

효소처리 가공이 당근(*Daucus carota* var. *sativa*)의 항산화 활성 변화에 미치는 영향

유진균[†] · 이진희 · 조형용 · 김정국
차바이오 에프앤씨 기업부설 연구소

Change of Antioxidant Activities in Carrots (*Daucus carota* var. *sativa*) with Enzyme Treatment

Jin-Kyoun Yoo[†], Jin-Hee Lee, Hyung-Yong Cho, and Jung-Gook Kim

Laboratory Affiliated with a CHA BIO F&C, Seoul 135-830, Korea

Abstract

The purpose of this research is to minimize the loss of nutrients in carrots (*Daucus carota* var. *sativa*). A protopectinase was used to enzymatically macerated and separate cells without damage. The enzyme modification group's collection rate was 81% (residue rate 19%), while the grinding process group's collection rate was 56% (residue rate 44%)—an over 20% of collection rate difference. Thus we predicted a big difference in transference number after the process and wastage. In comparing ingredient changes in the enzyme modification group versus the grinding process group, the content of β -carotene (the carrot's main ingredient) showed a change in protection factor (PF) (2.2 ± 0.2 PF, 1.4 ± 0.4 PF, respectively), total polyphenol content (89 ± 3.42 $\mu\text{g/g}$, 64 ± 4.16 $\mu\text{g/g}$, respectively), and total flavonoid content (68 ± 2.73 $\mu\text{g/g}$, 41 ± 3.26 $\mu\text{g/g}$, respectively). Thus we confirmed that nutrient destruction, due to cell membrane preservation, occurred less often in the enzyme modification process than the mechanical grinding process group. We also measured DPPH radical scavenging activity, hydroxyl radical scavenging activity, and nitrite scavenging activity. DPPH radical scavenging activity was $87 \pm 0.29\%$ and $74 \pm 1.56\%$ in the enzymatic modification group compared to the mechanical grinding process group, respectively. Hydroxyl radical scavenging activity was $44 \pm 0.49\%$ and $32 \pm 0.48\%$ in the enzymatic modification group compared to the mechanical grinding process group, respectively. Nitrite scavenging activity was $59 \pm 0.53\%$ and $46 \pm 0.62\%$ in the enzymatic modification group compared to the mechanical grinding process group, respectively. Our results show that cell membrane preservation, via the protopectinase enzyme process, decreases the loss of nutrients and still preserves inherent antioxidants.

Key words: enzyme, protopectinase, single cell plant, live cell

서 론

우리가 산소 호흡의 결과로 생성되는 반응성이 강한 활성 산소종(reactive oxygen species)은 체내에 존재하는 superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase 등과 같은 항산화 효소에 의해 제거되지 못할 경우 산화 스트레스가 생성되는데, 산화 스트레스는 세포손상 및 생리적 이상을 초래하여 노화를 비롯한 각종 질병의 원인으로 작용한다. 따라서 이러한 활성 산소종을 제거하기 위해서는 일상생활에서 천연 항산화 활성을 갖는 성분이 풍부한 식품을 많이 섭취할 필요가 있다. 최근 식생활의 서구화로 육류 및 정제된 가공식품의 과다 섭취가 심혈관질환, 당뇨 등 성인병의 주요 원인으로 주목되고 있어 과일과 채소 등 자연건강식품에 대한 관심이 높아지고 있다. 과일과 채소에는 여러 종류

의 생리활성 물질이 함유되어 있음은 물론, 당분과 유기산은 단맛과 상쾌함을 더해주며 다양한 색소에 의한 시각적 관능성 또한 우수하다. 따라서 지역에서 많이 생산되는 과일과 채소를 이용한 가공제품이 개발된다면 소비자 기호를 충족시키는 물론 산화적 스트레스로부터 인체 보호 등 기능적 특성을 갖는 제품이 생산될 수 있을 것이다(1-4). 당근은 미나리과(Apiaceae)에 속하는 *Daucus carota* L.의 뿌리로 provitamin A인 β -carotene과 α -carotene, lutein과 같은 carotenoid 성분을 다량 보유하고 있는 중요한 영양원이다. 식물체 내에서 carotenoid 색소는 세포내 색소체에서 합성되어 저장되는데 광합성의 보조색소로서 광흡수에 관여할 뿐만 아니라 과다한 빛에너지로부터 식물세포를 보호하는 역할도 하고 있다. 또한 광합성을 하지 않는 과실이나 종자, 꽃과 같은 기관에서는 잡색체에 축적되어 여러 가지 색깔을

[†]Corresponding author. E-mail: welcome213@chamc.co.kr
Phone: 82-10-2701-1712, Fax: 82-2-508-6497

나타내게 하여 번식을 위한 동물 유인의 한 도구로써 사용되며, 식물호르몬인 ascorbic acid 합성의 전구물질이기도 하다(5-7). 한편 carotenoid를 생합성하지 못하기 때문에 식물물을 통해서 얻어야 하는 사람이나 동물의 건강유지에도 유익한 물질이다. 이들 색소는 생체 내에서 항산화제의 역할을 수행하며, 피부노화나 심혈관계 질환, 백내장이나 황반변성과 같은 노화와 관련된 안과 질환을 예방한다는 연구결과가 있다(8-10). 현재 주로 이용하고 있는 가공에서 가장 문제가 되는 것은 열처리 및 기계적 마쇄로 인한 영양 및 생리활성 성분들의 파괴, 색이나, 향기와 같은 기호성분의 변화, 부유물질의 생성 등이다. 이러한 문제를 개선할 수 있는 방법 중의 하나로 식물의 단세포화이다. Protopectinase는 식물세포에 있어 세포와 세포간의 중엽부(middle lamella)의 주성분을 이루는 pectin의 모체가 되는 불용성 protopectin을 제한 가수분해하여 수용 pectin을 생산하는 효소로서 그 작용기작과 생산 미생물들이 보고되고 있다(11-13). 최근 식품, 의약품 산업에서의 pectin 생산, 식물성 식품소재를 위한 단세포화, 식물세포의 protoplast 생산 등에 응용성을 가진다고 보고되었으며, 그 중요성은 점차 증가하고 있다. 본 연구에서는 protopectinase를 이용한 당근의 단세포화를 통하여 당근 가공 시 유래되는 생리활성 물질의 파괴 문제를 개선시킬 수 있는 가능성을 조사하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 연구에서 사용된 당근은 올해 강원도에서 재배된 소천 5촌 품종을 사용하였다. 효소는 pectinex Ultra SP-L (Nobozymes, Bagsværd, Denmark)을 사용하였다.

당근 물 추출물 제조

수확한 당근을 깨끗이 세척하여 완전히 건조한 뒤 분쇄하여 분말화 하였으며 무게당 10.7배의 증류수를 가하여 60°C에서 24시간 교반하면서 유효성분을 추출하였다. 0.45 µm syringe filter로 filtering 하였으며 감압농축(SB-1000, EYELA, Tokyo, Japan) 하였다. 그 후 동결건조(FD 5805, IIShin, Yangju, Korea)하여 시료로 사용하였다.

당근 효소 추출물 제조

수확한 당근을 깨끗이 세척한 뒤 3~5 cm 절단하여 무게당 3배수의 증류수를 가하였으며 구연산을 이용하여 pH 5.2를 맞춰 주었다. 그 뒤 무게당 1% 농도로 효소를 첨가하고 50°C에서 8시간 교반한 후 0.45 µm syringe filter로 filtering 하였으며 감압농축(SB-1000, EYELA) 하였다. 그 후 동결건조(FD 5805, IIShin)하여 시료로 사용하였다.

회수율 측정

당근 조직의 protopectinase를 처리하여 얻어진 단세포물과 마쇄 공정으로 처리로 얻어진 마쇄물을 40 mesh에서 걸

러 회수율을 비교하였다. 당근을 효소 처리하여 조직 전체를 단세포화 시킨 후 40 mesh에서 걸러 단세포물을 얻었다. 대조구는 homogenizer로 마쇄한 후 마쇄물을 위와 동일한 방법으로 얻었다. 회수율은 전체 중량에 대한 착즙 후 잔사와 중량비를 백분율로 환산하여 제한 값을 표시하였다.

β-carotene을 이용한 bleaching 방법

Andarwulan과 Shetty(14)의 방법으로 측정하였다. 10 mg β-carotene/50 mL의 chloroform 용액 1 mL에 20 µL linoleic acid, 184 µL Tween 40과 50 mL H₂O₂를 가하여 emulsion을 만들었다. 5 mL의 emulsion에 샘플 100 µL를 혼합하여 vortexing 후 50°C에서 30분간 방치한 후 식혀주고 470 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{Protection factor (PF)} = \text{control O.D.} / \text{sample O.D.}$$

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's(15)를 응용하여 측정하였다. 각 소재 추출물을 1,000 ppm 농도로 증류수에 희석시킨 후 시료 200 µL에 증류수 4.8 mL, 50% Folin-Ciocalteu's phenol reagent 500 µL를 넣고 3분간 방치시켰다. Na₂CO₃ 포화용액 1 mL를 넣은 후 1시간 동안 방치한 다음 700 nm에서 흡광 측정을 하였다. 총 폴리페놀 화합물은 caffeic acid를 이용하여 작성한 표준 곡선으로부터 함량을 구하였다.

총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Moreno 등의 방법(16)에 의해 측정하였다. 각 소재 추출물을 1,000 ppm 농도로 에탄올에 희석시킨 후 시료 500 µL, 10% aluminum nitrate 100 µL, 1 M potassium acetate 100 µL, 80% 에탄올 4.3 mL를 첨가하여 40분 동안 방치 후 415 nm에서 흡광 측정을 하였다. 총 플라보노이드 화합물은 quercetin을 이용하여 작성한 표준 곡선으로부터 함량을 구하였다.

DPPH radical 소거활성

DPPH radical 소거활성은 Blois(17) 방법에 따라 각 시료의 DPPH radical에 대한 환원력을 측정하였다. 각 추출물을 농도별로 99% 에탄올에 녹인 후 각 시료 600 µL에 DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl, 1.5×10⁻⁴ M) 200 µL를 첨가하여 암조건에서 30분간 방치한 뒤 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신 에탄올을 넣어 측정하였으며, 다음 계산식에 의거하여 소거활성을 측정하였다.

$$[1 - \{A_{\text{sample}}(532 \text{ nm}) / A_{\text{control}}(532 \text{ nm})\}] \times 100$$

Hydroxyl radical 소거활성

Hydroxyl radical 소거활성은 Kang 등의 방법(18)을 응용하여 측정하였다. 각 소재 추출물을 농도별로 희석한 후 소재 100 µL, 100 mM sodium phosphate buffer(pH 7.4) 250 µL, 1 mM EDTA 100 µL, 36 mM deoxyribose 100 µL, 1 mM FeCl₃ · 6H₂O 100 µL, 1 mM L-ascorbic acid 100 µL, 10 mM

H₂O₂ 100 µL, 증류수 150 µL를 첨가하여 38°C water bath에서 1시간 방치 후 1% thiobarbituric acid 1 mL, 10% trichloroacetic acid 1 mL를 첨가하여 100°C에서 10분간 boiling 후 532 nm에서 흡광 측정하였으며, 다음 식에 의거하여 hydroxyl radical 소거활성을 구하였다.

$$\text{Inhibit (\%)} = \frac{A \text{ control (532 nm)} - A \text{ sample (532 nm)}}{A \text{ control (532 nm)}}$$

아질산염 소거능

Kato 등(19)과 Kim 등(20)의 방법에 따라 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL에 각 시료 1 mL를 가하여 여기에 0.1 N HCl로 pH 1.2로 조절한 다음 반응 용액 총 부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 다음 반응액 1 mL씩 취하여 여기에 2% acetic acid 5 mL와 30% acetic acid로 용해한 Griess 시약(1% sulfanilic acid:1% naphthylamine =1:1) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합하고 15분간 실온에 방치시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 Griess 시약 대신 증류수를 가하여 상기와 동일하게 행하였으며 아질산염 소거작용(%)은 아래와 같다.

$$\text{아질산염 소거작용(\%)} = [(A - C)/B] \times 100$$

A: 시료 처리구의 흡광도

B: 1 mM NaNO₂의 흡광도

C: 대조구의 흡광도

통계처리

실험에서 얻어진 결과의 통계적 유의성은 각 농도의 평균치의 통계적 유의성을 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

결과 및 고찰

회수율 측정

당근의 protopectinase 처리에 의한 단세포화 정도를 조사하고자 각각 protopectinase와 기계적 마쇄처리를 거친 후 40 mesh에서 걸러 단세포화 유무를 파악한 결과(Fig. 1), protopectinase 처리한 군에서는 단세포화 된 것을 확인할 수 있었다. 또한 잔사물의 양 및 회수율을 조사하였으며 그 결과는 Table 1과 같다. Protopectinase 처리를 하였을 경우

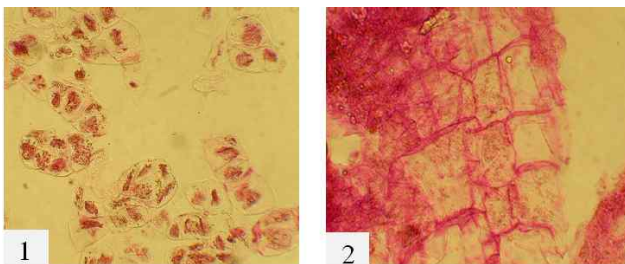


Fig. 1. Microphotographs of *Daucus carota* var. *sativa* suspensions. (1) Treated with protopectinase ($\times 200$). (2) Mechanically macerated with homogenizer ($\times 200$).

Table 1. The ratio of recovery and waste from *Daucus carota* var. *sativa* suspension with treatment of protopectinase and mechanical maceration (%)

Treatment	Recovery	Waste
Protopectinase	81	19
Mechanical maceration	56	44

Table 2. β -carotene content of *Daucus carota* var. *sativa* suspension with treatment of protopectinase and mechanical maceration

Treatment	Protection factor (PF)
Protopectinase	2.2 \pm 0.2 ^a
Mechanical maceration	1.4 \pm 0.4 ^b

Values are mean \pm SD (n=3). Values with different superscripts are significantly different from each other (p<0.05), as determined by Duncan's multiple range test.

에는 회수율이 81%, 잔사물이 19%이었으나, 기계적 마쇄를 행한 경우에는 회수율이 56%, 잔사물이 44%를 나타내었다. 상기의 결과에서 protopectinase에 의한 단세포화 가공 시 기계적 처리에 비하여 약 20% 정도 높은 회수율을 보였으며 잔사물의 경우 2배 이상의 감소율을 보였다. 추출 후 잔사물이 부산물로 발생하여 폐기물 처리가 큰 문제인데 protopectinase에 의한 효소처리는 수율 향상과 폐기물 처리의 감소라는 측면에서 장점이라 들 수 있다.

β -carotene 함유량 측정

Protopectinase의 효소 처리와 기계적 마쇄처리 시 발생되는 영양소의 변화를 측정하기 위하여 β -carotene을 첨가한 linoleic acid emulsion을 사용하여 측정된 결과 Table 2와 같다. Protopectinase 추출물에서 2.2 정도의 PF값을 나타냈으며, 마쇄 추출물에서는 1.4의 PF값이 나타나 효소추출물이 2배 가까이 β -carotene을 많이 함유하는 것으로 나타났다. 이는 세포막의 보존으로 인하여 당근의 주요 성분인 β -carotene의 추출이 더 용이하게 작용한 것으로 사료된다.

Total polyphenol 및 total flavonoid 함량

식물체에 함유되어 있는 페놀성 화합물들은 항돌연변이 원성, 콜레스테롤 저하작용, 정장작용, 항암 및 항산화 작용 등의 다양한 항산화 생리활성 기능을 가지고 있는데 이것은 분자내 phenolic hydroxyl기가 효소 단백질과 같은 거대 분자들과 결합하는 성질이 있어 이러한 생리활성 기능을 나타내는 주체로 인정되고 있다고 알려져 있다(21). 특히 항산화 작용과 관련하여 최근 생체 내에서의 산소 free radical 반응이 생체조직의 노화나 질병과 관련이 있으며 페놀성 물질의 hydroxyl group은 유지의 유리기 수용체로서 유지 산패의 초기 단계에 생성된 유리기들이 안정된 화합물을 형성하도록 하여 산화억제 작용을 한다(22). 페놀계 화합물질 중 플라보노이드는 C6-C3-C6의 기본 골격을 가지고 있다. 과채류에는 anthocyanin, catechin, epicatechin, kaempferol, luteolin, myricetin, naringenin, phlorizin, quercetin 등 다양한 종

Table 3. Content of total polyphenol and total flavonoid in treatment of protopectinase and mechanical maceration extract (µg/g)

Treatment	Total polyphenol	Total flavonoid
Protopectinase	89±3.42 ^a	68±2.73 ^a
Mechanical maceration	64±4.16 ^b	41±3.26 ^b

Values are mean±SD (n=3). Values with different superscripts in the same column are significantly different from each other (p<0.05), as determined by Duncan's multiple range test.

류의 플라보노이드들이 상이한 농도로 존재한다(23).

플라보노이드는 구조적 차이에 의해 각각 하위 그룹인 flavanol, flavanone, flavone, soflavone, flavonol, anthocyanidin 등으로 분류되고, 이들 중 수용성 색소인 anthocyanidin의 배당체인 안토시아닌(anthocyanin)은 포도, 복분자, 딸기, 적포도주 등에서 빨간색, 적자색 등의 특유의 색을 부여한다. 항균·항암·항바이러스·항알레르기 및 항염증 활성을 지니고, 독성은 거의 나타나지 않는 것으로 알려져 있다. 또한 모든 질병의 원인이 되는 생체 내 산화 작용을 억제하는 것으로 알려져 있다. Protopectinase의 효소 처리와 기계적 마쇄 후 추출한 당근에 대한 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 비교한 결과(Table 3) 효소 처리군에서 total polyphenol 경우 89 µg/g으로 마쇄 처리군보다 약 25 µg/g의 함량 차이를 보였으며 total flavonoid 함량의 경우 68 µg/g으로 마쇄군보다 약 27 µg/g의 차이를 보였다. 이는 효소 처리로 인하여 세포벽이 가수분해 되고 세포막이 보호됨과 동시에 추출과정 중 마쇄 처리군에 비하여 추출성이 좋아진 결과로 사료된다.

DPPH radical 소거작용

식물의 항산화 활성은 free radical에 전자를 공여하는 능력이므로 비교적 안정한 DPPH radical을 환원시키는 원리를 이용한 방법으로 짙은 자색을 띠는 비교적 안정한 free radical로서 항산화제, 방향족 아민류 등에 환원되어 색이 탈색되는데 이것은 다양한 천연소재로부터 항산화 물질을 검색하는데 많이 이용되고 있다(24). Protopectinase 처리군과 기계적 마쇄 처리군의 DPPH radical 소거능을 측정된 결과 항산화력이 유의적으로 증가하였다(Fig. 2). 1,000 ppm을 기준으로 비교하였을 때 각각 87%, 74%로 약 13% 이상의 차이를 보였다. Choe 등(25)은 7종류 한약재 물 추출물의 DPPH radical 소거 활성을 알아 본 결과 산수유와 목단피 물 추출물은 양성 대조군으로 사용된 L-ascorbic acid와 유사한 높은 DPPH radical 소거 활성을 나타내었으나 1,000 ppm의 백복령과 숙지황 물 추출물은 50% 이하의 DPPH radical 소거 활성을 보였다고 보고하여 본 실험에 사용된 모든 산채 물 추출물들의 DPPH radical 소거작용이 백복령과 숙지황 물 추출물보다 높았다. Kang 등(26)은 쑥의 물과 70% 아세톤 추출물의 전자공여능이 각각 47.1%, 45.8%로 보고하였으며, Do 등(27)이 생강과 오미자의 수용성 획분이

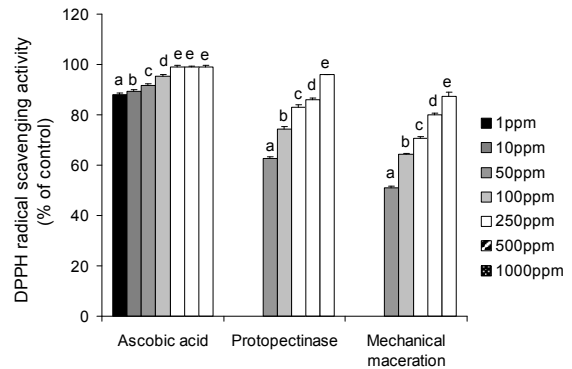


Fig. 2. Effect of *Daucus carota* var. *sativa* suspension with treatment of protopectinase and mechanical maceration on DPPH radical scavenging activity. Values are mean±SD (n=3). Within the same kind of wild vegetables, values with different superscripts are significantly different from each other (p<0.05), as determined by Duncan's multiple range test.

각각 45.6%, 37.6% 전자공여능을 나타내었다고 하였는데, 이들 보고와 본 연구 결과를 비교하면 본 연구에 사용된 당근의 DPPH radical 소거 활성이 높았으며 특히 효소에 의한 처리 시 더 높은 DPPH radical 소거 활성을 보였다.

Hydroxyl radical 소거작용

Hydroxyl radical은 DNA의 핵산과 결합함으로써 DNA 손상을 일으키므로 돌연변이와 암을 유발하는 것으로 알려져 있고 지질산화를 일으켜 세포막을 손상시키므로 세포독성을 유발하는 것으로 알려져 있다(28). Protopectinase 처리군과 기계적 마쇄 처리군의 hydroxyl radical 소거작용은 Fig. 3과 같다. 10,000 ppm에서 두 실험군 모두 30% 이상의 hydroxyl radical 소거작용을 나타내었으며 모든 농도에서 농도 의존적으로 hydroxyl radical 소거작용이 증가하였다. 또한 protopectinase 처리군과 기계적 마쇄 처리군 각각 44%와 32%로 약 12% 이상 hydroxyl radical 소거작용 차이를 나타내었다. Shin 등(28)은 hydroxyl radical 소거작용이 물 추출물보다 에탄올 추출물이 월등히 높았고, 생마늘과 전마늘의 열수 추출물 20,000 ppm 농도에서 각각 10.22%와 11.09%의 활성을 나타내었으며, 흑마늘은 같은 농도에서 45.33% hydroxyl radical 소거작용을 나타내었으나 1,000 ppm에서는 hydroxyl radical 활성이 나타나지 않았다고 보고하였다. 본 실험에서 사용된 당근 효소 추출물은 일반 마늘 및 흑마늘보다 높은 hydroxyl radical 소거작용을 보였다.

아질산염 소거작용

아질산염은 아민류와 반응하여 강력한 발암물질인 nitrosamine을 생성하는 것으로 알려져 있다(29). 과일과 야채에 함유되어 있는 페놀 화합물은 아질산염과 아민류가 반응할 때 이 반응을 방해하므로 생체에서 일어나는 nitrosation을 저해하는 것으로 알려져 있다(30). Protopectinase 처리군과 기계적 마쇄 처리군의 아질산염 소거작용은 Fig. 4와 같다. 1,000 ppm 기준으로 비교하였을 때 각각 59%와 46%로

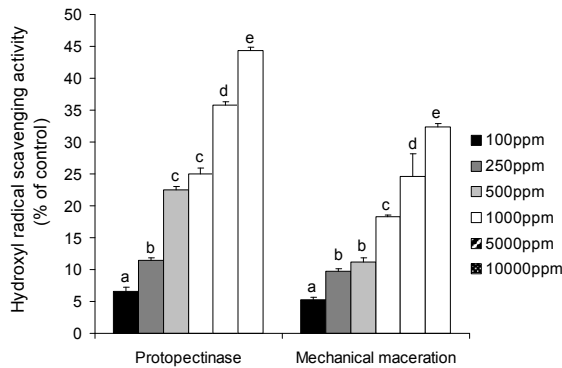


Fig. 3. Effect of *Daucus carota* var. *sativa* suspension with treatment of protopectinase and mechanical maceration on hydroxyl radical scavenging activity. Values are mean \pm SD (n=3). Within the same kind of wild vegetables, values with different superscripts are significantly different from each other (p<0.05), as determined by Duncan's multiple range test.

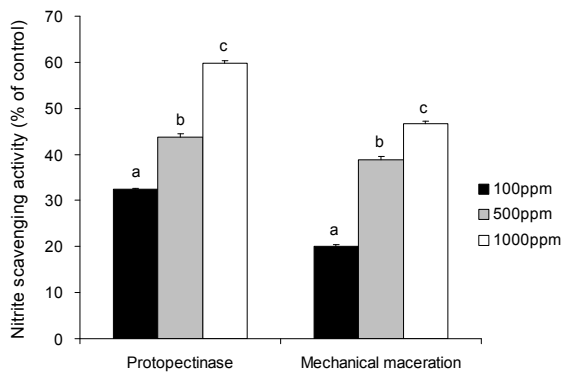


Fig. 4. Effect of *Daucus carota* var. *sativa* suspension with treatment of protopectinase and mechanical maceration on nitrate scavenging activity. Values are mean \pm SD (n=3). Within the same kind of wild vegetables, values with different superscripts are significantly different from each other (p<0.05), as determined by Duncan's multiple range test.

효소처리 군에서 약 13% 높은 아질산염 소거 활성을 보였으며 전 농도에서 농도 의존적으로 아질산염 소거작용을 나타내었다. 이는 총 페놀 함량과 관계가 있는 것으로 사료된다. Noh 등(31)은 방풍, 참나물 및 신선초와 같은 산채 추출물들 중 총 페놀 함량이 가장 높은 방풍 추출물이 아질산염 소거작용이 가장 높았다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다.

본 연구 과정을 종합하여 보면 protopectinase로 인한 효소처리가 기계적 마쇄로 추출한 처리한 군보다 당근이 가지고 있는 항산화력을 높은 수준으로 유지하고 있다는 것을 발견하였다. 이는 마쇄 과정 중 발생하는 식물 세포의 파괴에 따라 손실되는 영양소가 많다는 것을 의미하며 효소 처리로 인하여 식물 세포의 파괴를 최소화함으로써 가공 과정 중 발생하는 영양 손실이 최소화될 수 있다고 판단된다. 하지만 모든 식물의 세포벽의 구조적 특성이 다르므로 식물마다 세포벽 파괴를 최소화할 수 있는 효소 추출방법의 연구가 진행되어야 할 것이다.

요 약

본 연구는 당근(*Daucus carota* var. *sativa*) 가공방법 중 현재 주로 사용되고 있는 기계적 마쇄 공정으로 인하여 파괴되는 영양소의 손실을 최소화하기 위하여 식물 세포벽에 존재하는 불용성 물질인 protopectin을 가수분해하여 수용성 물질인 pectin으로 전환시키는 효소인 protopectinase를 이용하여 세포의 막을 보존하고 세포 안에 존재하는 영양소의 손실의 차이를 알아보려고 하였다. 당근의 회수율을 측정할 결과 효소처리군과 마쇄 공정 처리군을 비교하였을 때 효소처리군의 회수율은 81%, 잔사율은 19%를 보인 반면, 마쇄처리군은 회수율 56%, 잔사율 44%를 보여 약 20% 정도의 회수율 차이를 보였다. 이는 가공 후 수율 및 폐기량에서 많은 차이를 보일 것으로 판단된다. 당근의 효소 처리군과 마쇄 처리군의 성분 변화를 비교하기 위하여 당근의 주요 성분인 β -carotene의 함량 변화를 측정할 결과 protection factor(PF) 각각 2.2 \pm 0.2 PF, 1.4 \pm 0.4 PF의 차이를 보였으며, 총 폴리페놀 함량은 89 \pm 3.42 μ g/g, 64 \pm 4.16 μ g/g, 총 플라보노이드 함량은 각각 68 \pm 2.73 μ g/g, 41 \pm 3.26 μ g/g을 보임으로써 세포막의 보존으로 인한 영양소의 파괴가 기계적 마쇄 처리군에 비하여 덜 발생한 것을 확인할 수 있었다. 두 처리군의 항산화력을 측정하기 위하여 DPPH radical 소거능과 hydroxyl radical 소거능, 아질산염 소거능을 측정하였으며 DPPH radical 소거능은 1,000 ppm에서 87 \pm 0.29%, 74 \pm 1.56%로 약 13%의 DPPH radical 소거능을 보였고, hydroxyl radical 소거능 결과 10,000 ppm에서 44 \pm 0.49%와 32 \pm 0.48%로 약 12%의 hydroxyl radical 소거능을 보였다. 아질산염 소거능 측정 결과 1,000 ppm에서 59 \pm 0.53%와 46 \pm 0.62%로 약 13% 높은 아질산염 소거능을 보였다. 이는 protopectinase 효소 처리로 인한 세포막의 보존이 가공 중 발생하는 영양소의 손실을 줄임과 동시에 당근이 가지고 있는 항산화 물질들을 보존하고 있음을 확인할 수 있었다.

문 헌

- Oh YS, Hwang JH, Oh HJ, Lim SB. 2012. Physicochemical properties and antioxidative activities of mixed citrus and carrot juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 598-604.
- Nantz MP, Rowe CA, Nieves C Jr, Percival SS. 2006. Immunity and antioxidant capacity in humans is enhanced by consumption of a dried, encapsulated fruit and vegetable juice concentrate. *J Nutr* 136: 2606-2610.
- Valko M, Rhodes CJ, Moncol J, Izakovic M, Mazur M. 2006. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem Biol Interact* 160: 1-40.
- Williams GM, Latropoulos MJ, Whysner J. 1999. Safety assessment of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene as antioxidant food additives. *Food Chem Toxicol* 37: 1027-1038.
- Ha JL, Bae JS, Park MK, Kim YU, Ha SH, Bae JM, Back KH, Lee CH, Lee SW, Ahn MJ. 2009. Quantitative analysis of carotenoids in carrot cultivars produced in Korea. *J*

- Environ Sci* 18: 1135-1141.
6. Pfander H. 1992. Carotenoids: an overview. *Methods Enzymol* 213: 3-13.
 7. Demming-Adams B, Gilmore AM, Adam WW 3rd. 1996. Carotenoids 3: in vivo functions of carotenoids in higher plants. *FASEB J* 10: 403-412.
 8. Nishino H, Murakoshi M, Tokuda H, Satomi Y. 2009. Cancer prevention by carotenoids. *Arch Biochem Biophys* 483: 165-168.
 9. Stahl W, Sies H. 2005. Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. *Biochim Biophys Acta* 1740: 101-107.
 10. Young CY, Yuan HQ, He ML, Zhang JY. 2008. Carotenoids and prostate cancer risk. *Mini Rev Med Chem* 8: 529-537.
 11. Lee DH, Lee SC, Hwang YI. 2000. Processing properties of kiwifruit treated with protopectinase. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 401-406.
 12. Sakai T, Okushima M. 1982. Purification and crystallization of a protopectin-solubilizing enzyme from *trichosporon penicillatum*. *Agric Biol Chem* 46: 667-676.
 13. Sakai T, Sakamoto T. 1990. Purification and some properties of a protopectin-solubilizing enzyme that has potent activity of sugar beet protopectin. *Agric Biol Chem* 54: 879-889.
 14. Andarwulan N, Shetty K. 1999. Phenolic content in differentiated tissue cultures of untransformed and *Agrobacterium*-transformed roots of anise (*Pimpinella anisum* L.). *J Agric Food Chem* 47: 1776-1780.
 15. Singleton VL, Rossi Jr JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16: 144-158.
 16. Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114.
 17. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
 18. Chung MJ, Sung NJ, Park CS, Kweon DK, Mantovani A, Moon TW, Lee SJ, Park KH. 2008. Antioxidative and hypcholesterolemic activities of water-soluble puerarin glycosides in HepG2 cells and in C57 BL/6J mice. *Eur J Pharmacol* 578: 159-170.
 19. Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibitory of nitrosamine formation by non-dialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem* 51: 1333-1338.
 20. Kim DS, Ahn BW, Yeum DM, Lee DW, Kim ST, Park YH. 1987. Degradation of carcinogenic nitrosamine formation factor by natural food components. *Bull Korean Fish Soc* 20: 463-468.
 21. Choi SY, Cho HS, Sung NJ. 2006. The antioxidative and nitrite scavenging ability of solvent extracts from wild grape (*Vitis Coignetia*) skin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 961-966.
 22. Ahn YJ, Lee SH, Kang SJ, Hwang BY, Park WY, Ahn BT, Ro JS, Lee KS. 1996. The phenolic components of *Sapium japonicum*. *Yakhak Hoeji* 40: 183-192.
 23. Proteggente AR, Pannala AS, Paganga G, Van Buren L, Wagner E, Wiseman S, Van De Put F, Dacombe C, Rice-Evans CA. 2002. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radical Res* 36: 217-233.
 24. Lee KI, Kim SM. 2009. Antioxidative and antimicrobial activities of *Eriobotrya japonica* Lindl. leaf extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 267-273.
 25. Choe M, Kim DJ, Lee HJ, You JK, Seo DJ, Lee JH, Chung MJ. 2008. A study on the glucose-regulating enzymes and antioxidant activities of water extracts from medicinal herbs. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 542-547.
 26. Kang YH, Park YK, Oh SR, Moon KD. 1995. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Korean J Food Sci Technol* 27: 978-984.
 27. Do JR, Kim SB, Park YH, Park YB, Kim DS. 1993. The nitrite-scavenging effects by the component of traditional tea materials. *Korean J Food Sci Technol* 25: 530-534.
 28. Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY, Sung NJ. 2008. Antioxidant activity of black garlic (*Allium sativum* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 965-971.
 29. Chung MJ, Lee SH, Sung NJ. 2002. Inhibitory effect of whole strawberries, garlic juice or kale juice on endogenous formation of N-nitrosodimethylamine in humans. *Cancer Lett* 182: 1-10.
 30. Choi SY, Chung MJ, Lee SJ, Shin JH, Sung NJ. 2007. N-nitrosamine inhibition by strawberry, garlic, kale, and the effects of nitrite-scavenging and N-nitrosamine formation by functional compounds in strawberry and garlic. *Food Control* 18: 485-491.
 31. Noh KS, Yang MO, Cho EJ. 2002. Nitrite scavenging effects of *Umbelliferaeaceae*. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 8-12.

(2012년 10월 17일 접수; 2012년 12월 4일 채택)