

물성조절 기술을 활용한 고령친화식 전복(*Haliotis discus hannai*)장의 품질 특성

손숙경[†] · 배연주[†] · 박선영¹ · 조혜정² · 심길보 · 장미순³ · 오재영⁴ · 김진수^{1*}

국립부경대학교 식품공학과, ¹경상국립대학교 해양식품공학과, ²㈜덕화푸드 기업부설연구소, ³국립수산과학원 연구협력과, ⁴국립수산과학원 식품 안전가공과

Physicochemical Characteristics of Marinated Abalone *Haliotis discus hannai* in Seasoned Soy Sauce for the Elderly Using Texture Modification Technology

Sohn Suk Kyung[†], Yeon Joo Bae[†], Sun Young Park¹, Hye Jeong Cho², Kil Bo Shim, Mi-soon Jang³, Jaeyoung Oh⁴ and Jin-Soo Kim^{1*}

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

¹Department of Seafood and Aquaculture Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

²Research and Development Institute, Deok-Hwa Food, Busan 49465, Republic of Korea

³Research Cooperation Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Republic of Korea

⁴Food Safety and Processing Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Republic of Korea

This study aimed to develop and commercialize abalone *Haliotis discus hannai* marinated in seasoned soy sauce (AM-S) for the elderly by adjusting its texture (hardness) and strengthening its nutritional components. The number of pounding cycles [X_1 , 2–14 times] and heating time in a retort [X_2 , 5–19 min] were selected as independent variables, and hardness (Y_1) and overall acceptance (Y_2) were selected as dependent variables. The optimal conditions for X_1 and X_2 were 12 pounding cycles and heating in a retort for 17 min, respectively. The hardness values 209.2×10^3 N/m² for the third method and 259.1×10^3 N/m² for the first method. The nutritional value was 13.1 g/100 g crude protein and vitamins A, D, and C were not detected. The mineral content was 33.2 mg/100 g calcium and 258.7 mg/100 g potassium. Organisms from the coliform group and *Escherichia coli* were not detected. Therefore, AM-S for the elderly was classified as a hardness- and nutrient-controlled product based on the standards and specifications of senior-friendly foods provided in the MFDS and classified as the first step of senior-friendly foods according to the standards and specifications of senior-friendly foods provided in the KS.

Keywords: Senior friendly foods, Abalone, *Haliotis discus hannai*, Texture modification technology, Abalone marinated in seasoned soy sauce

서 론

최근 전 세계에서는 빠른 고령화 속도로 고령화 사회의 비율이 2020년에 9.3%이었고, 2050년에는 16%에 도달을 예상할 정도로 인류의 고령화 문제가 점차 크게 부각되고 있어 고령인들의 생활환경 개선을 위한 고령친화산업의 발전을 위해 노력

하고 있다(Gallego et al., 2022). 고령자들은 저작기능, 소화·흡수 기능 등의 저하로 인한 식생활에 어려움을 느끼게 되면서 미각 및 후각 둔화 등의 현상이 발생하며 영양성분 섭취 부족으로 인한 구강 건조증, 근육량 손실, 골다공증 등의 만성질환이 발생하게 된다(Aguilera and Park, 2016; Gallego et al., 2022). 특히, 고령자들의 치아는 치아의 상태에 따라 부적절한 음식 선택

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9146 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: jinsukim@gnu.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.2024.0429>

Korean J Fish Aquat Sci 57(4), 429-437, August 2024

Received 27 May 2024; Revised 24 June 2024; Accepted 23 August 2024

저자 직위: 손숙경(대학원생), 배연주(대학원생), 박선영(연구원), 조혜정(연구원), 심길보(교수), 장미순(연구원), 오재영(연구사), 김진수(교수)

및 식품의 질감이 결정될 수 있으며 영양실조 및 음식 섭취에 대한 쾌감을 상실하게 된다(Toniazzo et al., 2018). 이러한 고령화 사회의 빠른 진입으로 증가하는 고령자들의 불편한 식생활 문제점을 해결해 나아가기 위하여 국내에서는 고령자의 식품 섭취·소화·흡수·대사 등을 돕기 위해 식품의 물성 및 영양 성분 등이 일정 수준을 충족하도록 제조·가공한 식품을 고령친화식품으로 규정하고 있으며, 식품공전(MFDS, 2022a) 및 한국산업표준(KS, 2022)에서 품질 기준 및 규격을 제시하고 있다.

고령친화 식품은 고령자가 쉽게 섭취할 수 있도록 경도조절 식품과 균형영양섭취에 도움을 주도록 영양성분을 조절하는 영양보충식품으로 구분된다. 특히 고령친화식품은 부드러운 식감을 가져야 하며, 에너지 섭취 비율이 낮은 단백질, 비타민, 칼슘 및 칼륨 등 영양 성분을 갖춰야 한다. 따라서 수산물은 고령친화식품의 원료로서 영양학적 우수성을 갖추고 있으며, 그 중에서 전복은 다량의 단백질과 비타민 B₁, 비타민 B₁₂, 칼슘, 인 등을 함유하고 있다(You and Chung, 2007). 또한 전복은 피부미용, 자양강장, 산후조리, 간장보호, 피로회복 및 심근경색에 대한 예방효과를 가지고 있을 뿐만 아니라 고령자에게는 노화로 인한 근육량 감소 예방, 뼈 건강 증진, 에너지 균형 유지 등에 도움을 준다고 알려져 있다(Kim et al., 2006; Bagarinao NCE, 2020; Yun et al., 2022). 그러나 전복은 근원섬유 단백질(tropomyosin, paramyosin)을 다량 함유하고 있으며, 근섬유가 콜라겐으로 둘러싸여 있어 질긴 식감을 가지기 때문에(Oteiza et al., 2020; Lin et al., 2021), 고령친화식품으로 개발하기 위해서는 고령자가 쉽게 섭취할 수 있도록 물성을 인위적으로 조절해야 된다. 전복의 물성을 개선하기 위한 연구는 papain 등 효소를 직접 사용하는 방법, papain, bromelain 등의 효소와 초음파 등 물리적 방법을 동시에 사용하는 방법, 중탄산나트륨을 이용한 알카리 처리 후 효소 및 물리적 방법을 동시에 처리하는 방법, 열처리 온도와 시간에 따라 조절하는 방법 등이 추진된 바 있다(Brambila et al., 2006; Dong et al., 2018; Oteiza et al., 2020; Lin et al., 2021). 그러나 효소처리법은 처리농도와 처리시간에 따라 부위별로 연화정도에 차이가 날 수 있으며, 열처리는 처리 후 다시 단단해질 수 있어 산업적인 이용에는 한계가 있다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 전복의 육조직에 직접적으로 물리적 힘을 가하고 열처리를 통하여 연화시킨 후, 상온유통이 가능하고 고령자들이 치아로 씹어서 섭취 가능한 물성을 가진 고령친화식 전복장 제품을 개발하고자 하였다.

이를 위하여 고령친화식 전복장 제조를 위한 물리적 힘과 열처리 조건을 확립하고 부원료를 함유하여 전복장을 제조하고 품질 특성을 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

재료

전복은 2021년 3-6월에 전라남도 완도군 소재의 양식장에

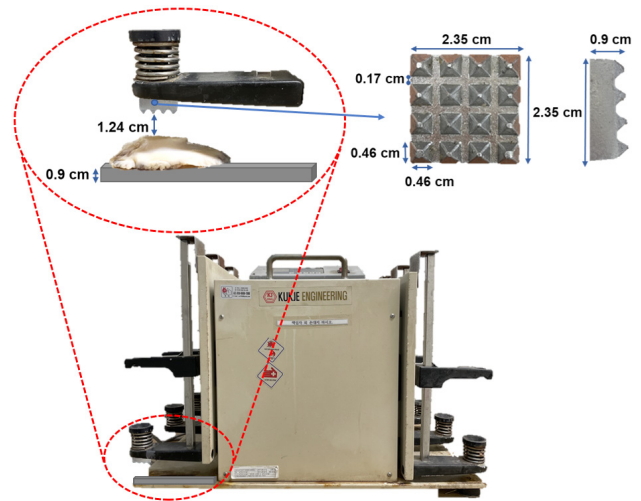


Fig. 1. Photograph of self-developed a pounding machine for texture softening of abalone *Haliotis discus hannai*.

서 수확하여 살아 있는 북방전복(*Haliotis discus hannai*) (각장 7.3 ± 0.6 cm, 각고 2.6 ± 0.1 cm, 각폭 4.9 ± 0.2 cm, 무게 43.6 ± 4.3 g)을 구매한 후 패각, 내장, 이빨 및 식도를 제거한 다음 -18°C 냉동고(GC-124HGFP; LG Electronics Co., Seoul, Korea)에 보관 사용하였다. 부원료인 양조간장(Sempio Co., Seoul, Korea), 미림(Lotte Chilsung Beverage Co. Ltd., Seoul, Korea), 탄산음료(Lotte Chilsung Beverage Co. Ltd.), 고추씨(NonSon Farm Inc., Nonsan, Korea)는 2021년 4-10월에 경상남도 통영시 소재 대형 소비 마트로부터 구입하여 사용하였고, 포장재인 레트르트파우치(HPM Global Inc., Seoul, Korea)는 polyethylene terephthalate (PET), aluminum (AL), nylon (NY), casting polypropylene (CPP) 재질로 구성되어 있는 것을 구입하여 사용하였다.

전복의 물성 개선을 위한 물리적 처리 조건

전복을 활용한 1단계 고령친화제품 개발을 위한 물성연화처리는 전복 근육에 일정한 속도와 힘을 가하기 위하여 Separatory funnel shaker (KSS-06; Kukje engineering, Paju, Korea)의 하단 부분에 가로 2.35 cm, 세로 2.35 cm, 높이 4.0 cm인 고기 망치의 머리 부분(가로 0.46 cm, 세로 0.46 cm, 높이 0.3 cm인 사각뿔 16개, 사각뿔의 사이 간격 0.17 cm인 부분)을 가로 2.35 cm, 세로 2.35 cm, 높이 0.9 cm로 절단한 다음 부착하여 사용하였다. 조건은 전복 육의 안쪽까지 물리적 처리(pounding)가 원활하게 이루어지기 위하여 전복과 절단한 고기 망치 머리 부분의 사이 높이를 1.24 mm로 맞추어 물리적 처리를 실시하였으며, 전달되는 힘은 약 12 N, 속도는 100 rpm으로 설정하였다(Fig. 1).

고령친화식 전복장의 제조

고령친화식 전복장용 전복은 전처리한 냉동 전복을 유수해동하여 사용하였다. 해동 전복은 세척한 다음 물리적 처리를 2-14 회 범위를 실시하여 전복의 조직감을 부드럽게 해준 다음 간장소스[양조간장(22%, v/w), 정제수(22%, v/w), 탄산음료(44%, v/w), 미림(11%, v/w) 및 고추씨(1%, v/w)를 혼합하여 제조]와 동량으로 레토르트파우치에 혼합한 후 121°C에서 5-19분 동안 레토르트(DW-RETO-ACE-200 L; Hyosung FMT Corp., Daegu, Korea)에서 고온가압 처리하여 제조하였다. 제조한 시료는 실험 진행 전까지 상온에서 보관하여 7일 이내에 사용하였으며, 분석용 시료는 고령친화식 전복장의 육과 소스를 함께 마쇄하여 시료로 사용하였다.

중심합성계획회귀분석

고령친화식 전복장의 조직 연화 공정 최적화는 물리적 처리(pounding) 횟수와 열처리 시간(분)을 독립변수로 설정하여 실시하였다. 이어서 이를 중심합성계획(central composite design, CCD)에 따라 X_1 (물리적 처리 횟수, 2-14회) 및 X_2 (열처리 시간, 5-19분)는 예비 실험 결과를 참고로 하여 5단계로 부호화하여 각각 11구의 시료구를 무작위적으로 제조한 다음 이를 검체로 하여 실험을 진행하였다. 고령친화식 전복장 제조조건 구명을 위한 종속변수는 물리적 처리(회) 및 열처리 시간(분)에 따른 Y_1 (경도) 및 Y_2 (종합적 기호도)로 하였다(Table 1).

경도

경도는 texture analyzer (CT3-1000; Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 이용하여 고령친화식품 제1단계 제품에 대한 기준에 부합하도록 한국산업표준(KS, 2022)에서 제시한 제1법과 제3법에 따라 측정방법을 달리하여 측정하였다. 제1법은 5 mm인 원형 프로브(probe)와 물성측정용 아크릴 바닥판(두께 10 mm, 정중앙 직경 10 mm 구멍)을 이용하여 압축속도 100 mm/min, 시료 온도 20±2°C로 하였고, 측정 깊이는 완전히 관통하는 것으로 측정하였다. 관통여부를 확인한 후, 제3법인 지름 3 mm인 원형 프로브를 이용하여 압축속도 600 mm/min, 시료 온도 20±2°C로 하였고, 프로브를 시료의 두께 30% 까지 5회 측정한 다음 최대값 및 최소값을 제외한 3회 평균값을 나타내었다.

Table 1. Symbol, experimental range and values of the independent variables in the central composite design for abalone *Haliotis discus hannai* marinated in seasoned soy sauce for the elderly

Symbol	Range level				
	-1.414	-1	0	+1	+1.414
X_1^1	2.3	4.0	8.0	12.0	13.7
X_2^2	4.9	10.0	12.0	17.0	19.1

¹ X_1 , Pounding (times). ² X_2 , Heating time in a retort (min).

일반성분

일반성분은 AOAC (2000)법에 따라 분석하였고 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 semimicro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 건식회화법으로 각각 측정하였고, 탄수화물은 100-(수분 함량+조단백질 함량+조지방 함량+회분 함량)으로 계산하여 함량을 나타내었다.

비타민

비타민은 비타민 5종[리보플라빈(riboflavin, vitamin B₂), 나이아신(niacin, vitamin B₃), 비타민 C, 비타민 A, 비타민 D]의 전처리와 이를 활용한 분석은 식품공전(MFDS, 2022b)에 따라 고속액체크로마토그래프에 의한 정량법으로 분석하였다.

리보플라빈은 Shiseido Capcell Pak S-5 C18 MG (4.6×150 mm, 5 μm)이 장착된 UPLC (ultra performance liquid chromatography; Waters ACQUITY UPLC system; Waters, Milford, MA, USA)를 사용하여 이동상을 메탄올:10 mM NaH₂PO₄ 용액(35:65, v/v)으로 하고, 유속을 0.8 mL/min, 측정과장을 530 mm로 분석하였으며 표준품은 Riboflavin (B₂) (47861; Sigma-aldrich, St. Louis, MI, USA)을 사용하였다.

나이아신과 비타민 C의 경우 Shiseido Capcell Pak C18 UG 120 (4.6×250 mm, 5 μm)이 장착된 HPLC (high performance liquid chromatography; L-2000 series system; Hitachi Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 이동상을 0.05 M KH₂PO₄:Acetonitrile (60:40, v/v)로 하고, 유속을 1.0 mL/min, 측정과장을 254 nm에서 분석하였으며 표준품은 niacin (PHR1276, Sigma-aldrich), Nicotinamide (N3376, Sigma-aldrich), L-ascorbic acid (255564, Sigma-aldrich)를 사용하였다.

비타민 A는 Shiseido Capcell Pak S-5 C18 MG (4.6×150 mm, 5 μm)이 장착된 HPLC (Agilent 1100 series system; Agilent Co., Santa Clara, CA, USA)를 사용하여 이동상을 에탄올:물(95:5, v/v)로 하고, 유속을 0.5 mL/min, 측정과장을 460 mm로 실시하였으며, 표준품은 retinyl acetate (PHR1236, Sigma-aldrich)를 사용하였다.

비타민 D의 경우 Shiseido Capcell Pak C18 SG 80 (4.6×250 mm, 5 μm)이 장착된 HPLC (Nanospace SI-2 system; Hitachi Co.)를 사용하여 이동상을 메탄올:10% 에탄올(9:1, v/v)로 하고, 유속을 300 μL/min, 측정과장을 254 mm로 실시하였으며, 표준품은 ergocalciferol (Vit D₂) (PHR1238; Sigma-aldrich), Cholecalciferol (Vit D₃) (PHR1237; Sigma-aldrich)을 사용하였다.

에너지

고령친화식품의 열량은 일본식품성분표 에너지 환산계수 적용식품(RDA, 2021)에서 권장하는 어패류 관련 환산계수로 나누어 적용하였다. 즉, 에너지 환산계수는 모든 어패류 식품군에 대하여 단백질의 경우 4.22, 지방의 경우 9.41, 탄수화물의 경우

4.11로 적용하였다.

무기질 및 중금속

무기질 및 중금속 함량은 식품공전(MFDS, 2021b) 습식 분해법으로 분해하여 전처리 검체를 제조하고, 이를 이용하여 유도결합플라즈마 분석기(inductively coupled plasma spectrophotometer, ICP; ICP-OES Avio20; PerkinElmer, Waltham, MA, USA)로 분석하였다. 그리고 납 및 카드뮴의 분석은 시험용액을 이용하여 ICP-MS (ELAN DRC II; PerkinElmer, Santa Clara, USA)로 실시하였다.

총수은은 식품공전(MFDS, 2022b)에서 언급한 방법에 따라 균질화 및 진공동결건조한 검체 0.1 g을 취하여 직접수은분석기(DMA-80; Milestone, Milano, Italy)로 분석하였다.

일반세균수, 대장균군 및 대장균

일반세균수는 식품공전(MFDS, 2022b)에 수록된 표준평판법에 따랐으며, 대장균 및 대장균의 정량시험은 식품공전(MFDS, 2022b)에 수록된 건조필름법에 따라 실시하였다. 시험용액의 시료는 전복장 육과 전복장 소스를 1:1 비율로 사용하였으며 식품공전(MFDS, 2022b) 시험용액의 제조 방법에 따라 제조하였다.

일반세균수는 시험용액 1 mL를 표준한천배지(Plate count agar; BD Difco, Sparks, MD, USA)에 접종하고, 배양(35°C ± 1, 48시간)한 후 집락(colony)을 계측하였으며, 계측 집락수에 희석 배수를 곱하여 산출하였다.

대장균 및 대장균군은 시험용액 1 mL와 각 단계 희석액 1 mL를 대장균군 건조필름배지I (Petrifilm™ CC; 3M Health Care, St Paul, MN, USA)에 3매씩 접종한 후, 배양(35 ± 1°C, 24 ± 2 시간)하였다. 대장균군의 경우 가스 방울이 붙어있는 적색의 집락(red colony)을, 대장균의 경우 가스 방울이 붙어있는 청색의 집락(blue colony)을 계측하고, 여기에 희석 배수를 곱하여 산출하였다.

관능평가

관능평가는 생명윤리 및 안전에 관한 법률(생명윤리법)(GNU IRB, 2022)에 따라 경성국립대학교 기관 생명윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)로부터 인간 대상 연구자를 위한 생명윤리심의 승인(GIRB-G22-Y-0004)을 받고 진행하였다. 관능평가는 고령친화식품의 특성에 잘 훈련된 20~30대 10인 및 60~74세 10인을 대상으로 진행되었으며, 고령친화식 전복장의 공정 최적화의 경우 조직감(부드러운 정도)을 고려하기 위하여 종합적기호도가 양호한 것은 5점, 대체로 양호한 것은 그 정도에 따라 4~3점, 나쁜 것은 2점, 현저히 나쁜 것은 1점으로 평가하였고 이를 평균값으로 나타내었다.

통계처리

본 실험 결과에 대한 데이터의 표준편차 및 유의차 검정(5%

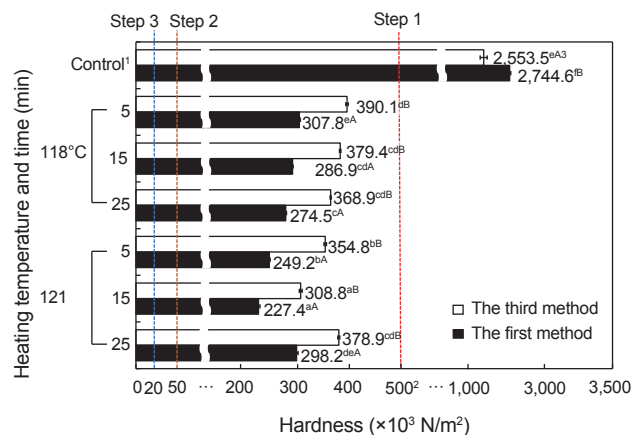


Fig. 2. Hardness of pounding-treated abalone *Haliotis discus han-nai* as affected by heating condition in a retort. ¹Number of pounding, 12 times. ²The hardness for senior-friendly foods is suggested as 500,000 N/m² or less in Ministry of Food and Drug Safety. ³Difference letters (capital letters are each heating condition in a retort and small letters are each the third method and the first method) on the data in the mean indicate a significant difference at P<0.05.

유의수준)은 SPSS 통계패키지(SPSS for window, release 27)에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하여 나타내었다.

결과 및 고찰

고령친화식 전복장의 물성 연화를 위한 공정 최적화

전복의 물성 연화 조건 최적화를 위하여 물리적 처리 횟수, 열처리 온도 및 시간에 대한 예비실험 결과를 토대로 종속변수를 결정하였다. 전복장의 경도는 물리적 처리 횟수가 증가할수록 낮아졌으나 16회 이상 처리시에는 육 조직이 파쇄되기에 처리횟수는 그 이하로 설정하였다(데이터 미제시). 또한 열처리 온도는 상온유통을 목적으로 하기 때문에 제품의 중심온도가 118°C 및 121°C로 설정하고, 각각 열처리 시간에 따른 경도를 측정하고, 열처리 온도에 따른 물성 연화 정도는 처리온도가 높을수록, 그리고 처리 시간이 경과할수록 유의적으로 감소하였다(Fig. 2). 전복장의 중심온도가 121°C에 도달한 후 25분 처리한 전복의 경우 고온에서 장기간 가열하여 열변성된 단백질 내의 수분이 급격하게 유리되고 조직이 응고되어 경화현상이 일어나 전복의 경도가 상승하여, 공정 최적화를 위한 열처리 온도는 121°C에서 25분 이내 처리하였다.

이러한 예비실험 결과를 참고하여 중심합성계획(central composite design, CCD)에 따라 X₁ 및 X₂를 5단계로 부호화하고 각각 11구의 시료구를 무작위적으로 제조한 다음 이를 검체로 하여 실험을 진행한 결과는 Table 2와 같다. 이들 독립변수와 종속변수의 관계를 살펴볼 목적으로 MINITAB program

(MINITAB Ver. 18; MINITAB, Waterloo, ON, Canada)을 이용하여 RSREG (response surface analysis by least-squares regression)를 실시한 다음 종속변수에 대한 2종의 독립변수 상호 간의 관계를 Maple software (Maple software; Maplesoft, State College, PA, USA)를 사용하여 각각 3차원으로 도식화하였다. 종속변수인 경도(Y_1)는 X_1 (물리적 처리 횟수)의 경우 -1.4142에서 +1.414로 이동할수록 급격히 감소하는 경향을 나타내었고, X_2 (열처리 시간)의 경우도 -1.414에서 +1.414까지 계속적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 종합적 기호도(Y_2)는 X_1 (물리적 처리 횟수)의 경우 -1.414에서 +1.414로 이동할수록 급격히 증가하는 경향을 나타내었고, X_2 (열처리 시간)의 경우 -1.414에서 -0.4337까지 서서히 증가하는 경향을 나타내었으나, 이후에 계속적으로 급격히 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 3).

고령친화식 전복장의 공정 최적화 종속변수인 경도(Y_1)와 종합적 기호도(Y_2)의 결과치(Table 2)를 이용하여 MINITAB program을 구동하였다. 고령친화식 전복장 제조용 종속변수들에 대한 반응모형방정식의 일차항, 이차항 및 교차항에 대한 유의성은 경도(Y_1)와 종합적 기호도(Y_2)가 모두 일차항인 X_1 , X_2 이차항인 X_1^2 와 같은 3종의 항만이 인정되었고($P < 0.05$), 나머지 항인 이차항인 X_2^2 및 교차항(X_1X_2)의 경우 인정되지 않았다($P > 0.05$) (Table 3).

따라서 경도(Y_1) 및 종합적 기호도(Y_2)의 반응모형방정식 중 항의 유의성($P < 0.05$)을 고려하여 간결식과 공정 최적화를 위한 간결 반응모형방정식의 독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 ANOVA분석으로 살펴본 결과는 Table 4와 같다.

고령친화식 전복장의 공정 최적화를 위한 반응모형방정식은 경도(Y_1) 및 종합적 기호도(Y_2)의 경우 일차항과 이차항의 유의

성만이 인정되었고($P < 0.05$), 교차항의 유의성은 인정되지 않았다($P > 0.05$).

고령친화식 전복장의 제조공정 최적화를 위한 경도(Y_1) 및 종합적 기호도(Y_2)는 반응모형정식 모델의 적합성 여부를 나타내는 적합성 결여 검증(lack of fit test)의 P-value가 각각 0.356 및 0.308으로 모두 0.05보다 높았고, 결정계수(R^2)가 각각 0.978 및 0.987로 모두 1에 가까우며, model 값이 모두 0.000으로 모두 0.05보다 낮아 설계된 모형이 모두 적합한 것으로 나타났다(Zhou and Regenstein, 2004).

한편, 물리적 처리 횟수 및 열처리 시간을 달리한 고령친화식 전복장은 물리적 처리 횟수가 많을수록, 열처리 시간이 경과할수록 고령친화식 조직감으로 인하여 낮은 경도 값이 기대되고 있다. 따라서, 고령친화식 전복장 제조조건을 구명하기 위한 종속변수[경도(Y_1), 종합적 기호도(Y_2)] 범위는 예비실험을 통하여 식품공전(MFDS, 2022a)과 한국산업표준(KS, 2022)의 고령친화식품에 대한 경도 규격에 맞추어 제조하고자 하였으며, 이들의 목표값은 예비실험 결과 기호성이 뛰어난 제품을 참고하여 경도의 경우 $203.0 \times 10^3 \text{ N/m}^2$, 종합적 기호도의 경우 4.5 점으로 하였다.

물리적 처리 횟수와 열처리 시간을 달리한 전복장에 대한 경도(Y_1) 및 종합적 기호도(Y_2)의 각각과 이들을 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적조건을 예측할 목적으로 Table 2의 결과치를 이용하면서 앞에서 언급한 조건을 설정한 다음 MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 독립변수의 최적 조건 예측치는 Table 5와 같다.

고령친화식 전복장의 독립변수(X_1 및 X_2)에 대한 목표값을 고려한 경도(Y_1)의 최적값은 부호값(code value)의 경우 각각 0.72 및 1.41이었고, 이의 실제값(actual value)의 경우 각각 11

Table 2. The central composite design of independent variables and response of dependent variables for processing optimization of abalone *Haliotis discus hannai* marinated in seasoned soy sauce for the elderly

Coefficients assessed by	Run no.	Coded value		Uncoded value		Dependent variable	
		X_1^1	X_2^2	X_1	X_2	Y_1^3	Y_2^4
Fractional factorial design (4 points)	1	-1	-1	4	7	458.7	2.7
	2	+1	-1	12	7	252.4	4.3
	3	-1	+1	4	17	403.8	3.1
	4	+1	+1	12	17	189.3	4.5
Star points (4 points)	5	-1.414	0	2*	12	498.2	2.4
	6	+1.414	0	14*	12	207.8	4.4
	7	0	-1.414	8	5*	376.8	3.6
	8	0	+1.414	8	19*	273.2	4.3
Central points (3 points)	9	0	0	8	12	312.2	3.8
	10	0	0	8	12	325.1	3.8
	11	0	0	8	12	308.4	3.9

¹ X_1 , Pounding (times). ² X_2 , Heating time in a retort (min). ³ Y_1 , Hardness ($\times 10^3 \text{ N/m}^2$). ⁴ Y_2 , Overall acceptance (score). *Rounded to first decimal place.

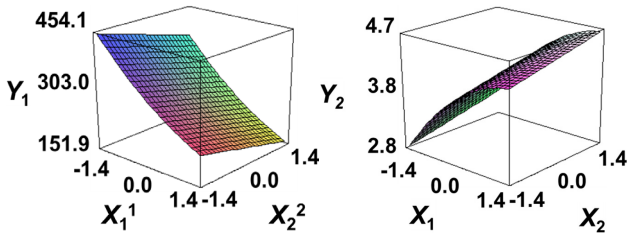


Fig. 3. Three dimensional response surface plots showing effects of process variables [X_1 , pounding (times); X_2 , heating time in a retort (min)] based on response variables [Y_1 (hardness, $\times 10^3$ N/m²) and Y_2 (overall acceptance, score)]. ¹ X_1 , Pounding (times). ² X_2 , Heating time in a retort (min).

Table 3. Estimated coefficients of regression models for dependent variables in processing optimization of abalone *Haliotis discus hannai* marinated in seasoned soy sauce for the elderly

	Y_1^3		Y_2^4	
	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value
Intercept	315.23		3.8333	
X_1^1	-103.94	0.000	0.7286	0.000
X_2^2	-33.06	0.000	0.1987	0.001
X_1X_1	15.65	0.020	-0.2229	0.001
X_2X_2	1.65	0.736	0.0521	0.174
X_1X_2	-2.05	0.724	-0.0500	0.257

¹ X_1 , Pounding (times). ² X_2 , Heating time in a retort (min). ³ Y_1 , Hardness ($\times 10^3$ N/m²). ⁴ Y_2 , Overall acceptance (score).

회 및 19.0분이었으며, 종합적 기호도(Y_2)의 최적값은 부호값 (code value)의 경우 각각 0.51 및 1.41이었고, 실제값(actual value)의 경우 각각 10회 및 19.0분이었다.

고령친화식 전복장 제품의 경도(Y_1) 및 종합적 기호도(Y_2)를

모두 충족할 수 있는 최적의 물리적 처리 횟수 및 열처리 시간의 부호값은 각각 0.89 및 0.94이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 12회 및 17.0분이었으며, 이들 조건에서 제조된 고령친화식 전복장 제품의 경도 및 종합적 기호도에 대한 예측치는 각각 203.0×10^3 N/m² 및 4.5점이었다. 이들 최적 조건(물리적 처리 횟수 12회 및 열처리 시간 17.0분)을 적용하여 제조한 고령친화식 전복장의 경도 및 종합적 기호도는 각각 209.2×10^3 N/m², 4.3점이었다(Table 5). 따라서, 고령친화식 전복장의 제조를 위한 최적 물리적 처리 횟수와 열처리 시간으로 제조한 고령친화식 전복장 제품은 예측값과 유의적으로 차이가 없었다 ($P > 0.05$).

이상의 결과로 미루어 보아 제시된 고령친화식 전복장의 제조를 위한 제조조건(물리적 처리 횟수 및 열처리 시간)의 반응표면 모델은 최적 모델이라 판단되었다.

고령친화식 전복장의 경도

고령친화식 전복장과 생 전복의 경도를 살펴본 결과는 Table 6과 같다. 고령친화식 전복장의 경도는 제3법으로 측정된 경우 259.1×10^3 N/m²이었고, 제1법으로 측정된 경우 209.2×10^3 N/m²이었고, 생 전복의 경도는 제3법으로 측정된 경우 $8,384.6 \times 10^3$ N/m²이었고, 제1법으로 측정된 경우 $11,265.6 \times 10^3$ N/m²으로 생 전복과 비교하였을 때 고령친화식 전복장의 전복 조직이 연화되었음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 보았을 때 고령친화식 전복장은 식품공전(MFDS, 2022a)에서 제시한 물성(경도)의 분류 기준(경도조절제품에 한정하여 $500,000$ N/m² 이하) 내에 있어 경도조절제품으로 적합하였고, 한국산업표준(KS, 2022)에서 제시한 물성(경도)의 분류 기준(1단계 제품이 $50,000$ 초과- $500,000$ N/m² 이하, 2단계 제품이 $20,000$ 초과- $50,000$ N/m² 이하, 3단계 제품이 $20,000$ N/m² 이하이면서 점도 $1,500$ mPa·s 이상) 중 1단계 고령친화식품으로 분류되었다.

Table 4. Analysis of variance (ANOVA) of regression models showing the effects of independent variables as linear, quadratic and cross-product term on the response variables for response of dependent variables and optimal response surface model equations for preparation for processing optimization of abalone *Haliotis discus hannai* marinated in seasoned soy sauce for the elderly

	Y_1^1	Y_2^2
	Quadratic polynomial model equations	$315.23 - 103.94X_1 - 33.06X_2 + 15.65X_1^2$
R^2	0.978	0.987
P-value	Model	0.000
	Linear	0.000
	Quadratic	0.048
	Cross-product	0.724
	Lack of fit	0.356

¹ Y_1 , Hardness ($\times 10^3$ N/m²)

² Y_2 , Overall acceptance (score)

고령친화식 전복장의 일반성분 및 에너지

고령친화식 전복장과 생 전복의 경도를 살펴본 결과는 Table 6과 같다. 고령친화식 전복장의 수분 함량은 72.1 g/100 g, 단백질 함량은 13.1 g/100 g, 조지방 함량은 0.5 g/100 g, 회분 함량은 2.0 g/100 g, 탄수화물 함량은 12.3 g/100 g, 비타민의 경우 지용성 비타민인 비타민 A와 비타민 D 함량은 불검출, 수용성 비타민인 비타민 C 함량은 불검출, 리보플라빈 함량은 0.21 mg/100 g, 나이아신 함량은 9.8 mg NE/100 g으로 검출되었으며, 에너지는 110.5 kcal이었다. 생 전복의 수분 함량은 79.0 g/100 g, 단백질 함량은 12.6 g/100 g, 조지방 함량은 1.3 g/100 g, 회분 함량은 2.2 g/100 g, 탄수화물 함량은 4.9 g/100 g, 비타민의 경우 지용성 비타민인 비타민 A와 비타민 D 함량은 불검출, 수용성 비타민인 비타민 C 함량은 불검출, 리보플라빈 함량은 0.69 mg/100 g, 나이아신 함량은 0.5 mg NE/100 g으로 검출되었으며, 에너지는 kcal이었다(Table 6). 수분의 경우 고령친화식 전복장의 수분 함량이 원료 전복에 비하여 낮은 것은 조미 간장과와의 삼투압에 의하여 수분이 유출되었기 때문이라 판단되었으며, 탄수화물 또한, 고령친화식 전복장의 경우 설탕 등 당류 첨가에 의해 생 전복에 비하여 높은 것으로 판단되었다. 또한, 고령친화식 전복장 에너지인 110.5 kcal는 고령인 65-74세의 에너지 필요추정량(남자 2,000 kcal 및 여자 1,600 kcal) (MOHW, 2020)에 비하여 남자의 경우 5.5%, 여자의 경

우 6.9%에 해당하였다. 식이섬유 함량은 고령친화식 전복장과 생 전복 모두 불검출로 나타났다(데이터 미제시). 이러한 결과를 국내 고령친화식품 기준규격[식품공전(MFDS, 2022a) 및 한국산업표준(KS, 2022)]이 모두 단백질 6 g 이상, 비타민 A 70.0 µg RAE 이상, 비타민 D 1.5 µg 이상, 비타민 C 10.0 mg 이상, 리보플라빈 0.14 mg 이상, 나이아신 1.4 mg NE 이상, 식이섬유 2.5 g 이상]에 적용하였을 때 단백질, 리보플라빈과 나이아신만이 적합하였다.

고령친화식 전복장의 무기질 및 중금속

고령친화식 전복장 및 생 전복의 무기질 함량은 각각 칼슘이 33.2 mg/100 g 및 98.7 mg/100 g, 칼륨이 258.7 mg/100 g 및 483.2 mg/100 g, 철이 10.4 mg/100 g 및 33.1 mg/100 g, 아연이 2.1 mg/100 g 및 3.3 mg/100 g으로 검출되었다. 또한, 고령친화식 전복장 및 생 전복의 중금속 함량은 각각 총수은이 0.01 mg/100 g 및 0.00 mg/100 g, 납이 0.16 mg/100 g 및 0.06 mg/100 g, 카드뮴 함량이 0.93 mg/100 g 및 0.04 mg/100 g으로 나타나, 대체로 생 전복에 비하여 고령친화식 전복장의 무기질 및 중금속 함량이 모두 낮은 경향을 나타내었다(Table 6). 고령친화식 전복장과 생 전복의 이와 같이 생 전복의 무기질 및 중금속 농도에 비하여 고령친화식 전복장의 무기질 및 중금속 함량이 낮은 것은 고령친화식 전복장 원료 전복의 내장을 제거하였기 때문이라 판단되었다.

Table 5. Optimum processing conditions predicted and experimental for preparation of abalone *Haliotis discus hannai* marinated in seasoned soy sauce for the elderly obtained by MINITAB program

Dependent variables	Value	X_1^1	X_2^2
Y_1^3	Target	203.0	203.0
	Coded	0.72	1.41
	Actual	11.0*	19.0
Y_2^4	Target	Max	Max
	Coded	0.51	1.41
	Actual	10.0	19.0
Multiple response optimization	Coded	0.89	0.94
	Actual	12.0*	17.0*
	Predicted	$Y_1, 203.0 \times 10^3 \text{ N/m}^2; Y_2, 4.5 \text{ score}$	
Experimental	$Y_1, 209.2 \pm 7.5^{ab} \times 10^3 \text{ N/m}^2; Y_2, 4.3 \pm 0.2^a \text{ score}$		

¹ X_1 , Pounding (times). ² X_2 , Heating time in a retort (min). ³ Y_1 , Hardness ($\times 10^3 \text{ N/m}^2$). ⁴ Y_2 , Overall acceptance (score). ⁵Difference letters on the data in the mean indicate a significant difference at $P < 0.05$. *Rounded to first decimal place.

한편, 65-74세 고령인의 칼슘, 철과 아연에 대한 1일 권장섭취량은 남자의 경우 칼슘이 700 mg, 철이 9 mg, 아연이 9 mg, 여자의 경우 칼슘이 800 mg, 철이 8 mg, 아연이 7 mg으로 알려져 있었으며, 65-74세 고령인의 칼륨에 대한 1일 충분섭취량은 남녀 모두 2,100 mg으로 알려져 있었다(MOHW, 2020). 1일 권장섭취량에 대하여 고령친화식 전복장은 칼슘이 남자의 경우 4.7%, 여자의 경우 4.2%, 철이 남자의 경우 155.6%, 여자의 경우 130%, 아연이 남자의 경우 23.3%, 여자의 경우 30%에 해당되었으며, 1일 충분섭취량에 대하여 고령친화식 전복장의 칼륨은 남녀 모두 12.3%에 해당되었다. 또한, 식품공전(MFDS, 2022a)에서는 패류의 중금속 농도를 납과 카드뮴의 경우 모두 2.0 mg/kg 이하, 총수은의 경우 0.5 mg/kg 이하로 제시하고 있었으며, 고령친화식 전복장과 생 전복 모두 기준규격 이하로 안전한 수준이었다.

반면, 고령친화식 전복장의 칼슘과 칼륨에 대한 결과를 국내 고령친화식품 기준규격[칼슘이 식품공전(MFDS, 2022a) 70.0

mg 이상, 한국산업표준(KS, 2022) 80.0 mg 이상, 칼륨이 식품공전(MFDS, 2022a) 및 한국산업표준(KS, 2022) 모두 350 mg 이상]과 비교하면 모두 기준 함량에 미달이었으므로 무기질은 고령친화식 전복장의 영양성분 조건에 해당되지 않았다.

고령친화식 전복장의 일반세균수, 대장균 및 대장균군

고령친화식 전복장의 일반세균수, 대장균과 대장균군은 모두 불검출이었으며, 생 전복의 일반세균수가 2.4×10^2 CFU/g, 대장균과 대장균군이 모두 불검출이었다(Table 6). 식품공전(MFDS, 2022a) 및 한국산업표준(KS, 2022)에서는 살균제품의 경우 대장균군, 비살균제품의 경우 대장균에 대한 기준으로 $n=5, c=0, m=0$ 을 제시하고 있다. 따라서 고령친화식 전복장은 살균제품 및 비살균 제품의 기준규격에 모두 적합하였다. 또한, 일반세균수에 대한 결과를 함께 살펴보았을 때 고령친화식 전복장은 멸균제품으로써 위생적으로 안전하다고 판단되었다.

따라서 고령친화식 전복장의 물리적, 영양학적 및 위생학적

Table 6. Hardness, proximate composition, energy, mineral, heavy metal, coliform group and *Escherichia coli* of abalone *Haliotis discus hannai* marinated in seasoned soy sauce for the elderly and raw abalone

Property		Raw abalone	AM-S ¹	
Hardness ($\times 10^3$ N/m ²)	The third method	8,384.6 \pm 289.2 ^{b5}	259.1 \pm 5.4 ^a	
	The first method	11,265.6 \pm 391.4 ^b	209.2 \pm 7.5 ^a	
Proximate composition (g/100 g)	Moisture	79.0 \pm 0.4 ^b	72.1 \pm 0.4 ^a	
	Protein	12.6 \pm 0.2 ^a	13.1 \pm 0.2 ^b	
	Crude lipid	1.3 \pm 0.0 ^b	0.5 \pm 0.0 ^a	
	Ash	2.2 \pm 0.1 ^a	2.0 \pm 0.1 ^a	
	Carbohydrate ²	4.9	12.3	
	Vitamin	A (μ g RAE)	ND ³	ND
		D (μ g)	ND	ND
		B ₂ (mg)	0.69 \pm 0.0 ^b	0.21 \pm 0.3 ^a
B ₃ (mg NE)		0.5 \pm 0.5 ^a	9.8 \pm 0.5 ^b	
	C (mg)	ND	ND	
Energy ⁴ (kcal/100 g)		85.5	110.5	
Mineral (mg/kg)	Ca	98.7 \pm 1.10 ^b	33.2 \pm 0.30 ^a	
	K	483.2 \pm 2.3 ^b	258.7 \pm 2.4 ^a	
	Fe	33.1 \pm 0.2 ^b	10.4 \pm 0.1 ^a	
	Zn	3.3 \pm 0.0 ^b	2.1 \pm 0.0 ^a	
Heavy metal (mg/100 g)	Hg	0.01 \pm 0.00 ^b	0.00 \pm 0.00 ^a	
	Pb	0.16 \pm 0.00 ^b	0.06 \pm 0.00 ^a	
	Cd	0.93 \pm 0.02 ^b	0.04 \pm 0.00 ^a	
Viable cell count (CFU/g)		2.4×10^2	ND	
Coliform group (CFU/g)		ND	ND	
<i>Escherichia coli</i> (CFU/g)		ND	ND	

¹AM-S, Abalone marinated in seasoned soy sauce for the elderly. ²Carbohydrate (%) = 100 - (moisture + crude protein + crude lipid + ash).

³ND, Not detected. ⁴Energy (kcal/100 g) = (protein \times 4.22) + (lipid \times 9.41) + (carbohydrate \times 4.11). ⁵Difference letters on the data in the mean indicate a significant difference at $P < 0.05$. RAE, Retinol activity equivalent.

특성에 대한 결과를 미루어 보았을 때 식품공전(MFDS, 2022a)에 적용하는 경우 경도가 500,000 N/m² 이하로 나타났으며, 영양조절제품의 영양성분 기준 6종 중 3종(단백질, 리보플라빈, 나이아신)이 적합하였고 대장균도 불검출로 나타나 영양조절제품 및 경도조절제품으로 적합하다고 판단되었다. 한국산업표준(KS, 2022)의 기준에 적용하는 경우 경도가 50,000 초과-500,000 N/m² 이하였으며, 영양성분 기준 6종 중 1종(단백질, 리보플라빈, 나이아신)이 적합하였고 대장균군이 불검출이었다. 따라서 본 연구에서 제시한 방법으로 물성을 조정하고 고령친화식 전복장은 제 1단계 고령친화식품으로 판단되었다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(R2024058)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Aguilera JM and Park DJ. 2016. Texture-modified foods for the elderly: Status, technology and opportunities. *Trends Food Sci Technol* 57, 156-164. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.001>.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. *Official Methods of Analysis (17th ed)*. AOAC, Washington D.C., U.S.A., 70-75.
- Bagarinao NCE. 2020. Ultrasound and actinidin enzyme treatments: Effects on tenderness and *in vitro* protein digestibility of New Zealand abalone (*Haliotis iris*). M.S. Thesis, Massey University, Manawatu, New Zealand, 1-6.
- Brambila GYS, Lyon BG, Huang YW, Lyon CE and Gates KW. 2006. Sensory characteristics and instrumental texture attributes of abalones, *Haliotis fulgens* and *cracherodii*. *J Food Sci* 67, 1233-1239. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09483.x>.
- Dong XP, Hou YW, Wang Y, Xu XB, Wang K, Zhao MY, Parkash ST and Yu CX. 2018. Effect of temperature-time pretreatments on the texture and microstructure of abalone (*Haliotis discus hanai*). *J Texture Stud* 49, 503-511. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12354>.
- Gallego M, Barat JM, Grau R and Talens P. 2022. Compositional, structural design and nutritional aspects of texture-modified foods for the elderly. *Trends Food Sci Technol* 119, 152-163. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.008>.
- GNU IRB (Gyeongsang National University Institutional Review Board). 2022. Enforcement Rules of the Bioethics and Safety Act. Retrieved from <https://irb.gnu.ac.kr/login.html?epTicket=LOG> on Jun 28, 2022.
- Kim HL, Kang SG, Kim IC, Kim SJ, Kim DW, Ma SJ, Gao TC, Li H, Kim MJ, Lee TH and Ham KS. 2006. *In vitro* antihypertensive, antioxidant and anticoagulant activities of extracts from *Haliotis discus hannai*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35, 835-840. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2006.35.7.835>.
- KS (Korean Industrial Standards). 2022. Seniors Friendly Foods. Retrieved from https://standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do?menuId=91&topMenuId=502&upperMenuId=503&ksNo=KSH4897&tmprKsNo=KS_H_NEW_217_1067&reformNo=02 on Aug 13, 2023.
- Lin HTV, Wu HX and Sung WC. 2021. Hardness and quality of abalone (*Haliotis discus hannai diversicolor diversicolor*) muscle as suitably softened for seniors. *Int J Food Prop* 24, 579-591. <https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1909618>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2022a. Chapter 3. Standards and Specifications for Foods Labelled and Sold as those Intended for Infants/young Children or for Elderly. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/food-code/01_03.jsp?idx=12502 on Aug 13, 2022.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2022b. Chapter 8. General analytical method (vitamin A, vitamin B₂, vitamin B₃, vitamin C, vitamin D, mineral, heavy metal, coliform group and *Escherichia coli*). In: Food Code. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp on Aug 13, 2023.
- MOHW (Ministry of Health and Welfare). 2020. Dietary Reference Intakes for Koreans 2020. The Korean Nutrition Society, Seoul, Korea, 19-20.
- Oteiza SP, Labarca VB, Won MP, Uribe E, Mondaca RL, Sarazúa RC and Munizaga GT. 2020. Enzymatic impregnation by high hydrostatic pressure as pretreatment for the tenderization process of Chilean abalone (*Concholepas concholepas*). *Innov Food Sci Emerg Technol* 65, 102451. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102451>.
- RDA (Rural Development Administration). 2021. 10th Revision Korean Food Composition Table. RDA, Wanju, Korea, 22-25.
- Toniazzi MP, Amorim PSA, Muniz FWMG and Weidlich P. 2018. Relationship of nutritional status and oral health in elderly: Systematic review with meta-analysis. *Clin Nutr* 37, 824-830. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.03.014>.
- You MJ and Chung HJ. 2007. Optimal manufacturing condition and quality properties of the drinking extract of disk abalone. *Korean J Food Cult* 22, 827-832. <https://doi.org/10.7318/KJFC.2007.22.6.827>.
- Yun HJ, Han NR, An HW, Jung WK, Kim HW and Lee SG. 2022. Development of an abalone 3D food printing ink for the personalized senior-friendly foods. *Foods* 11, 3262. <https://doi.org/10.3390/foods11203262>.
- Zhou P and Regenstein JM. 2004. Optimization of extraction conditions for pollock skin gelatin. *J Food Sci* 69, 393-398. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb10704.x>.