

## 당근의 전처리 조건에 따른 효소의 연화 효과 비교

김세린<sup>1</sup> · 김선민<sup>1</sup> · 장진희<sup>1</sup> · 한정아<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>상명대학교 식품영양학과

### Pre-treatment effects on softening of carrot during enzyme immersion process

Se-rin Kim<sup>1</sup>, Sun-min Kim<sup>1</sup>, Jin-Hee Chang<sup>1</sup>, and Jung-Ah Han<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food science and Nutrition, Sangmyung University

**Abstract** Softening effects of enzyme following pre-treatments were examined. Four pre-treatments: raw (R), heat (H), heat and freeze-thawing (HFT), heat and freeze-drying (HFD) were applied to carrot. Subsequently, each treated sample was immersed in 10% celluclast enzyme solution for up to 6 h and then their properties were compared. The minimum and the maximum color change was observed in HFD and H, respectively. R showed no change in hardness after 6 h immersion, indicating that the enzyme did not penetrate the carrot. The number and size of pores were greater in samples undergone HFT or HFD as observed by microstructure analysis using SEM, and HFD caused 99.5% reduction in hardness after 6 h immersion. After 6 h immersion post-HFT or 3 h immersion post-HFD, the hardness was less than 20,000 N/m<sup>2</sup>, indicating tongue ingestion was possible, and the samples retained their original shape and easily collapsed by spoon pressing.

**Keywords:** carrot, pretreatment, enzyme, softening, hardness

## 서 론

의료기술의 발달로 평균수명이 늘어남에 따라 우리나라도 급속하게 고령화가 진행되고 있다. 고령화 사회가 직면하고 있는 큰 문제 중의 하나는 고령자들의 식사와 관련된 영양상태이다. 대표적인 고령자의 섭식장애로는 저작장애, 연하장애, 소화장애가 있는데, 이 중 저작장애는 음식을 씹는데 관련된 기능이 저하되거나 불가능한 상태를 뜻하며 연하장애와 소화장애의 1차적 원인이 된다(Kim 등, 2015). 우리나라 65세 이상 고령인구의 약 54%가 저작 불편을 호소하고 있고, 연령군 별로는 65-74세 고령자의 50.5%, 75세 이상 고령자의 58.8%가 저작 불편을 겪고 있으며(National Health Statistics, 2011), 70세 이상 노인의 53%가 틀니를 사용하고 있다(Kim 등, 2015). 이러한 저작 능력의 저하는 고령자들의 전체적 식사량을 감소시켜 에너지나 단백질 부족 상태인 저영양 상태에 빠지기 쉽기 때문에 면역력 감소와 여러 질병에 노출될 가능성이 높아지게 된다(Rhie 등, 2006). 국민건강통계(2011)에 따르면 우리나라 30-40세 인구 중 영양섭취부족자의 비율이 8.2%인데 비해 65세 이상 인구의 경우에는 14.3%로 성인에 비해 불량한 것으로 보고되고 있다. 특히 저작이 불편한 노인의 경우에는 식사의 양과 질이 모두 저하될 가능성이 높다(Bae와 Lee, 2004). 고령자가 부족하기 쉬운 영양소로는 칼슘, 단백질, 바이타민, 무기질 등이 있으나(Chai, 2010), Bae와 Lee(2004)

의 연구에 따르면 저작 능력이 약한 노인은 정상군에 비해 총 에너지량, 탄수화물, 식품섬유소, 나이아신, 바이타민 A, 바이타민 C 등의 섭취도 부족하다고 보고하고 있다.

당근은 미나리과에 속하는 1-2년생의 근채류로 총 식품섬유 함량이 28.6%인 식품섬유소의 주요 급원식품이다(Park과 Kang, 2004). 또한 당근은 바이타민 A, C, E가 풍부하게 함유되어 있다(Yoo 등, 2013). 항암작용과 성인병 예방에 효과가 있다고 알려진 카로테노이드계 색소는 생리 활성 물질로 당근의 적황색을 나타내는 주요 성분이다(Prakash 등, 2004). 이 중 베타카로텐은 체내에서 활성산소종(ROS)의 작용을 억제하여 암의 위험성을 낮추고 산화방지 작용을 한다(Kim 등, 2009). 그러나, 당근의 저작 정도를 5점 리커트척도(1점: 씹을 수 없음, 5점: 잘 씹을 수 있음)로 분석하였을 때, 당근은 기능 치아 수가 20개 미만인 군에서 2.71±1.59점으로 저작장애가 있는 고령자들이 섭취하기에는 ‘불편하다’고 평가된 음식 재료이다(Cho 등, 2016). 따라서 저작 장애가 있는 고령자들에게 당근의 섭취량을 증가시키기 위해서는 씹기 쉽게 만드는 처리가 필요하다.

일반 가정이나 병원급식에서는 당근과 같이 씹기 힘든 식품은 갈거나 잘게 다진 형태로 제공하는 것이 일반적이다. 그러나, Park 등(2006)의 연구에 따르면 밥알의 형태가 온전한 보통밥이나 쌀알 통째로 끓인 죽이 갈아놓은 죽의 형태보다 유의적으로 높은 선호도를 보였는데, 이는 저작이 불편한 고령자들은 식품의 고유의 형태는 유지하면서도 연화된 음식을 선호함을 의미한다.

효소를 사용하여 식품을 연화시킨 연구로, Kim 등(2015)은 당근에 헤미셀룰로스 가수분해효소를 적용하여 연화 효과를 확인하였으며, Sakamoto 등(2006)은 우영과 죽순에 18종의 효소를 냉동함침법을 이용해 주입하여 일본의 ‘영양개선법’에 제시된 저작곤란자용 허가 기준인 5.0×10<sup>4</sup> N/m<sup>2</sup>이하의 경도로 연화시켰다.

\*Corresponding author: Jung-Ah Han, Department of Food Science Nutrition, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea  
Tel: +82-2-2287-5357  
E-mail: vividew@smu.ac.kr  
Received February 27, 2018; revised March 28, 2018;  
accepted March 28, 2018

Sun 등(2016) 역시 효소 처리한 곡물을 이용하여 밥을 지어 경도를 최대  $4.0 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 까지 낮추는 연구를 진행한 바 있다. 본 연구는 고령자용 식품개발을 위한 선행연구로서, 저작이 어렵다고 평가된 당근을 소재로 하여 원물의 형태를 유지하면서도 경도를 감소시킬 수 있는 조건을 찾기 위해 다양한 전처리 후 연화효소의 효과를 측정, 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 구입과 전처리

본 실험에 사용한 당근은 2017년 3월에 경기도 소재 마트에서 흠이 묻은 상태로 구입한 후, 지름 4 cm, 두께 1 cm의 크기로 잘라 각각 무처리(R), 열처리(H), 열처리 후 냉동해동(HFT), 열처리 후 냉동건조(HFD)의 4종류로 처리하였다. H군은 끓는 물에서 10 분간 처리한 후 찬물에 식혀 상온에서 15분간 방치하였다. HFT 군은 열처리 후  $-18^\circ\text{C}$  온도에서 24시간 냉동 후 상온에서 2시간 해동하였고, HFD군은 열처리 후  $-18^\circ\text{C}$  온도에서 24시간 처리 후 냉동건조기(PVTFD10R, Ilshin, Yangju, Korea)를 이용하여 처리를 하였다. 각 전처리를 끝낸 시료의 수분함량은 수분함량측정기(Sartorius Thermocontrol YTC01L, Sartorius, Göttingen, Germany)를 이용하여 측정하였다.

### 효소 활성 측정과 시료처리

연화효소로는 Thygesen 등(2011)의 논문을 참고로 하여 Cellulase (Novo Nordisk, Bagsvaerd, Denmark)를 선정하였으며, 효소활성측정은 Kim 등(2015)의 방법을 변형하여 진행하였다. 0.05 M 시트르산소듐 완충용액(pH 4.6)에 녹인 1% (w/v)의 카복시메틸셀룰로스 소듐(CMC-Na) 용액 0.5 mL와 효소용액 0.5 mL를 혼합한 후, 효소의 최적활성온도와 열안정성을 고려하여  $50^\circ\text{C}$ 에서 30분간 반응시켰다. 반응이 끝난 후, 3,5-다이아니트로살리실산 용액 3 mL를 혼합한 다음 끓는 물에 5분간 가열하고 얼음물에 냉각시켜 반응을 정지시켰다. 이 혼합물에 증류수 2 mL를 혼합한 후 반응물로 생성된 포도당의 양을 분광 광도계(UV-106A, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 540 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 1 unit은 위 조건에서 1분간 1 mg 포도당을 생성하는 값으로 하였다. 효소활성 측정 후 시료에 사용할 효소농도를 10%로 선정한 후, 효소용액에 각각의 전처리 시료를 침지하고 0, 1, 2, 3, 6시간 동안 상온에서 반응시킨 후 특성을 분석하였다. 이 때 전처리를 달리한 시료의 수분함량이 다를 수 있으므로 시료와 침지할 효소액의 수분 총량은 시료 모두 동일하도록 조정하였다.

### 경도 측정

전처리 조건을 달리한 후 효소 처리한 당근의 경도측정을 위해 예비실험을 통해 시료채취 부위, 최소한의 측정 반복 수, 시료 크기 등을 다음과 같이 설정하였다. 당근 심지 부분의 경도가 심지 바깥 부분의 경도보다 더 낮았기 때문에 당근의 완전한 연화 정도를 확인하기 위해 각 처리가 완료된 당근을 심지 부분을 제외하고 바깥부분을  $1 \times 1 \text{ cm}$ 의 정육면체 크기로 고르게 채취한 후 텍스처 분석기(TA-XT2, Stable Micro Systems, Surrey, UK)를 사용하여 경도를 측정하였다. 각 시료당 6회 반복하여 평균값으로 계산하였으며 pre-test, test, post-test speed는 각각 1.0, 2.0, 10.0 mm/s로, 70% 변형율에서 지름 10 mm 원통형 프로브를 사용하여 TPA (texture profile analysis)분석을 수행하였다.

### 색도 측정

색차색도계(CR-300, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b)를 측정하였다. 시료당 3회 반복하여 측정한 후 통계 처리하였다. 이 때 사용한 표준 백색관은  $L=96.60$ ,  $a=0.24$ ,  $b=1.97$ 이었다.

### 시료의 외관 비교

전처리를 달리한 시료의 형태와 손가락을 이용하여 최대한 동일한 힘으로 눌러 변형시킨 후의 상대적 연화정도는 I-phone (6S) 카메라를 이용하여 측정하였다.

### 내부 조직 관찰

전처리를 달리한 후 6시간 동안 효소액에 침지한 당근을 냉동 건조한 후 탄소 코팅된 copper grids 상에 얇게 펴 백금 코팅을 하여 environmental scanning electron microscopy (E-SEM, XL-30 FEG FEI Co., Eindhoven, Netherlands)를 이용해 15 kV의 가속 전압 조건에서 측정하였다.

### 통계처리

본 연구에 대한 모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였다. 실험 결과는 SPSS (Statistical Package for Social Sciences, Version 20.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석을 실시하였으며 각 시료 간의 유의적 차이가 있는 항목에 대해서는 던컨시험으로  $p < 0.05$  수준에서 유의차를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 효소 활성

본 연구에서 사용한 효소의 활성은 1,500 U/mL로 측정되었으며, 예비실험을 통해 충분한 활성을 보이는 희석배수를 선정하였다. 10% 효소액 20 mL에 전처리를 달리한 당근 시료를 침지하고, 시료별 침지시간에 따른 침지액의 효소안정성을 측정결과, 효소활성은 1495-1518 U/mL로 전처리 종류나 침지 시간에 따른 유의적 차이를 나타내지 않았다. 이는 각 시료와 침지효소액의 수분총량을 동일하게 맞추었기 때문이며, 또한 시료의 전처리 방법이 효소활성에 변화를 주지 않았음을 의미한다.

### 경도의 변화

전처리를 달리한 시료를 효소액(ENZ)에 침지하면서 0, 1, 2, 3, 6시간 이후에 측정한 경도값은 Table 1에 나타났다. 무처리군과 열처리군의 경도는 0시간 쯤 각각 1,610,654.0과 174,695.7  $\text{N/m}^2$ 로 측정되었다. 즉 무처리 당근에 비해 열처리 후 당근의 경도는 약 1/10로 감소하였는데, 이는 열처리 시 조직 내 잔여공기의 팽창에 의해 중엽이 손상되면서 세포간 결합이 약해졌기 때문이며(Rhee, 1995), 또한 펙틴이 가용성이 되어 물속으로 용출되면서 연화된 것으로 보여진다.

전처리를 하지 않은 시료(R)의 경우 효소액 침지 시간에 따른 경도는 1,317,278.2-1,657,060.6  $\text{N/m}^2$ 로 6시간 동안 유의한 변화가 없었다. 반면 열처리 시료(H)의 경우 효소액 침지 3시간까지는 경도가 174,695.7, 137,704.9, 135,694.6  $\text{N/m}^2$ 로 유의적 차이가 없었으나, 3시간 경과 이후 70,431.3, 72,873.2  $\text{N/m}^2$ 로 경도가 약 50% 수준으로 감소하면서 유의적 연화효과를 나타냈다. HFT시료와 HFD 시료의 경도는 효소액 침지 1시간 이후부터 각각

78,943.5과 60,850.5 N/m<sup>2</sup>로 유의적으로 감소하였으며, 열처리한 시료의 효소침지 3시간과 유사한 경도를 보였다. HFT 시료의 경우 2시간 침지 후 경도는 53,152.0 N/m<sup>2</sup>로 1시간 침지와 유의차를 보였으며, 6시간 침지 후의 경도는 20,584.9 N/m<sup>2</sup>로 0시간일 때의 값의 약 1/5 수준으로 감소하였다. HFD 시료의 경도는 효소액 침지 3시간 이후의 경도는 11,954.3 N/m<sup>2</sup>로 1-2시간 침지 시 보다 유의적으로 낮은 값을 보였고, 6시간 침지 후 경도는 8,041.5 N/m<sup>2</sup>로 HFD처리 후 최초 경도인 83,797.8 N/m<sup>2</sup>의 10% 이하로 감소하면서 다른 실험군들 보다 우수한 연화 효과를 보였다. 가장 경도 값이 낮은 HFD 효소 6시간 처리군을 무처리군과 비교했을 때 경도가 1,610,654.0에서 8,041.5 N/m<sup>2</sup>으로 약 99.5%로 감소하는 연화효과를 보였다.

식품을 냉동건조 처리하면 구조 내부의 얼음이 승화하여 공극이 생기면서 밀도가 매우 낮아져 물에 다시 넣었을 때 흡수율이 좋아지므로(Lin 등, 1998), 냉동건조 시료가 다른 전처리를 거친 시료보다 더 많은 효소용액을 흡수할 수 있기 때문이라고 보여진다. 결과적으로 효소액 침지 후의 연화효과는 전처리에 큰 영향을 받으며 그 효과는 R<H<HFT<HFD 순이었다. 농림축산식품부가 2017년 12월 31일에 제정한 고령친화식품 한국산업표준(KS) (Food News, 2017)은 경도를 총 3단계: 1단계-치아섭취(55,000-500,000 N/m<sup>2</sup>), 2단계-잇몸섭취(22,000-50,000 N/m<sup>2</sup>), 3단계-혀로 섭취(20,000 N/m<sup>2</sup> 이하)로 구분하고 있다. 이 기준에 의하면 본 연구에서 열처리 10분 후 효소액 침지처리는 고령자용 식품제조로 적합하지 않으며 HFT처리후 3시간 효소액 침지는 경도 2단계-잇몸섭취-군에, 6시간 침지는 경도 3단계-혀로 섭취-군에 적합한 것으로 보여진다. HFD처리의 경우, 2시간 침지까지는 1단계-치아 섭취-군에, 3시간 이상의 경우 3단계-혀로 섭취-군에 적합한 경도로 측정되었다. Lee 등(2018)의 연구결과에 의하면 끓이기나 전자레인지를 조리 또는 찌기 등의 일반조리법으로는 20,000 N/m<sup>2</sup> 이하의 경도로 연화시키기 어렵기 때문에 3단계 경도로 연화시키기 위해서는 본 연구에서처럼 HFT나 HFD 등의 전처리 후 효소액에 침지하는 과정이 필요할 것이다.

## 색도

당근의 주요 색소 성분은 알파카로텐, 베타카로텐, 루테인과 같은 카로테노이드로 색깔을 부여할 뿐 아니라 산화방지, 항염증, 면역력 강화(Rao와 Rao, 2007), 인지능력이나 근력과 같이 노화와 관련된 기능에도 도움이 된다는 보고(Gillette-Guyonnet 등, 2007)가 있다. 이 성분은 노란색과 붉은색으로 나타나기 때문에 당근의 색을 통해 카로테노이드의 존재여부를 확인 할 수 있으므로(Lin 등, 1998) 당근에 다양한 처리를 할 때 적색도(redness, a)와 황색도(yellowness, b)의 변화에 유의할 필요가 있다. 전처리를 달리한 후 효소액에 6시간 동안 침지한 당근의 색도 측정 결과는 Table 2와 같다. 색의 변화 결과 침지 6시간 내내 대체로 무처리군의 경우 L, a, b값 모두 색의 변화가 가장 적었고, 처리군 중에서는 H나 HFT시료에 비하면 HFD시료의 색의 변화가 적은 것으로 나타났다. 침지 0시간에서는 HFT처리 시료의 L, a, b값 모두 가장 낮았으나, 이후 침지 6시간까지 열처리(H)한 시료의 색이 전체적으로 낮은 것으로 확인되었다. 특히 침지 1시간 이후 a값과 b값이 유의적으로 낮았으며, 침지 2시간 이후에는 a값이 유의적으로 가장 낮은 값을 보였다.

당근의 색은 열처리 시 원물과 유사한 값을 나타내며 온도에 안정적이라고 알려져 있다(Kim 등, 2012). Lee 등(2003)과 Jeong 등(1996)의 연구에서는 당근을 각각 가열, 냉수처리 했을 때 색의 차이가 없었다고 보고하고 있다. 이는 일반적으로 데치기 과정이 냉동저장 중 변색에 관여하는 폴리페놀 산화효소 등의 효소 활성을 낮추고, 세포 내에 존재하는 공기를 제거함으로써 색의 변화를 막았기 때문이다(Kim 등, 2014). 또한 Kim 등(2009)의 실험에서 당근의 냉동건조 처리 했을 때에도 색의 뚜렷한 변화가 없었는데 이는 냉동건조과정에서 지방질산화효소와 과산화효소가 불활성화되어 당근의 주요 색소성분인 카로테노이드에 작용하지 못했기 때문이라고 해석한 바 있다(Jin 등, 2006). 본 연구에서는 열처리만 한 당근의 적색도가 유의적으로 가장 낮게 측정되었으며, 열처리 후 동결건조한 시료의 색 변화가 가장 적었고, 따라서 카로테노이드 함량의 변화도 이 시료에서 가장 적을

**Table 1. Hardness of enzyme treated carrots with different pre-treatments (N/m<sup>2</sup>)**

Sample		Reaction time (h)				
		0	1	2	3	6
ENZ <sup>1)</sup>	R <sup>2)</sup>	1,610,654.0 <sup>Aa</sup>	1,512,646.3 <sup>Aa</sup>	1,429,662.4 <sup>Aa</sup>	1,317,278.2 <sup>Aa</sup>	1,657,060.6 <sup>Aa</sup>
	H <sup>3)</sup>	174,695.7 <sup>Ba</sup>	137,704.9 <sup>Bab</sup>	135,694.6 <sup>Bab</sup>	70,431.3 <sup>Bb</sup>	72,873.2 <sup>Bb</sup>
	HFT <sup>4)</sup>	109,550.0 <sup>Ba</sup>	78,943.5 <sup>Bb</sup>	53,152.0 <sup>Bc</sup>	45,130.2 <sup>Bc</sup>	20,584.9 <sup>Bd</sup>
	HFD <sup>5)</sup>	83,797.8 <sup>Ba</sup>	60,850.5 <sup>Bb</sup>	58,957.6 <sup>Bb</sup>	11,954.3 <sup>Bc</sup>	8,041.5 <sup>Bc</sup>

<sup>1)</sup>Celluclast. <sup>2)</sup>Raw. <sup>3)</sup>Heat treatment. <sup>4)</sup>Heat and freeze-thawing treatment. <sup>5)</sup>Heat and freeze-drying treatment. A-B means significant difference by how to treat in the same time. a-d means significant difference by time in the same treatment.

**Table 2. Color properties of enzyme treated carrots with different pre-treatments**

Sample		Reaction time (h)														
		0			1			2			3			6		
		L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
ENZ <sup>1)</sup>	R <sup>2)</sup>	68.9 <sup>A</sup>	22.0 <sup>A</sup>	43.9 <sup>A</sup>	53.1 <sup>AB</sup>	20.0 <sup>A</sup>	37.7 <sup>A</sup>	61.7 <sup>A</sup>	17.3 <sup>B</sup>	47.4 <sup>A</sup>	59.4 <sup>A</sup>	26.9 <sup>A</sup>	39.3 <sup>A</sup>	65.4 <sup>A</sup>	25.6 <sup>A</sup>	36.9 <sup>A</sup>
	H <sup>3)</sup>	56.8 <sup>B</sup>	18.6 <sup>B</sup>	30.0 <sup>B</sup>	43.9 <sup>C</sup>	5.3 <sup>C</sup>	9.8 <sup>C</sup>	52.0 <sup>B</sup>	13.5 <sup>C</sup>	32.7 <sup>B</sup>	52.6 <sup>B</sup>	10.7 <sup>B</sup>	32.5 <sup>A</sup>	51.2 <sup>C</sup>	5.2 <sup>C</sup>	31.6 <sup>B</sup>
	HFT <sup>4)</sup>	46.3 <sup>C</sup>	5.2 <sup>C</sup>	24.3 <sup>C</sup>	51.9 <sup>B</sup>	15.8 <sup>B</sup>	29.8 <sup>B</sup>	60.1 <sup>A</sup>	16.5 <sup>B</sup>	38.1 <sup>B</sup>	48.8 <sup>C</sup>	10.3 <sup>B</sup>	26.8 <sup>B</sup>	52.0 <sup>C</sup>	11.8 <sup>B</sup>	31.8 <sup>B</sup>
	HFD <sup>5)</sup>	59.0 <sup>B</sup>	21.3 <sup>A</sup>	33.3 <sup>B</sup>	60.8 <sup>A</sup>	20.9 <sup>A</sup>	39.3 <sup>A</sup>	61.5 <sup>A</sup>	25.4 <sup>A</sup>	46.3 <sup>A</sup>	59.0 <sup>A</sup>	22.4 <sup>A</sup>	38.8 <sup>A</sup>	55.7 <sup>B</sup>	16.8 <sup>AB</sup>	32.9 <sup>B</sup>

<sup>1)</sup>Celluclast. <sup>2)</sup>Raw. <sup>3)</sup>Heat treatment. <sup>4)</sup>Heat and freeze-thawing treatment. <sup>5)</sup>Heat and freeze-drying treatment. A-B means significant difference by how to treat in the same time.

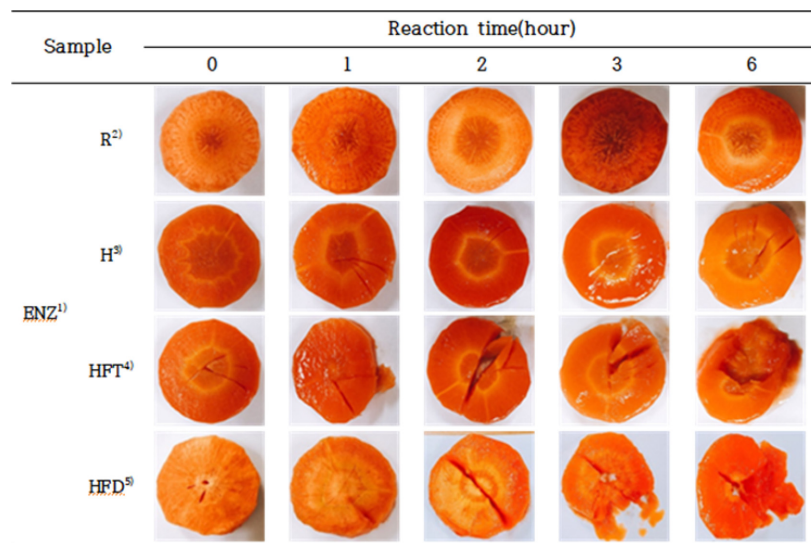


Fig. 1. Morphological change of carrot of various treatments. <sup>1)</sup>Enzyme. <sup>2)</sup>Raw. <sup>3)</sup>Heat treatment. <sup>4)</sup>Heat and freeze-thawing treatment. <sup>5)</sup>Heat and freeze-drying treatment.

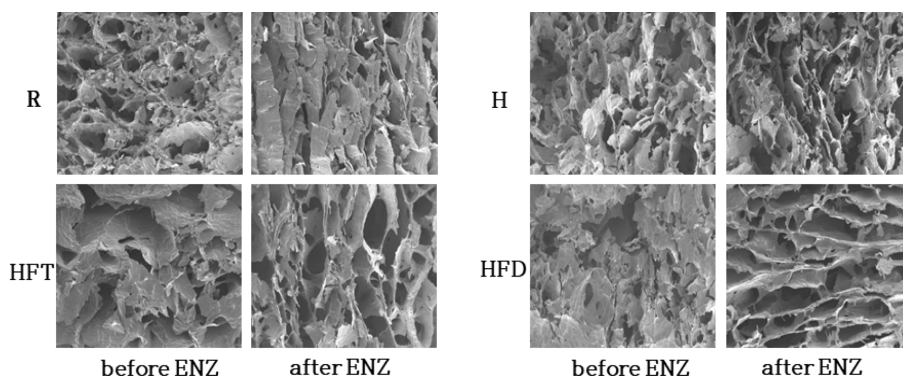


Fig. 2. SEM structure of enzyme treated carrot (for 6 h) with different pre-treatments (×100). ENZ: enzyme, R: raw, H: heat treatment, HFT: heat and freeze-thawing treatment, HFD: heat and freeze-drying treatment.

것으로 추측할 수 있다.

#### 외관과 형태 변화

Fig. 1은 각각의 처리를 완료한 시료의 형태적 변화와 손가락을 이용하여 변형시킨 후 직관적인 연화정도를 관찰한 결과이다. 무처리 시료의 경우 효소액 침지 시간이 지나도 손가락을 눌러 변형시킬 수 없었으며 이는 기계적 경도의 결과와 마찬가지로 결과로, 무처리시에는 효소의 침투가 매우 어려움을 의미한다. 열처리 후 효소침지한 시료는 1시간이 경과한 후부터 손가락을 세로로 세워 시료의 표면을 눌렀을 때 찌름이 발생하였고 시간이 지남에 따라 더 쉽게 찌렀으나 손가락의 등근면으로 힘을 가했을 때 으깨지지 않는었다. HFT시료는 효소액 침지시간이 길어질수록 표면이 깊게 찌렀으며, 특히 침지 6시간 경과 후 손가락의 등근 면으로 압력을 가했을 때 시료가 완전히 뭉개질 정도로 연화되었다. HFD는 3시간 침지 후부터 손가락의 등근면으로 시료의 형태를 완전히 변형시킬 수 있어 가장 빨리 연화효과를 나타내었다. 즉, 손가락으로 눌러 쉽게 변형되는 정도는 한국산업표준(KS)의 3단계-혀로 섭취(20,000 N/m<sup>2</sup> 이하)에 해당되는 정도로 볼 수 있으며 기계적 경도값과 동일한 결과임을 알 수 있다.

#### 내부 구조

Fig. 2는 전자현미경을 이용하여 각각의 전처리 후 6시간 동안 효소액에 침지시킨 시료의 내부 조직을 관찰한 결과이다. Reyes 등(2008)은 당근에 데치기, 급속냉동, 열풍건조, 냉동건조 등의 전처리를 달리하여 세포벽의 파괴와 세포간 공극 크기의 증가 등을 SEM 이미지로 비교한 바 있다. 본 연구에서도 열처리한 당근을 효소 침지한 이후 일부 세포벽의 물러짐 현상이 관찰되었다. HFT시료는 효소 침지 이후 조직사이의 공극 크기가 증가하였고, HFD 시료는 공극의 크기 뿐 아니라 수가 증가하는 경향이 뚜렷했다. 두 실험군 모두 R과 비교하였을 때 미세구조가 유의적으로 변화한 것으로 관찰되었다. 즉, 열처리에 의해 일부 세포벽의 파괴가 일어나고, 냉해동과 냉동건조에 의해 공극 수의 증가 및 크기가 커지면서 침지과정 중 연화효소가 작용할 수 있는 표면적이 넓어져 효과적으로 연화작용이 이루어진 것으로 보여진다.

#### 요 약

당근에 4종의 각기 다른 전처리, 즉 무처리(R), 열처리(H), 열

처리 후 냉동해동(HFT), 열처리 후 냉동건조(HFD)한 후 셀룰로스 가수분해 효소용액에 침지하면서 효소에 의한 연화효과를 비교하였다. 당근 연화에 사용된 셀룰로스 가수분해 효소의 활성은 1500 U/mL로 측정되었으며 시료 처리 6시간까지 활성이 일정하게 유지되었다. H 시료의 경도는 무처리군에 비해 약 1/10 수준으로 감소하였고 HFT와 HFD는 약 93.2, 94.8% 감소하였다. 무처리군은 효소액에 침지 6시간이 지나도 경도의 유의미한 변화가 없었다. H 시료는 효소액 침지 3시간 후부터 유의적 경도 감소가 나타났으며 6시간 경과 후에는 효소처리 전과 비교하였을 때 약 58.3% 감소하였다. HFT처리군은 효소액 침지 1시간 경과 후부터 경도가 유의적으로 낮아졌으며 6시간 침지 후에는 효소처리 전 경도의 약 1/5 수준으로 감소하였다. 가장 연화가 많이 된 처리군은 HFD로 무처리군의 경도와 비교했을 때 99.5%로 감소하는 연화효과를 보인다. 당근의 색도는 다양한 처리 시에도 크게 변하지 않으며 안정적인 처리가 가능하다고 보여진다. 전자현미경을 이용하여 당근의 조직을 관찰한 결과 전처리에 따라 미세구조의 변화가 확인되었는데, 6시간 효소용액에 침지된 HFT와 HFD처리군은 눈에 띄게 조직이 얇아지고 조직사이의 공극이 넓어지고, 크기도 커진 것으로 보아 전처리에 의해 미세구조가 변화되고 이로 인해 효소가 효과적으로 연화작용을 한 것으로 보여진다. 모든 실험군은 원물의 형태를 유지하였고 HFT시료는 효소액 침지 6시간 이후, HFD시료는 침지 3시간 이후 경도 20,000 N/m<sup>2</sup>의 “혀로 섭취 가능” 단계까지 연화되었으며 이는 외관상 손가락의 둥근 면으로 살짝 눌렀을 때, 시료가 완전히 뭉개질 정도의 수준이었다.

## 감사의 글

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016R1A2B1012181).

## References

- Bae YH, Lee HK. The relationship between chewing ability and health status in the urban elderly who resides in the house. *Yeungnam Univ. J. of Med.* 21(1): 51-59 (2004)
- Chai YW. Current status of food production technology for aged people. *Food Sci. Ind.* 43(1): 87-101 (2010)
- Cho MJ, Jung EK, Shin HE, Shin AR, Jo HY, Choi YH, Song KB. Relationship between the number of functional teeth and geriatric oral health assessment index (GOHAI) in elderly. *J. Korean Soc. Dent. Hyg.* 16(3): 455-461 (2016)
- Food news: <http://www.foodnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=64866>. Accessed April 20, 2018.
- Gillette-Guyonnet S, Van Kan GA, Andrieu S, Barberger-Gateau P. IANA task force on nutrition and cognitive decline with aging. *J. Nutr. Health Aging* 11(2): 132 (2007)
- Jeong JW, Kim BS, Kim OW, Nahmgung B, Lee SH. Changes in quality of carrot during storage by hydrocooling. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 814-849 (1996)
- Jin TY, Oh DH, Eun JB. Change of physicochemical characteristics and functional components in the raw materials of Saegsik, uncooked food by drying methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 188-196 (2006)
- Kim BK, Chun YG, Lee SH, Park DJ. Emerging technology and institution of foods for the elderly. *Food Sci. Ind.* 48(3): 28-36 (2015)
- Kim KI, Hwan IG, Yoo SM, Min SG, Choi MJ. Effects of various pretreatment methods on physicochemical and nutritional properties of carrot. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43(12): 1881-1888 (2014)
- Kim BC, Hwang JY, Wu HJ, Lee SM, Cho HY, Yoo YM, Shin HH, Cho EY. Quality changes of vegetables by different cooking methods. *Korean J. Culinary Res.* 18: 40-53 (2012)
- Kim KI, Jo YJ, Kim SJ, Seo JH, Min SG, Cho HY, Shin JK, Choi MJ. Effect of liposome coated hemicellulase on softening of a carrot. *Food Eng. Prog.* 19(4): 369-376 (2015)
- Kim MK, Kim MH, Yu MS, Song YB, Seo WJ, Song KB. Dehydration of carrot slice using polyethylene glycol and maltodextrin and comparison with other drying methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38(1): 111-115 (2009)
- Lee SW, Kim BK, Han JA. Physical and functional properties of carrots differently cooked within the same hardness-range. *LWT-Food Sci. Technol.* 93: 346-353 (2018)
- Lee KS, Park KH, Lee SH, Choe EO, Lee HG. The quality properties of dried carrots as affected by blanching and drying methods during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 1086-1092 (2003)
- Lin TM, Durance TD, Scaman CH. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slice. *Food Res. Int.* 31: 111-117 (1998)
- National Health Statistics: <http://cdc.go.kr/CDC/contents/CdcKrContentView.jsp?cid=60949&menuIds=HOME001-MNU1130-MNU1639-MNU1749-MNU1761>. Accessed April, 20, 2018.
- Park YG, Kang YH. Effect of single cell of carrot and radish on the fecal excretion properties, mineral absorption rate and structure of small intestine and colon in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 505-511 (2004)
- Park SJ, Lee HJ, Kim WS, Lim JY, Choi HM. Food preference test of the Korean elderly menu development. *Korean J. Community Nutr.* 11(1): 98-107 (2006)
- Prakash S, Jha SK, Datta N. Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers. *J. Food Eng.* 62: 305-313 (2004)
- Rao AV, Rao LG. Carotenoids and human health. *Pharmacol. Res.* 55(3): 207-216 (2007)
- Reyes A, Vega R, Bustos R, Aranceda C. Effect of processing conditions on drying kinetics and particle microstructure of carrot. *Drying Technol.* 26(10): 1272-1285 (2008)
- Rhee HS. The measurement methods of the textural characteristics of fermented vegetables. *Korean J. Soc. Food Sci.* 11: 83-91 (1995)
- Rhie SG, Choi MY, Won HR. The elderly health and dietary management in Gyeonggi province II-comparison with younger old and older old. *Korean J. Community Living Sci.* 17: 141-154 (2006)
- Sakamoto K, Shibata K, Ishihara M. Decreased hardness of dietary fiber-rich foods by the enzyme-infusion method. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 70(7): 1564-1570 (2006)
- Sun JG, Jang HT, Park KH. Decreased hardness of several grains by enzyme treatment: in: Abstract: Spring Conference and Symposium. April 29, Kyung-Hee Univ., Seoul, Korea. The Korean Society for Food Engineering, Seoul, Korea (2016)
- Thygesen LG, Hidayat BJ, Johansen KS, Felby C. Role of supramolecular cellulose structures in enzymatic hydrolysis of plant cell walls. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 38(8): 975-983 (2011)
- Yoo JK, Lee JH, Cho HY, Kim JG. Change of antioxidant activities in carrots (*Daucus carota* var. *sativa*) with enzyme treatment. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 262-267 (2013)