

구연산으로 해동한 정어리(*Sardinops melanostictus*) 고추기름 담금 통조림의 제조공정 최적화

노윤이 · 곽원주 · 김단희 · 장미순** · 이가정** ·

윤현정* · 김지연 · 오재영†

국립수산과학원(연구원 · *†연구사 · **연구관)

Optimization of the Manufacturing Process for Citric Acid-Thawed Sardine(*Sardinops melanostictus*) Canned in Chili Oil

Yuni NOH · Wonju KWAK · Dan-Hui KIM · Mi-soon JANG** · Ka Jeong LEE** ·

Hyun Jung YUN* · Jieon KIM · Jae-young OH†

Food Safety and Processing Research Division, NIFS(research officer · *†researcher · **scientific deputy director)

Abstract

This study examined the reduction of fishy odor by treating sardines(*Sardinops melanostictus*) with citric acid solution and the optimal blending ratio of chili oil for the preparation of canned sardine chili oil. The viable cell count, volatile basic nitrogen(VBN), and trimethylamine(TMA) of sardines thawed in citric acid solution decreased with increasing citric acid concentration. Sardines thawed in a 2% citric acid solution and stored for 72hours showed that the viable cell count remained stable at 1.43-1.52log CFU/g until 24hours, while VBN and TMA levels increased after 24hours. The independent variables for the central composite rotational design used in optimizing the sardine chili oil manufacturing process were chili oil(A), smoked flavoring(B), and capsicum(C). Using response surface methodology(RSM), the optimal values of the independent variables [$X_1=A/(B+C)$, $X_2=B/C$] were determined based on volatile odor intensity(Y_1), amino acid nitrogen(Y_2), and overall acceptance(Y_3) of canned sardine chili oil. These optimal values corresponded to 98.0g of chili oil, 1.79g of smoked flavoring, and 0.21g of capsicum. When prepared with the optimal ratio, the actual results were as follows: volatile odor intensity(VOI) of 370.7 ± 7 , amino acid nitrogen of 201.2 ± 5.2 mg/100g and overall acceptance of 6.62 ± 0.2 score. Based on these results, the optimal blending ratio for sardine chili oil was confirmed.

Key words : Citric acid, Canned, Sardine, *Sardinops melanostictus*, Chili oil

I. 서론

정어리(*Sardinops melanostictus*)는 청어과(Clupeidae)에 속하는 어류로, 필수 아미노산(threonine, histidine) 및 고도불포화지방산(EPA, DHA)을 비

롯한 다양한 기능성 성분을 함유하고 있어(Simat et al., 2020) 수산식품 가공산업에서 영양학적·경제적 가치가 높은 주요 어종이다. 정어리 어장은 우리나라의 경우 동해 남부 및 남해 연안을 중심으로 형성되며, 계절적 요인에 따라 어획량이 변

† Corresponding author : 051-720-2651, ogy0724@korea.kr

※ 본 연구는 국립수산과학원(R2025056)의 지원에 의해 운영되었습니다.

동된다(Park et al., 2023). 최근 정어리 어획량을 살펴보면 2021년 90M/T으로 어획되었다가 2022-2024년 12,030-39,554M/T로 점진적인 증가 추세를 보이고 있다(KOSIS, 2024).

Yuwei et al.(2012)은 정어리의 DHA가 멸치와 고등어보다 12.74% 더 높다고 하였으며, Kamal et al.(2022)은 건조 정어리의 비타민 D 함량이 48.86 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 기타 어류(연어, 멸치, 훈제연어, 청어)보다 가장 높았다고 보고하였다. 이 외에도 정어리는 고단백질, 고도불포화지방산(EPA, DHA), 칼슘 등을 포함한 건강기능성 식품소재로서의 활용가치가 크다고 보고되어 있다(Lee et al., 2001; Ji et al., 1992; Kim et al., 2001; Simat et al., 2020).

하지만 정어리는 가공 시 발생하는 특유의 비린내가 소비자의 기호도를 저하시키는 주요 문제점으로 지적되어 왔다. 특히, 지방의 산화에 따라 생성되는 aldehyde, alcohol, 아민류(trimethylamine, TMA)는 제품의 관능 품질 저하에 직접적으로 영향을 미친다(Liu et al., 2024). 따라서 정어리의 영양적 가치를 보존하면서 비린내도 저감할 수 있는 공정개발이 필요한 실정이다.

구연산은 산성 조건을 통해 아민류 및 산화산물의 반응을 억제하고, 생선의 비린내 성분을 완화하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Arias et al., 2003; Forrester et al., 2002; Simat et al., 2019). 따라서 구연산 처리를 통해 정어리의 비린내를 효과적으로 감소시키고, 소비자 기호도를 향상시킬 것으로 기대된다.

향미유는 식용유지에 향신료, 향료, 천연추출물, 조미료 등을 혼합한 것으로서, 조리 또는 가공시 식품에 풍미를 부여하기 위하여 사용하는 것을 말한다(MFDS, 2024). 최근 K-food의 인기가 커지면서 매운맛 향미소재의 연구가 활발히 진행 중이며 주로 고추기름을 중심으로 연구되고 있다(Lee et al., 2022; Koo et al., 2004; Yang et al., 2007; Kim et al., 2017; IPET, 2022). 또한 매운맛은 혈중 지질 및 항산화성 비타민에 긍정적인 영

향을 미치는 것(Yu et al., 1996)으로 알려져 있어 고추기름을 사용하여 소비동향과 새로운 풍미의 가공제품 개발에 활용하고자 하였다.

본 연구에서는 비린내 저감을 위해 정어리를 해동하는 과정에서 구연산 용액에 침지시키는 방법을 적용하고 이후 고추기름 담금 통조림의 최적 배합비를 도출하여 최적비율의 제조 공정을 개발하고자 하였다. 향후, 수산물 산업에서 품질 향상 및 신제품 기술 개발의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

II. 연구 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 정어리(*Sardinops melanostictus*)는 경남 통영수협 어판장에서 구입하여 실험에 사용하였다. 구연산(Esfood Co., Ltd., Anyang, Korea), 고추기름(Sajo haepyo Co., Ltd., Yeongcheon, Korea), 훈연향료(Esfood Co., Ltd., Anyang, Korea), 캡시컴(Esfood Co., Ltd., Anyang, Korea)은 2023년 2월에 온라인에서 구입하여 사용하였다.

2. 실험방법

가. 구연산 농도 탐색 및 저장 실험

냉동 정어리는 -20°C 에서 보관한 후 실험에 사용하였다. 실험 전 해동을 위해 구연산(citric acid)을 증류수에 각각 0%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 5% 농도(w/v)로 제조하였으며, 각 용액에 정어리를 침지한 후 상온에서 30분간 해동하였다. 해동 후 정어리 표면의 물기를 제거한 뒤, 실험에 사용하였다.

저장 실험은 구연산 용액으로 해동한 정어리 시료를 20°C 로 설정된 인큐베이터에 보관하여 수행하였고, 저장 시간은 0, 1, 3, 8, 24, 48, 72시간으로 설정하였다. 대조군(control)은 구연산 처리를 하지 않고 동일한 조건에서 해동한 정어리를 같은 조건에서 저장하여 비교하였다.

나. 일반세균수 분석

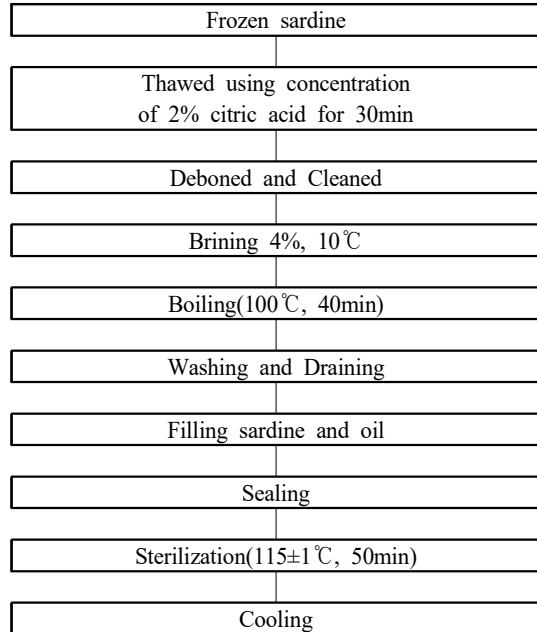
일반세균수 분석은 식품공전(MFDS, 2023)의 미생물 시험법의 건조필름법으로 실행하였다. 정어리 시료 5g을 멸균된 멸균백에 넣고 여기에 9배량의 멸균인산완충희석액(phosphate buffered saline, pH 7.4)를 가하여 60초간 균질화하였다. 각 단계의 희석액을 1mL 취하여 petrifilm(3M, USA) 3장에 각각 접종한 후 잘 흡수시키고, 35±1℃에서 48±2시간 배양하여 형성된 집락수를 계산하였다.

다. 휘발성염기질소 및 TMA(Trimethylamine) 함량

휘발성염기질소는 Conway unit을 사용하는 미량확산법(KSFSN, 2000)으로 측정하였다. TMA 함량은 시료 5 g을 정평한 후 Cobb et al.(1973)에 따라 실시하였다.

라. 정어리 고추기름 담금 통조림의 제조

정어리 고추기름 담금 통조림 제조 공정은 [Fig. 1]과 같다. 냉동 정어리의 5배 되는 양의 정수된 물에 2% 구연산(w/v)을 첨가하여 녹인 후, 냉동 정어리를 30분간 침지시켜 해동하였다. 해동된 정어리는 머리, 내장, 비늘 등을 제거하고 물로 세척하여 헹잡물을 제거하였다. 전처리된 정어리는 4% 식염(w/v)을 첨가하여 10℃이하의 온도에서 30분간 염지 하였다. 염지한 정어리는 탈수하여 자숙용기에 넣고 고온고압(100℃, 1.25kg/cm²)조건에서 자숙하였다. 자숙 후 정어리 육을 물로 세척 및 탈수하고 통조림 용기(10×5.5×2cm)에 40g의 육을 살쟁임 하였다. 이후 고추기름 98g, 훈연향료 1.79g 및 캡시컴 0.21g으로 혼합된 고추기름을 80℃ 이상에서 가열하여 탈기한 후 25g의 양을 주입하였다. 이후 통조림을 밀봉하고 증기식 레토르트(Young Hung Chemistry Machine MFG Co., Geoje, Korea)를 이용하여 멸균(115±1℃, 50±1분)하였다. 멸균된 통조림은 냉각하여 제조하였다.



[Fig. 1] Processing steps of canned sardine (*Sardinops melamostictus*) chilli oil.

마. 아미노산 질소

아미노산 질소는 고추기름 담금 정어리 통조림의 고형물을 시료로 하여 MFDS(2020)의 Formol 법으로 측정하였다. 잘게 마쇄한 시료 1g에 증류수 9mL를 가하여 교반 및 균질화 하고 여과액만 사용하였다. 0.1N NaOH용액을 가하여 pH 8.3으로 조정 한 다음 여기에 중성 포르말린 20mL를 가하고, 0.1N NaOH용액으로 pH 8.3이 될 때까지 적정하여 아미노산 질소 함량을 측정하였다.

바. 종합적 기호도

사전에 잘 훈련된 10인을 선발하여 panel member로 구성하여 종합적 기호도를 실시하였다. 대조구의 맛, 색, 조직감 및 종합적 평가를 기준 점인 5점으로 하였고, 이보다 우수한 것을 6-9점, 이보다 못한 것을 1-4점으로 하여 9단계 평점법으로 실시하였다.

사. 반응표면분석법 중심합성회전계획

정어리 고추기름 제조공정 최적화를 위한 중심

합성회전계획의 독립변수는 고추기름(A), 훈연향료(B) 및 캡시컴(C)으로 설정하였다. 이들 비율의 중심값(central point)을 다음 식에 의해 암호화하였다.

$$X_1 = A/(B+C), X_2 = B/C$$

중심합성회전계획(central composite rotatable design, CCRD)에 따라 5단계로 부호화하여 시료 11구를 제조하여 실험하였다.

아. 냄새강도

시료 10g을 conical tube에 넣고, 냄새강도기 (Odor concentration meter, XP-329R; New Cosmos Electric Co. Ltd., Osaka, Japan)의 흡입구에 넣은 다음, parafilm으로 밀봉하고 batch mode로 설정하여 실시하였다(Kang et al., 2007).

자. 통계처리

데이터의 표준편차 및 유의차 검정은 SPSS통계패키지에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하였다. 실험군간의 유의차(P<0.05)는 Student's t-test로 검정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 구연산 농도 설정

냉동 정어리의 비린내 저감을 위하여 구연산용액을 농도별(0, 0.5, 1, 2, 3, 5%)로 제조한 후, 정

어리를 침지한 뒤 상온에서 30분간 해동하였다. 각각의 구연산 농도에 따른 일반세균수, 휘발성염기질소 및 TMA함량을 분석하였고 그 결과는 <Table 1>과 같다. 일반세균수는 구연산 농도 0%, 0.5%, 1%에서 3.29-3.66log CFU/g이었으나, 2%, 3%, 5%의 농도에서 1.30-1.52log CFU/g으로 나타났다. 휘발성염기질소 함량은 0%, 0.5%, 1%의 농도에서 11.63-12.55mg/100g이었으나 2% 이상의 농도에서 9.33-10.72mg/100g으로 구연산 농도가 높을수록 유의적으로 낮게 나타났다 (P<0.05). KIPRIS(2021)는 보리굴비 염지 용액에 구연산을 첨가하여 휘발성염기질소 함량을 확인한 결과 무처리 굴비에 비해 구연산 염지용액에 처리한 굴비의 휘발성염기질소 함량이 유의적으로 낮았다고 보고한 바 있으며 <Table 1>의 경향과 일치하였다. TMA함량은 구연산 농도에 따라 미미하게 감소하는 경향을 나타내었다. 하지만 구연산의 농도가 3% 이상일 때, 정어리 표면의 백화현상이 나타났다. 따라서 이화학적 분석 결과를 고려하여 최적 구연산 농도를 2%로 선정하였다. 한편, Forrester et al.(2002)은 0%, 0.5%, 2%의 구연산 용액을 처리한 농어 필렛의 2-methylisoborneol이 2% 구연산 용액으로 처리한 결과 4.43 μg/kg에서 2.80 μg/kg으로 현저히 감소시켰다고 하였으며, Simat et al.(2019)은 멸치에 레몬주스와 acetic acid를 함께 처리하였을 때 무처리군 보다 멸치의 일반세균수, 휘발성염기질소 및 TMA 함량이 더 낮게 나타났다고 보고하여

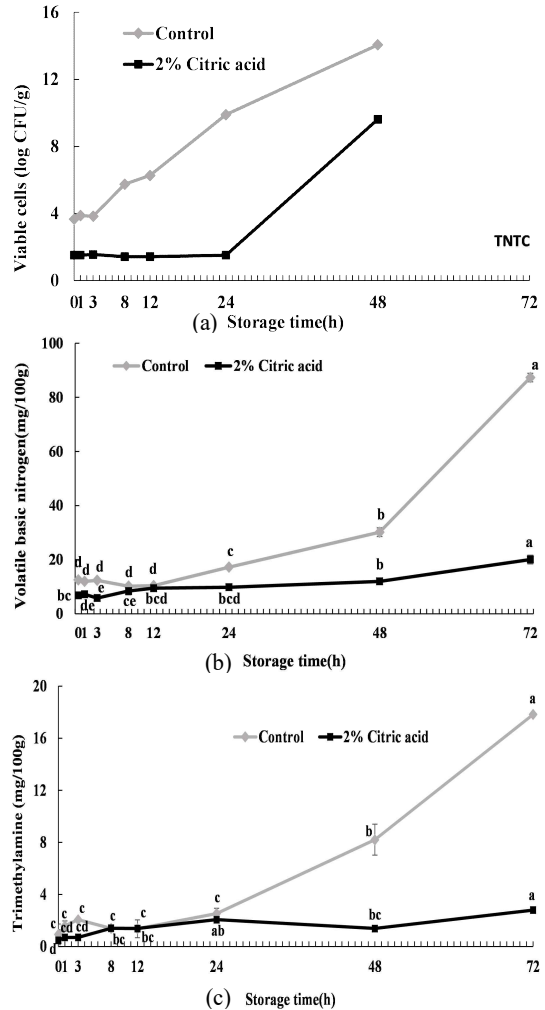
<Table 1> Changes in viable cell account, VBN(volatile basic nitrogen) and TMA(trimethylamine) in sardines thawed using concentration of citric acid solution

	Viable cell count log CFU/g	Volatile basic nitrogen (mg/100g)	Trimethylamine (mg/100g)
Control	3.66	12.55±0.00 ^a	0.93±0.80 ^{ab}
0.50%	3.34	12.57±0.00 ^{0a}	1.40±0.00 ^a
1%	3.29	11.63±0.81 ^{ab}	0.00±0.00 ^b
2%	1.52	10.72±0.81 ^{bc}	0.47±0.81 ^{ab}
3%	1.48	9.75±0.00 ^c	0.00±0.00 ^b
5%	1.30	9.33±0.81 ^c	0.00±0.00 ^b

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

<Table 1>의 경향과 일치하였다.

2% 구연산 용액으로 해동한 정어리의 저장시간별 일반세균수, 휘발성염기질소 및 TMA 함량을 분석하기 위하여 해동한 정어리를 20℃의 incubator에서 0, 1, 3, 8, 24, 48, 72시간 동안 저장한 뒤 각 시간별로 분석하였다(Fig. 2). 일반세균수의 경우 구연산 용액을 처리하지 않은 정어리(control)는 3시간(3.84log CFU/g)까지 유지되었다가 이후부터 급격히 증가하였으나 2% 구연산 용액으로 해동한 정어리는 24시간까지 그 값이 1.43-1.52log CFU/g으로 유지되었다. Monirul (2019)은 은어에 acetic acid와 ascorbic acid를 처리하여 4℃에서 9일간 저장한 뒤 총세균수를 확인한 결과 무처리군보다 산처리한 은어의 균수가 현저히 낮았다고 보고하여 [Fig. 2]의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 휘발성염기질소 함량은 control의 경우 12시간까지 10.42-12.55mg/100g으로 유지되었다가 이후 24시간에 17.24mg/100g으로 상승하였으며, 2% 구연산 용액에 처리한 정어리는 48시간까지 11.99mg/100g이하로 유지되었다가 이후 20.06mg/100g으로 상승하였다. TMA 함량은 control의 경우 24시간(2.53mg/100g) 이후 급격히 증가하였으며, 2% 구연산 용액으로 해동한 정어리는 2.8mg/100g이하로 72시간 동안 유지하는 것을 확인하였다. Sabrina et al.(2020)은 정어리 필렛에 4% acetic acid와 10% NaCl의 용액을 처리한 후 72시간동안 냉장보관(4℃)하여 저장한 결과, VBN과 TMA 함량이 거의 일정하게 유지되었는데 72시간 동안 20℃에 저장한 정어리의 결과와 차이가 있었다. 한편 수산물의 TMA는 TMAO가 다양한 박테리아에 의해 분해되어 생성되는데 산(citric acid, acetic acid, malic acid)을 이용함으로써 박테리아를 억제하고 히스타민을 제거하여 TMA의 생성을 감소시키는 것으로 알려져 있다(Liu et al., 2024). 따라서 구연산 용액에서 해동하면 20℃에서 24시간 전까지 선도유지 효과가 있는 것을 확인하였다.



[Fig. 2] Effect of storage time on viable cell count, VBN(volatile basic nitrogen) and TMA(trimethylamine) in sardines thawed using citric acid solution. Difference letters within the same treatment indicate significant differences among extraction times at $P < 0.05$.

2. 정어리 고추기름 담금 통조림 제조를 위한 배합 공정 최적화

고추기름 담금 통조림에 들어가는 고추기름에서 냄새강도(VOI)와 아미노산 질소, 관능에 영향을 미치는 원료들을 독립변수로 설정하여 반응표

면분석법으로 최적 배합비를 도출하였다. 부원료 첨가량(독립변수)은 중심합성회계계획법에 따라 고추기름(A), 훈연향료(B), 캡시컴(C)의 범위를 부호화 하였으며, 이들을 각각 무작위를 조합한 뒤 11개의 시료를 제조하여 이의 종속변수(Y_1 , VOI level; Y_2 , 아미노산 질소; Y_3 , 종합적기호도)를 측정하였다(<Table 2>). 독립변수와 종속변수의 관계를 살펴볼 목적으로 MINITAB software를 이용하여 RSREG(response surface analysis by least-squares regression)를 실시한 다음, 종속변수에 대한 2종의 독립변수 상호 간의 관계를 Maple

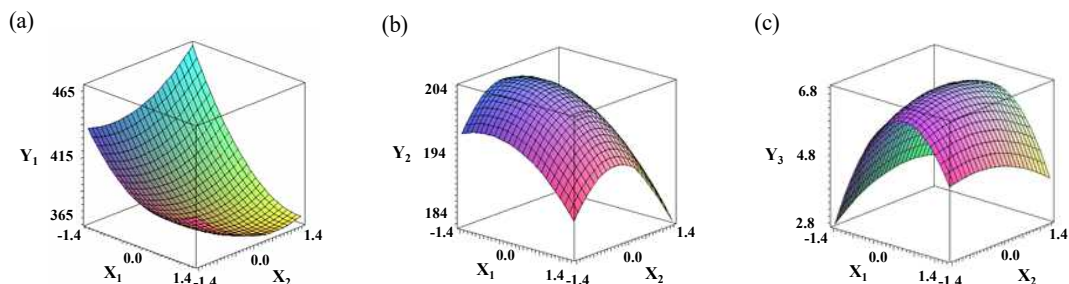
software로 각각 3차원 그래프로 도식화하였다 ([Fig. 3]).

고추기름 배합비의 종속변수인 냄새강도(Y_1)는 X_1 [$A/(B+C)$, 훈연향료 및 캡시컴에 대한 고추기름의 비율]의 경우 code 값이 -1.414에서 +0.904로 이동할수록 급격히 감소하는 경향을 나타내었고, 이후에 미미하게 증가하는 경향을 나타내었다. X_2 [(B/C) , 캡시컴 첨가량에 대한 훈연향료의 첨가비율]의 경우 code 값이 -1.414에서 +0.276까지 완만한 경향으로 감소하였고, 이후에 서서히 증가하는 경향을 나타내었다. 아미노산 질소(Y_2)는

<Table 2> Central composite rotatable design of independent variables and response on dependent of chili oil prepared under the conditions

	Run no.	Uncoded values		A	B	C	Dependent variables		
		X_1	X_2				Y_1	Y_2	Y_3
Fractional factorial design	1	20.00	5.00	95.24	3.97	0.79	410	202.12	4.7
	2	68.90	5.00	98.57	1.19	0.24	380	198.50	5.8
	3	20.00	15.00	95.24	4.46	0.30	430	199.67	5.2
	4	68.90	15.00	98.57	1.34	0.09	369	191.50	5.4
Star point	5	9.88	10.00	90.81	8.36	0.84	440	207.91	3.5
	6	79.02	10.00	98.75	1.14	0.11	370	196.77	5.0
	7	44.45	2.93	97.80	1.64	0.56	390	200.18	6.1
	8	44.45	17.07	97.80	2.08	0.12	400	194.46	6.4
Central point	9	44.45	10.00	97.80	2.00	0.20	382	206.17	6.7
	10	44.45	10.00	97.80	2.00	0.20	379	205.80	6.8
	11	44.45	10.00	97.80	2.00	0.20	375	206.70	6.7

X_1 , $A/(B+C)$; X_2 , B/C ; A, chili oil; B, liquid smoke; C, capsicum; Y_1 , VOI(volatil odor intensity); Y_2 , amino acid nitrogen(mg/100g); Y_3 , overall acceptance, score.



[Fig. 3] Three-dimensional response surface plots for additives-mixing ratio optimization of chili oil based on Y_1 (VOI, volatil odor intensity), Y_2 (amino acid nitrogen, mg/100g), Y_3 (overall acceptance, score). X_1 , $A/(B+C)$; X_2 , B/C ; A, chili oil; B, liquid smoke; C, capsicum.

X_1 의 경우 code 값이 -1.414에서 -0.740으로 이동할수록 조금씩 증가하는 경향을 나타내었으며, 이후에 급격히 감소하는 경향을 나타내었고, X_2 는 code 값이 -1.414에서 -0.131까지 급격히 증가하는 경향을 나타내었으나, 이후에 다시 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 종합적 기호도(Y_3)는 X_1 의 경우 code 값이 -1.414에서 +0.157까지 급격히 증가하는 경향을 나타내었고, 이후 급격히 감소하는 경향을 나타내었으며, X_2 의 경우 -1.414에서 +0.071까지 완만하게 증가하는 경향을 나타내었고, 이후에도 완만하게 감소하는 경향을 나타내었다.

<Table 2>의 결과를 토대로 MINITAB 통계 프로그램의 RSREG로 종속변수에 대한 일차항, 이차항 및 교차항의 2차 회귀 방정식의 계수들과 이들의 유의성을 확인한 결과는 <Table 3>과 같다. 반응모형반응식의 일차항, 이차항 및 교차항의 유의성은 냄새강도(Y_1)의 경우, 일차항 X_1 , 이차항인 X_1X_1 , X_2X_2 , 교차항인 X_1X_2 가 유의성

($P<0.05$)이 인정되었다. 아미노산 질소(Y_2)는 일차항인 X_1 , X_2 , 이차항인 X_1X_1 , X_2X_2 가 유의성이 인정되었으며 종합적기호도(Y_3)는 일차항 X_1 , 이차항인 X_1X_1 , X_2X_2 , 교차항인 X_1X_2 가 유의성($P<0.05$)이 인정되었다. 따라서 종속변수(전자코 Y_1 , 아미노산 질소 Y_2 , 종합적 기호도 Y_3)의 반응모형방정식 중 유의성($P<0.05$)을 고려하여 나타내면 다음과 같다.

$$Y_1 = 378.67 - 23.75X_1 + 12.48X_1X_1 + 7.48X_2X_2 - 7.75X_1X_2 \quad (R^2 = 0.9825, P\text{-value} = 0.000)$$

$$Y_2 = 206.223 - 3.443X_1 - 2.192X_2 - 2.412X_1X_1 - 4.922X_2X_2 \quad (R^2 = 0.9333, P\text{-value} = 0.001)$$

$$Y_3 = 6.7333 + 0.4277X_1 - 1.2354X_1X_1 - 0.2354X_2X_2 - 0.2250X_1X_2 \quad (R^2 = 0.9800, P\text{-value} = 0.000)$$

위 간결 반응모형방정식을 토대로 독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 ANOVA(Analysis of variance)로 살펴본 결과는 <Table 4>로 나타내었다.

<Table 3> Estimated coefficients of the fitted quadratic polynomial equation for different response for processing optimization of chili oil based on t-statistic

	Y1		Y2		Y3	
	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value
Intercept	378.67	0.000	206.223	0.000	6.7333	0.000
X_1	-23.75	0.000	-3.443	0.001	0.4277	0.000
X_2	2.89	0.051	-2.192	0.007	0.0655	0.258
X_1X_1	12.48	0.000	-2.412	0.009	-1.2354	0.000
X_2X_2	7.48	0.003	-4.922	0.000	-0.2354	0.012
X_1X_2	-7.75	0.005	-1.137	0.163	-0.2250	0.027

X_1 , A/(B+C); X_2 , B/C; A, chili oil; B, liquid smoke; C, capsicum; Y_1 , volatile odor intensity(VOI); Y_2 , amino acid nitrogen(mg/100g); Y_3 , overall acceptance, score.

<Table 4> Analysis of variance(ANOVA) for response of dependent variables

Dependent	P-value				
	Model	Linear	Quadratic	Cross product	Lack of fit
Y_1	0.000	0.000	0.001	0.005	0.628
Y_2	0.001	0.001	0.001	0.163	0.063
Y_3	0.000	0.001	0.000	0.027	0.093

Y_1 , volatile odor intensity(VOI); Y_2 , amino acid nitrogen(mg/100g); Y_3 , overall acceptance, score.

반응모형방정식은 냄새강도(Y_1)의 경우 일차항, 이차항 및 교차항의 유의성이 인정되었고 ($P<0.05$), 아미노질소의 경우 일차항 및 이차항이 인정되었으며($P<0.05$), 종합적기호도의 경우 일차항, 이차항 및 교차항 모두 유의성이 인정되었다 ($P<0.05$). 적합 결여검증(lake of fit test)의 결과는 냄새강도(Y_1), 아미노산 질소(Y_2) 및 종합적기호도(Y_3) 각각 0.628, 0.063, 0.093으로 적합한 것으로 나타났다. 결정계수인 R^2 값은 0.9825, 0.9333 및 0.9800로 1에 근접하게 나타났으며, model 값이 각각 0.000, 0.001 및 0.000으로 0.05보다 낮아 설계된 모형이 모두 적합한 것으로 나타났다.

MINITAB 통계 프로그램을 통한 독립변수의 최적조건 예측치는 <Table 5>와 같다. 배합조건의 독립변수에 대한 종속변수의 냄새강도(Y_1)의 최적 부호값은 X_1 은 0.1571, X_2 는 -0.10으로 실제값으로 환산하면 각각 48.29, 9.50이었다. 독립변

수에 대한 종속변수의 아미노산 질소(Y_2)의 최적 부호값은 X_1 은 0.00, X_2 는 0.0855으로 이 값을 실제값으로 환산하면 44.45 및 10.43으로 나타났다. 종합적기호도(Y_3)의 최적 부호값은 X_1 은 0.1571, X_2 는 0.0714로 실제값으로 환산하면 각각 48.29 및 10.36이었다. 종속변수 모두를 동시에 충족하는 최적 부호값은 X_1 이 0.1857, X_2 는 -0.3286이었으며 실제값으로 환산하면 48.99 및 8.36이었으며 이를 실제 배합비율로 환산하면 고추기름 98.0g, 훈연향료 1.79g, 캡시컴 0.21g으로 나타났다. 이들의 조건으로 제조된 정어리 고추기름 담금 통조림의 냄새강도는 375.0, 아미노산 질소 205.8mg/100g 및 종합적 기호도 6.73점으로 예측되었다. 정어리 고추기름의 최적배합비를 적용하여 제조한 실제 측정값은 <Table 6>과 같다. 냄새강도(VOI)는 370.7 ± 7 , 아미노산 질소 201.2 ± 5.2 mg/100g 및 종합적 기호도 6.62 ± 0.2 점으로 나타나 예측값과

<Table 5> Optimal conditions predicted for preparation of chili oil obtained by MINITAB program

Dependent variables	Value	X_1	X_2
Y_1	Target	375	375
	Coded	0.1571	-0.10
	Actual	48.29	9.50
Y_2	Target	206	206
	Coded	0.00	0.0855
	Actual	44.45	10.43
Y_3	Target	Max	Max
	Coded	0.1571	0.0714
	Actual	48.29	10.36
Multiple response optimization	Coded	0.1857	-0.3286
	Actual	48.99	8.36

X_1 , A/(B+C); X_2 , B/C; A, chili oil; B, liquid smoke; C, capsicum; Y_1 , VOI; Y_2 , amino acid nitrogen (mg/100g); Y_3 , overall acceptance, score.

<Table 6> Experimental verification of the predicted responses for canned sardine chili oil produced under optimized conditions

Dependent variables	Value	
	Predicted	Experimental
Y ₁ (VOI)	375.0 ^a	370.0±7 ^a
Y ₂ (Amino acid nitrogen, mg/100g)	205.8 ^a	201.2±5.2 ^a
Y ₃ (Overall acceptance, score)	6.73 ^a	6.62±0.2 ^a

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

유의적 차이가 인정되지 않았다. 이상의 결과를 미루어 보아 정어리 고추기름의 최적 배합조건이라 판단되었다.

IV. 결 론

본 연구에서는 냉동정어리의 해동과정 중 구연산 용액을 처리하여 미생물 증식에 의한 이취발생 요인을 저감시켰다. 또한 정어리 고추기름 담금 통조림의 제조를 위한 고추기름의 최적 배합비율을 도출하였다. 구연산 용액에서 해동한 정어리의 일반세균수, 휘발성염기질소 및 TMA는 구연산 농도가 높을수록 세균수가 감소하였고, 휘발성염기질소 및 TMA의 함량이 낮아졌다. 2% 구연산 용액으로 해동한 정어리를 72시간 동안 저장하여 일반세균수, 휘발성염기질소 및 TMA의 결과는 일반세균수는 24시간까지 그 값이 1.43-1.52log CFU/g으로 유지되었으며, 휘발성염기질소 및 TMA의 경우 2% 구연산 용액으로 해동한 정어리가 저장 24시간 이후 급격히 증가하는 것으로 보아, 2% 구연산 용액에서 해동하는 정어리가 24시간 전까지 선도유지 효과가 있는 것으로 확인하였다.

고추기름 최적 배합비율을 찾기 위해 MINITAB 통계 프로그램을 통해 확인한 결과, 고추기름 98.0g, 훈연향료 1.79g, 캡시컴 0.21g의 배합이 최적조건으로 나타났다. 이들의 조건으로 제조된 정어리 고추기름 담금 통조림의 냄새강도

는 375.0, 아미노산 질소 205.8mg/100g 및 종합적 기호도 6.73점으로 예측되었고, 최적배합비로 제조하여 중속변수들을 확인한 결과 냄새강도(VOI)는 370.7±7, 아미노산 질소 201.2±5.2mg/100g 및 종합적 기호도 6.62±0.2점으로 나타나 예측값과 유의적 차이가 인정되지 않았다. 이상의 결과를 미루어 보아 정어리 고추기름의 최적 배합조건으로 확인하였다.

References

- Arias MT, Pontes EA, Linares MCG, Fernandez MCG and Muniz FJS(2003). Grilling of sardine fillets. Effects of frozen and thawed modality on their protein quality. Lebensm. Wiss. Technol., 36, 763~769.
[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00097-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00097-5).
- Cobb F, Alanez I and Thompson C(1973). Biochemical and microbial studies on shrimp: volatile nitrogen and amino nitrogen analysis. J. Food Sci., 38, 431~436.
- Forrester PN, Prinyawiwatukul W, Godber JS and Plhak LC(2002). Treatment of catfish fillets with citric acid causes reduction of 2-methylisoborneol, but not musty flavor. J. Food Sci., 67(7), 2615~2618.
- IPET(2022). Savory Flavor. Food R&D Issue, 8, 11~18.
- Ji CI, Kang JH, Park YB, Lee TG, Kim SB and Park YH(1992). Antioxidative activities of spices extracts on peroxidation of refined sarine oil. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 25(5), 325~330.

- <https://doi.org/10.5657/KFAS.1992.0325>.
- Kamel SM, Alboudrees HA and Alotaibi HH(2022). Evaluation of vitamin D3 content in selected dried, canned and smoked fish. J. Nutri. Med. Diet Care, 8(1), 1~5.
<https://doi.org/10.239372572-3278/1510056>.
- Kang KT, Kim HJ, Lee TS, Heu MS, Hwang NA, Ha JH, Ham JS and Kim JS(2007). Development and food component characteristics of canned boiled rainbow trout. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 36(1), 1015~1021.
<https://doi.org/10.3746/jkfn.2007.36.8.1015>.
- Kim MJ and Lee SJ(2017). Quality characteristics and storage stability of wet noodle based on capsaicin-loaded nanoemulsions. Korean J. Food Nutr., 30(5); 960~972.
- Kim JH and Yoon HJ(2001). Effects of sardine oil feeding and vitamin E supplementation on histopathological changes and α -L-fucosidase activity in experimental hepatocarcinogenesis. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 30(1), 119~126.
- KIPRIS(2021). The seasonings compositions for dried yellow corvina and manufacturing method of the dried yellow corvina for home meal replacement using the same. Retrieved from <https://www.kipris.or.kr/khome/search> on May 20, 2025.
- Koo BS and Kim DS(2004). Development of the seasoning oil for replacing red pepper seed oil: Manufacturing of red pepper seasoning oil. Korean J. Food Pres., 11(2), 142~147.
- KOSIS(2023). Survey of fishing product trends. Retrieved from <http://kosis.kr/index/index.do> on May 27, 2025.
- KSFSN(Korean Society of Food Science and Nutrition; 2000). Chapter9.5. Measurement of food freshness. In:Handbook Experimental in Food Science and Nutrition. Hyoil Pub Co., Seoul, Korea, 625~627.
- Lee DG, Park KH, Sim EM and Jung BC(2022). Sensory Characteristics of mayonnaise sauce using red pepper oil. Culin. Sci. Hospit. Res., 28(11), 65~73.
<https://doi.org/10.20878/cshr.2022.11.008>.
- Lee KH, Cha WS and Kim JS(2001). Study on the preparation and utilization of sardine protein. Korean J. Biotechnol. Bioeng., 16(4), 426~429.
- Liu L, Zhao Y, Zeng M and Xu X(2024). Research progress of fishy odor in aquatic products: from substance identification, formation mechanism to elimination pathway. Food Research International, 178, 0963~9969.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113914>.
- MFDS(Ministry of Food and Drug Safety; 2020). Chapter 8. General analytical method. In: Korean Food Code. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_02.jsp?idx=263 on May 28, 2025.
- MFDS(Ministry of Food and Drug Safety; 2023). Chapter 8. General analytical method. In: Korean Food Code. Retrieved from <http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode> on April 24, 2025.
- MFDS(Ministry of Food and Drug Safety; 2024). Chapter 5. Standards and specifications for each food Code. Retrieved from <http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode> on May 28, 2025.
- Moniruk I, Yang F, Niaz M, Qixing J and Wenshui X(2019). Effectiveness of combined acetic acid and ascorbic acid spray on fresh silver carp (*Hypophthalmichthys Molitrix*) fish to increase shelf-life at refrigerated temperature.
- Park JH, Kim HJ, Jeong JM, Lee JH and Shin DH(2023). Food resource of sardine *Sardinops melanostictus* on the southern coast of Korea in summer and autumn revealed by stable isotope and stomach content analyses. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 56(4), 419~427.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0419>.
- Sabrane T, Ines E and Sonia G(2020). Effect of starter culture on marinated sardine fillets quality. J. New Sci., 70(2), 4285~4290.
- Simat V, Micunovic A, Bogdanovic T, Listes I, Mekinik I, Hamed I and Skroza D(2019). The impact of lemon juice on the marination of anchovy(*Engraulis Encrasicolus*): Chemical, microbiological and sensory changes. Ital. J. Food Sci., 31, 604~617.
- Simat V, Hamed I, Petricevic S and Bogdanovic T(2020). Seasonal changes in free amino acid and fatty acid compositions of sardines, *Sardina*

- pilchardus* (Walbaum, 1792): Implications for nutrition. *Foods*, 9(7), 1~12.
<https://doi.org/10.3390/foods9070867>.
- Yang JB, Ko MS and Moon YH(2007). Changes in chemical characteristics of roasted red pepper powder mixed with red pepper seasoning oil during storage. *Korean J. Food Pres.*, 14(3), 233~238.
- Yuwei F, Lizhen M, Yucan D, Sanhong F and Ruitong D(2012). Chemical composition analysis of three commercially important fish species(sardine, anchovy and mackerel). *Adv. Mater. Res.*, 554-556; 900~904.
- <https://doi.org/10.4028/AMR.554-556.900>.
- Yu R, Kim JM, Han IS, Kim BS, Lee SH, Kim M and Cho SH(1996). Effects of hot taste preference on food intake pattern, serum lipid and antioxidative vitamin levels in Korean college students. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 25(2), 338~345.
-
- Received : 27 June, 2025
 - Revised : 18 July, 2025
 - Accepted : 25 July, 2025