

표면반응분석법을 활용한 뼈 연화 및 비린내 저감화 고등어(*Scomber japonicus*) 가공품의 가공공정 최적화

박선영^{1, 2} · 김용중³ · 강상인^{1, 2} · 이정석² · 김진수^{1, 2*}

¹경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소, ²경상대학교 수산식품산업화 기술지원센터, ³부산지방식품의약품안전청 유해물질분석과

Optimization of the Bone-softening and Fishy Odor-reducing Processing of Mackerel *Scomber japonicus* Products using Response Surface Methodology

Sun Young Park^{1,2}, Yong Jung Kim³ Sang In Kang^{1,2}, Jung Suck Lee² and Jin-Soo Kim^{1,2*}

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

³Hazardous Substances Analysis Division, Busan Regional Korea Food & Drug Administration, Busan 47366, Korea

This study optimized the bone-softening and fishy odor-reducing process for mackerel *Scomber japonicus* products using response surface methodology (RSM). The RSM showed that the optimum concentrations of *doenjang* and citric acid for reducing the fishy odor in bone-softened mackerel were 11.8% and 0.04%, respectively, and the optimum immersion time was 52.2 min. The estimated overall acceptance, salinity, and acidity of the products under these optimum conditions were 7.7 points, 1.1%, and 202.6 mg/100 g, respectively, which were similar to the actual measured values of 7.6±1.2 points, 1.0±0.1% and 203.2±3.8 mg/100 g. Moreover, the heating temperature and time for bone-softening based on RSM were 107.3°C and 4.4 h, respectively. The estimated hardness and proportion of skin removed from the product under the optimal conditions were 161.5 g/cm² and 0.09%, respectively, which were also similar to the actual measured values of 171.1±12.6 g/cm² and 0.10±0.02%. The optimum bone-softening and fishy odor-reducing process for mackerel consisted of the following steps: thawing (≤ 10°C, 8 h), filleting, washing/dewatering, immersing in an 11.8% *doenjang* -0.04% citric acid solution for 52 min, washing/dewatering, heating (107.3°C, 4.4 h), freezing, depanning, internal and external packaging, and X-ray detection treatment.

Key words: Mackerel, *Scomber japonicus*, Response surface methodology, Fish bone, Fishy odor

서 론

고등어는 대표적인 적색육 어류로 우리나라 연근해에도 다량 서식하거나 회유(Kim et al., 2007)하여 일시에 다량으로 어획[최근 10년(2008-2017년)간 국내 어획량이 95-188천MT] (KOSIS, 2018)되어 다소비 되는 대표적인 어종(Kim, 2017)이다. 이와 같은 고등어는 곡류 제한 아미노산으로 알려져 있는 lysine과 threonine이 풍부하고(Leu et al., 1981), 혈소판 응집 억제작용, 노인성 치매 예방, 학습기능의 향상, 항암 및 항알러지(anti-allergy) 작용 등의 기능을 가진 eicosapentaenoic acid

(EPA) 및 docosahexaenoic acid (DHA)와 같은 n-3계 고도불포화지방산의 조성비가 높을 뿐만 아니라, 삼투압 조절에 의한 고혈압 예방(Thurston et al., 1980), 간기능 향상(Gaull et al., 1983), 근육의 수축 개선(Sebring and Huxtable, 1985) 등의 효과가 있는 타우린(taurine) 함량이 높으면서, 미오글로빈(myoglobin)이나 혈액색소인 헤모글로빈(hemoglobin) 등과 같은 헴(heme)을 가지고 있는 색소 단백질(Park et al., 1995) 함량이 높아 영양 생리적인 측면에서 상당히 의미가 있는 수산가공 원료 중의 하나이다(Simopoulou, 1991). 하지만, 고등어는 조기와 같은 백색육 어류에 비하여 지질을 다량 함유하고 있어 어

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0499>



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 51(5), 499-509, October 2018

Received 9 August 2018; Revised 6 September 2018; Accepted 11 October 2018

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

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

획 후 저장, 가공 및 유통 중 산화와 기타 다른 요인으로 인하여 비린내가 많이 나고, 잔가시가 많으며, 빠른 선도 저하로 인하여 고염 처리를 많이 하고 있다(Park et al., 1995).

한편, 최근 국내 식품소비자들은 사회적 경제적 변화에 의하여 1인 가구와 맞벌이 부부 등과 같은 1, 2인 가구의 대거 증가 등으로 인하여 조리가 간편하면서 시간이 짧은 가정간편식(HMR, home meal replacement)의 수요가 나날이 급증하고 있다(aT FIS, 2015). 그리고, 최근 국내외 소비자들의 수산물에 대한 소비 트렌드는 잔가시와 비린내에 대한 개선과 저염화, 건강지향, 안전성 및 조리의 간편화 및 고급화를 들 수 있다. 이러한 일면에서 고등어는 수산가공품의 고급 소재로 이용되기 위하여 잔가시, 비린내, 고염 등의 문제를 해결하여야 할 것이다.

한편, 고등어를 활용한 가공품 개발에 관한 연구로는 훈제 고등어(Agustinelli and Yeannes, 2015), 냉동 고등어 조미육(Lee et al., 1990), 고등어 소시지(Kim et al., 2013), 고등어 수리미(Luo et al., 2010), 간고등어(Kim et al., 2008), 고등어 구이(Yu and Cho, 2016), 고등어 된장절임소스(Jung et al., 2014) 등이 있고, 고등어의 비린내 저감에 관한 연구는 찾기 힘들고, 잔가시 연화를 위한 연구로는 고온처리에 의한 것(Ishikawa et al., 1987; Shimosaka et al., 1987; Mao et al., 2014)과 유기산 처리에 의한 것(Ishikawa et al., 1989) 등이 있다. 하지만, 고품질 고등어 가공품의 개발을 위하여 어골의 연화와 비린내 개선을 동시에 실시하고, 응용한 연구는 아직 찾아보기 어렵다.

본 연구에서는 고품질 뼈 연화 및 비린내 저감화한 고등어 가공품의 개발을 위하여 최종 제품의 뼈 연화는 물론이고 비린내 저감화 및 어피 탈락 방지 가공공정의 최적화를 시도하였다.

재료 및 방법

재료

고등어는 부산광역시 소재 B수산으로부터 체장 39.2-48.9 cm 범위(평균 44.4±4.9 cm), 체중 550-594 g 범위(평균 574.8±19.2 g)의 것을 2016년 7-11월에 동결상태로 구입하여 머리와 내장을 제거한 다음 뼈 연화 고등어의 제조를 위한 원료

로 사용하였다.

뼈 연화 고등어 가공품의 비린내 제거용 된장(Daesang Co. Ltd., Korea), 백포도주(Keumyang International Co. Ltd., Korea) 및 카레가루(Ottogi Co. Ltd., Korea)는 경상남도 통영시 소재 대형마트로부터, 무수구연산(ES Food Ingredients Co. Ltd., Korea)은 인터넷으로 2016년 7-11월에 각각 구입하여 사용하였다.

제조조건 최적화를 위한 실험설계

비린내 개선을 위한 적정 부원료 검색용 시료는 전처리 고등어[머리와 내장을 제거(dressed, H&G)한 고등어]를 일상생활에서 비린내 개선을 위하여 많이 활용되고 있는 적정 농도의 부원료 4종(가공 용수, 1% 된장, 0.1% 무수구연산, 원액 백포도주, 0.1% 카레가루)에 침지(5℃, 1시간)하고, 간단히 탈수한 후 레토르트(SX-500, Tomy Kogyo Co., Japan)에서 가열처리(100℃, 4시간)한 다음 상온으로 냉각하여 제조하였다.

비린내 개선을 위한 적정 부원료의 검색은 이들 시료에 대하여 pH, 휘발성염기질소 함량, 관능검사 및 단가 등의 결과를 토대로 선정하였다. 뼈 연화 고등어 수산가공품의 비린내 개선을 위한 최적 농도와 침지시간은 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 활용하여 아래와 같이 조건을 디자인하고, 설정하여 구명하였다. 즉, 비린내 개선 원료의 최적 농도와 침지시간과 같은 독립변수는 중심합성계획(central composite design)에 따라 Table 1에 제시한 바와 같이 된장의 경우 1.3-14.7% (w/v) 범위, 구연산의 경우 0.01-0.19% (w/v) 범위 및 침지시간의 경우 9.5-110.5분 범위와 같이 5단계로 부호화하고, 이와 같은 17구의 시료구(Table 2)를 무작위적으로 제조한 다음 실험을 진행하였다. 이 때 3개의 독립변수 범위와 center point value들은 예비실험의 결과를 토대로 선정하였다. 이들 17구의 시료구에 대한 종속변수는 비린내를 고려한 종합 기호도(점), 짠맛을 고려한 염도(%) 및 신맛을 고려한 총산도(mg/100 g)로 하였고, 이들의 데이터는 회귀분석을 위한 자료로 활용하였다.

뼈 연화 고등어 가공품의 잔가시 문제, 즉 고등어의 어골 연화

Table 1. Symbol, experimental range and values of the independent variables in the central composite design for preparing fishy odor-reduced mackerel *Scomber japonicus*

Purpose	Independent	Symbol	Range level				
			-1.682	-1	0	+1	+1.682
Fishy odor-reducing	Doenjang (%)	X_1	1.3	4	8	12	14.7
	Citric acid (%)	X_2	0.01	0.05	0.10	0.15	0.19
	Soaking time (min)	X_3	9.5	30	60	90	110.5
Purpose	Independent	Symbol	Range level				
			-1.414	-1	0	+1	+1.414
Fish bone-softening	Heating temperature (°C)	X_1	83	97	107	117	121
	Heating time (h)	X_2	2.2	3.0	5.0	7.0	7.8

를 위한 최적 가열조건(가열온도 및 가열시간)은 RSM으로 구명하고자 독립변수를 중심합성계획에 따라 Table 1에 제시한 바와 같이 가열온도를 83-121℃ 범위로, 가열시간을 2.2-7.8 시간 범위로 5단계로 부호화하여 각각 11구의 시료구를 Table 3에 제시한 바와 같이 무작위적으로 제조한 다음 실험을 진행하였다. 고등어의 뼈 연화 조건 설정을 위한 종속변수는 어골의 절단강도 및 어피의 탈락 정도로 하여 회귀분석을 위한 자료로 사용하였다. 이 때 가열온도의 확인은 디지털 온도계 이외에 무선형 temperature logger (EBI 11, Ebro Co., Germany) 및 이의 프로그래밍으로 실시하였다.

한편, 뼈 연화 고등어 가공품의 비린내 개선을 위한 부원료의 농도와 침지시간에 대한 최적점의 예측 및 확인, 그리고, 뼈 연화 고등어 가공품의 어골 연화를 위한 가열조건(가열온도와 가열시간)에 대한 최적점의 예측 및 확인은 MINITAB 통계프로그램(MINITAB Ver. 14, MINITAB, Pennsylvania, USA)을 이용하였고, 독립변수와 종속변수 간에 관계 그래프는 MAPLE software (MAPLE Ver. 12, Maple Soft, Canada)를 이용하여 작성하였다.

Table 2. Central composite design of dependent variables and responses of independent variables for process optimization of fishy odor-reduced mackerel *Scomber japonicus*, and overall acceptance, salinity and total acidity of fishy odor-reduced mackerel *Scomber japonicus* prepared under the conditions

Run no.	Independent variable ¹			Response variable ²		
	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃
1	4	0.05	30	5.0	0.77	187.7
2	12	0.05	30	7.5	1.09	214.5
3	4	0.19	30	6.2	0.78	479.0
4	12	0.19	30	7.1	1.09	538.5
5	4	0.05	90	7.0	0.94	257.1
6	12	0.05	90	8.1	1.16	309.4
7	4	0.19	90	5.7	0.96	520.2
8	12	0.19	90	6.3	1.16	556.7
9	1.3	0.10	60	5.5	0.76	338.5
10	14.7	0.10	60	8.7	1.20	358.7
11	8	0.01	60	6.2	0.99	165.8
12	8	0.19	60	5.7	1.01	694.4
13	8	0.10	9.5	5.0	0.84	243.4
14	8	0.10	110.5	7.0	1.21	443.7
15	8	0.10	60	7.4	1.00	298.8
16	8	0.10	60	7.3	1.01	308.2
17	8	0.10	60	8.3	1.00	302.7

¹X₁ (Doenjang concentration, %), X₂ (citric acid concentration, %), X₃ (soaking time, min). ²Y₁ (overall acceptance, score), Y₂ (salinity, %), Y₃ (acidity, mg/100 g).

pH 및 총산도

pH는 어육 5 g을 취한 다음 여기에 9배 (v/w)에 해당하는 순수를 가하고, 마쇄 및 원심분리(10,035 g, 15분)한 후 여과하여 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo Scientific Orion, Singapore)로 측정하였다.

총산도는 Chang et al. (2010)이 언급한 방법에 따라 어육 100 g에 대하여 0.1 N NaOH를 가하여 pH 8.4가 될 때까지 적정한 다음 그 소비량(mL)으로 계산하여 나타내었다.

$$\text{총산도(mg/100 g)} = \frac{0.0064 \times \text{희석비} \times \text{적정값} \times 100 \times 1000}{\text{시료량(g)}}$$

염도

염도는 식품공전(MFDS, 2018)의 회화법으로 측정하였다. 즉, 염도는 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 적정하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{염도(\%)} = \frac{A \times B \times 5.85 \text{ (w/w\%, w/v\%)}}{\text{검체 채취량(g)}}$$

A = 적정에 소비된 0.02 N 질산은 용액의 양(mL)

B = 0.02 N 질산은 용액의 역가

Table 3. Central composite design of reduced variables and responses of dependent variables for processing fishy odor-reduced and bone-softened mackerel *Scomber japonicus*, and cutting strength and deskinning degree of fishy odor-reduced and bone-softened mackerel *Scomber japonicus* prepared under the conditions

Run no.	Independent variable ¹		Response variable ²	
	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂
1	97	3.0	2,676	0.02
2	117	3.0	48	0.82
3	97	7.0	964	0.75
4	117	7.0	36	1.13
5	83	5.0	2,764	0.24
6	121	5.0	44	1.45
7	107	2.2	608	0.00
8	107	7.8	40	1.04
9	107	5.0	78	0.16
10	107	5.0	84	0.17
11	107	5.0	76	0.16

¹X₁ (heating temperature, °C), X₂ (heating time, h). ²Y₁ (cutting strength, g/cm²), Y₂ (deskinning degree, %).

휘발성염기질소

휘발성염기질소 함량은 Kapute et al. (2012)이 언급한 방법에 따라 Conway unit를 사용하는 미량화산법으로 측정하였다. 휘발성염기질소 함량의 측정을 위한 시료는 고품질 10 g에 증류수 약 30 mL을 가하여 균질기(Polytron PT 1200E, Kinematica AG, Switzerland)로 1분간 균질화시킨 후 여과하여 제조하였다.

휘발성염기질소 함량은 Conway unit의 외실의 경우 왼쪽에 전처리 시료 용액 1 mL를, 오른쪽에 50% K₂CO₃ 용액 1 mL를, 내실의 경우 0.01 N H₂BO₃ 용액 1mL와 지시약 500 μL를 각각 가한 다음 글리세린을 바른 뚜껑으로 밀폐하고 조심스럽게 흔들어 준 다음 37℃에서 120분간 반응시켰고, 이어서 반응이 끝난 Conway unit 외실에 0.01 N H₂SO₄ 용액으로 적정하여 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{휘발성염기질소(mg/100 g)} = \frac{(\text{시료 적정치}-\text{대조구 적정치}) \times 0.14 \times \text{factor} \times \text{희석비}}{\text{시료 량 (g)}} \times 100$$

절단강도

어육과 뼈의 경도는 Park and Lee (2005)가 언급한 방법과 같이 어육의 경우 일정한 크기(2×2 cm)와 두께(3 mm)로 정형하였고, 뼈의 경우 어육과 분리한 다음 뼈 자체에 대한 절단강도를 rheometer (CR-100D, Sun Scientific Co., Japan)로 측정하였다. 이 때 load cell (max)은 10 kg, chart speed는 60 mm/min, adapter는 절단용(No. 10)이었다.

어피탈락율 특성

뼈 연화 고등어 수산가공품의 어피탈락율은 껍질의 면적에 대한 탈락된 껍질 면적의 상대비율(%)로 나타내었다. 어류 껍질

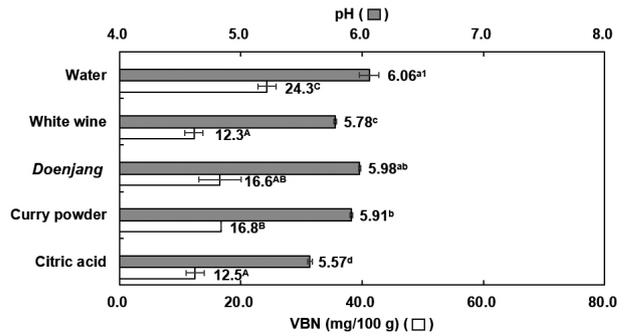


Fig. 1. pH and volatile basic nitrogen (VBN) content of mackerel *Scomber japonicus* soaked in various additive solutions (100% white wine, 1% doenjang, 0.1% curry powder, 0.1% citric acid). ¹Different letters on the data of the same experimental item indicate a significant difference at P<0.05.

의 면적은 트레이싱지로 스케취한 다음 이를 모눈종이로 옮겨 계산을 하였고, 눈금에 물리는 경우 1/2로 하였다.

관능적 종합기호도

뼈 연화 고등어 수산가공품의 관능적 종합기호도는 잘 훈련된 panel member 10인으로 구성되어 비린내 개선을 위한 적정 부원료의 선정 실험과 부원료의 최적농도와 최적 침지시간 구명을 위한 실험에 대하여 실시하였다. 여기서, 이들에 대한 관능 평가는 레토르트(100℃)에서 4시간동안 가열처리한 것을 대조구(기준점 5점)로 하였고, 이보다 우수한 경우 6-9점을, 이보다 열악한 경우 1-4점으로 하는 9단계 평점법을 이용하여 평가하였다.

통계처리

본 실험 결과에 대한 데이터의 표준편차 및 유의차 검정(5%)

Table 4. Sensory score on fishy odor reduction of mackerel *Scomber japonicus* soaked in various additive solutions and unit price of additive solutions

Solutions	Water	White wine	Doenjang	Curry powder	Citric acid
Concentration (%)	-	100	1	0.1	0.1
Sensory score	5.0±0.0 ^{a1}	5.8±0.5 ^b	7.2±0.5 ^c	6.0±0.4 ^b	8.2±0.8 ^c
Unit price (won/L)	-	5,800	14	4	2

¹Different letters on the data of the same row indicate a significant difference at P<0.05.

Table 5. Response surface model for process optimization of fishy odor-reduced mackerel *Scomber japonicus*

Responses ¹	Quadratic polynomial model equations ²	R ²	P-value
Y ₁	7.313+0.768X ₁ +0.341X ₃ -0.418X ₂ ² -0.400X ₃ ² -0.488X ₂ X ₃	0.810	0.005
Y ₂	1.004+0.131X ₁ +0.081X ₃	0.945	0.000
Y ₃	302.94+147.52X ₂ +41.05X ₃ +45.86X ₂ ²	0.965	0.000

¹Y₁ (overall acceptance, score), Y₂ (salinity, %), Y₃ (acidity, mg/100 g). ²X₁ (Doenjang concentration, %), X₂ (citric acid concentration, %), X₃ (soaking time, min).

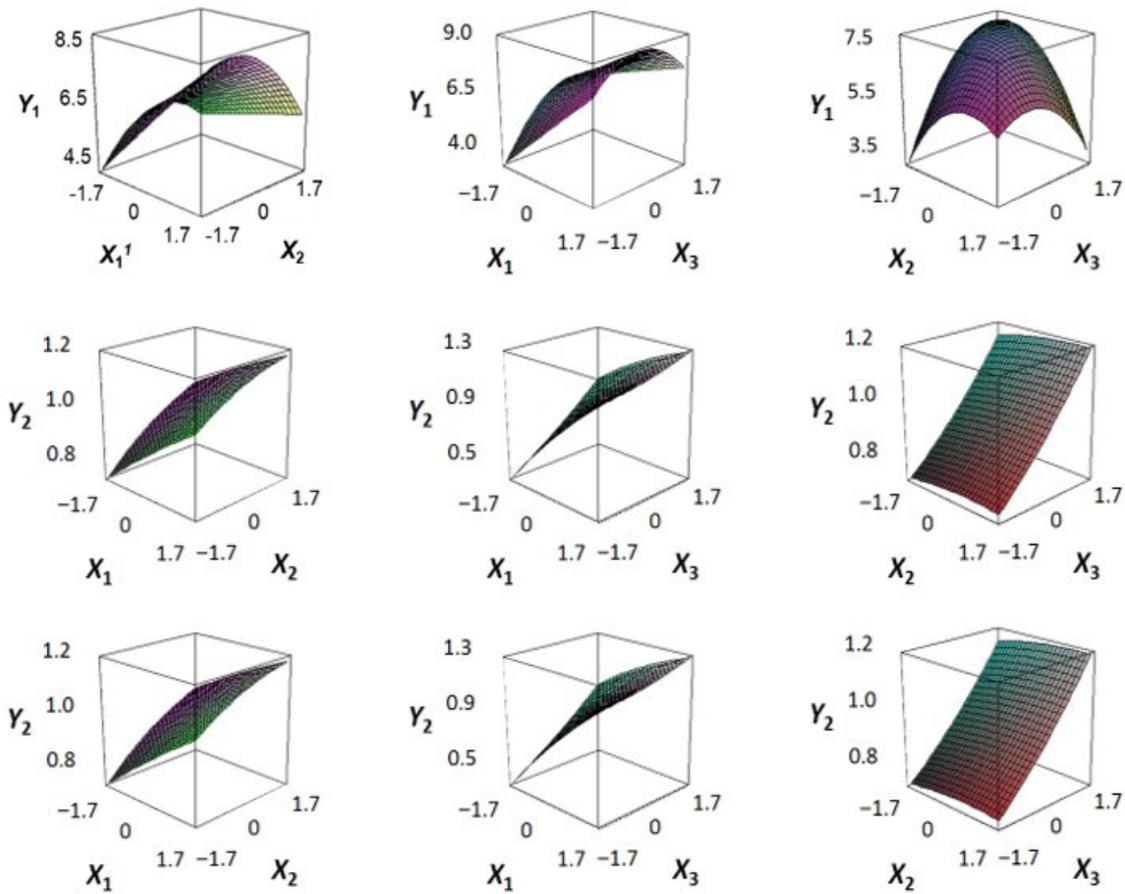


Fig. 2. Three dimensional response surface plot for processing optimization of fishy odor-reduced mackerel *Scomber japonicus* based on Y_1 (the overall acceptance, score), Y_2 (salinity, %) and Y_3 (acidity, mg/100 g). X_1 (Doenjang concentration, %), X_2 (citric acid concentration, %), X_3 (soaking time, min).

유의수준)은 SPSS 통계패키지(SPSS for window, release 10.1)에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하여 나타내었다(Steel and Torrie, 1980).

결과 및 고찰

비린내 개선

어류의 비린내를 제거하는 방법이 여러 가지가 있지만 가공용수에 의한 수세 처리도 좋은 방법 중의 하나이다. 이러한 일면에서 수산물 비린내 저감화를 위한 적정 소재의 선정용 대조구는 전처리 후 가공용수로 수세 처리하는 것으로 하였다. 뼈 연화 고등어 가공품의 비린내 저감화를 위한 대조구(가공용수)와 4종의 침지액[백포도주(원액), 1% 된장 용액, 0.1% 카레가루 현탁액 및 0.1% 구연산 용액]에 1시간 동안 침지처리한 고등어의 pH와 휘발성염기질소 함량은 Fig. 1과 같다. 침지처리 고등어의 pH와 휘발성염기질소 함량은 대조구인 가공용수 처리 제

품의 경우 각각 6.06 및 24.3 mg/100 g인데 반하여, 나머지 소재 처리 제품의 경우 각각 5.57-5.98 범위 및 12.3-16.8 mg/100 g 범위로 된장 처리 제품의 pH를 제외한다면 모두 낮아 차이가 있었다($P < 0.05$). 한편, 비린내 개선을 위한 침지 처리 고등어 간 pH와 휘발성염기질소 함량은 백포도주 처리한 것(각각 5.78 및 12.3 mg/100 g)과 구연산 처리한 것(각각 5.57 및 12.5 mg/100 g)이 된장 처리한 것(각각 5.98 및 16.6 mg/100 g)과 카레 처리한 것(각각 5.91 및 16.8 mg/100 g)보다 낮았다. 일반적으로 냄새성분에 영향을 미치는 요인으로는 휘발성 성분의 종류, 이들의 역치 이외에도 pH가 있고, pH의 경우 낮을수록 냄새 성분의 휘발이 어렵다(Park et al., 1995). 고등어에 대한 비린내 억제에는 침지처리 소재별 고등어의 pH와 휘발성염기질소 함량에 대한 결과와 pH별 냄새성분의 휘발 정도를 고려할 때 대조구인 수세 처리에 의한 것보다 침지처리한 것이 효과가 있다고 판단되었고, 침지용액의 종류 간에는 백포도주 처리한 것과 구연산 처리한 것이 된장 처리한 것과 카레 처리한 것에 비하여 효과가 있

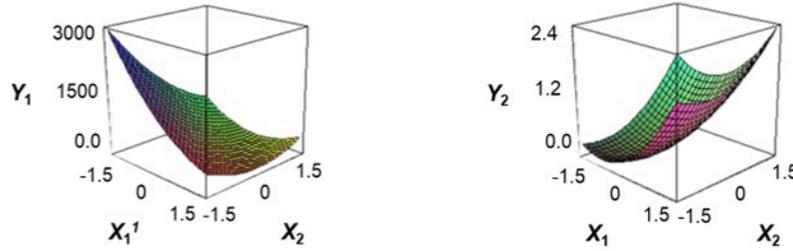


Fig. 3. Three dimensional response surface plots for processing fishy odor-reduced and bone-softened mackerel *Scomber japonicus* based on Y_1 (cutting strength (g/cm²)) and Y_2 (deskining degree, %). ¹ X_1 (heating temperature, °C), X_2 (heating time, h).

으리라 추정되었다.

비린내 저감화용 4종 침지액의 단가와 1시간 동안 침지처리한 고등어의 비린내 저감화 정도에 대한 관능검사 결과는 Table 4와 같다. 고등어 침지액으로 사용한 용액 중 가공용수는 4종 침

지용액[백포도주(원액), 1% 된장 용액, 0.1% 카레가루 현탁액 및 0.1% 구연산 용액]의 고등어에 대한 관능적 비린내 저감화 정도를 비교하기 위한 대조구로 사용하였고, 평점은 기준점인 5.0점으로 하였다. 침지 용액의 종류에 따른 고등어의 관능적

Table 6. Analysis of variance (ANOVA) for response of dependent variables (Y_1 and Y_2) for process optimization of fishy odor-reduced mackerel *Scomber japonicus*

Independent ¹	Sources	DF	SS	MS	F-value	P-value
Y_1	Model	9	16.4846	1.83162	8.56	0.005
	Linear	3	10.3597	3.45324	16.14	0.002
	Square	3	3.3111	1.10371	5.16	0.034
	Interaction	3	2.8138	0.93792	4.38	0.049
	Residual	7	1.4978	0.21396		
	Lack of fit	5	1.4911	0.29822	89.47	0.011
	Pure error	2	0.0067	0.00333		
	Total	16	17.9824			
Y_2	Model	9	0.333281	0.037031	31.74	0.000
	Linear	3	0.325495	0.108498	93.00	0.000
	Square	3	0.002148	0.000716	0.61	0.627
	Interaction	3	0.005638	0.001879	1.61	0.271
	Residual	7	0.008166	0.001167		
	Lack of fit	5	0.008100	0.001620	48.60	0.020
	Pure error	2	0.00067	0.000033		
	Total	16	0.341447			
Y_3	Model	9	348701	38745	49.84	0.000
	Linear	3	323423	107808	138.69	0.000
	Square	3	23866	7955	10.23	0.006
	Interaction	3	1412	471	0.61	0.632
	Residual	7	5441	777		
	Lack of fit	5	5397	1079	48.39	0.020
	Pure error	2	45	22		
	Total	16	354142			

¹ Y_1 (overall acceptance, score), Y_2 (salinity, %), Y_3 (acidity, mg/100 g). DF, Degrees of freedom; SS, Sum of square; MS, Mean square.

비린내 저감화 정도는 6.0-8.2점으로 모두 대조구에 비하여 높았다. 그러나, 침지용액 처리에 의한 관능적 고등어의 비린내 저감화 효과는 구연산 용액 침지 제품이 8.2점으로 가장 높았고, 다음으로 된장 용액 침지 제품(7.2점), 카레(6.0점) 용액 침지 제품, 백포도주(5.8±0.5점) 침지 제품의 순이었으나, 백포도주 침지 제품과 카레 용액 침지 제품 간과 된장 용액과 구연산 용액 간에는 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 한편, 고등어의 비린내 저감화용 4종 침지용액의 리터당 소비자용 단가는 백포도주가 5,800원으로 월등히 높았고, 다음으로 된장(14원) 및 카레가루(4원)의 순이었고, 구연산이 2원으로 가장 낮았다.

이상의 침지용액 처리 고등어의 pH, 휘발성염기질소 함량, 관능검사에 대한 결과와 침지용액의 리터당 단가의 결과로 미루어 보아 비린내가 저감화된 뼈 연화 고등어 가공품의 비린내 개선을 위한 최적 소재는 pH에 의한 비린내 개선 효과가 있는 구연산과 강한 향미에 의한 마스킹 효과와 흡착성에 의한 이취를 제거 효과를 동시에 가진 된장으로 판단되었다.

비린내 저감화를 위한 된장 및 구연산의 최적 농도조건 구명

뼈 연화 고등어 가공품의 비린내 저감화를 위한 침지용액의 최적 농도(된장, 구연산의 농도)와 침지시간과 같은 독립변수

의 최적 조건을 구명하기 위하여 중심합성계획에 따라 된장 농도(X_1 , 1.3-14.7%), 구연산 농도(X_2 , 0.01-0.19%) 및 침지시간(X_3 , 9.5-110.5분)을 5단계로 부호화하였다(Table 1). 이어서 이를 토대로 17구의 시료구를 설계하고, 이를 무작위적으로 제조한 다음 이들에 대하여 종속 변수인 비린내를 고려한 종합기호도, 염도, 총산도 등에 대하여 검토한 결과는 Table 2와 같다. 이들 독립변수(된장 농도, 구연산 농도 및 침지시간)와 종속변수(비린내를 고려한 종합기호도, 염도 및 산도)와의 관계는 미니탭(MINITAB) 통계 프로그램을 이용하여 response surface analysis by least-squares regression (RSREG)를 실시한 다음 종속변수에 대한 3종의 독립변수 상호 간의 관계를 Maple software를 사용하여 각각 3차원으로 도식화하였다(Fig. 2).

고등어의 비린내 저감화를 위한 종합기호도(Y_1)는 X_1 (된장 농도)의 경우 -1.68로부터 +1.68로 이동할수록 증가하는 경향을, X_2 (구연산 농도)의 경우 -1.68로부터 +1.68로 이동할수록 감소하는 경향을, X_3 (침지시간)의 경우 -1.68에서 +1.04까지 이동할수록 증가하는 경향을 나타내었으나 이후 모두 +1.68까지 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고, 뼈 연화 고등어 가공품의 염도(Y_2)는 X_1 과 X_3 의 경우 -1.68에서 +1.68으로 이동할수록 증가하는 경향을 나타내었고, X_2 의 경우 아주 -1.68에서 +0.94까지 완만하게 증가하는 경향을 나타내었으나, 이후

Table 7. Optimal conditions predicted for preparing fishy odor-reduced mackerel *Scomber japonicus* obtained by MINITAB program

Dependent variables ²	Value	X_1^1	X_2	X_3
Y_1	Target	9.0	9.0	9.0
	Coded	1.68	-1.68	1.1
	Actual	14.7	0.02	93.0
Y_2	Target	1.1	1.1	1.1
	Coded	0.0	0.0	1.09
	Actual	8.0	0.10	92.7
Y_3	Target	199.8	199.8	199.8
	Coded	0.0	-0.53	-1.68
	Actual	8.0	0.07	9.0
Multiple response optimization	Coded	0.95	-1.28	-0.26
	Actual	11.8	0.04	52.2
	Predicted	Y_1 , 7.7 score; Y_2 , 1.1%; Y_3 , 202.6 mg/100 g.		

¹ X_1 (Doenjang concentration, %), X_2 (citric acid concentration, %), X_3 (soaking time, min). ² Y_1 (overall acceptance, score), Y_2 (salinity, %), Y_3 (acidity, mg/100 g).

+1.68까지 거의 일정하게 유지되었다. 또한, 뼈 연화 고등어 가공품의 산도(Y_3)는 X_1 의 경우 -1.68에서 +1.68으로 이동할수록 완만히 증가하는 경향을 나타내었고, X_2 와 X_3 의 경우 -1.68에서 +1.68으로 이동할수록 증가하는 경향을 나타내었으며, 그 정도는 X_2 가 X_3 에 비하여 급격하게 차이가 있었다.

이들 결과치를 이용하여 MINITAB 통계 프로그램의 RSREG를 구동하여 종합기호도, 염도 및 총산도의 반응모형방정식 중항의 유의성($P < 0.05$)을 고려하여 간결식으로 나타내면 Table 5

Table 8. Predicted and experimental data on the dependent variables (sensory evaluation, salinity and acidity) of fishy odor-reduced mackerel *Scomber japonicus* under processing optimal conditions

Dependent variables	Predicted value	Experimental value
Y_1 (Sensory evaluation, score)	7.7	7.6±1.2
Y_2 (Salinity, %)	1.1	1.0±0.1
Y_3 (Acidity, mg/100 g)	202.6	203.2±3.8

와 같다. ANOVA분석으로 살펴본 비린내를 저감화한 뼈 연화 고등어 가공품에 대한 반응모형방정식의 P value (Table 6)는 비린내를 고려한 종합기호도의 경우 일차항, 이차항 및 교차항이 각각 0.002, 0.034 및 0.049로 세 종류의 항이, 염도의 경우 일차항만이, 총산도의 경우 일차항 및 이차항이 각각 0.000 및 0.006으로 유의성이 인정되었다. 비린내를 저감화한 뼈 연화 고등어 가공품의 종합기호도, 염도 및 총산도에 대한 반응모형방정식 모델의 적합성 여부를 나타내는 적합 결여 검증(lack of fit test)의 P value는 각각 0.011, 0.020 및 0.020을 나타내어 0.05보다 낮아 설계된 모형이 완전하지 않는 것으로 나타났으나, 결정계수(R^2)가 각각 0.810, 0.945 및 0.965로 높으며 model 값이 각각 0.005, 0.000 및 0.000으로 0.05보다 낮아 적합한 것으로 나타났다(Zhou and Regenstein, 2004).

한편, 비린내를 저감화한 뼈 연화 고등어 가공품은 된장농도와 구연산농도를 과다하게 처리하거나 침지시간을 과다하게 처리하는 경우 비린내는 개선되나 소비자의 과도한 짠맛 또는 신맛과 단가 상승 등으로 구매가 기피될 우려가 있다. 이러한 일면을 고려하여 비린내를 저감화한 뼈 연화 고등어 가공품을 제조

Table 9. Optimum response surface model for processing fishy odor-reduced and bone-softened mackerel *Scomber japonicus*

Responses ¹	Quadratic polynomial model equations ²	R^2	P-value
Y_1	$-925.3X_1 - 315.9X_2 + 679.1X_1^2 + 425.0X_1X_2$	0.977	0.000
Y_2	$0.167 + 0.361X_1 + 0.314X_2 + 0.340X_1^2 + 178X_2^2$	0.955	0.000

¹ Y_1 (cutting strength, g/cm²), Y_2 (deskining degree, %) ² X_1 (heating temperature, °C), X_2 (heating time, h).

Table 10. Analysis of variance (ANOVA) for response of dependent variables for processing fishy odor-reduced and bone-softened mackerel *Scomber japonicus*

Independent ¹	Sources	DF	SS	MS	F-value	P-value
Y_1	Model	5	10997714	2199543	87.60	0.000
	Linear	2	7648312	3824156	152.31	0.000
	Square	2	2626902	1313451	52.31	0.000
	Interaction	1	722500	722500	28.78	0.003
	Residual	5	125540	25108		
	Lack of fit	3	125506	41835	2413.57	0.000
	Pure error	2	25	17		
	Total	10	11123255			
Y_2	Model	5	2.56785	0.513571	43.86	0.000
	Linear	2	1.83288	0.916441	78.27	0.000
	Square	2	0.69087	0.345435	29.50	0.002
	Interaction	1	0.04410	0.044100	3.77	0.110
	Residual	5	0.05855	0.011709		
	Lack of fit	3	0.05848	0.019494	584.81	0.002
	Pure error	2	0.00007	0.000033		
	Total	10	2.62640			

¹ Y_1 (cutting strength, g/cm²), Y_2 (deskining degree, %). DF, Degrees of freedom; SS, Sum of square; MS, Mean square.

하고자 하는 경우 일정 한도 이상의 종합기호도와 일정 한도의 염도와 총산도를 유지하여야 하고, 이들의 적정 범위는 각각 5 점 이상, 0.76-1.21% 및 165.8-694.4 mg/100 g으로 고려된다. 이러한 일면에서 뼈 연화 고등어 가공품의 비린내를 고려한 종합기호도와 염도, 총산도의 각각과 이들을 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적조건을 예측할 목적으로 MINITAB 통계 프로그램을 구동하였고, 이때 비린내를 저감화한 뼈 연화 고등어 가공품의 제조를 위한 target 독립변수는 관능기호도의 경우 최대값(9.0점), 염도와 총산도의 경우 목표값(각각 1.1% 및 199.8 mg/100 g)으로 설정하였다. Table 2의 결과치를 이용하면서 이와 같은 조건을 설정한 다음 MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 독립변수의 최적조건 예측치를 Table 7에 나타내었다. 비린내 저감화 뼈 연화 고등어 가공품의 종합기호도, 염도 및 산도를 모두 충족할 수 있는 최적 된장 농도, 구연산 농도 및 침지 시간은 각각 11.8%, 0.04%, 52.2분이었고, 이들 최적 조건을 적용한 비린내 저감화 뼈 연화 고등어 가공품의 종합기호도, 염도 및 산도의 예측값은 각각 7.7점, 1.1% 및 202.6 mg/100 g이었으며, 실측값은 각각 7.6점, 1.0%, 203.2 mg/100 g으로 예측값과 실측값 간에 차이가 없었다(Table 8).

따라서, 비린내 저감화 뼈 연화 고등어 가공품의 제조를 위한 최적 비린내 저감화 조건 설정 모델은 적합한 것으로 판단되었다.

뼈 연화를 위한 최적 가열조건 구명

뼈 연화 고등어 가공품의 잔가시 문제, 즉 어골 연화를 위한 최적 가열조건(가열온도 및 가열시간)과 같은 독립변수의 최적 조

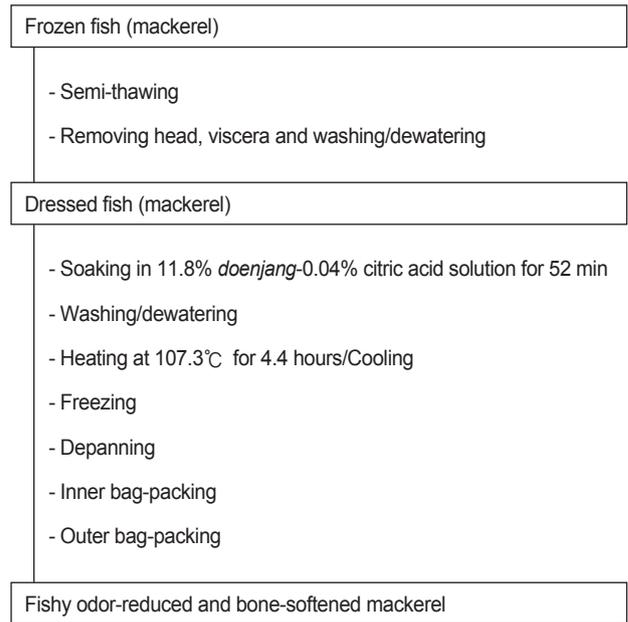


Fig. 4. Flowchart for preparing fishy odor-reduced and bone-softened mackerel *Scomber japonicus*.

건을 구명하고자 중심합성계획에 따라 가열온도를 83-121 °C 범위로, 가열시간을 2.2-7.8시간 범위로 5단계로 부호화하였다 (Table 1). 이어서 이를 토대로 11구의 시료구를 설계하고, 이를 무작위적으로 제조한 다음 이들에 대하여 종속 변수인 어류뼈

Table 11. Optimal conditions predicted for processing fishy odor-reduced and bone-softened mackerel *Scomber japonicus* obtained by MINITAB program

Dependent variables ²	Value	X_1^1	X_2
Y_1	Target	50	50
	Coded	-0.29	1.41
	Actual	104.1	7.8
Y_2	Target	0.0	0.0
	Coded	-1.20	-0.69
	Actual	95	3.6
Multiple response optimization	Coded	0.03	-0.30
	Actual	107.3	4.4
Predicted		$Y_1, 161.5; Y_2, 0.09.$	

¹ X_1 (heating temperature, °C), X_2 (heating time, h). ² Y_1 (cutting strength, g/cm²). Y_2 (deskining degree, %).

Table 12. Predicted and experimental data on the dependent variables (sensory evaluation, salinity and acidity) of fishy odor-reduced and bone-softened mackerel *Scomber japonicus* under processing optimal conditions

Dependent variables	Predicted value	Experimental value
Y_1 (cutting strength, g/cm ²)	161.5	171.1±12.6
Y_2 (deskining degree, %)	0.09	0.10±0.2

의 절단 강도(Y_1)와 고등어 표피 탈락 정도(Y_2)에 대하여 검토한 결과는 Table 3과 같다. 이들 종속변수에 대한 3종의 독립변수 상호 간의 관계를 maple software를 사용하여 각각 3차원으로 도식화하였다(Fig. 3).

뼈연화 고등어 가공품의 절단강도(Y_1)는 X_1 (가열온도)의 경우 -1.41로부터 +0.25로 이동할수록 급격히 감소하였다가 이후 +1.41까지 증가하는 경향을 나타내었고, X_2 (가열시간)의 경우 -1.41로부터 +1.41까지 이동할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 뼈 연화 고등어 가공품의 어피 탈락 정도(Y_2)는 X_1 의 경우 -1.41에서 -0.68으로 이동할수록 감소하였다가 +1.41까지 계속적으로 급격하게 증가하는 경향을 나타내었다.

이들의 결과치를 이용하여 MINITAB 통계 프로그램의 RSREG를 구동하여 어류뼈 절단강도, 고등어 표피 탈락 정도의 반응모형방정식 중 항의 유의성($P < 0.05$)을 고려하여 간결식으로 나타내면 Table 9와 같다. ANOVA분석으로 살펴본 뼈연화 고등어 가공품에 대한 반응모형방정식의 P value (Table 10)는 고등어 뼈 연화를 고려한 어류 뼈 절단강도의 경우 일차항, 이차항 및 교차항이 각각 0.000, 0.000 및 0.003으로 세 종류의 항이, 어피 탈락의 정도의 경우 일차항 및 이차항이 0.000 및 0.002로 유의성이 인정($P < 0.05$)되었다. 뼈 연화 고등어 가공품의 어류뼈 절단강도, 어피 탈락의 정도에 대한 반응모형방정식 모델의 적합성 여부를 나타내는 적합 결여 검증의 P value는 각각 0.000, 0.002를 나타내어 0.05보다 낮아 설계된 모형이 완전하지 않는 것으로 나타났으나, 결정계수(R^2)가 각각 0.977 및 0.955로서 높으며 model 값이 모두 0.000으로 0.05보다 낮아 적합한 것으로 나타났다(Zhou and Regenstein, 2004).

한편, 뼈 연화 고등어 가공품은 가열온도를 과도하게 높게 하거나 가열시간을 과도하게 길게 하는 경우 어피 탈락이 증가하거나 가공 단가와 판매가격이 상승되는 등으로 인하여 소비자들의 구매를 저하할 우려가 있다. 이러한 일면을 고려하여 소비자가 뼈와 껍질에 대한 이질감을 느끼지 않으면서, 단가가 저렴한 뼈연화 고등어 가공품의 제조를 위한 어류뼈의 적정 절단강도 및 어피 탈락의 정도에 대한 범위가 각각 36-1,762 g/cm² 범위 및 0-1.01% 범위로 고려된다. 뼈 연화 고등어 가공품의 어류뼈의 연화 및 소비자의 기호성(어피 탈락 정도)의 각각과 이들을 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적조건을 예측할 목적으로 MINITAB 통계 프로그램을 구동하였고, 이때 뼈연화 고등어 가공품의 제조를 위한 target 독립변수는 어류뼈의

절단강도의 경우 50 g/cm², 어피 탈락 정도의 경우 0%로 설정하였다. Table 3의 결과치를 이용하면서 이와 같은 조건을 설정한 다음 MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 독립변수의 최적조건 예측치를 Table 11에 나타내었다. 뼈 연화 고등어 가공품의 고등어뼈 절단강도 목표값(50 g/cm²)과 어피 탈락율 목표값(0%)을 모두 충족할 수 있는 가열처리 온도와 시간은 각각 107.3℃ 및 4.4 시간이었으며, 이들 최적 조건을 적용한 뼈 연화 고등어 가공품의 절단강도와 어피 탈락율은 예측값의 경우 각각 161.5 g/cm² 및 0.09%이었고, 실측값의 경우 각각 171.1±12.6 g/cm² 및 0.10±0.02%으로, 예측값과 실측값 간에 차이가 없었다(Table 12).

따라서, 뼈 연화 고등어 가공품의 제조를 위한 최적 뼈 연화 조건 설정 조건 모델은 적합한 것으로 판단되었다.

뼈 연화 고등어 가공품의 최적 제조 공정

비린내가 저감화된 뼈 연화 고등어 가공품의 최적 제조공정은 Fig. 4와 같다. 뼈 연화 고등어 가공품의 제조를 위한 고등어 필레(fillet)는 냉동 수산물을 해동하고, 머리 및 내장을 제거함과 동시에 수세, 탈수하여 제조한다. 이어서 고등어 필레는 비린내 개선을 위하여 된장-구연산 용액[된장 (11.5%, w/v), 구연산 (0.02%, w/v)]에 54분 침지한 다음 수세 및 탈수하고, 107.3℃에서 4.4시간동안 고온가압처리하여 뼈를 연화시킨 다음 냉각 처리하여 비린내가 저감화된 뼈연화 처리 고등어 가공품을 제조하였다. 이어서 최종 뼈 연화 고등어 가공품은 저장 및 유통을 위하여 급속동결하고, 팬분리를 한 다음, 내포장 및 외포장하여 제조하였다.

본 연구에서는 국내 다소비 생선으로서 각광 받고 있는 어류인 고등어를 이용하여 비린내 개선 및 뼈연화를 실시하였고, 이들의 개선을 통해 생선과 같은 수산물의 소비를 기피하는 소비층의 기호도를 충족시키고자 함이 주 목적이었다. 따라서 비린내 저감화 및 뼈가 연화된 고등어는 뼈(가시)와 같이 식용이 가능함에 따라 생선뼈에 함유된 많은 영양소와 무기질성분을 섭취할 수 있어 단순 생선으로의 섭취뿐만 아니라 스낵, 피쉬볼 등 갈습이 강화된 어류 관련 제품의 소재로 사용이 가능할 것이라 판단되었다. 이들을 이용한 제품개발에 대한 연구도 계속 진행되어야 할 것이다.

사 사

이 논문은 2016년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(해양별 특성을 고려한 전통 수산가공식품 개발 및 상품화).

References

- Agustinelli SP and Yeannes MI. 2015. Sensorial characterization and consumer preference analysis of smoked mackerel

- (*Scomber japonicus*) fillets. IFRJ 22, 2010-2017. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.13338>.
- aT FIS. 2015. 2015 Processing food classification market status (Ready-to-Eat Foods). Retrieved from <https://www.atfis.or.kr/article/M001050000/view.do?articleId=2736> on Feb 8, 2017.
- Chang CL, Ding Z, Patchigolla VN, Zuaue B and Savran CA. 2010. Diffractionometric biochemical sensing with smart hydrogels. IEEE SENSORS Conference publications, Waikoloa, Hawaii, U.S.A., 1617-1621. <http://dx.doi.org/10.1109/ICSENS.2010.5690402>.
- Gaull GE, Wright CE and Tallan HH. 1983. Taurine in human lymphoblastoid cell: uptake and role in proliferation. Prog Clin Biol Res 125, 297-303.
- Ishikawa M, Mori SJ, Watanabe HSK and Sakai Y. 1987. Softening of fish bone I. Relation between softening rate and solubilization rate of organic matter from fish bone. J Food Process Preserv 11, 277-287. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1989.tb00095.x>.
- Ishikawa M, Mori SJ, Watanabe HSK and Sakai Y. 1989. Softening of fish bone. II. Effect of acetic acid on softening rate and solubilization rate of organic matter from fish bone. J Food Process Preserv 13, 123-132. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1989.tb00095.x>.
- Jung TK, Kim BS and Kim MH. 2014. The optimization and quality characteristics of mackerel soybean paste marinade-sauce prepared using response surface methodology. J Food service Management 17, 247-272.
- Kapute F, Likonwe J and Kang'ombe J. 2012. Quality assessment of fresh lake Malwi tilapia (*Chambo*) collected from selected local and super markets in Malawi. J Food Safety 14, 113-121.
- Kim JS, Heu MS, Kim HS and Ha JH. 2007. Fundamentals and applications of seafood processing. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, 19-23.
- Kim GW, Kim HK, Kim JS, An HY, Hu GW, Son JK, Kim OS and Cho SY. 2008. Characterizing the quality of salted mackerel prepared with deep seawater. Korean J Fish Aquat Sci 41, 163-169.
- Kim KBWR, Jung DH, Park SH, Kang BK, Pak WM, Kang JE, Park HM and Ahn DH. 2013. Quality properties and processing optimization of mackerel (*Scomber japonicus*) sausage. Korean J Food Nutr 42, 1656-1663. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2013.42.10.1656>.
- Kim MJ. 2017. Monitoring and risk assessments of biogenic amine in mainly consumed seafoods. MS. Thesis, Gyeong-sang National University, Tongyeong, Korea.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2018. Product statistic. Retrieved from http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01 on Mar 20, 2018.
- Leu SS, Jhaveri SN, Karakoltsidis P and Constantinides SN. 1981. Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*, L): seasonal variation in proximate composition and distribution of chemical nutrients. J Food Sci 46, 1635-1638.
- Lee EH. 1990. Studies on the processing of frozen seasoned mackerel meat. Korean J Food Nutr 19, 107-114.
- Lee EH, Kim MC, Kim JS, Ahn CB, Joo DS and Kim SK. 1990. Studies on the processing of frozen seasoned mackerel meat. 1. Processing of frozen seasoned mackerel meat and changes in its taste compounds during storage. Korean J Food Nutr 18, 355-362.
- Luo X, Yang R, Zhao W, Cheng Z and Jiang X. 2010. Gelling properties of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) surimi as affected by washing process and high pressure. Int J Food Eng 6, 1-16. <http://dx.doi.org/10.2202/1556-3758.1913>.
- Mao W, Xu X, Xu YS, Jiang QX and Xia WS. 2014. Effects of high-temperature cooking of bighead carp cube on small fishbone softening in the muscles and texture quality. J Ferment Bioeng 46, 22-26.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018. Food code. Retrieved from http://www.foodsafetykorea.go.kr/food-code/01_01.jsp on Feb 20 2018.
- Park YH, Chang DS and Kim SB. 1995. Processing and utilization of fisheries. Hyungsueol Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea.
- Park JH and Lee KH. 2005. Quality characteristics of beef meat of various places of origin. Korean J Soc Food Cook Sci 21, 528-535.
- Steel RGD and Torrie H. 1980. Principle and Procedures of Statistics. 1st ed. McGraw-Hill Kogakucha, Tokyo, Japan.
- Sebring LA and Huxtable RJ. 1985. Taurine modulation of calcium binding to cardiac sarcolemma. J Pharmacol Exp Ther 232, 445-451.
- Shimosaka C, Shimomura M and Terai M. 1987. Change in the physical properties and composition of fish bone during cooking by heating under normal pressure. J Home Economics Japan 47, 1213-1218.
- Simopoulou AP. 1991. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. Am J Clin Nutr 54, 438-463.
- Thurston JH, Hauhart RE and Dirgo JA. 1980. Taurine, a role in osmotic regulation of mammalian brain and possible clinical significance. Life Sci 26, 1561-1568. [https://dx.doi.org/10.1016/0024-3205\(80\)90358-6](https://dx.doi.org/10.1016/0024-3205(80)90358-6).
- Yu GY and Cho IH. 2016. Comparison on physico-chemical and affective properties in mackerel cooked by electric pan and under superheated steam. Korean J Food Cook Sci 32, 204-210. <http://dx.doi.org/10.9724/kfcs.2016.32.2.204>.
- 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>.