

저장 조건에 따른 로메인 및 체리의 비타민 C 함량 및 항산화능의 변화*

박희정^{1†} · 이명주² · 이혜란³

국민대학교 식품영양학과,¹ 삼성전자 생활가전사업부,² 배화여자대학교 식품영양학과³

Vitamin C and antioxidant capacity stability in cherry and romaine during storage at different temperatures*

Park, Hee Jung^{1†} · Lee, Myung Joo² · Lee, Hye Ran³

¹Department of Foods 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 aim of this work was to study the change in antioxidant activity depending on storage temperature and storage period in romaine and cherry. **Method:** The plant material was stored at $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$, $3.5 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$, and $4.7 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$. Cherry and romaine were stored for a period of 9 days and 7 days, respectively. The cherry was taken from each group of samples at regular intervals of days and the romaine was taken from each group of samples at regular intervals of 2 days. Vitamin C, total polyphenol, and total flavonoid stability and antioxidant capacity including DPPH, total antioxidant capacity (TAC) were measured. **Results:** For cherry, the levels of TAC and flavonoid were higher at the $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ condition than other conditions ($p < 0.05$). The polyphenol and vitamin C levels were not significantly different among storage conditions. In the case of romaine, the level of TAC was highly preserved until 7 days at the $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ condition. Vitamin C level was significantly lower at the $3.5 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$ condition ($p < 0.05$). DPPH activity was highest at the $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ condition ($p < 0.05$). DPPH activity was shown in order of $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C} > 4.7 \pm 1.4^{\circ}\text{C} > 3.5 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$. **Conclusion:** The results indicated that the narrow differences and fluctuation in temperature were associated with antioxidant capacity and it might enhance the nutritional shelf life of vegetables and fruits.

KEY WORDS: vitamin C, antioxidative activities, storage condition, cherry, romaine

서 론

최근 역학 연구 조사들을 통해 과일과 채소의 섭취량과 만성질환 예방과의 연관성이 다양하게 보고되고 있다.¹⁻⁴ 이는 주로 과일과 채소 중의 폴리페놀과 플라보노이드, 안토시아닌 등의 생리활성물질과 및 항산화 영양소로 작용하는 비타민류, 식이섬유 등의 성분이 활성산소를 억제하거나, 산화적스트레스 상태를 저해하여, 만성질환을 예방하는 것으로 분석되었다. 특히 산화적 스트레스는 심혈관계질환, 당뇨, 암 등의 만성질환발병 위험도를 증가시킨다고 보고되고 있고,^{5,6} 활성산소가 NF- κ B나 Nrf2 등의 세포 신호전달을 활성화시키고 이들 전사인자들이 사이토카인

등의 염증 인자를 분비하게 되며,^{7,8} 염증인자가 산화적 스트레스와 복합적으로 당뇨, 심혈관계질환 등의 질병의 유병률을 높이는 기전들이 보고된 바 있다.⁹⁻¹²

채소 및 과일 중 생리활성물질과 항산화 영양소를 포함한 항산화 성분은 저장 조건에 따라 공기와의 접촉 등에 의해 활성의 변화 등이 야기되는 것으로 알려져 있고,⁹⁻¹¹ 특히 비타민 C와 항산화 활성은 그 변화가 민감한 지표로서 저장 온도, 저장 시간 등 보관 조건에 따라 최종적으로 섭취되는 양이 달라진다고 할 수 있다. 보관 조건에 따른 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 다수 보고되

Received: February 3, 2016 / Revised: February 19, 2016 / Accepted: February 22, 2016

*This work was supported by grants of Samsung Electronics.

[†]To whom correspondence should be addressed.

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

© 2016 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.

었으며,¹³⁻¹⁶ 대부분 냉동조건에서 항산화 성분의 보존율이 가장 높고, 온도가 증가될수록 베타 카로틴과 비타민 C 등의 항산화 성분의 손실율이 증가하며, 이는 저장 기간이 길어질수록 더욱 심화되는 것으로 나타났다. 그러나 최근 독립냉각, 에어커튼 등 냉장 기술의 발달로 식품의 냉장보관 기간이 길어지고, 냉장 보관 시 신선도가 높아지고 있다. 또한 저장 시 온도 변동폭을 최소화하여 제품 신선도 및 영양소 파괴를 최소화하고 있다. 이에 현재 냉장 기술로 구현 가능한 미세 온도 조건을 설정하고 저장 온도의 변동폭을 고정하여 저장 조건에 따른 항산화 성분의 품질 변화량을 살펴보는 것이 필요하다. 그러나 미세 온도 차이 및 저장 온도의 변동폭에 따른 항산화 성분의 보존력을 분석한 논문은 거의 없는 실정이다.

체리 및 로메인은 국내 소비량이 비교적 높은 과일류와 채소류 중 하나이며, 안토시아닌, 비타민 C, 페놀화합물 등의 항산화 성분을 다량 함유하고 있으며,^{17,18} 특히 페놀 화합물은 활성산소에 의해 생성되는 암세포를 억제하는 것으로 보고되었다.¹⁹ 저장 기간 및 저장 조건에 관한 기존 연구들은 주로 딸기, 복분자, 고추 등의 과채류에서 분석이 진행되었으며,^{14,15,20} 체리와 로메인에 대한 저장 유통 중 항산화 성분을 분석한 연구 결과는 미비한 실정이다. 로메인의 경우는 대표적인 엽채류로 저장 기간이 짧고 저장 온도의 영향에 따른 품질 변화가 매우 심한 식재료이다. 로메인과 저장 방법에 관한 대부분의 연구는 저장기간에 따른 미생물의 영향에 대한 연구가 많으며,²¹⁻²³ 영양가 혹은 생리활성물질 보존에 관한 내용은 많지 않다. 또한 과채류의 유통 및 저장에 관한 실험은 유통 시 세포벽 성분의 변화로 인한 제품 경도의 변화²⁴ 및 살균제와 살균처리에 따른 품질 변화 등²⁵ 유통기간 동안 발생할 수 있는 품질변화 연구는 지속적으로 이루어지고 있으나, 소비자 구매 후 관리 조건에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 체리의 경우도 0°C, 5°C, 10°C의 저장 온도에 따른 외관 품질 유지를 비교한 연구 결과²⁶가 있을 뿐, 미세 온도 차이에 따른 항산화 성분을 분석한 연구는 거의 전무하다.

식품 저장 시 일반 소비자들은 과채류 구매 후 보통 2~7일 후 섭취하는 것으로 알려져 있고, 이에 가정 내 보관 기간 동안 항산화 성분을 보존하는 최적 저장 조건을 찾는 것은 주요한 일이라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 소비자 구매 후 저장 온도 및 저장 기간, 저장 온도의 변동폭에 따른 비타민 C 및 항산화 활성 등의 변화 양상을 규명하여 실제 섭취까지의 과채류 최적 보관 조건을 파악해 보고자 하였다.

연구방법

실험재료

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 색상 별 선별 작업을 거친 후 너무 어둡거나, 너무 밝지 않은 암적색을 선별하여 시료화하였다. 두 시료 모두 냉장 저장 시 일회용 접시에 그대로 두어 저장 온도 및 습도 조건의 변수를 최소화하였다.

저장 온도 실험

각 조건 별 저장 온도는 24시간 모니터링을 통해 72시간 동안 온도 및 습도 계측기를 이용하여 계측하였고, 평균값을 산출하였다.

시료의 외관 및 중량 분석

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

항산화 성분 지표 분석

항산화 성분 지표로는 비타민 C, total phenol content (TPC), total antioxidant capacity (TAC), total flavonoid content (TFC), DPPH 지표를 분석하였다. 비타민 C 분석은 각 시료 저장일에 분석 ascorbic acid kit (Biovision, USA)를 이용하여 정량 분석하였다. 시료 5 g을 증류수 100 mL에 균질화하고, 100 μ L의 아스코르빈산 표준시료를 준비하였다. Ascorbic oxidase 첨가 후 상온에서 15분간 보존하고, reaction reagent 첨가 후 540 nm에서 흡광도 측정하였다. TAC (Biovision, USA)는 시료는 증류수와 1:2 (w/v)의 비율로 균질화 (최종 샘플은 100 μ L 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 method²⁷를 이

용하여 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 mL을 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.²⁸ 시료 0.5 g을 믹서기에 1차 균질화 후 증류수를 1:100의 비율로 혼합하여 2차 균질화하고, 균질화물은 14,000 rpm에서 5분간 원심분리하였다. 상층액을 1 mL을 취하여 증류수 4 mL과 혼합하고, 5% NaNO₂ (0.3 mL) 및 10% AlCl₃ (0.3 mL), 1 M NaOH (2 mL)를 순서대로 첨가하고, 10mL의 증류수에 희석한 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능²⁹은 먼저 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH: Sigma-Aldrich Co.) stock (0.6 mM)을 만들어 96 well plate에 각각 시료 100 uL와 DPPHstock 60uL를 혼합하여 넣고, 실온에서 30분간 반응시킨 후 microplate reader (Perkin Elmer, Victor X5, US)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

수집된 자료는 SAS 9.4 program을 이용하여 통계처리를 하고, 항산화 성분에 대한 결과는 3반복을 통해 얻은 평균 (mean) ± 표준오차 (SE)로 표시하였다. 온도 조건 간의 차이는 ANOVA 분석 후 유의수준 0.05에서 Duncan's multiple range test를 실시하고, 유의성을 검증하였다.

결 과

저장 온도 실측 분석

냉장 온도 조건은 1.0 ± 0.5°C와 3.0 ± 2.0°C, 4 ± 1.0°C로 셋팅하였고, 실측치는 Table 1에 나타내었다. 실측치는 조건 A에서는 0.7 ± 0.6°C, 조건 B는 3.5 ± 2.8°C, 조건 C는 4.7 ± 1.4°C로 평균 온도 편차는 조건 A에서 가장 일정하게 유지되었으며, 조건 B와 C는 실제 냉장 온도가 각각 0.7~

6.3°C과 3.3~6.1°C로 계측되어 저장 온도 유지의 변동폭이 조건 A에 비해 큰 것으로 나타났다.

저장 조건에 따른 외관 신선도 및 수분 손실량

체리와 로메인의 저장온도 및 저장 기간에 따른 외관의 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 체리의 경우 전체적으로 3일차부터 표면 윤택이 감소하면서 시들기 시작하였고, 사진에서는 외관상 조건 별 차이가 크게 나타나지는 않았으나, 육안 판별 시에는 6일차부터 조건 A의 신선도가 더 우수하였다. 로메인의 경우도 저장 온도에 따른 저장일자 별 외관상의 차이점은 크게 나타나지 않았으며, 모든 조건에서 저장 1일차부터 외관상 시들기 시작하였다.

수분 손실율은 저장 온도가 증가됨에 따라 손실율이 증가하였으며, 체리의 경우 수분 손실율은 조건 A에서 가장 낮게 나타났으며, 조건 B나 C에서는 10% 이상의 중량이 감소되는 것에 비해 조건 A에서는 5.2% 만이 감소되는 것으로 나타나, 조건 A에서는 조건 B나 C에 비해 수분 보유율이 50% 이상 높은 것으로 나타났다 (Fig. 2). 로메인의 경우, 조건 B와 C가 각각 39.5%, 34%의 감소율을 나타내는데 반해, 조건 A는 28% 감소율을 나타내어 체리와 동일하게 수분 손실율이 조건 A에서 가장 낮은 것으로 나타났다.

체리의 저장 조건 별 항산화 지표 변화

체리의 경우 TAC 수준은 다른 온도 조건에 비해 조건 A에서 높은 것으로 나타났으며, 조건 A의 저장 3일째 유의적으로 높은 것으로 나타났다 (Fig. 3A, p < 0.05). 이후 저장 6일 및 저장 9일째는 조건별 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 비타민 C의 경우 저장 3일째 조건 B에서 가장 높은 수준을 보이다가 저장 9일째는 조건 A에서 함유량이 가장 높고, 조건 B와 조건 C는 차이가 없는 것으로 나타났다 (Fig. 3B). 플라보노이드의 함량은 조건 A에서 저장 6일차에 보존량이 가장 높았으며, 저장 9일차 플라보노이드 함량은 조건 A에서 다른 조건에 비해 유의적으로 높았다 (Fig. 3C, p < 0.05). 조건 B와 조건 C의 플라보노이드 보존율은 차이가 없었다. 저장 조건 및 저장 기간에 따른 체리의 폴리페놀 함량도 저장 3일째까지는 조건 별 미미한 차이를 나타내었으나, 저장 6일차 및 9일차에는 조건 A에서 다른 조건에 비해 높은 경향을 나타내었다. 특히 저장 9일차 조건 A에서의 폴리페놀 보존율은 저장 시작점에 비해 85%로 나타났으며, 조건 C에서는 보존율이 79%까지 감소되는 것으로 나타났다.

로메인의 저장 조건 별 항산화 지표 변화

로메인에서는 총항산화능 (TAC) 수준이 저장 3일째 조

Table 1. Experimental temperature

Location	Fridge Condition	Temperature		Sample
		Setting point	Actual point	
Shelf	A	1.0 ± 0.5°C	0.7 ± 0.6°C	Cherry, Romaine
	B	3.0 ± 2.0°C	3.5 ± 2.8°C	Cherry, Romaine
	C	4.0 ± 1.0°C	4.7 ± 1.4°C	Cherry, Romaine

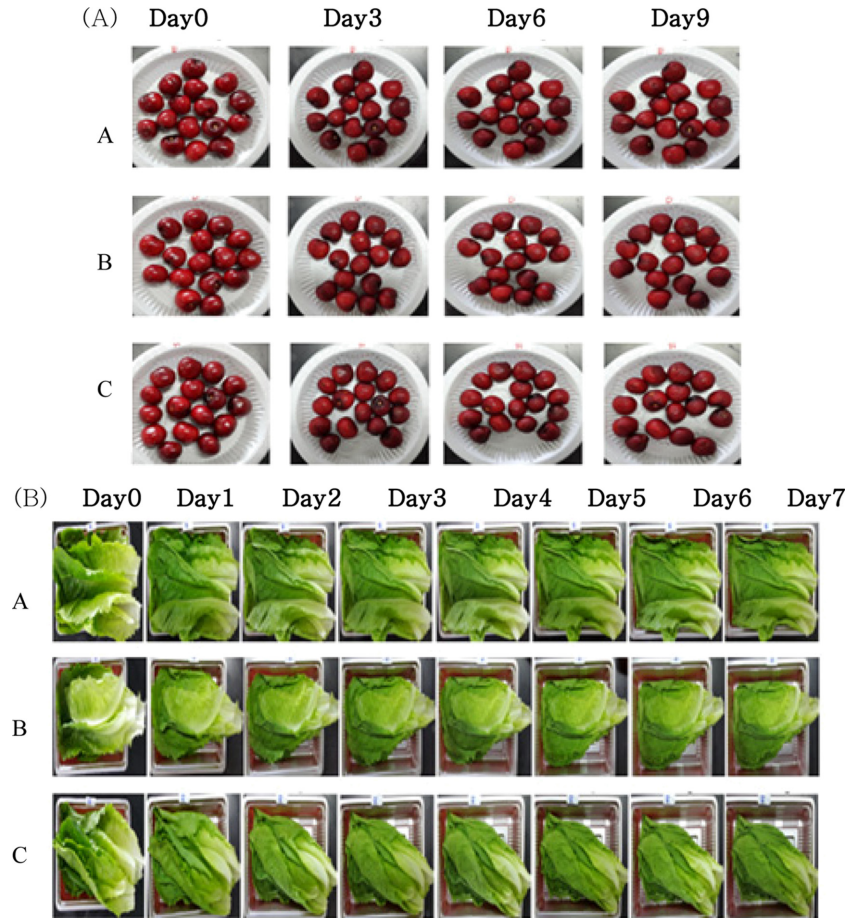


Fig. 1. Changes in the external quality of material depending on storage temperature and period (A) cherry, (B) romaine. Cherry and romaine started to wilt day3 and day1, respectively.

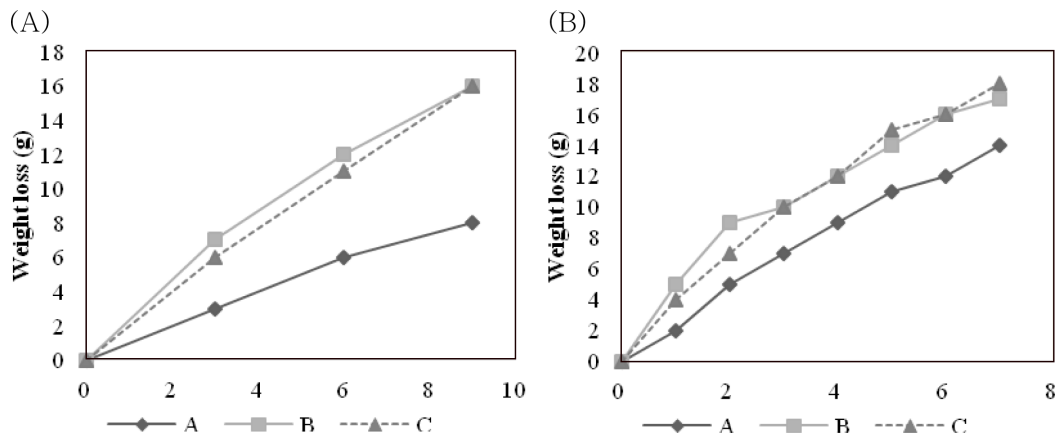


Fig. 2. Changes in weight loss of material depending on storage temperature and period; (A) cherry, (B) romaine

건 A에서 약간 높았으나 전반적으로 차이를 보이지 않았다. 저장 기간 및 저장 온도에 따른 비타민 C의 보존율 분석시, 저장 3일차부터 조건 A에서의 비타민 C 함유율이 높은 경향을 나타내었으며, 저장 5일 및 7일차 조건 A의 비타

민 C 함량이 조건 B에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났다 (Fig. 4B, $p < 0.05$). 이 때 조건 A와 조건 C 경우는 차이를 나타내지 않았다.

항산화 활성 변화를 나타내는 DPPH 활성 분석 결과는

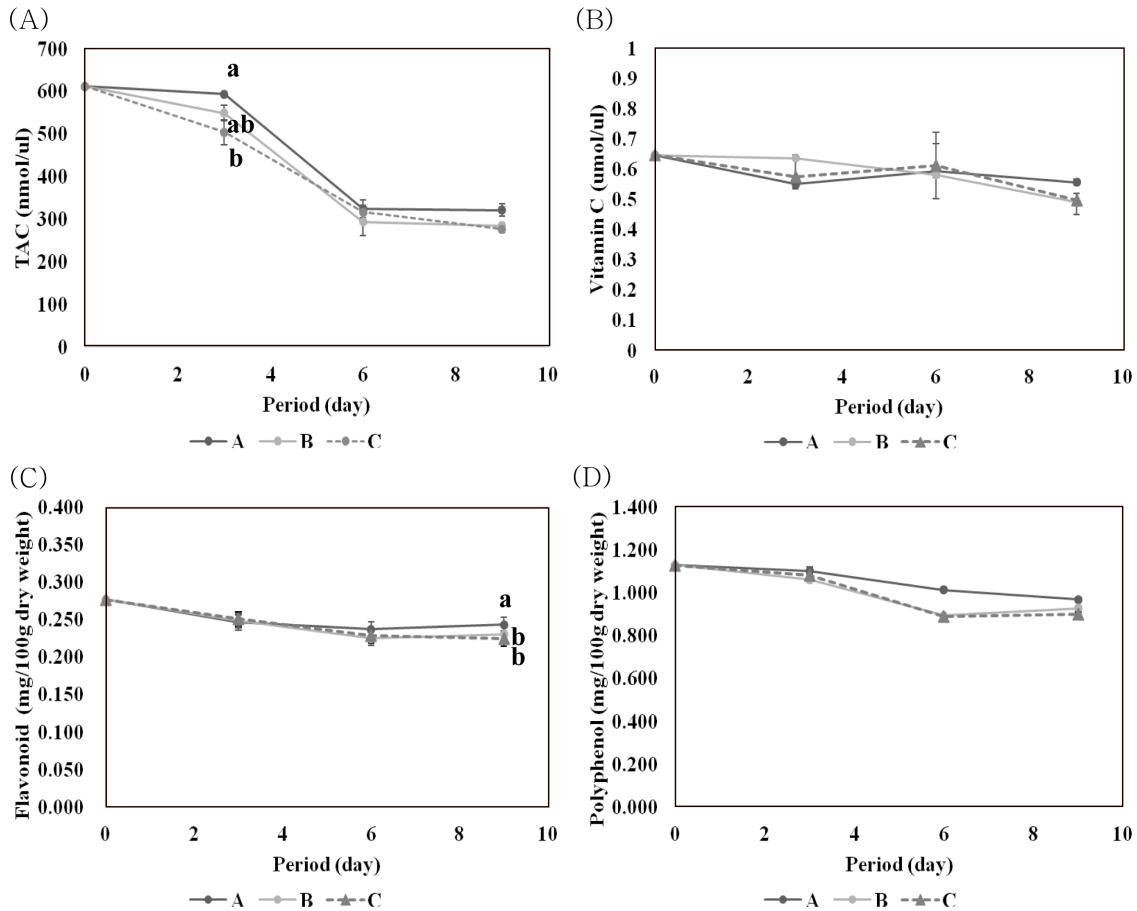


Fig. 3. Changes in antioxidant activity of cherry depending on storage temperature and period. ab Different superscript letters indicate the comparison with significant differences according to storage temperature within the same period by ANOVA test at $p < 0.05$.

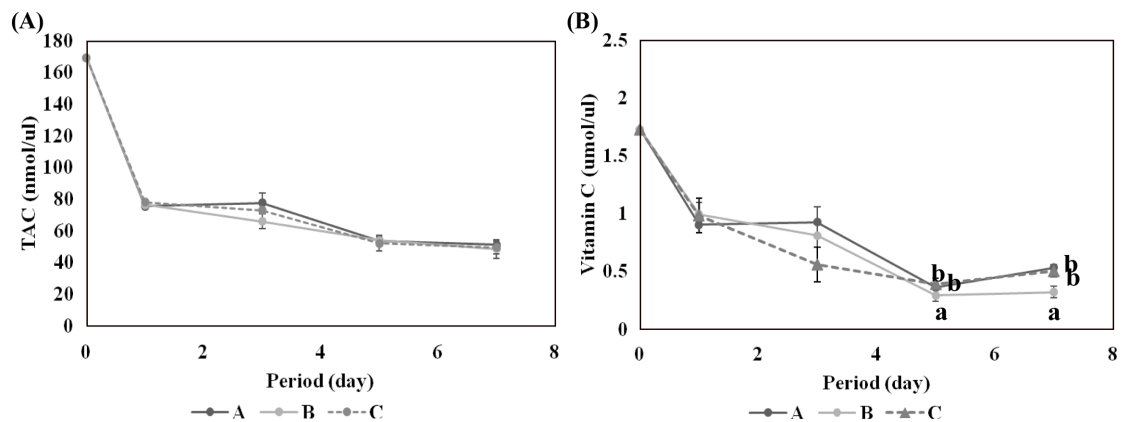


Fig. 4. Changes in antioxidant activity of romaine depending on storage temperature and period. ab Different superscript letters indicate the comparison with significant differences according to storage temperature within the same period by ANOVA test at $p < 0.05$.

Table 2에 나타내었다. 조건 A에서는 저장 초기대비 25%의 DPPH 소거능이 감소하였고, 조건 C와 조건 B는 각각 28% 및 33%가 감소하는 것으로 나타났으며, 저장 조건별

로 저장기간에 따른 DPPH 보존율이 조건 A에서 가장 높았으며 ($p < 0.05$), 조건 A > 조건 C > 조건 B의 순서로 유의적인 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$).

Table 2. Changes in DPPH activity (%) of romaine depending on storage temperature and period

	Day 0	Day 1	Day 3	Day 5	Day 7
A		89.044 ± 0.062 ^a	84.637 ± 0.219 ^a	77.364 ± 0.080 ^a	71.356 ± 0.051 ^a
B	96.088	86.040 ± 0.131 ^c	78.608 ± 0.131 ^c	72.216 ± 0.056 ^c	63.021 ± 0.051 ^c
C		80.684 ± 0.553 ^b	80.582 ± 0.115 ^b	73.562 ± 0.062 ^b	68.545 ± 0.059 ^b

ab Different superscript letters indicate the comparison with significant differences according storage temperature within the same period by ANOVA test at $p < 0.05$.

고 찰

본 연구에서는 저장 기간 및 저장 온도, 저장 온도의 변동폭에 따른 과채류 시료의 항산화지표 변화량을 살펴보았다. 과채류 저장 시, 상온, 냉장, 냉동 등의 온도 편차가 큰 조건에서 비교 분석 시 외관의 변화는 온도에 따라 상대적으로 다른 것으로 보고되었지만,^{10,30} 평균 $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ (조건 A), $3.5 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$ (조건 B), $4.7 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$ (조건 C)의 미세한 온도 차이에 따른 외관 변화를 분석한 본 연구에서는 보관 온도에 따른 외관상 차이는 나타나지 않았다. 다만 수분 손실량은 조건 A의 경우가 가장 낮았으며, 조건 B와 조건 C에서는 거의 유사한 결과가 나타났다. 이는 단순 온도의 차이뿐 아니라, 저장 시 온도 변동폭도 식재료의 수분 손실에 영향을 미친다고 할 수 있다.

저장 조건 별 항산화 지표의 변화량을 살펴보면, 체리의 경우, 수확 전 온도, 빛 강도, 과실의 성숙도에 따라 체리의 생리활성물질 및 영양가에 영향을 미치는 것으로 보고되었으며, 수확 전 빛의 강도가 세고, 생장 온도가 높을수록 총 폴리페놀의 함량이 높은 것으로 보고된 바 있다.¹⁷ 수확 후의 요건 역시 체리의 생리활성물질 및 영양가에 영향을 주었으며, 특히 유통 및 저장 시의 온도 조건에 따라 영향을 받는 것으로 보고되었다.³¹ 냉장 저장 시 평균 40-60%로 폴리페놀 함량이 증가하는 것으로 보고된 연구도 있었으며,^{32,33} 이는 수확 후 후숙 과정을 통해 생리활성물질이 생합성 되기 때문인 것으로 분석되었다.³⁴ 본 연구 결과, 체리 중 플라보노이드 및 폴리페놀 함량이 모든 냉장 조건에서 감소하는 경향을 나타내었으며, 이는 본 실험에서 사용한 시료는 후숙 과정이 종료된 후 진행된 것으로 후숙 과정에 따른 변수가 배제된 것으로 사료된다. 본 연구 결과와 유사하게 과실 중 후숙이 종료된 딸기 시료를 분석한 최 등¹⁴은 저장 기간에 따라 총 페놀 화합물의 함량이 감소됨을 보고하였다. 또한 본 실험 결과, 체리의 총항산화능 (TAC) 및 플라보노이드의 함량이 조건 A에서 가장 높게 보존되는 것으로 나타났고, 조건 B와 조건 C는 차이가 없는 것으로 나타나, 냉장 온도 및 저장 온도 변동폭이 항산화 지표에도 영향을 미치는 것으로 사료된다.

로메인의 경우 엽채류의 한 종류로 온도의 영향에 따라 저장 기간 중 품질 변화가 매우 큰 식재료로 인지되고 있으며, 5°C 에서 3일동안 보관 시 대장균인 O157:H7의 생장이 멈춘 반면, 12°C 에서 3일 보관시에는 O157:H7의 생장이 기하급수적으로 증가하는 보고를 통해,²² 이에 로메인의 유통 저장 온도를 5°C 이하로 설정하는 것을 제시하기도 하였다.^{22,23} 기존에 기술한 대로, 저장 온도 별 미생물로 유발되는 품질 변화에 대한 연구 보고들은 많지만, 로메인의 생리활성물질이나 영양가 보존에 대한 연구 논문은 미비하였다.

일반적으로 과일류의 보관 시 비타민 C의 경우 대부분 감소하는 경향을 보이며, 비타민 C 함량 감소는 저장기간 동안 온도 상승에 따른 아스코르빈산의 분해가 용이하기 때문인 것으로 보고되었다.³⁵ 특히, 과일 중의 아스코르빈산은 oxidase에 의해 분해되고, 이것이 저장 중 비타민 C의 함량 손실의 이유인 것으로 사료된다. 과일 중 망고에서의 비타민 C 함량 손실은 Hossain 등³⁶에 의해 보고되었고, 4°C 에서 12일 동안 저장 시 비타민 C의 함량은 12%가 감소되었으며, 30°C 에서 12일 동안 저장 시 비타민 C의 함량은 60%가 감소되는 것으로 나타났다. 본 연구에서 체리 중 비타민 C 함량은 저장 기간에 따라서 순차적으로 감소하였고, 저장 9일차에 조건 A에서는 15% 감소, 조건 B와 C는 각각 25%와 24%가 감소되어, 냉장 저장 시 비타민 C 함량 감소 경향과 유사한 결과를 보였다.

채소류 중 고추에서 저장 온도 및 저장 기간에 따른 비타민 C 함량을 살펴본 연구에서는 상온 (20°C)에 저장된 고추의 경우 저장 2일차까지 비타민 C 초기 함량을 유지하였으며, 저장 13일차까지 비타민 C 함량이 점점 증가하였다가 저장 13일 이후 감소하는 것으로 나타났다.¹⁵ 동일한 연구에서 5°C 및 -20°C , -40°C 에서는 비타민 C가 저장 직후부터 감소하는 것으로 보고하였다. 이는 최종 저장 중량으로 인한 것으로 고찰하였으며, 상온 보관 시 상대적으로 건조 함량이 증가하여 단위당 비타민 C 함량이 증가하는 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 로메인 중 비타민 C 함량이 저장 기간에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 미세 온도 변화 조건에도 비타민 C 함량 보존에 차이가 나타났다. 이

는 Zhan 등³⁷이 7일간 4°C에서 저장한 로메인의 경우 비타민 C 함량이 28% 감소되었다고 보고한 연구와 동일한 결과이다. 더불어 동일 연구에서 저장 중 환경광 (2,500 Lux) 조광 시 비타민 C 함량이 초기값과 거의 유사한 것으로 보고하여, 환경광을 비타민 C 보존에 주요한 인자로 제시하기도 하였다.

전자가 DPPH로부터 이탈하여 항산화물질과 결합하는 원리를 이용하여 가상의 활성산소가 소거되었음을 나타내는 DPPH 라디칼 소거 활성은 신선 과채류의 신선도를 나타내는 척도 중 하나로 이용되고 있다.¹⁴ 완숙 딸기의 DPPH 활성을 조사한 연구에서 저장 기간이 길어짐에 따라 DPPH 활성이 감소하는 것으로 나타난 결과도 있었으며,¹⁴ 청치마 상추를 분석한 논문에서는 저장기간 (0~12일) 이나 저장방법 (4°C 및 20°C)에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다.³⁸ 본 연구 결과에서는 서로 다른 온도에 저장된 로메인을 비교하였을 때, 온도 조건에 따라 저장된 로메인의 DPPH 활성이 다른 것으로 확인되었다. 또한 저장 온도 변동폭이 적은 것이 항산화 지표 보존에 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

본 연구 결과에서 저장 기간 동안 체리와 로메인 중 항산화 성분을 유지하기 위해서는 냉장 보관에서는 6~9일 이내가 적절하고, 평균 1°C 보관 시에는 그 기간이 증가되는 것으로 분석되었다. 더불어, 저장 온도 변동폭을 줄이는 것도 항산화 지표의 품질 유지에 도움이 되는 것으로 유추할 수 있다. 본 연구의 결과는 저장 온도의 미세한 차이 및 저장 온도의 변동폭도 저장 중 항산화 지표에 영향을 미칠 수 있음을 시사하며, 이는 일반 소비자들의 과채류 구매 후 가정 내 보관 기간 동안 항산화 성분을 보존할 수 있는 최적 저장 조건을 제시한다고 하겠다. 그러나 본 연구에서는 온도 조건과 온도 변동폭 조건이 혼합 설정되어, 저장 온도의 영향과 저장 온도 변동폭의 영향을 구분하는 데는 한계가 있었다. 이에 추후 저장 온도 요인과 별개로 변동폭 요인만을 다양하게 설정한 실험이 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 체리와 로메인 중 저장 시 저장 기간 및 저장 온도, 저장 온도의 변동폭에 따른 항산화 성분과 항산화 영양소의 보존율을 분석하고자 하였으며 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, 총 항산화능, DPPH 소거능, 비타민 C 함량을 분석하였다. 저장 조건은 온도와 저장 온도 변동폭에 따라 세 개의 조건에서 실험을 진행하였다. 체리는 9일 동안 저장 후 실험하였고, 로메인은 7일 동안 저장 후 실험하였다. 실험 결과, 로메인과 체리 시료 모두에서 수분 보

유량은 $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 에서 가장 높았다. 체리의 경우 $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 에서 TAC의 함량 및 플라보노이드 함량이 유의적으로 높았으며 ($p < 0.05$), 로메인의 경우, 비타민 C 함량이 $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 에서 유의적으로 높게 유지되었다 ($p < 0.05$). DPPH 활성은 $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 저장시 유의적으로 높게 유지되었으며, $0.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C} > 4.7 \pm 1.4^{\circ}\text{C} > 3.5 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$ 의 순서로 활성이 저하되었다.

References

1. Hu FB. Plant-based foods and prevention of cardiovascular disease: an overview. *Am J Clin Nutr* 2003; 78: 544S-551S.
2. He FJ, Nowson CA, Lucas M, MacGregor GA. Increased consumption of fruit and vegetables is related to a reduced risk of coronary heart disease: meta-analysis of cohort studies. *J Hum Hypertens* 2007; 21(9): 717-728.
3. Riboli E, Norat T. Epidemiologic evidence of the protective effect of fruit and vegetables on cancer risk. *Am J Clin Nutr* 2003; 78: 559S-569S.
4. Steinmetz KA, Potter JD. Vegetables, fruit, and cancer prevention: a review. *J Am Diet Assoc* 1996; 96(10): 1027-1039.
5. Kayama Y, Raaz U, Jagger A, Adam M, Schellinger IN, Sakamoto M, Suzuki H, Toyama K, Spin JM, Tsao PS. Diabetic cardiovascular disease induced by oxidative stress. *Int J Mol Sci* 2015; 16(10): 25234-25263.
6. Markowska A, Mardas M, Gajdzik E, Zagrodzki P, Markowska J. Oxidative stress markers in uterine fibroids tissue in pre- and post-menopausal women. *Clin Exp Obstet Gynecol* 2015; 42(6): 725-729.
7. Chen J, Leskov IL, Yurdagul A Jr, Thiel B, Kevil CG, Stokes KY, Orr AW. Recruitment of the adaptor protein Nck to PECAM-1 couples oxidative stress to canonical NF- κ B signaling and inflammation. *Sci Signal* 2015; 8(365): ra20.
8. Zhang H, Davies KJ, Forman HJ. Oxidative stress response and Nrf2 signaling in aging. *Free Radic Biol Med* 2015; 88 (Pt B): 314-336.
9. Mazzone T. Intensive glucose lowering and cardiovascular disease prevention in diabetes: reconciling the recent clinical trial data. *Circulation* 2010; 122(21): 2201-2211.
10. Kim YM, Pae HO, Park JE, Lee YC, Woo JM, Kim NH, Choi YK, Lee BS, Kim SR, Chung HT. Heme oxygenase in the regulation of vascular biology: from molecular mechanisms to therapeutic opportunities. *Antioxid Redox Signal* 2011; 14(1): 137-167.
11. Schiffrin EL. Mechanisms of remodelling of small arteries, antihypertensive therapy and the immune system in hypertension. *Clin Invest Med* 2015; 38(6): E394-E402.
12. Dabhi B, Mistry KN. Oxidative stress and its association with TNF- α -308 G/C and IL-1 α -889 C/T gene polymorphisms in patients with diabetes and diabetic nephropathy. *Gene* 2015; 562(2): 197-202.
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. 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.
16. Cordenunsi BR, Genovese MI, do Nascimento JR, Hassimotto NM, dos Santos RJ, Lajolo FM. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chem* 2005; 91(1): 113-121.
17. 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.
18. Ferretti G, Bacchetti T, Belleggia A, Neri D. Cherry antioxidants: from farm to table. *Molecules* 2010; 15(10): 6993-7005.
19. Bosch R, Philips N, Suárez-Pérez JA, Juarranz A, Devmurari A, Chalensouk-Khaosat J, González S. Mechanisms of photoaging and cutaneous photocarcinogenesis, and photoprotective strategies with phytochemicals. *Antioxidants (Basel)* 2015; 4(2): 248-268.
20. Youn AR, Kwon KH, Kim BS, Noh BS, Cha HS. Quality changes in *Rubus coreanus* Miquel during frozen storage. *Korean J Food Preserv* 2009; 16(5): 618-622.
21. Zeng W, Vorst K, Brown W, Marks BP, Jeong S, Pérez-Rodríguez F, Ryser ET. Growth of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in packaged fresh-cut romaine mix at fluctuating temperatures during commercial transport, retail storage, and display. *J Food Prot* 2014; 77(2): 197-206.
22. Luo Y, He Q, McEvoy JL. Effect of storage temperature and duration on the behavior of *Escherichia coli* O157:H7 on packaged fresh-cut salad containing romaine and iceberg lettuce. *J Food Sci* 2010; 75(7): M390-M397.
23. Oliveira M, Usall J, Solsona C, Alegre I, Viñas I, Abadias M. Effects of packaging type and storage temperature on the growth of foodborne pathogens on shredded 'Romaine' lettuce. *Food Microbiol* 2010; 27(3): 375-380.
24. Lee KH, Kim KS, Kim MH, Shin SR, Yoon KY. Studies on the softening of strawberry during circulation and storage changes of cell wall components, protein and enzymes during ripening. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 1998; 27(1): 29-34.
25. Kim JY, Kim HJ, 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.
26. Lee HJ, Yoon YG, Yang YJ. Optimal storage temperature for maintaining the postharvest quality. *Korean J Hort Sci Technol* 2010; 28(S1): 111.
27. Slinkard K, Singleton VL. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Vitic* 1977; 28(1): 49-55.
28. 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.
29. Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 1958; 181(4617): 1199-1200.
30. Kim JH, Gu JR, Kim GH, Choi SG, Yang JY. Effect of storage temperature on the quality of tomato. *Korean J Food Nutr* 2010; 23(3): 428-433.
31. Kevers C, Falkowski M, Tabart J, Defraigne JO, Dommes J, Pince-mail J. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *J Agric Food Chem* 2007; 55(21): 8596-8603.
32. 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.
33. 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.
34. Wang SY. Effect of pre-harvest conditions on antioxidant capacity in fruits. *Acta Hort* 2006; 712: 299-305.
35. Thomas P, Oke MS. Technical note: Vitamin C content and distribution in mangoes during ripening. *J Food Technol* 1980; 15(6): 669-672.
36. Hossain MA, Rana MM, Kimura Y, Roslan HA. Changes in biochemical characteristics and activities of ripening associated enzymes in mango fruit during the storage at different temperatures. *BioMed Res Int* 2014; 2014: 232969.
37. Zhan L, Hu J, Ai Z, Pang L, Li Y, Zhu M. Light exposure during storage preserving soluble sugar and l-ascorbic acid content of minimally processed romaine lettuce (*Lactuca sativa* L. var. longifolia). *Food Chem* 2013; 136(1): 273-278.
38. Park WS, Kim HJ, Chung HJ, Chun MS, Kim ST, Seo SY, Lim SH, Jeong YH, Chun JW, An SK, Ahn MJ. Changes in carotenoid and anthocyanin contents, as well as antioxidant activity during storage of lettuce. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2015; 44(9): 1325-1332.