

보리와 타가토스의 첨가가 요구르트의 품질 특성 및 항산화 활성에 미치는 영향

임승용*

국립군산대학교 식품생명공학과

Effects of Quality Properties and Antioxidant Activity on Yogurt added with Tagatose and Barley

Seung-Yong Lim*

Department of Food Science and Biotechnology, College of Ocean Science & Technology, Kunsan National University

Abstract

This research investigated the quality properties of yogurts added to barley (1, 2, and 3%) and tagatose or sucrose. After inoculation of *S. thermophilus*, pH, titratable acidity (TA), viscosity, and viable cell count were measured at 4 h intervals for 16 h and color value, antioxidant activity, and sensory evaluation were determined after fermentation in triplicate. In the case of yogurt containing only tagatose or sucrose, the pH was hardly decreased, but when 2-3% barley was added, the pH reached below 4.5 before 16 h. In addition, TA and viscosity tended to increase as barely was added. Viable cell count increased slowly in yogurt with tagatose, but rapidly increased when barley was added. As barley content increased, yellowness, redness, and antioxidant activity tended to increase, and significantly higher antioxidant activity in barley tagatose yogurt. Sour strength increased and significant difference in the sweetness was not observed when barley amount increased. Although there was no significant difference in overall acceptability, tagatose yogurt containing 3% barley scored the highest in preference. In conclusion, the fermentation rate of yogurt inhibited by the addition of tagatose is improved by the addition of barley, and the growth rate of lactic acid bacteria is considered to play a role.

Key words: barely, tagatose, yogurt, fermentation rate, quality properties

서 론

유산균은 장내 유해물질 생성 억제, 혈중 콜레스테롤 저하와 면역력 상승 등의 건강 증진에 효과가 있는 균으로 (Kim et al., 1999; Bang & Jeong, 2007) 요구르트는 우유를 유산균으로 발효시켜 젖산, peptone, peptide 등이 생성될 뿐만 아니라 유산균이 장에서 정장작용 등의 효과로 인해 우유보다 영양적 가치가 우수하며 소화율이 향상된 유제품으로 독특한 풍미와 다양한 건강 기능성을 가지고 있는 식품이다(Kim et al., 2009; Ko et al., 2008). 따라서 요구르트는 전 세계적으로 다양한 건강 증진 효과를 가지고 있는 기호성이 높은 발효유로 인식되어져 있다. 우유 발효에 유산균을 사용하는 주요한 목적은 유통기한의 연장

뿐만 아니라 영양적인 가치를 향상시키고자 하는데 있다 (Widyastuti et al., 2014). 하지만 국내에서 판매되고 있는 요구르트의 당류 함량을 한국소비자원에서 조사하였는데 1회 제공량(150 mL)당 평균 14.52 g 정도의 당류가 함유되어 있어 World Health Organization (WHO) 1일 섭취 권고량(50 g)에 29.0%나 차지하고 있었으며, 특히 당 함량 상위 4개 제품의 평균 당류 함량은 무려 40.2%를 차지하고 있는 것으로 나타났다(Kim, 2015). 이는 소비자들이 유산균을 섭취하고자 선택하고 있는 발효유가 오히려 당류 섭취를 늘려 건강에 좋지 않는 결과를 초래할 수도 있다 (Zhang et al., 2016). 식품의약품안전처에서 실시한 한국 국민의 건강 영양 조사 결과에 따르면 2014년 국민의 하루 평균 당분 섭취량은 11.9 g으로 2010년 9.7 g에 비해 23% 늘어났다(Ministry of Health and Welfare, 2015). 최근 WHO는 하루 당분 섭취량의 기준을 전체 섭취 열량의 10% (50 g)에서 5% (25 g) 미만으로 강화하려고 하고 있다 (Park, 2015). 설탕을 다량 섭취하면 소화력이나 칼슘 흡수력 저하와 체질 산성화로 저항력이 약화될 뿐만 아니라 (Park, 2015) 비만과 당뇨병의 원인이 될 수 있으며(Ludwig

*Corresponding author: Seung-Yong Lim, Department of Food Science and Biotechnology, Kunsan National University, 558 Daehak-ro Gunsan-si, 54150, Korea

Tel: +82-63-469-1825, Fax: +82-63-469-7448

E-mail: syonglim@kunsan.ac.kr

Received January 4, 2020; revised February 7, 2020; accepted February 11, 2020

et al., 2001; Lee & Woo, 2001) 설탕 섭취량이 상대적으로 높은 아동인 경우에 주의력결핍 과다행동장애(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD) 현상을 보인다는 연구 보고도 있다(Chung & Park, 1995).

설탕의 단점을 보완하기 위한 대체 감미료 중 하나인 타가토스는 설탕과 유사한 단맛을 가지고 있으나 칼로리는 1.5 kcal/g으로 설탕의 1/3이며 혈당지수(Glucose Index, GI) 값은 3으로 설탕(GI 68)의 5%로 건강과 맛을 동시에 만족시킬 수 있는 저칼로리 감미료로서의 활용가치가 높은 것으로 알려져 있다(Kang et al., 2013; Ryu et al., 2003). 또한 타가토스는 장에서 탄수화물이 포도당으로 분해되어 흡수되는 것을 억제할 수 있으며 간에서 포도당이 글리코겐으로 전환되는 것을 도와서 혈당 상승을 억제하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Donner et al., 1996; Kang & Lee, 2016; Chiu et al., 2011). 그리고 대장에서 *Lactobacillus rhamnosus* strain GG(LGG 유산균)와 *L. casei* 등의 증식을 선택적으로 증가시켜 주어 synbiotics의 특징을 나타내어 장내 유용 균주의 성장촉진에 상승효과를 나타내는 probiotic 작용을 증진시키는 효과를 가지고 있어 요구르트 제조에 설탕 대체 감미료로 사용하는데 효율적이다(Ryu et al., 2003; Koh & Seung, 2013; Son et al., 2019). 하지만 요구르트 제조 시 *Lactobacillus bulgaricus* 또는 *Streptococcus thermophilus* 균주의 경우에는 타가토스를 단독으로 사용할 경우 유산균의 성장속도를 저해하고 발효 속도를 늦추어 발효 시간이 길어지는 단점이 있어 개선이 필요한데(Sung & Lim, 2019) 곡류의 첨가가 요구르트의 발효 속도를 향상시킬 뿐만 아니라 유산균수의 증가와 생존 기간을 연장시킬 수 있다는 연구 보고가 있어(Bae et al., 2010) 타가토스만을 첨가하여 요구르트의 발효 속도가 저하되는 단점을 개선할 수 있을 것으로 생각된다.

보리는 주성분인 단백질, 전분 이외에도 무기질, 비타민 등의 미량 영양소를 포함할 뿐만 아니라 β -glucan 함량이 풍부하여 혈중 콜레스테롤 수치를 저하시킴으로써 심장질환을 예방하고 체지방의 축적을 억제하여 비만에 수반되는 증상을 완화하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Baik & Steven, 2008; Lee et al., 1996; Lee, 2001). 이와 같이 식이섬유원으로서 β -glucan 함량이 높은 보리는 영양생리학적 기능성을 강화시킬 수 있는 식품이나 식품첨가제로 응용할 수 있어 요구르트의 기능성 향상 및 품질개선이 기대된다. 또한 보리에는 다량의 전분이 함유되어 있으므로 유고형분보다 비교적 생산원가를 높이지 않으면서 요구르트의 점도를 높일 수 있는 첨가물로 적합할 뿐만 아니라 발효 속도를 향상시킬 수 있는 곡류로 생각된다. 하지만 곡류를 첨가한 요구르트에 대한 연구는 품질 특성에 대한 연구가 대부분이며(Lee et al., 2013a; 2013b; 2015) 설탕을 첨가하지 않았을 때 발효 속도를 향상시키고자 하는 연구는 거의 이루어져 있지 않고 있는 실정이다. 향후 설탕 대

체 감미료를 요구르트에 적용시킬 수 있다는 점을 고려한다면 요구르트의 발효 속도를 저하시키는 단점을 개선시키고자 하는 연구는 상당히 필요할 것으로 예상할 수 있다(Sung & Lim, 2019).

따라서 본 연구에서는 곡류 중 β -glucan 함량이 높아 요구르트의 기능성 향상 및 품질 개선을 기대할 수 있는 보리를 첨가하여 설탕 대체 감미료인 타가토스만 첨가하였을 경우에 요구르트의 발효 속도를 저하시키는 단점을 개선시키고자 하는 일련의 연구로서 보리와 타가토스를 동시에 첨가하였을 때 요구르트의 발효와 품질 특성에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

재료 및 사용균주

보리 요구르트 제조에 사용된 주재료인 우유(Seoul milk Co., Seoul, Korea), 타가토스(tagatose, CJ 제일제당), 백설탕(Sucrose, CJ 제일제당)은 시판품을 구입하여 사용하였으며 흰찰쌀보리(Hinchalssal-bori, Gunsan, Korea) 분말은 전북 군산시 소재 정미소(생금들)에서 구입하여 사용하였다. 발효에 사용된 균주는 *Streptococcus thermophilus* (이하 *S. thermophilus*)를 중앙대학교(Ansong, Korea)에서 분양 받아 사용하였으며, 보존용 배지로는 Lactobacilli MRS broth 배지(Difco Laboratories, Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)에서 $37\pm 1^\circ\text{C}$, 24시간 동안 2회 계대 배양하여 종균으로 사용하였다. 1차 균주 배양은 5.2% MRS 배지에 0.2% 접종하여 $37^\circ\text{C}\pm 1^\circ\text{C}$ 에서 24시간 배양하였으며, 같은 조건에서 2차 계대 배양한 균주를 요구르트 제조의 스타터로 사용하였다.

보리 요구르트의 제조

우유 100 mL에 7%의 타가토스(또는 설탕)를 첨가하여 마그네틱 교반기(Hot Plate & Magnetic Stirrer, Misung Scientific Co., Yangju, Korea)를 사용하여 교반 후 90°C 에서 30분간 살균한 믹스를 $40\text{--}45^\circ\text{C}$ 정도로 냉각되었을 때 0.5%의 유산균(*S. thermophilus*)을 접종한 뒤 $37\pm 1^\circ\text{C}$ incubator에서 24시간 발효한 후 starter culture로 사용하였다. 보리 요구르트 제조를 위하여 우유에 7%의 타가토스(또는 설탕)와 보리(1, 2, 3%)를 첨가한 샘플을 마그네틱 교반기로 교반 후 90°C 에서 30분간 살균한 후에 $40\text{--}45^\circ\text{C}$ 로 냉각시킨 샘플에 앞서 제조한 stater culture를 10%(v/v) 비율로 접종하여 $37\pm 1^\circ\text{C}$ incubator에서 16시간 동안 발효하였다. 타가토스와 보리 첨가 유무에 따라 8가지 샘플(SB0: sucrose without barely powder, SB1: sucrose with 1% barely powder, SB2: sucrose with 2% barely powder, SB3: sucrose with 3% barely powder, TB0: tagatose without barely powder, TB1: tagatose with 1% barely powder, TB2:

tagatose with 2% barely powder, TB3: tagatose with 3% barely powder)을 16시간 동안 발효시키면서 4시간마다 샘플을 채취하여 pH, 적정 산도, 점도, 및 유산균수를 측정하였고, 색의 변화를 알아보기 위하여 발효 전과 후의 색도를 측정하였으며 발효가 끝난 후에는 4±2°C 냉장고에서 48시간 동안 보관 후 항산화 활성을 측정하고 관능 평가를 실시하여 비교 분석하였다.

보리 요구르트의 pH 및 적정산도 측정

보리 요구르트의 pH는 pH meter (Orion 3 star, Thermo Scientific Inc., Beverly, MA, USA)로 16시간 동안 발효시키면서 4시간 간격으로 측정하였으며, 적정산도는 Jeon et al. (2005)의 방법에 따라 요구르트 10 mL를 100 mL 메스 플라스크에 정용한 후 그 중 20 mL를 취하여 1% 페놀프탈레인 2-3방울을 넣고 0.1 N NaOH로 적정하여 측정하였으며 적정에 사용된 0.1 N NaOH의 소비 mL수를 다음의 계산식을 이용하여 젯산으로 환산하여 적용하였다.

Titration acidity (%) =

$$\frac{\text{mL of 0.1 N NaOH} \times \text{Factor} \times \text{Dilution rate} \times 0.009}{\text{Weight of sample (mL)}} \times 100$$

보리 요구르트의 점도 및 색도 측정

보리 요구르트의 점도는 Brookfield viscometer (DV-2, Brookfield Engineering Lab. Inc., Middleboro, MA, USA)로 spindle No. 4를 사용하여 샘플의 torque 값이 70-80% 정도 나오도록 60 rpm으로 설정하여 16시간 동안 4시간 간격으로 측정하였다. 안정된 점도 값이 나오도록 점도계의 spindle을 60초간 작동시킨 후 3회 반복 측정된 값의 평균값을 cp (centipoise)로 나타내었다. 보리 요구르트의 색도는 유산균 접종 직후와 16시간 동안 발효 후 각각의 시료를 색차계(CM-5, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 L값(lightness), a값(+red/-green), b값(+yellow/-blue)으로 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

보리 요구르트의 유산균 수 측정

요구르트의 배양 중 유산균 수 측정은 16시간동안 배양하면서 각 4시간마다 채취한 시료를 멸균 생리식염수에 넣고 균질화한 후 십진 희석법으로 희석하여 희석배수별로 petri dish에 분주하고, 유산균 배지 (MRS plate count agar, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)를 이용하여 표준 평판법으로 37±1°C에서 48±1시간 배양한 후에 나타난 colony 수를 계측하여 log colony forming unit (CFU)/mL로 환산하여 표시하였다 (Yang et al., 2012). 균수의 계측은 30-300 colony가 나타나는 평판을 선택하여 산출하였다.

보리 요구르트의 항산화 활성

보리 요구르트의 항산화 활성은 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil (DPPH, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 법에 의한 유리라디칼 소거능으로 측정하였다. 각 시료의 요구르트 1 g을 99% 에탄올 9 mL에서 추출한 후 1,000 rpm으로 4°C에서 15분간 원심분리하였다. 그 후 상등액 1 mL를 다시 99% 에탄올 9 mL와 혼합한 시료에 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. 이 때 무첨가구에는 에탄올 10 mL에 0.2 mM DPPH 용액 1 mL를 첨가하여 흡광도를 측정하였다. 총 polyphenol 함량의 측정은 Folin-Dennis법을 약간 변형하여 이용하였다. 각 요구르트 시료 1 g을 칭량하여 증류수 9 mL와 혼합해 원심분리하여(1,000 rpm, 15분) 상등액만을 다시 증류수 9 mL와 혼합한 시료 250 µL와 Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 100 µL를 혼합하여 3분간 실온에서 반응시킨 후 sodium carbonate (Na₂CO₃) 포화용액 150 µL를 첨가하고 실온에서 30분간 반응시켜 증류수 500 µL를 더 첨가하여 총 volume을 1 mL로 맞추어 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 gallic acid를 사용하여 표준곡선을 작성하였고 사용한 gallic acid의 농도는 0.06, 0.15, 0.3, 0.6, 0.9, 1.5 mg/L로 맞추어 작성하였다. 총 polyphenol 함량은 mg gallic acid equivalents (mg GAE/g)로 나타내었으며 모든 실험은 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차로 나타내었다.

보리 요구르트의 관능평가

관능평가는 51명의 일반 panel을 대상으로 본 실험의 목적과 평가 방법 및 측정 항목에 대해 충분히 설명한 후 실시하였다. 발효가 완료된 요구르트를 냉장고(4±2°C)에 2일간 보관한 후 관능적 강도 평가와 기호도 평가를 실시하였다. 관능적 특성의 강도를 알아보기 위하여 색(color), 향(flavor), 신맛(sourness), 단맛(sweetness), 후미(aftertaste), 걸쭉한 정도(thickness)에 대한 평가를 9점 척도법으로 실시하여 강도가 클수록 높은 점수를 주도록 실시하였다. 또한 외관(apparence), 풍미(flavor), 맛(taste), 조직감(texture) 및 종합적인 기호도(overall acceptability)에 대해 좋아하는 정도가 클수록 높은 점수를 주도록 하여 9점 척도법으로 기호도 평가를 실시하였다.

통계 분석

실험 결과는 통계분석 SAS Ver. 9.2 프로그램(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 사용하여 분산분석을 수행하였고 평균±표준편차로 나타내었다. 각 시료 분석 결과에 대한 비교를 위하여 Duncan의 다중검정법(Duncan's multiple range test)을 실시하여 시료간의 유의적인 차이를

검증하였으며, 통계적 유의수준은 one-way ANOVA를 이용하여 5% ($p < 0.05$)로 설정하였다.

결과 및 고찰

보리 요구르트의 발효 중 pH 및 적정산도의 변화

우유에 타가토스 또는 설탕을 첨가하고 보리 가루를 첨가한 시료에 *S. thermophilus*를 접종한 후 16시간 동안 발효시키면서 4시간 간격으로 pH 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 요구르트의 발효 중 pH는 발효 진행 상황, 성분 변화 및 산미 정도를 알 수 있는 중요한 품질 지표로서 활용되고 있다(Yang et al., 2010). 모든 요구르트는 시간이 지날수록 pH가 감소하는 경향을 나타냈으나 타가토스만 첨가한 요구르트의 경우 16시간 동안 pH가 거의 감소하지 않았고 설탕만 첨가한 경우에도 pH가 5.0 이상으로 나타나 16시간 동안의 발효 시간으로는 요구르트의 적정 pH인 4.5 근처에 도달하지 못하였다(Fig. 1). 하지만 2% 보리를 첨가하였을 경우에는 타가토스만 첨가하였을 때와는 달리 발효 16시간 전에 pH가 4.5 이하에 도달하였으며 3%의 보리를 첨가한 요구르트에서는 설탕 또는 타가토스의 첨가에 관계없이 발효 16시간에 도달하였을 때 pH의 차이가 나타나지 않아 보리가 타가토스 첨가 요구르트의 발효 속도를 향상시키는데 도움이 되는 결과를 보여주고 있다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 산도의 경우도 pH의 결과와 유사한 경향을 나타내었는데 타가토스만 첨가하였을 경우

는 발효 16시간이 되어도 거의 증가하지 않았으며 설탕 첨가구에 비해서도 산도가 낮게 나타났으나 보리의 첨가량이 늘어날수록 급격하게 산도가 증가하는 경향을 나타내었다. 일반적으로 한국인의 기호에 맞는 발효유의 적정산도가 0.85-1.20%를 나타낸다고 보고된 바 있는데(Lee et al., 2006) 타가토스만 첨가한 요구르트는 16시간 후에도 산도가 거의 증가하지 않아(0.55%) 발효유의 적정산도에 도달하지 못하였으나 보리 2% 또는 3% 첨가구의 경우 16시간 후에 산도가 각각 1.11%, 1.51%에 도달하여 발효유에 부합하는 적정 산도를 나타냈으며 설탕과 보리의 혼합 첨가구와도 유사한 값을 보였다. 이와 같은 결과는 Bae et al. (2010)이 쌀 첨가 요구르트에서 산생성과 pH 저하가 빠르게 나타난 것과 유사한 경향을 보여 쌀 또는 보리 등의 영양분의 증가가 유산균의 발효 속도를 향상시켜 산 생성 촉진 현상이 나타난 것으로 생각된다.

보리 요구르트의 발효 중 점도와 유산균수의 변화

Fig. 3에서 보는 바와 같이 타가토스만 첨가한 요구르트는 발효시간이 경과함에 따라 점도의 변화가 거의 없었으며 설탕만 첨가하였을 경우에도 발효 12시간이 지나서야 점도가 증가하기 시작하였다. 하지만 보리가 첨가되었을 경우에는 발효 8시간 이후부터 점도가 증가하기 시작하였으며 특히 16시간 발효 후에는 설탕에 보리를 첨가한 샘플과 타가토스에 보리 2%를 첨가한 요구르트 사이에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 요구르트에 쌀, 탈지분

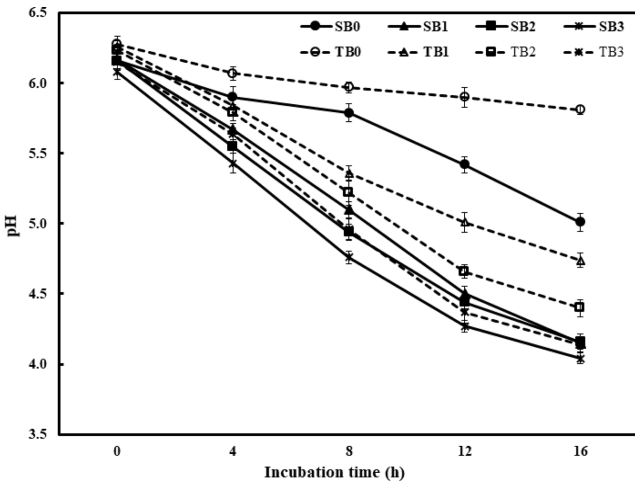


Fig. 1. The change of pH on sucrose or tagatose yogurt incorporated with barely during fermentation period by *Streptococcus thermophilus* at 37±1°C for 16 h. Results are expressed as mean±SD and vertical bars indicate standard deviations (n=3). SB0 (—●—): Sucrose without barely powder, TB0 (···○···): Tagatose without barely powder, SB1 (—▲—): Sucrose with 1% barely powder, TB1 (···△···): Tagatose with 1% barely powder, SB2 (—■—): Sucrose with 2% barely powder, TB2 (···□···): Tagatose with 2% barely powder, SB3 (—×—): Sucrose with 3% barely powder, TB3 (···×···): Tagatose with 3% barely powder.

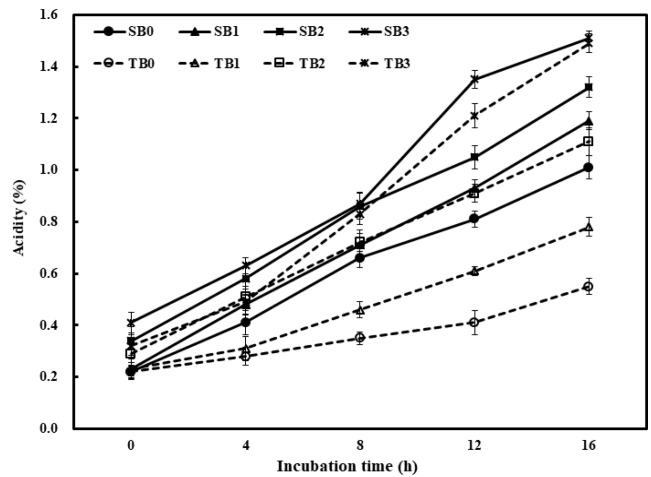


Fig. 2. The change of titratable acidity on sucrose or tagatose yogurt incorporated with barely during fermentation period by *Streptococcus thermophilus* at 37±1°C for 16 h. Results are expressed as mean±SD and vertical bars indicate standard deviations (n=3). SB0 (—●—): Sucrose without barely powder, TB0 (···○···): Tagatose without barely powder, SB1 (—▲—): Sucrose with 1% barely powder, TB1 (···△···): Tagatose with 1% barely powder, SB2 (—■—): Sucrose with 2% barely powder, TB2 (···□···): Tagatose with 2% barely powder, SB3 (—×—): Sucrose with 3% barely powder, TB3 (···×···): Tagatose with 3% barely powder.

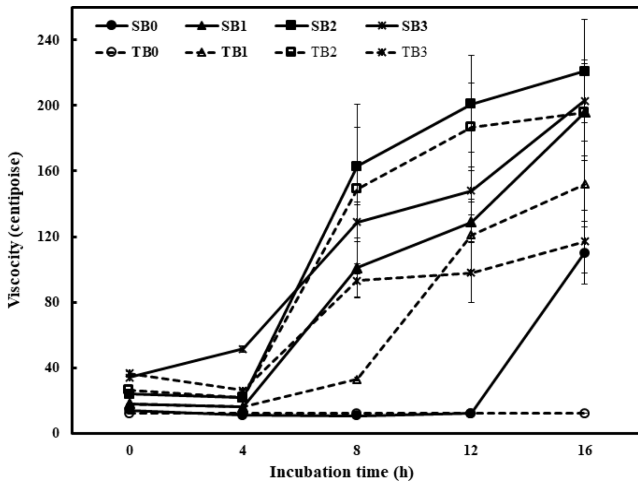


Fig. 3. The change of viscosity on sucrose or tagatose yogurt incorporated with barely during fermentation period by *Streptococcus thermophilus* at 37±1°C for 16 h. Results are expressed as mean±SD and vertical bars indicate standard deviations (n=3). SB0 (—●—): Sucrose without barely powder, TB0 (···○···): Tagatose without barely powder, SB1 (—▲—): Sucrose with 1% barely powder, TB1 (···△···): Tagatose with 1% barely powder, SB2 (—■—): Sucrose with 2% barely powder, TB2 (···□···): Tagatose with 2% barely powder, SB3 (—×—): Sucrose with 3% barely powder, TB3 (···×···): Tagatose with 3% barely powder.

유, 전분, 옥수수, 감자와 팥화미 등을 첨가하였을 때 점도가 증가되었다(Paik et al., 2004)는 연구결과와 유사하였으며 β-glucan 추출물을 첨가한 요구르트에서도 점도를 증가시킨다(Gee et al., 2007)는 보고에서와 같이 본 연구에서도 타가토스만 첨가하였을 때보다 β-glucan을 함유한 보리의 첨가가 요구르트의 점도를 증가시키는데 도움을 주는 동시에 점도를 증가시키기 위해 다른 유고형분을 첨가하지 않아도 되는 효과를 기대할 수 있을 것으로 보인다.

발효유의 중요한 특징 중 하나인 유산균수는 요구르트의 풍미 등의 품질에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 보리 첨가 요구르트를 16시간동안 발효시키는 동안 유산균수의 변화를 Fig. 4에 나타내었는데 유산균수는 모든 처리구에서 시간이 경과할수록 지속적으로 증가하는 경향을 보였으며 접종 후 4시간까지는 서서히 증가하였으나 4-8시간 사이에 가장 빠른 속도로 성장하였다가 그 이후에는 완만하게 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 설탕 첨가구에 비해 타가토스를 첨가하였을 때 유산균수가 서서히 증가하는 것으로 나타났으나 보리를 첨가하였을 경우에는 유산균수가 대조구에 비해 빠르게 증가하는 것으로 나타나 보리의 첨가가 유산균의 성장 속도를 향상시키는데 도움이 되는 것을 알 수 있었다. 특히 타가토스만 첨가하였을 경우에는 발효 16시간이 되었을 때 6.87(±0.61) × 10⁷ CFU/mL로 측정되어 호상 요구르트의 유산균수를 10⁸ CFU/mL 이상으로 정한 현행 축산물 가공기준 및 성분 규격(MFDS, 2013)의 기준에 도달하지 못하였으나 보리가 첨가된 타가토스

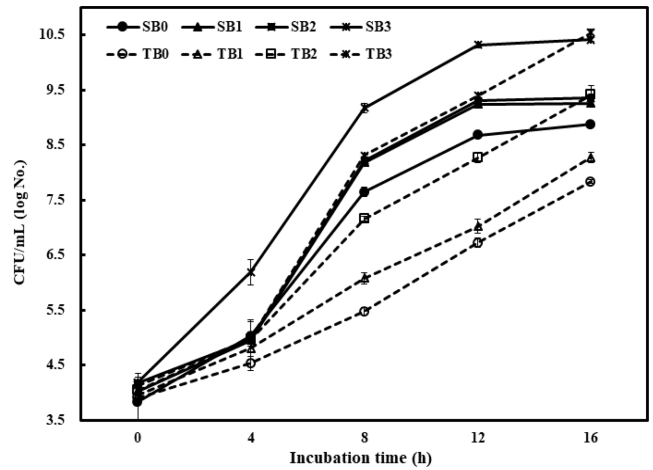


Fig. 4. The change of viable cell counts on sucrose or tagatose yogurt incorporated with barely during fermentation period by *Streptococcus thermophilus* at 37±1°C for 16 h. Results are expressed as mean±SD and vertical bars indicate standard deviations (n=3). SB0 (—●—): Sucrose without barely powder, TB0 (···○···): Tagatose without barely powder, SB1 (—▲—): Sucrose with 1% barely powder, TB1 (···△···): Tagatose with 1% barely powder, SB2 (—■—): Sucrose with 2% barely powder, TB2 (···□···): Tagatose with 2% barely powder, SB3 (—×—): Sucrose with 3% barely powder, TB3 (···×···): Tagatose with 3% barely powder.

요구르트의 경우에는 이 기준을 초과하였으며 보리 2% 또는 3%를 함유한 타가토스 또는 설탕 요구르트의 유산균수와 유의적 차이가 나타나지 않아 보리의 첨가가 유산균수의 성장 속도를 증가시키는데 도움이 된다는 것을 알 수 있었다. Lee et al. (2013b)은 보릿가루를 첨가한 요구르트의 유산균수가 무첨가구에 비해 유산균수가 감소하였다고 보고하였는데 이는 단일 균주로 16시간 발효시킨 본 연구에서와는 달리 혼합 균주를 사용하여 24시간 발효한 결과인 반면에 Bae et al. (2010)이 보고한 쌀 분말을 첨가한 요구르트에서 유산균수가 대조구에 비하여 높게 나타난 결과와는 유사하여 쌀 또는 보리로 인한 고형분의 증가가 유산균의 발효에 도움이 되는 것으로 생각된다.

보리 요구르트의 발효 전후 색의 변화

보리를 첨가한 요구르트의 발효 전후의 색 차이를 알아 보기 위하여 명도(L*; lightness), 적색도(a*; redness), 황색도(b*; yellowness)를 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차를 Table 1에 나타내었다. 색도는 요구르트의 선택과 품질에 큰 영향을 미치는 것으로 중요한 특성 중에 하나로 (Han, 2005) 전반적으로 보리 첨가량이 늘어날수록 밝기의 L값은 무첨가구에 비하여 낮아졌으며 황색도와 적색도는 증가하는 경향을 보여 보리 첨가량의 증가가 요구르트의 색의 변화에는 관여하는 것으로 나타나 Lee et al. (2013a, 2013b, 2015)의 연구와 유사한 경향을 나타내었다. 발효 전에는 타가토스 첨가구가 설탕 첨가구에 비해 적색도가

Table 1. The change of color value on sucrose or tagatose yogurt incorporating barely before and after fermented with *Streptococcus thermophilus*

Time	Before fermentation			After fermentation		
	Value	L ^(*)	a ^(*)	b ^(*)	L ^(*)	a ^(*)
SB0 ¹⁾	91.00±0.71 ^{b3)}	-2.39±0.04 ^a	4.26±0.89 ^c	93.21±0.08 ^a	-1.87±0.03 ^b	8.58±0.06 ^d
SB1 ¹⁾	90.08±0.44 ^c	-1.96±0.04 ^b	4.42±0.44 ^c	92.49±0.08 ^b	-1.21±0.08 ^c	8.66±0.31 ^d
SB2 ¹⁾	89.73±0.80 ^c	-1.69±0.10 ^c	4.50±0.85 ^c	90.85±0.02 ^d	-0.93±0.05 ^d	9.91±0.10 ^b
SB3 ¹⁾	89.29±1.31 ^c	-1.61±0.09 ^c	5.76±1.02 ^c	88.88±0.17 ^e	-0.67±0.04 ^e	11.07±0.07 ^a
TB0 ¹⁾	93.02±0.09 ^a	-2.27±0.03 ^a	7.66±0.10 ^b	92.81±0.48 ^{ab}	-2.02±0.03 ^a	7.70±0.10 ^c
TB1 ¹⁾	91.73±0.05 ^b	-1.27±0.06 ^d	7.61±0.10 ^b	92.31±0.45 ^b	-1.14±0.05 ^c	8.59±0.26 ^d
TB2 ¹⁾	90.87±0.10 ^{bc}	-0.79±0.10 ^c	7.74±0.10 ^b	92.07±0.41 ^b	-0.68±0.06 ^e	8.84±0.32 ^d
TB3 ¹⁾	90.73±0.06 ^{bc}	-0.78±0.08 ^c	7.96±0.06 ^a	91.49±0.04 ^c	-0.50±0.06 ^f	9.56±0.14 ^c

¹⁾SB0: Sucrose without barely powder, TB0: Tagatose without barely powder,

SB1: Sucrose with 1% barely powder, TB1: Tagatose with 1% barely powder,

SB2: Sucrose with 2% barely powder, TB2: Tagatose with 2% barely powder,

SB3: Sucrose with 3% barely powder, TB3: Tagatose with 3% barely powder

²⁾L^{*}: Lightness (100=White, 0=Black), a^{*}: Redness (+a^{*}=Red, -a^{*}=Green), b^{*}: Yellowness (+b^{*}=Yellow, -b^{*}=Blue)

³⁾Data values indicate the mean ± SD of triplicate and the column values are not significantly different each other at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test

Table 2. Antioxidant activity of sucrose or tagatose yogurt incorporated with barely

	SB0 ¹⁾	SB1 ¹⁾	SB2 ¹⁾	SB3 ¹⁾	TB0 ¹⁾	TB1 ¹⁾	TB2 ¹⁾	TB3 ¹⁾
DPPH ²⁾ (%)	3.22±0.07 ^{a3)}	7.83±0.05 ^c	9.73±0.12 ^d	14.35±0.09 ^e	6.12±0.12 ^b	16.25±0.16 ^e	19.28±0.13 ^f	27.89±0.10 ^g
Total polyphenols	2.72±0.05 ^a	3.04±0.04 ^b	3.01±0.02 ^b	3.51±0.10 ^c	3.06±0.05 ^b	3.03±0.03 ^b	3.66±0.08 ^c	3.98±0.02 ^d

¹⁾SB0: Sucrose without barely powder, TB0: Tagatose without barely powder,

SB1: Sucrose with 1% barely powder, TB1: Tagatose with 1% barely powder,

SB2: Sucrose with 2% barely powder, TB2: Tagatose with 2% barely powder,

SB3: Sucrose with 3% barely powder, TB3: Tagatose with 3% barely powder

²⁾DPPH, free radical scavenging activity by diphenyl-1-picrylhydazyl radical

³⁾Data values indicate the mean ± SD of triplicate and the same superscripts in a row are not significantly different each other at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

현저히 높은 값을 나타내었으나 발효 후에는 오히려 설탕 첨가구의 적색도가 증가하는 현상이 생겨 보리의 첨가 유무에 따른 색의 차이는 나타났으나 타가토스 또는 설탕의 첨가로 인한 요구르트의 색 차이는 거의 없는 것으로 나타나 소비자들의 선택에 있어 색상의 영향은 받지 않을 것으로 판단된다.

보리 요구르트의 항산화 활성

보리를 첨가한 요구르트의 항산화 활성은 DPPH 유리 라디칼 소거능과 총 polyphenol 함량을 측정된 결과를 Table 2에 나타내었다. 설탕 첨가구에 비해 타가토스 첨가구에서 항산화 활성이 높아졌으며 보리 첨가량이 증가할수록 항산화 활성도 증가하는 경향이 나타났다. 특히 보리 3% 첨가구는 무첨가구에 비해 DPPH 유리 라디칼 소거 활성능과 총 polyphenol 함량이 유의적으로 높아지는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Lee et al. (2008)이 유자 첨가 요구르트에서 유자의 polyphenol 화합물에 의하여 항산화 활성이 증가한다고 보고 한 바와 같이 보리에 함유되어 있는 약 0.2-4% 정도의 폴리페놀 화합물(Baik & Ullrich, 2008)에 의하여 높은 항산화 활성을 나타낸 것으

로 생각된다. 폴리페놀은 식물에 많이 함유되어 있는 물질로 식물이나 식품이 가지고 있는 페놀성 화합물에서 라디칼 소거능과 환원력이 발생한다고 알려져 있다(Kang et al., 1995). 하지만 보리 첨가구에서 총 polyphenol 함량이 미미하게 증가한 이유는 보리에 함유되어 있는 polyphenol 화합물과 사용된 유산균주의 산 생성에 의해 유기산이 증가했기 때문인 것으로 생각된다(Lee et al., 2008).

보리 요구르트의 관능 평가

보리 첨가량이 따른 요구르트의 강도 평가 결과는 Table 3과 같다. 신맛은 보리 첨가량이 증가할수록 강도가 높아지는 경향을 나타내었는데 3% 첨가구가 1% 첨가구보다 유의적으로 강한 신맛(sourness)을 나타낸 반면 단맛(sweetness)의 경우에는 보리 첨가량에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았으나 타가토스 첨가구보다 설탕 첨가구가 유의적으로 높게 평가되었다. 한편 기호도 평가에서는 보리 첨가량의 증가로 인한 유의적인 차이는 거의 나타나지는 않았으나 향(flavor)에서는 2% 보리를 함유한 타가토스 요구르트가 설탕 첨가구와 비교하여 유의적으로 높은 선호도를 나타내었다(Table 4). 요구르트의 품질을 결정하는 중요

Table 3. Sensory intensities of sucrose or tagatose yogurt incorporated with barely.

	SB1 ¹⁾	SB2 ¹⁾	SB3 ¹⁾	TB1 ¹⁾	TB2 ¹⁾	TB3 ¹⁾	F-value
Color	4.94±0.68 ^{a2)}	5.31±0.68 ^a	5.12±0.89 ^a	5.02±0.84 ^a	5.18±0.79 ^a	5.37±0.94 ^a	1.17
Flavor	4.92±1.43 ^a	4.98±1.17 ^a	5.04±1.13 ^a	5.24±1.12 ^a	5.14±1.52 ^a	5.41±1.15 ^a	1.08
Sourness	3.47±0.46 ^b	4.41±1.17 ^{ab}	5.00±0.61 ^a	4.73±1.42 ^{ab}	4.75±0.66 ^a	5.33±0.61 ^a	8.81 ^{***}
Sweetness	6.25±0.72 ^a	5.67±0.60 ^a	5.02±0.64 ^{ab}	4.14±0.46 ^b	4.65±0.48 ^b	4.47±0.39 ^b	13.40 ^{***}
Aftertaste	5.02±1.27 ^a	5.31±1.17 ^a	5.27±0.60 ^a	4.88±1.21 ^a	5.04±1.40 ^c	5.27±1.39 ^a	0.93
Thickness	4.69±0.38 ^a	4.14±0.31 ^a	4.82±0.57 ^a	4.18±0.38 ^a	4.78±0.35 ^a	4.75±0.40 ^a	1.19

¹⁾SB1: Sucrose with 1% barely powder, TB1: Tagatose with 1% barely powder, SB2: Sucrose with 2% barely powder, TB2: Tagatose with 2% barely powder, SB3: Sucrose with 3% barely powder, TB3: Tagatose with 3% barely powder

²⁾Sensory intensity scores indicate the mean ± SD (n = 51) and the same superscripts in a row are not significantly different each other at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Sensory preferences of sucrose or tagatose yogurt incorporated with barely.

	SB1 ¹⁾	SB2 ¹⁾	SB3 ¹⁾	TB1 ¹⁾	TB2 ¹⁾	TB3 ¹⁾	F-value
Appearance	6.16±0.43 ^{a2)}	5.88±1.11 ^c	6.19±0.34 ^b	5.75±1.13 ^{ab}	6.18±0.34 ^b	5.78±0.36 ^b	1.34
Flavor	4.92±1.64 ^c	5.64±1.16 ^b	5.92±1.14 ^b	5.80±1.26 ^b	6.66±1.35 ^a	5.52±1.34 ^b	9.41 ^{***}
Taste	5.80±1.54 ^{ab}	5.00±1.43 ^c	5.88±1.64 ^a	5.48±1.96 ^{abc}	5.20±1.81 ^{bc}	5.90±1.37 ^a	2.91 [*]
Texture	5.86±1.75 ^a	5.26±1.51 ^{ab}	5.76±1.32 ^a	5.86±1.40 ^a	5.02±1.87 ^b	5.86±1.23 ^a	3.03 [*]
Overall acceptability	5.86±1.75 ^{ab}	5.34±1.26 ^b	5.98±1.42 ^{ab}	5.84±1.72 ^{ab}	5.36±1.75 ^b	6.16±1.42 ^a	2.40 [*]

¹⁾SB1: Sucrose with 1% barely powder, TB1: Tagatose with 1% barely powder, SB2: Sucrose with 2% barely powder, TB2: Tagatose with 2% barely powder, SB3: Sucrose with 3% barely powder, TB3: Tagatose with 3% barely powder

²⁾Sensory intensity scores indicate the mean ± SD (n = 51) and the same superscripts in a row are not significantly different each other at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

한 관능적 요소로는 일반적으로 외관(색상), 향미, 맛, 조직감 등을 들 수 있는데(Cho et al., 2008) 관능 평가 결과를 종합해 볼 때 외관(appearance), 맛(taste), 조직감(texture), 종합적인 기호도(overall acceptability)에 대한 선호도에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 향(flavor)의 경우 2% 보리를 함유한 타가토스 요구르트가 높은 선호도를 받았으며 종합적인 기호도(overall acceptability)에 대해서는 유의적으로 차이는 없었지만 3% 보리를 함유한 타가토스 요구르트가 평균값에서 더 높은 점수를 얻었다. 따라서 2-3% 정도의 보리를 함유한 타가토스 요구르트가 칼로리와 혈당지수(GI) 값을 낮추면서 타가토스만 첨가했을 때의 단점인 발효 속도의 저하를(Sung & Lim, 2019) 개선할 수 있을 뿐만 아니라 β-glucan 등의 생리활성 물질을 함유하고 있는 보리의 장점을 요구르트에 접목시킬 수 있는 잠재력이 있을 것으로 생각된다.

결론

본 연구에서는 보리와 타가토스를 첨가하여 요구르트를 발효시키는 동안의 품질특성을 확인하기 위하여 타가토스 또는 설탕(7%, w/v)에 보리(1, 2, 3%) 첨가하고 유산균주(*S. thermophilus*)를 접종한 후 배양하는 동안 pH, 적정산도, 점도 및 유산균수의 변화를 16시간 동안 4시간 간격으로 측정하였고 발효 전후의 색의 변화를 알아보기 위하

여 색도를 측정하였으며 배양이 끝난 후에는 4±2°C 냉장고에서 48시간 동안 보관한 후 항산화 활성 및 관능 평가를 실시하였다. 배양하는 동안 타가토스만 첨가한 요구르트의 경우 pH가 거의 감소하지 않았고 설탕만 첨가한 경우에도 pH가 5.0 이상으로 나타났으나 2%의 보리를 첨가하였을 경우에는 16시간 전에 pH가 4.5 이하에 도달하였으며 3% 보리를 첨가한 요구르트에서는 설탕 또는 타가토스의 첨가에 관계 없이 16시간 후에 pH의 차이가 거의 나타나지 않았다. 적정 산도의 경우도 pH의 결과와 유사한 경향을 나타내었는데 타가토스만 첨가하였을 경우에는 산도가 거의 증가하지 않았으나 보리 첨가량이 늘어날수록 산도가 증가하는 경향을 나타내었다. 점도 또한 pH와 산도의 결과와 비슷하게 타가토스만 첨가한 요구르트는 점도의 변화가 거의 없었으며 설탕만 첨가한 경우에도 발효 12시간이 지나서야 점도가 증가하기 시작한 반면 보리가 첨가되었을 경우에는 배양 8시간 이후부터 점도가 증가하기 시작하여 16시간 경과 후에는 설탕에 보리를 첨가한 요구르트와 타가토스에 보리 2%를 첨가한 요구르트 사이에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 유산균수의 경우 타가토스만 첨가한 요구르트는 배양하는 동안 서서히 증가하였으나 3%의 보리를 혼합한 요구르트는 배양 16시간 후에 설탕과 3%의 보리를 첨가한 요구르트와 유의적으로 차이가 나타나지 않았다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 타가토스의 첨가로 인해 저해된 요구르트의 발효 속도가 보리의

첨가로 인해 개선되고 유산균의 성장 속도를 향상시키는 역할을 하는 것으로 판단된다. 색도는 보리 첨가량이 늘어날수록 밝기의 L값은 무첨가구에 비하여 낮아졌으며 황색도와 적색도는 증가하는 경향을 보여 보리 첨가량의 증가가 요구르트의 색의 변화에는 관여하는 것으로 나타났지만 타가토스 또는 설탕의 첨가로 인한 색의 차이는 거의 없었다. 보리 첨가량이 증가할수록 항산화 활성은 증가하였으며 타가토스 첨가구에서 유의적으로 높은 활성을 나타내었다. 관능 평가에서 강도는 보리 첨가량이 증가할수록 신맛의 강도가 높아지는 경향을 나타낸 반면 단맛의 경우에는 보리 첨가량에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았으나 타가토스보다 설탕 첨가구가 유의적으로 단맛의 강도가 높았다. 한편 기호도 평가에서는 보리 첨가량의 증가로 인한 유의적인 차이는 없었으나 향(flavor)에서는 2% 보리를 함유한 타가토스 요구르트가 유의적으로 높은 선호도를 나타내었으며 종합적인 기호도(overall acceptability)에서는 유의적 차이는 없었지만 3% 보리를 함유한 타가토스 요구르트가 평균값에서 가장 높은 점수를 얻어 2-3% 정도의 보리를 함유한 타가토스 요구르트는 칼로리와 혈당지수(GI) 값을 낮추면서 타가토스만 첨가했을 때의 단점인 발효 속도의 저하를 개선할 수 있을 뿐만 아니라 보리의 장점을 요구르트에 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 2017년도 군산대학교 교수 장기 국외 연수 경비의 지원에 의하여 연구되었습니다.

References

- Ahn YT, Lim KS, Huh CS. 2006. Current state of functional yogurt in Korea. *J. Korean Dairy Technol. Sci.* 24: 29-42.
- Bae HC, Lee J-Y, Renschinkhand G, Nam MS. 2010. Fermentation properties of amylase activity and added rice yogurt of *Enterococcus faecium* KHM-11 isolated from Korean human milk. *Korean J. Agric. Sci.* 37: 387-392.
- Baik BK, Steven EU. 2008. Barley for food: characteristics, improvement and renewed interest. *J. Cereal Sci.* 48: 233-242.
- Baik BK, Ullrich SE. 2008. Barley for food: characteristics, improvement and renewed interest. *J. Cereal Sci.* 48: 233-242.
- Bang BH, Jeong EJ. 2007. A study on manufacturing black soybean yogurt. *Korean J. Food Nutr.* 20: 289-294.
- Chiu CJ, Liu S, Willett WC, Wolever TM, Brand-Miller JC, Barclay AW, Taylor A. 2011. Informing food choices and health outcomes by use of the dietary glycemic index. *Nutr. Rev.* 69: 231-242.
- Cho YS, Kim SI, Han YS. 2008. Effect of slander glasswort extract yogurt on quality during storage. *Korean J. Food Cookery Sci.* 24: 212-221.
- Chung HK, Park SS. 1995. The effect of sugar intake on attention deficit hyperactivity Disorder of school children. *Korean J. Nutr.* 28: 644-652.
- Donner T, Wilber J, Ostrewski D. 1996. D-tagatose: a novel therapeutic adjunct for insulin-dependent diabetes. *Diabetes.* 45: 125A.
- 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.
- Kang YH, Park YK, Oh SR, Moon KD. 1995. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 978-984.
- Kang KM, Park CS, Lee SH. 2013. Effects of D-tagatose on the growth of intestinal microflora and the fermentation of yogurt. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 348-354.
- Kang YS, Lee WY. 2016. Mass distribution of sugar made from GM microorganisms. Korea Food & Drug Administration, Cheongju.
- Kim SJ. 2015. Enrichment of fermented milk and sugar products 3.8 times. Korea Consumer Agency. Available from: www.kca.go.kr. Accessed Dec. 01, 2019.
- Kim JH, Oh MK, Lee YH, Choi GC, Yi YG, Shin SY. 1999. Selection and physico-chemical characteristics of lactic acid bacteria which had cholesterol lowering activities. *Korean J. Soc. Agr. Chem. Biotechnol.* 42: 83-90.
- 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.
- Koh JH, Seung A. 2013. Synbiotic impact of tagatose on viability of *Lactobacillus rhamnosus* strain GG mediated by the phosphotransferase system (PTS). *Food Microbiol.* 36: 7-13.
- Lee EA, Woo KJ. 2001. Quality characteristics of Jeung-Pyun (Korean rice cake) according to the type and amount of the oligosaccharide added. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 17: 431-440.
- Lee HJ, Pak HO, Lee JM. 2006. Fermentation properties of yogurt added with rice bran. *Korean J. Food Cookery Sci.* 22: 488-494.
- Lee MJ, Kim KS, Kim HS. 2013a. Quality characteristics of whole barely flour added yogurt made with various lactic acid bacteria. *Food Eng. Prog.* 17: 311-318.
- Lee MJ, Kim KS, Kim YK, Park JC, Kim HS, Choi JS, Kim KJ. 2013b. Quality characteristics and antioxidant activity of yogurt added with whole barley flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 721-726.
- Lee MJ, Kim YK, Kim KS, Lee NY. 2015. Quality characteristics of whole barely flour added yogurt during storage. *Food Eng. Prog.* 19: 8-13.
- 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.
- Lee YT, Seog HM, Cho MK, Kim SS. 1996. Physicochemical properties of Hull-less barley flours prepared with different grinding mills. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 1078-1083.
- Ludwig DS, Peterson KE, Gortmaker SL. 2001. Relation between consumption of sugar-sweetened drinks and childhood obesity: a

- prospective, observational analysis. *Lancet* 357: 505-508.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). 2013. Enforcement Decree of the Livestock Product Processing Control Act. pp. 33-35.
- Ministry of Health and Welfare. Korea Centers for Disease Control and Prevention. 2015. National Health Statistics III, Sejong, Korea. pp. 105.
- Paik SH, Bae HC, Nam MS. 2004. Fermentation properties of yogurt added with rice. *J. Anim. Sci. Technol.* 46: 667-676.
- Park YW. 2015. *Food Addiction*. Gimm-Young Publishers, Inc., Seoul, Korea. pp. 140-141, 145.
- Ryu SY, Roh HJ, Noh BS, Kim SY, Oh DK, Lee WJ, Yoon JR, Kim SS. 2003. Effects of various sugars including tagatose and their molar concentration on the Maillard browning reaction. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 898-904.
- Son SJ, Koh JH, Park MR, Ryu S, Lee WJ, Yun B, Lee J-H, Oh S, Kim Y. 2019. Effect of the *Lactobacillus rhamnosus* strain GG and tagatose as a synbiotic combination in a dextran sulfate sodium-induced colitis murine model. *J. Dairy Sci.* 102: 2844-2853.
- Sung D-E, Lim S-Y. 2019. Effect of quality and sensory characteristics of yogurt added with tagatose. *Food Eng. Prog.* 23: 30-38.
- Widyastuti, Y., Rohmatussolihat, A., Febrisiantosa, A. 2014. The role of lactic acid bacteria in milk fermentation. *Food Nutr. Sci.* 5: 435-442.
- 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.
- Zhang W, Yu S, Zhang T, Jiang B, Mu W. 2016. Recent advances in D-allulose: Physiological functionalities, applications, and biological production. *Trends Food Sci. Technol.* 54:127-137.

Author Information

임승용: 국립군산대학교 교수