

탄수화물 분해효소 처리에 의한 배 과피와 과심의 항산화 생리활성 증대효과

이평화¹ · 박수연¹ · 장태훈¹ · 임순희² · 남승희³ · 인만진⁴ · 김동청⁴ · 채희정^{1*}

¹호서대학교 식품공학과 및 기초과학연구소, ²국립원예특작과학원 배시험장
³전남농업기술원 식품연구소, ⁴청운대학교 식품영양학과

Effects of Complex Carbohydrase Treatment on Physiological Activities of Pear Peel and Core

Pyeong Hwa Lee¹, Su Yeon Park¹, Tae Hoon Jang¹, Sun-Hee Yim²,
Seung-Hee Nam³, Man-Jin In⁴, Dong Chung Kim⁴, and Hee Jeong Chae^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology and Basic Science Institute, Hoseo University, Chungnam 336-795, Korea

²Pear Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Jeonnam 520-821, Korea

³Food Research Institute, Jeonnam Agricultural Research & Extension Services, Jeonnam 520-715, Korea

⁴Dept. of Human Nutrition and Food Science, Chungwoon University, Chungnam 350-701, Korea

ABSTRACT The effects of treatment with various complex carbohydrases such as Pectinex, Celluclast, Viscozyme, and Ultraflo on the physiochemical properties, polyphenol extraction yields and antioxidant activities of pear peel and pear core were investigated. When pear peel and pear core were treated with complex carbohydrases, the soluble solid content of peel increased, whereas it did not change significantly in the case of pear core. When pear peel and pear core were treated with Pectinex, significant improvement of soluble solid content was observed along with the highest extraction yield of reducing sugar content. Total sugar content increased in most of the enzyme treatment groups. In the case of pear peel, the Viscozyme treatment group showed the highest total polyphenol contents, total flavonoid contents, DPPH radical scavenging activity, ABTS radical scavenging activity, and SOD-like activity. When the flesh and core of pear were treated with Celluclast, total polyphenol contents increased. All enzyme treatment groups except for the Ultraflo treatment group showed increases in total flavonoid contents. With regard to pear flesh, the Celluclast group showed the highest DPPH radical scavenging activity. When pear core was treated with the four complex carbohydrases, DPPH radical scavenging activity and ABTS radical scavenging activity did not increase significantly. However, the SOD-like activity of all enzyme treatment groups significantly increased. Consequently, dry matter and soluble solid contents, polyphenol content, and antioxidant activity of pear peel and core could be improved by complex carbohydrase treatment.

Key words: pear, carbohydrates treatment, antioxidant activity, physiochemical properties

서 론

배(pear)는 배나무과속(Pyrus)에 속하는 낙엽고목 식물의 열매로 다른 과실에 비해 당도가 높고 무기성분이 많이 함유된 대표적인 알칼리성 식품이다(1). 배의 세포벽은 셀룰로오스(cellulose, 20~30%), 헤미셀룰로오스(hemicellulose, 25%), 펙틴(pectin, 5~10%) 등의 다당류, 당단백질 및 미량의 페놀계 물질로 구성되어 있다(2,3). 배는 식이섬유 함량이 높아 정장작용이 탁월하며(4) 기능성 성분인 페놀성 물질을 다량으로 함유하고 있어 항산화, 항암 및 항염증 효과가 뛰어난 것으로 알려져 있다(5). 또한 배의 폴리페놀은

혈중 콜레스테롤 저하(6), 면역기능 강화(7), 암세포의 생육 억제와 항산화 활성(8) 등이 우수한 것으로 보고되고 있다. 배와 관련된 연구로서 배의 부위별(9), 품종(10), 재배방법(11), 생장시기(12), 저장기간(13)에 따른 항산화 활성 등의 기능성 차이에 대하여 보고된 바 있다.

배는 주로 생과일 형태로 이용되고 있으며 배즙, 주스, 넥타, 술 등의 음료 형태로 가공되고 있다. 최근에는 동결건조법을 이용한 배 스낵제품의 개발(14), 배즙과 배 건조분말을 이용한 기능성 양갱의 개발(15), 김치에서 분리한 유산균을 이용한 배 발효물의 개발(16) 등으로 제품개발 연구가 활발히 진행되고 있다.

효소는 주스가공, 곡물가공, 주류발효, 낙농, 제빵 등 많은 분야에서 사용되고 있다. 식품가공 산업에서는 유효성분의 추출률 향상, 가공적성 향상(17), 미각 개선(18) 및 청징화(19) 등을 목적으로 효소처리 기술을 활용하고 있다. 최근에

Received 18 November 2013; Accepted 16 January 2014

*Corresponding author.

E-mail: hjchae@hoseo.edu, Phone: +82-41-540-5642

는 식품의 원료로부터 기능성 물질을 추출하기 위해 세포벽을 분해하는 효소가 널리 이용되고 있다. Choi 등(20)은 연잎 추출물을 제조할 때 세포벽 분해효소를 이용하여 폴리페놀의 추출 효율을 높이고 항산화 효과를 증진시킬 수 있다고 보고하였다. 그 외에도 인삼(21), 황기(22), 메밀(23), 흑마늘(24) 등의 추출물을 제조하는데 효소처리에 의해 유효성분의 추출률이 향상되어 항산화 활성 및 생리활성이 증진되었다고 보고된 바 있다.

식물성 생물자원에 효소를 처리하여 물리화학적 특성이나 가공특성을 개선한 연구 사례는 많이 보고되어 있으나 배의 가공공정에서 발생하는 부산물에 효소처리를 적용한 사례는 매우 드물다. 따라서 본 연구에서는 배의 가공공정에서 발생하는 부산물인 배의 과피와 과심을 4종의 시판용 복합효소를 처리함으로써 항산화 생리활성의 증대 효과를 조사하여 식품소재로서의 활용가능성을 알아보았다.

재료 및 방법

재료

본 연구에서 사용한 배는 국내산 신고 품종으로 나주배연구소에서 지원을 받아 사용하였다. 실험에 사용된 탄수화물 분해용 복합효소로서 Pectinex(Pectinex Ultra SP-L, 26000 PG/mL), Celluclast(Celluclast 1.5 LFG, 700 EGU/g), Viscozyme(Viscozyme L, 100 FBG/g), Ultraflo(Ultraflo L, 45 FBG/g)는 Novozymes A/S(Bagsvaerd, Denmark)에서 구입하였다.

전처리

배를 수도수로 2회 수세한 후 배의 껍질 부위(과피, peel)와 가식 부위를 제거한 과심(core)으로 분리하였다. 분리한 과피와 과심을 동결건조기(ED 8518, Ilshin, Gyeonggi-do, Korea)를 이용하여 동결건조 하였다. 건조한 과피와 과심을 분쇄기(HMF-995, Hanil, Seoul, Korea)를 이용하여 분쇄하였다.

효소처리

배의 과피와 과심 분말을 각각 5%(w/v)의 농도가 되도록 증류수에 현탁하고, 0.1 N NaOH 또는 0.1 N HCl을 이용하여 pH 5로 조정된 후 복합효소(Pectinex, Celluclast, Viscozyme 및 Ultraflo)를 각각 배의 건조중량 기준 2%(v/w)의 농도로 첨가하고 항온수조를 이용하여 50°C에서 2시간 동안 진탕교반하면서 효소처리 하였다. 효소처리 후 90°C로 예열된 항온수조에서 효소를 불활성화 시킨 후 효소추출물을 원심분리기(Union 55R, Hanil Co., Daejeon, Korea)를 이용하여 3,200 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 원심분리 후 얻은 상등액으로 가용성 고형분 함량, 환원당 함량, 총당 함량, 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능 및 superoxide dis-

mutase(SOD) 유사활성을 측정하였다.

가용성 고형분, 환원당, 총당 함량 측정

효소처리한 배추출물의 가용성 고형분 함량을 휴대용 굴절계(Master-10T, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

환원당(reducing sugar) 함량은 DNS법(25)을 이용하여 분석하였다. 시험관에 시료를 0.5 mL씩 취한 후 3,5-dinitrosalicylic acid(DNS) 시약을 0.5 mL 넣고 항온수조를 이용하여 100°C에서 5분간 반응시킨 후 10분 정도 방랭하였다. 방랭 후 96 well-plate에 반응시킨 시료액을 200 µL씩 분주하고 microplate reader(VERSA max, Molecular Device, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 610 nm에서 흡광도를 측정하였다. 환원당 함량은 포도당을 표준물질로 이용하여 표준검량선을 작성한 후 정량하였다.

총당(total sugar) 함량은 Dubois 등(26)의 phenol-sulfuric acid법을 이용하여 분석하였다. 시험관에 시료 0.6 mL와 5% phenol 용액 0.3 mL를 혼합한 후 진한 황산 1.5 mL를 첨가하고 교반하여 85°C로 예열된 항온수조에서 30분간 반응시킨 후 10분간 방랭하였다. 방랭 후 96 well-plate에 반응시킨 시료액 200 µL씩 취하여 microplate reader로 490 nm에서 흡광도를 측정하였고 포도당을 표준물질로 하여 표준검량선을 작성한 후 정량하였다.

총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Cho 등(27)의 방법인 Folin-Denis법을 응용하여 분석하였다. 시료 0.1 mL에 Folin-Ciocalteu phenol reagent 50 µL를 첨가하여 혼합한 후 실온에서 4분간 반응시킨 다음, 20% Na₂CO₃ 포화용액을 1.5 mL 첨가하여 2분간 반응시키고 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 표준물질 chlorogenic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 산출하였다.

총 플라보노이드 함량은 Davis 방법(28)을 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 mL에 diethylene glycol 5 mL와 1 N NaOH 0.5 mL를 첨가하여 혼합 후 37°C로 예열된 항온수조에서 1시간 반응시킨 다음 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 naringin을 표준물질로 작성한 검량선을 이용하여 산출하였다.

DPPH radical 소거능 측정

DPPH radical 소거능은 Heo 등(29)의 방법에 따라 측정하였다. 메탄올에 0.4 mM의 농도로 용해한 α,α-diphenyl-β-picryl-hydrazyl(DPPH) 용액 160 µL에 시료 40 µL를 첨가하여 암소에서 30분간 방치한 다음 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거능은 다음과 같이 시료 용액의 첨가구와 무첨가구의 흡광도 감소율로 나타내었다. 무첨가구는 시료 대신 증류수를 사용하여 실험하였다.

$$\text{DPPH radical 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS radical 소거능 측정

ABTS radical 소거능 측정은 Re 등(30)의 방법을 변형하여 측정하였다. 7 mM의 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)diammonium salt(ABTS)와 2.4 mM potassium persulfate를 혼합한 후 24시간 동안 암소에서 방치하여 ABTS radical을 형성시킨 후 이 용액을 734 nm에서 흡광도 값이 0.7~1.5가 되도록 증류수로 희석하여 사용하였다. 배 부위별 효소처리추출액 10 µL에 ABTS 용액 190 µL를 첨가하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 무첨가구는 시료 대신 증류수를 사용하여 실험하였다.

$$\text{ABTS radical 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

Superoxide dismutase(SOD) 유사활성 측정

SOD 유사활성 측정은 Lee 등(31)의 방법에 따라 유해 환원산소종을 hydrogen peroxide(H₂O₂)로 전환시키는 반응을 촉매하는 pyrogallol의 생성량을 측정하였다. 50 mM Tris-HCl 완충용액(pH 8.5) 1.5 mL에 0.1 mL의 시료와 7.2 mM pyrogallol 0.1 mL를 가하여 25°C에서 10분간 반응한 후 1 N HCl 0.5 mL를 첨가하여 반응을 정지시켰다. Microplate reader를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{SOD-like activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구 흡광도}}{\text{시료 무첨가구 흡광도}}\right) \times 100$$

통계처리

실험결과의 통계처리는 SPSS 12.0(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 사용하여 ANOVA법에 의해 유의성을 검증하였으며, Duncan's multiple range test($P < 0.05$)를 실시하여 통계적 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

가용성 고형분, 환원당 및 총당 함량에 미치는 효소처리 영향

배의 과피(peel)와 과심(core)에 대한 탄수화물 분해용 복합효소처리가 가용성 고형분, 환원당 및 총당 함량에 미치는 영향을 검토하기 위하여 Pectinex, Celluclast, Viscozyme 및 Ultraflo 등의 복합효소를 기질 원료 중량 대비 2%(v/w)의 농도로 첨가하고 50°C에서 2시간 동안 효소처리 하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 과피에서는 Pectinex 처리군과 Viscozyme 처리군이 무처리군(3.0%)보다 각각 0.9%와 0.8% 정도 가용성 고형분 함량이 증가하였고, Celluclast 처리군과 Ultraflo 처리군은 무처리군에 비하여 유의적으로 증가하지 않았다. 과심에서는 효소처리군을 무

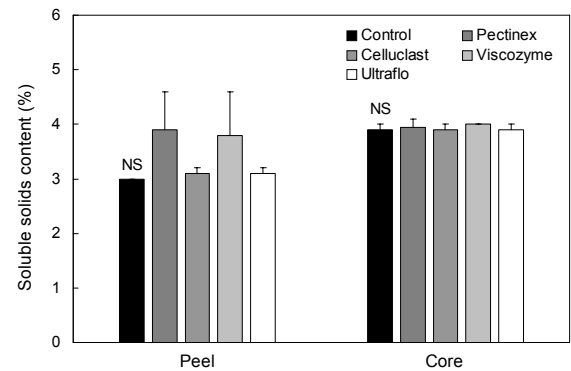


Fig. 1. Soluble solids content of pear peel and core treated by various complex carbohydrases. NS: Not significant.

처리군과 비교하였을 때 가용성 고형분 함량이 크게 증가하지 않는 것으로 나타났다. 과심의 경우 리그닌 성분이 주성분으로 본 연구에서 사용한 Pectinex, Celluclast, Viscozyme 및 Ultraflo는 주로 pectinesterase, hemicellulase, cellulase 및 1,4-β-glucanase 등이 함유되어 있어 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 및 펙틴 분해능이 있는 반면 리그닌 성분에 대한 분해능이 없기 때문인 것으로 판단된다. 반면 과피를 구성하는 식물세포벽인 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 및 펙틴 등의 고분자 탄수화물은 본 실험에서 사용된 탄수화물 분해 복합효소(Pectinex, Celluclast, Viscozyme 및 Ultraflo)에 의해 저분자 단당류, 이당류 및 올리고당 등으로 분해될 수 있기 때문에 효소처리에 의해서 가용성 고형분 함량이 증가한 것으로 판단된다.

환원당은 알칼리성에서 3,5-dinitrosalicylic acid의 NO₂ 기로 환원시켜 적갈색을 띠는 원리를 이용하여 분석하였다. 배의 과피와 과심의 효소처리추출물의 환원당 함량을 조사하였다(Fig. 2). 배 과피의 효소처리추출물의 환원당 함량은 Pectinex 처리군, Celluclast 처리군, Viscozyme 처리군 및 Ultraflo 처리군에서 각각 20.1 mg/mL, 16.4 mg/mL, 19.4 mg/mL 및 17.1 mg/mL로 분석되었다. 배 과피의 경우 무처리군(17.2 mg/mL)보다 Pectinex 처리군과 Viscozyme

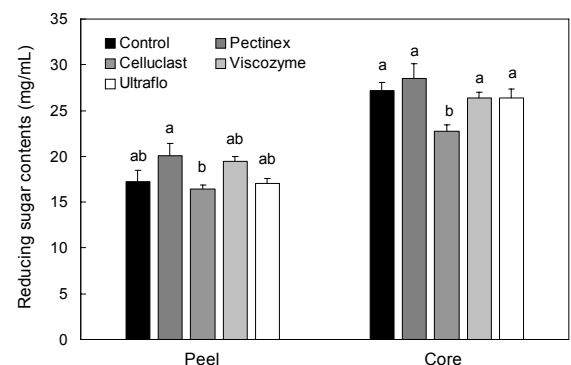


Fig. 2. Reducing sugar contents of pear peel and core treated by various complex carbohydrases. Means with different letters (a,b) above the bars are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

처리군에서 각각 2.9 mg/mL와 2.2 mg/mL씩 증가하였다. 배 과심 효소처리추출물의 환원당 함량은 Pectinex 처리군, Celluclast 처리군, Viscozyme 처리군 및 Ultraflo 처리군에서 각각 28.5 mg/mL, 22.8 mg/mL, 26.4 mg/mL 및 26.4 mg/mL로 분석되었다. 배 과심의 경우 무처리군(27.2 mg/mL)에 비해 Pectinex 처리군에서만 1.3 mg/mL 정도 증가하였다. 최종적으로 배의 과피와 과심에 Pectinex를 처리한 군에서 환원당 함량이 가장 많이 증가한 것으로 나타났다. 이는 녹차에 Pectinex를 처리하였을 때 효소처리 전보다 환원당이 증가하였다고 보고한 Kim 등(32)의 결과와 유사한 결과이다. 이것은 배를 구성하는 식물성 세포벽인 펙틴질이 Pectinex에 함유되어 있는 pectintranseliminase, polygalacturonase 및 pectinesterase에 의해 분해되어 환원당이 증가하였기 때문인 것으로 판단된다.

배 과피와 과심에 Pectinex, Celluclast, Viscozyme 및 Ultraflo 등의 복합효소를 각각 처리하여 추출액의 총당이 효소처리에 의해 증가하는지를 검토하였다(Fig. 3). 과피와 과심에 효소처리 하였을 때 각각 Celluclast 처리군(23.8 mg/mL)과 Viscozyme(31.3 mg/mL) 처리군에서 총당 함량이 가장 높게 나타났으며, 대부분의 효소에서 총당 함량이 증가되는 것으로 확인되었다. 이는 탄수화물 분해효소인 Pectinex와 Celluclast를 각각 처리하였을 때 흑마늘의 총당 함량이 증가하였다는 Chae 등(24)의 보고와 유사하였다. 본 연구에서는 배의 세포벽 성분인 다당류(cellulose, hemicellulose 및 pectin)가 Pectinex, Celluclast, Viscozyme 및 Ultraflo에 의해 cellobiose, 포도당 및 올리고당 등으로 분해되어 총당 함량이 증가된 것으로 판단된다.

총 폴리페놀 함량에 미치는 효소처리의 영향

식물체에 널리 분포되어 있는 폴리페놀 화합물은 과일 및 엽채류에 다량 함유되어 있다. 폴리페놀 화합물은 식물의 2차 대사산물의 일종으로 히드록실기를 갖는 방향족 화합물이다. 폴리페놀이 갖고 있는 히드록실기는 여러 화합물과 쉽게 결합하는 특성이 있어 alkyl radical이나 alkyl peroxy radical에 수소를 공여하여 radical을 소거하여 산화를 억제

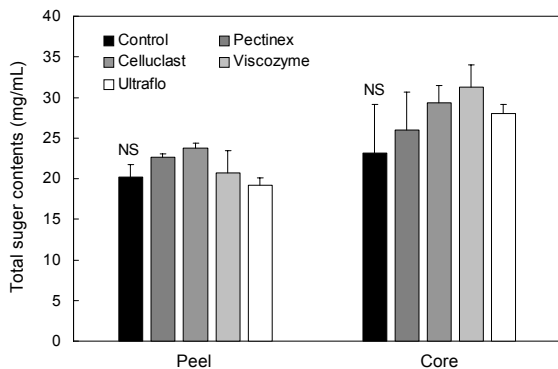


Fig. 3. Total sugar contents of pear peel and core treated by various complex carbohydrases. NS: Not significant.

하는 항산화 작용을 나타낸다(33).

본 연구에서는 항산화성 생리활성물질로 잘 알려진 총 폴리페놀 성분의 함량이 탄수화물 분해용 복합효소처리에 의해 증가하는지를 알아보려고 하였다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 과피의 경우 Pectinex 처리군, Celluclast 처리군, Viscozyme 처리군 및 Ultraflo 처리군에서 총 폴리페놀 함량이 각각 952.6 µg/mL, 964.6 µg/mL, 996.3 µg/mL 및 915.0 µg/mL로 측정되어 효소처리군이 무처리군(817.3 µg/mL)에 비하여 12.0~21.9% 정도 증가하였다. 이는 탄수화물 분해 효소처리에 의해 연잎(20), 인삼(21), 황기(22), 흑마늘(24)의 총 폴리페놀 함량이 증대되었다고 보고된 바와 유사하였다. 과심의 경우 Celluclast 처리군과 Ultraflo 처리군에서 무처리군 대비 각각 16.1%와 13.9% 정도 증가하였고, Pectinex 처리군과 Viscozyme 처리군에서는 무처리군에 비해 유의적인 증가를 보이지 않았다.

배의 과피에 4종의 효소처리 시 대부분의 효소에서 총 폴리페놀 함량이 증가하였다. 이것은 배의 세포벽은 주로 다당류인 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 펙틴, 당단백질 및 미량의 페놀계 물질로 구성되어 있어(2,3) 실험에 사용한 탄수화물 분해 복합효소인 Pectinex, Celluclast, Viscozyme 및 Ultraflo에 각각 포함되어 있는 효소에 의해 고분자성분(다당류, 당단백질 등)과 결합한 페놀성 화합물이 분해되면서 페놀성 화합물이 유출됨(24)에 따라 총 폴리페놀 함량이 증가된 것으로 판단된다.

총 플라보노이드 함량에 미치는 효소처리의 영향

배에는 페놀성 화합물인 폴리페놀계 물질과 플라보노이드계 물질이 포함되어 있다. 플라보노이드계 물질은 식물체가 외부로부터 자신을 보호하기 위해 생성하는 2차 대사물질로서 배에 함유되어 있는 플라보노이드계 물질은 quercetin, luteolin 등이다. 플라보노이드계 물질은 강력한 항산화 작용이 있기 때문에 유효한 기능성 물질로 분류되고 있다(34).

배 과피와 과심에 대하여 복합효소처리로 처리하였을 때

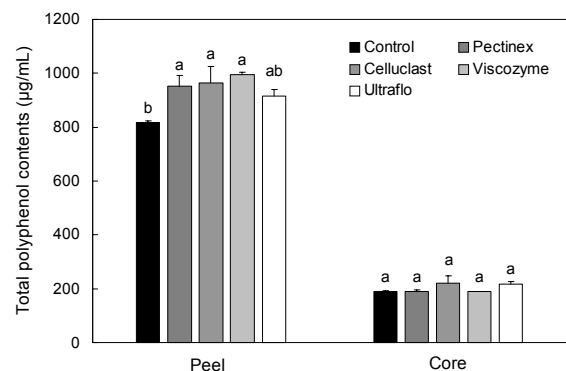


Fig. 4. Total polyphenol contents of pear peel and core treated by various complex carbohydrases. Means with different letters (a,b) above the bars are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

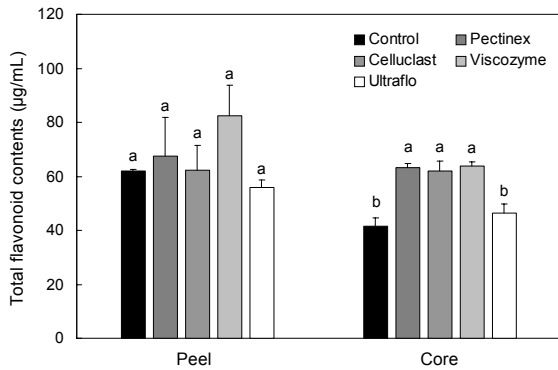


Fig. 5. Total flavonoid contents of pear peel and core treated by various complex carbohydrases. Means with same letter (a,b) above the bars are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

총 플라보노이드 함량의 변화를 조사하였다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 복합효소(Pectinex, Celluclast, Viscozyme 및 Ultraflo)로 처리한 과피의 경우 Ultraflo 처리군을 제외한 나머지 효소처리군에서 무처리군보다 총 플라보노이드 함량이 증가한 것으로 나타났으며, Viscozyme 처리군(82.3 µg/mL)은 무처리군(62.0 µg/mL)보다 총 플라보노이드 함량이 20.3 µg/mL 증가하여 가장 높은 증대 효과를 나타냈다. 과심에 4종의 복합효소를 처리하였을 때 Viscozyme 처리군(63.8 µg/mL)에서 가장 높은 총 플라보노이드 함량이 측정되었다. Youn 등(35)의 연구에서는 천도복숭아 주스에 각각 pectinase와 cellulase로 처리하였을 때 플라보노이드 함량이 증가한다고 보고된 바 있다. 폴리페놀과 마찬가지로 탄수화물 분해 복합효소에 의해 배의 세포벽이 분해되어 플라보노이드가 추출된 것으로 판단된다.

DPPH radical 소거능에 미치는 영향

DPPH는 짙은 보라색을 띠는 free radical로서 페놀과 같이 수소나 전자를 제공해주는 전자공여체와 반응하게 되면 공여체로부터 전자나 hydrogen radical을 받아 phenoxy radical을 생성하거나 환원되어 짙은 보라색이 노란색으로 변하는 특징이 있다. 이것을 이용하여 환원력을 지닌 항산화 화합물의 radical 소거능 활성을 평가한다(36,37). 배 과피와 과심을 탄수화물 분해용 복합효소(Pectinex, Celluclast, Viscozyme 및 Ultraflo)로 처리한 후 얻은 추출물에 대해서 DPPH radical 소거능을 측정하였다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 과피의 경우 Pectinex, Celluclast, Viscozyme 및 Ultraflo 효소처리추출물의 DPPH radical 소거능은 88% 이상으로 높은 DPPH radical 소거능을 보였다. 그러나 무처리군(87.4%)에 비해 Pectinex 처리군과 Viscozyme 처리군에서 각각 3.8%와 4.2% 정도 증가하여 약간 높은 DPPH radical 소거능을 보였고 Celluclast 처리군과 Ultraflo 처리군은 유의적으로 증가하지 않았다. 과심의 경우 무처리군(49.6%)과 비교하였을 때 Pectinex 처리군과 Viscozyme 처리군의 DPPH radical 소거능은 감소하였고 Celluclast

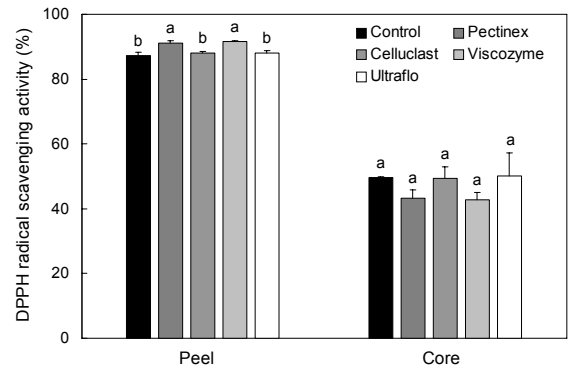


Fig. 6. DPPH radical scavenging activity of pear peel and core treated by various complex carbohydrases. Means with different letters (a,b) above the bars are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

처리군과 Ultraflo 처리군은 유의적으로 증가하지 않았다. 이는 효소처리에 의해 총 폴리페놀 함량이 무처리군에 비해 많이 증가하지 않았기 때문에 DPPH radical 소거능에 영향을 주지 못한 것으로 판단된다.

ABTS radical 소거능에 미치는 효소처리의 영향

ABTS radical 소거활성 평가는 potassium persulfate와 반응하여 생성된 ABTS radical이 항산화 물질에 의해 제거되어 radical 특유의 청록색이 탈색되는 원리를 이용하여 항산화능을 확인하는 방법이다(9). 배 과피와 과심에 대한 탄수화물 분해용 복합효소처리가 ABTS radical 소거능에 미치는 영향을 검토하였다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 과피에서는 무처리군(50%)보다 Pectinex 처리군, Celluclast 처리군, Viscozyme 처리군 및 Ultraflo 처리군에서 각각 13%, 9.7%, 27.8% 및 20% 정도 ABTS radical 소거능이 증가하였고 Viscozyme 처리군(77.8%)에서 가장 높은 ABTS radical 소거능을 나타냈다. 이는 배의 과피에 Viscozyme을 처리하였을 때 무처리군에 비하여 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 가장 많이 증가됨으로써 ABTS radical 소거능도 높게 나타난 것으로 판단된다. 과심의 경우 무처리군에

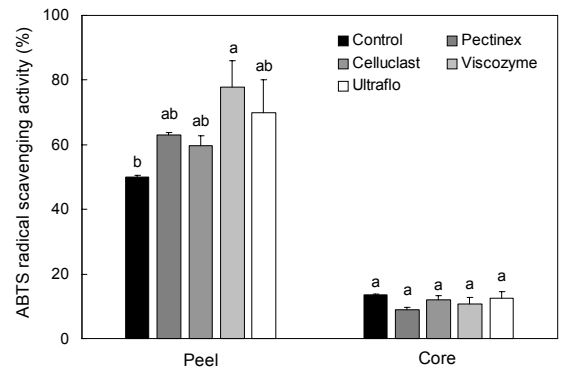


Fig. 7. ABTS radical scavenging activity of pear peel and core treated by various complex carbohydrases. Means with different letters (a,b) above the bars are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

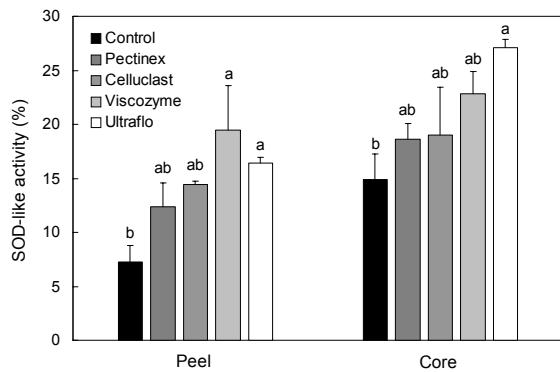


Fig. 8. SOD-like activity of pear peel and core treated by various complex carbohydrases. Means with different letters (a,b) above the bars are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

비하여 모든 효소처리군에서 ABTS radical 소거능 활성이 유의적으로 증가하지 않았다. 대부분의 페놀성 물질이 radical을 효과적으로 소거하는 것으로 알려져 있으나 radical의 기질에 따라 선택적으로 작용하는 페놀성 물질이 존재할 수 있으므로 ABTS radical 소거능이 증가되지 않을 수 있다고 판단된다(37).

SOD 유사활성에 미치는 효소처리의 영향

SOD는 생체 내에 형성된 superoxide(O_2^-) 소거에 관여하는 효소로서 체내에 산패로 인하여 형성된 환원산소종을 H_2O_2 로 전환시키고 catalase나 peroxidase는 이 H_2O_2 를 무해한 물 분자와 산소 분자로 전환시켜 활성산소로부터 생체를 보호한다(38). 본 실험에서는 배의 과피와 과심에 대한 탄수화물 분해용 복합효소의 처리가 SOD 유사활성에 미치는 영향을 검토하였다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 과피의 경우 Pectinex 처리군, Celluclast 처리군, Viscozyme 처리군 및 Ultraflo 처리군의 SOD 유사활성은 각각 12.3%, 14.4%, 19.5% 및 16.4%로 나타났으며, 무처리군(7.2%)에 비해 5.1~12.3% 정도 증가하였다. 과심의 경우 Ultraflo 처리군(27.1%) > Viscozyme 처리군(22.8%) > Celluclast 처리군(18.6%) > Pectinex 처리군(18.6%) > 무처리군(14.9%)의 순으로 활성이 높았다. 배의 과피와 과심에 복합효소처리하였을 경우 무처리군보다 SOD 유사활성이 높아진 것으로 보아 이는 배의 과피와 과심의 세포벽에 결합하고 있는 항산화 물질이 탄수화물 분해 복합효소에 의해서 용출되었기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 배의 과피, 과육 및 과심의 경우 모든 효소처리군에서 SOD 유사활성이 30% 미만으로 나타나 SOD 유사활성은 높지 않은 것으로 판단된다.

결론적으로 배의 과피와 과심에 4종의 탄수화물 분해 복합효소를 처리하였을 때 가용성 고형분 함량, 환원당 함량 및 총당 함량이 증가하였음을 확인하였다. 또한 효소처리에 의해 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량의 증대 효과가 나타났으며 DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능 및 SOD 유사활성이 증가하였다. 이를 통하여 효소처리에

의하여 배의 세포벽 성분을 분해하여 고형분, 환원당 및 항산화 물질의 추출율을 증가시키고 항산화 활성을 향상시키는 것을 확인하였다.

요 약

배(*Pyrus pyrifolia*)의 과피와 과심에 복합효소처리 의해 물리화학적 특성 및 기능성에 미치는 영향을 조사하였다. 배의 과피와 과심에 4종의 복합효소를 처리할 경우 과피의 가용성 고형분 함량이 증가하였고 과심은 유의적으로 증가하지 않았다. 과피의 가용성 고형분 함량은 Pectinex로 처리하였을 때 가장 높은 증대효과를 나타냈다. 또한 배의 과피와 과심에 Pectinex로 처리하였을 때 높은 환원당 추출 수율을 얻을 수 있었다. 총당 함량은 대부분의 효소처리군에서 증가하여 효소에 의해 탄수화물이 분해되어 당 함량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 배의 과피에 Viscozyme으로 처리할 경우 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능 및 SOD 유사활성이 가장 높은 증대효과를 보였다. 또한 과심에 Celluclast로 처리할 경우 총 폴리페놀 함량이 증가하였고, 총 플라보노이드 함량은 Ultraflo 처리군을 제외한 나머지 효소처리군에서는 비슷한 양상으로 증가하였다. 또한 과심에 4종의 복합효소처리 시 DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능은 유의적으로 증가하지 않았고 SOD 유사활성은 모두 증가하였다. 결과적으로 배의 과피와 과심에 탄수화물 분해 복합효소를 처리함으로써 고형분, 환원당 및 항산화 물질의 추출율을 증가시키고 항산화 활성을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ907072)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. 2006. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. *Korean J Food Sci Technol* 38: 342-347.
- Fisher RB, Bennett AB. 1991. Role of cell wall hydrolase in fruit ripening. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Bio* 42: 675-703.
- Challice JS, Williams AH. 1968. Phenolic compounds of the genus *Pyrus*- II: A chemotaxonomic survey. *Phytochemistry* 7: 1781-1801.
- Kim JB. 2003. *Story of our pear*. National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon, Korea. p 18-22.
- Zhang UB, Choi HJ, Han HS, Park JH, Son JH, Bae JH, Seong TS, An BJ, Kim HG, Choi C. 2003. Chemical structure of polyphenol isolated from Korea (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *Korean J Food Sci Technol* 35: 959-967.
- Choi HJ, Park JH, Han HS, Son JH, Son GM, Bae JH, Choi C. 2004. Effect of polyphenol compound from Korean pear

- (*Pyrus pyrifolia* Nakai) on lipid metabolism. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 299-304.
7. Choi HJ, Han HS, Park JH, Bae JH, Woo HS, An BJ, Bae MJ, Kim HG, Choi C. 2003. Effect of polyphenol compounds from Korean pear on immunofunctional activity. *Korean J Food Culture* 18: 303-310.
 8. Ahn BJ, Lee JT, Gwag JH, Park JM, Lee JY, Shon JH, Bae JH, Chung C. 2004. Biological activity of polyphenol group fraction from Korean pear peel. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 92-95.
 9. An ES. 2012. Isolation and identification of antioxidants from pear and antioxidant potential of peels and flesh of pear. *MS Thesis*. Chonnam National University, Gwangju, Korea. p 68-93.
 10. Jin YO, Song WS. 2012. Antioxidant activity of *Pyrus serotina* fruit in different cultivars and parts. *Korean J Plant Res* 25: 498-503.
 11. Choi HS, Li X, Kim WS, Lee Y. 2010. Comparison of fruit quality and antioxidant compound of 'Niitaka' pear trees grown in the organically and conventionally managed systems. *Korean J Environ Agric* 29: 367-373.
 12. Jin JY. 2012. Antioxidant and skin care activities relative to cultivar and growth time of *Pyrus* spp. *MS Thesis*. Mokpo National University, Muan, Korea. p 16-20.
 13. Zhang YB, Bae MJ, An BJ, Choi JH, Kim S, Choi C. 2003. Effect of antioxidant activity and change in quality of chemical composition and polyphenol compound during long-time storage. *Korean J Food Sci Technol* 35: 115-120.
 14. Kang BS, Whang HJ. 2012. Quality characteristics of Cheonan Shingo pear freeze-dried pear snack. *Korean J Food & Nutr* 25: 324-329.
 15. Park YO, Choi JH, Choi JJ, Yim SH, Lee HC, Yoo MJ. 2011. Physicochemical characteristics of Yanggaeng with pear juice and dried pear powder added. *Korean J Food Preserv* 18: 692-699.
 16. In MJ, Kim HM, Jin HJ, Kim DC, Oh NS, Chae HJ. 2010. Production of a fermented Korean pear puree using a new strain *Leuconostoc mesenteroides* KACC 91495P isolated from *Kimchi*. *J Appl Biol Chem* 53: 51-55.
 17. Lee ES, Doo HJ, Kim YR, Shim JY. 2010. A study on the quality characteristics of *Backsulgi* prepared with combined treatment of enzyme and trehalose. *Food Eng Prog* 14: 235-242.
 18. Kim YD, Kim KJ. 2004. Optimum condition for removing bitter substance of Yuzu (*Citrus junos*) by enzyme treatment. *Korean J Food Preserv* 11: 53-56.
 19. Sohn KS, Lee JH, Ha YS. 2002. Clarification of mixed fruit and vegetable juices using enzyme treatment. *Food Eng Prog* 6: 241-247.
 20. Choi SJ, Kim S, Lee SC, Lee JM, Lee IS, Jung MY, Yang SM, Chae HJ. 2009. Anti-oxidant and whitening effects of cell lytic enzyme-treated lotus leaf extract. *KSBB J* 24: 579-583.
 21. Kim YC, Cho CW, Rhee YK, Yoo KM, Rho J. 2007. Antioxidant activity of ginseng extracts prepared by enzyme and heat treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1482-1485.
 22. Kwon SC, Choi GH, Hwang JH, Lee KH. 2010. Physico-chemical property and antioxidative activity of hot water extracts from enzyme hydrolysate of *Astragalus membranaceus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 406-413.
 23. Kim JE, Joo SI, Seo JH, Lee SP. 2009. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory effect of tartary buckwheat extract obtained by the treatment of different solvents and enzyme. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 989-995.
 24. Chae HJ, Park DI, Lee SC, Oh CH, Oh NS, Kim DC, Won SI, In MJ. 2011. Improvement of antioxidative activity by enzyme treatment and lactic acid bacteria cultivation in blank garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 660-664.
 25. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
 26. Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem* 28: 350-356.
 27. Cho CH, Kim S, Yoo G, Son MH, Park K, Lim BL, Kim DC, Chae HJ. 2008. Resveratrol extraction from grape fruit stem and its antioxidant activity. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 51: 11-16.
 28. KFN. 2000. *Handbook of experiments in food science and nutrition (nutrition part)*. The Korean Society of Food Science and Nutrition. Hyoil, Seoul, Korea. p 285-286.
 29. Heo JC, Park JY, An SM, Lee JM, Yun CY, Shin HM, Kwon TK, Lee SH. 2006. Anti-oxidant and anti-tumor activities of crude extracts by *Gastrodia elata* Blume. *Korean J Food Preserv* 13: 83-87.
 30. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad Biol Med* 26: 1231-1237.
 31. Lee SB, Lee YK, Kim SD. 2006. Solubility, antioxidative and antimicrobial activity of chitosan-ascorbate. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 973-978.
 32. Kim H. 2008. The manufacturing of fermented tea by the treatment of enzyme and *Lactobacillus*. *MS Thesis*. Korea Polytechnic University, Siheung, Korea. p 36-37.
 33. Kim EJ, Chol JY, Yu M, Kim MY, Lee S, Lee BH. 2012. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 44: 337-342.
 34. Park HJ. 2007. A study on the survey of consumer preference and their satisfaction for the functional food made from pear. *MS Thesis*. Dongshin University, Naju, Korea. p 9-10.
 35. Youn SJ, Lee ET, Cho JG, Kim DJ. 2010. Effect of enzyme treatment on functional properties of nectarine beverage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1379-1383.
 36. Labuza TP, Dugan Jr LR. 1971. Kinetic of lipid oxidation in foods. *CRC Crit Rev Food Technol* 2: 355-405.
 37. Lee CH, Shin SL, Kim NR, Hwang JK. 2011. Comparison of antioxidant effects of different Korean pear species. *Korean J Plant Res* 24: 253-259.
 38. Jeong HJ, Park SB, Kim S, Kim HK. 2007. Total polyphenol content and antioxidative activity of wild grape (*Vitis coignetiae*) extracts depending on ethanol concentrations. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1491-1496.