

가시발새우(*Metanephrops thomsoni*) 부산물 추출물과 갈색거저리(*Tenebrio molitor* Linne) 유충 분말로 제조한 만두의 영양 및 관능적 특성 비교

이효림[†] · 권가연[†] · 이종봉 · 윤나영¹ · 양진우¹ · 손숙경 · 김민재 · 이명주 · 박하은 · 심길보*

국립부경대학교 식품공학과, ¹국립수산물연구원 기후환경연구부 식품안전가공과

Nutritional and Sensory Characteristics of Dumplings Prepared with Red-banded Lobster *Metanephrops thomsoni* By-product Extract and Mealworm *Tenebrio molitor* Linne Larvae Powder

Hyo Rim Lee[†], Ga Yeon Kwon[†], Jong Bong Lee, Na Young Yoon¹, Jin Woo Yang¹, Suk Kyung Sohn, Min Jae Kim, Myeong Joo Lee, Ha Eun Park and Kil Bo Shim*

Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea

¹Food Safety and Processing Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Republic of Korea

The nutritional and sensory characteristics of dumplings prepared with red-banded lobster *Metanephrops thomsoni* by-product extract and mealworm *Tenebrio molitor* Linne larval powder (SLS) were compared with those of commercial shrimp dumplings (CSD). SLS contained more protein (8.88 g/100 g), less fat (2.73 g/100 g), and more energy (152 kcal/100 g) than CSD. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) proportion was markedly higher in SLS (58.83%), with a PUFA/SFA ratio of 3.09 compared with 0.54 in CSD, indicating superior lipid quality. SLS also have higher Fe, Mg, and Zn levels. Glutamic acid was among the most abundant amino acids in SLS (62.85 mg/100 g), contributing to the umami taste. In contrast, glycine, alanine, proline, and arginine were enriched in the lobster by-products and mealworm samples. Volatile compound analysis revealed that pyrazines were dominant in the lobster by-product powder, whereas alkanes, 2-pentylfuran, hexanal, and 2-heptanone were prevalent in mealworm meatballs. SLS exhibited shrimp- and meat-like flavors despite the absence of shrimp or pork, which can be attributed to the formation of volatile compounds during processing. These findings suggest that seafood by-products can be combined with edible insects to create sustainable, protein-rich dumpling products with enhanced nutritional profiles and favorable sensory attributes.

Keywords: Alternative food, Dumpling, Edible insects, Mealworm larvae powder, Seafood by-products

서론

최근 기후 위기, 식량 부족, 동물 복지, 건강에 대한 사회적 관심이 고조되면서, 지속가능한 대체 단백질원 수요가 증가하고 있다(van der Weele et al., 2019). 대표적인 대체 단백질로는 식물성 단백질, 곤충 단백질, 수산부산물 등이 있으며, 이들은 전통적인 생산 기반의 단백질 공급 체계를 보완할 수 있는 유망한 자원으로 주목받고 있다(Ahmad et al., 2022; Lisboa et al., 2024; Malila et al., 2024). 특히 수산부산물은 대부분이 폐기되

고 있으나, 이들 자원이 가지고 있는 영양학적 가치는 식품 원료로 활용 가능하며, 산업적 활용에 대한 관심이 증가하고 있다(Adegoke and Tahergorabi, 2021). 수산 부산물 중에서도 어류 부산물이 주를 이루지만, 새우 등의 갑각류에서도 상당량의 부산물이 발생하고 있다. 새우 가공 시 발생하는 부산물은 전체 생산량의 약 40%를 차지한다. 그러나 이러한 부산물은 별도의 처리 없이 폐기되는 경우가 많아 자원 낭비는 물론 환경 오염의 원인이 되기도 한다(Abuzar et al., 2023).

새우 머리는 건조 기준으로 단백질 함량이 약 66%, 키틴 함량

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5834 Fax: +82. 51. 629. 5824

E-mail address: kbshim@pknu.ac.kr [†]Contributed equally.



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.2025.0500>

Korean J Fish Aquat Sci 58(5), 500-515, October 2025

Received 20 June 2025; Revised 14 August 2025; Accepted 25 September 2025

저자 직위: 이효림(대학원생), 권가연(대학원생), 이종봉(대학원생), 윤나영(연구관), 양진우(연구사), 손숙경(대학원생), 김민재(대학원생), 이명주(대학원생), 박하은(대학원생), 심길보(교수)

이 약 6%에 이를 정도로 영양적 가치가 높은 소재로, 단백질 공급원으로서의 활용 가능성이 크다. 또한, 항염증, 항산화, 항진균 효과뿐만 아니라 면역 증강 효과도 보고되고 있다(Abuzar et al., 2023). 이러한 특성에 기반한 활용 사례로는 새우부산물 건조 분말을 이용한 시즈닝 및 비스킷 제품(Gonçalves and Dos Santos, 2019), 새우 두충부 가루를 이용한 제품 개발 및 품질 평가(Fernandes et al., 2013) 등이 있다.

곤충 단백질 또한 대체 단백질원으로 각광받고 있으며, 그 중 갈색거저리(*Tenebrio molitor* Linne) 유충(밀웜)은 딱정벌레목 거저리과에 속하는 식용 곤충으로, 식품의약품안전처로부터 식품 원료로 인정받았다. 갈색거저리는 사육에 필요한 면적이 적고, 단기간 내 대량 생산이 가능하여 경제적 효율성이 높아, 고단백 식품으로서 육류를 대체할 수 있는 식량 자원으로 평가받고 있다(Jeon and Chung, 2018). 그러나 곤충에 대한 소비자의 수용도가 낮기 때문에 주로 유충의 분말 형태로 많이 활용되고 있다. 곤충 섭취에 대한 수용도를 높이기 위해서는 일반적으로 알려져 있는 맛과 질감을 가진 식품의 재료로 가공하는 것이 중요하다(Looy et al., 2014; Tan et al., 2015). 이에 본 연구에서는 수산부산물과 곤충 단백질의 활용 가능성을 탐색하고자, 가시발새우(*Metanephrops thomsoni*) 부산물과 갈색거저리 유충(*T. molitor* Linne) 분말을 주원료로 한 만두를 제조하였다. 새우만두와 제조된 만두의 영양 성분과 관능적 품질 특성을 평가함으로써, 새로운 지속가능 단백질원의 산업적 활용 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

가시발새우(*M. thomsoni*) 부산물은 2023년 4월 제주특별자치도 수산시장에서 가시발새우의 육을 분리하고 남은 잔사(두부, 집게발, 갑각 및 꼬리) 3 kg을 구입하여 -20°C의 냉동고에서 보관하였다. 갈색거저리 유충(*T. molitor* Linne larvae) 분말은 단백질 120 (Agricultural Corporation Modniae Co. Ltd., Ulsan, Korea) 제품을 구매하였으며, 만두소에 첨가된 각종 채소류와 당면(Ottogi Co. Ltd., Seoul, Korea), 두부(Pulmuone Co., Ltd., Seoul, Korea), 조미료(Daesang Co. Ltd., Seoul, Korea), 굴소스(Daesang Co. Ltd.), 간장(Sempio Co. Ltd., Seoul, Korea), 생강청(CJ Cheiljedang Co. Ltd., Seoul, Korea), 후추(Ottogi Co. Ltd.)는 부산광역시 남구 소재의 마트에서 구매하여 재료로 사용하였다.

가시발새우부산물 추출액 및 분말 제조

가시발새우부산물 추출액은 가시발새우부산물 100 g에 물 500 mL를 가한 후 고압증기멸균기(EAC-5060SD; Esstell Co. Ltd., Namyangju, Korea)를 이용하여 열수추출(121°C, 30분)하였다. 이후 상온에서 냉각시켜 면포를 이용하여 여과하였다.

여과액은 열풍건조기(SH-DO-150FS; SH Scientific Co. Ltd., Sejong, Korea)를 이용하여 70°C에서 48시간 동안 건조한 후 막자사발로 갈아 분말화하여 시료로 사용하였다.

갈색거저리 유충 분말을 이용한 미트볼 제조

미트볼은 시중에 판매되고 있는 대두단백질을 이용한 대체단백제품의 원재료를 참고하여 갈색거저리 유충 분말(Agricultural Corporation Modniae Co. Ltd.) 19.87%, 분리대두단백(ES Food Ingredients Co. Ltd., Gunpo, Korea) 19.87%, 활성글루텐(ES Food Ingredients Co. Ltd.) 6.62%, 소금 0.66%, 물 52.98%의 비율로 반죽한 후 미트볼 형태로 성형하였다. 100°C로 끓는 물 위에 올린 찜기에서 20분간 증자한 후, 180°C에서 겉면이 바삭해지도록 2-3분간 튀긴 것을 시료로 사용하였다.

가시발새우부산물 분말과 갈색거저리 유충 분말 미트볼을 첨가한 만두 제조

가시발새우부산물을 첨가한 만두피는 밀가루 64.94%, 가시발새우부산물 추출액 33.77%, 소금 1.30%의 비율로 반죽한 후 7 g씩 소분하였고, 밀대로 둥글게 밀어 성형하였다. 만두소 제조 시 첨가한 가시발새우부산물 분말 함유량은 예비실험을 통해 0.1%, 1%, 3%의 비율로 첨가하여 비교하였다. 그러나 가

Table 1. The formulation of the material composition SLS¹

Sample	Ingredient	Contents (%)
Dumpling shell with the addition of red-banded lobster by-products	Wheat flour	64.94
	Red-banded lobster by-products extract	33.77
	Salt	1.30
	Bean sprouts	11.09
Dumpling stuffing	Green onion	4.90
	Onion	18.48
	Chives	7.39
	Vermicelli	14.09
	Tofu	21.48
	Condiment	0.70
	Mealworm meatball	17.68
	Seasoning	4.20
	Red-banded lobster by-products powder	0.10
	Garlic	19.05
Seasoning	Oyster sauce	23.81
	Soy sauce	26.19
	Ginger syrup	28.57
	Pepper	2.38

¹Dumplings prepared with red-banded lobster by-product extract and mealworm larvae powder.

시발새우부산물 분말 함유량이 높을수록 새우향보다는 이취가 증가하는 경향을 나타내어 만두소 총량의 0.1%로 결정하였다. Table 1에 제시된 배합비에 따라 만두(dumplings prepared with red-banded lobster by-product extract and mealworm larvae powder, SLS)를 제작하였다. 대조류는 시중에서 판매되는 새우만두(commercial shrimp dumplings, CSD)를 사용하였다.

일반성분

일반성분은 AOAC (2005)의 방법에 따라 분석하였으며, 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 semimicro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 건식회화법으로 분석하였다. 탄수화물은 수분, 조단백질, 조지방, 회분의 함량을 합한 값을 100에서 뺀 값이며, 100 g 당 함량(g)으로 나타내었다.

무기질

무기질 함량은 식품공전(MFDS, 2025a)의 마이크로웨이브법에 따라 분석하였다. 시료 0.3 g에 65% HNO₃ (Suprapur, Darmstadt, Germany) 10 mL를 첨가한 후 Microwave Digestion System (MARS-6; CEM Co., Matthews, NC, USA)로 이용하여 분해하였다. 다량무기질은 유도결합플라즈마분광광도계[inductively coupled plasma (ICP) optical emission spectroscopy; Perkin-Elmer, Shelton, CT, USA]로 분석하였으며, plasma flow rate 1.5 L/min, sample flow rate 1.5 mL/min의 조건으로 Na (589.592 nm), Mg (285.213 nm), S (181.975 nm), K (766.490 nm), Ca (317.933 nm), Fe (238.204 nm), Cu (327.393 nm), Zn (206.200 nm), P (214.914 nm)를 정량하였다.

분석을 위한 표준검량선은 0.2, 1, 5, 15, 20 mg/kg을 작성하여 사용하였다. 미량무기질은 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP mass spectrometry; Perkin-Elmer)로 분석하였다. 표준검량곡선은 0.2, 1, 5, 20 µg/kg 농도로 작성하여 사용하였다.

지방산

총지질(total lipid)은 Bligh and Dyer (1959)의 방법을 이용하여 추출하였다. 먼저, 시료 8 g을 chloroform:methanol (1:2, v/v) 혼합 용액 24 mL와 혼합하고, 10,000 rpm으로 2분간 균질화한 후 chloroform 8 mL를 첨가하고, 8,000 rpm으로 1분간 균질화하였다. 그 후 chloroform:methanol (1:1, v/v) 용액 10 mL를 첨가하면서 여과지(Whatman, Inc., Maidstone, UK)를 사용하여 감압여과하였다. 여과액은 분액여두에 0.88% KCl (Samchun Co. Ltd., Pyeongtaek, Korea) 10 mL와 함께 넣고, 암실에서 24시간동안 방치하여 상하층으로 분리하였다. 하층은 sodium sulfate (Daejung Co., Seoul, Korea)로 탈수한 후 회전증발농축기(Hei-VAP; Heidolph Instruments GmbH & Co., Schwabach, Germany)를 사용하여 40°C에서 증발시켰다.

메틸 에스테르화는 Wu et al. (2023)의 방법을 변형하여 실시하였다. 먼저, 내부표준물질(internal standard)인 0.1% glyceryl triundecanoate in 2,2,4-trimethylpentane 1 mL와 methanol에 용해한 0.5 N sodium hydroxide 용액 1.5 mL를 첨가한 즉시 30초간 질소 충전하고, 15초간 균질화하여 100°C에서 7분간 비누화하였다. 그 후 14% boron trifluoride-methanol solution (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 2 mL를 첨가한 즉시 15초간 질소 충전하고, 15초간 균질화하여 100°C에서 10분간 가열함으로써 메틸 에스테르화하였다. 마지막으로, 2,2,4-trimethylpentane 1 mL를 첨가한 즉시 15초간 질소 충전하고, 15초간 균질화한 후 NaCl (Samchun) 포화용액 5 mL를 첨가하여 얻어진 상층액을 시료 용액으로 사용하였다.

기기분석은 식품공전(MFDS, 2025b)의 방법을 일부 수정하여 불꽃 이온화 검출기(FID)가 장착된 Gas chromatography (7890A; Agilent technologies, Santa Clara, CA, USA)로 SPtm-2560 FUSED SILICA capillary column (100 m×0.25 mm×0.2 µm; Supelco, Inc., New Castle County, DE, USA)를 사용하여 수행하였다. Injection port는 225°C로 설정하였고, oven은 100°C에서 5분동안 유지한 다음 240°C까지 4°C/min으로 승온시킨 후 30분간 유지하였다. Detect temperature는 260°C, 운반기체는 He (0.75 mL/min), split ratio는 1:50로 설정하였다.

Table 2. Comparison of the proximate contents of CSD, SLS, red-banded lobster *Metanephrops thomsoni* by-product powder and meatballs formulated with mealworm *Tenebrio molitor* larvae powder

Content (g/100 g)	CSD ¹	SLS ²	Red-banded lobster by-product powder	Meatballs formulated with mealworm larvae powder
Moisture	60.50±0.64 ^{b3}	64.09±0.92 ^a	1.52±0.05 ^c	63.79±0.40 ^a
Ash	1.27±0.07 ^c	1.33±0.10 ^c	20.33±0.16 ^a	2.01±0.03 ^b
Crude protein	7.77±0.25 ^d	8.88±0.06 ^c	63.75±0.51 ^a	28.60±0.34 ^b
Crude lipid	7.43±0.13 ^a	2.73±0.22 ^b	0.91±0.02 ^d	1.40±0.11 ^c
Carbohydrate	23.04±0.72 ^a	22.98±0.72 ^a	13.22±0.34 ^b	4.20±0.61 ^c
Energy (kcal/100 g)	190.11	152.01	-	-

¹Commercial shrimp dumpling. ²Dumplings prepared with red-banded lobster by-product extract and mealworm larvae powder. ³Different letters within the same column indicate significant differences (P<0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 3. Comparison of fatty acid contents of CSD, SLS, red-banded lobster *Metanephrops thomsoni* by-product powder and meatballs formulated with mealworm *Tenebrio molitor* larvae powder

Content (mg/100g)	CSD ¹	SLS ²	Red-banded lobster by-product powder	Meatballs formulated with mealworm larvae powder
C10:0	3.00±0.14 ^{a3}	ND ⁴	ND	ND
C12:0	9.58±0.00 ^a	ND	0.21±0.02 ^c	1.74±0.11 ^b
C13:0	1.23±0.00 ^a	0.91±0.00 ^b	0.31±0.04 ^d	0.74±0.07 ^c
C14:0	84.15±0.55 ^a	4.92±0.32 ^d	11.52±0.77 ^c	19.85±0.81 ^b
C15:0	5.70±0.08 ^a	0.77±0.00 ^d	2.94±0.18 ^b	1.43±0.02 ^c
C16:0	1,221.61±17.42 ^a	276.83±5.00 ^b	85.55±5.21 ^d	205.13±4.89 ^c
C17:0	28.08±0.04 ^a	2.74±0.02 ^c	3.35±0.18 ^b	1.63±0.24 ^d
C18:0	588.39±6.44 ^a	97.77±0.26 ^b	23.57±1.39 ^d	65.86±1.55 ^c
C20:0	11.30±0.03 ^a	ND	0.57±0.04 ^b	ND
C21:0	5.52±0.30 ^a	ND	0.22±0.03 ^b	ND
C22:0	1.87±0.02 ^b	8.18±0.20 ^a	ND	0.71±0.28 ^c
C23:0	17.56±0.04 ^a	ND	0.12±0.01 ^b	ND
C24:0	ND	3.85±0.16 ^a	0.36±0.02 ^b	ND
ΣSaturates	1,969.59±30.17 ^a	395.14±4.74 ^b	128.71±7.72 ^d	297.09±7.02 ^c
C14:1n5	ND	ND	0.21±0.03 ^b	0.47±0.00 ^a
C15:1n5	ND	ND	0.21±0.01 ^a	ND
C16:1n7	118.66±0.66 ^a	4.38±0.00 ^d	25.05±1.57 ^b	12.86±0.64 ^c
C17:1n7	7.72±0.10 ^a	0.53±0.08 ^c	1.14±0.07 ^b	0.52±0.13 ^c
C18:1n9t	25.73±1.37 ^a	1.14±0.00 ^b	1.44±0.06 ^b	ND
C18:1n9c	2,069.22±20.89 ^a	445.65±4.11 ^b	104.60±6.14 ^d	282.66±11.88 ^c
C20:1n9	23.48±20.50 ^a	5.79±0.54 ^a	3.66±0.24 ^a	1.68±0.17 ^a
C22:1n9	5.23±0.00 ^a	2.16±0.80 ^b	1.73±0.10 ^b	1.86±0.20 ^b
C24:1n9	ND	1.02±0.02 ^{ab}	ND	1.92±0.78 ^a
ΣMonoenes	2,247.41±0.11 ^a	460.10±3.18 ^b	138.02±8.17 ^d	301.65±12.65 ^c
C18:2n6t	2.20±0.01 ^a	ND	ND	ND
C18:2n6c	969.25±12.44 ^b	1083.33±30.40 ^a	7.28±0.49 ^d	583.15±7.86 ^c
C18:3n6	2.56±0.13 ^b	5.69±0.12 ^a	1.09±0.10 ^c	ND
C18:3n3	52.42±0.25 ^b	127.30±5.38 ^a	0.44±0.01 ^c	ND
C20:2n6	28.93±0.33 ^a	2.14±0.17 ^b	0.14±0.01 ^c	ND
C20:3n6	6.49±0.10 ^b	ND	9.89±0.53 ^a	0.92±0.20 ^c
C20:3n3	ND	1.77±1.16 ^a	0.20±0.01 ^b	0.65±0.10 ^{ab}
C20:4n6	ND	ND	0.53±0.04 ^a	ND
C22:2n6	1.18±0.00 ^b	ND	0.86±0.04 ^c	1.43±0.06 ^a
C20:5n3	ND	0.53±0.00 ^b	13.26±0.58 ^a	ND
C22:5n3	7.05±0.04 ^{a)}	ND	ND	ND
C22:6n3	ND	1.50±0.80 ^b	33.40±1.82 ^a	ND
ΣPolyenes	1,069.50±12.00 ^b	1,220.00±37.52 ^a	66.70±3.88 ^d	586.14±8.03 ^c
Total	5,286.51±42.06 ^a	2,077.24±45.4 ^b	333.44±19.77 ^d	1,184.89±26.58 ^c
Saturated fatty acid (%)	37.26 ^b	19.02 ^d	38.60 ^a	25.07 ^c
Monounsaturated fatty acid (%)	42.51 ^a	22.15 ^d	41.39 ^b	25.46 ^c
Polyunsaturated fatty acid (%)	20.23 ^c	58.83 ^a	20.00 ^c	49.47 ^b

¹Commercial shrimp dumpling. ²Dumplings prepared with red-banded lobster by-product extract and mealworm larvae powder. ³Different letters within the same column indicate significant differences (P<0.05) by Duncan's multiple range test. ⁴Not detected.

유리아미노산

유리아미노산은 시료 5 g에 냉각시킨 5% trichloroacetic acid (Junsei Chemical Co. Ltd., Tokyo, Japan) 15 mL를 가한 후 균질화(9,000–10,000 rpm, 1–2분)하고, 8,000 g에서 15분 동안 원심분리(Supra R22; Hanil Scientific Inc., Gimpoo, Korea) 하였다. 이어서 상층액을 취하여 pH 2.2 lithium citrate buffer (FUJIFILM Wako Chemical Industries Ltd., Osaka, Japan)로 50 mL 정용하고, 0.45 µm PVDF syringe filter (Hyundai Micro Co., Seoul, Korea)로 여과하여 제조하였다(Shim et al., 2022). 시험용액은 아미노산 자동 분석기 amino acid analyzer (L-8900; Hitachi High-Technologies Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 분석하였다.

향기 성분

향기 성분은 Zhang et al. (2022)의 방법을 일부 수정하여 분석하였다. 시료 1 g을 40 mL vial에 넣고, 내부표준물질 1,2-dichlorobenzene (Sigma-Aldrich) 0.1 mL를 첨가한 즉시 밀봉하였다. 이후 45°C 항온수조에서 90분동안 SPME fiber (50/30 µm DVB/CAR/PDMS 2 cm; Supelco)를 사용하여 휘발성 성분을 흡착하였다.

추출된 SPME fiber는 GC-MSD (gas chromatography-mass selective detector; QP-2010 Ultra; Shimadzu Seisakusho Co. Ltd., Kyoto, Japan)의 injection port에서 250°C의 온도로 3분간 열탈착시켜 분석에 사용하였다. GC oven은 초기온도 50°C에서 2분간 유지 후, 2°C/min의 속도로 250°C까지 승온시킨 뒤 5분간 유지하였다. 분석에는 DB-Wax column (60 m×0.25 mm i.d., 0.25 µm; Agilent technologies)을 사용하였으며, 운반기체 He (1.0 mL/min), split ratio는 5:1로 설정하였다.

Mass spectrum은 70 eV에서 full scan mode에서 35–400 (m/z)로 진행하였다. 검출된 향기 성분은 NIST (National Institute of Standards and Technology) 질량 스펙트럼 데이터와 비교하여 정성분석하였고, 내부표준물질을 사용하여 정량분석하였다.

통계처리

모든 측정치는 평균(mean)±표준편차(standard deviation)로 나타냈으며, 결과에 대한 통계는 SPSS (Statistics Package for the Social Science) 프로그램을 사용하여 각각의 결과에 대한 ANOVA test를 이용하여 분산분석을 진행하였고, Duncan의 다중범위검증법(Duncan's multiple range test)으로 P<0.05 유의수준에서 검증을 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분 함량

CSD, SLS, 가시발새우부산물 분말, 갈색거저리 유충 미트볼의 일반성분 분석결과는 Table 2에 나타내었다. CSD의 수분함량은 60.50±0.64 g/100 g, 회분함량은 1.27±0.07 g/100 g, 조단백함량은 7.77±0.25 g/100 g, 조지방함량은 7.43±0.13 g/100 g, 탄수화물 함량은 23.04±0.72 g/100 g으로 나타났으며, 열량은 190.11 kcal/100 g이었다. SLS의 수분함량은 64.09±0.92 g/100 g, 회분함량은 1.33±0.10 g/100 g, 조단백함량은 8.88±0.06 g/100 g, 조지방함량은 2.73±0.22 g/100 g, 탄수화물 함량은 22.98±0.72 g/100 g으로 나타났으며, 열량은 152.01 kcal/100 g이었다.

가시발새우부산물 분말의 수분함량은 1.52±0.05 g/100 g, 회분함량은 20.33±0.16 g/100 g, 조단백함량은 63.75±0.51 g/100 g, 조지방함량은 0.91±0.02 g/100 g, 탄수화물 함량은 13.22±0.34 g/100 g으로 나타났다. 갈색거저리 유충 미트볼의 수분함량은 63.79±0.40 g/100 g, 회분함량은 2.01±0.03 g/100 g, 조단백함량은 28.60±0.34 g/100 g, 조지방함량은 1.40±0.11 g/100 g, 탄수화물 함량은 4.20±0.61 g/100 g으로 나타났다.

중국식 찐새우만두인 Siu mai는 조단백질 11 g/100 g, 조지방 13 g/100 g, 탄수화물 11 g/100 g, 열량 210 kcal/100 g으로 보고되었으며(Food and Environmental Hygiene Department, 2007), CSD와 SLS 모두 Siu mai보다 조단백질 및 조지방 함량이 낮은 경향을 보였고, 특히 SLS는 조지방 함량이 현저히 낮은 것으로 나타났다.

Table 4. Comparison of mineral contents of CSD, SLS, red-banded lobster *Metanephrops thomsoni* by-product powder and meatballs formulated with mealworm *Tenebrio molitor* larvae powder

Content (mg/kg)	CSD ¹	SLS ²	Red-banded lobster by-product powder	Meatballs formulated with mealworm larvae powder
Fe	1.87±0.08 ^{d3}	3.86±0.13 ^c	25.59±0.40 ^a	16.15±0.30 ^b
Mg	106.13±0.97 ^d	171.94±2.67 ^c	1,882.71±2.90 ^a	485.49±10.45 ^b
Zn	4.46±0.21 ^d	6.91±0.14 ^c	51.14±0.28 ^a	32.87±0.62 ^b
Mo	0.02±0.00 ^d	0.07±0.00 ^c	0.60±0.01 ^a	0.36±0.01 ^b
Mn	1.63±0.06 ^d	2.51±0.07 ^c	4.40±0.04 ^b	5.91±0.19 ^a

¹Commercial shrimp dumpling. ²Dumplings prepared with red-banded lobster by-product extract and mealworm larvae powder. ³Different letters within the same column indicate significant differences (P<0.05) by Duncan's multiple range test.

한편, Kim et al. (2009)의 연구에서 새우 분말의 일반성분은 수분 3.81 g/100 g, 회분 0.70 g/100 g, 조단백질 49.36 g/100 g, 조지방 3.98 g/100 g, 탄수화물 42.00 g/100 g으로 보고되었

다. 이에 비해 가시발새우부산물 분말은 조단백질 및 회분 함량이 더 높고, 수분, 조지방, 탄수화물 함량은 더 낮아, 영양 밀도가 높은 고단백 식품 자원으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

Table 5. Comparison of free amino contents of CSD, SLS, red-banded lobster *Metanephrops thomsoni* by-product powder and meatballs formulated with mealworm *Tenebrio molitor* larvae powder

Content (mg/100g)	CSD ¹	SLS ²	Red-banded lobster by-product powder	Meatballs formulated with mealworm larvae powder
Phosphoserine	2.21±0.32 ^{b3}	1.28±0.33 ^b	15.07±2.42 ^a	2.69±0.06 ^b
Taurine	3.10±0.25 ^b	3.05±0.21 ^b	98.90±15.60 ^a	2.01±2.01 ^b
Phosphoethanolamine	ND ⁴	3.13±0.00 ^{ab}	3.11±0.63 ^{ab}	19.79±7.90 ^a
Urea	ND	3.82±0.00 ^a	8.11±1.42 ^a	46.19±23.28 ^a
Aspartic acid	8.10±0.05 ^{ab}	5.96±0.75 ^b	9.59±1.52 ^a	5.54±0.38 ^b
Threonine	4.85±0.15 ^b	3.06±0.05 ^b	18.37±2.79 ^a	4.03±0.25 ^b
Serine	6.63±0.19 ^b	4.03±0.23 ^b	16.53±2.46 ^a	4.64±1.17 ^b
Glutamic acid	19.03±0.21 ^b	62.85±8.38 ^a	22.94±3.49 ^b	24.39±6.58 ^b
2-Aminoadipic acid	ND	ND	1.22±0.20 ^a	ND
Glycine	6.41±0.39 ^b	6.45±0.02 ^b	162.26±23.09 ^a	6.86±1.62 ^b
Alanine	17.36±1.07 ^b	8.62±1.41 ^b	69.74±10.40 ^a	18.01±4.37 ^b
Citrulline	1.97±0.91 ^a	0.39±0.09 ^a	2.28±0.32 ^a	0.66±0.09 ^a
2-Aminobutyric acid	0.38±0.01 ^b	0.13±0.00 ^b	1.49±0.20 ^a	0.31±0.31 ^b
Valine	7.22±0.34 ^b	7.02±0.57 ^b	27.77±4.05 ^a	21.94±2.66 ^a
Cystine	0.16±0.02 ^b	ND	0.88±0.11 ^a	ND
Methionine	1.59±0.00 ^b	0.88±0.11 ^b	9.90±1.37 ^a	0.75±0.24 ^b
Cystathionine	0.13±0.00 ^b	ND	1.40±0.11 ^a	0.12±0.01 ^b
Isoleucine	4.53±0.16 ^c	3.91±0.36 ^c	19.04±2.84 ^a	10.99±1.26 ^b
Leucine	7.43±0.25 ^b	4.70±0.49 ^b	29.96±4.48 ^a	7.52±1.46 ^b
Tyrosine	3.51±0.12 ^b	5.51±1.55 ^b	11.99±1.80 ^b	28.35±7.89 ^a
Phenylalanine	4.74±0.49 ^b	3.90±0.14 ^b	15.87±2.43 ^a	4.26±1.19 ^b
β-Alanine	0.49±0.00 ^b	0.46±0.08 ^b	1.48±0.23 ^a	0.92±0.11 ^b
3-Aminoisobutyric acid	ND	ND	2.69±0.38 ^a	0.14±0.08 ^b
4-Aminobutyric acid	6.02±0.19 ^a	2.03±0.23 ^b	0.96±0.15 ^c	1.14±0.03 ^c
2-Aminoethanol	0.33±0.06 ^b	0.20±0.05 ^b	0.90±0.16 ^a	0.54±0.00 ^b
Ammonium chloride	5.04±0.25 ^a	3.09±0.53 ^b	2.18±0.26 ^b	5.37±0.26 ^a
Ornithine	0.97±0.06 ^b	0.54±0.02 ^b	10.65±1.65 ^a	0.90±0.23 ^b
Lysine	6.35±0.27 ^b	6.06±0.16 ^b	26.82±4.01 ^a	14.34±1.36 ^b
Histidine	2.57±0.08 ^b	4.62±0.57 ^b	3.38±0.54 ^b	27.12±1.94 ^a
3-Methylhistidine	ND	ND	2.33±0.44 ^a	ND
Carnosine	23.14±0.98 ^a	ND	ND	ND
Arginine	20.90±2.39 ^c	18.52±1.15 ^c	68.30±10.37 ^a	45.95±3.32 ^b
Hydroxyproline	0.09±0.04 ^b	0.02±0.02 ^b	7.15±1.18 ^a	0.05±0.05 ^b
Proline	13.45±0.68 ^b	16.90±0.87 ^b	46.12±7.48 ^b	131.20±19.16 ^a
Total free amino acid	178.71±8.35 ^c	179.22±21.22 ^c	719.40±108.57 ^a	436.74±21.38 ^b

¹Commercial shrimp dumpling. ²Dumplings prepared with red-banded lobster by-product extract and mealworm larvae powder. ³Different letters within the same column indicate significant differences ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test. ⁴Not detected.

Table 6. Comparison of volatile flavor compounds of red-banded lobster *Metanephrops thomsoni* by-product powder

	Retention time	Retention index	Compounds	Red-banded lobster by-product powder (ng/kg)	Odor
Acids	34.977	1355.693	Acetic acid	5.111	Sour, vinegar, pungent
Alcohols	51.713	1624.023	3-(methylthio)-1-propanol	2.250	Sweet, meat-like
Alkanes	9.21	898.186	Dodecane	5.819	Fried oil
	13.161	1,000.625	Undecane	3.730	Faint
	18.477	1,098.382	Dodecane	15.990	Fried oil
	19.533	1,115.570	2,3,5,8-Tetramethyldecane	2.072	-
	19.905	1,121.554	2,6,11-Trimethyldodecane	0.931	Fried oil, gasoline
	21.083	1,140.502	Tetradecane	2.607	Mild waxy
	103.02	2,708.489	Tetratetracontane	174.342	Mild waxy
Alkenes	6.446	780.116	1-Octene	0.442	Petroleum-like
Amides	27.161	1,236.287	N, N-Dimethylformamide	4.303	Fishy, amine
	52.971	1,645.593	Acetamide	1.996	-
Aromatics	33.166	1,327.977	1,3-Di-tert-butylbenzene	2.923	-
	33.691	1,336.012	1,2,3,5-Tetramethylbenzene	1.581	Camphor
Ketones	37.587	1,395.638	2-Decanone	2.376	Orange, floral, fatty, peach
	44.267	1,500.820	2-Undecanone	0.510	Strong, citrus, fatty, rue
	47.489	1,553.683	1-Phenylethanone	1.023	Sweet almond-like, sweet, pungent, strong medicinal, oranges
Lactams	55.376	1,686.831	N-Methyl-2-piperidone	0.371	-
	74.443	2,046.830	2-Piperidinone	2.509	Garlic
	69.364	1,945.335	2-Pyrrolidinone	1.748	-
Pyrazines	22.93	1,170.211	2-Methylpyrazine	1.697	Nutty, cocoa
	26.586	1,227.517	2,5-Dimethylpyrazine	7.424	Pleasant, potato
	28.158	1,251.495	2,3-Dimethylpyrazine	3.873	Nutty, cocoa
	30.735	1,290.802	2-Ethyl-6-methylpyrazine	13.994	Roasted baked potato
	32.027	1,310.545	Trimethylpyrazine	104.582	Roasted nut, baked potato
	34.651	1,350.704	3-Ethyl-2,5-dimethylpyrazine	28.217	Nutty, roasted smell, reminiscent of nuts
	37.819	1,399.189	3,5-Diethyl-2-methylpyrazine	4.445	Nutty, meaty, vegetable
	39.132	1,419.858	2,3,5-Trimethyl-6-ethylpyrazine	4.832	Spicy, vegetable stock like
	39.88	1,431.647	2-(2-Methylpropyl)-3,5-Dimethylpyrazine	1.160	Cocoa, hazelnut, musty, roast-ed nutty
	40.504	1,441.481	2,5-Dimethyl-3-propylpyrazine	0.821	Hazelnut
	40.888	1,447.533	2,6-Dimethyl-3-propylpyrazine	0.971	Hazelnut burnt
Siloxanes	41.402	1,455.634	Octamethylcyclotetrasiloxane	0.846	-
	49.834	1,592.158	Decamethylcyclopentasiloxane	0.563	Odorless
	57.584	1,725.811	1,1,1,3,5,7,9,11,11-Decamethyl-5-(trimethylsiloxy)hexasiloxane	1.604	-
Sulfides	12.255	977.474	Dimethyl disulfide	80.940	Garlic, onion
	30.178	1,282.306	Dimethyl trisulfide	8.902	Powerful
Etc.	5.372	702.177	Dimethoxydimethylsilane	0.736	Mild, characteristic ether-like
	18.046	1,090.456	2,4-Pentadienenitrile	5.188	Pungent
	47.962	1,561.444	2,6-Dihydroxybenzoic acid 3TMS	0.318	Odorless, mild, phenolic
	54.995	1,680.298	Trimethylsilyl 3-methyl-4-[(trimethylsilyl)oxy]benzoate	2.236	-

Table 7. Comparison of volatile flavor compounds of meatballs formulated with mealworm *Tenebrio molitor* larvae powder

	Retention time	Retention index	Compounds	Meatballs formulated with mealworm larvae powder (ng/kg)	Odor
Acids	5.702	726.125	Methyl acetic	0.062	Fragrant, fruity, pleasant
	32.933	1,324.411	2-Oxo-octanoic acid	0.117	-
	48.522	1,570.632	2,6-Dihydroxybenzoic acid 3TMS	0.280	-
	59.15	1,753.881	Heptanoic acid	0.147	Disagreeable, rancid
Alcohols	21.945	1,154.367	1-Pentanol	0.092	Mild
	28.593	1,258.130	1-Hexanol	0.156	Sweet alcohol, pleasant, fruity
	31.167	1,297.392	2-Butyl-1-octanol	0.347	Sweet
	34.893	1,354.408	1-Octen-3-ol	0.449	Strong herbaceous note reminiscent of lavender, rose, hay
	41.882	1,463.199	1-Octanol	0.106	Fresh, orange, rose
Aldehydes	7.112	815.457	2-Methylbutanal	0.073	Unpleasant
	7.199	818.888	3-Methylbutanal	0.070	Apple, fruity, fatty, almond, acrid
	12.558	985.301	Hexanal	1.765	Characteristic fruity
	24.203	1,190.687	Octanal	0.060	Strong fruity
	31.012	1,295.027	Nonanal	0.329	Rose, orange, floral
	39.467	1,425.138	Benzaldehyde	0.645	Strong almond
	47.296	1,550.517	4-Methylbenzaldehyde	0.144	Floral
	49.084	1,579.852	2-Hydroxybenzaldehyde	0.142	Bitter almond
Alkanes	5.354	700.871	Octane	0.247	Gasoline
	5.431	706.459	2,3,4-Trimethylhexane	0.173	-
	7.429	827.957	2,2-dimethoxybutane	0.064	-
	9.086	893.297	3,3-Dimethyloctane	0.093	-
	9.216	898.423	Decane	1.237	Gasoline
	10.393	929.372	3,7-Dimethyldecane	0.282	-
	10.561	933.712	2,4,6-Trimethyldecane	0.098	-
	11.284	952.390	2-methyldecane	0.111	Pungent, acrid
	11.595	960.424	3-methyldecane	0.068	Pungent, crid
	13.207	997.598	Undecane	1.340	Faint
	13.207	1,001.471	Dodecane	1.201	Fried oil
	18.493	1,098.676	Dodecane	0.317	Fried oil
	25.863	1,216.489	2-Trifluoroacetoxydodecane	0.035	-
	37.972	1,401.576	1-Nitrohexane	0.090	Sweet
Alkenes	6.465	781.495	2,4-Dimethyl-1-heptene	0.195	-
	15.405	1,041.890	1-Undecene	0.183	Mild
	32.62	1,319.620	3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	0.164	-
Amines	11.639	961.560	N-Methylmethanamine	0.021	Ammonia, fish
	11.665	962.232	Dimethylammoniumchlorid	0.029	Odorless
Aromatics	10.847	941.100	Methylbenzene	0.079	Sweet
	33.181	1,328.206	1,3-Di-tert-butylbenzene	0.148	-
Furans	20.557	1,132.041	2-pentylfuran	6.889	Fruity, vegetable, metallic
	24.905	1,201.876	5-Methyl-2-furanmethanethiol	0.096	Strong sulfuraceous, burnt odor

Table 7. Continued

	Retention time	Retention index	Compounds	Meatballs formulated with mealworm larvae powder (ng/kg)	Odor
Ketones	5.578	717.126	2-Propanone	0.048	Sweetish, fruity
	17.739	1,084.811	2-Heptanone	1.218	Banana-like fruity
	23.981	1,187.116	2-Octanone	0.081	Fatty, cheese aroma, floral, bitter, fruity, pleasant
	26.418	1,224.954	2,3-Octanedione	0.253	Asparagus, cilantro, herbal, earthy, fatty
	27.223	1,237.233	6-Methyl-5-hepten-2-one	0.044	Fatty, citrus
	30.769	1,291.321	2-Nonanone	0.184	Fruity, floral, fatty
	32.014	1,310.346	3-Octen-2-one	0.250	Pleasant, earthy, fruity blueberry note
	37.583	1,395.577	2-Decanone	0.177	Orange, floral, fatty, peach
	46.812	1,542.576	Ethanone, 1-(3-butyloxiranyl)-	0.857	-
	48.172	1,564.889	1-Ethoxy-2-heptanone	0.082	-
	65.811	1,876.727	Maltol	0.302	Fragrant caramel-butterscotch, caramel-like
Siloxanes	5.843	736.357	Hexamethylcyclotrisiloxane	0.232	-
	8.681	877.326	Octamethylcyclotetrasiloxane	0.130	-
	16.01	1,053.016	Decamethylcyclopentasiloxane	0.513	Odorless
	27.099	1,235.342	Dodecamethylcyclohexasiloxane	0.331	Odorless
	38.24	1,405.800	3-Isopropoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5,5-Tris(trimethylsiloxy)tetrasiloxane	0.325	-
	41.425	1,455.997	Octamethylcyclotetrasiloxane	0.152	-
	47.553	1,554.733	Dimethylsilanediol	0.126	-
	49.856	1,592.518	Decamethylcyclopentasiloxane	0.172	Odorless
	56.714	1,710.217	Hexamethylcyclotrisiloxane	0.135	-
	60.045	1,786.117	Octamethylcyclotetrasiloxane	0.155	Odorless
	64.165	1,845.833	Decamethylcyclopentasiloxane	0.155	Odorless
Etc.	22.12	1,157.182	Trimethylsilyl methaneperoxoate	0.431	-
	34.287	1,345.133	Arsenous acid, tris(trimethylsilyl) ester	0.111	-
	54.13	1,665.466	Oxime-, methoxy-phenyl-	0.194	-

Turhan et al. (2014)의 연구에 따르면, 소고기 미트볼은 수분 58.03 ± 0.43 g/100 g, 회분 2.35 ± 0.03 g/100 g, 조단백질 15.58 ± 0.21 g/100 g, 조지방 20.00 ± 0.01 g/100 g, 탄수화물 4.03 ± 0.61 g/100 g으로 보고되었다. 갈색거저리 유충 미트볼은 이와 비교하였을 때 수분과 조단백질 함량은 더 높고, 조지방 함량은 매우 낮은 수준으로 나타났다. 단백질은 영양소 합성과 분해, 대사 기능에 핵심적인 역할을 수행하는 필수 영양소로, 조단백질 함량이 높은 갈색거저리 유충 미트볼은 소고기 미트볼보다 영양학적으로 우수한 대체 단백질 식품으로 평가될 수 있다.

지방산 함량

CSD, SLS, 가시발새우부산물 분말, 갈색거저리 유충 미트볼의 지방산 분석결과는 Table 3에 나타내었다. EPA와 DHA는 SLS와 가시발새우부산물 분말에서만 검출되었는데, SLS에서는 0.53 ± 0.00 mg/100 g, 1.50 ± 0.80 mg/100 g으로 나타났으며, 가시발새우부산물 분말에서는 13.26 ± 0.58 mg/100 g, 33.40 ± 1.82 mg/100 g으로 나타났다. 포화지방산(saturated fatty acids, SFA)의 비율은 가시발새우부산물 분말에서 38.60%로 가장 높게 나타났으며, CSD 37.26%, 갈색거저리 유충 미트볼 25.07%, SLS 19.02% 순으로 나타났다.

단일불포화지방산(monounsaturated fatty acids, MUFA)은 CSD에서 42.51%로 가장 높았고, 이어 가시발새우부산물 분말 41.39%, 갈색거저리 유충 미트볼 25.46%, SLS 22.15% 순이었다. 다가불포화지방산(polyunsaturated fatty acid, PUFA)의 경우, SLS가 58.83%로 가장 높은 비율을 보였으며, 갈색거저리 유충 미트볼 49.47%, CSD 20.23%, 가시발새우부산물 분말 20.00% 순으로 나타났다. 특히 PUFA/SFA 비율은 CSD가

0.54인 반면, SLS는 3.09로 약 6배 높은 수치를 보여, 지방산 조성 측면에서 영양학적 가치가 우수함을 시사하였다. WHO 및 FAO는 건강한 식단을 위한 지표로 PUFA/SFA 비율이 0.4 이상 일 것을 권장하고 있으며, 비율이 높을수록 심혈관계 건강에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보고되고 있다(Wood et al., 2008).

한편, 중국식 찐새우만두(Siu mai)의 SFA 함량은 3,700 mg/100 g으로 보고되었으며(Food and Environmental Hy-

Table 8. Comparison of volatile flavor compounds of CSD

	Retention time	Retention index	Compounds	CSD ¹ (ng/kg)		Odor
Acids	26.05	1219.341	Cis-3-Hexenyl acetate	0.096	Fresh, sweet, fruity	
	6.8	803.155	3-Methoxy-1-propanol acetate	0.052	-	
Alcohols	6.83	804.338	1-Methoxy-2-propyl acetate	0.117	Sweet	
	7.623	835.607	Ethanol	0.144	Vinous	
	21.975	1,154.850	1-Pentanol	0.071	Mild	
	30.666	1,289.750	3-Hexenol	0.109	Grassy	
	34.905	1,354.591	1-Octen-3-ol	0.171	Strong herbaceous note reminiscent of lavender, rose, hay	
	41.141	1,451.521	(-)-Linalool	0.253		
	7.201	818.967	Isovaleraldehyde	0.045	Fruity, fatty, almond, pungent odor	
Aldehydes	12.568	985.559	Hexanal	0.415	Characteristic fruity	
	16.465	1,061.383	2-Methyl-2-pentenal	0.196	Pungent, fruity	
	17.887	1,087.532	Heptanal	0.046	Strong fruity	
	47.317	1,550.861	4-Methylbenzaldehyde	0.162	Floral	
Alkanes	5.353	700.798	2,4-Dimethylhexane	0.252	-	
	5.42	705.660	2,4-Dimethylhexane	0.109	-	
	9.095	893.651	3,3-Dimethyloctane	0.045	-	
	9.22	898.580	Decane	0.800	Gasoline	
	10.38	929.036	2,6,11-Trimethyldodecane	0.052	Fried oil, gasoline	
	11.604	960.656	3-Methyl-decane	0.089	Pungent, acrid	
	13.068	998.476	Undecane	0.810	Faint	
	13.211	1,001.545	Dodecane	1.034	Fried oil	
	18.491	1,098.639	Dodecane	0.020	Fried oil	
	26.441	1,225.305	3-Acetoxydodecane	0.163	-	
Alkenes	6.464	781.422	2,4-Dimethyl-1-heptene	0.075	-	
	8.168	857.098	Methyl 1-propenyl sulfide	0.167	Garlic	
	15.385	1,041.523	1-Undecene	0.136	Mild	
Amines	4.715	609.914	Trimethylamine	0.124	Fishy, ammoniacal	
Aromatics	10.85	941.178	Toluene	0.131	Sweet, pungent	
Ketones	27.391	1,239.796	Methylheptenone	0.125	Citrus	
Siloxanes	5.821	734.761	Hexamethylcyclotrisiloxane	0.119	-	
	15.968	1,052.243	Decamethylcyclopentasiloxane	0.126	Odorless	
	27.114	1,235.570	Dodecamethylcyclohexasiloxane	0.074	Odorless	

¹Commercial shrimp dumpling.

Table 8. Continued

	Retention time	Retention index	Compounds	CSD ¹ (ng/kg)	Odor
Sulfides	6.588	790.421	Allyl mercaptan	0.300	Onion, sweet
	12.227	976.750	Dimethyl Disulfide	1.035	Garlic, onion
	20.69	1,134.180	Methyl propyl disulfide	1.096	Onion
	23.733	1,183.127	Allyl methyl disulfide	13.061	Garlic, onion
	24.229	1,191.105	Allyl methyl disulfide	0.303	Garlic, onion
	30.057	1,280.461	Dipropyl disulfide	4.224	Garlic, onion
	30.209	1,282.779	Dimethyl trisulfide	0.002	Powerful
	33.391	1,331.420	Allyl propyl disulfide	1.918	Garlic, onion
	33.849	1,338.430	Trans-propenyl propyl disulfide	0.402	Cooked onion
	35.741	1,367.386	Diallyl disulfide	0.211	Garlic
	39.884	1,431.710	Methyl propyl trisulfide	0.365	Onion
	43.806	1,493.522	Allyl methyl trisulfide	2.704	Garlic, onion
	55.749	1,693.227	Diallyl Trisulfide	0.579	Strong garlic
	98.914	2,603.922	Disulfide, di-tert-dodecyl	0.961	-
Terpenes	10.145	922.966	L-alpha-Pinene	0.096	Herbal, woody
	13.7	1,010.537	(-)-beta-Pinene	0.216	Woody
	14.394	1,023.299	Sabinene	0.217	Woody, citrus, spicy
	16.576	1,063.424	Myrcene	0.247	Pleasant
	18.616	1,100.820	(R)-1-methyl-4-(1-methylethenyl)-cyclohexene	2.692	Lemon
	19.179	1,109.876	Beta-Phellandrene	0.086	Pleasant
	19.371	1,112.964	Eucalyptol	0.048	Camphor
	22.993	1,171.224	1-methyl-4-(1-methylethyl)benzene	0.145	Mild pleasant
	35.878	1,369.483	delta-Elementene	0.002	Herbal
	37.425	1,393.159	Copaene	0.509	Woody, honey
	44.168	1,499.228	(-)-Caryophyllene	8.112	Sweet, woody
	44.713	1,508.138	Terpinen-4-ol	0.096	Pepper
	48.636	1,572.502	Humulene	0.511	Woody
	50.514	1,603.464	(L)-alpha-terpineol	0.077	Floral
	50.813	1,608.591	1,7,7-Trimethylbicyclo [2.2.1] heptan-2-ol	0.120	Piney, camphor
	53.809	1,659.962	(+)-Delta-Cadinene	0.107	Herbal, woody
	54.707	1,675.360	alpha-Curcumene	0.122	-
Etc.	98.315	2,588.908	Tritetracontane	1.655	-

¹Commercial shrimp dumpling.

giene Department, 2007), 이는 CSD ($1,969.59 \pm 30.17$ mg/100 g), SLS (395.14 ± 4.74 mg/100 g), 가시발새우부산물 분말(128.71 ± 7.72 mg/100 g), 갈색거저리 유충 미트볼 (297.09 ± 7.02 mg/100 g)보다 현저히 높은 수치이다. 가시발 새우부산물에서 주요하게 검출된 SFA는 palmitic acid와 stearic acid였으며, MUFA에서는 oleic acid와 palmitoleic acid가 검출되어, 이들이 새우의 성장 및 대사 과정에서 주요 에너지원으로 작용하는 지방산임을 보여준다. PUFA 중에서는 EPA와

DHA가 가장 높은 함량을 보여, 가시발새우부산물이 심혈관 건강에 유익한 기능성 지방산의 공급원으로 활용될 수 있음을 시사하였다(Rossi et al., 2024).

또한, 소고기 미트볼의 주요 SFA는 palmitic acid 27,740 mg/100 g과 stearic acid 27,490 mg/100 g으로 보고된 반면(Turhan et al., 2014), 갈색거저리 유충 미트볼은 각각 205.13 ± 4.89 mg/100 g과 65.86 ± 1.55 mg/100 g으로 나타나 전체 함량은 낮지만 유사한 조성을 보였다. 한편, 가장 높

Table 9. Comparison of volatile flavor compounds of SLS

	Retention time	Retention index	Compounds	SLS ¹ (ng/kg)	Odor
Acids	26.042	1219.219	Cis-3-hexenyl acetate	0.089	Fresh, sweet, fruity
	7.619	835.450	Ethanol	0.241	Vinous
Alcohols	13.392	1,004.873	2-Butyl-1-octanol	0.159	Sweet
	21.959	1,154.592	1-Pentanol	0.067	Mild
	26.429	1,225.122	2-Methyl-1-pentanol	0.083	-
	27.119	1,235.647	Trans-2-hexenyl acetate	0.119	Sweet, fresh, apple
	28.609	1,258.374	1-Hexanol	0.171	Sweet alcohol, pleasant, fruity
	30.661	1,289.674	(Z)-3-Hexen-1-ol	0.040	Fresh, grass, foliage vegetable, herbal
	34.913	1,354.714	7-Octen-4-ol	0.277	-
	35.326	1,361.035	1-Heptanol	0.030	Fragrant, raint, aromatic
	42.034	1,465.595	1-Octanol	0.002	Fresh, orange, rose
	45.528	1,521.509	(Z)-2-Octen-1-ol	0.149	Sweet floral
	47.047	1,546.432	l-Menthol	0.115	Peppermint
Aldehydes	12.552	985.146	Hexanal	1.048	Characteristic fruity
	12.678	988.401	Hexanal	0.129	Characteristic fruity
	17.875	1,087.312	Heptanal	0.144	Strong fruity
	26.504	1,226.266	(Z)-2-Heptenal	0.148	-
	30.924	1,293.685	2-Methylpentanal	0.002	Ham, cheese
	31.037	1,295.409	Nonanal	0.352	Rose, orange, floral
	31.182	1,297.621	Nonanal	0.380	Rose, orange, floral
	39.487	1,425.453	Benzaldehyde	0.092	Strong almond
	47.324	1,550.976	4-Methylbenzaldehyde	0.136	Floral
	56.926	1,714.017	(E, E)-2,4-Decadienal	0.128	Butter, fatty, orange
Alkanes	5.354	700.871	Octane	0.072	Gasoline
	5.465	708.926	2,4-Dimethylheptane	0.016	Strong, pungent
	8.749	880.008	2-(Ethenyloxy)-propane alkane	0.086	Sweet, fruity
	9.213	898.304	Dodecane	0.748	Fried oil
	10.386	929.191	3,7-Dimethyldecane	0.136	-
	11.271	952.054	2-Methyldecane	0.015	Pungent, acrid
	12.426	981.891	2,6-Dimethyldecane	0.032	-
	13.029	997.468	Dodecane	1.306	Fried oil
	13.233	1,001.949	Undecane	0.693	Faint
	18.488	1,098.584	Dodecane	0.175	Fried oil
	37.694	1,397.276	Pentadecane	0.047	Waxy
	37.976	1,401.639	1-Nitrohexane	0.180	Sweet
	94.289	2,489.241	Nonacosane	0.831	Odorless
Alkenes	6.456	780.842	2,4-Dimethyl-1-heptene	0.074	-
	8.172	857.256	3-(Methylthio)-1-propene	0.046	Alliaceous, garlic, onion
	36.751	1,382.844	Diallyl disulphide	20.459	Garlic
	36.751	1,382.844	Diallyl disulphide	20.437	Garlic
	55.743	1,693.124	Diallyl Trisulfide	0.775	Disagreeable

¹Dumplings prepared with red-banded lobster by-product extract and mealworm larvae powder.

Table 9. Continued

	Retention time	Retention index	Compounds	SLS ¹ (ng/kg)	Odor
Aromatics	10.863	941.514	Methylbenzene	0.072	Sweet
	33.177	1,328.145	1,3-Di-tert-butylbenzene	0.112	-
Ethers	13.607	1,008.827	Diisodecyl ether	0.091	-
	19.365	1,112.868	1,8-Cineole	0.088	Camphor
Furans	20.556	1,132.025	2-Pentylfuran	0.280	Fruity, vegetable, metallic
Ketones	17.741	1,084.847	2-Heptanone	0.106	Banana-like fruity
	27.392	1,239.811	6-Methyl-5-hepten-2-one	0.022	Fatty, citrus
Paraffins	94.908	2,504.178	Tetratetracontane	0.346	-
	95.537	2,519.821	Tetratetracontane	2.935	-
	95.328	2,514.623	Trtriacontane	9.547	-
Sulfides	12.215	976.440	Dimethyl disulfide	0.171	Garlic, onion
	15.82	1,049.522	Diallyl sulfide	0.187	Garlic
	20.683	1,134.068	Methyl propyl disulfide	1.077	Onion
	23.725	1,182.998	Allyl methyl disulfide	3.909	Garlic, onion
	24.219	1,190.944	1,3-Dithiane	0.425	Alliaceus, roasted
	30.056	1,280.445	Isopropyl propyl disulfide	5.495	Onion, meaty
	33.699	1,336.134	Allyl propyl disulfide	0.001	Garlic, onion
	33.854	1,338.506	Trans-propenyl propyl disulfide	1.259	Cooked onion
	48.666	1,572.994	Dipropyl trisulfide	0.167	Garlic
Terpenes	11.795	965.590	Camphene	0.006	Cooling, piney wood, citrus, green minty
	18.605	1,100.643	(R)-1-methyl-4-(1-methylethenyl)-cyclohexene	0.136	Lemon
	19.173	1,109.780	Sabinene	0.164	Woody, citrus, spicy
	44.165	1,499.180	(-)-Caryophyllene	0.099	Sweet, woody
	51.569	1,621.553	Zingiberene	0.078	-

¹Dumplings prepared with red-banded lobster by-product extract and mealworm larvae powder.

은 함량을 나타낸 지방산은 소고기 미트볼에서는 oleic acid (33,270 mg/100 g), 갈색거저리 유충 미트볼에서는 linoleic acid (583.15 ± 7.86 mg/100 g)로 나타났다.

무기질 함량

CSD, SLS, 가시발새우부산물 분말, 갈색거저리 유충 미트볼의 무기질 분석결과는 Table 4에 나타내었다. CSD의 Fe, Mg, Zn, Mo, Mn 함량은 각각 1.87 ± 0.08, 106.13 ± 0.97, 4.46 ± 0.21, 0.02 ± 0.00, 1.63 ± 0.06 mg/kg으로 나타났다. SLS는 Fe 3.86 ± 0.13, Mg 171.94 ± 2.67, Zn 6.91 ± 0.14, Mo 0.07 ± 0.00, Mn 2.51 ± 0.07 mg/kg으로, 모든 항목에서 CSD보다 함량이 높게 나타났다. 가시발새우부산물 분말은 Fe 25.59 ± 0.40, Mg 1,882.71 ± 2.90, Zn 51.14 ± 0.28, Mo 0.60 ± 0.01, Mn 4.40 ± 0.04 mg/kg이었으며, 갈색거저리 유충 미트볼은 Fe 16.15 ± 0.30, Mg 485.49 ± 10.45, Zn 32.87 ± 0.62, Mo 0.36 ± 0.01, Mn 5.91 ± 0.19 mg/kg의 함량

을 나타냈다.

모든 무기질 항목에서 SLS는 CSD보다 높은 함량을 함유하고 있으며, 특히 Mg, Fe, Zn은 체내 에너지 대사, 산소 운반, 면역 기능 및 운동 수행 능력과 밀접한 관련이 있는 영양소로 알려져 있다(Lee, 2017). 따라서 SLS의 무기질 함량 증가는 주원료로 사용된 가시발새우부산물 분말과 갈색거저리 유충이 함유하고 있는 높은 무기질 함량이 영향을 준 것으로 판단된다.

유리아미노산 함량

CSD, SLS, 가시발새우부산물 분말, 갈색거저리 유충 미트볼의 유리아미노산 분석결과는 Table 5에 나타내었다. Glutamic acid는 SLS이 가장 높게 나타났는데(62.85 ± 8.38 mg/100 g), 이는 감칠맛을 유발하는 주요 아미노산이 SLS의 풍미 형성에 작용한 것으로 판단된다. Alanine은 가시발새우부산물 분말에서 69.74 ± 10.40 mg/100 g으로 가장 높게 나타났으며, 갈색거저리 유충 미트볼 18.01 ± 4.37 mg/100 g, CSD 17.36 ± 1.07

mg/100 g, SLS 8.62 ± 1.41 mg/100 g 순으로 나타났다. Proline 은 갈색거저리 유충 미트볼에서 131.20 ± 19.16 mg/100 g으로 가장 높게 나타났으며, 가시발새우부산물 분말 46.12 ± 7.48 mg/100 g, SLS 16.90 ± 0.87 mg/100 g, CSD 13.45 ± 0.68 mg/100 g 순으로 나타났다. Arginine은 가시발새우부산물 분말에서 68.30 ± 10.37 mg/100 g으로 가장 높게 나타났으며, 갈색거저리 유충 미트볼 45.95 ± 3.32 mg/100 g, CSD 20.90 ± 2.39 mg/100 g, SLS 18.52 ± 1.15 mg/100 g 순으로 나타났다.

SLS는 glutamic acid의 함량이 가장 높아, 감칠맛을 유발하는 주요 아미노산으로서 기능을 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 glycine, alanine, proline, arginine은 새우에 풍부한 유리 아미노산으로 알려져 있으며(Choi et al., 1983; Sriket et al., 2007), 본 연구에서도 가시발새우부산물 분말과 갈색거저리 유충 미트볼에서 높은 함량이 확인되었다. 이러한 경향은 대하 (*Fenneropenaeus chinensis*) 부산물 효소추출물에서 arginine, glycine, alanine이 각각 448, 319, 308 mg/100 g 수준으로 보고된 Rossi et al. (2024)의 연구와도 일치하였다.

향기 성분 조성

가시발새우부산물 분말과 갈색거저리 유충 미트볼의 향기 성분은 각각 Table 6과 Table 7, CSD와 SLS의 향기 성분은 각각 Table 8과 Table 9에 나타내었다. 가시발새우부산물 분말에서는 pyrazines가 주요 향기 성분으로 검출되었는데, 이는 Lee et al. (2002)의 새우부산물 연구 결과와 일치하며, 가열 조리된 새우의 대표적인 향 성분으로 알려져 있다. 본 연구에서도 추출 및 건조 과정에서 고온 처리가 이루어졌기 때문에 다양한 pyrazines가 검출된 것으로 판단된다.

갈색거저리 유충 미트볼에서는 alkanes가 가장 많은 종을 차지하였으며, 이는 Seo et al. (2020)이 보고한 쉼, 구운, 튀긴 밀원의 향기 성분 결과와 유사하다. 특히 2-pentylfuran, hexanal, undecane, decane, 2-heptanone, dodecane 등은 찜과 튀김 공정 중 열처리와 마이야르 반응으로 형성된 것으로, 이로 인해 육류와 유사한 향 특성이 부여된 것으로 판단된다.

CSD와 SLS의 향기 성분을 비교한 결과, CSD에서는 alkanes, sulfides, terpenes의 종수가 상대적으로 많았고, SLS에서는 alcohols, aldehydes, alkanes의 비율이 높았다. 두 시료에서 공통적으로 검출된 ketones, aldehydes, alcohols는 일반적으로 지질 자가산화 및 아미노산-당류의 분해에서 기인한다고 알려져 있다(Beltrán-Barrientos et al., 2019). 특히 hexanal과 heptanal은 조리된 새우의 주요 향 성분으로 보고된 바 있으며(Wang et al., 2022), 본 연구의 만두 조리 과정에서도 형성된 것으로 판단된다.

또한 새우 특유의 향 성분으로는 sulfides가 잘 알려져 있으며(Lee et al., 2002), 본 연구의 CSD와 SLS 모두에서 검출되었다. SLS에서 검출된 benzaldehyde는 새우 가열 조리 시 발생하는 구수한 향 성분으로 보고되었으며(Zhang et al., 2022),

2-pentylfuran은 건새우에서 주로 검출되는 화합물로 알려져 있다(Lu et al., 2024). 아울러, 2-heptanone은 갈색거저리 유충 미트볼에서 유래한 것으로 추정되며, 돼지고기의 특유 풍미를 유발하는 화합물로도 알려져 있다(Song et al., 2022). 따라서 SLS에는 돼지고기나 새우육이 직접 첨가되지 않았음에도 불구하고, 유사한 향미 특성이 부여되었을 가능성이 있다고 판단된다.

가시발새우부산물과 갈색거저리 유충 분말을 이용하여 제조한 만두는 일반성분, 지방산 조성, 무기질 함량, 유리아미노산 조성, 휘발성 향기 성분에서 전반적으로 우수한 영양학적 특성을 나타내었으며, 새우 및 육류의 향미를 유사하게 구현할 수 있음을 확인하였다. 이는 기후변화로 인한 식량난과 단백질 자원의 고갈에 대비하기 위한 지속가능한 식품 개발 방향성을 제시하는 연구로, 향후 수산부산물 및 식용 곤충을 활용한 기능성 식품 개발과 산업화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

이 논문은 국립수산물과학원의 지원(R2025057)을 받아 수행한 연구이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Abuzar, Sharif HR, Sharif MK, Arshad R, Abdur R, Rehman A, Ashraf W, Karim A, Awan KA, Raza H, Khalid W, Asar TO and Al-Sameen MA. 2023. Potential industrial and nutritional applications of shrimp by-products: A review. *Int J Food Prop* 26, 3407-3432. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2283378>.
- Adegoke SC and Tahergorabi R. 2021. Chapter 27-Utilization of seafood-processing by-products for the development of value-added food products. In: *Valorization of Agri-Food Wastes and By-Products*. Bhat R, ed. Academic Press, Cambridge, MA, U.S.A., 537-559. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824044-1.00012-X>.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 2005. *Official Methods of Analysis*. 18th Ed. AOAC, Arlington, VA, U.S.A.
- Ahmad M, Qureshi S, Akbar MH, Siddiqui SA, Gani A, Mush-taq M, Hassan I and Dhull SB. 2022. Plant-based meat alternatives: Compositional analysis, current development and challenges. *Appl Food Res* 2, 100154. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100154>.
- Beltrán-Barrientos LM, Garcia HS, Reyes-Díaz R, Estrada-Montoya MC, Torres-Llanaez MJ, Hernández-Mendoza A, González-Córdova AF and Vallejo-Cordoba B. 2019. Co-operation between *Lactococcus lactis* NRRL B-50571 and NRRL B-50572 for aroma formation in fermented milk. *Foods* 8, 645. <https://doi.org/10.3390/foods8120645>.
- Bligh EG and Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37, 911-

917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>.
- Choi SH, Kobayashi A and Yamanishi T. 1983. Odor of cooked small shrimp, *Acetes japonicus* Kishinouye: Difference between raw material and fermented product. *Agric Biol Chem* 47, 337-342. <https://doi.org/10.1080/00021369.1983.10865632>.
- Fernandes TM, da Silva JA, da Silva AHA, de Oliveira Cav-alheiro JM and da Conceição ML. 2013. Flour produc-tion from shrimp by-products and sensory evaluation of flour-based products. *Pesq Agropec Bras* 48, 2736-2744. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000800022>.
- Food and Environmental Hygiene Department. 2007. Report of Nutrient Values of Chinese Dim sum. Risk Assessment Studies Report No. 17, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, Hong Kong, 1-51.
- Gonçalves AA and Dos Santos J. 2019. Shrimp processing resi-due as an alternative ingredient for new product develop-ment. *Int J Food Sci Technol* 54, 2736-2744. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14184>.
- Jeon AR and Chung HJ. 2018. Quality characteristics of *Yang-gaeng* made with different concentration of mealworm powder. *J Korean Soc Food Cult* 33, 169-175. <https://doi.org/10.7318/KJFC/2018.33.2.169>.
- Kim KH, Park BH, Cho YJ, Kim SR and Cho HS. 2009. Qual-ity characteristics of shrimp flour added dumpling shell. *J Korean Soc Food Cult* 24, 206-211. <https://doi.org/10.7318/KJFC.2009.24.2.206>.
- Lee MJ, Lee SJ, Cho JE, Jung EJ, Kim MC, Kim GH and Lee YB. 2002. Flavor characteristics of volatile com-pounds from shrimp by GC olfactometry (GCO). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31, 953-957. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2002.31.6.953>.
- Lee NJ. 2017. A review of magnesium, iron, and zinc supple-mentation effects on athletic performance. *Kor J Phys Educ* 56, 797-806. <http://doi.org/10.23949/kjpe.2017.01.56.1.59>.
- Lisboa HM, Nascimento A, Arruda A, Sarinho A, Lima J, Ba-tista L, Dantas MF and Andrade R. 2024. Unlocking the potential of insect-based proteins: Sustainable solutions for global food security and nutrition. *Foods* 13, 1846. <https://doi.org/10.3390/foods13121846>.
- Looy H, Dunkel FV and Wood JR. 2014. How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *Agric Hum Values* 31, 131-141. <https://doi.org/10.1007/s10460-013-9450-x>.
- Lu Q, Yu L, Guo X and Wang X. 2024. Volatile compounds, synergistic effects, precursors and impact factors for odor profiles in *Eriocheir sinensis*. *Aquac Fish* 9, 721-730. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2023.03.002>.
- Malila Y, Owolabi IO, Chotanaphuti T, Sakdibhornssup N, El-liott CT, Visessanguan W, Karoonuthaisiri N and Petchkong-kaew A. 2024. Current challenges of alternative proteins as future foods. *npj Sci Food* 8, 53. <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00291-w>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2025a. Chapter 8. General test method. 2. Food ingredient testing method. 2.2 Micronutrient test method. 2.2.1 Minerals. 2.2.1.1 Prepara-tion of test solution. In: Korean Food Code. Retrieved from <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC> on May 14, 2025.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2025b. Chapter 8. General test method. 2. Food ingredient testing method. 2.1 General composition test method. 2.2.5 Geology. 2.2.5.4 Fatty acids. In: Korean Food Code. Retrieved from <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC> on May 14, 2025.
- Rossi N, Grosso C and Delerue-Matos C. 2024. Shrimp waste upcycling: Unveiling the potential of polysaccharides, pro-teins, carotenoids, and fatty acids with emphasis on extrac-tion techniques and bioactive properties. *Mar Drugs* 22, 153. <https://doi.org/10.3390/md22040153>.
- Seo HJ, Kim HR and Cho IH. 2020. Aroma characteristics of raw and cooked *Tenebrio molitor* larvae (Mealworms). *Food Sci Anim Resour* 40, 649-658. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e35>.
- Shim KB, Mok JS, Jeong YG, Park KBU and Jang MS. 2022. Effect of organic acids on the formation of biogenic amines in fermented anchovy sauce comprising raw anchovy mate-rials with different levels of freshness. *J Food Sci Technol* 59, 703-714. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05065-w>.
- Song WJ, Liu PP, Zheng YY, Meng ZQ, Zhu HZ, Tang CB, Li HX, Ding SJ and Zhou GH. 2022. Production of cultured fat with peanut wire-drawing protein scaffold and quality evaluation based on texture and volatile compounds analy-sis. *Food Res Int* 160, 111636. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111636>.
- Sriket P, Benjakul S, Visessanguan W and Kijroongrojana K. 2007. Comparative studies on chemical composition and thermal properties of black tiger shrimp (*Penaeus mon-odon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) meats. *Food Chem* 103, 1199-1207. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.039>.
- Tan HSG, Fischer ARH, Tinchin P, Stieger M, Steenbekkers LPA and van Trijp HCM. 2015. Insects as food: Exploring cultural exposure and individual experience as determi-nants of acceptance. *Food Qual Prefer* 42, 78-89. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.01.013>.
- Turhan S, Yazici F, Saricaoglu FT, Mortas M and Gencelep H. 2014. Evaluation of the nutritional and storage quality of meatballs formulated with bee pollen. *Food Sci Anim Resour* 34, 423-433. <http://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.4.423>.
- van der Weele C, Feindt P, van der Goot AJ, van Mierlo B and van Boekel M. 2019. Meat alternatives: An integrative com-parison. *Trends Food Sci Technol* 88, 505-512. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.018>.

- Wang S, Hu M, Zhao L, Liu Q and Cao R. 2022. Changes in lipid profiles and volatile compounds of shrimp (*Penaeus vannamei*) submitted to different cooking methods. Int J Food Sci Technol 57, 4234-4244. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15747>.
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI and Whittington FM. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. Meat Sci 78, 343-358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>.
- Wu PW, Tsai CH, Hsu CY, Chang SH, Kao YM, Tseng SH and Wang DY. 2023. Determination and evaluation of EPA and DHA ethyl esters in fish oils using the TMAH transesterification method. J Food Drug Anal 31, 4. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.3469>.
- Zhang Z, Ji H, Zhang D, Liu S and Zheng X. 2022. The role of amino acids in the formation of aroma-active compounds during shrimp hot air drying by GC-MS and GC-IMS. Foods 11, 3264. <https://doi.org/10.3390/foods11203264>.