

박토시스 처리가 튀김어묵의 저장 중 미생물 생육 및 품질에 미치는 영향

강지훈 · 라채훈 · 김선화¹ · 손희원¹ · 정하열*
한경대학교 식품생명화학공학부 및 글로벌 K-푸드 연구소, ¹(주)빅솔

Effects of Bactocease Treatment on Microbial Growth and Quality of Fried Fish Paste During Storage

Ji-Hoon Kang, Chae Hun Ra, Seon Hwa Kim¹, Hee Won Shon¹, and Ha-Yull Chung*

Department of Food Science and Biotechnology and Global K-Food Research Center, Hankyong National University
¹VIXXOL Corporation

Abstract

This study investigated the effect of bactocease, as a natural preservative, on the microbial growth and quality of fried fish paste during storage. To select the optimal concentration of bactocease, the inhibition effect of its different treatment concentrations (0.2, 0.4, and 0.8%) on total aerobic bacteria in fish paste dough during 5 days of storage was examined. The sample treated with 0.4% bactocease showed a 1.21 log reduction in microorganisms compared with that of the control. This result was higher than that with 0.2% bactocease and potassium sorbate and similar to that with 0.8% bactocease. Consequently, 0.4% bactocease was chosen as the best concentration for preparing the fried fish paste. Microbial growth on fried samples treated with preservatives was more inhibited by adding preservatives regardless of their type than that of the control after 15 days of storage. In addition, there were no significant differences in the quality between the samples treated with 0.4% bactocease and 0.2% potassium sorbate, such as volatile basic nitrogen contents, TBARS values, pH, and acidity. Therefore, these results indicate that food preservatives should be added into fried fish paste for controlling microbial growth, and bactocease can have a high potential to replace potassium sorbate in processed marine foods, including fried fish paste.

Key words: bactocease, natural preservative, microbial growth, quality, fried fish paste

서 론

어묵은 어육 내 존재하는 염용성 단백질을 용출시켜 고기같은 고기풀에 다양한 부재료와 첨가물을 혼합, 성형한 어육가공품으로 구운 어묵, 찌어묵, 삶은 어묵, 건조 어묵, 튀김어묵 등 많은 종류가 있으며(Choi et al., 2012; Shim et al., 2012), 다른 동물성 단백질 제품과 비교해 가격이 저렴하여 소비자들에게 많이 이용되고 있는 식품이다(Park et al., 2015; Seo et al., 2020). 특히, 튀김어묵은 제조 공정 중 고온의 가열 처리(160-170°C)가 수반되기 때문에 다른 어묵 제품에 비해 높은 위생성을 가지며, 이러한 특성으로 전체 어묵 생산량의 60%가 튀김어묵으로 생산 및 판매되고 있다(Yun et al., 2017). 최근 연구 보고에 따

르면, 어묵과 같은 어육가공품의 저장성 향상과 미생물 제어 위해 인체에 대한 위해성이 낮은 소르빈산칼륨이 식품보존료로써 사용되고 있으며, 축산가공품에 대한 사용 비중보다 높은 것으로 나타났다(Jeong et al., 2020).

소르빈산칼륨은 아질산염과 같은 다른 합성보존료와 비교하여 상대적으로 안전하지만, 축산 및 어육가공품에 0.2% 이하로 사용하도록 규제되고 있다(Kim et al., 1999; Son et al., 2009). 이와 더불어, 합성보존료 사용에 따른 체내 축적과 발암성과 같은 부작용 발생 가능성 등 지속적인 안전성 문제가 제기되고 있어(Lee et al., 2012), 합성보존료를 대체할 수 있는 천연보존료의 사용이 필요한 실정이다. 축산가공품의 경우, 소르빈산칼륨 등 다양한 합성보존료 대체를 위한 천연보존료 적용 연구가 수행되고 있다(Son et al., 2009; Lee et al., 2012; Beya et al., 2021). 그러나 소르빈산칼륨의 활용도가 더 큰 어묵의 경우에는 현재까지 멸치 분말, 강황 분말, 갈색저거리 유충 분말, 홍삼 분말, 아로니아 착즙액 등을 첨가하여 기능성 향상과 품질 개선을 목표로 한 연구(Bae & Lee, 2007; Shim et al., 2012; Park et al., 2015; Yun et al., 2017; Seo et al.,

*Corresponding author: Ha-Yull Chung, Professor, Department of Food Science & Biotechnology, Hankyong National University, 327 Joon-gang-ro, Anseong, Gyeonggi 17579, Korea
Tel: +82-31-670-5156; Fax: +82-31-670-5159
E-mail: chy@hknu.ac.kr
Received January 10, 2022; revised January 10, 2022; accepted January 19, 2022

2020)가 주로 수행되었으며, 합성보존료 대체 연구는 현재 까지 매우 미비한 상황이다. 따라서 어묵에 사용되는 소르빈산칼륨을 대체할 수 있는 새로운 형태의 식품보존료 적용 연구가 필요하다.

박토시스(bactocease)는 유기산 기반 천연 식품보존료로 액상 형태의 프로피온산이 주성분인 BactoCEASE®과 BactoCEASE®-6, 건조 분말 형태의 초산이 주성분인 BactoCEASE NV dry (67.2% acetic acid; pH 5.7-6.1)와 BactoCEASE NVK dry (58% acetic acid; pH 5.7-6.1)가 있으며, 축산류, 가금류 및 어육류의 위생 안전성 향상에 효과적인 것으로 보고된 바 있다(Badvela et al., 2019; Hagens et al., 2019). 특히, 초산은 pH 감소와 비헤리성 분자에 의해 식품의 미생물 생육을 억제하고, 미국 식품의 약국(US Food and Drug Administration, FDA)에서 ‘일반적으로 안전하다고 인정되는(Generally Recognized As Safe, GRAS) 물질’로 승인받은 천연 식품첨가물이며, 다양한 수산 식품에 대해 우수한 미생물 제어 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다(Akbas & Ölmez, 2007; Mei et al., 2019). 하지만 지금까지 어묵을 포함한 어육가공품에 박토시스를 적용한 연구는 수행된 바 없다. 이와 더불어, 다양한 종류의 박토시스 중 BactoCEASE NV dry는 식품첨가물공전에 사용 등록된 탄산나트륨(sodium carbonate), 탄산수소나트륨(sodium bicarbonate), 또는 수산화나트륨(sodium hydroxide)을 이용하여 pH를 5.7-6.1로 조절한 제품으로 국내에서도 사용 가능하다고 생각된다(Badvela et al., 2019; MFDS, 2021).

따라서 본 연구에서는 67.2% 초산으로 이루어진 박토시스(BactoCEASE NV dry) 처리가 저장 중 튀김어묵의 미생물 생육과 품질 변화에 미치는 영향을 분석하여 소르빈산칼륨에 대한 대체 가능성이 있는지 확인하고자 하였다. 이와 더불어, 튀김어묵 제조 시 식품보존료 첨가의 필요성을 판단하기 위해 박토시스 처리된 어묵 반죽과 튀김어묵을 4°C에서 각각 5일, 15일 동안 저장하면서 미생물 수 및 품질 변화를 비교, 분석하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 연구에서 튀김어묵 제조를 위해 사용한 어묵 반죽은 바른식품(Namyangju, Korea)에서 제조한 것으로 냉동연육(80.40%) 외 전분, 난백, 설탕, 소금, 향미증진제 및 품질개량제로 조성되었으며, 소르빈산칼륨이 첨가되지 않은 비살균제품을 구입하여 실험에 사용하였다. 소르빈산칼륨과 박토시스(BactoCEASE NV Dry; 67.2% acetic acid)는 각각 남영상사(Busan, Korea)와 Kemin Industry Inc. (Des Moines, IA, USA)에서 구입한 제품을 사용하였다.

식품보존료 처리 및 튀김어묵 제조

튀김어묵 제조 전 최적 박토시스 처리 농도 선정을 위해 식품보존료가 무첨가 된 어묵 반죽 100 g당 박토시스를 0.2, 0.4, 0.8%가 되도록 처리하고 균일하게 혼합한 후 4±1°C에서 5일간 저장하면서 미생물 생육 변화를 분석하였으며, 분석 결과(Fig. 1)에 따라 0.4%를 최적 처리 농도로 선정하였다. 식품보존료 처리에 따른 튀김어묵의 미생물 생육 및 품질 변화를 비교하기 위해 대조구(무첨가) 어묵 반죽, 0.2% 소르빈산칼륨 처리 어묵 반죽, 0.4% 박토시스 처리 어묵 반죽을 160°C의 기름에서 3분 30초간 튀겨 튀김어묵(길이: 5±1 cm, 무게: 10±1 g)을 제조하였고, 상온에서 충분히 냉각한 후 LDPE bag (18×20 cm, 두께: 0.13 mm)에 포장하여 4±1°C에서 15일 동안 보관하면서 실험을 수행하였다.

저장 중 미생물 수 측정

어묵 반죽 및 튀김어묵 시료 10 g과 0.1% 멸균 펩톤수 90 mL를 멸균 bag에 넣고, 균질기(HBM-400B, Tianjin Hengao Technology Development Co. Ltd, Tianjin, China)를 이용하여 3분 동안 균질화시켰다. 균질화된 각 시료는 총 호기성 세균수 측정을 위해 멸균 펩톤수를 이용하여 10배수 연속 희석 준비하였고, plate count agar (PCA, Difco Co., Franklin Lakes, NJ, USA) 배지에 0.1 mL씩 분주하여 실험하였다. 균질 시료가 도말된 PCA 배지를 37°C에서 2일간 배양한 후 형성된 colony를 계수하여 시료 g당 log colony forming unit (CFU)로 총 호기성 세균수를 표현하였다.

저장 중 휘발성염기질소(VBN) 함량 측정

저장 중 어묵 반죽 및 튀김어묵의 VBN 함량은 Conway 미량확산법을 사용하여 분석하였으며, Song et al. (2017)

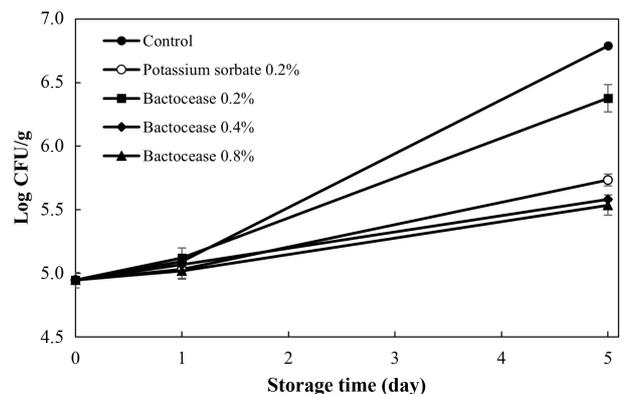


Fig. 1. Changes in the populations of total aerobic bacteria in fish paste dough after treatment with food preservatives during 5 days of storage at 4±1°C. ●: Control: no treatment, ○: 0.2% Potassium sorbate treatment, ■: 0.2% Bactocease treatment, ◆: 0.4% Bactocease treatment, ▲: 0.8% Bactocease treatment. The bars represent standard deviation.

의 방법을 수정하여 실험하였다. 각 시료 10 g과 증류수 90 mL를 멸균 bag에 넣어 3분간 균질화시켰다. 균질 시료액을 원심분리(1,568 × g, 30분)하고, 거즈로 여과하여 얻은 여과액을 실험에 사용하였다. Conway unit 외실 왼쪽과 오른쪽에 각각 여과액 1 mL와 50% K₂CO₃ 포화용액 1 mL를 섞이지 않게 넣고, 내실에는 0.01 N H₃BO₃ 1 mL와 Conway reagent (0.066% methyl red + 0.066% bromocresol green) 50 µL를 넣은 후 즉시 뚜껑을 닫아 밀폐시켰다. 외실의 시료 여과액과 K₂CO₃ 포화용액이 내실에 들어가지 않도록 잘 혼합한 뒤 37°C에서 2시간 동안 정치시켰다. 정치 후 상온에서 내실의 H₃BO₃ 용액을 0.02 N H₂SO₄를 이용하여 무색이 될 때까지 적정하고 들어간 H₂SO₄ 소비량을 측정하여 다음 식에 따라 각 시료의 VBN 함량을 계산하였다.

$$\text{VBN 함량(mg\%)} = [(a - b) \times f \times 0.02 \times 14.007] / v \times 100 \times 100$$

이때 a는 시료 적정 H₂SO₄ 소비량, b는 공시료 적정 H₂SO₄ 소비량, f는 0.02 N H₂SO₄ 역가, 0.02는 사용된 H₂SO₄ 용액의 노르말 농도, 14.007은 1 N H₂SO₄ 용액 1 mL에 상당하는 휘발성염기질소 함량(mg), v는 시료 부피(mL)를 나타낸다.

저장 중 지방 산패도 분석

저장 중 어묵 반죽 및 튀김어묵의 지방 산패 정도를 분석하기 위해 2-thiobarbituric acid reactive substance (TBARS)를 측정하였다. 각 시료 2 g과 7.5% trichloroacetic acid (TCA) 용액 10 mL를 멸균 bag에 넣고 균질기(Tianjin Hengao Technology Development Co.)를 이용하여 3분 동안 균질화시켰다. 균질 시료액을 거즈로 여과하여 얻은 여과액 5 mL와 0.02 M 2-thiobarbituric acid (TBA) reagent 5 mL를 혼합한 뒤 95°C 항온수조에서 45분간 가열하였다. 가열 시료를 상온에서 10분 동안 방치하여 냉각한 후 원심분리(1,568 × g, 10분)하여 상등액을 취하고, Kang et al. (2019)의 방법에 따라 분광광도계를 이용해 532 nm에서 상등액의 흡광도를 측정하여 TBARS 함량을 계산하였다.

저장 중 pH와 산도 측정

어묵 반죽 및 튀김어묵 시료 10 g과 증류수 90 mL를 멸균 bag에 넣고 3분 동안 균질화시킨 후 거즈로 여과하여 얻은 시료 여과액의 pH를 pH 표준 용액으로 보정된 pH meter (DKK-TOA corporation, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 각 시료의 산도는 pH 측정을 위해 준비한 시료 여과액 10 mL의 pH가 8.23이 될 때까지 0.1 N NaOH로 적정하고, 소비된 NaOH 양을 측정하여 다음의 젖산(lactic acid %) 환산식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{산도(lactic acid \%)} = [(0.009 \times a \times f \times d) / v] \times 100$$

이때 0.009는 0.1 N NaOH 1 mL에 상당하는 lactic acid 양, a는 NaOH 소비량, f는 NaOH의 역가(1.002), d는 희석 배수(10배), v는 시료 부피(mL)를 나타낸다.

통계 분석

본 연구에서 수행된 모든 실험은 3회 반복 측정하였고, 실험 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 본 실험의 통계 분석은 version 9.4 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)을 사용하여 one-way analysis of variance (ANOVA)로 분산분석하고, Duncan's multiple range test를 수행하여 p<0.05 수준에서 평균값 사이의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

저장 중 미생물 수 변화

튀김어묵에 대한 최적 박토시스 처리 농도를 선정하기 위해 어묵 반죽에 다양한 농도(0.2, 0.4, 0.8%)의 박토시스 처리 후 4±1°C에서 5일 동안 저장하면서 총 호기성 세균 수 변화를 분석하였다(Fig. 1). 어묵 반죽(비살균제품) 등 어육가공품을 포함한 어육의 미생물학적 신선도 평가 기준에 의하면 어육 1g에 세균수가 5 log CFU/g 미만이면 신선한 상태, 5-6 log CFU/g 수준이면 초기 부패 진행, 6.18 log CFU/g (1.5×10⁶ CFU/g) 이상 세균수가 검출되면 부패한 것으로 판단한다(Kim et al., 2008). 본 연구 결과에 따르면 저장 초기 어묵 반죽의 총 호기성 세균수는 4.95 log CFU/g으로 신선한 상태였으며, 저장 5일 후에는 대조구와 0.2% 박토시스 처리구에서만 부패 수준의 미생물 수가 검출되었다. 이와는 달리, 0.4% 박토시스 처리구의 총 호기성 세균수는 저장 5일 후 대조구와 비교하여 1.21 log CFU/g 감소한 5.58 log CFU/g의 미생물 수를 나타내어 상대적으로 안전한 상태를 유지하였으며, 이러한 효과는 0.2% 소르빈산 및 소르빈산칼륨 처리구보다는 다소 높았고, 0.8% 박토시스 처리구와는 유사한 수준으로 확인되었다(Fig. 1). 소르빈산 및 소르빈산칼륨은 탈수소효소계 작용 저해를 통해 미생물 생육을 억제하며, 세균보다는 주로 곰팡이와 효모에 대해 효과를 나타낸다고 보고된 바 있다(Son et al., 2009; Jeong et al., 2020). GRAS 성분인 초산(67.2%)으로 구성된 박토시스는 식품의 pH 감소와 함께 비해리성 분자에 의해 미생물 생육을 제어하는데, 비해리성 분자는 미생물 세포막을 쉽게 침투해 해리되어 세균 세포 내 pH를 감소시키고, 유기산 음이온을 축적시켜 효과적인 살균력을 나타낸다고 알려져 있다(Wang et al., 2014; Stanojević-Nikolić et al., 2016). 이러한 기존 연구 보고와 본 연구 결과에 따라 박토시스가 새로운 형태의 천연보존료로서 어육가공품에 대

표적으로 사용되고 있는 소르빈산칼륨에 대해 높은 대체 가능성을 가지고 있다고 판단된다. 또한, 이러한 결과를 바탕으로 튀김어묵 제조 시 첨가되는 최적 박토시스 농도를 0.4%로 선정하였으며, 신선한 상태의 튀김어묵 제조를 위해 구입 당일 어묵 반죽을 사용하여 추후 실험을 수행하였다.

식품보존료가 처리된 튀김어묵의 저장 중 총 호기성 세균수 분석 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 튀김어묵은 고온의 튀김 처리 때문에 다양한 어묵 종류 중에서 가장 안전한 제품으로 여겨지고 있으나(Yun et al., 2017), 기존 연구 결과에 따르면 튀김어묵의 미생물 검출 수준(최대 8 log CFU/g 이상)은 매우 상이한 것으로 확인되었다(Park et al., 2004; Kim et al., 2008; Shim et al., 2012). 이러한 결과 차이는 튀김어묵 제조 전 어묵 반죽의 위생성 및 신선도, 튀김 조건(온도 및 시간), 저장 조건(포장 및 온도) 차이 등에서 기인한 것으로 생각된다. 본 연구 결과에서는 저장 5일까지 모든 튀김어묵 시료의 총 호기성 세균이 검출되지 않아 미생물학적 안전성이 높게 유지되었다고 판단된다(Fig. 2). 하지만 저장 10일 차부터는 식품보존료 처리에 관계없이 모든 시료에서 총 호기성 세균이 검출되기 시작하였고, 저장 15일 후에는 식품보존료 처리된 튀김어묵의 미생물 수는 변화가 없었으나 대조구의 미생물 수는 처리구의 2배 이상(3.04 log CFU/g) 증가하는 결과를 나타내었다. 수산 식품의 위생학적 신선도 평가 기준(Kim et al., 2008)에 의하면 저장 15일 동안 대조구도 신선한 상태를 유지하였지만, 이러한 연구 결과는 튀김어묵 제조 전 식품보존료의 첨가가 완제품의 미생물학적 안전성 향상과 유통기한 연장을 위해 필수적임을 보여준다. 또한, 박토시스 처리 효과는 소르빈산칼륨 처리와 유사하였는데, 이는 박토시스가 합성보존료인 소르빈산칼륨을 대체할 수 있는 새로운 형태의 천연보존료로써 튀김어묵을 포함한 다양한 어육

가공품의 위생성 증대를 위해 활용될 수 있음을 시사하는 결과라고 판단된다.

저장 중 휘발성염기질소(VBN) 함량 변화

식품보존료 처리 후 어묵 반죽과 튀김어묵의 저장 중 휘발성염기질소(VBN) 함량 변화를 분석하여 Table 1에 나타내었다. 수산 식품의 신선도 평가를 위해 다양한 품질 지표 분석 방법이 활용되고 있지만, 실험의 신속도, 장비 필요도 및 결과의 재현성을 고려하였을 때, VBN 함량 분석 방법이 가장 선호된다고 알려져 있다(Kang et al., 2017; Jeong et al., 2019). 일반적으로 수산 식품의 VBN 함량은 인지질의 산화와 트리메틸아민 옥사이드(trimethylamine oxide)가 환원되어 생성되는 트리메틸아민(trimethylamine) 등 저급 염기성 성분 및 저장 중 미생물 증식으로 어육 단백질이 아미노산, 무기태질소 등으로 분해되어 신선도가 저하됨에 따라 증가하는 경향을 보이며(Kim et al., 2015; Lim, 2020), 측정값이 5-10 mg%이면 신선한 상태, 15-25 mg%이면 보통 신선한 상태, 30-40 mg% 수준이면 초기 부패 진행 상태, 50 mg% 이상이면 부패한 것으로 판단한다(Choi et al., 2020). 이와 더불어, 수산 가공원료로써 VBN 함량 한계 수준은 20 mg% 이하로 보고된 바 있다(Jeong et al., 2019). 이러한 기준에 따라 본 연구에서 사용된 어묵 반죽은 저장 초기 1.68 mg%의 VBN 함량을 나타내어 아주 신선한 상태였다고 생각되며, 대조구와 처리구 모두 저장 5일 후까지 VBN 함량이 5 mg% 미만으로 검출되어 신선하게 유지되었다고 판단된다(Table 1). 하지만 저장 말기에 대조구의 VBN 함량(3.08 mg%)이 식품보존료 처리구(2.33-2.52 mg%)보다 다소 높게 증가하는 경향을 보였는데, 이는 총 호기성 세균수 증가와 일치하는 결과로(Fig. 1), 저장 중 대조구의 세균 증식이 식품보존료 처리구보다 높았기 때문에 상대적으로 많은 단백질이 분해되어 발생한 결과라고 생각된다.

튀김어묵의 VBN 함량은 어묵 반죽과 비교하여 저장 15일 동안 더 낮게 유지되는 경향을 나타내었다(Table 1). 대조구 튀김어묵의 VBN 함량은 저장 초기 1.49 mg%에서 저장 15일 후 2.05 mg%로 가장 큰 증가폭을 보였는데, 이는 튀김어묵의 미생물 수 증가와 일치하는 결과라고 생각된다(Fig. 2). 대조구도 고온의 튀김 처리로 저장 10일까지 낮은 총 호기성 세균수를 나타내었지만, 저장 15일 후에는 식품보존료 처리구와 비교해 2배 이상 많은 미생물 증식이 발생하여 VBN 함량도 같이 증가한 것으로 판단된다. Park et al. (2004)과 Kim et al. (2008)의 튀김어묵 연구에서도 총 호기성 세균수 증가와 함께 VBN 함량의 증가가 관찰되었으며, 저장 초기부터 본 연구보다 높은 VBN 함량이 측정되었는데, 이러한 결과는 두 연구에서 제조한 튀김어묵의 미생물 수가 본 연구에서 제조된 튀김어묵보다 높았기 때문에 나타난 현상이라고 생각된다. 반면에, 식품보존

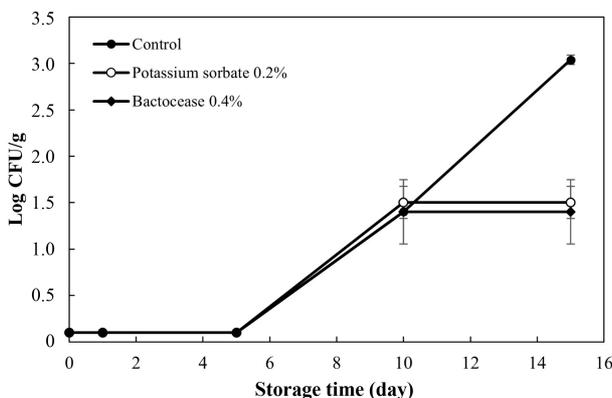


Fig. 2. Changes in the populations of total aerobic bacteria in fried fish paste after treatment with food preservatives during 15 days of storage at 4±1°C. ●: Control: no treatment, ○: 0.2% Potassium sorbate treatment, ◆: 0.4% Bactocase treatment. The bars represent standard deviation.

Table 1. Changes in volatile basic nitrogen (VBN) contents of fish paste dough and fried fish paste after treatment with food preservatives during storage.

Samples	Treatment ¹⁾	Unit: mg% / Storage time (day)				
		0	1	5	10	15
Fish paste dough	Control	1.68±0.28 ^{Ab2)}	1.96±0.28 ^{Ab}	3.08±0.28 ^{Aa}	-	-
	Potassium sorbate 0.2%	1.68±0.28 ^{Ab}	1.68±0.28 ^{Ab}	2.52±0.28 ^{Ba}	-	-
	Bactocease 0.4%	1.68±0.28 ^{Ab}	1.59±0.16 ^{Ab}	2.33±0.16 ^{Ba}	-	-
Fried fish paste	Control	1.49±0.16 ^{Ab}	1.49±0.16 ^{Ab}	1.59±0.16 ^{Ab}	1.77±0.16 ^{Ab}	2.05±0.16 ^{Aa}
	Potassium sorbate 0.2%	1.49±0.16 ^{Aa}	1.49±0.16 ^{Aa}	1.59±0.16 ^{Aa}	1.68±0.28 ^{Aa}	1.68±0.28 ^{ABa}
	Bactocease 0.4%	1.49±0.16 ^{Aa}	1.49±0.16 ^{Aa}	1.49±0.16 ^{Aa}	1.59±0.16 ^{Aa}	1.59±0.16 ^{Ba}

¹⁾Control: no treatment.

²⁾Any means in the same column (A-B) or row (a-b) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

료 처리구의 VBN 함량은 종류에 관계없이 저장 초기와 유사한 수준으로 분석되었는데(Table 1), 이는 저장 중 식품보존료 처리구의 총 호기성 세균수가 1.50 log CFU/g 이하로 낮게 검출되었기 때문으로 보인다(Fig. 2). 이러한 결과는 고온의 튀김 처리와 더불어 식품보존료를 첨가하는 것이 튀김어묵의 미생물 증식 억제와 신선도 유지를 위해 필요하다는 것을 나타내며, 박토시스가 소르빈산칼륨을 대신해 튀김어묵의 식품보존료로 사용될 수 있음을 보여주는 결과라고 판단된다.

저장 중 지방 산패도, pH 및 산도 변화

일반적으로 수산 식품의 신선도는 저장 중 미생물 생육과 지방질 산화에 의해 저하되므로 VBN 함량 분석 외에 지방 산패 수준, pH 및 산도 변화 등을 분석하여 종합적인 신선도 평가를 수행해야 한다(Jeong et al., 2019). 이에 따라, 본 연구에서도 식품보존료 처리 후 어묵 반죽과 튀김어묵의 저장 중 TBARS 함량, pH, 산도 변화를 분석하였으며, 각 결과를 Table 2, 3, 4에 나타내었다. 본 연구에서 사용된 어묵 반죽의 저장 초기 TBARS 함량은 1.33 mg MDA/kg이었으며, 저장 5일까지 대조구와 처리구 모두 유사한 수준(1.37-1.40 mg MDA/kg)으로 분석되었다(Table 2). 튀김어묵은 어묵 반죽보다 낮은 TBARS 함량이 검출되었으며, 저장 15일까지 모든 시료가 0.88-1.37 mg MDA/kg 범위로 저장 중 뚜렷한 변화 없이 유지되었다. 튀김어

묵을 포함한 수산 식품의 지방 산패 척도에 의하면 TBARS 함량이 0.58 mg MDA/kg 이하이면 산패하지 않은 신선한 상태, 0.58-1.51 mg MDA/kg 범위이면 초기 산패 수준이나 섭취 가능한 상태, 1.51 mg MDA/kg을 초과하면 산패한 것으로 판단한다(Hajji et al., 2019). 이러한 기준에 의해 본 연구에서 사용된 어묵 반죽과 제조된 튀김어묵은 저장 말기까지 모두 식용 가능한 수준의 TBARS 함량을 유지하였다고 생각된다.

지방 산패 정도를 확인할 수 있는 TBARS 함량은 다양한 2차 산화 생성물 중 malonaldehyde를 나타내는 지표로 수산 식품의 저장 중 미생물 증식에 의한 대사 과정과 지방 산화 효소에 의해 어묵 내 지방질 성분이 산패되면서 증가하는 경향을 보인다고 알려져 있다(Shin et al., 2007). 튀김어묵의 경우, 어묵 반죽과 비교하여 긴 저장 기간에도 불구하고 상대적으로 낮은 TBARS 함량을 나타냈는데, 이는 고온 튀김 처리된 튀김어묵에서 미생물 생육이 억제됨과 동시에 지방 산화 효소의 불활성화가 일어났기 때문으로 생각된다. 이러한 결과는 가열 처리가 지방 산화 속도를 상승시켜 식품 내 TBARS 함량을 증가시킬 수 있다는 기존 연구 보고(Song et al., 2017; Negara et al., 2021)와는 차이를 보였으나 튀김어묵 저장 중 뚜렷한 경향 없이 TBARS 함량이 일정한 범위로 검출되었다는 Park et al. (2017)의 결과와는 유사하였다. 그러나 Park et al. (2017)의 연구 결과에서 확인된 튀김어묵의 TBARS 함량은

Table 2. Changes in TBARS values of fish paste dough and fried fish paste after treatment with food preservatives during storage.

Samples	Treatment ¹⁾	Unit: mg MDA/kg sample / Storage time (day)				
		0	1	5	10	15
Fish paste dough	Control	1.33±0.09 ^{Aa2)}	1.39±0.11 ^{Aa}	1.40±0.12 ^{Aa}	-	-
	Potassium sorbate 0.2%	1.33±0.09 ^{Aa}	1.37±0.01 ^{Aa}	1.40±0.11 ^{Aa}	-	-
	Bactocease 0.4%	1.33±0.09 ^{Aa}	1.37±0.03 ^{Aa}	1.37±0.05 ^{Aa}	-	-
Fried fish paste	Control	0.88±0.04 ^{Ac}	1.19±0.08 ^{Ab}	1.37±0.13 ^{Aa}	1.12±0.02 ^{Ab}	1.11±0.03 ^{Ab}
	Potassium sorbate 0.2%	0.88±0.04 ^{Ac}	1.16±0.05 ^{Ab}	1.29±0.08 ^{ABa}	1.11±0.07 ^{Ab}	1.08±0.06 ^{Ab}
	Bactocease 0.4%	0.88±0.04 ^{Ac}	1.06±0.02 ^{Bb}	1.25±0.01 ^{ABa}	1.06±0.08 ^{Ab}	1.04±0.11 ^{Ab}

¹⁾Control: no treatment.

²⁾Any means in the same column (A-B) or row (a-c) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

Table 3. Changes in pH of fish paste dough and fried fish paste after treatment with food preservatives during storage.

Samples	Treatment ¹⁾	Storage time (day)				
		0	1	5	10	15
Fish paste dough	Control	7.37±0.02 ^{Aa2)}	7.24±0.02 ^{Bb}	6.35±0.02 ^{Ac}	-	-
	Potassium sorbate 0.2%	7.37±0.02 ^{Aa}	7.27±0.01 ^{Aa}	6.08±0.12 ^{Bb}	-	-
	Bactocease 0.4%	7.37±0.02 ^{Aa}	7.22±0.01 ^{Bb}	6.42±0.07 ^{Ac}	-	-
Fried fish paste	Control	7.33±0.05 ^{Aa}	7.30±0.02 ^{Aa}	7.31±0.03 ^{Aa}	7.32±0.01 ^{Ba}	7.32±0.04 ^{ABa}
	Potassium sorbate 0.2%	7.33±0.05 ^{Aabc}	7.34±0.02 ^{Aabc}	7.31±0.02 ^{Ac}	7.40±0.03 ^{Aa}	7.38±0.04 ^{Aab}
	Bactocease 0.4%	7.33±0.05 ^{Aa}	7.18±0.04 ^{Bc}	7.27±0.01 ^{Ab}	7.28±0.03 ^{Cab}	7.28±0.02 ^{Bab}

¹⁾Control: no treatment.

²⁾Any means in the same column (A-C) or row (a-c) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

Table 4. Changes in acidity of fish paste dough and fried fish paste after treatment with food preservatives during storage.

Samples	Treatment ¹⁾	Unit: % / Storage time (day)				
		0	1	5	10	15
Fish paste dough	Control	0.21±0.01 ^{Ac2)}	0.31±0.01 ^{Bb}	0.85±0.05 ^{Ba}	-	-
	Potassium sorbate 0.2%	0.21±0.01 ^{Ac}	0.33±0.01 ^{Ab}	0.85±0.07 ^{Ba}	-	-
	Bactocease 0.4%	0.21±0.01 ^{Ac}	0.35±0.01 ^{Ab}	1.10±0.07 ^{Aa}	-	-
Fried fish paste	Control	0.13±0.03 ^{Aa}	0.14±0.02 ^{ABa}	0.14±0.01 ^{Aa}	0.10±0.01 ^{ABb}	0.09±0.02 ^{Ab}
	Potassium sorbate 0.2%	0.13±0.03 ^{Aa}	0.10±0.04 ^{Ba}	0.14±0.01 ^{Aa}	0.08±0.04 ^{Ba}	0.08±0.04 ^{Aa}
	Bactocease 0.4%	0.13±0.03 ^{Aa}	0.14±0.02 ^{ABa}	0.12±0.03 ^{ABa}	0.11±0.03 ^{ABa}	0.10±0.05 ^{Aa}

¹⁾Control: no treatment.

²⁾Any means in the same column (A-B) or row (a-c) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

15.4-39.8 mg MDA/kg으로 본 연구 결과와 많은 차이를 나타냈는데, 이러한 결과 차이는 튀김 처리 시 사용된 기름의 종류와 신선도 및 튀김어묵의 초기 미생물 수에 영향을 받았기 때문에 발생한 것으로 보인다.

수산 식품의 pH와 산도는 저장 중 세균수 증가와 지방 산패로 인해 발생하는 유기산 및 유리지방산에 의해서 각각 감소하고 증가하는 경향을 나타낸다(Kim et al., 2008; Lim, 2020). 본 연구 결과, 어묵 반죽의 pH는 저장 초기 7.37에서 저장 5일 동안 감소하여 6.08-6.42 범위를 나타내었고, 산도는 0.21%에서 증가하여 0.85-1.10% 범위로 측정되었다(Table 3, 4). 반면에, 튀김어묵의 pH와 산도는 저장 15일 동안 각각 7.18-7.40과 0.08-0.14% 수준을 유지하는 결과를 나타내었다. 이는 고온의 튀김 처리를 통해 감소한 총 호기성 세균수와 지방 산화 효소 불활성화로 인해 어묵 반죽보다 튀김어묵에서 유기산과 유리지방산 생성량이 적었기 때문에 발생한 결과라고 생각된다. Park et al. (2004)과 Kim et al. (2008)의 튀김어묵 연구에서는 대조구를 포함한 처리구 시료 모두 저장 중 pH가 급격히 감소하는 결과를 나타내어 본 연구 결과와 차이를 보였는데, 이는 두 연구에서 제조한 튀김어묵의 미생물 수가 본 연구에서 제조한 튀김어묵보다 높았기 때문에 나타난 차이라고 판단된다.

이와 더불어, 본 연구에서 제조한 튀김어묵의 TBARS 함량, pH 및 산도는 저장 중 대조구와 처리구 간에 유의

적인 차이 없이 식용 가능한 범위로 분석되었는데, 이러한 결과는 식품보존료 처리가 튀김어묵의 저장 중 다양한 품질 지표에 부정적인 영향을 미치지 않는다는 것을 보여준다. 따라서 본 연구 결과로부터 박토시스가 튀김어묵의 저장 중 미생물 생육 억제와 품질 유지를 위해 소르빈산칼륨을 대신하여 사용될 수 있다고 생각된다.

요 약

본 연구에서는 어육가공품에 대표적으로 첨가되는 합성 보존료인 소르빈산칼륨을 대체할 수 있는 새로운 천연보존료로써 박토시스의 활용 가능성을 검토하고자 저장 중 튀김어묵에 대한 박토시스 처리의 미생물 제어 효과 및 품질 변화에 미치는 영향을 분석하였다. 최적 박토시스 처리 농도 선정을 위해 어묵 반죽에 다양한 농도(0.2, 0.4, 0.8%)의 박토시스 처리 후 4±1°C에서 5일 동안 저장하면서 미생물 제어 효과를 분석한 결과, 0.4% 박토시스 처리 시, 대조구와 비교하여 1.21 log CFU/g의 미생물 수 감소를 나타내었고, 이러한 효과는 0.2% 소르빈산칼륨 처리보다는 다소 높았고, 0.8% 박토시스 처리와는 유사한 수준이었다. 이에 따라, 튀김어묵에 대한 최적 박토시스 처리 농도를 0.4%로 선정하였다. 고온의 튀김 처리에 의해 모든 튀김어묵 시료는 저장 15일 후에도 미생물학적으로 신선한 상태를 유지하였으나 저장 말기에 식품보존료 처리구의 미생

물 생육 제어 효과가 대조구보다 2배 이상 높은 것으로 나타났다. 이와 더불어, 저장 중 튀김어묵의 VBN 함량, TBARS 함량, pH 및 산도는 식품보존료 처리에 관계없이 모두 섭취 가능한 수준으로 측정되었으나 어육가공품의 주요 품질 지표인 VBN 함량이 저장 15일 후 대조구에서 증가하는 경향을 나타내었다. 따라서 본 연구 결과를 통해 튀김어묵의 미생물 생육 제어를 위해서는 식품보존료의 처리가 필수적이며, 동시에 박토시스가 소르빈산칼륨에 대해 높은 대체 가능성을 가진 새로운 천연보존료로써 튀김어묵의 미생물학적 안전성 확보와 품질 유지를 위해 효과적으로 활용될 수 있다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 (주)빅솔(과제번호 202101170001)의 지원에 의해 수행된 것으로, 이에 감사를 드립니다.

References

- Akbas MY, Ölmez H. 2007. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on iceberg lettuce by dip wash treatments with organic acids. *Lett. Appl. Microbiol.* 44: 619-624.
- Badvela MK, Dickson JS, Sebranek JG, Schroeder WD. 2016. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by buffered dry vinegar in reduced-sodium ready-to-eat uncured turkey stored at 4°C. *J. Food Prot.* 79: 1396-1403.
- Bae MS, Lee SC. 2007. Quality characteristics of fried fish paste containing anchovy powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 36: 1188-1192.
- Beya MM, Netzel ME, Sultanbawa Y, Smyth H, Hoffman LC. 2021. Plant-based phenolic molecules as natural preservatives in comminuted meats: A review. *Antioxidants.* 10: 263.
- Choi JW, Jang MK, Hong CW, Lee JW, Choi JH, Kim KBWR, Xu X, Ahm DH, Lee MK, Nam TJ. 2020. Novel application of an optical inspection system to determine the freshness of *Scomber japonicus* (mackerel) stored at a low temperature. *Food Sci. Biotechnol.* 29: 103-107.
- Choi SY, Choi EY, Lee KE, Song AS, Park SH, Lee SC. 2012. Preparation and quality analysis of fish paste containing *Styela clava* Tunic. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1591-1595.
- Hagens S, De Vegt BT, Catalin I, Eraclio G. 2019. Improved control of bacterial contamination in food. US patent NO. 2019/0380355.
- Hajji S, Hamdi M, Boufi S, Li S, Nasri M. 2019. Suitability of chitosan nanoparticles cryoprotectant on shelf life of restructured fish *surimi* during chilled storage. *Cellulose.* 26: 6825-6847.
- Jeong EJ, Jin KN, Choi HJ, Jeong YS, Kim YS. 2020. A survey on the application of preservatives to processed food types. *J. Food Hyg. Saf.* 35: 261-270.
- Jeong HP, Cha JW, Yoon IS, Lee JS, Heu MS, Jeong EJ, Kim JS. 2019. Comparisons of the sensory and physicochemical characterizations of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roe by grade. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 199-208.
- Kang JH, Song KB. 2019. Characterization of Job's tears (*Coix lachryma-jobi* L.) starch films incorporated with clove bud essential oil and their antioxidant effects on pork belly during storage. *LWT Food Sci. Technol.* 111: 711-718.
- Kang YM, Park SY, Lee SG, Lee JS, Heu MS, Kim JS. 2017. Chemical characterization of commercial dark-fleshed fishes (mackerel *scomber japonicus*, Japanese Spanish mackerel *scomberomorus ni-phoniuis*, pacific herring *clupea pallasii*) as a raw material for seafood products. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 130-138.
- Kim GW, Kim GH, Kim JS, An HY, Hu GW, Park IS, Kim OS, Cho SY. 2008. Quality of fried fish paste prepared with sand-lance (*Hypoptychus dybowskii*) meat and propolis additive. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 170-175.
- Kim JN, Park YH, Kim Y, Lee JY, Han GJ. 2015. Quality characteristics of *Mannaji* (boiled beef down in Korean soy sauce) by cooking method during storage period. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* 25: 850-859.
- Kim MC, Park HK, Hong JH, Lee DY, Park JS, Park EJ, Kim JW, Song KH, Shin DW, Mok JM, Lee JY. 1999. Studies on the naturally occurring benzoic acids in foods. Part(I)-Naturally occurring benzoic acid and sorbic acid in several plants used as teas or spices. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1144-1152.
- Lee HY, Lee JS, Kim DH, Lee SG, Lee YJ, Kim MD. 2012. Extraction methods influence inhibitory effects of *Agrimonia pilosa* on the growths of meat-poisoning lactic acid bacteria. *Food Eng. Prog.* 16: 180-184.
- Lim ES. 2020. Evaluation of microbial contamination levels and biogenic amines content in over-ripened kimchi. *Korean J. Food Preserv.* 27: 637-650.
- Mei J, Ma X, Xie J. 2019. Review on natural preservatives for extending fish shelf life. *Foods.* 8: 490.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2021. Food Additives code. Republic of Korea.
- Negara BFSP, Lee MJ, Tirtawijaya G, Cho WH, Shon JH, Kim JS, Choi JS. 2021. Application of deep, vacuum, and air frying methods to fry chub mackerel (*Scomber japonicus*). *Processes.* 9: 1225.
- Park BH, Jung YJ, Cho HS. 2015. Study on quality characteristics of fish paste containing *Curcuma aromatica* powder. *Korean J. Food Preserv.* 22: 78-83.
- Park SY, An DS, Kang JS, Lee DS. 2017. Improved preservation and shelf-life extension of fish cake by modified atmosphere packaging. *Korean J. Packag. Sci. Tech.* 23: 75-81.
- Park YK, Kim HJ, Kim MH. 2004. Quality characteristics of fried fish paste added with ethanol extract of onion. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 1049-1055.
- Seo JH, Hong CY, Shin DE, Lee JS, Kang TS, Jeong HS. 2020. Quality characteristics of fish cakes containing different amounts of mealworm powder (*Tenebrio molitor*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 52: 403-408.
- Shim DW, Jiang J, Kim JH, Kim WW, Kang WS, Choi WS, Hur SJ, Kim DY, Kim KC, Lee KH. 2012. Effects of size adjusted with red ginseng powders on quality of fish pastes. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1448-1453.
- Shin HY, Lee YJ, Park IY, Kim JY, Oh SJ, Song KB. 2007. Effect of chlorine dioxide treatment on microbial growth and quality of fish paste during storage. *J. Korean Soc. Appl. Biol.*

- Chem. 50: 42-47.
- Son SH, Bang JW, Lee HC, Kim KH, Chin KB. 2009. Product quality and shelf-life of low-fat sausages manufactured with *Lentimus edodes* powder, grapefruit seed extracts, and sodium lactates alone or in combination. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 29: 99-107.
- Song DH, Hwang KE, Choi YS, Kim YJ, Ham YK, Jeong TJ, Lee JH, Kim CJ, Paik HD. 2017. Effects of NaCl/nitrite reduction levels on quality characteristics and storage stability of pork patties. Korean J. Food Cook. Sci. 33: 566-574.
- Stanojević-Nikolić S, Dimić G, Mojović L, Pejin J, Djukić-Vuković A, Kocić-Tanackov S. 2016. Antimicrobial activity of lactic acid against pathogen and spoilage microorganisms. J. Food Process. Preserv. 40: 990-998.
- Wang C, Chang T, Yang H, Cui M. 2014. Surface physiological changes induced by lactic acid on pathogens in consideration of pKa and pH. Food Control. 46: 525-531.
- Yun JU, Jung KE, Kim DH, Nam KH, Sim KB, Jang MS. 2017. Quality characteristics of fried fish paste with squeezed *Aronia melanocarpa* juice. Korean J. Food Preserv. 24: 13-20.

Author Information

- 강지훈: 한경대학교 식품생명공학전공 조교수
 라채훈: 한경대학교 식품생명공학전공 조교수
 김선화: (주)빅솔 개발팀 책임연구원
 손희원: (주)빅솔 개발팀 책임연구원
 정하열: 한경대학교 식품생명공학전공 교수