

## 열처리 온도에 따른 당근의 이화학적 특성 변화

정윤조<sup>1</sup> · 조연재<sup>1</sup> · 송하영<sup>1</sup> · 구민정<sup>1</sup> · 홍은아<sup>1</sup> · 이준수<sup>1</sup> · 정현상<sup>1,\*</sup>  
<sup>1</sup>충북대학교 식품생명공학과

### Change in physicochemical characteristics of carrot extract according to heating temperature

Yun Jo Jung<sup>1</sup>, Yeon Jae Jo<sup>1</sup>, Song Ha Young<sup>1</sup>, Hong Eun A<sup>1</sup>, Koo Min Kyung<sup>1</sup>,  
Lee Jun Soo<sup>1</sup>, and Heon Sang Jeong<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University

**Abstract** This study investigated the changes in physicochemical characteristics of carrots according to heating temperature. As the heating temperature increased, the pH decreased from 7.26 to 5.79 and the total acidity increased from 0.06 to 0.15. 5-Hydroxymethylfurfural was not detected until reaching 120°C and increased from 22.99 µg/g at 130°C to 1740.62 µg/g at 150°C. The browning index increased from 0.043 to 0.318 as the heating temperature increased. With increasing heating temperature, the sucrose content decreased from 71.50 to 6.14 mg/g, whereas glucose and fructose increased from 4.30 to 20.21 and 4.48 to 25.47 mg/g, respectively. Reducing sugar content also increased from 42.533 to 73.10 mg/g. Total organic acid content increased as the heating temperature increased to 140°C. The β-carotene content decreased from 1,853.84 to 698.79 µg/dry g with increasing heating temperature. These results suggest that suitable heat treatment for the quality of the product is needed to develop carrot processing products.

**Keywords:** heat treatment, temperature, carrot, physicochemical characteristics, quality characteristics

## 서론

당근(*Daucus carota* L. var. *sativa* Dc.)은 미나리과(Apiaceae)의 식물이며, 유럽, 아시아, 북아프리카 등 전세계에서 재배되고 있으며, 우리나라에서는 16세기부터 재배하기 시작했다고 알려져 있는 대표적인 뿌리채소이다(Kim 등, 2018). 당근의 주요 영양성분으로는 비타민 A, 비타민 C 및 비타민 E를 비롯하여 α-carotene, β-carotene 및 lutein과 같은 carotenoid 성분을 풍부하게 함유하고 있어서 영양학적으로 뛰어난 채소류이며, 특히 당근의 β-carotene은 비타민 A의 전구물질로서 항산화 및 항암 효과와 성인병 예방과 관련해 여러가지 기능을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Heinonen, 1990). 또한 당근은 항비만, 항균, 항암작용 등 다양한 생체조절기능이 보고됨에 따라 식품으로 관심이 증가하고 있으며, 당근의 여러 가지 조리법과 제품개발 연구가 활발히 이루어지고 있는 추세이다(Lee와 Chung, 2020). 최근에는 당근을 생식이나 조리용으로 활용할 뿐만 아니라 기능성 식품 소재로서 다양한 형태로 가공되고 있어서 당근의 색깔, 크기, 맛, 향 및 유효 성분 등이 고루 갖추어진 고품질의 상품 생산이 요구되고 있다

(Jeon 등, 2021).

식품의 열처리 가공은 식품의 저장수명을 연장시키고, 품질을 향상시키기 위하여 사용되고 있지만, 열처리 가공 중 영양소의 파괴 및 생리활성물질의 손실 등의 문제점들을 가지고 있다(Lee 등, 2009), 그러나 과채류 등을 열처리 할 경우 다양한 이화학적 변화에 의한 생리활성물질이 증가한다는 연구결과가 발표되면서 이와 관련된 많은 연구가 진행되고 있다(Kim 등, 2008). 열처리에 관한 연구를 살펴보면, 현재까지 인삼(Yang 등, 2006), 무(Lee 등, 2009), 마늘(Jo 등, 2021), 사과, 멜론, 토마토, 참외 및 수박(Kim 등, 2008)과 같은 과채류들의 열처리 온도에 따른 품질평가 및 기능성을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되었지만, 다소 비 채소류 중의 하나인 당근에 대한 열처리 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 당근 가공을 위한 적절한 열처리 조건을 확립하기 위하여 일반적인 조리 온도보다 높은 온도에서 당근을 열처리하고 이때 발생하는 다양한 이화학적 및 품질특성 변화를 살펴보았다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에 사용된 당근은 2023년 국내에서 생산된 것으로 충북 청주시 농협물류센터에서 판매하는 것을 구입하여 세척한 후 가식부위를 믹서기(HMF-3250S, Haniil, Bucheon, Korea)로 약 25,000 rpm의 속도로 분쇄하여 500 mL 용기에 400 g씩 넣고 밀봉한 후 열처리를 하였다.

\*Corresponding author: Heon Sang Jeong, Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, 1, Chungdae-ro, Seowon-gu, Cheongju, Chungbuk 28644, Korea  
Tel: +82-43-261-2570  
Fax: +82-43-271-4412  
E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr  
Received May 10, 2024; revised June 17, 2024;  
accepted June 25, 2024



### 열처리장치 및 열처리조건

열처리 장치는 10 kg/cm<sup>2</sup> 이상의 압력에서도 견딜 수 있도록 고안, 제작된 열처리장치(J-AN-T, Jisico, Seoul, Korea)를 사용하였으며, 시료는 내부용기에 담겨진 후 일정량의 물이 첨가된 외부용기에 넣어 뚜껑을 밀봉한 다음 외부용기를 열처리장치에 넣고 정해진 온도와 시간에 따라 가열됨으로서 직접적인 열전달에 의한 시료의 탄화를 방지하도록 설계하였으며(Hwang 등, 2011). 열처리 온도와 시간은 선행연구를 참고하여 110, 120, 130, 140 및 150°C로 설정하였고, 열처리 시간은 2시간으로 하였다(Hwang 등, 2006). 열처리하지 않은 시료를 대조구로 하였으며, 모든 실험은 3회 반복하였다.

### 당근 추출물 제조

열처리된 당근에 70% 에탄올을 중량대비 20배(w/v)를 가하고 초음파 추출장치(frequency 40 Hz, power 300 W; SD-350H, SeongDong, Seoul, Korea)를 사용하여 30°C에서 1시간 동안 2회 추출한 후 감압여과 한 다음 회전진공농축기(N-1000, EYELA, Tokyo, Japan)를 이용하여 40°C에서 용매를 완전히 제거한 후 동결 건조하여 실험에 사용하였다.

### pH, 총산도 및 갈변도 측정

고온고압 처리된 당근의 이화학적 특성으로 pH, 총산도 및 갈변도는 Song 등(2018)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, pH는 pH meter (Orion 4 star, Thermo Scientific, Beverly, MA, USA)를 사용하여 측정하였고, 총산도는 1% 페놀프탈레인 용액을 1-2 방울 가하고 0.01 N NaOH로 적정하여 malic acid 당량으로 나타내었으며, 갈변도는 당근 추출물을 15배 희석한 후 분광광도계(Shimadzu, UV-1650 PC, Tokyo, Japan)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde (5-HMF) 측정

5-HMF 함량은 Hwang 등(2006)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 당근 추출물을 1 mg/mL 농도로 조절한 다음 25배(w/v)의 ethyl acetate로 3회 분획한 후 농축하여 증류수로 용해시킨 다음 0.45 µm membrane filter로 여과하여 HPLC (Jasco System, Tokyo, Japan)로 분석하였다. 컬럼은 YMC-Triart C18 column (4.6×250 mm, ID, YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan)을 사용하고, 이동상은 acetonitrile:water (20:80, v/v)를 사용하였으며 0.6 mL/min의 속도로 흘려주었다. 검출기는 UV detector를 사용하여 280 nm에서 분석하였고, 주입량은 20 µL로 하였다. 표준물질은 5-HMF (Sigma-Aldrich Co., MO, USA)을 사용하였다.

### 색도 측정

열처리된 당근 추출물의 색변화는 색차계(Minolta, CM-3500d, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 명암도를 나타내는 L 값(lightness), 적색도를 나타내는 a 값(redness), 황색도를 나타내는 b 값(yellowness)을 측정하였다.

### 유리당 및 환원당 함량 측정

유리당 함량은 Ryu 등(2000)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 당근 추출물 1 mg/mL을 0.45 µm membrane filter로 여과하여 HPLC (Jasco System, Tokyo, Japan)로 분석하였다. HPLC 분석조건은 Luna NH-2 100 Å column (5 µm, 4.6×250 mm ID, Phenomenex, Torrance, CA, USA)를 사용하였고, 검출기는 ELSD (Waters 2420, Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였으며, 이동

상은 acetonitrile:water (80:20, v/v)를 사용하였고, 1 mL/min 속도로 흘려주었고, 20 µL을 주입하여 분석하였다. 표준물질로는 fructose, glucose, sucrose 및 maltose를 사용하였다. 환원당 함량은 Miller (1959)의 방법을 이용하여 측정하였으며, 1 mL의 추출물에 3 mL의 DNS 용액을 첨가하고 100°C에서 5분간 가열한 후 냉각하고 분광광도계를 사용하여 550 nm에서 측정하였다. 표준물질로는 D-(+)-glucose를 사용하였다.

### 유기산 함량 측정

당근 추출물의 유기산 함량은 Kim 등(2015)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 당근 추출물 10 mg/mL의 농도로 희석한 후, 0.45 µm membrane filter로 여과한 후 HPLC (YL9120 system, Younglin, Anyang, Korea)로 분석하였다. Column은 YMC-Triart C18 column (4.6×250 mm, ID, YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan)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.

### 베타카로틴(β-carotene) 함량 측정

고온고압 처리된 당근 추출물의 베타카로틴 함량은 Thomas 등(2001)의 방법을 변형하여 분석하였다. 즉, 시료 5 g을 추출관에 취한 후 산화억제제를 위한 6% pyrogallol 에탄올 용액 10 mL를 가하고 교반해준 뒤, 추출관 내를 질소로 치환하여 sonication을 10 분간 시행하였다. 그 다음, 추출관에 60% KOH 용액 8 mL를 가하고 질소를 충전한 다음 항온수조에서 1시간 동안 교반(75°C, 150 rpm)을 진행하였다. 교반이 끝난 후 추출관을 18°C의 냉수에 담가 충분히 냉각시킨 후, 2% NaCl 용액 15 mL를 가하여 2분간 교반한 후 추출용매(n-hexane:ethyl acetate, 85:15, v/v, 0.01% BHT) 15 mL를 가하여 2분간 교반한 뒤, 층을 분리하였다. 층 분리된 상등액을 KOH가 채워진 유리관에 통과시켜 추출액 중 수분 제거를 한 후 추출용매로 50 mL 플라스크에 정용하였다. 이 과정을 3회 반복하여 추출용액을 수집하였으며, 추출용매를 이용하여 50 mL까지 정용하였다. 추출물은 질소 농축한 후 분석용매로 용해한 후 HPLC (Jasco System, Jasco, Tokyo, Japan)를 이용하여 베타카로틴을 측정하였다. 사용된 컬럼은 Ascentis RP-amide (15 cm×4.6 mm, 5 µm, Supelco, USA)이며, 검출기는 UV detector로 473 nm에서 분석하였으며, 이동상은 acetonitrile과 methanol이 혼합된 용매(acetonitrile:methanol, 70:30, v/v, 0.01% BHT)를 사용하였고, 유속은 1 mL/min, 분석 시간은 30분으로 하였다.

### 통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, ver. 12.0, IBM SPSS Statistics, Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 구하고 일원배치 분산분석(one way ANOVA-test) 후 Duncan's multiple range test를 실시하여 신뢰구간  $p < 0.05$ 에서 각 처리군간의 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### pH 및 총산도

열처리 온도별 당근 추출물의 pH 및 총산도 변화는 Table 1과 같다. 열처리하지 않은 당근 추출물의 pH는 7.26이었으며, 열처리 온도가 증가함에 따라 감소하였다. 110°C로 열처리한 당근 추출물의 pH는 6.82이었으며, 150°C에서는 5.79로 가장 낮은 pH를



**Table 1.** Changes of physicochemical characteristics on carrot with different heating temperatures

Heating temperature (°C)	pH	Total acidity	5-HMF (μg/g)	Browning index (at 420 nm)
Control	7.26±0.03 <sup>a1)2)</sup>	0.06±0.00 <sup>d</sup>	ND <sup>3)</sup>	0.043±0.001 <sup>c</sup>
110	6.82±0.03 <sup>b</sup>	0.09±0.00 <sup>c</sup>	ND	0.053±0.000 <sup>d</sup>
120	6.74±0.01 <sup>c</sup>	0.09±0.00 <sup>c</sup>	ND	0.059±0.001 <sup>d</sup>
130	6.26±0.01 <sup>d</sup>	0.10±0.00 <sup>bc</sup>	22.99±0.42 <sup>c</sup>	0.067±0.001 <sup>c</sup>
140	5.86±0.01 <sup>e</sup>	0.11±0.00 <sup>b</sup>	611.79±3.75 <sup>b</sup>	0.222±0.006 <sup>b</sup>
150	5.79±0.01 <sup>f</sup>	0.15±0.00 <sup>a</sup>	1740.62±35.74 <sup>a</sup>	0.318±0.008 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Values are Mean±SD (n=3).<sup>2)</sup>Different small letters (a-f) in the same column indicate a significant difference by Duncan's range test ( $p<0.05$ ).<sup>3)</sup>Not Detected**Table 2.** Changes of chromaticity on carrot with different heating temperatures

Heating temperature (°C)	Chromaticity		
	L-value	a-value	b-value
Control	52.62±0.69 <sup>a1)2)</sup>	2.22±0.02 <sup>c</sup>	4.15±0.07 <sup>f</sup>
110	51.61±0.16 <sup>a</sup>	-7.70±0.07 <sup>c</sup>	19.82±0.11 <sup>c</sup>
120	49.40±0.10 <sup>b</sup>	-6.79±0.01 <sup>d</sup>	23.40±0.04 <sup>a</sup>
130	47.74±1.65 <sup>c</sup>	-6.08±0.17 <sup>cd</sup>	21.88±0.39 <sup>b</sup>
140	25.41±0.08 <sup>d</sup>	9.81±0.38 <sup>a</sup>	11.68±0.38 <sup>d</sup>
150	20.68±0.23 <sup>e</sup>	7.95±0.26 <sup>b</sup>	6.87±0.21 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup>Values are Mean±SD (n=3).<sup>2)</sup>Different small letters (a-f) in the same column indicate a significant difference by Duncan's range test ( $p<0.05$ ).

나타내었다. 이러한 pH의 감소는 열처리 시 당과 염기성 아미노산의 결합에 의해 가용성 염기성 아미노산의 감소와 유기산의 생성에 따른 결과라 판단된다(Woo 등, 2011). 총산함량은 열처리 온도에 따라 0.09-0.15의 범위로 대조구의 0.06보다 열처리 온도가 증가할수록 증가하여 150°C에서 가장 높은 값을 나타내었다. pH와 총산도는 반대되는 결과를 나타내었는데 이는 숙성온도 및 시간에 따른 도라지의 이화학적 특성을 연구한 Lee 등(2013)의 연구에서도 pH와 총산도 변화가 높은 음의 상관관계를 보였다는 결과와 유사하였다.

#### 갈변도 및 5-HMF 함량

열처리 온도에 따른 당근 추출물의 5-HMF 함량과 갈변도 변화는 Table 1에서 보는 바와 같다. 5-HMF의 함량은 대조구 및 120°C까지는 검출되지 않았지만 130°C 이상의 온도에서는 검출되어 22.99-1740.62 μg/g의 범위를 나타내었으며, 150°C에서 가장 높은 함량을 나타내었다. 갈변도는 열처리 온도에 따라 0.053-0.318 범위로 대조구의 0.043에 비해 열처리 온도가 증가할수록 증가하였다. 갈변도는 130°C까지는 0.053-0.067 범위로 대조구와 큰 차이는 없었지만 140°C에서는 0.222 그리고 150°C에서는 0.318로 대조구에 비해 약 7배 정도 증가하였다. 이러한 결과는 도라지에 대한 열처리 연구에서도 볼 수 있는데(Hong 등, 2007) 열처리 시 가수분해를 통해 생성된 유리당과 유리 아미노산이 열에 의해 Maillard 및 caramelization 반응을 일으켜 갈색물질인 melanoidin을 형성하기 때문인 것으로 판단되며(Lee 등, 2013), 특히 5-HMF는 비효소적 갈변반응의 중간 생성물로 알려져 있어(Hwang 등, 2006) 열처리 온도가 증가함에 따라 증가한 것으로 판단된다.

#### 색도

열처리 온도에 따른 당근 추출물의 색도 변화는 Table 2와 같다. 명도를 나타내는 L값은 대조구에서 52.62이었으며 열처리 온도가 증가함에 따라 110°C 51.62에서 150°C 20.68로 감소하였다. 적색도를 나타내는 a값은 대조구가 2.22이었으며, 열처리 온도에 따라 -7.70-9.81의 범위로 열처리 온도에 따른 유의성을 나타내지 않았다. 황색도를 나타내는 b값은 대조구가 4.15이었으며, 120°C에서 23.40으로 가장 높은 값을 나타낸 이후 온도 증가에 따라 감소하여 150°C에서 6.87값을 나타내었다. 전체적으로 열처리 온도가 높아질수록 연한 갈색을 보이다가 140°C 처리부터 색이 진해지며, 검은색을 나타내었다. 이러한 현상은 5-HMF 함량 및 갈변도 변화와 마찬가지로 열처리 온도가 증가함에 따라 Maillard 및 caramelization 반응이 빠르게 진행된 결과로 판단되며, 열처리에 따라 환원당과 아미노기를 갖는 화합물 사이에서 갈변반응이 발생하여 색이 변한다고 보고한 Choi와 Sur(2014)의 결과와 비슷한 경향이라 생각된다.

#### 유리당 및 환원당 함량

열처리 온도에 따른 당근 추출물의 유리당 및 환원당 함량 변화는 Table 3과 같다. 열처리한 당근 추출물에서는 glucose, fructose 및 sucrose가 검출되었다. Glucose 함량은 열처리 온도가 증가함에 따라 110°C의 6.64 mg/g에서 150°C 20.21 mg/g으로 증가하였으며, fructose는 7.00 mg/g에서 25.47 mg/g으로 증가하였다. Sucrose 함량은 대조구가 71.50 mg/g이었으며, 110°C 66.52 mg/g에서 140°C 6.14 mg/g으로 열처리 온도가 증가함에 따라 감소하였으며, 150°C에서는 검출되지 않았는데 이러한 결과는 sucrose가 열처리에 의해 분해되어 fructose 및 glucose로 전환된다는 Quintas



**Table 3.** Change of free sugar and reducing sugar content on carrot with different heating temperatures

Heating temperature (°C)	Free sugar (mg/g)			Reducing sugar (mg/g)
	Fructose	Glucose	Sucrose	
Control	4.30±0.08 <sup>c12)</sup>	4.48±0.22 <sup>e</sup>	71.50±0.98 <sup>a</sup>	32.26±0.59 <sup>e</sup>
110	6.64±0.27 <sup>cd</sup>	7.00±0.06 <sup>d</sup>	66.52±2.26 <sup>b</sup>	41.80±1.78 <sup>d</sup>
120	6.03±0.17 <sup>d</sup>	6.62±0.31 <sup>d</sup>	51.52±2.26 <sup>d</sup>	42.53±0.65 <sup>d</sup>
130	9.0±0.13 <sup>e</sup>	15.60±0.59 <sup>e</sup>	56.97±2.41 <sup>e</sup>	61.86±2.31 <sup>b</sup>
140	11.42±0.46 <sup>b</sup>	21.20±0.61 <sup>b</sup>	6.14±2.41 <sup>e</sup>	73.10±2.06 <sup>a</sup>
150	20.21±0.42 <sup>a</sup>	25.47±0.96 <sup>a</sup>	ND <sup>3)</sup>	57.23±1.70 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup>Different small letters (a-e) in the same column indicate a significant difference by Duncan's range test ( $p<0.05$ ).

<sup>2)</sup>Values are Mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Not Detected

**Table 4.** Change of organic acid content on carrot with different heating temperatures

Heating temperature (°C)	Organic acid (mg/g)			Total organic acid
	Oxalic acid	Malic acid	Fumaric acid	
Control	14.17±0.19 <sup>a12)</sup>	5.15±0.13 <sup>e</sup>	0.24±0.01 <sup>a</sup>	19.55±0.15 <sup>e</sup>
110	8.10±0.14 <sup>e</sup>	7.67±0.22 <sup>e</sup>	0.04±0.01 <sup>cd</sup>	15.81±0.14 <sup>e</sup>
120	8.83±0.13 <sup>b</sup>	6.43±0.22 <sup>d</sup>	0.03±0.01 <sup>d</sup>	15.29±0.17 <sup>e</sup>
130	8.83±0.12 <sup>b</sup>	8.09±0.11 <sup>e</sup>	0.05±0.01 <sup>e</sup>	16.97±0.13 <sup>d</sup>
140	8.74±0.15 <sup>b</sup>	27.50±0.73 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>b</sup>	36.33±0.88 <sup>a</sup>
150	2.49±0.27 <sup>d</sup>	24.72±0.68 <sup>b</sup>	0.22±0.01 <sup>a</sup>	27.27±0.68 <sup>b</sup>

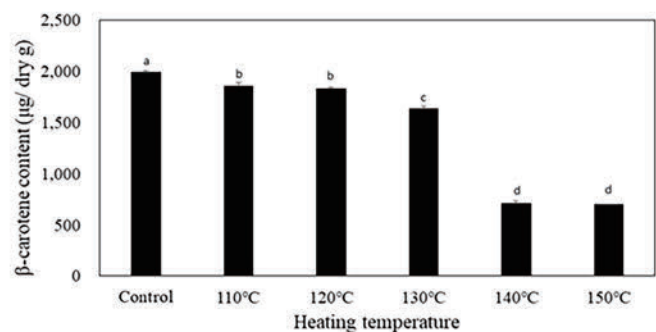
<sup>1)</sup>Values are Mean±SD (n=3).

<sup>2)</sup>Different small letters (a-f) in the same column indicate a significant difference by Duncan's range test ( $p<0.05$ ).

등(2007)과 Ivan 등(2003)의 보고와 일치하였다. 환원당 함량은 대조구에서는 32.26 mg/g이었으며, 열처리 온도가 증가함에 따라 110°C의 42.53에서 140°C의 73.10 mg/g까지 증가하였다가 150°C에서 57.23 mg/g으로 감소하였다. 이렇게 높은 온도에서 환원당이 다시 감소하는 것은 가수분해를 통해 생성된 환원당이 열처리 후 Maillard 반응에 의해 유리아미노산 축합 반응물인 MRPs (Maillard reaction products)를 형성하고 반응에 소모된 만큼의 환원당이 감소하였기 때문으로 판단된다(Song 등, 2010).

#### 유기산 함량

열처리 온도에 따른 당근 추출물의 유기산 변화를 측정한 결과는 Table 4와 같이 oxalic, malic 및 fumaric acid가 검출되었다. 대조구의 유기산 함량은 각각 14.17, 5.15 및 0.24 mg/g이었고, 열처리 후 oxalic acid 함량은 110-140°C 열처리시 8.10-8.74 mg/g 범위로 약간의 증가를 보였지만 150°C에서는 2.49 mg/g으로 감소하였다. Malic acid 함량은 140°C까지는 7.67에서 27.50 mg/g으로 열처리 온도가 증가함에 따라 증가하다가 150°C에서는 24.72 mg/g으로 약간 감소하는 경향을 나타내었다. Fumaric acid는 열처리 온도 110-140°C에서는 대조구보다 낮은 값을 보였지만 150°C에서는 0.22 mg/g으로 대조구와 유사한 값을 보였다. 총 유기산 함량은 대조구에서 19.55 mg/g이었지만 열처리 후 15.81-36.33 mg/g 범위로 130°C까지는 대조구보다 작은 함량을 보였지만 140°C 이후에는 대조구 보다 높은 함량을 나타내었다. 이와 같이 열처리 온도가 증가함에 따라 유기산 함량이 증가하는 것은 sucrose가 열처리에 의해 fructose와 glucose로 분해되고 계속해서 HMF, furfural 및 5-methyl furfural 등과 유기산으로 분해되어 열처리 온도가 높아질수록 유기산 함량이 증가된 것으로 판단된다(Aida 등, 2007)



**Fig. 1.** Changes of  $\beta$ -carotene content on carrot with different heating temperatures. Different small capital (a-d) letters in the same items indicate a significant difference by Duncan's range test ( $p<0.05$ ).

#### β-Carotene 함량 변화

β-Carotene은 황적색의 카로티노이드계 색소로 당근, 시금치 등과 같이 녹색채소류에 주요 분포되어 있는 당근의 중요한 영양소이다(Tang, 2010). 열처리 온도에 따른 당근 추출물의 β-carotene 함량 변화는 Fig 1에서 보는 바와 같이 대조구는 1,991.27 μg/dry g이었으며, 열처리 온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 열처리 온도 110-130°C 범위에서는 1853.84에서 1639.86 μg/dry g으로 약간의 감소를 보였지만 140 및 150°C에서는 각각 706.13 및 698.79 μg/dry g으로 많은 감소를 나타내었다. 지용성 비타민인 β-carotene은 열처리시 식물 조직의 붕괴로 인하여 추출수율이 증가하며(Rock 등, 1998), 당근을 10분간 삶거나 썰 경우 열처리 전 1,136.66 μg/dry g에서 열처리 후 각각



3,245.61 및 2,061.95 µg/dry g으로 증가한다고 하였는데(Laura 등, 2023) 본 실험에서는 열처리 온도가 증가함에 따라 β-carotene 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 열처리 시간이 2시간으로 길고 열처리 온도가 높아 β-carotene이 파괴가 발생하였기 때문이라 판단된다.

## 요 약

본 연구는 열처리 온도에 따른 당근의 이화학적 및 품질특성 변화를 조사하였다. 열처리 온도가 증가함에 따라 pH는 7.26에서 5.79로 감소하였고, 총산도는 0.06에서 0.15로 증가하였다. 5-HMF 함량은 120°C까지 검출되지 않았으며, 130°C의 22.99 µg/g에서 150°C의 1,740.62 µg/g으로 증가하였다. 갈변도는 열처리 온도가 증가함에 따라 0.043에서 0.318로 증가하였다. Sucrose는 열처리 온도가 증가함에 따라 71.50에서 6.14 mg/g으로 감소하였으며, 포도당 및 과당은 각각 4.30에서 20.21 및 4.48에서 25.47 mg/g으로 증가하였고 환원당도 32.26에서 73.10 mg/g으로 증가하였다. 유기산은 oxalic acid, malic acid 및 fumaric acid가 검출되었으며, 열처리 온도에 따라 각각 8.10-2.49, 7.67-27.50 및 0.04-0.22 mg/g 범위를 나타내었다. β-carotene 함량은 열처리 온도가 증가함에 따라 1,853.84에서 698.79 µg/dry g로 감소하였다. 이상의 결과로부터 당근 가공 제품을 개발하기 위해서는 제품의 품질에 맞는 적절한 열처리가 필요함을 알 수 있었다.

## References

- Aida TM, Tajima K, Watanabe M, Saito Y, Kuroda K, Nonaka T, Hattori H, Smith RL, Arai K. Reactions of D-fructose in water at temperature up to 400°C and pressures up to 100 MPa. *J. Super crit. Fluid.* 42: 110-119 (2007)
- Choi BC, Surh JH. Effects of heat treatment on the quality of the onion juices prepared with sulfur-applied onions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 189-197 (2014)
- Heinonen MI. Carotenoids and provitamin a activity of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 38: 609-612 (1990)
- Hong HD, Kim YC, Rho JH, Kim KT, Lee YC. Changes on physicochemical properties of panax ginseng C.A. Meyer during repeated steaming process. *J. Ginseng Res.* 31:222-229 (2007)
- Hwang IG, Woo KS, Jeong HS. Biological activity and heat treatment processing of foods. *Food Sci. Ind.* 44: 56-65 (2011)
- Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia Nakai*) juice with heat treatment conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 342-347 (2006)
- Ivan S, Igor S, Marek V. Primary reactions of sucrose thermal degradation. *J. Anal. Appl. Pyrolysis.* 70:493-504 (2003)
- Jeon KW, Kim MG, Park HJ, Kim CS. Changes of the qualities and active components of new carrot cultivar 'Tamnahong' according to different harvest time. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 50: 1101-1107 (2021)
- Jo YJ, Yoo DH, Lee IC, Lee JS, Jeong HS. High temperature and pressure treated garlic: Antioxidant and antiaging effect on skin. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 51: 737-742 (2021)
- Kim JE, Jo YJ, Lee NH. Anti-inflammatory and anti-bacterial constituents from the extracts of *Daucus carota* var. sativa Aerial parts. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea.* 44: 427-436 (2018)
- Kim SJ, Kim KI, Hwang IG, You SM, Jo YJ, Min SG, Choi MJ. Changes in physicochemical and nutritional properties of carrots according to thermal treatments and freezing storage duration. *Food Eng. Prog.* 19: 122-131 (2015)
- Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeong HS. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 166-170 (2008)
- Laura SE, Blanch GP, Ruiz del Castillo ML. Effect of cooking methods on bioactive pigments in purple carrots (*Daucus carota* L.). *Appl. Sci.* 13: 4073 (2023)
- Lee KJ, Chung HJ. Nutritional compositions and their retention rates of carrots by different cooking methods. *Korean J. Food Preserv.* 27: 311-324 (2020)
- Lee SH, Hwang IG, Lee YR, Joung EM, Jeong HS, Lee HB. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of heated radish (*Raphanus sativus* L.) extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 490-495 (2009)
- Lee SJ, Shin SR, Yoon KY. Physicochemical properties of black doraji (*Platycodon grandiflorum*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 422-427 (2013)
- Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428 (1959)
- Quintas M, Brandao TRS, Silva CLM. Modelling auto-catalytic behaviour of a food model system sucrose thermal degradation at high concentrations. *J. Food. Eng.* 78:537-545 (2007)
- Rock CL, Lovalvo JL, Emenhiser C, Ruffin MT, Platt SW, Schwartz SJ. Bioavailability of β-carotene is lower in raw than in processed carrots and spinach in women. *J. Nutr.* 128: 913-916 (1998)
- Ryu KD, Chung DH, Kim JK. Comparison of radish cultivars for physicochemical properties and *kakdugi* preparation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 681-690 (2000)
- Song YB, Choi JS, Lee JE, Noh JS, Kim MJ, Cho EJ, Song YO. The antioxidant effect of hot water extract from the dried radish (*Raphanus sativus* L.) with pressurized roasting. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1179-1186 (2010)
- Song MS, Kim MY, Jang KY, Lee YJ, Meishan L, Oh HA, Lee JS, Jeong HS. Changes in quality characteristics in the normal and *Etteum* doraji (*Platycodon grandiflorum*) by heat treatment. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 47: 462-467 (2018)
- Tang G. Bioconversion of dietary provitamin A carotenoids to vitamin A in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 91: 1468-1473 (2010)
- Thomas JB, Kline MC, Gill LM, Ten JH, Durwer DL, Sniegowski LT, Sharpless KE. Preparation and value assignment of standard reference material 968c fat soluble vitamins, carotenoids, and cholesterol in human serum. *Clin. Chim. Acta.* 305: 141-155 (2001)
- Woo KS, Hwang IG, Kim HY, Jang KI, Lee JS, Kang TS, Heong HS. Thermal degradation characteristics and antioxidant activity of fructose solution with heating temperature and time. *J. Med. Food.* 14: 167-172 (2011)
- Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 521-525 (2006)