

갯(*Brassica juncea*)을 첨가한 간장 피조개(*Scapharca broughtonii*)장의 개발 및 관능특성

강상인¹ · 김예진² · 이지운² · 박시형² · 최관수³ · 송호수⁴ · 최정미⁴ · 허민수^{1,5} · 이정석^{1,2*}

¹경상국립대학교 수산식품산업화 기술지원센터, ²경상국립대학교 해양식품공학과/해양산업연구소, ³어업회사법인 여수새고막(주), ⁴영산대학교 조리예술학부, ⁵경상국립대학교 식품영양학과/해양산업연구소

Development and Sensory Characteristics of Seasoned Broughton's Ribbed Ark *Scapharca broughtonii* Soy Sauce with Added Mustard Leaf *Brassica juncea*

Sang In Kang¹, Ye Jin Kim², Ji Un Lee², Si Hyeong Park², Kwan Su Choi³, Ho-Su Song⁴, Jung-Mi Choi⁴, Min Soo Heu^{1,5} and Jung Suck Lee^{1,2*}

¹Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

²Department of Seafood Science and Technology/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

³Yeosu Saegomak Inc., Yeosu 59603, Korea

⁴Department of Culinary Arts, Youngsan University, Busan 48051, Korea

⁵Department of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

The home meal replacement (HMR) market has attracted significant attention due to COVID-19 pandemic and products that utilize the combination of different processed ingredients are now being developed. In this study, Broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* was soaked in seasoned soy sauce with the incorporation of mustard leaf *Brassica juncea* (M-BRA), which is known to have a unique texture as well as excellent functional properties such as antioxidant, to develop a regional specialty product. The optimal conditions for manufacturing M-BRA from the seasoned soy sauce (the sauce to be added [X_1] and the soaking time [X_2]), were examined using response surface methodology (RSM) to analyze the significance of the salinity (Y_1), amino-N content (Y_2), and overall acceptance (Y_3). The coefficient of determination (R^2) between X_1 - X_2 and Y_1 - Y_3 were close to 1, thereby confirming the suitability of the RSM model. The optimal conditions were seasoned soy sauce addition of 140% and soaking time of 156 min. The M-BRA manufactured under these conditions exhibited superior overall acceptance compared to seasoned commercial soy sauce, which was used as a control. We expect that the market for M-BRA manufactured by combining marine and agricultural materials will expand owing to superior overall acceptance compared with commercial products.

Keywords: Broughton's ribbed ark, Mustard leaf, Tasty soy sauce, HMR, RSM

서론

피조개(*Scapharca broughtonii*)는 큰이랑피조개(*S. satowi*), 새고막(*S. subcrenata*) 및 고막(*Tegillarca granosa*)과 같이 현재 국내에서 양식되는 대표적인 고막류 수산물로서 이들 중 수심

이 가장 깊은 곳에서 서식하고, 6월에서 10월 사이가 주 산란 기이며, 예로부터 맛이 우수해 남해안과 서해안 연안에서 주요 양식 패류 수산물로 선정되었다(Gwon et al., 2013).

갯(*Brassica juncea*)은 대부분이 우리나라와 일본에서 재배되고 있고, 특히 국내에서는 전라남도 여수시 돌산 지역에서

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9145 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: jungsucklee@gnu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0880>

Korean J Fish Aquat Sci 54(6), 880-889, December 2021

Received 23 November 2021; Revised 8 December 2021; Accepted 10 December 2021

저자 직위: 강상인(연구원), 김예진(대학원생), 이지운(대학원생), 박시형(학부생), 최관수(대표이사), 송호수(교수), 최정미(대학원생), 허민수(교수), 이정석(교수)

의 재배량이 가장 많으며, 주로 잎과 줄기를 식용하는 식물이다 (Farrell, 1998; Kwon et al., 2019). 또한, 갯은 숙성에 따라 glucosinolate에 의해 생성되는 sinigrin, β -carotene, chlorophylls, phenolic compounds 등의 기능성 물질이 함유되어 있어 항산화성, 항돌연변이성 및 항암성 등이 우수한 것으로 알려져 있다 (Cheigh and Park, 1994; Choi et al., 2001; Son et al., 2015).

가정간편식(home meal replacement, HMR)은 1인 가구와 맞벌이 부부의 증가 등으로 인해 시장이 확대되면서 소비자의 니즈에 부합하는 다양한 형태로 출시되고 있다(Lee and Kim, 2021). 특히 소비자가 구매 후 즉시 섭취가 가능하여 가장 편리하고, 접근성이 높은 RTE (ready-to-eat) 제품 중 수산물을 활용한 제품에는 주로 회, 해초 샐러드 등의 냉장유통 제품과 조미 간장에 절인 계장, 전복장 등과 같은 상온 및 냉동유통 제품이 있다(Costa et al., 2001, Kim, 2017). 최근 COVID-19의 영향으로 가정간편식 제품과 더불어 웰니스(wellness), 면역강화 등에 대한 소비자의 관심 증대에 따라 건강식품 시장이 급격히 성장하고 있다.

한편, 식품업계에서는 콜라보레이션(collaboration) 마케팅이 활발하게 이뤄지고 있으며, 식품 콜라보레이션은 식품-식품, 식품-캐릭터, 식품-패션 등 다양한 형태로 진행되고 있다. 따라서, 포스트 코로나 시대 간편성과 건강 중시를 지향하는 소비자의 수요를 고려한 지역 특산 수산물과 농산물을 융합한 HMR 제품의 개발 연구가 요구되고 있다.

농수산물을 활용한 융복합 가공식품 관련 연구는 김과 전분을 활용한 스낵(Oh and Choi, 2015; Zhao et al., 2017; Choi and Kim, 2018; Choi et al., 2020), 생선 연육과 쌀을 활용한 가공품(Jung et al., 2007; Cho et al., 2013; Chae et al., 2019), 해조류와 밀을 활용한 가공품(Oh and Choi, 2006; Ryu and Koo, 2015, Lamont and McSweeney, 2021; Mamat et al., 2021), 가자미, 명태 등 어류와 쌀을 활용한 수산발효식품(Cha et al., 2002; Bae et al., 2014; Han et al., 2015) 등과 같이 다양한 형태로 수행된 바가 있으나, 갯과 피조개를 활용한 HMR 농수산 가공식품의 개발 연구는 국내외에서 보고된 바가 없다.

본 연구에서는 국내산 피조개를 조미 맛 간장에 절인 후, 독특한 조직감을 가지면서 항산화 등의 기능성이 우수하다고 알려진 갯을 첨가한 지역 특산 갯 피조개장 제품의 개발을 시도하였으며, 이의 제조공정 최적화를 위하여 통계적 기법인 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 활용한 피조개장의 맛 간장 조미공정 확립과 관능특성 비교를 통해 소비자의 기호도를 증대시키고자 하였다.

재료 및 방법

재료

갯을 첨가한 피조개장(이하, 갯 피조개장)의 제조를 위한 주원료인 양식산 피조개는 2018년 12월-2019년 2월에 전라남도

여수시 인근의 여자만 해역에서 수확하여, 전라남도 여수시에 위치한 어업회사법인 여수새고막(주) (Yeosu, Korea)로 옮겨와 자숙 및 탈각한 후, 냉동품으로 제조하여 든 것(무게, 4.5-8.3 g; 평균, 6.1 ± 1.2 g)을 2019년 3-6월에 제공받아 실험에 사용하였다. 또한, 갯 피조개장의 조미를 위한 맛 간장 제조용 부원료인 간장(Sempio Co. Ltd., Icheon, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang, Co., Incheon, Korea), 사이다(Lotte Chilsung Beverage Co., Ltd., Gunsan, Korea), 맛술(Lotte Chilsung Beverage Co., Ltd., Gunsan, Korea), 물엿(Ottogi Co., Ltd., Ulsan, Korea), 매실청(CJ Cheiljedang, Co.), 참치엑기스(Samaventure, Co., Jincheon, Korea)의 경우 2019년 8-10월에 경상남도 통영시 소재 대형마트에서 구매하였고, 마늘, 건다시마, 청양고추, 고추씨, 마른멸치(육수용 대멸), 건표고버섯, 대추, 양파, 사과, 생강의 경우 동년 7-10월에 경상남도 통영시 소재 전통시장에서 구매하였으며, 갯의 경우 동년 9-10월에 여수시 소재 전통시장에서 구매 하여 사용하였다. 시제 갯 피조개장과의 관능특성 비교를 위하여 대조구로 사용한 시판 조미 맛간장(Sempio Co. Ltd.)은 동년 9-10월에 경상남도 통영시 소재 대형마트에서 구매하였다.

조미 맛 간장의 제조

갯 피조개장의 제조를 위한 조미 맛 간장은 Table 1에 제시한 배합비와 방법을 토대로 제조하였다.

반응표면분석법 중심합성계획 설계

갯 피조개장의 제조를 위한 조미 맛 간장의 침지조건 최적화는 첨가량(X_1)과 침지시간(X_2)을 반응표면분석법으로 구명하고자 하였다. 조미용 맛 간장의 첨가량은 전처리 자숙 피조개 100 g에 대한 비율로 계산하였고, 이를 중심합성계획(central

Table 1. Recipe and method of mustard leaf-contained tasty soy sauce for seasoning broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii*

Ingredient	Quantity (% w/w)	Ingredient	Quantity (% w/w)
Soy sauce	13.0	Plum extract	2.0
Garlic	4.0	Dried mushroom	0.9
Ginger	1.0	Dried anchovy	2.0
Dried sea tangle	0.9	Red pepper seed	1.6
Apple	8.4	Cheongyang hot pepper	1.0
Onion	8.0	Tuna extract	5.0
Cooking alcohol	3.0	Sugar	2.0
Oligosaccharide	8.0	Mustard leaf	10.0

Method
1. Addition of water in a pot
2. Adding of the above additives based on the water volum
3. Heating ($95 \pm 3^\circ\text{C}$, 50 min)
4. Cooling (room temperature)

composite design)에 따라 Table 2에 제시한 바와 같이 범위를 설정하였으며, 5단계로 부호화하여 각각 11구의 시료(Table 3)를 무작위적으로 제조한 다음, 실험에 사용하였다. 이때 위에서 언급한 2개의 독립변수(X_1 - X_2)와 중심값(center point value)들은 예비실험의 결과를 토대로 선정하였고, 11개의 시료는 4개의 부분요인설계(fractional factorial design), 4개의 축점(axial portion) 및 3개의 중심점(center points)으로 구성하여 설계하였다.

반응표면분석법 회귀분석 및 최적화

갓 피조개장의 제조를 위한 종속변수(Y)는 독립변수에(X)에 대하여 맛 성분 변화의 경우 염도 및 아미노산질소 함량으로 확인하였고, 소비자 기호의 경우 관능평가 패널의 종합적 기호도로 확인하였으며, 이들의 데이터는 회귀분석을 위한 자료로 활용하였다. 한편, 갓 피조개장 제조용 부원료 첨가량에 대한 최적점의 예측 및 확인은 Kim et al. (2010)과 Kim et al. (2021)이 언급한 방법을 토대로 MINITAB 통계프로그램(Ver. 18; Minitab Inc., State Colledge, PA, USA)을 이용하여 실시하였다.

Table 2. Experimental range and values of independent variables in the central composite design for seasoning conditions in preparation of seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* tasty soy sauce

Independent	Symbol	Range level				
		-1.414	-1	0	+1	+1.414
Weight of tasty soy sauce (% w/w)	X_1	79	100	150	200	221
Soaking time (min)	X_2	35	60	120	180	205

Table 3. Central composite design matrix and values of dependent variables for seasoning conditions in preparation of seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* tasty soy sauce

Coefficients assessed by	Run No.	Coded values ¹		Uncoded values		Dependent variables ²		
		X_1	X_2	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3
Fractional factorial design (4 points)	1	-1	-1	10	60	1.2	1,210	3.3
	2	+1	-1	20	60	1.9	1,498	3.7
	3	-1	+1	10	180	1.4	1,282	5.7
	4	+1	+1	20	180	2.7	1,750	6.1
	5	-1.414	0	7.9	120	0.8	982	4.6
Axial portions (4 points)	6	+1.414	0	22.1	120	2.4	1,690	6.5
	7	0	-1.414	15	35	1.5	1,259	1.8
	8	0	+1.414	15	205	2.2	1,654	5.3
Center points (3 points)	9	0	0	15	120	1.8	1,541	7.1
	10	0	0	15	120	1.8	1,546	7.2
	11	0	0	15	120	1.8	1,542	7.2

¹ X_1 (Weight of tasty soy sauce, %, w/w), X_2 (Soaking time, min). ² Y_1 (Salinity, g/100 g), Y_2 (Amino-N, mg/100 g), Y_3 (Overall acceptance, score).

그래프 도식화

독립변수와 종속변수 간의 관계를 나타내는 그래프는 회귀 분석 결과에서 도출된 회귀방정식 결과인 상수, 1차항, 2차항 및 교차항의 값을 각각 MAPLE software (Ver. 12; Waterloo Maple Inc., Waterloo, ON, Canada)에 대입하여 산출된 3차원 그래프로 나타냈으며, 그래프를 구성하는 식은 다음과 같다.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{ij} X_i X_j$$

여기서 Y 는 종속변수, β_0 는 상수, β_i , β_{ii} , β_{ij} 는 1차, 2차 및 교차 회귀계수, X_i , X_j 는 독립변수이다(Bezerra et al., 2008).

일반성분 및 열량

갓 피조개장의 일반성분은 마쇄한 시료 약 0.5 g을 취하여 식품공전(MFDS, 2019)에 따라 수분의 경우 상압 가열건조법, 조단백질의 경우 semimicro Kjeldahl법, 조지방의 경우 Soxhlet 법 그리고 회분의 경우 건식회화법으로 분석하였고, 탄수화물의 경우 100-(수분 함량+조단백질 함량+조지방 함량+회분 함량)으로 산출하였다. 열량은 일반성분 분석 자료를 토대로 하되, 이들의 일본 식품성분표 에너지 환산 계수(RDA, 2007) 중 어패류에 적용하여 산출하였다. 이때 탄수화물의 양은 조섬유와 당을 합한 것으로 하였다.

pH 및 염도

pH는 식품공전(MFDS, 2019)에서 언급한 방법에 따라 측정하였다. 즉, 마쇄한 검체 약 5 g을 취한 다음 여기에 9배(v/w)의 순수를 가하여 균질화(Polytron PT 1200E; Kinematica AG,

Lucerne, Switzerland)하고, 원심분리(9,300 g, 15분) 및 여과한 여액으로 하였으며, pH meter (Orion 3-star, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)로 측정하였다.

염도는 식품공전(MFDS, 2019)에서 언급한 회화법으로 측정하였다. 즉, 식염 약 1 g을 함유하는 양의 검체를 회화한 다음 이를 물로 녹이고, 정용(500 mL) 및 여과한 여액 10 mL에 크롬산 칼륨(K₂CrO₄) 용액 2-3방울을 가한 후 0.02 N 질산은(AgNO₃)으로 적정하였고, 이를 토대로 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{염도}(\%) = \frac{A \times F \times 5.85}{\text{검체 채취량}(g)}$$

A, 적정에 소비된 0.02 N 질산은 용액(mL)

F, 0.02 N 질산은 용액의 factor

아미노산질소

아미노산질소는 KFN (2000)에서 언급한 Formol법을 일부 수정하여 측정하였다. 즉, 갯 피조개장의 피조개 육 5 g에 증류수를 가하여 25 mL로 정용하고, 균질화시킨 다음 이를 0.1 N NaOH 용액을 사용하여 pH 8.4로 조정하였다. 이어서 여기에 36% formaldehyde 용액(0.1 N NaOH 용액을 사용하여 pH 8.4로 조정된 용액) 20 mL를 가한 다음 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.4가 될 때까지 적정하여, 아래의 계산식을 토대로 아미노산질소 함량을 산출하였다.

$$\text{아미노산질소}(mg/100 g) = 2.8 \times [V_i - (V_n + V_o)] \times F$$

V_i, 제 3기까지의 0.2 N NaOH 용액의 총량(mL)

V_n, 가한 0.2 N HCl 용액에 상응하는 0.2 N NaOH 용액의 양(mL)

V_o, 대조액에 가한 0.2 N NaOH 용액의 총량(mL)

F, 0.2 N NaOH 용액의 역가

맛 강도

전자혀를 이용한 피조개 조미가공품의 맛 분석 시료는 Jo et al. (2012)이 언급한 방법에 따라 갯 피조개장의 피조개 육을 1차 마쇄한 다음 이의 5 g에 증류수 100 mL를 각각 가하고, 2차로 다시 한번 마쇄한 후 원심분리(10,035 g, 10분) 및 여과하여 제조하였다. 맛 강도 분석은 Woertz et al. (2011)이 언급한 방법에 따라 electronic tongue unit (α-Astree II; Alpha M.O.S Inc., Toulouse, France)로 측정하였다.

냄새 강도

냄새 강도는 냄새 강도기(Odor concentration meter, XP-329R; New Cosmos Electric Co. Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 Kang et al. (2014)이 언급한 방법에 따라 측정하였다. 냄새 강도 측정기의 mode는 batch로 설정하였고, 단위는 냄새 강도(level)로 나타내었다.

휘발성염기질소

휘발성염기질소 함량은 Conway unit을 사용하여 식품공전(MFDS, 2019)에서 언급한 미량화산법으로 측정하였다. 측정을 위한 전처리는 시료 10 g에 증류수 50 mL를 넣고, 섞은 후, 30분간 침출시킨 다음 여과하여 제조하였다. 이어서, Conway unit의 외실 중 왼쪽에 전처리 시료 용액 1 mL를, 오른쪽에 포화 K₂CO₃ 1 mL를, 내실에 0.01 N H₂SO₄ 1 mL와 지시약 2-3방울을 각각 가한 다음 글리세린을 바른 뚜껑으로 밀폐하고, 조심스럽게 흔들어 준 후 37°C에서 120분간 반응시켰다. 측정 결과는 반응이 끝난 Conway unit 내실에 0.01 N sodium hydroxide로 적정한 후 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{휘발성염기질소}(mg/100 g) = \frac{(B-A) \times 0.14 \times F \times \text{희석배수}}{\text{검체 채취량}(g)} \times 100$$

A, 시료의 적정값

B, 공시료의 적정값

F, 0.01 N NaOH의 역가

패널에 의한 관능평가

패널에 의한 관능평가는 생명윤리 및 안전에 관한 법률(생명윤리법)에 따라 기관 생명윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)로부터 인간 대상 연구자를 위한 생명윤리심의의 승인(GIRB-A19-X-0047)을 받고 진행하였다. 즉, 잘 훈련된 panel member 24인(20-30대, 남자 10인, 여자 14인)으로 구성하여 시제 갯 피조개장의 관능평가를 실시하였다. 이때 대조구는 시판 맛 간장으로 제조한 피조개장 제품으로, 평점은 기준점인 5점으로 하였고, 이보다 우수한 경우 6-9점으로, 열악한 경우 4-1점으로 평가하는 9단계 평점법으로 실시하였다.

통계처리

본 실험 결과에 대한 데이터의 표준편차 및 유의차 검증(5% 유의수준)은 SPSS 프로그램(PASW Statistics 25.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 ANOVA test로 분산분석한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하여 나타내었다.

결과 및 고찰

맛 간장의 침지조건이 염도에 미치는 영향

갯 피조개장 조미용 맛 간장의 침지조건 최적화를 위해 5단계로 부호화(Table 2)하여 제조한 11개 시료의 염도(Y₁) 결과는 Table 3에 나타내었다. 반응모형방정식의 독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 분산분석(ANOVA)으로 살펴본 결과, 반응 표면 모델의 적합성 여부를 나타내는 적합성 결여 검증(lack of fit test)의 P-value는 0.087로 0.05보다 높고(Table 4), model의 P-value도 0.001으로 0.05보다 낮으며, 결정계수(R²)가 0.927

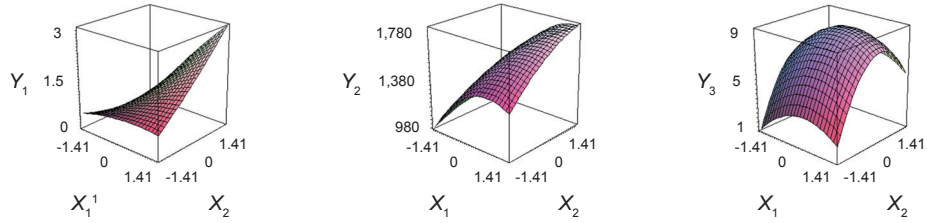


Fig. 1. Three dimensional response surface plots for Y_1 (Salinity, g/100 g), Y_2 (Amino-N, mg/100 g), Y_3 (Overall acceptance, score). X_1 (Weight of tasty soy sauce, %, w/w), X_2 (Soaking time, min).

로서 1에 가까워(Table 5) 설계의 모형이 적합한 것으로 판단되었다(Zhou and Regenstein, 2004, Kim et al., 2010). 한편, 적합성 결여 검증에서 P-value가 0.05보다 높으면 적합한 모델로 간주할 수 있다는 보고가 있다(Isa et al., 2011; Shin et al., 2020). 또한, 맛 간장의 첨가량(X_1) 및 침지시간(X_2)에 따른 피조개의 염도(Y_1)는 X_1 및 X_2 의 경우 -1.414에서 +1.414까지 모두 증가하는 경향을 나타내었고, X_1 의 경우 급격한 패턴을, X_2 의 경우 완만한 패턴을 나타내었다(Table 6, Fig. 1). 이와 같이 갓 피조개장의 조미용 맛 간장 첨가량과 염도가 양의 상관관계를 나타내는 것으로 보아, 갓 피조개장의 염도는 맛 간장 첨가량에 대하여 큰 영향을 받는 것으로 판단되었다. 따라서 과도한 맛 간장 첨가량 또는 긴 침지시간은 소비자의 고염에 대한 우려뿐만 아니라 고가의 가공비용으로 인한 구입단가의 상승으로 소비시장 확대에 문제가 될 수 있어 적절한 염도를 유지할 수 있도록 제조할 필요가 있다.

맛 간장 침지조건이 아미노산질소 함량에 미치는 영향

갓 피조개장 조미용 맛 간장의 침지 조건에 따른 시료의 아미노산질소(Y_2) 결과는 Table 3에 나타내었다. 적합성 결여 검

증의 P-value는 0.001로 0.05보다 낮았으나(Table 4), model의 P-value가 0.001로 0.05보다 낮고, 결정계수(R^2)가 0.938로 1에 가까워(Table 5) 설계의 모형이 적합한 것으로 판단되었다. 또한, 맛 간장의 첨가량(X_1) 및 침지시간(X_2)에 따른 피조개의 아미노산질소(Y_2)는 X_1 의 경우 -1.414로부터 0.7까지 증가하여 최대치를 나타내었고, 이후부터 +1.414까지 감소하였으며, X_2 의 경우 -1.414로부터 +1.414까지 완만하게 증가하였다(Table 6, Fig. 1). 이와 같이 갓 피조개장의 아미노산질소 함량은 맛 간장 침지량과 침지시간에 대한 영향이 모두 인정되었고, 특히 맛 간장 침지량에 대한 영향이 큰 것으로 판단되었다.

맛 간장 침지조건이 종합적 기호도에 미치는 영향

갓 피조개장 조미용 맛 간장의 침지 조건에 따른 시료의 종합적 기호도(Y_3) 결과는 Table 3에 나타내었다. 적합성 결여 검증의 P-value는 0.020으로 0.05보다 낮았으나(Table 4), model의 P-value가 0.000으로 0.05보다 낮고, 결정계수(R^2)가 0.969로 1에 가까워(Table 5) 설계의 모형이 적합하였다. 또한, 맛 간장의 첨가량(X_1) 및 침지시간(X_2)에 따른 피조개의 맛, 향, 색, 조직감의 전반적인 관능적 만족도를 나타내는 종합적 기호도(Y_3)는 X_1 의 경우 -1.414로부터 +0.3까지 서서히 증가하여 최대치를 나타내었고, 이후부터 서서히 감소하는 경향을 나타내었으며, X_2 의 경우 -1.414부터 +0.4까지 급격하게 증가하여 최대치를 나타내었고, 이후부터 +1.414까지 미미하게 감소하는 경향을 나타내었다(Table 6, Fig. 1). 이와 같이 피조개의 종합적 기호도는 맛 간장의 첨가량 및 침지조건에 대하여 모두 영향을 받는 것으로 판단되었다. 따라서 갓 피조개장을 제조할 때 짠맛과 감칠맛이 적절하고, 맛과 향 및 색 등에 의한 종합적 기호도가 양호한 제조조건을 설정할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

Table 4. Analysis of variance (ANOVA) for dependent variables

Dependent variables ¹	P-value				
	Model	Linear	Quadratic	Cross-product	Lack of fit
Y_1	0.001	0.000	0.469	0.021	0.087
Y_2	0.001	0.000	0.034	0.188	0.001
Y_3	0.000	0.000	0.000	1.000	0.020

¹ Y_1 (salinity, g/100 g), Y_2 (amino-N, mg/100 g), Y_3 (overall acceptance, score).

Table 5. Response surface model equations for monitoring effects of the independent variables on the dependent variables

Responses ¹	Quadratic polynomial model equations	R^2	P-value
Y_1	$1.73+0.50X_1+0.30X_2+0.25X_1X_2$	0.927	0.001
Y_2	$1,543.0+219.7X_1+110.3X_2-93.8X_1X_2$	0.938	0.001
Y_3	$7.17+0.44X_1+1.22X_2-0.77X_1X_2-1.77X_1X_2$	0.969	0.000

¹ Y_1 (Salinity, g/100 g), Y_2 (Amino-N, mg/100 g), Y_3 (Overall acceptance, score).

맛 간장 첨가 및 침지조건 최적화

갯 피조개장의 제조를 위한 조미용 맛 간장 침지조건을 달리 한 갯 피조개장의 염도(Y_1), 아미노산질소 함량(Y_2) 및 종합적 기호도(Y_3)의 각각과 이들을 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적조건을 예측하기 위한 목표로 MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 독립변수의 최적조건 예측치는 Table 6 과 같다.

맛 간장 침지조건에 따른 갯 피조개장의 염도, 아미노산질소 함량 및 종합적 기호도를 동시에 충족하는 맛 간장 첨가량 및 침지시간의 부호값은 각각 -0.2 및 0.6이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 140% (w/w) 및 156분이었다. 이상과 같이 MINITAB 프로그램을 통하여 이들 조건[맛 간장 첨가량 140% (w/w) 및 침지 시간 156분]에서 제조된 갯 피조개장의 염도는 1.8 g/100 g, 아미노산질소 함량은 1,543.0 mg/100 g 및 종합적 기호도는 7.1점으로 예측되었다. 한편, 최적화된 독립변수의 조건에 따라 산출된 종속변수의 예측치는 실제 최적 조건으로 제조하여 측정된 실측값과의 비교를 통한 검증이 필요하다(Cho et al., 2005; Yoon et al., 2017).

따라서, 프로그램에서 제시한 최적 침지조건에 따라 갯 피조

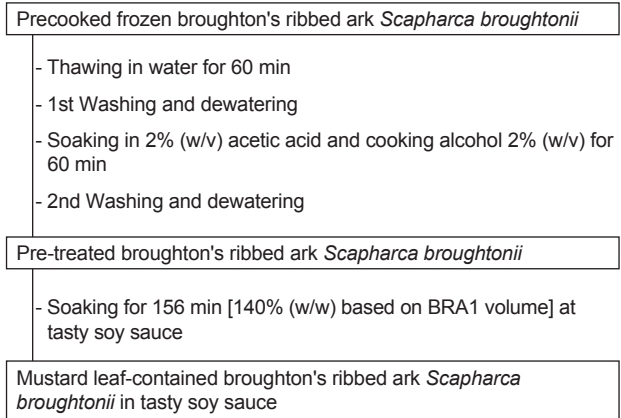


Fig. 2. Optimum processing procedure for preparation of mustard leaf-contained broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* tasty soy sauce. 'BRA : Broughton's ribbed ark.

개장을 제조한 다음 염도, 아미노산질소 함량 및 종합적 기호도를 실제로 측정된 결과는 각각 1.9 ± 0.1 g/100 g, $1,546.2 \pm 4.1$ mg/100 g 및 7.3 ± 0.2 점이었으며(Table 6), 5% 유의수준에서

Table 6. Response optimization for seasoning conditions of intermediate product for preparation of seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* tasty soy sauce

Dependent variables	Value	X_1 (Weight of tasty soy sauce, %, w/w)	X_2 (Soaking time, min)
Y_1 (Salinity, g/100 g)	Target	1.8	1.8
	Coded	0.0	0.2
	Actual	150	132
Y_2 (Amino-N, mg/100 g)	Target	1,543	1,543
	Coded	0.0	0.0
	Actual	150	120
Y_3 (Overall acceptance, score)	Target	Max.	Max.
	Coded	0.3	0.4
	Actual	165	144
Multiple response optimization	Coded	-0.2	0.6
	Actual	140	156
Data ¹	Predicted	1.8^{a2}	$1,543.0^a$
	Measured	1.9 ± 0.1^a	$1,546.2 \pm 4.1^a$

¹Predicted and experimental data on the dependent variables of broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* in tasty soy sauce prepared under optimized seasoning conditions. ²Difference letters on the data indicate a significant difference at $P > 0.05$.

예측값과 실제 측정값 간의 차이는 인정되지 않았다. 이상의 결과로 미루어 보아 제시된 반응표면분석 모델은 갓 피조개장의 제조를 위한 최적 조건의 모델이라 판단되었다.

갓 피조개장의 최적 제조공정

갓 피조개장의 최적화된 제조공정을 정리하면 Fig. 2와 같다. 갓 피조개장의 주원료인 자숙 냉동 피조개를 해동(60분)하여 1차 세척 및 탈수시킨 후 2% 식초와 2% 맛술에 침지한 다음 2차 세척 및 탈수하고, Table 2의 방법으로 제조한 조미 맛 간장에 침지[원료 피조개의 양에 대하여 140% (w/w) 양에 156분간 침지] 및 냉장 보관하여 제조하였다.

갓 피조개장의 일반 특성

상기와 같이 최적화된 갓 피조개장의 가공조건으로 제조한 시제 갓 피조개장의 일반성분, pH 및 염도를 측정하고, 일반성분을 토대로 열량을 산출하여 대조구(시판 조미 간장을 사용하여 제조한 피조개장 제품, 이하 대조구)와 비교하여 나타낸 결과는 Table 7과 같다.

갓 피조개장 및 대조구의 일반성분 함량은 수분이 각각 77.9%

Table 7. Proximate composition, pH and energy of mustard leaf-contained broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* in tasty soy sauce (M-BRA)

Contents	Shellfish product	
	Control ³	M-BRA
Moisture	76.9±0.5 ^{a4}	77.9±0.4 ^a
Crude protein	15.3±0.1 ^b	12.7±0.1 ^a
Crude lipid	1.6±0.0 ^b	1.3±0.1 ^a
Ash	1.7±0.2 ^a	2.1±0.1 ^b
Carbohydrate	4.5	6.0
pH	5.2	4.8
Salinity (g/100 g)	1.8±0.0 ^b	1.6±0.0 ^a
Energy (kcal/100 g) ²	98.0	90.7

¹Carbohydrate (%)=100-(moisture+crude protein+crude lipid+ash). ²Energy (kcal/100 g)=(crude protein×4.22)+(crude lipid×9.41)+(carbohydrate×4.11). ³Control means sample to be soaked BRA by commercial soy sauce. ⁴Difference letters on the data indicate a significant difference at P<0.05.

Table 8. Results on the sensory evaluation (n=24) of mustard leaf-contained broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* in tasty soy sauce (M-BRA)

Shellfish product	Sensory evaluation (score)				
	Appearance	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptance
Control ¹	5.0±0.0 ^{a2}	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a
M-BRA	6.0±1.0 ^b	6.2±0.7 ^b	5.9±0.5 ^b	5.3±0.4 ^b	5.8±0.4 ^b

¹Control means sample to be soaked BRA by commercial soy sauce, the score was set to 5 points. ²Difference letters on the data indicate a significant difference at P<0.05.

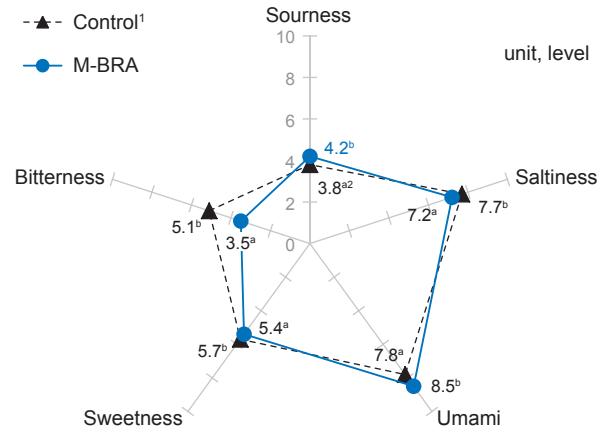


Fig. 3. Taste intensity of mustard leaf-contained broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* in tasty soy sauce (M-BRA). ¹Control means sample to be soaked BRA by commercial soy sauce. ²Difference letters on the data indicate a significant difference at P<0.05.

및 76.9%, 조단백질이 각각 12.7% 및 15.3%, 조지방이 각각 1.3% 및 1.6%, 회분이 각각 2.1% 및 1.7%이었다. 갓 피조개장의 일반성분 함량은 대조구에 비해 5% 유의수준에서 회분의 경우 높았고, 조단백질 및 조지방의 경우 낮았으며, 수분의 경우 차이가 없었다. 이와 같이 일반성분 함량의 차이는 갓 피조개장의 조미를 위하여 사용한 맛 간장의 부원료 종류, 함량 등에 따른 차이 때문이라 판단되었다.

갓 피조개장의 pH는 4.8로, 대조구의 5.2에 비하여 낮았는데, 이는 비린내 개선을 위하여 식초 처리한 것 이외에도 침지를 위하여 사용한 맛 간장의 성분 차이 때문으로 생각되었다.

갓 피조개장의 염도는 1.6%로, 대조구의 1.8%에 비하여 유의적으로 낮았는데(P<0.05), 이는 침지를 위하여 사용한 맛 간장 고유의 염도 차이로 판단되었다.

갓 피조개장의 열량은 90.7 kcal/100 g으로, 대조구의 98.0 kcal/100 g에 비해 낮았다(RDA, 2007; NIAS, 2017). 한편, 한국영양학회(The Korean Nutrition Society, 2016)는 급식 대상 연령(9-49세)의 1일 열량 섭취기준에 대하여 남자의 경우 2,100-2,700 kcal, 여자의 경우 1,800-2,100 kcal로 제시하고 있다. 따라서, 갓 피조개장 100 g을 섭취함으로써 전환되는 열량은 급식대상 연령(9-49세)의 1일 열량 섭취기준에 대하여 남자

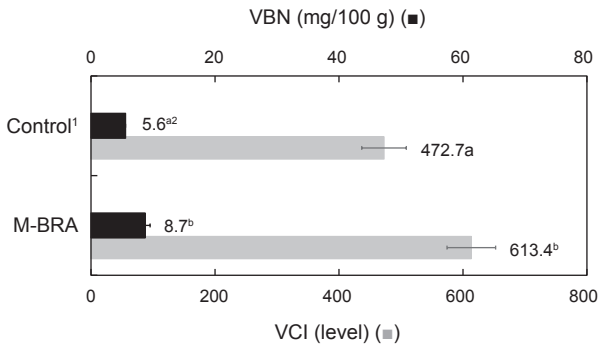


Fig. 4. Volatile basic nitrogen (VBN) content and volatile component intensity (VCI) of mustard leaf-contained broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* in tasty soy sauce (M-BRA). ¹Control means sample to be soaked BRA by commercial soy sauce. ²Difference letters on the data indicate a significant difference at P<0.05.

의 경우 3.4-4.3%에, 여자의 경우 4.3-5.0%에 해당하였다.

갯 피조개장의 맛 특성

갯 피조개장의 맛 강도는 전자혀를 통해 신맛(sourness), 짠맛(saltiness) 감칠맛(umami), 단맛(sweetness) 및 쓴맛(bitterness)을 살펴보고, 이의 결과를 대조구와 비교하여 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다. 갯 피조개장과 대조구의 맛 강도는 각각 신맛의 경우 4.2 level 및 3.8 level, 짠맛의 경우 7.2 level 및 7.7 level, 감칠맛의 경우 8.5 level 및 7.8 level, 단맛의 경우 5.4 level 및 5.7 level, 쓴맛의 경우 3.5 level 및 5.1 level이었다. 갯 피조개장의 신맛이 대조구에 비해 높았던 것은 조미 맛 간장의 가열 중 갯에서 유기산의 생성에 의한 pH의 감소와 산도의 증가에 따른 영향으로 판단되었다(Seo et al., 1995; Park et al., 1997). 한편, 전자혀의 제조사에서 제시하는 바와 같이 제품 간의 맛 강도가 2 level 이상 차이가 있는 맛 성분은 쓴맛으로서 실제 사람이 갯 피조개장과 대조구 제품을 섭취하는 경우 쓴맛에 대한 차이는 확연하게 구분될 것으로 판단되었다(Hayashi et al., 2008; Jo et al., 2012).

갯 피조개장의 냄새 특성

갯 피조개장의 냄새 특성은 휘발성염기질소 함량과 냄새강도로 살펴보고, 이의 결과를 대조구와 비교하여 나타낸 결과는 Fig. 4와 같다. 갯 피조개장의 휘발성염기질소 함량과 냄새강도는 각각 8.7 mg/100 g 및 613.4 level으로, 대조구의 각각 5.6 mg/100 g 및 472.7 level에 비해 유의적으로 높아 차이가 있었다(P<0.05). 따라서, 소비자들이 피조개장 제품을 구입하여 섭취하는 경우 시제 갯 피조개장이 대조구에 비해 향은 비교적 강하게 인지될 것으로 판단되었다. 갯 피조개장의 향이 대조구보다 다소 강하게 나타난 것은 시제품 제조용 원료 지속 피조개의 비린내 개선을 목적으로 첨가한 식초와 맛술에 의한 영향뿐만 아니라, 부원료로 사용된 조미 소재의 종류 및 함량에 따른

영향도 있을 것으로 생각되었다. 특히, 갯은 휘발성 유기 황 화합물인 isothiocyanate와 sinigrin이 함유되어 있어 특유의 향이 더 강하게 나타난 것으로 판단되었다(Engel et al., 2002; Kwon et al., 2020).

갯 피조개장의 관능평가

갯 피조개장의 외관, 맛, 향, 조직감 및 전반적인 만족도는 패널에 의한 관능평가로 살펴보고, 이의 결과를 대조구와 비교하여 나타낸 결과는 Table 8과 같다. 갯 피조개장의 관능평가 평점은 외관(appearance)이 6.0점, 맛(taste)이 6.2점, 향(flavor)이 5.9점, 조직감(texture)이 5.3점, 그리고 전반적인 만족도(overall acceptance)가 5.8점으로, 기준점(5점)인 대조구에 비하여 모두 유의적으로 높아 우수하였다(P<0.05). 따라서 관능평가의 결과로 미루어 보아 시제 갯 피조개장이 대조구에 비해 소비자들의 기호성 측면에서 선호도가 높을 것으로 판단되었다.

사 사

이 논문은 2019년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(해양별 특성을 고려한 전통 수산가공식품 개발 및 상품화).

References

Bae MJ, Kim SJ, Cho MS, Um YB and Bae MI. 2014. Fermentation characteristic of *Yeongdeok Bobsikhae* to which a natural substance *Bellflower* was added. *Korean J Food Preserv* 21, 350-356. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2014.21.3.350>.

Bezerra MA, Santelli RE, Oliveira EP, Villar LS and Escalera LA. 2008. Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry. *Talanta* 76, 965-977. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.05.019>.

Chae JY, Kim SH, Choi GB, Kim JM, Lee JH, Kim SB, Kim YM, Kim JS, Lee JS and Cho SM. 2019. Physicochemical characteristics of fried-fish snacks with different types of starch. *Korean J Fish Aquat Sci* 52, 580-586. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0580>.

Cha YJ, Jung EJ, Kim H, Lee YM and Cho WJ. 2002. Changes of volatile components in Alaska pollack *Sik-hae* during low-temperature fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31, 566-571. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2002.31.4.566>.

Cheigh HS and Park KY. 1994. Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of Kimchi (Korean fermented vegetable products). *Crit Rev Food Sci Nutr* 34, 175-203. <https://doi.org/10.1080/10408399409527656>.

Cho SM, Gu YS and Kim SB. 2005. Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna *Thunnus albacares* skin gelatin compared to mammalian gelatins. *Food Hydrocoll* 19, 221-229. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.05.005>.

- Cho SM, Yoon MS and Kim SB. 2013. Effects of rice flour milling types and addition methods on rheological and sensory properties of surimi products. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 139-146. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0139>.
- Choi GB, Kim DM, Choi YJ, Kim SB, Park JD, Bae SA, Bae KI and Choi SM. 2020. Optimization of frying conditions of laver *Pyropia* sp. snack using a response surface methodology. *Korean J Fish Aquat Sci* 53, 834-841. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0834>.
- Choi MA and Kim SH. 2018. Quality characteristics of dough liquid according to the addition ratio of *Doraji* in seaweed snack manufacturing. *Culin Sci Hosp Res* 24, 196-203. <https://doi.org/10.20878/cshr.2018.24.3.019>.
- Choi MR, Yoo EJ, Song SH, Kang DS, Park JC and Lim HS. 2001. Comparison of physiological activity in different parts of *Dolsan* leaf mustard. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 30, 721-725.
- Costa AIA, Dekker M, Beumer RR, Rombouts FM and Jongen WMF. 2001. A consume-oriented classification system for home meal replacements. *Food Qual Prefer* 12, 229-242. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00010-6](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00010-6).
- Engel E, Baty C, le Corre D, Souchon I and Martin N. 2002. Flavor-active compounds potentially implicated in cooked cauliflower acceptance. *J Agric Food Chem* 50, 6459-6467. <https://doi.org/10.1021/jf025579u>.
- Farrell KT. 1998. Spices, condiments and seasonings. 2nd ed. Springer Science and Business Media, Berlin, Germany, 138-140.
- Gwon BG, Kim YO, Nam BH, Kim WJ, Kong HJ, Kim BS, Jee YJ, Lee SJ, An CM and Kim DG. 2013. Analysis of diversity of hemolytic microbiome from aquafarm of arkshell *Scapharca broughtonii*. *J Fish Pathol* 26, 193-206. <https://doi.org/10.7847/jfp.2013.26.3.193>.
- Han DW, Kim DK, Han HJ and Cho SY. 2015. Determining optimal processing conditions for flounder *Verasper moseri jordan et gilbert* sike using response surface methodology. *Korean J Fish Aquat Sci* 48, 36-43. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2015.0036>.
- Hayashi N, Chen R, Ikezaki H and Ujihara T. 2008. Evaluation of the umami taste intensity of green tea by a taste sensor. *J Agric Food Chem* 56, 7384-7387.
- Isa KM, Daud S, Hamidin N, Ismail K, Saad SA and Kasim FH. 2011. Thermogravimetric analysis and the optimisation of bio-oil yield from fixed-bed pyrolysis of rice husk using response surface methodology (RSM). *Ind Crop Prod* 33, 481-487. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.024>.
- Jo HS, Kim KH, Kim MJ, Kim HJ, Im YJ, Kwon DH, Heu MS and Kim JS. 2012. Sensory characterization of domestic mottled skate *Raja pulchra* as affected by area caught, sex and fish weight. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 619-626. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0619>.
- Jung YH, Kim WW and Yoo BS. 2007. Effect of acetylated rice starch on rheological properties of surimi sol and gel. *Kor Sco Food Sci Technol* 16, 817-821.
- Kang SI, Kim KH, Lee JK, Kim YJ, Park SJ, Kim MW, Choi BD, Kim DS and Kim JS. 2014. Comparison of the food quality of freshwater rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* cultured in different regions. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 103-113. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0103>.
- Kim HJ, Yoon MS, Park KH, Shin JH, Heu MS and Kim JS. 2010. Processing optimization of gelatin from rockfish skin based on yield. *Fish Aqua Sci* 13, 1-11. <https://doi.org/10.5657/fas.2010.13.1.001>.
- Kim MW, Yoon IS, Kim YY, Lee JS, Heu MS and Kim JS. 2021. Processing optimization of seasoned salmon *Oncorhynchus keta* jerky using response surface methodology. *Korean J Fish Aquat Sci* 54, 261-270. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0261>.
- Kim YW. 2017. Trends in markets for home meal replacements. *Food Sci Ind* 50, 57-66.
- KFN (The Korean Society of Food Science and Nutrition). 2000. Handbook of experiments in food science and nutrition: Food. Hyoil, Seoul, Korea, 194-200.
- Kwon HY, Choi SI, Cho BY, Choi SH, Sim WS, Han X, Jang GW, Choi YE, Yeo JH and Lee OH. 2019. Analysis of nutritional components and cell-based antioxidant activity on *Brassica juncea* cultivated in Jeongseon, South Korea. *Korean J Food Nutr* 32, 462-472. <https://doi.org/10.9799/kfsan.2019.32.5.462>.
- Kwon HY, Choi SI, Park HI, Choi SH, Sim WS, Yeo JH, Cho JH and Lee OH. 2020. Comparative analysis of the nutritional components and antioxidant activities of different *Brassica juncea* cultivars. *Foods* 9, 1-10. <https://doi.org/10.3390/foods9060840>.
- Lamont T and McSweeney M. 2021. Consumer acceptability and chemical composition of whole-wheat breads incorporated with brown seaweed *Ascophyllum nodosum* or red seaweed *Chondrus crispus*. *J Sci Food Agric* 101, 1507-1514. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10765>.
- Lee HS and Kim JH. 2021. Analysis of food consumption behavior due to COVID-19: Focusing on MZ generation. *J Digit Converg* 19, 47-54. <https://doi.org/10.14400/JDC.2021.19.3.047>.
- Mamat HB, Chen YW, Hamid MA, Akanda JMH, Prsuran AK and Zaniol MK. 2021. Assessment of dough rheological characteristics and soft bread roll quality of wheat flour incorporated with seaweed powder. *Br Food J* 123, 3888-3901. <https://doi.org/10.1108/BFJ-08-2020-0676>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2019. Food code. Chapter 8. Retrieved from <https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvIv/foodRvIv.do> on May 6, 2019.
- NIAS (National Institute of Agricultural Sciences). 2017. 9th version food composition Table I, II. Rural Development

- Administration, Wanju, Korea, 16-17.
- Oh YJ and Choi KS. 2006. Effects of steam-dried *Hiziki fusiformis* powder on the quality characteristics in wet noodles. *Kor J Cul Res* 12, 206-221.
- Oh KH and Choi YS. 2015. Development of a pasting garnishing machine for manufacturing kimbugak. *J Biosystems Eng* 40, 320-326. <https://doi.org/10.5307/JBE.2015.40.4.320>.
- Park SK, Seo KI, Lee SW, Cho YS and Shon MH. 1997. Changes of acidity, antimicrobial activity and colors during pre-treatment of leaf mustard Dolsan *Brassica juncea*. *J East Asian Soc Diet Life* 7, 57-63.
- RDA (Rural Development Administration). 2007. 7th version Food composition Table I. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, 7-9.
- Ryu JH and Koo JK. 2015. Effect of enzymatic hydrolysate of laver *Propia* on the dough and bread making properties of wheat flour. *J Kor Soc Fish Mar Edu* 27, 467-475. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2015.27.2.467>.
- Seo KI, Park SK, Park JR, Kim HC, Choi JS and Shim KH. 1996. Changes in antimicrobial activity of hydrolyzate from mustard seed *Brassica juncea*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25, 129-134.
- Shin EC, Kwak DY, Ahn SY, Kwon SO, Choi YJ, Kim DM, Choi GB, Boo CG, Kim SB, Kim JS, Lee JS and Cho SM. 2020. Optimization of extrusion cooking conditions for the preparation of seasoning from Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *Korean J Fish Aquat Sci* 53, 823-833. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.082>.
- Son HR, Oh SK, Bae SO and Choi MR. 2015. Analysis of physicochemical and sensory properties of Dolsan leaf mustard pickle. *J Life Sci* 25, 936-941. <https://doi.org/10.5352/JLS.2015.25.8.936>.
- The Korean Nutrition Society. 2016. Dietary reference intakes for Koreans 2015. Ministry of Health Welfare, Sejong, Korea, 6-7.
- Woertz K, Tissen C, Kleinebudde P and Breikreutz J. 2011. A comparative study on two electronic tongues for pharmaceutical formulation development. *J Pharm Biomed Anal* 55, 272-281.
- Yoon MS, Kim JS, Um MY, Yang H, Kim J, Kim YT and Cho S. 2017. Extraction optimization for phlorotannin recovery from the edible brown seaweed *Ecklonia cava*. *J Aquat Food Prod Technol* 26, 801-810. <https://doi.org/10.1080/10498850.2017.1313348>.
- Zhao CC, Jiang GH and Eun JB. 2017. Optimization of drying process for squid-laver snack by a combined method of fuzzy synthetic and response surface methodology. *J Food Qual* 2017, 9761356. <https://doi.org/10.1155/2017/9761356>.
- 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>.