

청각(*Codium fragile*) 분말을 첨가한 식빵의 품질특성 및 항산화 효과

이동희 · 전은비 · 김지윤 · 송민규 · 김예울 · 박신영*

경상국립대학교 해양산업연구소/해양식품공학과

Quality Characteristics and Antioxidant Effects of Bread Containing *Codium fragile* Powder

Dong Hee Lee, Eun Bi Jeon, Ji Yoon Kim, Min Gyu Song, Ye Youl Kim and Shin Young Park*

Institute of Marine Industry/Department of Seafood Science and Technology, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

This study investigated the quality characteristics and antioxidant activity of bread containing *Codium fragile* powder (CFP; 1, 3, 5%). As the CFP content increased, the fermentation expansion (%) of the dough significantly decreased ($P < 0.05$). No significant difference ($P > 0.05$) was observed in the moisture content (%) of bread as the CFP content increased, but the pH and weight significantly increased ($P < 0.05$). The bread volume, specific volume, and baking loss significantly decreased ($P < 0.05$) as the CFP content increased. The L, a and b Hunter colors on the bread crust showed a tendency to decrease ($P < 0.05$) as the CFP content increased. Compared with the control, the bread crumb darkened and presented a green color as the CFP content increased. Compared with the control (DPPH, 4.10%, ABTS, 2.17%), the free radical scavenging activities of DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) and ABTS [2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] as antioxidant indices gradually increased ($P > 0.05$) with the CFP content increased (DPPH, 9.77-18.63%, ABTS, 4.30-11.40%). Collectively, these results can make a compelling case for the functional development of CPP-containing bread due to its antioxidant properties. Furthermore, this study intends to contribute to the development of various processed seaweed foods by expanding the availability of CFP, which is easy to use and store for a long time.

Keywords: Antioxidant activity, *Codium fragile* powder, Bread, Quality, Fermentation

서론

빵은 곡물가루를 이용해서 반죽 및 발효한 후 구워서 만든 식품으로 서양 사람들에게는 주식이지만 우리나라에서는 주식으로 생각되기 보다는 선택적으로 먹는 간식으로 인식되었다. 그러나 최근에는 1인 가구의 증가 및 소득 향상으로 인하여 바쁜 일상 속에서 시간을 절약해 줄 수 있는 간편한 식생활 추구가 이와 동시에 서구화된 식문화의 도입으로 인해 빵의 수요가 점차 증가하고 있다. 또한 사람들이 식품을 통하여 얻을 수 있는 건강에 관한 관심이 증가하면서 기존 식품에 맛과 풍미를 증진시켜주는 다양한 분말을 첨가하여 식빵을 제조하는 연구가 왕성히 진행되고 있다(Lee, 2018). 이에 따라 가시파래 분말(Kim et al., 2019), 마른김(Baek et al., 2018), 갈색겨저리 분말(Lee,

2018), 겨우살이 분말(Kim et al., 2017) 등을 첨가하여 제조한 식빵의 항산화 효능에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 반면에 해조류를 첨가하여 제조한 식빵의 연구는 아직까지 미비한 실정이다. 해조류는 알칼리 식품으로 단백질, 당질, 비타민, 무기질 등이 풍부하여 피를 맑게 해주거나 빈혈을 예방하거나 각종 암 발생을 예방하는데 도움을 준다고 알려져 있다(Lee and Kim, 2019). 이 중 청각(*Codium fragile*)은 청각목 청각과에 속하는 녹조류로서 우리나라에서는 일부 남부지방에서 김장 김치의 배추 속재료로서 군내를 잡아주는 식재료로 알려져 있다(Kim et al., 2006). 뿐만 아니라 예전의 청각은 구충제 및 수종치료에 활용되었으나 요오드, 칼슘, 비타민, 식이 섬유 등을 포함한 기능성 물질들을 함유하고 있는 해조류로 연구가 되어져서 각종 성인병 문제를 해결하기 위한 방안으로 건강보조식

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9143 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: ypark@gnu.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.2021.0890>

Korean J Fish Aquat Sci 54(6), 890-895, December 2021

Received 8 October 2021; Revised 16 November 2021; Accepted 20 December 2021

저자 직위: 이동희(대학생), 전은비(대학원생), 김지윤(대학원생), 송민규(대학원생), 김예울(대학원생), 박신영(교수)

품으로 이용되기도 하였다(Lee, 2006; Lee and Kim, 2019). 특히, 항균작용, 항산화 작용, 항암 작용 및 면역 작용 등의 효능이 있는 해조로서 그 가치가 증대되고 있다(Kim et al., 2018). Lee et al. (2010)는 청각가수분해물인 폴리페놀과 플라보노이드가 항산화 활성의 주요 원인 물질이었음을 보고하였다. 또한 청각을 methanol에 녹여 hexane, ether, ethyl acetate, n-butanol에 분획하였을 때 ethyl acetate 층에서 높은 항산화력을 보유하고 있으며 청각의 고유한 페놀성 화합물의 영향으로 보여진다(Kim et al., 2006).

지금까지 청각을 첨가하여 새롭게 개발된 식품연구는 생 청각을 활용한 연구로서 청각막걸리(Jun et al., 2019), 청각두부(Choi et al., 2020)의 항산화 효과 입증과 더불어 신제품 개발의 가능성이 타진되었지만 생 청각이 아닌 다양한 가공형태의 청각을 제조하여 식품에 첨가한 연구는 아직 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기존의 생 청각보다 보관과 사용이 용이하고, 장기간 저장이 가능한 청각 분말을 사용하여 식빵제조의 원료로 사용하여 항산화 효능을 증대시키는 동시에 식빵의 일반적 품질특성을 유지하는지 알아보려 하였다. 이를 위해 청각 분말을 밀가루의 1%, 3%, 5% 비율로 첨가하여 식빵의 품질 특성 및 항산화 활성을 조사하였다.

재료 및 방법

청각식빵의 제조

청각을 첨가한 식빵의 제조공정은 Fig. 1과 같다. 청각식빵을 제조하기 위해서 먼저 대조군인 식빵인 경우 강력분(BEKSUL; CJ CheilJedang, Seoul, Korea) 150 g, 이스트(Ehomebakery, Societe Industrielle Lesaffre, France) 2.5 g, 설탕(BEKSUL; CJ CheilJedang) 7.5 g, 소금(Chungjungone, Daesang, Seoul, Korea) 2 g을 그릇에 넣고 섞어주었다. 생 청각의 경우에는 통영시 양식장에서 공급받아서 사용하였으며, 흐르는 물에 7회 수세한 후 스테인리스 볼에 물과 함께 담귀 염분을 충분히 제거하였다. 이후 Drying oven (J-NDS2; JISICO, Seoul, Korea)에 30°C에 48시간 건조시켰다. 청각의 수분이 약 1.6%로 거의 증발한 상태에서 믹서기(SHMF-3000S; Hanil, Seoul, Korea)로 분쇄한 후 1×1 mm 채망(Stainless Chaemang, MODERN COOK, Korea)으로 걸러내어 분말의 형태로 제조하였다. 청각 첨가군의 경우 청각 분말을 강력분 중량 1%, 3%, 5%를 첨가하였다. 그리고 탈지분유(Ottogi, Ottogi Samhwa Foods, Korea) 4 g과 물(Samdasoo; JPDC, Jeju, Korea) 100 g을 녹여준 후 스테인리스 볼에 넣고 반죽하였다. 이 때 전자레인지(MR-M207WB; LG, Seoul, Korea)에 데워서 미지근하게 된 물을 사용하여 반죽을 만들었다. 이후 반죽이 멎쳐졌을 때 버터(Cheffood; Lotte, Seoul, Korea) 12.5 g을 넣고 글루텐(gluten)이 형성될 때까지 반죽하여 주었다. 30°C에서 60분간 1차 발효 시켜주었다. 반죽이 거미줄 형태를 띄우며, 반죽의 가운데 부분

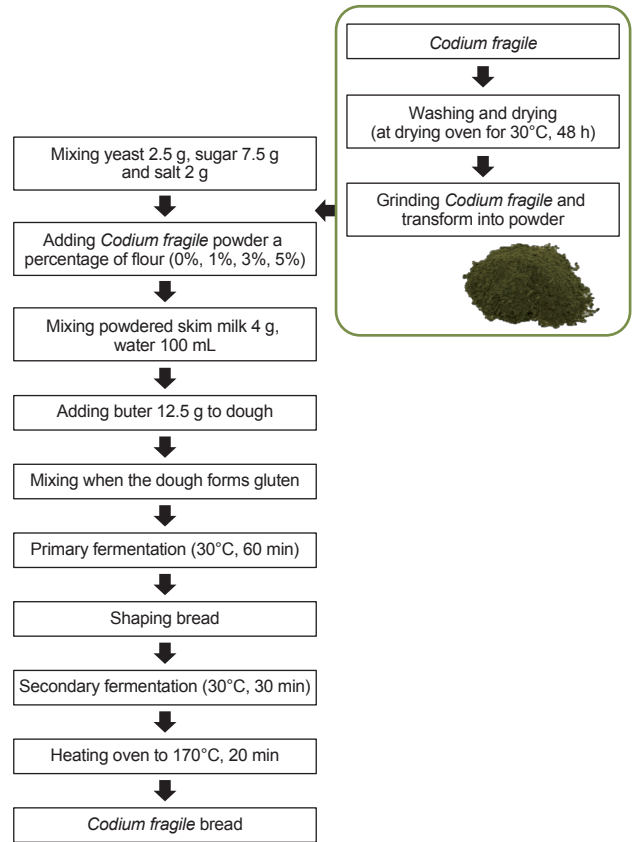


Fig. 1. The preparation procedure of the bread containing *Codium fragile* powder.

을 손가락으로 눌렀을 때 깊이 들어갈 정도로 발효가 되었으면 성형을 하여 15.3×7.3×6.5cm 빵틀(mini bread mold; DAEIL BSP, Hwaseong, Korea)에 넣어주었다. 30°C에서 30분간 2차 발효를 시켜주었다. 발효가 끝난 후 오븐(EON-CS2C; Sk-magic, China)에 170°C에서 20분 구운 다음 빵을 방랭하여 실험에 사용하였다.

청각 분말을 넣은 반죽의 발효 팽창력

발효팽창력은 Kim et al. (2008)이 언급한 방법을 변형하여 측정하였다. 청각 반죽 발효 팽창력은 반죽을 잘 섞어준 후 20 g을 취한 후 100 mL의 메스실린더에 넣은 다음 표면을 평평하게 만든 후 발효팽창력을 측정하였다. 발효팽창력은 2차 발효(총 90분) 직후 다음과 같은 계산식으로 계산하였다.

$$\text{발효 팽창력(\%)} = \frac{\text{발효 후의 부피} - \text{발효 전의 부피}}{\text{발효 전의 부피}} \times 100$$

청각식빵의 pH

청각식빵의 pH는 시료 10 g을 증류수 100 mL에 넣어 30분

간 혼합한 다음 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 하였다. 분리된 상층액을 pH Meter (inoLab pH 7110; WTW, Berlin, Germany)를 이용하여 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

청각식빵의 비용적과 굽기손실율

청각식빵의 무게를 측정하였고, 식빵의 부피는 종자치환법 (Pylar, 1979)에 따라 측정하였고, 비용적과 굽기손실율은 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{비용적} \left(\frac{\text{mL}}{\text{g}} \right) = \frac{\text{식빵의 부피}}{\text{식빵의 무게}}$$

$$\text{굽기손실율}(\%) = \frac{(\text{반죽무게} - \text{식빵무게})}{\text{반죽무게}} \times 100$$

청각식빵의 수분함량

청각 분말 및 청각식빵 속살(crumb)의 수분 함량은 시료 3 g을 취해 수분측정기(WBA-110M; DAIHAN, Seoul, Korea)를 이용하여 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

청각식빵의 색도

청각식빵의 겉면(crust)과 속면(crumb)의 색도는 색차계 (Ne4000; Nippon denshoku, Tokyo, Japan)를 이용하여 각각의 해당하는 Hunter L값(명도, lightness), a값(적색도, redness), b값(황색도, yellowness), ΔE (전체적인 색도, overall color difference)으로 나타내었다. ΔE 의 계산방법은 $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ 의 계산식에 따른다. 색도의 결과값 도출은 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

청각식빵의 ABTS 라디칼 소거활성능

청각식빵의 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) diammonium 라디칼 소거활성능 분석은 Lee et al. (2014)의 방법을 참고하여 수행하였다. 7 mM의 ABTS와 2.45 mM의 $K_2S_2O_8$ (potassium persulfate)를 증류수에 용해하여 12-16시간 동안 암실에 방치하여 ABTS cation radical ($ABTS^+$; Sigma-Aldrich Co.)을 형성시킨 후, 이 용액을 99.9% 에올과 1:1 비율로 섞어 734 nm에서 흡광도 값이 0.70 ± 0.02 가 되도록 조절한 에탄올로 희석하여 사용하였다. 그리고 청각 식빵 시료 0.05 g를 희석된 $ABTS^+$ 용액 1 mL에 가하여 60분간 반응시키고 734 nm에서 흡광도를 측정하였고, 양성 대조군은 시

료를 대신하여 L-ascorbic acid를 ABTS와 같은 농도로 취하여 실험하였다. ABTS 라디칼 소거활성능은 청각 분말을 0%, 1%, 3%, 5% 첨가한 청각식빵과 양성 대조군인 L-ascorbic acid 흡광도를 구하여 아래와 같이 백분율(%)로 표시하였다.

ATBS 라디칼 소거 활성능(%)=

$$\frac{A_{734} \text{ of control} - A_{734} \text{ of sample}}{A_{734} \text{ of control}} \times 100$$

청각식빵의 DPPH 라디칼 소거활성능

청각식빵의 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH; Sigma-Aldrich Co.) 라디칼 소거활성능은 Kang et al. (2016)의 방법에 따라 먼저 DPPH 용액을 0.005 g/100 mL로 99.9% 에탄올에 희석한 후 2시간 이상 암소에서 방치하고, 517 nm에서 흡광도 값이 1.5-1.7로 보정하여 준비하였다. 그리고 식빵 시료 0.2 g에 DPPH 용액 0.8 mL를 넣어 교반한 다음 실온에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였고, 양성 대조군은 시료를 대신하여 L-ascorbic acid를 DPPH와 같은 농도로 취하여 실험하였다. DPPH 라디칼 소거활성능은 청각 분말을 0%, 1%, 3%, 5% 첨가한 청각식빵과 양성 대조군인 L-ascorbic acid 흡광도를 구하여 아래와 같이 백분율(%)로 표시하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성능(%)=

$$\frac{A_{517} \text{ of control} - A_{517} \text{ of sample}}{A_{517} \text{ of control}} \times 100$$

통계분석

모든 실험은 3반복으로 진행하였으며, 통계프로그램은 SPSS version 12.0 software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)에서 one-way ANOVA 중 Duncan's multiple range test를 사용하여 $P < 0.05$ 에서 유의성을 조사하였다.

결과 및 고찰

청각 분말을 넣은 반죽의 발효팽창력

대조군과 1%, 3%, 5%의 청각 분말을 첨가한 실험군을 최종적으로 2차 발효가 끝난 바로 직후 발효팽창력을 측정하였고 그 결과는 Table 1와 같다. 발효 후 90분 뒤에 발효팽창력을 보면 청각 분말을 첨가하지 않은 대조군이 262.50%로 가장 높은 수

Table 1. Expansion after 90 min fermentation of dough containing *Codium fragile* powder

| Fermentation time (min) | <i>Codium fragile</i> powder (%) | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | 0 | 1 | 3 | 5 |
| 90 | 262.50±4.34 ^{a1} | 184.21±4.43 ^b | 177.78±3.25 ^{bc} | 175.00±5.12 ^c |

¹a-c, means with different letters in same row are significantly different ($P > 0.05$) by Duncan's multiple range test.

치를 보여주었고, 1%, 3%, 5%의 청각 분말을 첨가한 실험군은 각각 184.21%, 177.78%, 175.00%로 청각 분말 함유량이 증가할수록 발효팽창력은 유의적으로 감소하였다(P<0.05). Kim et al. (2017)의 3%, 5%, 7% 및 10%의 겨우살이 분말 첨가 식빵의 결과에 따르면 분말 첨가량에 따라 발효시간이 길어질수록 실험군들이 대조군보다 감소하는 것을 볼 수 있었으며, 본 연구 결과와 유사한 발효팽창력을 보였다. 이는 반죽 총량에서 청각 분말 첨가량만큼 밀가루 양이 줄어들어 발효에 필요한 글루텐 생성량이 감소하였기 때문이라 사료된다.

청각식빵의 pH

1%, 3%, 5%의 청각 분말을 첨가한 실험군의 pH는 5.06, 5.25, 5.28로 대조군의 pH값인 5.04보다 청각 분말을 첨가할수록 pH가 유의적으로 증가하는(P<0.05) 결과를 보여주었다 (Table 2). 이는 청각이 가지고 있는 알칼리성 성분의 무기질이 식빵의 pH 변화에 영향을 주었다고 사료된다. Choi et al. (2020)의 청각 두부 경우에도 pH 측정 결과에 따르면 두부에 청각의 함량이 높을수록 pH가 유의적으로 증가하는(P<0.05) 경향을 보이며, 이는 청각에 존재하는 양이온 성분인 Mg, K, Na, Mn 등이 알칼리화 시킨 것으로 보고하였다.

청각식빵의 수분 함량

대조군과 1%, 3%, 5%의 청각 분말을 첨가한 실험군의 수분 함량과 청각 분말 100%의 수분함량 결과는 Table 2과 같다. 청각 분말의 수분함량은 1.60%로 낮은 수분함량을 나타내었다.

Table 2. pH and moisture content of bread containing *Codium fragile* powder

| <i>Codium fragile</i> powder (%) | pH | Moisture content (%) |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 0 | 5.04±0.01 ^{d1} | 43.28±0.20 ^{NS2} |
| 1 | 5.06±0.00 ^c | 43.25±0.15 |
| 3 | 5.25±0.01 ^b | 43.32±0.26 |
| 5 | 5.28±0.01 ^a | 43.55±0.39 |
| 100 ³ | - | 1.6±0.18 |

¹a-d, means with different letters in same column are significantly different(P<0.05) by Duncan's multiple range test. ²NS, means with different letters in same column are not significantly different(P>0.05) by Duncan's multiple range test. ³Means with just experimented about *Codium fragile* powder.

Table 3. Weight, volume, specific volume and baking loss of bread containing *Codium fragile* powder

| <i>Codium fragile</i> powder (%) | Bread weight (g) | Bread volume (mL) | Specific volume (mL/g) | Baking loss (%) |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|
| 0 | 243.49±0.12 ^{b1} | 735.66±2.60 ^a | 3.02±0.01 ^a | 10.67±0.25 ^a |
| 1 | 244.39±1.88 ^b | 650.67±5.42 ^b | 2.70±0.08 ^b | 9.51±0.41 ^b |
| 3 | 249.91±4.80 ^{ab} | 565.31±4.32 ^c | 2.30±0.12 ^c | 8.52±0.32 ^c |
| 5 | 265.99±21.23 ^a | 530.15±5.32 ^d | 2.11±0.06 ^d | 8.45±0.44 ^c |

¹a-d, means with different letters in same column are significantly different (P<0.05) by Duncan's multiple range test.

대조군의 경우에는 43.28%를, 청각 분말 1%, 3%, 5% 첨가한 실험군은 각각 43.25%, 43.32%, 43.55%로 나타났으며 유의적 차이는 없었다(P>0.05). 식빵의 경우에는 수분함량이 높은 베이커리 제품으로 미생물이 증식할 수 있다는 점을 고려할 때 보관 시 주의가 필요하다고 사료되었다.

청각식빵의 무게, 부피, 비용적 및 굽기손실율

청각식빵의 무게, 부피, 비용적 및 굽기손실율의 측정된 결과는 Table 3와 같다. 식빵의 무게는 대조군은 243.49 g으로 결과를 보였으며, 실험군 1%, 3%, 5%에 해당하는 결과는 각각 244.39 g, 249.91 g, 265.99 g으로 청각을 첨가할수록 해당 무게가 유의적으로 증가하였다(P<0.05). 식빵의 부피는 대조군이 735.66 mL이며, 나머지 1%, 3%, 5%의 청각 분말을 첨가한 실험군은 각각 650.67 mL, 565.31 mL, 530.15 mL의 결과를 나타내었다. 이는 청각 분말 첨가량을 증가시킬수록 부피는 감소하게 되는데, 반죽의 무게는 동일시하였으나 청각 분말 첨가량만큼 밀가루 양이 줄어들었기 때문에 글루텐 형성이 적어지면서 팽창 또한 적어진 것으로 사료된다.

식빵의 비용적은 부피와 마찬가지로 1%, 3%, 5% 청각 분말을 첨가한 실험군(2.70%, 2.30%, 2.11%)보다 대조군(3.02%)이 가장 높았고, 청각 분말 첨가량을 증가시킬수록 유의적으로 감소하였다(P<0.05). 굽기손실율은 대조군이 10.67%이며 실험군은 각각 9.51%, 8.52%, 8.45%으로 청각 분말을 첨가할수록 감소하는 경향을 나타내었으나 청각 분말 3%와 5% 첨가한 식빵의 경우에는 유의적 차이가 관찰되지 않았다(P>0.05). Kim et al. (2017)의 겨우살이 분말을 첨가한 식빵과 Lee (2015)의 브로콜리 분말을 첨가한 식빵 연구에서도 본 연구와 같이 식빵의 무게가 증가하는 반면에 굽기손실율은 감소하는 경향을 보였다. Lee (2015)의 연구에 따르면 빵의 무게가 증가하고 굽기손실율이 감소하는 경향을 보이는 경우는 밀 전분의 호화도 차이에 의한 것으로 보고하였다.

청각식빵의 색도 변화

색도 측정의 결과는 Table 4와 같고, 색차계를 이용하여서 Hunter L값, a값, b값으로 구분되어 L값은 명도(lightness), a값은 적색도(redness), b값은 황색도(yellowness), ΔE값은 전체적인 색도(overall color difference)를 나타낸다. Cha et al. (2012)의 옥수수수염 분말의 입자크기별 이화학적 특성과 항산

화 활성 연구에서 색도분석 결과를 보면 입자의 크기가 색도 변화에 영향을 준다고 나타내었다. 입자 크기가 작을수록 표면적이 증가하여 시료 본연의 색이 더 선명해지는 것으로 보고하였다(Cha et al., 2012; Choi et al., 2019). 본 연구에서는 청각 분말을 첨가하였을 때, 식빵의 겉면(crust)은 청각 분말을 첨가할수록 L값, a값 및 b값이 모두 감소하는 경향을 보이거나 유의적으로 감소하였다($P < 0.05$). 반면에 ΔE 값은 청각 분말을 첨가할수록 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 즉, 식빵의 겉면(crust)의 경우, 청각 분말 함유량이 높은 식빵일수록 어두운 색을 띠게 되어 L값이 감소하였다(Fig. 2). 아울러 청각 고유의 진한 녹색으로 인해 a값과 b값 역시 청각 분말 함유량이 증가함에 따라 감소하였으며, ΔE 값은 전체적으로 색이 진해졌기 때문에 증가한 것으로 사료된다.

식빵의 속면(crumb)은 1%, 3%, 5%의 청각 분말을 첨가할수록 Hunter L값이 유의적으로 감소하였다($P < 0.05$). 그러나, 청각 분말을 첨가한 실험군들 사이의 a값과 b값의 유의적 차이는 없었으나($P > 0.05$) 이들은 모두 대조군에 비하여 L값과 a값은 감소하였으며 b값과 ΔE 값은 증가하였다($P < 0.05$). 즉, 식빵의 겉면(crust)과 같이 속면(crumb)에서도 청각 고유의 진한녹색을 띠었다(Fig. 2).

청각식빵의 항산화 활성

청각 분말 첨가량을 증가시킬수록 DPPH 라디칼 소거활성능과 ABTS 라디칼 소거활성능이 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$) (Table 5). 청각식빵의 항산화 효과를 측정하기 위하여 양성 대조군인 L-ascorbic acid를 사용하였고 DPPH 및

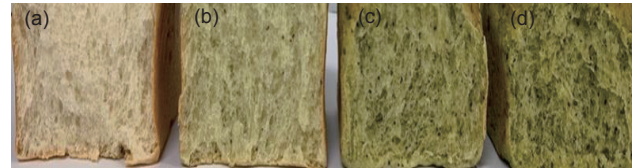


Fig. 2. The image of the bread containing a) 0% (w/v), b) 1% (w/v), c) 3% (w/v), d) 5% (w/v) *Codium fragile* powder.

ABTS 라디칼 소거능의 결과는 각각 89.55%, 90.40%로 나타났다. 특히, DPPH 라디칼 소거활성능의 경우 청각 분말을 첨가하지 않은 대조군(4.10%)을 기준으로 1%, 3%, 5% 청각 분말을 첨가한 식빵은 각각 약 2.3배, 3.9배 및 4.5배의 항산화 활성의 우수성을 나타내었다. ABTS 라디칼 소거활성능 역시 대조군에 비하여 1%, 3%, 5% 청각 분말을 첨가한 식빵의 경우 각각 약 2배, 3.5배 및 5.2배의 매우 우수한 항산화 활성을 보였다. Kim et al. (2015)의 연구에서는 청각을 건조 시킨 후 분쇄하는 방식을 이용하여 청각의 항산화를 측정한 ABTS 라디칼 소거활성능 결과는 14.96%로 우수하다고 보고하였고, Kim et al. (2006)의 연구에서도 청각 추출물에 대한 항산화 DPPH 라디칼 소거활성능은 30%로 보고하였다. 최근 Jun et al. (2019)의 청각막걸리 연구와 Choi et al. (2020)의 청각두부 연구에서도 청각의 첨가 비율에 따라 항산화력이 증가하고 있음을 밝혔다.

본 연구에서는 항산화 활성을 함유하고 있는 개별적인 성분은 나타내지 못하였으나 Kim et al. (2018)이 보고한 바와 같이 청각 중 대표적인 폴리페놀인 anthocyanins, tannins, catechins,

Table 4. Hunter value of bread containing *Codium fragile* powder

| <i>Codium fragile</i> powder (%) | | 0 | 1 | 3 | 5 |
|----------------------------------|------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Crust | L | 62.65±1.20 ^{a1} | 55.87±0.69 ^b | 54.56±1.33 ^b | 49.95±1.36 ^c |
| | a | 8.90±0.48 ^a | 7.94±0.36 ^a | 3.49±0.06 ^b | 2.29±1.22 ^b |
| | b | 28.24±0.71 ^a | 25.99±0.48 ^b | 23.51±1.15 ^c | 22.11±0.81 ^c |
| | ΔE | 45.51±0.97 ^c | 49.57±0.62 ^b | 48.79±0.71 ^b | 52.27±0.83 ^a |
| Crumb | L | 77.27±0.24 ^a | 67.72±0.75 ^b | 57.41±0.11 ^c | 53.55±0.35 ^d |
| | a | -2.25±0.76 ^a | -5.03±0.42 ^b | -4.95±0.05 ^b | -4.83±0.38 ^b |
| | b | 19.54±0.69 ^b | 23.02±0.75 ^a | 22.51±1.17 ^a | 21.97±1.30 ^a |
| | ΔE | 27.88±0.70 ^d | 37.61±0.80 ^c | 45.94±0.66 ^b | 49.33±0.09 ^a |

¹a-d, means with different letters in same row are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 5. DPPH and ABTS free radical scavenging activities of bread containing *Codium fragile* powder

| <i>Codium fragile</i> powder (%) | 0 | 1 | 3 | 5 | Vitamin C ¹ |
|----------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| DPPH | 4.10±0.10 ^{e2} | 9.77±0.06 ^d | 16.30±0.10 ^c | 18.63±0.06 ^b | 89.55±0.39 ^a |
| ABTS | 2.17±0.12 ^e | 4.30±0.10 ^d | 7.87±0.06 ^c | 11.40±0.10 ^b | 90.40±0.36 ^a |

¹Means with positive control about DPPH and ABTS free radical scavenging activities. ²a-e, means with different letters in same row are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test. DPPH, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl; ABTS, 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid).

isoflavones, lignans, resveratrols 등에 의한 것이라 사료된다.

본 연구결과는 청각 분말을 첨가하지 않은 일반 식빵(대조군)과 비교하였을 때 청각 분말을 첨가한 식빵의 pH, 부피, 비용적 및 굽기손실율 등은 차이를 보이거나 항산화 활성이 최소 2배 이상 높게는 5.2배까지 나타낼 정도로 매우 우수한 항산화 활성을 보였다. 뿐만 아니라 청각 고유의 신선한 향미와 색깔에 의한 관능적 선호도도 다소 높게 나타났다(data not shown). 따라서 추후 청각 분말 첨가에 따른 비타민, 무기질 및 베타카로틴 등의 영양학적 및 기능적인 성분 분석과 더불어 소비자의 기호도 평가 등을 통해 항산화 기능이 강화된 청각식빵의 실용화를 위해 심도 있는 연구개발의 확대가 필요할 것으로 사료된다. 아울러 본 연구에 기초하여 장기간 보관과 사용이 쉬운 청각 분말의 이용가능성을 확대하여 다양한 해조가공식품 개발에 기여하고자 한다.

References

- Baek SY, Kim SB and Kim MR. 2018. Antioxidant activities and physicochemical property of butter morning bread added with dried laver. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47, 1242-1250. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2018.47.12.1242>.
- Cha SM, Son BY, Lee JS, Baek SB, Kim SL, Ku JH, Hwang JJ, Song BH, Woo SH, Kwon YU and Kim JT. 2012. Effect of particle size on physico-chemical properties and antioxidant activity of corn silk powder. *Korean J Crop Sci* 57, 41-50. <https://doi.org/10.7740/kjcs.2012.57.1.041>.
- Choi HJ, Ra JS, Chung SK and Lee SH. 2019. Analysis of quality characteristics for food ingredients using fine powder of Jeju citrus. *Korean J Food Preserv* 26, 365-369. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2019.26.3.365>.
- Choi MS, Jun EB, Kim JY and Park SY. 2020. Quality and antioxidant activity of soybean curd supplemented with *Codium fragile*. *Korean J Fish Aquat Sci* 53, 816-822. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0816>.
- Jun EB, Choi MS and Park SY. 2019. Quality characteristics and antioxidant effects on the Korean traditional rice wine *Makgeolli* supplemented with *Codium fragile* during fermentation. *Korean J Fish Aquat Sci* 52, 224-231. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0224>.
- Kang DH, Park EM, Kim JH, Yang JW, Kim JH and Kim MY. 2016. Bioactive compounds and antioxidant activity of Jeju Camellia Mistletoe (*Korthalsella japonica* Engl.). *J Life Sci* 26, 1074-1081. <https://doi.org/10.5352/jls.2016.26.9.1074>.
- Kim JH, Kang HM, Lee SH, Lee JY and Park LY. 2015. Antioxidant and α -glucosidase inhibition activity of seaweed extracts. *Korean J Food Preserv* 22, 290-296. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2015.22.2.290>.
- Kim MS, Kim KM, Han DH, Ko KW and Kim SY. 2018. Antibacterial activity and other functions of *Codium fragile* and *Chaenomeles sinensis* extracts by extraction method. *KSBBS* 33, 89-94. <https://doi.org/10.7841/ksbbj.2018.33.2.89>.
- Kim SJ, Baek SY, Kim DH and Kim MR. 2019. Physico-chemical properties and antioxidant activities of morning bread added with *Enteromorpha prolifera*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48, 1244-1252. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2019.48.11.1244>.
- Kim SY, Yoo SJ, Yoo DJ and Kim CE. 2017. Quality characteristics and antioxidant activities of white bread added with mistletoe (*Viscum album* var.) powder. *Korean J Community Living Sci* 28, 81-91. <https://doi.org/10.7856/kjcls.2017.28.1.81>.
- Kim YJ, Jung IS, Choi IS, Gal SW and Choi YJ. 2006. Studies on antioxidant activity and inhibition of nitric oxide synthesis from *Codium fragile*. *J Life Sci* 16, 788-793. <https://doi.org/10.5352/JLS.2006.16.5.788>.
- Kim YS, Kim MY and Chum SS. 2008. Quality characteristics of *Nelumbo nucifera* G. tea white bread with hemicellulase. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37, 1294-1300. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2008.37.10.1294>.
- Lee E. 2006. Effects of cheunggak *Codium fragile* on lowering lipid and antioxidant. *Korean J Plant Res* 19, 602-607.
- Lee JE, Jin SY and Han YS. 2014. Antioxidant activities and quality characteristics of tofu supplemented with chinese artichoke powder. *Korean J Food Nutr* 27, 10-21. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2014.27.1.010>.
- Lee JU and Kim BA. 2019. A study on seaweed sea staghorn *Codium fragile* ethanol extract for antioxidant. *J Converg Inf Technol* 5, 467-472. <https://doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.4.467>.
- Lee KH. 2018. Characteristics of pullman bread with added tenebrio molitor larvae powder. M.S. Thesis, University of Sejong, Seoul, Korea.
- Lee KH, Senevirathne M, Ahn CB and Je JY. 2010. Biological compounds extracted from *Codium fragile* by enzymatic hydrolysis and their biological activities. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39, 953-959. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2010.39.7.953>.
- Lee SH. 2015. Quality and antioxidant properties of white breads enhanced with broccoli (*Brassica oleracea* L.) powder. *Korean J Food Cook Sci* 31, 614-622. <https://doi.org/10.9724/kfcs.2015.31.5.614>.
- Pyle EJ. 1979. Physical and chemical test method. In: *Baking science and technology* 2. Sosland Pub Co., Manhattan, NY, U.S.A., 891-895.