

반응표면분석법을 활용한 피조개(*Scapharca broughtonii*) 조미가공품용 조미 소스의 공정 최적화

강상인^{1,2} · 손숙경¹ · 최관수⁴ · 김강호⁴ · 김윤식⁴ · 이정석² · 허민수^{2,3} · 김진수^{1,2*}

¹경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소, ²경상대학교 수산식품산업화 기술지원센터, ³경상대학교 식품영양학과, ⁴어업회사법인 여수 새고막(주)

Optimization of the Processing of Seasoning Sauce for Seasoned Broughton's Ribbed Ark *Scapharca broughtonii* Products Using Response Surface Methodology

Sang In Kang^{1,2}, Sohn Suk Kyung¹, Kwan Su Choi⁴, Kang-Ho Kim⁴, Youn Sik Kim⁴, Jung Suck Lee², Min Soo Heu^{2,3} and Jin-Soo Kim^{2,3*}

¹Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

²Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

³Department of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁴Yeosu Saegomak Inc., Yeosu 59603, Korea

This study was conducted to optimize the processing conditions of seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* products (S-BRA-P) using response surface methodology (RSM). The concentrated oyster extract content (X_1 , w/w), amino-based seasoning powder content (X_2 , w/w), and enzyme-treated *stevia* content (X_3 , w/w) were selected as independent variables, and amino nitrogen (Y_1) and overall acceptance in a sensory evaluation (Y_2) were selected as dependent variables. The optimal conditions of X_1 , X_2 , and X_3 were 97.5%, 20.0%, and 0.9%, respectively, and the predicted values of the multiple response optimal conditions were Y_1 (1,030 mg/100 g) and Y_2 (8.3). Under the optimum conditions, the experimental values of Y_1 and Y_2 were $1,034 \pm 6.0$ mg/100 g and 8.5 ± 0.4 , respectively, which was no significant difference from the predicted values ($P < 0.05$). In conclusion, the optimized models of X_1 , X_2 , and X_3 for the preparation of soy sauce-based sauce were suitably fitted. The optimum amount of seasoning sauce was 13% for the preparation of S-BRA-P. The S-BRA-P, which was prepared by adding the seasoning sauce and the other subsidiary material [finely chopped spring onion (3.8%) and *cheongyang* hot pepper (4.6%)], had a superior taste, color, and odor.

Keywords: *Scapharca broughtonii*, Broughton's ribbed ark, Seasoned seafood products, Seasoning sauce, RSM

서 론

피조개(*Scapharca broughtonii*)는 혈액에 헤모글로빈을 가지고 있어 근육이 적자색을 띠어 붙여진 명칭으로, 조류가 적당하고, 수심이 3-50 m인 연안의 펄 바닥에 서식하며, 산란기는 6-10월이나, 최성기는 7-8월이다. 피조개는 우리나라 삼면의 연안 어디에도 서식하고 있으나, 특히 경남의 진해만, 통영

과 고성만의 자란만, 남해 강진만, 전남 여자만, 득량만과 같은 남해안과 충남 천수만 등의 서해안에서 많이 생산되고 있다(Lee et al., 1986; Park, 2002; Kang et al., 2018). 즉, 피조개는 우리나라 남해안에서 굴과 함께 다량 생산되고 있고, 경제적으로도 이들 지역에서 가치가 높은 중요한 수산자원 중의 하나이다. 피조개의 국내 생산량은 최근 양식 기술의 발달과 함께 2013년 2,604톤에서 2014년 3,031톤, 2015년 3,218톤, 2016

*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 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.2020.0334>

Korean J Fish Aquat Sci 53(3), 334-341, June 2020

Received 6 March 2020; Revised 15 April 2020; Accepted 2 May 2020

저자 직위: 강상인(대학원생), 손숙경(학부생), 최관수(대표이사), 김강호(부대표), 김윤식(부장), 이정석(연구교수), 허민수(교수), 김진수(교수)

년 3,637톤, 2017년 4,524톤으로 꾸준히 증가하고 있으나, 판매액은 2013년 20,892백만원에서 2017년 9,885백만원으로 감소하고 있어 해를 거듭할수록 저부가가치화 되고 있다(MOF, 2018). 이러한 피조개의 저부가가치화는 예전의 경우 피조개를 탈각하여 대부분이 고가로 일본에 수출되었으나, 최근의 경우 일본 수출길이 막혔을 뿐만이 아니라 국내에서도 회, 초밥, 샐러드 등과 같이 단순 가공에 의하여 아주 한정적인 범위에서 소비되고 있기 때문이다. 따라서, 피조개의 고부가가치화 방안 중의 하나는 피조개를 활용한 새로운 고차 가공품, 즉 소비자 니즈에 부합하는 가정간편식(home meal replacement, HMR) 등과 같은 고부가가치 제품의 개발이라 할 수 있다(Kang et al., 2018).

또한, 최근 가정간편식 제품은 국내외를 가리지 않고 가장 선호되고 있는 소비 트렌드 중에 하나이어서 그 시장이 확대되고 있다. 그러나, 수산물을 활용한 가정간편식 제품의 개발은 많지 않고, 특히 피조개를 활용한 가정간편식 제품이 출시된 바가 없다.

한편, 피조개에 관한 연구는 추출물의 항산화 활성과 Acetylcholinesterase 저해활성(Kim et al., 2014), 중금속 함량(Kim et al., 2003), 맛성분 조성에 관한 비교(Park, 2002), 지질 조성(Ueda, 1974; Hayashi and Yamada, 1975; Yoon et al., 1986; Mun, 1992), HACCP 시스템 구축 연구(Kang et al., 2018) 등이 있으나, 이들 연구는 원료 피조개의 위생, 영양 및 건강 기능 특성에 관한 연구이고, 실제 소비자 니즈에 부합하는 소스의 개발과 이를 활용한 조미가공품의 개발에 관한 연구는 찾아보기 어렵다.

본 연구는 피조개를 활용하여 최근 소비 트렌드를 반영한 1인 또는 2인 이상 가구의 수요 형태에 부합하는 가정간편식의 개발을 위한 일련의 연구로서 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 통한 피조개 조미가공품용 조미 소스의 공정 최적화와 이를 활용한 피조개 조미가공품의 제조에 대하여 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

피조개 조미가공품의 개발 주원료인 양식산 피조개는 2017년 12월-2018년 1월에 전라남도 여수시 인근의 여자만 해역에서 수확하여, 전라남도 여수시에 위치한 (주)여수새고막(Yeosu, Korea)으로 옮겨와 자숙 및 탈각하고, 냉동품으로 제조한 것(무게, 5.2-8.6 g 범위; 평균, 6.9 ± 1.7 g)을 2018년 2-6월에 분양받아 사용하였다.

피조개 조미가공품용 조미 소스의 제조를 위한 부재료는 유사제품의 성분표 및 전문가 자문 등을 통하여 주베이스로서 진간장을, 단맛과 단가개선을 위하여 효소처리 스테비아를, 감칠맛 강화와 점성 부여를 위하여 아미노베이스와 굴 농축액을, 매운맛과 색 개선을 위하여 고춧가루, 실파 및 청양고추를 선정

하였다.

이들 조미 소스의 부재료 중 굴 농축액은 2018년 2-3월에 경상남도 거제시 소재 대일수산(Daeil Fisheries Co., Ltd., Geoje, Korea)에서, 진간장(Sempio Co., Ltd., Icheon, Korea)은 2018년 2-4월에 경상남도 통영시 소재 대형마트에서, 효소처리 스테비아와 아미노베이스(Sempio Co., Ltd., Icheon, Korea)는 2018년 2-4월에 온라인 쇼핑몰에서, 피조개 조미가공품의 제조를 위한 부재료 중 고춧가루, 실파 및 청양고추는 2018년 2-4월에 경상남도 통영시 소재 대형마트에서 각각 구입하여 사용하였다. 본 연구에서 개발한 시제 조미 소스 및 피조개 조미가공품의 관능적 종합기호도 비교 분석을 위한 대조구 시료는 시판되는 유사제품이 없는 관계로 2018년 2-5월에 경상남도 통영시 소재 대형마트에서 구입한 시판 비빔간장 소스(Taekyung Food Co., Ltd., Jecheon, Korea)를 구입하여 사용하였다. 이들의 비교 및 검토 대상은 시제 조미 소스의 경우 시판 소스로 하였고, 시제 피조개 조미가공품의 경우 시판 소스로 조미하여 제조한 피조개 조미가공품으로 선정하였다(이하, 대조구라 칭함).

반응표면분석법 중심합성계획

피조개 조미가공품용 조미 소스의 최적 제조공정을 확립할 목적으로 주원료와 부재료 중 맛에 영향을 미치는 인자인 굴 농축액(X_1), 아미노베이스(X_2) 및 효소처리 스테비아(X_3) 첨가량을 독립변수로 설정하여 반응표면분석법으로 최적화하고자 하였다. 진간장 100 g에 대한 각각 독립변수의 첨가량은 중심합성계획(central composite design)에 따라 Table 1에 제시한 바와 같이 범위를 설정하였고, 5단계로 부호화하여 각각 17구의 시료를 무작위적으로 제조한 다음, 이를 시료로 하여 실험을 진행하였다. 이때 위에서 언급한 3개의 독립변수 범위와 center point value들은 예비실험의 결과를 토대로 선정하였다.

회귀분석 및 최적화

조미 소스의 제조를 위한 독립변수에 대한 종속변수는 첨가물의 농도에 따른 맛 성분의 변화를 확인하기 위하여 아미노질소 함량과 관능 패널들의 종합적 기호도로 하였고, 이들의 데

Table 1. Symbol, experimental range and values of the independent variables in the central composite design for processing optimization of seasoning sauce for seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* product

| Independent (% w/w) | Symbol | Range level | | | | |
|------------------------------|--------|-------------|-----|-----|-----|--------|
| | | -1.682 | -1 | 0 | +1 | +1.682 |
| Concentrated oyster extract | X_1 | 15.9 | 50 | 100 | 150 | 184.1 |
| Amino-based seasoning powder | X_2 | 3.2 | 10 | 20 | 30 | 36.8 |
| Enzyme-treated stevia | X_3 | 0.16 | 0.5 | 1 | 1.5 | 1.84 |

이터는 회귀분석을 위한 자료로 활용하였다. 한편, 피조개 조미가공품용 조미 소스의 개발을 위한 원료 첨가량에 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, 무작위적으로 제조한 17개 시료구의 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(R²)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.

그래프 도식화

독립변수와 종속변수 간의 관계를 나타내는 그래프는 위의 회귀분석 결과에서 도출된 회귀방정식 결과인 상수, 1차항, 2차항 및 교차항의 값을 각각 MAPLE software (MAPLE Ver. 12, Maple Soft, Waterloo, 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_0 는 상수, β_i , β_{ii} , β_{ij} 는 회귀계수, X_i , X_j 는 독립변수이다. 피조개 조미가공품용 조미 소스의 제조조건 최적화는 MINITAB 통계프로그램의 Response optimizer를 통해 이루어졌으며, 통계적으로 추정된 최적 조건에 따라 실제 실험을 통해 측정된 종속변수와 비교를 통해 추정된 종속변수의 값을 검증하였다(Bezerra et al., 2008).

피조개 조미가공품용 조미 소스의 제조

피조개 조미가공품용 조미 소스는 주 베이스로 선정된 진간장 100%를 기준으로 하여 감칠맛 강화와 점성 부여를 위하여 굴 자숙 농축액과 아미노베이스를 각각 15.9-184.1% (w/w) 범위 및 3.2-36.8% (w/w) 범위로, 단맛과 단가 개선을 위하여 효소처리 스테비아를 0.16-1.84% (w/w) 범위로 첨가하고, 용해와 살균을 목적으로 가열(120±5°C, 1분)하였고, 이어서 냉각(실온) 후 기호도 증진을 위하여 다진 마늘을 16.6% (w/w)로 첨가하여 제조하였다.

그리고, 피조개 조미가공품은 자숙 피조개 육에 대하여 앞의 공정으로 제조한 조미 소스를 4-16% (w/w) (3% 간격) 범위, 실

파를 3.8% (w/w) 및 청양고추를 4.6% (w/w) 첨가하고, 버무리 제조하였다.

아미노질소

아미노질소는 KFN (2000)에서 언급한 Formol법을 일부 수정하여 측정하였다. 즉, 조미 소스 2.5 mL에 증류수를 가하여 25 mL로 정용하고, 교반하여 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, 이를 토대로 아미노질소 함량을 산출하였다.

$$\text{아미노질소(mg/100 g)} = 2.8 \times [V_t - (V_h + V_c)] \times f$$

V_t , 제 3기까지의 0.2 N NaOH 용액의 총량(mL)

V_h , 가한 0.2 N HCl 용액에 상당하는 0.2 N NaOH 용액의 양(mL)

V_c , 대조액에 가한 0.2 N NaOH 용액의 총량(mL)

f, 0.2 N NaOH 용액의 역가

염도

염도는 식품공전(MFDS, 2018)의 회화법으로 측정하였다. 즉, 식염 약 1 g을 함유하는 양의 검체를 회화한 다음 이를 물에 녹이고, 물로 정용(500 mL) 및 여과한 여액 10 mL에 크롬산칼륨(K₂CrO₄) 용액 2-3방울을 가한 후 0.02 N 질산은(AgNO₃)으로 적정하였고, 이를 토대로 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

적색도

적색도는 검체를 측정용 원형셀(지름 4×4 cm)에 올린 다음 직시색차계(ZE 2000, Nippon Denshoku Industries Co., Tokyo, Japan)로 측정하여, 그 결과를 적색도(a값)로 나타내었다. 이때, 표준백판은 L값이 91.5±0.05, a값이 0.27±0.01 및 b값이 2.67±0.02이었다.

관능평가

관능평가는 종합적 기호도로 평가하였다. 종합적 기호도 평가는 잘 훈련된 panel member 24인(20-30대, 남자 10인, 여자 14인)으로 구성하여 조미 소스와 이를 활용한 피조개 조미가공품의 개발을 위한 최적 배합비 구명 실험에 적용하였다. 즉, 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 통계패키지(SPSS for window, release 10.1)에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하여 나타내었다.

결과 및 고찰

피조개 조미가공품의 제조를 위한 조미 소스 배합조건 최적화 피조개 조미가공품용 조미 소스의 최적 배합조건(굴 자숙 농축액, 아미노베이스 및 효소처리 스테비아의 첨가량) 최적화를 위하여 Table 1에서 제시한 중심합성계획(central composite design) (Bezerra et al., 2008)에 따라 굴 자숙 농축액량(X_1 , 15.9-184.1%, w/w), 아미노베이스량(X_2 , 3.2-36.8%, w/w) 및

Table 2. Central composite design of independent variables and responses of dependent variables for processing optimization of seasoning sauce for seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* product

| Coefficients assessed by | Run No. | Independent variables | | | Dependent variables ² | |
|--|---------|-----------------------|-------|-------|----------------------------------|-------|
| | | X_1 | X_2 | X_3 | Y_1 | Y_2 |
| Fractional factorial design (4 points) | 1 | 50 | 10 | 0.5 | 964 | 3.4 |
| | 2 | 150 | 10 | 0.5 | 998 | 3.7 |
| | 3 | 50 | 30 | 0.5 | 1,012 | 5.1 |
| | 4 | 150 | 30 | 0.5 | 1,249 | 5.6 |
| | 5 | 50 | 10 | 1.5 | 969 | 3.2 |
| | 6 | 150 | 10 | 1.5 | 993 | 3.4 |
| | 7 | 50 | 30 | 1.5 | 1,062 | 4.5 |
| | 8 | 150 | 30 | 1.5 | 1,196 | 2.6 |
| Star points (4 points) | 9 | 15.9 | 20 | 1 | 997 | 3.3 |
| | 10 | 184.1 | 20 | 1 | 1,152 | 2.4 |
| | 11 | 100 | 3.2 | 1 | 878 | 4.2 |
| | 12 | 100 | 36.8 | 1 | 1,284 | 6.3 |
| Central points (3 points) | 13 | 100 | 20 | 0.16 | 1,019 | 5.9 |
| | 14 | 100 | 20 | 1.84 | 1,027 | 2.6 |
| | 15 | 100 | 20 | 1 | 1,035 | 8.2 |
| | 16 | 100 | 20 | 1 | 1,030 | 8.4 |
| | 17 | 100 | 20 | 1 | 1,032 | 8.2 |

¹ X_1 (Concentrated oyster extract, %, w/w), X_2 (Amino-based seasoning powder, %, w/w), X_3 (Enzyme-treated *stevia*, %, w/w). ² Y_1 (Amino-N, mg/100 g), Y_2 (Overall acceptance, score).

효소처리 스테비아량(X_3 , 0.16-1.84%, w/w)을 5단계로 부호화하여 각각 17구의 시료를 무작위적으로 제조한 다음 이들의 종속변수(Y_1 , 아미노질소 함량; Y_2 , 종합적 기호도)를 측정된 결과는 Table 2와 같다.

독립변수와 종속변수와의 상관관계를 살펴볼 목적으로 MINITAB 통계프로그램을 이용하여 response surface analysis by least-squares regression (RSREG)을 실시한 다음 종속변수에 대한 3종의 독립변수 상호 간의 상관관계를 Maple software를 사용하여 각각 3차원으로 도식화하였다. 조미 소스의 아미노질소 함량(Y_1)에 대한 독립변수 중 굴 자숙 농축액 첨가량(X_1)은 -1.682에서 +1.682까지 서서히 증가하는 경향을 나타내었고, 아미노베이스 첨가량(X_2)은 -1.682에서 +1.682까지 급격히 증가하는 경향을 나타내어, 두 독립변수 모두가 영향을 미치는 것으로 판단되었으나, 효소처리 스테비아 첨가량(X_3)은 -1.682에서 +1.682까지 거의 변화가 없었다. 조미 소스의 종합적 기호도(Y_2)에 대한 독립변수 중 굴 자숙 농축액 첨가량(X_1)은 -1.682에서 -0.017까지 급격히 증가하였다가 이후부터 +1.682까지 급격히 감소하였고, 아미노베이스 첨가량(X_2)은 -1.682에서 0.221까지 서서히 증가하였다가 이후부터 +1.682까지 서서히 감소하였으며, 효소처리 스테비아 첨가량(X_3)은 -1.682에서 -0.187까지 서서히 증가하였다가 이후부터 급격하게 +1.682까지 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 1).

굴 자숙 농축액과 아미노베이스 및 효소처리 스테비아의 첨가량을 달리하여 제조한 조미 소스의 아미노질소 함량(Y_1) 및 종합적 기호도(Y_2)의 결과치(Table 2)를 이용하여 MINITAB 통계프로그램을 구동하였고, RSREG로 살펴본 조미 소스의 아

Table 3. Estimated coefficients of the fitted quadratic polynomial equation for different response for processing optimization of seasoning sauce for seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* product based on *t*-statistic

| Parameters | Y_1^2 | | Y_2 | |
|------------|-------------|---------|-------------|---------|
| | Coefficient | P-value | Coefficient | P-value |
| Intercept | 1,032.7 | 0.000 | 68.3 | 0.000 |
| X_1^1 | 50.5 | 0.001 | -1.0 | 0.411 |
| X_2 | 93.6 | 0.000 | 5.5 | 0.002 |
| X_3 | 0.8 | 0.938 | -5.9 | 0.001 |
| X_1X_1 | 13.6 | 0.231 | -21.2 | 0.000 |
| X_2X_2 | 15.9 | 0.169 | -14.0 | 0.000 |
| X_3X_3 | -4.6 | 0.673 | -16.8 | 0.000 |
| X_1X_2 | 39.1 | 0.016 | -1.5 | 0.353 |
| X_1X_3 | -14.1 | 0.290 | -2.5 | 0.136 |
| X_2X_3 | -0.4 | 0.977 | -3.4 | 0.054 |

¹ X_1 (Concentrated oyster extract, %, w/w), X_2 (Amino-based seasoning powder, %, w/w), X_3 (Enzyme-treated *stevia*, %, w/w). ² Y_1 (Amino-N, mg/100 g), Y_2 (Overall acceptance, score).

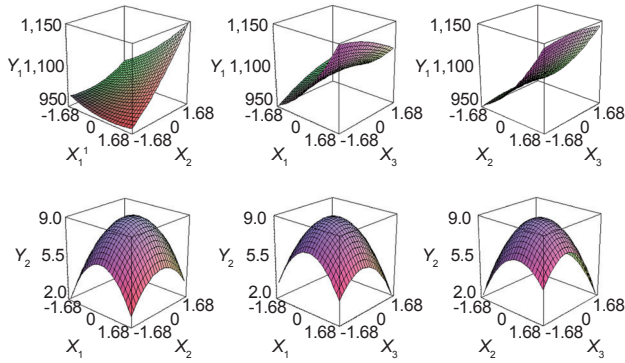


Fig. 1. Three-dimensional response surface plots for processing optimization of seasoning sauce for seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* product based on Y_1 (Amino-N, mg/100 g) and Y_2 (Overall acceptance, score). 1X_1 (Concentrated oyster extract, %, w/w), X_2 (Amino-based seasoning powder, %, w/w), X_3 (Enzyme-treated *stevia*, %, w/w).

미노질소 함량(Y_1) 및 종합적 기호도(Y_2)에 대한 일차항, 이차항 및 교차항과 같은 여러 가지 2차 회귀 방정식의 계수들과 이들의 유의성을 살펴본 결과는 Table 3과 같다. 일반적으로 MINITAB 프로그램의 RSREG로 작성한 2차 회귀방정식 즉, 반응모형방정식은 구성 항의 유의성을 고려하지 않는 경우 다양한 항을 구성하고 있어 유의성이 인정되는 항만으로 정리할 필요가 있다(Kim et al., 2010). 따라서 MINITAB 프로그램의 RSREG로 분석한 데이터를 활용하여 최적 조미 소스의 아미노질소 함량(Y_1) 및 종합적 기호도(Y_2)에 대한 반응모형방정식의 간결화를 목적으로 일차항, 이차항 및 교차항에 대한 유의성을 살펴본 결과, 유의성이 인정($P < 0.05$)되는 항은 아미노질소 함량(Y_1)의 경우 일차항인 X_1 , X_2 , 교차항인 X_1X_2 와 같은 3종의 항이었고, 종합적 기호도(Y_2)의 경우 일차항인 X_2 , X_3 , 이차항인 X_1^2 , X_2^2 , X_3^2 과 같은 5종의 항이었으며 나머지 항들은 모두 유의성이 인정되지 않았다. 이와 같이 아미노질소 함량(Y_1) 및 종합적 기호도(Y_2)의 반응모형방정식 중 항의 유의성($P < 0.05$)을 고려하여 간결식으로 나타내면 Table 4와 같다.

조미 소스의 제조를 위한 간결 반응모형방정식의 독립변수

Table 4. Response surface model equations for processing optimization of seasoning sauce for seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* product

| Dependent variables | Quadratic polynomial model equations | R^2 | P-value |
|---------------------|--|-------|---------|
| Y_1^2 | $1032.7 + 50.5X_1 + 93.6X_2 + 39.1X_1X_2$ | 0.953 | 0.001 |
| Y_2 | $68.3 + 5.45X_2 - 5.93X_3 - 21.2X_1^2 - 14.0X_2^2 - 16.8X_3^2$ | 0.966 | 0.000 |

1X_1 (Concentrated oyster extract, %, w/w), X_2 (Amino-based seasoning powder, %, w/w), X_3 (Enzyme-treated *stevia*, %, w/w). 2Y_1 (Amino-N, mg/100 g), Y_2 (Overall acceptance, score).

와 종속변수 간의 상관관계를 ANOVA분석으로 살펴본 결과는 Table 5와 같다. 조미 소스 제조용 굴 자숙 농축액, 아미노베이스 및 효소처리 스테비아 첨가량의 최적화를 위한 반응모형 방정식은 아미노질소 함량(Y_1)의 경우 일차항만이, 종합적 기호도(Y_2)의 경우 일차항 및 이차항만이 유의성이 인정되었다 ($P < 0.05$).

굴 자숙 농축액과 아미노베이스 및 효소처리 스테비아 첨가량의 최적화를 위한 반응모형방정식 모델의 적합 여부를 나타내는 적합성 결여 검증(lack of fit test)은 종합적 기호도(Y_2)의 경우 P-value가 0.147로 0.05보다 높았고, 결정계수(R^2)가 0.966로서 1에 가까우며, model 값이 0.05보다 낮아 설계 모형이 적합한 것으로 나타났다. 아미노베이스(Y_1)에 대한 반응모형방정식 모델의 적합성 결여 검증(lack of fit test)은 P-value가 0.004로 0.05보다 낮아 설계 모형이 완전하지는 않았으나, 결정계수(R^2)가 0.953으로서 1에 가까우며, model 값이 0.05보다 낮아 설계된 모형이 적절한 것으로 나타났다(Zhou and Regenstein, 2004). 일반적으로 반응표면분석법으로 산출한 반응모형 모델식의 결정계수(R^2)는 실험 설계의 적합성을 나타내는 중요한 지표로 활용되며(Shishir et al., 2016), 적합성 결여 검증 결과를 통해 P-value가 0.05보다 크면 실험 모델이 적합한 것으로 판단한다(Isa et al., 2011).

Table 5. Analysis of variance (ANOVA) for response of dependant variables for processing optimization of seasoning sauce for seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* product

| Dependent variables ¹ | Sources | DF | SS | MS | F-value | P-value |
|----------------------------------|---------------|---------|---------|-------|---------|---------|
| Y_1 | Model | 9 | 173,751 | 19306 | 15.9 | 0.001 |
| | Linear | 3 | 154,396 | 51465 | 42.3 | 0.000 |
| | Quadratic | 3 | 5,512 | 1837 | 1.5 | 0.294 |
| | Cross-product | 3 | 13,843 | 4614 | 3.8 | 0.067 |
| | Residual | 7 | 8,526 | 1218 | - | - |
| | Lack of fit | 5 | 8,514 | 1703 | 268.9 | 0.004 |
| | Pure error | 2 | 13 | 6 | - | - |
| Total | 16 | 182,277 | - | - | - | |
| Y_2 | Model | 9 | 7,584 | 873 | 51.4 | 0.000 |
| | Linear | 3 | 899 | 300 | 17.6 | 0.001 |
| | Quadratic | 3 | 6,800 | 2,267 | 133.5 | 0.000 |
| | Cross-product | 3 | 156 | 52 | 3.1 | 0.101 |
| | Residual | 7 | 119 | 17 | - | - |
| | Lack of fit | 5 | 112 | 22 | 6.1 | 0.147 |
| | Pure error | 2 | 7 | 4 | - | - |
| Total | 16 | 7,973 | - | - | - | |

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

한편, 피조개 조미가공품용 조미 소스는 굴 자숙 농축액과 아미노베이스 및 효소처리 스테비아의 첨가량이 적절할 경우 염도, 감칠맛과 단맛 등의 영향으로 소비자의 기호를 충족시킬 수 있으나, 과도할 경우 짠맛 및 쓴맛 증가와 제조단가의 상승 등으로 소비자가 구매를 기피할 우려가 있다. 이러한 일면을 고려하여 조미 소스를 제조하고자 하는 경우 아미노질소 함량은 높으나, 맛, 냄새 및 색 등에 의한 종합적 기호도가 양호하여야 하며, 부재료에 따른 적정 단가를 고려한 범위의 첨가량을 설정해야 한다. 따라서 피조개 조미가공품용 조미 소스의 아미노질소 함량(Y_1) 및 종합적 기호도(Y_2)의 범위는 시판 조미 소스를 대조구로 하여 예비 실험한 결과 기호도가 우수하다고 판단된 값을 참고하여 아미노질소 함량(Y_1)의 경우 950-1,050 mg/100 g으로, 종합적 기호도(Y_2)의 경우 목표값은 5-9점, 최대값은 9점으로 설정하였다. 또한, 이들의 관능평가 결과가 우수하다고 판단된 제품의 점수를 목표값으로 설정하였고, 이때 아미노질소 함량은 1,030 mg/100 g으로, 종합적 기호도는 최대값인 9점으로 하였다.

이와 같이 굴 자숙 농축액과 아미노베이스 및 효소처리 스테비아의 첨가량을 달리한 조미 소스의 아미노질소 함량(Y_1)과 종합적 기호도(Y_2)의 각각과 이들을 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적 조건을 예측할 목적으로 위에서 제시한 목표값 및 최대값으로 MINITAB 통계프로그램을 구동하여 얻은 독립변수의 최적조건 예측치는 Table 6과 같다. 굴 자숙 농축액과 아미노베이스 및 효소처리 스테비아의 첨가량에 대한 각각의 목표값을 고려한 최적값은 아미노질소 함량의 경우 부호값(coded value)이 각각 0.50, -0.27 및 -1.68이었고, 이를 실제값(actual value)으로 환산하는 경우 각각 125% (w/w), 17.3% (w/w) 및

0.16% (w/w)이었으며, 종합적 기호도의 경우 부호값이 각각 -0.02, 0.22 및 -0.19이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 99% (w/w), 22.2% (w/w) 및 0.91% (w/w)이었다.

위에서 언급한 배합조건(굴 자숙 농축액, 아미노베이스 및 효소처리 스테비아 첨가량)에 따른 조미 소스의 아미노질소 함량 및 종합적 기호도를 동시에 충족하는 굴 자숙 농축액, 아미노베이스 및 효소처리 스테비아 첨가량의 부호값은 각각 -0.05, 0.00 및 -0.12이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 97.5% (w/w), 20.0% (w/w) 및 0.94% (w/w)이었다. 이상과 같이 MINITAB 프로그램을 통하여 이들 조건에서 제조된 조미 소스의 아미노질소 함량은 1,030 mg/100 g, 종합적 기호도는 8.3점으로 예측되었다.

이의 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 최적 굴 자숙 농축액, 아미노베이스 및 효소처리 스테비아 첨가량의 조건으로 제조한 조미 소스의 아미노질소 함량 및 종합적 기호도의 실제 측정값은 각각 $1,034 \pm 6.0$ mg/100 g 및 8.5 ± 0.4 점이었으며(Table 7), 예측값과 실제 측정값 간의 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$).

이상의 결과로 미루어 보아 제시된 반응표면분석 모델은 피조개 조미가공품의 향미 부여를 위한 첨가물(굴 자숙 농축액, 아미노베이스 및 효소처리 스테비아) 첨가량 조건 구명용 최적 모델이라 판단되었다.

피조개 조미가공품의 제조조건 최적화

소비자들이 피조개 조미가공품을 구매하기 위한 여러 가지 주

Table 6. Optimal conditions predicted for processing optimization of seasoning sauce for seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* product obtained by MINITAB program

| Dependent variables | Value | X_1^1 | X_2 | X_3 |
|--------------------------------|--------|------------------------|-------|-------|
| Y_1^2 | Target | 1,030 | 1,030 | 1,030 |
| | Coded | 0.50 | -0.27 | -1.68 |
| | Actual | 125 | 17.3 | 0.16 |
| Y_2 | Target | Max. | Max. | Max. |
| | Coded | -0.02 | 0.22 | -0.19 |
| | Actual | 99 | 22.2 | 0.91 |
| Multiple response optimization | Coded | -0.05 | 0.00 | -0.12 |
| | Actual | 97.5 | 20.0 | 0.94 |
| Predicted | | $Y_1: 1,030, Y_2: 8.3$ | | |

¹ X_1 (Concentrated oyster extract, %, w/w), X_2 (Amino-based seasoning powder, %, w/w), X_3 (Enzyme-treated stevia, %, w/w). ² Y_1 (Amino-N, mg/100 g), Y_2 (Overall acceptance, score).

요 요인 중 하나가 맛이다. 이러한 일면에서, 맛이 있는 조미 피조개 가공품을 제조할 목적으로 자숙 피조개육에 대하여 조미 소스를 4-16% (w/w) 범위로 달리 첨가하고, 실파를 3.8% (w/w) 및 청양고추를 4.6% (w/w) 첨가하여 제조한 다음, 이의 아미노질소 함량, 염도, 적색도 및 관능적 맛, 색, 냄새 등을 고려한 종합적 기호도를 실시한 결과는 Table 8과 같다. 자숙 피조개 육에 대한 조미 소스의 첨가량을 달리하여 제조한 피조개 조미가공품 100 g 당 아미노질소 함량, 염도 및 헉터 적색도는 조미 소스의 첨가량을 4%로 하였을 때 각각 130.5 mg, 1.19 g/100 g 및 6.6이었고, 이후 조미 소스의 첨가량을 증가시킬수록 모두 직선적으로 증가하여 13%로 하였을 때 각각 212.1 mg, 2.45 g 및 12.1이었으며, 16%로 하였을 때 각각 238.5 mg, 2.82 g 및 12.9로 최대치를 나타내었다. 그러나, 자숙 피조개 육에 대한 조미 소스의 첨가량을 달리하여 제조한 피조개 조미가공품의 관능적 기호도는 조미 소스의 첨가량을 4%로 한 경우 피조개 조미가공품의 짠맛과 맛 강도가 낮으면서 피조개 특유의 색이 연하여 3.7점의 낮은 평점을 받았고, 첨가량을 이보다 증가시킬수록 개선되어 13%로 한 경우 피조개 조미가공품의 짠맛을 포함한 기타 맛 강도가 증가하여 개선됨과 동시에 색 및 냄새도 함께 개선되어 8.2점으로 최대 평점을 받았으나, 첨가량을 16%로 한 경우 피조개 조미가공품의 색과 냄새가 우수하였으나 짠맛

Table 7. Predicted and experimental data on the dependent variables of seasoning sauce for seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* product under optimum processing conditions

| Dependent variables | Predicted values | Experimental values |
|-----------------------------------|---------------------|------------------------|
| Y_1 (Amino-N, mg/100 g) | 1,030 ^{a1} | 1,034±6.0 ^a |
| Y_2 (Overall acceptance, score) | 8.3 ^a | 8.5±0.4 ^a |

¹Difference letters on the data indicate a significant difference at P<0.05.

Table 8. Amino-N content, salinity, redness and overall acceptance of seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* product as affected by added concentrates of seasoning sauce

| Experiment item | Sensory evaluation | | | | |
|----------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 4 | 7 | 10 | 13 | 16 |
| Amino-N (mg/100 g) | 130.5±2.6 ^{a1} | 154.6±2.4 ^b | 195.4±2.6 ^c | 212.1±2.0 ^d | 238.5±2.6 ^e |
| Salinity (g/100 g) | 1.19±0.06 ^a | 1.74±0.07 ^b | 2.00±0.06 ^c | 2.45±0.03 ^d | 2.82±0.05 ^e |
| Hunter redness | 6.6±0.0 ^a | 9.9±0.0 ^b | 10.9±0.1 ^c | 12.1±0.1 ^d | 12.9±0.0 ^e |
| Overall acceptance (score) | 3.7±0.5 ^b | 5.3±0.2 ^c | 6.6±0.4 ^d | 8.2±0.4 ^e | 3.5±0.2 ^a |

¹Difference letters on the data indicate a significant difference at P<0.05.

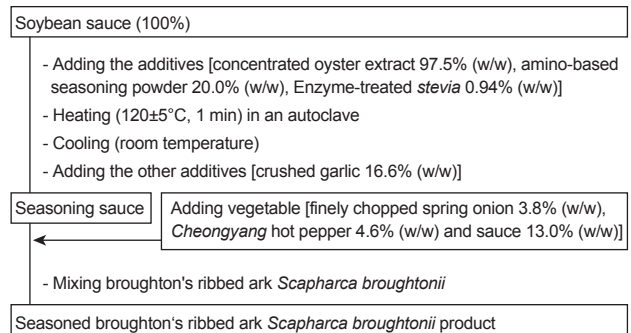


Fig. 2. Flow-chart for processing of seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* product.

이 과도하여 최소 평점인 3.5점을 받았다.

피조개 조미가공품의 아미노질소 함량, 염도, 헉터 적색도 및 관능평가의 결과로 미루어 보아 자숙 피조개 육에 대한 조미 소스의 최적 첨가량은 피조개 조미가공품의 맛이 적절하면서 색과 냄새가 우수한 13% (w/w)로 판단되었다. 한편, 조미 소스의 향미 성분은 수산물의 가공에 있어서 소비자의 흥미나 기호도를 극대화하는 중요한 지표가 되는 것으로 알려져 있다(Kim and Kim, 1980; Cho et al., 2011).

피조개 조미가공품의 최적 제조공정 표준화

이상에서 검토한 피조개 조미가공품용 조미 소스와 이를 활용한 피조개 조미가공품의 최적 가공공정을 정립한 결과는 Fig. 2와 같다. 피조개 조미가공품의 제조용 조미 소스는 향미 부여와 감칠맛을 나타내기 위하여 진간장 100 g에 대하여 굴 자숙 농축액 97.5% (w/w), 아미노베이스 20.0% (w/w) 및 효소처리 스테비아 0.94% (w/w)를 각각 첨가하고, 완전 용해를 위하여 가열 (120±5°C, 1분) 및 냉각(실온)한 후, 다진 마늘 16.6%를 첨가하여 제조하였다. 이때 다진 마늘은 소스의 저장 중 숙성 등에 의한 풍미 강화를 고려하여 가열 중탕 및 냉각 후 가장 마지막 공정에 첨가하였다. 한편, 마늘의 알린(allin) 성분은 다지는 공정으로 인하여 세포가 파괴되고, 알리나아제(allinase)의 효소 작용에 따라 알리신(allicin)과 피루브산(pyruvic acid)으로 분해되며, 알리신의 분해물이 다시 피루브산과 작용하여 저급의 황화합물과 카르보닐화합물을 생성함으로써 독특한 향미 성분 및 매운맛을 발현시킨다는 보고가 있다(Ariga et al., 1981; Jin et al., 2002; Lee et al., 2009).

위에서 제조한 조미 소스를 활용한 피조개 조미가공품은 자숙 피조개 육 일정량(1인분 기준 70 g)에 대하여 조미 소스 13.0% (w/w)와 실파 3.8% (w/w) 및 청양고추 4.6% (w/w)를 첨가하여 제조하였다.

사 사

이 논문은 2018년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진

홍원의 지원을 받아 수행된 연구임(해역별 특성을 고려한 전통 수산가공식품 개발 및 상품화).

References

- Ariga T, Oshiba S and Tamada T. 1981. Platelet aggregation inhibitor in garlic. *Lancet* 1, 150-212.
- 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>.
- Cho EH, Kim KM and Lee YB. 2011. Quality evaluation of teriyaki sauce processed with shrimp remnants and its physico-chemical properties. *Culi Sci Hos Res* 17, 184-196.
- 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>.
- Hayashi K and Yamada M. 1975. Studies on the lipids of shellfish. IV. On the fatty acid composition of five species of snails from Toyama bay. *Bull Fac Fish Hokkaido Univ* 26, 176-181.
- 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>.
- Jin YH, Kwon OC, Sung NJ, Shin JH and Kang MJ. 2002. Effect of garlic on quality of low salted anchovy-2. Changes of nitrogenous compounds. *Culi Sci Hos Res* 8, 279-294.
- 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>.
- 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 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.
- Kim JB, Kim JM, Lee YM and Baek IS. 2014. Antioxidant activity and acetylcholinesterase inhibitory activity of ark shell (*Scapharca broughtonii*). *Korean J Food Cook Sci* 30, 212-218. <https://doi.org/10.5657/fas.2010.13.1.001>
- Kim JH, Im CW, Kim PJ and Park JH. 2003. Heavy metals in shellfishes around the south coast of Korea. *J Food Hyg Safety* 18, 125-132.
- Kim JK and Kin CS. 1980. The taste components of ordinary Korean sauce. *J Korean Agric Chem* 23, 89-105.
- Lee EH, Oh KS, Ahn 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 J, Seong Y, Jeong B, Yoon S, Lee I and Jeong Y. 2009. Quality characteristics of sponge cake with black garlic powder added. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38, 1222-1228. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2009.38.9.1222>
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018. Food code. 7.1. Cheongju, Korea. Retrieved from <http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvLv/foodRvLv.do#top> on Oct 12, 2018.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2018. Statistic database for fisheries production. Retrieved from <https://www.fips.go.kr/p/S020304/> on Feb 7, 2018.
- Mun SI. 1992. Studies on the lipid and fatty acid compositions of ark-shell, *Anadara broughtonii*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 21, 436-442.
- Park CK. 2002. Comparison of extractive nitrogenous constituents in the three species of raw bloody clams, *Scapharca broughtonii*, *S. subcrenata*, and *Tegillarca granosa* extracts. *Korean J Food Sci Technol* 34, 954-961.
- Shishir MRI, Taip FS, Aziz N A, Talib RA and Sarker MSH. 2016. Optimization of spray drying parameters for pink guava powder using RSM. *Food Sci Biotechnol* 25, 461-468.
- Ueda T. 1974. changes in the fatty acid composition of short neck clam with reference to environmental mud temperature. *Bull Japan Soc Sci Fish* 40, 949-957.
- Yoon HD, Byun HS, Chun SJ, Kim SB and Park YH. 1986. Lipid composition of oyster, arkshell and sea mussel. *Bull Korean Fish Soc* 19, 321-326
- Yoon M, 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>.
- 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>.