

유산균의 종류 및 귀리 첨가가 요구르트의 품질 및 항산화활성에 미치는 영향

†이미자 · 양지영* · 김현영** · 송승엽** · 서우덕

농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과 농업연구관, *농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과 박사후연구원,
**농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과 농업연구사

Effects of Oat Addition and Various Lactic Acid Bacteria on Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Yogurt

†Mi Ja Lee, Ji Yeong Yang*, Hyun Young Kim**, Seung-Yeob Song** and Woo Duck Seo

Senior Researcher, Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

*Post-Doctor, Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

**Researcher, Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

Abstract

In this study, we investigated the effects of adding oat and lactic acid bacteria on the quality and functionality of yogurt. Yogurt was fermented with various lactic acid bacteria; *Lactobacillus acidophilus* (LA), *Lactobacillus delbrueckii* sub. *bulgaricus* (LB), and *Streptococcus thermophilus* (ST) and quality properties, β -glucan content, antioxidant activity were estimated. The quality of control and oat added yogurt (OY) showed significant differences depending on the type of strain and combination. The addition of oats significantly accelerated the lactic acid bacteria production, decreased the pH, and increased the titratable acidity and count of the viable cells compared to the control. Acid production was highest in ST, with the complex strains containing ST and LALBST showing high quality characteristics. The viscosity of oat yogurt was higher than that of the control group, and LALBST was also significantly higher than that of the control group. The β -glucan content of OY was 0.14-0.2%, and the organic acid content and antioxidant activity were also significantly increased by the addition of oats. As a result, it is thought that the addition of oats and a combination of lactic acid bacteria can be used for improving the quality and functionality of yogurt.

Key words: oat, yogurt, lactic acid bacteria, β -glucan, viable cell count

서 론

요구르트는 소비자들의 건강과 유산균의 효능에 대한 높은 관심으로 소비자들의 선호도가 높은 기호식품 중의 하나이다. 국내 발효유 제품의 소매시장 규모는 2017년 기준 9,698억 원으로 연평균 4.6%씩 성장해 왔다(Noh 등 2020). 최근 들어 건강 기능식품에 대한 관심이 높아지면서 통보리가루(Jeong & Bang 2003), 자색고구마(Chun 등 2000), 대추(Kim 등 2014), 함초(Cho 등 2003), 복분자(Lee & Hwang 2006), 홍삼(Kim 등 2008), 유자(Lee 등 2008) 및 마늘(Cho 등 2007) 등

을 첨가하여 기능성을 더 강화하거나 또는 항산화활성 등의 새로운 생리활성이 강화된 요구르트를 제조하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 귀리(*Avena sativa* L.)는 벼과(Gramineae)에 속하는 곡류로 단백질과 지질이 풍부하고 필수 아미노산이 균형있게 함유되어 있으며 2~6%의 β -glucan이 함유되어 식품학적으로 가치가 높은 작물로 인식되고 있다(Aman & Graham 1987; Jeong 등 2014). 귀리 β -glucan은 식후 당류의 소화 흡수를 지연시키며 인슐린의 분비를 조절할 뿐 아니라 당뇨병에 있어서 혈당 농도를 저하시키며(Anderson JW 1980) 대장암을 예방하는 것으로 알려져 있다

† Corresponding author: Mi Ja Lee, Senior Researcher, Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-238-5332, Fax: +82-63-238-5305, E-mail: esilvia@korea.kr

(Vahouny & Kritchevsky 1986). 귀리를 이용한 가공과 품질 관련 연구는 매우 한정적으로 이루어졌으며 최근에는 귀리의 영양학적 우수성이 많이 알려지면서 귀리떡, 귀리밥, 귀리죽 및 귀리술 등 다양한 가공제품으로의 이용이 증가하고 있다 (Kim 등 2020). 따라서 본 연구에서는 귀리 첨가에 따른 요구르트의 항산화 활성 및 품질 특성 변화를 알아보고자 3종의 유산균을 단독균 또는 혼합균으로 접종하여 귀리 첨가 요구르트를 제조하고 pH, 점도 등의 품질특성과 베타글루칸 함량 및 항산화활성 등을 평가하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 시약

요구르트 제조에 사용한 귀리는 국립식량과학원에서 생산된 대양귀리를 0.2 mm체가 장착된 Retsch centrifugal mill (ZM 100; Kurt Rotech CmbH & Co., Haan, Germany)을 이용하여 분쇄하여 사용하였다. 베타글루칸과 전분 분석 kit는 Megazyme Co., International Ireland Ltd., (Bray, Co. Wicklow, Ireland)에서 구입하였으며, 그 외 모든 시약은 1급 이상 시약을 사용하였다.

2. 귀리 주요 성분분석

본 실험에 사용한 대양귀리의 조단백질 함량은 Elementar Analyzer System(Vario MACRO, Hanau, Germany)를 이용하여 측정하였으며, 총페놀 함량은 Folin-Ciocalteu colorimetric방법 (Yu 등 2004)을 이용하여 분석하였다. 80% MeOH로 추출하고 Folin-Ciocalteu reagent를 가한 후 반응액의 흡광도를 720 nm에서 측정하였다. 이때 표준물질은 0.1% gallic acid를 사용하였다. 베타글루칸과 전분함량은 Megazyme β -glucan assay kit와 Total starch megazyme assay kit를 이용하여 분석하였다 (McCleary & Codd 1991; McCleary 등 1994).

3. 사용균주 및 배양

귀리 요구르트 제조는 *Lactobacillus acidophilus*(LA, KCTC 3140), *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*(LB, KCTC 3635)와 *Streptococcus thermophilus*(ST, KCTC 5092) 3종의 균주를 분양받아 사용하였다. 1차 균주 배양과 2차 계대배양은 5.2% MRS 배지(Oxoid, UK)에 0.2% 접종하여 39°C에서 24시간 배양하였다. 이렇게 배양한 균주 1.0%(v/v)를 10% skim milk(Oxoid, UK)에 접종하여 39°C에서 24시간 배양하여 요구르트 제조에 사용하였다.

4. 귀리 요구르트 제조

귀리 요구르트 제조는 11% 탈지분유(서울우유)용액을 살

균하고 귀리가루를 3% 첨가하여 95°C에서 10분간 가열하고, 30°C 정도로 식힌 후 skim milk 배지에서 배양한 유산균 배양액을 5%(v/v) 비율로 접종하여 39°C의 항온기에서 24시간 발효하였다. 즉, LA, LB, ST 단일균을 사용하여 대조군과 귀리 첨가시험균을 제조하였으며, 두가지 균을 동량으로 한 LA:LB(1:1), LA:ST(1:1), AB:ST(1:1) 대조군과 귀리 첨가시험균을 제조하였다. 또한 3가지 균을 동량으로 한 LA:LB:ST 대조군과 귀리 첨가시험균을 제조하였다. 이렇게 제조한 요구르트의 일정량을 채취하여 pH, 산생성량 및 유산균수를 측정하였고, 남은 시료들은 냉장고에 2일간 저장한 후 요구르트 품질 분석 및 성분 분석에 이용하였다.

5. 요구르트 분석

1) pH 및 적정산도 측정

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

2) Brix 당도, 점도 및 색도 측정

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

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. 이때 표준백색판의 L, a, b값은 각각 98.21, -0.03, -0.21이었으며 각 실험은 3회 반복 수행하였다.

3) 유산균 수 측정

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

4) 요구르트의 유기산 분석

유기산분석은 Saidi & 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 17 mm RC Syringe filter 0.2 μ m(Rockwood, USA)를 사용하여 여과한 후 HPLC system을 사용하여 분석하

였다. 분석조건은 Dual-λ-Absorbance Detector(Waters, USA)를 사용하여 214 nm에서 분석하였고, 컬럼은 SUPELCOGEL C-610H (30 cm×7.8 mm, USA), 이동상은 0.05 M phosphatic acid, 유속은 0.8 mL/min이었다. 시험에 사용된 lactic acid, acetic acid, propionic acid, butyric acid 표준물질은 Sigma-Aldrich Co.에서 구입하여 분석에 사용하였다.

5) 항산화활성 측정

귀리 첨가 요구르트의 항산화활성은 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil(DPPH) 및 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid(ABTS) 유리라디칼 소거활성을 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 70% 에탄올수용액에 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. ABTS 라디칼 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 증류수에 녹여 24시간 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시키고 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 몰 흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 증류수로 희석하였다. ABTS 라디칼 소거 활성은 ABTS 7 mM과 potassium persulphate 2.45 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 734 nm에서 흡광도 값이 0.7(± 0.02)가 되도록 에탄올로 희석하여 시료용액 추출액 0.1 mL에 ABTS 용액 2.9 mL를 가하여 30°C에서 20분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도 변화를 측정하였다. 이때 표준물질로 Trolox(Sigma Aldrich)를 사용하였다.

6. 통계처리

실험 결과에 대한 통계분석은 SAS Enterprise Guide 7.1 (Statistical analysis system, Cray, NC, USA)로 분석하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 시료간의 유의적인 차이는 one-way ANOVA (analysis of variance)로 분석한 뒤 신뢰구간 $p < 0.05$ 에서 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 귀리의 일반성분 및 항산화 활성

요구르트 제조에 사용한 대양 귀리는 국내에서 개발된 쌀

귀리 품종 중의 하나로 주요 성분 분석 결과 단백질 15.6%, 전분은 54.5%이었으며, 베타글루칸은 4.7%, 총페놀 함량은 0.086%이었다(Table 1). Lee 등(2017)은 국내산 쌀귀리 5품종의 이화학적특성과 항산화활성을 분석하였는데 단백질은 14.0~16.9%, 전분은 54.7~60.6%, 베타글루칸은 3.78~4.60%, 총페놀함량은 0.10~0.13% 범위였다.

2. 귀리 첨가 요구르트의 품질 특성

1) pH

유산균의 종류를 달리하여 제조한 요구르트 대조군과 귀리 요구르트의 pH는 Table 2 및 Table 3과 같았다. 대조군의 pH는 4.49~6.32이었으며, ST가 유의미하게 가장 낮은 pH를 보였고, LALB가 가장 높은 pH를 나타내었다. 단일균보다는 복합균에서 더 낮은 pH를 보였으며 가장 낮은 pH를 보인 ST를 포함하는 복합균 조합이 다른 조합보다 낮은 pH를 나타내었다. 귀리를 첨가한 요구르트의 pH는 4.39~4.96범위로 귀리 첨가 요구르트에서는 LA가 가장 낮은 pH를 보였고, LAST와 LALBST 복합균이 낮은 pH를 나타내는 등 대조군과 귀리 첨가군의 pH는 균주 종류별로 유의적인 차이를 나타내었다. 귀리첨가군이 대조군보다는 다소 낮은 pH를 나타내어 요구르트의 적합 pH인 3.27~4.53 범위(Chamber JV 1979)에 좀더 가까웠다. 쌀, 보리, 밀, 옥수수과 탈지분유를 첨가한 요구르트 제조에서 균주에 따라 다소 차이가 있으며 곡류 첨가군의 pH가 탈지분유만으로 제조한 요구르트보다 다소 낮은 경향을 보였으며(Paik & Ko 1992; Kim & Ko 1993), 곡류나 쌀 등의 첨가는 유산균의 산생성을 촉진함으로써 pH가 낮아진다고 하였다(Um 등 1993; Pak 등 2006).

2) pH와 적정산도

요구르트에서 젖산 생성 정도는 요구르트의 품질검사에 널리 이용되고 있으며 시판요구르트의 적정산도 기준치는 0.97~1.40% 범위이며(Paik 등 2004; Pak 등 2006), 요구르트의 산도가 1.0~1.1%일 때 가장 좋은 품질을 나타낸다고 하였고(Noh 등 2020), Chamber JV(1979)는 요구르트의 적합 pH가 3.27~4.53이라고 하였다. 유산균의 종류를 달리하여 제조한 대조군의 pH는 4.49~6.32 범위였으며, 적정산도는 0.35~1.27 범위였다(Table 2). 단일균에서 ST만 적정 pH와 산도 값을 나

Table 1. Content of protein, β -glucan, total phenol and antioxidant activities of oat flour

Sample	Protein (%)	Starch (%)	β -Glucan (%)	Total phenol (%)	DPPH (%)	ABTS (umol/g)
Dacyang	15.6 \pm 0.2	54.5 \pm 0.8	4.7 \pm 0.01	0.086 \pm 0.002	8.88 \pm 0.21	0.757 \pm 0.07

The values indicate the mean \pm S.D. of triplicate.

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

Lactic acid bacteria	pH	Titrateable acidity	Sugar cont. (°Brix)	L	a	b	Viable cell (cfu/mL)	Viscosity (c.P.)
LA	6.16±0.00 ^c	0.39±0.01 ^d	10.85±0.05 ^b	85.78±0.34 ^b	-1.50±0.19 ^c	7.17±0.41 ^d	4.5×10 ¹²	84.0±12.0 ^c
LB	6.20±0.00 ^b	0.35±0.01 ^e	10.90±0.10 ^{ab}	90.99±5.06 ^a	-1.71±0.01 ^d	6.72±0.14 ^e	4.1×10 ¹²	90.0±30.0 ^c
ST	4.49±0.00 ^f	1.19±0.02 ^b	5.40±0.10 ^{cd}	85.77±0.05 ^b	-1.31±0.05 ^b	7.99±0.26 ^b	1.244×10 ¹³	929.3±18.3 ^b
LALB	6.32±0.01 ^a	0.35±0.00 ^e	11.03±0.06 ^a	86.01±0.05 ^b	-1.19±0.07 ^b	7.49±0.04 ^c	3.85×10 ¹³	0.0±0.0
LAST	4.59±0.02 ^d	1.14±0.02 ^c	5.50±0.10 ^{cd}	85.87±0.07 ^b	-0.91±0.08 ^a	8.36±0.06 ^a	1.04×10 ¹⁴	943.8±30.2 ^{ab}
LBST	4.55±0.01 ^e	1.27±0.02 ^a	5.53±0.23 ^c	85.84±0.12 ^b	-0.89±0.03 ^a	8.33±0.14 ^a	8.72×10 ¹³	1,007.6±63.7 ^a
LALBST	4.57±0.01 ^e	1.26±0.02 ^a	5.37±0.06 ^d	85.77±0.13 ^b	-0.86±0.20 ^a	8.52±0.06 ^a	1.12×10 ¹⁴	1,011.9±60.5 ^a

The values indicate the mean±S.D. of triplicate.

^{a-c}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).

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

Lactic acid bacteria	pH	Titrateable acidity	Sugar cont. (°Brix)	L	a	b	Viable cell (cfu/mL)	Viscosity (c.P.)
OY LA	4.39±0.02 ^d	1.32±0.01 ^a	6.35±0.05 ^{ab}	76.27±0.03 ^d	0.47±0.02 ^{bc}	11.98±0.09 ^a	4.48×10 ¹³	2,088.0±24.0 ^{cd}
OY LB	4.68±0.02 ^c	1.14±0.00 ^{cd}	6.35±0.05 ^{ab}	76.47±0.13 ^{cd}	0.68±0.02 ^a	11.90±0.08 ^a	2.08×10 ¹³	2,178.0±30.0 ^c
OY ST	4.73±0.03 ^{bc}	1.03±0.01 ^e	6.10±0.00 ^b	77.02±0.05 ^{bc}	0.31±0.02 ^d	11.63±0.02 ^{ab}	6.24×10 ¹³	2,441.0±6.0 ^b
OY LALB	4.88±0.14 ^{ab}	1.08±0.03 ^{de}	6.70±0.76 ^a	77.14±0.38 ^b	0.53±0.10 ^b	10.91±0.32 ^d	1.26×10 ¹⁴	2,005.0±75.2 ^d
OY LAST	4.59±0.14 ^c	1.21±0.12 ^{bc}	6.00±0.00 ^b	77.84±0.35 ^a	0.30±0.04 ^d	11.09±0.25 ^{cd}	1.12×10 ¹⁴	2,409.3±22.0 ^b
OY LBST	4.96±0.08 ^a	0.91±0.09 ^f	6.13±0.23 ^b	77.85±0.64 ^a	0.33±0.11 ^d	10.97±0.43 ^{cd}	8.6×10 ¹³	2,502.7±17.0 ^b
OY LALBST	4.58±0.11 ^c	1.27±0.05 ^{ab}	6.07±0.31 ^b	77.59±0.35 ^{ab}	0.39±0.05 ^{cd}	11.39±0.15 ^{bc}	8.4×10 ¹³	3,274.7±139.9 ^a

The values indicate the mean±S.D. of triplicate.

^{a-c}Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

OY (oat yogurt), LA (*Lactobacillus acidophilus*), LB (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*), ST (*Streptococcus thermophilus*), LALB (1:1), LBST (1:1), LAST (1:1), LALBST (1:1:1).

타내었고, LA와 LB는 pH가 높고 산도는 낮아 적합산도에 못 미치는 산생성도를 나타내었다. 단일균보다는 복합균에서 pH가 낮고 산도가 높았으며, LALB 복합균을 제외하고 ST가 포함된 복합균이 높은 산생성도를 나타내어 PH와 적합산도 값을 충족시켰다. 귀리 첨가 요구르트의 pH와 산도는 4.39-4.96과 0.91-1.32범위로 대조군보다 산생성도가 높았다 (Table 3). pH는 LA만 적정 pH값을 보였고, 산도는 LBST 복합균을 제외하고는 모두다 적합산도값을 보였다. 귀리에는 전분과 미량의 무기질과 비타민이 함유되어 있어 유산균의 일차대사 산물인 젖산 생성이 촉진되어 대조군보다 산생성이 높은 것으로 생각된다(Kim & Ko 1993). Bae 등(2004)은 혼합균주와 쌀분말을 첨가한 경우 대조군에 비하여 산생성이 빠르고 낮은 pH를 나타내었다고 하였으며, Kim & Ko(1993)는 곡류 첨가균의 산생성이 높은 이유는 곡류 속에 유산균 생합성에 필요한 발효촉진물질이 함유되어 있기 때문에 곡류 첨가균의

산생성이 높아 무첨가군에 비하여 적정산도가 높다고 보고한 바 있다. 따라서 귀리 첨가는 유산균의 산 생성을 촉진시켜 적합한 범위 내 pH와 산도로 요구르트의 품질 개선효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

3) 유산균수

유산균을 달리하여 귀리 무첨가와 3% 첨가하여 제조한 요구르트의 유산균수는 Table 2 및 Table 3과 같았다. 유산균수는 사용한 유산균의 종류와 조합에 따라 다소 차이를 나타내었으며 대조군에서 균수는 단일균보다는 복합균에서 높았고 LALBST에서 가장 높았다. 귀리를 첨가하여 제조한 요구르트의 유산균수는 LALB, LAST 혼합균주로 제조한 요구르트에서 많았으며, 비교적 대조군보다 귀리를 첨가한 요구르트의 유산균수가 높았다. 그러나 Bae 등(2004)이 보고한 바와 같이 pH, 산도 및 유산균수가 유사한 경향을 보이지는 않았

다. 현행 식품공전에서 의 액상 및 호상발효유의 유산균수는 각각 10^7 과 10^8 CFU/mL 이상으로 규정하고 있는데 본 실험 결과 제조된 요구르트의 대조군 및 모든 시험군들의 유산균수는 기준치 범위 이상인 것으로 나타났다.

4) 당도 및 색도

유산균을 달리하여 제조한 요구르트의 당도와 색도를 측정한 결과 대조군에서 당도는 LA와 LB에서 10.85, 10.90 °Brix로 높았으며, 복합군에서는 LALB가 11.03 °Brix로 높았다. 그 외에는 5.37~5.53 °Brix로 비슷한 당도를 나타내었다. 귀리 첨가군에서 당도는 6.00~6.70 °Brix 범위였으며 LALB 조합에서 가장 높은 당도를 나타내었고 나머지는 유사한 값을 나타내었다. 높은 당도 값을 보였던 LA, LB, LALB 대조군을 제외하고는 귀리 첨가 요구르트의 당도가 대조군에 비하여 1.2 °Brix정도 높았다. 유산균을 달리하여 제조한 요구르트의 색도를 측정한 결과 L값은 LB 요구르트가 90.99로 가장 높았으며, 나머지 대조군 모두는 86정도로 유사한 밝기를 나타내었다. 귀리를 첨가함에 따라 L값은 76.27~77.85로 대조군에 비하여 현저히 낮아졌고 노란색의 b값과 붉은색을 나타내는 a값은 높아졌다.

5) 베타글루칸 함량 및 점도

요구르트의 베타글루칸 함량은 대조군에서는 검출이 되지 않았으나 귀리를 첨가한 요구르트에서는 0.14~0.20%의 베타글루칸 함량을 나타내었다(Fig. 1). Gee 등(2007)은 베타글루칸 추출물을 첨가한 요구르트를 제조 실험한 결과 요구르트의 점도가 증가하는 것으로 보고하였는데 이는 베타글루칸이 점도를 증가시키기 때문이라고 하였다.

유산균 종류와 귀리 첨가가 요구르트의 점도에 미치는 효과를 조사한 결과(Table 2, Table 3) 대조군에서 단일균의 경우에 ST 요구르트가 현저하게 높은 점도를 나타내었다. LALB 조합을 제외하고는 복합균이 단일균보다 높았으며, ST가 포함된 조합에서 점도가 높았다. 특히, LALBST의 3가지 복합균의 점도가 가장 높았다. 균의 종류나 조합에 상관없이 귀리 첨가군이 대조군보다 점도가 급격하게 증가하였으며, 대조군과 마찬가지로 ST와 ST를 포함하는 조합에서 점도가 높았고 LALBST가 가장 높은 점도를 보였다. 본 연구결과와 유사하게 Paik 등(2004)은 요구르트에 쌀, 탈지분유, 전분, 옥수수, 감자와 팽화미 등을 첨가하였을 때 점도가 증가되었다고 보고하였다. 특히, 귀리는 점성이 높은 베타글루칸을 함유하고 있어 귀리 첨가 요구르트의 점도를 높이는데 관여한 것으로 판단된다(Lee YT 2001; Gee 등 2007). 일반적으로 호상 요구르트의 유고형분 함량을 높이기 위하여 8% 이상의 무지유 고형분을 포함하며 탈지분유, 전지분유, 버터밀크 분말, 유청

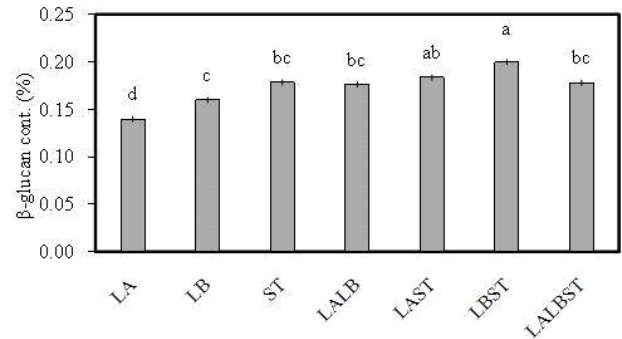


Fig. 1. β-Glucan contents of the oat yogurt fermented with various lactic acid bacteria. ^{a-d}Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). LA (*Lactobacillus acidophilus*), LB (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*), ST (*Streptococcus thermophilus*), LALB (1:1), LBST (1:1), LAST (1:1), LALBST (1:1:1).

분말, 카제인 분말 등이 첨가되고 있다(UM 등 1993). 호상 요구르트의 조직이 너무 묽거나 유청이 분리되는 경우 소비자들에게 부정적인 영향을 미치므로 소비자들의 기호성을 높이기 위하여 첨가물을 첨가하여 점도를 증가시키고 유청분리를 억제하는데 본 연구결과 귀리도 요구르트의 점도를 증가시키기 위한 소재로 사용 가능할 것으로 생각된다.

6) 유기산

유산균의 종류에 따른 대조군과 귀리 첨가군에서의 유기산 함량을 HPLC로 분석한 결과는 Table 4와 같았다. 요구르트에 함유된 유기산 성분은 신맛 등의 풍미를 부여하는 동시에 pH를 낮추어 기질의 부패방지 효과에 따른 보존성을 증진시켜 준다(Lee 등 2013). 대조군의 경우 단일균의 젖산함량은 47.05~514.56%, 초산함량은 74.89~339.46%로 ST에서 가장 높았다. 귀리 첨가군의 경우 젖산함량은 370.34~454.66%로 LA가 가장 높았으나 유의성은 없었다. 초산함량은 64.40~242.02%로 ST군에서 가장 높았다. 대조군에 비하여 귀리 첨가군이 높은 총유기산 함량을 나타내었고 이는 현미나 곡류를 첨가 요구르트의 경우에 젖산함량이 우유만으로 제조한 대조군에 비해 높았다는 실험결과와 유사하였으며(Paik & Ko 1992; Paik 등 2004), 젖산 함량이 현저하게 높아 귀리 첨가 요구르트는 젖산이 주요 유기산임을 알 수 있었다(Pak 등 2006).

7) 항산화 활성

유산균의 종류에 따른 요구르트의 항산화활성은 DPPH와 ABTS 유리 라디칼 소거능으로 살펴보았다(Fig. 2). 대조군의 DPPH활성은 균 종류에 따라 유의적인 차이를 나타내었다.

Table 4. Organic acid content of the yogurt and oat yogurt fermented with various lactic acid bacteria

	Lactic acid (%)	Acetic acid (%)	Total (%)
Con LA	54.49±7.69 ^b	74.89±15.33 ^b	129.39±7.64 ^b
Con LB	47.05±1.19 ^b	92.04±7.29 ^b	139.09±6.10 ^b
Con ST	514.56±4.75 ^a	339.46±3.54 ^a	654.02±8.29 ^a
OY LA	454.66±26.55 ^a	64.40±3.70 ^b	519.07±30.25 ^{ab}
OY LB	370.34±0.02 ^a	124.72±26.32 ^b	495.05±26.34 ^b
OY ST	424.37±23.77 ^a	242.02±11.94 ^a	666.40±35.71 ^a

The values indicate the mean±S.D. of triplicate

^{a-c}Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Con (control), OY (oat yogurt), LA (*Lactobacillus acidophilus*), LB (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*), ST (*Streptococcus thermophilus*).

ST를 이용하여 제조한 요구르트에서 가장 높은 항산화활성을 보였다. 귀리 첨가 요구르트의 항산화활성도 대조군과 같이 균 종류에 따라 다른 항산화활성을 나타내었으며 ST에서 가장 높은 항산화활성을 보였다. 귀리 첨가균의 DPPH활성은 대조군이 6.09~16.87%였던 것에 비하여 16.52~19.93%로 높은 항산화활성을 보였다. ABTS 라디칼 소거활성은 대조군은 0.41~0.87 $\mu\text{mol/g}$ 으로 LA와 LB가 높은 활성을 나타내었으며 단일균이 복합균보다 높았다. 귀리 첨가균은 0.67~0.96 $\mu\text{mol/g}$ 로 LBST 조합이 가장 높은 활성을 보이는 등 실험방법에 따라 활성이 높은 균주가 차이를 보였으나, 대조군보다는 귀리 첨가균이 높은 활성을 보였다. 귀리 첨가에 의한 요구르트의 항산화활성 증가는 귀리에 함유되어 있는 polyphenol 화합물에 의하여 높은 항산화활성을 나타낸 것으로 생각된다 (Lee 등 2008). Noh 등(2020)은 시판 요구르트의 항산화활성과 활성성분과의 상관관계를 분석한 결과 요구르트의 항산화 작용은 주로 총페놀성분 함량과 높은 상관성이 있다고 하였다.

요약 및 결론

본 연구에서는 귀리를 첨가하여 LA, LB, ST 등 3종의 유산균을 단일균 또는 혼합균 조합별로 이용하여 요구르트를 제조하고 유산균의 종류 및 귀리 첨가가 pH 등 요구르트의 품질특성 및 기능성분 함량에 미치는 영향을 조사하였다. 귀리의 첨가로 유산균의 산생성이 현저하게 촉진되어 대조군에 비하여 pH는 감소하였고, 적정산도와 유산균수는 증가하였다. 특히, 3종의 유산균 중에서는 ST가 가장 우수한 산생성능을 보였으며 ST를 포함하는 복합균 조합과 LALBST 등 복합균에서 우수한 품질 특성을 보였다. 점도의 경우에도 대조군보다는 전체적으로 귀리첨가균이 높았으며, LALBST 조합이 유의성 있게 높았다. 베타글루칸은 대조군에서는 검출되지 않았지만 귀리요구르트에서는 0.14~0.2%였으며, 유기산 함량과 항산화활성도 귀리 첨가에 의하여 유의적으로 증가하였다. 이러한 결과로 미루어 보아 복합균을 활용한 귀리

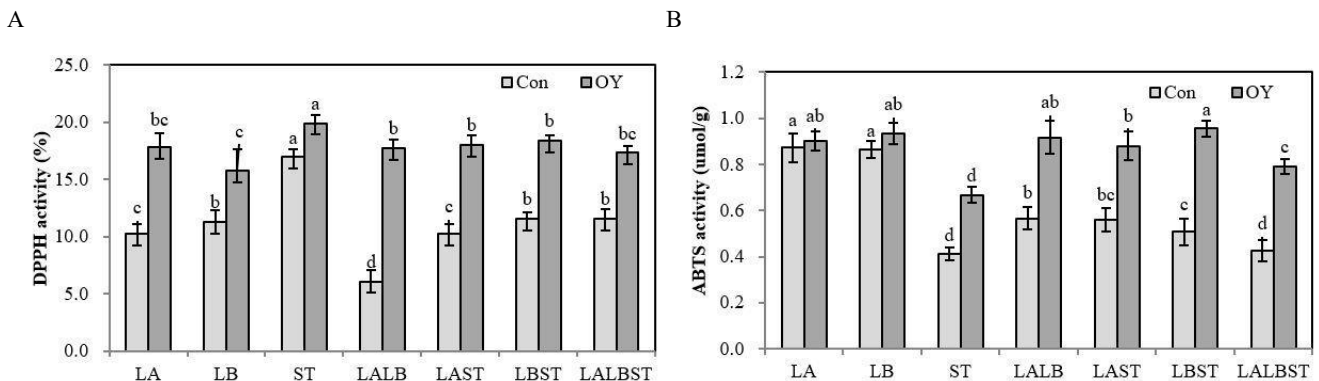


Fig. 2. Antioxidant activities of the yogurt fermented with various lactic acid bacteria, (A) DPPH activity, (B) ABTS activity. ^{a-d}Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$). Con (control), OY (oat yogurt), LA (*Lactobacillus acidophilus*), LB (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*), ST (*Streptococcus thermophilus*), LALB (1:1), LBST (1:1), LAST (1:1), LALBST (1:1:1).

첨가가 요구르트의 품질 및 기능성 향상을 위한 방법 및 소재로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ013524012021) 및 농촌진흥청 국립식량과학원 전문연구원 과정 지원 사업에 의해 이루어진 것임.

References

- Åaman P, Graham H. 1987. Analysis of total and insoluble mixed-linked (1→3),(1→4)- β -D-glucans in barley and oats. *J Agric Food Chem* 35:704-709
- Anderson JW. 1980. Dietary fiber and diabetes. In Spiller GA, Kay RM (Eds.), *Medical Aspects of Dietary Fibre*. pp. 193-221. Plenum Medical
- Bae HC, Paik SH, Nam MS. 2004. Fermentation properties of rice added yogurt made with various lactic acid bacteria. *J Anim Sci Technol* 46:677-686
- Chamber JV. 1979. Culture and processing techniques important to the manufacture of good quality yogurt. *J Cult Dairy Prod* 14:28-33
- Cho IS, Bae HC, Nam MS. 2003. Fermentation properties of yogurt added by *Lycii fructus*, *Lycii folium* and *Lycii cortex*. *Korean J Food Sci Anim 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
- Chun SH, Lee SU, Shin YS, Lee KS, Ru IH. 2000. Preparation of yogurt from milk added with purple sweet potato. *Korean J Food Nutr* 13:71-77
- Gee VL, Vasanthan T, Temelli F. 2007. Viscosity of model yogurt systems enriched with barley β -glucan as influenced by starter cultures. *Int Dairy J* 17:1083-1088
- Jeon BJ, Seok JS, Kwak HS. 2005. Physico-chemical properties of *Lactobacillus casei* 00692 during fermenting for liquid-type yogurt. *Korean J Food Sci Anim 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
- Jeong YS, Kim JW, Lee ES, Gil NY, Kim SS, Hong ST. 2014. Optimization of alkali extraction for preparing oat protein concentrates from oat groat by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1462-1466
- Kim AN, Park SH, Jung HA. 2014. Antioxidant activity of jujube and curd yogurt addition to jujube. *Korean J Food Nutr* 27:331-338
- Kim JY, Choi KJ, Kang CY, Choi WC, Choi IS, Shin KO. 2020. A study on functional senior blended soymilk with enhanced nutrition using soybeans and oats. *Korean J Food Nutr* 33:194-203
- Kim KH, Ko YT. 1993. The preparation of yogurt from milk and cereals. *Korean J Food Sci Technol* 25:130-135
- 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 JH, Hwang HJ. 2006. Quality characteristics of curd yogurt with *Rubus coreanum* Miquel juice. *Korean J Culin Res* 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 J Food Sci Technol* 45:721-726
- Lee MJ, Park SY, Kim YK, Kim HS, Park HH, Lee YJ, Jeong HS. 2017. Physicochemical properties and β -glucan contents of Korean naked oat (*Avena sativa* L.) cultivars. *Korean J Food Sci Technol* 49:97-103
- Lee YJ, Kim SI, Han YS. 2008. Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt added yuza (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) extract. *Korean J Food Nutr* 21:135-142
- Lee YT. 2001. Dietary fiber composition and viscosity of extracts from domestic barley, wheat, oat and rye. *Korean J Food Nutr* 14:233-238
- McCleary BV, Codd R. 1991. Measurement of (1→3),(1→4)- β -D-glucan in barley and oat: A streamlined enzymic procedure. *J Sci Food Agric* 55:303-312
- McCleary BV, Solah V, Gibson TS. 1994. Quantitative measurement of total starch in cereal flours and products. *J Cereal Sci* 20:51-58
- Noh YH, Jang AS, Pyo YH. 2020. Quality characteristics and antioxidant capacities of Korean commercial yoghurt. *Korean J Food Sci Technol* 52:113-118
- 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
- Pak HO, Lee JM, Lee HJ. 2006. Fermentation properties of yogurt added with rice bran. *Korean J Food Cookery Sci* 22:488-494
- Saidi B, Warthesen JJ. 1989. Analysis and stability of orotic acid in milk. *J Dairy Sci* 72:2900-2905
- Um SS, Yoo JC, Ko YT. 1993. The effects of starch addition on acid production by lactic acid bacteria and quality of curd yogurt. *Korean J Food Sci Technol* 25:747-752
- Vahouny GV, Kritchevsky D. 1986. *Dietary Fiber: Basic and Clinical Aspects*. Plenum Press
- 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 L, Haley S, Perret J, Harris M. 2004. Comparison of wheat flours grown at different locations for their antioxidant properties. *Food Chem* 86:11-16
-

Received 08 November, 2021

Revised 17 November, 2021

Accepted 25 November, 2021