

크림 굴(*Crassostrea gigas*) 그라탕의 제조공정 최적화

이창영¹ · 김예울² · 손숙경² · 이석민² · 오선화² · 김진수^{1,2*}

¹경상국립대학교 수산식품산업화 기술지원센터, ²경상국립대학교 해양식품공학과/해양산업연구소

Process Optimization for Processing of Oyster *Crassostrea gigas* Gratin with Cream Sauce

Chang Yong Lee¹, Ye Youl Kim², Suk Kyung Sohn², Seok Min Lee², Seon Hwa Oh² and Jin-Soo Kim^{1,2*}

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

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

This study was conducted to optimize the processing process for the oyster *Crassostrea gigas* gratin with cream sauce (OG-CS). The optimum concentration of added milk for oyster extract with milk (OE-M) was 35.0% based on the frozen-boiled oyster (F-BO), as suggested by the results of sensory evaluation. Response surface methodology was performed with whipping cream (WC)/[OE-M+mixed powder (garlic powder: onion powder=1:1) (MP)] (X_1) and OE-M/MP (X_2) as independent variables and viscosity (Y_1), amino acid nitrogen (Y_2), and overall acceptance for sensory evaluation (Y_3) as dependent variables. The optimal proportions were 74.55% of WC, 20.25% of OE-M, and 5.2% of MP, and the predicted multiple response optimal values for the dependent variables were 3,735.6 cP of Y_1 , 197.0 mg/100 g of Y_2 , and 6.2 score of Y_3 . Under optimal conditions, the experimental values for Y_1 , Y_2 , and Y_3 were 3,711.9±30.0 cP, 198.1±1.9 mg/100 g, and 6.3±0.5 score, respectively, which were not significantly different from the predicted values ($P>0.05$). Further, the results of sensory evaluation suggested that the optimum concentration of macaroni:cheese (1:2) to be 46.2% based on the F-BO. The OG-CS prepared under these optimal conditions was superior to the commercial seafood gratin in overall acceptance.

Keywords: *Crassostrea gigas*, Gratin, HMR, Oyster gratin, Oyster

서 론

굴은 전 세계적으로 100여 종이 서식하고 있고, 국내의 경우 주로 참굴, 바위굴, 토굴, 털굴 및 갯굴 등이 분포하고 있으나, 이 중에서 산업적으로 활용되고 있는 것은 참굴(Pacific oyster *Crassostrea gigas*)이다. 참굴은 단백질이 풍부하고, 지방이 적으며 비타민과 무기질이 우수한 공급원이다(Zhang et al., 2015). 또한, 참굴은 비단백 아미노산인 타우린 함량이 높아 생체 내에서 삼투압조절, 세포 증식, 당대사 촉진 및 해독작용 등이 기대되고(Lee et al., 2018), 철 함량이 높아 비만 예방 및 피부미용에도 효과가 기대되며, 아연 함량이 높아 스테미나 식품으로 널리 알려져 있다(Ueki et al., 2007; Iavarone et al., 2018).

뿐만 아니라 참굴은 글리코젠이 다량 함유되어 있어 체내 소화 흡수를 돕고, 혈액 생성에 관여하며, 혈액을 맑게 하므로 어린이와 노약자들이 부담이 없이 섭취할 수 있는 식품 중의 하나로 널리 알려져 있다(Son et al., 2014). 굴의 국내 생산량은 최근 10년(2011-2020년)간 252,530-357,282 M/T으로 2016년을 기준으로 꾸준히 증가하는 추세이며, 전체 패류 생산량의 약 65.1-72.9%를 차지하고 있는 주요 산업자원이다(KOSIS, 2021). 하지만, 굴은 2020년 기준으로 대부분이 생식용인 알굴로 소비되고 있고, 가공품으로는 일부만이 냉동굴(2.1%), 건조굴(0.5%), 통조림(0.4%), 굴젓갈(0.1%) 등으로 생산되고 있다(MOF, 2021). 또한, 참굴은 생굴용으로 이용되는 경우 대부분 겨울철에 유통되고 있는데, 이 기간에 유통되는 경우 낮은 온

*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.2022.0102>

Korean J Fish Aquat Sci 55(2), 102-110, April 2022

Received 4 February 2022; Revised 2 March 2022; Accepted 16 March 2022

저자 직위: 이창영(연구원), 김예울(대학원생), 손숙경(대학원생), 이석민(대학원생), 오선화(대학원생), 김진수(교수)

도에서도 생존이 가능한 노로바이러스 등에 의한 식중독이 자주 발생하고 있어 굴 양식산업에 커다란 피해를 끼치고 있다. 한편, 최근 수산식품 소비 트렌드 중 하나는 가정간편식(home meal replacement, HMR)에 대한 소비가 급증하고 있다는 것이다(aT FIS, 2019). 이와 같이 참굴의 생산량, 소비 패턴, 노로바이러스 등에 의한 식중독 발병, 수산식품 소비 트렌드 등으로 미루어 보아 참굴을 단순히 알굴로 편중 소비하기보다는 일부 생산량을 가열 처리하는 가공용으로 전환시키는 경우 참굴의 이용 다변화, 노로바이러스에 대한 우려, 가격 안정화 및 소비 트렌드 부응 등에 기여할 것으로 판단되었다.

한편, 참굴을 활용한 가공품의 개발에 관한 연구는 중간수분식품(Jo et al., 1988), 조미굴젓(Kim et al., 2001), 조미반건조제품(Kim et al., 2006), 굴소스(Hwang et al., 2015; Sorio, 2020), 구운굴 통조림(Park et al., 2018), 화이트 소스 통조림(Cha et al., 2018) 등이 보고되어 있으나, 신세대 소비자 니즈를 반영한 HMR 굴 그라탕 등의 개발에 대한 연구는 전무하다.

본 연구는 참굴의 소비 패턴 다양화, 가격 안정화, 위생성 확보 및 소비자 니즈 등을 고려한 일련의 연구로 크림 굴 그라탕의 제조공정 최적화를 시도하였다.

재료 및 방법

재료

크림 굴 그라탕용 주원료인 냉동자숙굴은 삼삼물산(주)(Tongyeong, Korea)에서 2020년 1-4월에 굴수협으로부터 알굴(Pacific oyster *Crassostrea gigas*)의 형태로 경매를 받아 자숙처리하고, 개체급속동결한 것 중 중간 사이즈의 굴[9.8-13.0 g/개(평균 11.2±1.0 g/개)]만을 선별하여 -18°C 이하에 저장하여 두고 사용하였다. 이때 선별된 냉동자숙굴의 수분함량은 79.8±0.1 g/100 g이었다. 크림 굴 그라탕 용 부원료인 우유(Maeil Co. Ltd., Seoul, Korea), 한주소금(Hanju Co., Ltd., Ulsan, Korea), 파슬리(Shinyoung Co., Gwangju, Korea)는 2020년 6-10월에 경상남도 통영시 소재 대형 마트에서 DB휘핑크림(Sunin Co, Yongin, Korea), 마카로니(Ottogi Co., Ltd., Anyang, Korea), 양파 분말(Chungeun Co., Goyang, Korea), 마늘 분말(Chungeun Co.), 백후추(Ottogi Co., Ltd.), 모짜렐라 치즈(Choheung Co., Ansan, Korea)는 2020년 6-10월에 온라인에서 구입하여 사용하였다.

대조구인 시판 치즈 해물 그라탕은 2020년 6-10월에 온라인에서 구입하였다.

크림 굴 그라탕의 제조

크림 굴 그라탕의 제조를 위한 냉동자숙굴로부터 추출한 굴 우유추출물(이하 우유추출물)은 우유(20.0-80.0%, w/w)에 냉동자숙굴(100.0%, w/w), 백후추(0.3%, w/w)를 넣은 후 우유의 중심온도 80°C가 되는 시점부터 2분동안 가열한 다음 체(

지름 28.5 cm×높이 10.5 cm, 12 mesh)를 사용하여 고형물을 분리하고, 남은 액상으로 하였다. 크림소스는 우유추출물에 휘핑크림(140.6-183.4%, w/w), 혼합분말(마늘분말:양파분말=1:1; 8.8-20.0%, w/w)과 소금(0.5%, w/w)을 첨가하고, 중심온도 65°C가 되는 시점부터 5분 동안 가열한 후 실온에서 냉각하여 제조하였다. 최종적으로 크림 굴 그라탕은 전자레인지 용기(DR-PACK 22; Sense Pack Inc., Hwaseong, Korea)에 냉각 크림소스, 우유추출물 제조 시 분리한 굴, 삶은 마카로니(5.2-20.4%, w/w), 치즈(10.2-41.2%, w/w) 및 파슬리(0.2%, w/w)를 차례로 넣은 다음 뚜껑을 닫고 급속냉동(Daewon Engineering Co., Busan, Korea)하여 제조하였다. 앞에서 표기된 첨가물의 조성비는 모두 냉동자숙굴의 중량 기준에 대한 비율이다.

중심합성회전계획

크림 굴 그라탕용 크림소스 배합공정 최적화는 휘핑크림(A), 우유추출물(B) 및 혼합분말(C)을 독립변수로 하고, 굴의 가공에 관한 여러 가지 문헌(Kim, 2000; Kang et al., 2007; Ryu et al., 2015) 및 자체 관능평가 결과를 참고하여 배합비율의 중심값(central 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 5단계로 부호화하여 크림소스 시료 11구(Table 1)를 무작위적으로 제조하여 실험에 사용하였다.

회귀분석

크림 굴 그라탕의 제조공정 최적화를 위한 회귀분석은 최적값을 코드값으로 얻은 다음 실제 값으로 산출하여 나타내었다. 크림 굴 그라탕용 크림소스의 배합비 최적화를 위한 종속변수는 점도(Y_1), 아미노산질소(Y_2) 및 종합적 기호도(Y_3)로 하였고, 이들의 데이터는 회귀분석을 위한 자료로 활용하였다. 크림소스의 배합비에 대한 최적점의 예측 및 확인은 MINITAB 통계프로그램(MINITAB Ver. 18; MINITAB, State College, PA, USA)을 이용하여 실시하였다. 즉, CCRD에 따라 5단계로 부호화하여 무작위적으로 제조한 시료구 11개의 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 결

Table 1. Experimental range and values of the independent variables in the central composite rotatable design for optimization of ingredient-blending concentration for preparation of cream sauce

Symbol	Range level				
	-1.414	-1	0	+1	+1.414
X_1^1	1.59	2.00	3.00	4.00	4.41
X_2	2.59	3.00	4.00	5.00	5.41

¹ X_1 [A/(B+C)], X_2 (B/C); A, Whipping cream; B, Oyster extract with milk; C, Mixed powder (garlic powder: onion powder=1:1).

여도(lack of fit) 각각의 유의성(P-value) 유무를 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, 프로그램에서 산출된 부호값(coded value)을 환산하여 얻은 실제값(actual value)을 토대로 예측치와 실험치를 비교, 분석하여 적합성을 판정하였다.

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 나타내었고, 그래프를 구성하는 식은 다음과 같다.

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

여기서 Y 는 종속변수, β_0 는 상수, $\beta_i, \beta_{ii}, \beta_{ij}$ 는 회귀계수, X_i, X_j 는 독립변수이다. 크림 굴 그라탕 제조용 크림소스 배합비율 최적화는 MINTAB 통계프로그램의 response optimizer를 통해 이루어졌으며, 통계적으로 추정된 최적 조건에 따라 실제 실험을 통해 측정된 종속변수와의 비교로 추정된 종속변수 값을 검증하였다(Bezerra et al., 2008).

헌터색조

헌터색조는 우유추출물을 검체로 하여 헌터 직시색차계(NE 4000; Nippon Denshoku Industries Co., Tokyo, Japan)로 살펴보고, 그 결과는 명도(L value)로 나타내었다. 이때 헌터 색차계의 표준백판은 L값 97.37 ± 0.00 , a값 -0.37 ± 0.01 , b값 0.32 ± 0.01 이었다.

아미노산질소

아미노산질소는 우유추출물과 크림소스를 검체로 하여 KFN (2000)에서 언급한 방법에 따라 Formol법으로 측정하였다. 즉, 아미노산질소 측정용 전처리 시료는 검체 10 g에 증류수를 가하여 100 mL로 정용하고, 교반하여 균질화시킨 후 이를 0.1 N NaOH 용액을 사용하여 pH 8.5로 조정한다 다음 여기에 36% (v/v) formaldehyde 용액 20 mL를 가하여 제조하였다. 아미노산질소의 측정은 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.5가 될 때까지 적정하여 실시하였으며, 이를 토대로 아미노산질소 함량을 산출하였다.

냄새 강도

냄새 강도는 우유추출물 10 g을 코니칼 튜브(50 mL conical tube, 30 × 150 mm; SPL Life Science Co. Ltd., Pocheon, Korea)에 넣고, 여기에 냄새강도기(odor concentration meter, XP-

329R; New Cosmos Electric Co. Ltd., Osaka, Japan)의 흡입구를 넣은 다음, 냄새가 휘발되지 않게 파라필름(parafilm)으로 밀봉한 후 mode를 batch로 설정하여 측정하였다. 여기서 냄새 강도는 휘발하는 모든 저분자 물질의 강도를 의미한다(Kang et al., 2014).

점도

점도는 크림소스를 40°C로 유지하면서, spindle number 4를 장착한 점도계(DV-III; Brookfield, Middleboro, MA, USA)로 100 rpm으로 3분 동안 측정하였고, 데이터는 이들의 평균값으로 나타내었다.

패널(panel)에 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-A21-Y-0062)을 받고 진행하였다. 즉, 잘 훈련된 panel member 20인(20-30대, 남자 10인, 여자 10인)으로 구성되어 색상, 맛, 향 및 조직감에 대한 종합적 기호도를 실시하였다. 1) 관능평가는 우유추출물 가공 공정 최적화의 경우 시판 우유의 색, 맛, 냄새 및 종합적 기호도를 기준점인 5점으로, 이보다 우수한 것을 6-9점으로, 이보다 못한 것을 1-4점으로, 2) 크림 굴 그라탕의 크림소스 배합공정 최적화의 경우 외관, 색, 맛, 냄새 등을 고려한 종합적 기호도가 아주 우수한 것을 9점으로, 보통을 5점으로, 아주 나쁜 것을 1점으로 하여, 3) 크림 굴 그라탕의 제조를 위한 마카로니 및 치즈 첨가 비율 최적화의 경우 조직감, 고형물 만족도 및 종합적 기호도를 고려하여 기호도가 아주 우수한 것을 9점으로, 보통을 5점으로, 아주 나쁜 것을 1점으로 하여 평가하였다. 그리고, 4) 최종 제품에 관한 패널의 관능 평가는 시판 치즈 해물 그라탕의 색, 맛, 냄새, 조직감 및 종합적 기호도를 기준점인 5점으로 하고, 시판 크림 굴 그라탕이 이보다 우수한 것을 6-9점으로, 이보다 못한 것을 1-4점으로 하여 평가하였다.

통계처리

데이터의 표준편차 및 유의차 검정(5% 유의수준)은 SPSS 통계패키지(SPSS for window, release 18)에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석한 후 Duncan의 다중검정을 실시하여 나타내었다.

결과 및 고찰

굴 향 개선용 우유추출물의 제조공정 최적화

굴은 특유의 향이 강하여 신세대들로부터 외면받기도 하여, 이를 개선할 목적으로 우유추출물을 제조하여 크림 굴 그라탕에 이용하고자 하였다. 냉동자숙굴의 중량에 대한 우유의 첨가 비율[20.0-80.0% (v/w), 15% (v/w) 간격]을 달리하여 추출한

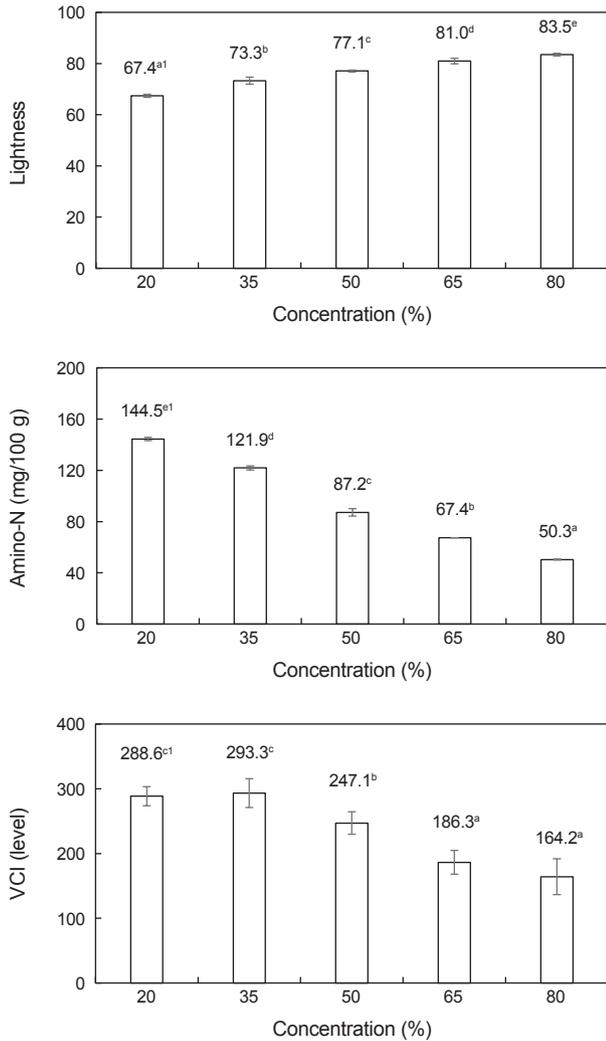


Fig. 1. Change of lightness, amino nitrogen, and volatile component intensity (VCI) of oyster *Crassostrea gigas* extract with milk as a function of concentration at 80°C. ¹Difference letters on the data indicate a significant difference at P<0.05.

우유추출물의 색, 맛 및 냄새 특성을 살펴본 결과는 Fig. 1과 같다. 우유추출물의 명도(L값)는 67.4–83.5, 아미노산질소 함량은 50.3–144.5 mg/100 g, 냄새 강도는 164.2–288.6 level이었고, 이는 우유(명도 86.3, 아미노산질소 함량 37.8 mg/100 g, 냄새강도 71.6 level)의 첨가 비율이 증가할수록 명도의 경우 증가하는 경향을, 아미노산질소 및 냄새강도의 경우 모두 감소하는 경향을 유의적으로 나타내었다(P<0.05). 이는 우유가 수산물 비린내 주성분인 트리메틸아민(trimethylamine) 등의 아민과 암모니아 같은 휘발성염기물질과 피막을 이루거나 결합하여 휘발을 억제하였기 때문이라 판단되었다(Heu et al., 2008; Kang et al., 2021). 이상의 결과로 보아 우유추출물의 제조 시 가열온도 및 시간이 동일하였을 때 우유의 비율이 줄어들어 따

라 색은 어두워지면서 진해지고, 맛과 향은 모두 강하여지는 것으로 판단되었다.

냉동자숙굴에 대한 우유의 첨가 비율[냉동자숙굴 중량 기준 20–80% (v/w), 15% (v/w) 간격]을 달리하여 추출한 우유추출물의 색, 맛, 냄새 및 종합적 기호도를 시판 우유에 대한 평점을 기준점인 5점으로 하여 이보다 우수한 경우 6–9점을, 이보다 열악한 경우 4–1점으로 하는 9점법으로 관능평가한 결과는 Table 2와 같다. 우유추출물의 관능 평점은 색의 경우 3.7–4.7점, 맛의 경우 5.4–6.5점, 냄새의 경우 5.4–6.1점, 종합적 기호도의 경우 5.4–6.4점이었고, 이는 우유의 첨가 비율이 증가할수록 색의 경우 증가하는 경향을, 맛, 냄새 및 종합적 기호도의 경우 35% (v/w) 구간까지는 증가하는 경향을, 이후에는 감소하는 경향을 나타내었다(P<0.05). 따라서, 우유의 첨가 비율에 따른 우유추출물의 관능적 특성은 색의 경우 20% (v/w) 첨가구와 80% (v/w) 첨가구 간에, 맛과 종합적 기호도의 경우 35% (v/w) 첨가구와 80% (v/w) 첨가구 간 만이 차이가 있었고(P<0.05), 향의 경우 첨가구 간에 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 이상의 우유 첨가 비율에 따른 추출물의 색, 맛, 냄새 및 종합적 기호도에 대한 결과로 미루어 보아 최적 우유의 첨가 비율은 35% (v/w)로 판단되었다.

굴 그라탕 제조를 위한 크림소스의 배합 공정 최적화

크림소스 배합비율[휘핑크림(A), 우유추출물(B) 및 혼합분말(C)]의 최적화를 위하여 Table 1에서 제시한 CCRD에 따라 X_1 및 X_2 를 5단계로 부호화하여 무작위로 제조한 11구 시료구의 종속변수[점도(Y_1), 아미노산질소(Y_2) 및 종합적 기호도(Y_3)]를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 독립변수와 종속변수의 관계를 살펴볼 목적으로 MINITAB 통계프로그램을 이용하여 response surface regression (RSREG)을 실시한 다음 종속변수에 대한 3종의 독립변수 상호 간의 관계를 Maple software를 사용하여 각각 3차원으로 도식화하였다. 종속변수인 점도(Y_1)는 X_1 의 경우 -1.41에서 +1.41로 이동할수록 급격히 감소하는 경

Table 2. Results on the sensory evaluation of oyster *Crassostrea gigas* extract with milk prepared with different milk-adding concentration based on the frozen-boiled oyster

Concentration (%)	Sensory evaluation (score)			
	Color	Taste	Flavor	Overall acceptance
Control ¹	5.0±0.0 ^{c2}	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a
20	3.7±0.5 ^a	6.0±0.5 ^{bc}	6.1±0.3 ^b	5.9±0.3 ^{bc}
35	4.1±0.3 ^{ab}	6.5±0.5 ^c	5.8±0.4 ^b	6.4±0.5 ^c
50	4.4±0.5 ^{abc}	6.1±0.3 ^{bc}	5.5±0.5 ^{ab}	5.7±0.5 ^{abc}
65	4.5±0.5 ^{abc}	5.8±0.4 ^{bc}	5.4±0.5 ^{ab}	5.6±0.5 ^{abc}
80	4.7±0.5 ^{bc}	5.4±0.5 ^{ab}	5.4±0.5 ^{ab}	5.4±0.5 ^{ab}

¹Control, Commercial milk. ²Difference letters on the data in the column indicate a significant difference at P<0.05.

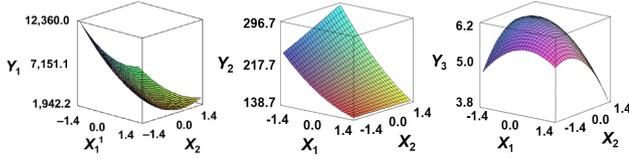


Fig. 2. Three dimensional response surface plots for optimization of ingredient-blending concentration of cream sauce based on Y_1 (viscosity, cP), Y_2 (amino-N, mg/100 g), and Y_3 (overall acceptance, score). X_1 [A/(B+C)], X_2 (B/C); A, Whipping cream; B, Oyster extract with milk; C, Mixed powder (garlic powder: onion powder=1:1).

향을 나타내었고, X_2 의 경우 -1.41에서 +0.52로 이동할수록 미미하게 감소하는 경향을 나타내었으며, 이후 완만히 증가하는 경향을 나타내었다. 아미노산질소(Y_2)는 X_1 의 경우 -1.414에서 +1.414로 이동할수록 급격히 감소하는 경향을 나타내었고, X_2 의 경우 -1.414에서 +1.414까지 이동할수록 서서히 증가하는 경향을 나타내었다. 크림소스의 종속변수인 종합적 기호도(Y_3)는 X_1 및 X_2 값이 -1.414에서 각각 -0.41 및 0.01까지 급격히 증가하여 최대치가 되었고, 그 이후 두 종류의 변수가 모두 급속히 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 2).

크림소스의 점도(Y_1), 아미노산질소(Y_2) 및 종합적 기호도(Y_3)에 대한 결과치(Table 3)를 이용하여 MINITAB program의 RSREG로 크림소스의 점도(Y_1), 아미노산질소(Y_2) 및 종합적 기호도(Y_3)에 대한 일차항, 이차항 및 교차항과 같은 여러 가지 2차 회귀방정식의 계수들과 이들의 유의성을 살펴본 결과는 Table 4와 같다. MINITAB 통계 프로그램의 RSREG로 분석한 데이터를 활용하여 살펴본 종속변수에 대한 각 항

들의 P-value는 점도(Y_1)와 종합적 기호도(Y_3)의 경우 일차항 2종(X_1, X_2), 이차항 2종(X_1^2, X_2^2), 교차항 1종(X_1X_2)의 모든 항(5종)이, 아미노산질소(Y_2)의 경우 일차항 2종(X_1, X_2), 이차항 1종(X_1^2), 교차항 1종($X_1^2X_2^2$)으로 총 4종의 항만이 유의성이 인정되었다($P < 0.05$). 한편, 반응모형방정식은 구성항의 유의성을 고려하지 않는 경우 다양한 항을 구성하고 있어 유의성이 인정되는 항만을 정리를 할 필요가 있다(Bezerra et al., 2008; Kim et al., 2010). 따라서, 크림소스의 점도(Y_1), 아미노산질소(Y_2) 및 종합적 기호도(Y_3)의 반응모형방정식을 유의성($P < 0.05$)이 인정되는 항만을 나타내는 경우 $Y_1 = 3420 - 1674X_1 - 1805X_2 + 543X_1^2 + 730X_2^2 + 738X_1X_2$ ($R^2 = 0.979$, P-value = 0.000), $Y_2 = 194.87 - 45.67X_1 + 10.34X_2 + 7.60X_1^2 - 7.58X_1X_2$ ($R^2 = 0.990$, P-value = 0.000), $Y_3 = 6.1670 - 0.3996X_1 - 0.2009X_2 - 0.5083X_1^2 - 0.5833X_2^2 - 0.5250X_1X_2$ ($R^2 = 0.922$, P-value = 0.002)와 같다.

크림소스를 위한 간결 반응모형방정식의 독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 ANOVA분석으로 살펴본 결과는 Table 5와 같다. 크림소스의 최적화를 위한 반응모형방정식은 점도(Y_1), 아미노산질소(Y_2) 및 종합적 기호도(Y_3)가 모두 일차항, 이차항 및 교차항에서 유의성이 인정되었다($P < 0.05$). 크림소스의 배합조건 최적화를 위한 반응모형방정식 모델의 적합 결여 검증(lack of fit test)은 점도(Y_1), 아미노산질소(Y_2) 및 종합적 기호도(Y_3)가 각각 0.116, 0.099 및 0.179로 모두 0.05보다 높아 적합한 모델로 간주된다(Isa et al., 2011; Shin et al., 2020). 결정계수(R^2)가 각각 0.979, 0.990 및 0.922로 1에 가까우며, model 값이 각각 0.000, 0.000 및 0.002로 0.05보다 낮아 설계 모형이 모두 적합한 것으로 나타났다(Zhou and Regenstein, 2004).

한편, 크림소스의 배합조건은 과도한 휘핑크림을 첨가할 경우

Table 3. Central composite rotatable design of independent variables and response on dependent of cream sauce prepared under the conditions

Coefficients assessed by	Run no.	Uncoded values ¹		Blending concentration ¹ (% , w/w)			Dependent variables ²		
		X_1	X_2	A	B	C	Y_1	Y_2	Y_3
Fractional factorial design (4 points)	1	2.00	3.00	66.67	25.00	8.33	8513.5	223.6	5.3
	2	4.00	3.00	80.00	15.00	5.00	3938.1	153.8	5.6
	3	2.00	5.00	66.67	27.78	5.56	3535.3	259.1	5.9
	4	4.00	5.00	80.00	16.67	3.33	1913.0	159.0	4.1
Star points (4 points)	5	1.59	4.00	61.33	30.94	7.73	7266.2	278.9	5.6
	6	4.41	4.00	81.53	14.78	3.69	2181.6	140.7	4.4
	7	3.00	2.59	75.00	18.03	6.97	7726.4	172.0	5.1
	8	3.00	5.41	75.00	21.10	3.90	2469.5	201.7	4.6
Central points (3 points)	9	3.00	4.00	75.00	20.00	5.00	3435.3	196.4	6.3
	10	3.00	4.00	75.00	20.00	5.00	3263.4	195.2	6.1
	11	3.00	4.00	75.00	20.00	5.00	3562.1	193.0	6.1

¹ X_1 [A/(B+C)], X_2 (B/C); A, Whipping cream; B, Oyster extract with milk; C, Mixed powder (garlic powder: onion powder=1:1). ² Y_1 (Viscosity, cP), Y_2 (Amino-N, mg/100 g), Y_3 (Overall acceptance, score).

고소한 맛과 풍미는 상승하지만, 굴의 풍미 감소 및 느끼한 맛과 제조단가 상승 등의 문제로 인하여 생산의 어려움과 소비자의 구매 기피가 우려되고, 과도한 우유추출물을 첨가할 경우 굴의 풍미 및 영양특성이 상승하지만, 제조단가 상승 등이 우려되며, 혼합분말을 다량 첨가할 경우 마늘과 양파의 풍미 향상 효과가 있지만, 제조단가 상승 및 점성 증가로 외관이 좋지 않은 등이 우려되어 소비자가 구매를 기피할 우려가 있어 적정 첨가량을 고려한 범위가 설정되어야 한다. 한편, 점도는 크림 소스의 품질 특성을 결정하는 데 중요한 역할을 하며(Kim et al., 2021), 크림 소스의 종속변수[점도(Y_1), 아미노산질소(Y_2) 및 종합적 기호도(Y_3)] 적용범위는 예비실험 결과와 판매되고 있는 시판 크림소스와 비교하여 결정하였다. 즉, 점도는 1,942.2–12,360.0 cP, 아미노산질소 함량은 138.7–296.7 mg/100 g, 종합적 기호도는 1–9점으로 설정하였으며, 이들의 목표값은 예비실험 결과 및 기호성이 우수한 시판 크림소스의 종속변수에 대한 분석 데이터를 참고하여 점도의 경우 3,743.4 mg/100 g으로, 아미노산질소의 경우 200.0 mg/100 g으로, 종합적 기호도의 경우 최대값인 9점으로 설정하였다. 이러한 일면에서 크림소스의 배합 조건에 대한 종속변수 각각과 이들이 동시에 만족할 수 있는 독

립변수의 최적조건을 예측할 목적으로 앞에서 언급한 조건을 설정한 다음 MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 독립변수의 최적조건 예측치는 Table 6과 같다. 크림소스의 배합공정 최적화용 독립변수(X_1 및 X_2) 목표값을 고려한 점도(Y_1) 최적값은 부호값(coded value)이 각각 1.41 및 -1.05이었고, 이를 실제값(uncoded value)으로 환산하는 경우 각각 4.41 및 2.95이었으며, 암호화된 값을 첨가비율로 환산하는 경우 휘핑크림(A) 81.52% (w/w), 우유추출물(B) 13.80% (w/w) 및 혼합분말(C) 4.68% (w/w)이었다. 크림소스의 배합조공정 최적화용 독립변수(X_1 및 X_2) 목표값을 고려한 아미노산질소(Y_2) 최적값은 부호값이 각각 -0.68 및 -1.41이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 2.32 및 2.59이었으며, 암호화된 값을 첨가비율로 환산하는 경우 휘핑크림(A) 69.88% (w/w), 우유추출물(B) 21.73% (w/w) 및 혼합분말(C) 8.39% (w/w)이었다. 크림소스의 배합공정 최적화용 독립변수(X_1 및 X_2) 목표값을 고려한 종합적 기호도(Y_3) 최적값은 부호값이 각각 -0.41 및 0.01이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 2.59 및 4.01이었으며, 암호화된 값을 환산하는 경우 휘핑크림(A) 72.14% (w/w), 우유추출물(B) 22.30% (w/w) 및 혼합분말(C) 5.56% (w/w)이었다. 위에서 언급한 크림소스의 배합조건에 따른 독립변수를 동시에 충족하는 휘핑크림, 우유추출물 및 혼합분말의 암호화된 값인 X_1 및 X_2 는 각각 -0.07 및 -0.10이었고, 이를 실제값으로 환산한 값은 각각 2.93 및 3.90이었으며, 암호화된 값을 휘핑크림(A), 우유추출물(B) 및 혼합분말(C)로 다시 환산하는 경우 이들의 값은 각각 74.55% (w/w), 20.25% (w/w) 및 5.20% (w/w)이었다.

최적 조건[휘핑크림 74.55% (w/w), 우유추출물 20.25% (w/w) 및 혼합분말 5.20% (w/w)]에서 제조된 크림 굴 그라탕용 크림소스의 예측된 점도는 Table 7과 같다. 최적 조건에서 제조된 크림 굴 그라탕용 크림소스의 예측된 점도는 3,735.6 cP, 아미노산질소는 197.0 mg/100 g, 종합적 기호도는 6.2점이었고, 실제 점도는 $3,711.9 \pm 30.0$ cP, 아미노산질소는 198.1 ± 1.9 mg/100 g, 종합적 기호도는 6.3 ± 0.5 점으로 예측값과 유의적인 차이가 인정되지 않았다($P > 0.05$).

이상의 결과로 미루어 보아 제시된 반응표면 모델은 크림소스 배합조건(휘핑크림, 우유추출물 및 혼합분말)의 최적 모델이라 판단되었다.

크림 굴 그라탕의 제조를 위한 마카로니 및 치즈 첨가 비율 최적화

크림 굴 그라탕에 대한 마카로니와 치즈(1:2, w/w)의 첨가 비율(15.4–61.6%, 15.4% 간격)에 따른 크림 굴 그라탕의 관능적 조직감, 고형물 만족도 및 종합적 기호도를 살펴본 결과는 Table 8과 같다. 마카로니와 치즈의 첨가 비율에 따른 크림 굴 그라탕의 관능적 특성은 조직감, 고형물 만족도 및 종합적 기호도와 같은 관능항목에 관계없이 첨가량이 모두 46.2% (w/w)까지의

Table 4. Estimated coefficients of the fitted quadratic polynomial equation for different responses of dependent variables based on t-statistic

	Y_1^2		Y_2		Y_3	
	Coef-ficient	P-value	Coef-ficient	P-value	Coef-ficient	P-value
Intercept	3420	0.000	194.87	0.000	6.1670	0.000
X_1^1	-1674	0.000	-45.67	0.000	-0.3996	0.003
X_2	-1805	0.000	10.34	0.001	-0.2009	0.041
X_1X_1	543	0.012	7.60	0.008	-0.5083	0.002
X_2X_2	730	0.004	-3.87	0.080	-0.5833	0.001
X_1X_2	738	0.007	-7.58	0.015	-0.5250	0.004

¹ X_1 [A/(B+C)], X_2 (B/C); A, Whipping cream; B, Oyster extract with milk; C, Mixed powder (garlic powder: onion powder=1:1). ² Y_1 (Viscosity, cP), Y_2 (Amino-N, mg/100 g), Y_3 (Overall acceptance, score).

Table 5. Analysis of variance (ANOVA) for response of dependent variables

Dependent	P-value				
	Model	Linear	Quadratic	Cross-product	Lack of fit
Y_1^1	0.000	0.000	0.007	0.007	0.116
Y_2	0.000	0.000	0.007	0.015	0.099
Y_3	0.002	0.005	0.002	0.004	0.179

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

Table 6. Optimal conditions predicted for preparation of cream sauce obtained by MINITAB program

Dependent variables	Value	X_1^1	X_2
Y_1^2	Target	3,743.4	3,743.4
	Coded	1.41	-1.05
	Actual	4.41	2.95
Y_2	Target	200.0	200.0
	Coded	-0.68	-1.41
	Actual	2.32	2.59
Y_3	Target	Max	Max
	Coded	-0.41	0.01
	Actual	2.59	4.01
Multiple response optimization	Coded	-0.07	-0.10
	Actual	2.93	3.90

¹ X_1 [A/(B+C)], X_2 (B/C); A, Whipping cream; B, Oyster extract with milk; C, Mixed powder (garlic powder: onion powder=1:1). ² Y_1 (Viscosity, cP), Y_2 (Amino-N, mg/100 g), Y_3 (Overall acceptance, score).

경우 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었고(P<0.05), 이후 변화가 없거나(P>0.05), 감소하는 경향을 나타내었다(P<0.05). 이와 같은 결과는 조직감의 경우 치즈의 영향으로 판단되었고, 고형물 만족도와 종합적 기호도의 경우 마카로니와 치즈 모두의 영향으로 판단되었다. 이상의 마카로니 및 치즈의 첨가 비율에 따른 크림 굴 그라탕의 관능 특성으로 미루어 보아 크림 굴 그라탕에 대한 마카로니와 치즈의 최적 첨가 비율은 46.2% (w/w)(마카로니:치즈=15.4:30.8)이었다.

최적 크림 굴 그라탕의 관능적 품질 특성

최적 크림 굴 그라탕은 냉동자숙굴에 우유 35.0% (w/w)와 백후추 0.5% (w/w)를 넣은 다음 우유 온도가 80°C가 되는 시점부터 2분 동안 가열하고, 우유추출물과 굴 고형물을 분리하였

Table 7. Experimental and predicted Y_1 , Y_2 , and Y_3 of oyster *Crassostrea gigas* gratin prepared with optimized conditions

Dependent variables	Value	
	Predicted	Experimental
Y_1 (Viscosity, cP)	3,735.6 ^{a1}	3,711.9±30.0 ^a
Y_2 (Amino-N, mg/100 g)	197.0 ^a	198.1±1.9 ^a
Y_3 (Overall acceptance, score)	6.2 ^a	6.3±0.5 ^a

¹Difference letters on the data in the row in the row indicate a significant difference at P>0.05.

다. 이어서 우유추출물에 휘핑크림(172.0%, w/w), 혼합분말(12.0%, w/w), 소금(0.5%, w/w)을 각각 첨가하여 크림소스 온도가 65°C가 되는 시점부터 5분 동안 가열하여 제조하였다. 이후 크림소스를 냉각한 다음 분리한 굴 고형물, 삶은 마카로니(15.4%, w/w), 치즈(30.8%, w/w), 파슬리(0.2%, w/w)를 용기에 넣고, 급속냉동시켜 제조하였다(Fig. 3). 위에서 언급된 조성비는 냉동자숙굴 중량 기준으로 하였다.

시판 치즈 해물 그라탕의 외형, 맛, 향, 조직감과 이들에 대한 종합적 기호도를 기준점인 5점으로 하고, 최적 크림 굴 그라탕

Table 8. Results on the sensory evaluation of oyster *Crassostrea gigas* gratin with cream prepared by different concentration of macaroni and cheese mixture

Concentration (%) ¹	Sensory evaluation (score)		
	Texture	Solid acceptance	Overall acceptance
15.4	4.5±0.2 ^{a2}	3.1±0.5 ^a	4.7±0.3 ^a
30.8	5.2±0.3 ^b	4.0±0.3 ^b	5.1±0.4 ^a
46.2	6.5±0.5 ^c	6.7±0.5 ^d	6.8±0.4 ^c
61.6	6.1±0.3 ^c	5.5±0.4 ^c	6.1±0.2 ^b

¹Macaroni:cheese=1:2 (w/w), based on forzen-boiled oyster. ²Difference letters on the data in the column indicate a significant difference at P<0.05.



Fig. 3. Photograph of oyster *Crassostrea gigas* gratin with cream sauce prepared under optimization condition.

Table 9. Results on the sensory evaluation of developed oyster *Crassostrea gigas* gratin with optimized manufacturing condition and commercial seafood gratin with cheese

Gratin	Sensory evaluation (score)				
	Color	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptance
Commercial	5.0±0.0 ^{a1}	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a
Oyster gratin	7.3±0.5 ^b	7.4±0.5 ^b	7.8±0.4 ^b	7.6±0.5 ^b	7.3±0.5 ^b

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

의 관능 특성이 이보다 우수한 경우 6-9점, 열악한 경우 4-1점으로 하는 9단계 평점법으로 평가한 관능특성은 Table 9와 같다. 시제 크림 굴 그라탕의 관능평점은 외형 7.3점, 맛 7.4점, 향 7.8점, 조직감 7.6점 및 종합적 기호도 7.3점으로, 기준점인 대조구에 비하여 모두 유의적으로 우수하였다($P < 0.05$). 이와 같이 시판 대조구에 비하여 시제 크림 굴 그라탕이 모두 우수한 것은 우유가 굴의 강한 향을 포집하였고(Heu et al., 2008), 특유의 백색으로 백색도를 증가시켰을 뿐만이 아니라 조직감을 부드럽게 개선시켰기 때문이었다. 이상의 관능검사 결과로 미루어 보아 시제 크림 굴 그라탕은 시판 치즈 해산물 그라탕의 외형, 맛, 향, 조직감과 이들에 대한 종합적 기호도에 비하여 우수하여 시장에 출시하여도 품질면에서 충분히 경쟁력이 있으리라 판단되었다.

사 사

이 논문은 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(대일 검사강화조치 대응 수출시장 다변화 수산식품 개발).

References

aT FIS (Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation). 2019. Home meal replacement market current situation processed food segment market. Retrieved from <https://www>.

atfis.or.kr/home/board/FB0027.do?act=read&bpoId=3260 on May 12, 2020.

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>.

Cha JW, Lee SG, Park SY, Kang SI, Kang YM and Kim JS. 2018. Preparation and characterization of canned oyster *Crassostrea gigas* in white sauce. *Korean J Fish Aquat Sci* 51, 491-498. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0491>.

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. *Fish Aquat Sci* 18, 27-33. <https://doi.org/10.5657/fas.2015.0027>.

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 Korean Soc Food Sci Nutr* 37, 223-230. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2008.37.2.223>.

Hwang YS, Kim SH, Kim BG, Kim SG, Cho JH and Oh KS. 2015. Processings and quality characteristics of the oyster sauce from IQF oyster *Crassostrea gigas*. *Korean J Fish Aquat Sci* 48, 833-838. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2015.0833>.

Iavarone F, Desiderio C, Vitali A, Messana I, Martelli C, Castagnola M and Cabras T. 2018. Cryptides: latent peptides everywhere. *Crit Rev Biochem Mol Biol* 53, 246-263. <https://doi.org/10.1080/10409238.2018.1447543>.

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>.

Jo KS, Kim HK, Kang TS and Shin DH. 1988. Preparation and keeping quality of intermediate moisture food from oyster and sea muscle. *Korean J Food Sci Technol* 20, 363-370.

Kang KT, Heu MS and Kim JS. 2007. Development of spaghetti sauce with oyster. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36, 93-99. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2007.36.1.093>.

Kang SI, Kim KH, Lee JK, Kim YJ, Park SJ, Kim MW, Choi BD, Kim DS and Kim JS. 2014. Comparison of the food quality of freshwater rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* cultured in different regions. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 103-113. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0103>.

Kang SI, Kim YJ, Lee JU, Park JH, Choi KS, Hwang JY, Heu MS and Kim JS. 2021. Development and characteristics of cheese-topped, semi-dried and seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* with improved fish odor and texture. *Korean J Fish Aquat Sci* 54, 869-879. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0869>.

- KFN (The Korean Society of Food Science and Nutrition). 2000. Handbook of experiments in food science and nutrition. Food Hyoil, Seoul, Korea, 194-20.
- Kim DS, Lee HO, Rhee SK and Lee S. 2001. The processing of seasoned and fermented oyster and its quality changes during the fermentation. J Korean Soc Agric Chem Biotechnol 44, 81-87.
- Kim HJ, Yoon MS, Park KH, Shin JH, Heu MS and Kim JS. 2010. Processing optimization of gelatin from rockfish skin based on yield. Fish Aqua Sci 13, 1-11. <https://doi.org/10.5657/fas.2010.13.1.001>.
- Kim HS, Heu MS and Kim JS. 2006. Development of seasoned semi-dried oyster. J Korean Soc Food Sci Nutr 35, 1475-1483. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2006.35.10.1475>.
- Kim JH. 2000. Potential utilization of concentrated oyster cooker effluent for seafood flavoring agent. Korean J Fish Aquat Sci 33, 79-85.
- Kim JY, Choi JY, Kim JS, Jeong SU, Lee SH, Oh YJ and Moon KD. 2021. Effect of anticaking agents on caking and quality characteristics of garlic cream powder sauce. Korean J Food Preserv 28, 181-189. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2021.28.2.181>.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2021. Fisheries statistics. Retrieved from http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuIdM_01_01&vwcd=MT_ZTITL&parmTabId=M_01_01#SelectStatsBoxDiv on Jan 14, 2022.
- Lee SS, Kim NG and Choi JY. 2018. Comparison of food components in enzymatic oyster hydrolysates according to the processing conditions. J Korean Soc Food Sci Nutr 47, 620-628. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2018.47.6.620>.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2021. Fishery product statistics. Retrieved from <https://www.fips.go.kr/p/S020504/> on Jan 18, 2022.
- Park JS, Park DH, Kong CS, Lee YM, Lee JD, Park JH and Kim JG. 2018. Processing and characteristics of canned seasoned boiled oyster *Crassostrea gigas* and canned seasoned roasted oyster *Crassostrea gigas*. Korean J Fish Aquat Sci 51, 469-476. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0469>.
- Ryu TH, Kim JH, Shin JY, Kim SH and Yang JY. 2015. Optimization of hydrolysis using oyster and oyster cooking drip. J Life Sci 25, 795-800. <https://doi.org/10.5352/JLS.2015.25.7.795>.
- 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>.
- Son GT, Sim KB, Lim CW, Yoon NY, Seo JH, Sam GJ, Jeong WY and Cho YJ. 2014. Relationship of pH, glycogen, soluble protein, and turbidity between freshness of raw oyster *Crassostrea gigas*. Korean J Fish Aquat Sci 47, 495-500. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0495>.
- Sorio JC, Sorio JC, Manozo J, Gonzales A and Lalaguna A. 2020. Development and quality evaluation of small rock oyster sauce from *Saccostrea* spp. J Fish 8, 792-797.
- Ueki N, Someya K, Matsuo Y, Wakamatsu K and Mukai H. 2007. Cryptides: functional cryptic peptides hidden in protein structures. Pept Sci 88, 190-198. <https://doi.org/10.1002/bip.20687>.
- Zhang L, Liu Y, Tian X and Tian Z. 2015. Antimicrobial capacity and antioxidant activity of enzymatic hydrolysates of protein from Rushan Bay oyster (*Crassostrea gigas*). J Food Process Preserv 39, 404-412. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12245>.
- Zhou P and Regenstein JM. 2004. Optimization of extraction conditions for pollock skin gelatin. J Food Sci 69, c393-c398. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb10704.x>.