KFAS 한국수산과학회지 Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
한수지 53(3), 368-381, 2020

Original Article
Korean J Fish Aquat Sci 53(3),368-381,2020

붕장어(*Conger myriaster*) 시즈닝을 활용한 조미김(*Pyropia yezoensis*)의 제조공정 최적화

김도엽 · 강상인[1,2] · 이창영[1,2] · 김혜진[1,2] · 이정석[2] · 허민수[2,3] · 김진수[1,2]*

덕화푸드 기업부설연구소, [1]경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소, [2]경상대학교 수산식품산업화 기술지원센터, [3]경상대학교 식품영양학과

Processing Optimization of Seasoned Laver *Pyropia yezoensis* Using Seasoning Sauce with Conger Eel *Conger myriaster*

Do Youb Kim, Sang In Kang[1,2], Chang Young Lee[1,2], Hye Jin Kim[1,2], Jung Suck Lee[2], Min Soo Heu[2,3] and Jin-Soo Kim[1,2]*

Research and Development Institute, Deok-Hwa Food, Busan 49277, Korea
[1]Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea
[2]Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea
[3]Department of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

This study was conducted to optimize the processing conditions of seasoned laver *Pyropia yezoensis* with conger eel *Conger myriaster* seasoning sauce (CES) using response surface methodology (RSM). The RSM program results for bonesoftness showed that the optimum independent variables based on the dependent variables (Y_1, lipid removal rate; Y_2, texture; and Y_3, sensory fish odor score) were 431.0% for X_1 (water amount), 115.6°C for X_2 (retort-operated temperature), and 50.1 min for X_3 (retort-operated time). The RSM program results for the CES blend showed that the optimum independent variables (X_1, amount of bone-softened conger eel by-products; X_2, mixed sauce amount; and X_3, starch amount) based on the dependent variables (Y_1, amino-N; Y_2, Hunter redness; and Y_3, drying time) were 44.8% for A (pre-treated conger eel by-product), 36.0% for B (mixed sauce), and 19.2% for C (starch). The RSM program results for seasoned laver with CES showed that the optimum independent variables based on the dependent variables (Y_1, water activity; Y_2, Hunter yellowness; and Y_3, overall acceptance) were 5.0% for X_1, (CES amount), 313.8°C for X_2 (roasting temperature), and 6.0 s for X_3 (roasting time). The seasoned laver with CES prepared under the optimum conditions was superior to commercial seasoned laver in terms of overall acceptance.

Keywords: Seasoned laver, Laver, Conger eel, Processing by-product, RSM

서 론

붕장어는 단백질, 비타민 및 고도불포화지방산을 많이 포함하고 있어 예로부터 보양식 소재로 널리 알려져 있고, 대부분이 어선어업에 의하여 생산되고 있는 자연산 어획물이어서 소비자들로부터 선호받는 어종 중의 하나이다(Choi et al., 1985). 이들 붕장어는 내수용의 경우 회, 구이 및 탕 등으로 아용되고 있고, 수출용의 경우 대부분이 구이용으로 조미 가공되어 일본으로 유통되고 있다(Oh et al., 1989). 한편, 연도별 붕장어의 국내 생산량은 최근 30년간(1990-2019년) 7,754-23,850 M/T 범위이었고, 1993년에 최대 생산량을, 2001년에 최소 생산량을 나타내었으나, 최근 10년간(2010-2019년) 10,968-16,365 M/T 범위로 이들 연도에 비하여 다소 낮았다(MOF, 2018). 따라서, 최근 붕장어의 어획량, 가격 등으로 미루어 붕장어의 완전 이용이 절실하다. 붕장어의 가공 중에는 머리와 중골 부위가 다량 발생하고 있다(Heu et al., 2008). 이들 부산물 중 중골에는 다량의 근육이 붙어있고, 머리에는 오메가-3 지방산, 칼슘 및 콜라겐 및 엑스분이 함유(Watanabe et al., 1985;Lee et al., 1997; Kim et

***Corresponding author:** Tel: +82. 55. 772.9146 Fax: +82. 55. 772. 9149
E-mail address: jinsukim@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.2020.0368
Korean J Fish Aquat Sci 53(3), 368-381, June 2020
Received 14 April 2020; **Revised** 12 May 2020; **Accepted** 16 June 2020
저자 직위: 김도엽(대리), 강상인(대학원생), 이창영(대학원생), 김혜진(대학원생), 이정석(연구교수), 허민수(교수), 김진수(교수)

al., 2000)되어 있어, 여러 가지 가공소재로써 유효 이용 가능하나, 대부분이 식용자원과 같이 효율적으로 이용되지 못하고, 사료로 이용되거나 폐기되고 있다(Kang et al., 2002).

김은 붉은색 계통의 색조를 나타내는 홍조식물로, 칼슘, 마그네슘, 요오드, 철 및 아연과 같은 무기질이 풍부할 뿐만이 아니라 단백질, 탄수화물, 비타민 등과 같은 영양성분과 식이섬유, chlorophyll, polyphenol 등도 풍부한 건강식품으로 널리 알려져 있다(Kang et al., 1987; Cornish and Garbary, 2010). 이와 같이 김은 영양성분 및 건강기능성분을 다량 함유하고 있어, 우리나라와 일본에서의 경우 예로부터 김을 밥과 함께 즐겨 식용하여 왔으나, 기타 제외국에서의 경우 거의 식용하지 않고 있다. 그러나 최근 미국과 캐나다 등 북미와 유럽, 중국뿐만 아니라 태국, 베트남 등 동남아시아에서도 김의 소비가 증가하고 있는데, 김을 영양 및 건강기능특성은 물론이고 스낵과 같은 특유의 짭조름함 등으로 즐겨먹고 있는 추세이다(Kim et al., 2019). 이로 인하여 우리나라에서는 김이 국내 시장뿐만이 아니라 수출시장도 주도하고 있어 2009년 1억 달러, 2015년 3억 달러 및 2017년 5억 달러로(Baek and Lee, 2016; Kim, 2019), 최근 농수산식품 분야의 1-2위를 차지하여 확실한 수출품목으로 자리매김하고 있다. 하지만, 국내에서 김 시장은 신제품 출시 미진, 과다경쟁과 시장 확장성 부족 등으로 고부가가치화하지 못하고 있다(Baek, 2014; Jun and Han, 2019). 이러한 일면에서 보양식 소재의 대표적인 수산물인 붕장어를 활용한 조미김 신제품의 개발이 국내시장뿐만이 아니라 수출시장에서도 절실하다.

한편, 조미김에 대한 연구는 소비 트랜드인 웰빙 및 차별화를 위하여 포장재 개발(Lim et al., 2017), 영양성분 분석(Seo and Jung, 2007), 기능성 개선(Kim et al., 2005), 양파(Jeon et al., 2015), 마늘(Jeon et al., 2008)을 활용한 향미 개선, 위해요소 분석(Kim and Yoon, 2013; Kang et al., 2015; Hwang et al., 2017), 저장 안정성 개선(Chung et al., 2003) 등과 같이 다양하게 시도된 바가 있다. 하지만, 붕장어를 활용한 조미김의 개발에 대한 연구는 전무하다.

본 연구는 붕장어 가공부산물의 효율적 이용과 동시에 소비자 니즈에 부응하는 조미김의 개발을 위한 일련의 연구로 붕장어 조미소스를 활용한 조미김의 개발 공정 최적화를 시도하였다.

재료 및 방법

재료

조미김의 주원료인 마른김(*Pyropia yezoensis*)은 2018년 12월부터 익년 3월에 채취한 물김으로 제조한 마른김(무게, 245-275 g/속 범위; 평균 260±15 g/속)을 2019년 4-9월에 전라남도 신안군 소재 B사로부터 구입하여 냉동고(CA-H11AZ, LG Electronics Inc., Seoul, Korea)에 보관하여 두고 사용하였다. 조미김의 향미 개선용 조미소스 개발을 위하여 사용한 붕장어(*Conger myriaster*, 전장 54.6±1.7 cm 및 체중 220.2±11.1 g) 부산물은 2019년 2-9월에 통영시 소재 오션푸드㈜(Tongyeong, Korea)에서 조미 붕장어의 가공 중 발생한 것을 구입하여 사용하였다. 붕장어 조미김 제조용 부원료들 중 장어소스(Purune Food Co. Ltd., Incheon Korea), 식염(Daesang Co. Ltd., Seoul, Korea), 전분(CJ Cheiljedang Co. Ltd., Seoul, Korea), 캡사이신 (Miraefood Co. Ltd., Gwangju, Korea) 및 옥배유(Daesang Co. Ltd., Seoul, Korea)는 2019년 4-9월에 온라인 쇼핑몰을 통하여 각각 구매하였고, 스테비아(Biomix Co. Ltd., Goyang, Korea)는 2019년 5-8월에 경상남도 통영시 소재 대형소비마트에서 구입하여 사용하였다.

붕장어 조미김의 관능적 종합기호도 비교 분석을 위한 대조구는 갑각류를 활용하여 제조한 시판 조미김(대게김)으로 하였고, 2019년 4-9월에 온라인 쇼핑몰에서 구입하여 사용하였다.

붕장어 부산물의 연화를 위한 레토르트 처리 공정 최적화

붕장어 부산물의 연화 공정 최적화는 붕장어 뼈의 연화와 동시에 여기에 함유되어 있는 지질 저감을 목적으로 실시하였다. 즉, 레토르트에 첨가되는 가공용수량[X_1, 131.8-468.2 (%, w/w)]과 레토르트의 온도(X_2, 106.6-123.4°C) 및 시간(X_3, 9.5-110.5분)을 독립변수로 설정하여 중심합성계획(central composite design) (Bezerra et al., 2008)에 따라 Table 1에서 제시한 바와 같이 5단계로 부호화하여 Table 4에서 제시한 붕장어 부산물 연화 공정 최적화용 시료 17구를 무작위적으로 제조한 다음 실험을 진행하였다. 이 때 위에서 언급한 3개의 독립변수 범위와 center point value들은 예비실험의 결과는 물론이고, 붕장어 뼈 연화 관련 문헌(Kim et al., 2006; Min et al., 2019)도 참고하여 선정하였다.

붕장어 조미소스의 배합 공정 최적화

붕장어 조미소스의 배합비 최적화는 고온가압 처리(106.6-123.4°C, 9.5-110.5분)하고 수세한 다음 체(60 mesh)치기한 여과물(이하 고온가압 처리물) (A), 맛 강화를 위한 혼합소스의 첨가량(B) 및 케이킹(caking) 현상 방지를 위한 전분 첨가량(C)을

Table 1. Symbol, experimental range and values of the independent variables in the central composite design for optimization processing for lipid reduction and softness of conger eel *Conger myriaster* by-product

Independent		Symbol	Range level				
			-1.682	-1	0	+1	+1.682
Added water amount (%, w/w)		X_1	131.8	200.0	300.0	400.0	468.2
Retort -operating	Temp. (°C)	X_2	106.6	110.0	115.0	120.0	123.4
	Time (min)	X_3	9.5	30.0	60.0	90.0	110.5

독립변수로 설정하여 예비실험 및 관능평가 결과를 통하여 제시한 배합비율의 중심값(center point)을 변환식[X_1, A/(B+C); X_2, B/C]에 의하여 암호화한 다음 중심합성회전계획(central composite rotatable design, CCRD) (Cho et al., 2015)에 따라 X_1 및 X_2를 5단계로 부호화(Table 2)하여 Table 6에서 언급한 붕장어 조미소스 배합용 시료 11구를 무작위적으로 제조한 후, 실험을 진행하였다.

붕장어 조미김의 구이 공정 최적화

붕장어 조미김(전장 한장 기준, 4 g)의 구이공정 최적화를 위하여 붕장어 조미소스 첨가량(X_1, 1.8-10.2%, w/w), 구이온도(X_2, 272.9-367.1℃) 및 시간(X_3, 2.6-9.0 s)을 독립변수로 설정하여 중심합성계획에 따라 Table 3에서 제시한 바와 같이 5단계로 부호화한 다음 Table 7에 나타내었다. 붕장어 조미김의 구이공정 최적화를 위한 시료 17구를 무작위적으로 제조한 다음 실험을 진행하였다. 이 때 위에서 언급한 3개의 독립변수 범위와 center point value들은 예비실험의 결과 및 참고문헌(Jeon et al., 2008; Jeon et al., 2015)을 토대로 선정하였다.

회귀분석 및 최적화

붕장어 조미소스 및 이를 활용한 조미김 제조를 위한 독립변수에 대한 종속변수는 붕장어 부산물 레토르트 공정 최적화의 경우 지질의 저감을 확인하기 위한 지질 저감율(Y_1), 연화를 확인하기 위한 조직감(Y_2) 및 관능 패널들의 종합기호도(Y_3)로, 붕장어 조미소스 배합 비율 최적화의 경우 맛 성분의 변화를 확인하기 위한 아미노 질소 함량(Y_1), 배합비율에 따른 색의 변화를 확인하기 위한 적색도(Y_2) 및 배합 조건 변화에 따른 건조시간(Y_3)으로, 붕장어 조미김의 구이 공정 최적화의 경우 구이 조건에 따른 바스락거림성을 확인하기 위한 수분활성도(Y_1), 구이 조건에 따른 탄 정도를 확인하기 위한 황색도(Y_2) 및 관능 패널들의 종합기호도(Y_3)로 설정하였고, 이들의 데이터는 붕장어 조미소스 제조 및 붕장어 조미김의 제조를 위한 회귀분석용 자료로 활용하였다. 한편, 붕장어 조미소스 및 이를 활용한 조미김의 개발에 대한 최적점의 예측 및 확인은 Kim et al. (2010)이 언급한 방법에 따라 MINITAB 통계프로그램(MINITAB Ver. 18, MINITAB, Pennsylvania, PA, USA)을 이용하였다. 즉, 중심합성계획(CCD) 및 중심합성회전계획(central composite rotatable design, CCRD) (Cho et al., 2015)에 따라 무작위적으로 제조한 시료구들의 실험 결과를 토대로 독립변수와 종속변수 상호 간의 관계에 따라 제시되는 반응표면 회귀계수 및 분산 분석 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 결과값에 대하여 최종적으로 결정계수(R^2)를 확인하여 최적 조건을 산출하였다. 또한, 이를 근거로 하여 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.

붕장어 조미소스의 제조

붕장어 조미소스는 고온가압 처리(106.6-123.4℃, 9.5-110.5분)하여 얻은 뼈 연화 붕장어 부산물[머리(11.0%, w/w), 뼈(6.8%, w/w) 및 내장(8.7%, w/w)]과 자체 제조한 혼합 소스를 가하고, 건조 및 분쇄하여 제조하였다. 즉, 뼈 연화 붕장어 부산물의 제조를 위한 전처리물은 조미 붕장어 제조 중 발생한 붕장어 부산물을 얼음물에 1시간 동안 냉수방혈, 3회 세척, 채반을 이용하여 30분간 탈수를 연속적으로 실시하였고, 이어서 탈수된 붕장어 부산물을 분쇄기(chopper, M-2S, Hankook Fujee Industries Co., Ltd, Goyang, Korea)로 2회 마쇄하여 제조하였다. 뼈 연화 붕장어 부산물은 전처리물 중량 기준으로 131.8-468.2% (w/w)의 가공용수를 첨가한 후 레토르트(주문제작)에서 고온가압 처리(106.6-123.4℃, 9.5-110.5분)하여 뼈를 연화시켰으며, 이어서 체(60 mesh)에 부어 분리된 액을 제거하고, 물로 수세 및 탈수처리하여 제조하였다.

Table 2. Symbol, experimental range and values of the independent variables in the central composite rotatable design for optimization of blending ratio of materials for conger *eel Conger myriaster* seasoning sauce

Symbol	Range level				
	-1.414	-1	0	+1	+1.414
X_1[1]	0.24	0.41	0.82	1.23	1.40
X_2[2]	0.69	1.00	1.75	2.50	2.81

[1]X_1, A/(B+C). [2]X_2, B/C. *A (Amount of pre-treated conger eel by-product), 45.0% (w/w); B (Amount of mixed sauce), 35.0% (w/w); C (Amount of starch), 20.0% (w/w).

Table 3. Symbol, experimental range and values of the independent variables in the central composite design for optimization of conger eel *Conger myriaster* seasoning sauce-added amount and roasting conditions (roasting temperature and time) for seasoned laver *Pyropia yezoensis* with conger eel seasoning sauce

Independent	Symbol	Range level				
		-1.682	-1	0	+1	+1.682
Adding amount of conger eel seasoning sauce (%, w/w)	X_1	0.6	2.0	4.0	6.0	7.4
Roasting temp. (°C)	X_2	272.9	292.0	320.0	348.0	367.1
Roasting time (s)	X_3	2.6	4.0	6.0	8.0	9.4

붕장어 조미소스는 앞에서 제조한 붕장어 부산물 19.4-58.3% (w/w)에 붕장어 조미소스의 풍미(매운맛, 단맛, 감칠맛 등)를 부여하기 위해 혼합소스 22.4-51.3% (w/w) [캡사이신(90.9 %, w/w), 장어소스(2.7 %, w/w) 및 스테비아(6.4 %, w/w)]를, 혼합소스 분말의 케이킹 현상 방지 및 건조효과를 상승시키기 위해 전분(11.6-28.4%, w/w)을 각각 첨가하고, 건조기(자체제작)로 건조한 다음, 믹서기(FM-700W, Hanil Electrics Co., Wonju, Korea)로 마쇄 및 체치기(20 mesh)하여 제조하였다.

붕장어 조미김의 제조

붕장어 조미김은 마른김을 1차 구이(220±3°C에서 7초)와 2차 구이(290±3°C에서 3초)하고, 옥배유(33%, w/w)를 도포한 다음 붕장어 조미소스 분말(0.6-7.4%, w/w)과 식염(2.0%, w/w)을 도포한 후 3차 구이(273-367°C, 3-9초)하여 제조하였다. 이 때 붕장어 조미김의 제조를 위한 3차 구이는 본 연구에서 사용한 김이 일반 김에 비하여 두껍기 때문에 조금 더 바삭하게 제조하기 위하여 실시하였다.

지질 저감율

지질 함량은 고온가압 처리 전 및 처리 후 붕장어 부산물을 시료로 하여 식품공전(MFDS, 2019)에서 언급된 Soxhlet법으로 측정하였다. 지질 저감화율은 고압가압 처리 전 붕장어 부산물의 지질 함량에 대하여 지질처리 전과 후 붕장어 부산물의 지질 함량 차의 상대비율(%)로 나타내었다.

조직감

붕장어 부산물의 조직감은 Seo et al. (2014)이 언급한 방법에 따라 레토르트 가열처리 전과 후의 붕장어 중골부분(깊이 0.4 cm, 길이 1.5 cm 및 너비 0.5 cm)을 시료로 하여 압착시험으로 경도를 측정하였다. 즉, 붕장어 뼈의 조직감은 직경 38.1 mm의 원통형 probe (TA-4)를 장착한 물성측정기(TA-CT3, Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 사용하되, texture profile analysis (TPA) test로, deformation을 80%, trigger load를 10 g 및 test speed를 0.5 mm/s로 하여 측정하였다. 모든 측정은 각 시료를 15회 반복 실시하였으며, 결과는 TexturePro CT (1.9) software를 사용하여 나타내었다.

관능평가

관능평가는 잘 훈련된 panel member 24인(20-30대, 남자 10인, 여자 14인)으로 구성하여 고온가압 붕장어 부산물의 경우 향이 아주 좋은 경우 9점으로, 아주 나쁜 경우 1점으로 하였고, 붕장어 조미김의 경우 대조구를 기준점인 5점으로 하고, 종합적 기호도(바스락거림성, 맛 및 색 등을 종합적으로 고려)가 이보다 우수한 경우 6-9점, 이보다 열악한 경우 1-4점으로 하는 9단계 평점법으로 평가하였다.

아미노 질소

아미노 질소는 KFN (2000)에서 언급한 방법에 따라 Formol 법으로 측정하였다. 즉, 붕장어 조미소스 2.5 g에 증류수를 가하여 25 mL로 정용하고, 교반하여 균질화시킨 다음 이를 0.1 N NaOH 용액을 사용하여 pH 8.4로 조정하였다. 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, 이를 토대로 아미노 질소 함량을 산출하였다.

색도

색도는 조미소스의 경우 측정용 round cell (지름 4×4 cm)에 담고, 붕장어 조미김의 경우 그대로 올려 직시색차계(ZE 2000, Nippon Denshoku Industries Co., Tokyo, Japan)로 측정하여, 그 결과를 붕장어 조미소스의 경우 적색도(a값)로, 붕장어 조미김의 경우 황색도(b값)으로 나타내었다. 이때, 색차계의 표준백판은 L값이 97.37±0.05, a값이 -0.37±0.02, b값이 0.33±0.02 및 △E값이 0.04±0.02이었다.

건조시간

건조시간은 냉풍건조기(자체제작)의 온도를 35°C로 설정하여 붕장어 조미소스의 수분함량이 6.5±0.2%까지 도달하는데 소요되는 시간으로 하였다. 이 때, 수분함량은 적외선 수분측정기(XM 66, Precisa, Dietikon, Switzerland)로 측정하였다.

수분활성

수분활성은 분쇄한 조미김을 용기에 담아 실내(25±2°C)에서 Thermoconstanter (Axair AG 8808, Novasina Co., Switzerland)로 측정하였다.

통계처리

본 실험 결과에 대한 데이터의 표준편차 및 유의차 검정(5% 유의수준)은 SPSS 통계패키지(SPSS for window, release 10.1)에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하여 나타내었다.

결과 및 고찰

붕장어 부산물의 연화를 위한 레토르트 처리 공정 최적화

붕장어 부산물의 레토르트 처리 조건(첨가수량, 레토르트 온도 및 시간) 최적화를 위하여 Table 1에서 제시한 중심합성계획에 따라 제시한 17구의 시료구를 무작위적으로 제조한 다음 이들의 종속변수(Y_1, 지질 저감율; Y_2, 조직감; Y_3, 종합기호도)를 측정한 결과는 Table 4와 같다. 이들 독립변수와 종속변수와의 관계는 Maple software를 사용하여 3차원 도식화하여 살펴보았다(그림 미제시). 붕장어 조미소스용 고온가압처리 붕장어 부산물의 처리공정 최적화를 위한 종속변수인 지질 저감율

(Y_1)과 비린내(Y_3)는 가공용수량(X_1), 레토르트 처리온도(X_2) 및 레토르트 처리시간(X_3)이 모두 -1.682에서 +1.682로 이동할수록 증가하는 경향을 나타내었으나, 조직감(Y_2)의 경우 가공용수의 양(X_1), 레토르트 처리온도(X_2) 및 레토르트 처리시간(X_3)이 모두 -1.682에서 +1.682로 이동할수록 감소하는 경향을 나타내었다.

붕장어 부산물에 함유되어 있는 지질의 제거와 뼈의 연화를 위한 종속변수의 결과치(Table 4)를 이용하여 RSREG (response surface analysis by least-squares regression)를 살펴볼 목적으로 MINITAB 통계 프로그램을 구동하였다. MINITAB 통계 프로그램의 RSREG로 분석한 데이터를 활용하여 살펴본 종수변수들에 대한 각 항들의 계수는 지질 저감율(Y_1)의 경우 모델값이 48.47, 일차항인 X_1이 10.35, X_2가 8.86, X_3가 9.98 이었고, 3종의 항이 모두 P<0.05이었으며, 조직감(Y_2)의 경우 모델값이 965.7, 일차항 중 X_2가 -107.9, X_3가 -168.5이었고, 2종의 항이 모두 P<0.05이었으며, 종합기호도(Y_3)의 경우 모델값이 6.44, 일차항인 X_1이 0.29, X_2가 0.38, X_3가 0.44, 이차항인 X_1^2이 -0.19, X_2^2이 -0.22, X_3^2이 -0.21로 6종의 항이 모두 P<0.05이었다. 따라서, 이들 항목들만이 붕장어 부산물에 함유되어 있는 지질의 제거와 뼈의 연화를 위하여 유의적으로 관련이 있는 항들이었다(데이터 미제시).

Table 4. Central composite design of independent variables and response of dependent variable for processing optimization of conger eel *Conger myriaster* by-product for removal of lipid and softness

Coefficients assessed by	Run no.	Uncoded values[1]			Dependent variables[2]		
		X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3
Fractional factorial design (8 points)	1	200.0	110.0	30.0	14.7	1211.4	4.8
	2	400.0	110.0	30.0	32.4	1155.1	5.4
	3	200.0	120.0	30.0	26.5	967.0	5.3
	4	400.0	120.0	30.0	52.9	916.2	5.8
	5	200.0	110.0	90.0	29.4	876.0	5.6
	6	400.0	110.0	90.0	51.5	831.0	6.0
	7	200.0	120.0	90.0	55.9	712.5	6.2
	8	400.0	120.0	90.0	76.5	646.1	7.0
Star points (6 points)	9	131.8	115.0	60.0	33.8	1077.2	5.5
	10	468.2	115.0	60.0	66.2	894.7	6.5
	11	300.0	106.6	60.0	38.2	1107.0	5.1
	12	300.0	123.4	60.0	60.3	725.6	6.7
	13	300.0	115.0	9.5	33.8	1376.0	5.2
	14	300.0	115.0	110.5	63.2	711.7	6.7
Central points (3 points)	15	300.0	115.0	60.0	47.1	956.8	6.5
	16	300.0	115.0	60.0	48.5	968.1	6.4
	17	300.0	115.0	60.0	48.5	959.0	6.4

[1]X_1 (Added water amount, %, w/w), X_2 (Temp., °C), X_3 (Time, min). [2]Y_1 (Lipid removal rate, %), Y_2 (Texture, g), Y_3 (Sensory score on the fish odor).

따라서, 유의성(P<0.05)을 고려하여 뼈 연화를 위한 레토르트 조건 최적화를 간결식으로 나타내면 Y_1=48.47+10.35X_1+8.86X_2+9.98X_3(R^2=0.873,Pvalue=0.001), Y_2=965.7-107.9X_2-168.5X_3(R^2=0.902,Pvalue=0.001), Y_3=6.44+0.29X_1+0.38X_2+0.44X_3-0.19X_1^2-0.22X_2^2-0.21X_3^2 (R^2=0.932, P value=0.000) 이었다.

붕장어 부산물에 함유되어 있는 지질을 제거하고, 뼈의 연화를 목적으로 실시하는 레토르트 조건 최적화용 간결 반응모형 방정식의 독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 ANOVA분석으로 살펴본 결과는 Table 5와 같다. 붕장어 부산물의 레토르트 조건 최적화를 위한 반응모형방정식은 지질 저감율(Y_1)과 조직감(Y_2)의 경우 일차항만이 유의성이 인정되었고(P<0.05), 종합기호도(Y_3)의 경우 일차항 및 이차항의 유의성이 모두 인정되었다(P<0.05).

위의 붕장어 부산물의 레토르트 최적화를 위한 종속변수의 반응모형방정식 모델 적합성 여부를 나타내는 적합성 결여 검증은 P value가 지질 저감율(Y_1) 및 조직감(Y_2)의 경우 각각 0.014 및 0.007로 0.05보다 낮아 설계모형이 완전하지는 않았으나, 결정계수(R^2)가 각각 0.873 및 0.902로서 1에 가까우며, model 값이 모두 0.05보다 낮아 붕장어 부산물에 함유되어 있는 지질을 제거하고, 뼈의 연화를 위한 설계 모형으로 적합한 것으로 나타났다(Zhou and Regenstein, 2004). 한편, 종합기호도(Y_3)의 적합성 결여 검증은 0.079로 0.05보다 높으며 결정계수 역시 0.932로 1에 가까워 설계모형이 적합한 것으로 나타났다.

한편, 고온가압 붕장어 부산물의 생산을 위한 레토르트 처리 조건은 많은 첨가수량, 높은 가열온도 및 긴 가열시간으로 제조할 경우 붕장어 부산물에 함유되어 있는 지질제거율, 뼈의 연화 및 비린내 저감 효율이 높으나, 과도한 경우 맛성분과 영양분 손실, 단가 상승 등의 문제가 야기될 수 있다. 이러한 일면을 고려할 때 최적의 고온가압처리 붕장어 부산물의 생산을 위한 레토르트 처리 조건은 적정량의 지질을 제거하면서 조직감을 유지하고, 이취와 비린내가 생기지 않을 정도의 적정 조건이어야 하며 적정 단가를 고려한 범위가 되어야 한다. 따라서, 붕장어 조미소스용 붕장어 부산물을 전처리하기 위한 레토르트 처리 조건의 구명을 위한 종속변수[지질 저감율(Y_1), 조직감(Y_2) 및 종합기호도(Y_3)] 범위는 지질 저감율(Y_1)의 경우 예비실험 결과 적정 지질 저감율 및 케이킹(caking) 현상을 고려하여 11.8-79.4% 범위로, 조직감(Y_2)의 경우 예비실험 및 붕장어 뼈 연화 관련 문헌(Kim et al., 2006; Min et al., 2019) 등의 결과를 참고하여 538.0-1396.0 g 범위로, 종합기호도(Y_1)의 경우 관능평점의 범위인 1-9점으로 설정하였다.

또한 이들의 범위 중 관능평가 결과 우수하다고 판단된 제품 및 참고문헌(Seo et al., 2014; Min et al., 2019)의 결과를 토대로 목표값을 설정하였고, 이 때 설정한 목표값은 예비실험 및

문헌 결과를 통하여 조직감(Y_2)의 경우 950.0 g, 지질 저감율(Y_1) 및 종합기호도(Y_3)의 경우 각각 최대값인 79.4% 및 9점으로 하였다.

붕장어 조미소스용 고온가압처리 붕장어 부산물의 생산을 위한 레토르트 처리 조건에 대한 종속변수[지질 저감율(Y_1), 조직감(Y_2) 및 종합기호도(Y_3)]의 각각과 이들을 동시에 만족시킬 수 있는 독립변수의 최적조건을 예측할 목적으로 앞에서 언급한 조건으로 설정하고, MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 독립변수의 최적조건 예측치는 Table 6과 같다. 붕장어 조미소스용 고온가압처리 붕장어 부산물의 생산을 위한 레토르트 처리 조건[가공용수량(X_1), 레토르트 온도(X_2) 및 레토르트 시간(X_3)]에 대한 목표값을 고려한 최적 실제값(uncoded value)은 지질 저감율(Y_1)의 경우 각각 468.2% (w/w), 123.4℃ 및 110.5분이었고, 조직감(Y_2)의 경우 각각 300.0% (w/w), 115.0℃ 및 62.7분이었으며, 종합기호도(Y_3)의 경우 각각 393.0% (w/w), 121.1℃ 및 100.2분이었다.

위에서 언급한 고온가압처리 붕장어 부산물을 생산하기 위한 레토르트 처리조건의 독립변수를 동시에 충족하는 첨가수량, 레토르트 온도 및 시간의 최적 실제값은 각각 431.0% (w/w), 115.6℃ 및 50.1분이었다. 이들 고온가압처리 붕장어 부산물을 생산하기 위한 레토르트 처리조건의 독립변수를 동시에 충족하는 첨가수량, 레토르트 온도 및 시간의 최적조건에서 제조된 붕장어 부산물의 지질 저감율은 58.3% (w/w), 조직감은 948.2 g, 종합기호도는 6.4점으로 예측되었고, 이들 최적조건을 적용하여 고온가압처리한 붕장어 부산물의 실제 측정값은 지질 저감율의 경우 58.5±1.6% (w/w), 조직감의 경우 953.3±8.8 g 및 종합기호도의 경우 6.8±0.6점이었으며(Table 6), 이들 실제 측정값은 예측값과의 5% 유의수준에서 차이가 없었다.

이상의 결과로 미루어 보아 제시된 붕장어 부산물 생산용 레토르트 처리 조건(첨가수량, 온도 및 시간)의 반응표면 모델은 최적 모델이라 판단되었다.

Table 5. Analysis of variance (ANOVA) for response of dependent variables for processing optimization of conger eel *Conger myriaster* by-product for removal of lipid and softness

Independent	Sources	DF	SS	MS	*F*-value	P-value
Y_1[1]	Model	9	3972.78	441.42	13.20	0.001
	Linear	3	3892.45	1297.48	38.81	0.000
	Square	3	27.52	9.17	0.27	0.842
	Cross-product	3	52.81	17.60	0.53	0.678
	Residual	7	234.00	33.43		
	Lack of fit	5	232.69	46.54	71.23	0.014
	Pure error	2	1.31	0.65		
	Total	16	4206.78			
Y_2	Model	9	586884.0	65209.0	17.49	0.001
	Linear	3	566913.0	188971.0	50.68	0.000
	Square	3	17662.0	5887.0	1.58	0.278
	Cross-product	3	2309.0	770.0	0.21	0.889
	Residual	7	26099.0	3728.0		
	Lack of fit	5	26028.0	5206.0	145.04	0.007
	Pure error	2	72.0	36.0		
	Total	16	612984.0			
Y_3	Model	9	6.776	0.753	25.53	0.000
	Linear	3	5.790	1.930	65.43	0.000
	Square	3	0.912	0.304	10.31	0.006
	Cross-product	3	0.074	0.025	0.83	0.517
	Residual	7	0.206	0.030		
	Lack of fit	5	0.200	0.040	11.99	0.079
	Pure error	2	0.007	0.003		
	Total	16	6.982			

[1] Y_1 (Lipid removal rate, %), Y_2 (Texture, g), Y_3 (Sensory score on the fish odor).

붕장어 조미김용 붕장어 조미소스의 배합조건 최적화

붕장어 조미소스의 배합비율(고온가압 붕장어 부산물, 혼합소스 및 전분) 최적화를 위하여 Table 2에서 제시한 중심합성회전계획에 따라 X_1 및 X_2를 5단계로 부호화하여 무작위로 제조한 11구 시료구의 종속변수[아미노 질소 함량(Y_1), 적색도(Y_2) 및 건조 시간(Y_3)]를 측정한 결과는 Table 7과 같다. 이들 독립변수와 종속변수와의 관계는 Maple software를 사용하여 3차원 도식화하여 살펴보았다(그림 미제시). 붕장어 조미소스의 최적화를 위한 종속변수인 아미노 질소 함량(Y_1)은 X_1의 경우 -1.414에서 +1.414로 이동할수록 감소하는 경향을 나타내었지만 그 영향이 미미하였고, X_2의 경우 -1.414에서 +1.414로 이동할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 아미노 질소 함량(Y_1)의 경우 A (고온가압 붕장어 부산물) 및 B (혼합소스)의 비율이 높을수록 증가하는 것으로, C (전분)의 비율이 높을수록 감소하는 것으로 판단되었다. 적색도(Y_2)는 X_1의 경우 -1.414에서 +1.414로 이동할수록 감소하는 경향을 나타내었고, X_2의 경우 -1.414에서 +1.414로 이동할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 적색도(Y_2)의 경우 B의 비율이 높을수록 증가하는 것으로, A 및 C의 비율이 높을수록 낮아지는 것으로 판단되었다. 건조시간(Y_3)은 X_1 및 X_2 모두 -1.414에서 +1.414까지 증가하는 경향을 나타내었지만 X_2의 경우 그 영향이 미미하였다. 이는 건조시간의 경우 A의 비율이 높을수록 길어지는 것으로 판단되었다.

붕장어 조미소스의 배합조건[고온가압 붕장어 부산물(A), 혼

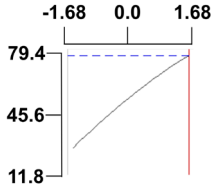
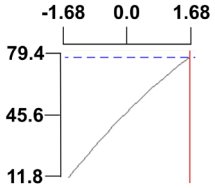
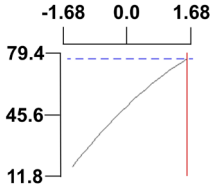
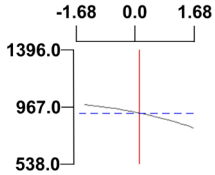
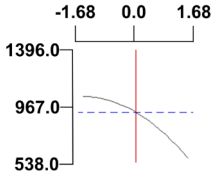
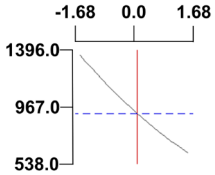
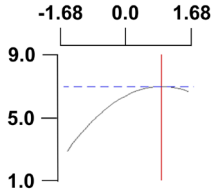
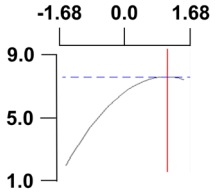
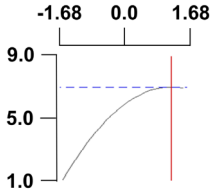
합소스(B) 및 전분(C)] 최적화를 위한 종속변수인 아미노 질소 함량(Y_1), 적색도(Y_2) 및 건조시간(Y_3)의 결과치(Table 7)를 이용하여 RSREG로 살펴볼 목적으로 MINITAB 통계 프로그램을 구동하였다. 붕장어 조미소스 배합조건의 종속변수들에 대한 각 항들의 계수는 아미노 질소 함량(Y_1)의 경우 모델값이 77.800, 일차항인 X_1이 1.729, X_2가 6.361으로 3종의 항이 모두 P<0.05이었고, 적색도(Y_2)의 경우 모델값이 15.300, 일차항인 X_1이 -2.708, X_2가 2.991, 이차항인 X_2^2이 -0.912, 교차항인 X_1X_2가 -0.750으로 4종의 항이 모두 P<0.05이었으며, 건조시간(Y_3)의 경우 모델값이 236.67, 일차항인 X_1이 56.30, X_2가 13.32으로 2종의 항이 모두 P<0.05이었다. 따라서, 이들 항목들만이 붕장어 조미소스 제조용 배합비 선정을 위하여 유의적으로 관련이 있었다(데이터 미제시).

따라서, 아미노 질소 함량(Y_1), 적색도(Y_2) 및 건조시간(Y_3)의 반응모형방정식 중 항의 유의성(P<0.05)을 고려하여 붕장어 조미소스의 배합을 위한 최적 간결식으로 나타내면 Y_1=77.800+1.729X_1+6.361X_2 (R^2=0.934, P value=0.001), Y_2=15.300-2.708X_1+2.991X_2-0.912X_2^2-0.750X_1X_2 (R^2=0.978, P value=0.000), Y_3=236.67+56.30X_1+13.32X_2 (R^2=0.982, P value=0.000)이었다.

붕장어 조미소스의 배합조건[고온가압 붕장어 부산물(A), 혼합소스(B) 및 전분(C)] 최적화를 위한 간결 반응모형방정식의 독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 ANOVA분석으로 살펴본 결과는 Table 8과 같다. 붕장어 조미소스의 배합조건 최적화를 위한 반응모형방정식은 아미노 질소 함량(Y_1)과 건조시간(Y_3)의 경우 일차항만이 유의성이 인정되었으나(P<0.05), 적색도(Y_2)의 경우 일차항, 이차항 및 교차항의 유의성이 모두 인정되었다(P<0.05).

붕장어 조미소스의 배합조건 최적화를 위한 종속변수의 반응모형방정식 모델 적합성 여부를 나타내는 적합 결여 검증은 아미노 질소 함량, 적색도 및 건조시간의 P value가 각각 0.392, 0.058 및 0.390으로 모두 0.05보다 높고, 결정계수가 각각 0.394, 0.978 및 0.982로 1에 가까우며, model값이 각각 0.001, 0.000 및 0.000으로 0.05보다 낮아 설계된 모형이 모두 적합한

Table 6. Optimum processing conditions predicted for preparation of conger eel *Conger myriaster* by-product obtained by MINITAB program, and predicted and actual value of product prepared under the optimum processing conditions

Dependent variables	Value	X_1 (Added water amount, %, w/w)		X_2 (Retort temp., °C)		X_3 (Retort time, min)	
Y_1 (Lipid removal rate, %)	Target	Max		Max		Max	
	Coded	1.68		1.68		1.68	
	Uncoded	468.2		123.4		110.5	
Y_2 (Texture, g)	Target	950.0		950.0		950.0	
	Coded	0.00		0.00		0.09	
	Uncoded	300.0		115.0		62.7	
Y_3 (Sensory score on the fish odor)	Target	Max		Max		Max	
	Coded	0.93		1.21		1.34	
	Uncoded	393.0		121.1		100.2	
Multiple response optimization	Coded	1.31		0.12		-0.33	
	Uncoded	431.0		115.6		50.1	
		Y_1		Y_2		Y_3	
Data[1]	Predicted	58.3[a]		948.2[a]		6.4[a]	
	Measured	58.5±1.6[a]		953.3±8.8[a]		6.8±0.6[a]	

[1]Predicted and experimental lipid removal, texture and sensory evaluation on the fish odor of conger eel by-product under the optimal conditions in a retort.

것으로 나타났다(Zhou and Regenstein, 2004).

한편, 붕장어 조미소스의 배합조건은 과도한 고온가압 붕장어 부산물을 첨가할 경우 붕장어 조미소스의 풍미 및 영양특성이 상승하지만 장어 비린내, 케이킹 현상 및 건조시간 상승 등의 문제로 인하여 생산의 어려움과 소비자의 구매 기피가 우려되어, 과도한 혼합소스를 첨가할 경우 매운맛, 감칠맛의 증가 및 건조시간 단축 등의 효과가 기대되지만 제조단가 상승 및 영양특성의 감소 등이 우려되어, 전분을 다량 첨가할 경우 케이킹 현상 억제, 건조시간 단축 및 단가 저하의 효과가 기대되지만 붕장어 조미소스 풍미 저하 등이 우려되어 소비자가 구매를 기피할 우려가 있어 적정 첨가량을 고려한 범위가 설정되어야 한다.

이러한 일면을 고려할 때 붕장어 조미소스의 최적 배합조건을 범위로 설정하여, 소비자들이 만족할 수 있게 제조되어야 한다. 따라서, 소비자 기호도를 고려한 붕장어 조미소스용 붕장어 부산물, 혼합소스 및 전분에 대한 종속변수[아미노 질소 함량(Y_1), 적색도(Y_2) 및 건조시간(Y_3)] 범위는 예비실험 결과값을 고려하여 아미노 질소 함량의 경우 62.4-90.2 mg/100 g으로, 적색도의 경우 5.2-25.4 범위로, 건조시간의 경우 160-320분 범위로 설정하였으며, 이들의 목표값은 기호성이 뛰어난 제품을 참고하여 아미노 질소 함량의 경우 80.0 mg/100 g, 적색도의 경우 15.0 및 건조시간의 경우 240분으로 설정하였다. 이러한 일면에서 붕장어 조미소스의 배합조건에 대한 종속변수 각각과 이들이 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적조건을 예측할 목적으로 앞에서 언급한 조건을 설정한 다음 MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 독립변수의 최적 조건 예측치는 Table 9와 같다. 붕장어 조미소스의 목표값을 고려한 독립변수(X_1 및 X_2)의 실제값은 아미노 질소 함량(Y_1)의 경우 각각 0.28 및 2.7, 이를 토대로 환산한 붕장어 부산물(A), 혼합소스(B) 및 전분(C) 값이 각각 21.9% (w/w), 57.0% (w/w) 및 21.1% (w/w)이었고, 적색도(Y_2)의 경우 각각 0.82 및 1.68, 이를 토대로 환산한 붕장어 부산물(A), 혼합소스(B) 및 전분(C) 값이 각각 45.1% (w/w), 34.4% (w/w) 및 20.5% (w/w)이었으며, 건조시간(Y_3) 의 경우 각각 0.82 및 1.94, 이를 토대로 환산한 붕장어 부산물(A), 혼합소스(B) 및 전분(C) 값이 각각 45.1% (w/w), 36.3% (w/w) 및

Table 7. Central composite rotatable design of independent variables and response of dependent variable for optimization of material-blending operation for preparation of conger eel *Conger myriaster* seasoning sauce

Coefficients assessed by	Run no.	Uncoded value[1]		Blending ratio[2] (%, w/w)			Dependent variable[3]		
		X_1	X_2	A	B	C	Y_1	Y_2	Y_3
Fractional factorial design (4 points)	1	0.41	1.00	29.1	35.5	35.5	68.1	14.3	170
	2	1.23	1.00	55.2	22.4	22.4	69.8	10.2	280
	3	0.41	2.50	29.1	50.7	20.3	81.4	21.4	190
	4	1.23	2.50	55.2	32.0	12.8	82.5	14.3	300
Star points (4 points)	5	0.24	1.75	19.4	51.3	29.3	72.1	19.2	160
	6	1.40	1.75	58.3	26.5	15.2	79.9	11.8	320
	7	0.82	0.69	45.1	22.4	32.5	66.6	8.6	220
	8	0.82	2.81	45.1	40.5	14.4	84.2	17.6	260
Central points (3 points)	9	0.82	1.75	45.1	35.0	20.0	78.0	15.2	240
	10	0.82	1.75	45.1	35.0	20.0	79.0	15.2	240
	11	0.82	1.75	45.1	35.0	20.0	76.4	15.5	240

[1] X_1, A/(B+C); X_2, B/C. [2] A (Amount of pre-treated conger eel by-product), B (Amount of mixed sauce), C (Amount of starch). [3] Y_1 (Amino-N, mg/100 g), Y_2 (Hunter redness), Y_3 (Drying time, min).

Table 8. Analysis of variance (ANOVA) for response of dependent variables for blending optimization for preparation of conger eel *Conger myriaster* seasoning sauce

Independent	Sources	DF	SS	MS	*F*-value	P-value
Y_1[1]	Model	5	358.889	71.778	29.45	0.001
	Linear	2	347.638	173.819	71.31	0.000
	Quadratic	2	11.161	5.581	2.29	0.026
	Cross-product	1	0.090	0.090	0.04	0.000
	Residual	5	12.187	2.437		
	Lack of fit	3	8.747	2.916	1.70	0.392
	Pure error	2	3.440	1.720		
	Total	10	371.076			
Y_2	Model	5	139.103	27.8206	90.07	0.000
	Linear	2	130.241	65.1203	210.84	0.000
	Quadratic	2	6.612	3.3061	10.70	0.016
	Cross-product	1	2.250	2.2500	7.28	0.043
	Residual	5	0.3089	0.3089		
	Lack of fit	3	0.4948	0.4948	16.49	0.058
	Pure error	2	0.0300	0.0300		
	Total	10				
Y_3	Model	5	26835.0	5367.0	112.89	0.000
	Linear	2	26779.0	13389.5	281.64	0.000
	Quadratic	2	31.1	15.5	0.33	0.736
	Cross-product	1	25.0	25.0	0.53	0.501
	Residual	5	237.7	47.5		
	Lack of fit	3	171.0	57.0	1.71	0.390
	Pure error	2	66.7	33.3		
	Total	10	27072.7			

[1] Y_1 (Amino-N, mg/100 g), Y_2 (Hunter redness value), Y_3 (Time spent for drying up to constant moisture content, min).

18.7% (w/w)이었다.

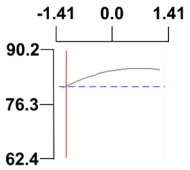
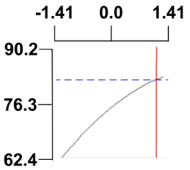
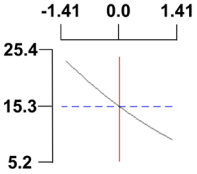
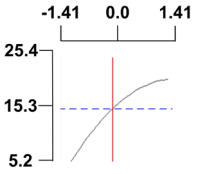
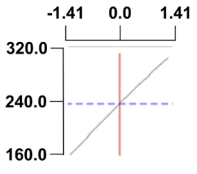
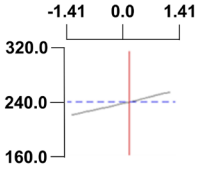
위에서 언급한 붕장어 조미소스의 배합조건에 따른 독립변수(X_1 및 X_2)를 동시에 충족하는 X_1 및 X_2의 실제값은 각각 0.81 및 1.87이었으며, 이를 토대로 환산한 붕장어 부산물(A), 혼합소스(B) 및 전분(C) 값은 각각 44.8% (w/w), 36.0% (w/w) 및 19.2% (w/w)이었다. 이들 구명한 붕장어 조미소스의 배합조건에 따른 독립변수(X_1 및 X_2)를 동시에 충족하는 최적조건에서 제조된 붕장어 조미소스의 아미노 질소 함량은 78.7 mg/100 g이었고, 적색도는 15.4이었으며, 건조시간은 240분으로 예측되었다. 이들 최적조건[고온가압 붕장어 부산물 44.8% (w/w), 혼합소스 36.0% (w/w) 및 전분 19.2% (w/w)] 하에서 제조한 붕장어 조미소스의 아미노 질소 함량, 적색도 및 건조시간의 실제 측정값은 각각 78.3±0.5 mg/100 g, 15.3±1.2 및 240.0±0.0 min이었고, 이를 예측값과 비교한 경우 5% 유의수준에서 차이가 없었다.

이상의 결과로 미루어 보아 제시된 반응표면 모델은 붕장어 조미소스 배합조건(고온가압 붕장어 부산물, 혼합소스 및 전분)의 최적 모델이라 판단되었다.

붕장어 조미김의 구이 공정 최적화

붕장어 조미김의 구이조건(붕장어 조미소스 첨가량, 구이온도 및 시간) 최적화를 위하여 Table 3에서 제시한 중심합성계획(central composite design)에 따라 무작위적으로 제조한 17구의 시료구의 종속변수[수분활성도(Y_1), 황색도(Y_2), 종합기호도(Y_3)]를 측정한 결과는 Table 10과 같다. 이들 독립변수와 종속변수와의 관계를 살펴볼 목적으로 Maple software를 사용하여 3차원 도식화하여 살펴보았다. 붕장어 조미김의 공정(붕장어 조미소스 첨가량, 구이온도 및 시간) 최적화를 위한 종속변수는 -1.682에서 붕장어 조미소스 첨가량(X_1), 구이온도(X_2) 및 구이시간(X_3)이 +1.682까지 이동할수록 수분활성도(Y_1)의 경우 모두 감소하는 경향을, 황색도(Y_2)의 경우 모두 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나, 붕장어 조미김의 공정 (붕장어 조

Table 9. Optimal conditions predicted for preparation of conger eel *Conger myriaster* seasoning sauce obtained by MINITAB program, and predicted and actual value of product prepared under the optimum processing conditions

Dependent variables	Value	X_1 [A/(B+C)]		X_2 (B/C)	
Y_1 (amino-N, mg/100 g)	Target	80.0		80.0	
	Coded	-1.32		1.23	
	Uncoded	0.28		2.70	
Y_2 (Hunter redness value)	Target	15.0		15.0	
	Coded	0.0		-0.10	
	Uncoded	0.82		1.68	
Y_3 (drying time, min)	Target	240.0		240.0	
	Coded	0.0		0.25	
	Uncoded	0.82		1.94	
Multiple response optimization	Coded	-0.03		0.16	
	Uncoded	0.81		1.87	
	Actual	A (%, w/w)[1]	B (%, w/w)	C (%, w/w)	
		44.8	36.0	19.2	
Data[2]		Y_1 (mg/100 g)	Y_2	Y_3 (min)	
	Predicted	78.7[a]	15.4[a]	240[a]	
	Measured	78.3±0.5[a]	15.3±1.2[a]	240.0±0.0[a]	

[1]A (Amount of pre-treated conger eel by-product), B (Amount of mixed sauce), C (Amount of starch). [2]Predicted and experimental Amino-N, Hunter redness value and drying time of conger eel seasoning sauce under the optimal conditions.

미소스 첨가량, 구이온도 및 시간) 최적화를 위한 또 다른 종속변수인 종합기호도(Y_3)는 붕장어 조미소스 첨가량(X_1)의 경우 -1.682에서 +0.70까지 이동할수록 증가하였으나, 그 이후는 변화가 미미하였고, 구이온도(X_2)의 경우 -0.29까지, 구이시간(X_3)의 경우 -0.25까지 이동할수록 증가하다 감소하는 경향을 나타내었다(그림 미제시).

붕장어 조미김 공정 최적화를 위한 종속변수인 수분활성도(Y_1), 황색도(Y_2) 및 종합기호도(Y_3)의 결과치(Table 10)를 이용하여 RSREG를 살펴볼 목적으로 MINITAB 통계 프로그램을 구동하였다. MINITAB 통계 프로그램의 RSREG로 분석한 데이터를 활용하여 살펴본 종수변수들에 대한 각 항들의 계수는 수분활성도(Y_1)의 경우 모델값이 0.456, 일차항인 X_1이 -0.014, X_2가 -0.034, X_3가 -0.040으로 3종의 항이 모두 P<0.05이었고, 황색도(Y_2)의 경우 모델값이 3.146, 일차항인 X_1이 0.129, X_2가 0.700, X_3가 0.453, 이차항인 X_2^2이 0.264, X_3^2이 0.169, 교차항인 X_2X_3이 0.201로 6종의 항이 모두 P<0.05이었으며, 종합기호도(Y_3)의 경우 모델값이 7.690, 일차항인 X_1이 0.931, X_2가 -1.146, X_3가 -0.913, 이차항인 X_2^2이 -1.692, X_3^2이 -1.545와 같은 5종의 항이 모두 유의성이 인정되었다(P<0.05).

Table 10. Central composite design of independent variables and response of dependent variable for processing optimization of seasoned laver *Pyropia yezoensis* with conger eel *Conger myriaster* seasoning sauce

Coefficients assessed by	Run no.	Uncoded values[1]			Dependent variables[2]		
		X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3
Fractional factorial design (8 points)	1	2.0	292.0	4.0	0.56	2.57	3.5
	2	6.0	292.0	4.0	0.55	2.73	4.5
	3	2.0	348.0	4.0	0.51	3.76	2.6
	4	6.0	348.0	4.0	0.49	3.94	4.7
	5	2.0	292.0	8.0	0.50	3.08	4.0
	6	6.0	292.0	8.0	0.48	3.34	5.4
	7	2.0	348.0	8.0	0.41	5.10	1.0
	8	6.0	348.0	8.0	0.38	5.33	1.5
Star points (6 points)	9	0.6	320.0	6.0	0.50	3.10	3.9
	10	7.4	320.0	6.0	0.43	3.65	8.5
	11	4.0	272.9	6.0	0.52	2.89	5.8
	12	4.0	367.1	6.0	0.42	4.76	1.0
	13	4.0	320.0	2.6	0.53	2.86	6.5
	14	4.0	320.0	9.4	0.41	4.25	1.1
Central points (3 points)	15	4.0	320.0	6.0	0.46	3.15	7.4
	16	4.0	320.0	6.0	0.46	3.15	7.5
	17	4.0	320.0	6.0	0.45	3.16	8.0

[1]X_1 (Conger eel seasoning sauce-added amount, %, w/w), X_2 (Roasted temp., °C), X_3 (Roasted time, min). [2]Y_1 (Water activity), Y_2 (Hunter yellowness value), Y_3 (Overall acceptance, score).

따라서, 수분활성도(Y_1), 황색도(Y_2) 및 종합기호도(Y_3)의 반응모형방정식 중 항의 유의성(P<0.05)을 고려한 붕장어 조미김 공정 최적화용 간결식은 Y_1=0.456-0.014X_1-0.034X_2-0.040X_3 (R^2=0.916, P value=0.0001), Y_2=3.146+0.129X_1+0.700X_2+0.453X_3+0.264X_2^2+0.169X_3^2+0.201X_2X_3 (R^2=0.944, P value=0.000), Y_3=7.690+0.931X_1-1.146X_2-0.913X_3-1.692X_2^2-1.545X_3^2 (R^2=779, P value=0.008)이었다.

붕장어 조미김의 제조를 위한 붕장어 조미소스 첨가량과 구이 조건(구이온도 및 시간)의 최적화용 간결 반응모형방정식의 독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 ANOVA분석으로 살펴본

Table 11. Analysis of variance (ANOVA) for response of dependent variables for processing optimization of seasoned laver *Pyropia yezoensis* with conger eel *Conger myriaster* seasoning sauce

Independent	Sources	DF	SS	MS	*F*-value	P-value
Y_1[1]	Model	9	0.04259	0.00473	20.45	0.000
	Linear	3	0.04041	0.01346	58.20	0.000
	Square	3	0.00128	0.00043	1.85	0.227
	Cross-product	3	0.00090	0.00030	1.30	0.349
	Residual	7	0.00162	0.00023		
	Lack of fit	5	0.00155	0.00031	9.32	0.100
	Pure error	2	0.00007	0.00003		
	Total	16	0.04421			
Y_2	Model	9	10.9294	1.21438	31.15	0.000
	Linear	3	9.7141	3.23805	83.07	0.000
	Square	3	0.8885	0.29615	7.60	0.013
	Cross-product	3	0.3268	0.10895	2.79	0.119
	Residual	7	0.2729	0.03898		
	Lack of fit	5	0.2728	0.05456	1636.84	0.001
	Pure error	2	0.0001	0.00003		
	Total	16	11.2023			
Y_3	Model	9	91.923	10.2137	6.95	0.009
	Linear	3	41.136	13.7121	9.34	0.008
	Square	3	45.767	15.2555	10.39	0.006
	Cross-product	3	5.020	1.6734	1.14	0.397
	Residual	7	10.281	1.4688		
	Lack of fit	5	10.075	2.0149	19.50	0.049
	Pure error	2	0.207	0.1033		
	Total	16	102.204			

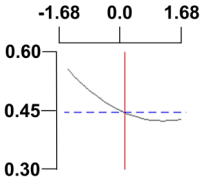
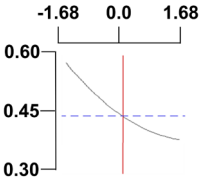
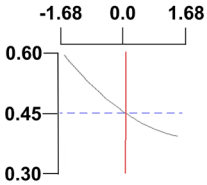
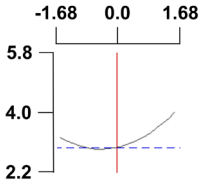
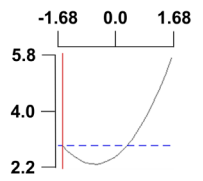
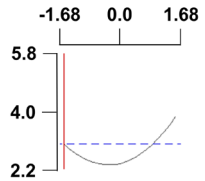
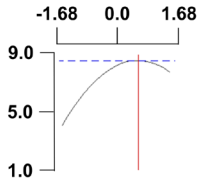
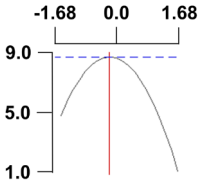
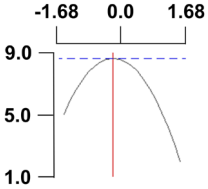
[1]Y_1 (Water activity), Y_2 (Hunter yellowness value), Y_3 (Overall acceptance, score).

결과는 Table 11과 같다. 붕장어 조미김의 구이조건 최적화를 위한 반응모형방정식의 유의성은 수분활성도(Y_1)의 경우 일차항만이, 황색도(Y_2)와 종합기호도(Y_3)의 경우 일차항, 이차항이 인정되었다($P<0.05$).

붕장어 조미김의 구이조건 최적화를 위한 수분활성도(Y_1), 황색도(Y_2) 및 종합기호도(Y_3)에 대한 반응모형방정식 모델의 적합성 여부를 나타내는 적합성 결여 검증은 P value가 수분활성도의 경우 0.100으로 0.05보다 높고, 결정계수(R^2)가 0.916으로 1에 가까우며, model 값이 0.000으로 0.05보다 낮아 설계된 모형이 적합한 것으로 나타났고, 황색도 및 종합기호도의 경우 각각 0.001 및 0.049로 모두 0.05보다 낮으나 결정계수가 각각 0.944 및 0.770으로 1에 가까우며, 모델값이 각각 0.000 및 0.009로 모두 0.05보다 낮아 설계된 모형이 적합한 것으로 나타났다(Zhou and Regenstein, 2004).

한편, 붕장어 조미김의 구이조건은 과도한 붕장어 조미소스를 첨가할 경우 풍미 및 영양특성이 상승하지만 단가 상승으로 인한 제조경비 과다 및 김의 맛이 저하되는 현상으로 인하여 적정 첨가량을 고려한 범위가 설정되어야 하며, 높은 구이온도와 긴 구이시간으로 제조할 경우 영양소 손실 및 김이 탈 수가 있고, 낮은 구이온도와 짧은 구이시간으로 제조할 경우 해조취가 많이 인지되고, 바스락거림성이 떨어질 수가 있어 소비자가 구매를 기피할 우려가 있다. 이러한 일면을 고려할 때 붕장어 조미김의 최적 구이온도 및 구이시간을 적정 범위로 설정하여 소비자들이 만족할 수 있게 제조되어야 한다. 따라서, 소비자 기호도를 고려한 붕장어 조미김의 제조를 위한 붕장어 조미소스 첨가량 및 구이조건의 종속변수[수분활성도(Y_1), 황색도(Y_2) 및 종합기호도(Y_3)] 적용 범위는 예비실험 결과값을 고려하여 결정하였다. 즉, 수분활성도 및 황색도의 경우 각각 0.3-0.6 범위 및 2.2-5.8 범위로 설정하였고, 이들의 목표값은 예비실험 결과 기호성이 뛰어난 제품을 참고하여 각각 0.45 및 3.0으로 설정하였

Table 12. Optimum processing conditions predicted for seasoned laver *Pyropia yezoensis* with conger eel *Conger myriaster* seasoning sauce obtained by MINITAB program, and predicted and actual value of seasoned laver prepared under the optimum processing conditions

Dependent variables	Value	X_1 (Conger eel seasoning-added amount, %, w/w)		X_2 (Temp., °C)		X_3 (Time, min)	
Y_1 (Water activity)	Target	0.45		0.45		0.45	
	Coded	0.00		0.00		0.15	
	Uncoded	4.0		320.0		6.3	
Y_2 (Hunter yellowness value)	Target	3.0		3.0		3.0	
	Coded	0.00		-1.68		-1.68	
	Uncoded	4.0		272.9		9.4	
Y_3 (Overall acceptance, score)	Target	Max		Max		Max	
	Coded	0.70		-0.29		-0.25	
	Uncoded	5.4		311.9		5.5	
Multiple response optimization	Coded	0.49		-0.22		0.00	
	Uncoded	5.0		313.8		6.0	
		Y_1		Y_2		Y_3	
Data[1]	Predicted	0.46[a]		3.1[a]		8.1[a]	
	Measured	0.44±0.06[a]		3.1±0.3[a]		8.5±0.4[a]	

[1]Predicted and experimental water activity, Hunter yellow value and overall acceptance of seasoned laver with conger eel seasoning sauce under the optimal conditions.

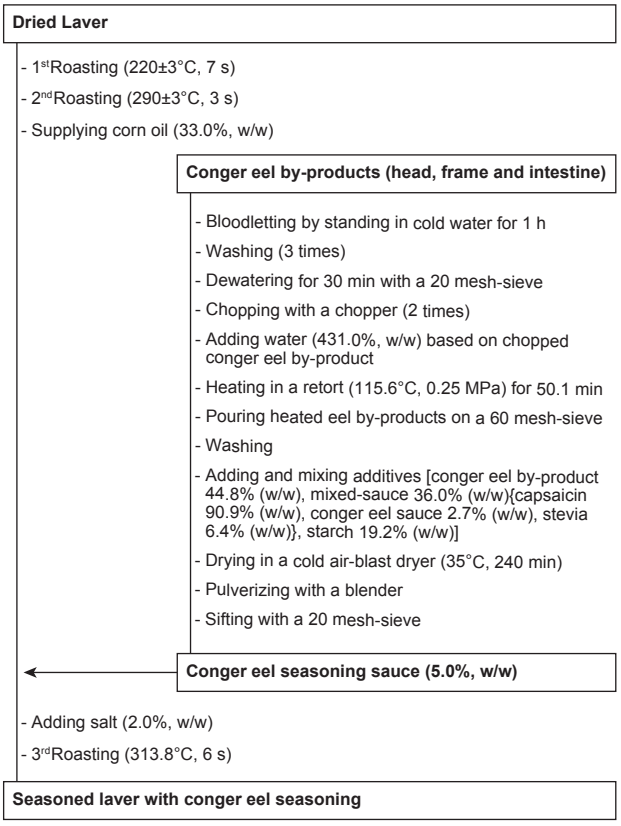


Fig. 1. Optimum procedure for processing seasoned laver *Pyropia yezoensis* with conger eel *Conger myriaster* seasoning sauce.

으며, 종합기호도의 경우 아주 우수한 경우 6-9점, 보통 5점, 아주 열악한 경우 1-4점으로 평가하였고, 범위와 목표값은 각각 1-9점, 최대값(9점)으로 설정하였다.

이러한 일면에서 붕장어 조미김의 구이조건에 대한 종속변수 각각과 이들이 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적조건을 예측할 목적으로 앞에서 언급한 조건으로 설정한 다음 MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 독립변수의 최적조건 예측치는 Table 12와 같다. 붕장어 조미김의 제조용 붕장어 조미소스 첨가량(X_1) 및 구이조건[구이온도(X_2) 및 구이시간(X_3)]의 목표값을 고려한 최적값은 수분활성도(Y_1)의 경우 부호값이 각각 0.00, 0.00 및 0.15이었고, 이의 실제값이 각각 4.0% (w/w), 320.0°C 및 6.3초이었으며, 황색도(Y_2)의 경우 부호값이 각각 0.00, -1.68 및 -1.68이었고, 이의 실제값이 각각 4.0% (w/w), 272.9°C 및 9.4초이었으며, 종합기호도(Y_3)의 경우 부호값이 각각 0.70, -0.29 및 -0.25이었고, 이의 실제값이 경우 각각 5.4% (w/w), 311.9°C 및 5.5초이었다. 위에서 언급한 붕장어 조미김용 붕장어 조미소스 첨가량 및 구이조건을 동시에 충족하는 붕장어 조미소스 첨가량, 구이온도 및 구이시간의 부호값은 각각 0.49, -0.22 및 0.00이었고, 이의 실제값은 각각 5.0% (w/w), 313.8°C 및 6.0초이었다. 이들 조건에서 제조된 붕장어 조미김의 수분활성도는 0.46이었고, 황색도는 3.1이었으며, 종합기호도는 8.1점으로 예측되었다. 이들 최적조건을 적용하여 제조한 붕장어 조미김의 수분활성도, 황색도 및 종합기호도의 실제 측정값은 각각 0.44±0.06, 3.1±0.3 및 8.5±0.4점이었으며, 이들 실제 측정값은 예측값과의 5% 유의수준에서 차이가 없었다.

이상의 결과로 미루어 보아 제시된 반응표면 모델은 붕장어 조미김의 붕장어 조미소스 첨가량 및 구이조건(구이온도 및 구이시간)의 최적 모델이라 판단되었다.

붕장어 조미김의 최적 제조공정 표준화

이상에서 검토한' 붕장어 조미김의 최적 가공조건(붕장어 부산물 연화, 이를 활용한 붕장어 조미소스의 배합, 소스의 첨가량 및 최종 구이조건)을 도식화하면 Fig. 1과 같다. 붕장어 조미소스용 붕장어 부산물의 핏물 제거를 위하여 얼음물에 1시간동안 냉수방혈하고 3회 세척한 뒤, 채반을 이용하여 30분간 탈수하였다. 이어서 탈수된 붕장어 부산물을 분쇄기로 2회 마쇄한 다음 붕장어 부산물과 함께 431.0% (w/w)의 가공용수를 첨가한 후 레토르트로 고온가압 처리(115.6°C, 50.1분)하였다. 이어서 레토르트 처리한 붕장어 부산물 중 분리된 액을 체(60 mesh)에 부어 제거하고, 여기에서 물로 수세하고 남은 붕장어 고형물을 얻었다. 이 때 고온고압 붕장어 부산물 44.8% (w/w)에 붕장어 조미소스의 풍미(매운맛, 단맛, 감칠맛 등)를 부여하기 위해 혼합소스 36.0% (w/w) [캡사이신(90.9 %, w/w), 장어소스(2.7 %, w/w) 및 스테비아(6.4 %, w/w)]를, 혼합소스 분말의 케이킹 현상 방지 및 건조효과를 상승시키기 위해 전분 19.2% (w/w)를 각각 첨가하고, 건조기(자체제작)로 건조(35°C, 240분)한 다음, 믹서기로 마쇄 및 체치기(20 mesh)하여 붕장어 조미소스 분말을 제조하였다. 위에서 제조한 붕장어 조미소스 분말을 활용한 붕장어 조미김은 마른김을 1차 구이(220±3°C에서 7초)와 2차 구이(290±3°C에서 3초)하고, 옥배유(33%, w/w)를 도포한 다음 붕장어 조미소스 분말(5.0%, w/w)과 식염(2.0%, w/w)을 도포한 후 3차 구이(313.8°C, 6초)하여 제조하였다.

사 사

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

References

Baek EY. 2014. A study on change of laver consumption in Japan. TJOKI 26, 147-164.

Baek EY and Lee WG. 2016. A survey on consumers' purchasing pattern for laver. J Korean Island 28, 139-158.

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.
Choi JH, Rhim CH, Bae TJ, Byun DS and Yoon TH. 1985. Comparison of lipid components among wild and cultured eel *Anguilla japonica*, and conger eel *Astroconger myriaster*. Bull Korean Fish Soc 18, 439-446.
Cho SM, Kim JY, Yoon MS, Yang HJ, Um MY, Park JD, Park EJ, Yoo HI, Baek JM and Jo JH. 2015. Monitoring and optimization of the effects of the blending ratio of corn, sesame, and perilla oils on the oxidation and sensory quality of seasoned *laver Pyropia* spp. Korean Fish Aquat Sci 18, 27-33. https://doi.org/10.5657/fas.2015.0027.
Chung HK, Choi CS, Lee JH, Jang MJ and Kang MH. 2003. Oxidative stability of the pine needle extracted oils and sensory evaluation of savored laver made by extracted oils. J Kor Soc Food Culture 18, 89-95.
Cornish ML and Garbary DJ. 2010. Antioxidants from macroalgae: potential application in human health and nutrition. Algae 25, 155-171. https://doi.org/10.4490/algae.2010.25.4.155.
Heu MS, Lee TS, Kim HS, Jee SJ, Lee JH, Kim HJ, Yoon MS, Park SH and Kim JS. 2008. Food component characteristics of *tang* from conger eel by-product. J Korean Soc Food Sci Nutr 37, 477-484. https://doi.org/10.3746/jkfn.2008.37.4.477.
Hwang YI, Kim JG and Kwon SC. 2017. A study on physical risk and chemical risk analaysis of seasoned laver. JKAIS 18, 620-626.
Jeon YS, Park SJ, Choi MK and Kang MH. 2008. Oxidation stability of lavers made with garlic-salt and their characteristics during storage. J Korean Soc Food Sci Nurt 37, 83-89. https://doi.org/10.3746/jkfn.2008.37.1.83.
Jeon YS, Kang MH and Choi MK. 2015. Manufacture and storage characteristics of onion seasoned laver. J East Asian Soc Diet Life 25, 146-152. https://doi.org/10.17495/easdl.2015.2.25.1.146.
Jun EC and Han SO. 2019. The challenges of the export industry and the institutional improvement plan of laver as a semiconductor in the food industry. Kor Assoc Inter Comm Inform 21, 301-319.
Kang MJ, Lee HT and Kim JY. 2015. Hazard analysis, determination of critical control points, and establishment of critical limits for seasoned laver. Culi Sci Hos Res 21, 1-10. https://doi.org/10.20878/cshr.2015.21.2.001.
Kang ST, Kong CS, Cha YJ, Kim JT and Oh KS. 2002. Processing of enzymatic hydrolysates from conger eel scrap. Korean J Fish Aquat Sci 35, 259-264. https://doi.org/10.5657/kfas.2002.35.3.259.
KFN (The Korean Society of Food Science and Nutrition). 2000. Handbook of experiments in food science and nutrition. Food Hyoil, Seoul, Korea, 194-200.
Kim AJ, Yuh CS, Woo KJ, Kang YL, Lim YH, Kim MW and Kim MH. 2005. A study on the sensory evaluation and nutritional analysis of functional laver added with sericulture powder. Korean J Food Culture 20, 416-420.
Kim DY, Kang SI, Jeong UC, Lee JS, Heu MS and Kim JS. 2019. Processing optimization of seasoned laver *Pyropia yezoensis* with concentrates of octopus *Octopus vulgaris* cooking effluent using response surface methodology. Korean J Fish Aquat Sci 52, 311-320. https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0311.
Kim HJ, Yoon MS, Park KH, Shin JH, Heu MS and Kim JS. 2010. Processing optimization of gelatin from rockfish skin based on yield. Korean J Fish Aqua Sci 13, 1-11. https://doi.org/10.5657/fas.2010.13.1.001.
Kim HS, Kang KT, Han BW, Kim EJ, Heu MS and Kim JS. 2006. Preparation and characteristics of snack using conger eel frame. J Korean Soc Food Sci Nutr 35, 1467-1474. https://doi.org/10.3746/jkfn.2006.35.10.1467.
Kim JH. 2019. A causality analysis of raw laver's price by regional production area. JFMSE 31, 1607-1616. https://doi.org/10.13000/JFMSE.
Kim JS, Yang SK and Heu MS. 2000. Component characteristics of cooking tuna bone as a food resource. J Korean Fish Soc 33, 38-42.
Kim KY and Yoon SY. 2013. A study on microbiological risk assessment for the HACCP system construction of seasoned laver. J Environ Health Sci 39, 268-278. https://doi.org/10.5668/jehs.2013.39.3.268.
Lee CK, Choi JS, Jeon YJ, Byun HG and Kim SK. 1997. The properties of natural hydroxyapatite isolated form tuna bone. J Korean Fish Soc 30, 652-659.
Lee KH, Song SH and Jeong IH. 1987. Quality changes of dried lavers during processing and storage 1. Quality evaluation of different grades of dried lavers and its changes during storage. Bull Korean Fish Soc 20, 408-418.
Lim MJ, Kim DW and Seo JC. 2017. Preparation and characterization of PET/PVA-BA/OPP multi-layer films for seasoned-laver packaging. Korean J Packag Sci Tec 23, 9-15. https://doi.org/10.20909/kopast.2017.23.1.9.
MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2019. Korean food code. chapter 8. General analytical method. Retrieved from http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_02.jsp?idx=263 on Apr 22.
Min JG, Jung WY, Lee HH and Lee WK. 2019. A new method for bone softening and texture enhancement of conger eel *Conger myriaster* kabayaki. J Food Nutr Res 7, 255-260. https://doi.org/10.12691/jfnr-7-4-1.
MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2018. Statistic database for fisheries production. Retrieved from https://www.fips.go.kr/p/S020304/ on Oct 10, 2019.
Oh KS, Moon SK and Lee EH. 1989. Comparison of lipid components and amino acid composition of sea eel by size. Korean J Food Sci Technol 21, 192-196.
Seo HY and Jung BM. 2007. Comparative study of food

components and sensory properties of common *Porphyra yezoensis*and functional *Porphyra yezoensis*. J Korean Soc Food Sci Nutr 36, 1314-1319. https://doi.org/10.3746/jkfn.2007.36.10.1314.

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 Food Sci Nutr 43, 287-292. https://doi.org/10.3746/jkfn.2014.43.2.287.

Watanabe H, Takewa M, Takai R and Sakai Y. 1985. Cooking rate of fish bone. Bull Japan Soc Sci Fish 51, 2047-2050.

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.