

## 3D 프린팅을 위한 수리미 제조 시 다당류 알긴산 첨가에 따른 물성 변화

김한호 · 최예희 · 박예린 · 박정철 · 한현수 · 강유석 · 김수형 · 서훈서 · 강우신 · 김수룡 · 류시형 · 이지은 · 쉬시아오통 · 이가혜<sup>1</sup> · 정소미<sup>1</sup> · 안동현\*

부경대학교 식품공학과, <sup>1</sup>부경대학교 수산과학연구소

### Change of Physical Property of Alaska Pollack *Gadus chalcogrammus* Surimi with Addition of Polysaccharide Alginic Acid for Applying to 3D Printing

Han-Ho Kim, Ye-Hui Choi, Ye-Lin Park, Jeong-Cheol Park, Hyeon-Su Han, Yoo-Seok Kang, Soo-Hyeon Kim, Hun-Seo Seo, Woo-Sin Kang, Su-Ryong Kim, Si-Hyeong Ryu, Ji-Eun Lee, Xiaotong Xu, Ga-Hye Lee<sup>1</sup>, So-Mi Jeong<sup>1</sup> and Dong-Hyun Ahn\*

Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

<sup>1</sup>Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 46041, Korea

When manufacturing Alaska pollack *Gadus chalcogrammus* surimi for 3D printing, it examined the characteristics of physical properties and sensuality by adding polysaccharides alginic acid [0, 1, 2, 3% (w/w)]. As a result of the color value of surimi by adding alginic acid, it showed that the lightness of heated surimi containing 2% (w/w) alginic acid was the highest and  $\Delta E$  value was the lowest. In the changes in physical properties, the heated surimi of 3% (w/w) alginic acid content showed the lowest values of hardness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness and resilience, but the highest adhesiveness. In the case of fried surimi, its hardness, cohesiveness, gumminess, chewiness and resilience were the lowest at the content of 3% (w/w) alginic acid. After 7 days of cold storage, the hardness, gumminess, and chewiness of heated surimi with an alginic acid content of 2% (w/w) were significantly higher, and fried surimi was also the same. In the results of the sensory evaluation, there were significant differences according to the alginic acid content in hardness and fishy smell, and as the alginic acid content increased, it felt more fishy smell, resulting in poor preference.

Keywords: Surimi, Alaska pollack, 3D printing, Alginic acid, Sensory evaluation

### 서론

냉동 수리미는 어류에서 내장과 뼈를 제거하고 마쇄와 수세공정을 통해 근장단백질, 지질, 비단백태 질소 화합물 등을 제거하고 근원섬유단백질만을 농축한 후 냉동 변성방지제를 혼합한 염용성 어육단백질이다(Park and Morrissey, 2000). 이는 1968년에 일본 북해도 수산시험장에서 북양 명태 자원의 이용을 위한 연구결과로서 개발된 것으로 1970년 이후부터 다양한 수산식품을 가공하기 위한 소재로 이용되고 있다. 수리미의 품질은 수분과 단백질 함량, 백색도, 겔 강도 등에 의해 결정되기 때문

에 주로 백색 육 어류가 사용되어 왔고, 냉동 수리미의 제조기술은 본래 동결 내성이 낮고 이용가치가 낮은 명태를 중심으로 개발된 기술이다(Ahn et al., 2019; Park et al., 2000). 지금까지 수리미의 품질 특성 개선과 대체 자원을 이용한 새로운 수리미를 개발하기 위하여 수행된 국내 연구로는 냉동 수리미의 품질과 어육 겔강도의 관계(Kim and Cho, 1992), 혼합인산염의 첨가가 어육 수리미의 기능적 성질에 미치는 영향(Oh et al., 1993), 저급 수리미의 겔강도 증강을 위한 첨가물의 최적화(Suh et al., 1999), 산 및 알칼리 공정으로 제조한 수리미 가열 겔의 물성(Choi et al., 2002), 산과 알칼리 pH에서 어육 단백질의 용해

\*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5831 Fax: +82. 51. 629. 5824

E-mail address: dhahn@pknu.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.2021.0145>

Korean J Fish Aquat Sci 54(2), 145-151, April 2021

Received 21 December 2020; Revised 21 January 2021; Accepted 2 March 2021

저자 직위: 김한호(대학원생), 최예희(대학생), 박예린(대학생), 박정철(대학생), 한현수(대학생), 강유석(대학생), 김수형(대학생), 서훈서(대학생), 강우신(대학원생), 김수룡(대학원생), 류시형(대학원생), 이지은(대학원생), 쉬시아오통(대학원생), 이가혜(연구원), 정소미(연구원), 안동현(교수)

를 이용한 수리미 제조(Park et al., 2003) 등이 보고된 바 있다.

알긴산은 미역이나 다시마와 같은 갈조류의 성분 중 30-40%를 차지하는 해조다당류의 일종으로 poly-D-mannuronate와 poly- $\alpha$ -L-guluronate의 heteropoly-saccharide로 구성된 유리 카르복실기를 가진 천연 고분자 물질이다. 또한 강한 반응성을 가지며 각종 무기질과 치환 반응을 일으키는 것으로 알려져 있다(Haug et al., 1974; Nishide et al., 1988).

해조류에서 얻은 추출물은 일반적으로 알긴산 나트륨인데(Myklestad, 1968), 1883년 다시마에서 알긴산 나트륨이 발견된 이래 학자들이 그 실용적 가치에 대한 많은 연구를 수행했다. 알긴산 나트륨의 주된 역할은 형상을 유지하는 것이며, 이는 고체 식품 겔로서 우수한 식용 첨가제이다(Zhu et al., 2020). 알긴산 나트륨은 주로 아이스크림의 안정제로서 사용되며, 그 외 마요네즈, 젤리, 케첩, 드레싱 등에 안정화, 점조, 유화, 피복 등의 목적으로 사용되고 있다(Byrom, 1991). 현대의 약리학 연구에 따르면 알긴산은 항 아나필락시스 효과(Jeong et al., 2006), 면역 조절 활성(Bagni et al., 2005), 항산화 활성 및 항염증 효과(Sarithakumari et al., 2013)가 있다고 보고되고 있다. 또한 촉매(Dekamin et al., 2018), 건강(Castell et al., 1992), 포장(Tedeschi et al., 2018), 식품 산업(Zhu et al., 2020) 등 다양한 분야에서 알긴산에 대한 광범위한 응용이 보고 되었다.

3D 프린팅 기술은 금속, 세라믹, 복합재, 폴리머, 생체 재료 및 스마트 재료와 같은 광범위한 원료를 이용하여 고품질 완제품을 생산하기 위한 다양한 제조 산업에서 사용되고 있다(Shahrudin et al., 2019). 식품 3D 프린팅에 있어 중요한 요소는 3D 프린팅이 가능한 상태의 식품원료 선정과 원료 특성에 대한 정보이다. 분쇄, 분리 단백질 및 변성 전분 등 예비 처리된 원료가 3D 프린팅에 적절하고, 열안정성을 증진시킨다. 식품 원료는 3D 프린팅 과정에서 유동성이 있는 액체 또는 고체분말 상태로 공급되어야 하고, 프린팅 중 유동성 유지를 위하여 열에 의한 가소화나 용융상태로 냉각되어 형상이 유지된다. 3D 프린팅 식품의 형태 유지는 겔화, 가역적 가공, 첨가제 사용 및 프린팅 온도 변화 등의 방법으로 가능하다. 식품은 단백질, 지방 및 탄수화물 등 여러 성분으로 이루어져 있어 이들 성분의 조성비는 3D 프린팅 과정에서 식품의 유리전이, 가소화 및 용융거동에 절대적인 영향을 준다(Slade and Levine, 1994; Bhandari and Howes, 1999; Bhandari and Roos, 2003; Haque and Roos, 2006; Roos, 2010).

특히 식품 소재를 3D 프린팅 카트리지로 이용하기 위해서는 소재의 겔화가 중요한 요소 중 하나인데, 전분, 잔탄 검, 구아 검, 아라비아 검, 로커스트 빈 검, 카라기난, 펙틴 및 한천 등을 첨가하는 전처리 방식으로 이를 해결할 수 있다(Nachal et al., 2019). 육류 제품의 경우, transglutaminase와 베이컨 지방이 칠면조 고기 퓨레와 가리비 프린팅의 첨가제로 사용된 바 있다(Lipton et al., 2010). 또한 어류 수리미 소재에 염화나트륨을 첨가하여 겔 물성에 미치는 영향이 연구된 바 있다(Wang et al.,

2018).

따라서 본 연구에서는 3D 프린팅을 위한 명태(Alaska pollack *Gadus chalcogrammus*) 수리미 제조 시, 수리미의 물성을 조절하기 위하여 다당류 알긴산[0, 1, 2, 3% (w/w)]을 첨가하였고, 이에 따른 물성과 기호성 등의 특징을 조사하였다. 또한 알긴산 첨가에 의한 명태 수리미의 3D 프린팅 카트리지로써의 이용가치를 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 제조

본 실험에서 사용된 냉동 수리미는 KA급 명태(Alaska pollack *G. chalcogrammus*) 수리미로 KOREAN SEAFOOD사(Busan, Korea)에서 구입하였다.  $-30^{\circ}\text{C}$  이하에서 냉동 보관 중인 명태 수리미를 약  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 냉장 해동시킨 후 가로 $\times$ 세로 $\times$ 두께를 각각 5 cm 큐브로 작게 잘랐다. Silent cutter (ST11, ADE Co., Hamburg, Germany)에 얼음을 넣어 10분간 냉각시킨 후 물기와 얼음을 제거하고, 큐브로 자른 수리미를 silent cutter에 넣었다. Silent cutter를 작동시키면서 차가운 물이나 갈아놓은 얼음[40% (w/w)]을 넣고 소금(Hanjusalt Co. Ltd., Ahnsan, Korea) 1.2% (w/w), 설탕(CJ Cheiljedang Co. Ltd., Seoul, Korea) 1.5% (w/w), 인산염 혼합제(MSC Co., Ltd., Kyeongnam, Korea) 0.5% (w/w)를 순차적으로 넣고 각 농도별 알긴산 0, 1, 2, 3% (w/w)을 각 시료에 첨가하여 약 15분간 혼합하였다. 혼합 후 충전기(DICK 15LB, DICK, Germany)에 기포가 들어가지 않게 수리미를 넣고 PVDC (polyvinylidene-chloride) casing에 충전 하였다. 충전 후 열풍 건조기(WFFO-600SD, RIKAKIKAI Co., Tokyo, Japan)에서  $40^{\circ}\text{C}$  조건으로 40분간 예비 가열하였고, 저수탱크(DDW-WBT110 Co., Dongwon Scientific System, Seoul, Korea)에서  $80^{\circ}\text{C}$  조건으로 50분간 가열하였다. 이후  $5^{\circ}\text{C}$ 에서 30분간 냉각시켜, 이를 가열 수리미 시료로 사용하였고, 해당 시료를 약  $180^{\circ}\text{C}$  기름에 5분간 튀겨, 튀김 수리미 시료로 제조하였다. 또한 PVDC casing에 충전한 알긴산 함량 별 명태 수리미를  $4^{\circ}\text{C}$  냉장고에 7일간 보관한 후, 가열 및 튀김 과정을 거쳐 수리미의 냉장 보관에 따른 물성 및 기호성 등을 평가하였다.

### 색도 측정

알긴산 함량 별[0, 1, 2, 3% (w/w)] 가열 수리미의 단면을 잘라 절단면의 명도(Lightness,  $L^*$ ), 적색도(redness,  $a^*$ ), 황색도(yellowness,  $b^*$ ) 및 색차( $\Delta E$ , color difference)를 분광광도계(Color Meter, JC 801, Technosystem Co., Yokohama, Japan)로 측정하였다. 표준색의 값은  $X=92.35$ ,  $Y=83.92$ ,  $Z=96.98$ 이었다.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

## 물성 측정

물성 측정은 texture meter (T1-AT2, SMS Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 시료의 견고성(firmness), 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 및 복원성(resilience)을 측정하였다. 알긴산 함량 별 가열 수리미와 튀김 수리미를 지름 3.5 cm, 길이 1.5 cm로 자른 후 p/45 (45 mm diameter aluminum cylinder probe)를 이용하여 test speed (1 mm/s), strain (50.0%), trigger force (5.0 g) 의 조건에서 5회 이상 측정 한 후 평균값을 취하였다.

## 관능 평가

관능평가는 잘 훈련된 7명의 panel (부경대학교 식품공학과 남 4명, 여 3명. 21-25세)를 선정하여 평가 대상 수리미 겔의 색(color), 냄새(smell), 비린내(fishy smell), 맛(taste), 이 미(abnormal taste), 조직감(texture), 경도(hardness), 탄력성(springiness) 및 종합적 기호도(preference) 등 9가지 항목을 7점 척도로 실시하였다. 7점 척도 중 1점은 매우 나쁘거나 나쁨(extremely bad or slight), 7점은 매우 좋거나 강함(extremely good or much)으로 표시하게 하여 관능 평가를 실시하였다.

## 통계분석

실험에서 얻어진 결과에 대한 통계 분석은 SAS program (ver. 9.3, SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 실험 처리된 값의 평균값을 분산분석 한 후, Duncan's multiple range test 방법으로 P<0.05 수준에서 항목 간의 유의적인 차이를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 냉장 보관 후 가열한 명태 수리미의 알긴산 함량에 따른 색도 변화

알긴산[0-3% (w/w), 1% (w/w) 간격] 함량에 따른 명태 수리

미의 저장성을 평가하기 위해 저장 0일차 가열 수리미와 7일간 4°C 냉장 보관 후 가열한 수리미의 색도 변화를 확인하였다 (Table 1). 저장 0일차의 경우, 알긴산 함량이 증가할수록 명도는 증가하는 경향을 보였고, 알긴산 함량 2% (w/w)일 때 81.45로 가장 높은 값을 나타냈다. 적색도는 알긴산 함량 1% (w/w)인 경우 0.16으로 유의하게 가장 높은 값을 보였고, 2% (w/w) 함량에서는 -0.06으로 알긴산 무첨가군(-0.08)과 유의한 차이가 없었으며, 3% (w/w) 함량일 때 -0.80으로 유의하게 가장 낮은 값을 나타냈다. 이는 Chae et al. (2014)의 크릴 연육에 카라기난 첨가 시 적색도가 감소한 결과와 유사하며 이러한 결과는 밝은색의 알긴산 첨가량이 증가함에 따른 것으로 여겨진다. 황색도는 알긴산 함량이 증가할수록 유의하게 증가하였고, 알긴산 함량 3% (w/w)에서 8.01으로 가장 높은 값을 나타내었다. 이는 Lim and Hwang (1999)의 연구에서 alginate 함량의 변화에 따른 적색도 및 황색도의 변화와 유사한 경향을 나타내고 있다.  $\Delta E$  값은 무첨가군에서 26.17로 가장 높은 값을 나타내었고, 알긴산 함량이 증가함에 따라 유의하게 감소하는 경향을 보였으며, 2% (w/w) 함량일 때 18.97로 가장 낮은 값을 나타냈다. SA-RA급 명태 수리미 4종의 색도를 측정한 연구 결과에 의하면(Anh et al., 2019) 명도의 경우 등급이 낮아질수록 감소하는 경향을, 적색도와 황색도 및  $\Delta E$  값은 약간씩 증가하는 경향을 보여 등급이 낮아질수록 육색이 어두워지며 색도가 진해진다고 하였다. 본 연구에서는 KA 등급의 명태 수리미에 알긴산을 첨가함으로 명도는 증가하고  $\Delta E$  값은 감소하는 경향을 보여 알긴산이 3D 프린팅 카트리지로써의 수리미 품질 향상을 위한 첨가제로 적합하다고 사료된다.

저장 7일 후, 가열 수리미의 명도는 저장 0일차와 마찬가지로 알긴산 함량 2% (w/w)에서 84.15로 유의하게 가장 높은 값을 보였고, 적색도와 황색도는 알긴산 함량 3% (w/w)에서 각각 0.16과 7.05로 유의하게 가장 높은 값을 나타냈다.  $\Delta E$  값은 저장 0일차와 마찬가지로 무첨가군에서 24.41로 가장 높은 값을 보였고, 알긴산 함량 2% (w/w)에서 15.73으로 가장 낮은 값을 보였다. 이에 따라 본 연구에서는 알긴산 함량에 따른 명도, 황색도 및  $\Delta E$  값에서 냉장 저장 후, 비슷한 경향을 보이는 것으로

Table 1. Changes in color value of heated surimi containing different concentration of alginic acid during cold storage for 7 days

Alginic acid [% (w/w)]	L*	a*	b*	$\Delta E$	
0 days	0	72.25±0.45 <sup>d</sup>	-0.08±0.11 <sup>b</sup>	1.80±0.68 <sup>d</sup>	26.17±0.44 <sup>a</sup>
	1.0	78.79±0.61 <sup>c</sup>	0.16±0.21 <sup>a</sup>	6.68±0.38 <sup>c</sup>	21.35±0.69 <sup>b</sup>
	2.0	81.45±0.33 <sup>a</sup>	-0.06±0.42 <sup>b</sup>	7.07±0.17 <sup>b</sup>	18.97±0.27 <sup>d</sup>
	3.0	80.47±0.40 <sup>b</sup>	-0.80±0.27 <sup>c</sup>	8.01±0.23 <sup>a</sup>	20.30±0.37 <sup>c</sup>
7 days	0	73.34±1.28 <sup>d</sup>	-0.61±0.21 <sup>d</sup>	1.96±0.15 <sup>c</sup>	24.41±1.26 <sup>a</sup>
	1.0	80.39±0.19 <sup>c</sup>	-0.41±0.20 <sup>c</sup>	6.14±0.13 <sup>b</sup>	18.69±0.18 <sup>b</sup>
	2.0	84.15±0.85 <sup>a</sup>	0.16±0.20 <sup>b</sup>	7.05±0.24 <sup>a</sup>	15.73±0.81 <sup>d</sup>
	3.0	82.48±0.64 <sup>b</sup>	0.75±0.31 <sup>a</sup>	7.14±0.32 <sup>a</sup>	17.16±0.69 <sup>c</sup>

L\*, lightness; a\*, redness; b\*, yellowness;  $\Delta E$ , color difference. Different superscript in same column means significantly different (P<0.05)

확인된 바, 수리미의 색도에 있어서 알긴산 첨가가 저장성에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

### 냉장 보관 후 가열한 명태 수리미의 알긴산 함량에 따른 물성 변화

알긴산[0-3% (w/w), 1% (w/w) 간격] 함량에 따른 명태 수리미의 저장성을 평가하기 위해 저장 0일차 가열 수리미와 7일간 4°C 냉장 보관 후 가열한 수리미의 물성 변화를 확인하였다 (Table 2). 저장 0일차 가열 수리미는 알긴산 함량이 증가할수록 경도, 탄력성, 응집성, 감성, 씹힘성 및 복원성이 유의하게 감소하여 알긴산 함량 3% (w/w) 수리미의 경우, 각각 1481.4, 0.9, 0.8, 1210.6, 1131.3, 0.3으로 가장 낮은 값을 보였다. 반면 알긴산 함량이 증가할수록 점착성은 유의하게 증가하여 3% (w/w) 알긴산이 첨가된 수리미의 경우 -886.99로 확인되었다. 이는 크릴 연육에 구아검 및 카라기난을 첨가한 경우 첨가량이 증가할수록 겔 강도, 탄력성, 씹힘성, 응집성 및 깨짐성이 감소하는 이전 연구와 유사하였다(Chae et al., 2014).

3D 프린팅 카트리지로써 적용할 수 있는 식품 소재는 가소성, 점착성 및 형상 유지성의 조건이 필요하다. 가소성이 있는 식품 소재는 연질 고형물이거나 열가소성 고형물이어서 3D 프린팅 과정에서 사출될 수 있어야 한다. 당류의 경우 가열에 의해 녹고, 냉각에 의해 응고되는 열가소성이 있어 3D 프린팅의

식품 소재로 사용되고 있다. 또한 소재의 점착성은 bed와 먼저 사출된 소재가 잘 부착되어 적층을 가능하게 한다. 잔탄검, 아라비아검 및 카파 카라기난 등의 Gum류는 증점제 재료들로서 3D 프린팅에 사용되는 식품 소재의 안전성을 높이고 증점 효과를 지닌 호화된 탄수화물을 추가적으로 보완하기 위해 사용된다(Kim et al., 2020). 본 연구에서는 알긴산의 첨가에 의해 명태 수리미의 겔을 형성하지 못하며, 첨가량 증가에 따라 수리미의 겔 연화로 겔 물성이 감소한 것으로 여겨진다.

7일간 냉장 저장 후 가열한 수리미의 알긴산 함량에 따른 물성 변화를 확인한 결과, 2% (w/w) 알긴산 함량 수리미의 경도가 2264.4, 감성 1920.2, 씹힘성 1835.1로 유의하게 가장 높게 나타났다. 그러나 1% (w/w)와 3% (w/w) 알긴산 함량군의 경우, 무첨가군과 비교하여 그 값들이 약간씩 감소함을 보였다. 점착성의 경우, 0일차와 마찬가지로 알긴산 함량이 증가할수록 유의하게 증가하여 알긴산 함량 3% (w/w)에서 -679.0으로 유의하게 가장 높은 값으로 확인되었다. 한편 알긴산 함량에 따른 색도의 변화(Table 1)에서 알긴산을 수리미에 혼합함으로써 명도는 증가하고 ΔE 값은 감소하는 경향을 확인하였다. 따라서 알긴산의 첨가가 색도에 있어 수리미의 품질을 향상시킬 뿐만 아니라, 가소성과 점착성을 지닌 3D 프린팅 카트리지로 활용될 것으로 여겨진다.

Table 2. Texture values of heated surimi containing different concentration of alginic acid during cold storage for 7 days

Alginic acid [% (w/w)]	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience	
0 days	0	2163.6±38.1 <sup>a</sup>	-32.0±23.1 <sup>a</sup>	1.3±0.3 <sup>a</sup>	0.9±0.0 <sup>a</sup>	1880.7±71.3 <sup>a</sup>	2470.0±573.2 <sup>a</sup>	0.5±0.0 <sup>a</sup>
	1.0	2014.2±207.2 <sup>ab</sup>	-282.1±183.4 <sup>b</sup>	1.1±0.3 <sup>ab</sup>	0.8±0.0 <sup>b</sup>	1604.2±131.0 <sup>b</sup>	1741.2±422.2 <sup>b</sup>	0.4±0.0 <sup>b</sup>
	2.0	1897.4±130.7 <sup>b</sup>	-651.6±120.2 <sup>c</sup>	0.9±0.0 <sup>b</sup>	0.8±0.0 <sup>b</sup>	1554.2±107.2 <sup>b</sup>	1468.0±104.0 <sup>bc</sup>	0.4±0.0 <sup>c</sup>
	3.0	1481.4±155.4 <sup>c</sup>	-887.0±26.8 <sup>d</sup>	0.9±0.0 <sup>b</sup>	0.8±0.0 <sup>b</sup>	1210.6±99.9 <sup>c</sup>	1131.3±124.4 <sup>c</sup>	0.3±0.0 <sup>c</sup>
7 days	0	1717.1±154.4 <sup>b</sup>	-39.5±16.5 <sup>a</sup>	1.0±0.0 <sup>a</sup>	0.9±0.0 <sup>a</sup>	1587.9±207.3 <sup>b</sup>	1560.0±219.5 <sup>ab</sup>	0.6±0.0 <sup>a</sup>
	1.0	1592.6±74.7 <sup>b</sup>	-164.2±27.0 <sup>b</sup>	1.0±0.0 <sup>a</sup>	0.9±0.1 <sup>a</sup>	1444.0±81.1 <sup>b</sup>	1407.9±85.4 <sup>b</sup>	0.5±0.1 <sup>b</sup>
	2.0	2264.4±274.7 <sup>a</sup>	-564.6±64.8 <sup>c</sup>	1.0±0.0 <sup>a</sup>	0.9±0.1 <sup>a</sup>	1920.2±326.9 <sup>a</sup>	1835.1±366.1 <sup>a</sup>	0.4±0.0 <sup>c</sup>
	3.0	1612.8±42.4 <sup>b</sup>	-679.0±33.2 <sup>d</sup>	1.0±0.0 <sup>a</sup>	0.9±0.1 <sup>a</sup>	1480.2±126.1 <sup>b</sup>	1425.5±129.1 <sup>b</sup>	0.4±0.0 <sup>c</sup>

Different superscript in same column means significantly different (P<0.05).

Table 3. Texture values of fried surimi containing different concentration of alginic acid during cold storage for 7 days

Alginic acid [% (w/w)]	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience	
0 days	0	1066.2±54.7 <sup>a</sup>	0.9±0.0 <sup>a</sup>	0.9±0.0 <sup>a</sup>	912.7±38.7 <sup>a</sup>	836.2±44.2 <sup>a</sup>	0.5±0.0 <sup>a</sup>
	1.0	814.1±135.7 <sup>b</sup>	0.9±0.0 <sup>a</sup>	0.8±0.0 <sup>ab</sup>	637.4±99.2 <sup>b</sup>	557.2±93.9 <sup>b</sup>	0.4±0.0 <sup>b</sup>
	2.0	523.9±123.8 <sup>c</sup>	0.9±0.0 <sup>a</sup>	0.8±0.1 <sup>ab</sup>	397.6±137.0 <sup>c</sup>	349.6±125.4 <sup>c</sup>	0.4±0.0 <sup>b</sup>
	3.0	321.3±23.6 <sup>d</sup>	0.8±0.2 <sup>a</sup>	0.7±0.1 <sup>b</sup>	222.3±29.8 <sup>d</sup>	183.5±28.3 <sup>d</sup>	0.3±0.0 <sup>c</sup>
7 days	0	842.4±92.3 <sup>c</sup>	1.0±0.0 <sup>a</sup>	0.8±0.2 <sup>a</sup>	668.7±217.5 <sup>b</sup>	653.1±221.7 <sup>b</sup>	0.6±0.0 <sup>a</sup>
	1.0	1305.2±208.6 <sup>b</sup>	0.9±0.1 <sup>a</sup>	0.8±0.2 <sup>a</sup>	1004.7±349.6 <sup>ab</sup>	903.5±343.5 <sup>b</sup>	0.4±0.1 <sup>b</sup>
	2.0	1734.7±306.1 <sup>a</sup>	1.4±0.7 <sup>a</sup>	0.7±0.1 <sup>a</sup>	1321.2±429.8 <sup>a</sup>	1964.8±1310.2 <sup>a</sup>	0.3±0.1 <sup>c</sup>
	3.0	710.5±112.5 <sup>c</sup>	0.8±0.4 <sup>a</sup>	0.9±0.1 <sup>a</sup>	585.7±50.2 <sup>b</sup>	555.8±66.6 <sup>b</sup>	0.5±0.1 <sup>b</sup>

Different superscript in same column means significantly different (P<0.05).



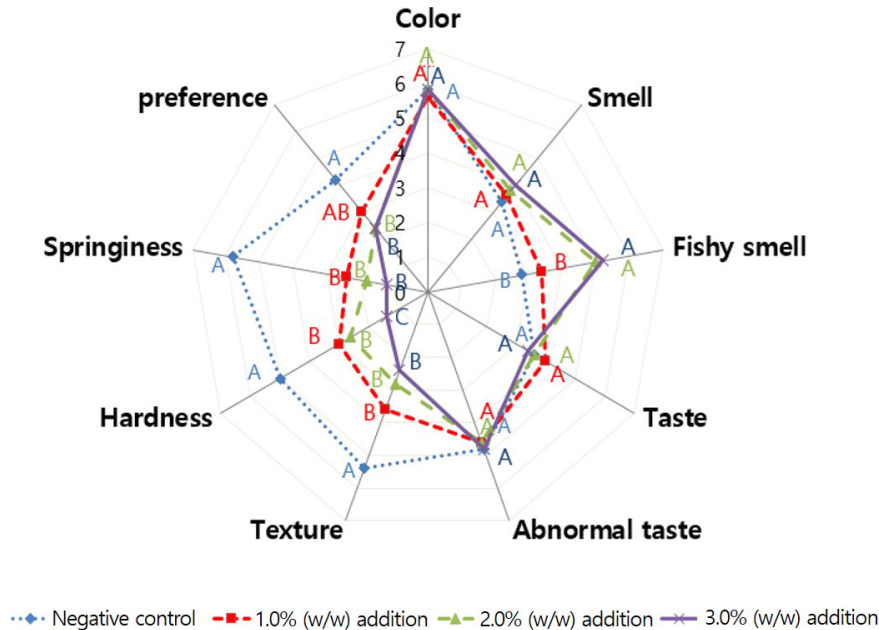


Fig. 1. Sensory evaluation of heated Alaska pollack *Gadus chalcogrammus* surimi. Values with different superscript within products are significantly different at  $P < 0.05$ .

### 냉장 보관 후 튀긴 명태 수리미의 알긴산 함량에 따른 물성 변화

알긴산 함량에 따른 [0-3% (w/w), 1% (w/w) 간격] 명태 수리미의 저장성을 평가하기 위해 저장 0일차 튀김 수리미와 casing 충전 상태로 4°C에서 7일간 냉장 보관 후 튀김 수리미의 물성 변화를 확인하였다 (Table 3). 저장 0일차 튀김 수리미의 경우, 가열 수리미와 마찬가지로 알긴산 함량에 따라 경도, 응집성, 검성, 씹힘성 및 복원성이 유의하게 감소되어 알긴산 함량 3% (w/w)에서 각각 321.3, 0.7, 222.3, 183.5, 0.3으로 확인되었다.

7일간 냉장 저장 후 튀김 수리미의 경우, 경도, 검성 및 씹힘성이 증가하여 알긴산 함량 2% (w/w) 수리미의 경도는 1734.7, 검성은 1321.2, 씹힘성은 1964.8로 가장 높게 나타났다. 그러나 알긴산 함량 3% (w/w) 수리미의 경우, 경도는 710.5, 검성은 585.7, 씹힘성은 555.8로 가장 낮은 값으로 확인되었다. 이는 크릴 연육에 20% 카라기난을 첨가하였을 때 씹힘성과 깨짐성이 증가하고, 30% 이상 첨가 시 씹힘성과 깨짐성이 감소하는 것으로 보고한 Chae et al. (2014)의 연구와 유사하다. 따라서 알긴산의 첨가는 전반적으로 명태 수리미의 물성을 감소시켜 부드럽고 무른 물성을 가지게 하는 것으로 확인되었다.

### 알긴산 첨가에 따른 명태 수리미의 관능평가

알긴산 함량에 따른 [0-3% (w/w), 1% (w/w) 간격] 가열 명태 수리미의 관능평가 결과는 Fig. 1과 같다. 알긴산 함량이 증가할수록 조직감과 탄력성은 대조군에 비하여 유의하게 감소하였지만 1-3% (w/w) 함량에 따른 유의적인 차이는 없었다. 경도의

경우, 유의하게 감소하여 3% (w/w) 함량에서 가장 낮은 값을 보였다. 이는 카라기난의 첨가에 의해 저장 시 경도, 검성, 씹힘성, 파단변형, 파단응력 및 파단에너지가 감소함으로써 텍스처가 약화되어 겔 질감이 연화된다고 보고한 Choi and Oh (2009)의 결과와 유사하였다. 색, 냄새, 맛, 이미의 경우, 알긴산 함량에 따른 유의적 변화는 없었다. 하지만 2, 3% (w/w) 함량에서 비린내가 유의하게 증가하여 기호도가 좋지 않음을 확인하였다. 따라서 수리미에 첨가하는 알긴산 함량의 증가는 조직감, 경도 및 탄력성은 감소시키고, 맛과 비린내에 있어서 수리미 제품의 기호도에 부정적인 영향을 끼친다고 사료된다.

## 사 사

이 논문은 2020년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (과제명: 미래수산식품 연구센터).

## References

- Ahn BS, Kim BG, Jeon EB, Lee IS and Oh KS. 2019. Quality characteristics by grade of commercial frozen surimi. *Korean J Fish Aquat Sci* 52, 555-561. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0555>.
- Bagni M, Romano N, Finioia MG, Abelli L, Scapigliati G, Tiscar PG, Sarti M and Marino G. 2005. Short-and long-term effects of a dietary yeast  $\beta$ -glucan (Macrogard) and alginic acid (Ergosan) preparation on immune response in sea bass

- Dicentrarchus labrax*. Fish Shellfish Immunol 18, 311-325. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2004.08.003>.
- Bhandari BR and Howes T. 1999. Implication of glass transition for the drying and stability of dried foods. J Food Eng 40, 71-79. <https://doi.org/10.1002/9781118935682.ch9>.
- Bhandari BR and Roos YH. 2003. Dissolution of sucrose crystals in the anhydrous sorbitol melt. Carbohydr Res 338, 361-367. [https://doi.org/10.1016/s0008-6215\(02\)00466-4](https://doi.org/10.1016/s0008-6215(02)00466-4).
- Byrom D. 1991. Biomaterials. Stockton press, New York, NY, U.S.A., 307-332.
- Castell DO, Dalton CB, Becker D, Sinclair J and Castell JA. 1992. Alginic acid decreases postprandial upright gastroesophageal reflux. Dig Dis Sci 37, 589-593. <https://doi.org/10.1007/bf01307584>.
- Chae YJ, Choi EH, Lee YB, Chun BS and Kim SB. 2014. Effects of additives on the physical properties of antarctic krill *Euphausia superba* surimi. Korean J Fish Aquat Sci 47, 347-355. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0347>.
- Choi EJ and Oh MS. 2009. Quality characteristics of mungbean starch gels with various hydrocolloids. J Korean Soc Food Cult 24, 540-551.
- Choi YJ, Park JD, Kim JS, Cho YJ and Park JW. 2002. Rheological properties of heat-induced gels of surimi from acid and alkali process. Korean J Fish Aquat Sci 35, 309-314. <https://doi.org/10.5657/kfas.2002.35.4.309>.
- Dekamin MG, Karimi Z, Latifidoost Z, Ilkhanizadeh S, Daemi H, Naimi-Jamal MR and Barikani M. 2018. Alginic acid: A mild and renewable bifunctional heterogeneous biopolymeric organocatalyst for efficient and facile synthesis of polyhydroquinolines. Int J Biol Macromol 108, 1273-1280. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.050>.
- Haque MK and Roos YH. 2006. Differences in the physical satate and thermal behavior of spray-dried and freeze-dried lactose and lactose/protein mixture. Innov Food Sci Emerg Technol 7, 63-73. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.12.004>.
- Haug A, Larsen B and Smidsrød O. 1974. Uronic acid sequence in alginate from different sources. Carbohydr Res 32, 217-225. [https://doi.org/10.1016/s0008-6215\(00\)82100-x](https://doi.org/10.1016/s0008-6215(00)82100-x).
- Jeong HJ, Lee SA, Moon PD, Na HJ, Park RK, Um JY, Kim HM and Hong SH. 2006. Alginic acid has anti-anaphylactic effects and inhibits inflammatory cytokine expression via suppression of nuclear factor- $\kappa$ B activation. Clin Exp Allergy 36, 785-794. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.2006.02508.x>.
- Kim MJ, Kim MK and You YS. 2020. Food 3D printing technology and food materials of 3D printing. Clean Technol 26, 109-115. <https://doi.org/10.7464/ksct.2020.26.2.109>.
- Kim YY and Cho YJ. 1992. Relationship between quality of frozen surimi and jelly strength of kamaboko. Korean J Fish Aquat Sci 25, 73-78.
- Lim KS and Hwang IK. 1999. Effects of hydrocolloids on wheat flour rheology. Korean J Fish Aquat Sci 15, 203-209.
- Lipton J, Arnold D, Nigl F, Lopez N, Cohen D, Norén N and Lipson H. 2010. Multi-material food printing with complex internal structure suitable for conventional post-processing. In: Proceedings of the 21st solid freeform fabrication symposium 809-815.
- Myklestad S. 1968. Ion-exchange properties of brown algae I. Determination of rate mechanism for calciumhydrogen ion exchange for particles from Laminaria hyperborea and Laminaria digitata. J Appl Chem 18, 30-36. <https://doi.org/10.1002/jctb.5010180107>.
- Nachal N, Moses JA, Karthik P and Anandharamakrishnan C. 2019. Applications of 3D printing in food processing. Food Eng Rev 11, 123-141. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09199-8>.
- Nishide E, Kinoshita Y, Anzai H and Uchida N. 1988. Distribution of hot-water extractable material, water-soluble alginate and alkali-soluble alginate in different parts of *Undaria pinnatifida*. Nippon Suisan Gakkaishi 54, 1619-1622. <https://doi.org/10.2331/suisan.54.1619>.
- Oh KS, Moon SK, Lee EH and Kim BG. 1993. Study on the quality improvement of sardine surimi. Korean J Food Sci Technol 25, 327-333.
- Park HY, Cho YJ, Oh KS and Goo JK. 2000. Applied fisheries processing. In: Chapter 9. Fish meat paste products. Suhypub Co., Seoul, Korea.
- Park JD, Jung CH, Kim JS, Cho DM, Cho MS and Choi YJ. 2003. Surimi processing using acid and alkali solubilization of fish muscle protein. J Korean Soc Food Sci Nutr 32, 400-405. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2003.32.3.400>.
- Park JW and Morrissey MT. 2000. Manufacturing of surimi from light muscle fish. In: Surimi and surimi seafood. Park JW, ed. Marcel Dekker, New York, NY, U.S.A., 23-58.
- Roos YH. 2010. Glass transition temperature and its relevance in food processing. Annu Rev Food Sci Technol 1, 469-496. <https://doi.org/10.1146/annurev.food.102308.124139>.
- Sarithakumari CH, Renju GL and Kurup GM. 2013. Anti-inflammatory and antioxidant potential of alginic acid isolated from the marine algae, Sargassum wightii on adjuvant-induced arthritic rats. Inflammopharmacology 21, 261-268. <https://doi.org/10.1007/s10787-012-0159-z>.
- Shahrubudin N, Lee TC and Ramlan R. 2019. An overview on 3D printing technology: technological, materials, and applications. Procedia Manuf 35, 1286-1296. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089>.
- Slade L and Levine H. 1994. Water and glass transition-dependence of the glass transition on composition and chemical structure: Special implication for flour functionality in cookie baking. J Food Eng 22, 431-509. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(94\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0260-8774(94)90029-9).
- Suh SB, Kim TJ, Lee DS and Min JG. 1999. Processing, quality stability and utilization of approved sardine surimi for surimi-based products. J Korean Soc Food Sci Nutr 28, 403-

408.

- Tedeschi G, Benitez JJ, Ceseracciu L, Dastmalchi K, Itin B, Stark RE, Heredia A, Athanassiou A and Heredia-Guerrero JA. 2018. Sustainable fabrication of plant cuticle-like packaging films from tomato pomace agro-waste, beeswax, and alginate. *ACS Sustainable Chem Eng* 6, 14955-14966. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b03450>.
- Wang L, Zhang M, Bhandari B and Yang C. 2018. Investigation on fish surimi gel as promising food material for 3D printing. *J Food Eng* 220, 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.02.029>.
- Zhu B, Ni F, Xiong Q and Yao Z. 2021. Marine oligosaccharides originated from seaweeds: Source, preparation, structure, physiological activity and applications. *Crit Rev Food Sci Nutr* 61, 60-74. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1716207>.