KFAS 한국수산과학회지 Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
한수지 54(6), 869-879, 2021

Original Article
Korean J Fish Aquat Sci 54(6),869-879,2021

비린내와 조직감이 개선된 치즈 토핑 반건조 조미 피조개(*Scapharca broughtonii*)의 개발 및 특성

강상인[1] · 김예진[2] · 이지운[2] · 박지훈[2] · 최관수[3] · 황지영[4] · 허민수[1,5] · 이정석[1,2]*

[1]경상국립대학교 수산식품산업화 기술지원센터, [2]경상국립대학교 해양식품공학과/해양산업연구소, [3]어업회사법인 여수새고막㈜, [4]동의대학교 식품공학과, [5]경상국립대학교 식품영양학과/해양산업연구소

Development and Characteristics of Cheese-topped, Semi-dried and Seasoned Broughton's Ribbed Ark *Scapharca broughtonii* with Improved Fish Odor and Texture

Sang In Kang[1], Ye Jin Kim[2], Ji Un Lee[2], Ji Hoon Park[2], Kwan Su Choi[3], Ji-Young Hwang[4], Min Soo Heu[1,5] and Jung Suck Lee[1,2]*

[1]Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea
[2]Department of Seafood Science and Technology/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea
[3]Yeosu Saegomak Inc., Yeosu 59603, Korea
[4]Department of Food Science & Technology, Dong-Eui University, Busan 47340, Korea
[5]Department of Food and Nutrition/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Methods for the development of home meal replacement seafood tailored to consumer needs for the advanced use of Broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* (BRA) in Korea are required. In this study, we developed a cheese-topped, semi-dried, and seasoned Broughton's ribbed ark (S-BRA) tailored for the younger generation with an improved texture and fish odor. The optimization of conditions to improve the texture and fish odor was performed using RSM. The design of the model was appropriate because there was no significant difference ($P>0.05$) between the predicted and actual values of moisture content, hardness, and overall acceptance, and the optimal preparation conditions were a vinegar content of 2.68%, a soaking time of 62 min, a drying temperature of 60°C, and a time of 162 min. The S-BRA manufactured under these optimal conditions exhibited a lower odor intensity compared to the unsoaked and undried control, suggesting that the fish odor of S-BRA has been improved. The moisture content related to the texture of the S-BRA was lower than that of the control, and the hardness was higher. Therefore, the S-BRA developed in this study will appeal to people of all ages, especially the younger generation; their consumption is expected to increase.

Keywords: Broughton's ribbed ark, Semi-dried, Fish odor, Texture, RSM

서 론

피조개(*Scapharca broughtonii*)는 고막류 중 개체 크기가 가장 크고, 육질이 연하며 적자색을 띤다. 우리나라 모든 연안에서 서식하며, 특히 경남의 진해만, 자란만, 전남의 강진만, 득량만, 여자만 및 충남의 천수만 등에서 많이 생산되고 있는 대표적인 양식 수산물로서(Park, 2002; Kang et al., 2018), 경제적으로도 가치가 높은 수산자원 중의 하나이다(Kang et al., 2020). 국내 피조개 양식 생산량은 2012년부터 2017년까지 연평균 13.6% 씩 꾸준히 증가하였으나, 저부가 상품으로 이용되고 있어 생산

***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 Licens (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.2021.0869
Korean J Fish Aquat Sci 54(6), 869-879, December 2021
Received 18 November 2021; **Revised** 2 December 2021; **Accepted** 10 December 2021
저자 직위: 강상인(연구원), 김예진(대학원생), 이지운(대학원생), 박지훈(학부생), 최관수(대표이사), 황지영(교수), 허민수(교수), 이정석(교수)

액은 감소하고 있다(MOF, 2021). 피조개는 주로 활 상태 또는 껍질을 제거한 신선 및 냉장육 등 저부가 단순 가공 형태로 유통되고 있으며, 최근 가정간편식(home meal replacement, HMR) 시장의 성장으로 자숙 냉동품이나 통조림 제품 등으로 일부 활용이 되고 있다.

미래 수산물의 주요 소비 주체가 될 수 있는 MZ세대는 비린내, 잔가시, 위생 안전성의 불안 등으로 수산물을 기피하고 있으며, 피조개와 같은 패류 수산물은 내장의 쓴맛과 특유의 이취 등이 소비자의 기호를 감소시키는 하나의 요소가 되고 있다(Kim and Kang, 2021). 아울러, MZ세대는 수산물 소비에 있어 간편한 식품소비 스타일을 추구하는 간편성 선호 비율이 높은 특징을 가지고 있다(Jung et al., 2016; Kim et al., 2020). 따라서 젊은 세대들이 선호할 수 있는 비린내, 조직감 및 저장 안전성 등을 개선한 고부가가치 HMR 수산가공식품의 개발 연구가 필요하다.

일반적으로 수산물의 비린내를 개선하기 위하여 마스킹(masking), 흡착, 조리공정 개선 등의 방법을 적용하고 있으며, 이중 식초 등의 유기산을 사용하는 마스킹 방법이 많이 사용되고 있다. 수산 반건제품은 건제품에 비하여 수분함량이 많아 조직이 유연하고, 입안에서 촉감이 좋아 소비자의 기호성을 충족할 수 있으며(Yang, 1997), 수분이 어느 정도 제거되어 신선식품과 비교하였을 때 저장기간을 연장할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

한편, 수산물의 비린내 관련 연구는 연어(Heu et al., 2008; Ji et al., 2009), 꽁치(Jo, 2018), 고등어(Park et al., 2018), 전복(Choe, 2019)의 비린내 저감 공정을 통한 수산가공품 개발과 액젓(Fukami et al., 2004; Funatsu et al., 2004) 특유의 이취 개선 등이 있고, 조직감 관련 연구는 파래 분말을 첨가한 국수 물성(Jo, 2010), 오징어 젓갈의 물성(Oh et al., 2013), 전처리 방법에 따른 넙치 육의 조직감(Shin et al., 2013), 첨가제에 따른 남극 크릴 연육의 물성(Chae et al., 2014), 식염 첨가량에 따른 연육의 물성(Tachegorabi et al., 2012), 정수압 처리에 따른 굴의 물성 변화(Ma et al., 2021) 등과 같이 활발하게 이루어지고 있으나, 피조개 특유의 비린내와 조직감을 개선한 HMR 피조개 수산가공식품의 개발 연구는 찾아보기 어렵다.

본 연구에서는 신세대 소비자의 기호도를 고려하여 치즈를 토핑한 반건조 조미 피조개의 제조를 시도하였고, 피조개 특유의 비린내와 조직감을 개선한 제품을 개발하기 위하여 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 활용한 피조개의 식초 침지 및 건조공정을 확립하였으며, 최종적으로 개발 제품의 식품학적 특성을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

반건조 조미 피조개의 주원료인 양식산 피조개는 2018년 12월-2019년 2월에 전라남도 여수시 인근의 여자만 해역에서 수확하여 전라남도 여수시에 위치한 어업회사법인 여수새고막㈜(Yeosu, Korea)로 옮겨와 자숙 및 탈각한 후 냉동품으로 제조하여 둔 것(무게, 4.5-8.3 g; 평균, 6.1±1.2 g, 이하 원료 피조개)을 2019년 3-6월에 제공받았다.

원료 피조개의 비린내 개선을 위한 식초(Ottogi Co., Ltd., Ulsan, Korea), 맛술(Lotte Chilsung Beverage Co., Ltd., Gunsan, Korea), 레몬즙(Shinhwa Popvillage Co., Ltd., Seoul, Korea)은 2019년 2-4월에 경상남도 통영시 소재 대형마트에서 각각 구입하였다. 반건조 조미 피조개의 제조를 위한 부원료 중 버터(Seoulmilk, Seoul, Korea), 정백당(CJ Cheiljedang, Co., Incheon, Korea), 천일염(K-salt Fishery Company Co., Ltd., Muan, Korea), 치즈(Maeil Dairies Co., Ltd., Gochang, Korea)의 경우 동년 2-6월에 경상남도 통영시 소재 대형마트에서 구입하였다.

치즈 토핑 반건조 조미 피조개의 제조

반건조 조미 피조개는 원료 피조개를 해동(60분)하여 1차 수세 및 탈수하고, 비린내 개선을 위하여 정제수 100 mL에 대한 식초 0.5-4.5% (w/v)와 맛술 2%를 첨가한 용액에 침지(20-100분)한 후, 조미를 위하여 95.0±5°C로 가열된 볶음솥에 버터 21.8% (w/v)를 첨가하여 가열한 다음, 반건조 피조개 1 kg, 정백당 4% (w/w), 식염 0.6% (w/w)의 순서로 첨가하여 볶았다. 최종적으로 실온에서 냉각한 다음 피조개 육의 크기로 성형한 치즈(지름 2±0.3 cm)를 반건조 피조개 위에 토핑하여 제조하였다.

반응표면분석법 중심합성계획 설계

원료 피조개의 식초 침지 공정을 통한 비린내 개선과 건조공정을 통한 조직감에 영향을 미치는 요인(X_1, 식초 침지량; X_2, 식초 침지 시간; X_3, 건조 온도; X_4, 건조 시간)을 독립변수로 설정하여 반응표면분석법의 중심합성계획(central composite design)에 따라 Table 1에 제시한 바와 같이 범위를 설정하였고, 5단계로 부호화하여 각각 27개의 시료를 무작위적으로 제조한 다음 이들의 종속변수(Y_1, 수분함량; Y_2, 경도; Y_3, 종합적

Table 1. Experimental range and values of independent variables in the central composite design for soaking in vinegar and drying conditions in preparation of semi-dried and seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii*

Independent	Symbol	Range level				
		-2	-1	0	+1	+2
Vinegar (%, w/w)	X_1	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5
Soaking time (min)	X_2	20	40	60	80	100
Drying temperature (°C)	X_3	30	40	50	60	70
Drying time (min)	X_4	60	90	120	150	180

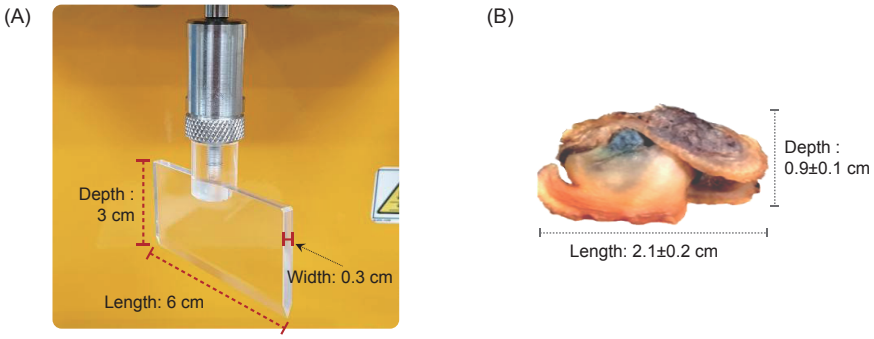

Fig. 1. Photograph of a probe TA-7 blade (A) and semi-dried broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* for measuring (B).

기호도)를 측정하였다. 이때 위에서 언급한 4개의 독립변수 범위와 중심값(center point value)들은 예비실험의 결과를 토대로 선정하였고, 27개의 시료는 16개의 부분요인설계(fractional factorial design), 8개의 축점(axial portion) 및 3개의 중심점(center points)으로 구성하여 설계하였다.

반응표면분석법 회귀분석 및 최적화

원료 피조개의 식초 침지 및 건조조건 최적화를 위한 독립변수에 대한 종속변수는 식초 침지 및 건조 정도에 따른 물리적 및 관능적 특성을 확인하기 위하여 수분함량, 경도 및 관능 패널들의 종합적 기호도로 하였고, 이들의 데이터는 회귀분석을 위한 자료로 활용하였다. 한편, 식초 침지 및 건조조건에 대한 최적점의 예측 및 확인은 Kim et al. (2010)이 언급한 방법을 참고하여 MINITAB 통계프로그램(Ver. 18; Minitab Inc., State Colledge, PA, USA)을 이용하였다. 즉, 무작위적으로 제조한 27개 시료구의 실험 결과를 토대로 독립변수와 종속변수 상호간의 관계에 따라 제시되는 반응표면 회귀계수 및 분산분석 결과를 토대로 모델(model), 1차항(linear), 2차항(quadratic), 교차항(cross-product) 및 적합성 결여도(lack of fit) 각각의 유의성(P-value)에 대한 인정($P<0.05$) 여부를 확인하였고, 이들 결과에 대하여 최종적으로 결정계수(R^2)를 확인하여 최적 조건을 산출하였다. 또한, 이를 근거로 독립변수 및 종속변수의 설계 모형의 적합성은 반응 최적화 도구를 이용하여 종속변수에 대한 각각의 목표값(target value)을 설정하여 확인하였고, 통계프로그램에서 산출된 부호값(coded value)을 환산하여 얻은 실제값(actual value)을 토대로 예측치(predicted value)와 실제 실험을 통한 실험치(experimental value)를 비교, 분석하여 나타내었다.

그래프 도식화

독립변수와 종속변수 간의 관계를 나타내는 그래프는 위의 회귀분석 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 Y는 종속변수, β_0는 상수, β_i, β_{ii}, β_{ij}는 1차, 2차, 교차 회귀계수, X_i, X_j는 독립변수이다. 원료 피조개의 식초 침지 및 건조조건의 최적화는 MINTAB 통계프로그램의 Response optimizer를 통해 이루어졌으며, 통계적으로 추정된 최적 조건에 따라 실제 실험을 통해 측정한 종속변수와의 비교를 통해 추정된 종속변수의 값을 검증하였다(Bezerra et al., 2008).

수분함량

수분함량은 마쇄한 시료 일정량(약 0.5 g)을 취하여 식품공전(MFDS, 2019)의 상압가열건조법에 따라 측정하였고, 단위는 g/100 g (%)으로 나타내었다.

경도

경도(hardness)는 산 처리 및 건조한 피조개 육을 시료로 하여 Seo et al. (2014)이 언급한 방법에 따라 절단시험(cutting test)으로 측정하였다. 측정용 시료는 길이(length) 및 깊이(depth)가 각각 2.1±0.2 cm 및 0.9±0.1 cm의 것들로 하였고, 측정은 길이(length), 깊이(depth) 및 폭(width)이 각각 6 cm, 3 cm 및 0.3 cm의 probe (TA-7)를 장착한 물성측정기(TA-CT3; Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 사용하되, probe의 trigger load 10 g 및 test speed 1.00 mm/sec로 설정하였으며, 시료에 5.0 g 이상의 힘이 가해지는 시점에서 시료 변형(deformation) 80%까지 절단한 결과로부터 경도값을 도출하였다. 모든 측정은 시료를 10회 반복 측정하였으며, 결과는 Texture Profile Analysis (TPA)로 나타내었다(Fig. 1).

맛 강도

전자혀를 이용한 맛 강도 분석 시료는 Jo et al. (2012)이 언급한 방법에 따라 반건조 조미 피조개의 피조개 육을 1차 마쇄한 다음 이의 5 g에 증류수 100 mL를 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. 즉, 전처리 시료 100 mL를 부속 용기에 채우고, 여기에 신맛, 짠맛, 감칠맛, 단맛 및 쓴맛을 감지하는 각각의 전극을 담근 다음 상온에서 정치시켜 전극이 평형에 도달하였을 때의 값을 이들 4종의 맛에 대한 데이터로 하였다. 측정 데이터는 식초 침지 및 건조 처리하지 않은 조미 피조개를 대조구로 하여 시제 반건조 조미 피조개와의 차이로 나타내었다.

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. 즉, 냄새강도를 측정하기 위하여 코니칼 튜브(50 mL conical tube, 30×150 mm; SPL Life Science Co. Ltd., Korea)에 대조구와 반건조 조미 피조개의 육을 마쇄한 고형물 약 10 g을 각각 넣고, 여기에 냄새강도 측정기의 흡입구를 넣은 다음, 향이 휘발되지 않도록 파라필름(parafilm)으로 밀봉하여 측정하였다. 이때, 냄새강도 측정기의 mode는 batch로 설정하였고, 단위는 냄새 강도(level)로 나타내었다.

휘발성염기질소

휘발성염기질소 함량은 Conway unit을 사용하여 식품공전(MFDS, 2019)에서 언급한 미량확산법으로 측정하였다. 측정을 위한 전처리는 시료 10 g에 증류수 50 mL를 넣어 섞은 후, 30분간 침출시킨 다음 여과하여 제조하였다. 이어서, 휘발성염기질소의 측정은 Conway unit의 외실 중 왼쪽에 전처리 시료 용액 1 mL를, 오른쪽에 포화 K_2CO_3 1 mL를, 내실에 0.01 N H_2SO_4 1 mL와 지시약 2-3방울을 각각 가한 다음 글리세린을 바른 뚜껑으로 밀폐하고, 조심스럽게 흔들어 준 다음 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 실험하였다. 관능적 종합 기호도 평가를 위한 평점은 대조구를 기준점인 5점으로 하였고, 이보다 우수한 경우 6-9점으로, 이보다 열악한 경우 4-1점으로 평가하는 9단계 평점법으로 실시하였다.

통계처리

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

Table 2. Central composite design matrix and values of dependent variables for soaking in vinegar and drying conditions in preparation of semi-dried and seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii*

Run No.		Uncoded values[1]				Dependent variables[2]		
		X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2	Y_3
Fractional Factorial Design (16 points)	1	1.5	40	40	90	65.6	1006.2	2.9
	2	3.5	40	40	90	65.1	1085.7	3.1
	3	1.5	80	40	90	66.6	1130.3	3.0
	4	3.5	80	40	90	65.7	1123.3	3.3
	5	1.5	40	60	90	57.1	1269.7	3.4
	6	3.5	40	60	90	57.7	1313.3	3.7
	7	1.5	80	60	90	57.8	1356.0	3.5
	8	3.5	80	60	90	57.1	1338.8	3.8
	9	1.5	40	40	150	63.3	1473.3	4.1
	10	3.5	40	40	150	62.9	1428.8	4.6
	11	1.5	80	40	150	63.2	1526.3	4.2
	12	3.5	80	40	150	63.2	1621.5	4.9
	13	1.5	40	60	150	56.6	1760.3	5.8
	14	3.5	40	60	150	56.4	1725.0	6.6
	15	1.5	80	60	150	56.1	1865.7	6.2
	16	3.5	80	60	150	56.9	1873.7	6.9
Axial portion (8 points)	17	0.5	60	50	120	63.9	1465.8	3.7
	18	4.5	60	50	120	61.2	1361.3	5.1
	19	2.5	20	50	120	61.6	1268.3	4.7
	20	2.5	100	50	120	63.1	1361.4	4.9
	21	2.5	60	30	120	65.1	983.3	4.4
	22	2.5	60	70	120	48.7	1513.0	7.8
	23	2.5	60	50	60	64.2	1280.4	6.2
	24	2.5	60	50	180	60.1	1724.8	7.4
Center points (3 points)	25	2.5	60	50	120	62.0	1348.7	8.3
	26	2.5	60	50	120	62.2	1359.3	8.2
	27	2.5	60	50	120	62.4	1391.8	8.3

[1] X_1 (vinegar, %, w/w), X_2 (soaking time, min), X_3 (drying temperature, °C), X_4 (drying time, min). [2] Y_1 (moisture contents, g/100 g), Y_2 (hardness, g), Y_3 (overall acceptance, score).

Duncan의 다중위검정을 실시하였고, 상관관계(R^2)는 SPSS 프로그램의 이변량 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 분석하여 나타내었다.

결과 및 고찰

식초 침지 및 건조조건이 수분함량에 미치는 영향

원료 피조개의 식초 침지(식초 침지량 및 시간)와 건조(건조 온도 및 시간) 조건 최적화를 위해 5단계로 부호화(Table 1)하여 제조한 27개 시료의 수분함량(Y_1) 결과는 Table 2에 나타내었다. 반응모형방정식의 독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 분산분석(ANOVA)으로 살펴본 결과, 반응표면 모델의 적합성 여부를 나타내는 적합성 결여 검증(lack of fit test)의 P-value는 0.088로 0.05보다 높고, model의 P-value도 0.000으로 0.05보다 낮으며(Table 3), 결정계수(R^2)가 0.978로서 1에 가까워(Table 4) 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, 식초 침지 및 건조 조건에 따른 피조개의 수분함량(Y_1)은 X_1 및 X_2의 경우 -2.0에서 +2.0까지 모두 거의 변화가 없었고, X_3의 경우 -2.0에서 -1.0까지 약간 증가하다가 그 이후부터 급격하게 감소하는 경향을 나타내었으며, X_4의 경우 -2.0에서 +2.0까지 미미하게 감소하는 경향을 나타내었다(Table 5, Fig. 2). 이와 같이 피조개의 건조 온도와 수분함량이 역상관 관계를 나타내는 것으로 미루어 보아, 반건조 피조개의 수분함량은 건조 온도에 대하여 가장 큰 영향을 받는 것으로 판단되었다.

식초 침지 및 건조조건이 경도에 미치는 영향

원료 피조개의 식초 침지와 건조 조건별 시료의 경도(Y_2) 결과는 Table 2에 나타내었다. 적합성 결여 검증의 P-value는 0.044로 0.05보다 낮았으나, model의 P-value가 0.000으로 0.05보다 낮고(Table 3), 결정계수(R^2)가 0.840으로 1에 가까워(Table 4) 설계의 모형이 적합하였다. 또한, 독립변수의 조건에 따른 피조개의 조직감을 나타내는 경도(Y_2)는 X_1의 경우 -2.0에서 0까지 감소하다가 이후부터 +2.0까지 미미하게 증가하는 경향을 나타내었고, X_2, X_3 및 X_4의 경우 -2.0에서 +2.0까지 모두 증가하는 경향을 나타내었으나, X_2의 경우 증가 폭이 X_3 및 X_4에 비해 크지 않았다(Table 5, Fig. 2). 이와 같이 피조개의 경도는 식초 침지량과 침지 시간에 대한 영향도 있었으나 아주 미미하였고, 건조 온도와 시간에 대하여 가장 큰 영향을 받는 것으로 판단되었다.

식초 침지 및 건조조건이 종합적 기호도에 미치는 영향

원료 피조개의 식초 침지와 건조 조건별 시료의 종합적 기호도(Y_3)는 Table 2에 나타내었다. 적합성 결여 검증의 P-value는 0.003으로 0.05보다 낮았으나, model의 P-value가 0.002로 0.05보다 낮고(Table 3), 결정계수(R^2)가 0.879으로 1에 가까워(Table 4) 설계의 모형이 적합하였다. 또한, 독립변수의 조건에 따른 피조개의 맛, 향, 색, 조직감의 전반적인 관능적 만족도를 나타내는 종합적 기호도(Y_4)는 X_1, X_2, X_3 및 X_4의 경우 -2.0에서 각각 0.2, 0.1, 0.7 및 0.9까지 증가하였다가 그 이후부터 +2.0까지 급격하게 감소하거나 서서히 감소하는 경향을 나타내었다(Table 5, Fig. 2). 이와 같이 피조개의 종합적 기호도는 식초 침지 및 건조조건에 대하여 모두 영향을 받는 것으로 판단되었다. 한편, 반건조 피조개는 식초 침지량, 침지 시간, 건조 온도 및 건조 시간이 적절할 경우 비린내와 조직감이 개선됨으로써 소비자의 기호도를 충족시킬 수 있으나, 과도할 경우 신맛의 증가와 조직감의 저하 등으로 인해 소비자의 구매 기피 대상이 될 우려가 있고, 특히 피조개의 건조 온도가 과도하게 높은 경우 피조개 육의 지용성 및 수용성 갈변 물질의 생성이 증가할 우려가 있다(Bae, 1998). 이를 고려하여 반건조 조미 피조개를 제조할 때 조직감은 적절하되, 수분함량은 다소 낮고, 맛, 향 및 색 등에 의한 종합적 기호도가 양호해야 하며, 부원료의 적정 단가를 고려한 범위의 첨가량을 설정해야 할 필요가 있다(Lee et al., 1986).

원료 피조개의 식초 침지 및 건조조건 최적화

식초 침지량, 침지 시간, 건조 온도 및 건조 시간을 각각 달리하여 제조한 반건조 피조개의 수분함량(Y_1), 경도(Y_2) 및 종합

Table 3. Analysis of variance (ANOVA) for dependent variables

Dependent variables[1]	P-value				
	Model	Linear	Quadratic	Cross-product	Lack of fit
Y_1	0.000	0.000	0.000	0.213	0.088
Y_2	0.000	0.000	0.138	0.986	0.044
Y_3	0.002	0.002	0.000	0.854	0.003

[1] Y_1 (moisture contents, g/100 g), Y_2 (hardness, g), Y_3 (overall acceptance, score).

Table 4. 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	$62.20-0.28X_1-3.86X_3-0.93X_4-1.37X_3^2$	0.978	0.000
Y_2	$1366.6+40.0X_2+131.9X_3+189.2X_4$	0.840	0.000
Y_3	$8.27+0.69X_3+0.79X_4-1.16X_1^2-1.06X_2^2-0.73X_3^2-0.56X_4^2$	0.873	0.002

[1] Y_1 (moisture contents, g/100 g), Y_2 (hardness, g), Y_3 (overall acceptance, score).

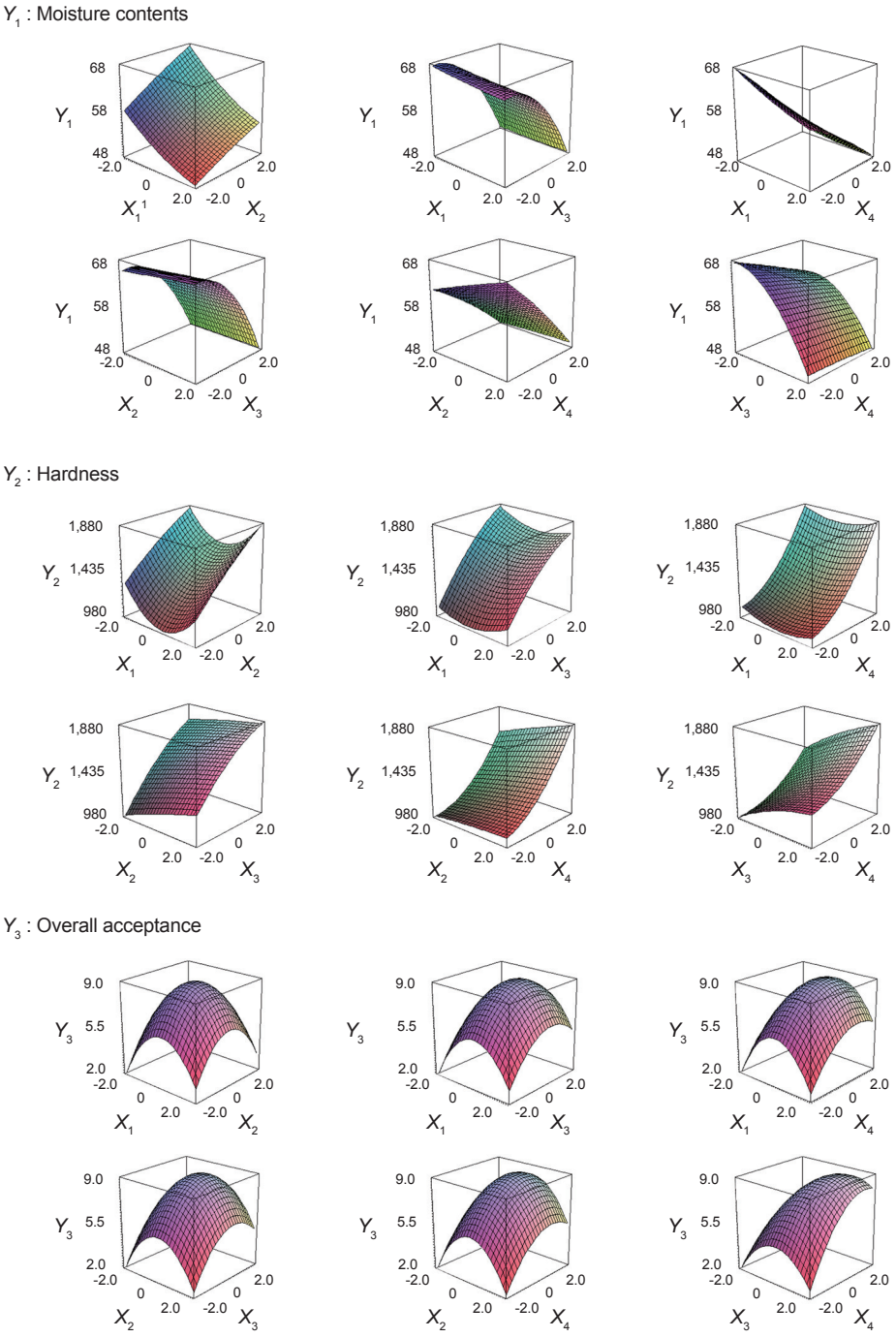

Fig. 2. Three-dimensional response surface plots for Y_1 (moisture contents, g/100 g), Y_2 (hardness, g), Y_3 (overall acceptance, score).
[1]X_1 (vinegar, %, w/w), X_2 (soaking time, min), X_3 (drying temperature, °C), X_4 (drying time, min)

적 기호도(Y_3)와 이들을 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적 조건을 예측하기 위하여 목표값 및 최대값으로 MINITAB 통계프로그램을 구동한 다음, 산출된 독립변수의 최적 예측치는 Table 5에 나타내었다.

원료 피조개의 식초 침지 및 건조조건에 따른 수분함량, 경도 및 종합적 기호도를 동시에 충족하는 부호값은 각각 0.2, 0.1, 1.0 및 1.4이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 2.68% (w/w), 62분, 60.0℃ 및 162분이었다.

이상의 최적 조건에서 제조한 반건조 피조개의 수분함량은 56.1 g/100 g, 경도는 1,866.4 g, 종합적 기호도는 8.7점으로 예측되었다. 최적화된 독립변수의 조건에 따라 산출된 종속변수의 예측치는 실제 최적 조건으로 제조하여 측정한 실측값과의 비교를 통한 검증이 필요하다(Cho et al., 2005; Yoon et al., 2017). 따라서, 이들 독립변수의 최적 조건으로 제조한 반건조 피조개의 종속변수에 대한 실제 측정값은 각각 56.0±0.2 g/100 g, 1,868.3±6.6 g 및 8.5±0.2점이었으며, 5% 유의수준에서 예측값과 실제 측정값 간의 차이가 인정되지 않았다(Table 6). 이상의 결과로 미루어 보아, 비린내 및 조직감이 개선된 반건조 조미 피조개의 제조를 위한 최적의 식초 침지량, 침지 시간, 건조 온도 및 건조 시간은 각각 2.68% (w/w), 62분, 60.0°C 및 162분으로 판단되었다.

치즈 토핑 반건조 조미 피조개의 제조공정

이상에서 검토한 원료 피조개의 식초 침지 및 건조조건을 적용하여 확립한 반건조 조미 피조개의 최적 제조공정은 Fig. 3과 같다. 즉, 원료 피조개를 해동(60분)하여 1차 수세 및 탈수하고, 비린내 개선을 위하여 정제수 100 mL에 대하여 식초 2.68% (w/v), 맛술 2%를 첨가한 용액에 62분간 침지한 후, 2차 수세 및 탈수하고 조직감 개선을 위하여 열풍건조기로 건조(60.0°C, 162분)하였다. 이어서, 조미를 위하여 95.0±5°C로 가열된 볶음솥에 버터를 21.8% (w/w) 첨가하여 가열한 후 건조 처리한 피조개 1 kg과 정백당 4% (w/w)의 순서로 첨가하여 9.5분간 볶은 다음 식염 0.6% (w/w)을 첨가하였고, 실온에서 냉각한 뒤 피조개 육의 크기로 성형한 치즈(지름 2±0.3 cm)를 토핑하여 제조하였다.

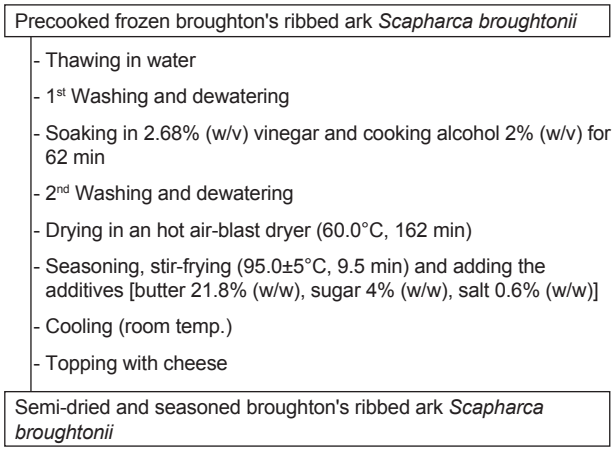

Fig. 3. Optimum processing procedure for preparation of cheese-topped, semi-dried, and seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* (S-BRA).

Table 5. Response optimization for soaking in vinegar and drying conditions of intermediate product for preparation of semi-dried and seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii*

Dependent	Value[1]		X_1[2]	X_2	X_3	X_4
Y_1[3]	T	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
	C	-2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	A	0.5	100.0	70.0	180.0	
Y_2	T	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
	C	-2.0	2.0	2.0	2.0	
	A	0.5	100.0	70.0	180.0	
Y_3	T	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
	C	0.18	0.06	0.70	0.95	
	A	2.7	60.1	50.7	121.0	
Multiple response optimization	C		0.2	0.1	1.0	1.4
	A		2.68	62.0	60.0	162.0
	P		Y_1, 56.1; Y_2, 1,866.4; Y_3, 8.7			

[1]T, target; C, coded; A, actual; P, predicted. [2]X_1 (vinegar, %, w/w), X_2 (soaking time, min), X_3 (drying temperature, °C), X_4 (drying time, min). [3]Y_1 (moisture contents, g/100 g), Y_2 (hardness, g), Y_3 (overall acceptance, score).

Table 6. Predicted and experimental data on the dependent variables of semi-dried and seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* prepared under optimized conditions

Dependent variables	Predicted values	Experimental values
Y_1 (Moisture contents, g/100 g)	56.1^{a1}	56.0±0.2^{a}
Y_2 (Hardness, g)	1,866.4^{a}	1,868.3±6.6^{a}
Y_3 (Overall acceptance, score)	8.7^{a}	8.5±0.2^{a}

[1]Difference letters on the data indicate a significant difference at P>0.05.

치즈 토핑 반건조 조미 피조개의 맛 특성

치즈 토핑 반건조 조미 피조개 제품과 대조구(식초 침지 및 건조 처리하지 않은 원료 피조개로 제조한 조미 피조개, 이하 대조구)의 맛 특성은 전자혀를 활용한 맛 강도[신맛(sourness), 짠맛(saltiness) 감칠맛(umami), 단맛(sweetness) 및 쓴맛(bitterness)]로 살펴보았고, 이의 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 시제 반건조 조미 피조개의 맛 강도는 신맛 3.7 level, 짠맛 4.0 level, 감칠맛 8.2 level, 단맛 5.8 level, 쓴맛 5.1 level로, 대조구(신맛 2.6 level, 짠맛 3.2 level, 감칠맛 8.0 level, 단맛 4.2 level, 쓴맛 6.5 level)에 비해 신맛, 짠맛, 감칠맛 및 단맛의 경우 비교적 강하게 나타났고, 쓴맛의 경우 약하게 나타났으며, 감칠맛을 제외한 모든 맛 강도는 유의적으로 차이가 있었다(P<0.05). 한편, 전자혀 제조사에서는 제품 간에 맛 강도가 2 level 이상의 차이가 있는 경우 실제 사람이 맛에 대한 차이를 인지한다고 보고한 바 있다(Hayashi et al., 2008; Jo et al., 2012).

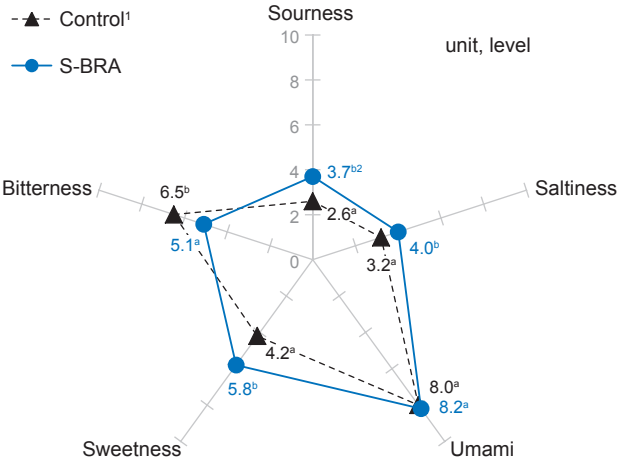

Fig. 4. Taste intensity of cheese-topped, semi-dried, and seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* (S-BRA). [1]Control means sample not to be soaked and dried during the processing of S-BRA. [2]Difference letters on the data indicate a significant difference at P<0.05.

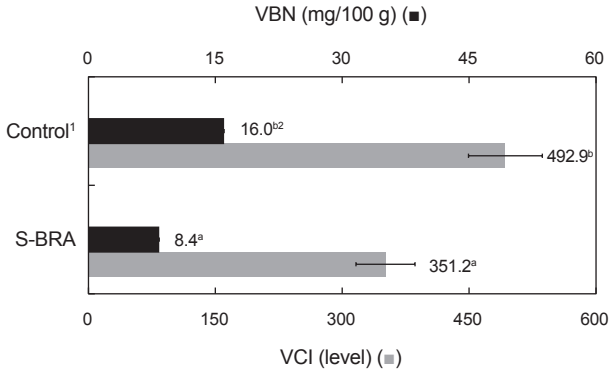

Fig. 5. Volatile basic nitrogen (VBN) content and volatile component intensity (VCI) of cheese-topped, semi-dried, and seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* (S-BRA). [1]Control means sample not to be soaked and dried during the processing of S-BRA. [2]Difference letters on the bar indicate a significant difference at P<0.05.

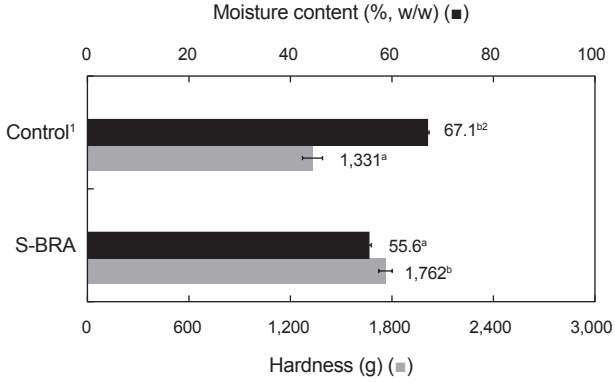

Fig. 6. Moisture content and hardness of cheese-topped, semi-dried, and seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* (S-BRA). [1]Control means sample not to be soaked and dried during the processing of S-BRA. [2]Difference letters on the bar indicate a significant difference at P<0.05.

치즈 토핑 반건조 조미 피조개의 냄새 특성

시제 반건조 조미 피조개 제품과 대조구의 냄새 특성은 휘발성염기질소 함량과 냄새강도를 통해 살펴보았고, 그 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 시제 반건조 조미 피조개 제품의 휘발성염기질소 함량은 8.4 mg/100 g으로, 대조구의 16.0 mg/100 g에 비해 낮았고, 냄새강도도 351.2 level로, 대조구의 492.9 level에 비해 유의적으로 낮아 차이가 있었다(P<0.05). 이는 시제 반건조 조미 피조개의 제조 시, 피조개 특유의 비린내 등 이취를 개선하기 위해 식초 침지공정을 적용한 결과이며, 수산물 비린내의 주성분인 트리메틸아민(trimethylamine) 등의 아민과 암모니아는 알칼리성 물질로서 식초나 레몬 등 산성 물질을 만

나 중화되어 비휘발성 물질로 변화되었기 때문이라 판단되었다(Kim et al., 2012, Lee et al., 2012).

치즈 토핑 반건조 조미 피조개의 수분 및 조직감 특성

시제 반건조 조미 피조개 제품과 대조구의 조직감 특성은 수분함량과 경도를 통해 살펴보았고, 그 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 반건조 공정의 도입으로 조직감이 개선된 시제 반건조 조미 피조개 제품의 수분함량은 55.6%로 대조구의 67.1%에 비해 낮았으며, 경도는 1,762 g/cm^{2}으로 대조구의 1,331 g/cm^{2}에 비해 높아 2가지 분석 결과의 유의성을 확인할 수 있었다($P<0.05$). 이는 시제 반건조 조미 피조개의 제조 시, 건조과정에서 피조개 육 중의 수분이 표면 증발과 내부 확산으로 인해 피조개 육이 수축하여 입 안에서 감촉이 좋은 조직감으로 변화한 것으로 판단되었다.

또한, 이들의 수분함량과 경도 간의 결정계수(R^2=0.935)는 1에 가까워 높은 상관관계를 나타내었다. 일반적으로 고온에서 식품을 건조하면 식품 표면에서 증발되는 수분량이 내부에서 표면으로 확산하는 양보다 매우 크기 때문에 식품 표면에 단단한 불투과성 막이 형성되는 표면경화 현상이 발생하게 되는데 이를 억제하기 위해서는 식품의 수분함량에 따른 건조 온도 및 시간을 적절히 조절할 필요가 있다(Kim and Kang, 2021).

치즈 토핑 반건조 조미 피조개의 종합적기호도

시제 반건조 조미 피조개의 제품과 대조구의 종합적기호도는 패널에 의한 관능평가[외형(appearance), 맛(taste), 향(flavor), 조직감(texture) 및 종합적기호도(overall acceptance)]로 살펴보았고, 이의 결과는 Fig. 7에 나타내었다. 시제 반건조 조미 피조개 제품의 외형, 맛, 향, 조직감 및 종합적기호도는 각각 6.1점, 6.6점, 7.5점, 7.1점 및 6.8점으로 대조구(기준점인 5점)에 비해 모두 유의적으로 높아 차이가 있었다($P<0.05$). 특히, 관능평가 항목 중 향 및 조직감의 점수가 상대적으로 높았는데 이는 원료 피조개의 식초 침지 및 건조공정이 적용된 결과로서 패널들의 기호도가 반영되었기 때문이라 판단되었다.

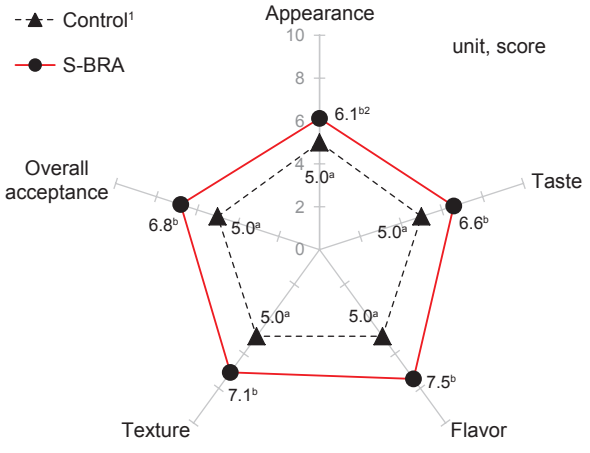

Fig. 7. Sensory evaluation of cheese-topped, semi-dried, and seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* (S-BRA). [1]Control means sample not to be soaked and dried during the processing of S-BRA, the score was set to 5 points. [2]Difference letters on the data indicate a significant difference at $P<0.05$.

사 사

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

References

Bae TJ. 1998. Processing suitability of canned ark shell. Korean J Food Nutr 11, 237-242.

Bezerra MA, Santelli RE, Oliveira EP, Villar LS and Escaleira 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 YJ, Choi EH, Lee YB, Chun BS and Kim SB. 2014. Effects of additives on the physical properties of Antarctic krill *Euphausia superba* surimi. Korean J Fish Aquat Sci 47, 347-355. https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0347.

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.

Choe YR. 2019. Processing and quality characteristics of marinated abalone using coriander (*Coriandrum Sativum* L.) for fishy smell reduction. M.S. Thesis, Silla University, Busan, Korea.

Fukami K, Satomi M, Funatsu Y, Kawasaki KI and Watabe S. 2004. Characterization and distribution of *Staphylococcus* sp. implicated for improvement of fish sauce odor. Fish Sci 70, 916-923. https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2004.00887.x.

Funatsu Y, Fukami K, Kondo H and Watabe S. 2004. Improvement of "kurozukuri ika-shiokara" (fermented squid meat with ink) odor with *Staphylococcus nepalensis* isolated from the fish sauce mush of frigate mackerel *Auxis rochei*. Nippon Suisan Gakkaishi 71, 611-617. https://doi.org/10.2331/suisan.71.611.

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. https://doi.org/10.1021/jf800933x.

Heu MS, Park SH, Kim HS, Kim HJ, Han BW, Ji SG, Kim JG, Yoon MS and Kim JS. 2008. Improvement on fish odor of extracts from salmon frame soaked in soybean milk. J Kore-

an Soc Food Sci Nutr 37, 223-230. https://doi.org/10.3746/jkfn.2008.37.2.223.

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 Crops Prod 33, 481-487. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.024.

Ji SG, Koo JG, Kwon JS, Han BW, Kim HJ, Heu MS and Kim JS. 2009. Improvement in the fish odor of extracts obtained from salmon frame using the maillard reation treated at high temperature and pressure. Korean J Fish Aquat Sci 42, 316-321. https://doi.org/10.5657/kfas.2009.42.4.316.

Jung YH, Kim GH and Im JB. 2016. A study on consumer preference for seafood to lifestyle. J Rural Develop 39, 143-168. https://doi.org/10.36464/jrd.2016.39.3.006.

Jo HS. 2010. Rheological properties of dried noodles with added *Enteromorpha intenstinalis* powder. J East Asian Soc Diet Life 20, 567-574.

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.

Jo SR. 2018. Processing optimization of Kamegi using response surface methodology for reduction of fishy smell. M.S. Thesis, Pukong National University, Busan, Korea.

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 *Oncorhhynchus mykiss* cultured in different regions. Korean J Fish Aquat Sci 47, 103-113. https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0103.

Kang SI, Sohn SK, Choi KS, Kim KH, Kim YS, Lee JS, Heu MS and Kim JS. 2020. Optimization of the processing of seasoning sauce for seasoned Broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* products using response surface methodology. Korean J Fish Aquat Sci 53, 334-341. https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0334.

Kang YM, Cha JW, Lee SG, Lee JH and Kim JS. 2018. Risk assessment and work in field for HACCP system construction of canned seasoned Broughton's ribbed ark *Scaphararca broughtonii*. Korean J Fish Aquat Sci 51, 524-534. https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0524.

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 Aquat Sci 13, 1-11. https://doi.org/10.5657/fas.2010.13.1.001.

Kim HS, Heu MS and Kim JS. 2006. Development of seasoned semi-dried oyster. J Korean Soc Food Sci Nutr 10, 1475-1483. https://doi.org/10.3746/jkfn.2006.35.10.1475.

Kim JU, Park JH and Jang YS. 2020. Characteristics of generation Z's consumption and constraint factors in processed Pollock products market. J Kor Soc Fish Mar Edu 32, 1093-1103. https://doi.org/10.13000/JFMSE.2020.10.32.5.1093.

Kim JS and Kang SI. 2021. Fisheries processing. Soohaksa Co., Paju, Korea, 239-245.

Kim KBB, Kim YS and Choi SK. 2012. Quality characteristics of *Oncorhynchus masou* stock containing various amounts of tomato. J East Asian Soc Diet Life 22, 826-835.

Lee EH, Oh KS, An CB, Lee TH, Chung YH, Shin KJ and Kim WJ. 1986. Studies on processing and keeping quality of retort pouched foods (5) Preparation and keeping quality of retort pouched seasoned ark shell. Bull Korean Fish Soc 19, 109-117.

Lee KA, Byon KE, Koo NS, Kim MJ, Kim, Kim MR, Yoon HH and Song HN. 2012. Food science. Powerbook Co., Goyang, Korea, 181-182.

Ma Y, Wang R, Zhang T, Xu Y, Jiang S and Zhao Y. 2021. High hydrostatic pressure treatment of oysters *Crassostrea gigas* - Impact on physicochemical properties, texture parameters, and volatile flavor compounds. Molecules 26, 1-12. https://doi.org/10.3390/molecules26195731.

MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2019. Food code. 8. Retrieved from http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvlv/foodRvlv.do on Nov 2, 2019.

MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2021. Statistic database for fisheries production. Retrieved from https://www.fips.go.kr/p/S020304/ on Aug 9, 2021.

Oh SC, Song SI and Jang GH. 2013. The effect of squid ink on the textural properties of squid during low salt fermentation. J Korean Oil Chemists' Soc 30, 488-493. https://doi.org/10.12925/jkocs.2013.30.3.488.

Park CK. 2002. Comparison of extractive nitrogenous constituents in the three species of raw bloody clams, *Scaphrca broughtonii*, *S. subcrenata*, and *Tegillarca granosa* extracts. Korean J Food Sci Technol 34, 954-961.

Park SY, Kim YJ, Kang SI, Lee JS and Kim JS. 2018. Optimization of the bone-softening and fishy odor-reducing processing of mackerel *Scomber japonicus* products using response surface methodology. Korean J Fish Aquat 51, 499-509. https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0499.

Seo YJ, Gil BJ, Kyoung JS, Yoo BS, Chang YH, Yu SY and Lee YS. 2014. Effect of environmetally-friendly red clay-processed materials on quality characteristics of eel. J Korean Soc Food Sci Nutr 43, 287-292. https://doi.org/10.3746/jkfn.2014.43.2.287.

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.2020.0823.

Shin SH, Sung KH and Chung CH. 2013. Physicochemical changes in olive flounder *Paralichthys olivaceus* muscle by iced water pre-treatment. Korean J Food Sci Technol 45,

700-707. https://doi.org/10.9721/KJFST.2013.45.6.700.
Tachegorabi R, Beamer SK, Matak KE and Jaczynski J. 2012. Salt substitution in surimi seafood and its effects on instrumental quality attributes. Food Sci Technol 48, 175-181. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.03.004.
Woertz K, Tissen C, Kleinebudde P and Breitkreutz J. 2011. A comparative study on two electronic tongues for pharamaceutical formulation development. J Pharm Biomed Anal 55, 272-281. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.02.002.
Yang ST. 1997. Preparation of seasoned and semi-dried Horse mackerel by cold air drying and quality of its product during partially frozen storage. Korean J Food Sci Technol 29, 925-931.
Yoon MS, Kim JS, Um MY, Yang H, Kim J, Kim YT and Cho SM. 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.
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.