

Effect of Adding Milk on Compatibility with 3D Printing in the Preparation of a Surimi Mixture

Yoo-Seok Kang¹, Hye-ji Hwang¹, Ye-Lin Park¹, Hyeon-Su Han¹, Jeong-Cheol Park¹, Hun-Seo Seo¹, Ye-Hui Choi¹, Su-Hyeong Kim¹, Ka-Eun Woo¹, So-Mi Jeong², Ga-Hye lee² and Dong-Hyun Ahn^{1*}

¹Department of Food Science & Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

²Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 46041, Korea

Received October 31, 2022 / Revised May 10, 2023 / Accepted May 17, 2023

Milk is an emulsion, improving texture of surimi mixture and able to suppress off flavors and abnormal tastes. Therefore, this study aimed to identify the effective properties of milk in the preparation of a surimi mixture for 3D printing. The sensory and physical properties of surimi mixtures containing 0%, 20 wt%, and 40 wt% milk were evaluated, where the unheated surimi mixture with added milk demonstrated increased firmness and adhesiveness compared to the negative control group. In addition, the hardness, adhesiveness, gumminess, and chewiness of the mixture containing 40% milk were highest, but springiness, cohesiveness, and resilience were lowest. In the sensory evaluation, as the amount of milk increased, a fishy smell, abnormal taste and texture improved, hardness and preference increased as well. From these results, it was confirmed that a surimi mixture can be prepared with milk to improve its physical and sensory properties for 3D printing when compared to the negative control mixture. In particular, it was revealed that the physical properties and preference of the surimi mixture are best when prepared with 40% milk.

Key words : 3D printer, milk, physical properties, sensory evaluation, surimi

서 론

최근 4차 산업혁명 변화의 중심의 한 축인 3D 프린팅 기술에 대하여 관련 뉴스와 산업 및 전시가 활발히 소개되고 있다[5, 25]. 3D (three dimensional) 프린팅 기술은 1986년 처음 미국의 Chuck Hull로부터 발명되었다[13]. 이는 고분자 원료를 바탕으로 복합적인 구조물을 생산하기 위하여 발명되었고, 제품 생산 시 기존 생산 방식보다 신속하게 다중 생산이 가능하다는 이점을 가진다. 현재 고가의 산업용품 제작 및 기술 응용의 범위가 확대되어 각광 받고 있다. 특히 3D 프린팅 기술은 제품의 정도, 강도를 자유롭게 조절할 수 있고, 개발하고자 하는 식품을 보다 자유롭게 제조할 수 있으므로, 식품산업에서 여러 방향으로 응용이 가능하다는 이점을 지닌다[16]. 따라서 최근 식품산업에서 3D 프린팅을 접목하기 위해 식품 소재에 대한 연구 사례[13] 및 식품 소재를 가공하여 3D 프린

터에서의 쓰임에 관한 연구 사례[14] 등 연구들이 다양하게 진행되고 있다. 최근 3D 프린팅 기술을 이용한 식품산업 분야에서 수리미는 3D 프린터의 카트리지 소재로 대두되고 있다[19, 20]. 수산연제품 및 중간 소재인 수리미는 전반적으로 소비량이 증가되고 있는 식품으로 일반 수산 가공품과는 달리 잔가시에 대한 불편함과 비린내에 대한 부담이 적다는 장점이 있다.

수리미는 일본 북해도 수산시험장에서 동결 내성이 약한 북양 명태의 고도 이용을 위한 연구결과 개발된 것으로 알려져 있다[2]. 수리미는 수산가공품을 위한 중간 소재로 사용되기 위해 어체에서 내장과 뼈를 제거한 어육을 마쇄 및 수세하여 제조한다. 이러한 제조법으로 인해 근형질 단백질, 육색소, 지질 등 겔 형성에 방해가 되는 물질을 제거하고 근원섬유 단백질을 농축하여 제조하고, 품질향상을 위해 냉동변성방지제를 첨가한 후 급속 동결하여 냉동 수리미의 형태로 제조된다[22, 29]. 수리미의 기능 특성과 품질은 조직, 수분함량, 조단백질함량, 협잡물 함량, 백색도, 겔 강도 등에 의해 결정되어 주로 원료로는 백색육 어류가 사용된다[9]. 백색육 어류 중 알래스카산 명태 연육이 고품질의 백색도를 나타내고, 뛰어난 겔 강도로 인해 수산가공식품 제조 시 좋은 탄력을 나타내어 다른 백색육 어류들과 수리미 원료로서 비교했을 때 품질 특성이 더 우수하다[2, 7]. 현재 냉동 수리미의 주 원료는

*Corresponding author

Tel : +82-51-629-5831, Fax : +82-51-629-5824

E-mail : 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.

고가의 명태뿐만 아니라 다양한 어종이 이용되고 있는데 이는 최근 들어 수산 자원의 고갈, 어업 규제 강화와 더불어 명태와 같은 주 원료의 자재비 상승이 초래되고 있어 보다 값싸고 기호성이 좋은 실꼬리돔이 주목받고 있다[3, 26]. 하지만 실꼬리돔은 명태 수리미에 비해 물성과 관능적인 측면에서 품질이 보다 뒤쳐지는 실정이다[1]. 그러나 다양한 물성을 나타내야 하는 3D 프린터에 적합한 혼합물을 제조함에 있어 기본 원료로서 중요한 소재로 작용할 수 있다.

우유는 단일 식품 중에서 탄수화물, 단백질, 지질과 같은 영양소와 수분 그리고 철분, 인, 칼슘, 마그네슘, 비타민 A, 비타민 B₂, 비타민 C 등의 다양한 무기질과 비타민을 함유하고 있어 영양학적 측면에서 아주 우수한 식품 중 하나이다[8]. 또한, 우유의 각 성분 별 섭취량의 소화율은 단백질, 지방, 칼슘 순으로 98%, 99%, 53% 정도로 각 영양소의 소화율이 높다는 장점이 있다[4]. 우유의 단백질에는 양질의 필수아미노산과 유청 단백질 및 카세인을 분해하여 얻는 각종 기능성 펩타이드를 함유하고 있다. 특히 유청단백질과 카세인은 유화력이 안정하다는 특징을 가지며, 지질과 소수성 결합을 통해 복합체를 형성하여 높은 안정성을 가진다. 이러한 특성을 볼 때 우유는 백색의 불투명한 액체상의 식품이자 물과 단백질, 지질 그리고 여러 구성요소로 이루어진 유화물이라 할 수 있고 대사작용 및 건강유지 측면에서 생리학적으로 중요한 역할을 수행할 수 있다[4, 11, 17, 24]. 이러한 특성을 이용하여 식품에 우유를 첨가하여 시행한 연구로는 우유를 첨가한 밥의 물성과 영양성 및 기호성 증가[12], 우유단백질과 다당류 혼합물을 첨가한 냉동 반죽의 품질 특성[27], 우유단백질과 검류 첨가 반죽의 물성 및 노화에 관한 연구[28] 등의 연구들에서 공통적으로 우유를 첨가함으로써 영양적인 측면뿐만 아니라 품질면에서는 물성과 기호성을 증진시키는 효과가 있음을 알 수 있다. 그러나 우유를 수리미에 첨가하여 물성과 기호성 증진효과를 본 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 3D 프린터용 혼합물에 적합한 품질을 나타내기 위해서 우유를 실꼬리돔을 원료로 한 수리미에 첨가하여 물성 및 관능적인 증진효과를 실험하여 새롭고 효율적인 3D 프린터용 카트리지를 개발하는데에 목적을 두었다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용된 수리미는 SA급 실꼬리돔(Golden threadfin bream (*Nemipterus virgatus*))으로 JS international (Busan, Korea)에서 구입한 후 실꼬리돔 수리미를 -30℃ 이하의 동결고(Togliere tensione Prima, Iarpsrl Co., Genova,

Italy)에서 저장하며 해동하여 실험에 사용하였다.

시료 준비

동결 저장 중인 실꼬리돔 수리미를 약 4℃ 냉장고에서 해동한 후 Silent cutter (ST11, ADE Co., Hamburg, Germany)에 넣어 분쇄한 후 물과 얼음 그리고 우유를 각 비율에 맞게(Ice water 40%, Ice water 20%+Milk 20%, Milk 40%) 첨가하였다. 이때 첨가한 물은 정수된 물을 냉장 보관하며 사용하였으며, Park et al. [21]의 연구에서 물의 첨가 비율이 40%일 때 최적 조건으로 결론지어 우유의 첨가는 불의 첨가를 대체하는 선에서 이루어졌으며, 물의 첨가량을 초과할 경우 수리미의 겔 형성 자체에 큰 영향을 미치기 때문에 우유의 첨가량은 40%를 넘지 않는 조건으로 진행하였다. 이후 소금(㈜한주소금, Ansan, Korea) 1.2% (w/w), 설탕(CJ제일제당㈜, Seoul, Korea) 1.5% (w/w), 인산염(㈜MSC, Kyeongnam, Korea) 0.5% (w/w)을 차례로 첨가하여 혼합한 후, 충전기(DICK 15LB, DICK Co., Hamburg, Germany)에 공기가 유입되지 않도록 수리미를 넣고 124 mesh의 여과기로 여과하고 PVDC casing에 충전하고 Sealing machine (PACKNER HR-PS2, MAX Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 결찰하였다. 충전한 수리미 중 일부는 가열을 진행하지 않고 비 가열 수리미로 실험을 진행하였다. 가열 수리미의 경우 Park et al. [21]의 방법과 같이 항온수조(JS-WBP-170P, 20 l)를 이용하여 40℃에서 40분간 가열한 후 80℃에서 50분간 열수탱크(DDW-WBT 110, Dongwon Scientific System Co., Busan, Korea)에서 가열하였다. 이 후 5℃ 냉각수에서 30분간 냉각한 후 가열 수리미로 실험을 진행하였다.

색도 측정

색도 측정은 분광색도계(Colormeter, JC 801, Color Technosystem Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정값을 도출하였다. 측정 시 시료를 일정 크기로 절단한 단면을 측정하였으며, 결과 값은 L* (lightness, 명도), a* (redness, 적색도), b* (yellowness, 황색도)값으로 측정된 후 색차 값 ΔE값을 나타냈다. 표준백판 조건 값은 X = 92.35, Y = 83.92, Z = 96.98을 기준으로 실험을 진행하였다.

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

물성 측정

물성 측정은 Lee and Yoo [18]의 방법을 참고하여 진행하였다. 시료를 측정하기 위하여 60 mm 원통형에 지름 40 mm, 높이 15 mm으로 절단하여 담고, P/45 (45 mm diameter aluminum cylinder probe)를 장착한 후 Texture meter (TA-XTplus, SMS Co., Surrey, United Kingdom)를 이용하여 Test Speed 1.00 mm/sec, Post-Test Speed 5.00 mm/sec,

Strain 40%, Trigger Force 5.0 g의 조건에서 5회 이상 측정하여 시료의 Firmness (견고성), Hardness (경도), Adhesiveness (부착성), Springiness (탄력성), Cohesiveness (응집성), Gumminess (겉성), Chewiness (씹힘성), Resilience (복원성)의 평균값을 구하였다.

관능 평가

관능 평가는 부경대학교 식품공학과 학생 중 숙련된 7명의 panel (남 4명, 여 3명, 21~25세)을 선정하여 대상 시료에 대하여 Color (색), Smell (냄새), Fish smell (비린내), Taste (맛), Abnormal taste (이미), Texture (조각감), Hardness (경도), Elasticity (탄력성), Preference (종합적 선호도) 등 9가지 항목을 7점 척도로 평가하였다. 7점 평가 척도에서 7점은 매우 좋음, 1점은 매우 나쁨으로 표시하였다. 참여한 panel들은 부경대학교 기관생명윤리위원회 승인(1041386-202110-HR-53-02)을 득하고 실험을 수행했다.

통계 처리

언어진 모든 실험 결과에 대한 통계 분석은 SAS program (ver. 9.3, SAS Institute, Inc., USA)을 이용하여 실험 처리된 값의 평균값을 분산분석한 후, Duncan's multiple range test 범으로 $p < 0.05$ 수준에서 항목 간의 유의적인 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

색도 측정

각 비율 별 우유(0, 20, 40 wt%)를 첨가한 실꼬리돔 수리미의 색도 측정값을 비교한 결과 비가열 수리미 같은 경우 대조군(negative control)에 비해 우유를 첨가한 수리미의 L*, b*, ΔE 값이 증가하는 것을 확인하였다. a* 값의 경우 우유의 첨가 비율이 높을수록 증가하였지만, 대조군

과 비교하였을 때 유의적인 차이가 없었다(Table 1). 가열 수리미의 경우도 비가열 수리미와 비슷한 양상을 보여 우유의 첨가량이 증가함에 따른 차이는 크게 없었다(Table 2). 비가열 수리미에 비해 가열 수리미의 경우는 L*, b*, ΔE 값이 증가하였고, a* 값은 감소하는 것을 확인하였다. 이는 우유를 첨가한 수리미를 가열 처리하면 가열로 인해 우유 내의 아미노산과 젖당이 아미노카르보닐 반응을 일으켜서 갈색화 된 것으로 보여진다[17]. Jang and Park [6]의 연구에서는 우유 첨가에 따른 증편의 색도 측정값에서 대조군과 비교하였을 때 우유를 첨가한 증편의 L* 값이 증가하는 것을 확인하였고, 증편 내 우유의 첨가량이 증가할수록 L* 값이 증가하는 경향이 있었다고 하였다. Park and Yoon [23]의 연구는 우유를 첨가한 건식 쌀가루 설기떡의 a*, b* 값을 확인한 결과 대조군과 비교하였을 때 우유를 첨가한 설기떡의 a* 값이 감소하는 경향이 있었으나 유의적 차이가 없는 것을 확인하였다. 또한 b* 값은 대조군에 비해 값이 증가하였고, 설기떡 내의 우유의 농도가 높아질수록 b* 값이 증가하는 경향을 나타내었다. 이처럼 각 식품에 우유를 첨가하였을 때 일어나는 공통적인 색도 값의 경향은 실꼬리돔 수리미에 우유를 첨가했을 때도 유사하게 나타났다. 특히 우유 첨가 비율이 증가할수록 L* 값이 증가하였으므로, 수리미의 품질 특성을 좌우하는 큰 요소 중 하나인 백색도를 기준으로 3D 프린터용 실꼬리돔 수리미 혼합물 제조 시 우유 첨가 비율 40 wt%가 가장 우수한 품질을 나타낼 것으로 사료된다.

물성 측정

최근 상용하고 있는 식품 3D 프린팅 기술 중 FDM (Fused Deposition Modeling)의 경우, 고온 및 고압으로 재료를 작은 구멍으로 밀어내어 한 층씩 쌓는 방식이다. 식품의 경우 초콜릿이나 반죽처럼 점성이 있는 식재료를 출력하는 방식에 사용되는 기술이다[18]. 이 방식은 열을 가했을 때 용융되고 냉각이 되면 응고하는 물질에 적합한

Table 1. Color values analysis of unheated surimi products by addition milk

Treatments	L*	a*	b*	ΔE
Control	48.79±0.11 ^c	5.29±0.13 ^b	2.58±0.13 ^c	44.67±0.11 ^a
20 wt%	53.94±0.48 ^b	6.38±0.21 ^a	3.70±0.16 ^b	39.75±0.47 ^b
40 wt%	55.51±0.32 ^a	5.35±0.18 ^a	4.37±0.20 ^a	38.13±0.29 ^c

¹⁾Means in the same column (a-c) bearing different superscript in sample are significantly different ($p < 0.05$).

Table 2. Color value analysis of heated surimi products by addition milk

Treatments	L*	a*	b*	ΔE
Control	72.16±0.20 ^c	-0.67±0.10 ^a	5.05±0.13 ^c	21.49±0.20 ^a
20 wt%	75.08±0.10 ^b	-0.67±0.14 ^a	6.55±0.12 ^b	19.01±0.10 ^b
40 wt%	76.38±0.14 ^a	-0.68±0.22 ^a	7.80±0.16 ^a	18.18±0.12 ^c

¹⁾Means in the same column (a-c) bearing different superscript in sample are significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Texture profile analysis of unheated surimi products by addition milk

Treatments	Firmness	Adhesiveness
Control	683.17±18.53 ^c	-689.43±65.94 ^a
20 wt%	806.41±15.71 ^b	-843.17±63.68 ^b
40 wt%	867.01±22.24 ^a	-873.25±99.53 ^b

¹⁾Means in the same column (a-c) bearing different superscript in sample are significantly different ($p < 0.05$).

방식이다. 그러나 수리미의 경우 단백질이 주성분으로 된 것으로 열을 가하면 응고하는 특성을 지니고 있기 때문에 FDM 방식의 원리를 바탕으로 토출할 경우 미리 응고되어 형태를 형성하기 어려워진다. 따라서 수리미 혼합물을 토출하여 형태를 만든 다음에 가열하거나 알긴산을 혼합하고 칼슘으로 응고시키는 방법[9, 15] 등을 사용하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 3D 프린터용 수리미 혼합물을 제조할 때 우유를 첨가하여 토출하는데 적합한 물성이 되는 조건을 확인하였다. 각 비율 별 우유(0, 20, 40 wt%)를 첨가한 실꼬리돔 수리미의 물성 측정값을 비교한 결과, 비가열 수리미 혼합물의 경우 대조군과 비교하였을 때 우유를 첨가한 수리미의 firmness (견고성), adhesiveness (부착성)의 값이 높았으며, 수리미 내 우유 농도가 높을수록 값이 증가하는 것을 확인하였다(Table 3). 가열 수리미의 경우 대조군과 비교하였을 때 우유를 첨가한 수리미의 탄력성, 응집성, 복원성이 감소하는 경향을 보였으나 유의적 차이가 없는 것으로 확인되었다. 이는 Shon et al. [27] 및 Kim et al. [12]의 연구와 비교했을 때 냉동 반죽에 우유단백질을 첨가하였을 때 탄력성 감소 및 우유 첨가 비율이 높은 취반미 일수록 응집성이 감소

한다는 연구 결과들과 경향이 유사한 것을 확인하였다. 반면, 경도, 부착성, 검성, 씹힘성 값은 대조군보다 우유를 첨가한 수리미의 값이 높았으며, 우유 첨가 농도가 높을수록 값이 증가하는 것을 확인하였다(Table 4). 이는 우유 첨가 비율을 높인 증편일수록 경도와 검성이 유의적으로 증가하는 것을 보고한 연구[6] 및 우유 첨가량이 증가할수록 두부의 굳기 정도가 증가하는 연구[10]와 유사한 경향을 나타낸다. 3D 프린터용 카트리지에 적용되는 소재를 선별할 때 주로 가소성, 점착성, 형상유지성을 고려해야 한다. 가소성은 열가소성 고형물이거나 연질 고형물이어서 3D 프린터로 사출될 수 있어야 하며, 점착성은 bed와 먼저 사출된 물질이 잘 부착되는 성질을 가져야 적층이 가능하며, 형상 유지성은 시료가 사출된 뒤 무너짐 없이 원하는 형상이 유지가 되어야 하기 때문에 필요하다[16]. 점착성과 경도 등은 3D 프린팅에 있어 형태를 유지하게 하는데 중요한 요인으로 수리미에 첨가 안구유를 첨가한 결과[21]와 감자 전분을 첨가한 결과[26]에서도 이와 같은 결과를 나타냈다. 본 연구에서는 우유 첨가 시 가장 뚜렷한 물성 변화를 나타냄을 확인하였고, 위와 같은 결과를 바탕으로 수리미에 우유를 첨가하였을 때 고품질의 3D 프린터용 실꼬리돔 수리미 카트리지로 사용이 가능하다고 사료된다.

관능 평가

우유 첨가 비율에 따른 가열된 실꼬리돔 수리미의 관능 평가 분석 결과는 Table 5와 Fig. 1과 같다. 대조군과 각 수리미의 색 평가점수를 비교한 결과 유의적 차이가 없는 것으로 확인되었다. 냄새, 조직감은 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 우유 첨가 비율이 높아질수록 값이 증가

Table 4. Texture profile analysis of heated surimi products by milk addition

Treatments	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
Control	1768.9±	-131.10±	0.93±	0.80±	1409.77±	1317.9±	0.37±
	151.2 ^c	56.38 ^a	0.05 ^a	0.02 ^a	96.68 ^c	147.02 ^b	0.01 ^a
20 wt%	2021.9±	-141.96±	0.91±	0.79±	1586.85±	1442.7±	0.35±
	166.26 ^b	83.02 ^a	0.07 ^{ab}	0.01 ^{ab}	107.81 ^b	94.29 ^b	0.01 ^b
40 wt%	2657.2±	-226.43±	0.85±	0.77±	2034.36±	1732.6±	0.33±
	186.04 ^a	25.07 ^b	0.04 ^b	0.01 ^b	125.24 ^a	163.77 ^a	0.01 ^c

¹⁾Means in the same column (a-c) bearing different superscript in sample are significantly different ($p < 0.05$).

Table 5. Sensory evaluation of heated surimi products by milk addition

Treatments	Color	Smell	Fishy smell	Taste	Abnormal taste	Texture	Hardness	Elasticity	Preference
Control	5.50±0.96 ^a	3.30±0.75 ^a	3.17±1.07 ^b	3.67±1.49 ^b	4.33±1.25 ^b	5.33±1.11 ^a	4.17±0.69 ^b	5.50±0.96 ^a	4.17±1.34 ^b
20 wt%	5.50±0.96 ^a	4.00±1.00 ^a	4.33±1.11 ^{ab}	4.67±1.11 ^{ab}	5.50±0.96 ^{ab}	6.00±0.82 ^a	4.83±0.37 ^b	5.50±0.50 ^a	5.17±0.90 ^{ab}
40 wt%	5.67±0.94 ^a	4.67±1.11 ^a	5.33±0.94 ^a	6.00±0.82 ^a	5.83±0.90 ^a	6.33±0.75 ^a	5.67±0.01 ^a	5.00±1.00 ^a	6.33±0.47 ^a

¹⁾Means in the same column (a-c) bearing different superscript in sample are significantly different ($p < 0.05$).

References

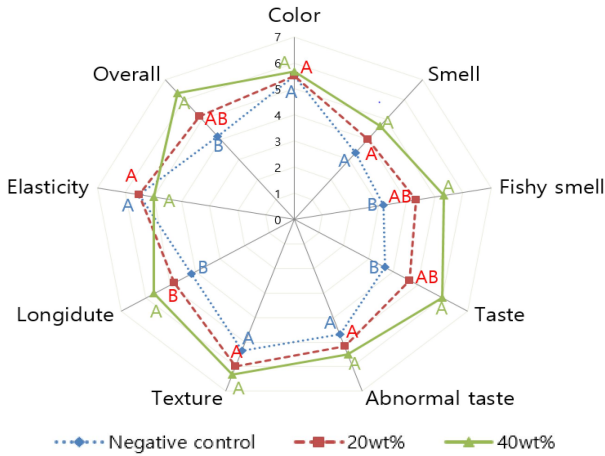


Fig. 1. QDA (Quantitative descriptive analysis) profiles in sensory evaluation of heated surimi products by adding milk. Values with different superscript within products are significantly different ($p < 0.05$).

하였다. 비린내, 맛, 이미, 경도는 우유 첨가 비율이 높아질수록 증가하여 40 wt% 우유 첨가 시 가장 높은 값이 나왔으며, 탄력성은 대조군에 비해 평가 점수가 낮았으나 유의적 차이가 없는 것으로 확인되었다. 경도와 탄력성의 관능 평가 결과는 물성 측정 결과와 경향이 비슷하게 나타났다. 즉, 전반적인 물성과 경도는 우유의 첨가 비율이 높아질수록 높은 점수가 나타났으나, 탄성은 큰 차이가 없었다. 이는 기존에 보고된 참치 안구유를 첨가한 결과 [21]와 유사한 결과가 도출되었다. 냄새, 비린내, 맛과 같은 음식 선호도에 영향을 주는 항목에서 대조군에 비해 우유 첨가 수리미의 점수가 증가함에 따라, 전반적 선호도 역시 우유 첨가 비율이 높아질수록 값이 증가하여 40 wt% 우유 첨가 시 가장 선호도가 높게 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 우유의 첨가로 인한 관능적인 증진 효과가 있음을 확인하였고, 3D 프린터용 실꼬리돔 수리미 혼합물 제조 시 우유 첨가 비율은 냉수를 완전히 대체하는 40 wt%가 가장 바람직한 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2023년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구입니다(과제명: 미래수산식품 연구센터).

The Conflict of Interest Statement

The authors declare that they have no conflicts of interest with the contents of this article.

- Ahn, B. S., Kim, B. G., Jeon, E. B., Lee, I. S. and Oh, K. S. 2019. Quality characteristics by grade of commercial frozen surimi. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.* **52**, 555-561.
- Chae, J. Y., Jeong, C. E., Kim, S. H., Mun, S. H., Kim, S. B. and Kim, Y. M. 2019. Effects of freeze molding on the quality characteristics of alaska pollock *Theragra chalcogramma* surimi snacks. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.* **52**, 445-451.
- Choi, J. D. and Choi, Y. J. 2003. Optimum formulation of starch and non-muscle protein for alkali surimi gel from jack mackerel. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **32**, 1032-1038.
- Fox, K. K., Holsinger, J. H., Caha, J. and Pallanshe, M. J. 1960. Formation of a fat-protein complex in milk by homogenization. *J. Dairy Sci.* **43**, 1396-1406.
- Jang, D. S., Lee, H. S. and Oh, J. C. 2020. Design of IoT System for 3D printer multi-management. *J. KIECS.* **15**, 759-764.
- Jang, J. S. and Park, Y. S. 2008. Quality characteristics of Jeung-Pyun prepared with milk. *J. East Asian Soc. Diet. Life.* **18**, 311-321.
- Jang, Y. B., Kim, G. B., Lee, K. W. and Choi, Y. J. 2006. Alkaline pilot processing for recovery of fish muscle protein and properties of recovered protein. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 1045-1050.
- Jin, H. S. 1999. Functional properties of milk. *J. Dairy Sci. Biotechnol.* **17**, 50-57.
- Kim, H. H., Choi, Y. H., Park, Y. L., Park, J. C., Han, H. S., Kang, Y. S., Kim, S. H., Seo, H. S., Kang, W. S., Kim, S. R., Ryu, S. H., Lee, J. E., Xu, X., Jeong, S. M. and Ahn, D. H. 2021. Change of physical property of Alaska Pollack *Gadus chalcogrammus* surimi with addition of polysaccharide alginic acid for applying to 3D printing. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.* **54**, 145-151.
- Kim, J. M., Kim, H. T., Choi, Y. B., Hwang, H. S. and Kim, T. H. 1993. Effects of cow's milk addition on the quality of soybean curd. *J. Food Sci. Nutr.* **22**, 437-442.
- Kim, K. H., Choi, H. Y., Chun, S. S. and Bae, I. H. 2012. Quality properties of gouda cheese added with fish surimi. *J. Anim. Sci. Technol.* **54**, 23-28.
- Kim, K. J., Kang, S. H. and Kwag, Y. J. 1991. Rheological evaluation of cooked rice with milk. *Kor. J. Food Cook. Sci.* **7**, 71-86.
- Kim, M. J., Kim, M. K. and You, Y. S. 2020. Food 3D printing technology and food materials of 3D printing. *Clean Technol.* **26**, 109-115.
- Kim, S. M., Kim, H. W. and Park, H. J. 2021. Preparation and characterization of surimi-based imitation crab meat using coaxial extrusion three-dimensional food printing. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **71**, 1-8.
- Kim, S. R., Han, H. S., Park, Y. L., Kang, Y. S., Park, J. C., Seo, H. S., Choi, Y. H., Kim, S. H., Jeong, S. M., Kang, W. S., Kim, H. H., Ryu, S. H., Lee, J. E., XU, X., Lee, G. H. and Ahn, D. H. 2021. Effect of calcium type on coagulation of surimi mixture with alginic acid.

- Kor. J. Fish Aquat. Sci.* **54**, 218-223.
16. Lee, H. G. 2017. 3D printing technology and the industry of future food. *Food Preserv. Process. Indust.* **16**, 24-28.
 17. Lee, S. W. 1987. Emulsification characteristics of milk protein. *J. Dairy Sci. Biotechnol.* **5**, 32-37.
 18. Lee, Y. S. and Yoo, B. S. 2000. Effect of compression test conditions on texture profile analysis of surimi-based products. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **32**, 225-230.
 19. 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.
 20. Nachal, N., Moses, J. A., Karthik, P. and Anandharamakrishnan, C. 2019. Applications of 3D printing in food processing. *Food Eng. Rev.* **11**, 123-141.
 21. Park, J. C., Han, H. S., Park, Y. L., Kang, Y. S., Seo, H. S., Choi, Y. H., Kim, S. H., Kim, S. R., Jeong, S. M., Kang, W. S., Kim, H. H., Ryu, S. H., Lee, J. E., Xu, X., Lee, G. H. and Ahn, D. H. 2021. Quality property of surimi mixture by tuna (*Katsuwonus pelamis*) eyeball oil and possibility of application to food 3D printing. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **50**, 843-848.
 22. Park, J. D., Jung, C. H., Kim, J. S., Cho, D. M., Cho, M. S. and Choi, Y. J. 2003. Surimi processing using acid and alkali solubilization of fish muscle protein. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **32**, 400-405.
 23. Park, Y. M. and Yoon, H. H. 2012. Quality characteristics of sulgidduck using dry rice powder added with different amounts of milk. *Culi. Sci. Hos. Res.* **18**, 267-278.
 24. Park, Y. S., Chang, H. G. and Lee, K. W. 2005. Effect of dietary supplement NLG381 on blood glucose and lipid level in streptozotocin-Induced diabetic rats. *Food Eng. Rev.* **9**, 139-147.
 25. Ryu, K. H. and Seo, J. H. 2017. Utilization of 3D CAD and 3D printer and UV curable resin casting defect. *KCS.* **8**, 169-176.
 26. Seo, H. S., Park, Y. L., Park, J. C., Han, H. S., Kang, Y. S., Choi, Y. H., Kim, S. H., Kim, H. H., Jeong, S. M., Kang, W. S., Kim, S. R., Ryu, S. H., Lee, J. E., Xu, X., Lee, G. H. and Ahn, D. H. 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.
 27. Shon, J. H., Jeung, J. I., Oh, D. H., Kim, J. M. and Eun, J. B. 2009. Quality attributes of frozen dough mixed with milk protein-polysaccharide materials. *Kor. J. Food Preserv.* **16**, 518-524.
 28. Yun, Y. and Eun, J. B. 2006. Effects of milk proteins and gums on quality of bread made from frozen dough following freeze-thaw cycles. *Food Sci. Biotechnol.* **15**, 805-813.
 29. Wohlers, T. and Gornet, T. 2014. History of additive manufacturing. *Wohlers Report* **24**, 118-124.

초록 : 수리미 혼합물 제조 시 우유 첨가에 따른 3D 프린팅 적합성에 미치는 영향

강유석¹ · 황혜지¹ · 박예린¹ · 한현수¹ · 박정철¹ · 서훈서¹ · 최예희¹ · 김수형¹ · 우가은¹ · 정소미² · 이가혜² · 안동현^{1*}

(¹부경대학교 식품공학과/식품연구소, ²부경대학교 수산과학연구소)

본 연구에서는 식품 3D 프린터용 카트리지 소재 개발을 위하여 수리미 제조 시 첨가하는 물과 얼음 대신 우유를 첨가하여 색도, 물성, 관능적 특성을 대조군과 비교하여 실험을 진행하였다. 색도 측정 결과, 우유 첨가량이 증가함에 따라 비 가열 수리미 혼합물과 가열 수리미 혼합물 모두 L*값과 b*값이 대조군에 비해 증가하였고, 40 wt% 비율 첨가 시료에서 가장 높은 값이 나오는 것을 확인하였다. 물성 측정 결과는 비 가열 수리미 혼합물의 경우 우유 첨가량이 증가함에 따라 경도와 부착성이 증가하였고, 40 wt% 비율 첨가 시료에서 가장 높은 값이 나오는 것을 확인하였다. 가열 수리미 혼합물의 경우 우유 첨가량이 증가함에 따라 경도, 검성, 부착성, 씹힘성이 증가하고, 탄력성, 응집성, 복원성은 감소하였다. 위의 결과로 우유 첨가 비율이 증가할수록 일정한 경향이 나오는 것을 확인하였다. 관능 평가 결과에서는 우유 첨가량이 증가함에 따라 비린내, 맛, 경도가 유의적으로 개선되는 경향을 보였으며, 냄새, 이미, 조직감이 개선되는 것을 확인하였다. 결론적으로 40 wt% 비율의 우유 첨가 시 수리미의 품질 특성을 좌우하는 큰 요소 중 하나인 백색도 개선과 유효물로서의 물성 증진 효과 및 관능적인 증진효과를 얻어 고품질의 3D 프린터용 실포리듬 수리미 카트리지 소재를 개발할 수 있다는 것을 확인하였다.