가공방법에 따른 콩의 Isoflavone 조성 변화

김지영 · 권수현 · 황병순 · 장 미 · 강해주 · 김기창 · 황민국

국립농업과학원 농식품자원부 기능성식품과

Changes in Isoflavone Composition of Soybean According to Processing Methods

Ji Yeong Kim, Su Hyun Kwon, Byung Soon Hwang, Mi Jang,
Hae Ju Kang, Gi Chang Kim, and In Guk Hwang

Department of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences,
Rural Development Administration

ABSTRACT Isoflavone is a representative functional components in soybean, and especially aglycones (daidzein, genistein, and glycitein) are known to have high physiological activities. This study aimed to examine an effective processing method for generating a high content of aglycone during soybean germination, roasting and steaming. Our results reveal an increasing aglycone content with increasing treatment time during germination, roasting and steaming. In particular, it was confirmed that the glycoside isoflavones are efficiently converted into aglycones during the roasting process. After roasting for 16 minutes, the fold-increase contents of daidzein was about 102 times (1.78→180.08 µg/g dw), and genistein was about 433 times (0.49→212.47 µg/g dw). In addition, content of the barely detectable glycitein was confirmed and determined to be 59.84 µg/g. Soybeans with high aglycone isoflavones are expected to exhibit higher absorption of functional components in the human body, and impart physiological activity than other soybeans.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill, isoflavone, aglycone, processing method

서 론

콩(*Glycine max* L. Merrill)은 두과(Leguminosae) 작물로서 예로부터 동양에서 오곡 중 하나로 여겨진 유용한 작물이다(Jeong 등, 2019). 콩은 지방과 단백질이 풍부하고 칼륨, 마그네슘과 같은 미네랄과 엽산, 리보플라빈과 같은 비타민의 공급원으로서 역할을 하며 플라보노이드, 이소플라본, 피틴산과 같은 생리활성 물질이 보고되어 있다.

이소플라본은 콩에 함유된 가장 대표적인 기능성분으로(Potter, 1998) 3-phenylchroman의 4', 7번 위치의 수산기(OH) 그룹이 결합한 비배당체(aglycone)를 기본 골격으로 이루어져 있으며, 콩에 함유된 비배당체 이소플라본은 daidzein, genistein, glycitein이 밝혀져 있다. 3종의 비배당체 이소플라본 외에도 glucose, acetyl, malonyl group이 결합된 배당체(glycoside) 성분들이 존재하는데(Ha 등, 2019), 이들은 각각 daidzin, genistin, glycitin, acetyl-daidzin, acetyl-genistin, acetyl-glycitin, malonyl-daidzin, mal-

onyl-genistin, malonyl-glycitin 9종으로 콩에는 총 12종의 이소플라본 물질이 규명되어 있다.

콩 내 이소플라본은 대부분 배당체로 존재하는데 산이나 열을 통한 가수분해 또는 가공공정에 따라 malonyl, acetyl기가 유리되거나 비배당체로의 전환이 일어나게 된다(Yeo와 Kim, 2002). 일반적으로 식품으로 섭취된 이소플라본은 체내에서 비배당체 형태로 전환, 흡수된 후에 생리활성 효과를 나타낸다(Shin과 Joo, 2016). 따라서 배당체 이소플라본의 경우 소장에서 흡수가 지연되며 Kang 등(2003)에 따르면 배당체 형태의 이소플라본이 비배당체로 분해되는 비율이 높을수록 인체 내 이소플라본의 생리활성이 증가하였다고 보고한 바 있다.

이소플라본은 항산화, 항암, 항염증과 더불어 에스트로겐 유사 활성을 가지고 있으며 골다공증, 저콜레스테롤 혈증, 심혈관 질환 등 다양한 질환에 대한 예방효과들이 많이 보고되고 있다(Rhim, 2020). 그중 특히 비배당체인 daidzein과 genistein은 전립선과 유방암 등에서 항암효과가 있고(Jeong 등, 2019) 폐경기 이후 여성의 각종 여성증후군을 완화시킨다고 밝혀졌으며, 제2형 당뇨 동물실험을 통해 지질과산화물 생성 억제와 당뇨 합병증을 예방한다고 밝혀졌다(Park 등, 2006). 또한 Yang 등(2001)에 따르면 콩 비배

당체 이소플라본은 1~2% 정도 미량으로 존재함에도 불구하고 배당체 이소플라본에 비해 생체 내에서 높은 생리활성을 나타낸다고 보고된 바 있다. 위 연구를 토대로 비배당체 이소플라본이 고 함유된 콩은 다른 콩에 비해 인체 내 기능 성분 흡수력이 높고 보다 우수한 생리활성 효과를 보일 것으로 예상된다.

콩으로부터 이소플라본을 섭취하기 위해서는 조리 및 가공되어 비배당체 이소플라본 함량이 높아진 콩을 섭취하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. Shin과 Joo(2016)는 조리 방법별 이소플라본 함량을 비교하였고 조리 이후 비배당체 함량이 전반적으로 증가하였다고 밝혔는데, 특히 daidzein은 삶았을 때, genistein과 glycitein은 볶았을 때 가장 높은 함량을 보였다고 밝혔다. 또한 Shin과 Joo(2016)는 조리 방법별 이소플라본을 분석한 결과, 볶음처리를 하였을 때 가장 높은 비배당체 이소플라본 함량이 있음을 확인했고 압력처리가 그 뒤를 이어 효율적인 조리방법임을 확인했다. 콩 조리 가열시간이 길어질수록 함량이 유의적으로 증가하였다는 연구 결과도 있으며(Dong 등, 2012), 이 외에도 콩을 이용한 가공연구는 현재도 활발히 진행 중이다.

이를 토대로 본 연구에서는 발아, 볶음, 증숙 가공처리에 따른 이소플라본 함량 변화를 분석하였고 비배당체의 함량이 높아지는 가공법을 찾고자 하였다. 이를 토대로 추후 비배당체 이소플라본이 고 함유된 소재개발을 위한 활용 자료로 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에 사용한 백태 콩(대원)은 2019년에 충북 괴산지역에서 수확한 콩을 사용하였다. 이소플라본 표준물질로 daidzin, glycitin, genistin, malonyl-daidzin, malonyl-glycitin, acetyl-daidzin, malonyl-genistin, acetyl-glycitin, daidzein, glycitein, acetyl-genistin, genistein은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)로부터 구매하여 사용하였으며 water, acetonitrile 등의 분석용 용매는 HPLC 등급을 사용하였다.

가공방법

발아처리는 시료 40 g을 세척 후 정수제 80 mL를 가하고 4시간 동안 침지한 다음 10분간 체반을 이용하여 물기를 제거하였다. 침지한 콩은 발아장치(Automatic sprouter, SC-9000, Sinchanng Inc., Osan, Korea)를 이용하여 발아 시간(12, 24, 36, 48시간)에 따라 4회 샘플링을 하여 55°C에서 24시간 열풍건조(Thermostable OF-305, DAIHAN Scientific Co., Ltd., Wonju, Korea) 하였다.

볶음처리는 시료 100 g을 세척 후 자연건조(1시간)한 다음 볶음장치(J-150CR, Ottimo, Bucheon, Korea)를 이용하여 220~240°C에서 볶음시간(10, 12, 14, 16분)에 따라

처리 후 시료로 사용하였다.

증숙처리는 시료 200 g을 세척한 후 정수제 400 mL를 가하고 2시간 동안 침지한 다음 10분간 체반을 이용하여 물기를 제거하였다. 침지한 콩은 증숙장치(J-150CR, Ottimo)를 이용하여 60, 80, 95°C에서 각각 1, 2, 3, 4시간 동안 증숙처리 한 다음 55°C에서 24시간 열풍건조 하였다. 발아, 볶음 및 증숙처리 한 모든 시료는 분쇄기(SMX-H4545WS, SHINIL, Cheonan, Korea)로 분쇄하여 최종 30 mesh 체를 통과시켜 균질화한 다음 -20°C 냉동고에서 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

이소플라본 분석방법

콩의 이소플라본 함량 분석을 위한 추출물 제조는 시료 2.00±0.05 g을 정확히 칭량하여 0.05% acetic acid가 함유된 80% 메탄올 25 mL를 첨가하고 30분간 초음파(DH. WUC.A22H, DAIHAN Scientific Co., Ltd.) 추출하였다. 그 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리(Union 55R, Hanil Science Industrial Co., Incheon, Korea)하여 상등액을 회수하였다. 위 과정을 2회 반복하여 최종 50 mL로 정용하여 0.2 µm syringe filter(PVDF, Whatman International Ltd., Maidstone, UK)로 여과하여 분석용 시료로 사용하였다. UPLC(Waters ACQUITY UPLC system, Mildford, MA, USA)를 사용하였고 분석 조건은 Ha 등(2019)의 방법을 변형하였으며 Table 1과 같다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복 시행했으며 통계분석은 SPSS 통계 프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicag, IL, USA)을 이용하였다. 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리 간의 차이 유무

Table 1. UPLC condition for isoflavone analysis in soybean

Conditions			
UPLC system	Waters ACQUITY UPLC system		
Column	CORTECS® UPLC® T3, 2.1×150 mm, 2.7 µm		
Oven temperature	35°C		
Mobile phase	Time (min)	Gradient condition	
		0.1% formic acid in water	0.1% formic acid in acetonitrile
	0	95	5
	20	75	25
	25	50	50
	30	10	90
	32	10	90
	35	95	5
	40	95	5
Flow rate	0.3 mL/min		
Injection volume	2 µL		
Detector	PAD (260 nm)		

를 one-way ANOVA(analysis of variation)로 분석한 뒤 다중검정범위(Duncan's multiple range test)를 사용하여 $P < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

발아처리에 따른 콩 이소플라본 함량 분석

발아처리에 따른 콩 이소플라본을 분석한 크로마토그램은 Fig. 1과 같으며 함량 변화는 Fig. 2와 같이 나타났다. 발아 전 콩에는 malonyl-daidzin, malonyl-genistin, malonyl-glycitin, daidzin, glycitin, genistin 등의 이소플라본이 검출되었고, 주요 이소플라본은 malonyl-daidzin, malonyl-genistin, malonyl-glycitin이었다. 발아 후 daidzein, genistein, acetyl-genistin 이소플라본이 새롭게 검출되었

고, 주요 이소플라본은 malonyl-daidzin, malonyl-genistin으로 나타났다. 발아처리 시간이 길어질수록 비배당체 이소플라본의 함량이 증가함을 확인하였다. 발아 전 콩 추출물에는 malonyl group이 붙은 malonyl-daidzin, malonyl-glycitin, malonyl-genistin과 배당체인 daidzin, glycitin, genistin이 높은 함량으로 검출되었고 비배당체인 daidzein과 genistein이 소량 검출되었다. Malonyl group 배당체의 경우 malonyl-daidzin과 malonyl-genistin은 발아처리 12 시간 이후부터 유의적으로 함량이 감소함을 확인하였으나 malonyl-glycitin의 경우 유의적인 함량 변화가 관찰되지 않았다($P < 0.05$). Acetyl group 배당체들은 발아처리에서 미량 검출되었으며 배당체인 daidzin과 glycitin, genistin은 24시간 이후부터 유의적($P < 0.05$)으로 함량이 감소하였다. 비배당체의 경우 glycetein의 함량은 변화가 관찰되지

Fig. 1. UPLC chromatogram of isoflavone standards and soybean extract. 1, daidzin; 2, glycitin; 3, geistin; 4, malonyl-daidzin; 5, malonyl-glycitin; 6, acetyl-daidzin; 7, acetyl-glycitin; 8, malonyl-genistin; 9, daidzein; 10, glycetein; 11, acetyl-genistin; 12, genistein.

Fig. 2. Changes in isoflavone content of soybean with germination methods. Different letters (a-e) above the bars indicate a significant difference ($P < 0.05$).

않았는데 이는 앞서 malonyl-glycitin의 함량이 감소하지 않았으므로 발아처리 하는 동안 비배당체로의 전환이 일어나지 않았음을 유추할 수 있었다. 한편 발아 전 1.78 µg/g dw의 함량을 보였던 daidzein은 48시간 후 24.88 µg/g dw로 약 14배 증가하였음을 확인하였다. 또한 발아 전 0.49 µg/g dw의 함량을 보였던 genistein은 48시간 후 18.15 µg/g dw로 약 37배 증가하였음을 확인하여 발아과정 동안 처리시간이 길어질수록 비배당체인 daidzein과 genistein의 함량이 유의적($P<0.05$)으로 증가함을 관찰할 수 있었다. Chung(1998)과 Kim 등(1999)에 따르면 콩 종자의 발아시간이 길어짐에 따라 이소플라본 함량이 증가한다고 보고한 바 있다. Jo 등(2019)의 연구 결과에 의하면 발아기간이 길어질수록 비배당체 함량이 증가하였으며 발아기간 중 초음파 처리를 하였을 때 비배당체 함량이 약 3배 정도 증가하였음을 밝혔다. 본 실험 또한 발아과정 중 다른 물리적 요인을 추가한다면 보다 높은 비배당체 이소플라본을 얻어 향후 높은 체내 흡수력과 생리 활성력을 얻을 수 있을 것으로 예상되며, 추가적으로 가공처리 후 콩의 자엽과 배측 부위를 구분하여 이소플라본 함량 변화를 연구하는 것도 의미 있을 것으로 보인다(Berger 등, 2008).

볶음처리에 따른 콩 이소플라본 함량 분석

볶음처리에 따른 콩 이소플라본 함량 변화는 Fig. 3과 같다. 볶음처리 후 daidzein, glycitein, acetyl-genistin, acetyl-daidzin 이소플라본이 새롭게 검출되었으며 볶음처리 시간이 길어질수록 비배당체 이소플라본 함량이 증가함을 확인하였다. 볶음 전 콩 추출물에는 malonyl group이 붙은 malonyl-daidzin, malonyl-glycitin, malonyl-genistin과 배당체인 daidzin, glycitin, genistin이 높은 함량으로 검출되었고 비배당체인 daidzein과 genistein이 소량 검출되었

다. Malonyl group 배당체의 경우 볶음처리 10분부터 유의적($P<0.05$)으로 함량이 감소함을 확인하였는데 10분 이후로부터 다른 비배당체, 배당체로의 전환이 일어남을 추측할 수 있었다. 이를 뒷받침하듯 acetyl group 배당체들이 볶음처리 10분을 기준으로 함량이 검출되기 시작하였으며 12분부터 함량이 감소함을 확인하였다. 배당체인 daidzin, glycitin, genistin은 10분까지 함량이 증가함을 확인하였는데 malonyl, acetyl group 배당체들의 전환이 일어남을 유추할 수 있었다. 그 후 볶음처리 시간이 길어질수록 유의적($P<0.05$)으로 함량이 감소하였고 볶음처리 동안 배당체 이소플라본이 비배당체로 전환됨을 확인할 수 있었다. 볶음 전 1.78 µg/g dw의 함량을 보였던 daidzein은 16분 후 182.08 µg/g dw로 약 102배 증가하였음을 확인하였으며, 볶음 전 0.49 µg/g dw의 함량을 보였던 genistein은 16분 후 212.47 µg/g dw로 약 433배 증가하였음을 확인하였다. 또한 검출되지 않았던 glycitein이 볶음처리 16분 후 59.84 µg/g dw의 함량으로 확인되었다. 220~240°C에서 16분간 볶음처리가 진행되는 동안 콩의 배당체 성분들이 효율적으로 비배당체로 전환되었음을 확인할 수 있었다. Shin과 Joo(2016)에 따르면 200°C에서 5분간 볶음과정을 거친 결과 총 이소플라본 함량은 증가하였으나 비배당체보다 배당체인 daidzin, glycitin, genistin의 함량이 높게 증가함을 확인하였다. 이를 본 연구 결과와 비교했을 때 200°C, 5분 볶음조건이 비배당체까지 전환되기에는 적당하지 않음을 알 수 있었고, 그보다 높은 온도와 시간으로 처리했을 때 높은 비배당체 이소플라본 함량이 확인됨을 알 수 있었다. 인체는 비배당체 이소플라본을 더 효율적으로 흡수한다고 보고되어 있으며(Shin과 Joo, 2016), 무처리 콩보다 비배당체 이소플라본이 고함유되도록 볶음가공을 거친 콩을 섭취할 때 보다 높은 이소플라본의 여러 생리활성 효과를 나타낼 것으로 기대된다.

Fig. 3. Changes in isoflavone content of soybean with roasting methods. Different letters (a-e) above the bars indicate a significant difference ($P<0.05$).

Table 2. Changes in isoflavone content of soybean with steam methods

RT	Daidzin	Glycitin	Genistin	Malonyl-daidzin	Malonyl-glycitin	Acetyl-daidzin	Acetyl-glycitin	Malonyl-genistin	Daidzein	Glycitein	Acetyl-genistin	Genistein
Control	104.82 ±7.55 ^{al)}	48.90 ±4.00 ^{ab}	96.62 ±7.40 ^a	1,728.98 ±104.79 ^a	181.66 ±10.76 ^a	ND	ND	1,377.53 ±97.33 ^a	1.78 ±0.81 ^d	ND	ND	0.49 ±0.12 ^d
1 h	99.03 ±6.32 ^a	48.94 ±2.26 ^{ab}	82.28 ±5.71 ^{ab}	1,261.84 ±66.58 ^b	176.29 ±6.65 ^a	ND	ND	1,016.05 ±66.41 ^b	27.79 ±2.11 ^c	ND	0.82 ±0.57 ^{bc}	30.92 ±2.68 ^c
2 h	113.21 ±10.06 ^a	56.08 ±6.88 ^a	90.33 ±8.87 ^a	1,279.84 ±118.04 ^b	191.60 ±1.14 ^a	ND	ND	1,024.81 ±106.66 ^b	32.85 ±3.59 ^c	ND	2.12 ±0.40 ^a	39.49 ±5.37 ^b
3 h	107.62 ±6.74 ^a	46.44 ±2.20 ^b	81.41 ±6.02 ^{ab}	1,203.39 ±76.34 ^b	163.89 ±6.88 ^a	ND	ND	992.94 ±75.11 ^b	52.67 ±4.37 ^b	7.60 ±0.59 ^b	2.07 ±0.55 ^a	57.83 ±5.97 ^a
4 h	100.72 ±13.60 ^a	42.15 ±6.03 ^b	70.90 ±10.28 ^b	949.67 ±99.87 ^c	136.59 ±18.88 ^b	ND	ND	759.66 ±81.30 ^c	59.33 ±5.27 ^a	10.20 ±1.19 ^a	1.28 ±0.64 ^{ab}	56.76 ±4.43 ^a
Control	104.82 ±7.55 ^c	48.90 ±4.00 ^b	96.62 ±7.40 ^c	1,728.98 ±104.79 ^a	181.66 ±10.76 ^a	ND	ND	1,377.53 ±97.33 ^a	1.78 ±0.81 ^c	ND	ND	0.49 ±0.12 ^c
1 h	99.71 ±3.61 ^c	47.54 ±2.70 ^b	73.84 ±2.61 ^c	1,161.87 ±33.37 ^b	159.52 ±6.61 ^b	ND	ND	918.01 ±28.64 ^b	34.97 ±1.33 ^a	3.68 ±0.25 ^a	0.69 ±0.22 ^c	34.54 ±1.84 ^a
2 h	210.83 ±2.25 ^b	57.76 ±2.26 ^b	168.98 ±2.00 ^b	1,016.49 ±12.80 ^b	113.99 ±3.88 ^c	ND	ND	880.57 ±14.36 ^b	23.54 ±0.99 ^b	3.45 ±0.82 ^a	4.16 ±0.17 ^b	20.42 ±1.63 ^b
3 h	284.25 ±50.90 ^a	80.55 ±13.83 ^a	224.69 ±38.65 ^a	750.36 ±191.90 ^c	93.81 ±17.47 ^d	ND	ND	546.41 ±38.22 ^c	24.54 ±0.68 ^b	4.28 ±0.65 ^a	9.05 ±3.58 ^a	19.38 ±2.36 ^b
4 h	273.59 ±6.05 ^a	81.06 ±2.12 ^a	212.47 ±4.36 ^a	677.55 ±19.89 ^c	91.65 ±3.01 ^d	2.15 ±0.22	ND	561.96 ±15.00 ^c	24.34 ±0.46 ^b	3.87 ±0.25 ^a	7.93 ±0.26 ^a	18.91 ±0.46 ^b
Control	104.82 ±7.55 ^d	48.90 ±4.00 ^e	96.62 ±7.40 ^d	1,728.98 ±104.79 ^a	181.66 ±10.76 ^a	ND	ND	1,377.53 ±97.33 ^a	1.78 ±0.81 ^c	ND	ND	0.49 ±0.12 ^d
1 h	193.32 ±20.48 ^c	74.24 ±10.04 ^d	145.74 ±14.75 ^c	953.49 ±113.95 ^b	138.55 ±20.59 ^b	ND	ND	748.07 ±86.89 ^b	17.72 ±2.19 ^{ab}	0.79 ±0.59 ^b	3.44 ±0.73 ^c	12.26 ±1.12 ^b
2 h	503.08 ±4.42 ^b	114.15 ±2.56 ^c	404.51 ±4.32 ^b	928.01 ±4.64 ^b	95.97 ±1.46 ^c	21.18 ±0.30 ^b	2.45 ±0.51 ^c	749.62 ±4.1 ^b	19.88 ±0.13 ^a	0.54 ±0.02 ^{bc}	30.44 ±0.29 ^b	14.55 ±0.57 ^a
3 h	492.97 ±38.46 ^b	130.27 ±9.93 ^b	406.92 ±33.76 ^b	421.32 ±37.34 ^c	50.67 ±5.04 ^d	22.86 ±1.91 ^b	5.97 ±0.22 ^b	345.32 ±32.65 ^c	16.28 ±1.79 ^b	1.08 ±0.54 ^{ab}	34.34 ±3.23 ^b	10.48 ±1.02 ^c
4 h	629.29 ±47.47 ^a	163.60 ±12.26 ^a	533.59 ±42.83 ^a	202.23 ±21.99 ^d	20.15 ±2.75 ^e	36.69 ±2.84 ^a	12.96 ±1.47 ^a	161.43 ±16.11 ^d	17.91 ±1.71 ^{ab}	1.64 ±0.44 ^a	54.05 ±4.16 ^a	10.74 ±0.82 ^c

¹⁾Different letters (a-d) within the same column indicate a significant difference ($P<0.05$).

증숙처리에 따른 콩 이소플라본 함량 분석

증숙처리에 따른 콩 이소플라본 함량 변화는 Table 2와 같다. 증숙 전 콩 추출물에는 malonyl group이 붙은 malonyl-daidzin, malonyl-glycitin, malonyl-genistin과 배당체인 daidzin, glycitin, genistin이 높은 함량으로 검출되었으며 비배당체인 daidzein과 genistein이 소량 검출되었다. 60°C의 조건일 때 malonyl group 배당체는 증숙시간이 길어짐에 따라 함량이 유의적으로 감소하기 시작하였다. Acetyl group 배당체는 acetyl-genistin을 제외하고는 검출되지 않았으며 daidzin, glycitin, genistin 배당체의 함량은 증숙시간이 길어짐에 따라 감소하였다. 비배당체의 경우 증숙처리 시간이 길어질수록 유의적($P<0.05$)으로 함량이 증가함을 확인하였는데, 이는 60°C에서 1~4시간 증숙과정 동안 malonyl group 배당체로부터 연속적인 당 분해과정이 일어나 비배당체로 전환되었음을 유추할 수 있었다. 증숙 전 1.78 µg/g dw의 함량을 보였던 daidzein은 4시간 후 59.33 µg/g dw로 약 33배 증가하였음을 확인했으며, 증숙 전 0.49 µg/g dw의 함량을 보였던 genistein은 4시간 후 56.76 µg/g dw로 약 116배 증가하였음을 확인하였다. 또한 검출되지 않았던 glycitein이 4시간 후 10.2 µg/g dw의 함량이 확인되어 비배당체의 함량이 증가함을 최종 확인하였다. 80°C의 조건일 때도 마찬가지로 malonyl group 배당체의 함량은 증숙처리 시간에 따라 유의적($P<0.05$)으로 감소하였다. 검출되지 않았던 acetyl-daidzin과 acetyl-genistin의 함량이 유의적으로 증가했으며 배당체 daidzin, glycitin, genistin 또한 증숙 시간이 길어짐에 따라 함량이 증가함을 확인하였다. 이는 함량이 줄어든 malonyl group 배당체에서 당이 분해되면서 다른 배당체들의 함량이 높아진 것으로 보인다. 비배당체의 경우 1시간 처리했을 때 유의적($P<0.05$)으로 높은 함량을 보였고 그 후로 함량이 줄어들음을 확인할 수 있었다. 증숙 전 1.78 µg/g dw의 함량을 보였던 daidzein은 1시간 후 34.97 µg/g dw로 약 20배 증가하였음을 확인했으며, 증숙 전 0.49 µg/g dw의 함량을 보였던 genistein은 1시간 후 34.54 µg/g dw로 약 70배 증가하였음을 확인하였다. 또한 검출되지 않았던 glycitein이 증숙처리 1시간 후 3.68 µg/g dw 함량으로 확인되었다. 80°C의 온도에서 장시간 증숙과정에 노출된 콩 비배당체들은 기본 골격인 3-phenylchroman이나 그 골격에 결합한 OH group이 분해되어 2시간 이상 증숙된 콩들의 비배당체 함량이 감소하였음을 유추할 수 있었다.

95°C의 조건일 때 malonyl group 배당체의 함량은 증숙처리 시간이 증가함에 따라 유의적($P<0.05$)으로 감소하였다. 검출되지 않았던 acetyl group 배당체들의 함량이 증가하여 모두 검출되었으며 daidzin, glycitin, genistin의 함량도 유의적으로 증가하였다. 이는 malonyl group 배당체들로부터 전환된 것으로 유추된다. 비배당체의 경우 daidzein과 genistein은 2시간 증숙 시 유의적으로 높은 함량을 보였고 glycitein은 4시간 증숙 시 높은 함량을 나타내는 것을

확인하였다. 증숙 전 1.78 µg/g dw의 함량을 보였던 daidzein은 2시간 후 19.88 µg/g dw로 약 11배 증가하였음을 확인했으며, 증숙 전 0.49 µg/g dw의 함량을 보였던 genistein은 2시간 후 14.55 µg/g dw로 약 30배 증가하였음을 확인하였다. 또한 검출되지 않았던 glycitein이 증숙 처리 4시간 후 1.64 µg/g dw의 함량으로 확인되었다. 비배당체 중 glycitein의 함량이 가장 낮기 때문에 함량이 증가할 때 필요한 시간이 다른 배당체들보다 긴 것으로 생각된다.

Huang과 Chou(2008)는 찐 콩의 이소플라본 함량을 분석한 결과 60°C에서 비배당체 이소플라본 함량이 증가하였고 80°C의 조건에서도 증가하는 것으로 보고하여 본 데이터와 유사한 결과를 나타내었다. Shin과 Joo(2016)는 삶은 콩과 찐 콩 모두 생콩과 비교했을 때 비배당체의 함량이 증가하였음을 밝혔다. 또한 여러 방법으로 조리된 콩의 이소플라본 함량을 분석한 결과 비배당체 함량은 볶은 콩, 삶은 콩, 찐 콩 순으로 높게 나타나 볶은 콩의 비배당체 이소플라본 함량이 가장 높았음을 밝혔으며, 이는 본 데이터와도 같은 양상을 나타냄을 확인하였다. 콩 이소플라본은 가공과정을 통해 malonyl group 배당체가 탈카르복시화 되어 acetyl group 배당체가 되고, 그 후 당 분해과정을 거쳐 비배당체로 전환되며(Toda 등, 2000) 가공, 조리방법과 온도, 시간 등에 영향을 받는 것으로 보이기 때문에 적절한 비배당체 전환조건을 선정하는 것이 중요하다.

요 약

본 연구는 콩 가공처리를 통해 우수한 생리활성을 가진 비배당체 이소플라본(genistein, daidzein, glycitein)의 함량을 증진시키기 위해 수행되었다. 본 연구를 위해 콩 발아, 볶음, 증숙가공 처리를 각각 진행하였으며 발아가공은 시간에 따라(12~48시간) 진행하였다. 볶음 가공은 220~240°C에서 시간(10, 12, 14, 16분)별로 진행하였으며 증숙가공은 온도(60, 80, 95°C)에 따른 시간(1~4시간)별로 진행하였다. 그 결과 발아, 볶음, 증숙조건에서 대부분 가공시간이 길수록 배당체(genistin, daidzin, glycitin)와 malonyl, acetyl 배당체의 함량이 낮아지고 비배당체(genistein, daidzein, glycitein)의 함량이 높아짐을 확인하였는데, 이는 비배당체로 전환되었음을 유추할 수 있었다. 발아처리를 4시간 진행하였을 때 비배당체로의 전환이 효율적이었으며 daidzein과 genistein의 함량이 24.88, 18.15 µg/g dw였고 glycitein은 검출되지 않았다. 볶음처리는 16분 진행하였을 때 비배당체로의 전환이 효율적이었는데 daidzein, glycitein, genistein의 함량이 각각 212.5, 59.8, 182.1 µg/g dw로 확인되었으며, 증숙처리의 경우 60°C에서 4시간 처리하였을 때 daidzein, glycitein, genistein의 함량이 각각 59.3, 10.2, 56.76 µg/g dw로 확인되었다. 본 연구를 통해 볶음처리가 비배당체 증진을 위한 효율적인 가공법임을 확인할 수 있었고 추가적인 연구를 통해 더 높은 함량의 콩 비배당체 함량

이 기대된다. 또한 이를 토대로 비배당체 이소플라본이 고 함유된 콩을 활용한 건강식품 개발 적용이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 2021년도 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01528503) 및 농촌진흥청 국립농업과학원 전문연구원 과정 지원 사업(과제번호: PJ01514402)에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Berger M, Rasolohery CA, Cazalis R, Dayde J. Isoflavone accumulation kinetics in soybean seed cotyledons and hypocotyls: distinct pathways and genetic controls. *Crop Sci.* 2008. 48: 700-708.
- Chung WK. Physicochemical and sensory characteristics of soybean sprouts in relation to soybean cultivars and culture period. Dissertation. Seoul National University, Seoul, Korea. 1998.
- Dong X, Xu W, Sikes RA, Wu C. Apoptotic effects of cooked and *in vitro* digested soy on human prostate cancer cells. *Food Chem.* 2012. 135:1643-1652.
- Ha TJ, Park JE, Kang BK, Kim HS, Shin SO, Seo JH, et al. α -Glucosidase inhibitory activity of isoflavones and saponins from soybean (*Glycine max* L.) and comparisons of their constituents during heat treatments. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2019. 48:953-960.
- Huang RY, Chou CC. Heating affects the content and distribution profile of isoflavones in steamed black soybeans and black soybean koji. *J Agric Food Chem.* 2008. 56:8484-8489.
- Jeong HK, Lee DH, Seo JS, Won SY, Kang HY, Chi JH. Changes in the characteristics and isoflavone content of soybean on different varieties and processing methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2019. 48:245-252.
- Jo MS, Lee JH, Ma MH, Kim SY, Byun CR, Yi YJ, et al. Influence of abiotic treatments on isoflavone accumulation in soybean seeds during germination. *Korean J Crop Sci.* 2019. 64:18-24.
- Kang SA, Jang KH, Cho Y, Hong K, Suh JH, Choue R. Effects of artificial stomach fluid and digestive enzymes on the aglycone isoflavone contents of soybean and black bean (*Rhynchosia Molubilis: Yak-Kong*). *J Nutr Health.* 2003. 36:32-39.
- Kim SR, Hong HD, Kim SS. Some properties and contents of isoflavone in soybean and soybean foods. *Korea Soybean Digest.* 1999. 16:35-46.
- Park SA, Kim MJ, Jang JY, Choi MS, Yeo J, Lee MK. Effect of genistein and daidzein on antioxidant defense system in C57BL/KsJ-db/db mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2006. 35:1159-1165.
- Potter SM. Soy protein and cardiovascular disease: the impact of bioactive components in soy. *Nutr Rev.* 1998. 56:231-235.
- Rhim TJ. Radical scavenging activities and anti-inflammatory effects of soybean extracts. *Korean J Community Living Sci.* 2020. 31:181-194.
- Shin J, Joo N. Component changes in antioxidant activity and isoflavone (β -glucoside & aglycone) contents of small black bean according to different cooking methods. *Korean J Food Cook Sci.* 2016. 32:197-203.
- Toda T, Sakamoto A, Takayanagi T, Yokotsuka K. Changes in isoflavone compositions of soybean foods during cooking process. *Food Sci Technol Res.* 2000. 6:314-319.
- Yang CS, Landau JM, Huang MT, Newmark HL. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. *Annu Rev Nutr.* 2001. 21:381-406.
- Yeo KE, Kim WJ. Effects of acid hydrolysis on isoflavone of defatted soybean flour. *Korean J Food Sci Techol.* 2002. 34:916-918.