

열처리 방법과 냉동 저장 기간에 따른 당근의 이화학적 및 영양학적 특성 변화

김수진 · 김광일 · 황인국¹ · 유선미¹ · 조연지² · 민상기² · 최미정*

건국대학교 생명자원식품공학과, ¹농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부, ²건국대학교 바이오산업공학과

Changes in Physicochemical and Nutritional Properties of Carrots According to Thermal Treatments and Freezing Storage Duration

Soo Jin Kim, Kwang-Il Kim, In-Guk Hwang¹, Seon-Mi Yoo¹,
Yeon-Ji Jo², Sang-Gi Min², and Mi-Jung Choi*

Department of Bioresources and Food Science, Konkuk University

¹*Department of Agro-food Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration*

²*Department of Bioindustrial Technologies, Konkuk University*

Abstract

Thermal treatment and freezing are known for preventing loss of food quality during storage. This study was carried out to optimize the conditions of thermal treatment and freezing storage. Carrots were treated by hot water or superheated steam, and then frozen by individual quick freezing (IQF) method. After that, the samples were stored at -12, -18, -24°C for 6 mon and the physicochemical and nutritional properties of carrots were evaluated. As a result, the total color difference of carrots treated by hot water was higher than that treated by superheated steam. Storage duration did not affect the pH of carrots. Total aerobic bacteria decreased compared to control presumably upon applying thermal treatment and freezing. Ascorbic acid contents in thermal treated and frozen carrots sharply decreased compared to control; particularly, they were not detected in carrots stored at -12°C. When hot water-treated carrots were frozen, the free sugar and organic acid contents decreased; however, those of superheated steam-treated carrots increased except fumaric acid.

Key words: carrot, thermal treatment, IQF (individual quick freezing), freezing storage, ascorbic acid

서 론

산업화와 더불어 소득 수준이 향상되면서 생활양식이 바뀌었고 미혼 인구, 여성 취업 인구 및 맞벌이 부부의 증가 등의 영향으로 식생활에 많은 변화를 가져오게 되면서 외식 산업이 발전하게 되었다(Chung, 2005; Han, 2006). 바쁜 현대인들이 가정에서 식사 준비를 하는 시간과 빈도가 점점 줄어들고 있으며, 과거 가족 중심적인 식생활에서 1인 가구 중심인 시간을 절약할 수 있고 편의성을 추구하는 식생활로 변화하고 있다(Kim et al., 2005). 이에 따라 가정이 아닌 밖에서 판매되는 완전 조리 형태나 반 조리 형태의 음식을 구매하여 가정에서 바로 먹거나 간단히 조리하여 먹는 음식

인 HMR (home meal replacement)의 비중이 계속해서 증가하고 있는 추세이다(Lee et al., 2005). 그러나 현대인들은 시간 절약과 편의성을 추구함과 동시에 건강과 영양을 고려하는 양상을 보이고 있으며 단순한 식사개념을 벗어나 고품질의 음식, 즉 새로운 식사 대용품(new meal solution)을 요구하고 있다(Jang, 2009).

우리나라는 여전히 채소류의 소비가 큰 비중을 차지하고 있으며 식재료로 다양하게 활용되고 있다(Kim et al., 2004). 대표적인 채소류 중 하나인 당근은 근채류에 속하며, 많이 함유하고 있는 황색 색소인 β -carotene은 vitamin A의 전구 물질이자 항산화 효과, 항암작용 및 성인병 예방 등의 여러 기능을 가지고 있다(Lee et al., 2003). 하지만 당근을 비롯한 대부분의 채소류는 과일과 같이 유통 기간이 짧고, 수확 후 계속되는 호흡, 효소적 갈변 현상, 미생물의 번식 등과 같이 품질 변화가 진행된다. 따라서 과채류의 저장 기간을 늘리고 저장 유통시 발생하는 문제점들을 최소화하고자 예비 열처리 과정이 요구된다(Lee et al., 2002; Lim et al., 2005).

*Corresponding author: Mi-Jung Choi, Department of Bioresources and Food Science, Konkuk University, 120 Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea.

Tel: +82-2-450-3048, Fax: +82-2-450-8043

E-mail: choimj@konkuk.ac.kr

Received February 6, 2015; revised March 28, 2015; accepted March 31, 2015

예비 열처리 과정은 열수(boiling), 증기(steam), 튀김(frying), 훈제(smoking), 전자 레인지 가열 등의 방법이 이용되고 있는데, 주된 목적은 수용성 영양 성분의 파괴를 최소화 하면서 효소를 불활성화 시켜 식품의 변색과 변질을 방지하는 것이다(Choi et al., 2002). 그 중 열수침지법은 과채류에 잔존해 있는 농약 및 화학 물질과 부패의 원인이 되는 곰팡이를 제거해주는 효과가 있다(Kim et al., 2014). 또한 과열증기법(superheated steam)은 포화 온도 이상으로 과열된 증기를 식품에 가한 것으로 뛰어난 열 전달 능력으로 인해 우수한 가열 매체로 주목 받고 있다. 이는 영양 성분의 손실을 최소화하고 식재료 고유의 색과 맛, 향을 최대한 유지시키며, 고온의 열 전달로 미생물 살균효과가 매우 큰 것으로 알려져 있다(Cheigh et al., 2011; Kim et al., 2012). 하지만 열처리 가공시 비타민과 무기질 등 영양 성분이 파괴되며 맛과 향이 변하고 조직감이 저하되어 품질에 영향을 받게 된다(Kim, 2003; Jung et al., 2007). 이러한 문제점들을 최소화하고자 최적의 가열 공정 조건을 구축할 필요가 있다.

열처리 한 식재료를 가장 안전하게 저장 및 유통하는 방법으로 냉동 저장이 이용되고 있는데, 식품의 화학적 변화 및 세균 류의 증식을 억제하고 진행시간을 멈추게 하여 식품의 장기 보존을 가능하게 한다(Lee et al., 2011). 하지만 식물체가 동결되면 세포벽이 파괴됨에 따라 조직이 손상되어 식재료로서의 상품성을 잃어버릴 위험성이 있기 때문에 식품을 냉동하는 속도와 저장 온도를 조절해야 한다. 다양한 급속 냉동 방법 중 각 식재료를 소형화하여 개별 급속 냉동(IQF: individual quick freezing)하는 방식이 많이 사용되고 있는데, 이는 찬 공기를 열 이동 매체로 사용하여 일정한 크기의 입자에 강제적으로 순환시켜 짧은 시간에 냉동시키는 방법으로, 각각의 식품에 적합한 조건에 따라 공기의 온도 및 대류 속도를 조절할 수 있기 때문에 여러 식품 업체에서 선호되고 있다(Baek, 2014).

본 연구에서는 열수침지법과 과열증기법의 열처리 과정을 거친 당근을 개별 급속 냉동시킨 다음 합기 포장하여 -12°C, -18°C, -24°C에서 24주 동안 저장한 후 2, 4, 12, 24 주 간격으로 해동하여 당근의 pH, 색도, 전단력 같은 이화학적 특성과 vitamin C, 유리당, 유기산과 같은 영양학적 특성 및 미생물학적 변화를 분석하여 최적 공정 과정을 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에서 사용한 당근은 E사 대형 유통마트(Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 영양 성분 분석에 사용된 ascorbic acid, fructose, glucose, sucrose, oxalic acid, malic acid, fumaric acid 표준품은 Sigma-Aldrich Co.

Chemicals (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고 그 외 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다. 총균수 측정을 위한 배지는 Difco Laboratories (Detroit, MI, USA)에서 구입하였다.

시료의 처리

구입한 당근은 껍질을 제거하고 흐르는 물에 세척하여 거름망 물기를 없앤 다음 가로 5.0 mm, 세로 5.0 mm, 높이 50.0 mm로 세절하여 준비하였다. 열수침지법으로 끓는 물에 세절된 당근을 1:4 비율로 넣어 1분 동안 열처리 하였고, (주)다손에서 과열증기법으로 고온의 수증기 열을 이용하여 2분 동안 열처리를 실시하였다. 열처리 후 찬 물에서 냉각시킨 다음 탈수기(Hanil, Wonju, Korea)를 이용하여 탈수하고, 천일식품(Incheon, Korea)에서 -30°C로 10분 동안 개별 급속 냉동(IQF, individual quick freezing)하였다. 냉동 직후 당근을 250 g씩 나누어 폴리프로필렌(PP) 소재의 용기(가로 15 × 세로 10 × 높이 5 cm)로 합기 포장 하였으며, 포장 후 -12, -18, -24°C에서 24주 동안 동결 저장하였다. 이화학적 특성 분석을 위한 해동은 전자레인지(KR-S340TC, Daewoo, Seoul, Korea)를 이용하여 시료의 중심부에 광센서(Fiber Optic Temperature Sensor, FISO Technologies Inc., Quebec, QC, Canada)를 장착하였을 때 당근의 중심부 온도가 4°C가 될 때까지 진행하였으며, 이때 전자 레인지의 출력세기는 400 W이었다. 영양 성분 분석을 위한 시료는 동결 건조 후 분쇄하여 -18°C에서 보관 하면서 영양 성분 분석용 시료로 사용하였다.

색도 측정

색도는 Chroma meter (CR-400, Konica Minolta, Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 표준 백색판($L^*=94.40$, $a^*=-0.66$, $b^*=3.32$)으로 보정한 후 9회 반복 측정하여 명도(CIE L^* , lightness), 적색도(CIE a^* , redness)와 황색도(CIE b^* , yellowness)값으로 나타내었다. 처리구 간의 색도 변화 비교를 위해 측정된 색도 값을 아래의 공식에 대입하여 색차 값(ΔE)을 산출하였다.

$$\begin{aligned} \text{Total color difference } (\Delta E) \\ = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2} \end{aligned}$$

(L_1 =열처리 후 당근의 명도, L_2 =냉·해동 후 당근의 명도, a_1 =열처리 후 당근의 적색도, a_2 =냉·해동 후 당근의 적색도, b_1 =열처리 후 당근의 황색도, b_2 =냉·해동 후 당근의 황색도)

pH 측정

pH는 당근 2 g과 증류수 18 mL을 혼합한 후 균질기(SMT pH91, SMT, Tokyo, Japan)를 이용하여 12,000 rpm으로 2분간 시료를 마쇄한 후 pH meter (Orion 3-STAR,

Thermo Scientific, Waltham, USA)를 이용하여 3회 반복 측정하였다.

전단력 측정

전단력(shear force)은 식품의 형태를 변형시키는데 필요한 힘으로, 세절된 당근(가로 5.0 × 세로 5.0 × 높이 50.0 mm)의 전단력을 texture analyzer (CT3-1000, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)를 이용하여 5회 이상 반복 측정하였다. Compression type으로 target value는 5.0 mm이었으며, trigger load는 70 g, test speed는 2.5 mm/s의 속도로 절단형의 plain vee probe 와 TA-SBA fixture를 사용하여 측정하였다.

총균수 측정

총균수 측정은 당근 25 g에 멸균 식염수 225 mL을 가하여 자동 균질기(WS-400, Shanghai Zhisun Equipment Co., Shanghai, China)를 이용하여 1분간 균질한 후 여과액 1 mL를 취하여 멸균 식염수로 단계 희석하였다. 각 농도 별 시험액 0.1 mL을 plate count agar (Difco)에 도말한 후 37°C에서 24시간 배양하여 성장한 집락 수를 계수하여 log CFU/g으로 나타내었다.

비타민 C 함량

비타민 C의 함량은 동결 건조된 시료 0.50±0.05 g에 5% metaphosphoric acid용액 50 mL을 가하고 homogenizer (Polytron RT2500E, Kinematica AG, Luzern, Switzerland)를 이용하여 2분간 균질화한 후 Whatman No. 2 여과지(Whatman International Ltd., Maidstone, Kent, UK)로 감압 여과하여 50 mL로 정용하였다. 추출물은 0.20 µm 여과지(Millipore Corporation, Billerica, MA, USA)로 여과하여 Agilent Technologies 1200 series HPLC system (Palo Alto, CA, USA)으로 분석하였다. Mightysil RP-18 GP column (4.6×250 mm, 5 µm, Kanto Chemical, Tokyo, Japan)을 사용하였고, 이동상은 0.1% trifluoroacetic acid를 사용하여 0.6 mL/min 속도로 흘려주었고 시료 20 µL을 주입하였다. UV detector를 사용하여 흡광도 254 nm에서 비타민 C를 분석하였다.

유리당 함량

유리당 함량은 동결 건조된 시료 1.00±0.05 g에 증류수 50 mL을 가하여 200 rpm에서 3시간 동안 진탕 추출한 후 Whatman No. 2 여과지로 감압 여과하여 50 mL로 정용하였다. 추출물은 0.20 µm 여과지(Millipore Corporation)로 여과하여 Agilent Technologies 1200 series HPLC system (Palo Alto)로 분석하였다. Shodex Asahipak NH2P-5-4E (5 µm, 4.6×250 mm, Tokyo, Japan)을 column으로 사용하였고, 검출기는 ELSD, 이동상은 70% acetonitrile를 사용하

여 1.2 mL/min 속도로 흘려주었고, 시료 10 µL을 주입하여 분석하였다. 표준물질은 fructose, glucose 및 sucrose (Sigma-Aldrich Co. Chemicals)를 사용하였다.

유기산 함량

유기산 함량은 동결 건조된 시료 1.00±0.05 g에 증류수 50 mL을 가하여 200 rpm에서 3시간 동안 진탕 추출한 후 Whatman No. 2 여과지로 여과하여 50 mL로 정용하였다. 추출물은 0.20 µm 여과지(Millipore Corporation)로 여과하여 Agilent Technologies 1200 series HPLC system (Palo Alto)로 분석하였다. Aminex HPX-87H ion exclusion column (7.8×300 mm; Bio-Rad, Hercules, CA, USA)을 사용하여 이동상은 0.008 N sulfuric acid 용액을 사용하여 0.6 mL/min 속도로 흘려주었고, 시료 20 µL을 주입하여 분석하였다. UV detector를 사용하여 흡광도 215 nm에서 분석하였고, 표준물질은 oxalic acid, malic acid 및 fumaric acid를 사용하였다.

통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Ver. 12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 통하여 각 처리구의 평균과 표준편차를 산출하였으며, ANOVA 분석을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 각 처리간의 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

색도

색도는 맛, 향 등과 함께 관능적인 부분에서 식품의 상품성에 영향을 미치는 요인으로 Table 1, 2에 열처리 후 24주 동안 냉동 저장된 당근의 명도(CIE L^*), 적색도(CIE a^*), 황색도(CIE b^*) 및 total color difference (ΔE)를 나타내었다. 열수침지 처리한 당근의 경우 생당근에 비해 명도와 황색도가 감소하였으나, 저장 기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 반면 적색도는 생당근에 비해 약간 증가하였으나, 급속 냉동시 생당근보다 낮은 값을 나타내었다가 냉동저장 2주 후에 다시 증가하여 저장 기간에 따라 증가하는 경향성을 보였으나 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$). 열수침지 처리 후 -18°C와 -24°C에서 저장한 당근의 ΔE 는 증가하는 경향성을 보여 색 변화가 일어났음을 나타내었다.

과열증기 처리한 당근의 명도와 황색도는 생당근에 비해 감소한 반면, 적색도는 급격히 증가하였다. 저장 기간에 따라 과열증기 후 -18°C, -24°C에서 저장한 당근의 적색도는 유지된 반면 -12°C에서 저장한 당근의 적색도는 12주 이후 감소하여 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 저장 기간이 증가함에 따라 과열증기 처리 후 -18°C와

Table 1. CIE color of carrots depending on treatments

Treatment	L*	a*	b*	Total color difference (ΔE)
Raw	59.49±1.81 ^a	22.83±0.92 ^b	43.64±2.24 ^a	-
Hot water immersion	48.23±1.50 ^b	23.69±1.82 ^b	39.45±3.04 ^{bc}	-
Superheated steam	49.73±1.10 ^b	26.76±0.96 ^a	40.76±0.36 ^{ab}	-
Freezing after hot water immersion	48.84±1.45 ^b	20.40±0.70 ^c	37.15±1.01 ^c	4.31±0.70
Freezing after superheated steam	49.39±1.78 ^b	28.11±0.81 ^a	41.78±0.87 ^{ab}	2.36±0.82

^{a-c}Means with different superscripts within the same column are significantly different ($p<0.05$).

The values were represented as the mean values (n>9).

The total color difference is calculated compare to thermal treated carrots.

Table 2. Change in color of carrots with various storage temperatures

Thermal treatment	Color	Storage temperatures (°C)	Storage duration (wk)			
			2	4	12	24
Hot water immersion	L*	-12	51.72 ± 0.92 ^{ab}	50.08 ± 0.09 ^b	50.59 ± 1.06 ^b	53.10 ± 1.12 ^a
		-18	51.37 ± 0.27 ^a	50.96 ± 1.66 ^a	51.43 ± 0.96 ^a	51.90 ± 0.21 ^a
		-24	51.00 ± 1.20 ^a	51.62 ± 1.01 ^{ab}	53.30 ± 0.64 ^a	53.47 ± 1.35 ^a
	a*	-12	23.58 ± 0.45 ^a	23.78 ± 1.36 ^a	23.88 ± 1.50 ^a	23.45 ± 1.57 ^a
		-18	24.90 ± 1.68 ^a	24.72 ± 0.55 ^a	25.41 ± 0.72 ^a	26.46 ± 1.34 ^a
		-24	24.50 ± 2.01 ^a	24.77 ± 2.12 ^a	25.23 ± 0.60 ^a	26.08 ± 1.86 ^a
	b*	-12	41.38 ± 0.48 ^a	40.08 ± 0.92 ^a	41.30 ± 4.50 ^a	43.66 ± 3.33 ^a
		-18	40.51 ± 2.89 ^a	42.37 ± 1.53 ^a	41.85 ± 1.53 ^a	44.20 ± 1.07 ^a
		-24	40.50 ± 1.39 ^a	40.93 ± 1.11 ^a	40.64 ± 1.38 ^a	42.80 ± 1.33 ^a
	Total color difference (ΔE)	-12	4.07 ± 0.62 ^{ab}	2.36 ± 0.34 ^b	4.56 ± 2.43 ^{ab}	6.86 ± 2.57 ^a
		-18	4.34 ± 1.24 ^b	4.52 ± 0.50 ^b	4.60 ± 0.66 ^b	6.73 ± 0.69 ^a
		-24	3.73 ± 0.85 ^b	4.38 ± 0.37 ^b	5.56 ± 0.65 ^{ab}	6.83 ± 1.93 ^a
Superheated steam	L*	-12	51.49 ± 1.42 ^a	49.95 ± 1.09 ^{ab}	49.20 ± 0.84 ^b	50.06 ± 0.77 ^{ab}
		-18	50.40 ± 1.26 ^a	50.71 ± 1.01 ^a	51.96 ± 0.91 ^a	51.45 ± 0.57 ^a
		-24	51.84 ± 0.41 ^a	53.50 ± 2.36 ^a	53.80 ± 0.85 ^a	53.31 ± 1.14 ^a
	a*	-12	25.57 ± 1.79 ^a	23.85 ± 2.11 ^{ab}	22.00 ± 1.87 ^b	21.23 ± 1.26 ^b
		-18	26.40 ± 1.32 ^a	26.02 ± 0.36 ^a	26.07 ± 0.44 ^a	26.03 ± 0.60 ^a
		-24	26.48 ± 0.20 ^a	26.83 ± 2.13 ^a	25.49 ± 0.75 ^a	25.75 ± 1.47 ^a
	b*	-12	41.63 ± 2.56 ^a	39.48 ± 0.83 ^a	39.12 ± 0.39 ^a	40.91 ± 1.31 ^a
		-18	39.28 ± 0.28 ^b	42.72 ± 0.99 ^a	40.06 ± 0.85 ^b	40.23 ± 0.72 ^b
		-24	41.31 ± 0.68 ^a	42.44 ± 0.76 ^a	41.68 ± 0.91 ^a	42.76 ± 1.19 ^a
	Total color difference (ΔE)	-12	3.53 ± 0.95 ^a	3.28 ± 2.33 ^a	5.13 ± 1.81 ^a	5.69 ± 1.20 ^a
		-18	2.15 ± 0.77 ^a	2.45 ± 1.05 ^a	2.48 ± 1.19 ^a	2.03 ± 0.80 ^a
		-24	2.27 ± 0.46 ^a	4.54 ± 2.32 ^a	4.47 ± 0.85 ^a	4.58 ± 0.44 ^a

^{a-b}Means with different superscripts within the same row are significantly different ($p<0.05$).

The values were represented as the mean values (n>9).

The total color difference is calculated compare to thermal treated carrots.

-24°C에서 저장한 당근의 명도는 증가하는 경향성을 보였고, 과열증기 처리 후 -12°C에서 보관한 당근의 ΔE 는 증가하였다. 저장 온도에 관계없이 대체적으로 과열증기 처리한 당근보다 열수침지 처리한 당근의 ΔE 가 큰 값을 나타내어 열수침지 처리한 당근의 변색이 더 많이 일어났음을 의미한다.

Lee (2009)의 연구에 따르면 일반 증기 처리한 당근은 육안상 대조구에 비해 진하고 선명한 색을 나타냈고 이는 당근의 효소가 불활성화 되어 식품 색에 긍정적인 영향을 준

것이라 보고 하였는데, 이는 본 연구에서 열처리 후 당근의 적색도가 일시적으로 증가한 것과 유사하다. 또한 열처리된 세포를 파괴시키지만 세포 내의 공기를 제거함으로써 색을 선명하게 만드는 효과가 있다(Lee, 1995; Lee et al., 2012). Lee et al. (2013)의 연구는 콩나물과 애호박, 대파를 -20°C에서 12개월 동안 저장하였을 시, 색도 변화가 거의 없고 경향성을 나타내지 않으며 어느 정도 일정하게 유지 되었다고 보고 하였는데 이는 냉동 저장 기간에 따라 당근의 색도 변화가 적었던 본 연구와 유사성을 나타내었다.

pH

열처리 후 냉동 저장 기간 및 온도에 따른 당근의 pH를 Fig. 1에 나타내었다. 열수침지 및 과열증기 처리한 당근의 pH는 생당근에 비해 증가하였고 급속 냉동시 감소하였다. 대체적으로 열처리 방법과 관계없이 -24°C에서 저장한 당근의 pH가 나머지 온도에서 저장한 당근의 pH보다 낮았으며, 저장 온도와 열처리 방법에 관계없이 저장 기간에 따른 pH의 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). 한편 냉동 저장 중 과열증기 처리한 당근의 pH는 저장 온도에 관계없이 5.86-6.42 수준이었고, 6.04-6.83 수준의 pH를 나타내는 열수침지 처리한 당근보다 항상 낮은 값을 나타내었다. 당근을 여러 가지 방법으로 열처리 한 Kim et al. (2014)의 연구에서 증기 처리한 당근의 pH가 가장 낮은 값을 나타내었다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 과채류의 pH 변화는 가열 및 저장 기간 중 당 등의 성분 변화로 인한 유기산의 변화에 의한 것이므로, 당근을 열처리한 후 pH가 증가한 것은 유기산의 감소로 인해 발생한 것으로 보인다(Park et al., 1993; Jeong et al., 2000).

전단력

전단력은 채소류의 품질 및 상품성을 결정하는 여러 가

지 요인들 중 중요한 요인으로, 열처리 방법과 저장 온도 및 기간에 따른 당근의 전단력 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 전단력이 3.15 kg_f인 생당근에 비해 열수침지와 과열증기 처리한 당근의 전단력은 각각 2.60 kg_f, 2.58 kg_f을 나타내어 약 17.5%, 18.1%가 감소하였으며 열처리 방법에 따른 당근의 전단력 차이는 유의적으로 나타나지 않았다($p>0.05$). 열처리 후 급속 냉동시 각각 1.66 kg_f, 1.56 kg_f으로 감소하였고, 열수침지 처리한 당근의 전단력은 저장 기간에 따라 감소하는 경향을 보였지만 유의적인 차이가 없었고, 그 중 -24°C에서 저장한 당근의 전단력 변화가 가장 적었으며 저장 온도가 높을수록 전단력은 가장 낮은 값을 나타내었다. 과열증기 처리 후 -12°C에서 저장한 당근의 전단력은 저장 기간에 따라 감소한 반면, -18°C와 -24°C에서 저장한 당근의 전단력은 대체적으로 일정하였다.

Lee et al. (2001)의 연구에서 열처리 하지 않은 냉동 풋콩을 온도별로 냉동 저장했을시 -5°C와 -10°C에 저장한 경우 전단력 변화가 적었고 -20°C 저장의 경우 저장 기간이 증가함에 따라 전단력이 감소하는 경향을 보였다고 보고하여 본 연구와 상반된 결과를 나타낸 반면, Lee et al. (2013)의 연구에서는 취나물, 애호박 및 대파를 동결 전에 적정 조건으로 열처리한 결과 냉동 저장시 전단력이 유지

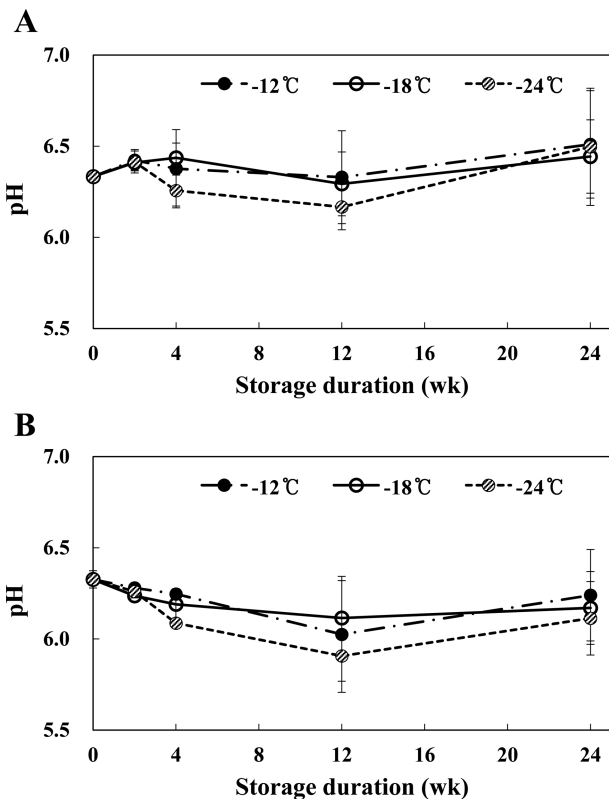


Fig. 1. The pH changes of carrots depending on storage duration and temperature. A: hot water immersion treated carrots, B: superheated steam treated carrots. The pH of raw carrots: 6.28, hot water immersion treated carrots: 6.47, superheated steam treated carrots: 6.43.

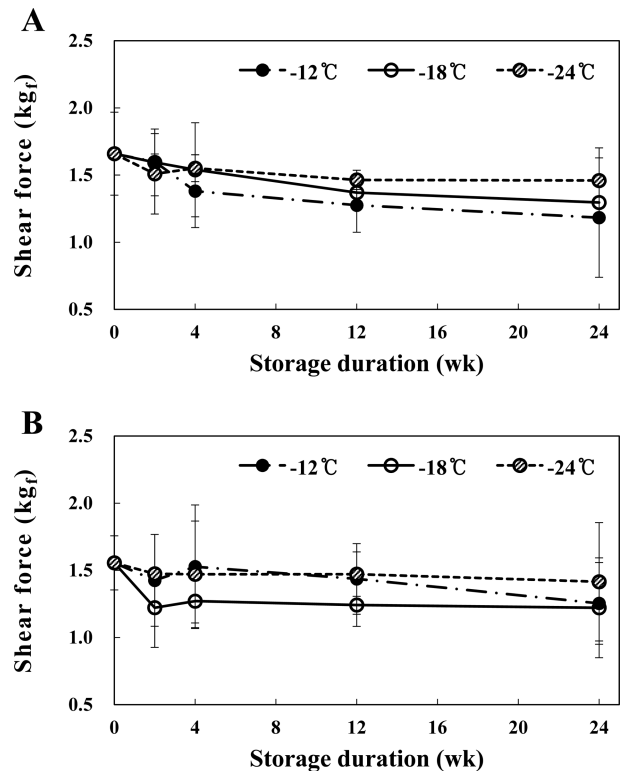


Fig. 2. The shear force of carrots depending on storage duration and temperature. A: hot water immersion treated carrots, B: superheated steam treated carrots. The shear force of raw carrots: 3.15 kg_f, hot water immersion treated carrots: 2.60 kg_f, superheated steam treated carrots: 2.58 kg_f.

되었음을 보고하여, 당근을 열처리 후 냉동 저장한 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

총균수

열처리 후 냉동 저장된 당근의 총균수를 측정된 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 생당근의 총균수가 4.58 log CFU/g으로 검출되었으나 열수침지와 과열증기 열처리 후 각각 3.19, 3.25 log CFU/g 수준으로 검출되어 약 30%가 감소되었으며 급속 냉동 후 2.43, 2.30 log CFU/g 수준으로 감소되어 이를 통해 열처리와 급속 냉동을 통한 살균효과를 볼 수 있었다. 열수침지 처리한 당근의 경우 -18°C에서 저장한 당근의 총균수는 저장 기간에 따른 변화가 없던 반면, -12°C에서 저장한 당근의 총균수는 4주 이후 변화가 없었으며 -24°C에서 저장한 당근의 총균수는 12주 이후 감소하였다. 과열증기 처리한 당근의 총균수는 저장 온도와 관계없이 약 2 log CFU/g 수준으로 감소하였고 4주 이후 변화가 없었다.

Sun et al. (2011)의 연구에서는 생당근을 10일 동안 10°C에서 보관하였을 때 저장 기간에 따라 일반 세균수가 유의적으로 증가하였음을 보고하였는데, 당근을 열처리 한

후 냉동 저장한 본 연구에서는 총균수가 감소하거나 일정한 것을 보아, 예비 열처리로 인해 미생물의 번식이 정지된 것으로 판단된다. 이와 비슷한 결과로, Lee et al. (2012)은 취나물을 열수로 열처리 했을 때 총균수가 생 시료 10⁶ CFU/g에서 10³-10⁴ CFU/g 수준으로 감소하였고 이를 동결 저장시 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 식품을 냉동할 때 생성된 얼음 결정과 급격한 온도 변화로 인해 세포벽 파괴되어 미생물이 감소된 것이라 보고하였다.

식품공전에 의하면 세균 수 허용 기준치가 가열하지 않고 섭취하는 냉동 식품일 경우 10⁵ CFU/g, 가열하여 섭취하는 냉동식품일 경우 10⁶ CFU/g으로 규정되어 있으므로 본 연구에서 당근을 열처리 후 냉동 저장하는 동안 미생물 적 안전성이 있는 것으로 판단된다.

비타민 C 함량

열수침지 및 과열증기 처리한 당근을 24주 동안 냉동 저장하였을 때 비타민 C의 함량 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 생당근의 비타민 C 함량은 29.4 µg/g이었고, 열수침지 처리한 당근의 비타민 C 함량은 20.0 µg/g, 과열증기 처리한 당근은 23.1 µg/g로 열수침지 처리시 당근의 비타민 C

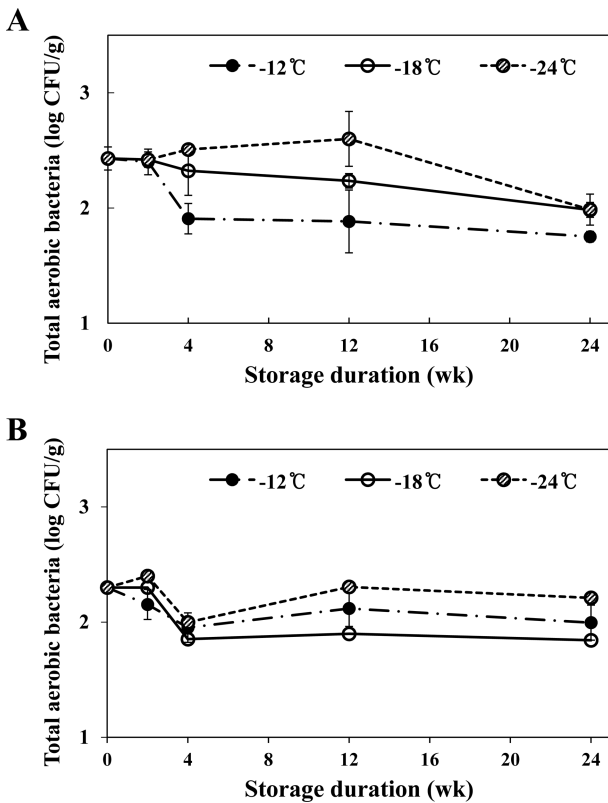


Fig. 3. The total aerobic bacteria of carrots depending on storage duration and temperature. A: hot water immersion treated carrots, B: superheated steam treated carrots. The total aerobic bacteria of raw carrots: 4.58 log CFU/g, hot water immersion treated carrots: 3.19 log CFU/g, superheated steam treated carrots: 3.25 log CFU/g.

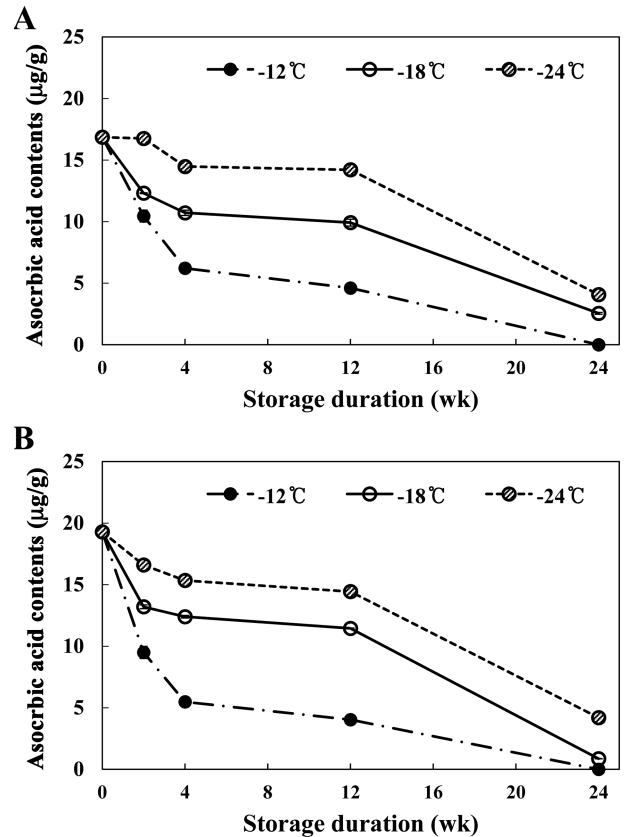


Fig. 4. The ascorbic acid contents of carrots depending on storage duration and temperature. A: hot water immersion treated carrots, B: superheated steam treated carrots. The ascorbic acid contents of raw carrots: 29.4 µg/g, hot water immersion treated carrots: 20.0 µg/g, superheated steam treated carrots: 23.1 µg/g.

손실이 컸다. 이는 고추를 열처리 했을시 과열증기 처리한 고추보다 열수침지 처리한 고추에서 비타민 C의 손실이 더 많이 발생하였다고 보고한 Hwang et al. (2012)의 연구와 유사하다. 열수침지시 채소를 직접 열수에 침지시키기 때문에 수용성 성분인 비타민 C의 용출로 인해 손실되는 것으로 보인다(Chuah et al., 2008).

열처리 후 급속 냉동시 열수침지 처리한 당근의 비타민 C 함량은 16.9 µg/g, 과열증기 처리한 당근의 비타민 C 함량은 19.3 µg/g으로 감소하여 급속 냉동으로 인한 비타민 C 손실이 발생하였다. 냉동 저장 4주 후 열수침지 및 과열증기 처리 후 -12, -18, -24°C에서 저장한 당근의 비타민 C 함량은 각각 약 5.0, 10.0-15.0, 15.0 µg/g으로 감소하여 저장 온도가 높을수록 기간에 따른 비타민 C 손실량이 컸음을 알 수 있었다. 12주 이후부터는 저장 온도와 관계없이 모든 처리구에서 비타민 C 함량이 급격하게 감소하여

24주 후 -12°C에서 저장한 당근의 비타민 C는 검출되지 않았다. Lee et al. (2007)의 연구에서 홍 고추를 저장 온도 별로 냉동 저장한 결과, -5°C에서 저장한 홍 고추의 비타민 C 함량이 2개월 후 50% 이하로 급격히 감소되었다는 보고가 있어 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

유리당 함량

열처리 방법과 냉동 온도 및 저장 기간에 따라 나타난 당근의 유리당 함량 변화는 Fig. 5와 같다. 당근에서 검출된 유리당은 fructose, glucose, sucrose이었으며 생당근에서의 각 당의 함량은 각각 1.15, 1.27, 4.83%이었다. 열수침지와 과열증기 후 당근의 fructose, glucose, sucrose 함량은 각각 0.81, 0.83, 3.31 및 1.18, 1.26, 4.33%으로 나타났으며 열수침지 처리한 당근의 유리당 함량이 많이 감소한 반면, 과열증기 처리한 당근의 유리당의 함량은 거의 변화가

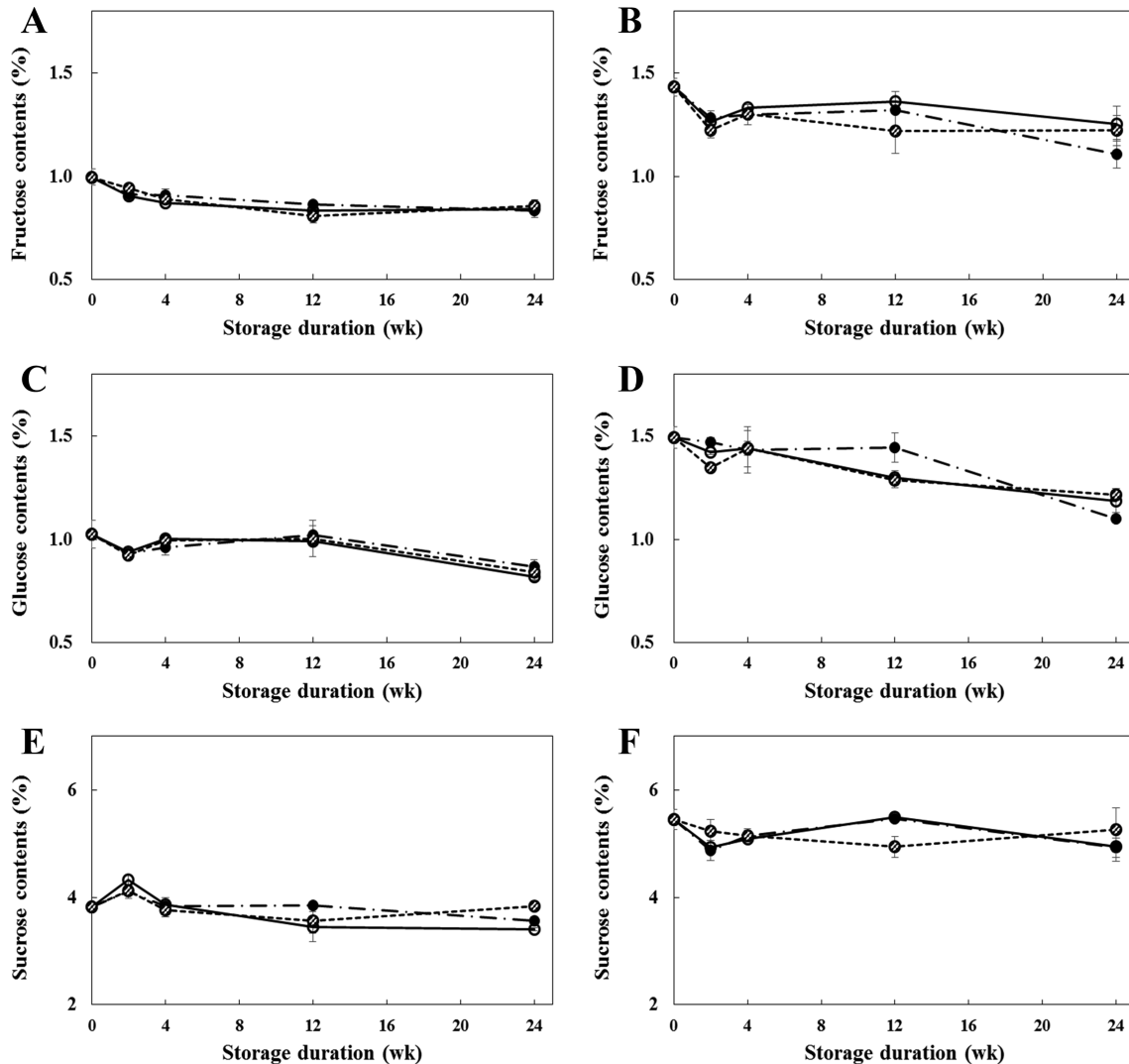


Fig. 5. The free sugar contents of carrots depending on storage duration and temperature. ●: -12°C, ○: -18°C, ◐: -24°C. A, B: fructose contents, C, D: glucose contents, E, F: sucrose contents. A, C, E: hot water immersion treated carrots, B, D, F: superheated steam treated carrots. The fructose, glucose and sucrose contents of raw carrots: 1.15, 1.27 and 4.83%.

없거나 소폭 감소하였다. 급속 냉동 후 열수침지 처리한 당근의 유리당 함량은 약간 증가하였고, 과열증기 처리한 당근의 유리당 함량은 생당근보다 높은 값을 나타내었다. 열수침지 처리한 당근의 경우, 냉동 저장 기간에 따라 fructose와 glucose 함량은 감소하는 경향을 보였으나 세 가지 유리당 함량 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($p>0.05$). 한편 과열증기 처리 후 -12°C 에서 저장한 당근의 fructose, glucose, sucrose 함량은 12주 이후 급격한 감소를 보인 반면, -24°C 에서 저장한 당근의 유리당 함량은 뚜렷한 변화를 보이지 않았다. 냉동 저장 동안 저장 온도와 관계없이 열수침지보다 과열증기 처리한 당근에서 더 많은 유리당 함량이 검출된 것을 통해 과열증기법을 통한 열처리가 유리당 손실을 최소화 한 것으로 보인다. 이는 열처

리 방법에 따른 당근의 유리당 함량 변화를 나타낸 Kim et al. (2014)의 연구에서 열수침지 처리시 유리당의 함량의 감소량이 더 큰 것으로 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. Lee & Jung (2012)의 데친 세발나물 연구에서 열처리에 의해 유리당 함량이 감소하였고, 이는 열처리에 의해 유리당이 조리수에 용출되어 나타난 결과라고 보고하였다.

유기산 함량

열처리 후 24주 동안 냉동 저장한 당근의 유기산 함량 변화를 나타낸 결과는 Fig. 6와 같다. 당근에서 검출된 유기산은 oxalic acid, malic acid 및 fumaric acid 이었으며 생당근에서의 각각의 함량은 $163.1\ \mu\text{g/g}$, $3.3\ \text{mg/g}$, $168.6\ \mu\text{g/g}$

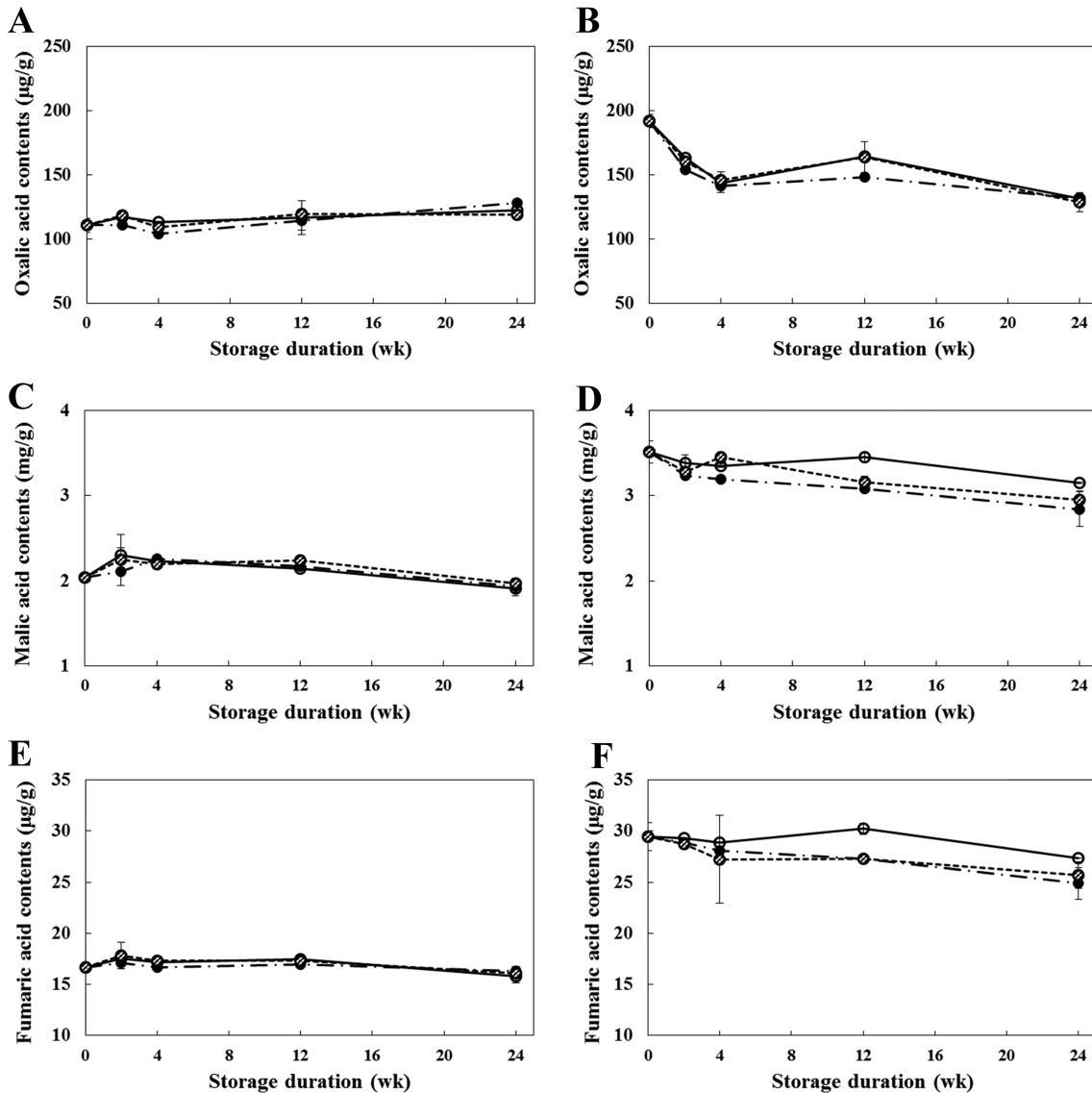


Fig. 6. The organic acid contents of carrots depending on storage duration and temperature. ●: -12°C , ○: -18°C , ◐: -24°C . A, B: oxalic acid contents, C, D: malic acid contents, E, F: fumaric acid contents. A, C, E: hot water immersion treated carrots, B, D, F: superheated steam treated carrots. The oxalic acid, malic acid and fumaric acid contents of raw carrots: $163.1\ \mu\text{g/g}$, $3.3\ \text{mg/g}$ and $168.6\ \mu\text{g/g}$.

µg/g으로, malic acid가 주로 함유되어 있었다. 열수침지 및 과열증기 처리 후 세 가지 유기산 모두 각각 111.8 µg/g, 1.9 mg/g, 16.0 µg/g와 169.7 µg/g, 2.9 mg/g, 29.5 µg/g를 나타내었는데, fumaric acid의 함량이 열처리 방법과 관계없이 큰 폭으로 감소하였고 나머지 유기산 함량 또한 열수침지 처리한 당근에서 감소한 반면 과열증기 처리한 당근에서는 변화가 적었다. 열처리로 인해 유기산이 휘발되거나 조리수로의 용출로 인해 손실이 발생한 것은 Kim et al. (2012)의 연구와 유사하며, 과열증기보다 열수침지를 통한 열처리 방법에서 유기산의 함량 손실이 더 큰 것은 Kim et al. (2014)의 연구와 유사하다.

급속 냉동시 과열증기 처리한 당근의 oxalic acid와 malic acid의 함량은 생당근보다 높은 값으로 증가하였고, 열수침지 처리한 당근의 경우 oxalic acid, malic acid 및 fumaric acid의 함량 모두 냉동 저장 기간이 증가함에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았으며($p>0.05$), malic acid와 fumaric acid의 함량은 과열증기 처리 후 -18°C 에서 저장한 당근에서 가장 높은 값을 나타내었다. 과열증기 처리 후 4주 동안 oxalic acid의 함량은 감소하였으나 저장 기간 동안 변화가 적었고 이를 통해 냉동 저장 중 유기산의 함량이 손실되지 않고 보존된다는 것을 알 수 있다.

요 약

본 연구는 열수침지 및 과열증기 처리한 당근을 IQF 방법으로 급속 냉동 한 다음 -12°C , -18°C , -24°C 에서 24주 동안 저장한 후 해동하여 이화학적 및 영양학적 특성과 미생물학적 변화를 분석하여 열처리 및 냉동 저장의 최적 공정 과정을 확립하고자 하였다. 대체적으로 과열증기 처리한 당근보다 열수침지 처리한 당근의 ΔE 이 큰 값을 나타내었고, 열처리 후 생당근에 비해 전단력이 감소하였으나 급속 냉동 후 저장 기간에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$). 열처리 후 생당근에 비해 총균수가 감소되었지만 냉동 저장시 일정한 경향을 보였고, 열수침지 처리한 당근의 비타민 C 손실량이 과열증기 처리한 당근보다 더 많았다. 열수침지 처리 후 감소한 유리당의 함량은 저장 기간에 따른 변화는 없던 반면, 과열증기 처리 후 급속 냉동 한 당근의 유리당 함량은 증가하였다. 당근의 유기산의 함량은 열수침지 처리 후 감소하였으나 과열 침지 처리 후 oxalic acid와 malic acid 함량은 증가하는 경향을 보였다. 이를 통해 열처리 후 영양 성분의 손실이 더 적은 과열증기법의 공정 과정이 열수침지법보다 더 적절한 것으로 보인다. 또한 -12°C 에서 저장한 당근의 비타민 C가 6개월 후 모두 파괴되었던 것을 통해 비타민 C의 파괴를 최소화하기 위해서는 이보다 더 낮은 온도에서 냉동 저장해야 할 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원(과제번호 PJ009440)에 의해 수행되었으며, 연구에 도움을 주신 (주)천일식품과 (주)다손에 감사 드립니다.

References

- Baek JS. 2014. Changes in physicochemical and nutritional characteristics of pepper treated different freezing and thawing conditions. MS thesis, Konkuk Univ., Seoul, Korea.
- Cheigh CI, Lee JH, Chung MS. 2011. Quality characteristics of vegetables by different steam treatments. Korean J. Food Nutr. 24: 464-470.
- Choi MS, Kim DH, Lee KH, Lee YC. 2002. Effects of blanching and additives on quality attributes of minced ginger during refrigerated storage. Food Eng. Prog. 6: 355-365.
- Chuah AM, Lee YC, Yamaguchi T, Takamura H, Yin LJ, Matoba T. 2008. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. Food Chem. 111: 20-28.
- Chung LN. 2005. Analysis of consumer inclination to convenience towards home meal replacement in Korea. Ph.D. thesis, Yonsei Univ., Seoul, Korea.
- Han MS. 2006. A study on the actual status of use of the home meal replacement (HMR) and the users' satisfaction about it. MS thesis, Sookmyung Women's Univ., Seoul, Korea.
- Hwang IG, Shin YJ, Lee SG, Lee JS, Yoo SM. 2012. Effects of different cooking methods on the antioxidant properties of red pepper (*Capsicum annuum* L.). Prev. Nutr. Food Sci. 17: 286-292.
- Jang YJ. 2009. Mature consumers' consumption patterns and selection attributes regarding home meal replacement (HMR). J. Foodserv. Manage. 12: 97-119.
- Jeong JW, Park KJ, Kim JH, Lee HJ. 2000. Quality changes of mushroom (*Agaricus blazei* Murill) during storage by cooled electrolyzed acid-water. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 7: 403-408.
- Jung JY, Lim JH, Jeong EH, Kim BS, Jeong MC. 2007. Effects of blanching conditions and salt concentrations on the quality properties of *Aster scaber*. Korean J. Food Preserv. 14: 584-590.
- Kim BC, Hwang JY, Wu HJ, Lee SM, Cho HY, Yoo YM, Shin HH, Cho EK. 2012. Quality changes of vegetable by different cooking methods. Korean J. Culinary Res. 18: 40-53.
- Kim JY, Song HJ, Park SS. 2005. Segmentation of the home meal replacement (HMR) market by lifestyle: the case of S department store in Kang-nam, Seoul. J. Foodserv. Manage. 8: 137-154.
- Kim KI, Hwang IG, Yoo SM, Min SG, Choi MJ. 2014. Effects of various pretreatment methods on physicochemical and nutritional properties of carrot. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 43: 1881-1888.
- Kim KI, Hwang IG, Yu SM, Min SG, Lee SY, Choi MJ. 2014. Effect of various pretreatments methods under physicochemical and nutritional properties of onions. Food Eng. Prog. 18: 382-390.
- Kim MH, Jang HL, Yoon KY. 2012. Changes in physico-chem-

- ical properties of *Haetsun* vegetables by blanching. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 647-654.
- Kim YH. 2003. Texture changes in some vegetables with heat treatment. MS thesis, Inje Univ., Gimhae, Korea.
- Kim YH, Lee DS, Kim JC. 2004. Effect of blanching on textural properties of refrigerated and reheated vegetables. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 911-916.
- Lee HE, Lim CI, Do KR. 2007. Changes of characteristics in red pepper by various freezing and thawing methods. Korean J. Food Preserv. 14: 227-232.
- Lee HO, Kim JY, Kim GH, Kim BS. 2012. Quality characteristics of frozen *Aster scaber* according to various blanching treatment conditions. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 246-253.
- Lee HO, Lee YJ, Kim JY, Kwon KH, Kim BS. 2013. Changes in the quality of frozen vegetables during storage. Korean J. Food Preserv. 20: 296-303.
- Lee HS. 1995. The measurement methods of the textural characteristics of fermented vegetables. Korean J. Soc. Food Sci. 11: 83-91.
- Lee HY, Chung L, Yang I. 2005. Conceptualizing and prospecting for home meal replacement (HMR) in Korea by delphi technique. J. Nutr. Health. 38: 251-258.
- Lee JH. 2009. Effects of steam-thermal processing on the food cooking quality. MS thesis, Ewha Womans Univ., Seoul, Korea.
- Lee JH, Seog EJ, Choi YH. 2001. Physical changes of immatured soybeans as related to frozen storage. Food Eng. Prog. 5: 37-42.
- Lee JJ, Jung HO. 2012. Changes in physicochemical properties of *Spergularia marina* Griseb by blanching. Korean J. Food Preserv. 19: 866-872.
- Lee K, Kim KH, Kim HK. 2002. Thermal inactivation parameters of peroxidase in *Flammulina velutipes* and *Lyophyllum ulmarium*. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 1067-1072.
- Lee KS, Park KH, Lee SH, Choe EO, Lee HG. 2003. The quality properties of dried carrots as affected by blanching and drying methods during storage. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 1086-1092.
- Lee YJ, Lee HO, Kim JY, Kwon KH, Cha HS, Kim BS. 2011. Quality characteristics of frozen doraji (*Platycodon grandiflorum*) according to various blanching treatment conditions. Korean J. Food Preserv. 18: 661-668.
- Lim JH, Choi JH, Hong SI, Jeong MC, Kim D. 2005. Mild heat treatments for quality improvement of fresh-cut potatoes. Korean J. Food Preserv. 12: 552-557.
- Park MH, Kim KC, Kim JS. 1993. Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. Korean J. Ginseng Sci. 17: 228-231.
- Sun SH, Kim SJ, Kim GC, Kim HR, Yoon KS. 2011. Changes in quality characteristics of fresh-cut produce during refrigerated storage. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 495-503.