

냉장실의 온도 변동 편차가 과채류의 항산화 지표 및 어육류의 저장 품질에 미치는 영향*

박희정^{1†} · 이명주² · 이혜란³

국민대학교 식품영양학과,¹ 삼성전자 냉장고 전문기술Lab,² 배화여자대학교 식품영양과³

Effects of temperature-fluctuation in a refrigerator on antioxidative index and storage qualities of various foods*

Park, Hee Jung^{1†} · Lee, Myung Ju² · Lee, Hye Ran³

¹Department of Food and Nutrition, Kookmin University, Seoul 02707, Korea

²Refrigerator Technical Expert lab, Samsung Electronics, Suwon 16677, Korea

³Department of Food and Nutrition, Baewha Women's University, Seoul 03039, Korea

ABSTRACT

Purpose: The objective of this study was to examine the association of temperature-fluctuation with freshness quality in various foods. **Methods:** We investigated the effects of storage conditions on antioxidant activities of cherries and romaine lettuce during storage at $0.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$, $1.2 \pm 1.4^\circ\text{C}$, and $1.6 \pm 2.8^\circ\text{C}$. Cherries and romaine lettuce were stored for a period of 9 days and 7 days, respectively. We also analyzed the effects of storage conditions on fresh quality of beef and salmon during storage at $-0.3 \pm 0.8^\circ\text{C}$, $-0.6 \pm 2.3^\circ\text{C}$, and $-1.5 \pm 4.4^\circ\text{C}$. Both of them were stored for a period of 14 days. **Results:** The amount of water loss was highest in beef, and the microbial count was also the highest at $-1.5 \pm 4.4^\circ\text{C}$. In the case of salmon, there was no difference in water loss according to storage, and TBA value was significantly increased at $-1.5 \pm 4.4^\circ\text{C}$. Moisture retention was the highest at $0.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$ in both romaine lettuce and cherry samples. The contents of polyphenol and flavonoid were significantly higher in cherries, and content of polyphenols in romaine lettuce was significantly higher at $0.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$ ($p < 0.05$). DPPH activity decreased in the order of $0.7 \pm 0.6^\circ\text{C} > 1.2 \pm 1.4^\circ\text{C} > 1.6 \pm 2.8^\circ\text{C}$ over 7 days. **Conclusion:** The results indicate that temperature-fluctuation may affect qualities of foods stored in a refrigerator.

KEY WORDS: food storage, temperature fluctuation, food handling, nutrition value

서 론

식품의 냉장은 미생물의 생육이나 각종 화학반응 및 수분 손실 등이 억제되어 식품의 품질을 유지시킬 수 있는 단기 저장법이다. 냉장 보관은 식품의 신선도 유지뿐만 아니라 식품의 유통기한을 증진시킬 수 있기 때문에 최근 식품업체에서는 상품별 최적온도를 일정하게 유지하는 콜드체인 (cold chain) 시스템을 통해 신선식품이 상온에 노출되는 시간을 최소화하고 입고부터 출고까지 식품의 안전한 유통을 위한 모니터링 체계를 구축하는 등의 냉장 유통을 강화하고 있다. 그러나, 냉장 보관 중이라도 저장 시간,

냉장 온도 조건은 냉장 중에서 일어나는 식품의 품질변화인 지질 산화, 단백질 변성, 비타민 파괴, 악취 생성 및 어육류의 자가분해, 미생물의 생육에 영향을 준다고 보고되고 있으며,¹⁻⁶ 냉동 보관 조건에서도 저장 온도의 변동 편차는 냉동조건 시 얼음의 재결정 크기 및 결정 수에 영향을 미쳐 냉동 식품의 식품 품질을 저하시킨다고 알려져 있다.⁷

저장 온도에 따른 제품 신선도에 관한 기존 연구들은 미생물 증식에 관한 연구가 주로 이루어졌으며, 육류, 생선류, 과일류, 채소류 등 다양한 식재료에서 저장 기간 및 저장 온도가 증가될수록 미생물의 증식이 활발해짐을 보고하였다.⁸⁻¹⁰ Jung 등⁸의 연구에서는 저장온도가 높거나 온

Received: February 6, 2017 / Revised: March 14, 2017 / Accepted: March 27, 2017

*This work was supported by grants of Samsung Electronics.

†To whom correspondence should be addressed.

+82-2-910-5490, e-mail:heejp@kookmin.ac.kr

© 2017 The Korean Nutrition Society

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.

도 편차가 심할 경우 도미의 근단백질 분해가 빨리 나타나 도미의 신선도가 저하됨을 보고하였고, 소고기를 실험 재료로 이용한 Kwon 등⁹의 연구에서는 5°C에서 일정하게 보관할 경우 저장 일수에 따라 육즙손실 및 미생물 증식이 유의적으로 증가하는 것으로 보고하였다. Durmaz 등¹⁰의 연구에서는 육제품을 4°C 및 21°C에서 보관 시, 저장 온도에 상관없이 저장 시간에 따라 리스테리아균 (*Listeria monocytogenes*)이 증식되는 것으로 보고하였다.

저장 온도에 따른 식품 중 함유된 영양소나 생리활성물질의 손실에 대한 연구는 채소와 과일 등의 식재료에서 주로 이루어지고 있다. 채소와 과일은 폴리페놀과 플라보노이드, 안토시아닌 등의 생리활성물질과 및 항산화 영양소로 작용하는 비타민류, 식이섬유 등의 성분이 다량 함유되어 있으며,¹¹⁻¹² 채소 및 과일 중 생리활성물질과 항산화 영양소를 포함한 항산화 성분은 저장 조건에 따라 지표 및 활성의 변화 등이 야기되는 것으로 보고되었다.¹³⁻¹⁸ Choi 등¹⁴은 딸기에서 DPPH 활성 정도를 저장온도 및 기간에 따라 분석한 연구에서 4°C에 저장한 딸기 보다는 15°C에 저장한 완숙 과일의 항산화 활성이 현저하게 감소함을 보고하였다. Rahman 등¹⁶의 연구에서도 고추를 이용한 연구에서 4°C에서 저장한 고추의 비타민 C 함량이 저장 2일차부터 감소함을 보고하였다. Saini 등¹⁷의 연구에서는 로메인 중 카로티노이드 및 토코페롤의 함량이 저장 온도 0~5°C 중 4°C에서 가장 유의미하게 보존되는 것으로 나타났다. 십자화과 채소 중 다량으로 함유된 glucosinolate의 함량도 저장 방법에 따라 달라질 수 있음을 보고하였다.¹⁸ 이에 과채류 중 항산화 영양소나 항산화 활성은 가정 내 보관 정도에 따라 변화가 민감한 지표로 예측되며, 저장 온도, 저장 시간 등 보관 조건에 따라 최종적으로 섭취되는 양이 달라진다고 할 수 있다.

온도 조건에 따른 품질 변화를 살펴본 기존 연구들은 냉장조건 (4°C)이나, 냉동조건 (-20°C), 상온 (20°C), 여름철 온도 (35°C) 등 온도 조건 차이가 비교적 큰 저장 조건 상태에서 실험을 진행한 경우가 대부분이었으며,¹³⁻¹⁶ 냉동 조건에서 항산화 성분의 보존율이 가장 높고, 온도가 증가될수록 항산화 지표 및 항산화 활성의 손실률이 증가하고, 저장 기간이 길어질수록 더욱 심화되는 것으로 나타났다. 최근 보급되고 있는 가정용 냉장고는 2~4°C 이하의 온도를 유지하고 있으며, 저장 시 온도 변동폭을 최소화하여 제품 신선도 및 영양소 파괴를 최소화 하고 있다. 이에 본 연구팀은 선행연구를 통해 저장 온도 조건 차이가 비교적 세밀한 1, 3, 4°C에서의 저장 기간에 따른 항산화 성분의 유지능을 분석하였고, 저장 온도에 따라 항산화 성분의 손실률이 달라짐을 보고하였다.⁴ 그러나 온도 조건과 온도 변

동 편차 조건이 혼합 설정 ($1.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$, $3.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$, $4.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$) 되어, 저장 온도의 영향과 저장 온도 변동편차의 영향을 구분하는 데는 한계가 있었다. 또한 같은 저장 온도 조건이라 할지라도 생리활성물질이나 지표의 안정성은 식재료에 따라 달라지는 연구 결과가 있으나,¹⁹ 미세한 저장 온도 변동 편차에 따른 다양한 식품군 기반의 제품 특성 및 영양소 파괴에 대한 기반 실험이 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 저장 온도 요인과 별개로 변동편차 요인을 설정하여 보관기간에 따른 항산화지표 및 품질 변화를 분석하고자 하였다. 또한 육류, 어류, 과일류, 채소류 등의 다양한 신선 식품군을 이용하여 미세한 정온 조건에서의 식재료의 신선도 유지능, 항산화 활성도와 항산화 성분의 보존능을 측정하고 저장조건에 따른 차이를 분석함으로써 소비자가 실제 섭취까지의 최적 보관 조건을 파악해 보고자 하였다.

연구방법

저장 온도 설정 및 온도 실측

식재료의 온도 설정은 최근 보급되는 가정용 냉장고의 보관실 실측 온도를 고려하여 설정하였다. 식재료 중 과채류의 저장 온도 조건 (shelf)은 $1.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ (조건 A), $1.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ (조건 B), $1.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ (조건 C)로 설정하였고, 어육류의 저장 온도 조건 (chilled room)은 $-1.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ (조건 D), $-1.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ (조건 E), $-1.0 \pm 4.0^\circ\text{C}$ (조건 F)로 설정하였다. 각 조건별 저장 온도는 24시간 모니터링을 통해 72시간 동안 온도 및 습도 계측기를 이용하여 계측하였고, 평균값을 산출하였다.

실험재료

선정 시료는 육류 중 소고기, 어류 중 연어, 과일류는 체리, 채소류는 로메인으로 선택하였다. 로메인 (*Lactuca sativa* L.)과 체리 (*Prunus avium* L.)는 실험 당일 구매하여, 1시간 이내 실험 조건을 셋팅하였다. 체리의 경우는 당일 (0일) 및 3, 6, 9일간 냉장 조건별로 보관하였고, 로메인의 경우는 당일 (0일) 및 3, 5, 7일간 냉장 조건별로 보관하였다. 각 시료는 색상과 크기, 신선도 정도에 따라 구분하여, 조건 별 동일한 시료를 선별하였다. 로메인의 경우 계측자를 이용하여 15~20 cm 사이의 것으로 사용하였으며, 체리의 경우 색상별 선별 작업을 거친 후 너무 어둡거나, 너무 밝지 않은 암적색을 선별하여 시료화하였다. 소고기 (이마트, 호주산)는 등심 진공육 상태의 식품을 구매하고, 연어 (이마트, 노르웨이산)도 진공 상태의 식품을 구매하여, 당일 (0일), 3, 7, 10, 14일간 저장 실험을 진행하였다. 단, 미생

물과 조직병리학적 분석을 위한 소고기는 별도로 구매하였다. 모든 시료는 냉장 저장 시 일회용 접시에 그대로 두어 저장 온도 및 습도 조건의 변수를 최소화하였다.

시료의 외관 및 중량 분석

모든 시료에서 식품 초기 중량과 저장 기간내 중량 변화 정도를 측정하여 저장 감량도를 확인하였으며, 저장기간에 따른 외관의 변화를 확인하였다. 중량 측정은 저장기간 내 시료 별 일정한 날짜에 중량을 측정하여 감량 변화 추이 분석하였고, 외관은 저장기간 내 시료 별 일정한 날짜에 사진기로 이미지를 촬영하여 변화 추이를 분석하였다.

소고기 조직의 미생물 분석 및 병리학적 검사

저장기간 내 일정한 날짜에 실험하여 총 균수의 변화 추이 분석하였다. 미생물은 고형의 식품시료 중 20 g을 채취하여 filter bag에 넣고 멸균수 180 ml를 추가하였다. 미생물 시료는 균질기 (Interscience Bag Mixer 400, Pro Scientific Co., Oxford, CT, USA)에서 2분간 균질화하였다. 균질화한 시료의 회석액은 필터링 한 후, 시료를 각 단계별로 10 배씩 희석하며 표준한천 평판배지에 단계희석액을 0.1 ml 씩 접종 후, 도말하여 25°C에서 1주일간 배양하여 생성된 집락으로 생균수 (CFU/g)를 측정하였다.

도축 후 사후 강직 3~4일 후의 육류 (한우) 부위를 별도로 구매한 후, 샘플링하여 H&E staining을 통해 냉장 온도가 근섬유단백질의 자기소화에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 적출한 소고기 조직을 10% formalin에 48시간 고정 후 파라핀 블록을 제작하였고 5 µm 두께의 절편으로 슬라이드를 만들어 Hematoxylin-eosin과 Perls'Prussian blue 용액으로 염색을 실시하고 광학현미경 (Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 400배의 배율로 관찰하였다.

어육류의 TBA가

어육류 산화지표 TBA가 분석 (Food TBARS Assay Kit, Oxford biomedical Research, Inc., MI, USA)을 진행하였고, TBARS는 지질과산화의 최종 산물인 total malondialdehyde (MDA)를 TBA (thiobarbituric acid)와 킬레이트 반응시켜 532 nm에서 흡광도를 측정한 후, 표준품 MDA로 정량화하였다.

과채류의 항산화 성분 지표 분석

항산화 성분 지표로는 total phenol content (TPC), total antioxidant capacity (TAC), total flavonoid content (TFC), DPPH 지표를 분석하였다. TAC (Biovision, CA, USA)는 시료는 증류수와 1:2 (w/v)의 비율로 균질화 (최종

샘플은 100 µL 미만 사용)하고, 10,000 g, 10분, 4°C에서 원심분리 한 후, 상층액 (수용성) 분리하고, 하위 pulp 부위는 아세톤으로 추출 (지용성)하였다. 아세톤 추출부위는 10,000 g, 10분, 4°C에서 원심분리하고, TAC 값은 수용성 부위와 지용성 부위를 혼합하여 계산하였다. 총 페놀 분석은 Folin-Dennis method²⁰를 이용하여 진행하였다. 먼저 시료 0.5 g을 믹서기에 1차 균질화 후 증류수를 1:100의 비율로 혼합하여 2차 균질화하고, 균질화물은 14,000 rpm에서 5분간 원심분리 상층액을 1 ml를 취하여 증류수 9 ml과 혼합하였다. Folin-Ciocalteu' phenol 1 ml와 7% sodium carbonate 10 ml를 첨가하고, 실온에 90분 동안 보존한 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다.

TFC는 체리의 지정 실험일자에 aluminium chloride calorimetric method를 이용하여 분석하였다.²¹ 시료 0.5 g을 믹서기에 1차 균질화 후 증류수를 1:100의 비율로 혼합하여 2차 균질화하고, 균질화물은 14,000 rpm에서 5분간 원심분리하였다. 상층액을 1 ml를 취하여 증류수 4 ml과 혼합하고, 5% NaNO₂ (0.3 ml) 및 10% AlCl₃ (0.3 ml), 1M NaOH (2 ml)를 순서대로 첨가하고, 10 ml의 증류수에 희석한 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능²²은 먼저 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH: Sigma-Aldrich Co.) stock (0.6 mM)을 만들어 96 well plate에 각각 시료 100 µl와 DPPH stock 60 µl를 혼합하여 넣고, 실온에서 30분간 반응시킨 후 microplate reader (Perkin Elmer, Victor X5, US)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 라디칼 소거 활성 정도는 Trolox equivalent (TE)/g·FW로 나타내었다.

통계처리

수집된 자료는 SAS 9.4 program을 이용하여 통계처리를 하고, 성분분석과 항산화 활성에 대한 결과는 3반복을 통해 얻은 mean ± SE로 나타내었다. 모든 결과는, general linear model (GLM)을 이용하여 Duncan's post hoc comparison test로 유의수준 0.05에서 유의성을 검증하였다.

결 과

저장 온도 실측 분석

냉장고 내 선반 온도 조건은 1.0 ± 0.7°C, 1.0 ± 1.4°C, 1.0 ± 2.8°C로 셋팅하였고, 실측치는 Table 1에 나타내었다. 실측치는 shelf 조건 A에서는 0.7 ± 0.6°C, 조건 B는 1.2 ± 1.4°C, 조건 C는 1.6 ± 2.8°C로 평균 온도 편차는 조건 A에서 가장 일정하게 유지되었으며, 조건 B와 C는 실제 냉장 온도가 각각 -0.2~2.6°C와 -1.2~4.4°C로 계측되어 저장 온

도 유지의 변동편차가 조건 A에 비해 큰 것으로 나타났다. 냉장고 내 chilled room 조건은 온도 편차의 변동폭이 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$, $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$, $\pm 4.0^{\circ}\text{C}$ 가 될 수 있도록 셋팅하였고, 조건 D에서는 $-0.6 \pm 2.3^{\circ}\text{C}$, 조건 E는 $-0.3 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$, 조건 F는 $-1.5 \pm 4.4^{\circ}\text{C}$ 로 평균 온도 편차는 조건 E에서 가장 적었다.

저장 조건에 따른 수분 손실량

과채류 및 어육류의 신선도 지표인 수분 손실률은 저장 온도 변동 편차가 증가됨에 따라 손실률이 증가하였다 (Fig. 1). 체리의 경우 중량의 변화는 조건 A, 조건 B, 조건 C가 각각 3.8%, 6.7%, 8.0%가 감소된 것으로 측정되어 조건 A의 수분 감소율이 가장 낮았다 (Fig. 1A). 로메인의 경우 중량의 변화는 조건 A, 조건 B, 조건 C가 각각 30.2%, 48.4%, 56.2%가 감소된 것으로 측정되어 조건 A에서의 수분 감소율이 다른 조건에 비해 낮았다 (Fig. 1B). 소고기의 경우, 전체 무게 대비 중량 감소율이 조건 D, E, F에서 각각 5.6%, 5.9%, 8.3%로 나타나 조건 E의 수분 손실률이 가장 낮았다 (Fig. 1C). 연어의 경우 저장 기간 동안의 중량은 저장 종료 시까지 변화 없었으며, 데이터는 제시하지 않았다.

체리의 저장 조건 별 항산화 지표 변화

체리의 경우 TAC 수준은 온도 변동편차 조건에 따른 유의적 변화가 나타나지 않았다. 폴리페놀 함량의 경우, 저장

조건 중 조건 C에 비해 저장 3일차에 조건 A 및 B의 폴리페놀 함량이 유의적으로 높았다 (Fig. 2B). 저장 9일차에는 조건 C에서 폴리페놀 함량이 유의적으로 가장 높았다 ($p < 0.05$). 플라보노이드의 함량은 저장 6일차 조건 A에서 타 조건에 비해 유의적으로 플라보노이드 함량이 높았다 (Fig. 2C, $p < 0.05$). 저장 9일차에서는 조건별로 플라보노이드 함량의 유의적 차이가 없었다.

로메인의 저장 조건 별 항산화 지표 변화

로메인에서는 총 항산화능 (TAC) 수준이 저장 일수에 따라서 감소하였으며, 군 간 유의적인 차이는 없었다 (Fig. 3A). 폴리페놀 함량은 조건 A에서 저장 1일차부터 타 조건에 비해 폴리페놀 농도가 유의적으로 높은 것으로 나타났고, 이는 저장 7일차까지 유지되었다 (Fig. 3B, $p < 0.05$). DPPH 활성의 경우 초기 대비 7일차에 조건 A, 조건 B, 조건 C의 경우 각각 19.0%, 27.0%, 35.0%로 감소하였다 (Fig. 3C).

소고기 조직의 미생물 분석 및 병리학적 검사

저장 기간 동안의 소고기의 일반 세균수는 조건 D의 경우 저장 14일 까지 10^3 cfu/ml 이하로 유지되었다. 조건 E에서도 저장 10일까지는 10^3 이하로 유지되었으며, 저장 14일차에 1.5×10^3 cfu/ml로 측정되었다.

Table 1. Experimental temperature

Location	Frige condition	Temperature		Sample
		Setting point	Actual point	
Shelf	A	$1.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$	Cherry, romaine
	B	$1.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$	$1.2 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$	Cherry, romaine
	C	$1.0 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$	$1.6 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$	Cherry, romaine
Chilled room	D	$-1.0 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$	$-0.6 \pm 2.3^{\circ}\text{C}$	Beef, salmon
	E	$-1.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$	$-0.3 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$	Beef, salmon
	F	$-1.0 \pm 4.0^{\circ}\text{C}$	$-1.5 \pm 4.4^{\circ}\text{C}$	Beef, salmon

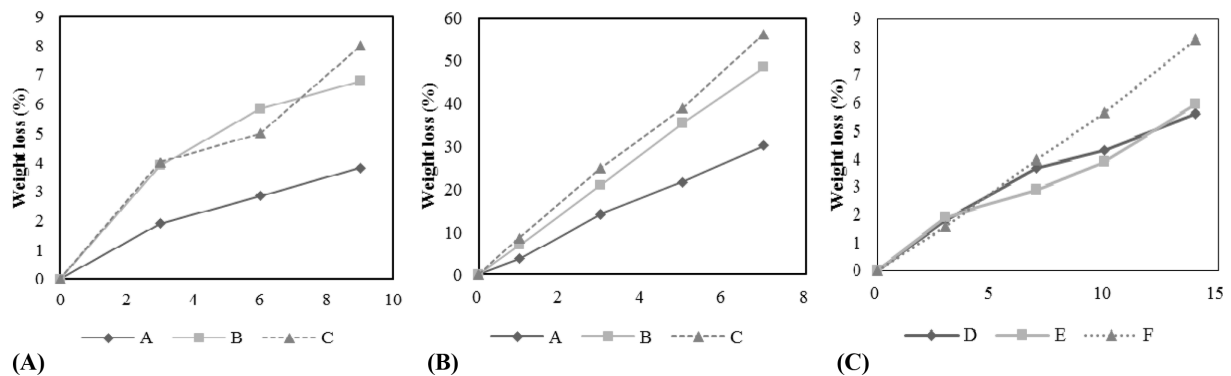


Fig. 1. Changes in weight loss of material depending on storage temperature and period; (A) Cherry (B) Romaine (C) Beef. A; $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$, B; $1.2 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$, C; $1.6 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$, D; $-0.6 \pm 2.3^{\circ}\text{C}$, E; $-0.3 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$, F; $-1.5 \pm 4.4^{\circ}\text{C}$

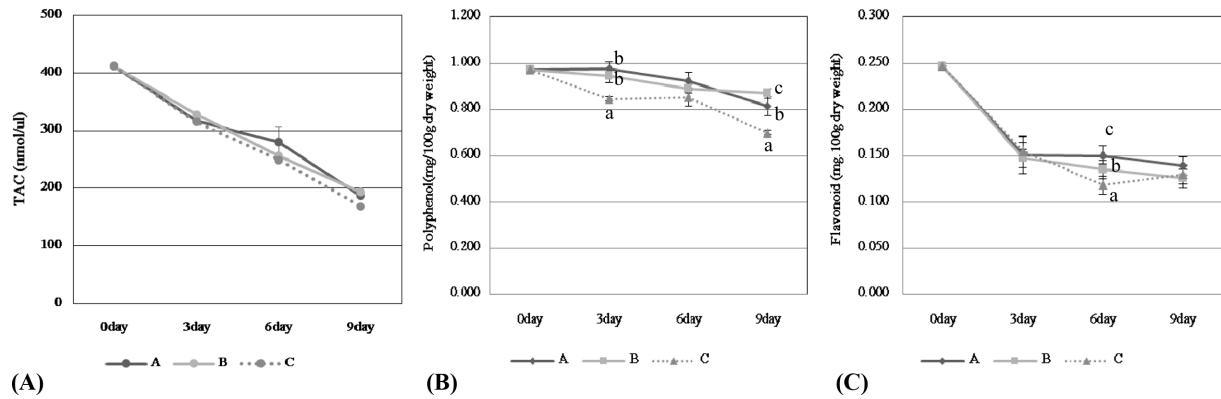


Fig. 2. Effect of storage condition on antioxidant activity in cherry. A; $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$, B; $1.2 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$, C; $1.6 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$. ^{ab}Different superscript letters indicate the comparison with significant differences according to storage temperature within the same period by GLM test at $p < 0.05$.

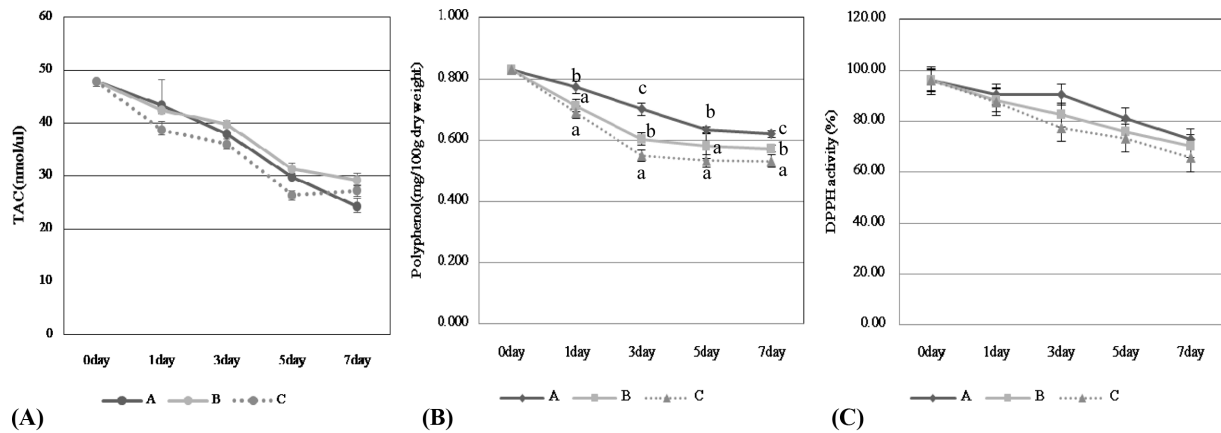


Fig. 3. Effect of storage condition on antioxidant activity in romaine. A; $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$, B; $1.2 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$, C; $1.6 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$. ^{ab}Different superscript letters indicate the comparison with significant differences according to storage temperature within the same period by GLM test at $p < 0.05$.

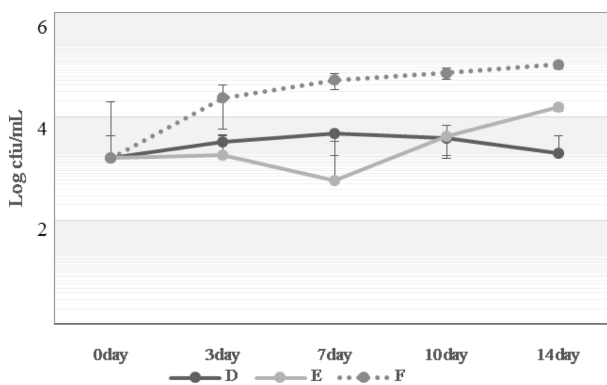


Fig. 4. Effect of storage conditions on microbial count in beef. D; $-0.6 \pm 2.3^{\circ}\text{C}$, E; $-0.3 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$, F; $-1.5 \pm 4.4^{\circ}\text{C}$

냉장 보관 중의 조직 변화는 H&E 염색법을 이용하여 Fig. 5에 제시하였다. 세포와 세포 간격을 비교하면, 초기 상태 (base)에 비해 단백질 자가 분해 정도가 조건 D 및 E

에 비해 조건 F에서 가장 활발한 것으로 관찰되었다.

어육류의 저장 조건 별 과산화물가 지표 변화

소고기의 경우 조건 D, E, F에서 저장 기간에 따라 지질 과산화도가 증가하였으며, 조건 별 유의차는 없었다 (Fig. 6). 초기 TBA가는 3.4 mg/L MDA 이었으며, 저장기간이 길어질수록 값이 증가하여 소고기의 산패가 진행되었음을 확인하였다 (Fig. 6A).

연어의 경우, 조건 F에서 조건 D 및 조건 E에 비해 저장 14일차의 지질과산화물가가 유의적으로 높게 나타났다 (Fig. 6B, $p < 0.05$).

고 찰

신선 식품의 유통 중 식품 품질 변화에 대한 연구는 식품의 세포벽 성분의 변화로 인한 제품 경도의 변화,²³ 살균제

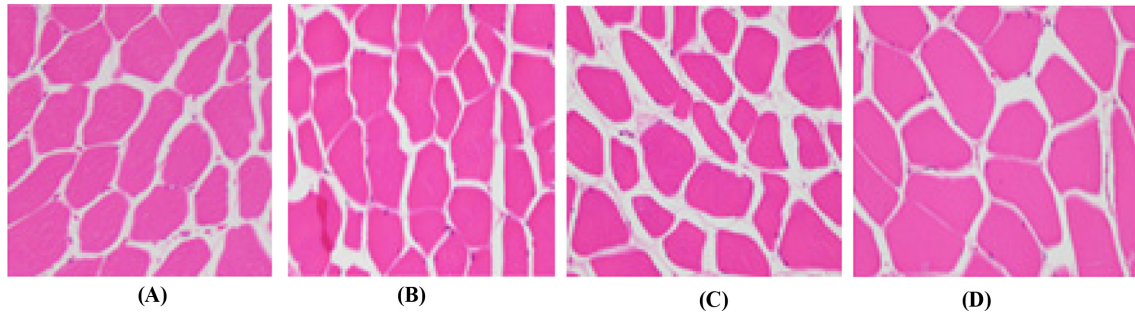


Fig. 5. Histologic structures of beef after 2 weeks (x400). (A) baseline, (B) $-0.6 \pm 2.3^\circ\text{C}$, (C) $-0.3 \pm 0.8^\circ\text{C}$, (D) $-1.5 \pm 4.4^\circ\text{C}$

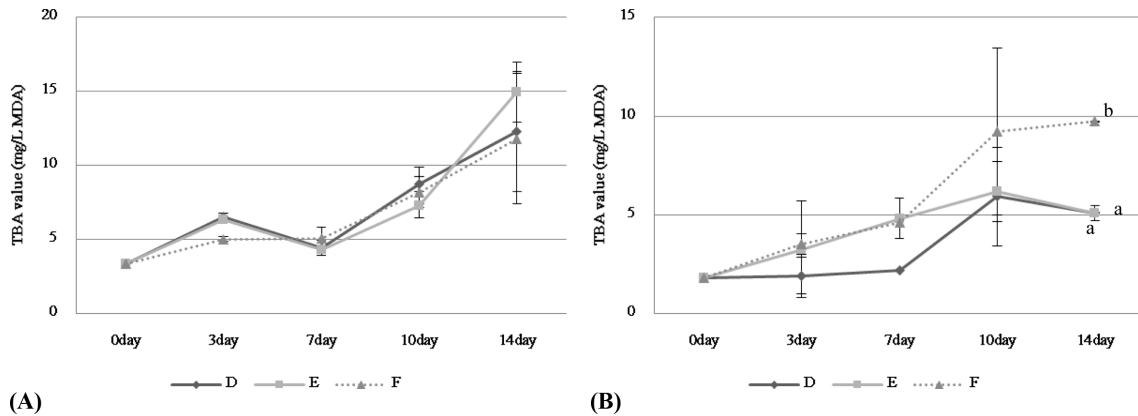


Fig. 6. Effect of storage condition on TBA value in beef (A) and salmon (B). D: $-0.6 \pm 2.3^\circ\text{C}$, E: $-0.3 \pm 0.8^\circ\text{C}$, F: $-1.5 \pm 4.4^\circ\text{C}$. ^{ab}Different superscript letters indicate the comparison with significant differences according to storage temperature within the same period by GLM test at $p < 0.05$.

종류,²⁴ 신선식품의 포장재질²⁵ 및 과일류의 예냉방법²⁶에 따른 품질 변화 등 유통기간 동안 발생할 수 있는 식재료의 품질 변화 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 그러나, 일반 소비자들은 신선 식재료 구매 후 바로 섭취하는 경우 보다는 보통 2~7일 정도의 보관 기간을 거친 후 섭취하는 것으로 알려져 있고, 이에 가정 내 보관 기간 동안 식품 품질을 유지시키는 최적 저장 조건을 찾는 것은 주요한 일이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 저장 기간 및 저장 온도의 변동 편차에 따른 다양한 식재료의 저장 중 품질 변화를 살펴 보았다. 저장 온도 편차에 따른 육류 신선도 분석 시 본 연구에서는 육즙 손실률이 5% 이상으로 나타났다. 이는 저온 유통 용기에 따른 소고기의 저장 중 품질에 관한 연구에서 용기에 담긴 채 5°C 에서 9일간 보관 시 소고기의 육즙 손실률이 0.6~3.4%로 측정된 Kwon 등⁹의 연구 결과 보다는 높은 수치였다. 이는 저장 온도 및 습도 조건의 변수를 최소화하기 위해 별도의 저장 용기를 사용하지 않고 실험을 진행했기 때문인 것으로 사료된다. 식품의 미생물 총균수를 보면, 온도 편차가 $0.8\sim 2.3^\circ\text{C}$ 인 경우 저장 10일까지는 10^3 CFU/ml 이하로 보존되었으며, 저장 온도 편차가 4°C 이상인 경우는 저장 3일차부터 총균수가 증가하는 것

으로 나타났다. 쇠고기의 저장 기간에 따라 일반 세균수는 4°C 에서 20일 동안 저장한 Sirocchi 등²⁷의 연구와 그 외 연구²⁸⁻²⁹에서 증가하는 추세를 보였다. 일반적으로 냉장 온도에 미생물의 번식이 진행되기 때문에 소고기의 냉장 저장 기간을 7일 정도로 권장하는 것과 같은 맥락이다. 소고기의 냉장 저장 중의 지질과산화도는 저장 기간 및 저장 온도에 따라 증가되는 것으로 알려져 있다.³⁰⁻³² Witte 등³³과 Brewer 등³⁴은 저장기간 중 지방이 산화되면 지방 분해 효소에 의해 가수분해되어 저장기간이 길어짐에 따라 TBA 값이 증가하고 맛과 냄새에 영향을 미친다고 보고하였다. 본 연구에서는 저장 일수에 따라 증가하였으나 온도 변동 편차 조건 별로 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이는 기존의 연구들의 저장 온도 비교 조건이 $2.0\sim 25.0^\circ\text{C}$ 범위 혹은 $4.3\sim 15.5^\circ\text{C}$ 범위로 본 연구에서 비교한 온도 조건에 비해 비교 범위가 넓기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 본 연구 결과, 미세한 온도 편차에도 온도 변동 편차가 $\pm 1.0\sim 2.0^\circ\text{C}$ 인 경우보다 $\pm 4.0^\circ\text{C}$ 이상으로 변동 편차가 커지게 되면 단백질 자가 소화로 인해 세포 사이 간격이 벌어지는 것으로 나타났다.

본 연구에서 연어의 경우 중량 변화는 저장 기간 동안 변

화하지 않았으며, 이는 정밀한 온도 세팅 조건으로 인한 것으로 사료된다. 중량 변화와 관계없이 TBA기는 저장 14일 차에 온도 편차가 4.0°C 이상인 조건에서 유의적으로 과산화물가가 높았다. 이는 저장 조건에 따른 산패도 (TBA value)를 측정한 결과 저장기간이 길어질수록 산패도가 증가하였고 냉장 저장시료의 경우 저장 3일째부터 유의적으로 산패도가 증가되었다는 결과³⁵와 $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 조건에서 일정하게 보관 시 저장 일수에 따라서 3배 이상 TBA가 증가되는 것을 보고한 Yang 등³⁶의 연구와 유사한 결과이다. 더불어, Shumilina 등³⁷의 연구에서는 연어의 신선도의 지표가 되는 ATP 분해 대사체를 NMR을 통해 분석한 결과, 4°C 보관 시는 7일 동안 저장하는 것이 적합하며, 10°C 보관 시에는 3일 동안만 저장하는 것이 바람직하다고 보고하였다. 대사체는 조직 중 일어날 수 있는 민감한 지표이기 때문에 본 연구 결과보다 신선도 유지를 위한 보관예측기간이 더 짧았을 것으로 판단된다.

체리의 경우 안토시아닌, 비타민 C, 페놀화합물 등의 항산화 성분을 다량 함유하고 있으며,¹¹⁻¹² 시중 유통 과일 및 채소류 29종의 항산화 효과를 살펴본 Kim 등³⁸의 연구에서 체리는 총 페놀 화합물량이 0.95 mg GAE/g fresh weight으로 분석되어 조사된 29종 중 2번째로 높게 측정되었다. 그러나 체리 유통 및 저장 시의 온도 조건에 따라 생리활성물질 및 영양가에 영향을 받는 것으로 보고되었다.³⁹⁻⁴⁰ Goncalves 등³⁹의 연구에서는 1~2°C로 30일간 저장해 둔 체리의 flavonol 및 flavan-3-ol 함량이 감소하였음을 보고하였다.

채소류 중 푸른 잎의 최소가공 샐러드 식품으로 시중에 유통되고 있는 로메인은 아시아 특히 중국과 일본, 국내에서 소비량이 높은 식재료지만,⁴¹ 저장 기간이 짧고 저장 온도의 영향에 따른 품질 변화가 매우 심한 식재료이다. Saini 등¹⁷은 4°C에서 8일 동안 로메인 저장 시 함유하고 있는 카로티노이드, 토코페롤 등이 유지되었다는 결과를 보고하며, 로메인의 경우는 0~5°C 중 4°C가 가장 클로로필, 카로티노이드, 토코페롤 등의 보존에 가장 효율적인 저장 온도라는 결과도 보고되었다. 로메인의 총 폴리페놀 함량의 경우는 본 연구 결과, 온도 편차가 적을 경우 유의적으로 높은 것으로 나타났다.

저장 조건과 저장 온도 변동폭 조건을 달리한 본 연구팀의 선행연구 결과에서는 저장 온도가 $0.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$, $3.5 \pm 2.8^\circ\text{C}$, $4.7 \pm 1.4^\circ\text{C}$ 의 미세한 온도 차이에도 온도가 낮고, 온도 변동폭이 적을수록 로메인과 체리의 수분 감소율이 낮았다.⁴ DPPH 소거능과 플라보노이드 및 비타민 C 등의 항산화 지표에서도 $0.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 의 경우 다른 조건에 비해 저장 기간에 따라 보존율이 높은 것으로 보고하였다.⁴ 추

가적인 본 연구의 결과로 같은 저장 온도 상태라도 저장 시 온도 편차를 감소시킨 경우, 채소와 과일류의 항산화지표에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 육류 및 어류의 경우도 저장 시 저장 온도가 낮거나 온도 편차를 감소시킬 경우, 신선도 유지 및 지질과산화 억제에 일부 효과가 있는 것으로 나타났다. 더불어 채소 및 과일의 경우 1.0°C 정도의 온도 변동 편차에도 신선도 및 항산화지표에 영향을 받았으며, 어육류의 경우 2.0°C 이상의 온도 변동 편차에 따라 품질 변화가 나타났다. 이는 저장 온도와 독립적으로 저장 온도의 변동 편차가 식품의 신선도 및 품질 유지에 영향을 미칠 수 있으며, 식재료 군의 종류에 따라 신선도를 유지하는 온도 변동 편차가 다를 수 있음을 시사한다.

요 약

본 연구에서는 다양한 신선 식품군의 저장 온도의 변동 편차에 따른 항산화 지표와 신선도 품질 변화를 분석하고자 하였다. 어육류에서는 $-0.3 \pm 0.8^\circ\text{C}$, $-0.6 \pm 2.3^\circ\text{C}$, $-1.5 \pm 4.4^\circ\text{C}$ 의 조건에서 수분 손실, 지질산패도 등을 분석하였고, 과채류에서는 $0.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$, $1.2 \pm 1.4^\circ\text{C}$, $1.6 \pm 2.8^\circ\text{C}$ 조건에서 수분 손실, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, 총 항산화능, DPPH 소거능을 분석하였다. 소고기와 연어는 14일, 체리는 9일, 로메인은 7일 동안 저장 후 실험하였다. 소고기는 온도 편차가 4.0°C 이상인 조건에서 수분 손실량이 가장 많았으며, 미생물도 온도 편차가 $\pm 4.0^\circ\text{C}$ 이상인 조건에서 가장 활발히 증식하였다. 지질의 과산화도는 저장 기간이 길어질수록 과산화물가가 증가하였지만, 온도 편차 조건 별로 차이가 없었다. 연어의 경우는 조건 별 수분 손실량의 차이는 없었으며, 지질 과산화도는 온도 편차가 $\pm 4.0^\circ\text{C}$ 이상인 조건에서 유의적으로 증가하였다. 로메인과 체리 시료 모두에서 수분보유량은 $0.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 저장 조건에서 가장 높았다. 체리의 경우 $0.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 저장 조건에서 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 유의적으로 높았으며 ($p < 0.05$), 로메인의 경우, 폴리페놀 함량이 $0.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 에서 유의적으로 높게 유지되었다 ($p < 0.05$). DPPH 활성은 초기 대비 7일 차에 $0.7 \pm 0.6^\circ\text{C} > 1.2 \pm 1.4^\circ\text{C} > 1.6 \pm 2.8^\circ\text{C}$ 의 순서로 활성이 저하되었다. 이는 저장 온도와 독립적으로 저장 온도의 변동 편차가 식품의 신선도 및 품질 유지에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

References

1. Hall MK, Jobling JJ, Rogers GS. Influence of storage temperature on the seasonal shelf life of perennial wall rocket and annual gar-

- den rocket. *Int J Veg Sci* 2013; 19(1): 83-95.
2. Henry HA, Juarez JD, Field CB, Vitousek PM. Interactive effects of elevated CO₂, N deposition and climate change on extracellular enzyme activity and soil density fractionation in a California annual grassland. *Glob Chang Biol* 2005; 11(10): 1808-1815.
 3. Koukounaras A, Siomos A, Sfakiotakis E. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality of rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves as affected by leaf age and storage temperature. *Postharvest Biol Technol* 2007; 46(2): 167-173.
 4. Park HJ, Lee MJ, Lee HR. Vitamin C and antioxidant capacity stability in cherry and romaine during storage at different temperatures. *J Nutr Health* 2016; 49(1): 51-58.
 5. Nielsen T, Bergström B, Borch E. The origin of off-odours in packaged rucola (*Eruca sativa*). *Food Chem* 2008; 110(1): 96-105.
 6. Shin PG, Chang AC, Hong SC, Lee KS, Lee KH, Lee YB. Changes of rice storage proteins affected by dry and storage temperature. *Korean J Environ Agric* 2008; 27(4): 456-459.
 7. Martino MN, Zaritzky NE. Ice recrystallization in a model system and in frozen muscle tissue. *Cryobiology* 1989; 26(2): 138-148.
 8. Jung DS, Kweon MR, Auh JH, Cho KY, Choi YH, Kook SU, Park KH. Effects of temperature and fluctuation range on microbial growth and quality of foods stored in domestic refrigerator. *Korean J Food Sci Technol* 1996; 28(4): 632-637.
 9. Kwon KH, Kim JH, Kim BS, Cha HS, Kim JY, Kim SH. Quality characteristics of fresh beef during storage using cold chain containers. *Korean J Food Preserv* 2015; 22(6): 788-795.
 10. Durmaz H, Sagun E, Sancak H, Sagdic O. The fate of two *Listeria monocytogenes* serotypes in "cig kofte" at different storage temperatures. *Meat Sci* 2007; 76(1): 123-127.
 11. Llorach R, Martínez-Sánchez A, Tomás-Barberán FA, Gil MI, Ferreres F. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chem* 2008; 108(3): 1028-1038.
 12. Ferretti G, Bacchetti T, Belleggia A, Neri D. Cherry antioxidants: from farm to table. *Molecules* 2010; 15(10): 6993-7005.
 13. Park WB, Kim DS. Changes of contents of β -carotene and vitamin C and antioxidative activities of juice of angelica keiskei Koidz stored at different conditions. *Korean J Food Sci Technol* 1995; 27(3): 375-379.
 14. Choi HG, Kang NJ, Moon BY, Kwon JK, Rho IR, Park KS, Lee SY. Changes in fruit quality and antioxidant activity depending on ripening levels, storage temperature, and storage periods in strawberry cultivars. *Korean J Hort Sci Technol* 2013; 31(2): 194-202.
 15. Cordenunsi BR, Genovese MI, Oliveira do Nascimento JR, Hasimoto NM, dos Santos RJ, Lajolo FM. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chem* 2005; 9(1): 113-121.
 16. Rahman MS, Al-Rizeiqi MH, Guizani N, Al-Ruzaiqi MS, Al-Aamri AH, Zainab S. Stability of vitamin C in fresh and freeze-dried capsicum stored at different temperatures. *J Food Sci Technol* 2015; 52(3): 1691-1697.
 17. Saini RK, Shang XM, Ko EY, Choi JH, Keum YS. Stability of carotenoids and tocopherols in ready-to-eat baby-leaf lettuce and salad rocket during low-temperature storage. *Int J Food Sci Nutr* 2015; 67(5): 489-495.
 18. Verkerk R, Schreiner M, Krumbein A, Ciska E, Holst B, Rowland I, De Schrijver R, Hansen M, Gerhäuser C, Mithen R, Dekker M. Glucosinolates in Brassica vegetables: the influence of the food supply chain on intake, bioavailability and human health. *Mol Nutr Food Res* 2009; 53 Suppl 2: S219.
 19. Santos J, Mendiola JA, Oliveira MB, Ibáñez E, Herrero M. Sequential determination of fat- and water-soluble vitamins in green leafy vegetables during storage. *J Chromatogr A* 2012; 1261: 179-188.
 20. Slinkard K, Singleton VL. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Vitic* 1977; 28: 49-55.
 21. Nabavi SM, Ebrahimzadeh MA, Nabavi SF, Hamidinia A, Bekhradnia AR. Determination of antioxidant activity, phenol and flavonoid content of *Parrotia persica* Mey. *Pharmacol* 2008; 2: 560-567.
 22. Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 1958; 181(4617): 1199-1200.
 23. Lee KH, Kim KS, Kim MH, Shin SR, Yoon KY. Studies on the softening of strawberry during circulation and storage: (1) changes of cell wall components, protein and enzymes during ripening. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 1998; 27(1): 29-34.
 24. Kim JY, Kim JH, Lim GO, Jang SA, Song KB. Effect of combined treatment of ultraviolet-c with aqueous chlorine dioxide or fumaric acid on the postharvest quality of strawberry fruit "Flamengo" during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2010; 39(1): 138-145.
 25. Choi MG, Chung HS, Moon KD. Effects of storage temperature and materials on maintenance of quality of *Solidago virgaurea* spp. *gigantea* in modified atmosphere packaging. *Korean J Food Preserv* 2008; 15(6): 804-809.
 26. Park JE, Kim HM, Hwang SJ. Effect of harvest time, precooling, and storage temperature for keeping the freshness of 'Maehyang' strawberry for export. *Prot Hortic Plant Fact* 2012; 21(4): 404-410.
 27. Sirocchi V, Devlieghere F, Peelman N, Sagratini G, Maggi F, Vittori S, Ragaert P. Effect of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil combined with different packaging conditions to extend the shelf life of refrigerated beef meat. *Food Chem* 2017; 221: 1069-1076.
 28. Gram L, Ravn L, Rasch M, Bruhn JB, Christensen AB, Givskov M. Food spoilage--interactions between food spoilage bacteria. *Int J Food Microbiol* 2002; 78(1-2): 79-97.
 29. Dainty RH, Mackey BM. The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage processes. *Soc Appl Bacteriol Symp Ser* 1992; 21: 103S-114S.
 30. Yim DG, Jo C, Kim HC, Seo KS, Nam KC. Application of electron-beam irradiation combined with aging for improvement of microbiological and physicochemical quality of beef loin. *Korean J Food Sci Anim Resour* 2016; 36(2): 215-222.
 31. Sallam KI, Samejima K. Microbiological and chemical quality of ground beef treated with sodium lactate and sodium chloride during refrigerated storage. *Lebenswiss Technol* 2004; 37(8): 865-871.
 32. Limbo S, Torri L, Sinelli N, Franzetti L, Casiraghi E. Evaluation and predictive modeling of shelf life of minced beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging at different temperatures. *Meat Sci* 2010; 84(1): 129-136.
 33. Witte VC, Krause GF, Bailey ME. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J Food Sci* 1970; 35(5): 582-585.
 34. Brewer MS, Harbers CA. Effect of packaging on physical and sen-

- sory characteristics of ground pork in long-term frozen storage. *J Food Sci* 1991; 56(3): 627-631.
35. Hong IJ, Lee JK, Koo SJ. Screening and prevention of the mutagenicity for fishes according to cookery and storage. *Korean J Soc Food Sci* 2000; 16(6): 652-662.
36. Yang Z, Wang H, Wang W, Qi W, Yue L, Ye Q. Effect of 10 MeV E-beam irradiation combined with vacuum-packaging on the shelf life of Atlantic salmon fillets during storage at 4 °C. *Food Chem* 2014; 145: 535-541.
37. Shumilina E, Slizyte R, Mozuraityte R, Dykyy A, Stein TA, Dikiy A. Quality changes of salmon by-products during storage: assessment and quantification by NMR. *Food Chem* 2016; 211: 803-811.
38. Kim JY, Lee CR, Cho KY, Lee JH, Lee KT. Antioxidative and Lp-PLA2 inhibitory activities in 29 fruits and vegetables. *Korean J Food Preserv* 2009; 16(4): 512-517.
39. Gonçalves B, Landbo AK, Knudsen D, Silva AP, Moutinho-Pereira J, Rosa E, Meyer AS. Effect of ripeness and postharvest storage on the phenolic profiles of Cherries (*Prunus avium* L.). *J Agric Food Chem* 2004; 52(3): 523-530.
40. Serrano M, Díaz-Mula HM, Zapata PJ, Castillo S, Guillén F, Martínez-Romero D, Valverde JM, Valero D. Maturity stage at harvest determines the fruit quality and antioxidant potential after storage of sweet cherry cultivars. *J Agric Food Chem* 2009; 57(8): 3240-3246.
41. Kim JG. Fresh-cut market potential and challenges in Far-East Asia. *Acta Hort* 2007; 746: 33-38.