치즈(grana) 등의 제조에 다른 균종과 함께 사용된다. 유산균의 종류를 달리 하여 제조한 요구르트의 보고는 Shin(1989)은 *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*와 *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*, *L. plantarum*을 단독으로 또는 *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*와 혼합 배양하여 맵쌀에  $\alpha$ -amylase를 작용시켜 액화시킨 후 이 액에 접종하여 요구르트를 제조하였으며, Hong & Ko(1991)는 4종의 유산균(*Lactobacillus* 3종, *Leuconostoc* 1종)을 접종하여 우유에 탈지분유 또는 4종의 쌀(맵쌀, 찰쌀, 현미, 통일벼)을 각각 2%(w/v) 첨가하여 발효시켰다. 쌀-대두분 혼합액을 기질로 하는 젖산균음료 발효에 관한 연구에서는 *Bacillus*와 효모의 혼합 배양을 이용한 고체 상태의 예비 발효와 extruder를 이용한 압출 조리 전처리가 젖산균(*L. plantarum*과 *Leuconostoc mesenteroides*의 혼합 배양)의 생육에 미치는 효과를 검토하였다(Lee et al., 1998).

본 연구에서는 요구르트의 영양 및 기능성 향상을 위하여 보릿가루 함유 요구르트를 제조하는데 3종의 유산균을 단독균 또는 혼합균으로 접종하여 보릿가루 함유 요구르트를 제조하고 유산균의 종류가 요구르트의 품질 및 성분에 미치는 영향을 조사하여 보리함유 요구르트를 제조하는데 있어 적합한 유산균을 알아보았다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

본 실험에 사용된 보릿가루는 국립식량과학원 벼맥류부에서 2012년에 생산된 찰성 쌀보리품종인 새찰쌀보리를 도정하지 않고 whole grain으로 사용하였으며 보릿가루는 0.2 mm채가 장착된 Retsch centrifugal mill(Zm 100, I. Kurt Rotech CmbH & Co., Germany)을 이용하여 분쇄하여 사용하였다. Megazyme  $\beta$ -glucan assay kit와 전분분석을 위한

Total starch assay kit는 Megazyme Co.(Wicklow, Ireland)에서 구입하였으며, 그 외 모든 시약은 1급 이상 시약을 사용하였다.

### 원재료의 일반성분

본 실험에 사용한 보릿가루의 수분함량은 110°C 상압가열건조법으로 측정하였고, 조단백질은 Elementar Analyzer System(Vario MACRO, Hanau, Germany)를 이용하여 측정하였으며, 회분은 600°C의 전기로에서 직접회화법으로 측정하였다(Kim & Ko, 1993). 조지방함량은 에틸에테르를 용매로 사용, Soxtec 2050(Foss Tecator AB, Switzerland)을 이용하여 추출 분석하였다. 총폐놀 함량은 80% MeOH로 추출하고 Folin-Ciocalteu reagent를 가한 후 반응액의 흡광도를 720 nm에서 측정하고 표준물질로 0.1% gallic acid를 사용, 검량선을 작성하고 정량분석 하였다.

### 사용균주 및 배양

요구르트 제조에 사용한 균주는 *Lactobacillus acidophilus* (LA, KCTC 3140), *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* (LB, KCTC 3635)와 *Streptococcus thermophilus* (ST, KCTC 5092)의 3종의 균주를 단독 또는 동량비율로 혼합하여 사용하였으며, 보존용 배지로는 MRS broth 배지(Oxoid, England)를 사용하였다. 1차 균주 배양은 5.2% MRS 배지에 0.2% 접종하여 39°C에서 24시간 배양하였으며 같은 조건에서 2차 계대배양 하였다. 이렇게 배양한 균주 1.0%(v/v)를 10% skim milk(Oxoid, England)에 접종하여 39°C에서 24시간 배양하여 요구르트 제조에 사용하였다.

### 보리 요구르트 제조

보리 요구르트 제조를 위한 기질로는 11% 탈지분유(서울우유)용액을 살균하여 사용하였다. 준비된 탈지분유 용액에 보릿가루를 3% 첨가하여 95°C에서 10분간 가열하여 호화시키고 살균한 후 30°C 정도로 식히고 skim milk 배지에서 배양한 유산균 배양액을 5%(v/v) 비율로 접종하여 39°C의 항온기에서 24시간 발효하였다. 발효 후 pH, 산생성량 및 유산균수 측정을 위한 시료를 채취하고 나머지 요구르트 시료들은 냉장고에 2일간 저장한 후 요구르트 품질 분석 및 성분분석에 이용하였다.

보릿가루를 1, 3, 5, 7% 첨가하여 보릿가루 첨가 요구르트를 제조하여 실험한 결과  $\beta$ -glucan 함량과 항산화활성은 보릿가루 첨가량이 증가할수록 증가하였으나 5% 이상에서는 점도가 높았고, 관능평가 결과 전반적인 기호도는 3% 첨가량에서 높게 나타났으므로 본 실험에서는 보릿가루 첨가량을 3%로 하였다(Lee et al., 2013).

### 요구르트 분석

pH 및 적정산도 측정

요구르트의 pH는 pH meter(Orion 900A, Boston, MA, USA)로 측정하였으며, 적정산도는 Jeon(2005)의 방법에 따라 1% 페놀프탈레인 0.5 mL를 첨가하고 0.1 N NaOH로 적정하여 측정하였다.

### Brix 당도 및 점도 측정

발효한 요구르트는 굴절당도계(ATAGO, Japan)를 이용하여 Brix 당도를 측정하였다. 요구르트 점도는 냉장고에 2일간 저장한 시료를 Brookfield viscometer(Model LVDV II + p, Brookfield Engineering Lab Inc, MA, USA)의 spindle No. 63을 이용하여 10 rpm에서 측정하였다. 각 실험은 3회 반복 수행하였다.

### 색도 측정

요구르트의 색도는 냉장고에 2일간 저장한 시료를 color difference meter(Color JS 55; Color Technology System Co., Japan)로 표면 색도값인 L(lightness), a(redness), b(yellowness)를 측정하였다. 각 실험은 3회 반복 수행하였다.

### 젖산균 수 측정

요구르트의 젖산균 수 측정은 멸균수에 십진희석하여 젖산균 배지(MRS plate count agar, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에 접종한 후 표준평판법으로 39°C에서 48시간 배양한 후에 나타난 colony 수를 측정하여 log colony forming unit(CFU)/mL로 환산하여 표시하였다(Yang et al., 2012).

### $\beta$ -glucan 함량 분석

$\beta$ -glucan 함량은 Mccleary 방법을 응용한 Megazyme  $\beta$ -glucan assay kit를 이용하여 분석하였으며, 전분함량은 total starch Megazyme assay kit를 이용하여 510 nm에서의 흡광도로 분석하였다(Gee et al., 2007; Bae et al., 2011).

### 요구르트의 유기산분석

유기산분석은 Saidi와 Warthesen(1989)의 방법을 수정하여 분석하였다. 각각의 시료 5 g을 채취하여 12% TCA 용액을 1 mL 첨가하고 5,000 g에서 5분간 원심분리 하였다. 분리된 상등액을 채취하여 0.2  $\mu$ m Nylon membrane filter (Whatman, Maidstone, UK)를 사용하여 여과한 후 HPLC system을 사용하여 분석하였다. 컬럼은 SUPELCOGEL C-610H(30 cm $\times$ 7.8 mm, Sigma-Aldrich Co., MO, USA)를 사용하였고, Dual- $\lambda$ -Absorbance Detector(Waters, MA, USA)

를 사용하여 214 nm에서 측정하였고, 이동상은 0.05 M phosphate acid를 사용하여 0.8 mL/min의 유속으로 10분간 분석하였다. 시험에 사용된 유기산 표준물질은 Sigma-Aldrich Co.에서 구입하여 분석에 사용하였다.

### 항산화활성 측정

보릿가루 첨가 요구르트의 항산화활성은 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazil(DPPH, Sigma Co. St. Louis, MO, USA)법에 의한 유리라디칼 소거능으로 측정하였다. 70% 에탄올 수용액에 용해시킨 요구르트 시료 1 mL에 0.2 mM DPPH 용액 1 mL를 가하여 교반하고, 실온에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

### 통계처리

실험결과는 SAS Enterprise Guide 4.0(Statistical analysis system, 2006, Cray, NC, USA)로 분석하고, 시료간의 유의적인 차이는 Duncan's multiple range test로 유의수준 5% ( $p < 0.05$ )에서 검증하였다. 시료의 표기는 *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*와 *Streptococcus thermophilus*를 각각 LA, LB, ST로 표기하고 LAST는 Lactobacillus와 Streptococcus 혼합균주를 1:1비율로 혼합하였음을 의미한다.

## 결과 및 고찰

### 보리의 일반성분분석

요구르트 제조에 사용한 새찰쌀보리의 일반성분 분석결과는 Table 1과 같았다.

보리는 평균적으로 전분 64%, 단백질 11%,  $\beta$ -glucan 5%로 구성되어 있으며 나머지 20%는 수분, 지방, 회분, 섬유소, 그리고 소량의 비타민 등 미량성분들을 포함하고 있다(Cheigh et al., 1976).

### 보릿가루 첨가 요구르트의 품질특성

#### pH

젖산균의 종류를 달리하여 제조한 요구르트의 pH는 Table 2와 같았다. pH는 4.26-6.35이었으며, 단일균보다는 복합균에서 낮은 pH를 보였다. LALB가 가장 낮은 pH를 나타내었고 다음으로 LBST, LALBST가 낮은 pH를 나타내었으며 단일균에서는 ST가 가장 낮은 pH를 나타내었다. Chamber(1979)는 요구르트의 적합 pH가 3.27-4.53이라고

**Table 1. Content of protein, fat, ash,  $\beta$ -glucan, total starch and total phenol contents of pearled barley flour.**

Sample	Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)	$\beta$ -glucan (%)	Total starch (%)	Total phenol (%)
Saechalssalbori	11.4 $\pm$ 0.1	1.28 $\pm$ 0.06	1.12 $\pm$ 0.02	8.0 $\pm$ 0.4	61.6 $\pm$ 2.6	0.183 $\pm$ 0.008

The values indicate the mean $\pm$ SD of triplicate

**Table 2. Quality of the yogurt fermented with various lactic acid bacteria.**

Lactic acid bacteria*	pH	Titratable acidity	Sugar Cont. (°Bx)	L	a	b	Visible cell (CFU/mL)	Viscosity (cP)	DPPH (%)
LA <sup>a</sup>	6.34±0.01 <sup>a</sup>	0.27±0.01 <sup>b</sup>	11.80±0.17 <sup>a</sup>	85.32±0.43 <sup>b</sup>	-2.16±0.05 <sup>d</sup>	4.84±0.64 <sup>b</sup>	1.43*10 <sup>10</sup>	-	23.70 <sup>c</sup>
LB	6.35±0.01 <sup>a</sup>	0.27±0.01 <sup>b</sup>	11.70±0.00 <sup>ba</sup>	84.24±0.68 <sup>c</sup>	-2.07±0.10 <sup>cd</sup>	3.75±0.67 <sup>b</sup>	4.10*10 <sup>8</sup>	-	27.18 <sup>c</sup>
ST	4.69±0.02 <sup>c</sup>	0.98±0.04 <sup>a</sup>	5.33±0.06 <sup>d</sup>	87.14±0.14 <sup>a</sup>	-1.96±0.02 <sup>cb</sup>	8.44±0.06 <sup>a</sup>	5.51*10 <sup>9</sup>	759.8±36.61 <sup>bc</sup>	66.52 <sup>a</sup>
LALB	4.26±0.00 <sup>e</sup>	0.30±0.01 <sup>b</sup>	11.60±0.10 <sup>b</sup>	84.79±0.69 <sup>cb</sup>	-2.10±0.06 <sup>d</sup>	4.99±0.56 <sup>b</sup>	1.54*10 <sup>11</sup>	-	28.91 <sup>c</sup>
LBST	4.52±0.01 <sup>d</sup>	0.94±0.01 <sup>a</sup>	5.30±0.00 <sup>d</sup>	86.73±0.17 <sup>a</sup>	-2.10±0.06 <sup>d</sup>	4.99±0.56 <sup>b</sup>	1.91*10 <sup>11</sup>	979.9±25.09 <sup>a</sup>	66.42 <sup>a</sup>
LAST	4.77±0.02 <sup>b</sup>	0.85±0.01 <sup>a</sup>	5.30±0.00 <sup>d</sup>	86.54±0.10 <sup>a</sup>	-1.86±0.11 <sup>b</sup>	5.79±0.29 <sup>ba</sup>	4.77*10 <sup>9</sup>	671.9±74.88 <sup>c</sup>	64.70 <sup>a</sup>
LALBST	4.52±0.02 <sup>d</sup>	0.94±0.02 <sup>a</sup>	5.50±0.00 <sup>c</sup>	86.84±0.19 <sup>a</sup>	-1.69±0.08 <sup>a</sup>	8.89±0.24 <sup>a</sup>	8.14*10 <sup>10</sup>	855.8±79.90 <sup>ba</sup>	46.49 <sup>b</sup>

The values indicate the mean±SD of triplicate

<sup>a-c</sup> Means with the same letter in column are not significantly different by duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

\*LA (*Lactobacillus acidophilus*), LB (*Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*), ST (*Streptococcus thermophilus*), LALB (1:1), LBST (1:1), LAST (1:1), LALBST (1:1:1)

하였는데 본 실험에서는 LALB, LBST와 LALBST 세가지 복합균을 사용하였을 경우 적합 pH 값을 나타내었다. 보릿가루를 첨가한 요구르트의 pH는 Table 3에 나타내었다. pH는 4.34-4.71범위로 대조군보다는 다소 낮은 pH를 나타내어 적합 pH범위에 좀더 가까웠다. 대조군과 유사하게 단일균보다는 복합균에서 낮은 pH를 보였으며 LALB가 가장 낮은 pH를 다음으로 LBST가 낮았으며 LALBST 복합균이 다음으로 낮은 pH를 나타내었다. 보릿가루를 첨가하지 않은 대조군과 같이 균주 종류별로 유의적인 차이를 나타내었다. Kim & Ko(1993)은 쌀, 보리, 밀, 옥수수 및 탈지분유를 첨가한 요구르트 제조에서 균주에 따라 다소 차이가 있지만 곡류 첨가균의 pH가 탈지분유만으로 제조한 요구르트보다 다소 낮은 경향을 보였다고 하였다. Paik & Ko(1992)도 우유에 쌀을 첨가하여 제조한 요구르트의 pH가 낮았다고 하였고, 곡류나 쌀 등의 첨가는 젖산균의 산생성을 촉진하는 반면 탈지분유는 여기에 함유된 인산염, 단백질 등의 pH 완충 작용에 기인한 것으로 보인다고 하였다(Lee et al., 2006).

### 적정산도

Paik et al.(2004)과 Lee et al.(2006)은 요구르트에서 젖

산 생성 정도가 요구르트의 품질검사에 널리 이용되고 있으며 요구르트의 산도가 1.0-1.1%일 때 가장 좋은 품질을 나타낸다고 하였다. 젖산균의 종류를 달리하여 제조한 대조군의 적정산도는 0.27-0.98% 범위로 좋은 요구르트의 적정산도 범위를 벗어났으며, ST 단독균 사용시 가장 높은 적정산도 값을 나타내었다(Table 2). 복합균에서는 LALB가 가장 낮은 산도를 보였으며 그 외 복합균들에서의 적정산도는 큰 차이를 나타내지 않는 등 ST단일균과 복합균이 좋은 적정산도 범위에 가장 가까운 값을 나타내었다. 보릿가루를 첨가한 요구르트에서는 대조군과는 달리 LA가 높은 산도를 나타내었으며 이러한 결과는 Kim & Ko(1993)가 우유와 쌀, 보리, 밀, 옥수수를 이용한 요구르트를 제조하였는데 접종된 3종의 젖산균 가운데 산 생성이 우수한 것은 *L. acidophilus*였으며 *L. casei*와 *L. delbrueckii*의 산생성은 저조하였다고 보고한 결과와 같았다. 또한, LALBST 복합균을 이용하여 제조한 보릿가루 첨가 요구르트의 산도가 1.01%로 바람직한 적정산도의 범위와 일치하여 단일균이나 두 가지 균조합보다는 좋은 요구르트 품질을 나타내었다(Table 3).

대조군에 비하여 보릿가루를 첨가함으로써 산도가 증가하는 경향을 나타내었는데 Bae et al.(2004)은 유산균주의

**Table 3. Quality of the barley yogurt fermented contain the 3% barley flour with various lactic acid bacteria.**

Lactic acid bacteria*	pH	Titratable acidity	Sugar Cont. (°Bx)	L	a	b	Visible cell (CFU/mL)	Viscosity (cP)	β-glucan (%)
LA	4.71±0.02 <sup>a</sup>	0.86±0.18 <sup>ba</sup>	6.40±0.10 <sup>b</sup>	79.22±0.26 <sup>b</sup>	0.07±0.06 <sup>d</sup>	13.12±0.08 <sup>c</sup>	8.16*10 <sup>10</sup>	5995.0±115.31 <sup>c</sup>	0.17±0.01
LB	4.63±0.01 <sup>b</sup>	0.76±0.02 <sup>b</sup>	6.53±0.06 <sup>ba</sup>	78.84±0.21 <sup>b</sup>	0.26±0.04 <sup>ba</sup>	13.35±0.04 <sup>d</sup>	9.16*10 <sup>9</sup>	6778.7±426.82 <sup>bc</sup>	0.19±0.02
ST	4.65±0.01 <sup>ba</sup>	0.77±0.05 <sup>b</sup>	6.33±0.06 <sup>b</sup>	79.29±0.14 <sup>b</sup>	0.19±0.04 <sup>bc</sup>	13.39±0.18 <sup>cd</sup>	3.15*10 <sup>9</sup>	8510.0±138.56 <sup>a</sup>	0.18±0.01
LALB	4.34±0.02 <sup>d</sup>	0.90±0.10 <sup>ba</sup>	6.63±0.15 <sup>a</sup>	78.83±0.23 <sup>b</sup>	0.37±0.15 <sup>a</sup>	13.62±0.16 <sup>cb</sup>	9.99*10 <sup>9</sup>	7194.7±959.77 <sup>bac</sup>	0.20±0.01
LBST	4.37±0.02 <sup>dc</sup>	0.98±0.04 <sup>a</sup>	6.43±0.15 <sup>ba</sup>	79.12±0.04 <sup>b</sup>	0.14±0.03 <sup>bcd</sup>	13.97±0.08 <sup>a</sup>	4.11*10 <sup>9</sup>	8202.0±921.45 <sup>a</sup>	0.18±0.01
LAST	4.58±0.02 <sup>b</sup>	0.82±0.03 <sup>ba</sup>	6.40±0.10 <sup>b</sup>	78.77±0.26 <sup>b</sup>	0.08±0.02 <sup>cd</sup>	13.71±0.19 <sup>b</sup>	2.64*10 <sup>9</sup>	7810.0±334.50 <sup>ba</sup>	0.17±0.02
LALBST	4.42±0.01 <sup>c</sup>	1.01±0.06 <sup>ba</sup>	6.50±0.10 <sup>ba</sup>	79.85±0.52 <sup>a</sup>	0.09±0.04 <sup>c</sup>	13.04±0.14 <sup>c</sup>	3.12*10 <sup>10</sup>	7334.3±415.30 <sup>ba</sup>	0.15±0.20

The values indicate the mean±SD of triplicate

<sup>a-c</sup> Means with the same letter in column are not significantly different by duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

\*LA (*Lactobacillus acidophilus*), LB (*Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*), ST (*Streptococcus thermophilus*), LALB (1:1), LBST (1:1), LAST (1:1), LALBST (1:1:1)

종류에 따른 쌀 첨가 요구르트의 발효에서 혼합균주와 쌀 분말을 첨가한 경우 대조군에 비하여 산생성이 빠르고 낮은 pH를 나타내었다고 하였다. Kim & Ko(1993)은 곡류 첨가균의 산생성이 높은 이유는 곡류 속에 젖산균 생합성에 필요한 발효촉진물질이 함유되어 있기 때문에 곡류 첨가균의 산생성이 높아 무첨가균에 비하여 적정산도가 높다고 보고한 바 있다. 따라서 요구르트에 보릿가루의 첨가는 유산균의 산 생성을 촉진시켜 요구르트의 품질 개선효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

### 당도 및 색도

유산균주를 달리하여 제조한 요구르트의 당도와 색도를 측정된 결과를 Table 2, 3에 나타내었다. 대조군에서 당도는 단일균 사용시 LA와 LB에서 높았으며, 두 가지 복합균에서는 LALB에서 높았다. 그 외 ST단일균과 복합균을 사용하였을 경우 비슷한 당도를 나타내었다. 보릿가루 첨가균에서 당도는 6.33-6.63 °Bx 범위였으며 LALB조합에서 가장 높은 당도를 나타내었고 나머지는 유사한 값을 나타내었다. 대조군과 비교해보면 11 °Bx로 높은 당도값을 보였던 LA, LB, LALB 시험균을 제외하고는 보릿가루를 첨가한 요구르트의 당도가 대조군에 비하여 1 °Bx정도 높았다. 이는 Jung & Ju(1997)에서 자색고구마 첨가가 요구르트에 당을 부가시켜 고구마 첨가에 따라 당이 증가한다고 하였고, Kim et al.(2009)이 버찌 분말을 첨가한 요구르트에서 당이 증가하였다는 보고와도 유사한 결과로 보릿가루에 함유된 당이 첨가 됨에 따라 보릿가루 첨가균의 당도가 증가한 것으로 생각된다.

유산균주를 달리하여 제조한 요구르트의 색도를 측정된 결과 LA, LB, LALB 시험균이 낮은 값을 보였고 나머지 시험균은 86-87정도로 유사한 밝기를 나타내었다. 보릿가루를 첨가함에 따라 밝기의 L값은 대조군에 비하여 현저히 낮아졌고 노란색의 b값과 붉은색을 나타내는 a값은 높아졌으며 LALBST시험균이 높은 L값과 낮은 a, b값을 나타내었다.

### 젖산균수

젖산균주를 달리하여 보릿가루 무첨가, 3% 첨가 요구르트 제조시 젖산균수는 Table 2, 3과 같았다. 젖산균수는 사용한 젖산균주의 종류와 조합에 따라 다소 차이를 나타내었으며 대조군에서 균수는 LALB, LBST에서 가장 높았다. 보릿가루를 첨가하여 제조한 요구르트의 젖산균수는 LA와 LALBST 혼합균주로 제조한 요구르트에서 많았다. pH와 산도는 젖산균수와 유사한 경향을 보이지 않았는데 이는 Bae et al.(2004)이 보고한 바와 같이 배양이 시작되면서 생성된 산은 발효유내에 존재함으로 젖산균 수가 감소되더라도 산 생성량은 증가되기 때문으로 생각 된다. 또한 이들은 젖산균의 종류별 성장 양상이 다르기 때문에 젖산균

수나 산도, pH의 경향이 다르게 나타난다고 하였다. 현행 우리나라의 축산물 가공기준 및 성분규격에 정해진 호상요구르트의 총 젖산균수는  $1 \times 10^8$  CFU/mL 이상으로 본 실험 결과 제조된 요구르트의 대조군 및 모든 실험군들의 젖산균수는 적정치 범위 이상인 것으로 나타났다.

### 점도

대조군에서 젖산균주의 종류에 따른 점도는 Table 2와 같다. LA, LB, LALB 젖산균으로 제조한 요구르트의 점도는 너무 낮아서 본 연구의 점도 측정조건에서는 측정되지 않았다. LBST로 제조한 요구르트의 점도가 가장 높았으며 LALBST 3가지 혼합균주로 제조한 요구르트의 점도가 다음으로 높았다.

보릿가루를 첨가한 요구르트의 점도는 단일균인 ST와 복합균인 LBST로 제조한 요구르트에서 높은 값을 나타내었으며, LA시험균에서 가장 낮은 점도를 나타내는 등 대조군과 비슷한 경향을 나타내었다(Table 3). 또한 LALBST 복합균주로 제조한 요구르트는 다음으로 높은 점도를 보였다. Paik & al.(2004)의 결과에서는 여러 가지 젖산균주를 사용하여 쌀분말과 탈지분유를 4% 첨가하여 제조한 요구르트의 점도를 비교해본 결과 *L. salivarius ssp. Salivarius*균으로 제조한 요구르트의 점도가 매우 낮았으며 *L. casei*로 제조한 요구르트와 *B. longum*, *L. acidophilus*, *streptococcus salivarius ssp. thermophilus*의 혼합균주로 제조한 요구르트의 점도가 더 높았다고 하였다. Kim & Ko(1990)는 요구르트의 점도에 미치는 젖산균의 효과에서 *L. acidophilus*로 만든 시료가 대체적으로 높은 점도를 나타냈고 *Leuc. mesenteroides*로 만든 시료가 대체적으로 낮은 점도를 나타내었다고 보고하였으나 본 연구에서는 LA로 만든 요구르트가 가장 낮은 점도를 나타내었다. 또한 대조군에 비하여 보릿가루 첨가 요구르트의 점도가 모든 균주조건에서 증가하였다. 요구르트에 쌀, 탈지분유, 전분, 옥수수, 감자와 팽화미등을 첨가하였을 때 점도가 증가되었다(Paik et al., 2004)는 연구들은 본 연구의 결과와 유사하였다. 점도 측정시간에 따른 점도변화는 Fig. 1과 같이 측정시간이 경과함에 따라 모든 시료에서 감소하였으나 LALB와 LALBST는 감소 정도가 적었다.

### β-glucan

요구르트의 β-glucan 함량은 대조군에서는 거의 검출되지 않았으나 보릿가루를 첨가한 요구르트에서는 0.15-0.20%의 β-glucan 함량을 나타내었다(Table 3). Gee et al.(2007)등은 β-glucan 추출물을 첨가한 요구르트를 제조 실험한 결과 요구르트의 점도가 증가하는 것으로 보고하였는데 이는 β-glucan 이 점도를 증가시키기 때문이라고 하였다. 본 연구에서도 보릿가루 첨가균이 대조군에 비하여 점도가 급격하게 증가하였다.

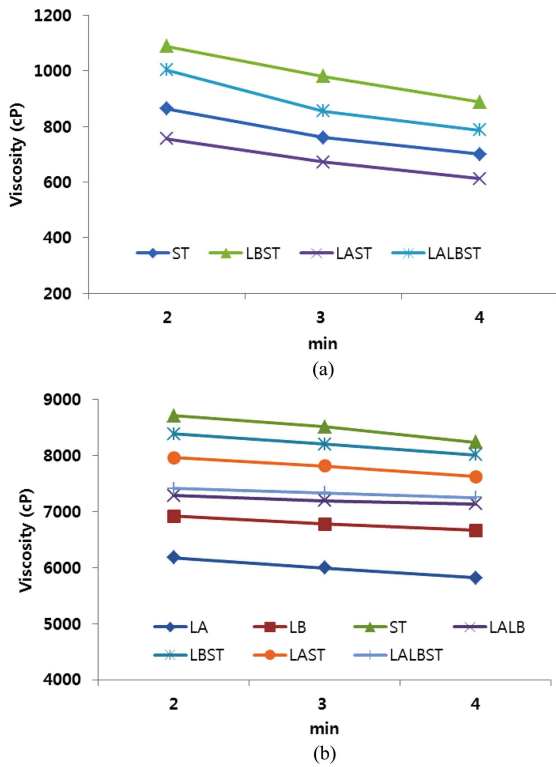


Fig. 1. Viscosity of (a) control and (b) barley yogurt fermented with various lactic acid bacteria according to analysis time.

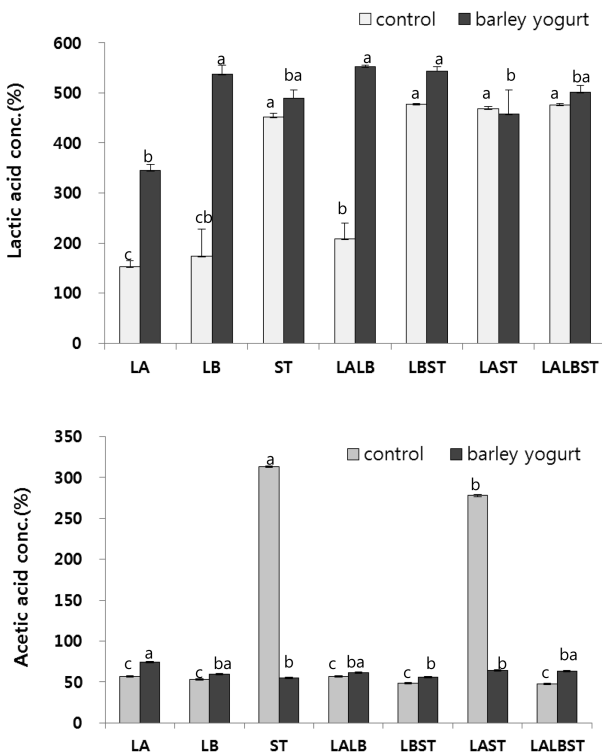


Fig. 2. Organic acid content of control and barley yogurt fermented with various lactic acid bacteria.

유기산

균주의 종류에 따른 대조군과 보릿가루 첨가군에서의 유기산 함량을 HPLC로 분석한 결과는 Fig. 2와 같았다. 대조군의 경우 젖산함량은 152.59-477.36%로 단일균주 보다는 복합균에서 높게 나타났으며 초산함량은 47.88-312.93%로 ST와 LAST에서 높게 나타났다. 보릿가루 첨가군의 경우 젖산함량은 345.08-552.50%으로 복합균에서 높았고, 초산함량은 55.33-74.66%로 LA균에서 높았다. 대조군에 비하여 보릿가루 첨가군이 높은 유기산 함량을 나타내었으며 이와 같은 결과는 현미를 첨가한 요구르트의 경우(Paik et al., 1992)와 탈지분유 4%와 곡류 4%를 첨가한 경우(Paik et al., 2004)에 젖산함량이 우유만으로 제조한 대조군에 비해 높았다는 실험결과와 유사하였다. 유기산은 요구르트의 향미와 관련이 있는데 모든 요구르트에서 젖산의 양이 다른 유기산에 비해 현저하게 높아 요구르트의 주요한 유기산임을 알 수 있다(Lee et al., 2006).

항산화활성

젖산균주의 종류에 따른 요구르트의 항산화활성은 DPPH유리 라디칼 소거능으로 살펴보았으며 그 결과는 Fig. 3과 같았다. 보릿가루 무첨가군의 DPPH활성은 균주 종류에 따라 유의적인 차이를 나타내었다. ST와 LBST, LAST 균주를 이용하여 제조한 요구르트에서 비교적 높은 항산화활성을 보였다. 보릿가루 첨가 요구르트의 항산화활성은 대조군과 같이 균주 종류에 따라 다른 항산화활성을 나타내었으며 LALBST조합에서 가장 높은 항산화활성을

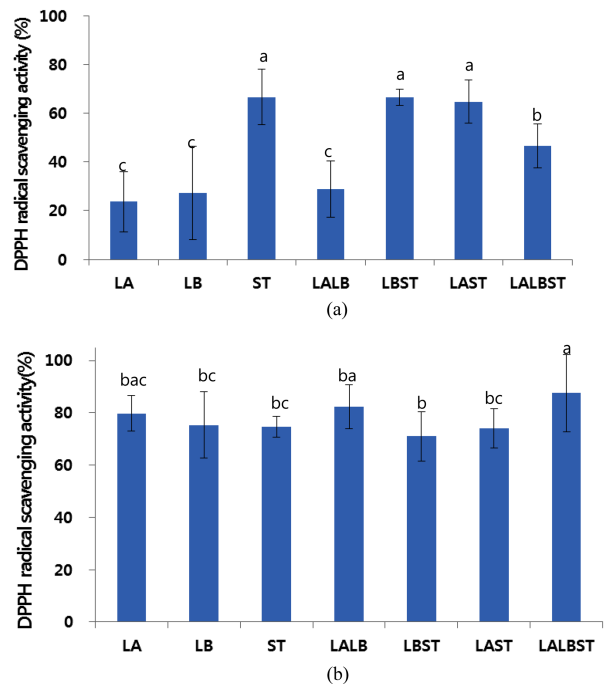


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of (a) control and (b) barley yogurt fermented with various lactic acid bacteria.

보였다. 보릿가루 첨가균은 대조균의 항산화활성이 23.70-66.52%이었던 것에 비해 70.94-80.51%로 높은 항산화활성을 보였다. 대조균에서 높은 활성을 나타낸 균주조합이 보릿가루 첨가균에서는 낮은 활성을 나타내는 등 대조균과 보릿가루첨가균에서 균주종류별 항산화활성이 다소 상이하였다. 보릿가루 첨가에 의한 요구르트의 항산화활성 증가 결과는 Lee et al.(2008)이 유자 첨가 요구르트에서 유자의 polyphenol 화합물에 의하여 항산화활성이 증가한다고 보고한 바와 같이 보릿가루에 함유되어 있는 polyphenol 화합물에 의하여 높은 항산화활성을 나타낸 것으로 생각된다. 본 연구에서 사용한 새찰쌀보리의 총페놀함량은 0.183%이었다(Table 1). Kang et al.(1996)은 전자공여능이 phenolic acid와 flavonoids 및 기타 phenol성 물질에 대한 항산화작용의 지표라 하였으며 이러한 물질은 환원력이 클수록 전자공여능이 높아 높은 항산화활성을 보인다고 하였다. Baik & Steven(2008)은 보리는 약 0.2-4% phenolic compound를 포함하며, polyphenols, phenolic acids, proanthocyanidins, catechin등이 주요 phenolic compounds라고 하였다.

Yu & Lee(1982)는 보리당화액(보리를 맥아 조효소액으로 당화한 것)과 탈지유의 단독 및 혼합배지에 배양 적성이 좋은 젖산 균주들은 *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. lactis*, *L. delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* 와 *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* 혼합균주 이었다고 보고하였는데 본 실험결과 통보릿가루를 첨가한 요구르트 제조시에도 단일균주보다는 pH와 산도에서 좋은 품질을 나타내었던 LALBST 혼합균주가 적합할 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구에서는 3%의 통보릿가루를 첨가하여 *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*와 *Streptococcus thermophilus* 등 3종의 균주를 단일균 또는 혼합균 조합별로 이용하여 요구르트를 제조하고 젖산균주에 따른 요구르트 품질 특성을 알아보았다. 대조균과 보릿가루 첨가균의 요구르트 품질특성은 균주 종류 및 조합에 따라 유의적인 차이를 나타내었다. 보릿가루 무첨가균인 대조균에서는 LBST 복합균으로 제조한 요구르트가 적정 pH, 산도, 점도, 항산화활성 등에서 좋은 특성을 나타내었으며, 다음으로 LALBST 복합균이 좋았다. 보릿가루 첨가균에서는 LALBST가 다른 균주조합에 비하여 낮은 pH, 적합 범위의 적정산도, 높은 항산화활성 등 좋은 요구르트 품질특성을 나타내었으며  $\beta$ -glucan 함량은 약 0.15%이었다. 대조균과 보릿가루첨가균에서 단독균보다는 복합균이 좋은 요구르트 품질특성을 보였고, 보릿가루를 첨가함에 따라 대조균에 비하여 pH는 감소하였고, 적정산도와 당도는 증가하였으며 젖산균수는 감소하였고 점도는 상당한 증가를 보였다. 색도의 경우 L값은 낮았고, a값과 b값은 높았으며,

연구결과 LALBST 혼합균주가 보릿가루 첨가 요구르트 제조시 가장 적합한 것으로 판단되었다.

## 참고문헌

- Bae HC, Cho IS, Nam MS. 2005. Effect of the biological function of yogurt added with *Lyceum chinense* Miller extract. Korean J. Ani. Sci. Tech. 47: 1051-1058.
- Bae HC, Paik SH, Nam MS. 2004. Fermentation properties of rice added yogurt made with various lactic acid bacteria. J. Anim. Sci. & Technol.
- Bae HC, Renchinkhand G, Ku JH, Nam MS. 2011. Characterization of fermented milk added with green whole grains of barley, wheat, glutinous rice and common rice powders. CNU J. Agri. Sci. 38: 485-491.
- Baik BK, Steven EU. 2008. Barley for food: characteristics, improvement and renewed interest. J. Cereal Sci. 48: 233-242.
- Chamber JV. 1979. Culture and processing techniques important to the manufacture of good quality yogurt. J. Cult. Dairy Prod. 14: 28-34.
- Cheigh HS, Lee NS, Kwon TW. 1976. Some nutritional composition of barley flours. Korean J. Food Sci. Technol. 8: 260-262.
- Chevalier PD, Roy D, Ward P. 1990. Detection of *Bifidobacterium* species by enzymatic methods. J. Appl. Bacteriol. 68: 619-624.
- Cho EJ, Nam ES, Parj SI. 2004. Effect of chlorella extract on quality characteristics of yogurt. Korean J. Food Nutr. 17: 1-7.
- Cho IS, Bae HC, Nam MS. 2003. Fermentation properties of yogurt added by *Lycii fructus*, *Lycii folium* and *Lycii cortex*. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 23: 250-261.
- Cho JR, Kim JH, In MJ. 2007. Effect of garlic powder on preparation and quality characteristics of yogurt. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 50: 48-52.
- Cho YS, Cha JY, Kwon OC, OK M, Shin SR. 2003. Preparation of yogurt supplemented with sweet persimmon powder and quality characteristics. Korean J. Food Preserv. 10: 175-181.
- Collins MD, Jones D. 1979. Isoprenoid quinone composition as a guide to the classification of *sporolactobacillus* and possibly related bacteria. J. Appl. Bacteriol. 47:293-297.
- Gee VL, Vasanthan T, Temelli F. 2007. Viscosity of model yogurt systems enriched with barley  $\beta$ -glucan as influenced by starter cultures. Int. Dairy J. 17: 1083-1088.
- Hong OS, Ko YT. 1991. Study on preparation of yogurt from milk and rice. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 587-592.
- Jeon BJ, Seok JS, Kwak HS. 2005. Physico-chemical properties of *Lactobacillus casei* 00692 during fermenting for Liquid-type yogurt. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 25: 226-231.
- Jeong EJ, Bang BH. 2003. The effect on the quality of yogurt added water extracted from sea tangle. Korean J. Food Nutr. 16: 66-71.
- Jung GT, Ju IO. 1997. Studies on the preparation of yogurt from milk added purple sweet potato powder. Korean J. Food & Nutr. 10: 457-461.
- Kang GG, Lee EH. 1997. Effect of sikhae on the quality of yogurt. J. Agric. Res. Inst. (Chinju Nat Univ) 10: 105-109.
- Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. Korea J. Food Sci. Technol. 28: 232-239.

- Kim HJ, Ko YT. 1990. Study in preparation of yogurt from milk and soy protein. Korean J. Food Sci. Technol. 22:700-706.
- Kim KH, Ko YT. 1993. 1993. The preparation of yogurt from milk and cereals. Korean J. Food Sci. Technol. 25: 130-135.
- Kim KH, Hwang HR, Jo JE, Lee SY, Kim NY, Yook HS. 2009. Quality characteristics of yogurt prepared with flowering cherry (*Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. wils.) fruit powder during storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 1229-1236.
- Kim JW, Lee JY. 1997. Preparation and characteristics of yogurt from milk added with box thorn (*Licium Chinese* miller). Korean J. Dairy Sci. 19: 189-200.
- Kim SI, Ko SH, Lee YJ, Choi HY, Han YS. 2008. Antioxidant activity of yogurt supplemented with red ginseng extract. Korean J. Food Cookery Sci. 24: 358-366
- Lee HJ, Pak HO, Lee JM. 2006. Fermentation properties of yogurt added with rice bran. Korean J. Food Cookery Sci. 22: 488-494.
- Lee JH, Hwang HJ. 2006. Quality characteristics of curd yogurt with *Rubus coreanum* Miquel juice. Korean J. Culinary Research 12: 195-205.
- Lee MJ, Kim KS, Kim YK, Park JC, Kim HS, Choi JS, Kim KJ. 2013. Quality characteristics and antioxidant activity of yogurt added with whole barley flour. Korean Soc. Food Sci. Technol. 45 in press.
- Lee YJ, Kim SI, Han YS. 2008. Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt added yuzu (*Citrus junos* sieb ex tanaka) extract. Korean J. Food & Nutr. 21: 135-142.
- Paik JH, Ko YT. 1992. Effect of storage period of rice on quality of rice added yogurt. Korean J. Food Sci. Technol. 24: 470-476.
- Paik SH, Bae HC, Nam MS. 2004. Fermentation properties of yogurt added with rice. J. Anim. Sci & Technol. 46: 667-676.
- Saidi B, Warthesen JJ. 1989. Analysis and stability of orotic acid in milk. J. Dairy Sci. 72: 2900-2905
- Shin DH. 1989. A yogurt like product development from rice by lactic acid bacteria. Korean J. Food Sci. Technol. 21: 686-690.
- Shin YS, Lee SK, Kim DH. 1993. Studies on the preparation of yogurt from milk and sweet potato or pumpkin. Korean J. Food Sci. Technol. 25: 666-671.
- Sung YM, Cho JR, Oh NS, Kim CK, In MJ. 2005. Preparation and quality characteristics of curd yogurt added with chlorella. Korean J. Soc. Appl. Biol. Chem. 48: 60-64.
- Yang GH, Guan JJ, Wang JS, Yin HC, Qiao FD, Jia F. 2012. Physicochemical and sensory characterization of ginger-juice yogurt during fermentation. Food Sci. Biotechnol. 21: 1541-1548.
- Yu TJ, Lee JW. 1982. Studies in preparation of lactic acid fermentation beverage from a malt syrup. Korean J. Food Sci. Technol. 14: 57-62.