

시판 보냉팩 개수에 따른 진공포장 냉동 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 및 고등어(*Scomber japonicus*) 필렛의 상온유통 중 선도유지능 비교평가

김소희 · 이지운¹ · 전은비 · 김진 · Pantu Kumar Roy · 박신영 · 이정석*

경상국립대학교 해양식품공학과/해양산업연구소, ¹사조산업

Comparative Assessment of Freshness Preservation in Vacuum-Packed Frozen Olive Flounder *Paralichthys olivaceus* and Mackerel *Scomber japonicus* Fillets During Room Temperature Distribution Using Varied Quantities of Commercially Available Cold Packs

So Hee Kim, Ji Un Lee¹, Eun Bi Jeon, Jin Kim, Pantu Kumar Roy and Shin Young Park, Jung-Suck Lee*

Department of Seafood Science and Technology/ Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

¹Sajo Industries Co., Ltd., Goseong 25948, Republic of Korea

Jung-Suck Lee, Dept. of Seafood Science and Technology, Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

The surge in online seafood consumption has increased parcel delivery, leading to a need to implement effective preservation methods. As the cold chain system is not fully established in Korea, styrofoam boxes and cold packs are commonly used for low-temperature seafood distribution. The impact of cold packs on product preservation depends on the number utilized. Herein, the freshness of vacuum-packed frozen fish fillets (*Paralichthys olivaceus* and *Scomber japonicus*) stored at 25±0.5°C for up to 84 h was measured. Chemical (pH and volatile base nitrogen), microbiological (viable cell count), and physical (odor intensity) properties were assessed using 2 or 4 cold packs in a styrofoam box. Four cold packs yielded lower values, indicating superior freshness, and extended fish freshness by approximately 12 h compared with two cold packs. Therefore, it is recommended to use a minimum of 4 cold packs (–350 g/cold pack) in a styrofoam box for distributing approximately 300 g of frozen fish fillets at room temperature during the summer, considering an average delivery period of 2 days in Korea.

Keywords: Cold packs, Freshness, Room temperature distribution, Vacuum-packed frozen fish fillets

서론

국내에서는 코로나 팬데믹 이후 식생활 양식의 변화와 맞벌이 가정 및 1인 가구의 증가로 인해 소비자의 물리적인 이동 없이 다양한 식품을 구입할 수 있는 온라인 상품 구매가 급증하고 있다. 이런 온라인을 통한 상품 구매는 택배서비스와 같은 물류 과정을 거치게 되며, 택배 서비스는 보통 2–3일 이상 소요된다 (Lee, 2020a). 그러나, 7–8월 여름철에 택배서비스를 이용하는 경우, 배송 후 바로 수취하지 못하면 식품의 품질에 문제가 생겨

소비자 분쟁으로도 이어지고 있다. 다양한 식품 원료들 중 수산물은 다른 식품보다 부패 속도가 빨라 상온 운반과정을 거치면서 품질저하가 일어나기 쉽다. 이는 수산물이 다른 식품 원료에 비해서 육조직이 연약하고 육질의 단백질 변성이 빠르게 일어나기 때문이다 (Kulawik et al., 2013; Lee et al., 2022). 대부분 수산물이 상온으로 유통되고 있어 유통과정 중에서 품질저하와 같은 현상이 발생하고 있기 때문에 일정한 온도관리가 중요하다 (Prabhakar et al., 2020), 안전한 수산물 유통을 위하여 저온 물류체계의 도입이 필요하다. 저온 택배 서비스의 발전을 위한

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9145 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: jungsucklee@gnu.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.2023.0818>

Korean J Fish Aquat Sci 56(6), 818-825, December 2023

Received 23 November 2023; Revised 9 December 2023; Accepted 18 December 2023

저자 직위: 김소희(대학원생), 이지운(연구원), 전은비(대학원생), 김진(대학원생), Pantu Kumar Roy (연구원), 박신영(교수), 이정석(교수)

다양한 연구들이 추진되었지만(Lim et al., 2019; Lee, 2020b; Kim et al., 2021), 아직까지 유통현장에서는 냉동 또는 냉장차량 등 저온유통시설의 부족으로 인해 택배 배송 중 신선도 불량 등의 사례가 발생하고 있다. 특히, 소비자 수요가 증가하고 있는 비조리 냉장 및 냉동식품의 품질에 대한 관심이 점점 높아지고 있다(Yoo et al., 2019; Yang and Kim, 2020).

식품공전(MFDS, 2023a)에 따르면 냉동식품 및 냉장식품을 보존 및 유통 시에는 일정한 온도 관리를 위해 냉동 또는 냉장차량 등 규정된 온도로 유지가 가능한 설비를 이용하거나 또는 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법으로 운반하도록 명시되어 있다. 일반적으로 냉동 수산물과 같은 신선식품의 저온유통에는 스티로폼 박스 및 보냉팩 등을 이용한 방법이 많이 사용되고 있다(Margeirsson et al., 2011).

스티로폼 박스는 밀도가 낮고 기포 층이 많아 쉽게 파손되고, 이로 인해 발생하는 부스러기는 인체에도 유해한 미세플라스틱이 되어 심각한 환경오염을 유발할 수 있는 단점이 있으나, 성능과 가격 측면에서 마땅한 대체재가 없어 신선 유통에 널리 활용되고 있다(Froese, 1998; Ryu et al., 2019). 또한, 보냉팩은 냉동하여 주변 온도를 낮추는 데 사용되며, 부피를 덜 차지하면서 주변 온도를 낮게 유지해 주는 장점을 가지고 있어 얼음 대용의 역할을 하고, 일반 얼음보다 보냉 효과가 오래 지속되는 장점이 있다(Ryu, 2022).

현재 냉장 및 냉동 수산물의 저장 중 품질 변화와 관련된 다양한 연구가 보고되고 있으며(Park et al., 2016; Yang et al., 2019; Yu et al., 2019; Cheng et al., 2022), 주로 특정 보관온도에서 수산물의 선도변화에 관한 연구가 많이 보고되고 있다(Li et al., 2012; Margeirsson et al., 2012; Sardar et al., 2015). 그러나, 신선 및 냉동 수산물의 유통시 보냉팩 관련 연구는 아직 부족하며, 최근 Lee et al. (2022)은 냉동 수산물을 필렛 형태로 진공포장한 후 스티로폼 박스 및 보냉팩을 이용한 상온(25°C)에서의 선도변화를 실험하여 효율적인 4가지 선도지표를 설정한 연구가 대표적이다. 한편, 보냉팩이 수산물의 운송에 널리 활용되지만, 식품의 선도 유지에 중요한 역할을 하는 보냉팩의 개수에 따른 냉동 수산물의 품질변화에 관한 연구는 보고된 바 없다.

본 연구에서는 생산량 및 소비량이 많은 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 및 고등어(*Scomber japonicus*) 냉동 필렛을 진공포장 한 후 상온에서 스티로폼 박스 내 보냉팩으로 보관하면서 보냉팩 개수에 따른 냉동 수산물의 선도 유지능을 평가하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 넙치 및 고등어는 경남 통영시 연근해에서 양식되어 통영 전통수산물시장에서 구입하였으며, 각각 활어 상태에서 머리, 꼬리 및 내장을 제거하여 필렛 형태로 자르고, 진공포장기(FM2080-071; Food Saver, Oklahoma City, OK,

USA)를 이용하여 진공포장한 후 경상국립대학교 해양과학대학 수산가공관 냉동창고(Unit cooler; Kyungdong Co., Paju, Korea)에서 -18°C로 12시간 냉동시킨 다음 실험에 사용하였다. 저장용기는 길이 26 cm, 폭 26 cm, 깊이 20 cm, 무게 약 105 g의 스티로폼 박스(EPS box; Samil Co., Ltd., Hwaseong, Korea)를 사용하였고, 보냉팩(Cold pack; Kkong kkong Ice Pack, Tongyeong, Korea)은 고흡수성 수지를 원료로 한 제품(길이 19 cm, 너비 14 cm, 두께 2 cm 및 무게 356 g)을 적용하였으며, 스티로폼 박스 및 보냉팩 모두 경상남도 통영시에 소재하고 있는 업체로부터 구입하였다.

냉동 어류 필렛의 선도평가

시판 보냉팩 개수에 따른 진공포장 냉동 넙치 및 고등어 필렛의 선도변화 분석을 위하여 저장온도는 최근 30년간(1991–2020)의 우리나라 전 지역의 8월 평균기온(25.6°C) 기준에 준하여 25±0.5°C로 하였고(KMA, 2021), 일반적인 식품의 평균 택배 배송기간(2일)을 고려하여 저장시간은 84시간으로 설정하였다. 또한, 보냉팩의 수는 냉장식품 주문 시 일반적으로 포함되어 있는 보냉팩의 개수를 기준으로 설정하였으며, 이에 따라 개수를 더 많이 함으로써의 차이를 비교하기 위해 보냉팩 2개 및 4개로 설정하였다. 이러한 설정 조건을 바탕으로 스티로폼 박스에 약 300 g의 진공포장한 냉동 어류 필렛(어종 한 마리 당 약 150 g)과 보냉팩을 넣고 안전성을 평가하였다.

pH

pH는 식품공전(MFDS, 2023b)을 바탕으로 실시하였다. 시료를 마쇄하여 5 g을 취한 후 여기에 9배(w/v)에 해당하는 순수물 가하여 균질기(PT 1200E; Kinematica AG, Malters, Switzerland)로 5분간 균질한 후 여과지를 이용하여 여과한 여액을 분석에 사용하였다(Cha et al., 2020). pH는 전처리 시료에 대하여 pH meter (Starter 3100; Ohaus, Parsippany, NJ, USA)를 이용하여 pH를 측정하였다.

일반세균수

일반세균수는 식품공전(MFDS, 2023c)을 바탕으로 실험하였다. 시료 약 15–20 g과 시료의 9배(v/w)가 되는 멸균생리식염수(0.85%)를 멸균팩에 넣고 균질기(Bagmixer 400; Interscience, Saint Nom La Bretèche, France)를 이용하여 약 1분 30초간 균질화하였다. 균질된 시료액 1 mL를 멸균생리식염수에 10진 희석법에 따라 희석하여 그 용액을 실험에 사용하였다. 일반세균수는 전처리 시료액 1 mL와 표준한천배지(plate count agar; BD Difco, Franklin Lakes, NJ, USA)를 petri dish에 분주한 후, 균일하게 혼합하여 35±1°C, 48±2시간 배양시켰다. 이후 집락수를 계수하여 colony forming unit (CFU/g)으로 표시하였다.

휘발성 염기질소(VBN)

휘발성 염기질소는 Kapute et al. (2012)를 바탕으로 미량 확

산법을 이용하여 측정하였다. 시료 2 g과 20% (v/v) trichloroacetic acid 용액(Fujifilm Wako Pure Chemical Co., Osaka, Japan) 2 mL를 넣고 섞어준 후, 증류수 16 mL를 넣고 다시 섞어주었으며, 30분간 침출하고 여과하여 제조하였다. 이후 휘발성 염기질소 함량 측정을 위해 conway unit 외실 왼쪽에는 전처리 시료 용액 1 mL, 오른쪽에는 K_2CO_3 포화용액(Samchun, Seoul, Korea) 1 mL를 넣고, 내실에는 $0.01 NH_4SO_4$ (Daejung, Busan, Korea) 1 mL와 지시약 2-3방울 각각 가한 다음 글리세린을 바른 뚜껑으로 밀폐시켰다. 그리고 외실과 내실이 섞이지 않게 조심히 흔들여 주고, $20^\circ C$ 에서 120분간 반응시킨 후 Conway unit 내실에 $0.01N NaOH$ (Daejung, Busan, Korea)를 이용하여 적정하였다.

냄새강도

냄새강도는 Kang et al. (2014)의 분석방법을 바탕으로 실험하였으며, 시료는 마쇄하여 사용하였다. 코니칼 튜브(50 mL conical tube, 30×150 mm; SPL Life Science Co. Ltd., Pocheon, Korea)에 마쇄한 시료 약 5 g과 냄새강도기(Concentration meter, XP-329R; New Cosmos Electric Co. Ltd., Osaka, Japan)의 흡입구를 넣은 다음 냄새가 휘발되지 않도록 파라필름($4 \text{ inch} \times 125 \text{ feet}$; Curwood, Bemis, WI, USA)으로 감싸여 밀봉한 후 측정하였다. Mode는 batch로 설정하였고, 단위는 냄새강도(level)로 나타내었다.

통계분석

모든 실험은 3회 반복하여 얻은 평균값과 표준편차를 이용하여 진행하였으며, SPSS 통계패키지(SPSS Version 18.0 for windows)를 사용하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA) 중 Duncan's 다중범위검정(multiple range test)을 실시하여 유의차(5% 유의수준)를 검정하였다.

결과 및 고찰

보냉팩 개수에 따른 스티로폼 박스 내 온도 변화

보냉팩 개수에 의한 스티로폼 박스 내 온도 변화는 Fig. 1과 같은 방법으로 측정하였고, 무선형 temperature logger (EBI; Ebro Co., Ingolstadt, Germany)를 사용하였다. 온도측정기, 보냉팩 및 시료를 넣은 스티로폼 박스를 밀봉한 후 $25 \pm 0.5^\circ C$ 에서 보관하였다. 이때 온도 측정기는 스티로폼 박스 중앙에 놓고 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 2와 같다. 스티로폼 박스 내 온도는 시간이 경과함에 따라 증가하였으며, 식품공전(MFDS, 2023a)에 의한 냉장온도 기준 $0-10^\circ C$ 를 유지하는 시간은 보냉팩 2개의 경우 약 8시간이며, 보냉팩 4개는 약 24시간까지 유지가능하기 때문에 보냉팩 2개 첨가에 의해 냉장 온도 유지 시간이 약 17시간 연장됨을 알 수 있었다. Stringer (1990)에 따르면 $0^\circ C$ 에서 어류 필렛의 유효기간이 8.3일이었지만, $5^\circ C$ 에서는 2.6일



Fig. 1. Installation of a temperature logger for measuring styrofoam in incubator ($25 \pm 0.5^\circ C$).

로 감소하였으며, $10^\circ C$ 에서는 1.4일에 불과하다고 보고하였다. 또한, 어류 필렛을 초기 $25^\circ C$ 에서 2시간 동안 유지한 후 $0^\circ C$ 에서 저장한 경우에는 유효기간이 8.3일에서 5일로 감소하였고, 3시간 동안 유지한 경우에는 3.3일로 감소하였다고 하였다. 이는 어류 필렛의 보관온도를 처음부터 낮게 유지해야만 유효기간을 연장할 수 있음을 시사하며, 본 연구에서도 보냉팩 4개 투입했을 때, 2개 투입 시 보다 낮은 저장온도로 인하여 어류의 선도 유지가 더 연장될 것으로 판단된다.

pH의 변화

상온유통 중 보냉팩 개수에 따른 진공포장한 냉동 어류 필렛의 pH 변화를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 어류의 pH 변화는 조직을 연결하는 결합조직의 특성에 큰 영향을 미치기 때문에 신선도 평가에 있어서 중요한 지표로 사용된다. 사후 신선한 상태의 생선은 일반적으로 pH 5.5-6.5 범위의 약산성이며, 어류의 pH의 경우 젖산의 생산으로 인해 점차 저하된다고 알려져 있다(Yu et al., 2019). 어류는 시간이 경과함에 따라 여러 종류의 효소가 육단백질을 분해하여 아미노태 및 암모니아태 질소가 점점 증가하여 pH가 상승하는 것으로 보고되고 있다(Jinadasa et al., 2015; Park et al., 2016). 일반적으로 백색육 어류의 부패 기준 pH는 6.7-6.8이며, 적색육 어류의 부패 기준 범위는 pH 6.2-6.4로 알려져 있다(Kim et al., 2007).

진공포장한 냉동 어류 필렛의 pH 변화는 저장기간이 길어질수록 모든 실험군에서 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 넙치 필렛의 경우 초기 pH는 6.57이었으며, 보냉팩 2개 투입 시 pH는 저장 36시간에서 백색육 어류의 부패점인 6.7에 가까운 6.69에 도달하였지만, 보냉팩 4개 투입 시 pH는 저장 48시간에서 6.69이었다. 반면, 고등어 필렛은 초기 pH가 5.96이었으며, 보냉팩 2개 투입 시 pH가 저장 36시간에 적색육 어류의 부패점인 6.2에 가까운 결과를 보였고, 보냉팩 4개 투입 시 pH가 저장 60

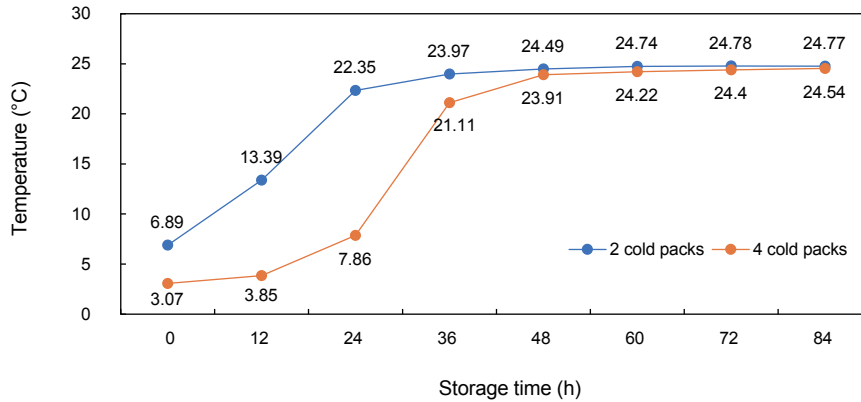


Fig. 2. Temperature change in styrofoam boxes with varying numbers of cold packs during storage at 25±0.5°C. The temperature change of two cold packs were sourced from Lee et al. (2022).

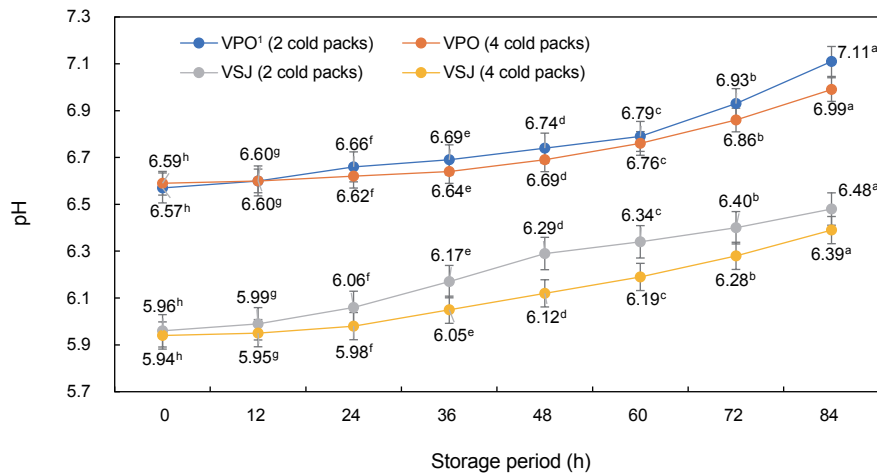


Fig. 3. Changes in the pH of vacuum-packed frozen fish fillets with varying numbers of cold packs in styrofoam boxes during storage at 25±0.5°C. ¹VPO, Vacuum-packed *Paralichthys olivaceus*; VSJ, Vacuum-packed *Scomber japonicus*. The values of VPO and VSJ with two cold packs were sourced from Lee et al. (2022). Different superscripts in a row (a-h) represent significant differences (P<0.05).

시간에서 6.19로 나타났다. Cheng et al. (2022)은 스티로폼 박스에 냉동된 눈다랑어(*Thunnus obesus*)와 얼음을 넣고 40시간 동안 품질변화를 관찰하였을 때, 저장시간이 증가함에 따라 pH가 증가한다고 하였는데, 이는 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 또한, Park et al. (2016)은 냉장 저장 고등어의 선도 지표 개발을 위한 품질특성을 평가하기 위해 고등어를 4±1°C에서 15일간 냉장 저장하였다. 이때, 고등어의 초기 pH는 5.99이었으며, 72시간부터 pH 6.17로 초기부패 수준에 도달하였다고 보고한 바 있다. 이러한 결과는 본 연구에서 보냉팩 4개 투입한 실험군의 pH 결과와 거의 유사하였다.

일반세균수의 변화

상온유통 중 보냉팩 개수에 따른 진공포장한 냉동 어류 필렛

의 미생물학적 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 어류의 변패는 부패세균의 대사 결과로 나타나는 초기 세균수와 관련이 있기 때문에 어류의 초기 세균수의 측정은 어류의 품질을 측정하기 위한 중요한 요소로 작용될 수 있다(Gram and Huss, 1996). 또한, 일반적으로 수산물의 선도판정은 신선한 어육의 어류는 5 log CFU/g이하, 초기 부패한 어류는 5–6 log CFU/g이상, 부패한 어류는 6 log CFU/g이상으로 알려져 있다(Joo et al., 2016).

진공포장한 냉동 어류 필렛의 일반세균수는 저장기간이 길어질수록 모든 실험군에서 유의적으로 증가하였다(P<0.05). 보냉팩 2개 투입 시 넘치 필렛은 저장 36시간에 5.83 log CFU/g으로 초기 부패 기준점인 5 log CFU/g에 도달하였으며, 보냉팩 4개 투입 시 저장 48시간에 5.48 log CFU/g으로 나타났다. 고등어 필렛의 경우, 보냉팩 2개 투입 시 저장 48시간에 6.24 log

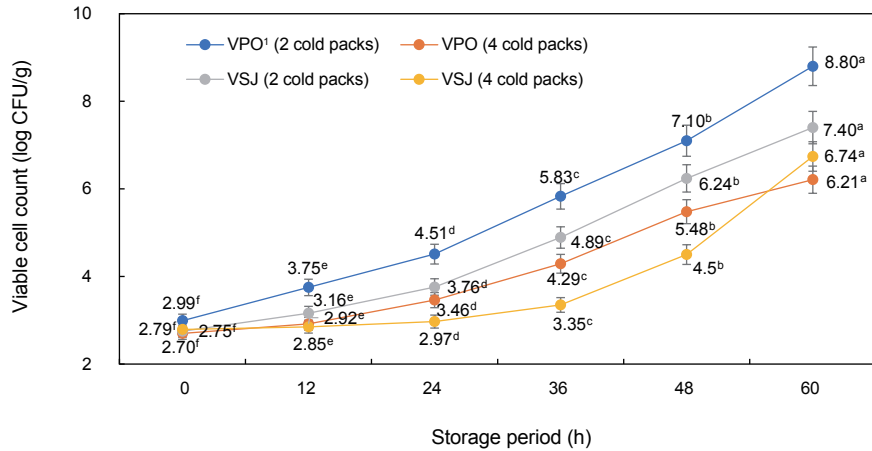


Fig. 4. Changes in the viable cell count of vacuum-packed frozen fish fillets with varying numbers of cold packs in styrofoam boxes during storage at 25±0.5°C. ¹VPO, Vacuum-packed *Paralichthys olivaceus*; VSJ, Vacuum-packed *Scomber japonicus*. The values of VPO and VSJ with two cold packs were sourced from Lee et al. (2022). Different superscripts in a row (a-h) represent significant differences (P<0.05).

CFU/g으로 부패 수준인 6 log CFU/g 이상으로 나타났으며, 보냉팩 4개 투입 시 저장 60시간에 6.74 log CFU/g으로 나타났다. Jinadasa et al. (2015)에 의하면 황다랑어(*Thunnus albacares*)를 4°C 및 7°C의 냉장고에서 저장하였을 때 보관온도가 낮을수록 일반세균수가 더 낮게 나타났으며, 저장시간이 증가함에 따라 높은 검출률을 보였다고 하였다. 한편, Özogul et al. (2005)은 얼음유무에 따른 백장어의 신선도를 평가하기 위해 4°C 냉장고에서 최대 19일동안 보관하였을 때, 얼음이 있는 경우에 초기 부패기준점인 10⁶ CFU/g 기준으로 약 13–14일 보관이 가능하며, 얼음이 없는 상자의 경우 약 6–7일 가능하다고 하였다. 상기 연구들의 결과는 온도환경을 낮게 할수록 어류의 신선도를 더 오래 유지할 수 있다는 것을 의미하며, 본 연구에서도 보냉팩 2개 투입 실험군에 비하여 4개 투입 시 약 12시간 더 신선도를 유지하는 것으로 확인되었다.

휘발성 염기질소(VBN)의 변화

상운유통 중 보냉팩 개수에 따른 진공포장한 냉동 어류 필렛의 휘발성 염기질소(volatile basic nitrogen, VBN) 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 휘발성 염기질소는 암모니아를 주성분으로 TMA, DMA 등으로 구성된 암모늄염이며(Jinadasa, 2014; Lee, 2020b), 내생효소의 작용 등으로 인해 어류 근육 내 존재하는 대사와 관련된 비단백질 형태의 질소화합물이다(Nam et al., 2022). 어획 직후의 어육에는 그 양이 적지만, 미생물에 의해 단백질이 저분자 물질(peptide, amino acid, peptone 등)로 분해되면서 그 함유량이 증가하거나(Li et al., 2012; Lee et al., 2013), 효소와 미생물의 작용에 의해 TMAO가 환원되면서 TMA 등과 같은 염기성 물질이 생성되어 VBN의 함량이 증가한다고 보고되었다(Park et al., 2016). 어중에 따라 다소 차이를 보이지만, 일반적으로 신선한 어육에서는 5–10 mg/100 g, 보

통 선도의 어육은 15–25 mg/100 g, 초기 부패한 어육은 30–40 mg/100 g, 부패한 어육은 50 mg/100 g 인 것으로 알려져 있다(Jinadasa, 2014; Lee et al., 2022). 또한, Yu et al. (2019)에 의하면 수산가공 원료의 선도 한계점은 20 mg/100 g 이하로 사용된다고 보고하였다.

실험어중에 관계없이 진공포장한 냉동 어류 필렛의 VBN 함량은 저장 84시간까지 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 보냉팩 2개 투입 시 납치 필렛의 VBN 함량은 저장 12시간에 20.77 mg/100 g으로 확인되었고, 저장 36시간에 32.55 mg/100 g으로 초기 부패 기준점인 30 mg/100 g을 초과하였다. 보냉팩 4개 투입 시 저장 12시간에 14.29 mg/100 g으로 나타났으며, 저장 48시간에 32.64 mg/100 g을 나타내었다. 고등어 필렛의 경우에는 보냉팩 2개 투입 시 저장 12시간에 22.67 mg/100 g으로 나타났으며, 저장 36시간에는 33.53 mg/100 g으로 납치 필렛보다 부패가 더 빠르게 진행되었다. 보냉팩 4개 투입 시 저장 48시간에 35.15 mg/100 g을 나타냈다. 따라서, VBN 함량 기준으로 보았을 때, 모든 실험결과에서 보냉팩을 2개 사용했을 때보다 보냉팩 4개 투입하여 유통하게 되면 약 12시간 정도 유통시간을 연장할 수 있을 것으로 생각된다. Li et al. (2012)은 붕어(*Carassius auratus*) 필렛을 4°C의 냉장고에서 36일간 보관하여 선도변화를 관찰하였을 때, 저장시간이 지남에 따라 VBN 함량이 증가하였다고 보고하였다. 또한, Shin et al. (2006)의 한방재료를 첨가한 간고등어를 4°C 및 25°C에서 일정 기간 저장하였을 때의 품질변화를 분석한 연구와 Nam et al. (2022)의 고전압 정전기장 냉장시스템(4°C)에 7일 동안 보관한 납치 필렛의 품질변화 연구에서도 VBN 함량이 저장 중 증가하였다. 따라서, 상기 연구들 모두 저장 중 VBN 함량 변화가 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다.

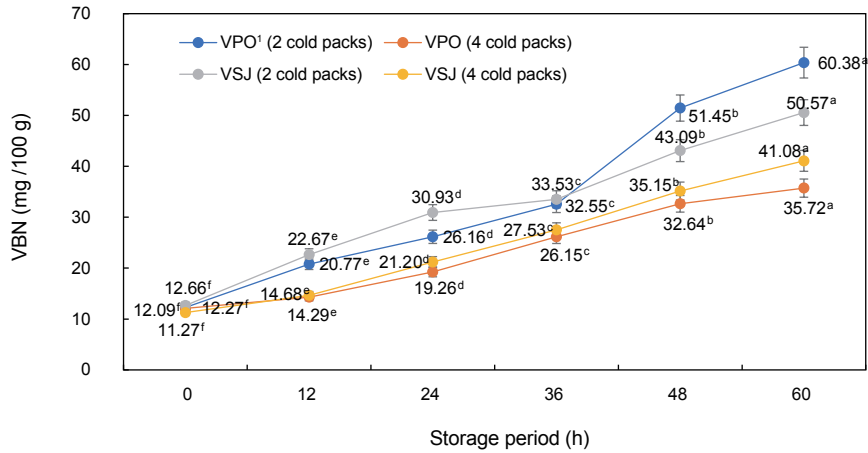


Fig. 5. Changes in VBN of vacuum-packed frozen fish fillets with varying numbers of cold packs in styrofoam boxes during storage at 25±0.5°C. ¹VPO, Vacuum-packed *Paralichthys olivaceus*; VSJ, Vacuum-packed *Scomber japonicus*. The values of VPO and VSJ with two cold packs were sourced from Lee et al. (2022). VBN, Volatile basic nitrogen. Different superscripts in a row (a-h) represent significant differences (P<0.05).

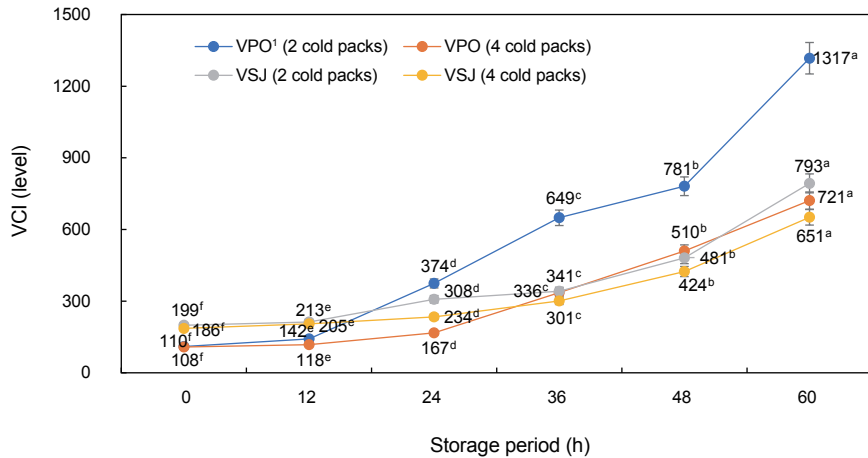


Fig. 6. Changes in VCI (volatile component intensity) of vacuum-packed frozen fish fillets with varying numbers of cold packs in styrofoam boxes during storage at 25±0.5°C. ¹VPO, Vacuum-packed *Paralichthys olivaceus*; VSJ, Vacuum-packed *Scomber japonicus*. The values of VPO and VSJ with two cold packs were sourced from Lee et al. (2022). Different superscripts in a row (a-h) represent significant differences (P<0.05).

냄새특성

상온유통 중 보냉팩 개수에 따른 진공포장한 냉동 어류 필렛의 냄새특성은 VBN 함량과 냄새강도를 통해 분석하였고, 냄새강도의 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 어류는 단백질 공급원으로서 소비자들에게 건강한 식품으로 인식되지만, 어류 특유의 비린내는 대부분 소비자들에게 거부감을 들게 한다. 이로 인해 많은 연구자들이 어류 비린내의 근원에 대한 연구를 수행해 왔다 (Kim et al., 2021; Liu et al., 2021). 이러한 어류의 비린내는 선도 저하와 함께 수산물 비린내의 주성분인 trimethylamine 등

의 아민과 암모니아가 산성 물질을 만나 중화되어 비휘발성 물질로 변화되었기 때문에 발생하는 것으로 알려져 있다(Li et al., 2011; Kang et al., 2014). 어류의 비린내를 측정하기 위해 사용되는 전자코는 휘발하기 용이한 저분자 물질을 감지하여 그 강도를 나타내는 장비이며, 수산가공분야에서는 일반적으로 비린내 강도를 표현하기 위해 사용하고 있다.

넙치 필렛의 VBN 함량이 보냉팩 2개 및 4개 투입 시 저장 36 시간에 각각 32.55, 26.15 mg/100 g으로 나타남에 따라 냄새강도는 보냉팩 2개 및 4개 투입 시 저장 36시간에 각각 649, 336 level로 나타났다. 고등어 필렛의 VBN 함량은 보냉팩 2개 및 4

개 투입 시 저장 36시간에 33.53, 27.53 mg/100 g으로 나타났으며, 이에 따라 냄새강도는 보냉팩 2개 투입 시 저장 36시간에 각각 341, 301 level로 나타났다. 이는 보냉팩 2개 투입 시 냉동 어류 필렛의 VBN 함량이 부패 기준점에 도달함에 따라 냄새강도 수치도 보냉팩 4개 투입 시보다 더 높게 나타났다. 또한, 보냉팩 4개 투입할 경우, 2개 투입한 실험군보다 어류의 신선도를 더 유지할 수 있는 것을 의미한다.

본 연구에서는 4가지 선도지표(pH, 일반세균, VBN 및 냄새강도)를 활용하여 보냉팩 개수에 따른 유통안전성을 검토한 결과, 모든 실험결과에서 스티로폼 박스에 보냉팩 4개를 투입한 냉동 어류 필렛이 2개를 투입한 실험군에 비하여 12시간 이상 유통기간을 연장하는 것으로 나타났다. 따라서, 여름철에 약 300 g의 냉동 어류 필렛의 상온 유통을 위하여 시판 고분자흡수성 보냉팩(약 350 g)을 사용할 경우에는 평균 2일의 국내 택배 배송기간을 고려하여서 최소 4개 이상의 보냉팩을 스티로폼 박스에 투입하여야 안전할 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 2023년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(수산물 유통 현안해결 기술 개발, 1525013978).

References

- Cha JW, Yoon IS, Park SY, Kang SI, Lee JS, Heu MS and Kim JS. 2020. Taste, flavor and nutritional characteristics of fish cake made from salmon *Oncorhynchus keta* frame muscle. Korean J Fish Aquat 53, 281-289. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0281>.
- Cheng Z, Pan W, Xian W, Yu J, Weng X, Benjakul S, Alessandra G, Ying X and Deng S. 2022. Effects of various logistics packaging on the quality and microbial variation of bigeye tuna (*Thunnus obesus*). Front Nutr 9, 998377. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.998377>.
- Froese R. 1998. Insulating properties of styrofoam boxes used for transporting live fish. Aquaculture 159, 283-292. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00226-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00226-3).
- Gram L and Huss HH. 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. Int J Food Microbiol 33, 121-137. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(96\)01134-8](https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01134-8).
- Jinadasa BKKK. 2014. Determination of quality of marine fishes based on total volatile base nitrogen test (TVB-N). Nat Sci 12, 106-111.
- Jinadasa BKKK, Galhena CK, Liyanage NPP and Yildiz F. 2015. Histamine formation and the freshness of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) stored at different temperatures. Cogent Food Agr 1, 1028735. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1028735>.
- Joo SY, Park JA, Hwang HJ, Kim SJ, Choi JI, Ha JY and Cho MS. 2016. Effects of freezing-storage temperature on the shelf life of mackerel fish. Korean J Food Sci Technol 48, 536-541. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2016.48.6.536>.
- Kang SI, Kim KH, Lee JK, Kim YJ, Park SJ, Kim MW, Choi BD, Kim DS and Kim JS. 2014. Comparison of the food quality of freshwater rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* cultured in different regions. Korean J Fish Aquat Sci 47, 103-113. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0103>.
- Kapute F, Likonwe J and Kang'ombe J. 2012. Quality assessment of fresh lake Malawi tilapia (*Chambo*) collected from selected local and supermarkets in Malawi. J Food Saf 14, 112-120.
- Kim JS, Heu MS, Kim HS and Ha JW. 2007. Fundamentals and Applications for Seafoods. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, 11-140.
- Kim HH, Ryu SH, Jeong SM, Kang WS, Lee JE, Kim SR, Xu X, Lee GH and Ahn DH. 2021. Effect of high hydrostatic pressure treatment on urease activity and inhibition of fishy smell in mackerel (*Scomber japonicus*) during storage. J Microbiol Biotechnol 31, 1684-1691. <https://doi.org/10.4014%2Fjmb.2106.06052>.
- KMA (Korea Meteorological Administration). 2021. Average Temperature for the Last 30 Years in Korea. Retrieved from <https://www.weather.go.kr/w/obs-climate/climate/korea-climate/data-guide.do> on Sep 04, 2023.
- Kulawik P, Özogul F, Glew R and Özogul Y. 2013. Significance of antioxidants for seafood safety and human health. J Agric Food Chem 61, 475-491. <https://doi.org/10.1021/jf304266s>.
- Lee GH. 2020a. A study on the utilization status and development of domestic low temperature (frozen and refrigerated) parcel service. M. D. Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea.
- Lee NG. 2020b. Storage effects of seawater and tapwater ice for freshness of mackerel (*Scomber japonicus*). J Korean Appl Sci Technol 37, 860-869. <http://dx.doi.org/10.12925/jkocs.2020.37.4.860>.
- Lee JU, Heu MS and Lee JS. 2022. Establishment of effective freshness indicators for seafood during room-temperature distribution using commercial cold packs and styrofoam boxes. Korean J Fish Aquat Sci 55, 670-680. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0670>.
- Lee KS, Kim JN and Jung IC. 2013. Physicochemical properties of ground pork with lotus leaf extract during refrigerated storage. J East Asian Soc Dietary Life 23, 477-486.
- Li K, Bao Y, Luo Y, Shen H and Shi C. 2012. Formation of biogenic amines in crucian carp (*Carassius auratus*) during storage in ice and at 4°C. J Food Prot 75, 2228-2233. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-143>.
- Li M, Al-Sarraf A, Sinclair G and Frohlich J. 2011. Fish odour syndrome. Can Med Assoc J 183, 929-931. <https://doi.org/10.1503/cmaj.100642>.
- Liu Y, Huang Y, Wang Z, Cai S, Zhu B and Dong X. 2021. Re-

- cent advances in fishy odour in aquatic fish products, from formation to control. *Int J Food Sci Technol* 56, 4959-4969. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15269>.
- Lim YJ, Kim JH and Lim JH. 2019. Temperature measurement system for refrigerated vehicle. *J IKEE* 23, 159-163. <https://doi.org/10.7471/ikee.2019.23.1.159>.
- Margeirsson B, Gospavic R, Palsson H, Arason S and Popov V. 2011. Experimental and numerical modelling comparison of thermal performance of expanded polystyrene and corrugated plastic packaging for fresh fish. *Int J Refrig* 34, 573-585. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2010.09.017>.
- Margeirsson B, Lauzon HL, Palsson H, Popov V, Gospavic R, Jónsson MŞ, Sigurgísladóttir S and Arason S. 2012. Temperature fluctuations and quality deterioration of chilled cod (*Gadus morhua*) fillets packaged in different boxes stored on pallets under dynamic temperature conditions. *Int J Refrig* 35, 187-201. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2011.09.006>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2023a. Standard of preservation and distribution. In: Korean Food Code. Retrieved from <http://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC> on Sep 04, 2023.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2023b. General analytical method. In: Korean Food Code. Retrieved from <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC?searchNm=pH&itemCode=FC0A263004005A269> on Sep 21, 2023.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2023c. Microbial test method. In: Korean Food code. Retrieved from <http://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC> on Sep 22, 2023.
- Nam JW, Oh SR, Koh HB, Won SH, Jung MJ, Han AR, Kim BM and Jun JY. 2022. Changes in the physicochemical properties of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fillets during storage in a high-voltage electrostatic field-refrigeration system. *Korean J Food Preserv* 29, 884-894. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2022.29.6.884>.
- Özogul Y, Özyurt G, Özogul F, Kuley E and Polat A. 2005. Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods. *Food Chem* 92, 745-751. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.035>.
- Park SH, Kim MJ, Kim GU, Choi HD, Park SY, Kim MJ, Kim KBWR, Kim YM, Nam TJ, Hong CW, Choi JH, Jang MK, Lee JW and Ahn DH. 2016. Assessment of quality changes in mackerel *Scomber japonicus* during refrigerated storage: development of a freshness indicator. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 731-736. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0731>.
- Prabhakar PK, Vatsa S, Srivastav PP and Pathak SS. 2020. A comprehensive review on freshness of fish and assessment: Analytical methods and recent innovations. *Food Res Int* 133, 109157. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109157>.
- Ryu GH. 2022. A study on treatment methods and system improvement methods for reducing environmental problems by ice packs. M.S. Thesis, Korea Technology and Education University, Cheonan, Korea.
- Ryu JR, Yook SW, Kal SH and Shin YJ. 2019. Development of high-insulation packaging using recycled PET and comparison of insulation performance with existing styrofoam and paper boxes. *Korean J Packag Sci Tech* 25, 111-116. <https://doi.org/10.20909/kopast.2019.25.3.111>.
- Sardar R, Khan SH and Tanveer Z. 2015. Sensory and histamine assessment of the freshness of Sardine (*Sardine sindensis*) during different storage conditions. *Adv Life Sci* 3, 9-15.
- Shin SR, Hong JY, Nam HS, Huh SM and Kim KS. 2006. Chemical changes of salted mackerel by Korean herbal extracts treatment and storage methods. *Korean J Food Preserv* 13, 18-23.
- Stringer LJ. 1990. Modeling air transportation of fresh seafood. M. S. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, America.
- Yang SJ, Kim MY and Kim JK. 2019. A study on super-chilling distribution methods for fresh sea foods by various storage temperatures and packaging. *Korean J Logist* 27, 47-56. <http://doi.org/10.15735/cls.2019.27.4.004>.
- Yang SJ and Kim JK. 2020. Determination of shelf-life of a packaged *Paralichthys Olivaceus* for super-chilled distribution. *Korean J Packag Sci Tech* 26, 165-171. <https://doi.org/10.20909/kopast.2020.26.3.165>.
- Yoo SW, Kwon SW and Park SI. 2019. Status of packaging materials for frozen foods and analysis of temperature changes inside packaging materials during frozen process. *Korean J Packag Sci Tech* 25, 11-16. <https://doi.org/10.20909/kopast.2019.25.1.11>.
- Yu JW, Kim HJ, Seol DE, Ko JY, Kim SH, Yang JY and Lee YB. 2019. Evaluation of largehead hairtail *Trichiurus lepturus* freshness using sensory and chemical analyses. *Korean J Fish Aquat Sci* 52, 735-739. <http://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0735>.