

탈피대두를 이용한 신속 두유 제조 및 품질 특성

김진솔 · 한인범 · 정의환* · 차승현** · 현태경*** · 김순환**** · 하진석***** · †장금일*****

충북대학교 식품생명공학과 연구원, 충북대학교 식품생명공학과 석사과정생*, 충북대학교 식품생명공학과 박사과정생**, 충북대학교 특용식물학과 부교수***, 두드림협동조합 팀장****, 충북테크노파크 책임연구원*****, 충북대학교 식품생명공학과 교수*****

Rapid Soybean-Milk Preparation with Dehulled Soybean and Its Quality Properties

Jin-Sol Kim, In-Bom Han, Ui-Hwan Jung*, Seung-Hyeon Cha**, Tae Kyung Hyun***, Soon-Hwan Kim****, Jin-Seok Ha***** and †Keum-Il Jang*****

Researcher, Dept. Food Sciences and Biotechnology, Chungbuk National University, Chungbuk 28644, Korea

**Master's Student, Dept. Food Sciences and Biotechnology, Chungbuk National University, Chungbuk 28644, Korea*

***Doctor's Student, Dept. Food Sciences and Biotechnology, Chungbuk National University, Chungbuk 28644, Korea*

****Associate Professor, Dept. Industrial Plant Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 28644, Korea*

*****Team Manager, Dodream-coop, Chungbuk 28357, Korea*

******Senior Researcher, Chungbuk Technopark, Chungbuk 28116, Korea*

******Professor, Dept. Food Sciences and Biotechnology, Chungbuk National University, Chungbuk 28644, Korea*

Abstract

The purpose of this study was to investigate the quality of dehulled soybean (DHSB), and the rapid preparation possibility of soybean milk with DHSB (SM-DHSB), and then the quality of SM-DHSB. In DHSB, the moisture content decreased, the crude protein, crude fat, minerals, and carbohydrate contents increased, and the isoflavone (daidzein, genistein and glycitein) content was similar to that of soybean (SB). The water absorption rate of DHSB for soybean milk preparation was higher than that of SB. In the results of SM-DHSB and soybean milk (SM) qualities, the crude protein content, total solid content, and the viscosity of SM-DHSB were higher, the yield and the proximate composition (except crude protein) were similar, and the Biji production rate, and total dietary fiber content of SM-DHSB were lower compared to the SM. In terms of the isoflavone contents of SM-DHSB, daidzein and genistein content were similar, and glycitein content was lower compared with the SM. Consequently, these results suggest the possible use of DHSB for rapid SM-DHSB preparation, because the soaking time was decreased by the high water absorption rate of DHSB in the SM preparation, and the quality of SM-DHSB improved compared to those of the SM.

Key words: dehulled soybean, soybean milk, rapid preparation, quality, isoflavone

서 론

최근 인간의 평균 수명 연장과 함께 생활패턴이 바뀌면서 식생활 및 성인병에 대한 관심이 높아져 건강에 대한 관심이 크게 증대되어 '웰빙'이 국내 소비시장의 트렌드화 되면서 생리활성물질이 풍부한 건강기능성 식품에 대한 소비가 증가하고 있는 실정이다(Jeon 등 2005). 대두(soybean)는 영양학

적 가치가 우수할 뿐만 아니라, 다양한 생리활성 물질을 함유한 작물로 예부터 전통식품으로 이용되어 왔다. 영양학적으로 단백질과 지방질이 많은데, 특히 지방질의 80% 이상이 불포화지방산을 함유하고 있어 각종 심혈관계 질환에 효과적이며, 식이섬유, 이소플라본, trypsin inhibitor 등의 다양한 생리활성 물질을 함유하여 항암, 항산화 효과를 비롯하여 골다공증, 심혈관계질환, 대장암 등과 같은 질환 예방에 효과

† Corresponding author: Keum-Il Jang, Professor, Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Chungbuk 28644, Korea. Tel: +82-43-261-2569, Fax: +82-43-271-4412, E-mail: jangki@chungbuk.ac.kr

가 있는 것으로 알려져 대두는 건강식품소재로서 기대가 높아지고 있다(Jeon 등 2005; Jeon & Park 2015).

두유는 대두로부터 수용성 물질을 추출하여 대두의 이용률과 소화율을 높은 대두 가공식품으로 필수 아미노산, 필수 지방산 및 무기질이 풍부하며, 유당이 함유되지 않은 고단백 식품이다(Kim 등 2002; Jang 등 2008; Jeon & Park 2015). 또한 두유에는 이소플라본, 엽산, 펩타이드 등 다양한 기능성 성분이 함유되어 항산화, 항암, 혈압 강하 등의 기능성 효과(Dwyer 등 1994; Hong 등 2014)와 골다공증과 고지혈증 등의 예방에 좋은 식물성 건강음료로서 알려져 있다(Jeon & Park 2015).

두유의 전통적인 제조 방법은 물과 함께 마쇄한 대두를 여과 후 가열 처리하는 생추출법과 가열 처리 후 여과하는 가열추출법으로 나눌 수 있는데, 생추출법은 가열추출법에 비해 추출이 쉽고 두유의 수율과 유향 안정성이 좋아지며, 특히 단백질 소화율(protein digestibility)이 높아지는 장점이 있다(Kim YS 2014). 그러나 두 추출법 모두 대두에 적용시키기 위해서는 대두를 물에 침지시키는 공정이 필요하다. 일반적으로 상온에서 12시간 정도 침지시켜 대두를 충분히 팽윤시킨 다음 마쇄를 해야 효과적으로 대두의 수용성 성분을 추출할 수 있다(Jeon & Park 2015, Jeong & Kim 2015). 또한 산업 현장에서는 두유 및 두부의 제조 시간을 최소화하기 위해 대두의 침지온도를 높혀 침지시간을 단축하기 위한 연구를 지속적으로 수행하고 있는 실정이다.

탈피대두는 일반적으로 두유를 제조하기 위해 사용되는 대두와 동일한 대두에서 껍질을 제거시킨 대두이다. 일반적으로 두유를 제조하기 위해 대두를 침지하였을 때 수분은 대두의 껍질내 충분히 침투한 다음 대두의 내부로 침투되는데, 대두의 껍질을 침투하는 시간이 많이 걸려 전체적으로 대두의 침지시간은 길어지고, 또한 대두가 수분이 침투되면서 껍질이 벗겨지면서 대두 내부로 수분이 침투되어 껍질이 벗겨질 때까지 시간이 필요한 것으로 알려져 있다. 이에 대두에서 수분흡수속도를 조절하는 기본적인 인자는 껍질이라고 Lee 등(1987)은 보고하였다. 또한 Kim MS(2003)은 대두가 충분히 팽윤되지 않으면 두유의 품질에 영향을 줄 수 있다고 보고하였다. 따라서 탈피대두를 이용하면 대두의 침지 중 수순의 대두껍질 침투나 대두껍질의 제거 등의 시간이 필요 없어지기 때문에 대두의 침지시간이 단축되어 두유를 신속하게 제조할 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 탈피대두 침지공정을 이용하여 신속한 두유의 제조 가능성을 확인하고, 제조된 탈피대두 두유를 일반대두 두유와 품질을 비교 분석함으로써 탈피대두를 이용한 신속한 두유 제조 공정 모델을 제시하고, 두유산업에서 두유의 부가가치를 향상시킬 수 있는 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료

두유 제조를 위한 일반대두 및 탈피대두 시료는 2018년 수확한 대원콩으로 두드림 협동조합(Cheongju, Korea)에서 탈피한 후 모두 건조된 상태로 제공받았다. 탈피 대두 제조공정은 원료 투입 → 승강기 → 탈피기 → 배출 단계로 구성되었는데, 대두탈피기는 두드림 협동조합에서 제조한 대두탈피기로 하단부 맷돌과 상단부 블레이드의 순환식 마찰에 의해 대두를 탈피시키는 기술을 적용시킨 대두탈피기를 이용하였다. 탈피대두는 80%와 100% 탈피된 대두를 사용하였고, 일반대두 및 탈피대두 모두 진공포장한 후 -20°C 에서 보관하였다가 두유를 제조하는데 사용하였다. 총식이섬유 분석에 사용된 내열성 α -amylase, protease, amyloglucosidase는 Megazyme (Wicklow, Ireland)에서 구입하여 사용하였으며, 이소플라본 분석을 위한 daidzein, glycitein 및 genistein은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MD, USA) 그리고 HCl은 OCI Co.(Seoul, Korea), acetonitrile은 Honeywell Burdick and Jackson(Ulsan, Korea)에서 구입하여 사용하였다.

2. 대두의 일반성분 및 총 식이섬유 함량

일반대두와 탈피대두 모두 일반성분을 위해 분쇄기(HMF-3500TG, Hanil electric, Wonju, Korea)로 마쇄하고, 60 mesh 체를 통과시켜 일정한 크기의 분말을 제조하여 사용하였다. 대두의 일반성분은 식품공전의 일반시험법(MFDS 2018)에 따라 분석하였는데, 수분함량은 대두분말 3 g을 상압가열건조법, 조회분은 대두분말 2 g을 직접회화법, 조단백질은 대두분말 2 g을 Kjeldhal법 그리고 조지방은 대두분말 3 g을 Soxhlet 추출법으로 구하였으며, 탄수화물은 시료 전체 무게를 100%로 하여 수분, 조회분, 조단백질, 조지방 함량 %를 제외한 값으로 나타내었다. 그리고 총식이섬유는 AOAC 991.43(AOAC 1995) 분석법을 적용하여 분석하였다. 먼저 2개의 분말화된 대두 분말 1 g을 시료로 하여 각각 3가지 효소(내열성 α -amylase, protease, amyloglucosidase)를 반응시키고, 여과한 다음 한 개의 시료는 회화법으로 회분값을 구하고, 다른 한 개의 시료는 쥘달법으로 단백질값을 구하였다. 그리고 동일한 방법으로 대조구값을 구한 다음 식(1)을 이용하여 계산하였으며, 일반성분과 총식이섬유 함량은 모두 g/100 g으로 나타내었다.

$$\text{Total dietary fiber content (g/100 g, wet weight)} = \frac{(R - P - A - B)}{S} \times 100 \quad (1)$$

R : average weight of residue after enzyme treatment

P : protein content of sample

A : ash content of sample

B : blank

S : average weight of sample

3. 대두의 이소플라본 함량

대두의 이소플라본 함량은 Wang & Murphy(1994)의 방법과 Kim 등(2016)의 방법을 변형하여 분석하였다. 먼저 일반대두와 80% 및 100% 탈피대두를 각각 50 g씩 준비하여 분쇄기(HMF-3500TG, Hanil electronic Co., Seoul, Korea)로 마쇄한 다음, 60 mesh 체를 통과한 것을 이소플라본 추출을 위한 시료로 이용하였다. 준비된 시료 2 g을 비이커에 담은 다음 0.1N HCl 2 mL와 acetonitrile 10 mL를 가한 후 상온에서 2시간 교반하고, filter paper(Whatman No. 42)를 사용하여 여과한 다음 여액을 상온에서 감압농축한 후, 농축된 시료에 80% MeOH 2 mL를 가하여 완전히 용해시킨 다음 0.45 μ m syringe filter(Millipore, Billerica, MA, USA)로 여과시켜 대두의 이소플라본 함량 분석을 위한 추출 시료로 사용하였다.

추출 시료에서 이소플라본 함량을 high performance liquid chromatography(HPLC, LC-2030C, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan)를 이용하여 gradient solvent system으로 분석하였다. HPLC 분석조건은 Table 1에 나타내었으며, 준비된 solvent A와 solvent B를 Table 2의 gradient 조건으로 분석하였다. 대두의 이소플라본 함량은 전체 이소플라본 중에서 비배당체인 daidzein, glycitein 및 genistein 함량을 분석하였으며, 각각의 표준물질을 이용하여 표준정량곡선(standard calibration curve)으로부터 각각의 비배당체 이소플라본 함량을 계산하였다.

4. 침지 과정에서 대두의 수분흡수속도

대두의 수분흡수속도는 Lee 등(1987)의 방법을 변형하여 분석하였는데, 일반대두와 100% 탈피대두를 각각 10 g씩 비

Table 1. HPLC condition for isoflavone content analysis in soybean and dehulled soybean

Condition	
Instrument	Shimadzu Corporation LC-2030C, UV-VIS Detector
Column	YMC-pack ODS-AM-303 (5 μ m, 12 nm, 250 \times 4.6 mm I.D)
Wavelength	254 nm
Mobile phase	Solvent A : 0.1% acetic acid in acetonitrile, Solvent B : 0.1% acetic acid in water
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	20 μ L

Table 2. Solvent gradient condition of HPLC for isoflavone content analysis in soybean and dehulled soybean

Time(min)	Solvent composition(%)	
	Solvent A	Solvent B
0	15%	85%
50	30%	70%
60	30%	70%
65	100%	0%
75	15%	85%
85	15%	85%

Solvent A: 0.1% acetic acid in acetonitrile.

Solvent B: 0.1% acetic acid in water.

이커에 넣고 100 g의 증류수를 10, 25, 40 $^{\circ}$ C에서 2, 4, 6, 8 시간 동안 침지시킨 다음 꺼내어 표면의 수분을 제거하고, 각각의 대두 무게를 측정하여 초기 대두 무게 대비 흡수된 수분무게를 환산하여 수분흡수속도를 측정하였다.

5. 두유의 제조

일반대두 및 탈피대두를 이용한 두유 제조는 Jeon & Park (2015)의 방법을 변형하여 제조하였다. 먼저 일반대두와 100% 탈피대두를 각각 60 g을 25 $^{\circ}$ C의 침지수 600 g에 넣은 후 25 $^{\circ}$ C 항온수조에서 일반대두는 8시간, 탈피대두는 4시간 및 8시간동안 침지시켜 팽윤시켰다. 그리고 팽윤된 각각의 대두를 분쇄기(HMF-3500TG, Hanil electronic corporation, Korea)로 3분간 마쇄한 다음 착즙기(HQ-1BF13, Hurom corporation, Korea)로 비지를 분리하고 얻은 두유를 95-98 $^{\circ}$ C에서 20분간 가열한 후 실온에서 냉각시켜 최종 두유를 제조하였다. 제조된 두유는 4 $^{\circ}$ C에서 냉장 저장하면서 분석에 사용하였다.

6. 두유의 일반성분 및 총 식이섬유 함량

두유의 일반성분 함량은 대두의 일반성분 분석방법과 동일한 식품공전의 일반시험법(MFDS 2018)에 따라 분석하였는데, 두유 10 g을 취한 다음 수분함량은 상압가열건조법, 조회분은 직접회화법, 조단백질은 Kjeldhal법 그리고 조지방은 대두분말 3 g을 Soxhlet 추출법으로 구하였다. 그리고 탄수화물은 두유 전체 무게를 100%로 하여 수분, 조회분, 조단백질, 조지방 함량 %를 제외한 값으로 나타내었다. 두유의 총 식이섬유 함량은 두유 5 g을 취하여 대두의 총 식이섬유 함량 분석방법과 동일한 방법으로 분석하였다.

7. 두유의 수율 및 비지량

두유의 수율은 일반대두와 탈피대두로 제조한 두유의 무

계를 측정하여 식 (2)의 계산식으로 대두의 단위 무게 당 제조된 두유의 무게 비율(%)로 계산하였다. 그리고 두유의 비지량은 두유 제조에서 분리한 비지를 105°C에서 4시간 건조 후 무게를 측정하여 식 (3)의 계산식으로 대두의 단위 무게 당 비지의 무게 비율(%)로 계산하였다.

$$\text{Yield of soymilk(\%)} = \frac{\text{Weight of soymilk(g)}}{\text{Weight of soybean(g)}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Biji production rate(\%)} = \frac{\text{Weight of biji(g, dry basis)}}{\text{Weight of soybean(g)}} \times 100 \quad (3)$$

8. 두유의 고형분 함량 및 점도

일반대두와 탈피대두로 제조한 두유의 고형분 함량은 Jeon & Park(2015)의 방법으로 굴절당도계(Refractometer, PAL-1, ATAGO Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 두유의 점도는 Jeong & Kim(2015)의 방법으로 점도계(Brookfield viscometer, Brookfield Engineering Labs. Inc. Middleboro, MA, USA)를 사용하여 spindle No.2로 50 rpm에서 측정하였다.

9. 두유의 이소플라본 함량

두유의 이소플라본 추출은 Kim 등(2004)의 방법을 변형하여 추출하였는데, 제조한 두유 20 mL에 99% ethanol 80 mL를 첨가 후 ultrasonicator로 50°C에서 60분간 추출하고 고속원심분리기로 3,300×g에서 15분간 원심분리한 다음 상층액을 취하여 filter paper(Whatman No. 42)를 사용하여 여과하고, 여액을 상온에서 감압농축한 후, 농축된 시료에 80% MeOH 2 mL를 가하여 완전히 용해시킨 다음 0.45 μm syringe filter(Millipore, Billerica, MA, USA)로 여과시켜 대두의 이소플라본 함량 분석을 위한 추출 시료로 사용하였다. 두유의 이소플라본 함량

분석은 대두의 이소플라본 분석방법으로 동일한 조건에서 HPLC(LC-2030C, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였다.

10. 통계처리

모든 실험은 3반복 실험으로 진행되었으며, 통계처리는 SAS(Statistical Analysis System, Ver. 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) program을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 나타내고, one-way ANOVA(analysis of variation)로 처리간의 차이 유무를 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성($p < 0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 일반대두와 탈피대두의 일반성분 비교

일반대두와 탈피대두의 일반성분 함량을 비교한 결과를 Table 3에 나타내었다. 먼저 수분함량은 일반대두보다 탈피대두에서 낮은 함량을 나타내었으며, 탈피율이 증가함에 따라 탈피대두의 수분함량 유의적으로 낮아지는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 반면, 조회분 함량은 일반대두보다 탈피대두의 함량이 유의적으로 높아졌으며($p < 0.05$), 조단백질, 조지방 및 탄수화물 함량의 경우에서도 높아지는 경향을 나타냈으나, 유의적인 차이를 나타내지는 않았다($p > 0.05$). 이와 같은 결과는 다양한 콩 품종의 일반성분으로 수분함량이 평균 8.5%, 조단백질 함량이 39~42%, 조지방 함량이 19~20%, 회분 함량이 4.9~5% 그리고 탄수화물 함량이 13~32%를 나타내었다는 Yoo & Chang(1999)과 Kim MH(2010)의 보고와 미루어 볼 때 조단백질 함량이 적게 나타났기 때문에 탄수화물 함량이 높게 나타났지만 조지방과 조회분 함량은 유사한 함량을 나타내었다. 그리고 작두콩의 부위별 일반성분 분석에서 껍질의 수분함량이 자엽의 수분함량보다 높게 나타났다는 Cho

Table 3. Comparison of proximate composition and total dietary fiber content between soybean and dehulled soybean (80% and 100%)

	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude ash (%)	Carbohydrate (%)	Total dietary fiber (g/100g)
Control SB ¹⁾	9.84±0.28 ^a	32.24±1.56	18.88±0.72	4.87±0.02 ^b	34.17±1.23	37.95±1.12 ^a
80% DHSB ²⁾	7.73±0.04 ^b	33.55±1.63	18.53±0.44	4.87±0.03 ^b	35.32±1.95	26.27±1.45 ^b
100% DHSB	7.05±0.05 ^c	33.14±1.23	19.55±0.52	4.99±0.04 ^a	35.27±0.92	21.96±0.89 ^c
F-value	230.88 ^{***}	0.61	2.46	14.90 [*]	0.62	148.47 ^{***}

¹⁾ SB: soybean.

²⁾ DHSB: dehulled soybean.

^{a-c} Means represented by different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$.

^{*}, ^{***} Significant at $p < 0.05$, $p < 0.001$, respectively.

등(1999)의 보고를 미루어 볼 때 탈피대두는 수분함량이 높은 껍질이 제거되었기 때문에 일반대두의 수분함량보다 낮아졌고, 상대적으로 다른 일반성분 함량이 증가된 것으로 생각된다. 그리고 총식이섬유의 경우, 탈피대두가 일반대두보다 낮은 함량을 나타내었으며, 탈피율이 증가함에 따라 낮은 함량을 나타내었는데, 대두의 껍질에 식이섬유 함량이 높기 때문에(Kim & Jeon 2005) 탈피 과정 중 껍질이 제거되면서 탈피대두의 총식이섬유 함량이 낮아지는 것으로 생각된다.

2. 대두의 이소플라본 함량 비교

일반대두와 탈피대두의 이소플라본 중 비배당체인 daidzein, genistein 및 glycitein 함량을 비교한 결과(Table 4), 일반대두의 daidzein, genistein 및 glycitein 함량은 각각 6.7, 9.6, 1.9 $\mu\text{g/g}$ 을 나타내었다. 이는 품종에 따라 다양하지만 Kim 등(2002), Kim 등(2016)과 Yoon JY(2016)의 결과와 유사하였다. 탈피율에 따른 탈피대두의 daidzein, genistein 및 glycitein 함량을 비교해 보면 daidzein과 glycitein 함량은 일반대두에 비해 감소한 반면, genistein 함량은 증가하는 경향을 나타내었으나 유의적인 차이를 나타내지는 않았다($p>0.05$). 이는 대두의 자엽과 껍질 및 배아에서의 이소플라본 함량을 비교한 결과, daidzein 함량은 품종에 따라 다양하지만 자엽과 껍질내에 함량이 유사하고, glycitein 함량은 자엽보다 껍질에서 함량이 높고, genistein 함량은 껍질보다 자엽에서 함량이 높다고 보고한 Yoon JY(2016)의 결과를 미루어 볼 때 daidzein과 glycitein 함량은 대두가 탈피되면서 제거되어 함량이 감소하였으나, genistein 함량은 자엽에 많아 탈피과정에 의해 껍질이 제거되면서 상대적으로 함량이 증가된 것으로 생각된다.

3. 침지 공정에서 일반대두와 탈피대두의 수분흡수속도 비교

침지 공정에서 대두의 무게증가율을 통해 수분흡수속도

Table 4. Comparison of isoflavone content between soybean and dehulled soybean (80% and 100%)

	Control SB ¹⁾	80% DHSB ²⁾	100% DHSB	F-value
Daidzein content ($\mu\text{g/g}$)	6.7 \pm 1.7	3.9 \pm 2.5	2.7 \pm 1.2	3.58
Genistein content ($\mu\text{g/g}$)	9.6 \pm 1.8	12.1 \pm 1.4	10.6 \pm 0.8	2.44
Glycitein content ($\mu\text{g/g}$)	1.9 \pm 0.3	1.6 \pm 0.1	1.5 \pm 0.8	0.53

¹⁾ SB: soybean.

²⁾ DHSB: dehulled soybean.

를 비교한 결과(Fig. 1), 먼저 침지 온도가 증가할수록 수분흡수속도가 증가하였으며, 대두의 탈피율이 증가하면서 수분흡수속도가 증가하였다. 특히 일반적으로 침지 공정을 실시하는 실온(25 $^{\circ}\text{C}$)에서 대두를 침지시킨 경우, 탈피대두를 4시간 동안 침지시킨 결과, 일반대두가 8시간 침지시킨 무게증

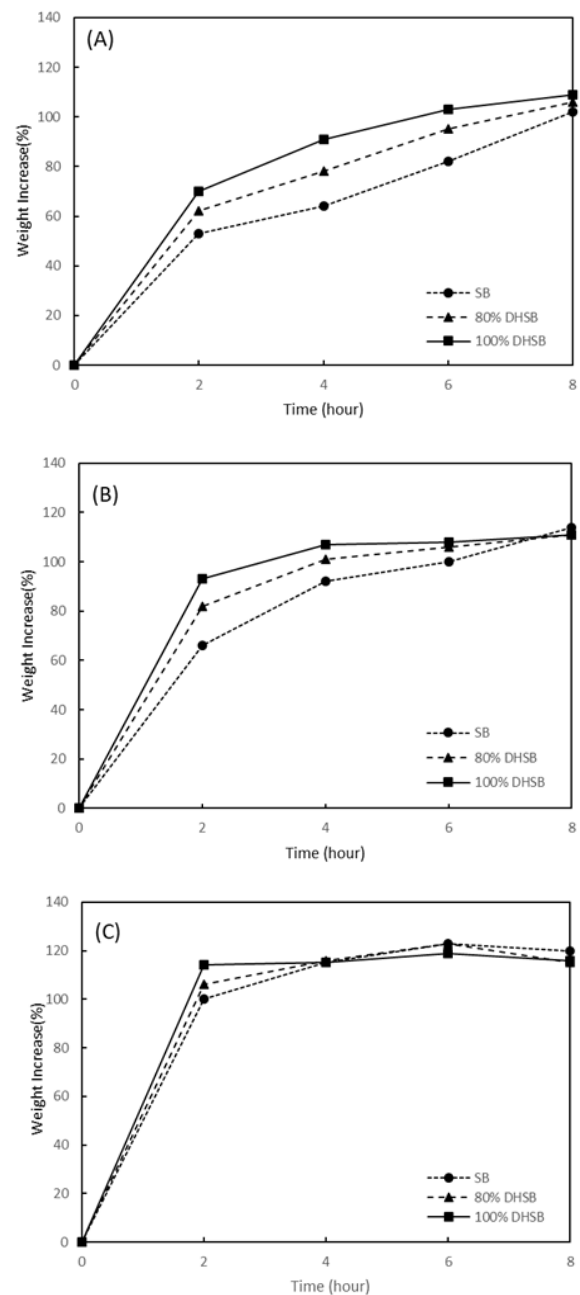


Fig. 1. Weight increase rate(%) of soybean and dehulled soybean (80% and 100%) after soaking in water at (A) 10, (B) 25 and (C) 40 $^{\circ}\text{C}$ for 8 hours. SB: soybean, DHSB: dehulled soybean

가울과 유사하였다. 이는 침지 공정을 통해 수분이 대두 내부로 흡수되어 팽윤을 유도하는데 주요한 인자인 껍질은 대두의 수분흡수속도 조절에 영향을 미치며(Lee 등 1987), 대두의 팽윤이 최종 두유의 품질에 영향을 미칠 수 있기 때문에(Kim MS 2003) 침지공정 중 대두 내부로의 수분흡수는 두유 제조에서 중요한 공정이라 볼 수 있다. 따라서 탈피공정을 통해 대두의 껍질을 제거한 탈피대두는 두유 제조를 위한 침지 공정 시간을 1/2이상 감소시킬 수 있다고 생각되며, 최종적으로 두유 제조 공정 시간 단축을 통한 신속한 두유의 제조가 가능할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 일반두유와 탈피대두 두유의 일반성분 및 총식이섬유 함량 비교

일반대두와 탈피대두를 이용하여 제조한 두유의 일반성분 및 총식이섬유 함량을 비교한 결과를 Table 5에 나타내었다. 일반두유와 탈피대두 두유의 수분함량과 조지방 함량은 탈피대두의 침지시간이 증가할수록 감소하였으며, 조회분과 탄수화물 함량은 증가하였으나, 모두 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$). 반면, 조단백질 함량은 탈피대두의 침지시간이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었는데($p<0.05$), 이는 침지 공정에서 대두의 수분흡수가 대두의 조직감과 대두 가공 중 분쇄 특성에 영향을 나타내며(Pan & Tangratanavalee 2003), 최종적으로 두유의 품질에 영향을 미칠 수 있고(Kim MS 2003), 대두의 수분흡수율이 증가함에 따라 단백질 용출이 증가한다는 Li 등(2019)의 보고를 미루어 볼 때 탈피대두의 수분흡수율이 일반대두보다 빠르기 때문에 두유의 조단백질 함량이 증가되었고, 또한 탈피된 껍질의 무게만큼 탈피대두의 함량이 증가되어 상대적으로 조단백질 함량이 증가된 것으로 생각된다. 그리고 두유의 총식이섬유 함량은 일반두유와 탈피대두 두유간에 유사한 함량을 나타

내었다. 따라서 침지시간이 단축됨에도 탈피대두 두유의 일반성분이 일반두유와 유사하기 때문에 탈피대두를 이용한 신속한 두유 제조가 가능하다고 생각된다.

5. 일반두유와 탈피대두 두유의 품질특성 비교

일반대두와 탈피대두를 이용하여 제조한 두유의 품질을 비교한 결과(Table 6), 수율, 고형분 함량 및 점도는 일반두유에 비하여 탈피대두 두유에서 증가하였으며, 비지량은 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 탈피대두 두유의 일반성분에서 수분함량이 낮아지면서 다른 일반성분의 함량이 많아져 탈피대두 두유의 무게가 증가됨으로써 탈피대두 두유의 수율과 고형분 함량이 높아진 것으로 생각되며, 고형분 함량이 증가하면서 두유의 점도도 증가된 것으로 생각된다. 그리고 영양학적인 측면에서 비지는 대두로부터 수용성 성분이 추출된 상태라는 보고(Woo 등 2001)를 미루어 볼 때 탈피대두 두유에서 비지량의 감소는 비수용성 성분이 함유된 껍질이 이미 제거되어 여과과정에서 대두의 자엽에서만 비지가 발생되기 때문에 감소된 것으로 생각되며, 침지시간이 길어질수록 용출되는 수용성 성분이 많아져 상대적으로 비지량이 감소되는 것으로 생각된다.

6. 일반두유와 탈피대두 두유의 이소플라본 함량 비교

일반대두와 탈피대두를 이용하여 제조한 두유의 이소플라본 중 비배당체인 daidzein, genistein 및 glycitein 함량을 비교 분석한 결과를 Table 7에 나타내었다. 먼저 daidzein, genistein 함량의 경우 일반두유와 탈피대두 두유에서 모두 유사한 함량을 나타내었는데, 대두의 이소플라본 함량보다 높은 함량을 나타내었으며, 특히 침지시간을 4시간만 진행시킨 탈피대두 두유에서도 일반두유와 유사한 함량을 나타내었다. 이는 두유의 비배당체인 daidzein, genistein 및 glycitein 함량이 대

Table 5. Comparison of proximate composition and total dietary fiber content between soybean milk after soaking for 8 hours and 100% dehulled soybean milk after soaking for 4 and 8 hours

	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Ash (%)	Carbohydrate (%)	Total dietary fiber (g/100g)
8H SM ¹⁾	92.24±0.55	3.86±0.10 ^b	0.80±0.08	0.30±0.02	2.81±0.40	0.614±0.047
4H DHSM ²⁾	91.63±0.48	3.76±0.15 ^b	0.72±0.03	0.32±0.03	3.57±0.56	0.576±0.079
8H DHSM ³⁾	90.85±1.39	4.26±0.22 ^a	0.73±0.06	0.35±0.03	3.81±1.30	0.653±0.004
F-value	1.77	7.79*	1.57	2.59	1.13	1.43

¹⁾ 8H Control SM: Control soybean milk after soaking for 8 hours.

²⁾ 4H DHSM: 100% dehulled soybean milk after soaking for 4 hours.

³⁾ 8H DHSM: 100% dehulled soybean milk after soaking for 8 hours.

^{a-b} Means represented by different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$.

* Significant at $p<0.05$.

Table 6. Comparison of quality properties between soybean milk after soaking for 8 hours and 100% dehulled soybean milk after soaking for 4 and 8 hours

	Yield (%)	Biji production rate (% dry basis)	Total solids content (°Brix)	Viscosity (cPs)
8H SM ¹⁾	117.1±6.8	91.1±2.7 ^a	12.00±0.16 ^b	11.73±0.22 ^b
4H DHSM ²⁾	124.6±5.0	81.4±1.3 ^b	12.10±0.09 ^b	12.27±0.12 ^a
8H DHSM ³⁾	125.0±7.7	78.4±3.2 ^b	12.46±0.12 ^a	12.30±0.31 ^a
F-value	1.37	20.63*	10.95*	5.83*

¹⁾ 8H SM: Control soybean milk after soaking for 8 hours.

²⁾ 4H DHSM: 100% dehulled soybean milk after soaking for 4 hours.

³⁾ 8H DHSM: 100% dehulled soybean milk after soaking for 8 hours.

^{a-b} Means represented by different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$.

* Significant at $p < 0.05$.

Table 7. Comparison of isoflavone content between soybean milk after soaking for 8 hours and 100% dehulled soybean milk after soaking for 4 and 8 hours

	8H SM ¹⁾	4H DHSM ²⁾	8H DHSM ³⁾	F-value
Daidzein content (µg/g)	11.32±0.98	10.60±1.38	10.11±0.14	1.16
Genistein content (µg/g)	5.48±0.25	5.36±0.09	6.03±1.0	1.07
Glycitein content (µg/g)	9.11±1.05 ^a	3.86±0.12 ^c	5.27±0.18 ^b	57.81**

¹⁾ 8H SM: Control soybean milk after soaking for 8 hours.

²⁾ 4H DHSM: 100% dehulled soybean milk after soaking for 4 hours.

³⁾ 8H DHSM: 100% dehulled soybean milk after soaking for 8 hours.

^{a-c} Means represented by different superscripts in the same row are significantly different at $p < 0.05$.

** Significant at $p < 0.01$.

두의 배당체 함량보다 높은 나타내었다는 Kim 등(2002)의 보고와 유사하였으며, 각각의 비배당체 함량과도 유사한 결과를 나타내었다. 그러나 탈피대두 두유의 glycitein 함량은 일반두유에 비하여 적게 나타났는데, 이는 glycitein 함량이 자엽보다 껍질에 많이 분포한다는 Yoon JY(2016)의 보고로 미루어볼 때, 탈피과정에서 껍질이 제거되면서 껍질내에 있는 glycitein 함량이 제거되었고, 자엽에 있는 낮은 함량의 glycitein 성분이 용출되어 일반두유보다 탈피대두 두유에서 함량이 낮게 나타나는 것으로 생각된다. 그리고 탈피대두 두유에서 대두의 침지시간이 증가함에 따라 두유의 glycitein 함량이 증가하였는데, 이는 자엽에서 glycitein 용출 속도가 대두의 침

지시간에 영향을 받는 것으로 생각된다.

최종적으로 본 연구에서는 탈피대두를 이용하여 제조한 탈피대두 두유가 glycitein 함량을 제외하고 품질 및 영양성분 그리고 대두 가공품으로서 기능성 성분 함량이 일반두유와 유사함을 확인하고, 탈피대두의 수분흡수율 향상에 의해 두유 제조를 위한 침지공정의 시간을 단축시킬 수 있기 때문에 탈피대두를 이용한 신속한 두유 제조 공정이 가능함을 확인함으로써 두유 산업에서 두유의 부가가치 향상을 위한 정보를 제시하였다고 생각된다.

요약 및 결론

두유 제조를 위해 대두 단백질 입자의 구조적 변화를 유도 하려면 대두를 물에 침지하는 팽윤 과정이 필요한데, 침지과정 중 수분이 대두의 껍질을 통과하여 대두 자엽으로 이동해야 하기 때문에 일반적으로 팽윤 과정은 많은 시간이 소요된다. 그러나 대두의 껍질을 제거한 탈피 대두를 사용한다면 침지과정에서 수분이 껍질을 통과할 필요 없이 흡수되기 때문에 대두의 팽윤 시간이 단축되어 두유를 신속하게 제조할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 대두 껍질을 제거시킨 탈피대두의 품질과 탈피대두를 이용한 두유의 제조 및 탈피대두 두유의 품질을 분석하여 탈피대두를 이용한 신속한 두유 제조 공정 가능성을 확인하고자 하였다. 먼저 일반대두에 비하여 탈피대두의 수분 함량은 감소한 반면, 조단백질, 조지방, 회분 및 탄수화물 함량이 증가하였고, 이소플라본(daidzein, genistein 및 glycitein) 함량은 일반대두의 이소플라본 함량과 유사하였다. 탈피대두의 수분흡수율은 일반대두의 수분흡수율보다 높게 나타나 신속하게 수분이 흡수됨을 확인하였다. 탈피대두 두유와 일반두유의 품질 특성을 비교해 보면 탈피대두 두유의 조단백질 함량, 총고형분 함량 및 점도는 일반두유에 비하여 증가하였으며, 두유의 수율 및 일반성분(조단백질 함량 제외)은 유사하였고, 비지량 및 총식이섬유 함량은 일반두유보다 낮게 나타났다. 그리고 이소플라본 함량은 탈피대두 두유의 daidzein과 genistein은 일반두유의 이소플라본 함량과 유사한 반면, glycitein 함량은 감소하였다. 결론적으로 탈피대두가 일반대두에 비하여 침지 시간이 단축되었고, 탈피대두 두유와 일반대두의 품질 특성이 유사하였기 때문에 탈피대두를 이용한 신속 두유 제조가 가능함을 확인함으로써 두유 가공 산업분야에서 두유의 부가가치 향상을 위한 정보를 제시하였다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원

하는 커뮤니티비즈니스 활성화사업(P0004671)으로 수행된 연구결과입니다.

References

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analysis Chemists
- Cho YS, Bae YI, Shim KH. 1999. Chemical components in different parts of Korean sword bean (*Canavalia gladiata*). *Korean J Postharvest Sci Technol* 6:475-480
- Dwyer JT, Goldin BR, Saul N, Gualtieri L, Barakat S, Adlercreutz H. 1994. Tofu and soy drinks contain phytoestrogens. *J Am Diet Assoc* 94:739-743
- Hong JY, Shin SR, Kong HJ, Choi EM, Woo SC, Lee MH, Yang KM. 2014. Antioxidant activity of extracts from soybean and small black bean. *Korean J Food Preserv* 21:404-411
- Jang SY, Sin KA, Park NY, Bang KW, Kim JH, Jeong YJ. 2008. Functional properties of hydrolysate soy milk and whole soy milk. *Korean J Food Preserv* 15:361-366
- Jeon KS, Park SI. 2015. Manufacturing and functional properties of soymilk prepared with Korean and Chinese soybeans. *Korean J Culin Res* 21:68-79
- Jeon SH, Lee KA, Byoun KE. 2005. Studies on changes of isoflavone and nutrients during germination of soybean varieties. *Korean J Human Ecology* 14:485-489
- Jeong DH, Kim CJ. 2015. Preparation and quality characteristics of soymilk added with buckwheat sprout. *J Korean Soc Food Cult* 30:77-85
- Kim CH, Park JS, Sohn HS, Chung CW. 2002. Determination of isoflavone, total saponin, dietary fiber, soy oligosaccharides and lecithins from commercial soy products based on the one serving size: Some bioactive compounds from commercialized soy products. *Korean J Food Sci Technol* 34:96-102
- Kim J, Jeon JR. 2005. Quality characteristics of tofu added with black soybean hull powder. *Korean J Food Cult* 20:633-637
- Kim JS, Kim JG, Kim WJ. 2004. Changes of isoflavone contents in soybean cultivars pickled in persimmon vinegar. *Korean J Food Sci Technol* 36:833-836
- Kim MH. 2010. Comparison of quality characteristics and functional effects of *Chunggukjang* prepared with various soybean cultivars. Master's Thesis, Jeonbuk National Univ. Jeonju. Korea
- Kim MS. 2003. A study on the quality control of soybean milk industry. Master's Thesis, Hoseo Univ. Asan. Korea
- Kim MY, Jang GY, Ji YM, Kim KM, Kim H, Lee J, Jeong HS. 2016. Isoflavone composition and estrogenic activity of germinated soybeans (*Glycine max*) according to variety. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:1430-1437
- Kim SR, Park YK, Seog HM, Oh SH. 2002. Whole soybean milk produced by enzymatic solubilization of soymilk residue, and its nutritional properties. *Korea Soybean Digest* 19:8-18
- Kim YS. 2014. Quality characteristics of freeze-dried soymilk powder. *Korean J Food Nutr* 27:89-98
- Lee YH, Jung HO, Rhee CO. 1987. Solids loss with water uptake during soaking of soybeans. *Korean J Food Sci Technol* 19:492-498
- Li X, Liu X, Hua Y, Chen Y, Kong X, Zhang C. 2019. Effects of water absorption of soybean seed on the quality of soymilk and the release of flavor compounds. *RSC Adv* 9:2906-2918
- Ministry of Food and Drug Safety [MFDS]. 2019. Korea food code. Available from <https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvlv/foodRvlv.do> [cited 7 October 2019]
- Pan Z, Tangranavalee W. 2003. Characteristics of soybeans as affected by soaking conditions. *LWT-Food Sci Technol* 36:143-151
- Wang H, Murphy PA. 1994. Isoflavone content in commercial soybean foods. *J Agric Food Chem* 42:1666-1673
- Woo E, Lee KA, Lee OH, Kim KS. 2001. Composition of okara produced from soymilk processing. *Korean J Food Nutr* 14:562-567
- Yoo SM, Chang CM. 1999. Study on the processing adaptability of soybean cultivars for Korean traditional chonggugjang preparation. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 42:91-98
- Yoon JY. 2016. Change of isoflavones in hypocotyl, cotyledon and seed coat depending on germination period and soybean cultivars. Master's Thesis, Konkuk Univ. Seoul. Korea

Received 09 October, 2019
 Revised 07 November, 2019
 Accepted 18 November, 2019