

천연 추출물 첨가에 의한 생굴(*Crassostrea gigas*)의 식품학적 품질 유지

오도경 · 이도하 · 조두민 · 조경진 · 박슬기¹ · 심연주 · 조정빈 · 운재호² · 김영목*

부경대학교 식품공학과, ¹한국식품연구원 스마트제조사업단, ²국립강릉원주대학교 해양식품공학과

Extending Raw Pacific Oyster *Crassostrea gigas* Shelf-life by Addition of the Natural Food Additives

DoKyung Oh, Do-Ha Lee, Du-Min Jo, Kyung-Jin Cho, Seul-Ki Park¹, Yeon-Ju Sim, Jeong-Bin Jo, Jae-Ho Woon² and Young-Mog Kim*

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

¹Smart Food Manufacturing Project Group, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Korea

²Department of Marine Food Science & Technology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Republic of Korea

Oysters are a highly consumed seafood throughout Korea, but they have a short shelf life because they support rapid microbial growth due to their of high moisture content and fragile muscle tissue. We examined natural food additives including lactic acid bacteria fermentation powder, rosemary extract, and lemon juice for their ability to preserve raw oyster *Crassostrea gigas* quality. Samples were stored at 4°C, and microbiological and physicochemical analyses were conducted. Among the natural additives tested, lemon juice was the most effective. Lemon juice was thus applied at different concentrations (50–300 ppm) to quantitatively assess its effect on total viable cell count, pH, glycogen, soluble protein, and turbidity. 200 ppm was confirmed to be optimal, and is projected to extend shelf life by 2 days compared to the control group.

Keywords: Natural food additives, Raw oyster, Shelf-life

서 론

우리나라 굴 생산량은 2020년을 기준으로 연간 30만톤으로 중국 생산량(54만톤)에 이어 세계 2위를 기록하고 있다. 우리나라 굴양식은 1897년 원산단 부근에서 시작되어 1970년대부터 본격적으로 발전하였으며 전체 패류양식 생산량 중 72–82%의 비중을 차지한다(Kong et al., 2014; Kim and Lee, 2022). 굴 소비는 산란이 끝난 10월에서 이듬해 2–3월 사이이며, 이 시기 굴은 체내에 글리코젠을 축적하여 상품성이 높아지게 된다(Kim et al., 2009). 굴은 지방함량이 낮고 단백질, 비타민, 아연 철분, 구리 등 미네랄이 풍부하여 영양학적으로 우수한 식품으로 알려져 있으나 다른 패류보다 조직이 연하여 소화 분해되기 쉬우며 가공, 유통 중 온도 변화로 인해 품질저하가 빨리 일어난다(Park et al., 2006; Son et al., 2014; Jeong et al., 2017). 또한 우

리나라 굴 양식장은 대부분 연안 근처에 위치하고 있어 생활폐수, 분변 등의 오염원에 영향을 받을 수 있으며 이때패류로 알려진 굴은 여과섭이를 통해 중금속, 미생물, 바이러스 등이 체내 쉽게 축적된다(Shin et al., 2014; Lee et al., 2020). 국내에서는 굴 섭취 시 패각을 제외한 육 전체를 생식으로 섭취하기 때문에 미생물에 대해 위생적으로 취약하다(Lee et al., 2016; Park et al., 2017; Min et al., 2020). 따라서 굴의 위생학적 안전성 확보를 위해 정부에서는 생산해역에 대한 위생관리를 실시 중에 있으며, 생산자 단체에서는 경매단계에서 pH 측정 및 관능평가 등을 이용한 선도 측정을 통해 국내에 유통되도록 하고 있다(Son et al., 2014). 현재 우리나라에서는 생굴의 유통기한에 대한 법적 규제는 없으나, 일반적인 유통기한은 냉장 보관 시 1–3일로 보고되어 있으며, 일본에서는 10°C에서 4일로 규정하고 있다(Jeong et al., 2015; Lee et al., 2020). 따라서 굴의 선

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5832 Fax: +82. 51. 629. 5824

E-mail address: ymkim@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.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0810>

Korean J Fish Aquat Sci 56(6), 810-817, December 2023

Received 6 October 2023; Revised 8 November 2023; Accepted 15 November 2023

저자 직위: 오도경(대학원생), 이도하(대학원생), 조두민(대학원생), 조경진(대학원생), 박슬기(박사), 심연주(대학원생), 조정빈(대학원생), 운재호(교수), 김영목(교수)

도를 유지하기 위해 선행연구에서는 항균 코팅제(Costa et al., 2014), 다당류 코팅(Costa et al., 2014), MAP 포장(Costa et al., 2014; Jo et al., 2023), 감마선 조사(Park et al., 2008), UV 조사(Jeong et al., 2021), 인공 정화(Lee et al., 2020) 및 오존수(Chen et al., 2014) 등 다양한 기술이 적용되었으나 현장 적용의 어려움 및 경제성 등에 의해 실용화되기가 어렵다. 또한, 천연 추출물을 이용하여 식품의 품질유지에 대한 연구는 한약재 추출물이 처리된 절임 고등어(Hong et al., 2005), 유자 및 매실 농축액이 적용된 고등어의 품질 향상(Kang et al., 2014), 천연 해조류 추출물의 고등어 저장성 향상(Jeong et al., 2020), 레몬즙과 크랜베리즙을 이용한 닭다리의 품질 유지에 대한 연구(Kim et al., 2018) 등이 확인되어 진다. 또한 천연 추출물이 굴에 적용된 연구로는 *Vibrio* spp.와 같은 미생물 저해에 대한 연구가 대부분이었다(Borazjani et al., 2003; Nawi et al., 2017).

따라서 본 연구에서는 항균효과가 알려진 천연 추출물을 굴에 적용하여 생굴과 충진수의 미생물학적, 이화학적 분석을 통해 생굴의 저장기간 연장 및 식품학적 품질 변화에 대한 연구를 진행하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용된 생굴은 경남 통영시 소재의 양식장에서 당일 수확한 각굴을 구매하였으며 2020년 1-3월에 채취된 것을 사용하였다. 각굴은 10°C 이하에서 4시간 이내에 실험실로 운반하여 무게 49.3±5.4 g, 각고 9.7±1.2 cm 및 각장 4.9±2.4 cm의 것으로 선별하여 흐르는 수돗물로 이물 제거 및 해감 후 탈각하여 실험에 사용하였다. 생굴의 충진수로 인공 해수와 담수 2:1 (v/v) 비율의 살균된 용수를 사용하였다. 이때 사용된 인공 해수는 인공 염(Reef Salt Mix; KENT Marine, San Mateo, CA, USA)과 정제 천일염(Hanju Salt; Hanju, Ulsan, Korea)을 1:1 (w/v) 비율로 수돗물에 녹여 안정화 후 사용하였으며, 담수는 수돗물을 이용하였다. 탈각된 생굴 100 g에 충진수 300 mL을 넣어 포장하였으며 4°C에서 6일간 보관하며 실험을 진행하였다. 생굴의 식품학적 품질 및 저장성 향상을 위해 사용된 식품용 천연 추출물은 유산균 발효분말, 로즈마리 추출물, 레몬즙을 200 ppm으로 사용하였으며(주)다인소재(Seoul, Korea)에서 제공받아 사용하였다.

충진수 및 굴의 pH

생굴 시료는 증류수와 1:9 (w/v) 비율로 균질화 하였으며, 충진수는 희석하지 않고 pH meter (Orion 3 star; Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)로 측정하였다(Lee et al., 2020).

일반세균수

일반세균수 분석은 식품공전(MFDS, 2020)의 미생물 시험법

에 따라 탈각된 굴 25 g에 225 mL의 0.1 M PBS (phosphate buffer saline)를 가한 후 stomacher (BagMixer 400vW; Interscience, Saint Nom, France)로 2분간 균질화 하였다. 균질액은 PBS를 이용하여 단계별 희석후 1 mL를 plate count agar (Difco, Detroit, MI, USA)에 분주 및 접종하여 35±1°C에서 48±2시간 동안 배양 후 집락수를 계산하였다.

Glycogen 함량 분석

Glycogen 함량은 Click and Engin (2005)의 방법을 일부 변형하여 분석하였다. 생굴 시료 0.5 g에 30% KOH (Daejung Chem. Inc., Shiheung, Korea) 5 mL를 첨가하여 95°C에서 20분간 중탕 후 0.5 mL의 포화 Na₂SO₄ 용액과 5 mL ethanol (Daejung)을 첨가하여 95°C에서 15분간 중탕 후 원심분리하였다(1,259 g, 10 min). 상등액 제거 후 침전물에 deionized water 2 mL와 ethanol 2.5 mL를 첨가하고 원심분리 후 침전물에 2 mL 5 M HCl을 넣고 완전히 녹인 후 0.5 M NaOH (Daejung)를 이용하여 pH 7.0으로 맞춘 후 50 mL로 정용하여 시료로 사용하였다. 시료 5 mL에 0.2% anthrone-sulfate solution (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 10 mL를 가하여 95°C에서 10분간 중탕 후 상온으로 냉각하여 620 nm에서 흡광도를 측정하였다(UV mini-1240; Shimadzu, Kyoto, Japan). 표준물질로 glucose (Junsei Chemical Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 정량곡선을 작성하였으며 글리코젠 전환 계수 0.9를 곱하여 계산하였다.

충진수 탁도 측정

충진수의 탁도 측정은 휴대용 탁도계(Hanna HI 93414; Hanna Instruments, Woonsocket, RI, USA)를 사용하여 전용 큐벳에 시료 10 mL을 넣어 측정하였다. 결과 값은 0-1,000 NTU (nephelometric turbidity unit)로 나타내었다.

가용성 단백질

충진수의 가용성 단백질 함량은 Biuret assay (Jiang et al., 2019)를 이용하여 측정하였다. 충진수 1 mL에 Biuret 시약(Sigma-Aldrich) 4 mL을 넣고 혼합하여 상온에서 30분간 방치 후 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

관능평가

레몬즙이 적용된 굴에대한 관능평가는 5점 척도법으로 관능검사를 실시하였으며 훈련된 10명의 패널에 의해 진행되었다. 패널에 의한 관능평가는 생명윤리법에 따라 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board)로부터 생명윤리의 승인(1041386-202310-HR-114-02)을 받아 진행하였다. 0일부터6일까지 24시간 간격으로 진행하였으며 외관, 신맛, 비린맛, 이취, 전체적인 선호도에 대해 조사하였고 높은 점수일수록 관능적 특성이 높은 것을 의미한다.

통계분석

본 연구에서 수행한 모든 실험은 3회 반복하였으며 mean±SD로 나타내었다. 실험 결과들의 유의성 검정을 위해 분산분석(ANOVA)을 수행한 후, $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다. 통계프로그램은 SPSS 27 (Statistical Package for Social Science, Chicago, IL, USA)을 이용하여 수행하였다.

결과 및 고찰

천연 추출물 첨가에 의한 생굴의 식품학적 품질 변화

생굴은 미생물 오염 및 자가 효소 활성으로 인해 유통 중 품질 저하가 빨리 일어나는 수산물로 알려져있다(Kong et al., 2006). 따라서 유통기한 연장을 위해 기체 치환 포장, UV 또는 방사선 조사, 인공 정화 등의 다양한 기술이 연구되었으나 이는 현장적용의 어려움이 있으며 추출물을 이용한 연구는 미미한 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서는 추출물 3종(유산균 발효 분말, 로즈마리 추출물, 레몬즙)을 이용하여 생굴의 저장성 및 식품학적 품질 변화에 대한 연구를 진행하였다.

일반세균수 실험 결과 유산균 분말 2.88–2.96 log CFU (colony forming unit)/g, 로즈마리 추출물 1.78–2.44 log CFU/g, 레몬즙 1.68–2.10 log CFU/g으로 나타났다. 또한 굴 및 충진수의 pH는 유산균 분말 6.44–6.05 및 6.45–5.56, 로즈마리 추출물 6.42–6.10 및 6.46–5.56, 레몬즙 6.60–6.20 및 6.46–5.81로 나타났다. 충진수의 탁도는 유산균 분말과 로즈마리 추출물은 6일차에 154.70 ± 2.56 및 148.76 ± 1.50 NTU로 탁도가 비교적 높게 나타났으나, 레몬즙은 103.65 ± 5.51 NTU로 가장 낮은 결과값을 보였다. 굴의 glycogen은 유산균 분말 722.94 ± 1.32 mg/100 g, 로즈마리 추출물 731.41 ± 0.56 mg/100 g, 레몬즙 811.70 ± 1.05 mg/100 g으로 레몬즙이 첨가된 시료의 glycogen 함량이 가장 높게 유지되는 것을 확인하였다. 가용성 단백질은 6일차에 유산균 분말 580.24 ± 2.09 , 로즈마리 추출물 527.01 ± 2.15 및 레몬즙 469.41 ± 0.95 로 나타났다(결과 미제시). 실험 결과 레몬즙 첨가 시 굴의 품질 유지에 가장 효과적인 것으로 나타났으며 이를 선정하여 50, 100, 200 및 300 ppm으로 4°C에서 6일간 실험을 진행하였으며 무처리군을 대조군으로 진행하였다.

굴의 일반세균수 분석

레몬즙 농도별 처리 및 4°C에서 보관된 굴의 일반세균수 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 레몬즙을 처리하지 않은 대조군은 초기 1.69 log CFU/g에서 1일차 2.38 log CFU/g, 6일차 3.32 log CFU/g로 1.63 log CFU/g 증가된 것으로 나타났다. 레몬즙 50 ppm 적용된 시료는 초기 1.90 log CFU/g에서 4일차 2.27 log CFU/g, 6일차 2.31 log CFU/g으로 나타났으며, 100 ppm 적용 시 초기 1.57 log CFU/g에서 3일차 2.01 log CFU/g, 6일차에는 1.98 log CFU/g로 나타났다. 200 ppm 및 300 ppm이 적용

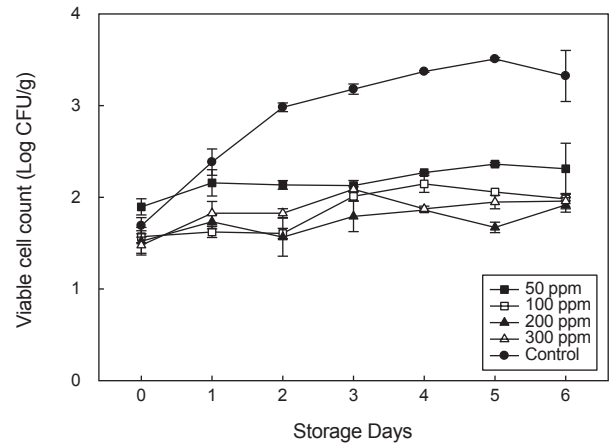


Fig. 1. Changes in viable cell count of raw oyster *Crassostrea gigas* packed by the addition of different concentrations of lemon juice stored at 4°C. Error bars represent standard deviations of data from triplicate trials.

된 시료는 초기 1.52, 1.48 log CFU/g에서 6일차 1.92 및 1.96 log CFU/g으로 나타났다. 따라서 대조군은 초기대비 약 1.6 log CFU/g의 미생물이 증식하였으나, 레몬즙이 처리된 시료는 약 0.5 log CFU/g로 미생물 증식이 억제된 것을 확인할 수 있었다.

Liu et al. (2016)은 굴 저장시 curcumin을 첨가하여 대조군에 비해 미생물 증식이 억제되는 것을 확인하였고, Nawi et al. (2017)은 굴에 인위적으로 *Vibrio parahaemolyticus*를 오염시켜 레몬즙을 이용한 미생물 저해능을 확인하였으며, 이는 레몬즙에 함유된 citric acid에 의한 것으로 보고되었다. 또한, Arcales and Nacional (2018)는 blanching된 green mussel에 citric acid 2% 처리시 대조군에 비해 미생물 생장이 억제되는 것을 확인하였다. 이러한 citric acid의 미생물 저해 기작은 Li et al. (2023)에 의해 박테리아의 세포막을 파괴하여 성장을 억제하는 것으로 보고되었다.

본 연구에서 레몬즙이 처리된 시료는 무처리군에 비해 일반세균수의 증가를 억제하는 것으로 보였으며, 이는 레몬즙에 함유된 citric acid에 미생물의 생장이 억제된 것으로 보이며 100 ppm 이상의 농도에서는 일반세균수의 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

레몬즙 농도별 첨가에 따른 굴과 충진수의 pH 변화

생굴은 보관 중 글리코젠이 해당과정을 통해 젓산이 되어 글리코젠 함량의 감소와 pH 감소는 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있어 많은 연구에서 pH를 품질지표로 사용하고 있다(Son et al., 2014). 또한 우리나라 굴 수협 등의 경매 현장에서는 굴의 pH를 모니터링 하여 pH 6.3을 기준으로 하고 있다(Jeong et al., 2015). 굴은 pH에 따라 신선도를 구분하며 6.3 이상인 경우 “very good”, 6.2–5.9는 “good”, 5.8은 “off” 5.7–5.5는 “musty”,

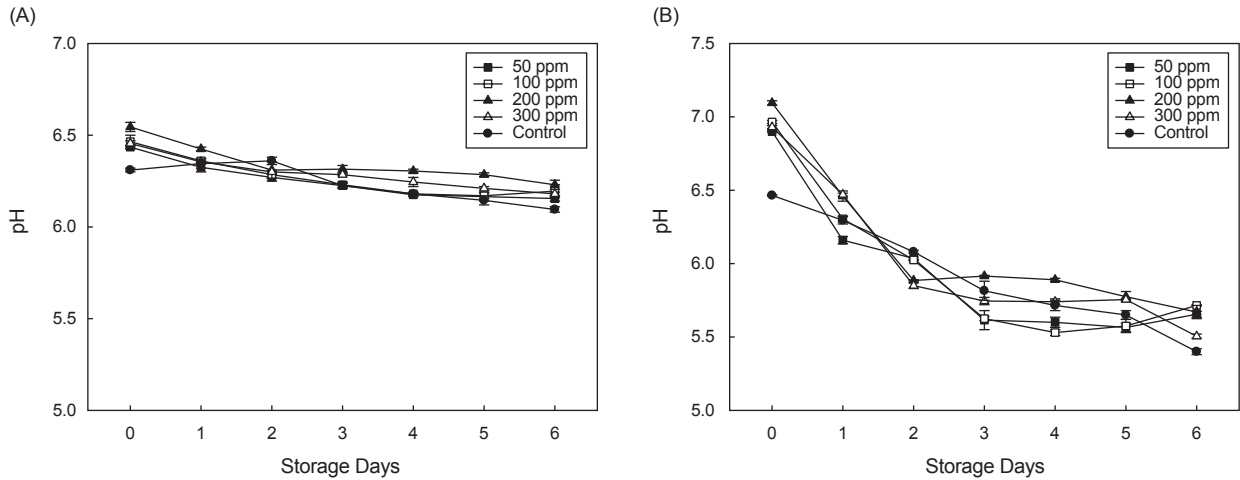


Fig. 2. Changes in pH of raw oyster *Crassostrea gigas* (A) and packaging water (B) packed by the addition of different concentrations of lemon juice.

5.2 이하는 “sour” 또는 “putrid”로 판정한다(Erkan, 2005; Bunruk et al., 2013). 4°C에서 보관한 생굴의 pH 변화는 Fig. 2A에 나타내었다. 대조구는 초기 pH 6.31에서 6일차 6.10으로 감소하였으며, 레몬즙 50, 100, 200 및 300 ppm 처리된 생굴은 초기 pH 6.44–6.55에서 6일차 6.16, 6.20, 6.23 및 6.18로 나타났다. 레몬즙 200 ppm 처리된 굴의 pH는 5일차까지 6.29로 very good 상태로 가장 높게 나타났다.

Jeong et al. (2015)에 따르면 유산균 발효 분말 및 굴 폐각 분말을 이용하여 4°C에서 5일 저장 후 pH 측정 결과 대조구는 5.42, 유산균 발효 분말 0.5% 첨가시 5.75, 굴 폐각 분말 0.1% 첨가시 5.47로 유산균 발효 분말이 첨가된 시료에서 유의미한 결과가 나타났다.

레몬즙이 첨가된 충진수의 저장 기간별 pH 변화는 Fig. 2B에 나타내었으며 대조구의 초기 pH는 6.47에서 2일차 6.08으로 급격히 떨어져 6일차에는 5.40으로 나타났다. 레몬즙이 농도별 첨가된 시료의 초기 pH는 농도에 상관없이 유의적인 차이를 보이지 않았으며 6.90–7.10으로 나타났다. 3일차에는 50 및 100 ppm은 pH 5.8 이하인 5.62 및 5.63으로 나타났으며, 200 ppm은 4일차까지 5.89, 300 ppm은 3일차에 5.75로 나타났다. 따라서 레몬즙이 200 ppm 이상 처리된 충진수의 pH 감소가 억제되는 것을 확인하였으며 pH에 따른 신선도 구분 지표에 따라 대조구는 3일차부터 pH 5.8 이하로 신선도가 떨어지는 것이 확인되었으나, 레몬즙 200 ppm 이상 처리된 시료에서는 5일차까지 pH 5.8이 유지되었다. 또한, 충진수의 pH는 굴에 비해 감소 속도가 빠른 것으로 확인되었으며 이는 Son et al. (2014), Jo et al. (2023)과 같은 결과를 나타내었다. 이상의 결과를 종합해 보면 레몬즙 200 ppm 이상 첨가 시 최소 2일 이상의 저장기한 연장 효과가 있는 것으로 나타났다.

굴의 glycogen 함량 변화

굴의 glycogen 함량은 종류 및 채취 시기에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2009; Kim et al., 2014). 4°C 저장된 굴의 초기 glycogen 함량은 대조구 1,005.80 mg/100 g 였으나, 1일차 905.88 mg/100 g, 3일차 767.39 mg/100 g, 5일차 639.01 mg/100 g로 5일차까지 급격한 감소를 나타냈으며, 6일차 642.79 mg/100 g으로 나타났다. 레몬즙이 첨가된 굴 시료 초기 glycogen 함량은 908.36–918.04 mg/100 g으로 농도별 차이는 나타나지 않았으며 50 ppm 첨가 시료는 2일차 841.62 mg/100 g, 4일차 779.40 mg/100 g에서 6일차 723.10 mg/100 g으로 나타났으며 100 ppm에서는 2일차 860.60 mg/100 g에서 6일차 745.84 mg/100 g으로 50 ppm 보다는 glycogen 함량이 천천히 감소되는 것이 확인되었다. 200 및 300 ppm이 첨가된 굴의 glycogen 함량은 저장 3일차 865.60 및 865.67 mg/100 g, 6일차 841.68 및 835.18 mg/100 g으로 큰 차이가 나타나지 않았다(Fig. 3).

Son et al. (2014)에 따르면 저장 중 굴의 glycogen 감소는 pH 변화 등에 영향을 주는 것으로 알려져 있으며 이는 굴에 함유된 glycogen이 해당과정(glycolysis)을 거치면서 젖산을 생성하고 이에 의해 pH가 감소하기 때문이라고 알려져 있다(Yoon et al., 2022). 본 연구에서는 레몬즙 200 ppm 이상 첨가 시 굴의 글리코겐 함량 변화가 적은 것으로 나타났다.

충진수의 탁도 및 가용성 단백질 함량 변화

충진수의 탁도는 시간이 지남에 따라 점차 증가하였으며 Fig. 4에 나타내었다. 초기 탁도는 29.35–30.73 NTU로 시료간 차이는 없었으며, 저장 6일차에 대조구의 탁도가 292.52 NTU로 가장 높게 나타났고 시험구는 레몬즙 첨가 농도 증가에 따라

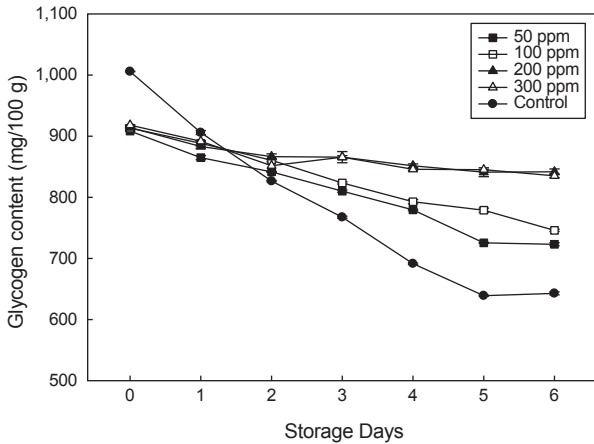


Fig. 3. Changes in glycogen contents of raw oyster *Crassostrea gigas* packed by the addition of different concentrations of lemon juice stored at 4°C.

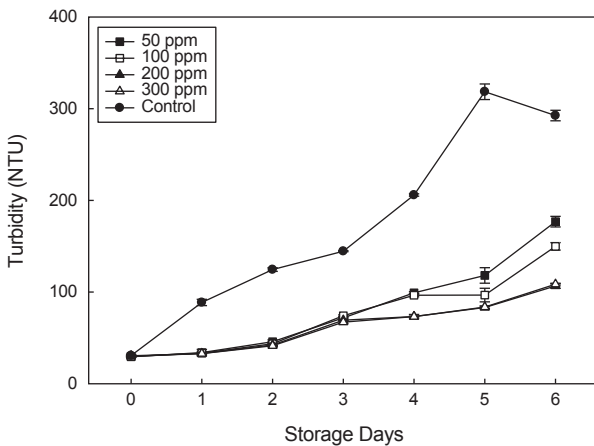


Fig. 4. Changes in soluble protein contents of raw oyster *Crassostrea gigas* packed by the addition of different concentrations of lemon juice stored at 4°C.

탁도가 낮아졌으며, 200 및 300 ppm 첨가 시료의 탁도는 각각 106.64, 108.56 NTU로 유의미한 차이가 나타나지 않았다 ($P < 0.05$). Jo et al. (2023)에 따르면 MAP 포장 및 4°C에서 6일간 보관 시, 150 NTU로 나타났다.

총진수의 가용성 단백질 결과값은 대조구는 257.06–587.13 mg/100 g, 레몬즙 50 ppm 첨가 시료는 247.33–560.54 mg/100 g, 100 ppm 첨가 시료는 250.99–480.26 mg/100 g, 200 ppm 첨가 시료는 250.03–462.01 mg/100 g, 300 ppm 첨가 시료는 250.97–459.41 mg/100 g으로 나타났다(Fig. 5).

저장시간이 지남에 따라 가용성단백질 함량은 점차 증가하였으며, 대조구가 가장 높은 함량을 나타내었고 레몬즙이 첨가된 시료는 5일차 까지는 농도에 상관없이 모두 비슷하였으나,

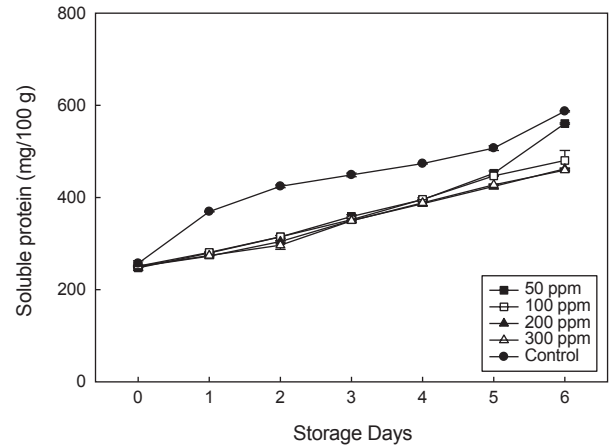


Fig. 5. Turbidity changes in packing water by the addition of different concentrations of lemon juice during storage at 4°C.

6일차에 50 ppm에서 560.54 mg/100 g으로 대조구인 587.13 mg/100 g와 유사한 결과값을 나타내었다.

굴은 선도가 저하됨에 따라 글리코젠, 가용성단백질 등의 용출에 의해 탁도가 높아지며 이는 소비자 구매에도 영향을 미칠 수 있다(Son et al., 2014). 따라서 레몬즙이 첨가된 시료는 탁도가 높아지는 것을 방지할 수 있을 것으로 보인다.

레몬즙이 처리된 굴의 관능평가

레몬즙 첨가에 따른 굴의 관능평가 실험 결과 대조구에 비해 레몬즙이 처리된 시료의 품질이 유지가 되는 것이 확인되었다(Fig. 6). 굴의 외관은 레몬즙 처리한 시료가 대조구에 비해 높은 점수를 나타냈으며, 50 및 100 ppm 첨가된 시료는 6일차에 2.6, 200 및 300 ppm 처리구는 3.6으로 나타났으나 대조구는 2.2로 나타났다. 신맛은 초기 5.0에서 대조구는 4일차에 4.0이었으나, 레몬즙 처리 시료는 모두 6일차 까지 5.0으로 차이가 없었다. 비린맛은 대조구에서 3일차 4.0, 6일차 2.0으로 나타났으나, 레몬즙 50 ppm 첨가 시 6일차에 4.2, 100–300 ppm 첨가 시 6일차 까지 5.0으로 초기 5.0에서 변화가 없었다. 이취 관능 결과 대조구는 3일차에 3.8, 6일차에 2.4까지 낮게 나타났으나, 6일차 레몬즙 50 ppm 첨가 시료는 3.4, 100 ppm은 4.4, 200 및 300 ppm 첨가 시료는 4.6으로 레몬즙 첨가 농도가 올라갈수록 이취의 변화가 크지 않았다. 전체적인 선호도 또한 0일차 4.6–4.8에서 대조구는 3일차에 3.2, 6일차에 1.8로 낮게 나타났으며, 레몬즙 농도별 첨가 시료는 3일차 4.6–4.8, 6일차에는 50 ppm 2.4, 100 ppm 2.6, 200 및 300 ppm은 3.8로 가장 높게 유지되는 것이 확인되었다.

따라서 레몬즙 200 ppm 이상 처리시 관능적 요소가 5일차까지 유지되는 것이 확인되었으며 이는 대조구에 비해 3일정도 유통기한을 증가시킬 수 있을 것으로 보인다.

본 실험 결과 천연 추출물 중 레몬즙이 굴의 미생물학적 및 이

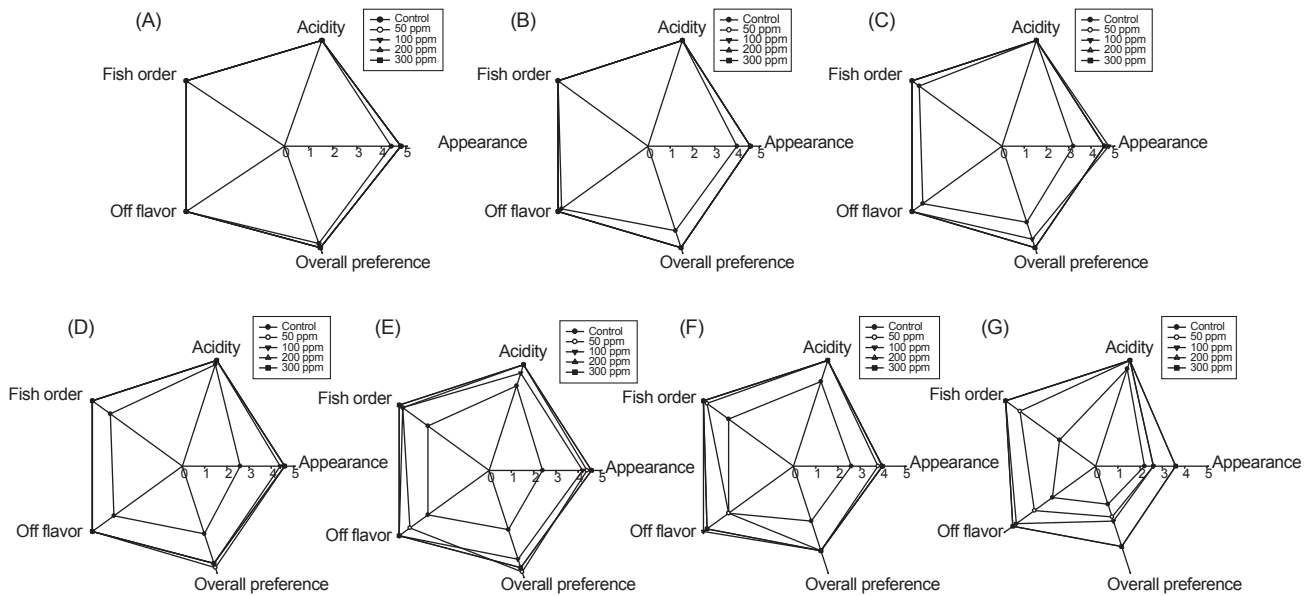


Fig. 6. Sensory evaluation changes of raw oyster *Crassostrea gigas* packed by the addition of different concentrations of lemon juice stored at 4°C.

화학적 품질 유지에 가장 효과적인 것으로 나타났으며, 레몬즙을 이용한 농도별 실험 결과 200 ppm 이상 첨가된 시료에서 굴의 품질지표로 사용되는 pH 저하 방지, 탁도 증가 속도 지연 및 관능적 품질 변화가 지연되는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 레몬즙 첨가는 생굴의 식품학적 품질 유지에 도움이 될 것으로 보이며 이는 유통기한 연장 효과를 기대할 수 있을 것으로 보인다.

사 사

이 논문은 2023년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20220319 수산식품산업 맞춤형 기술개발). 이 논문은 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2021R1A6A1A03039211). 이 논문은 2023년도 정부(부산시)의 재원으로 부산테크노파크의 지원을 받아 수행된 연구임(2023년 수산 가공식품 혁신성장 현장밀착형 R&D 기술개발사업).

References

Arcales JAA and Nacional LM. 2018. Effect of lactic and citric acid pretreatment on quality changes of green mussel (*Perna Viridis*) during chilled storage. *Curr Res Nutr Food Sci* 6, 862-872. <https://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.29>.
 Borazjani A, Andrews LS and Veal CD. 2003. Novel nonthermal methods to reduce *Vibrio vulnificus* in raw oysters. *J Food*

Saf 23, 179-187. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2003.tb00361.x>.
 Bunruk B, Siripongvutikorn S and Sutthirak P. 2013. Combined effect of garlic juice and Sa-Tay marinade on quality changes of oyster meat during chilled storage. *Food Nutr Sci* 4, 690-700. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.46088>.
 Chen H, Wang M, Chen S, Chen T and Huang N. 2014. Effects of ozonated water treatment on the microbial population, quality, and shelf life of shucked oysters (*Crassostrea plicatula*). *J Aquat Food Prod Technol* 23, 175-185. <https://doi.org/10.1080/10498850.2012.707761>.
 Cidik B and Engin K. 2005. The effects of cadmium on levels of glucose in serum and glycogen reserves in the liver and muscle tissues of *Cyprinus carpio* (L., 1758). *Turkish J Vet Anim* 29, 113-117.
 Costa C, Conte A and Del Nobile MA. 2014. Effective preservation techniques to prolong the shelf life of ready-to-eat oysters. *J Sci Food Agric* 94, 2661-2667. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6605>.
 Erkan N. 2005. Changes in quality characteristics during cold storage of shucked mussels (*Mytilus galloprovincialis*) and selected chemical decomposition indicators. *J Sci Food Agric* 85, 2625-2630. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2331>.
 Hong JY, Nam HS, Huh SM and Shin SR. 2005. Changes on the rheology of spited mackerel by treatment of Korean herbal extracts and methods of storage. *Korean J Food Preserv* 12, 578-582.
 Jeong ET, Han HN, Kim Y, Lee EH, Kim DH, Kim JH, Yeom SM and Kim YM. 2015. The effects of natural food additives

- on the self-life and sensory properties of shucked and packed Pacific oyster *Crassostrea gigas*. Korean J Fish Aquat Sci 48, 244-248. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2015.0244>.
- Jeong HJ, Park SK, Jo DM, Khan F, Yu DU, Lee JH, Kang MG, Lee DE, Sim YA and Kim YM. 2021. Effectiveness of depuration of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*): Removal of bioaccumulated *Vibrio vulnificus* by UV-treatment. Food Sci Biotechnol 30, 765-771. <https://doi.org/10.1007/s10068-021-00912-0>.
- Jeong SM, Ryu SH, Lee JE, Kang WS, Xu X and Ahn DH. 2020. Effects of seaweed extracts on lipase, urease, and lipoxygenase inhibition, DPPH radical scavenging activity and shelf-Life of *Scomber japonicus* during storage. KSBB J 35, 135-142. <http://dx.doi.org/10.7841/ksbbj.2020.35.2.135>.
- Jeong YG, Seo TR, Jung HJ, Kim BK and Cho YJ. 2017. Physicochemical quality evaluation of commercial oyster sauce, oyster steaming concentrate and oyster fermentation. KSFME 29, 1110-1116. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2017.29.4.1110>.
- Jiang S, Liu L, Xu J, Zeng M and Zhao Y. 2019. Amino acid composition and digestibility of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) proteins isolated from different parts. LWT 116, 108591. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108591>.
- Jo DM, Lee DH, Park SK, Oh DK, Cho KJ, Won DH, Park GW, Song MR, Jang YB, Noh SY and Kim YM. 2023. Effect of modified atmosphere packaging on shelf-life extension of raw oysters *Crassostrea gigas*. Korean J Fish Aquat 56, 512-519. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0512>.
- Kang BK, Kim KBWR, Kim MJ, Bark SW, Pak WM, Kim BR, Ahn NK, Choi YU, Byun MW and Ahn DH. 2014. Effects of immersion liquids containing *Citrus junos* and *Prunus mume* concentrate and high hydrostatic pressure on shelf-life and quality of *Scomber japonicus* during refrigerated storage. J Korean Soc Food Sci Nutr 43, 1555-1564. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2014.43.10.1555>.
- Kim CW, Kim EO, Jeong HD, Jung CG, Park MW and Son SG. 2009. Variation of body composition and survival rate according to spawning of Pacific oyster, (*Crassostrea gigas*) in Gamak Bay. Korean J Fish Aquat Sci 42, 481-486. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2009.42.5.481>.
- Kim D, Kim HJ, Kim HJ, Kim JS, Kim H, Joko S, Kang SK, Gwak HA and Jang AR. 2018. Effects of lemon and cranberry juice on the quality of chicken thigh meat during cold storage. Korean J Poult Sci 45, 53-62. <https://doi.org/10.5536/kjps.2018.45.1.53>.
- Kim DY and Lee GY. 2022. Direction of restructuring in response to structural changes in the Korean oyster farming. J Fish Mar Sci Educ 34, 404-414. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2022.6.34.3.404>.
- Kim MA, Shim KB, Park JS, Oh EG, Shin SB, Park K and Lim CW. 2014. Seasonal variation in the proximate composition, pH and glycogen content of oysters *Crassostrea gigas* collected in Geoje and Jaran Bay in Korea. Korean J Fish Aquat Sci 47, 713-718. <https://doi.org/10.5657/kfas.2014.0713>.
- Kong CS, Ji SG, Choi JD, Kang JG, Roh TH and Oh KS. 2006. Processing and shelf-life stabilities of flavoring substances of the smoke-dried oysters. Korean J Fish Aquat Sci 39, 85-93. <https://doi.org/10.5657/kfas.2006.39.2.085>.
- Kong CS, Je HS, Jung JH, Kwon SJ, Lee JD, Yoon MJ, Choi JD and Kim JG. 2014. Quality characteristics of canned boiled oyster and canned boiled oyster in bamboo salt in various sterilization conditions. J Fish Mar Sci Educ 26, 1231-1244. <http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2014.26.6.1231>.
- Li XS, Xue JZ, Qi Y, Muhammad I, Wang H, Li XY, Luo YJ, Zhu DM, Gao YH, Kong LC and Ma HX. 2023. Citric acid confers broad antibiotic tolerance through alteration of bacterial metabolism and oxidative stress. Int J Mol Sci 24, 9089. <https://doi.org/10.3390/ijms24109089>.
- Liu F, Li Z, Cao B, Wu J, Wang Y, Xue Y, Xu J, Xue C and Tang QJ. 2016. The effect of a novel photodynamic activation method mediated by curcumin on oyster shelf life and quality. Food Res Int 87, 204-210. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.012>.
- Lee DH, Kang DM, Park SK, Jeong MC, Kang MG, Jo DM, Lee JH, Lee DE, Sim YA, Jeong GJ, Cho KJ and Kim YM. 2020. Shelf-life extension of raw oyster *Crassostrea gigas* by depuration process. Korean J Fish Aquat Sci 53, 842-850. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0842>.
- Lee SJ, Jeong WG, Koo JH and Kwon JN. 2016. Sanitary characteristics of seawater and oyster (*Crassostrea gigas*) in Goseong Bay, Korea. Korean J Malacol 32, 157-164. <https://doi.org/10.9710/kjm.2016.32.3.157>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2020. Korea Food Code. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=362 on Mar 3, 2023.
- Min Y, Dong S, Su M, Zhao Y and Zeng, M. 2020. Physicochemical, microbiological and sensory quality changes of tissues from Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) during chilled storage. J Food Sci Technol 57, 2452-2460. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04280-1>.
- Nawi SFAM, Zain ZM, Zahari MZ, Hamid AAA, Afandi NFA, Fadzilah NZH and Azmi SNF. 2017. The inhibitory effect of lemon juice (*Citrus limon*) on *Vibrio parahaemolyticus* in raw oyster (*Crassostrea virginica*). J Clin Health Sci 2, 31-33. <https://doi.org/10.24191/jchs.v2i2.5884>.
- Park JS, Pak JN, Park JG, Han IJ, Jung PM, Song BS, Choi JI, Kim JH, Han SB, Byun MW and Han SB. 2008. Microbiological, physicochemical, and sensory characteristics of gamma-irradiated fresh oysters during storage. J Radiat Ind 2, 85-91.
- Park SY, Lee KD, Lee JS, Heu MS, Lee TG and Kim JS. 2017. Chemical and biological properties on sanitary of cultured oyster *Crassostrea gigas* intended for raw consumption or use in seafood products. Korean J Fish Aquat Sci 50, 335-

342. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0335>.
- Park WJ, Jwa MK, Hyun SH, Lim SB and Song DJ. 2006. Microbial and quality changes during storage of raw oyster treated with high hydrostatic pressure. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35, 1449-1455. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2006.35.10.1449>.
- Shin SB, Oh EG, Lee HJ, Kim YK, Lee TS and Kim JH. 2014. Norovirus quantification in oysters *Crassostrea gigas* collected from Tongyeong, Korea. *Korean J Fish Aquat* 47, 501-507. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0501>.
- Son KT, Shim KB, Lim CW, Yoon NY, Seo JH, Jeong SG, Jeong WY and Cho YJ. 2014. Relationship of pH, glycogen, soluble protein, and turbidity between freshness of raw oyster *Crassostrea gigas*. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 495-500. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0495>.
- Yoon NY, An BK, In JJ, Han HG, Lee WJ, Seo JH, Jeong SG and Shim KB. 2022. Effect of the packaging container on the freshness of raw oysters *Crassostrea gigas*. *Korean J Fish Aquat Sci* 55, 73-77. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0073>.