

ARTICLE

흑미 가루를 첨가한 요거트의 항산화 활성과 품질 특성

강 규 민 · 김 학 연*

공주대학교 동물자원학과

Antioxidant Activity and Quality Properties of Yogurt with Black Rice Flour

Kyu-Min Kang, Hack-Youn Kim*

Department of Animal Resources Science, Kongju National University,
Chungnam 32439, Korea

Received: April 12, 2022

Revised: April 29, 2022

Accepted: May 02, 2022

*Corresponding author :

Hack-Youn Kim

Department of Animal Resources
Science, Kongju National University,
Chungnam 32439, Korea.

Tel : +82-41-330-1041

E-mail : kimhy@kongju.ac.kr

Copyright © 2022 Resources Science
Research Institute, Kongju National University.
This is an Open Access article distributed
under the terms of the Creative Commons
Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)
which permits unrestricted non-commercial
use, distribution, and reproduction in any
medium, provided the original work is
properly cited.

ORCID

Kyu-Min Kang

<https://orcid.org/0000-0002-4904-1976>

Hack-Youn Kim

<https://orcid.org/0000-0001-5303-4595>

Abstract

This study identified the antioxidant activity (total flavonoid contents, total polyphenol contents, DPPH radical scavenging activity and FRAP assay) and quality properties (pH, color, and viable cell count) of yogurt with various levels of black rice flour. Lightness significantly decreased with increasing black rice flour ($p < 0.05$). On the contrary, redness significantly increased with increasing black rice flour ($p < 0.05$). Viable cell counts of *Lactobacillus* of treatments (2%, 4% and 6%) were significantly higher than control ($p < 0.05$). As the addition level of black rice flour increased, higher total polyphenol contents and DPPH free radical scavenging activity were observed in samples ($p < 0.05$). Therefore, these results were shown the addition of black rice flour in yogurt is useful to manufacturing healthy functional food.

Keywords

Antioxidant activity, Quality properties, Black rice, Yogurt

1. 서론

장내 마이크로바이옴 (microbiome)은 인체 소화기관에 존재하는 미생물의 집합체로써 영양소의 흡수 및 대사, 신경계와 면역계의 성숙 및 발달 등 인체와 중요한 상호작용을 하고 있다 (You *et al.*, 2015). 이들의 장내 분포는 건강 상태, 식습관, 유전적 요인에 의해 다르게 구성되며, 특히 장내 미생물 군집 구조는 질병에 의해 급격히 바뀌어 군집의 불균형을 발생시킨다 (Choi, 2019). 미생물 군집 구조의 불균형은 식습관 교정을 통해 개선될 수 있으며, 그 중에서도 프로바이오틱스는 섭취 시 면역 체계에 영향을 주어 장내 미생물 군집의 균형 안정화 효과가 있는 것으로 보고되면서, 소비자들의 관심 또한 높아지고 있다 (Jeong *et al.*, 2021; Wilson *et al.*, 2020).

요거트는 우유의 프로바이오틱 박테리아 발효에 의해 생산되는 복합 기능성 식품으로 인체에 건강상의 이익을 주는 프로바이오틱 박테리아 중 하나인 유산균을 다량 함유하고 있다 (Ivey *et al.*, 2015). 요거트에는 우유의 영양분, 유산균 대사에 의해 생성되는 펩톤 (peptone), 펩타이드 (peptide), 젖산 (lactic acid) 등으로 인한 높은 영양학적 가치와 유당 (lactose)으로 인한 소화 불량을 예방하고 독특한 풍미를 갖는다 (Yang and Choi, 2021). 하지만 다수의 프로바이오틱 박테리아들은 내산성, 산소의 독성, 우유의 산성도 등에 의해 우유에서 빠르게 자라지 못 한다 (Roy, 2005). 이에 발효 유제품 생산에서 생균수 성장속도 증진을 위해 식이섬유가 풍부한 식물성 보충제를 사용하고 있다 (Zare *et al.*, 2012).

흑미는 국내에서 보성, 진도, 해남 등을 중심으로 생산되고 있으며 식이섬유, 단백질, 식물성 지방, 비타민, 무기질 등이 풍부하여 영양학적 가치가 높은 식품이다 (Jung *et al.*, 2002). 또한 흑미의 자홍색 색소는 안토시아닌 (anthocyanin), 폴리페놀 (polyphenolics), 플라보노이드 (flavonoids) 등과 같은 다양한 화합물들로 구성되어 항산화, 항암, 항동맥경화 등의 생리활성 효과가 뛰어나다 (Cho *et al.*, 2012). 특히 플라보노이드류 중에서 높은 항산화 효과가 있는 안토시아닌을 함유하고 있어 식품산업에서 천연 항산화제의 소재로 연구가 지속적으로 진행되고 있다 (Kim *et al.*, 2021).

따라서 본 연구는 항산화 활성과 유산균 생균수 증진 목적으로 흑미를 첨가한 요거트를 제조하여 항산화 활성과 품질 특성을 분석하였다.

II. 재료 및 방법

흑미 요거트 제조

지역 마트에서 구매한 우유 (Seoul milk, Korea)에 플레인 요거트 (Maeil, Korea)를 접종하여 37°C에서 16시간 발효하여 요거트를 제조하였다. 이때 사용된 플레인 요거트에는 9 log CFU / 85 mL의 *Lactobacillus rhamnosus* GG이 함유되어 있는 것을 사용하였다. 제조된 요거트에 흑미 가루 (Jindo, Korea)을 각각 0%, 5%, 10%, 15%를 혼합하여 4°C에서 24시간 발효 후 냉장 보관하면서 실험을 진행하였다.

pH 측정

pH는 시료 3 g을 채취, 증류수 12 mL와 혼합하여 ultra turrax (HMZ-20DN, Poonglim Tech, Korea)로 8,000 rpm에서 1분간 균질한 후 유리전극 pH meter (Model S220, Mettler-Toledo, Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

색도 측정

색도는 colorimeter (CR-10, Minolta, Japan)를 사용하여 명도 (lightness)를 나타내는 CIE L* 값, 적색도 (redness)를 나타내는 CIE a* 값 그리고 황색도 (yellowness)를 나타내는 CIE b* 값을 측정하였다. 이때의 표준색은 CIE L* 값은 +97.83, CIE a* 값이 -0.43, CIE b* 값이 +1.98인 백색 표준판을 사용하였다.

유산균 생균수 측정

유산균 생균수의 변화는 시료 5 mL를 채취하여 십진 희석법으로 멸균 생리식염수에 희석한 뒤, *Lactobacilli* MRS Agar 배지 (BD Difco, Franklin Lakes, USA)에 평판 도말 후 37°C에서 48시간 배양하였다. 그 후 생성된 균집수를 측정하여 log CFU (colony forming unit)/mL로 나타내었다.

Total Polyphenol Contents (TPC) 측정

총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법 (Singleton and Rossi, 1965)을 적용하여 측정하였다. 추출액 40 μ L와 2 N Folin-Ciocalteu 용액 80 μ L를 혼합하여 3분 동안 반응시킨 후 20% Na₂CO₃를 800 μ L 추가하고 빛을 차단하여 37°C 암실에서 30분간 반응시켰다. 반응 후 Multi-mode microplate reader (SpectraMax iD3, Molecular Devices, USA)를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. Garlic acid를 표준물질로 사용하여 시료와 동일한 방법으로 분석 후 얻은 검량선으로 총 페놀함량을 산출하였다.

Total Flavonoid Contents (TFC) 측정

총 플라보노이드 함량은 Woisky와 Salatino (1998)의 방법을 적용하여 측정하였다. 추출액 100 μ L에

diethylene glycol 1 mL와 1 N NaOH 100 μ L를 혼합한 다음 빛을 차단하여 37°C 암실에서 1시간 반응시켰다. 반응 후 Multi-mode microplate reader를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Naringin을 표준물질로 사용하여 시료와 동일한 방법으로 분석 후 얻은 검량선으로 총 플라보노이드 함량을 산출하였다.

DPPH Free Radical Scavenging Activity 측정

Free radical 소거능은 메탄올에 용해한 0.2 mM 2,2 diphenyl-1 carboxylic acid 1 mL와 추출물 1 mL를 혼합하고, 암실에서 실온으로 30분간 반응시켰다. 이후 Multi-mode microplate reader를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식을 통하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity(\%)} = \frac{\text{시료 무첨가군의 흡광도} - \text{시료 첨가군의 흡광도}}{\text{시료 무첨가군의 흡광도}} \times 100$$

Ferric Acid Reducing Antioxidant Power (FRAP) 측정

환원력은 Benzie와 Strain (1996)의 방법을 적용하여 측정하였다. FRAP 시약은 사용하기 전에 0.3 M sodium acetate buffer와 40 mM HCl에 녹인 10 mM TPTZ, 20 mM FeCl₃를 10:1:1의 비율로 섞어 37°C에서 15분 반응시켜 준비하였다. 제조된 FRAP 시약 3 mL와 시료 추출물 1 mL를 혼합하여 빛을 차단한 37°C 암실에서 15분간 반응시킨 후 Multi-mode microplate reader를 이용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

실험의 결과는 최소한 3회 이상의 반복실험을 실시하여 평가되었다. 이후 통계처리 프로그램 SAS (Version 9.3 for Window, SAS Institute Inc., USA)를 이용하여 결과를 평균값과 표준편차로 나타내었 으며, one way ANOVA, Duncan's multiple range test로 각각의 특성에 대해 유의적인 차이가 있는지를 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

pH, 색도

요거트의 제조 시 유산균에 의해 우유를 응고시키고 잡균의 증식을 막기 위해 우유의 pH를 저하시 키게 되는데, 제조된 요거트의 pH는 4.3에서 4.5 사이를 기준으로 삼고 있다 (Seo, 2011). 흑미 가루 첨가량에 따른 요거트의 pH와 색도는 Table 1에 나타내었다. pH는 흑미 가루 4%와 6% 첨가한 처리

Table 1. pH, color of yoghurt formulated with various levels of black rice flour

Traits	Con	Black rice flour (%)			
		2	4	6	
pH	4.26±0.02 ^c	4.29±0.01 ^{bc}	4.31±0.02 ^b	4.35±0.01 ^a	
Color	CIE L*	94.98±2.10 ^a	76.30±0.18 ^b	69.35±0.18 ^c	65.21±0.24 ^d
	CIE a*	-1.13±0.14 ^d	6.81±0.19 ^c	8.26±0.30 ^b	8.93±0.07 ^a
	CIE b*	6.63±1.43 ^a	-0.03±0.05 ^b	-1.33±0.09 ^c	-1.88±0.05 ^c

All values are mean±SD.

^{a-d} Mean in the same row with different letters are significantly different (p<0.05).

구가 대조구보다 유의적으로 높은 값을 보였다 ($p < 0.05$). 이는 사용된 흑미 가루의 pH가 6.68로 요거트보다 높기 때문에 첨가량이 증가함에 따라 pH 또한 증가한 것으로 사료된다 (Park and Kim, 2016).

명도는 흑미 가루 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소했지만 ($p < 0.05$), 적색도는 흑미 가루 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다 ($p < 0.05$). Lee와 Oh (2006)는 흑미 가루 첨가량이 증가할수록 명도는 감소하고 적색도는 증가한다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. 이는 흑미의 주요 색소인 cyanidin 3-glucoside와 malvidin-3-glucoside가 적색을 나타내기 때문에 이와 같은 결과를 나타낸 것으로 사료된다 (Jung *et al.*, 2002). 황색도는 흑미 가루 4%와 6% 첨가한 처리구가 대조구와 흑미 가루 2% 첨가한 처리구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다 ($p < 0.05$). 이는 Lee 등 (2018)의 흑미를 첨가한 아이스크림 연구에서도 흑미를 첨가할수록 명도와 황색도는 감소하고 적색도는 증가한다고 보고하여 본 연구에서도 첨가된 흑미 가루에 의해 명도와 황색도는 감소하고 적색도는 증가한 것으로 판단된다.

유산균 생균수

Fig. 1은 흑미 가루 첨가량에 따른 요거트의 유산균 생균수를 측정한 결과이다. 흑미 가루 4%와 6% 첨가한 처리구가 대조구와 흑미 가루 2% 첨가한 처리구보다 유의적으로 높은 값을 보였다 ($p < 0.05$). Demirci 등 (2017)은 쌀 미강을 요거트에 첨가하게 되면 *Lactobacillus*와 *Streptococcus*의 생균수가 증가한다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. 이는 흑미에 미생물의 필수 영양소인 식이섬유, 철, 망간 등이 풍부하고 유산균은 다른 병원성 박테리아보다 영양소 대사 속도가 높아 이러한 결과를 나타낸 것으로 사료된다 (Agil *et al.*, 2013). 또한 식품공전의 유가공품 기준 규격에 의하면 발효유의 총 유산균 수 기준은 10^7 CFU/mL 이상이며, 본 연구에서 제조한 모든 요거트는 10^8 CFU/mL 이상으로 기준에 적합하였다 (Hyun *et al.*, 2020). 따라서 요거트에 흑미를 첨가하는 것은 프로바이오틱스 유제품을 제조하는데 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

TPC, TFC

최근 프로바이오틱스 유제품들은 균주의 먹이인 프리바이오틱스로 과일류와 곡물류를 함께 첨가

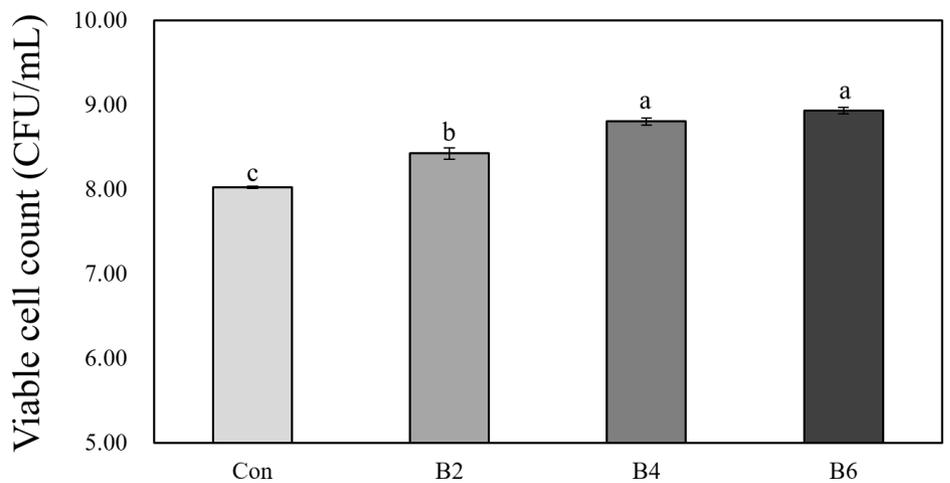


Fig. 1. Viable cell count of yoghurt formulated with various levels of black rice flour. ^{a-c}Means on bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$). Con: yoghurt without black rice flour, B2: yoghurt with 2% black rice flour, B4: yoghurt with 4% black rice flour, B6: yoghurt with 6% black rice flour.

하기도 하는데, 이는 제품의 페놀화합물, 플라보노이드, 식이섬유소 등과 같은 phytochemical을 증가시키는 요인이 된다 (Noh *et al.*, 2020). Fig. 2는 흑미 가루 첨가량에 따른 요거트의 총 페놀 함량을 측정된 결과이다. 총 페놀 함량은 흑미 가루 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다 ($p < 0.05$). Kim 등(2013)은 유색미에는 다량의 페놀 화합물이 함유되고 있다고 보고하여 본 연구에서도 요거트에 흑미 첨가량이 증가할수록 함께 증가하는 결과를 보인 것으로 사료된다. 특히 흑미에는 과피색을 띠는 페놀 화합물인 안토시아닌이 다량 함유되어 있어 대조구와 처리구 간의 총 페놀 함량 차이가 크게 난 것으로 판단된다 (Park *et al.*, 2016).

폴리페놀에 속하는 플라보노이드는 곡물과 과일류에도 분포하는데 쌀과 같은 경우 적색도와 양의 상관관계에 놓인 것으로 알려져 있다 (Shao *et al.*, 2011). 흑미 가루 첨가량에 따른 요거트의 총 플라보노이드 함량은 Fig. 3에 나타내었다. 흑미 가루를 첨가한 처리구가 대조구보다 유의적으로 높은 값을

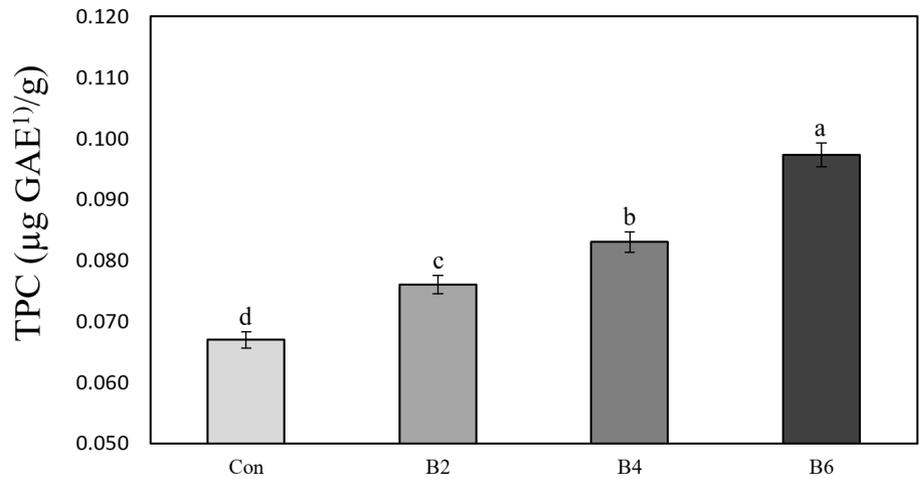


Fig. 2. Total polyphenol contents of yoghurt formulated with various levels of black rice flour. ¹⁾ GAE, gallic acid equivalent. ^{a-d}Means on bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$). Con: yoghurt without black rice flour, B2: yoghurt with 2% black rice flour, B4: yoghurt with 4% black rice flour, B6: yoghurt with 6% black rice flour.

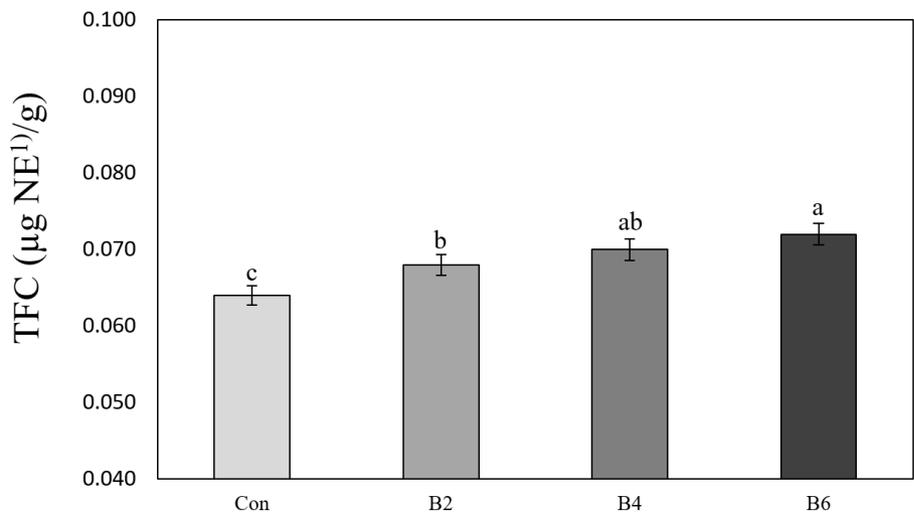


Fig. 3. Total flavonoid contents of yoghurt formulated with various levels of black rice flour. ¹⁾ NE, naringin equivalent. ^{a-c}Means on bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$). Con: yoghurt without black rice flour, B2: yoghurt with 2% black rice flour, B4: yoghurt with 4% black rice flour, B6: yoghurt with 6% black rice flour.

나타내었다 ($p < 0.05$). Kim 등 (2020)은 흑미의 플라보노이드 함량은 폴리페놀 함량보다는 품종 간의 차이가 더 크게 작용한다고 보고하였으며, 또한 흑미는 도정을 하지 않을 경우 과피에 많은 페놀 화합물과 플라보노이드를 함유하고 있기 때문에 도정을 하지 않은 상태에서 흑미 가루를 제조하여 높은 플라보노이드 함량을 보인 것으로 사료된다 (Choi *et al.*, 2018). 따라서 흑미 가루를 첨가하여 요거트를 제조할 경우 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높은 제품을 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

DPPH, FRAP

항산화 물질은 인체의 활성산소를 제거하고 식품의 산화를 억제하는데, 이러한 활성 산소를 제거하는 능력을 DPPH 라디칼 소거능이라 한다 (Musa *et al.*, 2016). 흑미 가루 첨가량에 따른 요거트의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 흑미 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능도 유의적으로 증가하였다 ($p < 0.05$). Khalil과 Elkot (2020)의 흑미 가루를 첨가한 치즈에서도 흑미 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능 또한 증가한다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. 이는 흑미가 다른 곡류에 비해 항산화 활성이 뛰어난 페놀화합물 함량이 높기 때문인데 (Cho *et al.*, 2012), 본 연구에서도 총 페놀 함량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능도 함께 증가하여 첨가된 흑미의 페놀이 영향을 준 것으로 판단된다.

FRAP은 ferric-ferricyanide (Fe^{3+}) 혼합물이 수소를 공여하여 유리 라디칼을 안정화시켜 ferrous (Fe^{2+})로 전환하는 환원력을 측정하는 것으로 DPPH 라디칼 소거과는 다른 항산화 활성 측정 방법이다 (Sa *et al.*, 2010). Fig. 5는 흑미 가루 첨가량에 따른 환원력 측정 결과이다. 흑미 가루 6% 첨가한 처리구가 대조구와 다른 처리구들에 비해 유의적으로 가장 높은 값을 보였다 ($p < 0.05$). 이는 사용된 흑미가 높은 페놀과 플라보노이드 함량을 지니고 있어 환원력 또한 높게 나온 것으로 사료된다 (Yang *et al.*, 2015). Pengkumsri 등 (2015)은 흑미의 항산화 측정 결과 DPPH 라디칼 소거능과 환원력이 항상 양의 상관관계를 나타내지 않으며, 이는 품종과 처리방법에 따라 다른 수치를 보인다고 보고하였다. 따라서 요거트의 흑미 첨가는 높은 항산화 활성 능력을 지닌 건강 기능성 유제품을 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

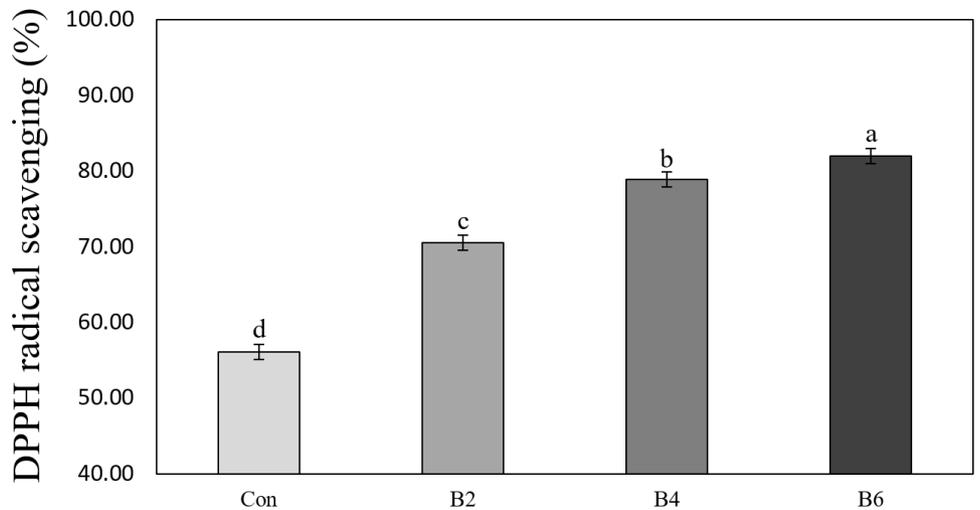


Fig. 4. DPPH radical scavenging activity of yoghurt formulated with various levels of black rice flour.
^{a-d} Means on bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$). Con: yoghurt without black rice flour, B2: yoghurt with 2% black rice flour, B4: yoghurt with 4% black rice flour, B6: yoghurt with 6% black rice flour.

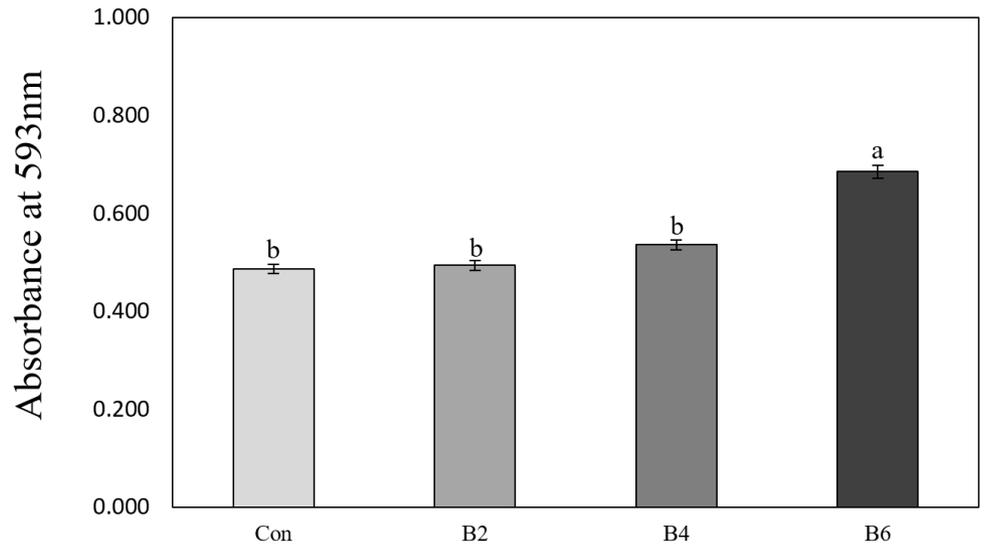


Fig. 5. Ferric reducing antioxidant power (FRAP) of yoghurt formulated with various levels of black rice flour. ^{a,b}Means on bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$). Con: yoghurt without black rice flour, B2: yoghurt with 2% black rice flour, B4: yoghurt with 4% black rice flour, B6: yoghurt with 6% black rice flour.

IV. 요약

본 연구는 흑미 첨가량에 따른 요거트의 품질 특성과 항산화 활성에 대하여 조사하였다. 흑미 가루의 첨가량에 따라 품질 특성에서 pH, 적색도, 유산균 생균수가 증가하였고, 항산화 활성에서 TPC, TFC, DPPH 그리고 FRAP이 증진되었다. 이중 흑미 6% 첨가 처리구가 유산균 생균수, TPC, DPPH에서 가장 높은 수치를 나타내어 프로바이오틱스 유제품을 개발하는데 있어서 흑미의 첨가는 6%가 가장 최적의 비율이라고 판단된다.

V. 사사

본 연구는 농촌진흥청 "농업과학기술개발협력연구사업(과제번호 PJ015590012022)"의 지원으로 수행되었습니다.

VI. 참고문헌

1. Agil R, Gaget A, Gliwa J, Avis TJ, Willmore WG, Hosseinian F. 2013. Lentils enhance probiotic growth in yogurt and provide added benefit of antioxidant protection. *LWT Food Sci Technol* 50:45-49.
2. Benzie IF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 239:70-76.
3. Cho EJ, Choi MJ, Shin SH, Kim HY. 2012. Antioxidant activity of black rice and grains. *Korean J Agric Sci* 39:511-514.
4. Choi HJ. 2019. Recent advances on next-generation probiotics linked to the gut microbiome. *Food Sci Ind* 52:261-271.

5. Choi ID, Woo KS, Choi HS, Lee SK, Park J, Chun A, Han SI, Choi DS, Chun J. 2018. Antioxidant properties, carotene and vitamin E of different varieties of brown and white rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:1259-1267.
6. Demirci T, Aktaş K, Sözeri D, Öztürk Hİ, Akın N. 2017. Rice bran improve probiotic viability in yoghurt and provide added antioxidative benefits. *J Funct Foods* 36:396-403.
7. Hyun IK, Kim MY, Kim SY, Lee JS, Choi AR, Kang SS. 2020. Functional properties of yogurt fermented by bacteriocin-producing *Pediococcus acidilactici*. *J Dairy Sci Biotechnol* 38:154-160.
8. Ivey KL, Hodgson JM, Kerr DA, Thompson PL, Stojceski B, Prince RL. 2015. The effect of yoghurt and its probiotics on blood pressure and serum lipid profile; a randomised controlled trial. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 25:46-51.
9. Jeong SJ, Yang HJ, Ryu MS, Seo JW, Jeong DY. 2021. Characterization of *Lactobacillus paracasei* JSRL18-60 with probiotic properties as a starter in manufacturing fermented milk. *Korean J Food Preserv* 28:147-159.
10. Jung DS, Lee FZ, Eun JB. 2002. Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 34:232-237.
11. Khalil RA, Elkot WF. 2020. Functional properties and nutritional quality of processed cheese spreads enriched with black rice powder. *Egypt J Food Sci* 48:281-289.
12. Kim HJ, Park HY, Kim MY, Lee JY, Lee JH, Lee JY, Lee YY, Lee BW, Kim M, Lee B. 2021. Physicochemical characteristics of brown rice porridge added with colored rice cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50:279-284.
13. Kim HW, Oh SK, Lee JH, Yoon MR, Kim DJ, Choi IS, Kim JG, Lee JS. 2013. Evaluation of antioxidant and cancer cell growth inhibition activities of red rice and black rice. *Korean J Food Preserv* 20:834-839.
14. Kim MY, Park HY, Lee YY, Lee BW, Kim MH, Lee JY, Lee JH, Kang MS, Koo CB, Kim HJ. 2020. Antioxidant and anti-adipogenic effects of colored and brown rice extracts depending on cultivars. *Korean J Food Nutr* 33:149-158.
15. Lee JS, Oh MS. 2006. Quality characteristics of cookies with black rice flour. *Korean J Food Cookery Sci* 22:193-203.
16. Lee MH, Lee MK, Ryu SI, Kim BH, Kim YJ, Jeon JE, Lee SH. 2018. Quality characteristics of ice creams added with fermented black rice bran powder. *Culinary Sci Hosp Res* 24:55-61.
17. Musa KH, Abdullah A, Al-Haiqi A. 2016. Determination of DPPH free radical scavenging activity: application of artificial neural networks. *Food Chem* 194:705-711.
18. Noh YH, Jang AS, Pyo YH. 2020. Quality characteristics and antioxidant capacities of Korean commercial yogurt. *Korean J Food Sci Technol* 52:113-118.
19. Park JY, Ham H, Han SI, Oh SH, Song YC, Cho JH, Hur YJ, Lee YY, Lee BW, Choi YH. 2016. Comparison of antioxidant components and antioxidant activities of colored rice varieties (*Oryza sativa* L.) cultivated in southern plain. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:1214-1220.
20. Park SY, Kim HY. 2016. Effects of black rice powder concentration on quality properties of pork restructured jerky. *Korean J Food Sci Technol* 48:474-478.

21. Pengkumsri N, Chaiyasut C, Saenjurn C, Sirilun S, Peerajan S, Suwannalert P, Sirisattha S, Sivamaruthi BS. 2015. Physicochemical and antioxidative properties of black, brown and red rice varieties of northern Thailand. *Food Sci Technol* 35:331-338.
22. Roy D. 2005. Technological aspects related to the use of bifidobacteria in dairy products. *Le Lait* 85:39-56.
23. Sa YJ, Kim JS, Kim MO, Jeong HJ, Yu CY, Park DS, Kim MJ. 2010. Comparative study of electron donating ability, reducing power, antimicrobial activity and inhibition of α -glucosidase by *Sorghum bicolor* extracts. *Korean Food Sci Technol* 42:598-604.
24. Seo JG. 2011. Behavior of probiotic microorganisms during low temperature storage and factors affect their survival. *Mag SAREK* 40:79-86.
25. Shao Y, Jin L, Zhang G, Lu Y, Shen Y, Bao J. 2011. Association mapping of grain color, phenolic content, flavonoid content and antioxidant capacity in dehulled rice. *Theor Appl Genet* 122:1005-1016.
26. Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16:144-158.
27. Wilson AS, Koller KR, Ramaboli MC, Nesengani LT, Ocvirk S, Chen C, Flanagan CA, Sapp FR, Merritt ZT, Bhatti F, Thomas TK, O'Keefe SJ. 2020. Diet and the human gut microbiome: An international review. *Digest Dis Sci* 65:723-740.
28. Woisky RG, Salatino A. 1998. Analysis of propolis: Some parameters and procedures for chemical quality control. *J Apic Res* 37:99-105.
29. Yang JW, Choi IS. 2021. Comparisons of the physicochemical characteristics, antioxidant properties, and consumer acceptance of greek-style yoghurt enhanced with black tea syrup instead of sugar syrup. *J East Asian Soc Diet Life* 31:36-49.
30. Yang JW, Kim YE, Lee KH. 2015. Physicochemical characteristics and antioxidant activities of Sikhye made with pigmented rice. *J East Asian Soc Dietary Life* 25:830-841.
31. You HJ, Lee SH, Ko GP. 2015. Concepts and strategies of the human intestinal microbiome research. *Korean J Public Health* 52:11-19.
32. Zare F, Champagne CP, Simpson BK, Orsat V, Boye JI. 2012. Effect of the addition of pulse ingredients to milk on acid production by probiotic and yoghurt starter cultures. *LWT Food Sci Technol* 45:155-160.