

염화칼슘 및 감자전분의 혼합용액을 활용한 고온가압 처리 새우(*Litopenaeus vannamei*)살의 물성 연화 억제

최유리¹ · 박지훈¹ · 조혜정¹ · 이정석^{1,2} · 김진수^{1,2*}

¹경상국립대학교 해양식품공학과/해양산업연구소, ²경상국립대학교 수산식품산업화 기술지원센터

Inhibition of the Texture Softening of Shrimp *Litopenaeus vannamei* Pressured at High-temperature in a Retort Using a Mixed Solution of Calcium Chloride and Potato Starch

Yu Ri Choe¹, Ji Hoon Park¹, Hye Jeong Cho¹, Jung Suck Lee^{1,2} and Jin-Soo Kim^{1,2*}

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

²Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

This study was conducted to determine an optimal soaking solution for inhibiting the texture softening of shrimp *Litopenaeus vannamei* pressured at high temperature (S-P/HT) in a retort, and also to optimize concentrations of 0.5% calcium chloride (CC) and 5.0% potato starch (PS) for preparation of a mixed solution (MS) and soaking time (ST) in the MS. On the basis of the results of expressible drip (4.6%), water holding capacity (95.1%), hardness (18.4 N/cm²) and sensory texture (7.2 score), the MS was found to be the optimal soaking solution for inhibition of texture softening under S-P/HT conditions. The concentrations of CC (X₁, %), PS (X₂, %), and ST (X₃, min) were selected as independent variables, and hardness (Y₁), springiness (Y₂) and sensory texture (Y₃) were selected as dependent variables. The optimal conditions of X₁, X₂, and X₃ were 0.51%, 6.34%, and 364 min, respectively. Under the optimal conditions, the experimental values of Y₁, Y₂ and Y₃ were 18.3±0.8 N/cm², 4.4±0.3 mm and 7.7±0.2, respectively, which did not differ significantly from the predicted values (P>0.05). In conclusion, the optimized models of X₁, X₂, and X₃ for the preparation of S-P/HT using CC-PS were suitably fitted.

Keywords: Heated shrimp in a retort, *Litopenaeus vannamei*, Pacific white shrimp, Shrimp, Texture softening in shrimp

서론

새우살은 methionine, tryptophan 및 lysine 등과 같은 필수 아미노산이 풍부한 고단백식품 소재일뿐만 아니라, 칼슘, 마그네슘, 철 및 아연 등과 같은 무기질과 A, D, E, B₁₂ 등과 같은 비타민의 함량 풍부하며, eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3), docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3)와 같은 오메가-3 지방산(omega-3 fatty acid)의 조성비가 높다. 또한, 조직감이 쫄깃하면서 탱글탱글한 육질을 가진 식품소재이다(Syama Dayal et al., 2013). 이와 같은 요인으로 인하여 새우는 세계 어느 지

역에서나 남녀노소 모두가 즐겨 먹는 대표적인 식품소재 중의 하나이다. 국내에서도 새우는 이러한 경향을 나타내어 최근 5년(2016–2020년)간 새우의 1일 1인 공급량은 12.65–16.13 g/man/day 범위이고(KREI, 2022), 생산량도 30,357–41,359 M/T 범위이며, 이들 1일 1인 공급량과 생산량은 모두 해가 거듭할수록 급격히 증가하는 경향을 나타내고 있다(MOF, 2022). 또한, 국내 유통되고 있는 이들 새우 중 주요 종은 흰다리새우(Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*), 젓새우(akiame paste shrimp *Acetes japonicus*), 홍다리얼룩새우(giant tiger shrimp *Penaeus monodon*), 적새우, 아르헨티나새우(Argen-

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

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



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0817>

Korean J Fish Aquat Sci 55(6), 817-826, December 2022

Received 14 October 2022; Revised 28 November 2022; Accepted 5 December 2022

저자 직위: 최유리(대학원생), 박지훈(대학원생), 조혜정(대학원생), 이정석(교수), 김진수(교수)

tine red shrimp *Pleoticus muelleri*) 및 북쪽분홍새우(Arctic prawn *Pandalus borealis*) 등이 있다. 새우는 국내외에서 고급화하는 소비자 니즈 트렌드에 의하여 가공식품의 경우 기존의 새우패티, 새우튀김 등과 같은 제품 이외에도 감바스 알 아히요(gambas al ajillo, 올리브 오일에 새우, 마늘, 고추 등을 넣고 끓여서 만든 제품), 새우장, 새우 볶음밥 등과 같은 제품이 다양하게 개발되어 출시되고 있으나, 이들은 대부분이 소비마트에서 냉동제품 또는 냉장제품의 형태로 출시되고 있다. 그러나, 현재 식품가공품은 수출 시장 또는 내수 시장에서 유통비 절감과 유통기한 연장 등의 이유로 상온유통 제품을 개발하기 위하여 많은 노력을 하고 있다. 그러나, 새우는 상온유통 제품을 제조하기 위한 고온가압 가열살균 시에 단백질의 열변성에 의한 조직 연화가 심하여 상온유통 제품을 개발하기 위하여는 육조직의 연화에 대한 개선이 반드시 필요하다.

한편, 새우의 물성에 관한 연구는 냉동 보존 중 생새우의 조직 변화(Nunak and Schleinig, 2011), 소금물에 블랜칭(blanching) 처리한 새우의 품질 변화(Niamnuy et al., 2007), 라이신(lysine)과 중탄산나트륨을 처리한 흰다리새우의 동결-해동 사이클에 따른 조직 변화(Wachirasiri et al., 2019), 저온 처리(70°C, 30분) 새우의 조직학적 변화(Mizuta et al., 1999), 레토르트 처리에 의한 새우 조직의 물리적 및 화학적 특성 변화(Takeuchi and Takahashi, 2011) 등이 있다. 하지만, 이들의 연구는 새우의 여러 가지 처리에 의한 변화는 살펴보았으나, 고온가압 처리 새우의 물성 연화 억제에 대한 연구는 전무하다.

본 연구에서는 새우살을 활용한 상온유통 제품의 개발을 위한 기초 연구로 염화칼슘 및 감자전분의 혼합 용액을 활용한 고온가압 처리 새우(*L. vannamei*)살의 물성 연화 억제 공정에 대하여 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

흰다리새우(Pacific white shrimp *L. vannamei*)는 에콰도르 양식산 새우살(탈각 처리 새우살을 인산염 처리한 후, 냉동 및 얼음막 처리한 것)을 Diamond Co. Ltd. (Seoul, Korea)로부터 2022년 4-9월에 온라인으로 구입하였다. 구입한 흰다리새우는 -18°C 이하로 조정된 냉동고(GC-124HGF; LG Electronics Co., Seoul, Korea)에 보관하여 두고 실험에 사용하였다. 이때 흰다리새우의 크기는 medium size (범위, 16.9-17.9 g/마리; 평균, 17.2±0.5 g/마리)이었다.

고온가압 처리에 의한 흰다리새우살의 물성 저하 현상 개선용 첨가물은 아세트산(Daejung Co. Ltd., Siheung, Korea), 염화칼슘(ES Food Co. Ltd., Gunpo, Korea), 레몬즙(Food All Market Co. Ltd., Namyangju, Korea), 구연산(Daejung Co. Ltd.), 감자전분(Samjin Foods Co. Ltd., Seongju, Korea), transglutaminase (Activa TG-B; Ajinomoto Food Manufacturing Co.

Ltd., Tokyo, Japan)을 2022년 4-7월에 온라인에서 구입하여 사용하였다.

침지 용액 처리 흰다리새우살의 Code

고온가압 처리 흰다리새우살의 물성 저하 현상의 개선 처리 정도를 살펴볼 목적으로 제조한 침지 용액 처리 흰다리새우살의 code는 침지 용액 무처리 흰다리새우살의 경우 control로, 25% (v/v) 레몬즙 용액(pH 3.0) 처리 흰다리새우살의 경우 LJ, 0.5% (w/v) 구연산 용액(pH 3.0) 처리 흰다리새우살의 경우 CA, 0.5% (v/v) 아세트산 용액(pH 4.0) 처리 흰다리새우살의 경우 AA, 0.5% (w/v) transglutaminase 용액 처리 흰다리새우살의 경우 TG, 0.5% (w/v) 염화칼슘 용액(pH 7.0) 처리 흰다리새우살의 경우 CC, 0.5% (w/v) 염화칼슘과 5.0% (w/v) 감자전분 혼합 용액(pH 7.0) (이하 혼합 용액으로 칭함) 처리 흰다리새우살의 경우 CC-PS로 하였다(Table 1). 이때 위에 언급한 용액에 표기되어 있는 pH는 0.1 N HCl 또는 0.1 N NaOH를 사용하여 조정된 pH를 나타내었다.

고온가압 처리에 따른 새우살의 F_0 value 및 조직감 변화

레토르트(121°C)에서 가열처리 시간에 따른 새우살의 F_0 value 및 조직감 변화는 다음과 같은 조건으로 실시하였다. 즉, 새우살을 해동하여 충분히 탈수시킨 후 2% (w/v) 식염수에서 8분간 블랜칭(blanching)하였다. 이후, F_0 value 측정을 위해 새우살의 무게중심점에 무선형 온도 로거(temperature logger, EBI 11; Ebro Co., Germany)를 설치한 다음, 알루미늄 재질의 내열성 파우치(AYAA18; HPM Global Inc., Seoul, Korea)에 올리브유와 함께 넣은 다음 밀봉하여 증기식 레토르트(DW-RETO-ACE-200 L; Hyosung FMT Corp., Daegu, Korea)로 121°C에서 15-25분간 살균하였다. 이어서 고온가압 처리한 새우살의 무선형 temperature logger를 분리하여 program이 내장되어있는 컴퓨터로 F_0 value를 측정하였다. 이때, 고온가압 처리한 새우살의 F_0 value는 3회 이상 측정하여 평균값으로 나타내었고, 조직감은 Choi et al. (2016)이 언급한 방법을 약간 수정하여 압착 시험(compression test)에 의하여 얻어지는 경도로 살펴보았다.

Table 1. Code and explain of sample used in this experiment

Code	Explain
Control	Sample untreated in soaking solution
LJ	Sample soaked in 25% (v/v) lemon juice (pH 3.0)
CA	Sample soaked in 0.5% (w/v) citric acid (pH 3.0)
AA	Sample soaked in 0.5% (v/v) acetic acid (pH 4.0)
TG	Sample soaked in 5.0% (w/v) Transglutaminase (TGase)
CC	Sample soaked in 0.5% (w/v) calcium chloride (pH 7.0)
CC-PS	Sample soaked in a mixed solution of 0.5% (w/v) calcium chloride and 5.0% (w/v) potato starch (pH 7.0)

고온가압 처리 새우살의 물성 연화 억제제 선정 및 농도 최적화

고온가압 처리 새우살의 물성 연화 억제를 목적으로 전처리 공정인 적정 침지 용액의 선정 및 농도 최적화는 다음과 같은 조건으로 검토하였다. 침지 용액은 25% (v/v) 레몬즙(pH 3.0) 용액, 0.5% (w/v) 구연산(pH 4.0) 용액, 0.5% (v/v) 아세트산(pH 4.0) 용액, 0.5% (w/v) transglutaminase 용액, 0.5% (w/v) 염화칼슘(pH 7.0) 용액 및 혼합 용액(pH 7.0)과 같은 6종에 대하여 검토하였다. 고온가압 처리 새우살의 물성 연화 억제제 선정은 다음과 같은 공정으로 실시하였다. 새우살의 침지는 각각의 침지용 용기에 해동된 새우살과 이의 중량 대비 침지 용액을 3배 씩 가하고, 4°C로 조정된 냉장실에서 일정 시간[30분(transglutaminase 용액) 또는 6시간(나머지 5종의 침지 용액)] 동안 교반하여 완성하였다. 이때, 반응시간은 transglutaminase 용액의 경우 제조사에서 제시한 최적 반응조건을 고려하여 설정하였고, 나머지 5종의 침지 용액의 경우 예비실험 결과를 토대로 설정하였다. 이어서 침지처리 새우살을 세척한 후 2% (w/v) 식염수에서 8분간 데친 후 121°C로 조정된 레토르트에서 23분간 열처리하여 제조하였다.

이어서 선정된 침지 용액의 농도 최적화는 표면반응분석법(response surface methodology, RSM)으로 실시하였고, 이때 독립변수는 침지 용액의 농도와 침지 시간으로 하였고, 종속변수는 경도, 탄력성 및 관능적 조직감으로 하였다.

반응표면분석법의 중심합성계획, 회귀분석 및 그래프 도식화

고온가압 처리 새우살의 물성 연화 억제용 침지 용액의 처리 최적화를 위한 중심합성계획(central composite design)은 염화칼슘의 농도(X_1), 감자전분의 농도(X_2) 및 혼합용액의 침지시간(X_3)을 독립변수로 설정하여, 중심합성계획에 따라 5단계로 부호화하여 Table 2에 나타내었고, 이를 토대로 17구의 시료구를 제시하였으며, 이들을 제조한 다음 실험하였다.

고온가압 처리 새우살의 물성 연화 억제용 침지 용액의 처리 최적화를 위한 회귀분석은 다음과 같이 설정하였고, 최적값은 코드값으로 얻은 다음 실제값으로 산출하여 나타내었다. 고온가압처리 새우살의 물성 연화 억제용 침지 용액의 처리 조건 최적화를 위한 종속변수는 경도(Y_1), 탄력성(Y_2) 및 관능적 조직

감(Y_3)으로 하였고, 이들의 데이터는 회귀분석을 위한 자료로 활용하였다. 새우살의 침지 용액 처리 조건 최적점의 예측 및 확인은 MINITAB 통계프로그램(MINITAB Ver. 18; MINITAB, State College, PA, USA)을 이용하여 실시하였다. 즉, 중심합성계획에 따라 5단계로 부호화하여 무작위적으로 제조한 시료구 17개의 실험 결과를 토대로 독립변수와 종속변수 상호 간의 관계에 따라 제시되는 반응표면 회귀계수 및 분산분석 결과를 토대로 모델(model), 1차항(linear), 2차항(quadratic), 교차항(cross-product) 및 적합성 결여도(lack of fit) 각각의 유의성(P-value) 유무를 확인하였고, 이들 결과값에 대하여 최종적으로 결정계수(R^2)를 확인하여 최적조건을 산출하였다. 또한, 이를 근거로 하여 독립변수 및 종속변수의 설계 모형의 적합성은 반응 최적화 도구를 이용하여 종속변수에 대한 각각의 목표값(target value)을 설정하여 확인하였고, 프로그램에서 산출된 부호값(coded value)을 환산하여 얻은 실제값(actual value)을 토대로 예측치와 실험치를 비교, 분석하여 적합성을 판정하였다.

고온가압 처리 새우살의 물성 연화 억제를 위한 침지 용액 처리 최적화는 MINITAB 통계프로그램의 response optimizer를 통해 이루어졌으며, 통계적으로 추정된 최적 조건에 따라 실제 실험을 통해 측정된 종속변수와 비교로 추정된 종속변수 값을 검증하였다(Bezerra et al., 2008).

압출드립 및 보수력

압출드립은 Ng (1987)가 언급한 방법을 약간 수정하여 측정하였으며, 측정용 전처리 시료는 새우살을 일정 크기로 절단(가로 1 cm × 세로 1 cm × 높이 1 cm)하여 제조하였다. 압출드립의 측정은 전처리 시료의 상하에 여과지(No.2; ADVANTEC, Tokyo, Japan)를 두고 texture analyzer (CT3-1000; Brookfield, Middleborough, MA, USA)를 사용하여 10 kg/cm²으로 2분 동안 가압하여 중량 변화로 실시하였다. 보수력은 Tabilo-Munizaga and Barbosa-Canovas (2005)이 언급한 원심분리법을 약간 수정하여 측정하였다. 보수력 측정용 전처리 시료는 새우살을 세절하고, 균질화하여 제조하였다. 보수력은 전처리 시료 약 0.3 g을 pore size 10 μm인 polypropylene mesh를 가진 2.0 mL spin column tube (H6211GC; Hyundai Micro, Seoul, Korea)에 넣고, 원심분리(274 g, 4°C, 60분)한 다음 분리된 수분 무게를 측정하여 다음에 제시한 식으로부터 산출하였다.

Table 2. Symbol, experimental range and values of the independent variables in the central composite design for optimization of inhibition on the texture softening of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* under soaking condition

Independent variables	Symbol	Coded levels of variable				
		-1.682	-1	0	+1	+1.682
Calcium chloride (% , w/v)	X_1	0.05	0.23	0.50	0.77	0.95
Potato starch (% , w/v)	X_2	0.96	2.60	5.00	7.40	9.04
Soaking time (min)	X_3	57	180	360	540	663

$$\text{보수력}(\%) = \left(1 - \frac{\text{수분 무게}}{\text{시료 무게}}\right) \times 100$$

경도 및 탄력성

조직감은 새우살의 두 번째 마디 살을 검체로 하여, 직경 5.0 mm의 구형 plunger (TA50 cylindrical probe)를 장착한 texture analyzer (CT3-1000; Brookfield)로 압착하여 측정하였다. 이때, probe의 trigger load는 5 g, test speed는 1.0 mm/sec, 시료 변형률은 50%로 설정하였다. 이 측정으로 얻어진 경도와 탄력성에 대한 결과는 Texture Pro CT (1.9) software를 사용하여 나타내었고, 결과값은 10회 이상 측정한 다음 최대값과 최소값을 제외한 나머지 값들의 평균값으로 나타내었다.

미세구조 분석

고온가압 처리 새우살의 미세구조는 Rattanasatheir et al. (2008)이 언급한 방법을 참고하여 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM; JSM-7610F; Jeol Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 500배율로 관찰하였다.

분석을 위한 고온가압처리 새우살은 급속동결 후에 새우살의 두 번째 마디 부위의 육을 면도날을 이용하여 일정한 형태(가로 4 mm × 세로 4 mm × 높이 4 mm)로 정형하여 다음과 같이 전처리하여 사용하였다. 정형한 새우살은 냉장실(4 ± 1°C)에서 0.2 M 인산염 완충액(pH 7.2)을 용매로 하는 2.5% (v/v) glutaraldehyde에 2시간 침지하여 고정하였다. 그리고 고정 처리한 시료들은 15분 동안 탈이온수로 각각 3회씩 수세한 다음, 15분 동안 20–100% (v/v) 에탄올 농도에서 연속적으로 탈수하였다. 이들 탈수 고온가압처리 새우살은 임계점 건조기(13200-AB; SPI SUPPLIES, West Chester, PA, USA)로 건조한 다음, ion sputter coater (Cressington Sputter Coater 208H; Cressington Scientific Instruments Ltd., Watford, England)를 이용하여 100% 금으로 코팅하여 제조하였다.

패널(panel)에 의한 관능평가

패널에 의한 관능평가는 생명윤리 및 안전에 관한 법률(생명윤리법)에 따라 기관 생명윤리위원회(institutional review board, IRB)로부터 인간 대상 연구자를 위한 생명윤리심의의 승인(GIRB-G22-Y-0070)을 받고 진행하였다. 즉, 잘 훈련된 panel member 20인(20–30대, 남자 10인, 여자 10인)으로 구성하여 조직감에 대한 관능적 조직감 평가를 실시하였다. 물성 연화 억제제 선정 및 농도 최적화에 의한 고온가압 처리한 새우살은 모두 대조군 새우살의 관능적 조직감을 기준점인 5점으로, 이보다 우수한 것을 6–9점으로, 이보다 못한 것을 1–4점으로 하여 평가하였다.

통계 처리

본 연구 결과에 대한 데이터의 표준편차 및 유의차 검정(5%

유의수준)은 SPSS 통계패키지(SPSS for window, release 18)에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하여 나타내었다.

결과 및 고찰

고온가압 처리 시간에 따른 새우살의 F₀값 및 조직감 변화

일반적인 레토르트 제품(멸균 제품)은 국내 식약처에서 중심 온도가 120°C 이상에서 4분 이상 열처리하거나 또는 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법으로 열처리를 하여야 한다고 제시되어 있다(MFDS 2022). 그러나 레토르트 식품을 생산하는 대부분의 업체들은 멸균지표 세균인 *Clostridium botulinum*은 물론이고, spore까지도 확실한 제어와 유통과정 중 품질 안전성을 확보하기 위하여 식품공전에서 제시한 기준을 초과하는 열처리를 하고 있다(Lee et al., 2016). F₀값은 정해진 온도와 시간 조건 하에서 미생물수를 감소시키는 가열치사효과를 합한 것이며, 통조림이나 어육소시지와 같은 레토르트 식품은 위생학적 안전성을 고려하여 일반적으로 10–15분 이상이 되도록 가열살균하고 있다(Hwang et al., 2020). 한편, 새우살은 위에서 언급한 정도의 고온가압 조건에서 가열처리하는 경우 조직감이 연화되어 상품성이 떨어지는 경향을 나타내는 것으로 알려져 있다.

따라서, 새우살을 활용한 상온유통 제품을 개발하고자 하는 경우 반드시 고온가압 처리에 의한 새우살의 연화 정도와 이의 억제 방안은 검토하여야 한다. 이러한 일면에서 고온가압 처리 시간에 따른 새우살의 조직감 변화를 살펴볼 목적으로 살균 온도(121°C)에서 새우살의 가열 처리시간(처리 전, 15분, 20–25분, 1분 간격)에 따라 측정된 F₀값 및 조직감의 변화를 살펴본 결과는 Fig. 1과 같다. 살균 온도(121°C)에서 15분과 20–25분(1분 간격)으로 가열처리한 새우살의 측정된 F₀값은 각각 3.6분, 6.9–12.9분이었다. 한편, Ahn et al. (1986)은 정어리 통조림 및 레토르트 식품의 최적 살균 조건을 설정하는 연구에서 식품 내 지질성분이 많으면 spore의 내열성을 현저하게 증대시키므로 중심온도가 120°C에서 4분 가열의 살균조건으로도 spore가 사멸하지 않을 수도 있어 F₀값을 10분 이상으로 설정해야 한다고 보고한 바 있다. 살균 온도(121°C)에서 가열 처리시간(처리 전, 15분, 20–25분, 1분 간격)에 따른 새우살의 조직감은 레토르트 가열처리 직전의 새우살이 43.4 N/cm²이었으며, 15분간 가열 처리한 새우살이 20.5 N/cm², 21분간 가열 처리한 새우살이 10.7 N/cm²으로, 가열 처리시간이 경과할수록 유의적으로 감소하였으나(P<0.05), 이후 25분간 가열 처리한 새우살까지 유의적으로 변화가 없었다(P>0.05). 한편, Ali et al. (2005)은 기름 담금 정어리 레토르트 식품 제조 시 F₀값이 증가할수록 조직감은 감소한다고 보고하였고, Choi et al. (2016)은 새우살의 단백질은 90°C 이상의 온도에서 조직 연화가 발생하며, 115–121°C에서는 아미노산에서 황화수소가 유리되어 단백질 분해가 일어나 조직의 연화가 급격하게 진행된다고 보고한 바가 있다.

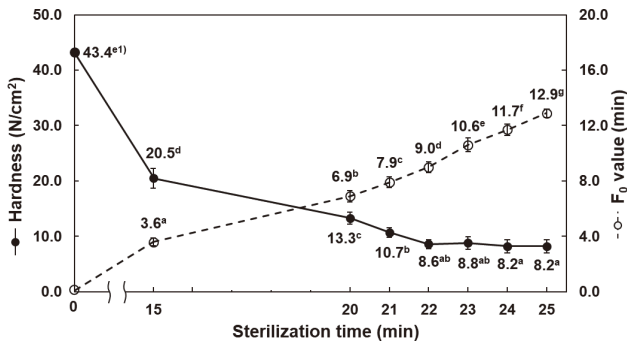


Fig. 1. Hardness and F₀ value of shrimp *Litopenaeus vannamei* pressured at high-temperature as affected by heating time at 121.1°C. ¹The different letters on the data of the same item indicate significant differences at P<0.05.

이상의 결과와 보고로 미루어 보아 새우살의 가열처리에 의한 위생성 확보면의 경우 측정된 F₀값을 10분 이상(목표 온도에서 가열 처리시간 23분 이상), 조직감 연화를 고려한 경우 F₀값을 9분 이상(목표 온도에서 가열 처리시간 22분 이상)부터는 유의적인 차이가 없었다. 따라서, 이후, 물성 변화 억제제 선정 및 농도 최적화에 따른 고온가압 처리 새우살의 조직감 변화를 살펴볼 목적으로 실시하는 살균 온도(121°C)에서 새우살의 가열 처리시간은 23분으로 고정하여 실시하였다.

침지 처리에 의한 고온가압 처리 새우살의 압출드립과 보수력의 변화

압출드립은 근육이 중력에 대응하여 수분을 유지하는 능력을 나타내는 지표이고(Begum et al., 2011), 보수력은 근육의 육즙 및 질감과 같은 기능적 특성에 영향을 살펴보는 좋은 지표(Chan et al., 2021) 중의 하나로 알려져 있다. 이러한 일면에서 새우살의 고온가압 처리에 의한 물성 저하 억제 정도를 살펴볼 목적으로 새우살을 침지 용액 6종(25% 레몬즙 용액, 0.5% 구연산 용액, 0.5% 아세트산 용액, 0.5% transglutaminase 용액, 0.5% 염화칼슘 용액 및 혼합 용액)에 전처리한 다음 고온가압 처리 새우살의 압출드립과 보수력을 살펴본 결과는 Fig. 2와 같다. 침지 용액 6종에 각각 전처리한 후 고온가압 처리한 새우살의 압출드립은 3.6~9.7% 범위로, 대조구인 침지 용액 무처리 고온가압 처리한 새우살의 14.4%에 비하여 모두 유의적으로 낮았다(P<0.05). 침지 용액 6종을 달리하여 전처리한 후 고온가압 처리한 새우살 간의 압출 드립은 transglutaminase 용액 처리 새우살이 9.7%로 가장 높았고, 다음으로 구연산 용액 처리 새우살(6.1%), 아세트산 용액 처리 새우살(5.3%)의 순이었으며, 레몬즙 용액 처리 새우살(4.6%)과 혼합 용액 처리 새우살(4.6%)의 순이었으며, 염화칼슘 용액 처리 새우살이 3.6%로 가장 낮았다. 하지만 침지 용액 6종을 달리하여 처리한 후 고온가압 처리한 새우살 간의 압출 드립은 transglutaminase 용액 처리 새우살과 나머지 5종 용액 처리 새우살들간의 경우 유의적인 차이가

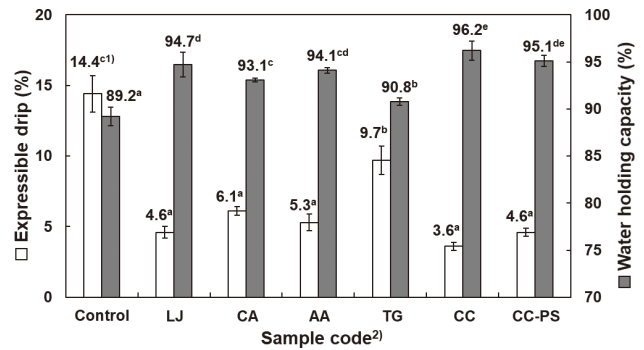


Fig. 2. Expressible drip and water holding capacity of shrimp *Litopenaeus vannamei* pressured at high-temperature in a retort after soaking in various soaking solutions. ¹The different letters on the bar of the same item indicate significant differences at P<0.05. ²Sample code (Control, LJ, CA, AA, TG, CC and CC-PS) are the same as explained in Table 1.

있었으나(P<0.05). 나머지 5종 용액 처리 새우살들간의 경우 유의적인 차이가 없었다(P>0.05).

침지 용액 6종에 각각 전처리한 후 고온가압 처리한 새우살의 보수력은 90.8~96.2% 범위로, 대조구의 89.2%에 비하여 모두 유의적으로 높았다(P<0.05). 침지 용액 6종에 각각 전처리한 후 고온가압 처리한 새우살의 보수력은 염화칼슘 용액 처리 새우살이 96.2%로 가장 높았으며, 다음으로는 혼합 용액 처리 새우살(95.1%), 레몬즙 용액 처리 새우살(94.7%), 아세트산 용액 처리 새우살(94.1%), 구연산 용액 처리 새우살(93.1%)의 순이었으며, transglutaminase 용액 처리 새우살이 90.8%로 가장 낮았다. 하지만 침지 용액 6종을 달리하여 전처리한 후 고온가압 처리한 새우살 간의 보수력은 구연산 용액 처리 새우살과 아세트산 용액 처리 새우살 간, 아세트산 용액 처리 새우살, 레몬즙 처리 새우살 및 혼합 용액 처리 새우살 간, 혼합 용액 처리 새우살과 염화칼슘 처리 새우살 간의 경우 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 한편, Choi et al. (2016)은 pH 3~7로 조절된 아세트산 용액에 침지한 고온 가열 새우는 pH 산성화에 식품 내 단백질의 등전점이 발생하여 수분 용출이 발생하였다고 보고한 바 있으며, Tammatinna et al. (2007)은 흰다리새우의 transglutaminase 첨가 후 겔화 특성에 관한 연구에서 transglutaminase 첨가 농도가 증가할수록 압출드립은 감소한다고 하였으며, 이는 S-S 결합으로 인해 보유하는 수분함량이 감소하였기 때문이라고 보고한 바 있다.

이상의 결과로 미루어 보아 침지 용액 6종에 각각 전처리한 후 고온가압 처리한 새우살의 압출드립과 보수력은 침지 처리 새우살이 무처리 새우살보다 모두 유의적으로 우수하였고(P<0.05), 침지 처리 새우살 6종간의 경우 염화칼슘 용액 처리 새우살과 혼합용액 처리 새우살이 유의적으로 우수하였다고 판단되었다(P<0.05).

침지 처리에 의한 고온가압 처리 새우살의 조직감의 변화

새우살의 고온가압 처리에 의한 물성 저하 억제 정도를 살펴볼 목적으로 새우살을 침지 용액 6종(25% 레몬즙 용액, 0.5% 구연산 용액, 0.5% 아세트산 용액, 0.5% transglutaminase 용액, 0.5% 염화칼슘 용액 및 혼합 용액)에 전처리한 다음 고온가압 처리 새우살의 조직감을 경도와 관능적 조직감으로 살펴본 결과는 Fig. 3과 같다. 새우살을 침지 용액 6종에 각각 전처리한 후 고온가압 처리한 새우살의 경도는 12.2–23.8 N/cm² 범위로, 대조구인 침지 용액 무처리 고온가압 처리한 새우살의 9.9 N/cm²에 비하여 모든 처리구에서 유의적으로 높았다($P < 0.05$). 침지 용액 6종을 달리하여 전처리한 후 고온가압 처리한 새우살 간의 경도는 염화칼슘 용액 처리 새우살이 23.8 N/cm²으로 월등히 가장 높았으며, 다음으로는 혼합 용액 처리 새우살(18.4 N/cm²), 레몬즙 용액 처리 새우살(17.7 N/cm²), 구연산 용액 처리 새우살(14.0 N/cm²) 및 아세트산 용액 처리 새우살(14.0 N/cm²)의 순이었으며, transglutaminase 용액 처리 새우살이 12.2 N/cm²으로 가장 낮았다. 하지만 침지 용액 6종을 달리하여 전처리한 후 고온가압 처리한 새우살 간의 경도는 구연산 용액 처리 새우살과 아세트산 용액 처리 새우살 간, 레몬즙 처리 새우살 및 혼합 용액 처리 새우살 간의 경우 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$). 일반적으로 염화칼슘은 단백질 분자들 사이의 상호작용을 감소시키고 응집력을 증가시키며 단백질 사슬 간의 가교 결합 형성에 관여하여 안정성을 가지게 된다고 알려져 있다(Mulvihill and Kinsella, 1988). 이와 같이 염화칼슘 용액에 침지한 새우살의 경도가 가장 높은 것은 단백질의 carboxyl group이 나타내는 음전하가 많고, 칼슘이온의 양전하가 이들의 음전하 사이를 가교 역할을 하여 거대 그물구조를 형성하는 보조 역할을 하였기 때문이라 판단되었다(Park et al., 1995).

침지 용액 6종을 달리하여 전처리한 후 고온가압 처리한 새우살의 관능적 조직감은 무처리구인 새우살을 5점으로 하고, 이보다 우수한 새우살의 경우 9점으로, 이보다 못한 새우살의 경우 1점으로 평가하였다. 침지액 6종을 달리하여 전처리한 후 고온가압 처리 새우살의 관능적 조직감은 혼합 용액 처리 새우살이 7.2점으로 가장 높았으며, 다음으로는 염화칼슘 용액 처리 새우살(6.6점), 레몬즙 용액 처리 새우살(6.2점), 아세트산 용액 처리 새우살(6.1점), 구연산 용액 처리 새우살(6.0점)의 순이었으며, transglutaminase 용액 처리 새우살이 5.2점으로 가장 낮았다($P < 0.05$). 하지만 침지 용액 6종을 달리하여 전처리한 후 고온가압 처리한 새우살 간의 관능적 조직감은 구연산 용액 처리 새우살, 아세트산 용액 처리 새우살 및 레몬즙 처리 새우살 간의 경우 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$). 한편, 관능적 조직감은 경도가 가장 높았던 염화칼슘 용액 처리 새우살이 혼합 용액 처리 새우살에 비하여 낮았는데, 이는 염화칼슘 용액 처리 새우살의 경우 조직감이 딱딱함이 과도하고, 다소의 부드러움의 경우 저하되었기 때문이라 판단되었다. 이상의 새우살의 경도와 관능적 조직감의 결과로 보아 침지 용액 6종에 각각 전처리한

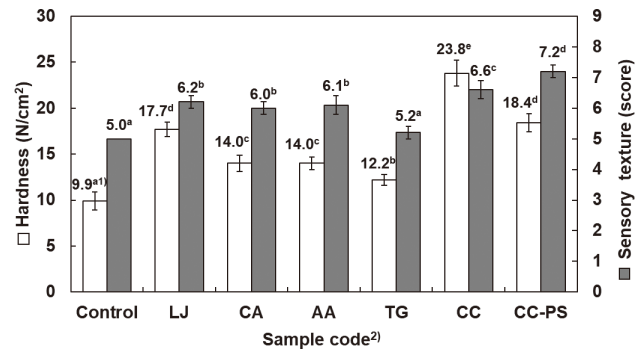


Fig. 3. Hardness and sensory texture of shrimp *Litopenaeus vannamei* pressured at high-temperature in a retort after soaking in various soaking solutions. ¹The different letters on the bar of the same item indicate significant differences at $P < 0.05$. ²Sample code (Control, LJ, CA, AA, TG, CC and CC-PS) are the same as explained in Table 1.

후 고온가압 처리한 새우살의 경도와 관능적 조직감은 침지 처리 새우살이 무처리 새우살보다 관능적 조직감에서 transglutaminase 용액으로 처리한 새우살을 제외한다면 모두 유의적으로 우수하였고($P < 0.05$), 침지 처리 새우살 6종간의 경우 혼합 용액 처리 새우살이 가장 최적이라 판단되었다.

침지 처리에 의한 고온가압 처리 새우살의 미세구조 분석

새우살의 고온가압 처리에 의한 물성 저하 억제 정도를 살펴볼 목적으로 생 새우살, 침지 용액으로 전처리 하지 않고 고온가압 처리 새우살인 대조구, 그리고 새우살의 고온가압 처리에 의한 물성 저하 억제가 가장 우수하다고 판단된 혼합 용액으로 처리한 후 고온가압 처리한 새우살과 같은 3종의 새우살을 주사전자현미경으로 미세구조를 살펴본 결과는 Fig. 4와 같다. 침지 용액에 전처리는 물론이고, 열처리도 하지 않은 생새우살의 미세구조는 단백질 변성이 일어나지 않아 촘촘하고 조밀한 근섬유 조직을 가지고 있었다. 침지 용액으로 전처리하지 않고 고온가압 처리한 새우살의 미세구조는 근섬유를 구성하는 근막에 균열이 심하게 발생하여 있는 것을 볼 수 있었던 반면, 혼합 용액으로 처리한 새우살의 미세구조는 염화칼슘이 새우살의 단백질 분자들 사이에 가교 결합을 형성시키고, 감자전분이 새우살의 공간을 메워 전체적으로 섬유상으로 이어져 있는 형태를 나타내는 것으로 나타났다. 한편, 새우살의 구조에 대하여 Choi et al. (2016)은 새우살을 구연산 용액으로 처리하는 경우 근육의 pH가 산성화됨에 따라 조직의 수축이 일어나 치밀한 내부 구조가 형성된다고 보고한 바 있으며, Mulvihill and Kinsella (1988)은 새우살에 염화칼슘 처리시 단백질 분자들 사이의 가교 결합 형성으로 응집력을 증가시킨다고 보고한 바가 있다.

고온가압 처리 새우살 연화 억제를 위한 침지 공정 최적화

고온가압 처리 새우살의 연화 억제를 위한 침지 공정 최적화(

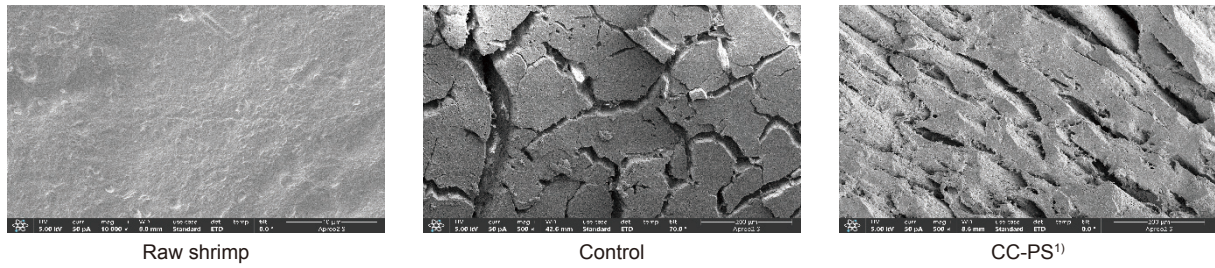


Fig. 4. Scanning electron microscope of raw shrimp *Litopenaeus vannamei* and shrimp pressured at high-temperature in a retort before and after soaking in a mixed solutions. ¹Sample code (CC-PS) are the same as explained in Table 1.

염화칼슘, 감자전분 및 혼합 용액의 침지시간)를 위하여 Table 2에서 제시한 중심합성계획에 따라 X_1 , X_2 및 X_3 을 5단계로 부호화하여 무작위로 제조한 17구 시료구의 종속변수[경도(Y_1), 탄력성(Y_2) 및 관능적 조직감(Y_3)]를 측정된 결과는 Table 3과 같다.

염화칼슘 농도(X_1), 감자전분의 농도(X_2) 및 혼합 용액의 침지시간(X_3)을 달리하여 전처리한 다음 고온가압 처리한 새우살의 경도(Y_1), 탄력성(Y_2) 및 관능적 조직감(Y_3)에 대한 결과치(Table 3)를 이용하여 MINITAB program을 구동하였다.

Table 3. The central composite design of independent variables and responses of dependent variables

Coefficients assessed by	Run No.	Coded values			Dependent variables		
		X_1^1	X_2	X_3	Y_1^2	Y_2	Y_3
Fractional factorial design (8 points)	1	-1	-1	-1	12.0	3.9	5.8
	2	+1	-1	-1	15.9	3.6	6.4
	3	-1	+1	-1	10.8	4.4	6.3
	4	+1	+1	-1	14.5	4.1	6.8
	5	-1	-1	+1	16.8	3.5	6.6
	6	+1	-1	+1	24.4	3.3	7.0
	7	-1	+1	+1	15.3	4.0	7.2
	8	+1	+1	+1	21.3	3.7	7.4
Star points (6 points)	9	-1.68	0	0	13.5	3.9	6.5
	10	+1.68	0	0	23.0	3.5	6.8
	11	0	-1.68	0	19.7	3.6	6.1
	12	0	+1.68	0	16.7	4.6	7.5
	13	0	0	-1.68	10.0	4.7	6.2
	14	0	0	+1.68	20.8	3.8	7.2
Central points (3 points)	15	0	0	0	18.4	4.3	7.7
	16	0	0	0	18.1	4.2	7.8
	17	0	0	0	18.7	4.3	7.7

¹ X_1 (Calcium chloride, %, w/v), X_2 (Potato starch, %, w/v) and X_3 (Soaking time, min). ² Y_1 (Hardness, N/cm²), Y_2 (Springiness, mm) and Y_3 (Sensory texture, score).

MINITAB program의 RSREG (response surface analysis by least-squares regression)로 살펴본 혼합 용액으로 전처리한 후 고온가압 처리한 새우살의 경도(Y_1), 탄력성(Y_2) 및 관능적 조직감(Y_3)에 대한 일차항(linear), 이차항(quadratic) 및 교차항(cross-product)과 같은 여러 가지 2차 회귀방정식의 계수들과 이들의 유의성을 살펴본 결과는 Table 4와 같다. MINITAB 통계 프로그램의 RSREG로 분석한 데이터를 활용하여 살펴본 종속변수에 대한 각 항들의 P-value는 경도(Y_1)의 경우 일차항 3종(X_1 , X_2 , X_3), 이차항 1종(X_3^2), 교차항 1종(X_1X_3)으로 총 5종, 탄력성(Y_2)의 경우 일차항 3종(X_1 , X_2 , X_3), 이차항 1종(X_1^2)으로 총 4종, 관능적 조직감(Y_3)의 경우 일차항 3종(X_1 , X_2 , X_3), 이차항 3종(X_1^2 , X_2^2 , X_3^2)으로 총 6종의 유의성이 인정되었다($P < 0.05$). 따라서, 염화칼슘 농도(X_1), 감자전분의 농도(X_2) 및 혼합용액의 침지시간(X_3)을 달리하여 전처리한 다음 고온가압 처리한 새우살의 경도(Y_1), 탄력성(Y_2) 및 관능적 조

Table 4. Estimated coefficients of regression models for dependent variables in processing optimization of inhibition on the texture softening of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*

	Y_1^2		Y_2		Y_3	
	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value
Intercept	18.454	0.000	4.279	0.000	7.731	0.000
X_1^1	2.722	0.000	-0.130	0.015	0.161	0.008
X_2	-0.897	0.001	0.262	0.000	0.312	0.000
X_3	3.131	0.000	-0.221	0.001	0.336	0.000
X_1X_1	-0.240	0.247	-0.242	0.001	-0.376	0.000
X_2X_2	-0.257	0.217	-0.101	0.058	-0.323	0.000
X_3X_3	-1.247	0.000	-0.048	0.318	-0.358	0.000
X_1X_2	-0.225	0.351	-0.013	0.820	-0.038	0.531
X_1X_3	0.750	0.013	0.013	0.820	-0.063	0.309
X_2X_3	-0.250	0.304	-0.013	0.820	0.013	0.833

¹ X_1 (Calcium chloride, %, w/v), X_2 (Potato starch, %, w/v) and X_3 (Soaking time, min). ² Y_1 (Hardness, N/cm²), Y_2 (Springiness, mm) and Y_3 (Sensory texture, score).

직감(Y_3)의 반응모형방정식을 유의성이 인정($P < 0.05$)되는 항만을 나타내는 경우 $Y_1 = 18.454 + 2.722X_1 - 0.897X_2 + 3.131X_3 - 1.247X_3^2 + 0.750X_1X_3$ ($R^2 = 0.976$, $P\text{-value} = 0.000$), $Y_2 = 4.279 - 0.130X_1 + 0.262X_2 - 0.221X_3 - 0.242X_1^2$ ($R^2 = 0.867$, $P\text{-value} = 0.002$), $Y_3 = 7.731 + 0.161X_1 + 0.312X_2 + 0.336X_3 - 0.376X_1^2 - 0.323X_2^2 - 0.358X_3^2$ ($R^2 = 0.932$, $P\text{-value} = 0.000$)과 같다.

염화칼슘 농도(X_1), 감자전분 농도(X_2) 및 혼합 용액의 침지

시간(X_3)을 달리하여 전처리한 다음 고온가압 처리한 새우살을 위한 간결 반응모형방정식의 독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 ANOVA 분석으로 살펴본 결과는 Table 5와 같다. 고온가압 처리한 새우살의 연화 억제용 침지 공정 최적화(염화칼슘, 감자전분 및 혼합 용액의 침지시간)를 위한 반응모형방정식은 경도(Y_1)의 경우 일차항, 이차항 및 교차항은 모두 유의성이 인정되었으나($P < 0.05$), 탄력성(Y_2) 및 관능적 조직감(Y_3)의 경우 모두 일차항 및 이차항은 유의성이 인정되었고, 교차항은 유의성이 인정되지 않았다($P > 0.05$). 고온가압처리 새우살의 연화 억제용 침지 공정 최적화(염화칼슘, 감자전분 및 혼합 용액의 침지시간)를 위한 반응모형방정식 모델의 적합 결여 검증(lack of fit test)은 경도(Y_1), 탄력성(Y_2) 및 관능적 조직감(Y_3)이 각각 0.151, 0.103 및 0.089로 모두 0.05보다 높아 적합한 모델로 간주되었다(Isa et al., 2011; Shin et al., 2020). 경도(Y_1), 탄력성(Y_2) 및 관능적 조직감(Y_3)은 결정계수(R^2)가 각각 0.976, 0.867 및 0.932로, 1에 가까우며, model 값이 각각 0.000, 0.002 및 0.000으로 0.05보다 낮아, 설계 모형이 모두 적합한 것으로 나타났다(Zhou and Regenstien, 2004).

한편, 고온가압 처리 새우살의 식감은 혼합 용액의 침지 처리에 의하여 억제되는데, 그 정도는 이들 두 성분의 배합비와 침지 시간에 따라 확연히 달라질 수 있다. 고온가압처리 새우살의 식

Table 5. Analysis of variance (ANOVA) of regression models showing the effects of independent variables as linear, quadratic and cross-product term on the response variables for response of dependent variables for soaking optimization of inhibition on the texture softening of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*

Dependent	P-value				
	Model	Linear	Quadratic	Cross-product	Lack of fit
Y_1	0.000	0.000	0.002	0.048	0.151
Y_2	0.002	0.000	0.006	0.981	0.103
Y_3	0.000	0.000	0.000	0.657	0.089

¹ Y_1 (Hardness, N/cm²), Y_2 (Springiness, mm) and Y_3 (Sensory texture, score).

Table 6. Optimal soaking conditions predicted for preparation of inhibition on the texture softening of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* obtained by MINITAB program

Dependent variables	Value	X_1	X_2	X_3
Y_1 ²	Target	18.0	18.0	18.0
	Coded	1.68	1.64	-0.35
	Actual	0.95	8.94	297
Y_2	Target	Max	Max	Max
	Coded	-0.36	1.41	-1.68
	Actual	0.40	8.38	58
Y_3	Target	Max	Max	Max
	Coded	0.15	0.49	0.46
	Actual	0.54	6.18	443
Multiple response optimization	Coded	0.02	0.56	0.02
	Actual	0.51	6.34	364

¹ X_1 (Calcium chloride, %, w/v), X_2 (Potato starch, %, w/v) and X_3 (Soaking time, min). ² Y_1 (Hardness, N/cm²), Y_2 (Springiness, mm) and Y_3 (Sensual texture, score).

감 개선은 적절한 농도로 첨가하거나, 적절한 침지시간으로 처리하면 모두 경도 및 탄력성이 개선되어 소비자의 기호도를 충족할 수 있으나, 과도한 농도로 첨가하거나 장시간 침지하게 되면 탄력성이 저하된 질긴 식감과 쓴맛 상승이 우려되며, 적은 농도로 첨가하거나 침지시간이 짧으면 연화되어 식품의 관능적 특성의 저하가 초래되어 소비자가 구매를 기피할 우려가 있어 염화칼슘과 감자전분의 적정 첨가량 및 침지시간을 고려한 범위가 설정되어야 한다. 고온가압 처리 새우살의 종속변수[경도(Y_1), 탄력성(Y_2) 및 관능적 조직감(Y_3)] 적용 범위는 예비실험 결과를 비교하여 결정하였다. 즉, 경도는 5.6–28.3 N/cm², 탄력성은 2.3–4.7 mm, 관능적 조직감은 1–9점으로 설정하였으며, 이들의 목표값은 예비실험 결과 및 기호성이 우수한 것으로 종속변수에 대한 분석 데이터를 참고하여 경도의 경우 목표값을 18.0 N/cm²으로, 탄력성 및 관능적 조직감의 경우 목표값을 최대값으로 설정하였다. 이러한 일면에서 고온가압 처리 새우살의 연화 억제용 침지 공정 최적화(염화칼슘, 감자전분 및 혼합 용액의 침지시간)에 대한 종속변수 각각과 이들을 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적조건을 예측할 목적으로 앞에서 언급한 조건을 설정한 다음 MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 독립변수의 최적조건 예측치는 Table 6과 같다. 고온가압 처리 새우살의 목표 경도(Y_1 , 18.0 N/cm²)를 위한 침지공정[염화칼슘 농도(X_1), 감자전분 농도(X_2) 및 혼합 용액의 침지시간(X_3)]의 최적값은 부호값(coded value)이 각각 1.68, 1.64 및 -0.35이었고, 이를 실제값(uncoded value)으로 환산하는 경우 각각 0.95% (w/v), 8.94% (w/v) 및 297분이었고, 목표 탄력성(Y_2 , 최대값)을 위한 침지공정[염화칼슘 농도(X_1), 감자전분 농도(X_2) 및 혼합 용액의 침지시간(X_3)]의 최적값은 부호값이 각각 -0.36, 1.41 및 -1.68이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 0.40% (w/v), 8.38% (w/v) 및 58분이었으며, 목표 관능적 조직감(Y_3 , 최대값)을 위한 침지공정[염화칼슘 농도(X_1), 감자전분 농도(X_2) 및 혼합 용액의 침지시간(X_3)]의 최적값은 부호값이 각각 0.15, 0.49 및 0.46이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 0.54% (w/v), 6.18% (w/v) 및 443분이었다. 고온가압 처리 새우살의 연화 억제를 위한 경도(Y_1), 탄력성(Y_2) 및 관능적 조직감(Y_3)을 모두 충족할 수 있는 독립변수[염화칼슘 농도(X_1), 감자전분 농도(X_2) 및 혼합 용액의 침지시간(X_3)]의 조건은 부호값의 경우 각각 0.02, 0.56 및 0.02이었고, 이를 실제값으로 환산하는 경우 각각 0.51% (w/v), 6.34% (w/v) 및 364분이었다. 최적 조건[염화칼슘 0.51% (w/v), 감자전분 6.34% (w/v) 및 침지시간 364분]에서 침지처리되고 고온가압 처리한 새우살의 예측된 결과와 실측치는 Table 7과 같다. 최적조건에서 침지처리한 다음 고온가압 처리한 새우살의 실측 경도는 18.3±0.8 N/cm², 탄력성은 4.4±0.3 mm, 관능적 조직감은 7.7±0.2점으로, 예측치인 경도 18.0 N/cm², 탄력성 4.4 mm, 관능적 조직감 7.8점에 비하여 유의적인 차이가 인정되지 않았다(P>0.05).

Table 7. Experimental and predicted results of verification under optimized soaking conditions

Dependent variables	Data	
	Predicted	Experimental
Y_1 (Hardness, N/cm ²)	18.0 ^{a1}	18.3±0.8 ^a
Y_2 (Springiness, mm)	4.4 ^a	4.4±0.3 ^a
Y_3 (Sensory texture, score)	7.8 ^a	7.7±0.2 ^a

¹The different letters on the data in the row indicate significant differences at P<0.05.

이상의 결과로 미루어 보아 제시된 반응표면 모델은 고온가압 처리 새우살의 연화 억제를 위한 최적의 침지공정(염화칼슘, 감자전분 및 혼합 용액의 침지시간) 모델이라 판단되었고, 최적 조건으로 전처리하고 고온가압 처리한 새우살은 전처리없이 고온가압 처리한 새우살에 비하여 물성이 상당히 우수하였다. 따라서, 새우살을 활용한 상온유통 제품의 제조 시 본 연구에서 구명한 혼합용액 침지조건을 적용하는 경우 물성 연화를 상당히 억제 가능하리라 판단되었다.

사 사

이 논문은 2022년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(PJT201662, MZ세대 선호도 증진 신공정 기술 적용 HMR 수산가공식품 개발 및 상품화).

References

Ahn CB, Lee EH, Lee TH and Oh KS. 1986. Quality comparison of canned and retort pouched sardine. Korean J Fish Aquat Sci 19, 187-194.

Ali A, Sudhir B and Srinivisa Gopal TK. 2005. Effect of heat processing on the texture profile of canned and retort pouch packed oil sardine (*Sardinella longiceps*) in oil medium. J Food Sci 70, 350-354. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09990.x>.

Begum B, Pollen AA, Newaz and Kamal M. 2011. Shelf life of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) under different storage conditions. J Bangladesh Agric Univ 9, 159-168. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.208634>.

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>.

Chan SS, Roth B, Jessen F, Jakobse AN and Lerfl J. 2021. Water holding properties of Atlantic salmon. Compr Rev Food Sci Food Saf 21, 477-498. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12871>.

Choi JB, Jung MS and Cho WI. 2016. Quality improvement of high temperature-heated shrimp via pretreatment. Korean

- J Food Sci Technol 48, 461-465. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2016.48.5.461>.
- Hwang SM, Kim GC, Hwang YS, Jeon EB, Lee HJ and Oh KS. 2020. Processing and quality of a retort pouched soup made from brown-backed toadfish *Lagocephalus gloveri*. Korean J Fish Aquat Sci 53, 308-315. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0308>.
- 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>.
- KREI (Korea Rural Economic Institute). 2022. Food Balance Sheet. Retrieved from <https://www.krei.re.kr/krei/researchReportView.do?key=67&pageType=010101&biblioId=530690> on Sep 10, 2022.
- Lee JH, Song GC and Lee KT. 2016. Quality differences of retorted Samgyetangs as affected by F₀-value level. Korean J Food Preserv 23, 848-858. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2016.23.6.848>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2022. Inspection Yearbook. Retrieved from <https://impfood.mfds.go.kr/CFDDDD01F01> on Sep 13, 2022.
- Mizuta S, Yamada Y, Miyagi T and Yoshinaka R. 1999. Histological changes in collagen related to textural development of prawn meat during heat processing. J Food Sci 64, 991-995. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb12266.x>.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2022. Major Statistics of Oceans and Fisheries. Retrieved from <https://www.fips.go.kr/p/S020304/> on Feb 28, 2022.
- Mulvihill DM and Kinsella JE. 1988. Gelation of β -Lactoglobulin: Effects of sodium chloride and calcium chloride on the rheological and structural properties of gels. J Food Sci 53, 231-236. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb10216.x>.
- Ng CS. 1987. Measurement of free and expressible drips. In: Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products. Hasegawa H, ed. Marine Fisheries Research Department Southeast Asian Fisheries Development Center, Saint John's Island, Singapore, A4.1-4.2.
- Niamnuy C, Devahastin S and Soponronnarit S. 2007. Quality changes of shrimp during boiling in salt solution. J Food Sci 72, 289-297. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00349.x>.
- Nunak N and Schlegeling AG. 2011. Instrumental textural changes in raw white shrimp during iced storage. J Aquat Food Prod Technol 20, 350-360. <https://doi.org/10.1080/10498850.2011.575986>.
- Park YH, Jang DS and Kim SB. 1995. Processing and Utilization of Seafood. Hyungseoul Publishing Co., Daegu, Korea, 76-151.
- Rattanasatheim N, Benjakul S, Visessanguan W and Kijroongrojana K. 2008. Properties, translucence, and microstructure of Pacific white shrimp treated with mixed phosphates as affected by freshness and deveining. J Food Sci 73, 31-40. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00603.x>.
- 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>.
- Syama Dayal J, Ponniah AG, Imran Khan H, Madhu Babu EP, Ambasankar K and Kumarguru Vasagam KP. 2013. Shrimp—a nutritional prospective. Curr Sci 104, 1487-1491.
- Tabilo-Munizaga G and Barbosa-Canovas G. 2005. Rheology for the food industry. J Food Eng 67, 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.062>.
- Takeuchi Y and Takahashi H. 2011. Research on the softness of grass prawn *Penaeus monodon* tissue by retort sterilization. Nippon Suisan Gakkai Shi 77, 887-895. <https://doi.org/10.2331/suisan.77.887>.
- Tammatinna A, Benjakul S, Visessanguan W and Tanakac M. 2007. Gelling properties of white shrimp (*Penaeus vannamei*) meat as influenced by setting condition and microbial transglutaminase. LWT Food Sci Technol 40, 1489-1497. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.11.017>.
- Wachirasiri K, Wanlapa S, Uttapap D, Puttanlek C and Rungsardthong V. 2019. Effects of multiple freeze-thaw cycles on biochemical and physical quality changes of white Shrimp (*Penaeus vannamei*) treated with lysine and sodium bicarbonate. J Food Sci 84, 1784-1790. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14635>.
- 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>.