Food Eng. Prog.
Vol. 22, No. 2. pp. 173~185 (2018.5)
DOI https://doi.org/10.13050/foodengprog.2018.22.2.173
ISSN 1226-4768 (print), ISSN 2288-1247 (online)

산업식품공학
Food Engineering Progress

고압효소처리에 의한 생강의 다당류와 기능성분 수용화

남동건 · 김민아 · 임푸름 · 김상범 · 최정숙 · 최애진*
농촌진흥청 국립농업과학원 기능성식품과

Solubilization of Polysaccharide and Functional Components by High-pressure Enzyme Treatment from Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.)

Dong-Geon Nam, Mina Kim, Pureum Im, Sang Bum Kim, Jeong-Sook Choe, and Ae-Jin Choi*

Functional Food & Nutrition Division, National Institute of Agricultural Science (NIAS), Rural Development Administration (RDA), Wanju 55365, Korea

Abstract

The objectives of this study were to characterize the physicochemical properties of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) and the optimum extract processing condition to increase the solubilization efficiency of 6-gingerol and polysaccharides disintegration. The physicochemical properties were investigated under high-pressure enzyme (HP) and enzyme (WB) treatment conditions such as reaction time (1, 2, 3 h), pressure (50, 70, 100 MPa) and sample types, and cell wall degradation enzyme (hemicellulase, cellulase, pectinase, glucosidase, etc.) The effect of high-pressure enzyme treatment depending on sample types was significantly highest in the freeze-dried ginger powder. The optimum condition for high-pressure enzyme treatment was with Pectinex Ultra SP-L (Pec) enzymes for 2 h at 50°C and 100 MPa. Water soluble indexes increased 4.6 and 3.8 times more compared to CON (15.35%) while total polyphenol contents increased by 1.8 and 1.7 times compared to CON (1.43%). The total contents of indicator components such as 6, 8, 10-gingerol and shogaol was 1.53%, increasing 2.7 times more compared to CON (0.57%) with a significant difference (p<0.001). The high-pressure and enzymatic approach described in this study would be beneficial to food industries for developing ginger functional product and materials.

Key words: ginger (*Zingiber officinale* Rosc.), high-pressure, enzyme, processing, solubilization characterization

서 론

생강(*Zingiber officinale* Roscoe)은 생강과(Zingiberaceae)에 속하고 말레이시아, 인도 등의 열대아시아 지역에서 주로 생산되고 있으며, 세계적으로 다양한 의약품과 식품첨가물로 널리 사용되고 있다(Priya & Subramanian, 2008). 또한, 특유의 맛과 향미를 지니고 있어 과자, 차, 음료, 캔디, 소스, 잼류와 같은 가공식품으로 개발되고 있다(Ali et al., 2008). 국내의 주요 생산지로는 경상북도 안동 54%, 충청남도 서산 당진 24%로, 국내 총 생산량의 78%를 차지하고 있다. 국내 총 생산량은 2016년 기준 약 3만 2천 여톤 이다(Key statistics, 2016). 최근 국내에서는 경제 성장 및 국민 소득 증대에 따라 건강에 대한 관심이 빠르게 증대되면서 안전한 먹거리 확보에 대한 관심도 고조되고 있다. 이와 더불어 유용한 생리활성 기능을 가지면서 부작용이 없는 농식품 원료의 활성물질 탐색 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 선행 연구에 의하면 생강의 gingerols과 shogaols은 항산화, 항지질, 항암, 항염증, 면역증강, 항고혈당, 항균 활성이 있으며, paradol 은 항신경, 항독성, 항바이러스, 진통 및 해열 등의 효과가 있는 것으로 확인되었다(O'Hara et al., 1998). 생강과 같은 구근류는 전분 등 다양한 탄수화물이 60-70% 정도 차지하고 있으며, 단백질 및 기타 화합물의 복합체로 구성되어 있다. 특히 세포벽을 구성하고 있는 성분은 헤미셀룰로스, 셀룰로스, 펙틴과 같은 다당류와 구조 단백질 등의 다양한 중합체로 이루어져 있다(Rose & Lee, 2010). 이러한 구조의 세포벽은 주로 복잡한 결합형태로 수용성이 낮고 물리, 화학, 미생물의 작용에도 쉽게 분해되기 어려운 특징을 가지고 있다. 그리고 생강에는 섬유질과 전분 함량이 다른 향신료에 비해 높아 착즙 수율이 낮을 뿐만 아니라, 대부분의 전분이 착즙액에 잔존하고 있어 여과와 농축 공정에 어려움이 많은 것으로 보고되어 왔다. 이러한 문제점들로 인해 국내에서는 생강을 활용한 가공품 개발이 단순 가공 중심의 제한

*Corresponding author: Ae-Jin Choi, Functional Food & Nutrition Division, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, 166, Nongsaengmyeong-ro, Wanju, Jeonbuk 55365, Korea
Tel: +82-63-238-3691; Fax: +82-63-238-3843,
E-mail: aejini77@korea.kr
Received April 9, 2018; revised May 11, 2018; accepted May 16, 2018

적 형태로 이루어지고 있으며, 생강 추출물의 가공적성 향상 연구에 대한 요구도도 높아지고 있다. 생강의 착즙 수율을 향상시키기 위한 물리적인 방법들로 초음파, 초임계 유체, 마이크로 웨이브, 고압처리 등을 포함한 많은 접근법이 활발히 시도되어 왔다(Mustafa & Turner, 2011; Guo et al., 2015). 그 중에서도 고압처리 기술은 최근에 집중 연구되고 있는 녹색가공기술로 가열조작과 유용성분의 파괴가 수반되지 않은 상태로 미생물 사멸 및 천연물질의 수용화가 가능하여 고품질의 식품과 기능성 식품소재 생산에 적합하다. 또한 고압처리 시 다당류 분해 효소를 첨가하면 식물체의 가수분해 효율이 섬유질과 펙틴의 구성 다당체를 분해시킬 수 있다. 최근 효소를 첨가한 고압처리 연구로는 토마토의 carotenoid 추출 수율 향상을 위한 pectinase 처리(Strati et al., 2015), 코코넛 껍질의 가수분해력 향상과 착즙 수율 증대를 위한 cellulase 처리(Albuquerque et al., 2016), Okara의 저분자 당류와 식이섬유 용해력 향상을 위한 β-glucanase 처리(Lopez et al., 2016a; Lopez et al., 2016b; Lopez et al., 2017), 쌀겨의 생리활성 물질 추출 증대를 위한 celluclast, viscozyme, liquozyme 혼합효소처리(Kim & Han, 2012) 등이 있다. 따라서 본 연구에서는 고압과 효소처리 기술을 적용하여 생강의 유용성분 파괴를 최소화하고 세포벽 고분자 다당류의 분해를 최대화하여 생강 추출물의 품질을 개선시킬 수 있는 방법을 모색하고자 한다. 또한 유용성분이 많이 함유된 고품질의 생강 추출물 제조 기술 개발을 통하여 농가단위의 영농조합 및 중소기업에서 쉽게 활용하여 제품개발에 적용할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서는 2016년 10월 전라북도 봉동에서 수확된 국내산 생강을 사용하였으며, 동결 또는 열풍건조 후 각각 500 g씩 소분하여 -20ºC 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다. 생강 고압효소처리에 사용된 세포벽 분해 효소(celluclast 1.5L FG, pectinex Ultra SP-L, viscozyme L)와 전분 분해 효소(termamyl 120L)는 Novozymes (Novo Nordisk, Bagsvaerd, Denmark)에서 구입하여 사용하였다. 분석에 사용된 시약은 dinitrosalicylic acid (DNS), Folin-Ciocalteu's reagent, gallic acid, glucose, standard fatty acid, methyl ester, quercetin 및 catechin (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), L-cysteine (Nacalai Tesque Inc., Tokyo, Shinjuku-ku, Japan)을 사용하였다. 무기질 정량을 위한 표준시약(AccuStandard, New Haven, CT, USA), 지표성분 표준물질 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol, 6-shogaol, 8-shogaol, 10-shogaol (Chromadex, Laguna Hills, CA, USA)을 사용하였다. 그 외 시약 및 용매는 분석용 특급시약(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였다.

생강 시료 준비

생강은 탈피 및 세척 과정을 거쳐 이물질을 제거하고 슬라이스 형태로 절단하여 흐르는 물에 세척하였다. 슬라이스 생강을 채반에 건져 물기를 뺀 다음, 동결 건조기(Lyophpride Series Freeze Dryer, ilShinBioBase, Dongducheon, Gyenggi-do, Korea)와 열풍 건조기(HB-502LP, Scientific Co., Bucheon, Gyenggi-do, Korea)를 이용하여 각각 건조하였다. 식품산업에서 일반적으로 상용화되어 건조법(인공건조, 열풍건조, 분무건조, 감압건조, 동결건조) 중에서 생강의 조직상태와 원료특성에 부합하며, 현재 생강 관련 소재 개발 산업체에서 많이 사용하고 있는 열풍건조와 동결건조 방법으로 진행하였다. 건조된 생강 슬라이스는 분쇄기(SMX-6500JS, Shinil Co., Ltd., Seoul, Yeongdeungpo-gu, Korea)로 분쇄하여 분말 형태의 시료로 준비하였다.

생강의 영양성분 분석

생강의 일반성분은 시료 형태 선정 실험에서 수용화 정도가 가장 높게 나타난 동결 건조 분말(freeze-dried powder, FDP)을 AOAC (2005)의 방법으로 분석하였다. 수분은 105ºC 상압가열 건조법, 조단백질은 Micro-kjeldahl 질소정량법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550ºC 건식회화법으로 분석하였다. 탄수화물은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량을 뺀 값으로 계산하였다. 또한, 식이섬유는 Prosky방법(효소 이용 정량법)(Prosky et al. 1988), 아미노산은 Son et al. (2012)의 방법, 유리당은 Knudsen (1986)과 Park et al. (2012)의 방법, 무기질은 AOAC (2005) 방법을 이용하여 분석하였다. 비타민 분석을 위한 시료 추출과 분석은 AOAC (2005)방법으로 활용하였다. β-Carotene, 비타민 B_1 (thiamin), 비타민 C (ascorbic acid), 비오틴(biotin)은 고속액체크로마토그래피(HPLC)법, 비타민 B_2 (riboflavin)는 루미플라빈 형광비색법, Niacin은 케니히반응 비색법을 이용하였다.

고압효소처리의 시료 형태 선정

생강은 동결 건조 분말(FDP), 열풍 건조 분말(hot-air dried powder, HDP), 동결 건조 슬라이스(freeze-dried slice, FDS), 열풍 건조 슬라이스(hot-air dried slice, HDS)로 각 형태별로 준비하여 Im et al. (2015)의 연구 결과에서 제시된 100 MPa, 50ºC, 2시간의 고압효소처리 조건에서 pectinase (Pectinex Ultra SP-L)를 첨가하여 실시하여 비교하였다.

고압효소처리의 효소 종류 선정

생강 고압효소처리의 시료는 시료 형태 선정 실험에서 수용화 정도가 가장 높게 나타난 동결 건조 분말(FDP)을 사용하였다. 고압효소처리 단계는 Fig. 1과 같으며, 효소 종

류와 처리조건은 Table 1에 나타내었다. 생강 세포벽 다당류 분해를 위한 효소는 celluclast 1.5L FG (cellulase: Cel), pectinex ultra SP-L (polygalacturonase: Pec), viscozyme L (mixture of cellulase, hemicellulase: Vis), celluclast 1.5L FG와 viscozyme L을 1:1로 혼합(Cel+Vis), pectinex ultra SP-L과 viscozyme L을 1:1로 혼합(Pec+Vis)한 효소 5종류를 사용하였다. 전분 분해는 termamyl 120 L (α-Amylase)를 사용하였다. 생강 동결 건조 분말에 20배(5 g/100 mL)에 해당하는 증류수를 가하여 혼합한 후, 0.1 N 수산화나트륨 용액과 0.1 N 염산 용액을 이용하여 각 효소처리 최적 pH 조건으로 조정하였다. 생강 혼합액을 파우치(10 cm×15 cm, PE)에 넣고, 효소를 생강 시료의 1%(w/w) 농도로 첨가한 후 기포를 제거하고 밀봉하였다. 고압효소처리(high-pressure enzyme treatmentt: HP)에 사용될 최적의 효소 선정을 위하여 100 MPa, 50°C, 2시간의 단일 조건에서 실시하였으며, 초고압액화처리장치(Chemresys Co., Gyenggi-do, Anyang, Korea)를 이용하였다. 고압효소처리 후, 생강 추출물의 pH를 6.0으로 다시 조정하고 전분 분해 효소인 termamyl 120 L을 1%(w/w) 농도로 첨가하여 항온수조(WiseBath, MaXturdy, Daihan Scientific, Wonju, Gangwon-do, Korea)에서 1시간 동안 93°C 온도로 가열하였다. 이 과정에서 세포벽 분해 효소도 동시에 불성화성화 하였다. 고압효소처리의 대조구로 고압처리 없이 효소만 첨가하여(단일효소처리, water bath shaking with enzyme: WB) 2시간 동안 50°C 항온수조에서 100 rpm 속도로 진탕하였으며, 전분 분해 효소 처리는 동일하게 실시하였다. 각각의 생강 추출액은 여과지(Whatman No. 4, GE Healthcare Co., Bukinghamshire, England)로 감압여과한 다음, 3,000×g, 4°C 조건에서 10분간 원심분리(Labogene, Gyro1580MGR, Gyrogen Co., Ltd., Daejeon, Korea)하였다. 이 상등액은 0.45 μm syringe filter (Millipore, Billetica, MA, USA)로 다시 한번 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

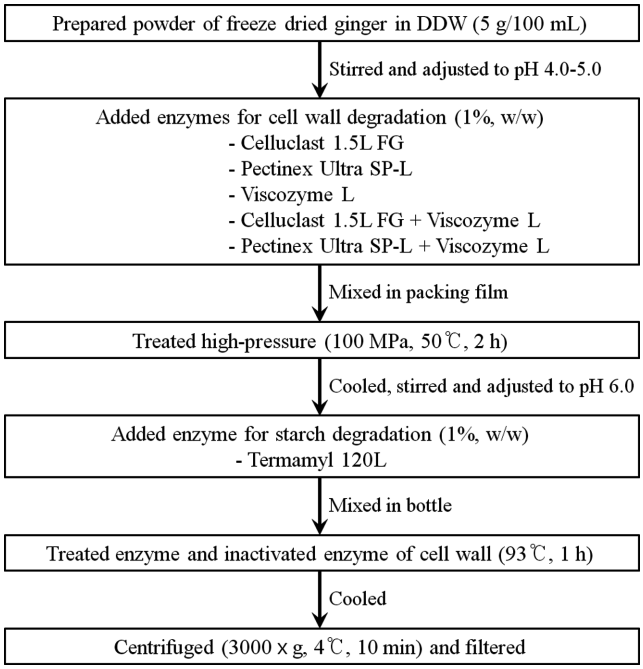

Fig. 1. Processing procedure of enzyme and high-pressure in freeze-dried ginger.

고압효소처리의 시간, 온도, 압력 선정

고압효소처리를 위한 시간, 온도, 압력 조건 선정 실험은 순차적으로 진행하였으며, 선정 기준은 고압효소처리의 가장 중요한 변수인 수분용해지수와 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량으로 하였다. 시간은 효소 선정 실험에서 선발된 Pec와 Pec+Vis 효소 2종류를 적용하여 1, 2, 3시간 조건에서 진행하였다. 온도는 시간 선정 실험에서 선발된 Pec 효소와 2시간 처리 조건을 적용하여 효소 최적 활성 온도 범위인 45, 50, 55°C 온도에서 진행하였다. 압력은 온도 선정 실험에서 선발된 Pec 효소, 2시간, 50°C 조건을 적용하여 50, 70, 100 MPa 압력에서 실시하였다.

생강 추출물의 수용화 특성

다당류 및 전분 제거율(removal polysaccharide and starch content: RPSC)은 생강 추출물에 3배의 에탄올을 가하여 4°C의 냉장고에서 24시간 정치한 후, 원심분리하여 얻은 상등액의 총 당을 측정하여 산출하였다. 총 당은 phenol sulfuric acid법(Kang et al., 1998)을 이용하였으며, 시료 0.5 mL에 5% phenol 용액 0.5 mL과 sulfuric acid 2.5 mL를 가하여 혼합하였다. 이 혼합액을 30분간 실온에 방치한 후

Table 1. Enzyme treatment conditions and enzyme information of ginger

Degradation	Enzyme treatment	Function	pH	Temperature (°C)	Time (h)	Pressure (MPa)
Cell wall	Celluclast 1.5 L FG (Cel)	cellulase	5.0	50	2	100
	Pectinex Ultra pulp (Pec)	polygalacturonase	4.0			
	Viscozyme L (Vis)	cellulase, hemicellulase, arabanase, xylanase, β-glucanase	5.0			
	Celluclast 1.5 L FG + Viscozyme L (Cel+Vis, 1:1)	-	5.0			
	Pectinex Ultra pulp + Viscozyme L (Pec+Vis, 1:1)	-	4.5			
Starch	Termamyl 120 L Type L	α-amylase	6.0	93	1	-

microplate leader (Infinite M200 Pro, Seestrasse, Männedorf, Switzerland)를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준곡선은 Glucose를 이용하였다.

수용성 다당류 함량(soluble crude polysaccharide content: SCPC)은 추출을 위해 처음에 투입된 생강 분말의 중량대비 고압효소처리에 의해 회수된 다당류의 중량 백분율로 산출하였다. 생강 추출물에 에탄올을 가하고 원심분리하여 얻은 침전물에 10배의 증류수를 가하였다. 이 다당류 용액을 투석 튜브(SnakeSkin™ Dialysis Tubing, 3.5K MWCO, Thermo Scientific, Rockford, IL, USA)에 넣어 3일 동안 실온에서 투석하였다. 투석 후 염이 제거된 수용성 다당류를 동결 건조 하여 무게를 측정하였다.

수분용해지수(water solubility index: WSI)와 수분흡착지수(water absorbance index: WAI)는 Anderson et al. (1970)의 방법에 따라 다음과 같은 식으로 구하였다.

WSI = [(soluble solids g/5 mL) × supernatant total Vol. (mL)] /5 g × 100

WAI (g/mL) = weight of precipitate/weight of dry solids

총 당(total sugar: TS)은 다당류 및 전분 제거율에 사용한 phenol sulfuric acid법(Kang et al., 1998)을 이용하여 측정하였으며, 환원당(reducing sugar: RS)은 DNS 비색법(KSFSN 2000)으로 측정하였다. 20배로 희석한 생강 추출물 1 mL에 DNS 시약 3 mL을 넣고 5분간 중탕한 다음 냉각하여 25 mL 정용플라스크에 정용하였다. 550 nm에서 흡광도를 측정하여 포도당 함량에 상당하는 값(glucose equivalent, GE, g%)으로 나타내었다.

생강 추출물의 유용성분 함량

총 폴리페놀(total polyphenol: TP) 함량은 Folin-Denis법(Gutfinger, 1981)을 변형하여 측정하였다. 생강 추출물 1 mL을 2배로 희석한 다음, 희석액 0.1 mL에 Folin 시약 0.1 mL을 첨가하여 잘 혼합한 후 3분간 방치하였다. 이 혼합액에 2 mL의 2% Na_2CO_3를 서서히 가하고 1시간 동안 방치한 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

총 플라보노이드(total flavonoid: TF) 함량은 건강기능식품공전법(KFDA, 2013)을 변형한 방법으로 측정하였다. 생강 추출물 0.34 mL에 증류수 1.92 mL을 첨가하고 2% $NaNO_2$ 0.2 mL을 넣어 혼합하였다. 이 혼합액에 10% $AlCl_3$ 0.2 mL과 1 M Na_2CO_3 1.34 mL을 넣고 실온에서 30분간 방치한 후 410 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 (+)-catechin을 정량하여 작성한 표준곡선으로부터 구하였다.

생강 추출물의 지표성분 함량

생강의 지표성분은 생강 추출물을 동결 건조한 다음 2 mL의 메탄올에 녹여 0.45 μm syringe filter (Millipore, Billetica, MA, USA)로 여과하여 UPLC로 분석하였다. 6-gingerol (6-G), 8-gingerol (8-G), 10-gingerol (10-G), 6-shogaol (6-S), 8-shogaol (8-S), 10-shogaol (10-S) 함량은 %로 산출하였으며, 그 분석 조건은 Table 2와 같다.

Table 2. Analytical conditions of UPLC for 6, 8, 10 gingerol and shogaol

Parameters	Analysis condition		
UPLC system	LC-30AD SHIMADZU		
Detector	DAD, UV, 280 μm		
Column	Kinetex XB.C18 100 Å (1.7 μm, 150×2.1 mm)		
Mobile phase	A: 0.1% acetic acid in water (V/V, %) B: 0.1% acetic acid in acetonitrile (V/V, %)		
Gradient elution	Time (min)	A (%)	B (%)
	0.5	90	10
	2.5	60	40
	4.5	45	55
	6.0	40	60
	8.0	35	65
	9.5	35	65
	11.5	35	65
	13.0	30	70
	14.5	25	75
	16.0	20	80
	17.5	15	85
	20.0	10	90
	25.0	10	90
	26.0	90	10
	29.0	90	10
Injection volume (μL)	2		
Flow rate (mL/min)	0.3		
Column temp. (°C)	30		

통계처리

실험 결과는 3회 반복하여 측정한 값을 SPSS (Version 18.0, Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균치와 표준편차로 나타내었다. 분산분석(ANOVA)을 실시하여 유의성이 있는 경우에는 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료 간의 유의차를 검정하였다(p<0.05).

결과 및 고찰

생강의 영양성분 함량

동결 건조분말 생강의 일반성분, 아미노산, 무기질, 비타민의 함량을 측정한 결과는 Table 3에 나타내었다. 일반성분은 수분 2.94%, 조단백 0.91%, 조지방 0.36%, 조회분 0.61%로 나타났으며, 총 식이섬유는 2.88%, 총 당은 0.25%로 나타났다. 아미노산 함량은 cystine 0.01%, methionine 0.01%, aspartic acid 0.17%, threonine 0.03%, serine 0.04%,

Table 3. Proximate composition, amino acid, mineral, vitamin contents of freeze-dried ginger

Proximate composition (%)		Amino acid (%)		Mineral (mg/100 g)		Vitamin (mg/100 g)	
Composition	Content	Composition	Content	Composition	Content	Composition	Content
Moisture	2.94±0.13	Cystine	0.01±0.00	Calcium	16.87±0.79	β-Carotene (μg/100 g)	27.74±0.69
Crude protein	0.91±0.03	Methionine	0.01±0.00	Phosphorus	15.40±0.76	Thiamin	0.04±0.00
Crude fat	0.36±0.00	Aspartic acid	0.17±0.00	Iron	0.90±0.10	Riboflavin	0.07±0.01
Crude ash	0.61±0.01	Threonine	0.03±0.00	Potassium	20.23±2.68	Ascorbic acid	1.31±0.08
Total dietary fiber	2.88±0.04	Serine	0.04±0.00	Sodium	15.60±1.23	Niacin	0.43±0.04
Insoluble dietary	2.33±0.02	Glutamic acid	0.11±0.00	Magnesium	17.06±1.40	Biotin (μg/100 g)	1.22±0.03
Soluble dietary	0.54±0.02	Glycine	0.03±0.00	Manganese	1.37±0.05		
Total sugar	0.25±0.02	Alanine	0.03±0.00	Zinc	0.23±0.03		
Glucose	0.10±0.01	Valine	0.03±0.00	Copper	0.05±0.01		
Fructose	0.15±0.01	Isoleucine	0.02±0.00				
Maltose	-[1)]	Leucine	0.05±0.00				
Lactose	-	Tyrosine	0.03±0.00				
		Phenylalanine	0.03±0.00				
		Lysine	0.02±0.00				
		Histidine	0.01±0.00				
		Arginine	0.05±0.00				
		Proline	0.03±0.00				
		Tryptophan	0.01±0.00				

[1)]-, Not detected.

glutamic acid 0.11%, glycine 0.03%, alanine 0.03%, valine 0.03%, isoleucine 0.02%, leucine 0.05%, tyrosine 0.03%, phenylalanine 0.03%, lysine 0.02%, histidine 0.01%, arginine 0.05%, proline 0.03%, tryptophan 0.01%로 Jeong et al. (1999)의 결과와 유사하였다. 무기질 중에서는 칼슘 16.87 mg/100 g, 인 15.40 mg/100 g, 철 0.90 mg/100 g, 칼륨 20.23 mg/100 g, 나트륨 15.60 mg/100 g, 마그네슘 17.06 mg/100 g, 망간 1.37 mg/100 g, 아연 0.23 mg/100 g으로 나타났으며, Otunola et al. (2010)의 연구에서는 열풍 건조 처리한 나이지리아산 생강의 칼륨이 본 연구의 생강 시료보다 10배 정도 높게 나타났다. 비타민은 β-carotene 27.74 μg/100 g, thiamin 0.04 mg/100 g, riboflavin 0.07 mg/100 g, ascorbic acid 1.31 mg/100 g, niacin 0.43 mg/100 g, biotin 1.22 μg/100 g으로 RDA & NAS (2017)의 함량 결과와 유사하였으며, Biotin 함량만 차이가 있었다. 결과적으로, 생강의 영양성분 함량 차이는 각 연구에서 사용된 생강의 원산지, 품종, 수확시기, 시료전처리 방법 등의 차이에 의한 것으로 판된되었다.

시료 형태별 생강 추출물의 수용화 특성

생강 고압효소처리를 위한 최적의 시료형태 선정을 위하여 동결 건조 분말(FDP), 열풍 건조 분말(HDP), 동결 건조 슬라이스(FDS), 열풍 건조 슬라이스(HDS) 시료 4종류를 준비하여 관련 문헌에서 제시된 단일 조건에서 처리한 수용화 특성 변화 결과는 Table 4와 같다. 다당류 및 전분 제거율(RPSC)은 FDP 23.03%, HDP 16.93%, FDS 6.18%, HDS 3.65% 순으로 FDP가 유의적(p<0.001)으로 가장 높게 나타났다. 수용성 다당류 함량(SCPC)은 분말 형태(FDP, HDP)가 슬라이스 형태(FDS, HDS)에 비하여 유의적(p<0.01)으로 높게 나타났다. 수분용해지수(WSI), 총 당(TS)과 환원당(RS)은 FDP가 각각 70.67%, 35.3%, 21.86%로 유의적(p<0.001)으로 가장 높게 나타났으며, 수분흡착지수(WAI)는 1.61%로 가장 낮게 나타나 동결 건조분말 형태가 고압효소처리에 의한 수용화 향상에 가장 효과적인 것으로 확인되었다. Chung & Choi (1990)의 연구와 Kim et al. (1996)의 연구에서 건조방법에 따른 분말마늘의 미세구조 변화를 현미경으로 관찰한 결과, 동결 건조 분말이 열풍건조 분말에 비하여 다공성으로 인한 흡습 표면적이 크게 나타났다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구 결과를 뒷받침하는 것으로, 동결 건조분말이 가수상태에서 고압이나 효소가 작용할 수 있는 표면적 증가로 수용화 정도가 높게 나타난 것으로 사료된다.

시료 형태별 생강 추출물의 유용성분과 지표성분 함량

시료 형태별 고압효소처리 생강 추출물의 유용성분과 지표성분 함량은 Table 5와 같다. 총 폴리페놀 함량(TP)은 FDP 2.55%, HDP 1.91%, HDS 1.07%, FDS 0.42%로 FDP가 유의적으로 가장 높게 나타났다(p<0.001). 총 플라보노이드 함량(TF) 역시 FDP가 0.73%로 다른 시료에 비하여 2.4-3.3배 유의적으로 높게 나타났다(p<0.001). Jeong & Park (2013)은 냉동 저장 생강 착즙액의 폴리페놀 함량이 1.52%라고 보고하였으며, Youn et al. (2016)은 열풍 건조

Table 4. Effect of high-pressure enzyme treatment on removal starch, crude polysaccharide and water solubility depend on sample type

Treatment	Sample	[2)]RPSC (%)	SCPC (%)	WSI (%)	WAI (g/mL)	TS (%)	RS (%)
[1)]HP	FDP	[3)]23.03±0.51[a]	4.11±0.86[a]	70.67±0.42[a]	1.61±0.12[c]	35.33±2.99[a]	21.86±0.08[a]
	HDP	16.93±0.87[b]	3.08±0.35[b]	46.80±2.88[b]	8.95±1.47[b]	28.96±0.25[b]	17.41±0.33[b]
	FDS	6.18±0.34[c]	1.19±0.19[c]	4.99±0.32[d]	33.89±1.30[a]	11.92±0.11[c]	3.46±0.02[c]
	HDS	3.65±0.11[d]	2.00±0.39[c]	17.48±0.03[c]	3.35±0.47[c]	12.23±0.20[c]	3.95±0.07[c]
	F-value	871.23***	18.59**	1,222.56***	659.18***	187.36***	8,684.17***

[1)]HP, high-pressure enzyme treatment (pectinex ultra SP-L, 100 MPa, 50°C, 2 h); FDP, freeze-dried powder; HDP, hot-air dried powder; FDS, freeze-dried slice; HDS, hot-air dried slice.
[2)]RPSC, removal polysaccharide and starch content; SCPC, soluble crude polysaccharide content; WSI, water solubility index; WAI, water absorbance index; TS, total sugar; RS, reducing sugar.
[3)]All values are mean±SD (n=3).
[a-d]Means with different small letters in the same column differ significantly by Duncan's multiple range test (p<0.05).
**p<0.01, ***p<0.001.

Table 5. Effect of high-pressure enzyme treatment on total polyphenol, total flavonoid, gingerol and shogaol depend on sample type

Treatment	Sample	[2)]TP (%)	TF (%)	Total (%)	6-G (%)	8-G (%)	10-G (%)	6-S (%)	8-S (%)	10-S (%)
[1)]HP	FDP	[3)]2.55±0.00[a]	0.73±0.01[a]	1.47±0.01[a]	1.18±0.01[a]	0.08±0.00[a]	0.06±0.00[a]	0.03±0.00[a]	0.11±0.00[a]	0.02±0.00
	HDP	1.91±0.02[b]	0.30±0.01[b]	0.56±0.02[b]	0.49±0.02[b]	0.03±0.00[b]	0.00±0.00[c]	0.01±0.00[b]	0.00±0.00[b]	0.02±0.00
	FDS	0.42±0.01[d]	0.00±0.00[d]	0.13±0.01[d]	0.09±0.01[d]	0.02±0.00[c]	0.00±0.00[c]	0.01±0.00[b]	0.00±0.00[b]	0.01±0.00
	HDS	1.07±0.02[c]	0.22±0.01[c]	0.28±0.03[c]	0.22±0.02[c]	0.02±0.00[c]	0.01±0.00[b]	0.00±0.00[b]	0.00±0.00[b]	0.02±0.01
	F-value	15,659.33***	3,714.67***	2,826.80***	2,453.91***	312.00***	65.00***	51.00***	1,156.00***	N.S

[1)]Abbreviations are the same as in Table 4.
[2)]TP, total polyphenol; TF, total flavonoids; Total, sum of the 6, 8, 10 gingerol and 6, 8, 10 shogaol; 6-G, 6-gingerol; 8-G, 8-gingerol; 10-G, 10-gingerol; 6-S, 6-shogaol; 8-S, 8-shogaol; 10-S, 10-shogaol.
[3)]All values are mean±SD (n=3).
[a-d]Means with different small letters in the same column differ significantly by Duncan's multiple range test (p<0.05).
***p<0.001; N.S, not significant.

생강 분말의 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 각각 1.13%, 0.22%로 보고하였는데, 이는 본 연구의 결과와 유사하였다.

생강의 지표성분인 6, 8, 10-gingerol과 6, 8, 10-shogaol의 총합은 FDP가 1.47%로 유의적(p<0.001)으로 가장 높았으며, 대표 지표성분인 6-gingerol (6-G) 함량 역시 FDP가 1.18%로 유의적(p<0.001)으로 높게 나타났다. 전체적으로 시료 형태에 따른 생강의 다당류 및 전분 제거율, 유용성분과 지표성분 함량 등의 결과를 비교해 보면, 열풍 건조에 비하여 동결 건조가 더 효과적이었으며, 슬라이스 형태보다는 분말 형태가 더 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 고압효소처리를 위한 최적의 시료 형태는 동결 건조 분말(FDP)로 선정하였다.

효소 종류별 생강 추출물의 수용화 특성

효소 종류별 생강 추출물의 수용화 특성 변화는 Table 6에 나타내었다. RPSC는 대조구(CON)가 1.17%로 나타났으며, 고압효소처리(HP)는 0.99-24.61%, 단일효소처리(WB)는 1.16-16.90%의 범위로 나타났다. HP가 WB에 비하여 유의적(p<0.001)으로 높게 나타났다. HP에서는 cellulast 1.5 L과 viscozyme L (Cel+Vis) 혼합처리구가, WB에서는 pectinex ultra SP-L (Pec) 처리구가 각각 24.61, 16.90%로 다른 효소 처리구에 비하여 유의적으로 가장 높게 나타났다.

SCPC는 HP와 WB에서 각각 3.58-5.33%, 4.81-6.43%의 범위로 유사하게 나타났으며, 효소 처리 구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. RPSC와 SCPC의 결과로 고압효소 또는 단일효소처리에 의해 생강의 다당류나 전분이 제거되기는 하였으나, 소량의 비수용성 다당류 및 전분은 완전히 제거되지 않고 잔존하는 것을 확인하였다. 또한, 당질 이외의 물질이 침전하기도 하고 수용성 다당류의 경우 펙틴과 섬유소 등의 세포벽 성분과 전분이 제거된 기능성 다당류일 가능성도 있을 것으로 판단되었다.

WSI는 CON (15.35%)이 유의적으로 가장 낮게 나타났으며, HP가 15.9-70.67%의 범위로 CON 보다 1.0-4.6배 높게 나타났다. WB는 16.94-60.52% 정도로 CON 보다 1.1-3.9배 증가하였다. 효소 종류에 따른 WSI는 HP의 Pec 처리구가 70.67%로 유의적으로 가장 높게 나타났으며(p<0.001), WB에서는 Pec+Vis, Cel+Vis, Pec 처리구들이 각각 60.52, 59.71, 58.56%로 유의적으로 높게 나타났다(p<0.001). Kwon & Youn (2015)의 연구에서는 100 MPa, 50°C, 5시간 조건으로 고압처리한 톳의 다당류의 수용화 정도(4.75%)가 가압가열처리(3.12%)나 가열처리(2.88%)에 비하여 1.5-1.6배 증가하였다고 보고하였다. 이러한 결과는

Table 6. Effect of high-pressure enzyme treatment on removal starch, crude polysaccharide and water solubility depend on enzyme type

Treatment	Enzyme	[2)]RPSC (%)	SCPC (%)	WSI (%)	WAI (g/mL)	TS (%)	RS (%)
[1)]CON		^{E}1.17±0.04^{e}	3.06±0.07	^{D}15.35±0.10^{e}	^{C}1.35±0.04^{d}	^{F}0.24±0.03^{d}	^{G}0.14±0.02^{f}
HP	Non-E	[3)]0.99±0.01^{e}	5.33±1.53	15.90±0.41^{e}	1.46±0.07^{cd}	3.40±0.13^{c}	0.32±0.02^{f}
	Cel	22.37±0.23^{d}	3.58±1.52	64.72±1.23^{b}	2.13±0.15^{b}	41.67±1.96^{a}	18.90±0.11^{e}
	Pec	23.03±0.51^{c}	4.11±0.86	70.67±0.42^{a}	1.61±0.12^{c}	35.33±2.99^{b}	21.86±0.08^{d}
	Vis	24.12±0.23^{b}	4.42±0.15	58.81±0.59^{c}	2.07±0.09^{b}	42.14±0.28^{a}	26.77±1.08^{a}
	Cel+Vis	24.61±0.19^{a}	3.80±1.34	55.91±0.85^{d}	2.54±0.17^{a}	40.11±1.67^{a}	24.63±0.02^{c}
	Pec+Vis	23.99±0.16^{b}	3.99±0.87	59.66±0.41^{c}	2.16±0.07^{b}	39.23±1.96^{a}	25.80±0.55^{b}
	F-value	5,914.85***	N.S	3,615.38***	46.51***	373.31***	1,925.02***
WB	Non-E	^{E}1.16±0.02	6.03±2.64	^{D}16.94±0.68	^{C}1.43±0.04	^{E}2.92±0.11	^{F}0.40±0.00
	Cel	^{B}15.02±0.20	5.05±1.25	^{C}54.65±2.06	^{A}2.12±0.32	^{B}30.79±0.37	^{E}18.93±0.30
	Pec	^{A}16.90±0.32	4.92±1.17	^{AB}58.56±2.24	^{AB}1.86±0.10	^{B}30.99±0.16	^{C}21.23±0.01
	Vis	^{D}9.55±0.06	4.81±2.19	^{BC}56.61±2.06	^{B}1.78±0.22	^{C}27.83±0.22	^{B}22.74±0.24
	Cel+Vis	^{B}14.77±0.04	6.43±1.47	^{A}59.71±1.49	^{AB}1.88±0.18	^{A}36.81±0.27	^{A}26.26±0.15
	Pec+Vis	^{C}12.38±0.36	5.14±1.58	^{A}60.52±1.17	^{AB}1.91±0.10	^{D}21.33±0.24	^{D}19.67±0.00
	F-value	3,188.42***	N.S	502.78***	7.69***	12,463.04***	13,820.64***

[1)]CON, 100ºC reflex for 2 h; HP, high-pressure enzyme treatment (100 MPa, 50ºC, 2 h); WB, water bath shaking with enzyme; Non-E, non-treatment enzyme; Cel, celluclast 1.5L FG; Pec, pectinex ultra pulp; Vis, viscozyme L; Cel+Vis, celluclast 1.5L FG+viscozyme L; Pec+Vis, pectinex ultra pulp+viscozyme L (1 % enzyme on substrate 5 g).
[2)]RPSC, removal polysaccharide and starch content; SCPC, soluble crude polysaccharide content; WSI, water solubility index; WAI, water absorbance index; TS, total sugar; RS, reducing sugar.
[3)]All values are mean±SD (n=3).
[a-f]Means with different small letters in the same column (CON and HP) differ significantly by Duncan's multiple range test (p<0.05).
[A-F]Means with different capital letters in the same column (CON and WB) differ significantly by Duncan's multiple range test (p<0.05).
$^{***}p$<0.001; N.S, not significant.

높은 압력의 평형화 작용으로 온도와 압력이 세포벽에 고르게 전달되어 단백질이 변성되면서 세포벽 성분 및 기능성분의 수용화 정도가 증가된 것으로 확인되었다.

WAI는 CON이 1.35 g/mL로 나타났으며, HP는 1.46-2.54 g/mL, WB는 1.43-2.12 g/mL의 범위로, CON에 비하여 각각 1.1-1.9배, 1.1-1.6배 정도 유의적으로 높게 나타났다 (p<0.001). 이와 같은 결과로 고압효소 또는 단일효소처리에 의해 분해되지 않고 침전물로 남아 있는 비수용성 다당류의 수분흡착력이 CON에 비하여 높다는 것을 확인할 수 있었다.

TS는 CON이 0.24%로 나타났고, CON에 비하여 HP는 14-176배, WB는 12-153배 정도로 유의적(p<0.001)으로 높게 나타났다. HP에서는 Vis 처리구가 42.14%로 가장 높게 나타났으나, Cel (41.67%), Cel+Vis (40.11%), Pec+Vis (39.23%) 처리구들과 유의적인 차이는 없었다. WB에서는 Cel+Vis가 36.81%로 유의적으로 높게 나타났다(p<0.001).

RS는 CON이 0.14%로 나타났으며, CON에 비하여 HP는 2-191배, WB는 3-188배 정도 유의적으로(p<0.001)으로 높게 나타났다. HP는 Vis, Pec+Vis, Cel+Vis 순으로 각각 26.77, 25.80, 24.63%였으며, WB는 Cel+Vis, Vis, Pec 순으로 26.26, 22.74, 21.23%를 나타내었다. Phhisit et al. (2017)은 옥수수 속대에 protease를 첨가하여 100 MPa, 50ºC, 10분 조건으로 고압 처리한 결과, 효소분해율이 열수추출보다 180% 증가하여 헤미셀룰로스를 효과적으로 제거하였다는 결과를 보고하였다. 이와 같은 결과는 고압과 효소의 복합처리가 식물의 세포벽 성분을 수용화시키는데 효과적인 것으로 밝혀진 본 연구 결과와도 상관성이 있었다. Kim (2014)의 보고서에서는 고압처리 또는 고압효소처리가 식물 세포벽 성분을 용해시키고 가수분해시킬 수 있으며, 구성 다당체 및 분자량이 다른 펙틴의 사슬유도체를 생산할 수 있다고 보고하여 본 연구에서 수용화 특성의 결과에 대한 근거를 제시해 주었다.

효소 종류별 생강 추출물의 유용성분과 지표성분 함량

효소 종류별 생강 추출물의 유용성분과 지표성분 함량은 Table 7과 같다. TP의 함량은 CON이 1.43%로 나타났으며, HP는 1.07-2.55%, WB는 1.76-2.37%의 범위로 CON에 비하여 각각 0.7-1.8배, 1.4-1.7배 정도 유의적(p<0.001)으로 높게 나타났다. HP가 WB에 비하여 각 효소 처리구 간에 높은 경향을 나타내었다. 또한 HP와 WB 모두 Pec 처리구가 각각 2.55, 2.37%로 다른 효소처리구들에 비하여 유의적으로 가장 높게 나타났다(p<0.001).

TF 함량은 CON이 0.33%로 나타났으며, HP는 0.25-0.73%, WB는 0.30-0.75%의 범위로 CON에 비하여 각각

Table 7. Effect of high-pressure enzyme treatment on total polyphenol, total flavonoid, gingerol and shogaol depend on enzyme type

Treatment	Enzyme	[2)]TP (%)	TF (%)	Total (%)	6-G (%)	8-G (%)	10-G (%)	6-S (%)	8-S (%)	10-S (%)
[1)]CON		^{F}1.43±0.02^{e}	^{E}0.33±0.02^{d}	^{A}0.57±0.06^{e}	^{E}0.45±0.05^{e}	^{E}0.03±0.00^{c}	^{D}0.00±0.00^{f}	^{B}0.05±0.00^{b}	^{C}0.04±0.01^{c}	^{B}0.01±0.00^{c}
HP	Non-E	[3)]1.07±0.02^{f}	0.25±0.01^{e}	0.44±0.01^{f}	0.35±0.01^{f}	0.02±0.00^{d}	0.02±0.00^{e}	0.03±0.00^{d}	0.01±0.00^{d}	0.01±0.00^{c}
	Cel	1.98±0.04^{d}	0.73±0.01^{a}	1.12±0.03^{d}	0.89±0.03^{d}	0.08±0.00^{b}	0.09±0.00^{a}	0.04±0.00^{c}	0.01±0.00^{d}	0.02±0.00^{b}
	Pec	2.55±0.00^{a}	0.73±0.01^{a}	1.47±0.01^{ab}	1.18±0.01^{a}	0.08±0.00^{b}	0.03±0.00^{d}	0.05±0.00^{a}	0.11±0.00^{b}	0.02±0.00^{b}
	Vis	2.11±0.04^{c}	0.71±0.01^{b}	1.43±0.02^{b}	1.10±0.01^{b}	0.09±0.00^{a}	0.04±0.00^{c}	0.05±0.00^{ab}	0.13±0.00^{a}	0.01±0.00^{bc}
	Cel+Vis	2.18±0.05^{b}	0.58±0.02^{c}	1.35±0.01^{c}	1.04±0.01^{c}	0.08±0.00^{b}	0.03±0.01^{cd}	0.05±0.00^{ab}	0.13±0.00^{a}	0.02±0.00^{bc}
	Pec+Vis	2.18±0.02^{b}	0.70±0.00^{b}	1.51±0.03^{a}	1.15±0.01^{a}	0.08±0.00^{b}	0.08±0.01^{b}	0.05±0.00^{ab}	0.12±0.01^{b}	0.04±0.01^{a}
	F-value	813.82***	806.71***	687.40***	635.55***	255.33***	163.25***	20.67***	395.67***	13.78*
WB	Non-E	[6)]^{E}1.76±0.02	^{F}0.30±0.00	^{D}0.65±0.01	^{D}0.51±0.01	^{D}0.04±0.00	^{C}0.01±0.00	^{B}0.05±0.00^{b}	^{C}0.05±0.00	0.01±0.00
	Cel	^{B}2.29±0.06	^{D}0.59±0.03	^{C}1.27±0.02	^{C}0.98±0.00	^{C}0.08±0.00	^{AB}0.03±0.00	^{B}0.05±0.00^{b}	^{B}0.11±0.01	0.02±0.00
	Pec	^{A}2.37±0.05	^{B}0.68±0.00	^{A}1.53±0.05	^{A}1.22±0.03	^{B}0.09±0.00	^{B}0.03±0.01	^{A}0.06±0.00^{a}	^{B}0.11±0.00	0.02±0.00
	Vis	^{D}2.02±0.02	^{A}0.75±0.00	^{B}1.45±0.02	^{B}1.13±0.02	^{B}0.09±0.00	^{A}0.04±0.00	^{A}0.06±0.00^{a}	^{B}0.10±0.00	0.02±0.00
	Cel+Vis	^{C}2.12±0.06	^{C}0.66±0.01	^{A}1.59±0.01	^{A}1.20±0.01	^{A}0.11±0.00	^{A}0.04±0.00	^{A}0.06±0.00^{a}	^{A}0.15±0.00	0.02±0.00
	Pec+Vis	^{C}2.12±0.01	^{BC}0.67±0.00	^{A}1.54±0.01	^{A}1.23±0.01	^{B}0.09±0.00	^{A}0.04±0.00	^{A}0.06±0.00^{a}	^{B}0.11±0.00	0.01±0.00
	F-value	198.83***[7)]	511.90***	555.20***	520.10***	162.75***	31.39***	13.83***	137.24***	N.S

[1)]Abbreviations are the same as in Table 6.
[2)]TP, total polyphenol; TF, total flavonoids; Total, sum of the 6, 8, 10 gingerol and 6, 8, 10 shogaol; 6-G, 6-gingerol; 8-G, 8-gingerol; 10-G, 10-gingerol; 6-S, 6-shogaol; 8-S, 8-shogaol; 10-S, 10-shogaol.
[3)]All values are mean±SD (n=3).
$^{a-f}$Means with different small letters in the same column (CON and HP) differ significantly by Duncan's multiple range test (p<0.05).
$^{A-F}$Means with different capital letters in the same column (CON and WB) differ significantly by Duncan's multiple range test (p<0.05).
$^{*}p$<0.05; $^{***}p$<0.001; N.S, not significant.

0.8-2.2배, 0.9-2.3배 정도 유의적으로 높게 나타났다(p< 0.001). HP가 WB에 비하여 전체적으로 TF 함량이 높았으나, Vis와 Cel+Vis 처리구는 예외적으로 WB가 높았다. HP에서는 Pec과 Cel 처리구가 0.73%로 유의적(p<0.001)으로 가장 높게 나타났으며, WB는 Vis 처리구가 0.75%로 유의적(p<0.001)으로 가장 높게 나타났다. Casquete et al. (2015)는 감귤류 껍질 추출물을 300 MPa, 10°C, 3분의 조건에서 고압처리하여 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과, 레몬, 라임, 감귤, 오렌지가 대조구보다 1.0-1.2배 증가하였다고 보고하였다. 또한, Butz et al. (2003)의 연구에서도 고압처리에 의해 압력 평형이 식물 세포 내·외부에 도달하여 화합물의 추출 효율이 높아졌다고 보고하여 고압과 효소처리에 의해 생강 추출물의 TP와 TF 함량이 증가된 본 연구 결과를 뒷받침 해주었다. 이와 같은 결과는 고압처리에 의해 균일하게 전달된 압력이 식물 세포벽 내에 페놀릭 화합물의 소수성 결합 분포와 응집성을 변화시켜 폴리페놀과 플라보노이드와 같은 유용성분들의 추출 함량이 높게 나타난 것으로 확인되었다. 생강의 지표성분의 총합을 비교한 결과, CON 0.57%로 나타났고, HP는 0.44-1.51%, WB는 0.65-1.59%의 범위로 나타났다. 이는 CON에 비해 각각 0.8-2.6배, 1.1-2.8배 유의적으로 증가한 결과로 수용화 특성이나 다른 유용성분의 결과와는 다르게 WB가 HP 보다 생강의 지표성분 추출에 유용한 방법이라는 사실을 확인할 수 있었다. 생강 내 기능성 성분인 gingerol 화합물은 저장, 가공 중 고온이나 산성 조건이 가해지면 shogaol 및 zingerone 등으로 쉽게 변화되는 특성을 가지고 있어(Lee et al. 2006), 각각의 6, 8, 10-G와 S 성분이 고압이나 효소처리 등의 가공공정에 의해 파괴 또는 변화되면서 WB의 지표성분 총합이 높게 나타난 것으로 판단되었다. HP는 Pec+Vis와 Pec 처리구가 각각 1.51, 1.47%로 유의적(p<0.001)으로 가장 높았으며, WB는 Cel+Vis, Pec+Vis, Pec 처리구가 각각 1.59, 1.54, 1.53%로 유의적(p<0.001)으로 가장 높았다. 생강의 대표 지표성분인 6-G의 함량은 CON이 0.45%로 나타났으며, HP는 0.35-1.18%, WB는 0.51-1.23% 정도로 CON에 비해 각각 0.8-2.6배, 1.1-2.7배 유의적(p<0.001)으로 증가하여 지표성분의 총합과 유사한 경향을 나타내었다. HP에서는 Pec, Pec+Vis 처리구가 각각 1.18, 1.15%로 유의적(p<0.001)으로 가장 높았으며, WB는 Pec+Vis, Pec, Cel+Vis 처리구가 각각 1.23, 1.22, 1.20%로 유의적(p<0.001)으로 가장 높았다. Schwertner & Rios (2007)의 연구에 의하면 생강 효소 추출액의 6, 8, 10-gingerol 함량은 각각 0.48%, 0.24%, 0.16%이었으며, 6-S는 1.02%였다고 보고하였다 또한, Hu et al. (2011)는 gingerol과 shogaol이 추출용매의 특성에 따라 함량 차이가 있다고 보고하였으며, Lee et al. (2006)는 초음파로 에탄올 추출시 80% 에탄올 추출물(0.57%)보다 물 추출물(0.11%)이 약 5배 낮아졌다고 보고하였다. 이와 같이 각 연구 결과마다 지표성분 함량에서 다른 경향이 나타내는 요인으로는 생강의 품종, 수확시기, 세척 및 박피 방법과 추출 방법 등의 차이에 의한 것으로 판단되었다. 생강 추출물의 수용화 특성과 유용성분

및 지표성분 함량 결과들을 종합적으로 검토하여 고압효소 또는 단일효소처리를 위한 최적의 효소로 Pec 효소와 Pec+Vis 복합효소 2종을 1차적으로 선정하였다.

처리 시간별 생강 추출물의 수용화 특성

고압효소처리의 시간, 온도, 압력 조건별 생강 추출물의 수용화 특성 및 성분 변화는 Table 8, 9와 같다. RPSC는 HP와 WB의 효소처리 시간이 증가할수록 유의적(p<0.001)으로 증가하였으며, SCPC는 Pec, 2시간 처리구가 4.11%로 유의적(p<0.05)으로 가장 높게 나타났다. WSI는 HP의 Pec과 Pec+Vis 모두 2시간 처리구가 각각 70.67%, 59.66%로 가장 높게 나타났으며(p<0.001), 각 시간별로 Pec 처리구가 Pec+Vis 처리구에 비하여 1.0-1.2배 높게 나타났다. WB에서도 Pec과 Pec+Vis 효소 모두 2시간 처리구가 각각 58.56%, 60.52%로 유의적(p<0.001)으로 높게 나타났으며, HP가 WB에 비하여 WSI가 높은 것을 확인할 수 있었다. WAI는 HP의 Pec과 Pec+Vis 모두 2시간 처리구가 1.61, 2.16 g/mL로 유의적(p<0.001)으로 가장 낮게 나타났으며, WB에서도 같은 경향을 나타내었다. 생강 추출물에서 침전물의 WAI가 높다는 것은 물리적인 고압처리나 효소처리에 의해서도 전분이나 다당류의 분해가 덜 되고 남아있다는 것을 의미하며, 이러한 결과는 WSI와 역의 상관성을 가지고 있는 것으로 확인되었다. 처리 시간별 TS는 HP의 Pec+Vis와 WB의 Pec, 2시간 처리구가 각각 39.23%, 30.99%로

Table 8. Effect of high-pressure enzyme treatment on removal starch, crude polysaccharide and water solubility depend on each condition

Treatment		Enzyme	Condition	[2)]RPSC (%)	SCPC (%)	WSI (%)	WAI (g/mL)	TS (%)	RS (%)
Time (h)	[1)]HP	Pec	1	[3)]22.38±0.21^{b}	2.72±0.11^{b}	61.26±0.47^{b}	8.40±0.41^{a}	33.68±0.29	17.12±0.60^{b}
			2	23.03±0.51^{b}	4.11±0.86^{a}	70.67±0.42^{a}	1.61±0.12^{c}	35.33±2.99	21.86±0.08^{a}
			3	24.64±0.46^{a}	2.35±0.19^{b}	53.29±1.25^{c}	7.66±0.19^{b}	33.86±1.74	16.34±0.09^{c}
			F-value	23.33***	9.76*	347.32***	580.80***	N.S	216.50***
		Pec+Vis	1	21.00±0.40^{c}	3.70±0.16	58.38±0.23^{a}	7.90±0.15^{a}	23.07±1.44^{b}	16.75±0.54^{b}
			2	23.99±0.16^{b}	3.99±0.87	59.66±0.41^{a}	2.16±0.07^{c}	39.23±1.96^{a}	25.80±0.55^{a}
			3	24.78±0.51^{a}	4.33±0.65	46.81±1.50^{b}	7.45±0.19^{b}	20.07±0.57^{c}	16.77±0.51^{b}
			F-value	81.00***	N.S	183.53***	1,431.86***	153.07***	285.52***
	WB	Pec	1	9.73±0.48^{c}	4.81±0.11^{a}	52.83±1.06^{b}	6.69±0.28^{b}	16.53±0.46^{c}	7.31±0.38^{c}
			2	16.90±0.32^{b}	4.92±1.17^{a}	58.56±2.24^{a}	1.86±0.10^{c}	30.99±0.16^{a}	21.23±0.01^{a}
			3	21.78±0.33^{a}	3.22±0.33^{b}	41.51±0.43^{c}	7.48±0.52^{a}	21.28±1.36^{b}	16.27±1.12^{b}
			F-value	748.40***	5.42*	107.20***	228.04***	235.74***	321.30***
		Pec+Vis	1	10.40±0.18^{b}	4.89±0.38	42.39±1.86^{b}	7.20±0.23^{a}	13.29±1.04^{b}	7.80±0.67^{b}
			2	9.55±0.06^{c}	5.14±1.58	60.52±1.17^{a}	1.91±0.10^{b}	21.33±0.24^{a}	19.67±0.00^{a}
			3	21.24±0.33^{a}	3.98±0.37	36.34±0.56^{c}	7.64±1.21^{a}	22.42±1.55^{a}	20.40±1.06^{a}
			F-value	2,620.46***	N.S	276.17***	59.79***	63.27***	288.65***
Temperature (°C)	HP	Pec	45	22.85±0.70^{a}	2.02±0.02^{b}	63.74±1.12^{b}	8.26±0.99^{a}	27.35±1.22^{b}	19.61±0.61^{b}
			50	23.03±0.51^{a}	4.11±0.86^{a}	70.67±0.42^{a}	1.61±0.12^{b}	35.33±2.99^{a}	21.86±0.08^{a}
			55	20.55±0.47^{b}	1.93±0.05^{b}	63.90±0.79^{b}	7.54±0.61^{a}	27.35±0.53^{b}	20.46±1.25^{ab}
			F-value	17.85**	18.27**	64.41***	88.71***	17.87**	5.94*
	WB	Pec	45	16.27±0.29^{b}	0.91±0.04^{b}	63.84±0.60^{a}	8.10±0.98^{a}	24.47±1.93^{b}	20.74±0.23
			50	16.90±0.32^{a}	4.92±1.17^{a}	58.56±2.24^{b}	1.86±0.10^{b}	30.99±0.16^{a}	21.23±0.01
			55	15.39±0.32^{c}	0.95±0.20^{b}	55.08±1.85^{c}	7.53±0.23^{a}	24.62±1.27^{b}	21.60±0.62
			F-value	17.81**	33.47**	19.94**	103.44***	23.25**	N.S
Pressure (MPa)	HP	Pec	50	16.58±0.68$^{c3)}$	1.56±0.07^{b}	62.52±0.67^{b}	4.47±0.10^{c}	30.03±0.41^{b}	19.30±0.34^{c}
			70	18.66±0.83^{b}	1.21±0.03^{b}	63.21±1.29^{b}	3.59±0.07^{b}	35.99±0.25^{a}	20.89±0.10^{b}
			100	23.03±0.51^{a}	4.11±0.86^{a}	70.67±0.42^{a}	1.61±0.12^{a}	35.33±2.99^{a}	21.86±0.08^{a}
			F-value	69.21***	30.04**	80.74***	645.52***	10.50*	114.28***

[1)]HP, high-pressure enzyme treatment; WB, water bath shaking with enzyme; Pec, pectinex ultra pulp; Pec+Vis, pectinex ultra pulp+viscozyme L (1 % enzyme on substrate 5 g).
[2)]RPSC, removal polysaccharide and starch content; SCPC, soluble crude polysaccharide content; WSI, water solubility index; WAI, water absorbance index; TS, total sugar; RS, reducing sugar.
[3)]All values are mean±SD (n=3).
[a-c]Means with different small letters in the same column differ significantly by Duncan's multiple range test (p<0.05).
$^{*}p$<0.05; $^{**}p$<0.01; $^{***}p$<0.001; N.S, not significant.

유의적(p<0.001)으로 높게 나타났고, HP의 Pec 효소에서만 처리 시간별로 유의적인 차이가 없었다. RS 역시 HP의 Pec과 Pec+Vis 모두 2시간 처리구가 각각 21.86, 25.80%로 가장 높게 나타났으며(p<0.001), WB에서도 같은 경향이었다.

처리 시간별 생강 추출물의 유용성분과 지표성분 함량

TP와 TF 함량은 HP와 WB의 모든 효소처리에서 2시간 처리구가 유의적(p<0.001)으로 가장 높게 나타났고, Pec+Vis 처리구에 비하여 Pec 처리구가 각각 2.55%, 0.73%로 가장 높았다(Table 9). 지표성분의 총합과 6-G 함량은 HP와 WB의 모든 효소처리에서 2시간 처리구가 유의적(p<0.01)으로 가장 높게 나타났고, HP에 비하여 WB가 더 높게 나타났다.

지표성분들의 총합은 WB의 Pec, Pec+Vis 2시간 처리구가 1.53, 1.54%로 가장 높게 나타났으며, 6-G도 1.22, 1.23%로 가장 높게 나타났다. 그리고 HP의 Pec 2시간 처리구와 3시간 처리구 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, Pec+Vis 에서는 3시간 처리구가 2시간 처리구에 비하여 더 낮게 나타나 처리시간에 따른 유의적인 상관성은 없었다. 효소의 분해력은 반응시에 효소 첨가량, 기질의 량, pH, 온도, 시간 등의 다양한 요인에 의해 영향을 받게 되는데(Pfeiffer, 1954), 고압과 같이 물리적인 반응이 동시에 진행될 경우에는 또 다른 영향 요인들에 의해 반응시간에 따라 다른 결과가 나타난 것으로 판단되었다. 결과적으로, 처리시간별 생강 추출물의 수용화 특성과 유용성분, 지표성분 함량의 결과를 토대로 고압효소 또는 단일효소처리를 위한 최적의 효소로 Pec 1종을 최종 선정하였으며, 처리시간은

Table 9. Effect of high-pressure enzyme treatment on total polyphenol, total flavonoid, gingerol and shogaol depend on each condition

Treatment		Enzyme	Condition	[2)]TP (%)	TF (%)	Total (%)	6-G (%)	8-G (%)	10-G (%)	6-S (%)	8-S (%)	10-S (%)
Time (h)	[1)]HP	Pec	1	[3)]2.05±0.01^{b}	0.64±0.00^{c}	1.41±0.02^{b}	1.12±0.01^{b}	0.08±0.00^{c}	0.02±0.00^{c}	0.02±0.00	0.09±0.00^{c}	0.08±0.01^{a}
			2	2.55±0.00^{a}	0.73±0.01^{a}	1.47±0.01^{a}	1.18±0.01^{a}	0.08±0.00^{b}	0.06±0.00^{a}	0.03±0.00	0.11±0.00^{a}	0.02±0.00^{b}
			3	2.12±0.09^{b}	0.67±0.00^{b}	1.46±0.01^{a}	1.19±0.01^{a}	0.09±0.00^{a}	0.04±0.00^{b}	0.03±0.00	0.10±0.00^{b}	0.02±0.00^{b}
			F-value	75.76***	523.00***	16.75**	51.87***	19.00**	37.50***	N.S	37.00***	108.00***
		Pec+Vis	1	1.94±0.04^{b}	0.62±0.01^{c}	1.20±0.01^{c}	0.94±0.01^{b}	0.08±0.00^{b}	0.03±0.00	0.03±0.00^{b}	0.11±0.00^{c}	0.01±0.00^{c}
			2	2.18±0.02^{a}	0.70±0.00^{a}	1.51±0.03^{a}	1.15±0.01^{b}	0.08±0.00^{a}	0.06±0.00	0.07±0.01^{a}	0.12±0.01^{b}	0.04±0.01^{a}
			3	2.10±0.07^{a}	0.68±0.00^{b}	1.47±0.02^{b}	1.16±0.01^{a}	0.09±0.00^{b}	0.04±0.00	0.03±0.00^{b}	0.13±0.00^{a}	0.02±0.00^{b}
			F-value	16.79**	262.50***	196.78***	672.17***	25.00***	N.S	48.00***	28.00***	37.00***
	WB	Pec	1	1.67±0.10^{c}	0.61±0.00^{c}	1.08±0.01^{c}	0.88±0.01^{c}	0.07±0.00	0.02±0.00	0.03±0.00^{b}	0.07±0.00^{c}	0.01±0.00
			2	2.37±0.05^{a}	0.68±0.00^{a}	1.53±0.05^{a}	1.22±0.03^{a}	0.09±0.00	0.03±0.01	0.06±0.00^{a}	0.11±0.00^{b}	0.02±0.00
			3	1.96±0.02^{b}	0.66±0.00^{b}	1.35±0.01^{b}	1.07±0.01^{b}	0.09±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00^{b}	0.12±0.00^{a}	0.01±0.00
			F-value	90.31***	117.00***	148.51***	156.56***	N.S	N.S	91.00***	181.00***	N.S
		Pec+Vis	1	1.58±0.11^{c}	0.60±0.00^{c}	0.89±0.00^{c}	0.72±0.00^{c}	0.06±0.00^{b}	0.02±0.00	0.02±0.00	0.06±0.00^{c}	0.01±0.00^{b}
			2	2.12±0.01^{a}	0.67±0.00^{a}	1.54±0.01^{a}	1.23±0.01^{a}	0.09±0.00^{a}	0.04±0.00	0.06±0.00	0.11±0.00^{b}	0.01±0.00^{b}
			3	1.77±0.02^{b}	0.64±0.01^{b}	1.37±0.01^{b}	0.99±0.01^{b}	0.10±0.00^{a}	0.04±0.00	0.04±0.00	0.17±0.00^{a}	0.02±0.00^{a}
			F-value	58.89***	152.00***	7,794.25***	8,682.00***	133.00***	N.S	N.S	871.00***	7.00*
Temper-ature (°C)	HP	Pec	45	2.24±0.11^{b}	0.33±0.00^{c}	1.09±0.02^{b}	0.89±0.02^{b}	0.07±0.01^{b}	0.06±0.02^{b}	0.03±0.00^{b}	0.01±0.00^{b}	0.02±0.00
			50	2.55±0.00^{a}	0.73±0.01^{a}	1.47±0.01^{a}	1.18±0.01^{a}	0.08±0.00^{a}	0.06±0.00^{a}	0.03±0.00^{a}	0.11±0.00^{a}	0.02±0.00
			55	2.41±0.10^{ab}	0.39±0.01^{b}	0.98±0.06^{c}	0.82±0.05^{c}	0.06±0.00^{c}	0.06±0.00^{a}	0.02±0.00^{b}	0.01±0.00^{b}	0.02±0.00
			F-value	9.13*	1,347.11***	99.26***	100.50***	28.00**	9.88*	33.50**	961.00***	N.S
	WB	Pec	45	2.18±0.06^{b}	0.41±0.07^{b}	0.98±0.07^{b}	0.81±0.06^{b}	0.06±0.00^{b}	0.06±0.00^{a}	0.03±0.00^{c}	0.01±0.00^{b}	0.02±0.00
			50	2.37±0.05^{a}	0.68±0.00^{a}	1.53±0.05^{a}	1.22±0.03^{a}	0.09±0.00^{a}	0.03±0.01^{b}	0.06±0.00^{a}	0.11±0.00^{a}	0.02±0.00
			55	2.36±0.08^{a}	0.44±0.02^{b}	1.01±0.02^{b}	0.80±0.02^{b}	0.07±0.01^{b}	0.08±0.02^{a}	0.03±0.00^{b}	0.01±0.00^{b}	0.03±0.00
			F-value	8.86*	36.10***	107.89***	90.27***	21.00**	13.12**	418.50***	17.07**	N.S
Pressure (MPa)	HP	Pec	50	2.45±0.01^{b}	0.39±0.00^{c}	0.79±0.03^{c}	0.67±0.02^{b}	0.05±0.00^{c}	0.05±0.01^{c}	0.01±0.00^{c}	0.00±0.00^{b}	0.01±0.00
			70	2.51±0.04^{a}	0.41±0.01^{b}	0.85±0.03^{b}	0.72±0.02^{b}	0.06±0.00^{b}	0.05±0.01^{b}	0.01±0.00^{b}	0.00±0.00^{b}	0.01±0.00
			100	2.55±0.00^{a}	0.73±0.01^{a}	1.47±0.01^{a}	1.18±0.01^{a}	0.08±0.00^{a}	0.06±0.00^{a}	0.03±0.00^{a}	0.01±0.00^{a}	0.02±0.00
			F-value	11.26**	1,572.67***	1,487.82***	52,595.31***	110.27***	1,222.85***	56,565.05***	2,305.06***	N.S

[1)]Abbreviations are the same as in Table 8.
[2)]TP, total polyphenol; TF, total flavonoids; Total, sum of the 6, 8, 10 gingerol and 6, 8, 10 shogaol; 6-G, 6-gingerol; 8-G, 8-gingerol; 10-G, 10-gingerol; 6-S, 6-shogaol; 8-S, 8-shogaol; 10-S, 10-shogaol.
[3)]All values are mean±SD (n=3).
[a-c]Means with different small letters in the same column differ significantly by Duncan's multiple range test (p<0.05).
$^{*}p$<0.05; $^{**}p$<0.01; $^{***}p$<0.001; N.S, not significant.

2시간으로 선정하였다.

처리 온도별 생강 추출물의 수용화 특성

RPSC는 50°C 처리구가 유의적(p<0.01)으로 가장 높게 나타났으며, HP는 23.03%, WB는 16.90%로 HP가 WB보다 1.3-1.4배 높게 나타났다. SCPC도 HP와 WB 모두 50°C 처리구에서 각각 4.11, 4.92%로 다른 온도 처리구에 비하여 유의적(p<0.001)으로 높게 나타났다. WSI는 HP의 50°C 처리구가 70.67%로 가장 높게 나타났으며(p<0.001), WB에서는 45°C 처리구가 63.84% 가장 높았다. 45°C 처리구를 제외하고 HP가 WB보다 1.0-1.2배 정도 높게 나타났다. WAI는 HP와 WB의 50°C 처리구가 각각 1.61, 1.86 g/mL로 다른 온도 처리구에 비하여 유의적(p<0.001)으로 가장 낮게 나타나 생강 세포벽의 고분자 다당류들이 더 많이 수용화되었음을 확인할 수 있었다. TS는 WAI와 비슷한 경향으로 HP와 WB의 50°C 처리구가 각각 35.33, 30.99%로 유의적(p<0.01)으로 가장 높게 나타났다. RS는 HP의 50°C와 55°C 처리구들이 각각 21.86, 20.46%로 유의적(p<0.05)으로 가장 높게 나타났다. WB에서는 처리 온도에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

처리 온도별 생강 추출물의 유용성분과 지표성분 함량

TP는 HP와 WB 모두 50, 55°C 처리구들이 유의적(p<0.05)으로 가장 높게 나타났다. HP는 50°C 처리구가 2.55%, WB는 2.37%를 나타내었으며, HP가 WB 보다 1.0-1.1배 높게 나타났다. TF는 HP와 WB 모두 50°C 처리구의 경우 각각 0.73, 0.68%로 유의적(p<0.001)으로 가장 높게 나타났으며, HP의 경우 다른 온도 처리구에 비하여 1.9-2.2배 정도로 월등히 높은 함량을 나타내었다. Prasad et al. (2009)은 500 MPa, 2.5분 조건에서 고압처리 시 온도 요인이 롱간 과육의 추출 수율과 총 폴리페놀 함량에 미치는 영향을 평가한 결과, 30°C 처리구에 비하여 50°C 처리구의 추출 수율이 30.0%으로 1.7배 높아졌으며, 총 폴리페놀 함량도 23 mg/g으로 1.1배 높아졌다고 보고하였다. 이는 본 연구의 최적 온도조건 결과와 유사한 것으로 고압처리 시 온도가 추출 수율에 크게 영향을 줄 수 있음을 확인시켜 주었다. 한편, Roldan-Marin et al. (2009)의 연구에서는 반응표면분석을 통하여 압력(100-400 MPa)과 온도(5-50°C) 조건에 따른 양파의 총 폴리페놀 및 총 플라보놀 함량을 평가한 결과, 400 MPa, 5°C 처리 조건에서 총 폴리페놀은 고압 처리하지 않은 대조구에 비하여 12%까지 증가되었고, quercetin-3.4'-diglucoside의 함량은 33%까지 증가되면서 항산화 활성은 유지되었다고 보고하였다. 또한, 원료 특성에 따라 추출 온도 상승으로 인하여 lipoprotein의 응집력이 약화되면서 페놀성 구조의 결합이 파괴되어 총 폴리페놀 및 총 플라보놀의 추출 수율이 증가되는 것이라고 보고하였다. 이와 같은 결과들은 각 품목별로 유용성분 추출을 위한 온도, 압력 등 최적의 고압처리 조건 설정이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다.

지표성분들의 총합과 6-G의 함량을 비교한 결과, HP와 WB의 50°C 처리구가 유의적(p<0.001)으로 가장 높게 나타났으며, HP는 각각 1.47, 1.18%, WB는 각각 1.53, 1.22%를 나타내었다. 50°C와 55°C 처리구 모두 HP에 비하여 WB가 더 높게 나타났다. 이러한 결과들을 바탕으로 고압효소 또는 단일 효소 처리를 위한 최적으로 온도는 50°C로 선정되었다.

처리 압력별 생강 추출물의 수용화 특성

압력이 높아질수록 RPSC와 SCPC가 높아져 100 MPa 처리구가 전분 분해 및 다당류 수용화에 가장 효과적으로 나타났다. WSI, TS, RS도 압력이 높아질수록 유의적으로 높아졌으며(p<0.05), WAI는 유의적으로 낮게 나타났다(p<0.001). 결과적으로 생강 고압효소처리에는 100 MPa 조건이 생강 세포벽 성분 다당류들의 수용화에 가장 효과적인 것으로 확인하였다. Kim (2014)의 보고서에 의하면 식품산업에는 100-300 MPa의 고압 범위가 유용성분 분해·추출, 분리 및 반응을 위한 적정 수준이라고 하였으며, 자가분해 효소를 함유한 식품이 이 범위의 압력에 장시간 노출될 경우 분해물을 형성하는 현상을 발견하였다고 보고하였다. 이와 더불어 식물체에서 유용성분 추출 및 다당류의 수용화를 위해서는 종래의 살균 및 멸균 목적으로 처리하던 600-1,000 MPa의 초고압 범위와는 다른 범위의 설정이 필요하다고 하였다. Hendrickx et al. (1998)의 연구에서도 식품 내에 비공유 결합으로 함유하고 있는 효소는 종류, pH, 온도, 시간에 따라 압력 100-150 MPa 정도의 범위에서 활성 또는 불활성으로 분리되어 유용성분 수용화에 영향을 준다고 보고하여 식품 고압효소처리 시 첨가하는 효소들의 활성을 고려한 적정 압력 선정의 중요성을 강조하였다. 또한 Butz et al. (1994)도 식품 유형이나 특성, 압력, 온도와 효소 등의 여러 요인에 따라 분해 및 반응 정도가 상이했다고 보고하여 여러 가지 공정 변수들의 조건 선정이 필요하다고 보고하였다. Kim (2009)은 효소에 고압처리를 할 경우 수소결합에 영향을 주어 3차원 거대분자의 구조를 변화시켜 천연의 향미와 맛을 유지함과 동시에 효소활성을 억제함으로써 보존성 및 품질인자에 영향을 줄 수 있다고 보고하면서 식품에 함유되어 있는 자가분해효소와 압력처리의 상관성에 대해서도 언급하였다.

처리 압력별 생강 추출물의 유용성분과 지표성분 함량

TP와 TF 함량은 100 MPa 처리구가 다른 각각 유의적(p<0.01, p<0.001)으로 높았다. TF에서는 100 MPa 처리구가 50, 70 MPa 처리구보다 1.8-1.9배 높게 나타났다. TP 함량은 70, 100 MPa 처리구가 각각 2.51, 2.55%로 유의적(p<0.01)으로 가장 높게 나타났으며, 두 처리구 간에는 유

의적인 차이가 없었다. TF 함량은 100 MPa 압력 처리구가 0.73%로 다른 압력 처리구에 비하여 1.8-1.9배 높은 결과를 나타내었다. 생강 추출물의 유용성분 함량에서도 100 MPa 압력 조건이 가장 높게 나타나 고압효소처리를 위한 최적조건으로 선정되었다.

지표성분의 총합은 압력이 높아질수록 유의적(p<0.001)으로 높아져, 100 MPa 조건에서 1.47%를 나타내었다. 또한 각각의 지표성분 함량은 압력이 높아질수록 10-S를 제외하고 유의적(p<0.001)으로 높아졌으며, 압력별로 6-G의 함량은 각각 0.67, 0.72, 1.18%로 나타났다. 결과적으로, 다른 처리 조건 선정과 유사하여 유용성분, 지표성분 결과를 바탕으로 100 MPa 압력 조건이 고압과 효소처리를 위한 최적 조건으로 확인되었다.

요 약

본 연구는 고압처리 기술에 효소분해 기술을 접목하여 생강의 고분자 다당류를 최대한 분해 및 수용화시켜 품질 개선을 유도하고 gingerol과 같은 지표성분의 추출을 향상시키는 최적의 가공 조건을 확립하여 고부가가치 제품 개발에 기초가 되는 정보를 제공하고자 하였다. 시료 형태별 고압효소처리(HP)의 효과는 수용화 특성, 유용성분 및 지표성분 추출 등에서 동결 건조 생강분말이 유의적으로 높게 나타났다. 생강 추출물의 다당류 및 전분제거율은 고압효소처리(HP)는 23.03%, 단일효소처리(WB)는 16.90%로 대조구(CON, 1.17%)에 비해 각각 19.7배, 14.4배 유의적(p<0.001)으로 증가하였다. 수분용해지수(WSI)도 HP는 70.67%, WB는 58.56% 정도로 CON (15.35%) 대비 각각 4.6배, 3.8배 증가하였다. 총 폴리페놀(TP) 함량 역시 HP는 2.55%, WB는 2.37%로 CON (1.43%)에 비하여 각각 1.8배, 1.7배 증가하였다. 이와는 다른 경향으로 효소종류별 지표성분의 총합은 HP에 비하여 WB가 높게 나타났으며, WB의 Pec 처리구가 1.53%로 CON에 비하여 2.7배 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 고압처리 없이 효소처리 기술만을 적용하여 유용성분 함량이 증가된 생강 추출물을 생산할 수 있는 가능성을 제시하여 주는 것이다. 결과적으로 처리 시간, 온도, 압력별 생강 추출물의 수용화 특성 및 유용성분과 지표성분 함량의 결과를 토대로 고압효소 또는 단일효소처리를 위한 최적의 효소로 pectinase (Pectinex Ultra SP-L) 1종을 최종 선정하였으며, 최적의 처리조건은 100 MPa, 50°C, 2시간으로 선정하였다. 따라서, 본 연구 결과는 고압효소 또는 단일효소처리를 통하여 생강의 다당류 및 전분을 분해시켜 수용화를 극대화하고 유용성분의 추출함량을 증가시켜, 기존의 생강 추출물의 생산 원가 절감 및 품질 개선 효과를 가져올 수 있는 유용한 기술로 고품질의 제품 생산과 기능성 소재 개발 등의 다양한 분야에서 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(PJ01255401)의 지원에 의하여 이루어진 것이며, 깊은 감사 드립니다.

References

Albuquerque ED, Torres FAG, Fernandes AAR, Fernandes PMB. 2016. Combined effects of high hydrostatic pressure and specific fungal cellulase improve coconut husk hydrolysis. Process Biochem. 51: 1767-1775.

Ali BH, Blunden G, Tanira MO, Nemmar A. 2008. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review of recent research. Food Chem. Toxicol. 46: 409-420.

Anderson RA, Conway HF and Peplinski AJ. 1970. Gelatinization of corn grits by roll cooking, extrusion cooking and steaming. Starch-Strke. 22: 130-135.

AOAC. 2005. Official methods of analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA.

Butz P, Garcia AF, Lindauer R, Dieterich S, Tauscher B. 2003. Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products. J. Food Eng. 56: 233-236.

Butz P, Koller WD, Tauscher B, Wolf S. 1994. Ultra-high pressure processing of onions: Chemical and sensory changes. LWT Food Sci. Technol. 27: 463-467.

Casquete R, Castro SM, Martin A, Ruiz-Moyanoa S, Saraivac JA, Cordoba MG, Teixeir P. 2015. Evaluation of the effect of high pressure on total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activity of citrus peels. Innovative Food Sci. Emerg. Technol. 31: 37-44.

Chung SK, Choi JU. 1990. The effects of drying methods on the quality of the garlic powder. Korean J. Food Sci. Technol. 22: 44-49.

Guo JB, Zhang WJ, Wu H, Du LM. 2015. Microwave-assisted decomposition coupled with acidic food condiment as an efficient technology for ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) processing. Sep. Purif. Technol. 146: 219-226.

Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. J. AOCS. 58: 966-967.

Hendrickx M, Ludikhuyze L, Broeck IVD, Weemaes C. 1998. Effects of high pressure on enzymes related to food quality. Trends Food Sci. Technol. 9: 197-203.

Hu JJ, Guo Z, Glasius M, Kristensen K, Xiao L, Xu X. 2011. Pressurized liquid extraction of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) with bioethanol: An efficient and sustainable. approach. J. Chromatogr. A. 1218: 5765-5773.

Im SB, Lee HJ, Shim JY, Kim TR, Kim DO. 2015. Optimization of demucilage process of Opuntia ficus-indica var. saboten fruit using high hydrostatic pressure enzyme dissolution. J. KSBB. 30: 63-68.

Jeong MC, Lee SE, Lee YC. 1999. Yield and quality of ginger extracts produced by enzymatic hydrolysis. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 391-398.

Jung KG, Park CS. 2013. Antioxidative and antimicrobial activities of juice from garlic, ginger, and onion. Korean J. Food

Preserv. 20: 134-139.
Kang KH, Noh BS, Seo JH, Hur WD. 1998. Food Analytics. Sung Kyun Kwan Univ., Seoul, Korea, p 109-110.
Key statistics. 2016. Ministry of Agriculture. Food and Rural Affairs MAFRA.
Kim CT. 2009. High pressure technology for food-application and prospect as green technology. Bulletin Food Technol. 22: 321-330.
Kim CT. 2014. Food High Pressure Technology Development. Final Report of KFRI, KFRI R-14-E0142053312-18.
Kim DW, Chang KS, Lee UH, Kim SS. 1996. moisture sorption characteristics of model food powders. Korean J. Food Sci. Technol., 28: 1146-1150.
Kim DY, Han GD. 2012. High hydrostatic pressure treatment combined with enzymes increases the extractability and bioactivity of fermented rice bran. Innovative Food Sci. Emerg. Technol. 16: 191-197.
Knudsen IM. 1986. High performance liquid chromatographic determination of oligo-saccharides in leguminous seeds. J. Sci. Food Agric. 37: 560-566.
Korea Food and Drug Administration. 2013. Health functional food code testing methods. Cheongju, Korea, p 307-309.
Kwon YR, Youn KS. 2015. Quality characteristics of *Hijikia fusiforme* extracts with different extraction method Korean J. Food Preserv. 22: 70-77.
Lee BS, Go MS, Kim HJ, Kwak IS, Joeng BW. 2006. Separation of 6-Gingerol from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and antioxidative activity. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 21: 484-488.
Lopez EP, Aparicio IM, Ruperez P. 2016a. Low molecular weight carbohydrates released from Okara by enzymatic treatment under high hydrostatic pressure. Innovative Food Sci. Emerg. Technol. 38: 76-82.
Lopez EP, Aparicio IM, Ruperez P. 2016b. Okara treated with high hydrostatic pressure assisted by Ultraflo® L: Effect on solubility of dietary fibre. Innovative Food Sci. Emerg. Technol. 33: 32-37.
Lopez EP, Aparicio IM, Ruperez P. 2017. High hydrostatic pressure aided by food-grade enzymes as a novel approach for Okara valorization. Innovative Food Sci. Emerg. Technol. 42: 197-203.
Mustafa A, Turner C. 2011. Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review. Anal. Chim. Acta. 703: 8-18.
O'Hara MA, Kiefer D, Farrell K, Kemper K. 1998. A review of 12 commonly used medicinal herbs. Arch. Family Med. 7: 523-536.
Otunola GA, Oloyede OB, Oladiji AT, Afolayan AJ. 2010. Comparative analysis of the chemical composition of three spices-*Allium sativum* L. *Zingiber officinale* Rosc. and *Capsicum frutescens* L. commonly consumed in Nigeria. Afr. J. Biotechnol. 9: 6927-6931.
Park HJ, Lee SH, Kim HY, Jang GY, Hwang IG, Woo KS, Kwon OS, Lee JS, Jeong HS. 2012. Changes in chemical components and antioxidant activity of dried jujube with different aging temperatures and durations. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 591-597.
Pfeiffer J. 1954. Enzymes, the Physics and Chemistry of Life. Simon and Schuster, NY. 171-173.
Phhisit S, Arthitaya K, Thanongsak C. 2017. Green and chemical-free process of enzymatic xylooigosaccharide production from corncob: Enhancement of the yields using a strategy of lignocellulosic destructuration by ultra-high pressure pretreatment. Bioresour. Technol. 241: 537-544.
Prasad KN, Yang E, Yi C, Zhao M, Jiang Y. 2009. Effects of high pressure extraction on the extraction yield, total phenolic content and antioxidant activity of longan fruit pericarp. Innovative Food Sci. Emerg. Technol. 10: 155-159.
Priya RS, Subramanian RB. 2008. Isolation and molecular analysis of *R*-gene in resistant *Zingiber officinale* (ginger) varieties against *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi*. Bioresour. Technol. 99: 4540-4543.
Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, DeVries JW, Furda I. 1988. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. J. AOAC. 71: 1017-1023.
RDA, NAS. 2017. Food composition table II 9th revision. Korea, p 138-139.
Roldan-Marin E, Sanchez-Moreno C, Lloria S, Ancos Bd, Cano MP. 2009. Onion high-pressure processing: Flavonol content and antioxidant activity. LWT Food Sci. Technol., 42: 835-841.
Rose JKC, Lee SJ. 2010. Straying off the highway: trafficking of secreted plant proteins and complexity in the plant cell wall proteome. J. Plant Physiol. 153: 433-436.
Schwertner HA, Rios DC. 2007. High-performance liquid chromatographic analysis of 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol, and 6-shogaol in ginger-containing dietary supplements, spices, teas and beverages. J. Chromatogr. B. 856: 41-47.
Son BY, Kim JT, Lee JS, Baek SB, Kim SL, Ku JH, Hwang JJ, Cha SM, Kwon YU. 2012. Chemical composition of seed from inbred lines and hybrids of maize recently developed in Korea. Korean J. Crop Sci. 57: 188-194.
Strati IF, Gogou E, Oreopoulou V. 2015. Enzyme and high pressure assisted extraction of carotenoids from tomato waste. Food Bioprod. Process. 94: 668-674.
The Korea Society of Food Science and Nutrition. 2000. Handbook of Experiments in Food Science and Nutrition. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, p 151-152.
Youn SJ, Rhee JK, Yoo SH, Chung MS, Lee HJ. 2016. Total phenolics contents, total flavonoids contents and antioxidant capacities of commercially available korean domestic and foreign intermediate food materials. Microbiol. Biotechnol. Lett. 44: 278-284.