

마른 김 첨가 크리스피 쌀 과자의 이화학적 품질특성 및 항산화활성

김수진¹ · 백승연¹ · 김미리^{1,*}
¹충남대학교 식품영양학과

Quality characteristics and antioxidant activities of rice crispy cereal added with dried laver

Su Jin Kim¹, Seung Yeon Baek¹, and Mee Ree Kim^{1,*}

¹Department of Food & Nutrition, Chungnam National University

Abstract This study was performed to evaluate the quality characteristics and antioxidant activities of rice crispy cereal supplemented with dried laver powder. Reducing sugar content decreased in the dried laver-supplemented group. According to the Hunter color system, the L, a, and b values of rice crispy cereal decreased with an increase in the amount of dried laver. The LP5 (rice crispy cereal added with 5% dried laver) group showed the highest phycocyanin and chlorophyll contents, which tended to increase with increased amounts of added dried laver. Total phenolic and flavonoid contents increased with the amount of dried laver, as did 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and hydroxyl radical-scavenging activities. Intensity test results showed that the color, flavor, and taste of rice crispy cereal improved with the addition of dried laver. The LP5 group scored the highest on overall satisfaction. These results suggest that the addition of dried laver to rice crispy cereal improves sensory properties by increasing antioxidant activities.

Keywords: laver, rice crispy cereal, quality characteristics, antioxidant activities

서 론

해조류는 바다에 분포하면서 광합성을 통해 독립 영양 생활을 하는 생물로 중요한 잠재적 식품으로써의 가능성을 가지고 있는 자원이다. 해조류는 전 세계적으로 약 6000여종이 존재하며 그 중 약 150여종이 식품으로 이용되고 있다(Kim 등, 2013a). 식이 섬유유의 급원으로서 육상식물과 비교해 일반적으로 수용성 식이 섬유유의 함량이 높고 대부분 산성 다당 형태로 존재하여 생리적 활성도 증성 다당 특성의 육상식물 유래 식이섬유보다 상대적으로 우수하다(Kim 등, 1995). 또한, 단백질과 지방의 함량이 낮고 소화율이 낮지만 비타민, 무기질 함량이 많아 영양학적 가치가 높다(Cho 등, 2015).

김(Laver, *Porphyra tenera*)은 홍조식물 보라털과에 속하며 우리나라 서남해안, 전라남도 완도, 제주도 등지에서 양식된다(Hong 등, 2011). 마른 김은 30% 이상의 단백질과 1% 이하의 지방 함량을 가지며 포화지방산보다 불포화지방산이 상대적 함량이 약 3배 이상 높은 건강식품으로서의 가치가 있으며 또한 고도불포화지방산 함량이 60% 이상을 차지하고 있다(Nguyen 등, 2018a). 김의 맛 성분은 타우린, 알라닌, 글루탐산, 아스파르트산, 시트룰린 등이며 이노신산과 구아닐산 등의 핵산도 풍부하다. 김은 푸른 채소가 적은 겨울철 비타민의 공급원으로 이용될 만큼 비타민류가 매우 풍부하며 비타민 A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, 나이아신, 비타민

C, D, 엽산, 리보스, 콜린, 이노시톨 등의 다양한 비타민이 함유되어 있다(Hwang과 Park, 2005). 칼슘, 칼륨, 철, 요오드의 함량도 비교적 많은 알칼리성 식품으로 서양에 비해 우리나라 사람들이 요오드 결핍증이 없는 것은 육상식물에는 함유되지 않은 요오드가 풍부한 김을 자주 먹기 때문이다(Cho 등, 2015). 김에서 발견되는 수용성 산성 다당류인 포피란은 식이섬유로서 섭취 시 장의 활동을 원활히 하고, 독 성분이 장내에 머무는 시간을 줄여 배변량을 늘림으로써 대장암의 발병률을 낮출 뿐만 아니라(Nguyen 등, 2018b) 항종양 활성(Noda와 Arashima, 1989), 항산화 활성(Zhang 등, 2004) 등이 밝혀졌다. 또한, 김의 영양소 중 식이섬유와 타우린은 현대인들이 부족하기 쉬운 영양소의 하나로 장내 환경을 개선하고 동맥경화의 원인이 되는 콜레스테롤, 혈당의 상승을 억제하는 효과가 알려졌다(Nguyen 등, 2018a).

또 다른 주재료인 시리얼의 원료로 사용되는 쌀은 밀, 옥수수 와 함께 세계 3대 곡물로 우리나라뿐만 아니라 동남아시아권의 주요 주식으로 이용되고 있다(Kim 등, 2013b). 쌀은 알레르기 유발도 밀에 비해 현저히 낮으며 라이신 등의 필수아미노산, 비타민 B군 등이 우수하며(Kang과 Ryu, 2001; Payne 등, 1989) 쌀의 식이섬유인 헤미셀룰로오스는 콜레스테롤을 감소시키며 피틴산은 체내 면역력을 증진시키고 암을 예방하는 데 도움을 준다는 연구 결과도 보고되었다(Graf와 Empson, 1987; Graf와 Eaton, 1990).

최근 소비자들의 건강과 간편식에 대한 관심이 증가하면서 건강기능 소재를 첨가한 식품에 대한 선호도가 높아지고 있으며 국내 1인 가구의 증가로 간편한 식품을 찾는 소비자들이 많아지면서 베이커리 제품의 소비가 증대되고 있다(Kim 등, 2005). 대부분의 베이커리 제품은 주로 밀가루를 사용하고 있으나 밀가루의 글루텐이 알레르기나 소장 점막 세포에 염증을 일으켜 용모가 손

*Corresponding author: Mee Ree Kim, Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
Tel: +82-42-821-6837, Fax: +82-42-821-8887
E-mail: mrkim@cnu.ac.kr

Received June 12, 2020; revised July 15, 2020;
accepted August 21, 2020

상되는 셀리악병을 유발한다고 알려져(Joung 등, 2017; Moore 등, 2006) 점차 글루텐 프리 제품 시장이 확대될 것으로 보인다. 쌀은 밀가루 글루텐을 함유하지 않으며 밀가루를 대체할 소재로 평가받는데(Ju 등, 2006) 쌀 소비는 매년 감소하고 있으며 가공식품 제조에 이용되는 쌀은 국내 생산량의 약 6%에 불과해(Kim 등, 2013b) 재고는 계속해서 증가하여 쌀을 이용한 가공제품의 개발이 필요한 실정이며 이에 따라 최근 밀가루 대용으로 쌀을 이용한 베이커리 제품의 연구도 활발히 진행되고 있다(Ryu 등, 2015). 쌀 가공식품은 고령화 및 핵가족화로 쌀의 소비 형태로 간편 편의식을 선호하는 경향이며(Lee, 2019) 최근에 쌀 가공식품은 건강 지향적 과자 소비 형태로 휴대성 및 저장성, 간편성을 추구하는 건강 기능성 식사 대용의 다양한 고부가가치 영양바 형태로 제조되고 있다(Jang, 2011).

본 연구에서는 김에 클로로필, 카로티노이드, 피코빌린 등의 색소성분과 폴리페놀, 토코페놀, 포피란 등의 산화 방지 성분이 풍부하여(Oh 등, 2013) 항산화능 증진에 기여할 것으로 판단하였다. 따라서 이를 바탕으로 소비자들의 요구에 맞추어 건강에 도움을 줄 수 있는 특색있는 베이커리 제품을 개발하고 해조류와 쌀의 활용도도 높이고자 크리스피 쌀 과자에 생리활성에 효과가 있는 김을 접목시켜 이에 따른 품질특성 및 항산화활성을 알아보고자 했다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용된 김(탄수화물 40.3%, 단백질 38.6%, 지질 1.7%)은 Into food (Incheon, Korea)로부터 분말 상태로 구입하여 -70°C에서 냉동보관(SW-UF-400P, Samwon Freezing Engineering Co., Busan, Korea)하여 사용하였다. 이 밖에 시리얼(Kellogg Co. Ltd, Battle Creek, MI, USA), 마시멜로(Doumak INC, Elk Grove Village, IL, USA), 버터(Lotte Foods Co., Ltd, Seoul, Korea)를 사용했다.

김 크리스피 쌀 과자의 제조

마른 김 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 김 크리스피 쌀 과자의 재료 및 배합비는 Table 1과 같다. 예비실험과 관능검사 결과 과를 바탕으로 마른 김 분말은 시리얼 100%를 기준으로 0, 1, 3, 5% (w/w) 첨가하여 제조하였다. 버터를 약한 불에서 액체가 될 때까지 서서히 녹인 후, 마시멜로를 넣고 녹을 때까지 약한 불에서 저어서 풀어주었다. 마시멜로가 어느 정도 풀어지면 김 분말을 넣어 충분히 섞은 뒤, 시리얼을 넣고 잘 섞었다. 커다란 그릇에 버터를 얇게 펴 바른 뒤 마시멜로를 섞은 시리얼을 평평하게 깔아준 후 1시간 정도 식혔다.

Table 1. Ingredient composition of rice crispy cereal added with different amount of dried laver (unit: g)

Ingredients	Control ¹⁾	LP1	LP3	LP5
Cereal	100	99	97	95
Marshmallow	150	150	150	150
Butter	30	30	30	30
Laver powder	0	1	3	5
Total weight	280	280	280	280

¹⁾Control: Rice crispy cereal without dried laver, LP1: Rice crispy cereal added with 1% dried laver, LP3: Rice crispy cereal added with 3% dried laver, LP5: Rice crispy cereal added with 5% dried laver.

환원당

환원당은 시료 5 g을 증류수 45 mL와 함께 넣어 균질화하여, sonication (Powersonic 420, Hwashin technology, Gwangju, Korea)에 40°C에서 30분간 침지시킨 후, centrifuge (Combi-514R, Hanil, Hwaseong, Korea)에서 3,000 rpm으로 20분간 원심분리하였다. 원심분리 후, 상층액을 취해 dinitrosalicylic acid (DNS)에 의한 비색법으로 microplate reader (Epoch Microplate Spectrophotometer, BioTeck Instruments, Winooski, VT, USA)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 glucose (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 농도별로 반응시켜 사용하였다.

색도

색도는 색차계(Spectrophotometer CM-600, Konica Minolta Sensing, Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter color system의 L 값(lightness), a 값(redness), b 값(yellowness)을 총 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 시료를 10 g씩 갈아 균일하게 섞은 뒤 5 g을 취하여 페트리디쉬(50×12 mm)에 빈공간이 생기지 않게 담아 색도를 측정하였고 대조군과 마른 김 분말 첨가군의 객관적인 색차를 비교하기 위해 ΔE를 구하였다.

피코시아닌

피코시아닌은 시료 2 g을 100% 메탄올 20 mL와 혼합 후에 sonication (Powersonic 420, Hwashin technology)에 40°C에서 15 시간 동안 침지시킨 뒤, centrifuge (Combi-514R, Hanil)에서 3,000 rpm으로 20분간 원심분리하여 상층액을 취해 (Epoch Microplate Spectrophotometer, BioTeck Instruments)를 사용하여 620, 652 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값을 아래의 식을 통해 계산하여 피코시아닌 함량을 나타내었다(Patel 등, 2005).

$$\begin{aligned} \text{C-Phycocyanin (mg/mL)} &= [\text{A}_{620} - 0.474(\text{A}_{652})] / 5.34 \\ \text{Allophycocyanin (mg/mL)} &= [\text{A}_{652} - 0.208(\text{A}_{620})] / 5.09 \end{aligned}$$

클로로필

클로로필은 시료 1 g을 dimethyl sulfoxide (DMSO) 50 mL에 침지하여, 30°C의 암조건에서 24시간 동안 색소를 추출한 후, centrifuge (Hanil)에서 3,000 rpm으로 20분간 원심분리하여 상층액을 취해 microplate reader (BioTeck Instruments)를 이용하여 664, 648 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값을 아래의 식을 통해 계산하여 클로로필 함량을 나타내었다(Chappelle 등, 1992).

$$\begin{aligned} \text{Chlorophyll a (}\mu\text{g/mL)} &= 12.25 \cdot \text{A}_{664} - 2.79 \cdot \text{A}_{648} \\ \text{Chlorophyll b (}\mu\text{g/mL)} &= 21.50 \cdot \text{A}_{648} - 5.10 \cdot \text{A}_{664} \\ \text{Total chlorophyll (}\mu\text{g/mL)} &= \text{Chlorophyll a} + \text{Chlorophyll b} \end{aligned}$$

총 페놀 함량

총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol reagent가 페놀성 화합물에 의해 몰리브덴 청색으로 환원되는 원리로 측정하였다. 시료 3 g과 메탄올 50 mL를 4시간 동안 교반 하고 24시간 추출한 뒤 3,000 rpm으로 4°C에서 20분간 원심분리하여 얻어진 상층액을 감압농축기(EYELA SB-1000, Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 용매를 휘발하여 추출물만 얻었다. 각각 추출물 200 mg에 1 mL의 메탄올을 넣어 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 시료 용액으로 사용하여 측정하였다. 시료 50 μL에 증류수 50 μL와 0.2 N Folin-Ciocalteu reagent 500 μL을 넣고 5분간 반응시킨 후

7.5% Na₂CO₃ 400 μL을 넣고 빛을 차단하여 30분간 반응시키고 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 포화 tannic acid (Yakuri Pure Chemicals Co., Ltd., Kyoto, Japan)를 사용하였다 (Amorim 등, 2012).

플라보노이드 함량

총 페놀성 화합물의 시료와 동일한 방법으로 추출하여 각각의 추출물 200 mg에 1 mL 메탄올을 넣어 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 시료 용액으로 사용하여 측정하였다. 시료 100 μL에 90% diethylene glycol 0.9 mL, 1N NaOH 20 μL를 넣고 37°C water bath (VS-1205W, Vision scientific Co., Ltd., Daejeon, Korea)에서 1시간 동안 반응시키고 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 naringin (Sigma-Aldrich)을 사용하였다(Baek 등, 2019).

DPPH 라디칼 소거능

총 페놀성 화합물의 시료와 동일한 방법으로 추출하여 각각의 추출물 200 mg당 1 mL 메탄올을 넣어 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 시료 용액으로 사용하였다. 농도별로 희석한 시료 용액 50 μL에 1.5×10⁻⁴ mM DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 용액 150 μL을 넣고 빛을 차단하여 30분 동안 반응시킨 후 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능(%)을 아래 식으로 계산하고 농도별 라디칼 소거능에 대한 검량선에서 DPPH 라디칼 소거능이 50%가 되는 농도인 IC₅₀값을 구하였다. 표준곡선은 ascorbic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하였다(Jang 등, 2015).

$$\text{Free radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \times 100$$

Hydroxyl 라디칼 소거능

총 페놀성 화합물의 시료와 동일한 방법으로 추출하여 각각의 추출물 200 mg당 1 mL 메탄올을 넣어 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 시료 용액으로 사용하였다. 농도별로 희석한 시료 25 μL에 buffer 50 μL을 넣고 30 mM deoxy yribose, 1 mM ascorbic acid, 1 mM EDTA, 1 mM FeCl₃, 1 mM H₂O₂ 용액을 각각 15 μL씩 넣고 37°C에서 1시간 반응시켰다. 반응 후 2% TCA용액 50 μL과 1% TBA 용액 50 μL을 넣고 교반하여 water bath (VS-1205W, Vision scientific Co., Ltd., Daejeon, Korea)에서 20분간 반응 후 냉각시켜 3,000 rpm에서 20분간 원심분리(Hanil) 하여 얻어진 상층액을 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 농도별 hydroxyl 라디칼 소거능(%)을 아래 식으로 계산하여 검량선을 그린 후 hydroxyl 라디칼 소거능이 50%가 되는 농도인 IC₅₀값을 구하였다(Valentao 등, 2002). 표준곡선은 butylated hydroxy anisole (BHA, Sigma-Aldrich)를 사용하였다(Jang 등, 2015).

$$\text{Free radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{blank}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{blank}}} \times 100$$

감각평가

건조 김 분말을 첨가에 따른 크리스피 쌀 과자의 관능적 차이를 알아보고 적합한 레시피 개발을 위해 강도검사를 통해 감각평가를 실시하였다(충남대학교 생명윤리위원회 생명윤리 면제심의 윤리면제 승인번호: 201811-SB-187-01). 강도검사는 충남대학교 식품영양학과 학생 8명을 패널로 선정하여 충분한 지식과 용어, 평가기준 등을 숙지시킨 후 실험에 응하도록 하였다. 강도검사의 항목은 외부색, 김 향, 비린향, 김 맛, 전반적인 만족감이었으며 7점 척도법으로 강도(1점; 매우 약함, 7점; 매우 강함) 평가

를 시행하였다. 시료는 세 자리 난수표를 부착한 일회용 접시에 제공하였고, 다음 시료 평가에 미치는 영향을 줄이기 위해 따뜻한 물과 함께 제공하였다.

통계처리

본 실험 결과는 3회 반복하여 측정한 값을 SPSS 24.0 (Statistical Package for Social Science. SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package 프로그램 중에서 기술통계를 실시하여 평균과 표준 오차를 구하여 나타내었으며 분산분석(ANOVA)을 실시하여 유의성이 있는 경우에 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 이용하여 시료 간의 유의차를 검정하였다(p<0.05).

결과 및 고찰

환원당

마른 김 첨가에 따른 크리스피 쌀 과자의 환원당은 Table 2에 나타내었다. 환원당은 대조군의 경우 1.64%였으며 첨가군들의 경우에는 대조군에 비해 환원당의 함량이 모두 낮은 값을 보여 LP1 첨가군이 0.52%, LP3 첨가군이 0.46%, LP5 첨가군이 0.41%로 마른 김 첨가량에 따라 유의적으로 감소하였다(p<0.05). Park 등 (2014)에 따르면 건조 김의 유리당 함량에서 푸코오스, 갈락토오스, 포도당, 만노스가 검출되었으며 Baek 등(2019)의 연구에서는 과당이 추가 검출되어 김은 다양한 유리당 조성을 구성하고 있는 것으로 보인다. 반면, 시리얼의 주원료인 쌀의 당 조성은 대부분 sucrose가 차지하고 있는데 이는 가열로 단당류로 분해되어 환원당으로 전환되기 때문에 마른 김의 첨가량이 증가할수록 시리얼의 첨가량이 감소함에 따라 환원당은 감소하는 것으로 나타났다(Huh 등, 2016). 또한, 시리얼의 당 함량이 12%로 더 높기 때문에 환원당 감소에 영향을 미친 것으로 사료된다.

색도

마른 김 첨가 크리스피 쌀 과자의 색도는 Table 2에 나타내었다. L값은 대조군이 77.48로 가장 높았으며 LP1, LP3, LP5이 각각 75.84, 73.50, 71.30으로 마른 김 첨가량에 따라 유의적으로 감소했다(p<0.05). 적색도(+, redness)를 나타내는 a값의 경우에 대조군이 3.35였으나 LP1이 3.15, LP3 첨가군이 3.12, LP5이 2.80으로 마른 김의 첨가량에 따라 적색도가 감소한 것으로 나타났다(p<0.05). 황색도(+, yellowness)를 나타내는 b 값은 대조군이 19.29였으나 LP1, LP3, LP5이 각각 15.48, 14.87, 11.63으로 마른 김의 첨가량에 비례하여 감소하는 경향을 보였다(p<0.05). 대조군과 마른 김 분말 첨가군들을 비교한 색차는 NBS (National Bureau of Standards) 색차 단위 기준에 의하면 LP1과 LP3이 각각 4.00, 5.96으로 다소의 차를 나타냈으며 LP5이 9.86으로 상당한 차이를 보여 김 첨가량에 따라 김에 함유된 색소로 인해 뚜렷한 색 변화가 있는 것으로 사료된다. 이러한 결과는 김 분말을 첨가한 쿠키(Lee 등, 2017)와 유사한 결과를 보였으나 a값의 경우에는 김 분말의 첨가량에 따라 농도 의존적으로 감소하여 점차 녹색도가 진해지는 것으로 나타났다. 김에 함유되어 있는 색소 종류로는 클로로필, 카로티노이드, 피코에리트린 등이 대부분을 구성하고 있으며 이는 김의 종류, 양식 기간 및 시기, 양식장의 조건, 양식 기법에 따라서 그 농도에 차이를 보인다(Kim 등, 2012). Cahyana 등(1992)은 해조류의 천연 색소물질이 항산화활성을 갖고 있음을 밝혔으며 카로티노이드는 체내 과산화로부터 지질 조직을 보호하는데 중요한 역할을 하고(Krinsky, 1989) 피코에리트린 또한 진핵생물의 세포내 ROS 발생과 생리적 기능 저하를 방지한다(Sonani

Table 2. Reducing sugar content and color value of rice crispy cereal added with different amount of dried laver

	Control ¹⁾	LP1	LP3	LP5	
Reducing sugar content (%)	1.64±0.03 ^{a2)3)}	0.52±0.02 ^b	0.46±0.02 ^c	0.41±0.03 ^c	
Color value	Lightness (L)	77.48±0.06 ^a	75.84±0.23 ^b	73.50±0.24 ^c	71.30±0.18 ^d
	Redness (a)	3.35±0.02 ^a	3.15±0.02 ^b	3.12±0.03 ^b	2.80±0.01 ^c
	Yellowness (b)	19.29±0.05 ^a	15.48±0.10 ^b	14.87±0.03 ^c	11.63±0.18 ^d
	ΔE	0.00	4.00±0.04 ^c	5.96±0.18 ^b	9.86±0.21 ^a

¹⁾Control: Rice crispy cereal without dried laver, LP1: Rice crispy cereal added with 1% dried laver, LP3: Rice crispy cereal added with 3% dried laver, LP5: Rice crispy cereal added with 5% dried laver.

²⁾All values are mean±S.D.

³⁾Different letters (a-d) in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

Table 3. Phycocyanin and chlorophyll of rice crispy cereal added with different amount of dried laver

	Control ¹⁾	LP1	LP3	LP5	
Phycocyanin (μg/mL)	C-phycocyanin	4.69±0.00 ^{c2)3)}	4.90±0.00 ^b	4.96±0.00 ^b	5.17±0.00 ^a
	Allophycocyanin	7.18±0.00 ^d	8.08±0.00 ^c	9.07±0.00 ^b	9.97±0.00 ^a
Chlorophyll (μg/mL)	Chlorophyll a	0.46±0.01 ^d	0.57±0.01 ^c	0.71±0.01 ^b	0.81±0.02 ^a
	Chlorophyll b	0.81±0.00 ^c	0.75±0.00 ^b	0.76±0.01 ^b	0.84±0.01 ^a
	Total chlorophyll	1.26±0.00 ^d	1.32±0.01 ^c	1.47±0.02 ^b	1.66±0.01 ^a

¹⁾Control: Rice crispy cereal without dried laver, LP1: Rice crispy cereal added with 1% dried laver, LP3: Rice crispy cereal added with 3% dried laver, LP5: Rice crispy cereal added with 5% dried laver.

²⁾All values are mean±S.D.

³⁾Different letters (a-d) in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

등, 2017). 그러나 이러한 색소 성분은 저장 중에 변화가 쉽게 일어나므로 김의 품질을 평가하는 중요한 요소인데(Kim 등, 1987) Lee 등(1987)의 연구 결과에 의하면 피코에리트린은 클로로필과 카로티노이드에 비해 열에 약하고, 수용성이므로 적색도가 온도가 올라갈수록 현저히 감소하였다고 나타나 본 실험에서 적색도가 감소하는 근거로 사료된다.

피코시아닌

마른 김 첨가에 따른 크리스피 쌀 과자의 피코시아닌 함량은 Table 3에 나타내었다. C-phycocyanin에서 대조군은 4.69 μg/mL로 전체 실험군들 중에 가장 낮았으며 첨가군들은 마른 김 첨가로 인해 대조군보다 높은 피코시아닌 함량을 보였는데 LP1이 4.90 μg/mL, LP3이 4.96 μg/mL, LP5이 5.17 μg/mL로 마른 김 첨가량에 따라 증가하였다($p<0.05$). Allophycocyanin 또한 대조군이 7.18 μg/mL였으나 첨가군들의 경우에는 대조군에 비해 모두 높은 값을 보여 각각 8.08, 9.07, 9.97 μg/mL로 증가하였다($p<0.05$). 청색의 피코시아닌 색소는 홍조류인 김의 보조색소로 클로로필의 광합성 효율을 증가시키며(Dawes, 1997) 폴리페놀과 플라보노이드와 항산화 활성이 유사하여 첨가시에 크리스피 쌀 과자의 항산화성 향상에 기여할 것으로 사료된다. 피코시아닌은 항산화성 뿐 아니라 염증조직의 프로스타글란딘 및 백혈구 수치를 감소시키고 TNF-α 농도를 감소시키는 등의 항염증 효과도 발견되어 다양한 약리학적 성질을 보이는 것으로 나타났다(Romay 등, 2003).

클로로필

마른 김 첨가에 따른 크리스피 쌀 과자의 클로로필 함량은 Table 3에 나타내었다. 클로로필 a는 대조군이 0.46 μg/mL로 가장 낮았으나 첨가군들 사이에서는 마른 김 첨가량에 따라 클로로필 a 함량도 증가했으며 LP1, LP3, LP5이 각각 0.57, 0.71, 0.81 μg/mL로 나타났다($p<0.05$). 클로로필 b 함량은 대조군이 0.81 g/mL, LP1이 0.75 μg/mL, LP3이 0.76 μg/mL, LP5이 0.84 μg/mL로 나타

났다. 따라서, 총 클로로필 함량도 마찬가지로 대조군이 1.26 μg/mL로 가장 낮았으나 마른 김 첨가량의 농도에 비례하여 LP1이 1.32 μg/mL, LP3이 1.47 μg/mL, LP5이 1.66 μg/mL로 마른 김의 첨가로 인해 크리스피 쌀 과자중의 클로로필 함량이 점차 유의적으로 증가하였다. 홍조식물인 김은 주 색소인 클로로필과 보조색소인 피코에리트린, 피코시아닌, 카로티노이드가 함께 존재하는데(Kim 등, 2012) 이는 이들 색소가 별개로 활성화 될 때보다 서로 결합되어 활성화될 때 광합성 효율이 증가된다. 피코에리트린과 피코시아닌은 광합성을 위해 엽록소가 흡수하지 못하는 영역의 가시광선까지 효과적으로 흡수한다(Lobban과 Harrison, 1994; Dawes, 1997). 그러나 클로로필은 산에서도 불안정하여 마그네슘이 수소로 치환되어 누렇게 탈색되므로 식품에 분말을 첨가하는 경우 색 변화가 상품성을 저하시키기때문에 이러한 품질을 개선하기 위해 구리, 아연을 이용하여 안정화시키는 방법, 염화아연, 식소다로 처리하여 안정화시키는 방법에 관하여 연구가 보고되었다(Kim 등, 2015).

총 페놀 함량

마른 김 첨가에 따른 크리스피 쌀 과자의 총 페놀 함량 측정 결과는 Fig. 1과 같다. 대조군의 총 페놀 함량은 1.14 mg/mL, LP1은 1.29 mg/mL, LP3은 1.34 mg/mL, LP5은 1.39 mg/mL로 마른 김 분말의 첨가량에 비례하여 총 페놀 함량도 증가하였다($p<0.05$). 일반적으로 페놀성 물질이란 하나 이상의 수산기로 치환된 방향족 환을 가지고 있는 식물성분으로 자유라디칼을 소거하는 작용을 하는데(Halliwell과 Gutteridge, 1990) 해조류의 다양한 생리활성은 주로 다당류에 의한 것으로 보고되었으며(Kwak 등, 2005) 김에서는 김의 수용성 다당류인 포피란과 폴리페놀 등이 라디칼에 수소를 제공함으로써 활성산소를 소거시킨다. 폴리페놀 화합물 함량은 산화 안정성 뿐만아니라 심혈관계질환 예방, 항돌연변이, 노화 지연효과를 가지며(Cornish와 Garbary, 2010) 이러한 페놀성 성분들이 마른 김 첨가 크리스피 쌀 과자의 총 페놀함량에

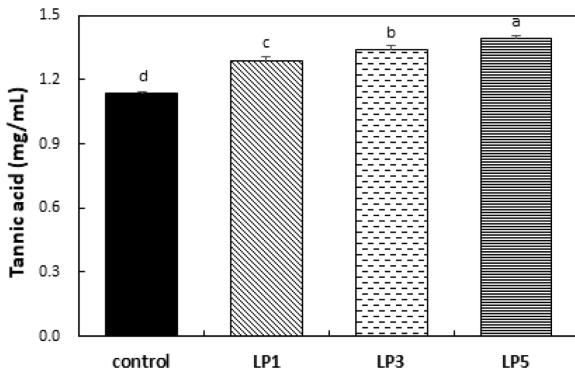


Fig. 1. Total phenol contents of rice crispy cereal added with different amount of dried laver. Control: Rice crispy cereal without dried laver, LP1: Rice crispy cereal added with 1% dried laver, LP3: Rice crispy cereal added with 3% dried laver, LP5: Rice crispy cereal added with 5% dried laver. Different letters (a-d) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$. All values are mean \pm SD.

영향을 미친 것으로 보여진다. 따라서 김이 식물유래 천연 항산화제로서의 높은 생리학적 가치를 지니고 있으며 앞으로 마른 김을 첨가한 제품군에서 높은 항산화 효능을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

플라보노이드 함량

마른 김 첨가에 따른 크리스피 쌀 과자의 플라보노이드 함량 측정 결과는 Fig. 2와 같다. 대조군은 0.15 mg/mL, LP1은 0.19 mg/mL, LP3은 0.23 mg/mL, LP5은 0.27 mg/mL로 마른 김의 첨가량이 많아질수록 높게 나타났다($p < 0.05$). 이는 총 phenol 함량을 측정 한 결과와 일치하였으며 Baik 등(2019)은 마른 김의 메탄올 추출물에서 플라보노이드 함량이 방사무늬김이 110.80 mg/mL, 잇바디돌김이 51.91 mg/mL로 나타났다고 보고해 이는 마른 김 중의 플라보노이드 성분이 항산화효과에 많은 기여를 하고 있음을 간접적으로 확인할 수 있었다. 또한 마른 김을 첨가한 마지팬(Kim 등, 2020)과 모닝빵(Baik 등, 2018)에서도 마른 김 첨가량의 농도 의존적으로 플라보노이드 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 플라보노이드는 식물성 식품에 가장 흔하게 존재하는 파이토케미컬로(Chun 등, 2005) 항염작용, 내피세포 기능 개선, 혈소판 응집 저해 등의 기전으로 심혈관계 질환을 예방하고(Rein 등, 2000), 세포 주기, 세포 증식의 조절작용 및 해독 효소의 작용, 면역계 활성화 기능에도 작용하는 것으로 알려졌다(Yao 등, 2004). 따라서 산화적 스트레스로 인한 산화적 손상을 예방하기 위해 과일과 채소 등 식물성 식품의 섭취를 통하여 충분히 공급 받는 것이 필요한데 김과 같은 항산화 물질이 풍부한 부재료를 첨가함으로써 플라보노이드의 공급이 적정 수준으로 가능할 것으로 사료된다.

DPPH 라디칼 소거능

마른 김 첨가에 따른 크리스피 쌀 과자의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과는 Fig. 3과 같다. IC₅₀값은 대조군이 801.34 mg/mL, LP1은 589.16 mg/mL, LP3은 552.37 mg/mL, LP5은 503.11 mg/mL로 마른 김의 첨가량이 증가함에 따라 라디칼 소거능이 50% 수준이 되는 농도인 IC₅₀값은 낮게 나타났으며 이에 따라 김을 첨가함으로써 항산화능은 증진되는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 우리나라에서 생육하는 12종의 해조류를 분획추출하여 항산화효과

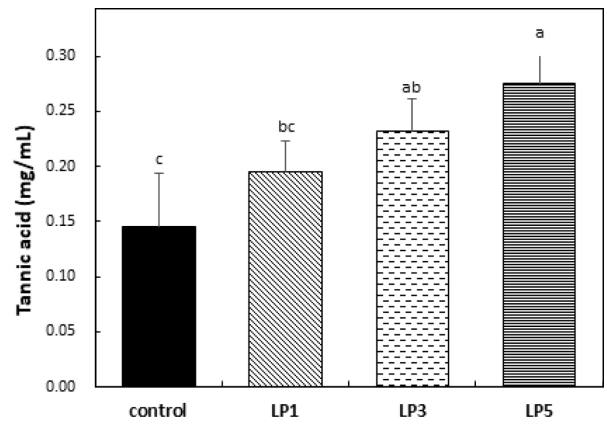


Fig. 2. Flavonoid contents of rice crispy cereal added with different amount of dried laver. Control: Rice crispy cereal without dried laver, LP1: Rice crispy cereal added with 1% dried laver, LP3: Rice crispy cereal added with 3% dried laver, LP5: Rice crispy cereal added with 5% dried laver. Different letters (a-c) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$. All values are mean \pm SD.

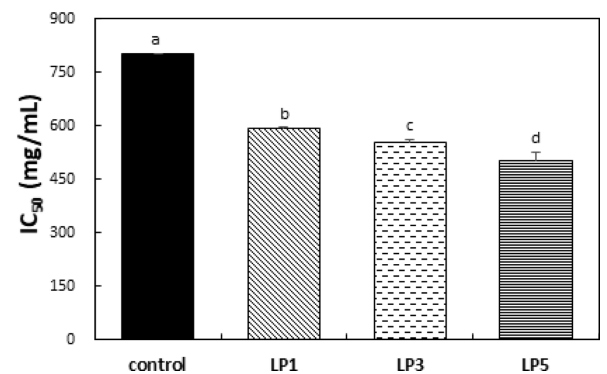


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of rice crispy cereal added with different amount of dried laver. Control: Rice crispy cereal without dried laver, LP1: Rice crispy cereal added with 1% dried laver, LP3: Rice crispy cereal added with 3% dried laver, LP5: Rice crispy cereal added with 5% dried laver. Different letters (a-d) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$. All values are mean \pm SD.

를 측정 한 결과 김, 미역, 다시마, 파래 순으로 DPPH 라디칼 소거능이 높은 것으로 나타났다(Lee와 Choi, 2012). 또한, 포피란 또는 포피란 유도체가 *in vitro*에서 효과적으로 DPPH 라디칼 및 superoxide 라디칼을 소거하였음을 보고하였다(Hatada 등, 2006). 일반적으로 총 DPPH 라디칼 소거능과 항산화능은 서로 양의 상관 관계가 있으며 항산화능의 주된 성분은 페놀 화합물이라고 보고되고 있어(Lee 와 Choi, 2012) 크리스피 쌀 과자에 마른 김을 첨가할 경우 다른 항산화활성 유용식물 탐색들과 비교해보았을 때 높은 수준의 항산화활성을 나타내는 것으로 확인되었다.

Hydroxyl 라디칼 소거능

마른 김 첨가에 따른 크리스피 쌀 과자의 hydroxyl 라디칼 소거능 측정 결과는 Fig. 4와 같다. IC₅₀값은 대조군이 500.95 mg/mL, LP1은 470.17 mg/mL, LP3은 383.65 mg/mL, LP5은 264.67 mg/mL로 마른 김의 첨가량이 증가함에 따라 라디칼 소거능이 50% 수준이 되는 농도인 IC₅₀값은 낮게 나타났으며 이에 따라

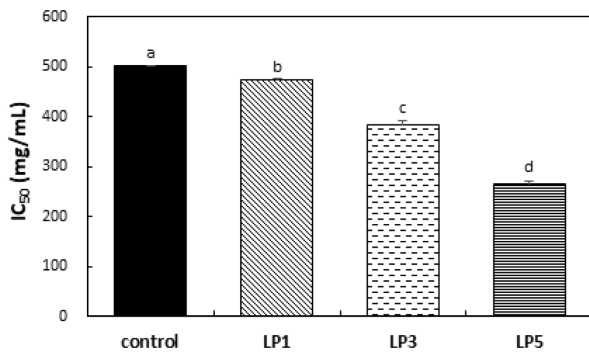


Fig. 4. Hydroxyl radical scavenging activity of rice crispy cereal added with different amount of dried laver. Control: Rice crispy cereal without dried laver, LP1: Rice crispy cereal added with 1% dried laver, LP3: Rice crispy cereal added with 3% dried laver, LP5: Rice crispy cereal added with 5% dried laver. Different letters (a-d) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$. All values are mean \pm SD.

hydroxyl 라디칼 소거능이 증가했다($p < 0.05$). Kwak 등(2005)에 따르면 해조류들은 지질과산화물을 억제하는 효과보다는 이미 생성된 지질과산화물이 단백질과 결합하는 것을 저해하는 효과가 크다고 보고하였다. 김에는 클로로필, 카로티노이드, 피코빌린 등의 색소성분과 폴리페놀, 토코페놀, 포피란 등의 산화 방지 성분이 존재하는데(Oh 등, 2013) 포피란은 건조 김의 10% 내외로 함유되어 있으며 최근에는 항종양 활성(Noda와 Arashima, 1989), 항산화활성(Zhang 등, 2004) 등이 밝혀져 김이 활성산소 소거능은 물론 이러한 생리활성에 크게 기여할 수 있음을 암시하였다. 따라서 김을 포함한 해조류를 많이 섭취하는 것이 노화 및 산화스트레스로 인한 지질과산화물과 이에 따른 생체 내 기능적 손상을 예방하여 성인병의 진행을 지연시키는데 도움을 줄 것으로 기대된다.

감각평가

마른 김 첨가에 따른 크리스피 쌀 과자의 강도평가 결과는 Table 4에 나타내었다. 마른 김 첨가 크리스피 쌀 과자의 색상은 대조군이 1.4점으로 매우 약한 수준을 보였으나 마른 김 첨가량에 따른 유의적인 차이를 보여 LP5 첨가군이 가장 높은 값을 나타냈다($p < 0.05$). 김 향은 대조군이 1.0점, LP1이 3.4점, LP3이 4.6점, LP5이 5.0점으로 대조군의 강도는 매우 약한 수준이었으나 마른 김 첨가량이 증가함에 따라 점차 강도가 강해져 첨가량에

따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 비린향은 대조군이 1.0점, LP1이 1.4점, LP3이 1.8점, LP5이 2.2점을 받아 전반적으로 모든 실험군들의 강도가 약한 수준을 보였으며 첨가군과 대조군 사이에 유의적인 차이도 나타나지 않았다. 이에 따라 마른 김의 첨가가 김 향의 강도에는 영향을 미치지 않으나 일정량 이상으로 첨가하지 않는 이상 비린 향의 첨가에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 사료된다. 김 맛은 대조군이 1.0점, LP1이 3.2점, LP3이 4.4점, LP5이 4.8점을 받아 대조군은 강도가 매우 약했으나 LP5에서는 약간 강한 수준의 강도를 나타냈다. 마른 김의 첨가량에 따라 대조군과 첨가군 간의 유의적인 차이를 보였으며 김 향과 동일한 결과를 보였다. 전반적인 만족감은 대조군이 5.5점, LP1이 5.8점, LP3이 6.2점으로 마른 김 첨가량에 따라 점수가 증가하는 경향을 보였으며 LP5 첨가군이 6.8점으로 가장 높은 점수를 받았다. 이는 마른 김 첨가량에 따라 외부색, 김 향, 김 맛이 증가하여 전반적인 만족감도 증가한 반면 비린내는 실험군들의 점수가 1.0-2.2점으로 대체적으로 낮아 큰 영향을 미치지 않았기 때문으로 생각된다.

요 약

본 연구는 비타민 및 무기질 등의 영양성분을 고루 함유하고 있을 뿐만 아니라 특히 식이섬유와 수용성 산성 다당류인 포피란이 풍부한 김 분말을 항산화성을 증진시킬 목적으로 크리스피 쌀 과자에 시리얼의 0, 1, 3, 5% 비율로 첨가하여 품질특성과 항산화능을 분석하였다. 환원당은 마른 김을 첨가함에 따라 크리스피 쌀 과자 중의 함량이 감소했다. 색도는 마른 김의 첨가량에 의해 명도와 적색도, 황색도 모두 유의적으로 감소하였다. 산화방지 등의 항산화 활성을 가지는 색소 성분인 피코시아닌과 클로로필 함량 모두 마른 김 첨가량에 따라 유의적으로 증가했다. 항산화능은 총 페놀 함량, 플라보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거능 및 hydroxyl 라디칼 소거능 모두 마른 김 분말의 농도에 비례하여 우수해지는 것으로 나타났다. 감각평가 결과, 전반적인 만족감은 LP5 첨가군이 유의적으로 가장 높았고 대조군의 점수가 가장 낮았다. 크리스피 쌀 과자에 마른 김 분말을 첨가하는 것은 항산화능 증진에도 도움을 주어 크리스피 쌀 과자의 상품으로서의 가치를 높일 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2019년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(충청씨그랜트).

Table 4. Sensory characteristics of rice crispy cereal added with different amount of dried laver

	Control ¹⁾	LP1	LP3	LP5
Color	1.4 \pm 0.5 ^{c2)3)}	3.8 \pm 1.6 ^b	4.2 \pm 1.3 ^{ab}	5.4 \pm 0.5 ^a
Flavor of laver	1.0 \pm 0.0 ^c	3.4 \pm 0.5 ^b	4.6 \pm 0.9 ^a	5.0 \pm 1.0 ^a
Flavor of fishery	1.0 \pm 0.0 ^{NS4)}	1.4 \pm 0.5	1.8 \pm 1.3	2.2 \pm 2.2
Taste of laver	1.0 \pm 0.0 ^c	3.2 \pm 0.8 ^b	4.4 \pm 0.9 ^a	4.8 \pm 0.8 ^a
Overall satisfaction	5.5 \pm 1.0 ^b	5.8 \pm 0.4 ^{ab}	6.2 \pm 0.8 ^{ab}	6.8 \pm 0.4 ^a

¹⁾Control: Rice crispy cereal without dried laver, LP1: Rice crispy cereal added with 1% dried laver, LP3: Rice crispy cereal added with 3% dried laver, LP5: Rice crispy cereal added with 5% dried laver.

²⁾All values are mean \pm S.D.

³⁾Different letters (a-c) in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

⁴⁾NS: Not significant at $p < 0.05$.

References

- Amorim E, Castro VTNA, Melo J, Corrêa A, Peixoto Sobrinho TJS. Standard operating procedures (SOP) for the spectrophotometric determination of phenolic compounds contained in plant samples. pp. 47-64. In: Latest research into quality control. Isin Akyar (ed) InTech, Rijeka, Croatia (2012)
- Baek SY, Kim SB, Kim MR. Antioxidant activities and physicochemical property of butter morning bread added with dried laver. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 47: 1242-1250 (2018)
- Baek SY, Kim SJ, Kim DH, Kim MR. Comparison of quality characteristic and antioxidant activity between *Porphyra yezoensis* and *Porphyra dentata* in Korea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 48: 1233-1243 (2019)
- Cahyana AH, Shuto Y, Kinoshita Y. Pyropheophytin a as an antioxidative substance from the marine alga, Arame (*Eisenia bicyclis*). *Biosci. Biotech. Biochem.* 56: 1533-1535 (1992)
- Chappelle EW, Kim MS, McMurtrey III JE. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): an algorithm for the remote estimation of the concentrations of chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoids in soybean leaves. *Remote. Sens. Environ.* 39: 239-247 (1992)
- Cho KR, Song MR, Kim MR, Choi HS, Kim OS, Choi HY, Son JW. Food materials science. Power Book, Goyang, Korea. pp. 297 (2015)
- Chun OK, Kim DO, Smith N, Schroeder D, Han JT, Lee CY. Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *J. Sci. Food Agric.* 85: 1715-1724 (2005)
- Cornish ML, Garbary DJ. Antioxidants from macroalgae: potential applications in human health and nutrition. *Algae* 25: 155-171 (2010)
- Dawes CJ. Marine Botany. 2nd Edition. John Wiley and Sons Inc, New York, NY, USA. pp. 62-78, 113-168 (1997)
- Graf E, Eaton JW. Antioxidant functions of phytic acid. *Free. Radical. Bio. Med.* 8: 61-69 (1990)
- Graf E, Empson KL. Phytic acid: A natural antioxidant. *J. Biol. Chem.* 262: 11647-11650 (1987)
- Halliwel B, Gutteridge JMC. Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Method. Enzymol.* 186: 1-85 (1990)
- Hatada Y, Ohta Y, Horikoshi K. Hyperproduction and application of alpha-agarase to enzymatic enhancement of antioxidant activity of porphyran. *J. Agric. Food. Chem.* 54: 9895-9900 (2006)
- Hong TH, Kim GY, Kim CY, Seo JK, Oh CH, Jeonh YJ. Food materials science. Jigu publishing Co., Paju, Korea. pp. 235-237 (2011)
- Huh CK, Shim KH, Kim YD. Comparison of physicochemical properties between conventional and high-yielding rice varieties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 48: 20-26 (2016)
- Hwang JH, Park JE. Food materials science. Hyoil Books, Seoul, Korea. pp. 368-370 (2005)
- Jang HJ, Bu HJ, Lee SJ. Screening for antioxidative activity of Jeju native plants. *Korean J. Plant. Res.* 228: 158-167 (2015)
- Jang YK. Development and quality evaluation of the nutritional cereal bar prepared with environmentally-friendly brown rice and nuts. MS thesis, Dankook University, Yongin, Korea (2011)
- Joung KY, Song KY, O H, Zhang Y, Shin SY, Kim YS. Effect of various gluten-free flours on quality characteristics and antioxidant activities of cookies. *Korean. J. Food. Cook. Sci.* 33: 127-136 (2017)
- Ju JE, Nam YH, Lee KA. Quality characteristics of sponge cakes with wheat-rice composite flour. *Korean. J. Food Cookery Sci.* 22: 923-929 (2006)
- Kang SH, Ryu GH. Improvement in the Yukwa manufacturing by extrusion process with CO₂ gas injection. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 1-6 (2001)
- Kim DS, Lee DS, Cho DM, Kim HR, Pyeun JH. Trace components and functional saccharides in marine algae. 2. Dietary fiber contents and distribution of the algal polysaccharides. *J Korean Fish Soc.* 28: 270-278 (1995)
- Kim YD, Kim DS, Kim YM, Shin DH. Changes in the quality characteristics of dried laver (*Porphyra tenera*) during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 19: 206-211 (1987)
- Kim SJ, Kim HJ, Ma SJ, Kim SJ. Preparation and quality characteristics of rice breads. *Korean J. Food Cult.* 20: 433-437 (2005)
- Kim DH, Kim SJ, Park M, Kim MR. Physicochemical properties and antioxidant activities of marzipan chocolate with added dried laver. *J Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 49: 149-157 (2020)
- Kim SJ, Kim D, Park J, Lee TK. Phenolic content, DPPH radical scavenging, and tyrosinase inhibitory activities of *Ecklonia cava* extracted with the ultrasonic wave method. *J. Life Sci.* 23: 913-918 (2013a)
- Kim JB, Lee WC, Hong S, Shim JH, Park JI, Park J, Lee EG. Relationship between environmental characteristics and pigment composition and concentrations of *Porphyra yezoensis* Ueda in the southwestern coast of the Korean peninsula. *Korean J. Environ. Biol.* 30: 200-209 (2012)
- Kim JM, No J, Shin M. Development of fine bamboo leaf powder and its color stability. *Korean J. Food. Cook. Sci.* 31: 405-412 (2015)
- Kim MS, Park JD, Lee HY, Kum JS. Effect of rice flour prepared with enzyme treatment on quality characteristics of rice cookies. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1439-1445 (2013b)
- Krinsky NI. Antioxidant functions of carotenoids. *Free Radical Biol. Med.* 7: 617-635 (1989)
- Kwak CS, Kim SA, Lee MS. The correlation of antioxidative effects of 5 Korean common edible seaweeds and total polyphenol content. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 1143-1150 (2005)
- Lee JA. Quality characteristics of rice cereal bars containing different levels of mulberry leaf (*Morus alba* Linne) powder. *Culin. Sci. Hosp. Res.* 25: 119-126 (2019)
- Lee HJ, Choi SJ. Physiological activities and amino acid compositions of Korean dried laver *Porphyra* products. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.* 45: 409-413 (2012)
- Lee KH, Song SH, Jeong IH. Quality changes of dried lavers during processing and storage 2. Quality stability of roasted lavers during processing and storage. *Korean Fish Soc.* 20: 520-528 (1987)
- Lee JA, Song JS, Yoon JY. Quality characteristics of cookies with added dried laver (*Porphyra tenera*) powder. *Culin. Sci. Hosp. Res.* 23: 88-96 (2017)
- Lobban CS, Harrison PJ. Seaweed ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge, MA, USA. pp. 366 (1994)
- Moore MM, Heinbockel M, Dockery P, Ulmer HM, Arendt EK. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chem.* 83: 28-36 (2006)
- Nguyen TT, Choi YJ, Nguyen THP, Neri TA, Choi BD. Changes in nutrient and pigment contents of laver *Pyropia yezoensis* based on heating process and storage. *Korean J. Fish Aquat. Sci.* 51: 221-229 (2018a)
- Nguyen TT, Choi YJ, Nguyen THP, Neri TA, Choi BD. Change in the antioxidant activity of roasted seasoned laver *Pyropia yezoensis* with heat processing and storage. *Korean J. Fish Aquat. Sci.* 51: 362-368 (2018b)
- Noda HHA, Arashima K. Antitumour activity of polysaccharides and lipids from marine algae. *Nippon Suisan Gakk.* 55: 1265-1271 (1989)
- Oh S, Kim J, Kim H, Son S, Choe E. Composition and antioxidant activity of dried laver, *Dolgim*. *Korean J. Food. Sci. Technol.* 45: 403-408 (2013)
- Park WM, Kang DS, Bae TJ. Studies on organic acid, vitamin and free sugar contents of commercial dried lavers (*Porphyra yezoensis*) cultivated in Korea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 172-177 (2014)
- Patel A, Mishra S, Pawar R, Ghosh PK. Purification and characterization of C-phycoerythrin from cyanobacterial species of marine and freshwater habitat. *Protein Express. Purif.* 40: 248-255 (2005)
- Payne FA, Taraba JL, Saputra D. A review of puffing processes for expansion of biological products. *J. Food Eng.* 10: 183-197 (1989)
- Rein D, Paglieroni TG, Wun T, Pearson DA, Schmitz HH, Gosselin R, Keen CL. Cocoa inhibits platelet activation and function. *Am. J. Clin. Nutr.* 72: 30-35 (2000)
- Romay CH, Gonzalez R, Ledon N, Ramirez D, Rimbau V. C-phyco-

- cyanin: a biliprotein with antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective effects. *Curr. Protein Pept. Sci.* 4: 207-216 (2003)
- Ryu HS, Choi HS, Joo SY. Quality characteristics of rice nutritional bar added with aronia byproducts powder. *Korean J. Food Nutr.* 28: 947-955 (2015)
- Sonani RR, Rastogi RP, Singh NK, Thadani J, Patel PJ, Kumar J, Tiwari AK, Devkar RV, Madamwar D. Phycoerythrin averts intracellular ROS generation and physiological functional decline in eukaryotes under oxidative stress. *Protoplasma.* 254: 849-862 (2017)
- Valentao P, Fernandes E, Carvalho F, Andrade PB, Seabra RM, de Lourdes Bastos M. Studies on the antioxidant activity of *Lippia citriodora* infusion: scavenging effect on superoxide radical, hydroxyl radical and hypochlorous acid. *Biol. Pharm. Bull.* 25: 1324-1327 (2002)
- Yao LH, Jiang YM, Shi J, Tomás-Barberán FA, Datta N, Singanusong R, Chen SS. Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Food Hum. Nutr.* 59: 113-122 (2004)
- Zhang Q, Ning L, Liu X, Zhao ZZL, Xu Z. The structure of a sulfated galactan from *Porphyra haitanensis* and its vivo antioxidant activity. *Carbohydr. Res.* 339: 105-111 (2004)