pISSN 1225-4339 eISSN 2287-4992
Korean J. Food Nutr. Vol. 35. No. 5, 324~331 (2022)
https://doi.org/10.9799/ksfan.2022.35.5.324

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

귀리 첨가 호상 요구르트의 저장 중 항산화 활성 및 품질 특성

†이미자 · 김현영* · 양지영** · 송승엽* · 서우덕 · 최준열

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

Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Oat-added Curd Yogurt

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

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

Abstract

Recently, consumers' awareness of the importance of the intestinal action of lactic acid bacteria and intestinal microbes is increasing, as well as interest in yogurt. In this study, yogurt was prepared with three mixed strains (lactic acid bacteria combination, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp*., and *Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilussei*, 1:1:1) by adding oats flour, and the quality characteristics of yogurt were investigated, while stored at a storage temperature of 4℃ for 12 days. According to the storage period, the control as wel as the oat yogurt showed slight decrease in pH, and no significant change in acidity. Sugar content slightly increased. and brightness decreased, in the control and the oat yogurt. Visible cell numbers increased during storage, and decreased on the 12th day. Viscosity in the oat yogurt was 7,580 cP, which was approximately eight times higher than that of the control group, and decreased gradually according to the storage period. Antioxidant activity (DPPH) was approximately two times higher in the oat-added yogurt, and slightly increased with the storage period, decreased on the 12th day of storage, and β-glucan was detected only in oat-added yogurt.

Key words: yogurt, lactic acid bacteria, whole barley flour, viable cell count, β-glucan

서 론

요구르트는 탈지유 혹은 원유를 유산균으로 발효시켜 제조하는 것으로 최근 유산균의 장내 작용 및 장내 미생물의 필요성에 대한 소비자들의 인식이 높아지면서 요구르트에 대한 관심도 증가하고 있다(Kim 등 2009). aT 식품산업통계정보(aT Food Information Statistics System)의 품목별 매출액 조사 결과에 따르면 국내 발효유 시장은 최근 5년간 연평균 1.9% 수준의 성장세를 보여 2021년에는 1조 9,400억원 규모를 보였다. 특히, 2016년 드링크형 제품이 높은 점유율을 차지하였던 것이 2021년에는 호상발효유가 역전하였고, 유고형분 함량과 유산균수가 많은 호상요구르트의 수요가 계속 증가하고 있으며 다양한 요구르트 제품 중에서는 보존제나 안정제, 당류 등을 첨가하지 않은 플레인 제품의 인기가 높다.

국내에서 제조되고 있는 호상요구르트의 유고형분 함량은 14~18%로 권장하고 있으며 요구르트의 조직이 너무 묽거나 유청이 분리되는 경우 소비자들에게 부정적인 영향을 미치게 된다. 그러므로 유업회사에서는 총고형분 함량을 높여 점도를 증가시키기 위하여 탈지분유나 전지분유, 버터밀크 분말, 유청분말, casein 분말 등을 첨가하고 있다(Paik 등 2004). 일반적으로 우유단백질인 casein이 젖산에 의해 응고함으로써 요구르트의 gel상을 형성하며(Jeong 등 2006), 이렇

† 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

게 형성된 gel의 물리적 특성이 요구르트 제품의 품질과 소비자 기호성에 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 요구르트의 총 고형분 함량이 낮은 경우 좋지 못한 조직감, 유청분리, 약한 커드가 발생하므로 이 문제를 해결하기 위해 gel 형성 강화용 안정제를 첨가하기도 한다(Lim 등 2013).

유고형분 첨가량을 줄이고 요구르트의 조직감 등 품질을 개선하기 위하여 발효 기질로서 보리, 옥수수(Kim & Ko 1993), 고구마와 호박(Shin 등 1993), 식혜(Kahng & Lee 1997) 등의 첨가에 대한 연구들이 이루어지고 있다. 최근 소비자들의 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 기능성 제품에 대한 선호도가 높아지면서 요구르트 연구에서도 항산화, 항균활성 등 기능성이 강화된 요구르트 개발 연구가 활발히 진행되고 있다(Bae 등 2004). 인삼추출물, 알로에, 대추 추출물, 구기자, 쑥, 황기추출물 등이 우유에 부족한 성분을 보완하거나 기능성과 기호성을 강조한 다양한 발효기질로 이용한 연구가 진행되었다(Lee 등 2002).

귀리(*Avena sativa* L.)는 단백질과 지질이 풍부하고 필수 아미노산이 균형 있게 함유되어 있으며 2~6%의 β-glucan이 함유되어 있고 특히, 수용성 β-glucan 함량이 높아 식품학적으로 가치가 높은 작물로 인식되고 있다(Aaman & Graham 1987; Jeong 등 2014). 최근 귀리에 함유되어 있는 β-glucan이 체내 혈중 콜레스테롤 수치를 저하시켜 심장질환을 예방하고 지방 축적을 억제하며, 면역활성 및 암세포 생육 저해, 포도당 투석지연 및 혈당강하 등의 효과가 밝혀지면서 다양한 가공제품으로의 이용이 증가하고 있다.

본 연구에서는 귀리 첨가로 영양 및 기능성을 향상시킨 호상 요구르트의 저장 중 pH, 산도, 균수 변화 및 항산화활성 등을 분석함으로써 귀리 첨가 호상요구르트의 저장 품질 개선 효과를 알아보았다.

재료 및 방법

1. 재료 및 시약

본 실험에서는 국립식량과학원에서 개발한 쌀귀리 품종인 대양귀리를 0.2 mm채가 장착된 Retsch centrifugal mill(Zm 100, I. Kurt Rotech CmbH & Co. KG, Germany)을 이용하여 분쇄하여 4℃ 냉동고에 보관하여 사용하였다. β-glucan 함량은 Megazyme β-glucan assay kit를 사용하여 분석하였다. 이들 kit는 Megazyme Co.(Wicklow, Ireland)에서 구입하였으며, γ-aminobutyric acid(GABA)는 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 그 외 모든 시약은 1급 이상 시약을 사용하였다.

2. 귀리 요구르트 제조 및 저장성 시험

요구르트 제조는 이전 연구결과 요구르트 품질과 기능성 향상이 우수하였던 *Lactobacillus acidophilus*(LA, KCTC 3140), *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*(LB, KCTC 3635)와 *Streptococcus thermophilussei*(ST, KCTC 5092)의 3종의 균주를 1:1:1로 혼합하여 사용하였다(Lee 등 2021).

귀리 요구르트 제조는 탈지분유(서울우유) 11% 용액을 살균하여 기질로 사용하였으며 이때 귀리 분말은 3% 첨가하고 95℃에서 10분간 가열한 후 skim milk 배지 유산균을 5%(v/v) 비율로 접종하여 39℃에서 24시간 발효하였다. 귀리 분말을 첨가하지 않은 대조군과 대양귀리 분말을 첨가한 귀리요구르트를 4℃에 저장하면서 요구르트 품질 특성 및 항산화활성을 분석하였다.

3. 요구르트 분석

1) pH 및 적정산도 측정

요구르트의 pH는 pH meter(Orion 900A, Boston, MA, USA)로 측정하였다. 적정산도는 1% 페놀프탈레인 0.5 mL를 요구르트 시료에 첨가하고 0.1 N NaOH로 적정하여 측정하였으며 이때 소요된 0.1 N NaOH의 mL를 젖산(lactic acid) 함량으로 환산하여 표시하였다(Jeon 등 2005).

2) 당도, 점도 및 색도 측정

요구르트의 당도는 굴절당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 °Brix 당도를 측정하였다. 저장 중 요구르트 점도는 냉장고에 저장한 시료를 Brookfield viscometer(Model LVDV Ⅱ+ p, Brookfield Engineering Lab Inc, Middleboro MA, USA)로 측정하였다. 사용한 spindle은 No. 63이었으며 10 rpm에서 측정하였다. 색도는 표면 색도값인 L(lightness), a(redness), b(yellowness)를 분광색차계(CM3500d, Minolta Co., Osaka, Japan)로 3회 반복 측정하였다.

3) 유산균 수 측정

요구르트의 유산균 수 측정은 멸균수로 십진희석하여 측정하였다. 유산균 배지(MRS plate count agar, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에 도말한 후 39℃에서 48시간 배양하였다. 유산균 수는 생성된 colony 수를 계수하고 log colony forming unit(CFU)/mL로 환산하여 표시하였다(Yang 등 2012).

4) 요구르트의 유기산분석

유기산분석은 저장 중의 요구르트 5 g에 12% TCA 용액을 1 mL 첨가하고 5,000 g에서 5분간 원심분리 한 후 상등액을 0.2 μm Nylon membrane filter(Sunri, USA)로 여과하여 분석하

였다(Saidi & Warthesen 1989). 분석은 HPLC system (Waters, U.S.A)을 사용하였으며, 검출기는 Dual-λ-Absorbance Detector (Waters, USA), 컬럼은 SUPELCOGEL C-610H(30 cm×7.8 mm, USA), 이동상은 0.05 M phosphatic acid, 유속은 0.8 mL/min이었고, 214 nm의 UV파장에서 정량하였다. 유기산 분석을 위한 lactic acid, acetic acid, propionic acid, butyric acid 표준물질은 Sigma-Aldrich Co.에서 구입하여 분석에 사용하였다.

5) 항산화활성 측정

요구르트의 저장 중 항산화활성은 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazil(DPPH, Sigma Co. St. Louis, USA)와 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiaxoline-6-sulfonic acid(ABTS) 라디칼 소거활성을 분석하였다. DPPH라디칼 소거 활성은 시료를 70% 에탄올 수용액에 용해시키고 0.2 mM DPPH 용액을 가하고 실온에서 30분간 방치하였다. 이후 517 nm에서 흡광도를 측정하고 귀리 첨가구와 대조군의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다. ABTS 라디칼 소거활성은 ABTS 7 mM과 potassium persulphate 2.45 mM을 섞어 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 734 nm에서 흡광도 값이 0.7 (±0.02)가 되도록 에탄올로 희석하였다. 희석한 시료(100 μL)에 ABTS 용액(0.9 mL)를 첨가하여 30℃에서 20분간 반응시키고 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때, 표준물질로 Trolox(Sigma Aldrich)를 사용하였다.

6) GABA 및 베타글루칸 함량 측정

GABA 함량은 FLR Detector(waters)로 구성된 AccQ · Tag UPLC(Waters, Milford, MA) 분석 시스템을 이용하여 측정하였다(Komatsuzaki 등 2007; Chung 등 2009). 시료는 AccQ-Tag 방법을 이용하여 유도체화하였고, 검출기인 FLR Detector (waters)의 파장은 EX. 266 nm, EM. 473 nm이었다. 컬럼은 AccQ · Tag Ultra Amino Acid Analysis column (3.9×150 mm; waters)을 사용하였다. 분석시 컬럼 온도는 49℃, 시료 온도는 20℃이었다. 이동상은 A는 100% AccQ · Tag ultra UPLC amino acid analysis eluent A, B는 10% AccQ · Tag ulta UPLC amino acid analysis eluent B, C는 100% 증류수, D는 100% AccQ · Tag UPLC amino acid analysis eluent B를 기울기 용리하였다. 분석시 유속은 0.7 mL/min이었고, 시료주입량은 1 μL로 3반복으로 분석하였다. 크로마토그램 데이터는 Empower personal software (waters)를 사용하여 분석하였다. β-glucan 함량은 Megazyme β-glucan assay kit를 이용하여 분석하였다 (Gee 등 2007; Bae 등 2011). 일정 시료에 50% 에탄올 수용액과 sodium phosphate buffer를 첨가 후 끓는 물에서 열처리 하였다. 실온으로 방랭한 후 리케나제를 0.2 mL 첨가한 다음 40℃의 항온수조에서 1시간 반응시켜 주고 원심분리 후 상등액을 취한다음 β-glucosidase를 첨가하여 40℃에서 15분간 열처리하였다. GOPOD 3 mL를 넣고 40℃에서 20분간 반응시킨 후 UV spectrometer를 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4. 통계처리

실험결과는 SAS Enterprise Guide 7.13(SAS Institute Inc., Cray, NC, USA)로 분석하였다. 요구르트 저장기간에 따른 평균과 표준편차를 산출하고 시료간의 유의적인 차이는 one-way ANOVA(analysis of variance)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test로 유의수준 5% (p<0.05)에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. pH와 적정산도

귀리를 첨가한 호상 요구르트의 저장 중 pH와 적정산도의 변화는 Table 1과 같다. 귀리 무첨가군의 pH는 저장기간 중 각각 4.42~4.59였으며, 귀리 첨가군은 4.38~4.52로 귀리 첨가군이 대조군보다 대체적으로 낮았다. 요구르트 저장 기간 중 pH는 대조군과 귀리첨가군 모두 저장기간이 경과함에 따라

Table 1. Changes in pH and titratable acidity of yogurt during the storage period at 4℃

		Period of storage (days)				
	Samples	0	3	6	9	12
pH	Con	4.59±0.01^{a}	4.49±0.02^{c}	4.54±0.02^{b}	4.52±0.01^{b}	4.42±0.03^{d}
	OY	4.52±0.02^{a}	4.48±0.02^{b}	4.52±0.02^{a}	4.52±0.01^{a}	4.38±0.01^{c}
Titratable acidity (%)	Con	1.42±0.04^{a}	1.43±0.03^{a}	1.44±0.01^{a}	1.40±0.01^{ab}	1.38±0.00^{b}
	OY	1.51±0.01^{a}	1.52±0.02^{a}	1.49±0.02^{a}	1.49±0.03^{a}	1.50±0.02^{a}

The values indicate the mean±S.D. of triplicate.
$^{a-d}$Means with the same letter in row are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).
Con: control, OY: oat yogurt.

유의적으로 감소하였다. 요구르트의 바람직한 pH의 범위는 3.27~4.53으로 보고되었는데(Chamber JV 1979) 귀리첨가 요구르트는 저장 12일차까지 적정 pH를 유지하였다.

요구르트의 적정산도는 젖산의 생성 정도를 나타내는 것으로 요구르트의 품질 검사에 널리 이용되고 있다 (Kim 등 2014). 저장기간 중 적정산도는 대조군과 귀리첨가군에서 1.38~1.44과 1.49~1.52 범위로 증가와 감소를 반복하였으며, 저장기간에 따라 적정산도는 대조군은 소폭 감소하였지만 귀리 첨가군은 유의적인 변화는 없었다. 대조군과 귀리첨가군 모두 호상 요구르트의 적정 산도인 1.0~1.1% 범위 보다는 다소 높은 수치를 나타내었고, 대조군보다 귀리첨가군이 더 높은 산도값을 나타내었다. 이는 미강 첨가 요구르트(Pak 등 2006)와 감자 첨가 요구르트(Shin 등 1993)의 보고와 같이 귀리 첨가군에서는 저장기간 중에 유산균의 지속적인 대사활동에 의해 산의 생성이 증가하고, 곡류에 포함되어 있는 여러가지 무기질과 비타민에 의하여 유산균의 생육이 촉진되어 산 생성이 증가한 것으로 생각된다(Paik 등 2004). Noh 등 (2020)은 국내 시판 호상요구르트 20종에 대한 분석결과 pH는 4.05~4.51 범위였고, 적정산도는 0.80~1.45% 범위였다고 보고하였다.

2. 색도, 당도 및 유산균수

귀리 첨가가 요구르트의 저장 기간에 따른 색도 변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 저장 중 요구르트의 L(밝기), a(적색도), b(황색도) 값을 색차계로 측정하였다(Table 2). 대조군에 비하여 귀리 첨가군의 L값은 낮고 a값과 b값은 높았다. L값은 저장기간이 길어질수록 대조군과 귀리를 첨가한 요구르트 모두 감소하였다. a값과 b값은 대조군과 귀리첨가군에서 일정한 경향을 보이지는 않았지만 12일차에는 모두 증가하였다.

귀리 첨가 요구르트의 저장기간에 따른 당도 및 유산균수 변화를 관찰한 결과는 Table 3과 같다. 당도는 대조군에서는 5.6~6.4 °Bx, 귀리 첨가군에서는 6.3~6.8 °Bx이었다. 귀리 첨가군이 대조군에 비해 0.1~0.9 brix정도 높았으며 저장기간이 경과함에 따라 대조군과 귀리 첨가군 모두 유의적인 증가를 보였다. Jung & Ju(1997)는 자색고구마 첨가가 요구르트에 당을 부가시켜 고구마 첨가에 따라 당이 증가한다고 하였고, 보릿가루 첨가 요구르트도 당함량이 증가하였다(Lee 등 2013). 요구르트에서 유산균수는 발효유의 중요한 요인 중의 하나로 풍미 등의 품질에 영향을 준다. 저장 기간에 따른 요구르트의 유산균 수의 변화는 대조군은 2.1×10^{12}~1.9×10^{14}이었고, 귀리첨가군은 3.4×10^{11}~2.2×10^{13}으로 귀리 첨가 요구르트보다 대조군이 많았다. 저장기간 모두 식품의약품안전처의 축산물의 가공기준 및 성분규격인 농후발효유의 총 유산균수 1.00×10^{8} CFU/mL보다 높은 유산균 수를 나타내어 규정에 모두 부합하였다. Tamime & Robinson(1985)의 보고에서 시판 호상 요구르트의 호기/혐기 유산균 수 분석 결과 각각 6.47~11.50 log CFU/mL와 7.24~10.98 log CFU/mL로 본 연구 결과와 비슷한 경향을 보였다. 또한 Noh 등(2020)은 국내 시판 호상 요구르트의 유산균수는 6.65~9.39 log CFU/g이었다고 보고하였다. 현행 식품공전에서의 농후 발효유의 권장 유통기간은 0~10℃ 냉장 보관 시 10일이며, 총 유산균 수는 10^{6} CFU/mL 이상으로 되어있다. 또한, 신선한 액상 및 호상 발효유의 유산균 수는 각각 10^{7} 및 10^{8} CFU/mL 이상으로 규정하고 있다(Jeong & Bang 2003; Jung 등 2011). 저장 중 유산균수는 대조군과 귀리 첨가군 모두 저장 9일까지 증가하다가 12

Table 2. Changes in color (Hunter's L, a, and b) of yogurt during the storage period at 4℃

Samples	Period of storage (days)	L*	a*	b*
Con	0	88.40±0.15^{a}	−1.52±0.11^{ab}	8.34±0.19^{b}
	3	88.20±0.14^{a}	−1.85±0.14^{c}	8.46±0.05^{b}
	6	87.89±0.13^{b}	−1.63±0.14^{b}	8.80±0.16^{a}
	9	86.06±0.14^{d}	−1.38±0.05^{a}	8.33±0.19^{b}
	12	86.32±0.08^{c}	−1.49±0.09^{ab}	8.84±0.07^{a}
OY	0	80.22±0.55^{a}	−0.17±0.13^{b}	12.10±0.19^{b}
	3	80.13±0.56^{a}	−0.48±0.02^{d}	11.94±0.07^{b}
	6	79.94±0.45^{a}	−0.36±0.03^{c}	12.43±0.25^{b}
	9	78.27±0.57^{b}	0.07±0.09^{a}	12.52±0.33^{b}
	12	78.37±0.39^{b}	−0.13±0.05^{b}	13.30±0.60^{a}

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

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

L: lightness, a: redness, b: yellowness, Con: control, OY: oat yogurt.

일차에는 감소하였다. 유산균수의 변화는 적정산도의 변화와 일치하며, 유산균의 생육에는 아미노산, 비타민, 핵산(퓨린. 피리미딘) 등의 복합영양소가 필요하다. 요구르트 발효에서는 탈지분유에 함유된 복합영양소를 이용하는데 발효 후기에는 탈지분유의 복합영양소가 부족하게 되므로 균수가 감소한다고 하였다(In MJ 2019). 또한 산의 생성으로 pH가 저하되어 균의 생육이 억제되는 것으로 판단되었다(Kim 등 2014).

3. 점도

저장 기간에 따른 요구르트의 점도 변화를 관찰한 결과는 Table 3과 같다. 점도는 귀리 첨가 요구르트가 대조군보다 6~7배 높았으며, 저장기간이 증가함에 따라 대조군과 귀리 첨가 실험군 모두 감소하는 경향을 보이는 등 보리를 첨가한 요구르트(Lee 등 2013)의 저장 시험 결과와 유사하였다. 시판되고 있는 호상 요구르트의 점도는 6,000~7,000 cP의 범위를 나타내었는데(Kim 등 2014) 대조구의 점도는 839.8~959.8 cP로 호상요구르트의 점도 조건보다 매우 낮았다. 그러나 귀리 첨가 요구르트의 점도는 0일에는 7,580 cP였으나 3일차에 5,593 cP로 감소하였다가 12일차에 8,273 cP로 증가하여 저장기간동안 대체적으로 호상 요구르트의 점도 조건을 만족하였다. Ramaswamy & Basak(1991)는 요구르트의 점도는 사용 균주의 점액(slime) 생산 능력과 산 생성 능력에 영향을 받는다고 하였다. 본 연구결과 요구르트의 저장 기간이 길어짐에 따라 균주의 산 생산 능력이 감소하여 12일에는 점도가 떨어진 것으로 생각된다. Pak 등(2006)은 요구르트에 곡류를 첨가하면 첨가된 곡류의 전분 호화로 점도가 높아지기 때문에 요구르트의 점도가 증가하며, 특히, 농후 요구르트는 점도에 의해 식미가 크게 영향을 받는다고 하였다. 본 연구결과 귀리 가루 첨가가 요구르트의 점도를 크게 증가시켰으며 호상 요구르트 제조시 귀리 가루 첨가는 요구르트의 식미 향상 및 유청 분리를 억제하는데 효과적으로 판단된다.

4. 유기산

대조군과 귀리 첨가 요구르트에서의 유기산 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 요구르트의 유기산 성분은 신맛 등의 풍미를 부여할 뿐만 아니라 pH를 낮추어 기질의 부패를 방지하여 보존성을 증진시켜 준다(Lee 등 2013). 요구르트에 함유된 다양한 유산균은 발효 과정 중 원유나 탈지유의

Table 3. Changes in sugar contents, visible cell numbers and viscosity of yogurt during the storage period at 4℃

	Samples	Period of storage(days)				
		0	3	6	9	12
Sugar content (°Bx)	Con	5.7±0.06^{b}	5.6±0.26^{b}	6.4±0.06^{a}	6.4±0.06^{a}	6.3±0.12^{a}
	OY	6.3±0.10^{c}	6.5±0.10^{bc}	6.8±0.12^{a}	6.5±0.06^{bc}	6.7±0.21^{ab}
Visible cell (CFU/mL)	Con	2.1×10^{12}	5.3×10^{13}	1.1×10^{14}	1.9×10^{14}	5.8×10^{13}
	OY	3.4×10^{11}	2.0×10^{13}	2.0×10^{13}	2.2×10^{13}	5.1×10^{12}
Viscosity (cp)	Con	924.4±64^{ab}	915.8±18^{ab}	923.9±87^{ab}	959.8±12^{a}	839.8±67^{b}
	OY	7,580.3±1,680^{ab}	5,593.7±1,029^{c}	5,967.0±787^{bc}	5,823.0±862^{bc}	8,276.7±488^{a}

The values indicate the mean±S.D. of triplicate.
$^{a-c}$Means with the same letter in row are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).
Con: control, OY: oat yogurt.

Table 4. Changes in organic acid contents of yogurt during the storage period at 4℃

		Period of storage (days)				
	Samples	0	3	6	9	12
Lactic acid (ppm)	Con	511.0^{ab}	507.7^{ab}	526.3^{a}	512.6^{ab}	483.8^{b}
	OY	547.3^{ab}	541.7^{ab}	544.6^{ab}	555.4^{a}	509.1^{b}
Acetic acid (ppm)	Con	37.1^{a}	36.3^{a}	36.3^{a}	37.3^{a}	37.2^{a}
	OY	53.9^{ab}	54.1^{ab}	56.6^{ab}	58.9^{a}	50.8^{b}

The values indicate the mean±S.D. of triplicate.
^{a,b}Means with the same letter in raw are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).
Con: control, OY: oat yogurt.

lactose로부터 lactic acid를 생성한다(Tamime와 Robinson 1985). 생성되는 유기산은 사용되는 유산균과 원유의 종류에 따라 다르며, 시판 요구르트에 함유된 주요 유기산은 lactic acid와 citric acid이고 acetic, malic, formic acid 등은 미량 함유된 것으로 보고되었다(Sung & Choi 2014). 본 연구에서는 lactic acid와 acetic acid가 검출되었고 lactic acid 함량이 현저하게 높았으며(Pak 등 2006), 저장 기간에 따라 대조군에서는 483.8~526.3 ppm이었고 귀리첨가군에서는 509.1~555.4 ppm으로 대조군보다 높았고 저장 기간에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이는 현미나 곡류 첨가 요구르트의 경우에 젖산함량이 우유만으로 제조한 대조군에 비해 높았다는 실험결과와 유사하였다(Paik & Ko 1992; Paik 등 2004).

5. 항산화 활성

저장 기간에 따른 요구르트의 항산화 활성은 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능으로 측정하였으며 그 결과는 Table 5와 같다. DPPH 라디칼 소거능은 귀리첨가군이 대조군보다 2배 정도 높았으며, 대조군과 귀리 첨가 요구르트 모두 저장 1일부터 저장 9일까지 항산화 활성이 증가하였고, 저장 12일에는 다소 감소하였다. ABTS 라디칼 소거능은 귀리 요구르트가 대조군보다 높았으나 저장기간에 따라 모두 유의적인 변화를 보이지 않았다. 스피루리나 첨가 요구르트 연구결과 저장기간이 경과함에 따라 항산화활성은 감소하였으며(Son 등 2008), 버찌 분말을 첨가한 요구르트의 항산화활성은 저장 7일째에는 증가하였다가 14일째 다시 감소하였다(Kim 등 2009). 저장 기간의 경과에 따라 귀리 첨가군의 항산화활성이 미미하게 증가한 이유는 귀리에 함유되어 있는 polyphenol 화합물과 사용된 균주의 산 생성에 의해 유기산이 증가했기 때문으로 생각된다(Lee 등 2008).

6. GABA 및 베타글루칸 함량

일반적으로 GABA는 GAD 효소의 촉매작용에 의해 glutamate를 탈 탄산화반응에 의해 생산된다. GABA는 다양한 식품 속에 포함되어 있으나 함량이 낮아 대량 생산을 위해 녹차(Jeng 등 2007), 현미(Komatsuzaki 등 2007), 보리(Chung 등 2009), 밀(Youn 등 2011), 홍국미(Chuang 등 2011) 등을 활용한 유산균 발효를 통하여 GABA 생산성을 향상시키는 연구들이 수행되었다. 본 연구에서 제조된 요구르트의 저장기간에 따른 GABA 함량은 대조구는 0.31~0.60 μg/g, 귀리첨가구는 0.34~0.55 μg/g이었으며, 저장기간에 따라 증가하여 대조구는 12일에 최대 함량을 보였고, 귀리첨가요구르트는 9일에 최대함량을 보였다(Fig. 1).

베타글루칸은 귀리의 대표적인 기능성 성분(Jeong 등 2014)으로 대조구에서는 검출이 되지 않았으며, 귀리첨가요구르트는 0.16~0.19%로 저장기간에 따라 유의적인 함량 변화는 없었다(Table 6).

요약 및 결론

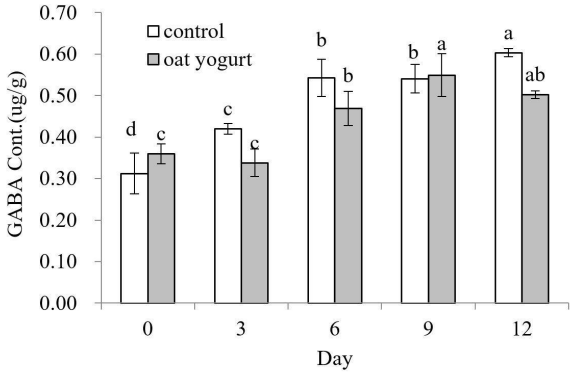

Fig. 1. Changes of GABA contents of yogurt during the storage period at 4℃. [a-d]Means with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

Table 5. Changes in DPPH and ABTS radical scavenging activity of yogurt during the storage period at 4℃

	Samples	Period of storage (days)				
		0	3	6	9	9
DPPH (%)	Con	7.99±1.21[b]	8.40±1.08[b]	9.17±1.17[ab]	10.11±1.27[a]	9.36±1.30[ab]
	OY	16.31±1.16[ab]	17.24±1.53[a]	16.28±2.48[ab]	16.35±0.90[ab]	14.35±2.22[b]
ABTS (umol/g)	Con	0.424±0.09[a]	0.452±0.08[a]	0.471±0.06[a]	0.466±0.08[a]	0.481±0.08[a]
	OY	0.660±0.06[a]	0.662±0.07[a]	0.683±0.07[a]	0.651±0.08[a]	0.669±0.14[a]

The values indicate the mean±S.D. of triplicate.
[a,b]Means with the same letter in row are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).
Con: control, OY: oat yogurt.

Table 6. Changes of β-glucan contents of yogurt during the storage period at 4℃

		Period of storage (days)				
	Samples	0	3	6	9	12
β-glucan (%)	Con	-	-	-	-	-
	OY	0.18±0.01	0.17±0.01	0.18±0.00	0.16±0.01	0.19±0.01

The values indicate the mean±S.D. of triplicate.
Con: control, OY: oat yogurt.

본 연구에서는 귀리를 첨가하여 3종의 혼합 균주로 요구르트를 제조하고 4℃에서 12일간 저장하면서 품질 분석을 하여 귀리 첨가가 요구르트의 항산화활성 및 저장 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 저장기간이 경과함에 따라 대조군과 귀리 첨가군 모두 pH는 감소하였고, 산도는 증가하였다. 당도는 저장기간이 경과함에 따라 미미하게 증가하는 경향을 보였고, 밝기는 대조군과 귀리 첨가군에서 모두 감소하였으며, 유산균수는 저장 중 증가하였다가 12일차에 감소하였으나 저장기간 동안 축산물의 가공기준 및 성분규격의 유산균수에 모두 부합하였다. 점도는 대조군과 귀리첨가군 모두 감소하는 경향을 보였지만 귀리 첨가군은 저장기간이 길어짐에도 호상요구르트의 점도 조건에 부합하는 것으로 나타났다. 항산화활성은 대조군과 귀리 첨가군 모두 저장 9일차까지 미미한 증가를 보였다. 이러한 결과로 미루어보아 귀리 첨가가 요구르트 저장 중 점도, 유산균수, 당도, pH 등과 항산화활성을 유지 또는 증가시킴으로써 요구르트의 영양성분 및 저장 품질을 향상시키는 재료로 활용 가능할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ013524012022) 및 농촌진흥청 국립식량과학원 전문연구원 과정 지원 사업에 의해 이루어진 것임.

References

Aaman 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

Bae HC, Cho IS, Nam MS. 2004. Fermentation properties and functionality of yogurt added with *Lycium chinense* Miller. *J Anim Sci Technol* 46:687-700

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. *J Agric Sci* 38:485-491

Chamber JV. 1979. Culture and processing techniques important to the manufacture of good quality yogurt. *J Cult Dairy Prod J* 14:28-34

Chuang CY, Shi YC, You HP, Lo YH, Pan TM. 2011. Antidepressant effect of GABA-rich *Monascus*-fermented product on forced swimming rat model. *J Agric Food Chem* 59:3027-3034

Chung HJ, Jang SH, Cho HY, Lim ST. 2009. Effects of steeping and anaerobic treatment on GABA (γ-aminobutyric acid) content in germinated waxy hull-less barley. *LWT - Food Sci Technol* 42:1712-1716

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

In MJ. 2019. Substitution effects of enzymatically saccharified Korean rice wine lees powder on skim milk in yogurt fermentation. *J Appl Biol Chem* 62:299-304

Jeng KC, Chen CS, Fang YP, Hou RCW, Chen YS. 2007. Effect of microbial fermentation on content of statin, GABA, and polyphenols in Pu-Erh tea. *J Agric Food Chem* 55:8787-8792

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

Jung GT, Ju IO. 1997. Studies on the preparation of yogurt from

milk added purple sweet potato powder. *Korean J Food Nutr* 10:458-461

Jung HA, Kim AN, Ahn EM, Kim YJ, Park SH, Lee JE, Lee SM. 2011. Quality characteristics of curd yogurt with sweet pumpkin. *Korean J Food Preserv* 18:714-720

Jeong TH, Kim NC, Park HS, Gwak HS. 2006. The effect of starter culture on viscosity of stirred yogurt. *J Korean Dairy Technol Sci* 24:65-73

Kahng GG, Lee EH. 1997. Effect of sikhae on the quality of yogurt. *J Agric Technol Res Inst* 10:105-109

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 KH, Ko YT. 1993. The preparation of yogurt from milk and cereals. *Korean J Food Sci Technol* 25:130-135

Kim SH, Kim AN, An BK, Choi SK. 2014. Studies on the fermentation characteristics of yogurt added with pregelatinized rice flour. *Korean J Culin Res* 20:37-48

Komatsuzaki N, Tsukahara K, Toyoshima H, Suzuki T, Shimizu N, Kimura T. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. *J Food Eng* 78:556-560

Lee EH, Nam ES, Park SI. 2002. Characteristics of curd yogurt from milk added with maesil (*Prunus mume*). *Korean J Food Sci Technol* 34:419-424

Lee MJ, Kim KS, Kim HS. 2013. Quality characteristics of whole barley flour added yogurt made with various lactic acid bacteria. *Food Eng Prog* 17:311-318

Lee MJ, Yang JY, Kim HY, Song SY, Seo WD. 2021. Effects of oat addition and various lactic acid bacteria on quality characteristics and antioxidant activity of yogurt. *Korea J Food Nutr* 34:604-611

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

Lim YS, Renchinkhand G, Bae HC, Nam MS. 2013. Characteristics of sweet whey yogurt added SMP. *Bull Anim Biotechnol* 5:61-67

Noh YH, Jang AS, Pyo YH. 2020. Quality characteristics and antioxidant capacities of Korean commercial yogurt. *Korean J Food Sci Technol* 52:113-118

Pak HO, Lee JM, Lee HJ. 2006. Fermentation properties of yogurt added with rice bran. *Korean J Food Cookery Sci* 22:488-494

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

Ramaswamy HS, Basak S. 1991. Rheology of stirred yogurts. *J Texture Stud* 22:231-241

Saidi B, Warthesen JJ. 1989. Analysis and stability of orotic acid in milk. *J Dairy Sci* 72:2900-2905

Shin YS, Lee KS, Kim DH. 1993. Studies on the preparation of yogurt from milk and sweet potato or pumpkin. *Korean J Food Sci Technol* 25:666-671

Son CW, Shin YM, Shim HJ, Kim MH, Kim MY, Lee KJ, Kim MR. 2008. Changes in the quality characteristics and antioxidant activities of yogurts containing spirulina during storage. *J East Asian Soc Diet Life* 18:95-103

Sung JM, Choi HY. 2014. Effect of mulberry powder on antioxidant activities and quality characteristics of yogurt. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:690-697

Tamime AY, Robinson RK. 1985. Yoghurt: Science and Technology. p.175. Pergamon Press

Yang GH, Guan JJ, Wang JS, Yin HC, Qiao FD, Jia F. 2012. Physicochemical and sensory characrerization of ginger-juice yogurt during fermentation. *Food Sci Biotechnol* 21:1541-1548

Youn YS, Park JK, Jang HD, Rhee YW. 2011. Sequential hydration with anaerobic and heat treatment increases GABA (ɣ-aminobutyric acid) content in wheat. *Food Chem* 129:1631-1635

Received 11 August, 2022
Revised 30 August, 2022
Accepted 26 September, 2022