

# 비열처리 조미수산가공품용 냉동 자숙 새고막(*Scapharca subcrenata*)의 품질안정성을 위한 블랜칭 및 탈수공정 최적화

김예진<sup>1</sup> · 박시형<sup>1</sup> · 박지훈<sup>1</sup> · 조혜정<sup>1</sup> · 황지영<sup>2</sup> · 송호수<sup>3</sup> · 최정미<sup>3</sup> · 김진수<sup>1,4</sup> · 이정석<sup>1,4\*</sup>

<sup>1</sup>경상국립대학교 해양식품공학과/해양산업연구소, <sup>2</sup>동의대학교 바이오응용공학부, <sup>3</sup>영산대학교 조리예술학부, <sup>4</sup>경상국립대학교 수산식품산업화 기술지원센터

## Optimization of the Blanching and Dewatering Processes to Stabilize Quality of Boiled Frozen Ark Shell *Scapharca subcrenata* for Use as a Non-thermally Prepared Seasoned Seafood Products

Ye jin Kim<sup>1</sup>, Si Hyeong Park<sup>1</sup>, Ji Hoon Park<sup>1</sup>, Ji-Young Hwang<sup>2</sup>, Ho-Su Song<sup>3</sup>, Jung-Mi Choi<sup>3</sup>, Jin Soo Kim<sup>1,4</sup> and Jung-Suck Lee<sup>1,4\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Seafood Science and Technology/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

<sup>2</sup>Division of Applied Bioengineering, Dong-Eui University, Busan 47340, Republic of Korea

<sup>3</sup>Division of Culinary Arts, Youngsan University, Busan 48051, Republic of Korea

<sup>4</sup>Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

Commercial boiled frozen ark shell *Scapharca subcrenata* (BFAS) is generally used as a seasoned seafood products. One problem facing the industry is that quality decreases during thawing. This study investigated ways to improve quality and shelf-stability of BFAS for use as a non-thermally prepared seasoned seafood products. The Viable bacteria were detected in BFAS after thawing under running water, but were not detected after blanching for over 2 min at 95±5°C. Blanching and dewatering times were optimized by response surface methodology (RSM) to reduce the initial number of bacteria and improve BFAS texture. Experimental design was deemed appropriate because no significant difference ( $P>0.05$ ) was observed between predicted and actual moisture content, hardness, and overall acceptance values. Optimal blanching and dewatering times were 210 s and 80 s, respectively. Optimized blanching and dewatering processes can significantly improve safety and BAFS qualities including texture. These results indicate that BFAS demand as a staple for home meal replacements can be increased by application of optimized blanching and dewatering processes, especially in Korean seafood processing companies where running water thawing is common.

Keywords: Blanching, Boiled frozen ark shell, Dewatering, Shelf-stability stability, RSM

## 서 론

새고막(*Scapharca subcrenata*)은 참고막(*Tegillarca granosa*)과 피조개(*Scapharca broughtonii*)와 더불어 돌조개과(Arcidae)에 속하는 패류로서 우리나라를 포함한 일본과 중국 등지에 분포하며, 한국 서해와 남해의 조간대로부터 수심 10 m의

진흙 갯벌에 널리 서식한다(Yoo, 2000). 새고막은 시중에서 가장 많이 볼 수 있는 고막으로 성장속도가 빨라서 수익성이 높은 양식 패류로서 인기가 많으며(Kim and Lee, 2020), 소화 흡수가 잘 될 뿐만 아니라 고단백 및 저지방의 산성 식품으로서 비타민류, 칼슘, 철분 등의 함유량이 높고(Kim et al., 2008), 헤모글로빈을 함유하고 있어 건강식품으로도 인기가 높다(Lee,

\*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9145 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: jungucklee@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.2022.0827>

Korean J Fish Aquat Sci 55(6), 827-835, December 2022

Received 5 December 2022; Revised 15 December 2022; Accepted 20 December 2022

저자 직위: 김예진(대학원생), 박시형(대학원생), 박지훈(대학원생), 조혜정(대학원생), 황지영(교수), 송호수(교수), 최정미(대학원생), 김진수(교수), 이정석(교수)

2010). 과거 새고막을 비롯한 고막류는 주로 활패로 유통되면서 가정이나 소규모 지역 전문식당에서 겨울철 별미로 소비되다가 2010년 초 자숙기술의 도입으로 냉동 자숙 고막류가 유통되면서 연중 소비자에게 제공할 수 있게 되었다(Kim and Lee, 2020). 수산물의 자숙공정은 원료에 존재하는 미생물의 사멸, 자가소화효소의 불활성화 등 보존성을 높이기 위한 공정으로 알려져 있다(Kim and Kang, 2021). 일반적으로 시판용 냉동 자숙 새고막은 원료 선별, 자숙, 탈각, 소독, 세척, 살균·냉각 및 급속냉동 과정을 거친 후 제조되며, 고막 무침 및 고막장 등 조미 가공식품용 소재로 많이 활용된다. 식품의 해동은 냉동식품을 조리하거나 가공하기 위한 필수적인 공정이나, 동결속도에 비하여 느리게 진행되기 때문에 미생물의 성장 및 수분 손실과 같은 문제점을 야기할 수 있어 가능한 낮은 온도에서 신속하게 진행되어야 한다(Hong et al., 2005). 그러나 영세업체가 대부분인 수산가공공장에서 많이 사용되고 있는 상온 및 유수해동은 열전도율이 낮고, 해동시간이 길어져 미생물의 증식 및 드립 발생 등 식품의 품질저하가 나타날 수 있다(Kim et al., 2017). 조리 및 식품가공용 원료의 품질저하를 억제하기 위한 대표적인 전처리 공정으로 블랜칭(blanching) 및 탈수공정을 들 수 있다. 블랜칭은 살균 효과와 함께 식품을 분해시키는 효소를 불활성화시킴으로써 저장 중 식품의 갈변, 향미와 영양가의 손실, 조직의 변화 등을 최소화 한다고 보고되었다(Hong, 2006; Sabzipour et al., 2019). 블랜칭은 주로 채소류 가공에서 전처리 방법으로 많이 사용되고 있으며, 최근에는 단체급식이나 외식업체를 중심으로 채소, 과일 및 버섯류 등을 블랜칭 처리하여 유통함으로써 인건비 절감, 조리시간의 단축, 이용의 편의성을 증대시키는 방법으로 활용되고 있다(Jin and Choi, 2001; Sim et al., 2016; Fermpong et al., 2021). 탈수공정은 대부분의 식품가공 공정에서 수분의 양을 줄이는 데 적용되는 기술로 원심분리, 여과, 증류 및 농도차 효과에 의한 탈수 방법 등이 있으며(Choi et al., 1997), 식품공장에서는 주로 원심탈수법을 사용하는 것으로 알려져 있다. 한편, 1인 가구 증가 및 코로나19 팬데믹의 장기화로 인해 가정 내 요리의 비중이 증가하면서 바쁜 현대인들을 위한 수산물 밀키트(meal-kit) 등 가정간편식(home meal replacement, HMR) 수요가 증가하고 있어(Shin and Kim, 2021), 수산가공공장에서 HMR조미가공식품 원료로 이용할 수 있는 냉동 자숙 새고막의 수요는 향후 증가할 것으로 예측된다.

냉동 자숙 새고막을 프랜차이즈 식당이나 수산가공업체에서 생산하는 새고막 무침 및 비빔 등의 비열처리 조미식품용 원료로 사용하기 위해서는 위생안전성이 선행되어야 한다. 따라서 냉동 자숙 새고막의 해동단계에서 발생할 수 있는 미생물 증식을 억제하기 위한 블랜칭 공정의 응용과 블랜칭에 의하여 증가된 새고막 육의 수분 저감화와 조직감 개선을 목적으로 한 탈수 공정의 전처리에 관한 기초적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 지금까지 보고된 수산물의 블랜칭에 관한 식품학적 연구로는 저온 건조시 별빙어(*Mallotus villosus*)의 건조율 및 지질산

화에 미치는 지방함량 및 블랜칭의 영향(Cyprian et al., 2016), 건조 가리비(*Amusium* sp.)의 품질에 미치는 다양한 블랜칭 방법 및 건조시간의 영향(Gumanti, 2009), 블랜칭 및 냉장보관이 교배종 전복(*Haliotidae discushannai* × *H. diversicolor diversicolor*)의 품질에 미치는 영향(Tsai et al., 2017), 전자레인지로 블랜칭 한 메기(*Pangasianodon hypophthalmus*) 필렛의 조성 및 냉장 저장 중 품질특성(Binsi et al., 2013) 등 다양한 어종에서 수행되었으나, 새고막의 품질안정성을 위한 블랜칭 관련 연구는 찾아보기 어렵다.

본 연구는 비열처리 조미가공소재로서 효율성을 증대하고자 냉동 자숙 새고막의 미생물 저감화 및 조직감 개선을 위하여 가공단계에서 블랜칭 및 탈수공정을 도입하였고, 반응표면분석법(response surface methodology)을 활용하여 이들 전처리공정의 최적화 조건을 확립하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

주원료인 냉동 자숙 새고막(*S. subcrenata*)은 2021년 1-3월에 여자만 해역에서 수확한 후 여수산고막(주)(Yeosu, Korea)에서 자숙 및 탈각하여 급속냉동한 것(무게, 1.3-2.9 g; 평균, 2.0±0.5 g)을 2021년 5월에 제공받아 실험에 사용하였다.

### 블랜칭 및 탈수공정

원료 냉동 자숙 새고막 100 g에 대하여 30분간 유수해동 후 10분간 자연탈수를 한 다음 95±5°C의 열수에서 1-5분간 블랜칭을 하였고, 기계적인 탈수공정은 원심탈수기(2,240 g; H-130C; Kokusan Ensinki Co. LTD., Tokyo, Japan)을 활용하여 3-117초간 실시하였다.

### 반응표면분석법에 의한 실험설계

냉동 자숙 새고막의 전처리 공정을 통한 저장성 연장에 영향을 미치는 요인(블랜칭 및 탈수 시간)을 독립변수로 설정하여 반응표면 분석법의 중심합성계획(central composite design)에 따라 Table 1에서 제시한 범위를 설정하였고, 5단계로 부호화하여 각각 11개의 시료를 무작위적으로 제조한 다음 이들의 종속변수(수분함량, 경도, 종합적 기호도)를 측정하였다(Table

Table 1. Symbol, experimental range, and values of the independent variables in the central composite design for optimization of blanching and dewatering time for pre-treatment of boiled frozen ark shell *Scapharca subcrenata*

Independent	Symbol	Range level				
		-1.414	-1	0	+1	+1.414
Blanching time (sec)	$X_1$	95	120	180	240	265
Dewatering time (sec)	$X_2$	3	25	60	95	117

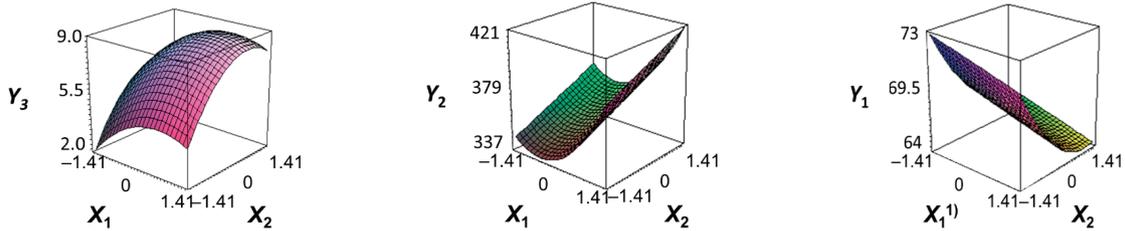


Fig. 1. Three dimensional response surface plots for optimization of additives ratio for based on  $Y_1$  (Moisture, g/100 g),  $Y_2$  (Hardness, g/cm<sup>2</sup>),  $Y_3$  (Overall acceptance, score).  $X_1$ , Blanching time, sec;  $X_2$ , Dewatering time, sec.

2). 위에서 언급한 2개의 독립변수 범위와 중심값(center point value)들은 예비실험의 결과를 토대로 선정하였다.

블랜칭 시간 및 탈수 시간에 대한 최적점의 예측·확인에는 Kim et al. (2010)이 언급한 방법을 참고하여 MINITAB 통계프로그램(Ver. 18; Minitab Inc., State Colledge, PA, USA)을 이용하였다. 즉, 무작위적으로 제조한 11개 시료구의 실험 결과를 토대로 독립변수와 종속변수 상호간의 관계에 따라 제시되는 반응 표면 회귀계수 및 분산분석 결과를 토대로 모델(model), 1차항(linear), 2차항(quadratic), 교차항(cross-product) 및 적합성 결여도(lack of fit) 각각의 유의성(P-value)에 대한 인정(P<0.05) 여부를 확인하였고, 이들 결과에 대하여 최종적으로 결정계수(R<sup>2</sup>)를 확인하여 최적 조건을 산출하였다. 또한, 이를 근거로 독립변수 및 종속변수의 설계 모형의 적합성은 반응 최적화 도구를 이용하여 종속변수에 대한 각각의 목표값(target value)을 설정하여 확인하였고, 통계프로그램에서 산출된 부호값(coded value)을 환산하여 얻은 실제값(actual value)을 토대로 예측치(perdicted value)와 실제 실험을 통한 실험치(experimental value)를 비교, 분석하여 나타내었다.

Table 2. Central composite design of independent variables for optimization of blanching and dewatering time for pre-treatment of boiled frozen ark shell *Scapharca subcrenata*

Coefficients assessed by	Run No.	Coded values		Uncoded values	
		$X_1^1$	$X_2^2$	$X_1$	$X_2$
Fractional factorial design (4 points)	1	-1	-1	120	25
	2	+1	-1	240	25
	3	-1	+1	120	95
	4	+1	+1	240	95
Star points (4 points)	5	-1.414	0	95	60
	6	+1.414	0	265	60
	7	0	-1.414	180	3
	8	0	+1.414	180	117
Central points (3 points)	9	0	0	180	60
	10	0	0	180	60
	11	0	0	180	60

<sup>1</sup> $X_1$  (Blanching time, sec). <sup>2</sup> $X_2$  (Dewatering time, sec).

### 그래프 도식화

독립변수와 종속변수 간의 관계를 나타내는 그래프는 위의 회귀분석 결과에서 회귀방정식 결과인 상수, 1차항, 2차항 및 교차항의 값을 각각 MAPLE software (Ver.12; Waterloo Maple Inc., Waterloo, ON, Canada)에 대입하여 산출된 3차원 그래프로 나타냈으며(Fig. 1), 그래프를 구성하는 식은 다음과 같다.

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

여기서 Y는 종속변수,  $\beta_0$ 는 상수,  $\beta_i, \beta_{ii}, \beta_{ij}$ 는 1차, 2차, 교차 회귀계수,  $X_i, X_j$ 는 독립변수이다. 냉동 자숙 새고막의 블랜칭 및 탈수 시간의 최적화는 MINTAB 통계프로그램의 response optimizer를 통해 이루어졌으며, 통계적으로 추정된 최적 조건에 따라 실제 실험을 통해 측정된 종속변수와와의 비교를 통해 추정된 종속변수의 값을 검증하였다(Bezerra et al., 2008).

### 일반세균수

일반세균수의 측정은 식품공전(MFDS, 2021)에서 언급한 방법으로 실험하였다. 전처리하는 시료 약 15~20 g을 취하여 멸균팩에 넣고, 시료의 9배(v/w)가 되는 멸균생리식염수(0.85%)를 가하여 stomacher (BagMixer 400; Interscience, Saint Nom La Bretèche, France)로 1분 30초간 균질화한 후, 시료액을 단계적으로 희석하여 제조하였다. 일반세균수 측정은 전처리한 시료를 표준한천배지(plate count agar; Difco Laboratories, Sparks, NV, USA)에 접종하고, 배양기(DS-130M; Deawon Inc, Bucheon, Korea)에 배양(35±1°C, 48±2시간)한 후 집락수를 계측한 다음 colony forming unit (CFU)/g으로 나타내었다

### 수분함량

수분함량은 블랜칭 및 탈수공정을 거친 냉동 자숙 새고막을 마쇄 후 일정량(약 0.5 g)을 취하여 식품공전(MFDS, 2021)의 상압가열건조법에 의해 3회 반복 측정하였고, 단위는 g/100 g으로 나타내었다.

### 경도

조직감은 블랜칭 및 탈수 처리한 냉동 자숙 새고막을 Seo et

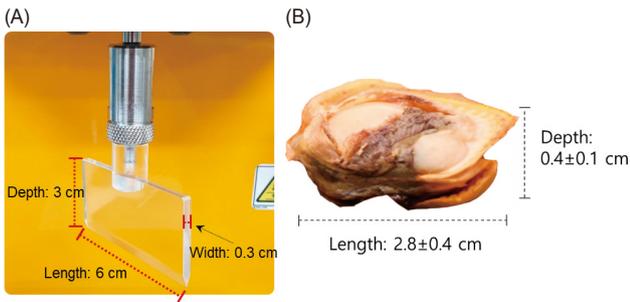


Fig. 2. Photograph of a probe TA-7 blade (A) and boiled frozen ark shell *Scapharca subcrenata* for measuring (B).

al. (2014)이 언급한 방법에 따라 절단시험(cutting test)에 의한 경도(hardness)로 측정하였다. 조직감 측정을 위한 시료는 길이(length) 및 깊이(depth)가 각각  $2.8 \pm 0.4$  cm 및  $2.3 \pm 0.4$  cm의 것으로 하였고, 측정은 길이 6 cm, 넓이 3 cm 및 폭(width) 0.3 cm의 probe (TA-7 blade)를 장착한 물성측정기(TA-CT3; Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 사용하였다. 이때, probe의 trigger load 10 g 및 test speed 1.00 mm/sec로 설정하였고, 시료에 5.0 g 이상의 힘이 가해지는 시점에서 시료 변형(deformation) 80%까지 10회 반복 측정된 결과로부터 경도값을 측정하였다(Fig. 2).

### 패널에 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-A19-X-0047)을 받고 진행하였다. 즉, 잘 훈련된 panel member 24인(20~30대, 남자 10인, 여자 14인)으로 구성하여 블랜칭 및 탈수처리한 냉동 자숙 새고막에 대하여 평가하였다. 관능적 종합 기호도 평가를 위한 평점은 대조구를 기준점인 5점으로 하였고, 이보다 우수한 경우 6~9점으로, 이보다 열악한 경우 4~1점으로 평가하는 9단계 평점법으로 실시하였다.

### 통계처리

본 실험 결과에 대한 데이터의 표준편차 및 유의차 검정(5% 유의수준)은 SPSS프로그램(PASW Statistics 25; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 ANOVA test로 분산분석한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하였고, 상관관계( $R^2$ )는 SPSS프로그램의 이변량 상관계수(pearson's correlation coefficient)를 분석하여 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### 블랜칭에 의한 미생물의 저감화 효과

냉동 자숙 새고막을 조미식품용 소재로 활용할 때에는 일반적으로 해동과정을 거쳐 가공을 하게 된다. 냉동식품은 해동시

속도 및 시간에 따라 기하급수적으로 미생물이 증식하여 품질 저하를 초래할 수 있다고 알려져 있다(Kim et al., 2022). 냉동 자숙 새고막의 우수해동으로 발생할 수 있는 미생물학적 문제점을 해결하고자 Table 3에  $95 \pm 5^\circ\text{C}$  열수에서 블랜칭 시간(1~5분, 1분간격)에 따른 일반세균수 변화를 살펴보았다. 블랜칭 미처리 냉동 자숙 새고막의 해동 직후 일반세균수는  $5.65 \pm 0.12$  log CFU/g으로 가장 높았고, 다음으로 1분간 블랜칭 처리 시  $1.97 \pm 0.07$  log CFU/g으로 감소하였으며, 2~5분 처리 시에는 일반세균은 검출되지 않았다. Tsai et al. (2017)은 블랜칭한 전복이 블랜칭 미처리 전복보다 총균수와 휘발성염기질소 함량을 낮추어 전복의 유통기간을 3일 연장하였다고 보고한 바 있다.

한편, 식품의 과도한 블랜칭 처리는 고유의 맛과 색상을 변화시키고, 영양가 등의 함량을 낮출 수 있다(Reis et al., 2008; Sobowale et al., 2017). 따라서, 냉동 자숙 새고막을 비열처리 조미가공식품의 소재로 활용할 때에는 해동 후에  $95 \pm 5^\circ\text{C}$  열수에서 2분 정도 처리하면 미생물학적 관점에서 안전하다고 판단된다.

### 블랜칭 및 탈수 시간이 수분함량에 미치는 영향

냉동 자숙 새고막의 해동 후 전처리공정[블랜칭 시간( $X_1$ ), 탈수 시간( $X_2$ )] 최적화를 위하여 Table 1에서 제시한 중심합성계획법(central composite design)에 따라 5단계로 부호화하여 무작위로 제조한 11구 시료구의 수분함량( $Y_1$ ) 결과치는 Fig. 3과 같다. 독립변수와 종속변수인 수분함량( $Y_1$ ) 간의 반응모형방정식의 상관관계를 분산분석(ANOVA)으로 살펴본 결과, 각 항들의 P-value는 일차항 2종( $X_1$ ,  $X_2$ ) 및 이차항 1종( $X_2^2$ )으로 총 3종의 항만이 통계적으로 유의성이 인정되었다( $P < 0.05$ ). 한편, 반응모형방정식은 구성 항의 유의성을 고려하지 않는 경우 다양한 항을 구성하고 있어 유의성이 인정되는 항만을 정리할 필요가 있다(Bezerra et al., 2008; Kim et al., 2010). 따라서, 냉동 자숙 새고막의 수분함량( $Y_1$ )에 대한 반응모형방정식을 유의성( $P < 0.05$ )이 인정되는 항만을 나타내는 경우  $Y_1 = 65.9 - 0.701X_1 - 2.117X_2 + 0.981X_2^2$ 와 같다(Table 4). 반응표면 모델의 적합성 여부를 나타내는 적합성 결여 검증(lack of fit test)의 P-value는 0.075로 0.05보다 높고, model의 P-value도 0.001로 0.05보다 낮으며(Table 5), 결정계수( $R^2$ )가 0.933으로서 1에 가까워 설계의 모형이 적합한 것으로 판단되었다(Zhou and Regenstein.,

Table 3. Changes in the viable cell counts (log CFU/g) of boiled frozen ark shell *Scapharca subcrenata* using different blanching times at  $95 \pm 5^\circ\text{C}$

	Blanching times (min)					
	0	1	2	3	4	5
Viable cell count (log CFU/g)	$5.65 \pm 0.12$	$1.97 \pm 0.07$	ND	ND	ND	ND

ND, Not detected. Data represent mean  $\pm$  standard deviations of three measurements.

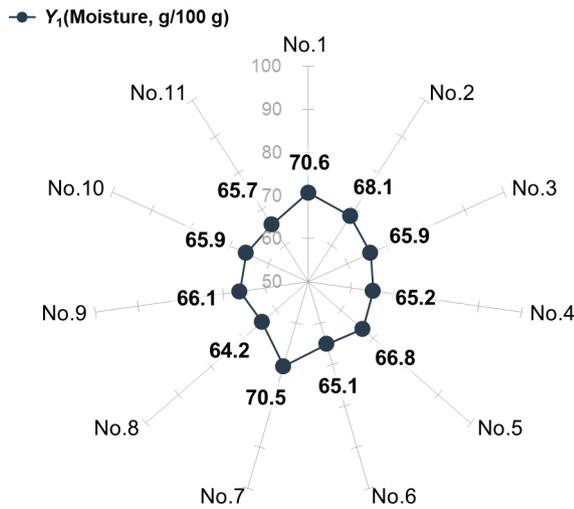


Fig. 3. Results on moisture content of boiled frozen ark shell *Scapharca subcrenata* by central composite design for independent variables.

2004). 한편, 적합성 결여 검증에서 P-value가 0.05보다 높으면 적합한 모델로 간주할 수 있다는 보고가 있다(Isa et al., 2011; Shin et al., 2020). 또한, 블랜칭 및 탈수 시간에 따른 수분함량( $Y_1$ )은  $X_1$ 의 경우 -1.41에서 +0.73으로 이동할수록 서서히 감소 후 +1.41까지 거의 변화가 없었고,  $X_2$ 의 경우 -1.41에서 +0.90으로 이동할수록 급격히 감소하다가 +1.41까지 증가하는 경향을 나타내었다(Table 6, Fig. 1). 이상의 결과를 종합하면, 해동한 냉동 자숙 새고막의 수분함량은 블랜칭 및 탈수 시간에

반비례 관계를 나타내는 것으로 미루어 보아, 수분함량은 블랜칭 시간에 대한 영향이 아주 미미하였고, 탈수 시간에 큰 영향을 받는 것으로 판단되었다. 한편, 과도한 탈수는 어류의 근섬유 손상을 일으키는 반면(Ruttanapornvareesakul et al., 2005), 적절한 탈수는 효과적으로 수분 함량을 줄이고, 품질안정성을 부여한다는 연구가 다수 보고된 바 있다(Kim et al., 1997; Park et al., 2017; Choi and Ryu, 2022; Seko et al., 2022).

블랜칭 및 탈수 시간이 경도에 미치는 영향

냉동 자숙 새고막의 블랜칭, 탈수 조건별 시료의 경도( $Y_2$ ) 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 독립변수와 종속변수인 수분함량( $Y_1$ ) 간의 반응모형방정식의 상관관계를 분산분석(ANOVA)으로 살펴본 결과, 각 항들의 P-value는 일차항 2종( $X_1, X_2$ ) 및 이차항 1종( $X_1^2$ )으로 총 3종의 항만이 통계적으로 유의성이 인정되었다( $P < 0.05$ ). 적합성 결여 검증의 P-value는 0.147로 0.05보다 높고, model의 P-value가 0.014로 0.05보다 낮으며, 결정계수( $R^2$ )가 0.807로서 1에 가까워(Table 4, Table 5) 설계의 모형이 적합하였다. 또한, 독립변수의 조건에 따른 냉동 자숙 새고막의 해동 후 조직감을 나타내는 경도( $Y_2$ )는  $X_1$ 의 경우 -1.41에서 -0.60으로 이동할수록 서서히 감소한 후 +1.41로 이동할수록 증가하는 경향을 나타내었으며,  $X_2$ 의 경우 -1.41에서 +1.41로 이동할수록 서서히 증가하는 경향을 나타내었다(Table 6, Fig. 1). 이와 같이 냉동 자숙 새고막의 경도는 블랜칭 및 탈수시간 모두 영향을 받는 것으로 판단되었다. 한편, 블랜칭은 간단한 열처리 공정으로 가공산업에 적합하며, 같은 반응과 관계있는 티로시나제 활성을 억제하고(Zhang et al., 2022), 탈수 공정은 삼투압 및 열풍건조 등의 방법에 의해 육 조직을 개선하는 것으로 알려져 있다(Cohen and Yang, 1995; Corzo and Bracho, 2006; Kang et al., 2021).

Table 4. Response surface model equations of blanching and dewatering time for pretreatment of boiled frozen ark shell *Scapharca subcrenata*

Responses	Quadratic polynomial model equations
$Y_1^1$	$65.9 - 0.701X_1 - 2.117X_2 + 0.981X_2^2$
$Y_2^2$	$355.36 + 15.94X_1 + 10.49X_2 + 13.10X_1^2$
$Y_3^3$	$7.4 + 0.971X_1 + 1.655X_2 - 0.869X_1^2 - 1.219X_2^2$

<sup>1</sup>  $Y_1$  (Moisture, g/100 g). <sup>2</sup>  $Y_2$  (Hardness, g/cm<sup>2</sup>). <sup>3</sup>  $Y_3$  (Overall acceptance, score).

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

Dependent variables	P-value				
	Model	Linear	Quadratic	Cross-product	Lack of fit
$Y_1^1$	0.001	0.000	0.024	0.171	0.075
$Y_2^2$	0.014	0.006	0.045	0.891	0.147
$Y_3^3$	0.003	0.001	0.013	0.828	0.055

<sup>1</sup>  $Y_1$  (Moisture, g/100 g). <sup>2</sup>  $Y_2$  (Hardness, g/cm<sup>2</sup>). <sup>3</sup>  $Y_3$  (Overall acceptance, score).

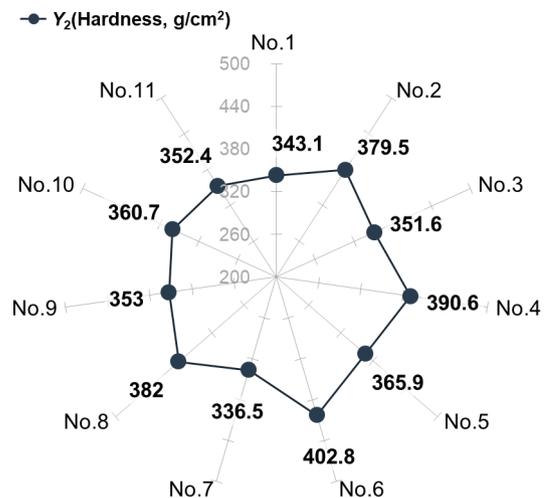


Fig. 4. Results on hardness of boiled frozen ark shell *Scapharca subcrenata* by central composite design for independent variables.

블랜칭 및 탈수시간이 종합적 기호도에 미치는 영향

냉동 자숙 새고막의 블랜칭, 탈수 조건별 시료의 종합적 기호도( $Y_3$ ) 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 적합성 결여 검증의 P-value는 0.055로 0.05보다 높고, model의 P-value가 0.003로 0.05보다 낮으며, 결정계수( $R^2$ )가 0.8967로서 1에 가까워(Table 4, Table 5) 설계의 모형이 적합하였다. 또한, 독립변수의 조건에 따른 냉동 자숙 새고막의 맛, 향, 색, 조직감의 전반적인 관능적 만족도를 나타내는 종합적 기호도( $Y_3$ )는  $X_1$ 의 경우 -1.414에서 +0.55로 이동할수록 급격하게 증가한 후 +1.414로 이동할수록 감소하는 경향을 나타내었으며,  $X_2$ 의 경우 -1.414에서 +0.70으로 이동할수록 증가한 후 +1.414로 이동할수록 감소하는 경향을 나타내었다(Table 6, Fig. 1). 즉, 새고막의 종합적 기호도는 블랜칭 및 탈수 시간에 대하여 모두 영향을 받는 것으로 판단되었다.

냉동 자숙 새고막의 전처리 조건의 최적화

냉동 자숙 새고막의 블랜칭 전처리 공정은 유통 안정성을 위한 하나의 수단이 될 수 있으며, 블랜칭 시간의 부족은 초기균수 저감화를 기대하기 어렵고, 과도하게 될 경우 조직감이 떨어져 소비자의 기호도가 낮아져 적절한 블랜칭 시간이 설정되어야 한다. 또한, 탈수 시간이 길어지면 조미가공품 가공시 소스

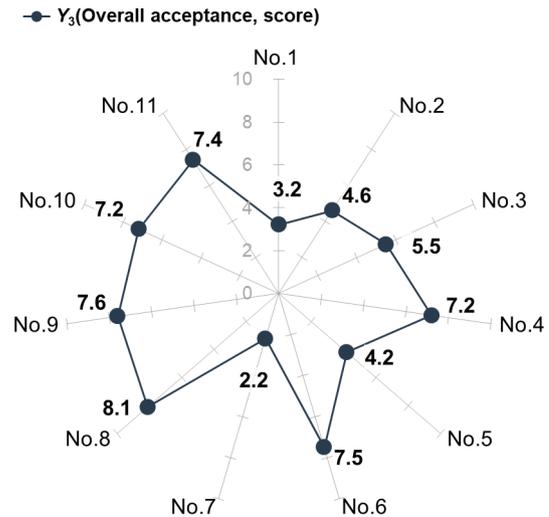


Fig. 5. Results on overall acceptance of boiled frozen ark shell *Scapharca subcrenata* by central composite design for independent variables.

침투력이 높아져 맛의 향상을 기대할 수 있으나, 경비 상승 등의 문제로 단가상승에 따른 구매 기피율이 증가할 수 있어 적합한 시간의 설정이 중요하다. 이를 고려하여 냉동 자숙 새고막의 전

Table 6. Optimal processing conditions predicted of blanching and dewatering time for pretreatment of boiled frozen ark shell *Scapharca subcrenata* by MINITAB program

Dependent variables	Value	$X_1$	$X_2$
$Y_1^2$	Target	Min.	Min.
	Coded	0.73	0.90
	Actual	223.8	71.5
$Y_2$	Target	380	380
	Coded	0.69	1.41
	Actual	221.4	89.4
$Y_3$	Target	Max.	Max.
	Coded	0.59	0.70
	Actual	215.4	64.5
Multiple Response optimization	Coded	0.50	1.16
	Predicted	$Y_1$ , 64.7 g/100 g; $Y_2$ , 379.8 g/cm <sup>2</sup> ; $Y_3$ , 7.9 score	

<sup>1</sup> $X_1$ (Blanching time, sec),  $X_2$ (Dewatering time, sec). <sup>2</sup> $Y_1$ (Moisture, g/100 g),  $Y_2$ (Hardness, g/cm<sup>2</sup>),  $Y_3$ (Overall acceptance, score).

Table 7. Predicted and experimental moisture content, hardness and overall acceptance of blanching and dewatering time for pre-treatment of boiled frozen ark shell *Scapharca subcrenata* under optimal condition

Dependent variables	Predicted values	Experimental values
$Y_1^1$	64.7 <sup>a4</sup>	65.2±0.6 <sup>a</sup>
$Y_2^2$	379.8 <sup>a</sup>	382.0±36.0 <sup>a</sup>
$Y_3^3$	7.9 <sup>a</sup>	8.2±0.3 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> $Y_1$  (Moisture, g/100 g). <sup>2</sup> $Y_2$  (Hardness, g/cm<sup>2</sup>). <sup>3</sup> $Y_3$  (Overall acceptance, score). <sup>4</sup>Difference letters on the data in the row indicate a significant difference at P>0.05.

Table 8. The optimal blanching and dewatering time of boiled frozen ark shell *Scapharca subcrenata* determined by response surface methodology

Pre-treatment process	Blanching	Dewatering
Time (sec)	210	80

처리 최적조건으로 제조할 때 실제 유통 안정성이 확립될 수 있게 수분함량은 다소 낮고, 조직감은 종합적 기호도와 함께 양호해야 한다(Park, 1999). 블랜칭 및 탈수 시간을 각각 달리하여 제조한 냉동 자숙 새고막의 수분함량( $Y_1$ ), 경도( $Y_2$ ) 및 종합적 기호도( $Y_3$ )와 이들을 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적 조건을 예측하기 위하여 목표값 및 최댓값으로 MINITAB 통계프로그램을 구동한 다음, 산출된 독립변수의 최적 예측치는 Table 6과 같다. 냉동 자숙 새고막의 블랜칭 시간 및 탈수 시간에 따른 수분함량, 경도 및 종합적 기호도를 동시에 충족하는 부호값은 각각 0.5 및 1.16이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 210초, 80.6초이었다. 이상의 최적 조건에서 제조한 원료 냉동 자숙 새고막의 수분함량은 64.7 g/100 g, 경도는 397.8 g/cm<sup>2</sup>, 종합적 기호도는 7.9점으로 예측되었다. 최적화된 독립변수의 조건에 따라 산출된 종속변수의 예측치는 실제 최적 조건으로 제조하여 측정된 실제값과의 비교를 통한 검증이 필요하다(Cho et al., 2005; Yoon et al., 2017). 따라서 이들 독립변수의 최적 조건으로 제조한 원료 냉동 자숙 새고막의 종속변수에 대한 실제 측정값의 수분은 65.2±0.6 g/100 g, 경도는 382.0±36.0 g/100 g 및 종합적 기호도는 8.2±0.3점이었으며, 5% 유의수준에서 예측값과 실제 측정값 간의 차이가 인정되지 않았다(Table 7). 비열처리 조미가공식품 소재로서 품질 안정성을 제고하기 위한 냉동 자숙 새고막의 전처리 최적 조건은 블랜칭 및 탈수 시간이 각각 210초 및 80초였다(Table 8).

## 사 사

이 논문은 2021년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(PJT200885, 해역별 특성을 고려한 전통수산물가공식품 개발 및 상품화).

## References

- 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>.
- Binsi PK, Ninan G, Zynudheen A A, Neethu R, Ronda V and Ravishankar CN. 2013. Compositional and chill storage characteristics of microwave-blanched sutchi catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) filets. *Int J Food Sci Technol* 49, 364-372. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12308>.
- Cho SM, Gu YS and Kim SB. 2005. Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. *Food Hydrocoll* 19, 221-229. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.05.005>.
- Choi DW, Sjin HH and Cho HT. 1997. Study on dewatering and impregnation soaking process. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 10, 462-467.
- Choi HW and Ryu GH. 2022. Comparison of the physicochemical properties of low and high-moisture extruded meat analog with varying moisture content. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51, 162-169. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2022.51.2.162>.
- Cohen JS and Yang TCS. 1995. Progress in food dehydration. *Trends Food Sci Technol* 6, 20-25. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)88913-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)88913-X).
- Corzo O and Bracho N. 2006. Application of peleg model to study mass transfer during osmotic dehydration of sardine sheets. *J Food Eng* 75, 535-541. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.05.001>.
- Cyprian O, Nguyen MV, Sveinsdottir K, Jonsson A, Thorkelson G and Arson S. 2016. Influence of lipid content and blanching on capelin (*Mallotus villosus*) drying rate and lipid oxidation under low temperature drying. *J Food Process Eng* 39, 237-246. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12215>.
- Fermpong SA, Skonberg DI, Camire ME and Perry JJ. 2021. Impact of blanching, freezing, and fermentation on physicochemical, microbial, and sensory quality of sugar kelp (*Saccharina latissima*). *Foods* 10, 2258. <https://doi.org/10.3390/foods10102258>.
- Gumanti PL. 2009. The effect of different blanching methods and drying time to the quality of dried scallop (*Amusium* sp). Undergraduate. M.S. Thesis, University of Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- Hong GP, Park SH, Kim JY, Lee CH, Lee S and Min SG. 2005. The effect of thawing rate on the physicochemical properties of frozen ostrich meat. *Food Sci Biotechnol* 14, 676-680.
- Hong TH. 2006. *Modern Food Material*. Jigumunhwa Co., Seoul, Korea. 30-31.
- 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>.
- Jin HB and Choi EO. 2001. Survey on the use of preprocessed foods in elementary school food services in Incheon. *J Korean Soc Food Cult* 16, 250-259.
- Kang SI, Kim YJ, Lee JU, Park JH, Choi KW, Hwang JY, Heu MS and Lee JS. 2021. Development and characteristics of cheese-topped, semi-dried and seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca brouhtonii* with improved fish odor and texture. *Korean J Fish Aquat Sci* 54, 869-879. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0869>.
- Kim DR, Nam JH, Hyun JY, Kim CS and Chun JY. 2022. Physical characterization and manufacturing of frozen meal kit shredded radish using various freezing and thawing conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51, 463-475. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2022.51.5.463>.
- 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 JS and Kang SI. 2021. *Fisheries Processing*. Soohak Publishing Co., Seoul, Koran, 52-92.
- Kim JS and Lee JS. 2020. Everything about Kkomak. In: *The Ocean*. 12. Joo GH and Kim DH, eds. Korea Maritime Institute, Busan, Korea, 68-69.
- Kim JS, Park SH, Choi DS, Choi SR, Kim YH, Lee SJ, Park CW, Han GJ, Cho BK and Park JW. 2017. Frozen food thawing and heat exchange performance analysis of radio frequency thawing machine. *Food Eng Pro* 21, 57-63. <https://doi.org/10.13050/foodengprog.2017.21.1.57>.
- Kim SY, Shin YK, Lim HK and Lee WC. 2008. Conadal development and reproductive cycle of the ark shell *scapharca subcrenata* (bivalvia: arcidae) from Yeoja bay. *Korean J Fish Aquat Sci* 21, 252-258.
- Kim YS, An DS, Woo KL and Lee DS. 1997. Moisture sorption isotherm and quality deterioration of dry jujube. *Korean J Food Preserv* 4, 33-38.
- Lee KS. 2010. Effects if sediment improvements with peat moss on the blood properties of blood cockle, *Tegillarca granosa*. *Korean Soc Mar Environ Saf* 16, 43-48.
- MFDS (Ministry of Food and Drug). 2021. Food Code. Retrieved from <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC> on Jul 2, 2021.
- Park BH, Park YK, Jo KH, Jeon ER, Koh KM and Choi YB. 2017. Quality characteristics of semi-dry noodles with different water contents. *J Korean Soc Food Cult* 32, 135-143. <https://doi.org/10.7318/KJFC/2017.32.2.135>.
- Park CK. 1999. Studies on the appropriate processing season of ark shell (*Scapharca subcrenata*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28, 1408-1411.
- Reis FR, Masson ML and Waszczynskij N. 2008. Influence of a blanching pretreatment on color, oil uptake and water activity of potato sticks, and its optimization. *J Food Process Eng* 31, 833-852. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00193.x>.
- Ruttanapornvareesakul Y, Ikeda M, Hara K, Osako K, Kongpun O and Nozaki Y. 2005. Effect of shrimp head protein hydrolysates on the state of water and denaturation of fish myofibrils during dehydration. *Fish Sci* 71, 220-228. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2005.00951.x>.
- Sabzipour F, Maseri N, Babaei S and Imani A. 2019. Effect of various postmortem processing times and blanching methods on quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) waste oil. *Food Sci Nutr* 7, 3093-3102. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1171>.
- Seko T, Ishihara K, Suzuki T, Takagi S, Taga K, Lida Y, Shigemastu Y, Itabashi Y, Nakamichi Y, Fujiwara Y, Inada A and Yamashita Y. 2022. Effects on moisture content of firewood used in the manufacture of Japanses traditional smoked-dried bonito, *katsuobushi*, on polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) generation. *J Food Compos Anal* 111, 104630. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104630>.
- Seo YJ, Gil BJ, Kyoung JS, Yoo BS, Chang YH, Yu SY and Lee YS. 2014. Effect of environmetally-friendly red clay-processed materials on quality characteristics of eel. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43, 287-292. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2014.43.2.287>.
- 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>.
- Shin KH and Kim BS. 2021. A study on meal kit products and selection attributes of customer satisfaction and loyalty including seafood ingredients. *TJOKI* 33, 43-62. <http://doi.org/10.26840/JKI.33.4.43>.
- Sim HJ, Kang MJ and Skin JH. 2016. Changes in the quality characteristics and chemical compounds of garile shoots for blanching. *Korean J Food Preserv* 23, 310-318. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2016.23.3.310>.
- Sobowale SS, Adebisi JA and Adebo OA. 2017. Optimization of blanching and frying conditions of deep-fat fried bonga fish (*Ethmalosa fimbriata*). *J Food Process Eng* 40, e12551. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12551>.
- Tsai CL, Shiau CY and Sung WC. 2017. Effects of blanching and refrigerated storage on quality attributes of hybrid abalone (*Haliotidae discushannai* × *H. diversicolor diversicolor*). *J Food Process Preserv* 42, e13608. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13608>.
- Yoon M, Kim JS, Um MY, Yang H, Kim J, Kim YT and Cho S. 2017. Extraction optimization for phlorotannin recovery from the edible brown seaweed *Ecklonia cava*. *J Aquat Food Prod Technol* 26, 801-810. <https://doi.org/10.1080/10>

498850.2017.1313348.

Yoo SK. 2000. Mariculture. Guduck Publishing, Busan, Korea, 203-218.

Zhang Z, Huang Z, Xu P, Zhao D, Li X, Yang J, Lin J and Li H. 2022. A novel method of shrimp blanching by Co<sub>2</sub> heat pump: Quality, energy, and economy analysis. *Innov Food Sci Emerg Technol* 82, 103207. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103207>.

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.1365-262>