

유산균 발효 다시마(*Saccarina japonica*) 분말을 첨가한 열무 물김치의 저장기간에 따른 항산화능 변화

최정미 · 김상임 · 송호수*

영산대학교 조리예술학부

Changes of Antioxidant Activities of *Yulmoo Mool-Kimchi* Supplemented with Fermented *Saccarina japonica* Powder by Lactic Acid Bacteria According to Storage Periods

Jung-Mi Choi, Sang-Im Kim and Ho-su Song*

School of Culinary Arts, Young-san University, Busan 48015, Republic of Korea

This study aimed to enhance the quality characteristics and antioxidant activities of *Yulmoo* (*Raphanus sativus* L.) *Kimchi* by adding fermented *Saccarina japonica* powder by lactic acid bacteria (FSP), a healthy functional material, without affecting its quality. The addition rate of FSP was set at 2% in a preliminary study based on the sensory evaluation of the effect of FSP supplementation on *Yulmoo Mool-Kimchi*. Both control and 2% FSP-supplemented *Yulmoo Mool-Kimchi* were analyzed every two days during storage at 10°C for 13 days. FSP addition significantly increased the antioxidant activity and phenolic content of *Yulmoo Mool-Kimchi* immediately after storage ($P < 0.05$). However, during storage, the antioxidant activities and phenolic contents of all test groups showed different patterns depending on the storage period and the antioxidant activity measurement method. These results indicate that FSP addition improved the antioxidant activity of *Yulmoo Mool-Kimchi* without affecting its quality. The results of this study should provide new insights into the development of different FSP-supplemented *Kimchi*.

Keywords: Antioxidant activities, Lactic acid bacteria fermented *Saccarina japonica* powder, Storage periods, *Yulmoo Mool-Kimchi*

서 론

김치는 배추, 무 등의 각종 채소에 소금, 고춧가루, 마늘, 생강 등 각종 양념을 넣어 발효시킨 우리나라의 대표적인 발효 식품이다(Lee, 2008). 김치의 종류는 사용하는 원재료 및 조리 방법에 따라 수백 가지로 분류된다(No et al., 1995). 그 중 열무 물김치는 밀가루 풀 국을 얹게 풀어 열무의 풋내를 없애 담근 여름철 대표적인 국물 김치이다. 열무물김치의 주재료인 열무 (*Raphanus sativus* L.)는 십자화과(Brassicaceae)에 속하는 근채류로 무가 작고 푸른 잎이 많아 봄부터 여름철에 김칫거리로 많이 사용된다(Moon and Lee, 2011). 열무는 식이섬유, 비타민 및 무기질 등 다양한 영양소를 함유하며, 특히 비타민 A 함

량은 2,630 IU로 배추나 무에 비해 28–2,600배 정도 많아 높은 영양학적으로 가치를 갖고 있다(National Rural Living Science Institute, 1996). 또한, 열무의 특징적인 향미 성분인 이소티오시아네이트(isothiocyanates) 및 주색소인 클로로필(chlorophyll)은 항산화, 항암, 항바이러스 및 항돌연변이 등 다양한 생리 활성 기능을 갖고 있는 것으로 보고되어 있다(Pangestuti and Kim, 2011; Molina-Vargas, 2013). 열무물김치에 관한 연구는 열무물김치의 제조방법에 따른 품질 특성 확인(Pie and Jang, 1995; Choi et al., 1998), 제조방법의 표준화(Kong et al., 2005) 및 저장 중 품질특성 변화 확인(Park et al., 2007) 등 주로 열무물김치의 제조방법에 관한 연구가 대부분이다. 이와 대조적으로 기능성이 고려된 열무물김치 제품 개발에 관한 연구

*Corresponding author: Tel: +82.51. 540. 7142 Fax: +82. 51. 540. 7137

E-mail address: hssong@ysu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2025.0015>

Korean J Fish Aquat Sci 58(1), 15-25, February 2025

Received 16 October 2024; Revised 10 December 2024; Accepted 24 December 2024

저자 직위: 최정미(겸임교수), 김상임(겸임교수), 송호수(부교수)

는 미흡한 실정이다.

다시마(*Saccharina japonica*)는 갈조류(Phaeophyceae)에 속하는 해조류로 비타민, 미네랄, 마그네슘, 칼륨, 요오드 및 철 등 무기질의 함량이 높으며, 특히 천연 정미 성분인 글루탐산(glutamic acid) 및 아스파르트산(aspartic acid)을 다량 함유하고 있어 주요 식재료로 사용되어 왔다(Lee and Song, 2018). 또한, 다시마에는 알긴산(alginic acid), 후코이단(fucoidan) 및 라미나린(laminarin) 등 다당류가 풍부하여 홍조류 및 녹조류에 비해 높은 항산화능을 나타내는 것으로 보고되어 있다(Ko et al., 2023). 다시마는 항균, 항염증, 항당뇨, 항산화 및 항암 등 다양한 생리 활성이 보고되어 있어 이를 이용한 건강 기능성 소재 및 식품의 개발이 이어지고 있다(Nie et al., 2022). 우리나라에서는 다시마를 끓는 물에 넣어 육수를 내거나 고추장(Bae and Choi, 2001), 된장(Cui et al., 2002), 간장(Ham et al., 2008) 및 떡(Cho and Hong, 2006) 등 식품에 첨가하여 풍미 및 영양소를 높이기 위해 사용되고 있다(Lee et al., 2023). 하지만, 다시마를 이용한 제품의 경우 다시마 특유의 향, 풍미 및 조직감이 문제가 되었는데 이를 해결하고 기능성을 강화하기 위한 연구로 유산균 발효 다시마 분말이 개발되었다(Lee et al., 2010a). 유산균으로 발효시킨 다시마 분말의 다양한 생리 활성에 대한 연구가 보고되어 있으며(Lee et al., 2010a, 2010b; Kang et al., 2012), 건강기능식품 소재로 인정되어 '건강기능식품 기능성 원료 인정 현황'에 등록되어 있다(MFDS, 2016). 또한, 유산균 발효 다시마 분말을 첨가하여 제조한 된장(Seo et al., 2018), 간장(Lee and Song, 2018), 고추장(Ryu et al., 2018), 복분자 젤리(Choi et al., 2022) 및 명란젓(Hwang et al., 2019)에 관한 연구가 보고되어 있다.

이에, 본 연구에서는 다양한 생리 활성 기능을 가지는 유산균 발효 다시마 분말을 열무물김치에 첨가하여 색, 탁도, 물성적 특성 변화 등의 품질 저하는 없으면서 일반 열무물김치보다 항산화능을 향상시키는 것을 목표로 하였다. 이를 위해 열무물김치에 유산균 발효 다시마 분말을 첨가하여 저장기간에 따른 항산화능, 페놀화합물 함량에 미치는 영향을 일반 열무물김치와 비교 분석하여 유산균 및 해양 생물 소재를 활용한 열무물김치의 개발 가능성에 대하여 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료

유산균 발효 다시마 분말은 (주)마린바이오프로세스(Busan, Korea)에서 *Lactobacillus brevis* BJ20을 사용하여 다시마(81.7%), 배지 성분(2% 효모농축액 및 1% 함수포도당) 및 유산균 배양액(15.3%)을 혼합하여 2023년 6월에 제조한 발효 분말을 사용하였다. 열무, 생강, 마늘, 대파, 청고추 및 홍고추는 2023년 10월 부산광역시 해운대구 반여동에 소재한 반여 농수산물 도매시장(Busan, Korea)에서 국내산으로 구매하여 사

용하였다. 소금은 청정원(Seoul, Korea)에서 제조한 '순수 천혜염' 제품을 밀가루는 CJ제일제당(Seoul, Korea)에서 제조한 '중력 밀가루' 제품을 구매하여 사용하였다.

3,5-Dinitrosalicylic acid, fluorescein, Folin & Ciocalteu's phenol reagent, gallic acid, phenol, potassium persulfate, quercetin, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), 2,2'-azobis(2-methylpropionamide) dihydrochloride (AAPH), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 및 (\pm)-6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid (trolox)는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Glucose, potassium sodium tartarate, sodium carbonate, sodium hydroxide 및 sodium nitrite는 Junsei Chemical Co. (Tokyo, Japan)에서 구입하였다. Aluminium (III) chloride, bromocresol purple solution 및 hydrochloric acid는 Duksan Chemical Co. (Ansan, Korea)에서 구입하였다. Sodium metabisulfite 및 trichloroacetic acid는 Samchum Chemical Co. (Pyeongtaek, Korea)에서 구입하였다. Phenolphthalein solution은 OCI Company Ltd. (Seoul, Korea)에서 구입하였다.

유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치의 제조

열무는 크기와 모양새가 비슷한 것을 선별한 후 밑동을 다듬고 4-5 cm 일정한 크기로 자른 후 깨끗이 씻은 후 물기를 빼고 줄기와 잎사귀를 사용하였으며 생강 및 마늘은 다듬고 깨끗이 씻은 후 블렌더(SHMF-3250S; Hanil Electric, Seoul, Korea)로 곱게 갈고 대파는 다듬은 후 깨끗이 씻은 후 흰 부분만 썰어 준비하였다. 청고추 및 홍고추는 씨를 빼고 깨끗이 씻은 후 블렌더로 곱게 갈아 준비하였다. 밀가루 풀은 0.9% (w/v) 농도로 밀가루에 물을 넣어 끓여 걸쭉하게 만들어 준비하였다. 열무는 2% (w/w)의 소금물에 30분간 절인 후 다시 뒤집어 30분간 절인 후 흐르는 물에 3회 깨끗이 씻은 후 30분간 탈수하였다.

본 연구에서는 유산균 발효 다시마 분말의 첨가량을 설정하기 위해 유산균 발효 다시마 분말의 첨가량을 달리하여 열무물김치를 제조한 다음 10°C에서 15일간 저장하면서 관능 특성을 평가하였고, 관능 특성은 7점 척도법으로 외관, 색, 냄새, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도를 평가하였으며 점수가 높을수록 선호도가 높은 것으로 평가하였다.

열무, 부재료 및 유산균 발효 다시마 분말은 Table 1과 같은 비율로 넣었으며 열무물김치의 최종 소금 농도는 3.0% (w/w)가 되도록 하였다. 유산균 발효 다시마 분말의 첨가량은 관능 특성 평가 결과 가장 높은 점수를 받은 2% (w/w)로 설정한 후 항산화능, 페놀화합물 함량 분석에 사용하였으며, 2% 유산균 발효 다시마 분말을 첨가한 열무물김치를 실험군으로 하고 유산균 발효 다시마 분말이 첨가되지 않은 열무물김치를 대조군으로 하였다. 제조된 열무물김치는 10°C에서 저장하여 13일간 2일 간격으로 샘플링 하여 분석하였으며, 담금 시 실내 온도는

22±1°C이었다.

관능 평가

열무물김치의 관능 평가는 부경대학교 식품공학과 식품미생물실험실에서 진행되었고 부경대학교 식품공학과에 소속되어 있고 열무물김치를 싫어하지 않는 특성이 있으며 훈련된 20대 남자 3명, 여자 3명 학생(N=6)을 대상으로 수행되었다. 각 패널들은 13일 동안(2일에 1번씩) 무작위로 제공된 14개의 시료(하루에 2개씩)를 평가하였다. 패널은 접시에 떨어진 시료의 외관, 색 및 냄새를 평가하고 시료를 섭취하여 맛, 조직감 및 전반적인 기호도를 평가하였다. 패널들에게 다음 시료를 평가하기 전에 입을 헹구기 위하여 물을 제공하였다. 관능평가는 7점 척도법(7점, 매우 좋다; 1점, 매우 나쁘다)으로 진행하였다. 본 연구자는 소속 대학의 기관생명윤리위원회 승인(IRB NO. 1041386-202310-HR-112-02)을 받아 연구를 수행하였다.

ABTS radical 소거능 분석

ABTS 라디칼 소거능은 ABTS 시약 및 potassium persulfate의 반응으로 생성된 ABTS 양이온 라디칼이 시료 내의 항산화 물질에 의해 청록색으로 탈색되는 원리를 이용한다(Re et al., 1999). 열무물김치의 ABTS 라디칼 소거능은 Ryu et al. (2020)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 분석 시료인 열무물김치 국물은 증류수로 2배 희석하여 시험에 사용하였다. ABTS stock 용액은 7 mM ABTS 수용액 및 2.5 mM potassium persulfate를 혼합하여 암실에서 16시간 동안 보관하고 microplate

reader를 사용하여 734 nm에서 흡광도 값이 0.700±0.005가 되도록 증류수로 희석하여 사용하였다. 시료 1 mL에 ABTS stock 용액 1 mL를 가하여 6분간 상온의 암실에서 반응시킨 후 96 well plate에 200 µL를 분주하여 microplate reader로 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 아래의 식으로부터 ABTS 라디칼 소거능을 산출하였으며, 실험결과는 기타 항산화 실험과 동일하게 희석배수를 조정하여 결과값의 차이를 비교 분석하였다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Absorbance of control} - \text{Absorbance of test}}{\text{Absorbance of control}} \times 100$$

DPPH radical 소거능 분석

열무물김치의 DPPH 라디칼 소거능은 Ryu et al. (2020)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 분석 시료인 열무물김치 국물은 증류수로 10배 희석하여 시험에 사용하였다. 시료 0.5 mL에 0.15 mM DPPH 1 mL를 가하여 30분간 상온의 암실에서 반응시킨 후 96 well plate에 200 µL를 분주하여 microplate reader로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 아래의 식으로부터 DPPH 라디칼 소거능을 산출하였으며, 기타 항산화 실험과 동일하게 희석배수를 조정하여 결과값의 차이를 비교 분석하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Absorbance of control} - \text{Absorbance of test}}{\text{Absorbance of control}} \times 100$$

Table 1. Preparation of *Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with *Saccharmia japonica* powder fermented by lactic acid

Ingredients (%)	0 ¹	1 ²	2 ³	3 ⁴	4 ⁵	5 ⁶
<i>Yulmoo</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Garlic	30	30	30	30	30	30
Green onion	60	60	60	60	60	60
Ginger	60	60	60	60	60	60
Green chili & red pepper	123	123	123	123	123	123
Flour	30	30	30	30	30	30
Salt	105	105	105	105	105	105
Water	2,092	2,057	2,022	1,987	1,952	1,917
Fermented <i>S. japonica</i> powder	-	35	70	105	140	175
Total	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500

¹Control. ²*Yulmoo kimchi* supplemented with 1% fermented *S. japonica* powder. ³*Yulmoo kimchi* supplemented with 2% fermented *S. japonica* powder. ⁴*Yulmoo kimchi* supplemented with 3% fermented *S. japonica* powder. ⁵*Yulmoo kimchi* supplemented with 4% fermented *S. japonica* powder. ⁶*Yulmoo kimchi* supplemented with 5% fermented *S. japonica* powder.

ORAC 활성측정

열무물김치의 ORAC (oxygen radical absorbance capacity) 활성은 Zulueta et al. (2009)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 분석 시료인 열무물김치 국물은 증류수로 20배 희석하여 시험에 사용하였다. 시료 40 µL에 78 nM fluorescein 360 µL를 가하여 15분간 37°C에서 반응시킨 후 96 well plate에 100 µL를 분주하여 221 mM AAPH 25 µL와 반응시켰다. 반응용액에서 형광물질의 감소 정도를 microplate reader로 37°C에서 482 nm에서 전자가 여기되고 535 nm에서 전자가 방출되게 조절하여 120분 동안 5분에 한 번씩 측정하였다. 표준물질로 trolox를 사용하였고 농도를 2배 단계 희석하여 표준곡선을 작성하였다. 실험결과는 기타 항산화 실험과 동일하게 희석배수를 조정하여 결과값의 차이를 비교 분석하여 trolox equivalents (µM TE/mL)로 나타내었다.

Superoxide dismutase 활성분석

열무물김치의 superoxide dismutase (SOD) 유사활성은 Oxi-TEC™ SOD Assay Kit (BO-SOD-250; Biomax, Seoul, Ko-

rea)의 지침에 따라 측정하였다. 분석 시료인 열무물김치 국물은 증류수로 20배 희석하여 시험에 사용하였다. 측정 과정 및 결과 산출은 제조자가 제시한 지침에 따라 진행하였으며, 실험결과는 기타 항산화 실험과 동일하게 희석배수를 조정하여 결과값의 차이를 비교 분석하였다.

총 페놀 함량 분석

열무물김치의 총 페놀 함량은 Tsai et al. (2008)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 분석 시료인 열무물김치 국물은 증류수로 2배 희석하여 시험에 사용하였다. 시료 200 μ L에 1 N Folin & Ciocalteu's phenol reagent 1 mL를 가하여 3분간 상온에 반응시킨 후 10% sodium carbonate 2 mL를 가하여 30분간 상온의 암실에서 반응시켰다. 반응 물질을 13,000 rpm에서 5분간(4°C) 원심분리시켜 얻은 상등액을 96 well plate에 200 μ L를 분주하여 microplate reader로 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하였고 농도를 2배 단계 희석하여 표준곡선을 작성하였다. 결과는 gallic acid equivalents (μ M GAE/mL)로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량 분석

열무물김치의 총 플라보노이드 함량은 Tsai et al. (2008)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 분석 시료인 열무물김치 국물은 증류수로 2배 희석하여 시험에 사용하였다. 시료 0.25 mL에 5% sodium nitrite 20 μ L를 가하여 5분간 상온에 반응시킨 후 10% $AlCl_3$ 75 μ L를 가하여 5분간 상온에 반응시켰다. 반응 용액에 1 M sodium hydroxide 500 μ L 및 증류수 1.175 mL를 가하여 반응시킨 후 96 well plate에 200 μ L를 분주하여 microplate reader로 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 quercetin을 사용하였고 농도를 2배 단계 희석하여 표준곡선을 작성하였다. 결과는 quercetin equivalents (μ M QE/mL)로 나타내었다.

통계처리 방법

본 연구에서 실시한 모든 실험은 3회 반복하여 진행하였으며 모든 측정치는 평균 \pm 표준편차로 표시하였다. 실험 결과의 유의성 검증을 위해 SPSS 27 (Statistical Package for Social Science, Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 수행한 후, $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

유산균 발효 다시마 분말 첨가량 및 저장기간에 따른 열무물김치의 관능 평가

유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치의 제조 전에 유산균 발효 다시마 분말의 첨가량을 결정하기 위해 유산균 발효 다시마 분말 첨가량 및 저장기간에 따른 열무물김치의 관능 평가

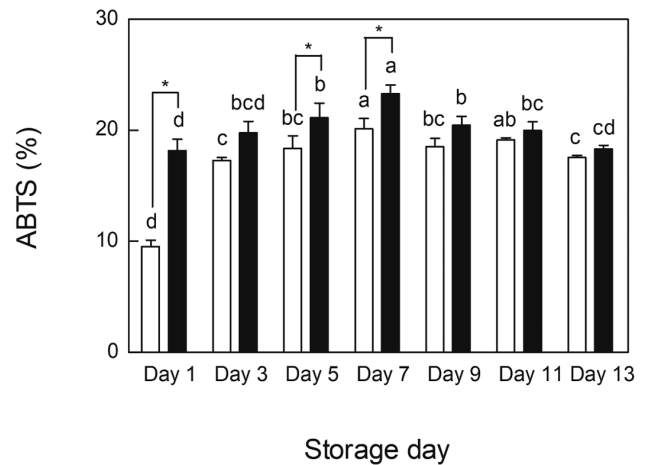


Fig. 1. Changes in ABTS radical scavenging of *Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with fermented *Saccharnia japonica* powder according to storage time. ABTS, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt; □, Control; ■, *Yulmoo Moolkimchi* supplemented with 2% fermented *S. japonica* powder. Different letters (a–d) in the same line are significantly different ($P < 0.05$). * $P < 0.05$; an independent t-test comparison of different two samples (0%, 2%). Each value is mean \pm SD (N=3).

를 실시하였고 그 결과는 Table 2에 나타내었다. 모든 저장기간 동안 외관, 색, 맛 및 전반적인 기호도는 대조군, 1% 및 2% 유산균 발효 다시마 분말 첨가군이 3%, 4% 및 5% 유산균 발효 다시마 분말 첨가군에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). 이러한 결과는 유산균 발효 다시마 분말의 첨가 비율이 증가함에 따라 다시마 분말의 색, 점도 등 고유의 특성에 기인한 것으로 사료되며, 이와 대조적으로 모든 저장기간 동안 냄새 및 조직감은 모든 실험군에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$). 이에, 1% 및 2% 유산균 발효 다시마 분말 첨가는 열무물김치의 외관, 색, 맛 및 전반적인 기호도를 향상시키는 것으로 나타났다. 본 연구는 열무물김치의 품질 특성 및 항산화능을 향상시키는 것을 목적으로 했기 때문에 유산균 발효 다시마 분말 첨가량을 더 높은 함량인 2%로 선정하였다.

ABTS 라디칼 소거능 확인

유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 저장기간에 따른 ABTS 라디칼 소거능은 Fig. 1에 나타내었다. 저장 1일차 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 ABTS 라디칼 소거능은 각 $18.18 \pm 1.03\%$, $9.54 \pm 0.56\%$ 로 유산균 발효 다시마 분말 첨가군이 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타나 유산균 발효 다시마 분말의 첨가는 열무물김치의 ABTS 라디칼 소거능에 영향을 주는 것으로 나타났다($P < 0.05$). 또한, 모든 저장기간 동안 ABTS 라디칼 소거능은 유산균 발효 다시마 분말 첨가군이 대조군에 비해 높게 나타났다. 유산균 발효 다시마 분말 첨가군의 ABTS 라디

칼 소거능은 저장 7일 차까지 $23.28 \pm 0.80\%$ 로 유의적으로 증가했다가 저장 9일 차부터 감소하였고 대조군은 저장 7일 차까지 $20.14 \pm 0.92\%$ 로 유의적으로 증가했다가 저장 13일 차부터 감소하였다($P < 0.05$). 이러한 결과는 유산균 발효 다시마 분말 첨가 고추장의 ABTS 라디칼 소거능이 무첨가군에 비해 높게 나타난 결과와 일치하는 것으로 나타났으며 이는 본래 다시

마가 함유하고 있는 높은 항산화능에 기인한 것으로 판단된다 (Ryu et al., 2018).

DPPH 라디칼 소거능 확인

DPPH 라디칼 소거능은 DPPH 시약과 시료 내의 항산화 물질이 반응하여 자유 라디칼이 소거됨으로써 노란색으로 탈색

Table 2. Changes in sensory characteristics of *Yulmoo Mool-kimchi* according to storage time and amount of fermented *Saccharmia japonica* powder added

Sensory characteristics	Storage day	Sample (%)					
		0 ¹	1 ²	2 ³	3 ⁴	4 ⁵	5 ⁶
Appearance	1	6.83±0.41 ^{a7}	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	5.17±1.17 ^b	4.83±1.17 ^b	4.33±0.52 ^b
	2	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	5.33±0.52 ^b	5.33±0.52 ^b	5.67±0.52 ^b
	3	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	6.33±0.52 ^b	6.33±0.52 ^b	6.33±0.52 ^b
	4	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a
	5	6.67±0.52 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	5.67±0.52 ^b	5.50±0.55 ^b	5.5±0.55 ^b
	6	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	6.17±0.41 ^b	6.00±0.00 ^b
	7	6.83±0.41 ^a	6.83±0.41 ^a	6.83±0.41 ^a	5.67±0.52 ^b	5.67±0.52 ^b	5.33±0.52 ^b
	8	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	5.67±0.52 ^b	5.67±0.52 ^b	5.67±0.52 ^b
	9	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	5.67±0.52 ^b	6.00±0.00 ^b
	10	6.50±0.55 ^a	6.50±0.55 ^a	6.67±0.52 ^a	5.00±0.00 ^c	5.67±0.52 ^b	5.67±0.52 ^b
	11	6.33±0.52 ^a	6.33±0.52 ^a	6.50±0.55 ^a	4.67±0.52 ^b	5.00±0.89 ^b	4.67±0.52 ^b
	12	6.67±0.52 ^a	6.83±0.41 ^a	7.00±0.00 ^a	4.67±0.52 ^b	4.67±1.03 ^b	5.00±0.89 ^b
	13	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	7.00±0.00 ^a	5.17±0.75 ^b	5.00±0.89 ^b	5.00±0.89 ^b
	14	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	6.83±0.41 ^a	4.67±1.03 ^b	4.33±0.52 ^b	4.67±1.03 ^b
	15	6.67±0.52 ^a	6.50±0.55 ^a	6.33±0.52 ^a	4.50±0.55 ^b	4.83±0.41 ^b	4.33±0.52 ^b
Color	1	6.83±0.41 ^{a7}	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	5.50±0.84 ^b	4.83±1.17 ^{bc}	4.00±0.89 ^c
	2	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	5.33±0.52 ^b	5.33±0.52 ^b	5.33±0.52 ^b
	3	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	5.67±0.52 ^b	5.67±0.52 ^b	5.67±0.52 ^b
	4	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	5.33±0.52 ^b	5.33±0.52 ^b	5.33±0.52 ^b
	5	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	5.83±0.41 ^b	5.83±0.41 ^b	5.67±0.82 ^b
	6	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^{ab}	7.00±0.00 ^a	6.33±0.52 ^{bc}	6.00±0.00 ^{cd}	5.67±0.52 ^c
	7	6.83±0.41 ^a	6.83±0.41 ^a	6.83±0.41 ^a	5.33±0.52 ^b	5.00±0.00 ^b	5.33±0.52 ^b
	8	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	6.00±0.00 ^b	5.67±0.52 ^{bc}	5.33±0.52 ^c
	9	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	5.67±0.52 ^b	6.00±0.00 ^b
	10	6.50±0.55 ^a	6.50±0.55 ^a	6.67±0.52 ^a	5.00±0.00 ^c	5.67±0.52 ^b	5.67±0.52 ^b
	11	6.33±0.52 ^a	6.33±0.52 ^a	6.50±0.55 ^a	5.00±0.00 ^b	5.00±0.89 ^b	5.00±0.00 ^b
	12	6.83±0.41 ^a	6.50±0.55 ^a	7.00±0.00 ^a	4.67±0.52 ^b	4.67±1.03 ^b	5.00±0.89 ^b
	13	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	7.00±0.00 ^a	4.83±0.41 ^b	5.00±0.89 ^b	4.67±0.52 ^b
	14	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	6.83±0.41 ^a	4.67±1.03 ^b	3.33±0.52 ^c	4.33±0.52 ^b
	15	6.67±0.52 ^a	6.17±0.41 ^b	6.33±0.52 ^{ab}	4.00±0.00 ^c	4.17±0.41 ^c	4.00±0.00 ^c

¹Control. ²*Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with 1% fermented *S. japonica* powder. ³*Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with 2% fermented *S. japonica* powder. ⁴*Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with 3% fermented *S. japonica* powder. ⁵*Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with 4% fermented *S. japonica* powder. ⁶*Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with 5% fermented *S. japonica* powder. ⁷Different letters (a–d) in the same column are significantly different ($P < 0.05$). Each value is mean±SD (N=6).

Table 2. Continued

Sensory characteristics	Storage day	Sample (%)					
		0 ¹	1 ²	2 ³	3 ⁴	4 ⁵	5 ⁶
Flavor	1	6.17±1.17 ^{a7}	5.83±0.98 ^a	5.83±0.98 ^a	6.00±1.10 ^a	4.83±1.33 ^a	5.33±1.37 ^a
	2	7.00±0.00 ^a	5.67±1.03 ^b	6.33±1.03 ^{ab}	6.00±0.89 ^{ab}	5.67±1.03 ^b	5.33±1.37 ^b
	3	4.67±0.52 ^a	5.00±0.89 ^a	5.33±1.03 ^a	5.33±1.03 ^a	5.33±1.03 ^a	5.33±1.03 ^a
	4	5.67±1.37 ^a	5.33±1.37 ^a	5.67±1.37 ^a	5.67±0.52 ^a	5.33±0.52 ^a	5.67±0.52 ^a
	5	6.00±1.55 ^a	6.00±1.55 ^a	6.00±0.89 ^a	6.17±0.75 ^a	5.67±1.21 ^a	5.83±0.98 ^a
	6	6.17±0.98 ^{ab}	6.00±0.89 ^{abc}	6.33±0.82 ^a	5.67±0.03 ^{abc}	5.17±0.75 ^{bc}	5.00±0.00 ^c
	7	6.00±0.89 ^a	5.67±1.37 ^{ab}	6.00±0.00 ^a	6.00±0.89 ^a	5.00±0.89 ^{ab}	4.67±0.52 ^b
	8	5.33±1.37 ^a	5.83±0.98 ^a	4.67±0.52 ^a	6.00±1.55 ^a	5.33±1.03 ^a	4.67±0.52 ^a
	9	6.67±0.52 ^{ab}	7.00±0.00 ^a	6.00±0.89 ^b	5.00±0.89 ^c	5.00±0.89 ^c	4.67±0.52 ^c
	10	6.00±1.10 ^{ab}	5.83±1.17 ^{ab}	6.33±1.03 ^a	5.00±0.00 ^b	5.33±0.52 ^{ab}	5.17±0.41 ^b
	11	6.33±0.52 ^a	6.00±1.10 ^a	5.67±1.37 ^a	6.33±0.52 ^a	6.00±0.89 ^a	5.33±1.37 ^a
	12	5.67±1.37 ^a	5.67±1.51 ^a	5.50±1.64 ^a	5.33±1.03 ^a	4.67±1.03 ^a	4.67±1.03 ^a
	13	7.00±0.00 ^a	6.00±0.89 ^b	7.00±0.00 ^a	4.83±0.41 ^c	5.00±0.89 ^c	5.00±0.89 ^c
	14	5.67±0.52 ^a	5.33±1.37 ^a	4.67±0.82 ^{ab}	4.67±0.82 ^{ab}	3.67±1.03 ^b	5.00±0.00 ^a
	15	5.00±0.89 ^b	5.83±0.41 ^a	5.00±0.89 ^b	4.00±0.00 ^c	4.00±0.00 ^c	4.00±0.00 ^c
Taste	1	5.83±0.98 ^{a7}	5.33±1.03 ^a	6.00±0.63 ^a	5.33±0.82 ^a	5.00±1.10 ^a	6.33±0.52 ^a
	2	6.33±0.52 ^a	6.33±0.52 ^a	6.33±0.52 ^a	5.00±0.89 ^b	5.00±0.89 ^b	5.00±0.89 ^b
	3	6.33±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	5.67±0.52 ^b	4.67±0.52 ^c	5.00±0.00 ^c
	4	6.33±0.52 ^a	7.00±0.00 ^a	6.33±0.52 ^a	5.33±1.03 ^b	5.33±1.03 ^b	5.00±0.89 ^b
	5	6.67±0.52 ^a	6.33±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	4.83±0.98 ^b	4.50±1.05 ^b	4.50±1.05 ^b
	6	6.33±1.21 ^a	6.00±0.89 ^a	6.33±0.52 ^a	5.00±0.89 ^b	4.83±0.41 ^b	5.00±0.00 ^b
	7	6.50±0.55 ^{ab}	6.67±0.52 ^{ab}	6.83±0.41 ^a	5.33±0.52 ^c	6.00±0.89 ^{bc}	5.33±0.52 ^c
	8	6.33±1.03 ^a	6.33±1.03 ^a	6.67±0.52 ^a	4.33±1.03 ^b	4.33±1.03 ^b	4.33±1.37 ^b
	9	6.33±0.82 ^a	6.33±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	4.67±0.52 ^b	5.00±1.55 ^b	4.67±1.03 ^b
	10	6.33±0.82 ^a	6.50±0.55 ^a	6.67±0.52 ^a	4.67±0.52 ^b	5.17±0.98 ^b	5.17±0.98 ^b
	11	6.20±0.82 ^b	6.17±0.98 ^{ab}	6.67±0.52 ^a	4.33±0.52 ^c	4.33±0.52 ^c	4.00±0.00 ^c
	12	6.00±0.63 ^a	6.50±0.55 ^a	6.50±0.55 ^a	3.67±0.52 ^b	3.33±0.52 ^b	3.67±0.52 ^b
	13	5.67±1.03 ^a	5.67±1.37 ^a	6.33±0.52 ^a	4.33±0.82 ^b	3.33±0.52 ^b	4.00±0.89 ^b
	14	6.00±0.00 ^a	5.67±1.37 ^a	6.33±0.82 ^a	4.00±1.10 ^b	3.33±0.52 ^b	3.00±0.00 ^b
	15	5.83±0.75 ^a	5.33±0.82 ^a	6.00±0.89 ^a	3.50±0.55 ^b	4.00±1.26 ^b	3.33±0.52 ^b

¹Control. ²*Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with 1% fermented *S. japonica* powder. ³*Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with 2% fermented *S. japonica* powder. ⁴*Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with 3% fermented *S. japonica* powder. ⁵*Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with 4% fermented *S. japonica* powder. ⁶*Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with 5% fermented *S. japonica* powder. ⁷Different letters (a–d) in the same column are significantly different ($P<0.05$). Each value is mean±SD (N=6).

되는 원리를 이용한다(Sirivibulkovit et al., 2018). 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 저장 기간에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 Fig. 2에 나타내었다. 저장 1일 차의 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 DPPH 라디칼 소거능은 각 $43.03 \pm 0.48\%$, $27.89 \pm 1.94\%$ 로 유산균 발효 다시마 분말 첨가군이 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타나 유산균 발효 다시마 분말의 첨가

는 열무물김치의 DPPH 라디칼 소거능에 영향을 주는 것으로 나타났다($P<0.05$). 그러나 저장 3일 차 및 저장 7일 차부터의 유산균 발효 다시마 분말 첨가군 및 대조군의 DPPH 라디칼 소거능은 유의적인 차이를 나타내지 않았다($P>0.05$). 저장 1일 차부터 저장 13일 차까지 유산균 발효 다시마 분말 첨가군의 DPPH 라디칼 소거능 범위는 43.03 ± 0.48 – $75.83 \pm 0.15\%$, 대조군은 27.89 ± 1.94 – $80.77 \pm 3.03\%$ 로 유산균 발효 다시마 분말 첨가

Table 2. Continued

Sensory characteristics	Storage day	Sample (%)					
		0 ¹	1 ²	2 ³	3 ⁴	4 ⁵	5 ⁶
Texture	1	6.33±0.82 ^{a7}	6.00±0.89 ^a	6.33±0.82 ^a	5.17±1.17 ^a	6.00±1.10 ^a	5.67±1.03 ^a
	2	6.67±0.52 ^b	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a
	3	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a
	4	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a
	5	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^b	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a
	6	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a
	7	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a
	8	6.67±0.52 ^a	6.83±0.41 ^a	6.33±1.03 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	6.50±0.84 ^a
	9	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a
	10	6.33±0.52 ^a	6.33±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	6.50±0.55 ^a	6.50±0.55 ^a
	11	6.00±0.00 ^b	6.33±0.52 ^{ab}	6.50±0.55 ^a	6.00±0.00 ^b	6.33±0.52 ^{ab}	6.00±0.00 ^b
	12	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	6.50±0.55 ^a	6.67±0.52 ^a	6.33±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a
	13	6.67±0.52 ^a	6.33±0.52 ^{ab}	6.00±0.00 ^b	6.83±0.41 ^a	6.33±0.52 ^{ab}	6.67±0.52 ^a
	14	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	6.17±0.41 ^a	6.17±0.75 ^{ab}	5.33±0.52 ^b	6.33±0.52 ^a
	15	5.67±1.21 ^a	5.50±1.64 ^a	5.67±1.03 ^a	5.00±0.00 ^a	4.83±0.41 ^a	5.00±0.00 ^a
Overall acceptability	1	6.50±0.55 ^{a7}	6.17±0.75 ^{ab}	6.50±0.55 ^a	5.00±0.89 ^c	5.33±1.21 ^{bc}	4.67±0.52 ^c
	2	6.67±0.52 ^a	6.33±0.52 ^{ab}	6.33±0.52 ^{ab}	5.67±0.52 ^b	5.67±0.52 ^b	5.67±0.52 ^b
	3	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	5.33±0.52 ^b	5.33±0.52 ^b	5.33±0.52 ^b
	4	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^a	6.67±0.52 ^a	5.33±0.52 ^b	5.67±0.52 ^b	5.33±0.52 ^b
	5	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	6.67±0.52 ^a	5.00±0.63 ^{bc}	5.17±0.41 ^b	4.50±0.55 ^c
	6	6.33±0.82 ^a	6.33±1.03 ^a	6.83±0.41 ^a	5.00±0.89 ^b	5.00±0.89 ^b	5.00±0.89 ^b
	7	6.67±0.52 ^a	6.83±0.41 ^a	6.83±0.41 ^a	5.67±0.52 ^b	6.00±0.89 ^b	5.00±0.00 ^c
	8	6.33±1.03 ^a	6.33±1.03 ^a	6.33±0.52 ^a	5.33±1.03 ^{ab}	5.00±0.89 ^b	5.00±0.89 ^b
	9	6.67±0.82 ^a	7.00±0.00 ^a	6.33±0.52 ^a	5.00±0.89 ^b	5.00±0.89 ^b	4.67±1.03 ^b
	10	6.50±0.55 ^a	6.50±0.55 ^a	6.67±0.52 ^a	5.67±0.52 ^b	5.67±0.52 ^b	5.50±0.55 ^b
	11	6.33±0.52 ^a	6.00±0.89 ^a	6.50±0.55 ^a	4.33±0.52 ^b	4.33±0.52 ^b	4.00±0.00 ^b
	12	6.50±0.55 ^a	6.83±0.41 ^a	6.50±0.55 ^a	4.00±0.00 ^b	4.33±0.52 ^b	4.33±0.52 ^b
	13	6.33±0.52 ^a	6.33±0.52 ^a	6.33±0.52 ^a	4.83±0.41 ^b	4.33±0.52 ^b	5.00±0.89 ^b
	14	6.67±0.52 ^a	6.33±1.03 ^a	6.50±0.55 ^a	4.33±0.52 ^b	3.33±0.52 ^c	3.67±1.03 ^{bc}
	15	6.33±1.03 ^a	6.00±0.00 ^a	6.00±0.89 ^a	4.00±0.00 ^b	4.33±0.52 ^b	4.00±0.00 ^b

¹Control. ²Yulmoo Mool-kimchi supplemented with 1% fermented *S. japonica* powder. ³Yulmoo Mool-kimchi supplemented with 2% fermented *S. japonica* powder. ⁴Yulmoo Mool-kimchi supplemented with 3% fermented *S. japonica* powder. ⁵Yulmoo Mool-kimchi supplemented with 4% fermented *S. japonica* powder. ⁶Yulmoo Mool-kimchi supplemented with 5% fermented *S. japonica* powder. ⁷Different letters (a–d) in the same column are significantly different (P<0.05). Each value is mean±SD (N=6).

균 및 대조군의 DPPH 라디칼 소거능은 저장기간이 길어질수록 유의적으로 증가하였다(P<0.05). 본 연구 결과에 따르면 저장 직후 유산균 발효 다시마 분말 첨가군 및 무첨가군의 DPPH 라디칼 소거능은 ABTS 라디칼 소거능 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 저장 11일 차 및 13일 차에서 DPPH 라디칼 소거능은 유산균 발효 다시마 분말 첨가군이 대조군에 비해 낮게 나타났는데 이는 유산균 발효 다시마 분말 첨가 고추장의

DPPH 라디칼 소거능이 무첨가군에 비해 높게 나타났다는 결과와 반대의 경향을 나타내었다(Ryu et al., 2018). 이는 대부분의 폐쇄성 물질이 유리 라디칼을 효과적으로 제거하지만 라디칼의 기질에 따라 선택적으로 작용하기 때문에 유산균 다시마 분말을 첨가한 열무 물김치의 DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능의 결과에 차이가 나타난 것으로 사료된다(Jo et al., 2014).

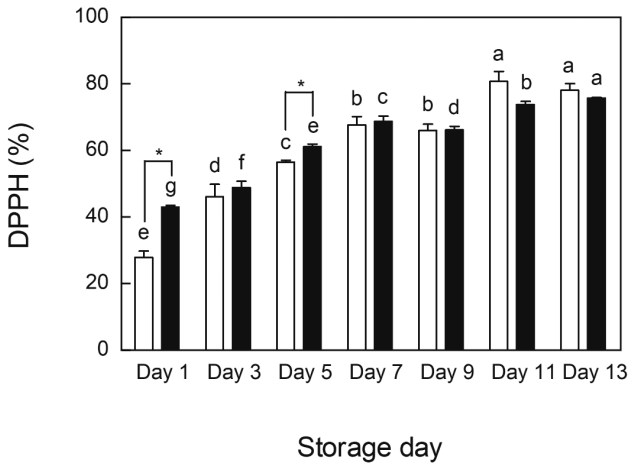


Fig. 2. Changes in DPPH radical scavenging of *Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with fermented *Saccharnia japonica* powder according to storage time. DPPH, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; □, Control; ■, *Yulmoo Mulkimchi* supplemented with 2% fermented *S. japonica* powder. Different letters (a–d) in the same line are significantly different ($P < 0.05$). * $P < 0.05$; an independent t-test comparison of different two samples (0%, 2%). Each value is mean \pm SD (N=3).

ORAC 라디칼 소거능 확인

ORAC 활성은 peroxy 라디칼에 대한 시료 내의 항산화 물질의 저해능을 측정하는 원리를 이용한다(Zulueta et al., 2009). 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 저장기간에 따른 ORAC 활성은 Fig. 3에 나타내었다. 저장 1일 차의 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 ORAC 활성은 각 $38.88 \pm 1.84 \mu\text{M TE/mL}$, $35.70 \pm 0.56 \mu\text{M TE/mL}$ 로 유산균 발효 다시마 분말 첨가군이 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타나 유산균 발효 다시마 분말의 첨가는 열무물김치의 ORAC 활성에 영향을 주는 것으로 나타났다($P < 0.05$). 그러나 저장 3일 차 및 저장 7일 차부터의 유산균 발효 다시마 분말 첨가군 및 대조군의 ORAC 활성은 유의적인 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$). 저장 1일 차부터 저장 13일 차까지 유산균 발효 다시마 분말 첨가군의 ORAC 활성 범위는 38.88 ± 1.84 – $72.98 \pm 2.34 \mu\text{M TE/mL}$, 대조군은 35.70 ± 0.56 – $73.80 \pm 2.09 \mu\text{M TE/mL}$ 로 유산균 발효 다시마 분말 첨가군 및 대조군의 ORAC 활성은 저장기간이 길어질수록 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 이러한 결과는 다시마 추출물을 첨가한 기능성 김치가 무첨가군에 비해 높은 ORAC 활성을 나타낸 것과 유사한 경향을 나타내었다(Ha and Kang, 2018). 또한, 저장 9일 차, 11일 차 및 13일 차에서 열무물김치의 ORAC 활성은 유산균 발효 다시마 분말 첨가군이 무첨가군에 비해 낮게 나타났는데 이는 본 연구의 DPPH 라디칼 소거능 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

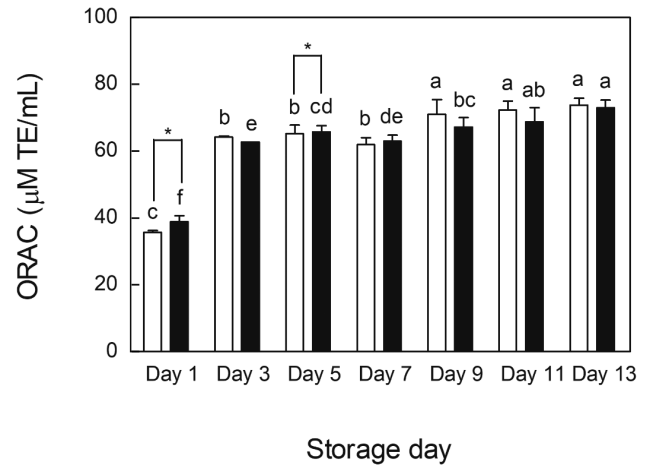


Fig. 3. Changes in ORAC activity of *Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with fermented *Saccharnia japonica* powder according to storage time. ORAC, Oxygen radical absorbance capacity; □, control; ■, *Yulmoo Mulkimchi* supplemented with 2% fermented *S. japonica* powder. Different letters (a–d) in the same line are significantly different ($P < 0.05$). * $P < 0.05$; an independent t-test comparison of different two samples (0%, 2%). Each value is mean \pm SD (N=3).

Superoxide dismutase 유사활성 분석

SOD 유사 활성은 pyrogallol이 superoxide 라디칼에 의해 산화되면서 갈색물질이 생성되는 원리를 이용한다(Kim et al., 1995). 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 저장기간에 따른 SOD 유사 활성은 Fig. 4에 나타내었다. 저장 1일 차의 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 SOD 유사 활성은 각 $27.45 \pm 4.42\%$, $19.63 \pm 0.97\%$ 로 유산균 발효 다시마 분말 첨가군이 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타나 유산균 발효 다시마 분말의 첨가는 열무물김치의 SOD 유사 활성에 영향을 주는 것으로 나타났다($P < 0.05$). 이러한 결과는 다시마 발효액의 높은 SOD 활성에 기인한 것으로 판단된다(Jung et al., 2019). 유산균 발효 다시마 분말 첨가군의 SOD 유사 활성은 저장 7일 차까지 $39.25 \pm 0.69\%$ 로 유의적으로 증가했다가 저장 9일 차부터 감소하였고 대조군은 저장 5일 차까지 $37.30 \pm 0.86\%$ 로 유의적으로 증가했다가 저장 7일 차부터 감소하였다($P < 0.05$). 저장 9일 차부터 유산균 발효 다시마 분말 첨가군 및 저장 7일 차부터 무첨가군의 SOD 유사 활성은 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 본 연구의 ABTS 라디칼 소거능, DPPH 라디칼 소거능 및 ORAC 활성 결과와 반대의 경향을 나타내었다.

총 페놀 함량

폴리페놀 화합물은 활성 산소를 제거함으로써 산화를 억제하여 항균, 항암, 항노화 및 항산화 등 다양한 생물학적 활성을 나

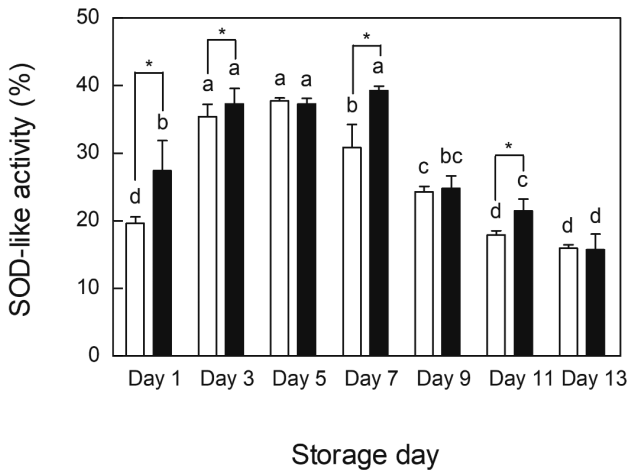


Fig. 4. Changes in SOD-like activity of *Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with fermented *Saccharnia japonica* powder according to storage time. □, control; ■, *Yulmoo Mulkimchi* supplemented with 2% fermented *S. japonica* powder. Different letters (a–d) in the same line are significantly different ($P<0.05$). * $P<0.05$; an independent t-test comparison of different two samples (0%, 2%). Each value is mean±SD (N=3).

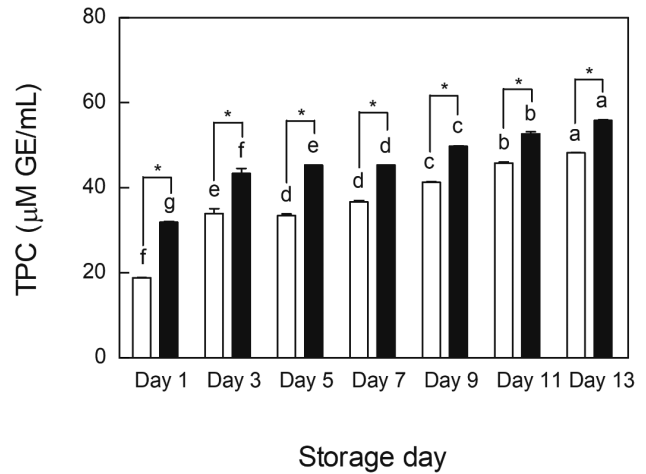


Fig. 5. Changes in total phenolic content (TPC) of *Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with fermented *Saccharnia japonica* powder according to storage time. □, control; ■, *Yulmoo Mulkimchi* supplemented with 2% fermented *S. japonica* powder. Different letters (a–d) in the same line are significantly different ($P<0.05$). * $P<0.05$; an independent t-test comparison of different two samples (0%, 2%). Each value is mean±SD (N=3).

타내는 물질이다(Kaur and Kapoor, 2002). 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 저장기간에 따른 총 페놀 함량은 Fig. 5에 나타내었다. 저장 1일 차의 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 총 페놀 함량은 각 $31.92 \pm 0.16 \mu\text{M GAE/mL}$, $18.82 \pm 0.06 \mu\text{M GAE/mL}$ 로 유산균 발효 다시마 분말 첨가군이 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타나 유산균 발효 다시마 분말의 첨가는 열무물김치의 총 페놀 함량에 영향을 주는 것으로 나타났다($P<0.05$). 저장 1일 차부터 저장 13일 차까지 유산균 발효 다시마 분말 첨가군의 총 페놀 함량 범위는 31.92 ± 0.16 – $55.82 \pm 0.14 \mu\text{M GAE/mL}$, 대조군은 18.82 ± 0.06 – $48.25 \pm 0.14 \mu\text{M GAE/mL}$ 로 유산균 발효 다시마 분말 첨가군 및 대조군의 총 페놀 함량은 저장기간이 길어질수록 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 이러한 결과는 유산균 발효 다시마 분말 첨가 조미간장의 총 페놀 함량이 무첨가군에 비해 높게 나타난 결과와 유사한 것으로 나타났다(Lee and Song, 2018).

총 플라보노이드 함량

플라보노이드는 자연계에서 발생하는 페놀류 중 가장 큰 그룹으로 환원제, 수소 공여제 및 금속 킬레이트제로 작용할 수 있는 특성으로 인해 항산화 활성을 나타낸다(John et al., 2014). 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 저장기간에 따른 총 플라보노이드 함량은 Fig. 6에 나타내었다. 저장 1일 차의 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 총 플라보노이드 함량은 각 189.18 ± 25.44

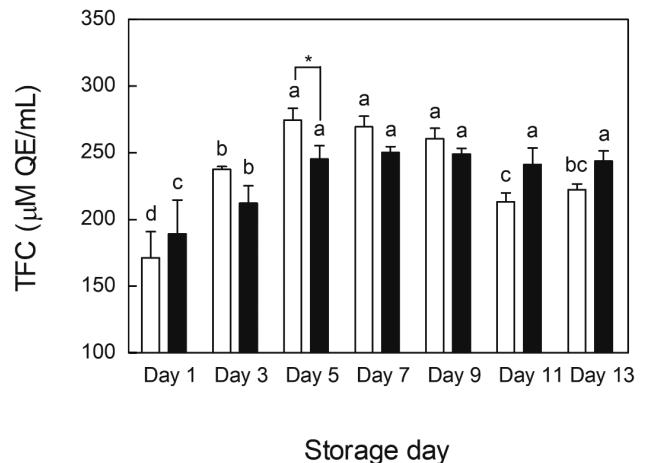


Fig. 6. Changes in total flavonoid content (TFC) of *Yulmoo Mool-kimchi* supplemented with fermented *Saccharnia japonica* powder according to storage time. □, control; ■, *Yulmoo Mulkimchi* supplemented with 2% fermented *S. japonica* powder. Different letters (a–d) in the same line are significantly different ($P<0.05$). * $P<0.05$; an independent t-test comparison of different two samples (0%, 2%). Each value is mean±SD (N=3).

$\mu\text{M QE/mL}$, $171.35 \pm 19.61 \mu\text{M QE/mL}$ 로 유산균 발효 다시마 분말 첨가군이 대조군에 비해 높게 나타났으며 유산균 발효 다시마 분말 첨가에 의한 유의적인 차이는 없는 것으로 확인되었다($P>0.05$). 유산균 발효 다시마 분말 첨가군의 총 플라보노

이드 함량은 저장 7일 차까지 $250.32 \pm 4.41 \mu\text{M QE/mL}$ 로 유의적으로 증가했다가 저장 9일 차부터 유의적인 변화가 없었으며 대조군은 저장 5일 차까지 $274.52 \pm 8.82\%$ 로 유의적으로 증가했다가 저장 7일 차부터 감소하였다($P < 0.05$). 이러한 결과는 유산균 발효 다시마 첨가 조미간장의 총 플라보노이드 함량이 무첨가군과 유의한 차이를 나타내지 않은 결과와 일치하였다 (Lee and Song, 2018). 전반적으로 저장 1일 차 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치의 항산화능 및 폐놀화합물 함량은 일반 열무물김치에 비해 높은 항산화능을 나타내었다. 이는 다시마의 발효 과정 중에 다당류, 폐놀화합물, 플라보노이드 등의 주요 대사산물이 분해되어 나타난 높은 항산화능 및 폐놀화합물 함량에 기인한 것으로 판단된다(Nie et al., 2022). 또한, 저장기간 동안 유산균 발효 다시마 분말 첨가군 및 대조군의 항산화능 및 폐놀화합물 함량은 저장기간 및 항산화능 측정법에 따라 다른 양상을 보였다. 이에, HPLC 등을 이용한 유산균 발효 다시마 분말 첨가 열무물김치 및 일반 열무물김치의 주요 생리활성 물질의 정성 및 정량 분석과 관련한 추후 연구의 필요성을 나타내었다.

References

- Bae TJ and Choi OS. 2001. Changes of free amino acid compositions and sensory properties in Kochujang added sea tangle powder during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 14, 245-254.
- Cho MS and Hong JS. 2006. Quality characteristics of Sulgidduk by the addition of sea tangle. *Korean J Food Cook Sci* 22, 37-44.
- Choi JW, Lee YJ, Moon SK and Kim YT. 2022. Physicochemical properties of Bokbunja jelly containing fermented sea tangle (*Saccharina japonica*) powder. *Korean J Fish Aquat Sci* 55, 408-416. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0408>.
- Choi SY, Oh JY, Yoo JW and Hahn YS. 1998. Fermentation properties of *Yulmoo Mulkimchi* according to the ratio of water to *Yulmoo*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 14, 327-332.
- Cui CB, Lee EY, Lee DS and Ham SS. 2002. Antimutagenic and anticancer effects of ethanol extract from Korean traditional doenjang added sea tangle. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31, 322-328. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2002.31.2.322>.
- Ha SH and Kang SA. 2018. Effect of addition of mushroom and sea tangle extracts and mustard leaf on anti-oxidant properties of Kimchi. *Korean J Food Nutr* 31, 471-477. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2018.31.4.471>.
- Ham SS, Kim SH, Yoo SJ, Oh HT, Choi HJ and Chung MJ. 2008. Biological activities of soybean sauce (Kanjang) supplemented with deep sea water and sea tangle. *Korean J Food Preserv* 15, 274-279.
- Hwang JY, Jang JS, Ryu DG, Kim KT, Huh MK and Eom SH. 2019. Quality characteristics of the Myungran-Jeot with *Saccharina japonica* water extract fermented by lactic acid bacteria. *Korean J Fish Aquat Sci* 52, 193-198. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0193>.
- Jo D, Yoo SY, Park JH, Gao Y, Kim SG, Lee JY and Kwon JH. 2014. Relationship between the fruit size and the quality properties of imported Valencia oranges. *Korean J Food Preserv* 21, 365-372.
- John BIJU, Sulaiman CT, George S and Reddy VRK. 2014. Total phenolics and flavonoids in selected medicinal plants from Kerala. *Int J Pharm Pharm Sci* 6, 406-408.
- Jung KI, Kim BK, Kang JH, Oh GH, Kim IK and Kim M. 2019. Antioxidant and anti-inflammatory activities of water and the fermentation liquid of sea tangle (*Saccharina japonica*). *J Life Sci* 29, 596-606. <https://doi.org/10.5352/JLS.2019.29.5.596>.
- Kang YM, Lee BJ, Kim JI, Nam BH, Cha JY, Kim YM and Je JY. 2012. Antioxidant effects of fermented sea tangle (*Laminaria japonica*) by *Lactobacillus brevis* BJ20 in individuals with high level of γ -GT: A randomized, double-blind, and placebo-controlled clinical study. *Food Chem Toxicol* 50, 1166-1169. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.11.026>.
- Kaur C and Kapoor HC. 2002. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *Int J Food Sci Technol* 37, 153-161. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00552.x>.
- Kim SJ, Han D, Moon KD and Rhee JS. 1995. Measurement of superoxide dismutase-like activity of natural antioxidants. *Biosci Biotechnol Biochem* 59, 822-826. <https://doi.org/10.1271/bbb.59.822>.
- Ko K, Kang M, Kim E, Cui J, Zhang G and Lee Y. 2023. Brown seaweed-derived polysaccharides: Comparison of the extraction methods by determining the physicochemical properties and antioxidant activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 52, 547-555. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2023.52.6.547>.
- Kong CS, Kim DK, Rhee SH, Rho CW, Hwang HJ, Choi KL and Park KY. 2005. Standardization of manufacturing method of young radish Kimchi (*Yulmoo Kimchi*) and young radish watery Kimchi (*Yulmoo Mool-Kimchi*) in literatures. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34, 126-130. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2005.34.1.126>.
- Lee JH. 2008. Kimchi from Korean traditional food to global food. *Food Sci Ind* 41, 23-27. <https://doi.org/10.23093/FSI.2008.41.3.23>.
- Lee BJ, Kim JS, Kang YM, Lim JH, Kim YM, Lee MS and Je JY. 2010a. Antioxidant activity and γ -aminobutyric acid (GABA) content in sea tangle fermented by *Lactobacillus brevis* BJ20 isolated from traditional fermented foods. *Food Chem* 122, 271-276. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.071>.
- Lee BJ, Senevirathne M, Kim JS, Kim YM, Lee MS, Jeong MH and Je JY. 2010b. Protective effect of fermented sea tangle against ethanol and carbon tetrachloride-induced hepatic damage in Sprague-Dawley rats. *Food Chem Toxicol* 48,

- 1123-1128. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.02.006>.
- Lee IS and Song HS. 2018. Characteristics of seasoning soy sauce with added *Saccharina japonica* powder fermented by lactic acid bacteria. Korean J Fish Aquat Sci 51, 613-622. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0613>.
- Lee HH, Kim JS, Jeong JH, Kim CS and Lee SY. 2023. Comparative analysis of antioxidant, anti aging and phenolic compounds of different solvent extracts from *Saccharina japonica* and *Costaria costata*. Korean J Plant Res 36, 107-121. <https://doi.org/10.7732/kjpr.2023.36.2.107>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2016. Health Function Food Functional Materials Recognition Status. MFDS, Osong, Korea, 55-56.
- Molina-Vargas LF. 2013. Mechanism of action of isothiocyanates. A review. Agron Colomb 31, 68-75.
- Moon SW and Lee MK. 2011. Effects of added harvey powder on the quality of *Yulmoo Kimchi*. J Korean Soc Food Sci Nutr 40, 435-443. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.3.435>.
- National Rural Living Science Institute. 1996. Food Composition Table. 5th ed. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Nie J, Fu X, Wang L, Xu J and Gao X. 2022. A systematic review of fermented *Saccharina japonica*: Fermentation conditions, metabolites, potential health benefits and mechanisms. Trends Food Sci Tech 123, 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.001>.
- No HK, Lee SH and Kim SD. 1995. Effects of ingredients on fermentation of Chinese cabbage Kimchi. J Korean Soc Food Sci Nutr 24, 642-650.
- Pangestuti R and Kim SK. 2011. Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae. J Funct Foods 3, 255-266. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.07.001>.
- Park YH, Seo HJ, Cho IY, Han GJ and Chun HK. 2007. Changes of quality characteristics and nitrate contents in Ulgari-baechu Kimchi, *Yulmoo Kimchi* and *Yulmoo mul-Kimchi* during storage period. J Korean Soc Food Sci Nutr 36, 794-799. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2007.36.6.794>.
- Pie JE and Jang MS. 1995. Effect of preparation methods on *Yulmoo Kimchi* fermentation. J Korean Soc Food Sci Nutr 24, 990-997.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M and Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med 26, 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).
- Ryu DG, Park SK, Jang YM, Song HS, Kim YM and Lee MS. 2018. Changes in food quality characteristics of Gochujang by the addition of sea-tangle *Saccharina japonica* powder fermented by lactic acid bacteria. Korean J Fish Aquat Sci 51, 213-220. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0213>.
- Ryu DG, Park SK, Kang MG, Jeong MC, Jeong HJ, Kang DM and Lee MS. 2020. Antioxidant and cholesterol-lowering effects of lactic acid bacteria isolated from kelp *Saccharina japonica* Kimchi. Korean J Fish Aquat Sci 53, 351-360. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0351>.
- Seo YR, Kim SH and Song HS. 2018. Change in the quality of doenjang with added *Saccharina japonica* powder fermented by lactic acid bacteria. Korean J Fish Aquat Sci 51, 477-490. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0477>.
- Sirivibulkovit K, Nouanthavong S and Sameenoi Y. 2018. Based DPPH assay for antioxidant activity analysis. Anal Sci 34, 795-800. <https://doi.org/10.2116/analsci.18P014>.
- Tsai TH, Chien YC, Lee CW and Tsai PJ. 2008. *In vitro* antimicrobial activities against cariogenic streptococci and their antioxidant capacities: a comparative study of green tea versus different herbs. Food Chem 110, 859-864. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.085>.
- Zulueta A, Esteve MJ and Frígola A. 2009. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. Food Chem 114, 310-316. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.033>.