

과제구분	기본	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
지역특화작목 신수요 창출 기술 개발		농식품 자원	'17~'25	농업기술원 작물연구과	신복음
기능성함량을 높인 발아콩 간편제품 개발		농식품 자원	'22~'24	농업기술원 작물연구과	이용선
색인용어	콩, 발아, 볶음, 기능성분				

ABSTRACT

This study aims to increase the isoflavone and calcium content of soybeans by optimizing germination and processing conditions, and to increase consumer demand through the production of roasted soybeans. Soybean germinated in a solution adjusted to pH 4 in which 2.5 g/L of calcium lactate in water was found to increase the content of isoflavone and calcium. Soybean went through the temperature-changing germination process, and the isoflavone content in the form of aglycone was significantly increased. The isoflavone content according to the ultrasonic pretreatment was low in 「Gangpung」 and high in 「Daewon」. However, calcium content and antioxidants tended to be higher in the ultrasonic pretreatment. The change in functional components by processing tended to be higher when roasted after germination. By roasting method, the content of isoflavone tended to be higher in steam ovens and hot air roasting than in ovens. However, the preference of the beans roasted after seasoning was found to be good in the oven at 200°C for 10 minutes in terms of chewing feeling and overall preference. When soybean powder was prepared by using germinated soybeans, the total isoflavone content combined with aglycone and glucoside was high in processing after steaming. In addition, the overall preference was high because the bean powder roasted after steaming and drying had a low fishy smell and a good savory taste in the preference.

Key words : Soybean, Germination, Processing, Functional composition

1. 연구목표

콩은 단백질과 지방질이 풍부하고 필수아미노산과 필수지방산의 함량이 높아 육류의 섭취량이 비교적 적은 우리나라를 비롯한 동양에서는 중요한 단백질과 지방질의 급원으로 오랫동안 이용하고 섭취해온 영양식품 원료이다. 콩에는 영양성분 외에도 여러 기능성 물질이 함유되어 있어 인간의 건강유지에 큰 도움이 되어 왔다. 콩의 대표적 기능성 성분으로는 이소플라본, 올리고당, 사포닌, phytate 등이 알려져 있으며, 특히 여성 호르몬인 estrogen과 구조적으로 유사한 이소플라본이 가장 큰 주목을 받고 있다(Coward et al, 1993; Kennedy, 1995). 이소플라본은 주로 두과식물에 존재하는 이차대사물질로서 특히 콩에 상당량이 함유되어 있다. 이소플라본은 항산화 및 항암 효과 등 여러 성인병에 대해 예방적 혹은 치료적 효과가 있는 것으로 알려져 최근까지도 이와 관련된 많은 연구가 이루어지고 있다(Nielsen & Williamson, 2007; Messina, 2014; Dhayakaran et al, 2015). 이소플라본 함량은 유전적(Wang & Murpy, 1994; Gutierrez-Gonzalez et al, 2010) 및 환경적 요인(김 등, 1996; Gutierrez-Gonzalez et al, 2009)에 의해 영향을 많이 받는 까닭에 식물체내 이소플라본의 합성 및 축적에 관한 연구는 꾸준히 연구되어지고 있다. 조 등(2019)은 콩의 발아기간 중 물리적인 초음파 처리를 한 결과 발아일수에 상관없이 이소플라본 함량의 증가를 확인하였다고 보고하였다. 또한 콩은 발아되면서 단백질과 지방질 함량이 서서히 감소하지만(Yang & Kim, 1980), 만성질환 예방에 효과가 있는 이소플라본은 발아 초기에 그 함량이 향상되며, 특히 daidzein과 genistein 등 aglycone 형태의 증가가 뚜렷하다고 하였다(김 등, 2004; 김 등, 2005). 발아에 의해 증가한 aglycone 형태의 이소플라본은 배당체 형태인 glucoside 형태보다 체내 흡수속도와 흡수율이 높은 것으로 보고되어 있다(Izumi et al, 2000). 또한 이 등(2005)은 발아콩을 이용해 콩우유를 제조한 결과 콩 비린내는 발아시킨 콩우유에서 현저히 감소되었고, 12~24시간 발아시킨 콩으로 만든 콩우유가 불쾌한 냄새의 감소와 고소한 향미의 증가로 콩우유의 관능적 품질향상에 도움이 되었다고 보고하였다. 또한 발아콩을 100℃에서 20분 끓이는 열처리를 한 경우 가열처리를 하지 않은 경우보다 이소플라본 함량이 유의적으로 증가하였다는 한(2011)의 보고와 발아 콩가루를 첨가하여 제조한 인절미와 두부순물 농축분말을 첨가한 증편 등의 연구에서 가열 후 이소플라본의 함량이 증가했다는 보고도 있다(Chung 등, 2005; Jung 등, 2006)

본 연구에서는 장류콩의 기능성을 높이고 체내 흡수를 높이기위해 콩을 발아하여 이소플라본과 그 중 기능성이 높은 비배당체인 aglycone 성분의 함량 변화를 살펴보고, 항산화활성이나 칼슘 침지액을 발아수로 처리하여 칼슘 함량의 증진도 함께 검토하고자 하였다. 또한 발아콩의 소비를 늘리기위해 볶음콩이나 콩가루로 제조하여 품질특성과 기능성분의 변화도 함께 검토하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험재료

시험에 사용된 장류콩은 2023~2024년에 생산된 콩으로, 그 중 「강풍콩」은 경기도농업기술원에서 육성한 품종으로 「대원콩」과 함께 경기도농업기술원 소득자원연구소에서 생산된 콩을 제공받아 사용하였다. 콩의 isoflavone 함량 분석에 사용된 시약 중 aglycone 형태의 daidzein, glycitein, genistein, glucosides의 daidzin, glycitin, genistin 등 6종은 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA) 제품을, malonylglucosides의 malonyl -daidzin, malonyl-glycitin, malonyl-genistin, acetylglucosides의 acetyl-daidzin, acetyl-glycitin, acetyl-genistin 등 6종은 Wako Chemical Co.(Osaka, Japan)에서 구입하였으며, 사용한 용매는 HPLC용을 구입하여 분석에 사용하였다. 또한 발아수 제조를 위한 젖산칼슘은 식품용을 시중에서 구입하였다.

나. 발아방법

발아 전 수침과정은 콩 300 g에 붙어있는 이물질 등을 제거하기 위해 2회 정도 상온의 물에 잘 씻어준 후 큰 플라스틱 통에 콩이 물에 잠기도록 넉넉히 물을 붓고 14시간 침지하였다. 발아 전 초음파처리는 60 Hz 세기의 초음파를 수침한 콩에 90분간 처리한 후 14시간 침지하였다.

수침이 끝난 콩은 체에 받쳐 물기를 제거한 후 콩나물재배기(SC-9000A, Shincchang INC. Osan, Korea)에 불린 콩 600 g씩을 넣은 후 발아수(젖산칼슘을 물 1 L당 2.5 g 넣고 녹인 후 pH 4.0를 맞춘 물)를 붓고, 발아온도를 25℃로 유지된 항온기(IS-2100RS, 제이오텍, 대전, Korea)에 넣거나 8시간 간격으로 30℃ → 25℃ → 20℃로 온도가 낮아지도록 설정한 항온기에서, 콩나물재배기 타임을 1시간 간격으로 1분간 물이 분사되도록 설정하여 1일간 발아시켰다.

다. 발아콩의 로스팅 공정

발아하여 물에 불린 상태의 생콩을 가공하기 전 찢기(UTHSN2, 마하찢기, 대창, 서울, Korea)에서 30분간 찢서 증숙하거나 증숙 후 60℃로 설정한 열풍건조기(HDG-111, 현대에너지텍, 화성, Korea)에서 2시간 건조하는 전처리 공정을 거쳤다. 로스팅은 온도조절이 되는 업소용 열풍로스팅기(PRE-50, 태환자동화산업, 부천, Korea)나 오븐(FDO-7101P, 대영, 서울, Korea), 스팀오븐(PDSO-401EN, 화진정공, 광주, Korea), 가정용 궁중팬을 활용하여 구운 후 볶음 전과 후의 기능성분 변화와 품질을 조사하였다. 또한 콩가루로 제조하기 위해 건조 후 가정용 믹서형 분쇄기(SHMF-3260S, 한일전기, 서울, Korea)로 분말화하여 실험에 활용하였다.

라. 품질분석 및 기호도 조사

수분은 105℃ 상압건조법에 의해 건조 전과 후의 무게를 측정하여 3회 반복한 평균값을 구하였으며, 수율은 원료 투입량 대비 제품 생산비율로 나타났다. 색도는 색도계(CR-410, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 명도는 L값(lightness), 적색도는 a값(redness), 황색도는 b값(yellowness)으로 나타내었다. 경도는 Texture analyser (TA plus, LLOYD instruments Co., UK)를 이용해서 측정하였는데, MKO5 probe를 기기에 장착하고, 시료를 넣은 후 절단 속도 2 mm/sec, 진입 깊이 10 mm로 하여 절단할 때 드는 힘과 피크 개수를 측정하였다. 수분결합력은 시료 1g에 증류수 40 ml을 혼합하여 1시간 교반하고, 10분동안 1,500×g로 원심분리하여 상층액을 제거한 다음 침전된 가루의 무게를 측정하여 침전된 시료의 무게(g)에서 처음 시료의 무게(g)을 빼고 처음 시료 무게(g)에 대한 백분율로 계산하였다. 용해도와 팽윤력은 분쇄 시료 1g을 30 ml의 증류수에 분산시켜 90±1℃의 항온수조에 30분간 가열하고 1,500×g로 20분간 원심분리한 후 상층액은 105℃에서 12시간 건조시켜 무게를 측정하고 침전물은 그대로 무게를 측정하였다.

용해도(%) = 상층액을 건조한 고형물의 무게(g)/처음 시료무게(g) × 100

팽윤력(%) = 원심분리 후 무게(g)×100 / 처음 시료무게(g)×(100 - 용해도)

기호도 조사는 훈련된 관능요원 10명을 대상으로 제품의 품질특성에 미치는 씹는 느낌, 고소한 맛과 종합적 기호도를 9점 척도법으로 측정하였는데, 매우 좋음(9)에서 매우 나쁨(1)까지 기호도가 높을수록 높은 점수를 주도록 하였다.

마. 기능성분 분석

발아콩과 볶음콩 시료의 이소플라본 분석을 위한 콩의 시료 전처리는 콩 1g에 80% methanol 10 ml를 넣어 ultrasonicator(UPC 20, Lab companion, 제이오텍, 대전, Korea)에서 50℃로 60분간 추출한 다음 고속원심분리기(JP/MX-301, Tomy, Tokyo, Japan)로 10,000×g에서 10분간 원심분리하여 추출하였다. 추출액은 0.45 µm syringe filter로 여과하여 HPLC(1260 Infinity II, Agilent Tech. Inc. Santa Clara, USA)를 사용하여 분석하였다. 이때 사용한 칼럼은 Eclipse XDB-C18 (5 µm, 4.6×150 mm)를 사용하였으며, 이동상은 A 용매 : DW/MeOH/acetic acid(88 : 10 : 2), B 용매 : MeOH/acetic acid (98 : 2)를 사용하였으며, gradient는 A 용매 : B 용매 = 90 : 10 으로 시작하여 21분 후 60 : 40, 32분까지 60 : 40 유지, 35분 후 40 : 60, 36분 후 90 : 10으로 마쳤다. 이동상의 유속은 0.5 ml/min, 검출기는 DAD 260 nm, 주입량은 10 µl를 넣어 분석하였다. 분리한 이소플라본은 aglycone의 daidzein, glycitein, genistein, glucosides의 daidzin, glycitin, genistin, malonylglucosides의 malonyl-daidzin, malonyl-glycitin,

malonyl-genistin, acetylglucosides의 acetyl-daizidin, acetyl-glycitin, acetyl-genistin 등 12종의 표준 물질의 농도에 대한 peak 면적의 표준 정량곡선으로부터 계산하여 구하였다. Aglycone, glucosides는 각 3종의 형태들의 합계를, total은 12종의 합계를 구하여 비교하였다.

칼슘 침지에 따른 발아콩의 칼슘 분석은 무기성분의 분석방법으로 분석하였다. 칼슘 분석을 위한 시료 조제는 콩 약 2 g에 증류수 500 ml + 70% perchloric acid(HClO_4) 900 ml + sulfuric acid(H_2SO_4) 100 ml 혼합액 10 ml를 넣고 하룻밤 방치한 후 전열판에서 200℃ 까지 서서히 올려가며 백색으로 변할 때까지 분해과정을 거쳤다. 분해가 완료된 후 여과 과정을 거친 분해액은 ICP(Avio 550 Max, PerkinElmer, Shelton, USA)로 측정하였으며, 측정 중간에 표준용액의 재현성을 보정계산하여 실제 값으로 하며, 대조 콩의 수분함량으로 보정하여 결과값으로 하였다. 콩의 수분함량으로 보정하여 결과값으로 하였다.

바. 항산화성분 분석

총 폴리페놀 함량은 Woo 등(2018)의 방법으로 분석하였으며, 추출물 50 μl 에 2% sodium carbonate(Na_2CO_3) 용액 1 ml를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50 μl 를 가하였다. 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였다.

ABTS radical 소거 활성은 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 물 흡광계수를 이용하여 에탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 ml에 추출액 50 μl 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다.

사. 통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, 또한 얻어진 결과에 대해서는 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, version 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test로 각각의 변수에 대한 결과를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 발아수 및 발아온도에 따른 콩의 기능성분 변화

콩 발아에 대한 예비시험 결과 재배실의 온도조건에 변화를 초기 30℃에서 20℃까지 일정한 간격으로 변화를 주었을 때 콩의 기능성분 함량에 변화가 있는 것으로 판단되었다. 본 시험에서는 8시간 간격으로 30℃ → 25℃ → 20℃로 항온기의 온도에 변화를 준 실험과 일반적인 발아온도인 25℃로 일정하게 유지되도록 하여 시험을 진행하였다. 또한 발아수를 일반적인 수돗물과 pH 4로 조절한 물, pH 4로 조절한 물 1L당 젖산칼슘 2.5 g을 녹인 물을 발아수로 이용하여 재배하였을 때 발아콩의 CaO, polyphenol, isoflavone 함량을 비교한 결과는 표 1과 같다. CaO 함량은 「강풍콩」과 「대원콩」 모두 수침 후보다 발아 후 더 높아졌으며, polyphenol 함량은 25℃로 유지한 처리에서 변온조건보다 더 높은 함량을 나타냈으며, 발아수는 25℃ 조건의 수돗물에서 가장 높은 함량을 나타내었다. ABTS 소거활성은 「강풍콩」과 「대원콩」 모두 변온조건보다 25℃ 재배에서 더 높았으며, 대체로 수돗물로 발아시킨 콩에서 높은 함량을 보였다. Isoflavone 함량은 비배당체 aglycone인 daidzein, glycitein, genistein은 변온조건의 pH 4.0 + 젖산칼슘 2.5 g/L로 발아한 처리에서 가장 높은 함량을 나타냈다. 분석결과 aglycone은 변온조건하에서 발아수를 pH 4.0 + 젖산칼슘 2.5 g/L한 처리에서 「강풍콩」은 157.73 µg/g, 「대원콩」은 147.40 µg/g, glucoside는 「강풍콩」 978.21 µg/g, 「대원콩」은 968.59 µg/g, total isoflavone은 「강풍콩」 3091.91 µg/g, 「대원콩」은 2826.32 µg/g으로 나타나 「강풍콩」이 「대원콩」보다 높은 함량을 나타냈다. 이러한 결과는 Kim 등(2004)의 발아 전 aglycone의 함량이 총 isoflavone의 약 6.9~10.0% 정도였다가 발아에 의한 증가가 있어 총 isoflavone에 대한 aglycone은 22.82~32.04% 이었다는 보고와는 다소 적은 함량의 증가를 보였는데, 이는 Kim 등(2004)이 daidzein, genistein, daidzin, genistin 등 4가지 isoflavone 표준물질만을 분석한 결과에서 비롯된 것이라 판단된다. 하지만 발아 전인 수침 후보다 발아 24시간 후 isoflavone 함량의 증가와 aglycone의 total isoflavone내 함량도 더 증가한 것은 동일한 결과로 보인다.

표 1. 발아방법에 따른 콩의 기능성분 변화 비교

품 종	발아 온도	발아수	CaO (%)	Poly- phenol (ppm)	ABTS (%)	Isoflavone($\mu\text{g/g}$, DW) ^b		
						Aglycone	Glucoside	Total
강 콩	25℃	수침 후	0.29 ^b	133.25 ^g	50.48 ^f	92.41 ^c	724.64 ^c	2837.06 ^c
		수돗물	-	387.00 ^a	93.42 ^a	68.15 ^f	562.35 ^e	1985.08 ^d
		pH4	-	335.08 ^b	93.00 ^a	70.05 ^e	584.15 ^d	1977.65 ^d
		pH4 + 젖산칼슘 2.5g/L	0.43 ^a	268.92 ^c	83.74 ^b	99.38 ^b	458.00 ^g	1552.89 ^f
		수돗물	-	209.00 ^d	77.80 ^d	50.06 ^g	533.21 ^f	1889.23 ^e
		pH4	-	172.75 ^f	80.56 ^c	80.39 ^d	1013.61 ^a	3235.45 ^a
	변온 [↓]	pH4 + 젖산칼슘 2.5g/L	0.42 ^a	194.67 ^e	68.31 ^e	157.73 ^a	978.21 ^b	3091.91 ^b
		수침 후	0.31 ^b	223.33 ^e	65.28 ^d	56.31 ^e	382.68 ^f	1350.36 ^e
		수돗물	-	317.83 ^b	92.78 ^a	70.56 ^d	673.34 ^c	1896.17 ^c
		pH4	-	327.67 ^a	92.82 ^a	73.05 ^c	724.30 ^b	1992.63 ^b
대 원	25℃	pH4 + 젖산칼슘 2.5g/L	0.45 ^a	291.58 ^c	83.86 ^b	100.50 ^b	551.88 ^d	1573.27 ^d
		수돗물	-	271.67 ^d	80.17 ^c	47.04 ^g	403.02 ^e	1288.37 ^f
		pH4	-	223.42 ^e	59.99 ^e	50.26 ^f	378.10 ^f	1206.68 ^g
	변온	pH4 + 젖산칼슘 2.5g/L	0.46 ^a	222.75 ^e	59.64 ^e	147.40 ^a	968.59 ^a	2826.32 ^a

↓ 변온(8시간 간격) : 30→25→20℃

♪ Aglycone(비배당체) : Daidzein, Glycitein, Genistein,

Glucoside(배당체) : Daidzin, Glycitin, Genistin

Total(12종) : Aglycone 3종, Glucoside 3종, Malonyl-glucoside 3종, Acetyl-glucoside 3종

^{a-g} Means with different in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

나. 초음파 전처리에 따른 콩의 기능성분 변화

Gutierrez-Gonzalez et al(2010)은 이소플라본 축적에는 isoflavone synthase genes (IFS1 and IFS2)가 많은 영향을 미치며 특히 스트레스 조건 하에서는 IFS2의 발현이 중요한 역할을 한다고 하였다. Jo 등(2019)은 물리적 요인(열 처리, 수분공급 제한, 조명 처리, 초음파 처리) 모두 발아시간이 경과함에 따라 이소플라본 함량이 높아졌으

며, 초음파 처리가 이소플라본 함량 증대에 가장 큰 효과가 있었다고 보고하였다. 예비시험 결과 발아 전 수침하는 동안 초음파 처리를 30, 60, 90분 처리한 결과 90분 처리에서 이소플라본 함량의 증가를 보였기에 표 2와 같이 무처리와 기능성분 함량을 비교하였다. 수침 후와 발아 24시간 후의 「강풍콩」과 「대원콩」의 CaO 함량은 초음파 처리와 무처리간 큰 차이가 없었으며, 수침 후보다 발아 후에서 대체로 높아졌다. Polyphenol 함량은 처리간 유의적 차이가 없었으며, ABTS 소거활성은 「강풍콩」은 초음파처리에서 높은 함량을 나타내었으나 「대원콩」에서는 처리간 차이가 없는 것으로 나타났다. Isoflavone 함량은 「강풍콩」은 초음파 처리에서 오히려 더 낮아지는 경향이었으며, 「대원콩」의 경우 초음파 처리에서 aglycone, glucoside와 total isoflavone 함량 모두 초음파 90분 처리에서 더 높아져 콩 품종별 초음파 처리의 효과가 다른 양상을 나타냈다.

표 2. 초음파 전처리에 따른 발아콩의 기능성분 변화 비교

품종	전처리	채취시기	CaO (%)	Poly-phenol (ppm)	ABTS (%)	Isoflavone(μg/g, DW)		
						Aglycone	Glucoside	Total
강풍	무처리	수침 후	0.29 ^b	192.58 ^{ns}	73.23 ^c	90.90 ^c	391.79 ^a	2026.13 ^a
		발아 24hr	0.42 ^a	175.00	65.76 ^d	129.03 ^a	390.57 ^a	1748.85 ^c
	초음파 90분	수침 후	0.32 ^b	222.00	86.52 ^a	73.25 ^d	333.72 ^c	1853.21 ^b
		발아 24hr	0.41 ^a	209.25	76.89 ^b	98.14 ^b	345.97 ^b	1588.89 ^d
대원	무처리	수침 후	0.27 ^b	244.33 ^{ns}	80.61 ^{ns}	115.30 ^c	636.30 ^b	2788.33 ^b
		발아 24hr	0.45 ^a	273.17	78.17	123.18 ^b	537.31 ^c	2186.46 ^d
	초음파 90분	수침 후	0.26 ^b	209.42	82.11	101.47 ^d	539.14 ^c	2437.38 ^c
		발아 24hr	0.46 ^a	259.17	82.81	139.76 ^a	987.14 ^a	3638.51 ^a

↓ 발아실 온도(8시간 간격 변온) : 30→25→20℃, 발아수 : pH4 + 젖산칼슘 2.5g/L

^{a-d} Means with different in the same column between varieties are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

다. 가공에 의한 발아콩의 기능성분 변화

발아콩을 가공품으로 개발하기 위해 증숙 건조 후 열풍로스팅 작업을 수행한 후 가공전과 후의 기능성분 함량의 변화를 조사한 결과는 표 3과 같다. CaO 함량은 「강풍콩」인 경우 로스팅 후 더 높아졌으나, 「대원콩」의 경우 더 낮아지는 경향으로 가공작업에 의한 변화는 거의 없었던 것으로 사료된다. Polyphenol 함량과 ABTS 소거활성도 「강풍콩」은 더 높아지는 경향이었으나, 「대원콩」인 경우 더 낮아지는

경향이었다. Isoflavone 성분들 중 비배당체인 aglycone은 「강풍콩」과 「대원콩」 모두 로스팅 후 더 낮아지는 경향으로 「강풍콩」은 발아 후 98.14 $\mu\text{g/g}$ 에서 로스팅 후 88.55 $\mu\text{g/g}$ 으로, 「대원콩」은 발아 후 139.76 $\mu\text{g/g}$ 에서 로스팅 후 91.52 $\mu\text{g/g}$ 으로 감소하였다. 배당체인 glucoside는 로스팅 후 더 증가하여, 「강풍콩」은 총 이소플라본 함량에서도 더 증가하였다. Chien et al(2004)은 열처리 후 이소플라본 함량이 높게 측정된 이유가 malonyl기 또는 acetyl기가 붙은 이소플라본의 isomer들이 glycoside와 aglycone형태로 전환되어 총 이소플라본의 함량이 증가한 것으로 설명하고 있다. Chien et al(2004)이 보고한 총 이소플라본 함량은 malonyl기와 acetyl기를 제외한 glucosides와 aglycone 형태만 계산한 값으로, 12종의 이소플라본 성분의 합계를 계산한 표 3과는 다른 방식의 결과로 생각된다. 하지만 Chien et al(2004)과 같이 aglycone과 glucoside를 합한 총 이소플라본 함량은 로스팅 전과 비교해 로스팅 후 「강풍콩」, 「대원콩」 모두 더 높아져 Chien et al(2004)의 보고와 일치하므로 총 이소플라본 함량을 보는 견해의 차이라 생각된다.

표 3. 가공에 의한 발아콩의 기능성분 변화 비교

품종별	채취시기	CaO (%)	Poly-phenol (ppm)	ABTS (%)	Isoflavone($\mu\text{g/g}$, DW)		
					Aglycone	Glucoside	Total
강풍	발아 24hr	0.41 ± 0.02	209.25	76.89	98.14	345.97	1588.89
	로스팅 후 ^ㄱ	0.45 ± 0.01	272.25	84.98	88.55	1149.68	2109.01
대원	발아 24hr	0.46 ± 0.01	259.17	82.81	139.76	987.14	3638.51
	로스팅 후	0.42 ± 0.01	256.92	79.78	91.52	1252.09	2280.76

ㄱ 발아실 온도(8시간 간격 변온) : $30 \rightarrow 25 \rightarrow 20^\circ\text{C}$, 발아수 : pH4 + 젖산칼슘 2.5g/L,

전처리: 초음파 90분

ㄴ 로스팅 : 증숙 건조 후 열풍로스팅(170°C , 10분)

라. 로스팅방법별 볶음콩의 품질특성 및 기능성분 변화

발아 후 로스팅할 경우 표 3과 같이 「강풍콩」인 경우 polyphenol이나 ABTS, total isoflavone의 함량이 오히려 더 높아지는 경향을 보였다. 이러한 발아된 「강풍콩」을 재료로 하여 소금과 설탕으로 조미 후 로스팅 방법을 달리하여 간편하게 먹을 수 있는 콩 가공품을 개발하고자 하였다. 표 4는 24시간 변온조건에서 발아한 「강풍콩」을 소금 3%, 설탕 5%의 물에 1시간 침지한 후 30분 증숙하여 다양한 로스팅방법으로 볶아 제조한 콩의 품질특성과 기호도를 조사한 결과이다. 수분함량은 열풍로스팅의 경우 건조한 콩을 로스팅하여 수분도 4.7%로 낮았으며, 오븐은 43.3~47.6%, 스팀오븐은 33.0~37.6%로 오븐보다 더 낮은 값을 나타냈다. 스팀오븐은 스

팀 후 굽는과정 중 콩의 수분이 많이 빠져 더 수축된 외관을 보였다(그림 1). 기호도는 열풍로스팅 처리가 고소한 맛에서는 가장 높았으나, 오일 분사 후 오븐 200℃에서 10분 구운 처리가 씹는 느낌과 고소한 맛, 종합적 기호도에서 기호도가 우수하였다,

발아된 「강풍콩」을 조미한 후 증숙하여 로스팅방법을 달리하였을 때의 기능성분 변화를 조사한 결과는 표 5와 같다. Polyphenol 함량은 열풍로스팅일 경우 146.67 ppm으로 가장 높았으며, 오븐은 109.83 ppm, 스팀오븐은 82.83 ppm으로 나타났다. ABTS 소거활성도 polyphenol 함량과 마찬가지로 열풍로스팅이 28.50%로 가장 높았고, 오븐, 스팀오븐 순으로 활성이 높게 나타났다. Isoflavone 함량 중 aglycone은 스팀오븐과 열풍로스팅에서 함량이 높았고 오븐은 가장 낮았으며, 이러한 경향은 glucoside와 총 함량에서도 동일하게 나타났다.

보고된 논문에 따르면 곡물에 볶음 처리하는 방법은 가열반응으로 전분의 호화와 단백질 변성을 야기하고, 세포벽을 파괴하는 등의 물리적 변화와 갈변반응과 같은 화학적 변화를 주어 곡물 내부의 활성물질이 잘 용출되고 색이나 향 등 관능적 품질 요소에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Park et al, 1993; Saklar et al, 2003; Lee et al, 2013). 또한 볶음 처리한 보리의 볶음 방법별 β -glucan, catechin, tocopherol과 같은 생리활성물질의 추출 수율이 달라진다고 보고하였다(Duh et al, 2001; Sharma & Gujral, 2011a, 2011b). 보리와 마찬가지로 콩의 볶음방법에 따라서도 isoflavone 함량의 차이를 보이는 것은 열처리방식에 따른 기능성분 추출 수율이 달라져 일어난 것으로 보이며, 3가지 로스팅방법에 따라 isoflavone을 높이는 최적의 방법은 열풍로스팅인 것으로 판단되었다.

하지만 그림 1에서 보는 것과 같이 오븐이나 스팀오븐으로 가열한 경우 관능적 품질요소가 긍정적으로 변했으나 열풍로스팅인 경우 갈변에 의해 색은 변했으나 외관상 딱딱한 형태를 나타내었으며, 표 4의 기호도에서도 씹는 느낌이 낮은 것으로 나타났다. 따라서 볶음콩의 로스팅 방식으로는 기능성분 함량은 다소 낮으나 기호도에서 우수했던 오븐 제조방식을 선발하는 것이 합당하리라 판단된다.

표 4. 조미 후 로스팅방법별 볶음콩의 품질특성 및 기호도

로스팅방법		수분 (%)	색도			기호도(9점 척도법)		
			L	a	b	씹는느낌	고소한맛	종합
열풍 로스팅	170℃, 5분	4.7 ^f	53.3 ^h	14.1 ^a	23.5 ^h	5.4±0.9 ^{bc}	6.8±1.3 ^a	5.8±1.1 ^{ab}
	200℃, 10분	47.6 ^a	70.9 ^a	9.7 ^d	29.1 ^b	6.9±0.9 ^a	6.3±0.4 ^{ab}	6.8±0.8 ^a
	210℃, 10분	45.0 ^{abc}	69.1 ^b	8.5 ^f	28.6 ^c	6.1±0.7 ^{ab}	6.1±0.7 ^{abc}	6.0±0.8 ^{ab}
오븐	220℃, 10분	46.2 ^{abc}	68.0 ^c	8.1 ^g	29.4 ^a	5.7±1.2 ^{bc}	6.2±0.6 ^{ab}	5.9±0.9 ^{ab}
	230℃, 10분	44.0 ^{bc}	66.6 ^d	8.3 ^g	27.2 ^e	5.0±0.7 ^{bc}	5.6±0.5 ^{bc}	5.4±0.5 ^b
	240℃, 10분	43.3 ^c	63.8 ^e	9.4 ^e	27.4 ^e	3.9±0.5 ^d	5.1±0.9 ^c	4.1±0.2 ^c
스팀 오븐	220℃, 10분	37.6 ^d	66.3 ^d	9.6 ^{de}	28.3 ^d	5.6±0.5 ^{bc}	5.4±0.5 ^{bc}	5.6±0.5 ^b
	230℃, 10분	33.4 ^e	62.6 ^f	11.5 ^b	26.8 ^f	5.2±0.4 ^{bc}	5.4±0.5 ^{bc}	5.7±0.8 ^b
	240℃, 10분	33.0 ^e	61.3 ^g	10.7 ^c	26.2 ^g	4.8±0.8 ^{cd}	5.6±0.5 ^{bc}	5.0±0.7 ^{bc}

└ 조미 후 증숙한 시료: 24시간 변온 발아콩이용, 소금 3%+설탕 5% 물에 1시간 침지→ 30분 증숙

♪ 오븐 조리 전 오일 스프레이 처리, 열풍로스팅 전 열풍건조(70℃, 3시간)



열풍로스팅



오븐



스팀오븐

그림 1. 조미 후 로스팅방법별 볶음콩의 외관 모습

표 5. 조미 후 로스팅방법별 볶음콩의 기능성분 변화

로스팅방법	Polyphenol (ppm)	ABTS (%)	Isoflavone(μ g/g, DW)		
			Aglycone	Glucoside	Total
열풍로스팅 170℃, 5분	146.67 ^a	28.50 ^a	93.23 ^b	919.39 ^a	1863.93 ^a
오븐 220℃, 10분	109.83 ^b	27.14 ^b	27.97 ^c	653.91 ^c	1161.53 ^c
스팀오븐 220℃, 10분	82.83 ^c	20.43 ^c	110.08 ^a	770.54 ^b	1763.46 ^b

J 품종 : 「강풍콩」

J 조미 : 소금 3% + 설탕 5%

^{a-c} Means with different in the same column between varieties are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

마. 가공방법별 콩가루의 품질특성 및 기능성분 변화

콩가루를 이용하는 이유는 삶거나 볶는 과정을 생략할 수 있는 장점 때문으로, 본 연구에서도 발아콩을 콩가루로 제조하여 사용을 편리하게 하고 기능성분을 높이고자 하였다. 콩가루 제조를 위해 열풍건조, 동결건조, 증숙 후 열풍건조 후 분쇄하거나 증숙 후 건조하여 굵는 방식을 열풍로스팅(170℃, 3분), 볶음팬(180℃, 5분), 오븐(190℃, 6분)으로 처리하여 분쇄하여 가루로 제조하였다.

시중에서 판매되는 콩가루의 품질특성을 조사한 결과 표 6과 같이, 수분은 대체로 1.28~4.63%, 색도는 요리용으로 사용하는 콩가루 (1~3)는 볶지않아 명도가 107.36~111.64로 밝았으며, 식물성 셰이크용으로 판매되는 제품 (4)은 볶아서 명도가 86.76로 낮았다. 수분결합력은 식물성 셰이크용 제품 (4)이 221.13%로 높았으며, 용해도는 반대로 27.89%로 낮았고 팽윤력은 **생콩가루 (1)의 37.12%를 제외하고는 대체로 5.46~9.55%로 나타났다.

발아콩을 이용해서 콩가루를 제조하여 품질을 비교한 결과는 표 7과 같다. 수분은 동결건조 가루만 0.45%로 가장 낮았고, 다른 가루들은 시중 판매 제품과 비슷한 3.71~5.73%로 나타났다. 명도는 열풍이나 동결, 증숙 후 열풍건조한 가루의 경우 95.23~103.56으로 시판 제품의 요리용(1~3)과 비슷하였으며, 건조 후 로스팅한 가루는 식물성 셰이크용(4)과 비슷한 값을 나타냈다. 동결건조 가루를 제외하고 수분결합력, 용해도는 시중제품보다 높거나 비슷하였으며, 팽윤력은 4.98~8.09%로 시중제품과 비슷한 값을 나타냈다.

발아콩을 이용한 콩가루의 기호도는 표 8과 같이, 증숙 건조하여 로스팅한 콩가루가 비린향과 고소한 맛에서 기호도가 높고, 종합 기호도도 높게 나타났으며, 발아를 하더라도 건조만 한 경우 비린맛이 남아 기호도가 낮으므로 물에 타먹는 것보다 요리

용으로 적합할 것으로 판단되었다.

발아콩으로 제조한 콩가루의 기능성분의 변화를 조사한 결과는 표 9와 같다. 콩가루의 polyphenol 함량은 동결건조 후 분쇄한 처리에서 277.83 ppm, 증숙 후 건조하여 열풍로스팅한 처리에서 272.17 ppm으로 높게 나타났다. 또한 증숙 후 건조하여 볶음팬으로 로스팅한 처리에서도 261.25 ppm으로 비슷한 값을 나타냈다. ABTS 소거활성도 polyphenol과 동일하게 동결건조와 증숙 후 건조하여 열풍로스팅하거나 볶음팬으로 볶을 때 활성이 높게 나타났다. Isoflavone 중 aglycone은 열풍건조 후 분쇄한 처리에서 107.62 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높았으며, 동결건조는 85.99 $\mu\text{g/g}$ 으로 나타났다. 증숙 후 건조나 로스팅하는 처리들은 54.56~66.04 $\mu\text{g/g}$ 의 비슷한 함량을 보였다. Chien et al(2004)이 보고한 aglycone과 glucoside의 합계인 총 이소플라본 함량으로 보면 증숙 후 열풍건조와 증숙 후 건조하여 로스팅한 처리들에서 높은 함량을 나타냈다. 12종의 합계인 총 이소플라본 함량으로 보면 동결건조가 3059.17 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높았고, 열풍건조가 그 다음으로 2486.42 $\mu\text{g/g}$ 으로 분석되었다.

콩가루를 요리용으로 활용할 경우 기능성은 다소 낮으나 기호도가 높은 증숙 후 열풍건조한 가루를, 음료용으로 활용할 경우 기호도와 기능성에서 증숙 후 건조하여 로스팅하는 3가지 방식이 비슷한 값을 나타내어, 생산환경에 맞게 로스팅방식을 선택하면 될 것으로 판단되었다.

표 6. 시판 콩가루의 품질특성

시판 콩가루	용도	수분 (%)	색도			수분결합력 (%)	용해도 (%)	팽윤력 (%)
			L	a	b			
1) ***생콩가루	찌개 등 요리용	3.39	111.64	-1.81	20.30	89.09	112.59	37.12
2) 콩의 *	콩국, 콩국수	4.03	107.36	-1.43	21.75	146.10	72.47	9.55
3) 콩국이****	〃	4.63	107.80	-0.30	23.62	143.48	56.33	5.93
4) 파주***	식물성쉐이크	1.28	86.76	7.08	29.22	221.13	27.89	5.46



표 7. 가공방법별 콩가루의 품질특성 비교

처리별	수분 (%)	색도			수분결합력 (%)	용해도 (%)	팽윤력 (%)
		L	a	b			
열풍건조	4.10 ^d	103.56 ^a	1.32 ^d	22.18 ^d	256.83 ^a	29.26 ^b	5.38 ^b
동결건조	0.45 ^d	103.48 ^a	-0.52 ^e	21.22 ^e	203.49 ^c	60.66 ^a	8.09 ^a
증숙후 열풍건조	5.73 ^a	95.23 ^b	2.11 ^c	25.06 ^c	259.42 ^a	24.90 ^c	5.48 ^b
증숙후 건조 +로스팅	3.72 ^c	77.27 ^d	10.88 ^a	29.87 ^a	237.14 ^b	24.40 ^c	4.98 ^c
증숙후 건조 +볶음팬	3.71 ^c	76.21 ^e	10.81 ^a	29.53 ^b	240.34 ^b	24.75 ^c	5.03 ^c
증숙후 건조 +오븐	4.00 ^b	85.78 ^c	7.84 ^b	29.39 ^b	243.56 ^b	24.71 ^c	5.07 ^c

표 8. 가공방법별 콩가루의 기호도 비교

가공방법 기호도	열풍건조	동결건조	증숙 후 열풍건조	증숙후 건조 + 로스팅	증숙후 건조 + 볶음팬	증숙후 건조 + 오븐
외관	4.5±1.2b	4.7±1.5b	4.8±0.8b	5.1±0.7ab	5.4±1.0ab	6.3±0.8a
비린향	1.4±0.5b	1.9±1.0b	5.4±1.5a	5.7±1.1a	5.9±0.8a	5.8±0.7a
고소한 맛	1.9±0.9b	2.2±1.3b	5.1±2.3a	5.9±1.1a	5.6±1.3a	5.4±1.6a
종합	1.9±0.9b	2.2±1.3b	4.8±2.2a	5.3±0.8a	5.1±0.9a	5.2±0.8a

표 9. 가공방법별 콩가루의 기능성분 변화 비교

가공방법	Polyphenol (ppm)	ABTS (%)	Isoflavone(μg/g, DW)		
			Aglycone	Glucoside	Total
열풍건조	225.67 ^c	78.46 ^c	107.62 ^a	574.48 ^e	2486.42 ^b
동결건조	277.83 ^a	83.85 ^a	85.99 ^b	628.57 ^d	3059.17 ^a
증숙후 열풍건조	192.58 ^d	56.25 ^e	63.87 ^d	1152.61 ^c	2332.56 ^c
증숙후 건조 + 로스팅 ^ㄴ	272.17 ^a	84.13 ^a	63.67 ^d	1229.39 ^a	2218.77 ^e
증숙후 건조 + 볶음팬 ^ㄴ	261.25 ^b	83.03 ^b	66.04 ^c	1217.64 ^b	2188.14 ^f
증숙후 건조 + 오븐 ^ㄴ	171.58 ^e	61.09 ^d	54.56 ^e	1235.23 ^a	2237.98 ^d

ㄴ 품종: 「강풍콩」

ㄴ 로스팅: 열풍로스팅 170℃, 3분, ㄴ 볶음팬: 180℃, 5분, ㄴ 오븐 : 190℃, 6분

^{a-f} Means with different in the same column between varieties are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

4. 적 요

장류콩을 이용한 가공품을 개발하기 위해 칼슘 침지액으로 발아시켜 발아 전과 후의 이소플라본과 칼슘 함량과 같은 기능성분의 변화를 검토하였다. 또한 발아콩을 이용해서 로스팅하는 가열처리 후의 기능성분 함량의 변화를 검토하고, 품질특성과 기호도를 조사한 결과는 다음과 같다.

- 가. 「강풍콩」과 「대원콩」 모두 수침 후보다 발아 후 CaO와 폴리페놀 함량이 더 높아졌다.
- 나. 발아 중 온도조건을 30℃에서 25℃, 20℃로 8시간 간격으로 떨어뜨리는 변온조건에서 발아수를 pH4 + 젖산칼슘 2.5 g/L로 처리할 때 이소플라본의 aglycone, glucoside, total 함량 모두 유의하게 증가하였다.
- 다. 가공에 의한 기능성분의 변화는 발아 24시간 후 로스팅할 때 aglycone 성분의 이소플라본은 더 낮아졌으며, 총 이소플라본은 「강풍콩」은 높아졌으나 「대원콩」은 낮아져 품종간 다른 양상을 나타냈다.
- 라. 조미 후 로스팅한 결과 열풍로스팅은 수분이 4.7%이며, 고소한 맛은 좋았으나, 씹는 느낌이나 전반적 기호도는 오븐 200℃, 10분 처리가 우수하였으며, 기능성분은 스팀오븐과 열풍로스팅에서 이소플라본 함량이 높았다.
- 마. 발아콩을 이용해서 콩가루를 제조한 결과 기호도는 증숙 건조하여 로스팅한 콩가루가 비린향과 고소한 맛, 종합 기호도가 높게 나타나 물을 타서 먹는 음료용으로 적합하였다. 발아를 하더라도 건조만 한 경우 기능성은 높으나 비린맛이 남아 끓이는 요리용 소재로 적합할 것으로 판단되었다.

5. 인용문헌

- Chien JT, Hsieh HC, Koo TH, Chen BH. 2004. Kinetic model for studying the conversion and degradation of isoflavones during heating. *Food Chem.* 91(3):425-434.
- Chung HJ, Joo Sy, Kim WJ. 2005. Preparation of Jeung-Pyun added with ultrafiltered flour of sunmul. *Kor. J. Food Cookery Sci.* 21(5):647-654.
- Coward L, Barnes NC, Kenneth DR, Setcheil DR, Barnes S. 1993. Genistein, daidzein, and their β -glycoside conjugates: antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asian diets. *J. Agric. Food Chem.* 41:1961-1967.
- Dhayakaran, R. P.A., S. Neethirajans, J. Xue, and J. Shi. 2015. Characterization of antimicrobial efficacy of soy isoflavones against pathogenic biofilms. *LWT food Sci. Technol.* 63:859-865.
- Gutierrez-Gonzalez, J.J., S. K. Guttikonda, L. P. Tran, D. L. Aldrich, R. Zhong, O. Yu, H.

- T. Nguyen, and D. A. Sleper. 2010. Differential expression of isoflavone biosynthetic genes in soybean during water deficits. *Plant and Cell Physiology*. 51(6):936-948.
- Gutierrez-Gonzalez, J.J., X. Wu, J. Zhang, D. Lee, M. Ellersieck, L. G. Shannon, et al. 2009. Genetic control of soybean seed isoflavone content: importance of statistical model and epistasis in complex traits. *Theor. Appl. Genet.* 119:1069-1083.
- Han JA. 2011. Development and characterization of rice cookies containing germinated yakkong powder. *Kor. J. Food Cookery Sci.* 27(6):681-689.
- Jo MS, Lee JH, Ma MH, Kim SY, Byun CR, Yi YJ, Lee JW, Choi DJ, Kim HS, and Kim YH. 2019. Influence of abiotic treatments on isoflavone accumulation in soybean seeds during germination. *Kor. J. Crop Sci.* 64(1):18-24.
- Junmg JY, Kim WJ, Chung HJ. 2006. Effect of germinated soybean flour addition on isoflavone contents and characteristics of Injulmi. *Kor. J. Food Cookery Sci.* 22(4):545-551.
- Kennedy AR. 1995,. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. *J. Nutr.* 125:733-743.
- Kim YH, Kim SD, Hong EH, Ahn WS. 1996. Physiological function of isoflavones and their genetic and environmental variations in soybean. *Korean J. Crop Sci.* 41(S):25-45.
- Lee HY, Kim JS, Kim YS, Kim WJ. 2005. Isoflavone and quality improvement of soymilk by using germinated soybean. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 37:443-448.
- Lee MH, Cho JH, Kim BK. 2013. Effect of roasting conditions on the antioxidant activities of *Cassia tora* L. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45:657-660.
- Messina, M. 2014. Soy foods, isoflavones, and the health of postmenopausal women. *Am. J. Clin. Nutr.* 100:423S-430S.
- Nielsen, I. L., and G. Williamson. 2007. Review of the factors affecting bioavailability of soy isoflavones in humans. *Nutr. Cancer* 57:1-10.
- Park MH, Kim KC, Kim JS,. 1993. Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. *Korean J. Ginseng Sci.* 17:228-231.
- Saklar S, Ungan S, Katnas S. 2003. Microstructural changes in hazel-nuts during roasting. *Food Res. Int.* 36:19-23.
- Sharma P, Gujral HS. 2011a. Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. *Food Res. Int.* 44:235-240.
- Sharma P, Gujral HS, Rosell CM. 2011b. Effects of roasting on barley β -glucan, thermal, textural and pasting properties. *J. Cereal Sci.* 53:25-30.
- Wang H. J., and Murpy P. A. 1994. Isoflavone composition of American and Japanese

soybean in Iowa : Effects of variety, crop year, and location. J. Agric. Food Chem. 42:1674-1677.

Woo KS, Kim HJ, Lee JH, Lee BW, Lee YY, Lee BK. 2018. Quality and physicochemical characteristics of soybean flours after germination and roasting. Kor. J. Food Sci. Technol. 50:143-151.

6. 연구결과 활용제목

- 특허등록 : 이소플라본과 칼슘이 증진된 발아콩 및 이를 이용한 볶음콩 제조방법 (특허 제 10-2751208호)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
						22	23	24
기능성함량을 높인 발아콩 간편제품 개발	책임자	작물연구과	농업연구관	이용선	연구총괄	○	○	○
	공동연구자	작물연구과	농업연구사	이정진	기호도분석	-	○	○
		〃	〃	신복음	통계분석	○	○	○
		〃	〃	안예향	발아 및 분석	○	○	○
		〃	농업연구관	이대형	기능성분석	○	-	-
		〃	〃	이영순	사업화추진	○	○	○