

Response Surface Methodology를 이용한 승어(*Mugil cephalus*) 반염건품의 개발

박권현 · 허민수¹ · 김진수^{2*}

아워홈 식품사업부, ¹경상대학교 식품영양학과, ²경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소

Development of Salted Semi-dried Common Gray Mullet *Mugil cephalus* using Response Surface Methodology

Kwon Hyun Park, Min Soo Heu¹ and Jin-Soo Kim²

Department of Food Division, Ourhome, Eumseong 27650, Korea

¹Department of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 52826, Korea

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

This study examined the optimal salting drying method and processing conditions (salt concentration, curing time, dry temperature, and drying time) for preparing salted semi-dried common gray mullet (SSD-CGM) *Mugil cephalus* based on the moisture content, salinity, and overall acceptance using response surface methodology (RSM). The moisture content, salinity, and overall acceptance of SSD-CGM prepared with different salting methods revealed that dry salting was the optimal salting method for preparing high-quality SSD-CGM. The optimal drying method for preparing high-quality SSD-CGM based on the drying velocity and sensory color was hot air-blast drying. The results of the RSM program indicated that the optimal independent variables (X_1 , salt concentration; X_2 , curing time; X_3 , dry temperature; X_4 , drying time) based on the dependent variables (Y_1 , moisture content; Y_2 , salinity; Y_3 , overall acceptance) for high-quality SSD-CGM were 5.6% for X_1 , 2.7 h for X_2 , 47.0°C for X_3 , and 8.5 h for X_4 for uncoded values. The predicted values of Y_1 , Y_2 , and Y_3 for SSD-CGM prepared under optimal conditions were 54.4%, 4.2%, and 6.3, respectively, while the experimental values were $55.2 \pm 1.0\%$, $4.1 \pm 0.3\%$ and 6.7 ± 0.8 . The actual and predicted values did not differ.

Key words: Salted semi-dried fish, Common gray mullet, *Mugil cephalus*, Response surface methodology, RSM

서 론

예로부터 우리나라에서 어류 반염건품은 동결 어류를 해동한 다음 butterfly type의 경우 배를 완전히 갈라서, 그리고 drawn type의 경우 배를 약간만 절개하여 내장과 아가미를 각각 제거하고 염지 처리한 다음 하루 동안 천일건조하여 제조하고 있다(Joo, 2011). 어류 반염건품은 예전의 경우 제수용과 일반용으로 반염건 민어를 즐겨 이용하여 왔고, 이의 맛이 아주 뛰어나 최근에는 재래식 시장을 통하여 전국적으로 유통되고 있다(Heu et al., 2014). 하지만, 민어는 국내에서 어획 및 양식되고

있는 것들 중 활어의 경우 대부분이 횡감으로 이용되고 있고, 선어와 동결어의 경우 대부분이 반염건 민어의 형태로 가공되어 이용되고 있으나 원료로서 공급이 부족하여 다량이 수입되고 있다. 따라서 반염건품의 소재로서 민어 이외에 또 다른 대체 어종의 개발이 시급하다. 이러한 일면에서 농어목 바리과에 속하면서 우리나라를 위시하여 동중국해, 일본 중부이남, 대서양, 인도양 및 서태평양 등에 서식하고 있는 능성어(Song et al., 2005)와 농어목 민어과에 속하면서 아프리카 서부 연안, 세네갈 및 스페인 등에서 주로 저층트롤과 정치망 어업 등으로 어획되어 국내로 반입되거나 수입되는 영상가이석태(Park, 2011)가 이들

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0839>



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.

Korean J Fish Aquat Sci 48(6) 839-848, December 2015

Received 16 August 2015; Accepted 7 September 2015

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9146 Fax: +82. 55. 772. 9149

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

반염건 민어의 대체 소재로 많이 이용되고 있다.

한편, 송어는 송어목 송어과에 속하는 해산어류로서 우리나라의 남해, 태평양, 대서양 및 인도양의 온대, 열대와 같은 해역에 주로 서식하고 있다. 송어의 국내 어획량은 경상남도 하동군을 위시한 일부 지역에서 2004년에 8,023 M/T, 2005년에 11,448 M/T, 2006년에 8,835 M/T, 2007년에 11,312 M/T, 2008년에 8,248 M/T, 2009년에 6,178 M/T, 2010년에 6,587 M/T, 2011년에 6,912 M/T, 2012년에 4,752 M/T, 2013년에 3,168 M/T, 2014년에 2,890 M/T로 생산되었고, 이와 같이 양식산 송어는 다른 어종에 비하여 과량 생산되어 수입은 거의 되지 않고 있다 (Agriculture Forestry Fisheries Information Service, 2015). 이들 송어의 어획은 주로 부산광역시, 경상남도과 경상북도과 같은 영남지역, 그리고 전라남도과 전라북도과 같은 호남지역 등에서 대부분이 이루어지고 있다. 이로 인하여, 남부지방의 송어 양식 어가는 송어의 과잉 생산과 일시에 대량 출하에 따른 가격 하락 등으로 어려움에 처하여 있고(Park, 2011), 이를 해결하기 위한 방안 중의 하나가 국내 양식산 송어의 물량을 조절하는 것이다(Heu et al., 2011). 하지만 양식산 송어의 물량 조절은 과잉 생산 송어의 용도 개발에 의한 자발적 제한이 되지 않는 경우 실패할 가능성이 높다. 이러한 일면에서 과량 생산되고 있는 송어를 전통 수산가공품 중의 하나인 반염건 송어 등의 가공품의 소재로 활용하는 경우 그 의미가 상당히 크다.

반응표면분석법(response surface methodolpogy, RSM)은 여러 가지 인자를 동시에 고려하면서 가장 적은 수의 실험으로 최적조건을 구명하는 통계학적 기법으로, 최근 여러 가지 가공제품의 개발을 위한 생산 공정에서 인자들의 최적화 조건을 구명하기 위하여 다양하게 응용되고 있는 통계 프로그램 중의 하나이다(Raficjan et al., 2011, Gontard et al., 1992). 즉, 반응표면분석법은 여러 가지 요인의 독립 변수에 대하여 실험을 적절히 계획하여 종속변수의 값을 측정한 다음, 이 데이터들을 분석하여 독립변수와 종속변수 간의 함수관계를 추정하고, 독립변수 값의 변화를 통하여 반응량이 어떻게 달라지는가를 예측하고, 반응량을 최적화할 수 있는 독립변수를 구명하는 통계기법이다. 이로 인하여 반응표면분석법은 우리나라에서도 느타리 증식육의 개발(Lee et al., 1997)과 같은 최근 식품개발과 황다랑어 껍질로부터 젤라틴 추출공정의 최적화(Cho et al., 2005)와 같은 반응 특성 등의 연구에 다양하게 응용되고 있다. 이러한 일면에서, 송어를 활용하여 고품질 반염건 송어 가공품을 제조하고자 할 때 반응표면분석법을 활용하는 경우 상당히 효율적이라 판단된다. 하지만 현재 송어는 물론이고 타 어종을 이용한 반염건제품의 가공공정 개발을 위하여 반응표면분석법을 응용한 경우는 아직 찾아 볼 수 없는 실정이다.

송어를 활용한 식품학적 연구로는 Lee and Park (1985)의 partial freezing에 의한 송어의 선도 및 어묵 형성능의 변화, Cho et al. (1988, 1989)의 영암산 염건 송어알의 가공과 조성에 관한 것과 저장 중 중성지질 지방산 조성의 변화, Celik et al.

(2012)의 저온저장 중 신선 및 건조 송어알의 품질 변화, Kim et al. (2009)의 송어(*Mugil cephalus*) 비늘의 저분자 콜라겐 펩타이드 추출물이 고지혈증 흰쥐의 혈청 지질대사에 미치는 영향에 관한 것 등의 다수가 있으나, 송어를 이용한 반염건제품의 제조 및 저장 안정성에 관한 연구는 시도된 바가 없다.

본 연구에서는 고품질 반염건 송어 가공품을 제조할 목적으로 반응표면분석법을 활용하여 고품질 반염건 송어 가공품의 최적 가공조건을 설정하고자 시도하였다.

재료 및 방법

재료

반염건 송어의 제조 원료로 사용한 송어(*Mugil cephalus*)는 경상남도 하동군 소재 양식장에서 양식한 것으로 체장이 30-34 cm 범위, 체중이 489-618 g 범위인 것을 경상남도 하동군 소재 하동수산협동조합에서 구입하여 사용하였다. 반염건 송어의 제조를 위하여 사용한 식염은 전라남도 신안군 소재 호남염전에서 생산한 천일염을 경상남도 통영시 소재 마트에서 구입하여 사용하였다.

반염건 송어의 제조를 위한 최적 염지방법과 건조방법의 구명

고품질 반염건 송어의 제조를 위하여 먼저 염지방법과 건조방법을 검토하고 구명한 후 이들의 적정방법에서 염지농도, 염지시간, 건조온도 및 건조시간의 조건을 구명하였다. 반염건제품의 염지방법은 건염법, 습염법 및 개량 습염법과 같이 달리하여 제조한 다음 구명을 시도하였다. 즉, 전처리한 송어를 10% 식염수로 수세, 탈수한 다음 건염법 처리 반염건제품의 경우 어체에 대하여 10%에 해당하는 식염으로 살포한 후 저온실에서 2시간 동안 처리하여 제조하였고, 개량 습염법 처리 반염건제품의 경우 어체에 대하여 10%에 해당하는 식염으로 살포한 후 6% 식염수에 잠길 정도로 하여 저온실에서 2시간 동안 처리하여 제조하였으며, 습염법 처리 반염건제품의 경우 어체에 대하여 8% 식염수에 잠길 정도로 하여 저온실에서 2시간 동안 처리하여 제조하였다. 이와 같이 염지방법을 달리한 반염건제품은 모두 재수세(과잉의 소금 제거) 및 재탈수(10분)하고, 열풍 건조(50℃에서 건조 2시간 후 가압탈수 시간 포함하여 8시간 처리)한 다음 최적 염지방법의 구명을 위한 시료로 사용하였다. 건조 방법의 구명을 위한 반염건제품은 전처리 조건을 동일하게 실시한 다음 천일건조, 냉풍건조 및 열풍건조와 같이 건조방법을 달리하여 제조하였다. 즉, 전처리한 송어를 10% 식염수로 수세 및 탈수하고 습염법으로 염지(어체에 대하여 8% 식염수에 잠길 정도로 하여 저온실에서 2시간 동안 처리)한 다음 재수세 및 재탈수(10분)하고, 천일건조(2일에 걸쳐 6시간씩 건조), 냉풍건조(28℃에서 8시간 건조) 및 열풍건조(40℃에서 8시간 건조)와 같이 건조 방법을 달리하여 시료로 사용하였다.

반응표면분석법을 이용한 반염건 송어의 최적 염지 및 건조 조건 설정

송어를 이용한 반염건품은 제조 공정 중 식염농도(X_1)와 염지 시간(X_2), 건조온도(X_3)와 건조시간(X_4) 등과 같은 여러 가지 변수에 의하여 풍미, 조직감 및 저장성 등이 달라져 품질에 상당히 차이가 있을 수 있다. 이러한 일면에서 본 실험에서는 반염건 송어의 제조 특성 모니터링과 조건의 최적화를 위하여 반응표면분석법을 사용하였다. 중심합성계획(central composite design)에 의한 독립변수(X_i)는 Table 1과 같이 식염 농도(2-10%), 염지 시간(1-5 시간), 건조 온도(30-70°C)와 건조시간(4-12 시간)을 5단계로 부호화하여 중심합성계획에 따라 각각 27구의 시료구(Table 2)를 무작위적으로 제조한 다음 실험을 진행하였다. 이 때 4개의 독립변수 범위와 center point value들은 예비 실험의 결과를 토대로 선정하였다. 반염건 송어의 종속변수(Y_n)는 품질에 가장 크게 영향을 미치는 수분 함량, 염도 및 종합적 기호도로 하였고, 이들은 3회 반복 측정하여 그 평균값을 회귀 분석에 사용하였다. 회귀분석에 의한 정준형식 확인은 statistical analysis system (SAS) program을 이용하였고 최적점의 예측 및 확인은 MINITAB program을 이용하였으며 독립변수와 종속변수 간에 관계는 Maple software를 이용하였다.

수분함량, 염도 및 종합적 기호도

수분 함량은 마쇄 반염건품을 시료로 하여 Association of Official Analytical Chemists AOAC법(1995)에 따라 상압가열건조법으로 측정하였다. 염도는 마쇄 반염건품에 5배량(w/v)의 탈이온수를 가하고, 이를 교반, 원심분리하여 얻은 여과물을 전처리 시료로 하여 염도계(Istek model 460CP, Seoul, Korea)로 측정하였다.

종합적 기호도는 대학생과 대학원생으로 구성된 9인의 관능요원에 의하여 종합적 기호도에 대하여 실시하였다. 이 때 송건 반염건품의 종합적 기호도가 보통인 경우 5점으로 하고, 이보다 열악한 경우 4-1점으로, 이보다 우수한 경우 6-9점으로 하는 9단계 평점법으로 실시하였다.

통계처리

데이터의 통계처리는 SAS system (Cary, NC, USA)을 이용

Table 1. Code level of independent variables in experimental design for preparing salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus*

Independent variable	Symbol	Range levels				
		-2	-1	0	+1	+2
Salt conc. (%)	X_1	2	4	6	8	10
Salt time (h)	X_2	1	2	3	4	5
Drying temp. (°C)	X_3	30	40	50	60	70
Drying time (h)	X_4	4	6	8	10	12

Table 2. Central composite design and responses of dependent variables for salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus* to independent variables

No.	Independent variables				Coefficients assessed by
	X_1 (%) Salt conc.	X_2 (h) Curing time	X_3 (°C) Drying temp.	X_4 (h) Drying time	
1	-1	-1	-1	-1	Fractional factorial design (16 points)
2	1	-1	-1	-1	
3	-1	1	-1	-1	
4	1	1	-1	-1	
5	-1	-1	1	-1	
6	1	-1	1	-1	
7	-1	1	1	-1	
8	1	1	1	-1	
9	-1	-1	-1	1	
10	1	-1	-1	1	
11	-1	1	-1	1	
12	1	1	-1	1	
13	-1	-1	1	1	
14	1	-1	1	1	
15	-1	1	1	1	
16	1	1	1	1	
17	-2	0	0	0	Star points (8 points)
18	2	0	0	0	
19	0	-2	0	0	
20	0	2	0	0	
21	0	0	-2	0	
22	0	0	2	0	
23	0	0	0	-2	
24	0	0	0	2	
25	0	0	0	0	Central points (3 points)
26	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	

하여 분산분석(ANOVA test)하였고, 각 처리구간의 유의성은 Duncan의 다중위검정법(Duncan's multiple range test)을 이용하여 $P<0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

염처리 방법

고품질 반염건 송어의 제조를 목적으로 전처리 방법의 하나인 염처리 방법을 구명하고자 건염법, 습염법 및 개량 습염법으로 처리한 반염건 송어의 수분 함량, 염도 및 종합적 기호도를 살

폐 분 결과는 Table 3과 같다. 여러 가지 염지법으로 처리한 반염건 송어는 수분 함량 및 염도의 경우 건염법이 각각 57.8% 및 4.1%, 개량 습염법이 각각 62.2% 및 3.6%, 그리고 습염법이 각각 61.0% 및 3.4%로, 건염법에 비하여 개량 습염법 및 습염법이 수분 함량의 경우 약간 높은 경향을 나타내었고, 염도의 경우 약간 낮은 경향을 나타내었다. 이와 같은 반염건 송어의 염지 처리 방법에 따른 수분 함량과 염도의 차이는 염지 처리 시 사용한 식염에 의한 단백질 변성 정도의 차이와 더불어 식염수 사용에 의한 수분의 흡수 정도에서 차이가 있었기 때문이라 판단되었다. 염지 처리 방법에 따른 반염건 송어의 종합적 관능적 기호도는 건염법 처리 반염건 송어가 조직감이 우수하여 7.9점으로 가장 높은 평점을 받았고, 다음으로 개량 습염법 처리 반염건 송어(6.4점)의 순이었다.

이상의 여러 가지 염지법으로 제조한 반염건 송어의 수분 함량, 염도 및 종합적 관능 기호도의 결과로 미루어 보아 고품질 반염건 송어의 제조를 위한 염지 처리법은 건염법이 가장 적절하리라 판단되었다.

건조방법

시판 어류 반염건품은 일반적으로 어체를 전처리한 다음 적정 시간 습염시키고 탈수한 다음, 적정시간 천일 건조하여 제조한다. 하지만, 천일건조는 기후 등의 영향으로 시간이 일정하게 적용되지 않고, 자외선 등에 의한 변색 등으로 제품의 품질이 균일하지 않으면서 품질저하가 일어나기 쉽다(Kim et al., 2000). 이러한 일면에서 본 연구에서는 품질이 균일한 반염건 송어를 제

Table 3. Moisture content, salinity and overall point of salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus* as affected by salting methods

Item	Salting methods		
	Dry salting	Modified brine salting	Brine salting
Moisture (%)	57.8±0.2 ^{a1}	62.2±0.2 ^c	61.0±0.8 ^b
Salinity (%)	4.1	3.6	3.4
Overall point	7.9±0.5 ^a	6.4±0.5 ^b	5.0±0.0 ^c

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

Table 4. Moisture content and sensory color of salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus* as affected by drying methods

Item	Drying methods		
	Sun	Cold air-blast	Hot air-blast
Moisture (g/100 g)	71.8±0.1 ^b	71.2±0.5 ^b	66.4±0.1 ^a
Sensory color	5.0±0.0 ^b	3.0±0.0 ^c	6.0±0.0 ^a

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

조할 목적으로 건조 방법에 따른 반염건 송어의 건조속도와 관능적 색상을 기준으로 적정 건조방법을 검토하고자 시도하였다(Table 4). 송어를 butterfly type으로 전처리한 다음 천일건조(2일에 걸쳐 6시간씩 건조), 냉풍건조(28℃에서 8시간 건조) 및 열풍건조(40℃에서 8시간 건조)한 결과 반염건 송어의 수분 함량과 관능적 기호도는 천일건조 제품의 경우 각각 71.8% 및 기준점인 5.0점으로, 기계 건조법인 냉풍건조법으로 처리한 제품의 각각 71.2% 및 3.0점에 비하여 수분함량은 유사하였고, 관능적 색상은 우수하였으며, 열풍 건조법으로 처리한 제품의 각각 66.4% 및 6.0점에 비하여 수분함량은 높았고, 관능적 색상은 열악하였다.

이와 같은 건조 방법에 따른 반염건 송어의 건조속도와 관능적 색상으로 미루어 보아 어류 반염건품의 제조를 위하여는 열풍 건조를 실시하는 것이 적절하리라 판단되었다.

최적 염지농도 및 건조조건

반염건 송어(butterfly type)의 제조를 위한 식염 침지 조건(식염 침지 농도와 시간)과 건조 조건(건조 온도와 시간)과 같은 독립 변수의 최적조건을 구명하기 위하여 Table 2에 제시된 바와 같이 중심합성계획에 따라 27구의 시료를 제조하여 종속변수인 수분 함량, 염도 및 종합적 기호도를 측정된 결과는 Table 5와 같다. 이들 독립변수(침지 식염수 농도 및 시간, 건조온도 및 건조시간)와 종속변수(수분 함량, 염도 및 종합적 기호도)와의 관계를 살펴볼 목적으로 MINITAB 통계 프로그램을 이용하여 RSREG (response surface analysis by least-squares regression)를 실시한 다음 수분 함량, 염도 및 종합적 기호도에 대한 3종의 독립변수 상호 간의 관계를 Maple software를 사용하여 각각 3차원으로 도식화하였다. 반염건 송어의 수분 함량(Y_1)은 X_1 (식염의 침지농도)의 경우 -2로부터 +1.52로 이동할수록 감소하였으나, 이후 다시 증가하는 경향을 나타내었고, X_2 (식염의 침지시간)의 경우 유의성이 인정되지 않았으며, X_3 (건조온도)의 경우 모든 범위(-1.68에서 +1.68)에서 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 1). 그리고 반염건 송어의 수분 함량(Y_1)은 X_4 (건조시간)가 -2로부터 +1.27로 이동할수록 크게 감소한 이후 미미한 정도에서 변화가 있었다. 반염건 송어의 염도(Y_2)는 X_1 (식염의 침지농도)과 X_3 (건조온도)의 경우 -1.68에서 +1.68으로 이동할수록 증가하는 경향을 나타내었고, X_2 (식염의 침지시간)의 경우 각각 -2로부터 +1.13으로 이동할수록, 그리고 X_4 (건조시간)의 경우 -2로부터 +0.16으로 이동할수록 크게 증가한 이후 약간 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 2). 반염건 송어의 종합적 기호도(Y_3)는 X_1 (식염의 침지농도)의 경우 -2로부터 +0.16으로 이동할수록, X_2 (식염의 침지시간)의 경우 -2로부터 0으로 이동할수록, X_3 (건조온도)의 경우 -2로부터 -0.36으로 이동할수록, 그리고 X_4 (건조시간)의 경우 -2로부터 +0.35로 이동할수록 기호도가 크게 증가하였으나 이후에는 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 3).

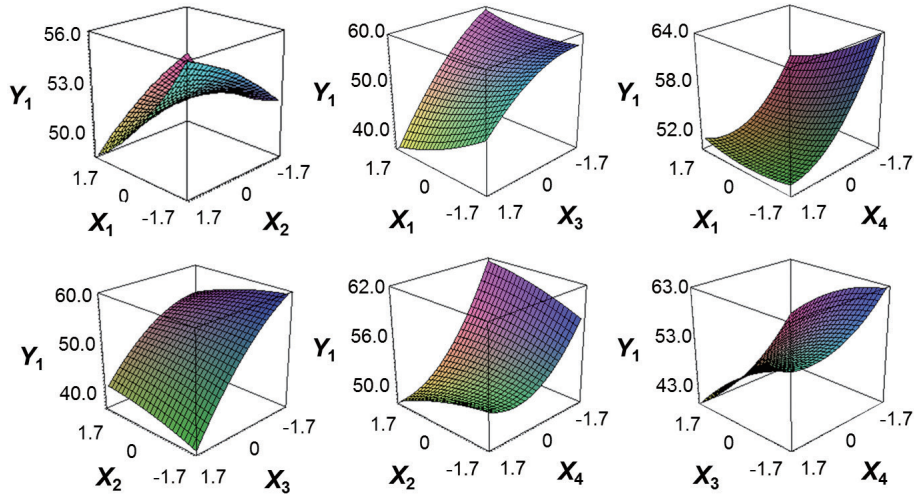


Fig. 1. Response surface plot for processing optimization of salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus* based on Y₁ (moisture content, %).

X₁ (salt concentration, %); X₂ (curing time, h); X₃ (drying temperature, °C); X₄ (drying time, h).

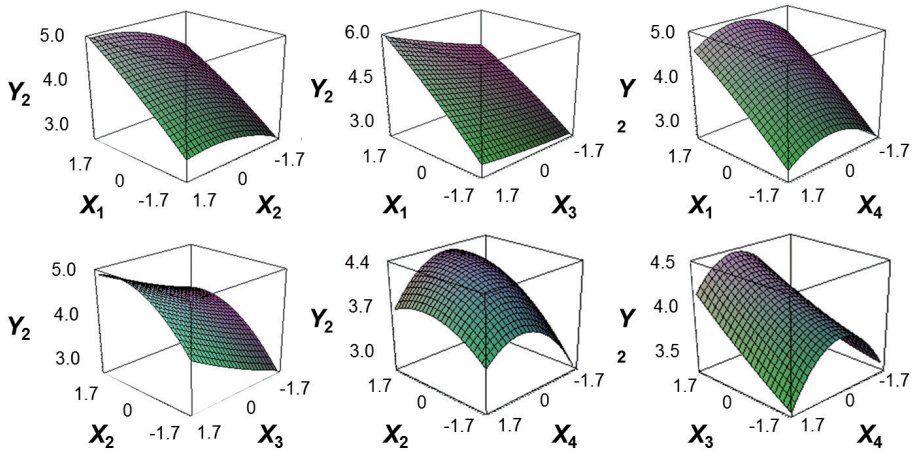


Fig. 2. Response surface plot for processing optimization of salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus* based on Y₂ (salinity, %).

X₁ (salt concentration, %); X₂ (curing time, h); X₃ (drying temperature, °C); X₄ (drying time, h).

식염 침지 조건(식염 침지 농도 및 시간)과 건조 조건(건조시간 및 온도)과 같은 독립변수에 따른 반염건 승어의 수분함량(Y₁), 염도(Y₂) 및 종합적 기호도(Y₃)의 결과치(Table 5)를 이용하여 MINITAB program을 구동하였다. MINITAB program의 RSREG로 살펴 본 반염건 승어의 수분 함량(Y₁), 염도(Y₂) 및 종합적 기호도(Y₃)에 대한 일차항(linear; X₁, X₂), 이차항(quadratic; X₁², X₂²) 및 교차항(cross-product; X₁X₂)과 같은 여러 가지 2차 회귀방정식의 계수들과 이들의 유의성을 살펴 본 결과는 Table 6과 같고, 이들 계수를 이용하여 작성한 반응 모형 방정식은 다음과 같다.

$$Y_1 = 53.77 - 0.88X_1 - 0.07X_2 - 3.58X_3 - 2.86X_4 + 0.29X_1^2 - 0.18X_2^2 - 0.72X_3^2 + 1.12X_4^2 - 0.73X_1X_2 - 0.76X_1X_3 + 0.56X_1X_4 + 0.56X_2X_3 - 0.66X_2X_4 - 0.28X_3X_4$$

$$Y_2 = 4.37 + 0.53X_1 + 0.18X_2 + 0.15X_3 + 0.05X_4 - 0.03X_1^2 - 0.08X_2^2 + 0.01X_3^3 - 0.16X_4^2 + 0.03X_1X_2 + 0.05X_1X_3 - 0.01X_2X_3 - 0.06X_2X_4 + 0.04X_3X_4$$

$$Y_3 = 6.27 + 0.17X_1 - 0.10X_2 - 0.27X_3 + 0.25X_4 - 0.47X_1^2 - 0.28X_2^2 - 0.38X_3^2 - 0.36X_4^2 - 0.02X_1X_2 - 0.07X_1X_3 - 0.13X_1X_4 + 0.08X_2X_3 + 0.02X_2X_4 + 0.07X_3X_4$$

일반적으로 MINITAB program의 RSREG로 작성한 2차 회귀방정식 즉, 반응 모형 방정식은 일차항, 이차항 및 교차항과 같은 다양한 항을 구성하고 있어 위와 같이 복잡하나, 그 유의성을 검토하는 경우 유의성이 인정되지 않는 다수의 항이 존재할 수 있다(Kim et al., 2010). 따라서 MINITAB program의 RSREG로 분석한 데이터를 활용하여 반염건 승어의 수분 함량(Y_1), 염도(Y_2) 및 종합적 기호도(Y_3)에 대한 반응 모형 방정식의 간결화를 목적으로 일차항(X_1, X_2, X_3, X_4), 이차항($X_1^2, X_2^2, X_3^2, X_4^2$) 및 교차항($X_1X_2, X_1X_3, X_1X_4, X_2X_3, X_2X_4, X_3X_4$)에 대한 유의성을 살펴 본 결과, 일차항의 P value는 수분 함량(Y_1)과 종합적 기호도(Y_3)의 경우 X_2 를 제외한 X_1 의 경우 각각

0.001 및 0.013 X_3, X_4 의 경우 모두 0.001로, 염도(Y_2)의 경우 4종의 독립변수가 모두 0.001으로 0.05보다 작아 $P < 0.05$ 수준에서 유의성이 인정되었으나, 수분 함량(Y_1)과 종합적 기호도(Y_3)의 경우 X_2 가 각각 0.564 및 0.128로 0.05보다 커서 유의성이 인정되지 않았다. 이차항의 P value는 수분 함량(Y_1)의 경우 X_1^2, X_3^2, X_4^2 와 같은 3종류의 항이 각각 0.038, 0.001 및 0.001으로, 염도(Y_2)의 경우 X_1^2, X_2^2, X_4^2 와 같은 3종류의 항이 각각 0.005, 0.001 및 0.001으로, 종합적 기호도(Y_3)의 경우 $X_1^2, X_2^2, X_3^2, X_4^2$ 과 같은 4종류의 항이 모두 0.001로 0.05보다 역시 작아 $P < 0.05$ 수준에서 유의성이 인정되었으나, 수분 함량(Y_1)의 X_2^2 과 염도(Y_2)의 X_3^2 의 경우 각각 0.180 및 0.210으로 0.05보다 커서 유의성이 인정되지 않았다. 교차항의 P value는 수분 함

Table 5. Central composite design of dependent variables and responses of independent variables for preparing salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus*

No.	Coded levels of variable				Response		
	X_1 (%) Salt conc.	X_2 (h) Curing time	X_3 (°C) Drying temp.	X_4 (h) Drying time	Y_1 (%) Moisture	Y_2 (%) Salinity	Y_3 (Score) Overall acceptance
1	4	2	40	6	60.6	3.2	4.7
2	8	2	40	6	60.9	4.2	5.3
3	4	4	40	6	61.6	3.7	4.6
4	8	4	40	6	59.0	4.7	5.1
5	4	2	60	6	54.4	3.4	4.0
6	8	2	60	6	51.7	4.5	4.3
7	4	4	60	6	57.6	3.8	4.2
8	8	4	60	6	52.0	5.0	4.5
9	4	2	40	10	55.6	3.4	5.3
10	8	2	40	10	58.2	4.3	5.4
11	4	4	40	10	54.0	3.6	5.3
12	8	4	40	10	53.6	4.6	5.3
13	4	2	60	10	48.3	3.7	4.9
14	8	2	60	10	47.8	4.8	4.7
15	4	4	60	10	48.9	3.8	5.2
16	8	4	60	10	45.5	5.1	4.9
17	2	3	50	8	57.0	3.2	3.5
18	1	3	50	8	52.6	5.3	4.9
19	6	1	50	8	52.0	3.7	4.5
20	6	5	50	8	53.8	4.4	5.4
21	6	3	30	8	57.9	4.1	5.1
22	6	3	70	8	43.6	4.7	4.0
23	6	3	50	4	63.8	3.6	4.2
24	6	3	50	10	52.4	3.8	5.1
25	6	3	50	8	53.8	4.4	6.2
26	6	3	50	8	53.8	4.3	6.3
27	6	3	50	8	53.7	4.4	6.3

량(Y_1)의 경우 X_3X_4 를 제외한 나머지 X_1X_2 , X_1X_3 , X_1X_4 , X_2X_3 , X_2X_4 와 같은 5종류의 항이 각각 0.001, 0.001, 0.003, 0.003 및 0.001로, 염도(Y_2)의 경우 X_1X_4 와 X_2X_3 를 제외한 X_1X_2 , X_1X_3 , X_2X_4 , X_3X_4 와 같은 4종류의 항이 각각 0.018, 0.001, 0.001 및 0.001로 0.05보다 작아 $P < 0.05$ 수준에서 유의성이 인정되었으나, 수분 함량(Y_1)의 X_3X_4 (0.079), 염도(Y_2)의 X_1X_4 (1.000) 및 X_2X_3 (0.194), 그리고 종합적 기호도(Y_3)의 모든 항목(X_1X_2 의

경우 0.799, X_1X_3 의 경우 0.357, X_1X_4 의 경우 0.093, X_2X_3 의 경우 0.280, X_2X_4 의 경우 0.799 및 X_3X_4 의 경우 0.357)이 0.05보다 커서 유의성이 인정되지 않았다.

따라서 반염건 승어의 식염 침지농도 및 침지시간과 건조온도 및 건조시간에 대한 수분함량, 염도 및 종합적 기호도의 반응 모형 방정식을 간결화하고자 하는 경우 수분 함량은 일차항의 X_2 , 이차항의 X_2^2 , 교차항의 X_3X_4 이 삭제되고, 염도는 이차

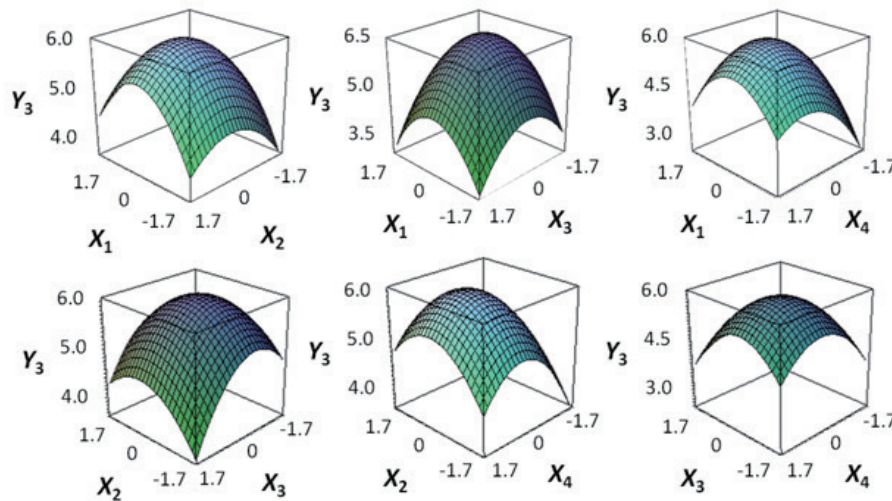


Fig. 3. Response surface plot for processing optimization of salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus* based on Y_3 (overall acceptance, score). X_1 (salt concentration, %); X_2 (curing time, h); X_3 (drying temperature, $^{\circ}C$); X_4 (drying time, h).

Table 6. Estimated coefficients of the fitted quadratic polynomial equation for different response for processing optimization of salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus* based on t-statistic

	Y_1 (Moisture, %)		Y_2 (Salinity, %)		Y_3 (Overall acceptance, Score)	
	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value
Intercept	53.77	0.001	4.37	0.001	6.27	0.001
X_1	-0.88	0.001	0.53	0.001	0.17	0.013
X_2	-0.07	0.564	0.18	0.001	0.10	0.128
X_3	-3.58	0.001	0.15	0.001	-0.27	0.001
X_4	-2.86	0.001	0.05	0.001	0.25	0.001
X_1X_1	0.29	0.038	-0.03	0.005	-0.47	0.001
X_2X_2	-0.18	0.180	-0.08	0.001	-0.28	0.001
X_3X_3	-0.72	0.001	0.01	0.210	-0.38	0.001
X_4X_4	1.12	0.001	-0.16	0.001	-0.36	0.001
X_1X_2	-0.73	0.001	0.03	0.018	-0.02	0.799
X_1X_3	-0.76	0.001	0.05	0.001	-0.07	0.357
X_1X_4	0.56	0.003	-0.00	1.000	-0.13	0.093
X_2X_3	0.56	0.003	-0.01	0.194	0.08	0.280
X_2X_4	-0.66	0.001	-0.06	0.001	0.02	0.799
X_3X_4	-0.28	0.079	0.04	0.001	0.07	0.357

X_1 (salt concentration, %); X_2 (curing time, h); X_3 (drying temperature, $^{\circ}C$); X_4 (drying time, h).

항의 X_3^2 , 교차항의 X_1X_4 와 X_2X_3 이 삭제되었으며, 종합적 기호도(Y_3)는 일차항의 X_2 와 교차항의 모든 항목이 삭제되어 Table 7과 같은 간편식으로 나타낼 수 있다(Shin et al., 2011).

반염건 송어(butterfly type)의 제조를 위한 간결 반응 모형 방정식의 독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 ANOVA 분석으로 살펴 본 결과는 Table 8과 같다. 반염건 송어에 대한 반응 모

Table 7. Response surface model for processing optimization of salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus*

Independent	Quadratic polynomial model	R ²	P-value
Y_1 (Moisture, %)	$Y = 53.77 - 0.88X_1 - 3.58X_3 - 2.86X_4 + 0.29X_1^2 - 0.72X_3^2 + 1.12X_4^2 - 0.73X_1X_2 - 0.76X_1X_3 + 0.56X_1X_4 + 0.56X_2X_3 - 0.66X_2X_4$	0.993	0.001
Y_2 (Salinity, %)	$Y = 4.37 + 0.53X_1 + 0.18X_2 + 0.15X_3 + 0.05X_4 - 0.03X_1^2 - 0.08X_2^2 - 0.16X_4^2 + 0.03X_1X_2 + 0.05X_1X_3 - 0.06X_2X_4 + 0.04X_3X_4$	0.998	0.001
Y_3 (Overall acceptance, Score)	$Y = 6.27 + 0.17X_1 - 0.27X_3 + 0.25X_4 - 0.47X_1^2 - 0.28X_2^2 - 0.38X_3^2 - 0.36X_4^2$	0.920	0.001

¹ X_1 (salt concentration, %); X_2 (curing time, h); X_3 (drying temperature, °C); X_4 (drying time, h).

Table 8. Analysis of variance (ANOVA) for response of dependent variables (Y_1 and Y_2) for processing optimization of salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus*

Independent	Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
Y_1 (Moisture, %)	Model	14	617.54	44.11	128.87	0.001
	Linear	4	522.76	130.69	381.82	0.001
	Quadratic	4	59.01	14.75	43.10	0.001
	Cross-product	6	35.76	5.96	17.41	0.001
	Residual	12	4.11	0.34	-	-
	Lack of fit	10	4.10	0.41	123.03	0.008
	Pure error	2	0.01	0.00	-	-
	Total	26	621.65	-	-	-
Y_2 (Salinity, %)	Model	14	9.027	0.64	488.69	0.001
	Linear	4	8.16	2.04	1546.42	0.001
	Quadratic	4	0.73	0.18	137.93	0.001
	Cross-product	6	0.14	0.02	17.37	0.001
	Residual	12	0.02	0.00	-	-
	Lack of fit	10	0.01	0.00	0.27	0.935
	Pure error	2	0.01	0.00	-	-
	Total	26	9.04	-	-	-
Y_3 (Overall acceptance, Score)	Model	14	11.35	0.81	9.82	0.001
	Linear	4	4.23	1.06	12.81	0.001
	Quadratic	4	6.57	1.64	19.90	0.001
	Cross-product	6	0.54	0.09	1.10	0.418
	Residual	12	0.99	0.08	-	-
	Lack of fit	10	0.98	0.10	29.52	0.033
	Pure error	2	0.01	0.00	-	-
	Total	26	12.34	-	-	-

형 방정식의 P value는 수분 함량(Y_1), 염도(Y_2) 및 종합적 기호도(Y_3)의 일차항, 이차항 및 교차항이 모두 0.001으로 두 종류의 항이 모두 $P < 0.05$ 수준에서 유의성이 인정되었으나, 종합적 기호도(Y_3)의 교차항의 경우 0.418로 유의성이 인정되지 않았다.

반염건 승어(butterfly type)의 수분 함량(Y_1) 및 종합적 기호도(Y_3)에 대한 반응모형 방정식 모델의 적합성 여부를 나타내는 적합 결여 검증(lack of fit test)은 P value가 각각 0.008 및 0.033을 나타내어 0.05보다 낮아 설계된 모형이 완전하지 않는 것으로 나타났으나, 결정계수(R^2)가 각각 0.993 및 0.920으로서 1에 가까우며 model 값이 0.001으로 0.05보다 낮은 것으로 나타났으며(Zhou and Regenstein, 2004). 그러나 반염건 승어의 염도(Y_2)에 대한 반응모형 방정식 모델의 적합성 여부를 나타내는 적합 결여 검증은 P value가 0.935를 나타내어 0.05보다 높아 설계된 모형이 완전한 것으로 나타났고, 결정계수도 0.998로서 1에 가까우며 model 값이 0.001으로 0.05보다 낮아 설계된 염도(Y_2)에 대한 반응모형이 완전하면서 적합한 것으로 나타났으며(Zhou and Regenstein, 2004).

한편, 반염건 승어는 과다한 식염 농도를 가지는 경우 저장성과 조직감은 증가되나 소비자의 과도한 짠맛에 대한 거부감과 고혈압 야기 등에 대한 두려움 등으로 구매가 기피될 우려가 있다. 그리고 반염건 승어가 수분이 과도하게 낮은 경우 저장성은 증가되나 조직감이 결여되어 이 역시 구매가 기피될 우려가 있다. 이러한 일면을 고려하여 고품질 반염건 승어를 제조하고자 하는 경우 일정 한도 이하의 염도, 수분 함량 및 종합적 기호도를 유지하여야 하고, 이들의 적정 농도 범위가 각각 2-5% 범위, 50-68% 범위 및 5-9점 범위로 고려된다. 이러한 일면에서 반염건 승어의 수분 함량, 염도 및 종합적 기호도의 각각과 이들을 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적조건을 예측할 목적으로 MINITAB 통계 프로그램을 구동하였고, 이때 활용한 반염건 승어의 제조를 위한 염농도는 범위 3.2-5.3%, target 4.0%로 설정하였고, 수분 함량은 범위 43.6-63.8%, target 54.0%로 설정하였으며, 그리고 관능적 기호도는 범위 5.0-6.3점, target 6.3점으로 설정하였다. Table 5의 결과치를 이용하면서 이와 같은 조건을 설정한 다음 MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 독립변수의 최적조건 예측치를 Table 9에 나타내었다. 반염건 승어의 목표 수분 함량(54.0%)에 대한 최적 침지용액의 염농도 및 침지시간과 건조시간 및 건조온도는 부호값(coded value)의 경우 각각 -0.18, -0.20, -0.24 및 0.21이었고, 이를 실제값(uncoded value)으로 환산하는 경우 각각 5.6%, 2.8 시간, 48.0°C 및 7.5 시간이었다. 이들 조건에서 제조된 반염건 승어의 수분함량은 54.0%로 예측되었다.

반염건 승어의 목표 염도(4.0%)에 대한 최적 침지용액의 염농도 및 침지시간과 건조온도 및 건조시간은 부호값의 경우 각각 -0.37, -0.39, 0.07 및 -0.43이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 5.3%, 2.6 시간, 51.0°C 및 7.1시간이었다. 이들 조

건에서 제조된 반염건 승어의 염도는 4.2%로 예측되었다. 반염건 승어의 목표 종합적 기호도(6.3 점)에 대한 최적 침지용액의 염농도 및 침지시간과 건조온도 및 건조시간은 부호값의 경우 각각 0.00, 0.00, 0.00 및 0.17이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 6.0%, 3.0 시간, 50.0°C 및 8.4시간이었다. 이들 조건에서 제조된 반염건 승어의 종합적 기호도는 6.3점으로 예측되었다. 반염건 승어의 수분 함량, 염도 및 종합적 기호도를 모두 충족할 수 있는 최적 침지용액의 염농도 및 침지시간과 건조온도 및 건조시간은 부호값의 경우 각각 -0.18, -0.35, 0.25 및 -0.32이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 5.6%, 2.7 시간, 47.0°C 및 8.5시간이었다. 이들 최적 조건을 적용하여 반염

Table 9. Processing optimal conditions predicted for processing optimization of salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus* obtained by MINITAB program

Dependent variables	Quadratic polynomial model	Critical value		Predicted
		Coded	Uncoded	
Y_1 (Moisture, %)	X_1	-0.18	5.6	54.0
	X_2	-0.20	2.8	
	X_3	0.21	48.0	
	X_4	-0.24	7.5	
Y_2 (Salinity, %)	X_1	-0.37	5.3	4.2
	X_2	-0.39	2.6	
	X_3	0.07	51.0	
	X_4	-0.43	7.1	
Y_3 (Overall acceptance, Score)	X_1	0.00	6.0	6.3
	X_2	0.00	3.0	
	X_3	0.00	50.0	
	X_4	0.17	8.4	
Multiple response optimization	X_1	-0.18	5.6	Y_1 : 54.4 Y_2 : 4.2 Y_3 : 6.3
	X_2	-0.35	2.7	
	X_3	-0.32	47.0	
	X_4	0.25	8.5	

¹ X_1 (salt concentration, %); X_2 (curing time, h); X_3 (drying temperature, °C); X_4 (drying time, h); Y_1 (moisture, %); Y_2 (salinity, %); Y_3 (overall acceptance, Score).

Table 10. Predicted moisture content, salinity and overall acceptance and measured ones of salted semi-dried common gray mullet *Mugil cephalus* prepared under processing optimal conditions

Dependent variables	Predicted values	Measured values
Y_1 (Moisture, %)	54.4	55.2±1.0
Y_2 (Salinity, %)	4.2	4.1±0.3
Y_3 (Overall acceptance, Score)	6.3	6.7±0.8

건 승어를 제조한 다음 수분 함량과 염도를 측정된 결과(Table 10), 이들 반염건 승어의 수분 함량, 염도 및 종합적 기호도는 각각 $55.2 \pm 1.0\%$, $4.1 \pm 0.3\%$ 및 6.7 ± 0.8 점으로, 이들의 예측치인 54.4%, 4.2% 및 8.3점과 유의적인 차이가 인정되지 않았다.

이상의 결과로 미루어 보아 제시된 반응표면 모델은 반염건 승어(butterfly type)의 제조를 위한 최적 모델이라 판단되었다.

References

- Agriculture Forestry Fisheries Information Service. 2015. Fisheries information service. Retrieved from <http://www.fips.go.kr> on August 20.
- Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, U.S.A.
- Celik U, Altıelatan C, Dincer T and Acarli D. 2012. Comparison of fresh and dried flathead grey mullet (*Mugil cephalus*, Linnaeus 1758) caviar by means of proximate composition and quality changes during refrigerated storage at $4 \pm 2^\circ\text{C}$. Turkish J Fish Aquatic Sci 12, 1-5. http://dx.doi.org/10.4194/1303-2712-v12_1_01.
- Cho SJ, Kim DY and Rhee CO. 1988. Fatty acids of natural lipids of salted-dried mullet roe during processing and storages. J Korean Soc Food Nutr 18, 19-28.
- Cho SJ, Rhee CO and Kim DY. 1989. Study on the processing and compositions of salted and dried mullet roe. Korean J Food Sci Technol 21, 242-251.
- 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 Hydrocolloids 19, 221-229.
- Gontard N, Guilbert S and Cuq JL 1992. Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. J Food Sci 57, 190-196.
- Heu MS, Shin JH, Park KH, Lee JS, Noe YN, Jeon YJ and Kim JS. 2011. Quality of bastard halibut with different weights as a surimi source. Korean J Fish Aquat Sci 44, 18-24. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2011.44.1.018>.
- Heu MS, Park KH, Kim KH, Kang SI, Choi JD and Kim JS. 2014. Sanitary quality characterization of commercial salted semi-dried brown croaker. J Korean Soc Food Sci Nutr 43, 584-591. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2014.43.4.584>.
- Joo DS. 2011. Changes in quality of salted and dried brown-croaker product prepared with deep seawater salt. J Korean Soc Food Sci Nutr 40, 235-244. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.2.235>.
- Kim HJ, Yoon MS, Park KH, Shin JH, Heu MS and Kim JS. 2010. Processing optimization of gelatin from rockfish skin based on yield. Fish Aquat Sci 13, 1-11. <http://dx.doi.org/10.5657/FAS.2010.0001>.
- Kim HS, Seong JH, Lee YG, Xie CL, Choi WS, Kim SH and Yoon HD. 2009. Effect of low molecular-weight collagen peptide extract isolated from scales of the flathead mullet (*Mugil cephalus*) on lipid metabolism in hyperlipidemic rats. Korean J Food Preserve 16, 938-945.
- Kim IS, Lee TG, Yeum DM, Cho ML, Park HW, Cho TJ, Heu MS and Kim JS. 2000. Food component characteristics of cold air dried anchovies. J Korean Soc Food Sci Nutr 29, 973-980.
- Lee GD, Kim HG, Kim JG and Kwon JH. 1997. Optimization for the preparation condition of instant rice gruel using oyster mushroom and brown rice. Korean J Food Sci Technol 29, 737-744.
- Lee YW and Park YH. 1985. Effect of partial freezing as a keeping freshness. 1. Changes in freshness and gel forming ability of mullet muscle during storage by partial freezing. Bull Korean Fish Soc 18, 529-537.
- Park KH. 2011. Development of salted semi-dried common gray mullet using response surface methodology and improvement of its quality stability by soaking into green tea extracts. MS thesis. Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea.
- Rafeian F, Keramat J and Kadivar M. 2011. Optimization of gelatin extraction from chicken deboner residue using RSM method. J Food Sci Technol 50, 374-380. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-011-0355-7>
- Shin JH, Park KH, Lee JS, Kim HJ, Lee DH, Heu MS, Jeon YJ and Kim JS. 2011. Optimization of processing of surimi gel from unmarketable cultured bastard halibut *Paralichthys olivaceus* using RSM. Korean J Fish Aquat Sci 44, 435-442. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2011.0435>.
- Song YB, Baek HJ, Kim HB, Lee KJ, Soyano K and Lee YB. 2005. Induced sex reversal of sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus* by 17α -methyltestosterone. J Aquaculture 18, 167-172.
- Zhou P and Regenstein JM. 2004. Optimization of extraction conditions for pollock skin gelatin. J Food Sci 69, C393-C398.