

김과 파래 칩 시제품 제조 및 품질 특성에 관한 연구

차용준¹ · 서정진¹ · 허정민¹ · 정용희¹ · 김수민¹ · 정유은¹ · 황경환¹ · 이창현² · 유대웅^{1,2*}

¹국립창원대학교 식품영양학과, ²국립창원대학교 시니어휴먼에콜로지 협동과정(식품영양학전공)

Manufacturing and Quality Characteristics of Seaweed Chip Prototypes

Yong-Jun Cha¹, Jeong-Jin Seo¹, Jeong-Min Heo¹, Yong-Hee Jung¹, Sumin Kim¹, Yueun Jeong¹, Kyeonghwan Hwang¹, Changheon Lee² and Daeung Yu^{1,2*}

¹Department of Food and Nutrition, Changwon National University, Changwon 511140, Republic of Korea

²Interdisciplinary Program in Senior Human-Ecology, Major in Food and Nutrition, Changwon National University, Changwon 51140, Republic of Korea

In this study, high-protein seaweed chips were prepared on a plant scale using laver and green laver as primary ingredients, and their quality characteristics were evaluated. The crude protein contents of laver and green laver chips were 13.0 g/100 g and 13.5 g/100 g, respectively, making them high-protein products. The amino acid composition of laver chips was 11,810.2 mg/100 g, with essential amino acids (EAAs) accounting for 33.0% and branched-chain amino acids (BCAAs) for 18.6% of the total. In green laver chips, the amino acid composition was 8,292.9 mg/100 g, of which EAAs represented 48.5%, and BCAAs 17.1%. Regarding the free amino acids of laver and green laver chips, amino acids with sweetness (threonine, serine, glycine, and lysine) were the most abundant at 143.8 mg/100 g and 136.0 mg/100 g, respectively. Flavor components, including 3-methylbutanal, dimethyl sulfide, dimethyl disulfide, and dimethyl trisulfide, were generated by reactions, and (E)-2-heptenal, nonanal, hexanal, 3,5-octadien-2-one, and (E)- β -ionone in green laver may contribute significantly to the flavor of the green laver chip prototype. Sensory evaluation showed that preference was generally suitable in the range of 6.20–6.56 for the seaweed chips. However, further research is required to improve texture and consumer preferences.

Keywords: Alternative protein, Green laver prototype, Laver prototype, Reaction flavor, Seaweed chip

서론

우리나라에 서식하는 해조류는 대략 750여 종에 달하지만, 실제 식용으로는 30여 종에 불과하다고 알려져 있다(Kim et al., 2019). 해조류는 다양한 환경과 극한의 조건에도 널리 분포하고 있으며, 엽록소, 크산토펜 및 카로티노이드와 같은 복합 유기화합물류뿐만 아니라 1차 대사산물류(polyunsaturated fatty acid, 탄수화물, 지질, 비타민 등) 및 2차 대사산물류(페놀 화합물, 탄닌, 펙타이드 및 테르페노이드 등)를 함유하기 때문에 가치가 매우 높게 평가된다(Biris-Dorhoi et al., 2020). 또한 최근에는 건강 유지 및 증진을 목적으로 이러한 해조류를 기능성 식품 제조의 첨가물로 사용하거나, 건강식품으로 그 가치가 높게 인식되고 있다(Wassie et al., 2021). 우리나라 해면 양식업 생산

동향을 보면 홍조류에 속하는 김(*Porphyra yezoensis*)은 2024년에 551,516 ton이 생산되어 미역 다음으로 생산량이 많았고, 2023년(534,390 ton)에 비해 3.2%가 증가하였다. 그리고 갈파래목(Ulvales)의 가시파래(*Enteromorpha prolifera*)는 5,637 ton이 생산되었는데(MOF, 2025), 이는 우리나라 서해안 및 남해안에서 주로 양식된다(Jeong et al., 2023; Heo et al., 2024a). 이들 해조류는 식이섬유 중 함량이 많은 수용성 산성 다당류와 폴리페놀성분이 항산화 및 항염증 효과뿐만 아니라, 면역력 강화와 혈액 순환을 촉진하는 효과가 있는 것으로 보고되고 있고, 영양학적으로도 조단백질 함량 및 조지방 함량이 매우 높아 알카리성 건강식품 소재로 알려져 있다(Jeong et al., 2023; Heo et al., 2024b). 한편 가공적인 측면에서 보면, 조미 김을 제외한 김 가공품은 스낵류 및 부각류가 대부분이며, 유당처리 된 제품이

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 213.3513 Fax: +82. 55. 281. 7480

E-mail address: duyueun@changwon.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.2025.0489>

Korean J Fish Aquat Sci 58(5), 489-499, October 2025

Received 27 May 2025; Revised 27 July 2025; Accepted 15 August 2025

저자 직위: 차용준(교수), 서정진(대학생), 허정민(대학생), 정용희(대학생), 김수민(대학원생), 정유은(대학원생), 황경환(대학원생), 이창현(대학원생), 유대웅(교수)

많은 제품 저장 및 유통 중의 유지 산패가 풍미에 부정적인 영향을 미치거나 유통기한이 단축되는 문제점을 가지고 있다(Choi et al., 2011; Jung et al., 2013). 반면에 파래는 김에 비하여 대중적인 식재료가 아니기 때문에 상대적으로 가공품이 매우 적은 수준이며 최근 들어 생면(Kim et al., 2020a), 버터쿠키(Kim et al., 2020b) 및 모닝빵(Kim et al., 2019) 등에 적용한 사례가 보고되고 있다. 따라서 최근에는 지방 함량을 낮추려는 air frying 기술을 적용한 사례로서, 연근 건조 칩(Hwang et al., 2022), 김 칩(Jeong et al., 2023) 등의 식물성 소재뿐만 아니라 동물성 소재를 이용한 생선 스낵(Joshy et al., 2020) 및 surimi 자체를 이용한 제품(Yu et al., 2020) 등도 보고되었다. Air-frying 기술은 내부의 발열체에서 발생하는 공기(최대 200°C)를 내부 팬으로 순환하여 대류 방법으로 가열 처리하는 방식으로 종전의 대부분의 해조류를 이용한 스낵류에 적용된 유탕 방식에 비해 유통 저장 중 지질의 산패로 인한 품질저하를 억제할 수 있는 이점과 함께 건강 지향성을 목적으로 하고 있다(Yu et al., 2022).

한편 반응향(reaction flavor)은 아미노산 및 당류와 같은 전구물질을 가열처리를 통하여 가공하는 일종의 Maillard 반응으로써, 일반적으로 식품가공에서 좋은 향미를 부여하는 데 오랫동안 적용되어 왔다(Ahn et al., 2014b; Seo et al., 2015). 이러한 반응향 연구는 공통적으로 식품 고유의 향에 savory 향미를 부여하거나 또는 이취를 차폐(masking) 할 목적으로 시도되었기에, 이러한 반응향 기술을 적용한다면 해조류 특유의 이취의 차폐 효과와 함께 해조류를 이용한 칩 가공품의 풍미 증진에도 크게 기여할 것이라 생각되었다. 이에 이전 연구에서는 건강식품 소재로서 충분한 가치가 있는 해조류(김 및 파래)를 원료로 하여 고단백질 함유 해조류칩 제조를 위한 이화학적 물성조건, 반응향 제조조건 및 air frying의 최적화 조건을 반응표면분석법으로 lab-scale에서 제조한 바 있다(Jeong et al., 2023; Heo et al., 2024a). 본 연구에서는 Lab-scale에서 얻어진 최적 조건으로 plant-scale로 제조하였을 경우 해조류칩 시제품의 품질 특성을 비교 분석함으로써, 앞으로 시판 유통상품으로 제조 시 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

칩 제조용 마른 김(*P. yezoensis*)은 Manjun Foods Co., Ltd. (Mokpo, Korea)에서 제공받아 가스렌지에서 가볍게 구운(5 sec 이내) 다음, 균질기(HB 50; Korea Powder System Co., Ltd., Incheon, Korea)에서 분쇄 후 80 mesh체(Supply Filter Tech Co., Ansan, Korea)에 거른 다음 냉동(-24°C) 보관하여 두고 실험에 사용하였다. 한편 파래 칩 원료인 파래(*Enteromorpha prolifera*)는 건조 및 분쇄된 것을 Food-ai (Hanam, Korea)에서 구매한 후 80 mesh체에 거른 다음 냉동 보관하여 두고 사용하였다. 그리고 냉동된 무염갈치 수리미(hair-

tail surimi; Xiangshan Shipu Goulog Aquatic Products Co., Ningbo, China)는 GNK Co. (Busan, Korea)에서 구매하여 일정량(ca 1.0 kg) 소분 및 low-density polyethylene (LDPE) film (25 cm × 30 cm; Cleanwrap Co., Seoul, Korea)에 포장하여 냉동보관 하면서 실험에 사용하였다. 부원료로서 팽창제인 6-gluconolactone (GDL), 탄산수소나트륨(NaHCO₃) 및 베이킹파우더는 각각 ES Food Co. (Gunpo, Korea), Bread Garden Co. (Seongnam, Korea) 및 Johung Co (Ansan, Korea)에서, 그 외 설탕(CJ Cheiljedang Co., Incheon, Korea), 중력밀가루(CJ Cheiljedang Co., Incheon, Korea), 소금(CJ Cheiljedang Co., Busan, Korea) 및 볶음 콩가루(Cheong Eun F&B Co., Goyang, Korea)는 경남 창원시에 소재한 로컬마트에서 구매하여 사용하였다. 또한 반응향 기술에 적용된 아미노산류(proline, methionine, threonine 및 glycine) 및 glucose는 Vixxol Co (Ansan, Korea)에서 무상으로 지원받아 사용하였다.

김 칩 및 파래 칩 시제품 제조

김 칩 시제품은 주원료로서 분쇄한 김, 수리미 및 밀가루에 부원료인 설탕, 소금 및 팽창제(탄산수소나트륨 및 베이킹파우더)를 Table 1의 배합비와 같이 혼합믹서기(80 kg 용량; Shinheung Food Co., Gimhae, Korea)에 넣고 반응향 유도액(reaction flavor-inducing solution, RFS)과 물을 첨가한 후 5–10 min 간 교반하여 탄력성있는 반죽을 만들었다. 이때 RFS에 사용된 아미노산류는 다음과 같은 비율, 즉 methionine 0.54 g%, threonine 3.30 g%, glycine 2.40 g%, glutamic acid 0.90 g% 과 glucose 3.00 g% (w/v)를 증류수 100 mL에 용해한 다음, autoclave (LAC-5080SD 80L; Daihan labtech Co., LTD., Namyangju, Korea)에서 121°C, 1 bar의 조건에서 90 min간 반응시켜 RFS를 제조하였다. 반죽은 압출성형기(ø 18 cm × 50 cm; Shinheung Food Co., Gimhae, Korea)에 넣고 노즐(ø 0.1 mm × 19 pin)을 통과하여 압출 성형시킨 다음, 계속해서 컨베이어 벨트를 통하여 저온실(10°C 이하)에서 10 min 정도 급속건조(습도 40% 이하)시킨 후, 약 13.5 cm (long) × 9.5 cm (width) × 0.15 mm (thickness)의 크기로 절단한 김 칩 성형물을 얻었다. 다음으로 air-frying conveyor (9 m long; Shinheung Food Co., Gimhae, Korea)을 통하여 210°C에서 2.33 min 가열을 한 다음 자연 건조하였다. 완성된 김 칩 시제품은 40 g씩을 3겹 laminated film (25 cm × 35 cm × 0.1 thickness; DSMNT Co., Hwaseong, Korea)에 넣어 포장하였다.

한편 파래 칩 시제품(Fig. 1)의 경우는 Table 1과 같은 배합비에 RFS와 물을 첨가하여 김 칩 제조공정과 같이 혼합믹서기에서 반죽을 제조하였다. 이때 파래 칩의 RFS 제조비율은 methionine 0.05 g%, threonine 1.0 g%, proline 1.0 g%, glycine 1.4 g%과 glucose 2.0 g% (w/v)를 증류수 100 mL에 용해한 다음, autoclave (98°C, 90 min)에서 제조하였다. 파래 칩 반죽은 김 칩 제조시와 동일한 방법으로 압출성형, air-frying 및 자연



Fig. 1. Appearance of green laver chip prototypes.

건조하여 파래 칩 시제품을 얻었다.

김 칩 및 파래 칩 시제품의 영양성분 및 중금속 함량 분석

김 칩 및 파래 칩 시제품의 14대 영양성분 분석은 국내 공인된 자가품질검사기관인 하동녹차연구소(Hadong, Korea)에 의뢰하여 각 제품의 품질규격을 분석하였으며, 김 칩 시제품의 중금속은 식품공전(KFDA, 2022a)에 따라 해조류에 설정된 4가지 중금속 기준으로 건식회화법으로 전처리후, 분석은 Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICP; Perkin-Elmer Optima 4300V ICP-OES, Pocasset, MA, USA)로 정량 분석하였다.

김 칩 및 파래 칩 시제품의 구성 및 유리아미노산의 분석

시료의 구성아미노산 분석은 식품공전(KFDA, 2022b)에 따라 분쇄한 시료 0.20 g을 정확히 칭량한 다음 test tube에 넣고 6 N HCl을 15 mL를 가하여 110°C dry oven에서 24 h 가수분해

시켰다. 분해된 시료는 glass filter로 여과 및 rotary evaporator 로 55°C에서 감압 농축을 한 다음, pH 2.20 citric buffer로 정용 (25 mL) 및 0.45 µL membrane filter (Hyundai Micro, Seoul, Korea)로 여과하여 아미노산 분석용 시료로 하였다. 유리아미노산 분석은 동결 건조기(HyperCOOL HC3110; BMS Co. Ltd., Seoul, Korea)로 -110°C에서 72 h 동결건조 한 시료 2 g에 70% ethanol (Sigma Co., St. Louis, MO, USA) 30 mL를 이용하여 교반 및 원심 분리한 다음, 침전된 시료에 다시 70% ethanol 30 mL를 넣어 분리한 상층액을 감압 농축(<40°C)하였다. Ether로 수세 및 농축한 시료는 citric buffer (Sigma Co.) (pH 2.20)로 정용(25 mL)한 다음, sulphosalicylic acid (Sigma Co.) 1 g을 넣고 잘 혼합한 후 암실에서 1 h 방치한 후 0.45 µL membrane filter로 여과하여 유리아미노산 분석용 시료로 하였다.

구성 및 유리아미노산 분석은 아미노산분석기(Sykam amino acid analyzer S433; Sykam GmbH, Eresing, Germany)을 이용하여 분석하였으며, colume은 LCA K07/Li 4.6×150 m m, 표준물질은 standard solution amino acids (Sykam GmbH)를 사용하였다.

색도 및 Texture의 측정

시제품의 표면 색도는 색차계(Lovibond LC 100; Tintometer Ltd., Amesbury, UK)를 이용하여 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*) 및 색차(ΔE)값을 표준 백색판(L*, 98.1; a*, -0.7; b*, 1.0)에서 반복 측정하였다.

Texture (brittleness, hardness)는 Stamataki et al. (2016)의 방법을 변형한 Jeong et al. (2023)의 방법에 따라 측정하였다. 실험은 texture analyzer (TA-XT2 Plus; Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK)를 사용하였고, brittleness와 hardness는 probe로써 각각 three point bend rig (HDP/3PB; Stable Micro Systems Ltd.), plunger (Stable Micro System P/0.25S)를 사용하였다. 측정조건은 pre-test speed: 5.00 mm/sec; test speed: 5.00 mm/sec; post-test speed: 5.00 mm/sec; force: 100 N; trigger force: 0.049 N; probe height: 35 mm; probe distance: 15

Table 1. Pilot scale recipe of additives for the processing of laver chip (LC) and green laver chip (GLC) prototypes

Compounds	Major compounds					Minor compounds					RFS ³ (L)	Water (L)	Total	
	Dried laver	Green laver	Surimi	Medium flour	Baking powder	NaHCO ₃	Sugar	Salt	GDL ¹	RSP ²				
LC	Amount (kg)	5.44	-	8.48	40.00	0.32	0.40	6.28	0.64	-	-	3.60	36.00	61.56
	Ratio (%) ⁴	8.83	-	13.78	64.98	0.52	0.65	10.20	1.04	-	-	-	-	100.00
GLC	Amount (kg)	-	5.28	5.28	23.76	0.52	0.52	3.16	0.26	0.8	0.40	4.00	36.00	39.98
	Ratio (%)	-	13.20	13.20	59.41	1.32	1.32	7.92	0.66	1.98	0.99	-	-	100.00

¹δ-Gluconolactone. ²Roasted soybean powder. ³Reaction flavor-inducing solution (RFS) for processing of LC made by reaction of four amino acids [methionine 0.54 g%, threonine 3.30 g%, glycine 2.4 g%, and glutamic acid 0.9 g% (w/v)] and glucose 3.00 g% (w/v) with 100 mL of water at an autoclave (121°C, 90 min), and for processing of GLC, by reaction of four amino acids [methionine 0.05 g%, threonine 1.00 g%, proline 1.00 g%, and glycine 1.40 g% (w/v)] and glucose 2.00 g (w/v) with 100 mL of water at an autoclave (98°C, 90 min), respectively. ⁴Ratio to total amounts (%).

mm로 설정하였는데, hardness는 변형률을 60%로 설정한 다음 첫 번째 피크의 높이를 hardness값(N)으로 측정하여, 평균값 ($n \geq 3$) \pm 표준편차로 나타내었다.

휘발성 향기성분의 분석

시료의 휘발성 향기성분의 분석은 Kim et al. (2023)의 방법에 따라 실험하였다. 향기성분의 흡착은 solid phase microextraction (SPME) 장치(Supelco, Inc., Bellefonte, PA, USA)를 이용하였으며, 흡착용 fiber는 polydimethylsiloxane/divinylbenzene (PDMS/DVB) fiber (65 μ m coating thickness)를 사용하여, 분석 직전에 220°C에서 30 min 동안 GC injection port에서 활성화한 다음 사용하였다. 시료 6 g과 내부표준물질 hexyl acetate (Sigma Co.) 1 μ L (101.14 ng)를 20 mL용 headspace glass vial (Supelco, Inc.)에 넣은 후 aluminum crimp seal (20 mm, open center)과 polytetrafluoroethylene (PTFE)/silicone septum (60 mils)으로 밀봉한 후, 50°C에서 60 min 동안 fiber를 vial 내에서 노출시켜서 휘발성 화합물을 흡착하였다. 탈착은 220°C GC injection port에서 5 min간 fiber를 노출시켰으며, SPME법에 의한 휘발성 성분의 추출은 시료당 3회 반복 실험을 수행하였다.

SPME법에 의해 흡착된 휘발성 성분은 Perkin Elmer 600T GC/MSD (Perkin Elmer Co., Fremont, CA, USA)를 이용하여 injection port에서 5 min간 탈착시켰다. 분석용 column은 Elite Wax capillary column (60 m \times 0.25 mm i.d. \times 0.25 μ m film thickness; Perkin Elmer Co.)을 사용하였으며, 운반기체인 He의 선상속도는 1.0 cm/s, 오븐의 온도는 40°C에서 5 min간 머문 후 220°C까지 4°C/min 속도로 승온한 다음 10 min간 머물도록 조정하였다. MSD분석 조건은 capillary direct interface 온도, 220°C; ion source 온도, 204°C; ionization energy, 70 eV; mass range, 33–350 a.m.u; electron multiplier voltage, 1,500 V로 하였다(Cha et al., 2001). 각 화합물의 잠정적인 동정은 Jeong et al. (2023)의 방법에 따라 retention index (RI) 및 NIST (The National Institute of Standards and Technology; version 2.3) standard MS library data base (Perkin Elmer Co.)로 검색하였고, 동정된 휘발성 화합물의 정량은 내부표준물질(hexyl acetate)을 이용하여 상대적 함량(factor=1, ng/g)으로 계산하였다.

관능검사

관능검사는 국립창원대학교 생활윤리위원회(Institutional Review Board of Changwon National University, IRB)의 사전승인(No. 7001066-202403-HR-017)을 받은 후에 해조류칩 제조와 시식에 관심이 있는 국립창원대학교 식품영양학과 의 학부생(3학년 이상) 및 대학원생 중 총 45명의 인원을 대상(남자 18명, 여자 27명)으로 해조류(파래)칩 시제품의 색, 맛과 조직감 및 종합적 기호도를 9점 평점법(가장 선호함, 9점; 가장 선호하지 않음, 1점)으로 측정하였다. 검사는 패널 간 서로 분리된 독

립적인 공간에서 난수표(임의로 선택된 세 자리 숫자로 구성된 것)가 붙여진 불투명한 플라스틱 용기(polystyrene, ϕ 70 mm) (Aju Tech, Hwaseong, Korea)에 담겨 있는 시료를 섭취하고, 각 시료마다 미치는 영향을 줄이기 위해 생수를 제공하여 입안을 행군 후, 각 시료마다 1 min간 휴식을 취하도록 하였다.

통계분석

본 연구에서 수행한 모든 실험 측정은 3회 반복하여 진행하였으며, 결과는 mean \pm standard deviation으로 표시하였다. 실험 결과의 통계 분석은 SPSS 통계 프로그램(ver. 27.0; IBM SPSS Statistics, Chicago, IL, USA)을 사용하여 수행하였으며, 시료 간의 유의성은 t-test 및 Duncan의 다중 범위 검정을 통해 수준에서 사후 검증을 실시하였다.

결과 및 고찰

김 칩 및 파래 칩 시제품의 14대 영양성분

칩 및 파래 칩 시제품의 14대 영양성분 분석 결과를 Table 2에 나타냈다. 영양성분 표시제도는 가공식품의 영양적 특성을 소비자에게 전하여 자신의 건강에 나은 제품을 선택할 수 있도록 돕는 제도로서, 1996년 식품의약품안전처에서 가공식품에 대하여 영양성분 표시를 의무화하도록 규정하였다(KDCA, 2024). 김 칩 및 파래 칩의 조단백질 함량은 각각 13.0 g/100

Table 2. Nutritional information of the laver chip (LC) and green laver chip (GLC) prototypes

Components	(g/100 g)				
	LC prototype		GLC prototype		
	Amounts	Ratio (%) ²	Amounts	Ratio (%)	
Calories (kcal)	342.5	17	347.5	16	
Carbohydrate ¹	74.4	23	73.6	23	
Crude protein	13.0	24	13.5	25	
Crude fat	0.5	1	0.7	1	
Trans fat	N.D ³	0	N.D	0	
Saturated fat	0.2	1	0.3	2	
Sugar	10.4	10	4.1	4	
Vitamin D (μ g)	N.D	0	N.D	0	
Cholesterol (mg)	4.3	1	0.0	0	
Dietary fiber	5.8	23	3.6	14	
Minerals (mg)	Na	1,101.0	55	684.8	35
	K	310.0	9	434.5	11
	Ca	26.7	4	94.6	14
	Fe	2.8	23	15.9	0

¹Carbohydrates= 100-(moisture+crude protein+crude lipid+crude ash). ²Ratio to daily edible value (%) (Dietary reference intakes for Koreans: Application, 2020). ³Not detective.

g 및 13.5 g/100 g으로서 우리나라 일일섭취기준량 60 g/day (KFDA, 2024)의 24% 및 25%를 차지하였다. 다음으로 섭취기준량이 많은 탄수화물은 각각 74.4 g/100 g 및 73.6 g/100 g으로 일일 섭취량 350 g/day 대비 23%씩을 차지하였으며, 식이섬유는 25 g/day로 김칩에서 5.8 g/100 g (일일섭취량의 23%), 파래칩에서는 3.6 g/100 g (일일섭취량의 14%)이었고, 당류는 각각 10.4 g/100 g 및 4.1 g/100 g을 차지하였다. 김 칩 및 파래 칩의 조지방은 각각 0.5 g/100 g 및 0.7 g/100 g을 차지하였는데, 이 중에서 포화지방은 각각 0.2 g/100 g 및 0.3 g/100 g이었고, 트랜스지방은 모두 검출되지 않았다. 미네랄에서는 Na의 함량이 각각 1,101.0 mg/100 g 및 684.8 mg/100 g으로 가장 많은 양을 차지하였으며, 일일섭취기준량의 55% 및 35%를 차지하였다. 다음으로는 K 함량이 310.0 mg/100 g 및 434.5 mg/100 g이었으며, Ca (26.7 mg/100 g 및 94.6 mg/100 g) 및 Fe (2.8 mg/100 g 및 15.9 mg/100 g)의 순이었다.

한편 가공식품 영양표시에서, 단백질 함량이 식품 100 g당 1 일 영양성분 기준치의 10% 이상(>5.5 g)일 경우에는 함유(또는 급원)으로 표기할 수 있고, 20% 이상(>11 g) 일 경우에는 고(또는 풍부)로 표기할 수 있다고 규정하고 있다(KDCA, 2020). 따라서 김 칩 및 파래 칩 시제품의 경우 모두 고단백질 식품(24%, 13.0 g이상 함유)으로 표기가 가능하였으며, air-frying을 적용한 제품이기 때문에 대부분의 시판 제품(유탕처리 제품)에 비해 저지방 제품임을 알 수 있었다.

김 칩 시제품의 중금속 함량

김 칩 시제품의 Cd, Hg, Pb 및 As 분석 결과는 Table 3과 같다. 중금속 4종의 성분 중에서 Cd, Hg 및 Pb는 검출되지 않았으며, As만 1.2±0.17 ppm 검출되었다. 우리나라 식품공전(식품일반의 기준 및 규격) (KFDA, 2025)에서는 가공식품 중 유제품, 영아 식품 및 특수의료용도 식품을 제외한 모든 일반식품에서 비소에 대한 규격은 아직까지 설정되어 있지 않은 상태이다. 다만 무기비소는 1 mg/kg으로 규격이 설정되어 있으나, 이는 주로 현미, 미강, 쌀눈, 톳 또는 모자반을 사용한 유제품, 영아 식품 및 특수의료용도 식품에 한하여 설정된 규격(무기비소는 1 mg/kg) 뿐이다. 무기비소는 유기비소보다 독성이 강하며 인체에 미치는 독성 중 가장 심각한 문제인 발암성을 가지기에 (Choi et al., 2010) 앞으로 이에 대한 규격의 추가 검토가 필요

Table 3. The composition of heavy metals of laver chip (LC) prototype

Heavy metal	Amount (ppm)
Cd	N.D ¹
Hg	N.D
Pb	N.D
As	1.20±0.17 ²

¹Not detective. ²Mean±S.D (n=3)

한 것으로 사료되었다.

김 칩 및 파래 칩 시제품의 아미노산 및 유리아미노산 함량

김 칩 및 파래 칩 시제품의 구성아미노산 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 두 제품 모두 15종의 구성아미노산이 동정되었는데, 함량면에서 보면 김칩에서는 11,810.2±37.3 mg/100 g, 파래 칩에서는 8,292.9 mg/100 g이었는데, 건물량 기준으로 환산한 결과 각각 12,769.3 및 8,994.5 mg/100 g이었다. 김 칩의 경우 맛의 상승작용을 가지는 정미성분으로 알려진 glutamic acid (Ahn and Park, 2002)가 3,214.3 mg/100 g으로 가장 많은 함량(27.2%)이었고, 다음으로 proline (1,039.0 mg/100 g, 8.8%), leucine (963.0 mg/100 g, 8.2%), aspartic acid (831.7 mg/100 g, 7.0%), glycine (766.0 /100 g, 6.5%), alanine (671.3 mg/100 g, 5.7%), valine (655.7 mg/100 g, 5.6%) 및 arginine (646.0 mg/100 g, 5.5%) 등의 순이었다. 특히 김 칩에서 검출된 7종의 필수아미노산(threonine, phenylalanine, lysine, valine, isoleucine, histidine 및 leucine)의 함량은 3,999.3 mg/100 g으

Table 4. Constituent amino acids composition of the laver chip (LC) and green laver chip (GLC) prototypes

Amino acid (AA)	LC prototype		GLC prototype	
	Amount	Ratio (%) ¹	Amount	Ratio (%)
Aspartic acid	831.7±2.6	7.0	881.0	10.6
Threonine ²	331.7±9.9	2.8	503.0	6.1
Serine	331.3±9.1	2.8	548.0	6.6
Glutamic acid	3,214.3±13.2	27.2	359.4	4.3
Proline	1,039.0±9.3	8.8	135.8	1.6
Glycine	766.0±8.6	6.5	640.0	7.7
Alanine	671.3±3.3	5.7	514.0	6.2
Valine ^{2,3}	655.7±1.3	5.6	646.0	7.8
Isoleucine ^{2,3}	582.3±9.9	4.9	666.0	8.0
Leucine ^{2,3}	963.0±7.5	8.2	106.7	1.3
Tyrosine	311.3±7.1	2.6	493.0	5.9
Phenylalanine ²	578.3±7.8	4.9	784.0	9.5
Histidine ²	365.3±1.7	3.1	520.0	6.3
Lysine ²	523.0±6.4	4.4	799.0	9.6
Arginine	646.0±13.4	5.5	697.0	8.4
Total essential AA (EAA)	3,999.3	33.9	4,024.7	48.5
Total non-EAA	7,8110.9	66.1	4,268.2	51.5
Total BCAA	2,201.0	18.6	1,418.7	17.1
Total amounts	11,810.2±37.3	100.0	8,292.9	100.0

¹Ratio to total amounts (%). ²EAA, Essential amino acid. ³BCAA, Branched-chain amino acid.

로 전체 아미노산의 33.9%를 차지하였으며, valine, isoleucine 및 leucine과 같은 BCAA (branched-chain amino acid)의 함량은 2,201.0 mg/100 g으로 전체 구성아미노산의 18.6%를 차지하였다.

파래 칩에서는 aspartic acid가 881.0 mg/100 g (10.6%)으로 가장 많은 함량이었고, 다음으로 lysine 799.0 mg/100 g (9.6%), phenylalanine 784.0 mg/100 g (9.5%), arginine 697.0 mg/100 g (8.4%), isoleucine 666.0 mg/100 g (8.0%), valine 646.0 mg/100 g (7.8%) 및 glycine 640.0 mg/100 g (7.7%) 등의 순이었으며, 이들 총 7종의 아미노산이 전체의 61.6%를 차지하였다. 파래 칩 시제품의 필수아미노산 함량은 전체의 48.5%로 김 칩에 비해 높은 비율이었으며, 반면에 BCAA 함량은 17.1%로 김 칩에 비해 낮았다.

한편 김 칩 및 파래 칩 시제품의 유리아미노산 함량을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 김 칩의 경우 총 298.6 mg/100 g 함량이었고, 이 중에서 glycine이 108.9 mg/100 g으로 가장 많았으며, 다음으로 taurine (70.6 mg/100 g), ornithine (53.0 mg/100 g) 및 alanine (34.9 mg/100 g)의 순이었다. 파래 칩의 총 유리아미노산 함량은 795.0 mg/100 g이었는데, 이 중에서 인지질을 구성하는 ethanolamine의 유도체인 phosphoethanolamine (Myller et al., 2010)이 482.0 mg/100 g으로 60.6%를 차지하였고, 다음으로 glycine (83.0 mg/100 g) 및 asparagine (67.0 mg/100 g)의 순이었다. Jung et al. (2005)의 채취 시기에 따른 가시파래에서 검출된 아미노산 및 유리아미노산 구성을 비교해 볼 때, 아미노산의 조성은 차이가 없었으나, 함량면에서는 다소 차이가 있어, 산지나 채취에 따른 변화폭이 큰 것을 알

Table 5. Free amino acids composition of laver chip (LC) and green laver chip (GLC) prototypes

Amino acid (AA)	Amount (mg/100 g)		Amino acid (AA)	Amount (mg/100 g)	
	LC	GLC		LC	GLC
Phosphoserine	20.1±0.8	8.0	L-Isoleucine ⁴	N.D	3.0
Taurine	70.6±0.7	1.0	L-Leucine ⁴	N.D	4.0
Phosphoethanolamine	N.D ¹	482.0	L-Tyrosine	N.D	3.0
Urea	N.D	N.D	L-Phenylalanine ⁴	N.D	3.0
L-Aspartic acid ²	N.D	N.D	β-alanine	N.D	N.D
Hydroxyproline	N.D	N.D	DL-β-Aminoisobutyric acid	N.D	N.D
L-Threonine ³	N.D	33.0	L-Citulline	N.D	N.D
L-Serine ³	N.D	4.0	L-Histidine ⁴	N.D	1.0
Asparagine	N.D	67.0	3-Methyl-L-histidine ⁴	N.D	N.D
L-Glutamic acid ²	N.D	17.0	L-Tryptophan	N.D	N.D
L-α-Aminoadipic acid	N.D	N.D	L-Carnosine	N.D	N.D
L-Proline	N.D	39.0	L-α-Aminobutyric acid	N.D	N.D
L-Glycine ³	108.9±2.5	83.0	L-Lysine ³	N.D	N.D
L-Alanine ³	34.9±2.4	16.0	L-Arginine	N.D	7.0
γ-Aminobutyric acid	4.7±0.4	2.0	L-Cystine	N.D	N.D
L-Ornithine	53.0±2.3	15.0	1-Methyl-L-Histidine	N.D	-
L-Valine ⁴	N.D	4.0	Ammonia	-	N.D
L-Methionine ⁴	5.8±3.5	3.0			
Amounts	Total umami taste AA ²		LC	N.D	
			GLC	17.0	
	Total sweet taste AA ³		LC	143.8	
			GLC	136.0	
	Total bitter taste AA ⁴		LC	5.8	
			GLC	18.0	
	Total AA		LC	298.6±2.6	
			GLC	795.0	

¹Not detective. ²Umami taste AA=aspartic acid+glutamic acid. ³Sweet taste AA=threonine+serine+glycine+alanine+lysine. ⁴Bitter taste AA=valine+methionine+isoleucine+leucine+phenylalanine+histidine

수 있었다.

정미성분에 직접적으로 관여하는 유리아미노산은 그 자체가 각각 고유의 맛을 가지고 있는 것으로 보고된다(Cha and Yu, 2024). 단맛을 가지는 아미노산류(threonine, serine, glycine, alanine 및 lysine)가 김 칩 및 파래 칩 시제품에서 각각 143.8 및 136.0 mg/100 g으로 가장 많이 검출되었으며, 감칠맛 및 쓴맛을 가지는 아미노산류는 아주 적은 양이었다(Fuke and Shimizu, 1993; Kagawa et al., 1999).

파래 칩 시제품의 색도 및 Texture

파래 칩의 색도 및 texture를 측정된 결과는 Table 6과 같다. 명도(L*)는 40.9, 적색도(a*)는 -2.1로 녹색 값을 나타냈으며, 황색도(b*) 및 색차(ΔE)는 각각 10.0 및 57.8로 나타났다. 시판 김스낵 제품과 비교했을 때 명도와 황색도는 각각 2배 이상 높았으며, 적색도는 음의 값인 녹색도를 나타냈다. 그리고 김칩 시제품의 유통기한 연구(Heo et al., 2024b)에서도 김칩의 색도는 각각 33.33 (L*), 1.63 (a*), 10.13 (b*) 및 66.11 (ΔE)라고 보고하여, 파래 칩에 비해 적색도는 양의 값을 나타냈다. 한편 Kim et al. (2017)은 매생이를 첨가하여 제조한 김 부각에서는 매생이 첨가량이 증가할수록 녹색도가 증가하였고, 또 유통처리보다 microwave처리한 경우 녹색도가 더 안정하다고 하였다. 따라서 본 연구의 파래 칩 시제품은 air-frying 처리로 인해 chlo-

rophyll의 안정성이 유지된 것으로 사료되었다.

파래 칩 시제품의 hardness와 brittleness는 각각 7.6 N 및 9.8 N으로 시판 김칩 제품의 texture보다 대체로 높게 나타났다 (Table 6). 이는 파래 칩 제조 시 주성분(13.20%)으로 첨가된 무염 갈치 수리미의 영향인 것으로 사료된다(Jeong et al., 2023; Heo et al., 2024b). 또한, 두 항목 모두 t-검정 결과 유의수준 (P<0.05)에서 시판 제품 대비 통계적으로 유의하게 높은 수치를 나타냈다(Table 6). 그러나 Lab-scale의 최적 조건에서 제조된 파래 칩(Heo et al., 2024a)의 brittleness (7.00 N) 값보다는 다소 높아(28.5%), Lab-scale과 Plant-scale 간의 오차(30% 이내)가 있음을 알 수 있었다. 한편 김 칩 시제품에서도 hardness와 brittleness를 각각 8.49 N 및 7.23 N이라고 보고하였다(Heo et al., 2024b).

파래 칩 시제품의 휘발성 향기성분

파래 칩의 휘발성 향기성분을 분석한 결과는 Table 7과 Fig. 2에 나타났다. 총 32개 화합물이 검출되었으며, 이는 알데히드류 10종, 케톤류 4종, 합질소화합물류 7종, 함황화합물류 3종, 방향족화합물류 3종, 퓨란류 3종 및 기타 화합물류 2종이었다. 함량면에서는 알데히드류가 3,243.27 ng/g으로 가장 많은 양이었으며, 다음으로 함황화합물류 3,076.72 ng/g, 퓨란류 452.51 ng/g, 케톤류 387.99 ng/g, 합질소화합물류 296.90 ng/g 순이었

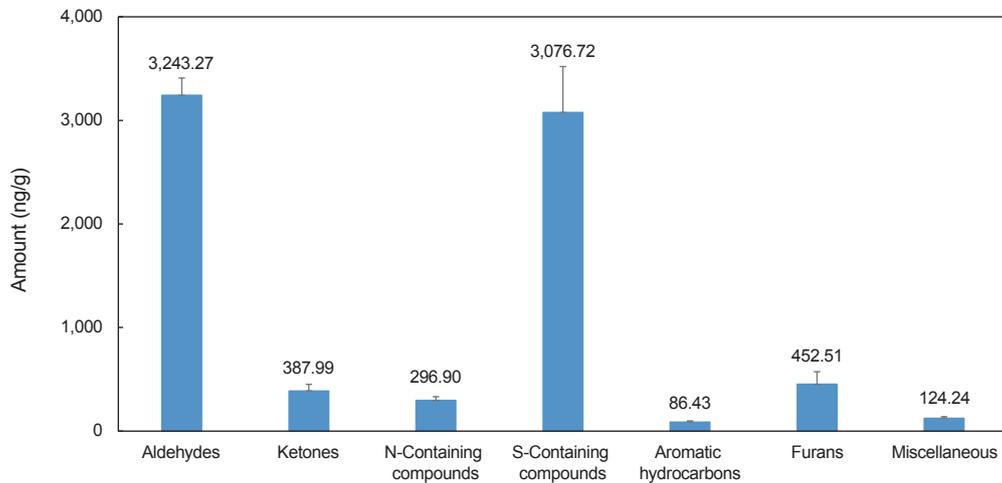


Fig. 2. The amounts of classified volatile compounds detected in green laver chip prototype made with reaction flavor solution.

Table 6. Color and texture of the green laver chip (GLC) prototype

Sample	Color value				Texture (N)	
	L*	a*	b*	ΔE	Hardness	Brittleness
GLC	40.9±0.2	-2.1±0.2	10.0±0.1	57.8±0.1	7.6±0.1	9.8±0.4
Ref chip ¹	19.3±1.7	0.7±0.1	4.0±0.6	80.8±1.7	4.9±0.1	6.9±0.1
t-value	21.9*	-21.7*	17.1*	-23.4*	33.7*	12.2*

¹Commercial snack made with laver (D Food Co.). L*, Lightness; a*, Redness; b*, Yellowness. *P<0.05 by t-test.

Table 7. Volatile flavor compounds in green laver chip (GLC) prototype made with reaction flavor solution¹

			(ng/g)
Compounds by classification	RT ²	RI ³	GLC
Aldehydes (10)	3,243.27±166.34		
3-Methylbutanal	7.79	839	951.16±43.49
Hexanal	13.71	1063	316.81±31.80
Heptanal	18.60	1165	436.43±21.53
Octanal	23.95	1279	121.78±7.38
(E)-2-Heptenal	24.91	1299	824.66±31.45
Nonanal	28.21	1372	381.86±17.77
Benzaldehyde	33.45	1490	116.05±5.63
3-Ethylbenzaldehyde	40.83	1674	14.42±1.54
2,4-Dimethylbenzaldehyde	41.63	1695	34.86±2.27
(E,E)-2,4-Decadienal	44.65	1778	45.24±3.48
Ketones (4)	387.99±63.61		
2-Octanone	23.24	1264	32.53±4.93
3,5-Octadien-2-one	35.50	1541	137.42±22.78
α-Ionone	46.19	1821	84.86±21.92
(E)-β-Ionone	49.17	1905	133.18±13.98
N-Containing compounds (7)	296.90±35.03		
2-Methylpyrazine	22.12	1240	51.32±5.44
2,5-Dimethylpyrazine	25.26	1307	54.19±9.55
Ethylpyrazine	25.35	1309	48.45±6.47
2,3-Dimethylpyrazine	25.86	1320	57.48±7.64
2-Ethyl-6-methylpyrazine	27.72	1361	40.10±0.71
2-Ethenyl-5-methylpyrazine	32.13	1460	37.95±3.65
2-Isobutyl-3-methylpyrazine ⁴	37.97	1602	7.41±1.57
S-Containing compounds (3)	3,076.72±444.41		
Dimethyl sulfide	4.99	738	2,815.69±423.80
Dimethyl disulfide	13.27	1047	201.80±14.28
Dimethyl trisulfide	27.48	1356	59.23±6.33
Aromatic hydrocarbons (3)	86.43±12.69		
1,2,4-trimethylbenzene	22.99	1258	61.20±8.72
O-Cymene	26.61	1337	11.63±2.15
P-Cymene	27.04	1346	13.60±1.82
Furans (3)	452.51±122.01		
2-Pentylfuran	20.88	1214	356.13±109.08
2-Furanmethanol	38.89	1626	79.67±11.34
3-Methyl-2,3-dihydrobenzofuran ⁴	43.22	1738	16.71±1.59
Miscellaneous (2)	124.24±14.04		
4,5-Dimethyl-2-isobutyloxazole ⁴	26.09	1325	62.57±11.78
Caryophyllene	36.94	1577	61.67±2.26

¹Concentration (ng/g) of each compound was calculated as a relative content to hexyl acetate (101.14 ng, Internal standard) (factor=1). ²Retention time (RT) on Elite Wax capillary column. ³Retention index (RI) on Elite Wax capillary column. ⁴Compounds were tentatively identified by mass spectrum (NIST data) only.

으며, 나머지는 기타화합물류 124.24 ng/g과 방향족화합물류 86.43 ng/g의 순이었다. 알데히드류에서는 반응향 유도물질로 알려진(Ahn et al., 2014a; Kim et al., 2023) 3-methylbutanal 이 951.16 ng/g으로 가장 많았으며, 다음으로 파래에서 유래한 것으로 추정되는 풀냄새(green, fatty odor) (Shi et al., 2021) 를 가지는 (E)-2-heptenal이 824.66 ng/g이 많았으며, heptanal (436.43 ng/g), nonanal (381.86 ng/g) 및 hexanal (316.81 ng/g) 의 순이었다. 알데히드류에서 동정된 화합물은 대체로 C6-C10 계열의 alkanal류가 주류였으며, alkenal [(E)-2-heptenal] 및 alkadienal [(E,E)-2,4-decadienal]도 검출되었다. 방향족알데히드류에서는 benzaldehyde 116.05 ng/g을 제외하고는 나머지 (3-ethylbenzaldehyde, 2,4-dimethylbenzaldehyde)는 소량 존재하였다. 다음으로 동정된 함질소화합물은 alkyl (또는 alkenyl) pyrazine류가 대부분이었고 이들은 nutty향을 가지는 화합물(Heo et al., 2024a)로서, strecker degradation을 통한 Maillard reaction을 통하여 생성되는 물질이라고 보고되었다(Cho et al., 2010; Cha et al., 2020a).

함황화합물류에서는 dimethyl sulfide가 2,815.69 ng/g으로 함황화합물 전체의 91.5%를 차지하였고, 다음으로 dimethyl disulfide (201.80 ng/g) 및 dimethyl trisulfide (59.23 ng/g) 순이었다. 이들 직쇄상의 alkyl sulfide류는 양조간장, 생마늘 및 조리한 양배추 향을 가진다고 보고되었으며(Anness and Bamforth, 1982; Cha et al., 2020b), 각각 역치가 낮아 dimethyl sulfide (30 ppb) (Anness and Bamforth, 1982), dimethyl disulfide (12 ppb) 및 dimethyl trisulfide (0.01 ppb) (Cha et al., 2020b)로서 이들 화합물이 파래 칩의 savory향에 주된 역할을 할 것으로 사료되었다. 이들 검출 및 동정된 함황화합물류는 반응향 제조 시 전구물질인 methionine이 methional (3-methylthiopropional)을 거쳐 생성된 것으로 보이며(Cha et al., 2020b; Heo et al., 2024a), 계속해서 glucose와 반응하여 pyrazine류가 많이 생성된 것으로 보인다(Yu and Ho, 1995). Heo et al. (2024a)은 Lab-scale에서 제조한 파래 칩에서는 함질소화합물류(18종)의 함량이 2,359.92 ng/g으로 가장 많이 검출되었다고 하였으나, Plant-scale의 시제품에서는 알데히드류 및 함황화합물류가 가장 많이 검출되었고, 함질소화합물은 아주 적은 양이 검출된 것으로 보아, air-fryer (60–80 sec, 195°C)에서 가열한 Lab-scale 조건과 압출 성형 및 air frying conveyor (140 sec, 210°C)에서 처리한 Plant-scale 간의 공정 차이에서의 오차로 생각되었다. 한편 반응향 유도로 생성된 퓨란류 중에서는 2-pentylfuran (356.13 ng/g) 및 2-furanmethanol (79.67ng/g)이 대부분을 차지하였는데, 이들 화합물들은 burnt sugar, sweet 및 bitter 냄새를 가진다고 보고되었다(Cha, 1994).

파래 칩 시제품에서 동정된 케톤류(4종)에서는 3,5-octadien-2-one (137.42 ng/g) 및 (E)-β-ionone (133.18 ng/g)의 화합물이 가장 많은 양 검출되었는데, 이들 화합물은 중국 yellow tea의 aroma-active화합물로서 각각 green (또는 fruity) 및 violet (

Table 8. The results of the sensory evaluation of the green laver chip (GLC) prototype¹

Sample	Color	Taste	Texture	Overall acceptance
GLC	6.33±1.48 ²	6.20±1.45	6.56±1.41	6.53±1.29
Ref chip 1 ³	7.13±1.13	7.56±1.07	7.47±1.13	7.64±1.06
Ref chip 2 ³	7.36±1.57	7.62±1.68	7.51±1.44	7.58±1.57

¹Nine hedonic scale method. ²Mean±S.D (n=45). ³Commercial snacks made with laver (Ref chip 1, C Food Co.; Ref chip 2, D Food Co.) were purchased in local market. Means with the same superscript are not significantly different according to Duncan's test (P<0.05).

또는 floral) 냄새를 가진다고 하였다(Shi et al., 2021). 또한 이들 물질의 역치가 각각 150 ppb (Cha et al., 1999) 및 0.03 ppb (Plotto et al., 2006)로 매우 낮아 파래 칩의 주된 향기성분에 크게 기여할 것으로 생각되었다. 따라서 본 파래 칩 시제품 제조에서 반응향 유도로 생성된 3-methylbutanal, dimethyl sulfide, dimethyl disulfide 및 dimethyl trisulfide 등과 같은 화합물류와 파래에서 유래한 (E)-2-heptenal, heptanal, nonanal, hexanal, 3,5-octadien-2-one 및 (E)-β-ionone 등과 같은 화합물류가 그들 자체의 매우 낮은 역치로 인하여 파래 칩 시제품의 주된 향기성분에 크게 기여할 것으로 사료되었다.

파래 칩 시제품의 관능검사

파래 칩 시제품의 관능검사 결과는 Table 8과 같다. 젊은 층 45명을 대상으로 한 9점 평점법에서 color는 6.33이었고, taste, texture 및 overall acceptance는 각각 6.20, 6.56 및 6.53으로 대체로 높은 값을 얻었다. 그러나 대조구로 시판 김 스낵 제품들과 비교한 결과 다소 낮은 값을 보였으나 통계적으로 유의적인 차이는 없었다(P<0.05). Texture에서 상대적으로 낮은 점수는 시제품의 hardness와 brittleness값(Table 6)이 시판 제품에 비해 강도가 높은 것이 소비자의 기호도에 영향을 미친 것으로 사료되며, color에서도 시판 김 스낵의 L*, a* 및 ΔE 값(Table 6) 차이가 영향을 미친 것으로 사료되었고, overall acceptance에서도 동일한 결과가 나타난 것으로 사료된다. 이러한 결과는 파래 칩 시제품의 경우는 시중에 유통되는 것이 드물 뿐만 아니라, 고단백질 함량과 air-frying처리에 의한 저지방 함량에 초점을 맞춘 제품이므로, 시판 김 스낵류의 맛에 적응한 소비자들의 입맛과는 다소 차이가 있었기 때문이라 생각되었다. 따라서 앞으로 유통될 파래 칩 제품은 소비자의 인지도를 높이는 마케팅과 함께 소비자의 입맛을 충족시키는 부원료의 보강이 필요할 것으로 사료되었다.

이상의 결과를 정리하면 김 및 파래를 주원료로 Plant-scale로 제조한 해조류칩의 조단백질 함량은 각각 13.0 g/100 g 및 13.5 g/100 g으로 고단백질 제품이었으며, 조지방은 각각 0.5 g/100 g 및 0.7 g/100 g으로 낮았다. 김 칩의 구성아미노산 함량은 11,810.2 mg/100 g이었는데, 이 중에서 필수아미노산은 전체의 33.0% (3,999.3 mg/100 g)를 차지하였고, branched-chain amino acids (BCAAs)는 18.6% (2,201.0 mg/100 g)를 차지하였다. 파래 칩은 8,292.9 mg/100 g이었는데, 필수아미노

산은 48.5% (4,024.7 mg/100 g)를, BCAAs는 17.1% (1,418.7 mg/100 g)를 차지하였다. 김 및 파래 칩의 유리아미노산에서는 단맛을 가지는 아미노산류(threonine, serine, glycine 및 lysine)가 각각 143.8 및 136.0 mg/100 g으로 가장 많았다. 다음으로 반응향 유도로 생성된 3-methylbutanal, dimethyl sulfide, dimethyl disulfide 및 dimethyl trisulfide 등과 파래에서 유래한 (E)-2-heptenal, heptanal, nonanal, hexanal, 3,5-octadien-2-one 및 (E)-β-ionone 등의 화합물들이 파래 칩 시제품의 주된 향기성분에 크게 기여할 것으로 사료되었다. 관능검사 결과 기호도는 6.20–6.56 범위(9점평점법)로 대체로 적합하였으나, 향후 텍스처 개선과 소비자 기호성 향상을 위한 추가 연구가 필요하였다.

사 사

본 연구는 2022년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원(KIMST)의 MZ세대 선호도 증진 신공정기술 적용 HMR 수산가공식품 개발 및 상품화(과제번호:20220337)의 연구 및 2024년도 식품의약품안전처 연구개발비(RS-2024-00397633)로 수행된 연구입니다.

References

Ahn DH and Park SY. 2002. Studies on components related to taste such as free amino acids and nucleotides in Korean native chicken meat. *J Korean Soc Fd Sci Nutr* 31, 547-552. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2002.31.4.547>.

Ahn JS, Jeong EJ and Cha YJ. 2014a. Volatile flavor compounds of a crab-like flavoring base made using reaction flavor technology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43, 102-109. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2014.43.1.102>.

Ahn JS, Jeong EJ, Cho WJ and Cha YJ. 2014b. Optimal conditions of reaction flavor for synthesis of crab-like flavorant from snow crab cooker effluent. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43, 128-134. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2014.43.1.128>.

Anness BJ and Bamforth CW. 1982. Dimethyl sulfide-A review. *J Inst Brew* 88, 244-252.

Biris-Dorhoi ES, Michiu D, Pop CR, Rotar AM, Tofana M, Pop OL, Socaci SA and Farcas AC. 2020. Macroalgae- A sustainable source of chemical compounds with biological activities. *Nutrients* 12, 3085. <https://doi.org/10.3390/>

- nu12103085.
- Cha YJ. 1994. Changes of volatile flavor compounds in low salt-fermented anchovy paste by adding koji. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 23, 481-489.
- Cha YJ and Yu D. 2024. Health benefits and functions of salt-fermented fish. *J Ethn Food* 11, 34. <https://doi.org/10.1186/s42779-024-00251-5>.
- Cha YJ, Jeong EJ and Yu D. 2020a. Volatile flavor compounds in low salt-fermented ascidians *Halocynthia roretzi* made by flavor enhancing. *Korean J Fish Aquat Sci* 53, 273-280. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0273>.
- Cha YJ, Kim H, Cho WJ, Jung YJ, Byen MW and Yoo YJ. 2001. Identification of irradiation-induced volatile flavor compounds in irradiated pork meats. *Korean J Life Sci* 11, 35-42.
- Cha YJ, Kim H, Jang SM and Park JY. 1999. Identification of aroma-active compounds in Korean salt-fermented fishes by aroma extract dilution analysis 1. Aroma-active components in salt-fermented anchovy on the market. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28, 312-318.
- Cha YJ, Kim JH, Sim JH and Yu D. 2020b. Studies on the flavor compounds in traditional salt-fermented fishes. *Korean J Fish Aquat Sci* 53, 259-272. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0259>.
- Cho IH, Lee S, Jun HR, Roh HJ and Kim YS. 2010. Comparison of volatile Maillard reaction products from tagatose and other reducing sugars with amino acids. *Food Sci Biotechnol* 19, 431-438. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0061-7>.
- Choi BS, Choi SJ, Kim DW, Huang M, Kim NY, Park KS, Kim CY, Lee HM, Yum YN, Han ES, Kang TS, Yu IJ and Park JD. 2010. Effects of repeated seafood consumption on urinary excretion of arsenic species by volunteers. *Arch Environ Contam Toxicol* 58, 222-229. <https://doi.org/10.1007/s00244-009-9333-8>.
- Choi HM, Sim CH, Shin TS, Bing DJ and Chun SS. 2011. Quality characteristics of Kimbugak with sea tangle powder. *J Korean Soc Food Nutr* 24, 434-441. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2011.24.3.434>.
- Fuke S and Shimizu T. 1993. Sensory and preference aspects of umami. *Trends Food Sci Technol* 4, 246-251. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(93\)90139-2](https://doi.org/10.1016/0924-2244(93)90139-2).
- Heo JM, Lee C, Cha YJ and Yu D. 2024a. Optimum processing conditions for flavor-enhancing green laver chips using reaction flavor technology. *Foods* 13, 3876. <https://doi.org/10.3390/foods13233876>.
- Heo JM, Lee C, Hwang K, Moon S, Cha E, Park SK, Baik OD, Cha YJ, Yim JE and Yu D. 2024b. Prediction of shelf-life for a laver chip prototype. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 53, 1201-1210. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2024.53.11.1201>.
- Hwang AS, Jeon CW, Kim SM, Lee JE and Rho JO. 2022. A study on the optimization of manufacturing conditions for lotus root dry chips using response surface methodology. *J East Asian Soc Diet Life* 32, 159-168. <https://doi.org/10.17495/easdl.2022.6.32.3.159>.
- Jeong GT, Lee C, Cha E, Moon S, Cha YJ and Yu D. 2023. Determination of optimum processing condition of high protein laver chip using air-frying and reaction flavor technologies. *Foods* 12, 4450. <https://doi.org/10.3390/foods12244450>.
- Joshy C, Ratheesh G, Ninan G, AshokKumar K and Ravishankar C. 2020. Optimizing air-frying process conditions for the development of healthy fish snack using response surface methodology under correlated observations. *J Food Sci Technol* 57, 2651-2658. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04301-z>.
- Jung KJ, Jung CH, Pyeun JH and Choi YJ. 2005. Changes of food components in mesangi (*Capsosiphon fulvecense*), gashiparae (*Enteromorpha prolifera*), and cheonggak (*Codium fragile*) depending on harvest times. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34, 687-693. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2005.34.5.687>.
- Jung L, Song Y, Chung L and Choe E. 2013. Characteristics on lipid and pigments of lotus root, dried laver, and perilla leaf bugak (Korean fried cuisine) made by Korean traditional recipe. *Korean J Food Cook Sci* 29, 805-814. <https://doi.org/10.9724/kfcs.2013.29.6.805>.
- Kagawa M, Matsumoto M and Hatae K. 1999. Taste differences among three kinds of squid and the effect of cold storage on the taste. *J Home Econ Japan* 50, 1245-1254. <https://doi.org/10.11428/jhej1987.50.1245>.
- Kim AH, Hong DH, Ryu AR, Cho JL and Kim JM. 2017. Preparation and quality characteristics of Kimbugak using *Capsosiphon fulvescens*. *Korean J Fish Aquat Sci* 50, 139-145. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0139>.
- Kim DH, Kim SJ, Baek SY and Kim MR. 2020a. Physicochemical properties and antioxidant activities of raw noodle added with *Enteromorpha prolifera*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49, 686-694. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2020.49.7.686>.
- Kim J, Cha YJ and Yu D. 2023. Volatile flavor compounds derived from anchovy *Engraulis japonicus* sauce residues through maillard reactions. *Korean J Fish Aquat Sci* 56, 174-181. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0174>.
- Kim SJ, Baek SY, Kim DH and Kim MR. 2019. Physicochemical 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 SJ, Kim DH, Baek SY and Kim MR. 2020b. Physicochemical properties and antioxidant activities of butter cookies added with *Enteromorpha prolifera*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49, 695-703. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2020.49.7.695>.
- KDCA (Korea Disease Control and Prevention Agency). 2020. National Health Information Portal. Retrieved from <https://>

- health.kdca.go.kr/healthinfo/biz/health/gnrlzHealthInfo/gnrlzHealthInfo/gnrlzHealthInfoView.do?cntnts_sn=5346 on 17 Apr, 2025.
- KDCA (Korea Disease Control and Prevention Agency). 2024. National Health Information Portal. Retrieved from https://health.kdca.go.kr/healthinfo/biz/health/gnrlzHealthInfo/gnrlzHealthInfo/gnrlzHealthInfoView.do?cntnts_sn=5346#:~:text= on 14 Apr, 2025.
- KFDA (Korea Food and Drug Administration). 2022a. Test Method for Lead (Pb) in Foods. Retrieved from https://foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=12039 on 19 Apr, 2025.
- KFDA (Korea Food and Drug Administration). 2022b. General Test Method. Retrieved from https://foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=11010 on 11 Apr, 2025.
- KFDA (Korea Food and Drug Administration). 2024. Enforcement Rules of the Act on Labeling and Advertising of Foods. Table 5. Retrieved from https://mfds.go.kr/eng/brd/m_15/view.do?seq=72440&srchFr=&srchTo=&srchWord=Enforcement+Rule+of+the+Act+on+Labeling+and+Advertising+of+Foods&srchTp=7&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1 on 17 Apr, 2025.
- KFDA (Korea Food and Drug Administration). 2025. Food Codex. https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=12 on 21 May, 2025.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2025. In 2024, Korea's total seafood production decreased by 2.2% compared to the previous year, and coastal and offshore production declined by 11.6%. Retrieved from <https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=60771&listUpdtDt=2025-03-26++10%3A00&menuSeq=971&bbsSeq=10> on 11 Apr, 2025.
- Myller AT, Karhe JJ and Pakkanen TT. 2010. Preparation of aminofunctionalized TiO₂ surfaces by binding of organophosphates. *Appl Surf Sci* 257, 1616-1622. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2010.08.109>.
- Plotto A, Barnes KW and Goodner KL. 2006. Specific anosmia observed for β -ionone, but not for α -ionone: Significance for flavor research. *J Food Sci* 71, S401-S406. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00047.x>.
- Seo WH, Kim YK, Jang SH and Baek HH. 2015. Aroma characterization of roasted Bulgogi reaction flavor manufactured by a high-temperature reaction apparatus. *J Korean Food Sci Technol* 47, 176-183. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2015.47.2.176>.
- Shi Y, Wang M, Dong Z, Zhu Y, Shi J, Ma W, Lin Z and Lv H. 2021. Volatile components and key odorants of Chinese yellow tea (*Camellia sinensis*). *LWT* 146, 111512. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111512>.
- Stamataki NS, Nikolidaki EK, Yanni AE, Stoupaki M, Konstantopoulos P, Tsigkas AP, Perrea D, Tentolouris N and Karathanos VT. 2016. Evaluation of a high nutritional quality snack based on oat flakes and inulin: Effects on postprandial glucose, insulin and ghrelin responses of healthy subjects. *Food Funct* 7, 3295-3303. <https://doi.org/10.1039/C6FO00559D>.
- Wassie T, Niu K, Xie C, Wang H and Xin W. 2021. Extraction techniques, biological activities and health benefits of marine algae *Enteromorpha prolifera* polysaccharide. *Front Nutr* 8, 747928. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.747928>.
- Yu HH, Lee YM, Kim M, Kim D, Lee J and Lee J. 2022. Nutrients and quality characteristics of laver snacks with prepared using an air fryer and glutinous rice paper. *J East Asian Soc Diet Life* 32, 73-83. <https://doi.org/10.17495/easdl.2022.2.32.1.73>.
- Yu TH and Ho CT. 1995. Volatile compounds generated from thermal reaction of methionine and methionine sulfoxidw with or without glucose. *J Agric Food Chem* 43, 1641-1646. <https://doi.org/10.1021/jf00054a043>.
- Yu X, Li L, Xue J, Wang J, Song G, Zhang Y and Shen Q. 2020. Effect of air-frying conditions on the quality attributes and lipidomic characteristics of surimi during processing. *Innov Food Sci Emerg Technol* 60, 102305. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102305>.