참치(*Katsuwonus pelamis*) 안구유 첨가에 의한 식품 3D 프린팅용 수리미 혼합물의 품질 특성

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

¹부경대학교 식품공학과/식품연구소

²부경대학교 수산과학연구소

Quality Property of Surimi Mixture by Tuna (*Katsuwonus pelamis*) Eyeball Oil and Possibility of Application to Food 3D Printing

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

¹Department of Food Science and Technology/Institute of Food Science and

²Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University

ABSTRACT In this study, we added tuna eyeball oil to golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*) surimi paste to control its physical properties for food 3D printing. We then conducted color value analysis, texture profile analysis, and sensory evaluation to confirm the effects of the addition of the tuna eyeball oil. We did the same test after 7 days of refrigeration as well. From these tests, we identified that tuna eyeball oil added to the surimi paste, stored for 7 days and subsequently heat-processed had increased hardness. In the color value analysis, the tuna eyeball oil increased the lightness of the surimi products regardless of the storage duration. However, adding over 3% of tuna eyeball oil gives a significant bitter taste to surimi. Thus, it was confirmed that when 1% of tuna eyeball oil was added, it was possible to develop a surimi paste cartridge for 3D printing with soft physical properties by improving whiteness and emulsifying fat and moisture.

Key words: surimi, 3D printer, tuna eyeball oil, properties, golden threadfin bream

서 론

최근 글로벌 산업계는 AI 등과 같은 인공지능 기반 산업을 핵심으로 하는 4차 산업혁명 격변기를 맞이하고 있다. 미래의 혁신기술이라 불리는 3D 프린팅은 3D 프린터를 이용하여 입체적 사물을 인쇄하는 과정으로 사물의 인쇄뿐 아니라 사물을 인쇄하기 위한 디자인 및 설계하는 모든 과정을 통해 결과물을 생성하는 과정을 말하며, 현재 산업에서 없어서는 안되는 기술이다(Lee, 2017; Ryu와 Seo, 2017).

한편, 식품 3D 프린팅 기술에 대한 연구가 발달하면서

다양한 식품 재료를 3D 프린팅에 적용하기 위한 연구사례(Lille 등, 2018)가 있으나 성분이 복잡적으로 혼합되어 있는 식품의 특성으로 인해 여전히 적용에 어려움을 겪고 있다(Lee 등, 2017; Kim 등, 2017). 다른 선진국에 비해 국내에는 3D 프린팅 기술이 비교적 늦게 도입된 편이며 식품의 경우 더욱 기술 발전이 더딘 상태이다(Kim 등, 2020). 이를 극복하기 위해 3D 프린팅 기술을 적용할 식품소재에 관한 연구가 확대되고 있으며, 그 일환으로 수산물 중 수리미의 3D 프린팅 식품 적용에 대해 연구되고 있다(Yoon 등, 2016). 식품 제조 산업에 3D 프린팅 기술을 활용하기 위해서는 가

Received 22 April 2021; Revised 30 June 2021; Accepted 30 June 2021

Corresponding author: Dong-Hyun Ahn, Department of Food Science & Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, 45, Yongso-ro, Nam-gu, Busan 48513, Korea, E-mail: dhahn@pknu.ac.kr

Author information: Jeong-Cheol Park (Student), Hyeon-Su Han (Student), Ye-Lin Park (Student), Yoo-Seok Kang (Student), Hun-Seo Seo (Student), Ye-Hui Choi (Student), Su-Hyeong Kim (Student), Su-Ryong Kim (Graduate student), So-Mi Jeong (Researcher), Woo-Sin Kang (Graduate student), Han-Ho Kim (Graduate student), Si-Hyeong Ryu (Graduate student), Ji-Eun Lee (Graduate student), Xiaotong Xu (Graduate student), Ga-Hye Lee (Researcher), Dong-Hyun Ahn (Professor)

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

식성의 액상, 겔 및 반고체 상태의 식품 원료를 3D 프린팅이 가능한 조성물 제조와 식품 원료의 물성 조절 기술 등에 관한 연구 개발이 요구된다(Kim 등, 2017).

수리미는 어체에서 머리, 내장, 뼈를 제거하고 어육만을 채육하여 마쇄한 후 수세를 거쳐 겔을 이루는 근원섬유 단백질을 회수한 수산 식품 소재이다(Ahn 등, 2019; Choi 등, 2002). 수리미 제조 시 원료는 명태, 실꼬리돔, 대구류 등의 어종이 이용되며(Ahn 등, 2019), 특히 수리미를 카트리지로 사용할 경우 높은 품질 등급의 수리미가 요구된다. 수리미는 품질에 따라 SSA, SA, FA, A, KA, RA 및 B 등급으로 분류되고 있으며 수분함량, 백색도, 단백질 함량과 더불어 탄력과 겔성은 수리미의 품질 등급을 결정하는데 중요한 요소 중 하나이다(Ahn 등, 2019).

최근에는 수산물이 인간의 건강에 유익한 기능성식품으로서의 특성을 지니고 있음이 밝혀지면서 여러 수산 가공식품을 이용한 제품 개발 및 기능성 성분을 이용하기 위한 새로운 가공 방법이 연구되고 있다. 특히 DHA(docosahexaenoic acid)와 EPA(eicosapentaenoic acid)는 혈중 콜레스테롤 감소, 항 혈전 작용, 두뇌 발달 등의 기능을 갖는 다가 불포화지방산으로 참치, 고등어 등 적색육 어종에 다량 함유되어 노년층에게 꾸준한 관심을 받고 있다. 하지만 가공 시 발생하는 부산물들은 날이 갈수록 해양 환경에 치명적인 영향을 미치는 실정이다. 그 예로 참치 통조림 제조 중에는 어체의 약 30% 정도가 혈합육, 껍질, 뼈 등의 부산물로 발생하고(Kang 등, 2000), 이는 어분 또는 사료의 원료로 사용되고 있다(Bang 등, 2009). 참치 부산물 중 참치의 안구에서 초임계 이산화탄소로 추출한 안구유에는 DHA와 EPA 함량이 전체 지방산 함량의 약 35%를 차지한다는 연구 결과가 보고되어 있어(Roh 등, 2006) 참치 부산물을 활용한 고부가가치 창출이 필요한 실정이다(Aoshima 등, 2012).

일반적으로 식품에 지방을 첨가함에 따라 연도와 점성의 증가로 인한 물성 개선과 풍미의 증진과 같은 효과가 얻어진다(Sohn과 Oh, 1986). 이에 축육 유화형 소시지(Moon 등, 2019; Semeneh 등, 2021), 제빵용 반죽(Lim 등, 2004), 크림, 아이스크림(Lee, 1991; Shin 등, 2006) 등과 같은 식품의 제조에 이용하고 있다. 3D 프린트는 점성과 연도가 있는 혼합물을 압력에 의해 토출하여 구조를 형성하고 응고시키는 특징을 가지고 있어 3D 프린트용 카트리지에 적합한 혼합물의 특성은 적당한 점성과 연도를 나타내는 것이 적합하다(Kim 등, 2017).

한편, 수리미를 3D 프린팅에 적합하게 개량하기 위해서 전분, 인산염 등과 같은 첨가물을 사용하여 수산 연제품 물성을 개선하는 연구는 진행되었지만(Kim 등, 1985), 어육을 첨가하여 수리미 혼합물의 품질에 미치는 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 기능성 소재인 참치 안구유를 첨가하여 3D 프린터용 수리미 혼합물의 품질 특성에 미치는 영향을 파악하여 3D 프린터용 카트리지 개발에 대한 적합성을 파악

하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험은 SA급 실꼬리돔(Golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*)) 수리미를 KOREAN SEAFOOD (Busan, Korea)에서 구입 후 사용하였다. 구입한 실꼬리돔 수리미를 -30°C 이하의 동결고(TOGLIERE TENSIONE PRIMA, Iarp S.R.L. Co., Genova, Italy)에 저장하며 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 참치 안구유는(Dongwon F&B Co., Ltd., Changwon, Korea) 밀봉하여 4°C 에 저장하며 실험 전 상온에 약 5분간 방치 후 사용하였다.

시료 준비

4°C 냉장고에서 해동한 실꼬리돔 수리미를 Silent cutter (ST11, ADE Co., Hamburg, Germany)에 넣고 분쇄한 후 냉수와 소금((주)한주소금, Ansan, Korea) 1.2%(w/w), 설탕(CJ 제일제당(주), Seoul, Korea) 1.5%(w/w), 인산염((주)MSC, Yangsan, Korea) 0.5%(w/w)를 순서대로 첨가하여 충분히 고기갈이 하였다. 이후 참치 안구유를 각각 0, 0.5, 1, 3% 첨가하여 약 15분 동안 혼합하였다. 혼합 후 충전기(DICK 15lb, DICK Co., Hamburg, Germany)에 강한 힘을 주어 공기를 제거하고 sealing machine(PACKNER HR-PS2, MAX Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 수리미 혼합물을 PVDC casing에 충전하였다. 충전된 수리미는 항온수조(JS-WBP-170P, JOHNSAM Co., Bucheon, Korea)에서 40°C 조건으로 40분 동안 예비 가열하고, 80°C 조건의 열수 탱크(DDW-WBT110, Dongwon Scientific System Co., Busan, Korea)에서 50분간 가열처리 하였다. 가열처리 후 냉각수에서 30분간 냉각하여 실험에 사용하였다.

색도 측정

색도 측정은 분광색도계(Colorimeter, JC 801, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 이때 사용한 표준 백판값은 $X=92.35$, $Y=83.92$, $Z=96.98$ 이며, 시료를 절단한 후 노출된 단면의 L^* (Lightness, 명도), a^* (redness, 적색도), b^* (yellowness, 황색도)값으로 측정된 후 색차값 ΔE 를 구하였다.

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

물성 측정

시료의 물성은 Texture meter(T1-AT2, SMS Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 Lee와 Yoo(2000)의 방법을 참고하여 측정하였다. 시료의 경도(hardness), 점착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 겹섬성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 및 복원성(resilience)을 확인하기 위하여 가열 시료와 튀김 시료를 지름

4 cm, 높이 1.5 cm로 절단한 후, P/45(45 mm diameter aluminum cylinder probe)를 사용하여 test speed 1.00 mm/s, strain 50.0%, trigger force 5.0 g의 조건에서 5회 이상 측정하여 평균값을 구하였다.

관능평가

관능평가는 21~25세의 숙련된 7명의 panel을 선정하여 평가 대상 시료의 색(color), 냄새(smell), 비린내(fish smell), 맛(taste), 이미(abnormal taste), 조직감(texture), 경도(hardness), 탄력성(elasticity) 및 종합적 기호도(preference) 등 총 9가지 항목에 대하여 7점 척도로 평가하였다(부경대학교 기관생명윤리위원회 승인번호: 1041386-202005-HR-30-02). 대상 시료는 가로, 세로, 높이가 5 cm×5 cm×5 cm 크기가 되도록 잘라 흰색 플라스틱 접시에 담아서 제공하였으며 색, 냄새, 비린내, 맛, 이미, 조직감 및 종합적 선호도는 7점 척도에서 7점은 매우 좋음, 1점은 매우 나쁨으로 하였고, 경도와 탄력성은 7점은 매우 강함, 1점은 매우 약함으로 표시하였다.

통계처리

실험을 통해 얻은 결과에 대한 통계분석은 SAS program (ver. 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 사용하여 Duncan's multiple range test를 시행하였고, 평균값을 분산분석한 후 $P<0.05$ 수준에서 실험 항목 간의 유의적인 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

색도 측정

제조 직후의 수리미 혼합물의 L*값 및 b*값의 경우 참치 안구유의 첨가량이 증가할수록 유의적으로($P<0.05$) 높은 값을 나타내어 참치 안구유 첨가에 따라 밝아지며 황색이 강해지는 것을 보여주었다. a*값의 경우는 참치 안구유 첨가

량이 증가할수록 감소하는 경향을 보여 적색이 감소하였으며, ΔE값의 경우는 참치 안구유 0.5, 1% 첨가군에서 유의적인 감소를 보였고, 1% 첨가군에서 가장 낮은 값으로 확인되었다(Table 1). 7일간 냉장 저장한 수리미 혼합물에서는 참치 안구유 첨가량이 증가할수록 L*값 및 b*값은 증가하고 a*값은 감소하는 경향을 나타냈는데, L*값의 증가 경향은 더 크게 나타났으나 a*값과 b*값의 차이는 더 낮게 나타났다(Table 2). Moon 등(2019)에 의하면 지방 종류에 따른 명도 값의 차이는 큰 영향이 없다고 보고하였으며, 지방함량이 높을수록 명도 값은 높고 적색도 값은 감소한다고 보고하였다. 또한 Semeneh 등(2021)에 의하면 지방함량이 높을수록 발효-건조 소시지의 L*값과 b*값이 높게 나타난다고 하였고, a*값의 경우 이와 반대로 감소하는 경향을 나타냈다고 하였다. 이러한 결과는 백색을 기반으로 한 지방의 첨가가 간접현상을 일으키기 때문이라고 보고하였다. 한편, b*값 증가의 경우 Muguerza 등(2002)에 의하면 높은 지방 첨가에 의해 노란색의 살라미를 만든다는 결과가 본 연구의 결과를 뒷받침하고 있다.

일반적으로 수리미의 명도는 등급이 낮아질수록 감소하는 경향을 보이며, 등급이 낮아질수록 육색이 어두워지며 색도가 진해진다(Ahn 등, 2019). 본 연구에서는 참치 안구유 첨가에 의해 명도는 증가하고 ΔE값은 감소하는 경향을 보여 참치 안구유가 3D 프린팅 카트리지로써의 수리미 품질 향상을 위한 소재로 적합하다고 사료된다.

물성 측정

실꼬리돔 수리미에 참치 안구유 0, 0.5, 1, 3%를 첨가한 후 가열공정을 거친 각 시료의 물성 측정 결과를 Table 3, 안구유를 첨가한 수리미를 7일간 냉장 저장 후 가열공정을 거친 시료 각각의 물성 측정 결과를 Table 4에 나타냈다. 제조 직후의 수리미 혼합물 시료는 참치 안구유 첨가량이 증가할수록 경도가 감소하는 경향을 나타냈고, 1% 및 3% 참치 안구유를 첨가한 수리미의 경우 무첨가군에 비해 유의

Table 1. Color value analysis of golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*) surimi products by tuna eyeball oil treatment

Treatments	L*	a*	b*	ΔE
Control	68.52±0.22 ^d	-0.45±0.10 ^b	2.75±0.17 ^d	25.05±0.22 ^b
0.5%	71.25±0.33 ^c	-0.21±0.27 ^a	4.34±0.31 ^c	22.49±0.31 ^c
1.0%	73.94±0.18 ^b	-0.14±0.06 ^a	5.74±0.14 ^b	20.12±0.17 ^d
3.0%	74.32±0.37 ^a	-4.41±0.32 ^c	19.18±0.17 ^a	26.00±0.31 ^a

¹⁾Means in the same column bearing different superscript letters (a-d) in sample are significantly different at $P<0.05$.

Table 2. Color value analysis of 7-day stored golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*) surimi products by tuna eyeball oil treatment

Treatments	L*	a*	b*	ΔE
Control	74.90±1.10 ^d	0.19±0.56 ^a	1.80±0.40 ^d	23.72±1.06 ^a
0.5%	76.86±0.57 ^c	-0.02±0.20 ^{ab}	3.47±0.13 ^c	22.05±0.57 ^b
1.0%	79.82±0.27 ^b	-0.20±0.26 ^b	4.33±0.27 ^b	19.40±0.28 ^c
3.0%	84.16±0.75 ^a	-0.02±0.47 ^{ab}	7.70±0.35 ^a	16.77±0.82 ^d

¹⁾Means in the same column bearing different superscript letters (a-d) in sample are significantly different at $P<0.05$.

Table 3. Texture profile analysis of golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*) surimi products by tuna eyeball oil treatment

Treatments	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
Control	3,650.91±221.34 ^a	-166.57±26.23 ^b	0.89±0.03 ^b	0.81±0.02 ^b	2,773.61±256.39 ^a	2,463.08±283.66 ^a	0.43±0.01 ^a
0.5%	3,580.13±184.94 ^a	-188.41±39.16 ^b	0.90±0.02 ^{ab}	0.82±0.01 ^b	2,819.45±230.31 ^a	2,529.18±267.00 ^a	0.43±0.03 ^a
1.0%	3,251.39±343.51 ^{ab}	-108.34±52.51 ^a	0.91±0.06 ^{ab}	0.83±0.02 ^{ab}	2,696.71±249.47 ^a	2,471.39±361.96 ^a	0.42±0.01 ^a
3.0%	3,066.37±278.71 ^b	-95.12±34.48 ^a	0.96±0.06 ^a	0.85±0.01 ^a	2,683.40±387.90 ^a	2,580.63±485.71 ^a	0.42±0.02 ^a

¹⁾Means in the same column bearing different superscript letters (a,b) in sample are significantly different at $P<0.05$.

Table 4. Texture profile analysis of 7-day stored golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*) surimi products by tuna eyeball oil treatment

Treatments	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
Control	4,140.69±306.82 ^b	-77.48±30.49 ^a	0.93±0.04 ^a	0.81±0.02 ^a	3,361.85±197.81 ^b	3,118.36±105.90 ^b	0.42±0.02 ^a
0.5%	4,157.92±426.05 ^b	-83.08±16.07 ^a	0.92±0.04 ^a	0.81±0.04 ^a	3,390.17±241.86 ^b	3,122.25±142.81 ^b	0.42±0.03 ^a
1.0%	4,998.77±236.65 ^a	-129.74±22.05 ^{ab}	0.91±0.04 ^a	0.77±0.02 ^b	3,838.40±169.85 ^a	3,510.40±206.20 ^a	0.36±0.02 ^b
3.0%	4,764.53±341.13 ^a	-139.51±19.59 ^b	0.90±0.06 ^a	0.79±0.03 ^{ab}	3,747.07±104.32 ^a	3,381.98±337.48 ^{ab}	0.38±0.03 ^b

¹⁾Means in the same column bearing different superscript letters (a,b) in sample are significantly different at $P<0.05$.

적으로 감소함을 보였다. 점착성은 반대로 참치 안구유 첨가량이 증가할수록 증가하였고, 1, 3% 참치 안구유를 첨가한 수리미의 경우 무첨가군에 비해 유의적으로 증가하는 것으로 나타나 전반적으로 혼합물의 물성이 부드러워지는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 지방함량이 증가할수록 전단 강도가 감소한다고 보고한 Semeneh 등(2021)의 연구 결과와 일치하였다.

3D 프린팅의 경우 입자 크기, 유동성, 유변학 및 기계적 특성과 같은 적절한 물리적 및 화학적 특성을 가진 원료를 선택하는 것이 중요하다. 특히 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 무너짐 없이 모양을 유지할 수 있다. 특히 가소성 있는 식품 원료는 열가소성 고형물이거나 연질 고형물로서 3D 프린팅 과정에서 사출 가능해야 한다. 또한 원료의 점착성은 베드(bed)와 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(He 등, 2020).

지방을 식품에 첨가함에 따라 연도와 점성이 증가한다고 보고되고 있는데(Sohn과 Oh, 1986), 식용지방과 오일은 triacylglycerol(TAG)로 구성되어 있으며 지방과 오일에 포함되어 있는 TAG의 비율이 전반적인 기능과 안정성에 중요하다고 보고되고 있다(Devi와 Khatkar, 2016). 또한 TAG 분자에 함유된 높은 함량의 포화 지방산 수준이 경도와 가소성을 결정하며 최종 제품의 특성에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Qarooni, 1996). 각 지방과 오일의 융점, 다형성, 고형 지방함량 및 지방산 구성 등의 화학적 구성과 구조적 측면의 기능성으로 인해 최종 제품의 질감에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Devi와 Khatkar, 2016; Belton, 2000).

7일간 냉장 저장한 수리미 혼합물의 경우에는 오히려 경

도가 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 참치 안구유의 불포화 지방산이 단백질 겔 형성에 작용하여 저온에서 조밀하고 복잡한 겔 매트릭스를 형성하여 경화하는 성질에 영향을 받은 것(Cavestany 등, 1994)으로 가열처리에 의해 다시 부드러운 상태가 될 수 있을 것으로 사료된다.

열처리 겔화는 식품 3D 프린팅에 널리 사용되는 방법이다. 이온 가교와 달리 열처리 겔화는 주로 겔을 형성하기 위해 온도에 대한 재료 민감도에 의존한다. 많은 천연 폴리머 또는 개질 폴리머 겔 시스템은 젤라틴, 전분, 한천, 카라기난 및 셀룰로오스 유도체와 같은 특정 열 민감도를 가지고 있다(Vancanwenberghe 등, 2018). 이러한 열 가역성 겔은 더 높은 온도에서 코일 형태를 갖지만 온도가 감소함에 따라 나선형 구조와 응집체를 형성하여 겔을 형성하기 시작한다. 많은 연구자들이 이 메커니즘을 이용하여 단백질, 감자 전분, 계란 흰자 단백질, 과일 및 채소를 인쇄한 바 있다(He 등, 2020).

현재 가장 널리 사용되는 열처리 방법은 수조 가열 방법인데, Liu 등(2019)은 난백 단백질 용액을 젤라틴, 옥수수 전분 및 자당의 혼합물과 55°C에서 10분 동안 혼합하여 5% 인쇄 복합 시스템을 준비하고 인쇄하기 전에 40°C에서 20분 동안 저장한 결과, 난백 단백질 첨가에 의해 겔의 경도와 탄력성이 크게 향상되고 인쇄 정밀도와 모양 안정성이 향상되어 난백 단백질 다중 재료 시스템이 유망한 3D 인쇄 재료임을 시사한 바 있다.

따라서 참치 안구유의 첨가에 의해 실꼬리돔 수리미의 경도는 감소하고 점착성은 증가한 것으로 확인된 바, 참치 안구유가 3D 프린팅용 카트리지로 제조 시 식품 첨가물로서 적절할 것으로 판단된다. 또한 참치 안구유를 이용한 3D 프린팅용 카트리지로 제조 시 혼합물을 제조한 후 즉시 프린팅하는 것이 바람직하며, 카트리지로 상태로 냉장 보관 후 프린팅할 경우는 가온하여 프린팅하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

한편 탄력성과 응집성의 경우 저장 기간을 거치지 않은

수리미 시료의 경우 증가하는 경향을 나타내었는데, 이는 지방의 첨가에 의해 보수성이 증가하였기 때문(Sim, 2019)으로 판단된다.

관능평가

제조 직후의 수리미 혼합물 시료의 경우 색, 향, 비린내, 맛, 질감, 경도, 탄력성 및 종합적 기호도에서 대조군과의 유의적인($P<0.05$) 차이가 없었으나, 이미의 경우 1%와 3% 첨가군에서 panel들은 유의적으로 맛을 식별하였다. 특히 3% 첨가군에서 모든 panel들이 공통적으로 이미가 느껴진

다고 평가하였다(Fig. 1). 7일간 냉장 저장한 수리미 시료의 경우 맛에 있어 1% 첨가군에서 panel들은 감칠맛이 느껴진다고 평가하여 높은 평가를 나타냈고, 이미의 경우 1%에서 느껴지는 이미가 감칠맛과 더불어 맛의 상승효과가 나타난다고 평가하였다(Fig. 2). 하지만 3% 첨가군의 경우 이미가 강하여 모든 panel들은 오히려 불쾌하다고 평가하였다. 질감과 탄력성의 경우 제조 직후의 수리미 혼합물에서는 거의 차이가 없었으며, 7일간 저장한 경우 참치 안구유 1%와 3% 첨가군에서 탄력성이 약간 감소하였다. 향의 경우 제조 직후에는 거의 차이가 없었으나 7일간 냉장 저장한 경우는 참치 안구유 1%와 3% 첨가군에서 더 높은 점수를 보였으며 특히 1% 첨가군에서 가장 높은 평가가 확인되었다. 종합적 기호도 면에서 살펴볼 때 참치 안구유 1% 첨가 시 호감도가 가장 높다고 평가되었다.

요 약

본 연구에서는 식품 3D 프린팅용 소재 개발을 위하여 참치 안구유를 수리미 제조에 첨가하여 색도, 물성, 관능 특성을 대조군과 비교하였다. 색도 측정 결과 참치 안구유 첨가 시 제조 직후와 7일간 냉장 저장한 수리미 혼합물에서 첨가량이 증가함에 따라 L^* 값과 b^* 값은 증가하였고, a^* 값은 감소하는 유사한 경향을 나타내었는데, 7일간 저장한 수리미 혼합물에서 L^* 값이 훨씬 높게 증가하였다. 물성은 제조 직후의 경우 참치 안구유 첨가량이 증가할수록 경도가 낮아지고 점착성은 높아지는 경향을 나타내었는데, 7일간 냉장 저장한 수리미 혼합물 시료의 경우 경도와 점성이 대조군보다 높은 값을 나타냈다. 관능평가에서는 제조 직후에는 이미지를 제외하고는 참치 안구유 첨가 유무에 따른 큰 차이가 없었으나 7일간 냉장 저장한 경우는 참치 안구유 1% 첨가군에서 panel들은 맛과 이미가 가장 좋다고 평가하였으며, 3% 첨가한 시료군에서 이미가 강하다고 평가되었다. 따라서 참치 안구유 1% 첨가 시 백색도 개선 및 지방과 수분의 유화작용으로 부드러운 물성을 가진 3D 프린팅 수리미 페이스트 카트리지를 개발할 수 있다는 것을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구입니다(과제명; 미래수산식품 연구센터).

REFERENCES

- Ahn BS, Kim BG, Jeon EB, Lee IS, Oh KS. Quality characteristics by grade of commercial frozen surimi. Korean J Fish Aquat Sci. 2019. 52:555-561.
- Aoshima S, Hiratsuka S, Koizumi K, Ikegaya K, Suzuki Y, Kato N. Development of a method of manufacturing surimi from by-product of frozen skipjack tuna loin. Bull Jpn Soc Sci

Fig. 1. Sensory evaluation of golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*) surimi products by tuna eyeball oil treatment. Values with different letters within products are significantly different at $P<0.05$.

Fig. 2. Sensory evaluation of 7-day stored golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*) surimi products by tuna eyeball oil treatment. Values with different letters within products are significantly different at $P<0.05$.

2012. 78:482-484.
- Bang MW, Chung CD, Kim SH, Chang MB, Lee SS, Lee SS. Characteristics of histamine forming bacteria from tuna fish waste in Korean. *J Life Sci.* 2009. 19:277-283.
- Belton P. The functional properties of fats and oils—A richness of diversity. *Grasas Aceites.* 2000. 51:1-5.
- Cavestany M, Colmenero FJ, Solas MT, Carballo J. Incorporation of sardine surimi in bologna sausage containing different fat levels. *Meat Sci.* 1994. 38:27-37.
- Choi YJ, Park JD, Kim JS, Cho YJ, Park JW. Rheological properties of heat-induced gels of surimi from acid and alkali process. *J Korean Fish Sci.* 2002. 35:309-314.
- Devi A, Khatkar BS. Physicochemical, rheological and functional properties of fats and oils in relation to cookie quality: a review. *J Food Sci Technol.* 2016. 53:3633-3641.
- He C, Zhang M, Fang Z. 3D printing of food: pretreatment and post-treatment of materials. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2020. 60:2379-2392.
- Kang CH, Jung HY, Lee DH, Park JK, Ha JU, Lee SC, et al. Analysis of chemical compounds on tuna processing by-products. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2000. 29:981-986.
- Kim CT, Maeng JS, Shin WS, Shim IC, Oh SI, Jo YH, et al. Food 3D-printing technology and its application in the food industry. *Food Eng Prog.* 2017. 21:12-21.
- Kim DS, Kim YM, Kim IH, Lee BJ. Effects of phosphate complex on the functional properties of fish meat paste. *Korean J Food Sci Technol.* 1985. 17:253-257.
- Kim MJ, Kim MK, You YS. Food 3D printing technology and food materials of 3D printing. *Clean Technol.* 2020. 26:109-115.
- Lee BY. A comparison of emulsion stability as non-dairy coffee whitener preparation. *Korean J Food Nutr.* 1991. 4:91-97.
- Lee HG. 3D printing technology and future food industry. *Food Preserv Process Ind.* 2017. 16:24-28.
- Lee YS, Yoo BS. Effect of compression test conditions on texture profile analysis of surimi-based products. *Korean J Food Sci Technol.* 2000. 32:225-230.
- Lille M, Nurmela A, Nordlund E, Metsä-Kortelainen S, Sozer N. Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. *J Food Eng.* 2018. 220:20-27.
- Lim SH, Kim SY, Lee NW, Lee CH, Lee SK. Rheological properties of the wheat flour dough with olive oil. *Korean J Food Sci Technol.* 2004. 36:749-753.
- Liu L, Meng Y, Dai X, Chen K, Zhu Y. 3D printing complex egg white protein objects: properties and optimization. *Food Bioprocess Technol.* 2019. 12:267-279.
- Moon HS, Kim HY, Chun JY. Quality characteristics of emulsified sausages of chicken breast according to different types of animal fat. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2019. 48:433-440.
- Muguerza E, Fista G, Ansorena D, Astiasaran I, Bloukas JG. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Sci.* 2002. 61:397-404.
- Qarooni J. Flat bread technology. Springer, Berlin, Germany. 1996. p 37-66.
- Roh HS, Youn HS, Park JY, Sin SK, Lee MK, Chun BS, et al. Isolation and identification of fatty acid and volatile compounds from tuna fish oil with supercritical carbon dioxide. *J Mar Biosci Biotechnol.* 2006. 1:105-118.
- Ryu KH, Seo JH. Utilization of 3D CAD and 3D printer and UV curable resin casting defect. *Journal of the Korea Convergence Society.* 2017. 8:169-176.
- Semeneh S, Kim BJ, Kang SN. Effect of fat content on physicochemical properties and sensory traits of fermented-dry sausage. *J Agric & Life Sci.* 2021. 55:101-107.
- Shin MK, Oh HH, Hwang KT. Contents and fatty acid compositions in fats extracted from ice creams and ice cream-related products. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2006. 35:721-728.
- Sim DW. Quality properties of low fat pork patties with olive, soybean and canola oil gel as pork fat replacers during cold storage. *J East Asian Soc Diet Life.* 2019. 29:459-468.
- Sohn GH, Oh HS. Shortening function of fats. *Korean J Food Cook Sci.* 1986. 2(1):89-94.
- Stamenkovic A, Ganguly R, Aliani M, Ravandi A, Pierce GN. Overcoming the bitter taste of oils enriched in fatty acids to obtain their effects on the heart in health and disease. *Nutrients.* 2019. 11:1179. <https://doi.org/10.3390/nu11051179>
- Vancauwenberghe V, Verboven P, Lammertyn J, Nicolaï B. Development of a coaxial extrusion deposition for 3D printing of customizable pectin-based food simulant. *J Food Eng.* 2018. 225:42-52.
- Yoon HS, Lee MH, Xuanyan J, Lee SY, You YS, Rhee JK. 3D printing technology and its applications in the future food industry: a review. *Food Sci Ind.* 2016. 49:64-69.