KFAS 한국수산과학회지 Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
한수지 54(6), 861-868, 2021

Original Article
Korean J Fish Aquat Sci 54(6),861-868,2021

변성전분이 동결 어묵의 미세구조와 관능적 특성에 미치는 영향

박진석 · 안병규 · 이우진 · 한형구 · 인정진 · 심길보*

부경대학교 식품공학과

Effect of Modified Starch on Microstructure and Sensory Characteristics of Fish Cake

Jin Seok Park, Byoung Kyu An, Woo Jin Lee, Hyeong Gu Han, Jung Jin In and Kil Bo Shim*

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

To confirm the influence of modified starch on frozen storage stability, the microstructure and sensory characteristics of fish cakes, called *Eomuk* in Korea, by using seven varieties of starch, including native starch (NS), physically treated corn starch (MS) and modified starch [treatment with acetate (SA-1, SA-2 and SA-3), hydroxypropyl (HS), and acetylated distarch adipate (ADA)] were evaluated. Scanning electron microscopy (SEM) photographs showed fish cakes with NS had a finer and denser network structure than those made with modified starches. During frozen storage, fish cakes with HS and ADA exhibited a stable structure, as evaluated by porosity and rough surface. The results of the sensory evaluation showed that modified starch, including HS, SA-2 and ADA, increased the taste and firmness of the fish cakes, while NS, MS and the modified starch SA-3 resulted a decrease in the sensory properties during storage. Therefore, HS, SA-2 and ADA are suitable additives to improve the sensory quality of frozen fish cakes.

Keywords: Fish cake, Modified starch, SEM, Sensory evaluation

서 론

어묵을 포함한 어육가공품의 식감 등의 품질은 원료어의 단백질과 전분이 가장 큰 영향을 미친다(Li et al., 2017). 전분은 어육가공품의 수분 보유 능력을 높이고, 어류 단백질을 부분적으로 대체하는 능력뿐만 아니라 저렴한 비용으로 원하는 겔 형성능을 유지할 수 있도록 해주므로 어육가공품에서 가장 많이 사용되는 첨가물이다(Lee et al., 1992). 어육가공품 제조시 첨가한 소금은 연육에서 용출된 근원섬유단백질의 망상구조 형성을 촉진하고, 전분은 물을 가하여 가열하면 팽창하여 단백질의 망상구조를 강화하거나 밀도를 높여 강력한 겔 강도를 유지하게 된다(Kong et al., 2016). 또한, 전분의 호화는 연육 단백질의 망상구조 형성에 중요한 역할을 하며, 이러한 전분의 호화 특성에 따라 식품에서 다양한 용도로 활용이 가능하다. 최근 식품 제조와 유동과정에서 열 안정성, 유동성, 점착성 및 보수력을 제어하기 위해 변성전분의 사용이 증가하고 있다(Min, 2014; Jeong et al., 2020). 변성전분은 쌀, 밀, 감자, 고구마, 옥수수 등의 곡물이나 근경에서 유래한 전분을 소량의 화학물질을 처리하여 전분의 히드록시기와 반응물질과 반응에 의해 화학적으로 변형되거나 이를 호화한 것으로 전분 본래의 물리적 특성을 변형시킨 것을 말한다(MFDS, 2021). 어육가공품에서 변성정분은 동결과 해동과정에서 안전성을 유지하여 빙결정 생성과 드립 발생량을 억제하므로 냉동 유통되는 제품의 품질유지를 위해 주로 사용한다(Lee et al., 1992; Desai, 2006).

중국의 대표적인 내수면 어종인 백련어(silver carp *Hypophthalmichthys molitrix*) 연육에서 변성정분이 미치는 영향을 조사한 결과, 초산에스테르화 및 가교에스테르화된 변성정분이 백련어 연육의 겔 형성능과 백색도를 향상시키는 것으로 나타났다(Liu et al., 2014; Chen et al., 2020; Mi et al., 2021). 그리고 명태 연육에 타피오카 전분(cassava starch)과 타피오카 변성정분(hydroxypropylate, cross-linked, cross-linked hydroxypropylated, and cross-linked acetylated cassava starch)을 첨가

***Corresponding author:** Tel: +82. 51. 629. 5834 Fax: +82. 51. 629. 5824
E-mail address: kbshim@pknu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial Licens (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.2021.0861
Korean J Fish Aquat Sci 54(6), 861-868, December 2021
Received 8 October 2021; **Revised** 27 October 2021; **Accepted** 9 December 2021
저자 직위: 박진석(대학원생), 안병규(대학원생), 이우진(대학원생), 한형구(대학원생), 인정진(대학원생), 심길보(교수)

Copyright © 2021 The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

한 후, 90°C와 120°C에서 열처리하여 겔 강도를 측정한 결과, 저온에서 점성이 낮은 변성정분과 고온에서 점도가 높은 변성정분을 첨가하면 겔 강도가 개선된 반면, 저온에서 점도가 높은 전분은 겔 강도가 저하되므로, 전분을 함유한 수리미 겔 특성은 전분의 점도 및 팽윤 개시 온도와 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Kong et al., 2016).

본 연구에서는 일반전분과 변성전분을 첨가한 어묵을 동결 저장 중 미세구조 변화와 관능적인 특성을 조사함으로서 변성전분이 어묵 제품에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

동결 연육은 명태 연육(KA grade, Indonesia), 실꼬리돔 연육(FA grade, Indonesia와 SA grade, Vietnam)을 사용하였다. 부재료는 정제소금, D-자일로오스, 복합조미식품(핵산 2.5%), 소브산칼륨, 글로코노델타락톤, 글리신, 설탕, 복합인산나트륨을 사용하였다. 전분은 대조구로 소맥분(native starch, NS)을 사용하였으며, 변성정분은 고속 교반과 열처리 등 물리적인 방법으로 처리한 옥수수전분(modified starch, MS), 초산타피오카전분 3종(SA-1, SA-2, SA-3), 히드록시프로필인산이옥수수전분(hydroxypropyl starch, HS), 아세틸아디핀산이옥수수전분(acetylated distarch adipate, ADA)을 선정하여 사용하였다(Table 1).

어묵 제조

어묵은 부산시 소재 어묵 제조업체에서 사용하고 있는 배합비를 활용하여 제조하였으며, 동결 연육은 3가지 종류의 연육을 1:1:1 비율로 사용하였다(Table 2). 전분의 첨가량은 배합비에 따라 대조구와 변성정분을 각각 배합비의 100%를 첨가하여 제조하였다. 해동한 연육 1.5 kg (명태, 실꼬리돔 2종, 각각 500 g)을 연육혼합기(UMC-5; STEPHAN food service equipment GmbH, Hameln, Germany)로 1 min간 고기갈이한 후, 식염을 첨가하여 1 min, 전분 첨가 후 1 min, 기타 첨가물을 투입하고

Table 1. Types of native and modified starch

Code	Type	Product name	Manufactory Co.	Material sources
NS	Native starch	Wheat flour	Sajo Donga One, Korea	Wheat flour
MS	Modified starch	Batter starch	Deasang, Korea	Corn starch and physical treatment
SA-1	Starch acetate	Neulpum TH-202	Ilji Starch, Korea	Tapioca starch and potato starch
SA-2	Starch acetate	Neulpum TH-101	Ilji Starch, Korea	Tapioca starch and potato starch
SA-3	Starch acetate	Starchmix-M	Eiamheng Modified Starch Co. Ltd., Thailand	Tapioca starch, dextrin and guar gum
HS	Hydroxypropyl starch	HeatSTA 200	Deasang, Korea	Corn starch
ADA	Acetylated distarch adipate	Acetylated Distarch Adipate	Deasang, Korea	Corn starch

Table 2. Formula for the manufacturing fish cake with native and modified starches

Material	Concentration (%)	Treatment (NS: MS)	
		100 (g)	50:50 (g)
Fish paste (Surimi)	84.03	1,500	1,500
Starch	12.61	225	225 (NS:MS[3]=112.5:112.5)
Salt	1.26	22.5	22.5
D-Xylose	0.25	4.5	4.5
Monosodium L-glutamate (MSG)[1]	0.67	12	12
Potassium sorbate	0.25	4.5	4.5
Glucono-δ-lactone	0.29	5.2	5.2
Glycine	0.25	4.5	4.5
Sugar	0.25	4.5	4.5
Sodium Phosphate[2]	0.14	2.5	2.5
Total	100	1,785	1,785

[1]A mixture of disodium 5'-inosinate (IMP) and disodium 5'-guanylate (GMP). [2]A mixture of sodium tripolyphosphate and sodium pyrophosphate. [3]NS, native starch; MS, modified starch.

진공상태에서 5 min간 고기갈이를 하였다. 고기갈이가 완료된 연육은 충진기(NewTech, Daegu, Korea)에 넣어 폴리프로필렌 필름(50 mm, ø34 mm, Vector plastic casing; Chunyang global Co. Ltd., Seoul, Korea)에 충진한 후, 95°C에서 30 min간 가열 후, 얼음물에서 냉각하여 어묵의 탄력 유지와 미생물 오염을 방지하였다. 제조한 어묵은 -20°C에서 동결 저장하여 실험하였고, 동결된 어묵은 20 min간 유수 해동하여 시료로 사용하였으며, 일주일 간격으로 1개월 동안 어묵의 품질을 조사하였다.

전자주사현미경(scanning electron microscope, SEM)

어묵의 미세구조를 관찰하기 위해 각 시료의 단면을 얇게 잘라 동결 건조한 후, 각각의 시료에 ion sputter법으로 gold ion을 코팅하였으며(E-1010; Hitachi Instrument Inc., San Jose, CA, USA), 전자주사현미경(Scanning electron microscope, SEM; JSM-6490LV; JEOL, Tokyo, Japan)으로 구조를 관찰하였다. 이미지는 15 kV의 전자 가속 전압으로 얻었으며, 모양과 형태는 sigma-scan pro (Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)의 이미지 분석 소프트웨어로 저배율(×75)과 고배율(×200)로 이동하면서 미세구조를 관찰하였다.

관능평가

관능평가는 20명의 숙련된 패널(20-30대)을 대상으로 제조한 어묵의 맛, 향, 경도, 씹힘성, 탄력성과 색택에 대하여 7점 점수법(7점, 매우 좋다; 6점, 좋다; 5점, 약간 좋다; 4점, 보통이다; 3점, 약간 나쁘다; 2점, 나쁘다; 1점, 매우 나쁘다)으로 평가하였다.

통계처리

분석결과에 대한 통계적인 유의성 검정은 Statistical Packages for Social Science (Ver. 25; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 Duncan's multiple range test로 유의수준 5% 이내($P<0.05$)로 각 평균값에 대한 유의적 차이를 조사하였으며, 데이터는 평균값과 표준편차로 표시하였다.

결과 및 고찰

주사전자현미경(SEM) 관찰

대조구인 소맥분을 첨가한 어묵과 변성정분을 첨가한 어묵의 동결 저장 중 미세구조의 변화를 주사전자현미경으로 관찰한 결과를 Fig. 1-Fig. 7에 나타내었다.

대조구인 소맥분(NS)을 첨가한 어묵의 제조 후 SEM 이미지는 아주 촘촘한 망상구조를 이루고 있고, 매끄럽고 편평한 구조를 나타내었으나, 저장기간이 길어질수록 동결로 의한 어묵 조직의 손상으로 균일함은 저하되고 불규칙한 구조가 증가하여 표면이 거칠어졌다(Fig. 1). 이러한 현상은 동결 저장 과정에서 생성된 빙결정에 의해 어묵의 미세구조가 변화하여 나타난 것으로 판단된다. 통밀 전분과 A, B형 과립 전분의 반죽을 8주간 동결 저장 시 물리적, 화학적 특성을 연구한 결과에서, 냉동초기에는 SEM 이미지가 모두 천연 전분과 유사한 형태로, A형 과립은 렌즈 모양, B형 과립은 구형이었으나, 동결 저장 과정에서 A형 과립의 표면이 거칠어진 반면, B형 과립은 불완전 과립의 형태로 변하여 끊어지는 현상을 나타내었다(Ao and Jane, 2007; Yang et al., 2019). 전분 반죽을 동결 저장 시 온도와 보관 기간은 전분의 구조에 큰 영향을 미치는데, 동결과 해동을 하지 않은 전분의 표면은 매우 매끄럽지만, 동결과 해동을 거친 전분의 표면에 홈이 발견되었다. 이것은 동결 과정에서 생성된 내부 또는 외부의 얼음 결정이 같은 양의 물보다 더 많은 공간을 차지하여 압착력을 생성하므로 전분 과립은 동결 압력으로 압축되고, 과립의 상 변형으로 부서지게 된 것이다(Feng et al., 2020). 또한, 동결 저장에서 밀 전분 과립의 변형, 붕괴 또는 유착이 전분의 구조 변화를 초래하여 전분과 글루텐으로 구성된 조직도 파괴한다고 보고되었다(Feng et al., 2020).

MS를 첨가한 어묵은 NS를 첨가한 어묵에 비하여 제조 직후에 표면이 거칠고, 조직에서 큰 공극이 나타났으며, 동결 저장

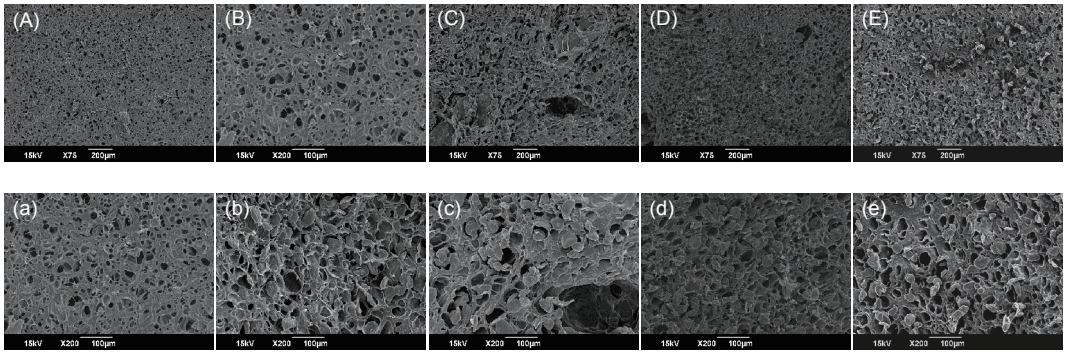

Fig. 1. Photomicrographs at ×75 (up) and ×200 (down) of fish cakes with NS during storage at -20°C for 4 weeks by SEM. A and a, 0 week; B and b, after 1 week; C and c, after 2 week; D and d, after 3 week; E and e, after 4 week; NS, native starch; SEM, scanning electron microscopy.

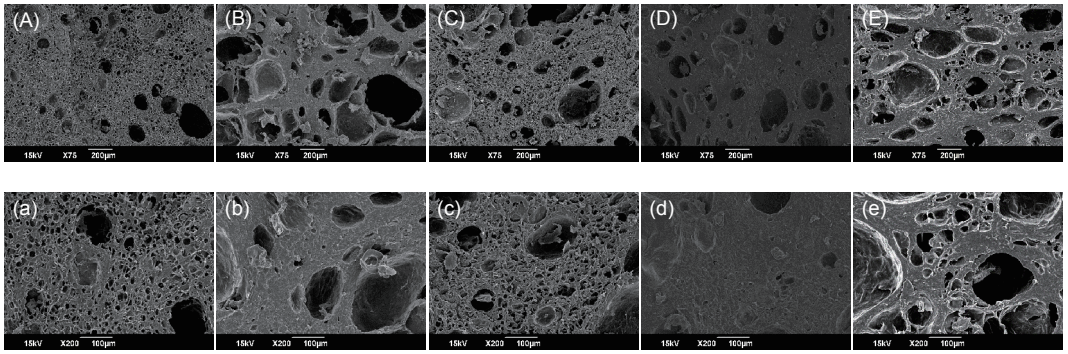

Fig. 2 Photomicrographs at ×75 (up) and ×200 (down) of fish cakes with MS during storage at -20°C for 4 weeks by SEM. A and a, 0 week; B and b, after 1 week; C and c, after 2 week; D and d, after 3 week; E and e, after 4 week; MS, modified starch; SEM, scanning electron microscopy.

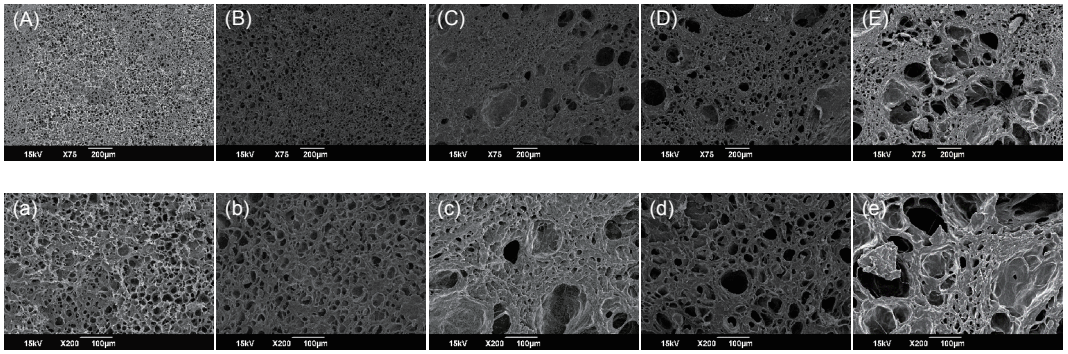

Fig. 3. Photomicrographs at ×75 (up) and ×200 (down) of fish cakes with SA-1 during storage at -20°C for 4 weeks by SEM. A and a, 0 week; B and b, after 1 week; C and c, after 2 week; D and d, after 3 week; E and e, after 4 week; SA-1, starch acetate-1; SEM, scanning electron microscopy.

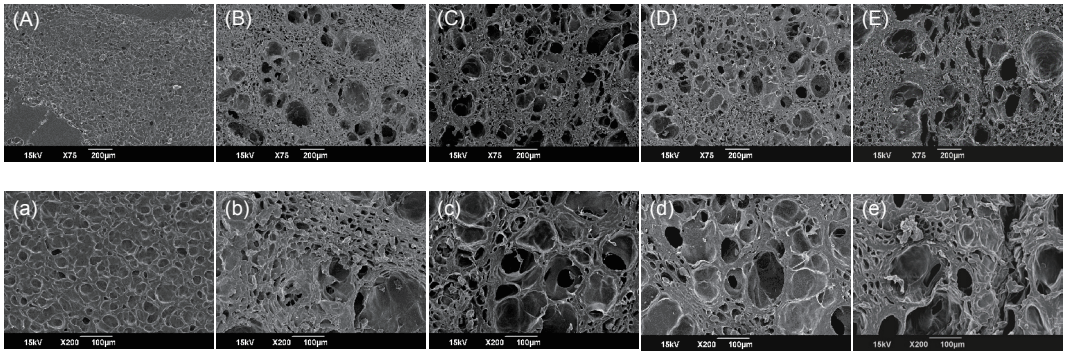

Fig. 4. Photomicrographs at ×75 (up) and ×200 (down) of fish cakes with SA-2 during storage at -20°C for 4 weeks by SEM. A and a, 0 week; B and b, after 1 week; C and c, after 2 week; D and d, after 3 week; E and e, after 4 week; SA-2, starch acetate-2; SEM, scanning electron microscopy.

기간이 길어질수록 공극은 더 커졌으며, 표면도 더 거칠어졌다 (Fig. 2).

SA-1과 SA-2를 첨가한 어묵은 제조 후부터 동결 저장 3주까지는 어묵 조직에서 큰 공극없이 일정한 망상구조를 가지고 있으나, 4주부터는 큰 공극이 생성되고 거친 단면이 확인되었다 (Fig. 3, Fig. 4). SA-3를첨가한 어묵은 동결 저장 첫 주에는 공

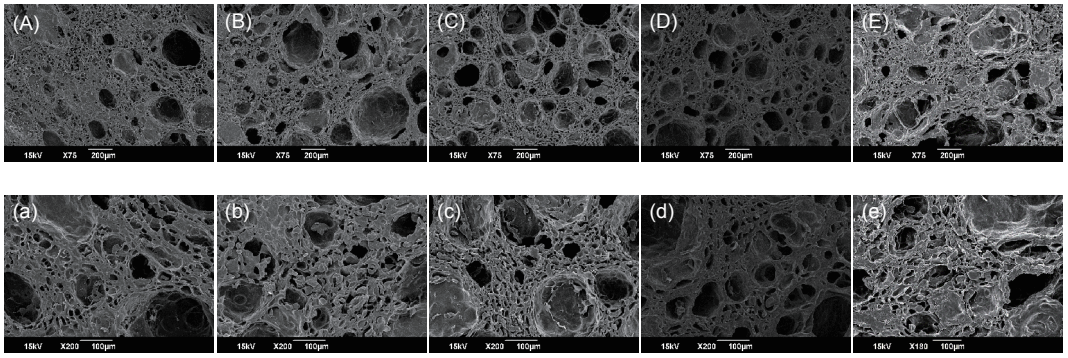

Fig. 5. Photomicrographs at ×75 (up) and ×200 (down) of fish cakes with SA-3 during storage at -20°C for 4 weeks by SEM. A and a, 0 week; B and b, after 1 week; C and c, after 2 week; D and d, after 3 week; E and e, after 4 week; SA-3, starch acetate-3; SEM, scanning electron microscopy.

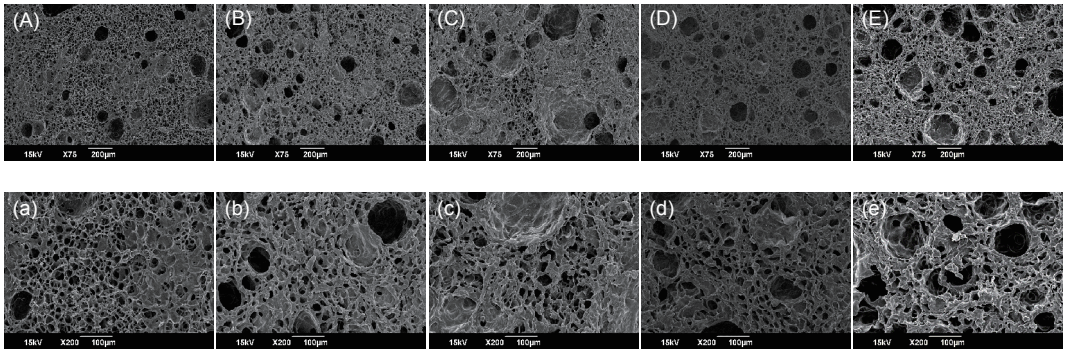

Fig. 6. Photomicrographs at ×75 (up) and ×200 (down) of fish cakes with HS during storage at -20°C for 4 weeks by SEM. A and a, 0 week; B and b, after 1 week; C and c, after 2 week; D and d, after 3 week; E and e, after 4 week; HS, hydroxypropyl starch; SEM, scanning electron microscopy.

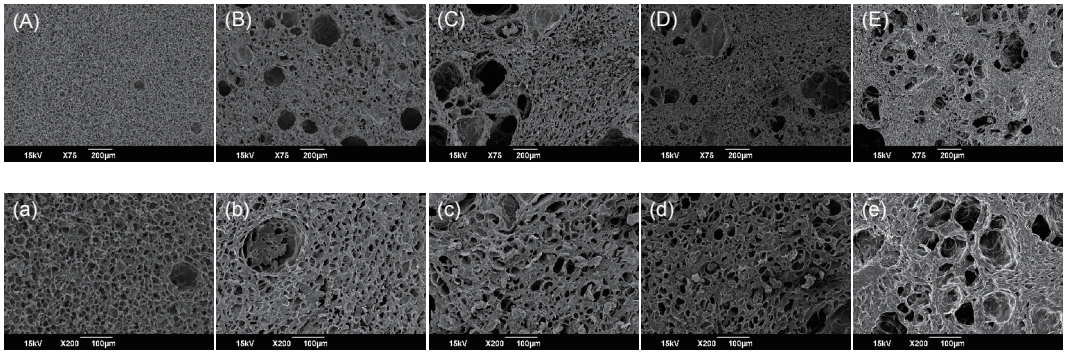

Fig. 7. Photomicrographs at ×75 (up) and ×200 (down) of fish cakes with ADA during storage at -20°C for 4 weeks by SEM. A and a, 0 week; B and b, after 1 week; C and c, after 2 week; D and d, after 3 week; E and e, after 4 week; ADA, acetylated distarch adipate; SEM, scanning electron microscopy.

극의 크기가 커지기 시작하다가 2주부터는 200 μm 이상의 큰 공극도 간헐적으로 나타났으며, 4주까지 비슷한 양상으로 나타났다(Fig. 5). HS와 ADA를 첨가한 어묵은 제조 후에는 대체적으로 촘촘하고 일정한 공극이 나타났으나, 동결 저장 2주 후부터 부분적으로 공극의 크기가 커지고, 단면이 거칠게 보였다. 공극의 크기와 단면 표면의 거친 정도는 대조구와 다른 변성정

분을 첨가한 어묵과 비교했을 때 크지 않았다(Fig. 6, Fig. 7).

전분 용액의 점도는 물을 흡수하고 팽창하는 능력과 밀접한 관련이 있으며, 일반적으로 전분 과립의 팽윤 능력이 증가하면 겔 강도가 증가하므로, 높은 점도에서는 더 많은 물이 흡수되고 더 큰 팽창을 하게 된다(Zhou et al., 2017).

히드록시프로필 타피오카 변성정분은 물을 흡수하고 40°C 이하에서 팽창하여 저온에서 myosin 중합을 방해하여 더 단단한 최종 겔 네트워크를 형성할 수 있어 히드록시프로필 타피오카 변성정분을 첨가한 연육의 겔 강도는 타피오카 전분을 첨가한 연육의 겔 강도보다 낮다. 이는 다른 타피오카 변성정분을 첨가한 연육의 겔에 비해 히드록시프로필 타피오카 변성정분을 첨가한 연육의 겔에서 변형이 적게 일어난 것으로 보고하였다(Kong et al., 2016).

Jeong et al. (2020)에 의하면 소맥분(NS)을 첨가한 어묵의 겔 강도가 다른 변성정분보다 높았으나, 동결저장 중 압출 드립 발생량은 NS를 첨가한 어묵이 가장 높았다. 저장기간동안 압출

Table 3. Sensory evaluation of fish cakes with native and modified starch during storage at -20°C

Sensory parameters	Storage period (week)	Score						
		NS	MS	SA-1	SA-2	SA-3	HS	ADA
Taste	0	4.50±1.29^{ab}	3.79±0.97^{b}	4.50±1.51^{ab}	4.64±1.15^{ab}	5.14±1.10^{a}	5.00±0.96^{a}	4.36±0.93^{ab}
	1	2.63±1.30^{c}	1.25±0.46^{d}	4.88±0.64^{ab}	5.75±1.16^{a}	4.00±0.53^{b}	4.88±0.35^{ab}	5.13±1.36^{a}
	2	4.56±1.33^{ab}	3.00±1.50^{b}	3.44±1.42^{ab}	4.56±1.88^{ab}	4.56±1.94^{ab}	4.44±0.88^{ab}	4.67±1.32^{a}
	3	4.45±1.29^{ab}	2.36±1.03^{c}	3.64±1.36^{b}	5.09±0.70^{a}	4.91±0.83^{a}	4.18±1.40^{ab}	4.73±0.79^{a}
	4	4.71±1.33^{a}	2.14±1.17^{c}	3.64±1.01^{b}	5.21±1.79^{a}	2.14±1.12^{c}	4.43±1.16^{ab}	4.86±1.41^{a}
Flavor	0	4.00±1.1^{ab}	3.57±1.2^{ab}	3.79±1.37^{ab}	4.00±1.30^{ab}	4.50±0.94^{a}	4.07±1.00^{ab}	3.14±0.95^{b}
	1	3.75±0.71^{b}	1.63±1.06^{c}	4.50±1.31^{b}	5.63±1.06^{a}	3.50±1.31^{b}	4.38±1.41^{b}	3.75±0.46^{b}
	2	3.56±1.42^{abc}	3.11±1.76^{bc}	2.89±1.96^{c}	4.78±1.39^{a}	4.44±1.24^{ab}	3.89±1.27^{abc}	4.56±1.13^{ab}
	3	4.00±1.41^{NS}	3.00±1.26	3.36±1.57	4.00±0.89	4.09±1.38	4.09±1.30	4.18±1.25
	4	4.00±1.11^{ab}	2.43±1.09^{c}	3.29±1.07^{b}	4.57±1.09^{a}	4.07±0.92^{ab}	4.21±0.89^{a}	4.64±0.93^{a}
Hardness	0	4.86±1.10^{NS}	4.29±0.91	4.86±1.41	4.36±1.15	4.00±0.78	4.93±1.07	4.64±1.50
	1	3.25±0.46^{c}	3.50±1.51^{c}	5.25±1.16^{a}	5.88±0.83^{a}	3.63±0.92^{c}	4.13±0.35^{bc}	4.88±1.25^{ab}
	2	4.33±1.22^{NS}	4.56±1.59	4.44±1.24	5.00±1.22	3.67±1.58	4.89±0.78	4.56±1.24
	3	4.18±1.33^{ab}	4.00±1.26^{b}	4.73±1.01^{ab}	4.64±1.21^{ab}	3.91±1.14^{b}	4.18±1.33^{ab}	5.27±0.79^{a}
	4	5.21±0.89^{a}	3.93±1.27^{cd}	5.00±0.78^{ab}	4.93±0.83^{ab}	3.29±1.07^{d}	4.36±1.22^{bc}	5.00±0.96^{ab}
Chewiness	0	4.57±1.45^{NS}	4.43±0.85	5.15±1.35	5.00±0.96	4.36±1.08	4.29±0.99	4.29±1.27
	1	3.38±1.77^{cd}	2.38±1.30^{d}	5.63±0.52^{a}	5.38±1.41^{a}	3.88±0.35^{bc}	5.00±0.76^{ab}	4.63±1.06^{ab}
	2	4.33±1.32^{NS}	4.22±1.48	4.44±1.81	4.22±1.09	3.89±1.05	4.11±0.78	4.22±1.30
	3	3.82±1.25^{NS}	3.64±1.29	4.45±1.13	4.36±1.29	3.73±1.62	4.55±1.29	4.18±1.25
	4	4.71±1.20^{ab}	3.71±1.73^{bc}	4.21±1.25^{ab}	4.93±1.07^{a}	3.21±0.97^{b}	4.29±0.99^{ab}	4.57±1.09^{ab}
Springiness	0	5.00±0.88^{ab}	4.64±0.84^{ab}	5.50±1.16^{a}	4.79±1.05^{ab}	4.14±1.17^{b}	4.43±1.09^{b}	5.36±1.08^{a}
	1	1.75±0.46^{d}	2.13±1.13^{d}	5.88±0.64^{a}	4.13±1.55^{b}	2.63±0.92^{cd}	3.75±1.04^{bc}	3.50±1.41^{bc}
	2	4.56±1.67^{NS}	3.67±1.50	3.89±1.45	4.11±1.83	3.67±1.50	4.78±1.20	4.22±1.64
	3	3.82±1.33^{NS}	3.55±1.57	4.45±0.82	3.91±1.45	3.55±1.21	3.91±1.04	4.18±0.98
	4	4.29±1.33^{ab}	3.43±1.28^{bc}	4.29±0.83^{ab}	5.00±0.96^{a}	3.00±0.88^{c}	4.71±0.91^{a}	4.43±1.34^{a}
Appearance	0	3.57±0.51^{b}	4.93±1.54^{a}	4.14±1.46^{abc}	4.21±0.97^{abc}	5.07±1.07^{a}	4.14±1.23^{abc}	3.93±1.77^{bc}
	1	1.25±0.46^{c}	3.25±1.83^{ab}	3.63±0.52^{ab}	3.00±0.76^{b}	3.88±1.89^{ab}	4.50±0.53^{a}	4.00±1.69^{ab}
	2	4.11±1.69^{ab}	4.33±0.71^{ab}	2.67±1.12^{c}	3.11±1.69^{bc}	4.78±1.64^{a}	5.11±1.27^{a}	3.67±1.32^{abc}
	3	3.09±1.22^{b}	3.18±1.40^{b}	3.64±1.36^{ab}	4.55±0.82^{a}	3.73±1.42^{ab}	4.55±1.13^{a}	4.36±1.21^{a}
	4	2.71±1.64^{c}	3.86±1.10^{ab}	2.86±1.17^{bc}	3.50±1.09^{abc}	3.43±1.09^{abc}	4.14±1.23^{a}	3.29±1.33^{abc}

NS, native starch; MS, modified starch; SA-1, starch acetate-1; SA-2, starch acetate-2; SA-3, starch acetate-3; HS, hydroxypropyl starch; ADA, acetylated distarch adipate. Data were given as mean values±standard deviation. a-d; Different letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$) between mean values.

드립 발생량은 NS > MS > SA-3 > SA-1, SA-2 > ADA, HS의 순이었으며, 변성전분 첨가에 따른 어묵의 동결 안정성이 확인되었다. 이들 결과는 본 연구의 SEM 이미지 결과와 유사한 것으로 나타났다.

변성정분 첨가로 인한 어묵의 품질 향상은 pregelatinization 변성정분을 첨가한 경우 냉수 점성 발현과 어묵의 보수력과 강도 저하에 효과가 있으며, cross linking 변성정분은 열 안전성, 냉·해동 안전성과 겔 강도 증가에 효과가 있다(Han and Lee, 2014). 그리고 acetylation, hydroxypropylation 변성정분은 겔 강도 증가, 부드러운 텍스쳐, 냉·해동 안전성에 효과가 있다고 알려져 있다(Tuankriangkrai and Benijakul, 2010; Mi et al., 2019; Jeong et al., 2020).

관능 평가

변성정분을 첨가한 어묵의 동결 저장 기간에 따른 관능 평가 결과는 Table 3에 나타내었다. 어묵 제조 후, 맛에서 가장 높은 점수를 받은 것은 SA-3를 첨가한 어묵(5.14점)이었으나, 동결 저장 4주 후에는 2.14점으로 급격하게 저하되었다. 대조구로 사용된 NS와 변성정분인 SA-2와 ADA를 첨가한 어묵은 어묵 제조 후에 각각 4.50점, 4.64점, 4.36점이었으며, 4주 후에도 맛에서 큰 변화없이 각각 4.71점, 5.21, 4.86점으로 나타났다. 변성정분인 SA-1과 HS를 첨가한 어묵은 제조 후에는 4.50점과 5.00점이었으나, 4주 후 맛은 다소 감소하여 각각 3.64점 4.43점으로 나타났다. 반면, MS를 첨가한 어묵은 다른 어묵에 비하여 맛에서 점수가 매우 낮은 것으로 나타났다.

향에서는 MS를 첨가한 어묵이 1주 후 1.63점으로 가장 낮았으며, 4주 저장 후에도 2.43점으로 가장 낮은 것으로 나타났으며, 경도, 씹힘성과 탄력성을 평가한 결과에서는 NS를 첨가한 어묵의 경우 동결 저장 중 가장 크게 변화하였으며, SA-1, SA-2, HS, ADA를 첨가한 어묵은 제조 후와 4주 후에도 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 외관에서는 NS를 첨가한 어묵은 4주 간의 저장기간동안 가장 큰 폭으로 변화하였으며, HS를 첨가한 어묵이 저장기간동안 가장 좋은 평가를 받았다.

맛과 경도 등 물성적인 측면에서는 변성정분인 SA-1, SA-2, HS, ADA을 첨가한 어묵이 동결 저장 중 우수한 것으로 나타났다.

일반적으로 어묵의 강도를 증가시키는 옥수수 전분, 소맥 전분, 타피오카 전분과는 달리 어묵제품(핫바)에 변성정분을 첨가하면 단단하면서도 탄력있는 식감을 나타나는 것으로 보고되어(Han and Lee, 2014), 본 연구결과와 유사하였다.

일반적으로 전분의 아밀로즈 함량은 겔 강도와 밀접한 영향이 있는 것으로 알려져 있다(Rolland-Sabaté et al., 2012). 옥수수와 타피오카전분과 같은 아밀로즈 함량이 높은 전분(당류의 28%와 16.8-19.0%)은 고분자의 긴 선형사슬 때문에 더 높은 겔 강도를 나타내며, 이 사슬은 용액에 녹고 가열하는 동안 수소결합에 의해 어육의 겔 매트릭스와 연결되어 질감에 변화를 주므로(Karmakar et al., 2014), 본 연구에서 사용된 다양한 전분의 아밀로즈 함량은 어묵의 겔 강도에 영향을 주고, 이로 인한 관능적인 차이로 나타난 것으로 판단된다.

본 연구에서 동결 저장을 목적으로 하는 어묵 제품에 적합한 변성전분으로 HS, SA-1이라고 보고한 Jeong et al. (2020)과는 달리, 관능적인 특성을 고려하면 변성정분인 HS, SA-2와 ADA가 동결 저장 중 어묵의 품질 변화가 가장 적었으며, 관능적인 품질도 다른 변성전분에 비하여 우수하였다. 따라서 어묵 제품에 변성전분은 사용하고자 하는 목적에 맞는 제품을 선택하는 것이 품질향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2020년)에 의하여 수행된 연구이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

References

Ao Z and Jane J L. 2007. Characterization and modeling of the A- and B-granule starches of wheat, triticale, and barley. Carbohydr Polym 67, 46-55. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.04.013.

Chen J, Deng T, Wang C, Mi H, Yi S, Li X and Li J. 2020. Effect of hydrocolloids on gel properties and protein secondary structure of silver carp surimi. J Sci Food Agric 100, 2252-2260. https://doi.org.10.1002/jsfa.10254.

Desai AS, Joshi VR and Pagarkar. 2006. Effect of modified starch on the shelf life of frozen fish kamaboko with prepared spinach. J Indian Fish Assoc 33, 175-182.

Feng W, Ma S and Wang X. 2020. Quality deterioration and improvement of wheat gluten protein in frozen dough. Grain Oil Sci Technol 3, 29-37. https://doi.org/10.1016/j.gaost.2020.02.001.

Han JS and Lee SM. 2014. Improvement of surimi seafood using modified food starches. Food Sci Ind 47, 33-38.

Jeong YG, Park JS, Jeong YR, Chun BS, Park DC, Lee HS, Jang MS and Shim KB. 2020. Effect of modified starch on the frozen storage stability of fish cake Eomuk. Korean J Fish Aquat Sci 53, 290-296. https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0290.

Karmakar R, Ban DK and Ghosh U. 2014. Comparative study of native and modified starches isolated from conventional and nonconventional sources. Int Food Res J 21, 597-602.

Kong W, Zhang T, Feng D and Xue Y. 2016. Effects of modified starches on the gel properties of Alaska pollock surimi subjected to different temperature treatments. Food Hydrocoll 56, 20-28. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.11.023.

Lee CM, Wu MC and Okada M. 1992. Ingredient and formulation technology for surimi-based products. In: Surimi Technology. Lanier TC and Lee CM, eds. Marcel Dekker Inc., New York, NY, U.S.A., 273-302.

Li T, Zhao J, Huang J, Zhang W, Huang J, Fan D and Zhang dan H. 2017. Improvement of the quality of surimi products with overdrying potato starches. J Food Qual 2017, 1417856. https://doi.org/10.1155/2017/1417856.

Liu H, Nie Y and Chen H. 2014. Effect of different starches on colors and textural properties of surimi-starch gels. Inter J Food Prop 17, 1439-1448. https://doi.org/10.1080/10942912.2012.680224.

MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2021. Korea food additives code. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/04_03.jsp?idx=161 on Sep 26, 2021.

Mi H, Wang C, Su Q and Li X. 2019. The effect of modified starches on the gel properties and protein conformation of *Nemipterus virgatus* surimi. J Texture Stud 50, 571-581. https://doi.org/10.1111/jtxs.12466.

Mi H, Li Y, Wang C, Yi S, Li X and Li J. 2021. The interaction of starch-gums and their effect on gel properties and protein conformation of silver carp surimi. Food Hydrocoll 112, 106290. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106290.

Min BC. 2014. New modified food starch products and strategy of development. Food Sci Ind 47, 2-10.

Rolland-Sabaté A, Sánchez T, Buléon A, Colonna P, Jaillais B, Ceballos H and Dufour D. 2012. Structural characterization of novel cassava starches with low and high-amylose contents in comparison with other commercial sources. Food Hydrol 27, 161-174. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.07.008.

Tuankriangkrai S and Benijakul S. 2010. Effect of modified tapioca starch on the stability of fish mince gels subjected to multiple freeze thawing. J Muscle Foods 21, 399-416. https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2009.00190.x.

Yang Q, Zhang W, Luo Y, Li J, Gao J, Yang P, Gao X and Feng B. 2019. Comparison of structural and physicochemical properties of starches from five coarse grains. Food Chem 288, 283-290. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.134.

Zhou X, Jiang S, Zhao D, Zhao J, Gu S, Pan Z and Ding Y. 2017. Changes in physicochemical properties and protein structure of surimi enhanced with camellia tea oil. LWT-Food Sci Technol 84, 562-571. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.026.