



Effect of potato starch on suitability for 3D printing in golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*) surimi mixture preparation

Hun-Seo Seo¹ · Ye-Lin Park¹ · Jeong-Cheol Park¹ · Hyeon-Su Han¹ · Yoo-Seok Kang¹ · Ye-Hui Choi¹ · Su-Hyeong Kim¹ · Han-Ho Kim¹ · So-Mi Jeong² · Woo-Sin Kang¹ · Su-Ryong Kim¹ · Si-Hyeong Ryu¹ · Ji-Eun Lee¹ · Xiaotong Xu¹ · Ga-Hye Lee² · Dong-Hyun Ahn¹

감자 전분의 첨가가 수리미 혼합물 제조에서 3D 프린팅 적합성에 미치는 영향

서훈서¹ · 박예린¹ · 박정철¹ · 한현수¹ · 강유석¹ · 최예희¹ · 김수형¹ · 김한호¹ · 정소미² · 강우신¹ · 김수룡¹ · 류시형¹ · 이지은¹ · 쉬시아오통¹ · 이가혜² · 안동현¹

Received: 8 October 2021 / Accepted: 30 October 2021 / Published Online: 31 December 2021
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2021

Abstract In this study, we investigated the physical properties, color values of mixtures with starch from potato in preparing a cartridge for 3D printing using golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*) surimi as raw material. The results show that the hardness and gumminess of the surimi mixture added potato starch increased but cohesiveness decreased compared to the negative control. This means that the starch makes surimi stronger texture than the negative control. After 7 days of cold storage at 4 °C, for unheated surimi, firmness is increased but adhesiveness is decreased. And among physical properties of surimi stored after heating, hardness and gumminess were decreased compared to before storage. Lastly, after storage for 7 days, the hardness and gumminess of fried surimi decreased compared to fried surimi before storage. As a result of sensory evaluation, texture, elasticity scent of surimi stored after heating

were decreased but overall favorability was similar. Compared to the after storage, result of sensory evaluation of fried surimi, result of the before storage showed no significant differences. From these results, it is suggested that potato starch, which increases overall physical strength and have little effect on preference, can be used as an additive for golden threadfin bream surimi.

Keywords 3D printing · Golden threadfin bream · Sensory evaluation · Surimi Potato starch

서론

냉동 수리미는 어류에서 내장과 뼈를 제거한 어육을 마쇄와 수 세공정을 거쳐 근장 단백질, 지질 및 비단백태 질소 화합물 등을 제거하고, 근원섬유단백질만을 농축한 후 냉동 변성 방지제를 혼합한 염용성 어육단백질이다[1]. 냉동 수리미는 북양 명태 자원의 이용을 위한 연구결과의 산물로서 1970년 이후를 기점으로 하여 다양한 수산 식품을 가공하는 소재로 사용되고 있다. 수리미는 단백질 함량, 수분, 겔 강도, 육안으로 확인 가능한 이물의 개수 및 백색도 등에 의해 품질 등급이 결정된다. 이러한 이유로 백색육 어류가 주로 수리미의 원료로 사용되어 왔고, 대표적으로 냉수어종으로 동결 내성과 이용가치가 낮은 명태를 중심으로 냉동 수리미 제조기술이 개발되었다[2,3]. 현재까지 수리미의 품질특성 개선과 대체 자원을 통한 새로운 수리미를 개발하기 위해 수행된 연구로는 산 및 알칼리공정으로 제조한 수리

Dong Hyun Ahn (✉)
E-mail: dhahn@pknu.ac.kr

¹Department of Food Science and Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea

²Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea

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.

미 가열 겔의 물성[4], 혼합 인산염의 첨가가 어류 연육의 기능적 성질에 미치는 영향[5], 산과 알칼리 pH에서 어육 단백질의 용해를 이용한 수리미 제조[6], 냉동수리미의 품질과 어육 겔강도의 관계[7], 저급 수리미의 겔강도 증강을 위한 첨가물의 최적화[8] 등이 보고된 바 있다.

전분은 그 이용가치가 매우 높아, 그것 자체를 이용해 음식을 만들거나 무독성, 호화 시 발생하는 물성 등이 있어 식품에 첨가하여 안정화와 농후제 등의 역할을 하는데 이용되고 있다. 감자 전분은 1811년 미국 New England에서 전분으로 처음 생산되었으며[9], 구황작물인 감자의 성분 중 10-30%를 차지하는 식물성 다당류의 일종으로 D-glucose가 수백에서 수백 만개 정도 축합된 천연 고분자 물질이다. 또한 식품 제조에 있어서 물성을 변화시키는 농후제 등으로 이용하는 경우가 많다. 감자전분이 다른 전분과 구별되는 특성으로는 큰 전분 입자, 높은 순도, 비교적 긴 아밀로오스와 아밀로펙틴 사슬의 길이, 아밀로펙틴에 인산 에스테르기의 존재, 점성적 거동(viscosity behavior)에 영향을 미치는 특정 양이온을 교환하는 능력, 가열과 냉각 시 걸쭉한 점탄성의 겔을 형성하는 능력이 있다[10]. 또한, 감자전분은 높은 점도, 우수한 필름 형성력, 낮은 호화 온도의 특징을 가지고 있고[11], 겔 형성 시 부드러운 특성은 좋으나 겔 강도가 약하며[12], 팽윤, 수화 된 감자전분의 입자들은 파괴되기 쉽고 계속되는 가열과 교반에 의해 더욱 쉽게 파괴되는 경향을 가지고 있다[11]. 이러한 특성을 가진 감자 전분의 주된 역할은 호화를 통해 제품의 물성을 안정화시키는 것으로, 이는 액상형 제품이나 고체형 제품에서도 쓰이며 물성 향상제로써 우수한 식용 첨가제이다[13].

3D 프린팅 기술은 생체, 스마트 재료, 폴리머, 복합재, 금속 및 세라믹과 같은 광범위한 원료를 사용하여 고품질 완제품 생산을 목적으로 다양한 제조 산업에서 이용하고 있다[14]. 3D 식품 프린팅은 통상 미세 노즐을 통해 녹은 필라멘트 또는 페이스트의 압출을 포함하고, 식품에 3D 프린팅을 가장 먼저 적용한 분야는 효모, 옥수수 시럽, 설탕, 전분, 냉동 케이트 혼합물 페이스트 압출 등이 있다[15].

3D 프린팅이 가능한 식품 원료의 선정과 원료 특성에 대한 정보는 식품 3D 프린팅에 있어 중요한 요소이다. 일반적으로 분쇄, 분리 단백질 및 변성 전분 등과 같이 예비 처리된 원료가 열 안전성을 증진시켜 3D 프린팅 식품 원료로 적절하다. 3D 프린팅 과정에서 식품 원료는 액체 또는 고체 분말 등 유동성이 있는 상태로 공급되어야 하고, 유동성 유지를 위해 열에 의한 가소화나 용융 상태로 냉각하여 형상을 유지시킨다. 3D 프린팅 식품의 형태를 유지하기 위하여 일반적으로 프린팅 온도 변화, 첨가제 사용, 가역적 가공 및 겔화 등의 방법을 사용하고 있다. 또한 식품은 탄수화물, 지방 및 단백질 등 여러 성분으로 이루어져 있으므로 이와 같은 식품 성분의 조성비는 3D 프린팅 과정에서 식품의 유리전이, 용융거동 및 가소화에 절대적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다[16-20].

식품 소재를 3D 프린팅 카트리지로 이용할 경우에는 소재의 겔화가 중요한 관건인데, 전분, 잔탄 검, 구아 검, 아라비아 검, 로커스트 빈 검, 카라기난, 펙틴, 한천 등을 첨가하는 전처리 방식으로 해결이 가능하다[21]. 육류 제품의 경우, Transglutaminase와 베이컨 지방 등이 칠면조고기 푸레와 가리비 프린팅의 첨가제로 사용된 바 있다[22]. 그리고 어류 수리미 소재에 염화나

트륨을 첨가하여 겔 물성에 미치는 영향이 연구된 바 있고[23], 알긴산을 첨가한 수리미 혼합물의 응고에 미치는 갈슘의 영향에 대한 연구가 보고된 바 있다[24].

본 연구에서는 3D 프린팅을 위한 수리미 혼합물 제조 시, 수리미의 물성을 조절하기 위하여 감자 전분(0, 1, 2, 3 wt%)을 첨가하였고, 이에 따른 물성 변화와 관능 평가를 통하여 감자 전분 첨가에 의한 수리미 혼합물의 3D 프린팅 카트리지로의 이용 가능성을 평가하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 사용된 수리미는 SA급 실꼬리돔(golden threadfin bream, *Nemipterus virgatus*) 수리미로 KOREAN SEAFOOD사(Busan, Korea)에서 구입하였다. 실꼬리돔 수리미는 -30°C 이하의 냉동고에 저장하면서 실험에 사용하였다.

시료 준비

-30°C 이하에서 보관중인 냉동 실꼬리돔 수리미를 4°C 에서 냉장 해동한 후, Silent cutter (ST11, ADE Co., Hamburg, Germany)에 넣고 분쇄하고, 소금((주)한주소금, Ahnsan, Korea) 1.2 wt%, 설탕(CJ제일제당(주), Seoul, Korea) 1.5 wt%, 인산염 혼합제제((주)MSC, Kyeongnam, Korea) 0.5 wt%를 첨가하여 고기 같이 한 후 냉수(40 wt%)를 첨가하고 혼합하였다. 이후 감자 전분을 0, 1, 2, 3 wt% 함량 별로 각 시료에 첨가해 약 15분간 혼합하였다. 혼합물은 충전기(DICK 15LB, DICK Co., Metten, Germany)에 물리적인 강한 충격을 주어 기포를 빼고 PVDC casing에 충전하여 sealing machine (PACKNER HR-PS2, MAX Co., Tokyo, Japan)에서 결찰 하였다. 충전 후 항온조(JS-WBP-170P, 20)에서 40°C 조건으로 40분간 예비 가열하고, 열수탱크(DDW-WBT110 Co., Dongwon Scientific System, Seoul, Korea)에서 80°C 조건으로 50분간 가열하였다. 이후 5°C 의 수중에서 30분간 냉각하여, 이를 가열 수리미 혼합물 시료로 사용하였다. 또한 수리미 혼합물 시료를 4°C 의 냉장고에서 7일간 보관한 후 180°C 기름에서 5분간 튀겨 튀김 수리미의 저장성을 확인하였다.

색도 측정

감자 전분 함량 별[0, 1, 2, 3 wt%] 가열 수리미 혼합물의 단면을 잘라 절단면의 색도를 분광광도계(컬라메타, JC 801, Color Technosystem Co., Tokyo, Japan)로 측정하였고, 명도(Lightness)는 L*값, 적색도(Redness)는 a*값, 황색도(Yellowness)는 b*값으로 나타내었고, 색차(color difference)는 ΔE 값으로 아래의 식을 이용하여 나타내었다. 사용한 표준색의 값은 X=92.35, Y=83.92, Z=96.98이다.

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

물성 측정

물성 측정은 Texture meter (T1-AT2, SMS Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 Lee와 Yoo의 방법[25]을 참고하여 TPA (Texture

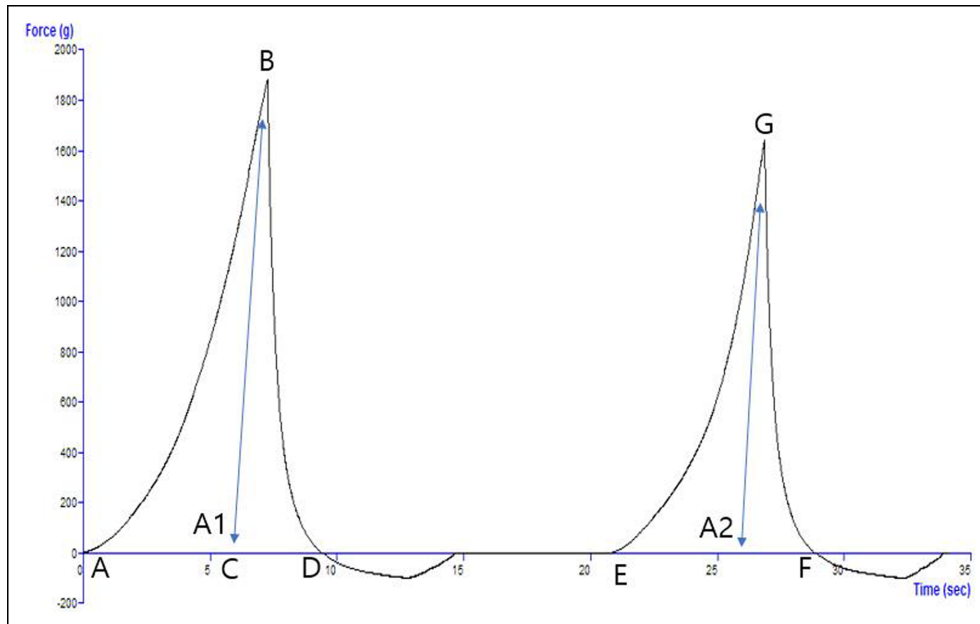


Fig. 1 Typical force-distance curve in TPA analysis [25]. TPA, texture profile analysis

Profile Analysis) 매개변수 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 및 복원성(resilience)을 측정하였다. 감자 전분 함량 별 가열 수리미 혼합물과 튀김 수리미 혼합물의 경우, 시료의 지름을 4, 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 후 평균값을 취하였다. 경도는 Fig. 1과 같이 가장 높은 압착감(B, G)을 의미하고, 점착성은 시료가 probe에서 떨어지기 전까지 필요한 힘(D에서 E까지 걸리는 시간), 탄력성은 압착 후 다시 원래의 상태로 돌아가려는 시료의 높이(EF/AC), 응집성은 시료가 있는 그대로 유지하려는 면적(A2/A1)의 비율, 씹힘성은 (B×탄력성×응집성), 검성은 (B×응집성)으로 나타냈다.

관능평가

관능평가는 잘 훈련된 7명의 Panel (부경대학교 식품공학과 남 4명, 여 3명. 21-25세)를 선정하여 평가 대상 수리미 혼합물의 색(color), 냄새(smell), 비린내(fish smell), 맛(taste), 이미(abnormal taste), 조직감(texture), 경도(hardness), 탄력성(springiness) 및 종합적 기호도(preference) 등 9가지 항목을 7점 척도로 실시하였다(부경대학교 기관생명윤리위원회 승인번호: 1041386-202005-HR-30-02). 7점 척도 중 1점은 매우 나쁘거나 낮음(extremely bad or slight), 7점은 매우 좋거나 강함(extremely good or much)으로 표시하게 하여 관능평가를 실시하였고, 시료와 시료를 검사하는 사이에 입을 행구어 결과값의 객관성을 높였다.

통계분석

실험을 통해 도출된 결과에 대한 통계 분석은 SAS program (ver. 9.3, SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 실험 처리된 값의 평균값을 분산분석을 실시한 뒤, Duncan's

multiple range test 법으로 $p < 0.05$ 수준에서 항목 간의 유의적인 차이를 검증하여 판별하였다.

결과 및 고찰

감자 전분 첨가 수리미 혼합물의 유동성

감자전분을 첨가한 수리미 혼합물의 유동성을 확인한 결과, 감자전분의 첨가량이 증가할수록 경도는 감소하는 경향이나 큰 차이는 없었으며, 점착성은 증가하는 경향을 보였고 특히 3%에서 가장 높은 값으로 확인되었으나 통계상 유의성은 없었다(Table 1). 이는 감자전분이 혼합된 상태로 호화된 상태가 아니기 때문에 물성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 이와 같은 특성은 토출 시에 경도가 약하고 점성이 있어야 하는 3D프린트용의 혼합물에 적합한 특성이라고 사료된다.

3D 프린팅 카트리지로써 적용할 수 있는 식품 원료는 적절한 유동성, 점착성, 빠른 복원력 및 적절한 기계적 강도를 가져야 노즐 끝에서 쉽게 흘러나올 수 있고 인쇄 후 모양을 유지할 수 있다. 특히 가소성 있는 식품 원료는 열가소성 고형물이거나 연질 고형물로서 3D 프린팅 과정에서 사출 가능해야 한다.

Table 1 Texture values of surimi containing different concentration of potato starch

Potato starch (wt%)	Firmness	Adhesiveness
0	897.70±25.62 ^b	-760.58±96.76 ^a
1.0	961.78±26.18 ^a	-778.76±44.66 ^a
2.0	865.90±40.77 ^b	-732.96±106.78 ^a
3.0	864.63±28.00 ^b	-835.75±54.57 ^a

Means in the same column (a-b) bearing different superscript in sample are significantly different ($p < 0.05$)

Table 2 Changes in color value of heated surimi containing different concentration of potato starch during cold storage for 7 days

Storage time (day)	Potato starch (wt%)	L*	a*	b*	ΔE
0	0	74.43±0.14 ^{Aa}	-0.10±0.10 ^{Ab}	2.46±0.11 ^{Aa}	24.21±0.14 ^{Ad}
	1.0	72.77±0.50 ^{Ad}	-0.09±0.34 ^{Ab}	1.75±0.17 ^{Ac}	26.14±0.49 ^{Aa}
	2.0	73.74±0.36 ^{Ab}	-0.05±0.15 ^{Ab}	2.13±0.16 ^{Ab}	25.21±0.34 ^{Ac}
	3.0	73.44±0.22 ^{Ac}	0.62±0.11 ^{Aa}	1.70±0.09 ^{Ac}	25.44±0.21 ^{Ab}
7	0	74.62±0.18 ^{Aa}	-1.22±0.15 ^{Bc}	2.50±0.16 ^{Aa}	24.20±0.17 ^{Ad}
	1.0	73.10±0.33 ^{Ad}	-0.56±0.20 ^{Bb}	1.49±0.16 ^{Bd}	25.65±0.33 ^{Ba}
	2.0	73.96±0.22 ^{Ab}	-0.19±0.15 ^{Aa}	1.84±0.12 ^{Bb}	24.81±0.21 ^{Bc}
	3.0	73.53±0.45 ^{Ac}	-0.28±0.19 ^{Ba}	1.73±0.12 ^{Ac}	25.23±0.46 ^{Ab}

Means in the same storage period (a-d) and different storage period (A-B) with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$)

Table 3 Texture values of heated surimi containing different concentration of potato starch during cold storage for 7 days

Storage time (day)	Potato starch (wt%)	Hardness (N/cm ²)	Adhesiveness (N)	Springiness (cm ⁻²)	Cohesiveness	Gumminess (N/cm ²)	Chewiness (J/cm ⁴)	Resilience
0 day	0	1955.8±158.3 ^{Ab}	-101.4±101.2 ^{Aa}	1.1±0.3 ^{Aa}	0.84±0.02 ^{Aa}	1638.2±129.2 ^{Ab}	1722.0±337.4 ^{Aa}	0.47±0.01 ^{Aa}
	1.0	2302.9±229.9 ^{Aa}	-159.8±74.0 ^{Ba}	0.9±0.0 ^{Aa}	0.82±0.02 ^{Aa}	1874.7±166.9 ^{Aab}	1762.8±180.7 ^{Aa}	0.45±0.01 ^{Ab}
	2.0	2129.8±239.2 ^{Aab}	-175.3±87.4 ^{Ba}	0.9±0.1 ^{Aa}	0.81±0.02 ^{Aa}	1731.8±175.1 ^{Ab}	1589.8±254.1 ^{Aa}	0.40±0.01 ^{Ac}
	3.0	2378.1±322.5 ^{Aa}	-101.9±47.7 ^{Ba}	0.9±0.1 ^{Aa}	0.81±0.02 ^{Aa}	1931.4±250.7 ^{Aa}	1769.7±289.9 ^{Aa}	0.41±0.01 ^{Ac}
7 days	0	1899.9±136.1 ^{Aa}	-117.6±77.2 ^{Aa}	1.0±0.0 ^{Aa}	0.84±0.01 ^{Aab}	1599.3±124.7 ^{Aa}	1513.6±118.0 ^{Aa}	0.48±0.01 ^{Aa}
	1.0	1902.1±351.3 ^{Aa}	-90.8±73.4 ^{Aa}	0.9±0.1 ^{Aa}	0.85±0.01 ^{Aa}	1623.0±299.6 ^{Aa}	1503.7±344.8 ^{Aa}	0.49±0.01 ^{Aa}
	2.0	1936.2±192.6 ^{Aa}	-75.7±40.9 ^{Aa}	1.0±0.0 ^{Aa}	0.83±0.02 ^{Ab}	1608.3±128.6 ^{Aa}	1523.9±108.9 ^{Aa}	0.42±0.01 ^{Ab}
	3.0	2229.3±301.3 ^{Aa}	-61.9±13.8 ^{Aa}	1.0±0.0 ^{Aa}	0.82±0.02 ^{Ab}	1826.9±218.4 ^{Aa}	1733.0±195.2 ^{Aa}	0.43±0.01 ^{Ab}

Means in the same storage period (a-c) and different storage period (A-B) with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$)

또한 원료의 점착성은 bed와 먼저 사출된 원료가 잘 부착되어 적층을 가능하게 한다. 따라서 효율적인 3D 프린팅을 위해서는 적절한 유동성과 점착성, 기계적 강도 및 빠른 복원성과 같은 특성을 충족하기 위한 식품 성분의 전처리가 매우 중요하다[26].

냉장 저장에 따른 감자 전분 첨가 수리미 혼합물의 색도 변화
감자 전분 첨가에 따른 [0-3, 1 wt% 간격] 가열 수리미 혼합물의 색도 변화는 Table 2와 같다. 명도의 경우 감자 전분 무첨가군이 74.43으로 가장 높은 값을 보였고, 감자 전분 함량이 1.0 wt%일 때 72.77로 가장 낮았다. 적색도는 감자 전분 함량이 3 wt%에서 0.62으로 가장 높은 값을 나타냈고, 무첨가군에서 가장 낮은 값을 나타냈다. 이는 어느 정도 색도를 가지고 있는 감자 전분의 첨가량이 증가함에 따른 것으로 여겨진다. 황색도의 경우 감자 전분 무첨가군에서 2.46으로 가장 높은 값을 보였고, 색차의 경우 감자 전분 무첨가군에서 가장 낮은 값을 나타냈으며 감자 전분 1.0 wt% 함량일 때 가장 높은 값을 나타내었다. 이는 Liu 등[27]의 연구에서 감자 전분이 수리미 혼합물의 색도에 영향을 주는 결과와 유사한 경향을 보였다.

감자 전분을 첨가한 [0-3, 1 wt% 간격] 수리미 혼합물을 가열하고, 4°C에서 7일간 저장한 후 색도 변화를 확인한 결과 (Table 2), 명도는 저장 0일차와 마찬가지로 감자 전분 무첨가군에서 가장 높은 값을 보였고, 저장에 따른 유의한 변화는 관찰되지 않았다. 적색도는 2 wt% 첨가군에서 가장 높은 값을 보였고, 0, 1, 3 wt% 첨가군에서 저장에 따른 유의한 감소가 확인되었다. 황색도의 경우 저장 0일차와 마찬가지로 무첨가군에서 가장 높

은 값을 보였고, 1, 2 wt% 첨가군에서 저장에 따른 유의한 감소를 보였다. 색차 또한 저장 0일차와 마찬가지로 1 wt% 첨가군에서 가장 높은 값으로 확인되었고, 1, 2 wt% 첨가군에서 저장에 따른 유의한 감소를 나타냈다.

냉장 저장에 따른 감자 전분 첨가 가열 수리미 혼합물의 물성 변화

감자 전분 함량 [0-3, 1 wt% 간격]에 따른 실폐리듬 수리미 혼합물의 저장 중 물성 변화는 Table 3과 같다. 저장 0일차 가열 수리미의 경우, 경도는 감자 전분 첨가군이 무첨가군(1,955.8)에 비해 유의적으로 증가하였고, 3.0 wt% 첨가군이 2378.1로 가장 높은 값을 보였다. 점성 또한 3.0 wt% 감자 전분 첨가군(1,931.4)이 무첨가군(1,638.2)에 비해 유의적으로 증가하는 것으로 확인되었다. 반면 부착성, 탄력성, 응집성, 씹힘성 및 복원성에서는 감자 전분 첨가군과 무첨가군 사이에 유의적인 차이가 없었다. Yang과 Park[28]은 낮은 농도의 감자와 옥수수 전분은 수리미 겔 강도를 효과적으로 증가시킬 수 있음을 보고했고, Campo와 Tovar[29]는 밀 전분 함량이 높을수록 알래스카 폴락 수리미 겔의 점탄성 네트워크가 더 강하다고 보고한 바 있다. 전분의 첨가는 재료의 팽창과 수분 보유로 이어질 수 있어 겔 강도를 향상시키고 가공비용을 절감할 수 있을 것으로 사료된다. 7일간 냉장 저장 후 감자 전분 함량에 따른 가열 수리미 혼합물의 물성 변화를 확인한 결과, 냉장 저장한 수리미 혼합물의 물성 변화는 저장 전과 비교하여 유의적인 차이가 없었다. 곡물 전분(보리, 흑미, 수수, 통밀, 메밀)을 첨가한 소시지를 만든

Table 4 Texture values of fried surimi containing different concentration of potato starch during cold storage for 7 days

Storage time (day)	Potato starch (wt%)	Hardness (N/cm ²)	Adhesiveness (N)	Springiness (cm ²)	Cohesiveness	Gumminess (N/cm ²)	Chewiness (J/cm ⁴)
0	0	421.39±33.25 ^{Aab}	0.95±0.02 ^{ABa}	0.95±0.02 ^{Aa}	326.31±49.24 ^{Aa}	309.62±50.16 ^{Aa}	0.45±0.01 ^{Ba}
	1.0	396.91±116.54 ^{Ab}	0.95±0.03 ^{Aa}	0.86±0.06 ^{Aa}	339.56±101.45 ^{Aa}	323.15±104.39 ^{Aa}	0.45±0.06 ^{Ba}
	2.0	469.60±112.74 ^{Aab}	0.93±0.01 ^{Aa}	0.77±0.06 ^{Ba}	357.05±73.90 ^{Aa}	330.15±67.43 ^{Aa}	0.34±0.06 ^{Ba}
	3.0	615.55±230.32 ^{Aa}	0.93±0.03 ^{Aa}	0.70±0.15 ^{Ba}	420.03±119.08 ^{Aa}	388.78±108.70 ^{Aa}	0.41±0.08 ^{Bab}
7	0	248.74±86.95 ^{Ba}	0.98±0.02 ^{Aa}	0.88±0.03 ^{Ba}	219.22±79.29 ^{Ba}	214.00±75.27 ^{Ba}	0.54±0.02 ^{Aa}
	1.0	253.37±60.89 ^{Ba}	0.94±0.02 ^{Ab}	0.82±0.16 ^{Aa}	212.96±79.52 ^{Ba}	199.80±74.12 ^{Ba}	0.56±0.03 ^{Aa}
	2.0	264.30±38.99 ^{Ba}	0.94±0.02 ^{Ab}	0.87±0.02 ^{Aa}	231.51±38.14 ^{Ba}	217.51±35.70 ^{Ba}	0.53±0.02 ^{Aa}
	3.0	256.20±58.71 ^{Ba}	0.96±0.03 ^{ABa}	0.87±0.02 ^{Aa}	223.68±52.55 ^{Ba}	213.98±49.17 ^{Ba}	0.54±0.01 ^{Aa}

Means in the same storage period (a-b) and different storage period (A-B) with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$)

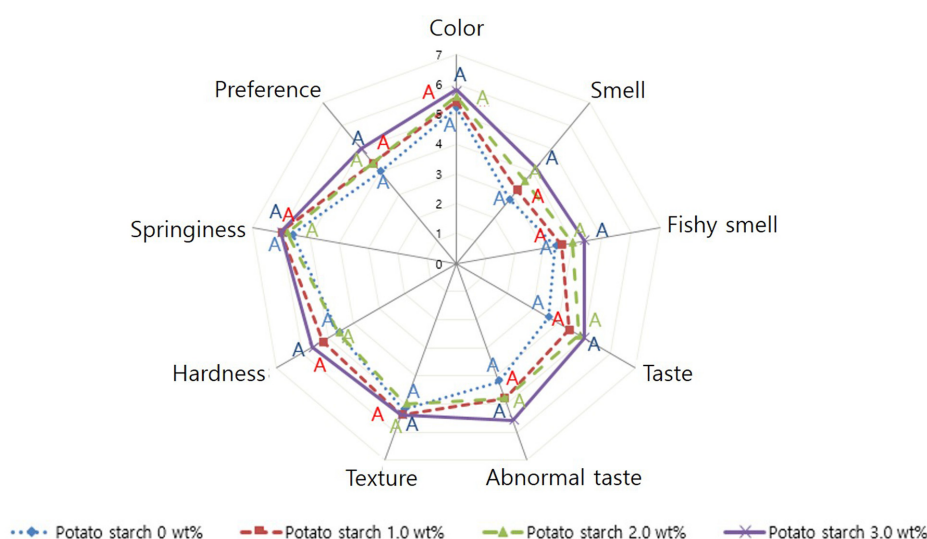


Fig. 2 Sensory evaluation of heated golden threadfin bream surimi. Values with different superscript within products are significantly different at $p < 0.05$

Jang 등[30]의 연구에서는 곡물 전분을 첨가하여 냉장 저장하였을 때 저장에 따른 노화에 의해 경도가 증가했다고 보고 하였다. 본 연구에서는 7일간의 냉장 저장동안 감자 전분의 첨가에 따른 유의적인 물성 변화가 관찰되지 않아, 감자 전분의 첨가가 수리미 혼합물의 품질변화에 영향을 주지 않는 것으로 판단된다. 따라서 3D 프린팅용 카트리지로써 수리미 혼합물을 냉장하여 저장, 유통하는데 감자 전분의 첨가가 적합할 것으로 사료된다.

냉장 저장에 따른 감자 전분 첨가 튀긴 수리미 혼합물의 물성 변화

감자 전분 함량[0-3, 1 wt% 간격]에 따른 실꼬리돔 수리미 혼합물의 저장 중 품질변화를 확인하기 위해 저장 0일차 튀김 수리미와 casing 충전 상태로 7일간 냉장 저장 후 튀김 수리미의 물성 변화를 확인하였다(Table 4). 저장 0일차 튀김 수리미의 경우, 가열 수리미와 마찬가지로 감자 전분의 함량에 따라 경도가 유의하게 증가하여 3% 함량에서 615.55로 가장 높은 값으로 확인되었다.

7일간 냉장 저장 후 튀긴 수리미 혼합물의 경도, 검성, 씹힘성은 0일차에 비해 유의하게 감소하였지만, 감자 전분 함량에 따른 유의한 차이는 확인되지 않았다.

감자 전분 첨가에 따른 실꼬리돔 수리미 혼합물의 관능평가

감자전분 첨가에 따른[0-3, 1 wt% 간격] 관능평가의 결과는 Fig. 2와 Table 5에 나타냈다. 감자전분의 함량이 증가됨에 따라 냄새, 맛, 경도, 탄력성 및 종합적 호감도 등 전체적으로 증가하는 경향을 보였으나 유의한 변화는 없었다. 이는 감자 전분의 첨가에 다른 수리미 혼합물 겔 특성을 연구한 Kim과 Lee [31]의 결과와 유사했다. 감자 전분의 첨가에 따라 저장 시 전분이 가진 수분을 잡아두는 특성과 점성 때문에 수리미 혼합물 겔의 질감이 강화된다고 보고 하였다. 또한 전분은 수리미 제조 공정 중 첨가되어 가열과정을 거치면서 호화되는데, 용융성 단백질이 용출되면서 형성된 단백질의 망상구조 사이에 전분겔이 형성되어 단단하고 탄력 있는 식감을 부여해 줄 수 있다[32]. 7일간 냉장 저장에 따른 가열 수리미 혼합물의 관능평가 결과는 Fig. 3과 Table 5에 나타냈다. 모든 항목에 있어서 감자 전

Table 5 Sensory evaluation of heated surimi containing different concentration of potato starch during cold storage for 7 days

Storage time (day)	Potato starch (wt%)	Color	Smell	Fishy smell	Taste	Abnormal taste	Texture	Hardness	Elasticity	Preference
0 day	0	5.2±0.98 ^{Ab}	2.8±1.17 ^{Aa}	3.4±2.06 ^{Aa}	3.6±1.36 ^{Aa}	4.2±1.47 ^{Aa}	5.2±0.75 ^{Aa}	4.6±1.02 ^{Aa}	5.6±0.80 ^{Aa}	4.0±1.67 ^{Aa}
	1.0	5.4±0.80 ^{Ab}	3.2±1.17 ^{Aa}	3.6±1.62 ^{Aa}	4.4±1.20 ^{Aa}	4.8±1.33 ^{Aa}	5.4±1.20 ^{Aa}	5.2±0.75 ^{Aa}	6.0±0.63 ^{Aa}	4.4±1.20 ^{Aa}
	2.0	5.6±0.80 ^{Ab}	3.6±1.20 ^{Aa}	4.0±1.79 ^{Aa}	4.8±1.60 ^{Aa}	4.8±1.33 ^{Aa}	5.0±1.10 ^{Aa}	4.6±0.49 ^{Aa}	5.8±0.75 ^{Aa}	4.4±0.80 ^{Aa}
	3.0	5.8±0.98 ^{Aa}	4.2±1.17 ^{Aa}	4.4±1.50 ^{Aa}	5.0±0.89 ^{Aa}	5.6±0.80 ^{Aa}	5.4±1.20 ^{Aa}	5.6±0.80 ^{Aa}	6.0±0.63 ^{Aa}	5.0±0.89 ^{Aa}
7 days	0	5.8±0.75 ^{Aa}	2.6±0.80 ^{Aa}	3.4±1.85 ^{Aa}	4.2±1.47 ^{Aa}	5.0±1.41 ^{Aa}	4.8±1.47 ^{Aa}	5.0±0.00 ^{Aa}	5.2±1.72 ^{Aa}	4.6±1.36 ^{Aa}
	1.0	5.8±0.75 ^{Aa}	2.6±1.02 ^{Aa}	3.6±1.85 ^{Aa}	4.4±1.62 ^{Aa}	5.2±1.47 ^{Aa}	5.0±0.89 ^{Aa}	5.0±0.63 ^{Aa}	5.0±1.41 ^{Aa}	4.8±1.17 ^{Aa}
	2.0	5.8±0.75 ^{Aa}	3.8±0.98 ^{Aa}	4.0±1.41 ^{Aa}	4.4±1.50 ^{Aa}	4.2±0.75 ^{Aa}	4.8±0.75 ^{Aa}	4.2±0.75 ^{Aa}	5.4±1.02 ^{Aa}	4.8±1.17 ^{Aa}
	3.0	5.8±0.75 ^{Aa}	3.6±1.02 ^{Aa}	4.8±1.72 ^{Aa}	4.4±1.50 ^{Aa}	4.8±1.60 ^{Aa}	5.0±1.26 ^{Aa}	5.0±0.89 ^{Aa}	5.0±1.26 ^{Aa}	5.0±1.67 ^{Aa}

Means in the same storage period (A) and different storage period (a) with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$)

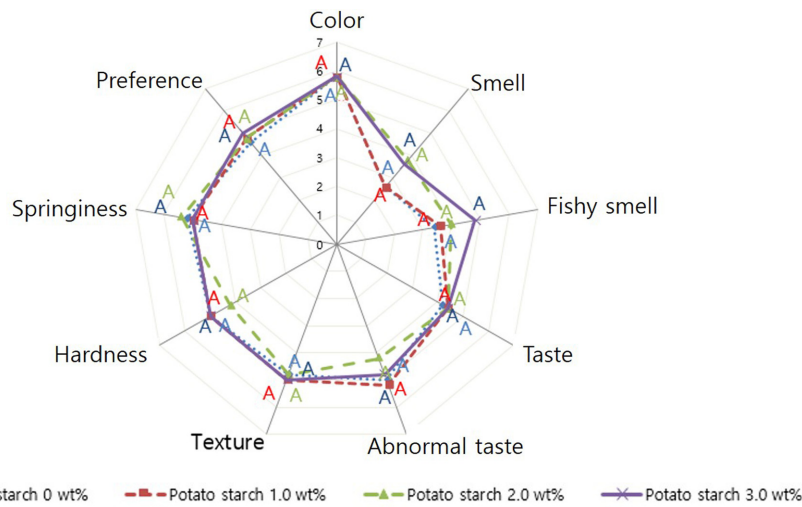


Fig. 3 Sensory evaluation of heated golden threadfin bream surimi during cold storage for 7 days. Values with different superscript within products are significantly different at $p < 0.05$

분 함량의 증가에 따른 유의적인 차이는 확인되지 않았다. 또한 색깔을 제외한 나머지 항목에서는 냉장 저장에 따른 유의한 차이가 확인되지 않았다.

초 록

본 연구에서는 3D 프린팅 카트리지로써 수리미 혼합물의 가능성을 확인하기 위하여 수리미 혼합물 제조 시 감자 전분 첨가에 따른 물성 변화와 냉장 저장 시 나타나는 물성 변화 및 관능평가를 측정하였다. 그 결과 색도 변화에서는 명도와 황색도의 경우 감자 전분 무첨가군이 냉장 저장 전과 후 모두 가장 높은 값을 보였고, 적색도와 색차의 경우 감자 전분 무첨가군이 냉장 저장 전과 후 모두 가장 낮은 값을 나타냈다. 적색도의 경우 0, 1, 3 wt% 첨가군에서 7일간 냉장 저장에 따른 유의한 감소가 확인되었고, 황색도의 경우 1, 2 wt% 첨가군에서 저장에 따른 유의한 감소를 보였다. 감자 전분 첨가에 따른 물성 변화에서는 경도와 검성이 감자 전분 첨가군이 무첨가군에 비해 증가하였다. 부착성, 탄력성, 응집성, 씹힘성 및 복원성에서

는 감자 전분 첨가군과 무첨가군 사이에 유의적인 차이가 없었다. 냉장 저장에 따른 물성 변화에서 가열 후 7일 저장한 수리미 혼합물의 경우 저장 전 수리미 혼합물과 비교하여 유의적인 차이가 없었다. 가열 후 7일간 냉장 저장 후 튀긴 수리미 혼합물의 경우 경도, 검성, 씹힘성은 냉장 저장 전보다 감소하였고, 응집성, 복원성은 증가하는 결과를 확인하였다. 관능평가 결과, 감자전분의 함량이 증가함에 따라 냄새, 맛, 경도, 탄력성 및 종합적 호감도 등 전체적으로 증가하는 경향을 보였으나 유의한 변화는 없었다. 7일간 냉장 저장한 가열 수리미는 모든 항목에 있어서 감자 전분 함량의 증가에 따른 유의적인 차이가 확인되지 않았다. 또한 색깔을 제외한 나머지 항목에서는 냉장 저장에 따른 유의한 차이가 확인되지 않았다. 이러한 결과를 통해 감자 전분의 첨가가 수리미 혼합물의 맛과 냄새에 영향을 주지 않고, 냉장 저장 시에도 관능 평가 상 큰 영향을 주지 않는 것으로 확인되었다. 따라서 수리미 혼합물 제조 시 감자 전분의 첨가는 제품의 제조 및 냉장 보관 상 물성 및 품질에 영향을 주지 않는 것으로 확인된 바, 감자 전분이 3D프린팅용 수리미 제조 시 카트리지로 소재로 적합하다고 사료된다.

Keywords 감자 전분 · 관능평가 · 수리미 · 실크리듬 · 3D 프린팅

감사의 글 이 연구는 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사합니다(과제명: 미래수산식품 연구센터).

References

- Park JW, Morrissey MT (2000) Manufacturing of surimi from light muscle fish. In: Park JW (ed) Surimi and surimi seafood. New York, NY, pp 23–58
- Ahn BS, Kim BG, Jeon EB, Lee IS, Oh KS (2019) Quality characteristics by grade of commercial frozen surimi. *Korean J Fish Aquat Sci* 52: 555–561
- Park HY, Cho YJ, Oh KS, Goo JK (2000) Applied fisheries processing. In: Chapter 9. Fish meat paste products. Suhyup Pub Co., Seoul, pp 264–268
- Choi YJ, Park JD, Kim JS, Cho YJ, Park JW (2002) Rheological properties of heat-induced gels of surimi from acid and alkali process. *Korean J Fish Aquat Sci* 35: 309–314. doi: 10.5657/kfas.2002.35.4.309
- Oh KS, Moon SK, Lee EH, Kim BG (1993) Study on the quality improvement of sardine surimi. *Korean J Food Sci Technol* 25: 327–333
- Park JD, Jung CH, Kim JS, Cho DM, Cho MS, Choi YJ (2003) Surimi processing using acid and alkali solubilization of fish muscle protein. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 400–405
- Kim YY, Cho YJ (1992) Relationship between quality of frozen surimi and jelly strength of kamaboko. *Korean J Fish Aquat Sci*. 1992. 25: 73–78
- Suh SB, Kim TJ, Lee DS, 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
- Singh N, Singh J, Kaur L, Sodhi NS, Gill BS (2003) Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chem* 81: 219–231. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00416-8
- Vasanthan T, Bergthaller W, Driedger D, Yeung J, Sporns P (1999) Starch from Alberta potatoes: wet-isolation and some physicochemical properties. *Food Res Int* 32: 355–365. doi: 10.1016/S0963-9969(99)00096-4
- Rutenberg MW, Sorlaren D (1984) Starch derivatives: production and uses. Academic Press Inc., London, pp 324–326
- Kim HS, Ahn SY (1997) Effect of amylose and amylopectin on the texture of Mook. *Korean J Hum Ecol* 6: 157–166
- Eliasson AC (2004) Starch in food: Structure, function and applications. Woodhead Publishing Limited. BocaRation, CRC Press, NY, pp 241–257
- Shahrubudin N, Lee TC, Ramlan R (2019) An overview on 3D printing technology: technological, materials, and applications. *Procedia Manuf* 35: 1286–1296. doi: 10.1016/j.promfg.2019.06.089
- Lille M, Nurmela A, Nordlund E, Metsä-Kortelainen S, Sozer N (2018) Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. *J Food Eng* 220: 20–27. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.04.034
- Bhandari BR, Howes T (1999) Implication of glass transition for the drying and stability of dried foods. *J Food Eng* 40: 71–79. doi: 10.1016/S0260-8774(99)00039-4
- Bhandari BR, Roos YH (2003) Dissolution of sucrose crystals in the anhydrous sorbitol melt. *Carbohydr Res* 338: 361–367. doi: 10.1016/S0008-6215(02)00466-4
- Haque MK, Roos YH (2006) Differences in the physical satate and thermal behavior of spray-dried and freeze-dried lactose and lactose/protein mixture. *Innovative Food Sci Emerging Technol* 7: 62–73. doi: 10.1016/j.ifset.2004.12.004
- Roos YH (2010) Glass transition temperature and its relevance in food processing. *Annu Rev Food Sci Technol* 1: 469–496. doi: 10.1146/annurev.food.102308.124139
- Slade L, 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. *Water in Foods* 22: 143–188
- Nachal N, Moses JA, Karthik P, Anandharamkrishnan C (2019) Applications of 3D printing in food processing. *Food Eng Rev* 11: 123–141. doi: 10.1007/s12393-019-09199-8
- Lipton J, Arnold D, Nigl F, Lopez N, Cohen D, Norén N, Lipson H (2010) Multi-material food printing with complex internal structure suitable for conventional post-processing. *SFF Symposium*. pp 809–815
- Wang L, Zhang M, Bhandari B, Yang C (2018) Investigation on fish surimi gel as promising food material for 3Dprinting. *J Food Eng* 220: 101–108. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.02.029
- Kim SR, Han HS, Park YL, Kang YS, Park JC, Seo HS, Choi YH, Kim SH, Jeong SM, Kang WS, Kim HH, Ryu SH, Lee JE, Xu X, Lee GH, Ahn DH (2021) Effect of calcium type on coagulation of surimi mixture with alginate. *Korean J Fish Aquat Sci* 54: 218–223. doi: 10.5657/KFAS.2021.0218
- Lee YS, Yoo BS (2000) Effect of compression test conditions on texture profile analysts of surimi-based products. *Korean J Food Sci Technol* 32: 225–230
- He C, Zhang M, Fang Z (2020) 3D printing of food: pretreatment and post-treatment of materials. *Crit Rev Food Sci Nutr* 60: 2379–2392. doi: 10.1080/10408398.2019.1641065
- Liu H, Nie Y, Chen H (2014) Effect of different starches on colors and textural properties of surimi-starch gels. *Int J of Food Prop* 17: 1439–1448. doi: 10.1080/10942912.2012.680224
- Yang H, Park JW (1998) Effects of starch properties and thermal-processing conditions on surimi-starch gels. *LWT-Food Sci Technol* 31: 344–353. doi: 10.1006/food.1997.0366
- Campo L, Tovar C (2008) Influence of the starch content in the viscoelastic properties of surimi gels. *J Food Eng* 84: 140–147. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.05.011
- Jang SM, Lim JS, Cho EJ (2004) The effect of various cereal flours on quality and storage characteristics of sausage. *J East Asian Soc Dietary Life* 14: 265–274
- Kim JM, Lee CM (1987) Effect of starch of textural properties of surimi gel. *J Food Sci* 52: 722–725. doi: 10.1111/j.1365-2621.1987.tb06711.x
- Han JS, Lee SM (2014) Improvement of surimi seafood using modified food starches. *Food Sci Ind* 47: 33–38