

카라기난 첨가 수리미 혼합물의 냉장 저장 중 특성 변화

한현수 · 우가은 · 김수형 · 박예린 · 강유석 · 박정철 · 서훈서 · 최예희 · 정소미 · 황혜지 · 이가혜¹ · 안동현*

부경대학교 식품공학과/식품연구소, ¹부경대학교 수산과학연구소

Changes in Properties of Polysaccharide Iota Carrageenan-added Surimi Mixture During Cold Storage

Hyeon-Su Han, Ga-Eun Woo, Su-Hyeong Kim, Ye-Lin Park, Yoo-Seok Kang, Jeong-Cheol Park, Hun-Seo Seo, Ye-Hui Choi, So-Mi Jeong¹, Hye-Ji Hwang, Ga-Hye Lee¹ and Dong-Hyun Ahn*

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

¹Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 46041, Republic of Korea

Iota carrageenan-containing surimi was refrigerated for 7 days to investigate the change in its properties. Physical properties, color differences, and sensory evaluation were tested for analysis after addition of 0–3 Wt% iota carrageenan. In unheated surimi, the 2% carrageenan-containing surimi had higher chromaticity and color difference compared to the surimi without added carrageenan. However, the surimi with 3% iota carrageenan showed enhanced yellowness, resulting in a modified color difference. Surimi containing iota carrageenan showed the same trend in color difference in heated surimi after storage for 7 days, particularly when carrageenan content was 2% or greater. The hardness, gumminess, and chewiness of the heated Iota carrageenan-containing surimi also increased after 7 days of storage. Compared to surimi without added carrageenan, the heated Iota carrageenan-containing surimi had higher hardness, gumminess, chewiness, and lower adhesiveness after storage. The overall preference for surimi decreased, while the hardness increased, when carrageenan was added. Therefore, the addition of the iota carrageenan to stored surimi can significantly enhance its hardness.

Keywords: Iota carrageenan, Itoyori Surimi, Storage

서론

냉동수리미는 뼈와 내장을 제거하고 어육을 마쇄하여 수세 과정을 거친 켈 형성에 방해가 되는 물질들(육색소 및 혈색소, 근형질 단백질, 지질 등)을 제거하고 근원섬유단백질만을 따로 농축시킨 뒤 냉동변성 방지제를 첨가한 어육단백질 제품으로 다양한 수산가공품들의 중간소재로 이용되고 있다(Jang et al., 2006). 이 수리미는 1960년에 일본 북해도 수산시험장에서 개발되어 1970년 이후 수산 연제품의 소재로 많이 이용된다. 주로 명태와 같은 백색육의 어류가 사용되어왔지만 소요 자재비 및 입어료 상승, 원양어업의 어업 규제 강화 등의 이유로 인하여 명태 외에도 붉은 살 어류, 상어, 심해어류와 같은 저

활용 어류에 대해서도 활발히 연구중이다(Lee et al., 1999). 현재 냉동수리미의 주 원료들은 실꼬리돔, 북태평양산 명태 및 북방 대구, 남방대구 등이 사용되고 있다(Ahn, 2019). 따라서 지금까지 수리미의 품질 특성 개선과 대체 자원을 이용한 새로운 수리미를 개발하기 위하여 수행된 국내 연구로는 냉동 수리미의 품질과 어육 켈강도의 관계(Kim and Cho, 1992), 혼합 인산염의 첨가가 수리미의 기능적 성질에 미치는 영향(Oh et al., 1993), 저급 수리미의 켈강도 증강을 위한 첨가물의 최적화(Suh et al., 1999), 산 및 알칼리 공정으로 제조한 수리미 가열 켈의 물성(Choi et al., 2002), 산과 알칼리 pH에서 어육 단백질의 용해를 이용한 수리미 제조(Park et al., 2003) 등이 보고된 바 있다. 카라기난은(carrageenan)은 해초 중 홍조류(red

*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.2022.0655>

Korean J Fish Aquat Sci 55(5), 655-661, October 2022

Received 10 August 2022; Revised 16 September 2022; Accepted 27 September 2022

저자 직위: 한현수(대학생), 우가은(대학원생), 김수형(대학생), 박예린(대학생), 강유석(대학생), 박정철(대학생), 서훈서(대학생), 최예희(대학생), 정소미(연구원), 황혜지(대학원생), 이가혜(연구원), 안동현(교수)

algae)인 진두발속(Chondrus)과 석초속(Gigartina)의 세포간의 물질으로 홍조류에서 추출 및 정제하여 얻어지는 고분자 전해질인 다당류이다(Lee et al., 1993). 카라기난의 기본적인 골격은 (1→3)-linked β -D-galactopyranose (unit G) and (1→4)-linked α -D-galactopyranose (unit D)의 구조를 가진다. 이러한 카라기난의 종류에는 kappa-, lamda-, iota-carrageenan이 있는데 이 중에서 본 실험에 사용된 카라기난은 iota 카라기난 (τ -carrageenan)으로 기본적인 카라기난에 황산기가 한 개 부착된 것에 비해 2개의 황산기가 존재하는 카라기난이다. 이러한 황산기를 많이 함유할수록 항균작용, 항암 및 항알레르기 작용, 항혈액응고작용, 면역력 증진작용 등의 기능성이 뛰어나다고 보고된 바 있다(Kim, 2009). 또한 iota 카라기난은 이중나선 구조(double helix)를 띠는데, 이 때문에 겔화가 이루어질 때 나선구조들끼리 응집이 발생하지 않아 유연하고 부드러운 겔을 형성한다는 특징이 있다(Lee and Kwon, 2016). 카라기난은 점 증제, gel-화제, 계면활성제, 조직계량제 및 안정제 등으로 사용되는 식품첨가소재이다(Choi et al., 2009). 전분과 같은 다당류는 수분을 흡수하면서 팽윤하는데 그 결과 유리 수분이 감소하여 단백질이 농축되는데 이와 같은 성질은 수리미와 같은 연제품의 인장강도 증가에 영향을 줄 수 있다(Yamazawa, 1991). 카라기난의 겔화 능력은 Na^+ , Ca^{2+} , K^+ 등 과 같은 양이온들에 영향을 받는다(Ortiz and Aguilera, 2004).

최근 많은 연구들에서 수리미의 물리적 성질 개량을 위한 다양한 연구들이 이루어지고 있는데 예를 들면, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} 와 같은 양이온이 카라기난이나 알긴산을 첨가한 수리미에 주는 영향(Montero and Pérez-Mateos, 2000), 분리 대두 단백질이 다양한 환경에서 명태 수리미의 겔화에 주는 영향에 대한 연구(Luo et al., 2004), NaCl을 첨가 시 돈육 수리미 겔 특성(Kang et al., 2006), 수세 횟수와 소금 첨가에 따른 닭가슴살 수리미의 이화학적 및 관능적 특성(Ha et al., 2007), 올리브 오일 첨가 어육 소시지의 최적화 연구(Lee and Joo, 2014) 등이 있다.

한편, 글로벌 산업계에서는 인공지능 기반 산업을 핵심으로 하는 4차 산업혁명이 새로운 격변기를 맞이하고 있다(Lee, 2017). 이러한 미래 혁신기술 중 3D 프린팅은 1986년 미국에서 발명된 기술로써 3D 프린터를 이용하여 입체적인 사물을 인쇄하는 방법으로 사물을 인쇄하는 것뿐만 아니라, 사물을 인쇄하기 위한 디자인, 설계하는 등 모든 과정을 합하여 결과물을 생성하는 과정을 말한다. 그 중 식품 3D 프린팅 분야는 경도, 강도를 강하게 해야 하는 부담이 없어 많은 관심을 받고 있고 산업화나 연구개발적인 측면에서 산업용품, 건축, 의료 등의 분야보다 빠르게 적용될 수 있다는 장점이 있다(Kim et al., 2020). 3D 프린터의 종류에는 Binder jetting, Directed energy deposition, Materials extrusion, Materials jetting, Powder bed fusion, Sheet lamination, Vat photopolymerization 등이 있고 사용되는 재료로는 복합재, 세라믹, 폴리머, 금속, 생체 재료 및 스마트 재료 등이 사용된다(Shahrubudin et al., 2019). 또한 최근에 가장 빠르

게 성장하고 있는 3D 프린터의 방식들에는 고온과 고압으로 재료를 밀어내어 압출 및 적출 방식으로 쌓는 FDM (fused deposition modeling) 방식, 원료를 분말가루 형태로 얇게 적층한 뒤 그 위에 레이저나 수지를 분사하면서 굳혀 적층시키는 방식인 SLS (selective laser sintering) 방법, 실리кон 액체레진에 레이저를 쏘아 경화시키면서 적층하는 SLA (stereophotography) 방법 등이 있다(Lee, 2017). 또한 식품 3D프린터를 이용하여 식품을 제조하기 위해서는 카트리지에 사용되는 소재를 가열 시 겔화가 가능한지 여부가 중요한데 이를 위해서 Gum류, 펙틴, 카라기난, 한천 등을 첨가하여 이러한 특성을 가지도록 하고 있다(Lille et al., 2018). 또한 수리미 혼합물에 알긴산을 첨가하여 반죽 특성에 미치는 영향을 물성 특성을 위주로 보았고(Kim et al., 2021), 감자전분의 첨가로 수리미 혼합물의 물성이 3D프린터에 적합한지 유무를 연구하기도 했다(Seo et al., 2021). 또한 식품에 다양한 성분을 첨가하여 3D 프린터용 식품 소재의 개발에 관한 연구(Kim et al., 2020)도 진행되는 등 3D 프린터용 혼합물의 특성에 맞는 가공 방법과 특화된 식품 소재 개발의 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 수리미를 이용한 3D 프린터용의 혼합물을 제조함에 있어 다당류 중의 하나인 iota-카라기난을 농도별로 첨가하여 수리미 혼합물의 물성 변화 및 관능적 특징을 조사하였으며 또한 저장 중 품질변화를 확인하기 위해 냉장조건에서 저장하였을 때의 물성과 색도, 관능적 측면에서의 변화를 분석하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 사용한 SA급 실꼬리돔(golden threadfin bream *Nemipterus virgatus*)은 JS international (Busan, Korea)에서 구매하였다. 실꼬리돔 수리미를 -30°C 이하의 동결고(Togliere Tensione Prima; Iarp S.R.L. Co., Genova, Italy)에서 저장하며 해동하여 실험에 사용하였다.

시료 처리

-30°C 이하의 동결고에서 보관한 냉동 실꼬리돔 수리미를 4°C 냉장고에서 12시간 해동하여 가로, 세로, 높이 5 cm인 큐브 형태로 작게 잘라 실험에 사용하였다. 실꼬리돔 수리미를 Silent cutter (ST11; ADE Co., Hamburg, Germany)에 넣고 분쇄하며 냉수 40%와 소금(HanJu Salt, Ahnsan, Korea) 1.2% (w/w), 설탕(CJ CheilJedang, Seoul, Korea) 1.5% (w/w), 인산염 혼합제(MSC Co. Ltd., Yangsan, Korea) 0.5% (w/w) 및 카라기난 0-3% (w/w)을 순서대로 첨가한 후 15분간 혼합하였다. 혼합물은 충진기(DICK 15lb; DICK Co., Hamburg, Germany)에 기포를 제거한 뒤 넣고 sealing machine (PACKNER HRPS2; MAX Co., Tokyo, Japan)으로 PVDC casing에 충진하였다.

충진된 수리미는 40°C 항온수조(JS-WBP-170P; JOHNSAM Co., Bucheon, Korea)에서 40분간 예비 가열한 뒤, 80°C 조건의 열수탱크(DDW-WBT110; Dongwon Scientific System Co., Seoul, Korea)에서 50분간 가열처리 하였다. 가열처리 후 5°C에서 30분 동안 냉각하여 이를 가열 수리미 혼합물 시료로 사용하였다(Kim et al., 2021). 또한 저장실험을 위해 가열 수리미 혼합물 시료의 일부를 분류하고 4°C에 7일간 냉장보관하여 실험에 사용하였다.

색도 측정

시료를 지름 4 cm 높이 1.5 cm의 원형단면으로 절단한 뒤 분광색도계(Colorimeter, JC 801; Color Technosystem Co., Nagoya, Japan)로 측정하였다. 측정값은 L* (Lightness, 명도), a* (redness, 적색도), b* (yellowness, 황색도) 그리고 ΔE (color difference, 색차)의 네 가지 값으로 나타내었다. 표준색의 값은 X=92.35, Y=83.92, Z=96.98이며, 다음 식을 이용하여 나타내었다.

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

물성 측정

물성측정을 위해 Texture analyser (TA-XTplus; SMS Co., Surrey, UK)을 이용하였고 수리미의 경도(hardness), 점착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 겹성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 및 복원성(resilience)을 측정하였다. 비가열 수리미의 경우 시료를 지름 40 mm 원통에 담아 P/45 (45 mm diameter aluminum cylinder probe)를 이용하여 Test speed 1.0 mm/s, Strain 50.0%, Trigger force 5.0 g의 조건에서 5회 이상 측정된 후 평균값을 계산하였고 가열수리미의 경우 시료를 지름 4 cm 높이 1.5 cm의 원형단면으로 절단한 후 비가열 수리미와 동일한 조건으로 5회 이상 측정된 후 평균값을 계산하였다.

관능 평가

관능평가는 21-25세의 숙달된 7명의 panel을 선정하여 평가 시료의 색(color), 향(smell), 비린내(fish smell), 맛(taste), 이 미(abnormal taste), 조직감(texture), 경도(hardness), 탄력성(elasticity) 및 종합적 기호도(preference)의 9가지 항목을 7점 척도로 평가하였다. 7점 척도에서 7점은 매우 좋음(extremely good), 1점은 매우 나쁨(extremely bad)으로 표시하였다. 관능 평가에 사용된 시료는 지름 4 cm 높이 1.5 cm의 크기가 되도록 원형으로 절단한 뒤 흰 플라스틱 접시에 담아 제공되었다. panel들의 나이와 성별 등을 기록하고 평가 중간에 물로 입을 헹구어 주어 결과값의 객관성을 높였다. 참여 panel들은 부경대학교 기관생명윤리위원회 승인(1041386-202110-HR-53-02)을 득하여 실험을 수행하였다.

통계 처리

실험 결과 데이터에 대한 통계 분석은 SAS program (ver. 9.3; SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA)을 이용하였고 실험을 통해 얻은 값의 평균값을 분산분석 후, Duncan's multiple range test 방법으로 P<0.05 수준에서 항목 간의 유의적인 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

색도 측정

제조 직후의 수리미 혼합물의 b*값의 경우 카라기난의 첨가량이 증가할수록 유의적으로(P<0.05) 높은 값을 나타내어 카라기난의 첨가에 따라 황색이 강해지는 것이 확인되었고 L*값도 약간 증가하여 명도가 높아지는 결과를 나타냈다(Table 1). 그러나 a*값은 카라기난 첨가량이 많아질수록 약간 감소하는 결과를 보였다. 이는 Chae et al. (2014)의 크릴 연육에 카라기난을 첨가 시 a*값이 약간 감소하여 적색도가 저하한다는 결과와 일치

Table 1. Changes in color value of non-heated surimi containing different concentration of iota carrageenan-added during cold storage for 7 days

lota carrageenan (wt%)	L*	a*	b*	ΔE	
0 days	0	44.77±0.55 ^d	4.61±0.42 ^a	-1.01±0.27 ^d	53.92±0.57 ^a
	1.0	45.56±0.29 ^c	4.52±0.32 ^{ab}	0.34±0.13 ^c	53.14±0.29 ^b
	2.0	47.09±0.29 ^a	4.77±0.27 ^a	0.72±0.25 ^b	51.64±0.29 ^d
	3.0	45.97±0.49 ^b	4.32±0.26 ^b	1.13±0.13 ^a	52.74±0.49 ^c
7 days	0	39.98±0.38 ^c	3.96±0.22 ^a	-1.19±0.20 ^d	53.18±0.38 ^a
	1.0	40.02±0.48 ^c	3.82±0.18 ^{ab}	-0.64±0.34 ^c	53.12±0.48 ^a
	2.0	41.93±0.20 ^b	3.68±0.26 ^b	0.02±0.26 ^b	51.19±0.19 ^b
	3.0	42.85±0.29 ^a	3.42±0.24 ^c	0.51±0.16 ^a	50.25±0.28 ^c

Means in the same column (a-d) bearing different superscript in sample are significantly different (P<0.05). L, Lightness; a, Redness; b, Yellowness; ΔE, Color difference.

하였다. 그러나 반죽 혼합물을 4°C에 7일간 냉장 저장한 수리미 혼합물에서는 냉장 저장 전의 결과와 비교하여 L*값과 a*값 그리고 b*값이 카라기난의 첨가량에 관계없이 전반적으로 유의하게 감소하였다(Table 1). 수리미에 카라기난을 첨가한 후 가열 공정을 거친 시료의 색도 측정 결과와 가열공정을 거친 후 7일간 냉장저장한 시료의 각각의 색도 측정결과를 Table 2에 나타내었다. 0일차 가열수리미의 경우 카라기난의 첨가에 따라 L*값은 감소하는 반면 a*값과 b*값은 증가하는 것으로 나타났다. 가열공정을 거친 후 7일간 4°C 냉장저장한 수리미 혼합물에서는 L*값과 b*값은 카라기난의 첨가량에 따라 유의적으로 감소하는 반면, a*값과 ΔE값은 증가하였다. 0일차 수리미와 비교하면 7일간 4°C 냉장저장한 수리미 혼합물의 경우 L*값은 감소하였으나 a*값과 b*값은 증가하였다. 3% 첨가한 경우도 L*값은 감소하였으나 a*값은 증가하였다(Table 2). 7일간 냉장 저장한 후에 L*값인 명도가 감소하고 a*값인 적색도 및 색차는 카라기난의 첨가량이 증가할수록 약간씩 증가하는 경향을 보아 카라기난의 첨가량이 수리미의 색조에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이는 새우 분말을 첨가한 어묵의 품질 특성(Seo and Cho, 2012) 및 홍어 분말을 첨가한 어묵의 품질 특성(Cho and Kim, 2011)에서 부재료 첨가량이 증가함에 따라 명도는 감소한 반면,

적색도와 황색도는 증가했다는 연구 결과와 유사하였다. 이와 같은 카라기난 첨가량에 따라 또는 저장 기간 중 일어나는 색도 변화의 원인은 다음과 같이 생각할 수 있다. 우선 수리미에서 명도값은 수리미 원료의 수분함량에 따라 결정되고 저장 중 수분 손실에 의해 명도가 감소한다고 한 보고(Reppond and Babbitt, 1997)와 같이 카라기난의 첨가에 따른 수분함량의 변화와 저장 중 수분손실에 의한 것일 수 있다. 또한 첨가한 카라기난의 색의 영향일 수 있어 이 부분에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

물성 측정

카라기난 첨가 수리미의 저장 전 후의 물리적 품질 특성 변화를 알아보기 위해 물성을 측정하였다. 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 가열직후 수리미의 경우 카라기난 첨가에 따라 경도, 검성 및 씹힘성은 증가하였고, 응집성, 탄성, 점착성은 감소하였다. 복원성은 큰 변화가 없었다. 7일간 저장한 수리미의 경우 가열직후 보다 경도, 검성 그리고 씹힘성은 증가하였는데 탄성과 응집성은 카라기난을 첨가하지 않은 것은 감소하였으나 카라기난을 첨가한 것은 유지되었다. 또한 복원성은 전반적으로 변화없이 유지되었다. 특히 경도, 검성 그리고 씹힘성의 경우 저장 전 가열 수리미에서 카라기난의 첨가량이 3% 일 때

Table 2. Changes in color value of heated surimi containing different concentration of iota carrageenan-added during cold storage for 7 days

lota carrageenan (wt%)		L*	a*	b*	ΔE
0 day	0	72.44±0.42 ^a	-0.78±0.15 ^b	1.83±0.25 ^c	26.46±0.41 ^c
	1.0	69.87±0.42 ^b	-0.37±0.21 ^a	1.64±0.12 ^d	28.65±0.41 ^b
	2.0	69.71±0.48 ^b	-0.30±0.12 ^a	1.97±0.10 ^b	28.84±0.48 ^b
	3.0	69.03±0.52 ^c	-0.27±0.23 ^a	2.38±0.21 ^a	29.57±0.52 ^a
7-days	0	68.13±0.28 ^a	-1.70±0.10 ^c	2.97±0.07 ^a	25.09±0.29 ^d
	1.0	66.02±0.19 ^b	-2.10±0.37 ^d	3.03±0.09 ^a	27.23±0.17 ^c
	2.0	64.31±0.31 ^c	0.46±0.33 ^b	2.08±0.20 ^b	29.05±0.32 ^b
	3.0	63.51±0.28 ^d	0.80±0.16 ^a	2.01±0.19 ^b	29.84±0.29 ^a

Means in the same column (a-d) bearing different superscript in sample are significantly different (P<0.05). L, Lightness; a, Redness; b, Yellowness; ΔE, Color difference.

Table 3. Texture values of heated surimi containing different concentration of iota carrageenan-added during cold storage for 7 days

lota carrageenan (wt%)	Hardness (g/cm ²)	Adhesiveness (g/s)	Springiness (mm)	Cohesiveness (%)	Gumminess (g)	Chewiness (g)	Resilience (g)	
0 day	0	3,441.8±546.2 ^c	-73.1±42.0 ^a	0.95±0.07 ^a	0.83±0.02 ^a	2,832.9±407.3 ^c	2,681.8±468.4 ^b	0.40±0.01 ^b
	1.0	4,311.7±376.2 ^b	-155.9±63.1 ^b	0.92±0.05 ^{ab}	0.81±0.05 ^{ab}	3,497.5±362.9 ^b	3,210.3±459.6 ^{ab}	0.45±0.02 ^a
	2.0	4,811.9±364.7 ^b	-162.9±71.6 ^b	0.92±0.05 ^{ab}	0.78±0.02 ^b	3,756.0±324.6 ^b	3,460.2±276.5 ^a	0.43±0.01 ^a
	3.0	5,524.5±427.3 ^a	-224.9±44.8 ^b	0.86±0.05 ^b	0.78±0.02 ^b	4,284.9±406.4 ^a	3,683.4±460.1 ^a	0.43±0.01 ^a
7-days	0	4,974.2±242.6 ^c	-120.5±64.4 ^a	0.88±0.05 ^a	0.77±0.01 ^b	3,817.8±162.0 ^c	3,375.9±231.7 ^c	0.40±0.02 ^a
	1.0	5,617.6±426.1 ^b	-163.8±51.0 ^a	0.90±0.05 ^a	0.81±0.05 ^a	4,547.4±405.6 ^b	4,117.8±589.8 ^b	0.41±0.02 ^a
	2.0	5,919.4±528.5 ^b	-182.5±69.8 ^a	0.92±0.03 ^a	0.77±0.02 ^{ab}	4,577.5±384.3 ^b	4,219.8±421.8 ^b	0.39±0.01 ^a
	3.0	6,998.8±630.7 ^a	-126.2±35.2 ^a	0.93±0.02 ^a	0.79±0.02 ^b	5,491.7±411.0 ^a	5,076.3±353.3 ^a	0.41±0.02 ^a

Means in the same column (a-c) bearing different superscript in sample are significantly different (P<0.05).

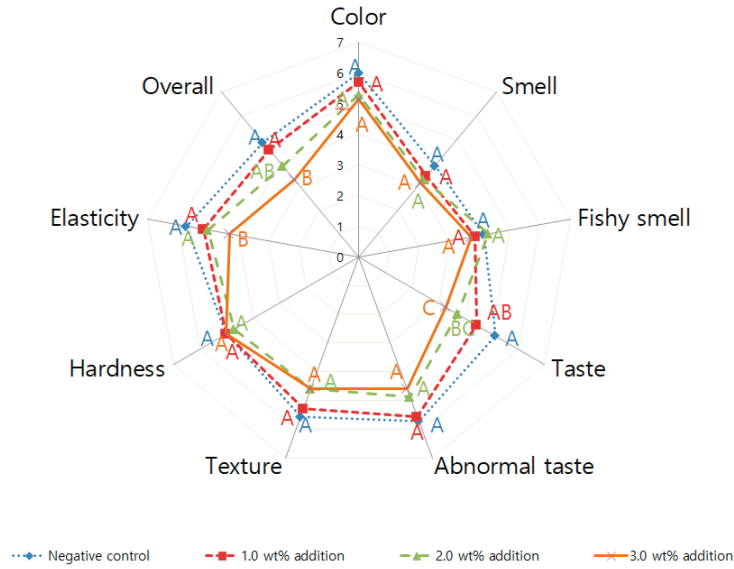


Fig. 1. QDA (Quantitative descriptive analysis) profiles in sensory evaluation of heated iota carrageenan-added surimi products. Values with different superscript within products are significantly different at ($P < 0.05$).

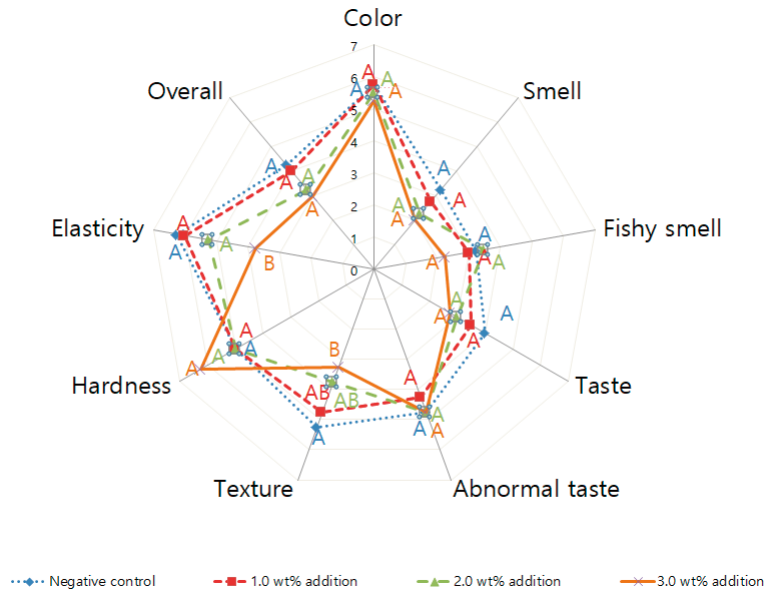


Fig. 2. QDA (Quantitative descriptive analysis) profiles in sensory evaluation of heated iota carrageenan-added surimi products stored for 7-days. Values with different superscript within products are significantly different at ($P < 0.05$).

5,524±427.33인 경도 값이 저장 후 6,998.8±630.7으로 증가한 변화를 보였고 검성도 저장 전 4,284.9±406.4에서 7일간 저장 후 5,491.7±411.0으로, 씹힘성의 경우 3,683.4±460.1에서 저장 후 5,076.3±353.3로 크게 증가한 것으로 확인되었다(Table 3). 여기에 다당류를 첨가한 뒤 가열하고 저온 저장하면 더 높은 물성을 나타낼 수 있음을 나타낸다. Jin et al. (2007)의 연구결과

에 따르면 냉동저장 중 수리미의 성분인 근원섬유 단백질의 변성 및 붕괴가 낮은 품질의 망상조직을 형성하여 보수력과 탄력성을 감소시킨다고 하였으나 카라기난의 첨가로 보완될 수 있었으며, 가열 수리미의 경우 저장 시에 경도와 검성 그리고 씹힘성이 유의하게 증가하였기 때문에 수리미에 카라기난을 첨가함으로써 혼합물의 냉장 저장 시 물성을 더욱 좋게 할 수 있는 효

과가 있는 것으로 사료된다.

관능평가

제조 직후의 수리미 혼합물 시료의 관능평가 결과를 Fig. 1, 가열공정을 거친 뒤 냉장저장한 수리미 혼합물의 관능평가 결과를 Fig. 2로 나타내었다. 제조 직후의 경우 카라기난의 첨가에 따라 색과 향의 평가값은 유의적인 차이가 없었으나 맛에 있어서는 카라기난의 첨가량이 증가할 수록 평가값이 유의적으로 감소했다. 또한 물성 중 탄력성은 카라기난 3.0%첨가구에서 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 1). 냉장 저장 후의 관능평가 결과 색, 맛과 냄새의 경우는 카라기난 첨가에 따른 유의적인 차이가 거의 보이지 않았으나 물성에 있어 카라기난 2.0과 3.0% 첨가구에서 값이 낮게 나타났는데 그 이유는 카라기난의 첨가량이 3.0%로 많아지면 경도는 증가하지만 탄성은 떨어져 전반적인 물성이 낮게 나타나는 것으로 나타났다. 또한 제조 직후와(Fig. 1) 비교하면 색과 맛은 큰 차이가 없었는데 냄새는 저장 후 더 낮게 나타났으며 물성의 경우 카라기난 3.0% 첨가구에서 경도를 제외한 그외의 물성 특성은 많이 감소하는 것으로 나타났다. 질감의 경우 3%에서 4.57 ± 1.99 이었으나 저장 후 3.25 ± 1.09 로 감소하였다(Fig. 2). 이는 카라기난을 첨가하여 가열 처리 후 냉장 저장 중에 경도만 지나치게 높아지고 탄력성 등은 크게 감소하여 전반적인 질감은 감소하는 것으로 나타나 최적의 첨가 조건을 설정해야 할 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 감자전분을 첨가하여 7일간 냉장 저장한 경우 저장 후에도 물성의 차이가 거의 없었던 결과(Seo et al., 2021)와는 차이가 있어 첨가한 다당류의 종류에 따른 특성 차이라고 사료된다. 3D 프린트에 적합한 반죽특성을 좌우하는 것은 물성이지만 색과 관능특성도 제품 품질에 크게 영향을 미치는 요인으로 중요하다.

사 사

이 논문은 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구입니다(과제명: 미래수산물식품 연구센터, 과제번호: 1525012888).

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/KAFS.2019.0555>.
- 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>.
- Cho HS and Kim KH. 2011. Quality characteristics of fish paste containing skate (*Raja kenoi*) powder. J East Asian Soc Diet Life 21, 808-813.
- Choi, SH, Park JH and Kim SM. 2009. Effects of setting on the quality characteristics of the smoked alaska pollock roe packed with collagen casing. J Korean Soc Food Sci Nutr 38, 1422-1429. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2009.38.10.1422>.
- 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>.
- Ha KH, Jin SK, Kim IS, Ko BS, Yang MR and Choi YJ. 2007. Physico-chemical and sensory characteristics of chicken breast surimi with washing and the addition of sodium chloride. Korean J Food Sci Ani Resour 27, 142-149. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2007.27.2.142>.
- Jang YB, Kim GB, Lee KW and Choi YJ. 2006. Alkaline pilot processing for recovery of fish muscle protein and properties of recovered protein. J Korean Soc Food Sci Nutr 35, 1045-1050. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2006.35.8.1045>.
- Jin SK, Kim IS, Chung HJ, Cho JH, Choi YJ and Lee JR. 2007. Effects of pH adjustment and sodium chloride addition on quality characteristics of surimi using pork leg. Korean J Food Sci Ani Resour 27, 35-41. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2007.27.1.35>.
- Kang GH, Han CY, Joo ST, Kim BC and Park GB. 2006. Effect of addition levels of sodium chloride on gel properties of surimi-like pork. Food Sci Ani Resour 26, 20-27.
- Kim EM. 2009. Quality characteristics and shelf-life of red ginseng wet noodles prepared with gums. Korean J food Cook Sci 25, 160-169.
- Kim HH, Choi YH, Park YL, Park JC, Han HS, Kang YS, Kim SH, Seo HS, Kang WS, Kim SR, Ryu SH, Lee JE, Xu X, Lee GH, Jeong SM and Ahn DH. 2021. Change of physical property of alaska pollack *Gadus chalcogrammus* surimi with addition of polysaccharide alginic acid for applying to 3D printing. Korean J Fish Aquat Sci 54, 145-151. <http://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0145>
- 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. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2674-2_24.
- Lee HG. 2017. 3D printing technology and future food industry. Food Preser Proc Ind 16, 24-28.
- Lee HJ and Joo NM. 2014. Optimization of the fish sausage added with olive oil. J Korean Soc Food Sci Nutr 27, 706-715. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2014.27.4.706>.
- Lee JH, Park SJ and Son SH. 1993. The rheological properties and applications of modified starch and carrageenan complex as stabilizer. Korean J Food Sci Technol 25, 672-676.
- Lee NG, Yoo SG and Cho YJ. 1999. Optimum rheological

- mixed ratio of jumbo squid and Alaska pollock surimi for gel product process. *J Korean Fish Soc* 32, 718-724.
- Lee YH and Kwon W. 2016. Improving the stability of gel mass of vegetable soft capsule. *J Korea Acad Ind Coop* 17, 397-404. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.5.397>.
- Lille M, Nurmela A, Nordlund E, Metsä-Kortelainen S and Sozer N. 2018. Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. *J Food Eng* 220, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.034>.
- Luo Y, Kuwahara R, Kaneniwa M, Murata Y and Yokoyama M. 2004. Effect of soy protein isolate on gel properties of Alaska pollock and common carp surimi at different setting conditions. *J Sci Food Agric* 84, 663-671.
- Montero P and Pérez-Mateos M. 2002. Effects of Na⁺, K⁺ and Ca²⁺ on gels formed from fish mince containing a carrageenan or alginate. *Food Hydrocol* 16, 375-385. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00110-2](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00110-2).
- Oh KS, Moon SK, Lee EH and Kim BG. 1993. Study on the quality improvement of sardine surimi. *Korean J Food Sci Technol* 25, 37-333.
- Ortiz J and Aguilera JM. 2004. Effect of kappa-carrageenan on the gelation of horse mackerel (*t. murphyi*) raw paste surimi-type. *Food Sci Technol Int* 10, 223-232. <https://doi.org/10.1177/1082013204045884>.
- 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>.
- Reppond KD and Babbitt JK. 1997. Gel properties of surimi from various fish species as affected by moisture content. *J Food Sci* 62, 33-36. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb04362.x>.
- Seo JS and Cho HS. 2012. Quality characteristics of fish paste with shrimp powder. *Korean J Food Preserv* 19, 519-524. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2012.19.4.519>.
- Seo HS, Park YL, Park JC, Han HS, Kang YS, Choi YH, Kim SH, Kim HH, Jeong SM, Kang WS, Kim SR, Ryu SH, Lee JE, Xu X, Lee GH and Ahn DH. 2021. Effect of potato starch on suitability for 3D printing in golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*) surimi mixture preparation. *J Appl Biol Chem* 64, 413-419. <https://doi.org/10.3839/jabc.2021.056>
- 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>.
- 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.
- Yamazawa M. 1991. Relationship between the swelling ability of starch granules and their kamaboko-gel reinforcing effect. *Bull Jap Soc Sci Fish* 57, 971-975.