

## 연근 분말을 첨가한 두유의 품질 특성과 항산화 활성

### Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Soymilk Added with Nelumbo Nucifera Root Powder

유현희\*

군산대학교 자연과학대학 식품영양학과

Yu, Hyeon Hee\*

Department of Food and Nutrition, Kunsan National University, Kunsan, Korea

#### Abstract

The objective of this study was to In this study, we assessed the quality characteristics and antioxidant activity of soymilk containing various concentrations(0, 1, 3, and 5%) of Nelumbo nucifera root powder(NNP). The moisture, crude protein, crude lipid, and crude ash contents of the NNP were 8.69%, 25.31%, 7.31%, and 4.01%, respectively. When the concentrations of NNP added to soymilk were increased, the moisture and crude lipid contents of sSoymilk were of moisture and crude lipid contents decreased whereas ile crude protein and crude ash contents were increased. according to content of NNP. To analyze Qquality characteristics such as , solid contents, pH, color(L, a, b), viscosity, total polyphenol content, DPPH radical scavenging activity, and sensory properties were measured. When the concentrations of NNP added to soymilk were increased, sSolid contents, viscosity, total polyphenol content, and DPPH radical scavenging activity of the soymilk were significantly ( $p<0.05$ ) increased with increasing content of NNP, whereas pH, L, a, and b values of the soymilk were significantly ( $p<0.05$ ) decreased. SFrom the sensory evaluation test results revealed that , soymilk with 3% of NNP was ere the best among all the samples studied. The tTaste and flavor of NNP was shown to be more favoredbetter than the control (without NNP). Therefore the These results of this study suggest that NNP is a good ingredient for increasing the consumer acceptability and antioxidant activity of soymilk.

**Keywords:** Nelumbo nucifera root powder, soymilk, quality characteristics, antioxidant activity

#### I. 서론

연근(Nelumbo nucifera Root)은 수련과에 속하는 다년생 식물인 연(蓮)의 뿌리로, 본초명으로는 우(藕)라고 한다(Lee et al., 2007). 연의 원산지는 인도와 이집트로 우리나라에서 재배되고 있는 연은 인도에서 유래한 것으로 연의 모든 부위는 치료목적으로 사용되고 있다. 연근은 한방에서는 강장제로 이용되며, 어혈을 풀거나 코피, 객혈, 혈뇨,

자궁 출혈 등에 지혈제로 사용되었다(Mukherjee et al., 1996; Mukherjee et al., 2009). 연근의 약리작용에 관련된 연구로 항염증(Mukherjee et al., 1997a), 혈당 강하와 당뇨(Lee & Chai, 2008; Mukherjee et al., 1997b; Tsuruta et al., 2011), 신경 조직 발생과 신경 보호(Hong et al., 2013; Yang et al., 2008), 면역(Jiang et al., 2011; Mukherjee et al., 2010a, Mukherjee et al., 2010b; Tsuruta et al., 2011), 대장암 세포 증식 억제(Guon & Chung, 2014), 혈압저하와 신장기능 개선(Cho & Kim,

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학연협력 기술개발 사업(C0276730)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

\* Corresponding Author: Yu, Hyeon Hee  
Tel:+82-63-469-4636, Fax:+82-63-466-2085  
E-mail: youhh@kunsan.ac.kr

© 2016, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

2013; Park et al., 2005b), 혈관개선(Ham et al., 2005), 뇌혈류량 증가와 혈압강하(Park et al., 2005c; Lee & Jeong, 2005), 고콜레스테롤혈증(Lee et al., 2006), 항산화(Hu & Skibsted, 2002; Huang et al., 2011; Jiang et al., 2010; Lee et al., 2007; Yang et al., 2007a; Zhao et al., 2014)에 효과가 있다고 보고되었다. 연구에는 단백질, 아미노산, 식이섬유소, 전분, 티아민, 리보플라빈, 비타민 C와 철분을 비롯한 무기질이 풍부하게 들어 있다(Liu et al., 2010). 최근에는 연근의 기능성을 부각시켜 연근을 첨가한 빵(Kim et al., 2002), 된장(Park et al., 2005a), 설기떡(Yoon & Choi, 2008), 절편(Kang & Yoon, 2008), 국수(Park et al., 2008), 음료(Bae et al., 2008; Kim et al., 2011b; Liu et al., 2010), 죽(Park & Choi, 2009), 백김치(Park et al., 2010), 청포묵(Park & Kim, 2010), 쿠키(Lee et al., 2011), 스펀지케이크(Kim et al., 2011a), 돈육 패티(Jung et al., 2011), 분쇄 돈육(Lee et al., 2012) 등에 대한 연구가 이루어졌다.

최근 생활의 변화로 각종 성인병, 비만에 대한 위험성이 커지면서 식품가공업은 영양소 및 생리활성 성분을 두루 갖춘 건강기능성 식품을 개발하고자 하는 추세에 있다. 두유는 콩으로 만든 대표적인 가공품으로 필수 아미노산, 필수 지방산, 비타민과 무기질 및 식이 섬유소가 다량 함유되어 있고, 콜레스테롤 함량이 낮아 식물성 건강음료로의 인식이 확대되면서 음료의 시장 중 두유의 소비가 점차적으로 증가 추세이며 두유의 소비계층 및 시장 또한 국내외적으로 크다(Ishihara et al., 2007; Shin et al., 2004). 또한 두유는 유당 불내증, 우유 단백질 알러지, 갈락토세미아가 있어 우유를 섭취할 없는 환자에게 좋은 대체 식품이다(Liu & Chang, 2013; Seiberg et al., 2001). 콩에는 이소플라본, 안토시아닌, 사포닌, 올리고당을 비롯한 여러 가지 생리활성물질이 함유되어 있어 항산화, 항암, 혈압 강하, 비만 및 노화 억제, 골다공증, 고지혈증 및 담석증 등 각종 성인병 예방에 효과가 있음이 보고되고 있다(Kim 1996; Ma & Huang, 2014; Shin et al., 2004; Torres-Penaranda & Reitmeier 2001;). 뿐만 아니라 미국 FDA는 콩단백질 섭취 시 혈중 LDL-콜레스테롤 농도를 낮추기 때문에 심장병 발병률 감소에 도움을 주는 것에 대하여 Health Claim을 부여하였다(Lakshmanan et al., 2006).

두유 품질 및 기능성을 향상시키기 위해 자몽씨(Cho & Park, 2005), 머루(Ro, 2012), 홍삼(Lee, 2012), 스테비아 잎(Choi et al., 2014), 쌀알(Kim et al., 2014), 과일 주스

(Rodríguez-Roque et al., 2014), 양파(Kwon & Kim, 2015), 메밀씨(Jeong & Kim, 2015) 등을 첨가하거나 알칼리 처리(Oh et al., 1988), 발효(Donkor & Shah, 2008; Lee et al., 2013), 효소 분해(Jang et al., 2008) 과정을 거치거나 미세분말(Shim et al., 2003)을 사용한 두유에 대한 연구가 있다. 본 연구는 여러 가지 생리적 기능이 우수한 것으로 알려진 연근을 두유에 이용하는 방안을 마련하기 위해 연근 분말(nelumbo nucifera root powder, NNP)의 함량을 달리하여 두유를 제조한 후 품질 특성과 항산화성, 관능 특성을 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 재료 및 시약

본 실험에 사용한 연근과 콩은 하소백련(Kimje, Korea)에서 2015년 재배, 수확한 백련근과 진양콩을 제 공받아 사용하였으며, 연근은 동결건조한 후 분쇄(HMF-3500SS, Hanil Co., Seoul, Korea)하여 100 mesh체로 내린 후 진공팩에 담아 4℃에 보관하여 시료로 사용하였다. 항산화 실험에 사용한 DPPH, Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid 등의 시약은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였고 그 외의 시약은 1급을 사용하였다.

### 2. 두유의 제조

두유의 제조는 선행연구와 예비실험을 바탕으로 콩 200 g을 수세하고 실온에서 10배의 물에 담가 24시간 수침, 껍질 제거, 수세 과정을 거친 후 콩 무게 5배의 물을 가하여 초고속블렌더(HC-BL2000, Happycall Co., Kimhae)의 웨프모드(8분, 98℃)를 사용하여 전두유를 제조하여 대조군으로 하였다. 연근 분말 첨가군은 대조군 실험방법에 준하여 콩 무게 대비 1, 3, 5%를 첨가하여 1-NNP, 3-NNP, 5-NNP를 각각 제조하였다.

### 3. 일반성분 분석

연근 분말과 두유의 일반성분은 AOAC(2000)법에 따라 분석하였다.

4. 고형성분 함량, pH, 색도, 점도 측정

두유의 고형성분 함량은 Refractometer(ATAGO, PAL-1, brix 53% brix Japan)를 이용하였다. pH는 시료 5 g에 증류수 45 mL를 넣어 균질기를 이용해 균질화 한 후 여과한 후 pH meter(A221, Orion Co., Beverly, MA, USA)로 측정하였다. 색도는 일정한 크기의 60×15 mm dish에 담은 후 분광측색계 (CM-2600d, Chroma Meter, Konica Minolta Holdings, Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 표준백판으로 보정한 후 L(명도)값, a(적색도)값, b(황색도)값을 측정하였으며 이때 사용한 표준백판은 L=97.07, a=-0.06, b=0.21이었다. 점도는 점도계 (Brookfield Viscometer, Brookfield Engineering Labs. Inc., Middleboro, MA, USA)를 이용하여 Kwon과 Kim (2015) 방법으로 측정하였다.

5. 총 페놀화합물 함량과 DPPH radical 소거능 측정

두유 10 g에 에탄올 90 mL를 가하여 24시간(20℃) 동안 100 rpm으로 shaking incubator에서 추출한 후 여과하여 시료액으로 사용하였다. 총 페놀 화합물의 함량은 Folin Denis's phenol method에 준하여 측정하였다. 시료액 150 µL에 증류수 2,400 µL와 2 N Folin-Ciocalteu reagent 150 µL를 가한 후 3분간 방치하고 1 N sodium carbonate(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 300 µL를 가하여 암소에서 2시간 동안 반응시킨 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 물질로 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량은 시료 100 g 중의 mg gallic acid(mg GAE/100 g)로 나타내었다. 항산화 활성은 DPPH radical에 대한 소거활성을 측정하여 비교, 분석하였다. 즉 시료액 4 mL에 DPPH solution (1.5×10<sup>-4</sup> M) 1 mL를 가하여 교반한 다음 암소에서 30분간 방치 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료액 대신 에탄올을 가한 대조군의 흡광도를 함께 측정하여 DPPH radical 소거능을 백분율로 나타내었다.

6. 관능 검사

제품의 관능검사는 24명의 검사요원(20-25세, 여자)들을 대상으로 실험목적 및 평가항목들에 대해 설명하였고 훈련과정을 거친 다음 관능평가에 임하게 하였다. 시료의 평가는 제조 후 1시간 동안 방냉한 것을 이용하였고, 시료

번호는 난수표를 이용하여 3자리 숫자로 표시하였다. 모든 시료는 동시에 제공하여 7점 척도법으로 평가하도록 하였다. 두유를 1회용 컵에 담아 제공하였고 한 개의 시료를 먹고 난 다음 물로 헹군 뒤 평가하도록 하였다. 검사항목은 색, 맛, 외관, 목넘김, 향미, 전반적인 기호도로서 매우 좋다 7점, 매우 싫다 1점으로 하였다.

7. 통계처리

실험결과는 SPSS program (IBM SPSS Statistics 20.0, IBM SPSS Co., Armonk, New York, USA)을 이용하여 각 실험군의 평균과 표준편차를 구하고, 시료간의 차이 검증은 일원 배치 분산 분석(one way ANOVA)을 사용하였으며, 사후검증은 Duncan's multiple rage test에 따라 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 연근 분말의 일반성분

본 실험에 사용한 연근 분말의 일반성분 분석 결과는 <Table 1>에 나타내었다. 연근분말의 수분 함량은 8.69%였으며, 조단백질은 25.31%, 조지방은 7.31%, 조회분은 4.01%였다. 연근 분말의 일반성분에 대해 Park et al.(2008)의 연구에서는 수분 8.29%, 조단백질 47.84%, 조지방 8.48%, 조회분 4.73%였고, Park 과 Choi (2009) 연구에서는 수분 2.97%, 조단백질 22.83%, 조지방 0.93%, 조회분 8.09%였고, Park 과 Kim(2010)의 연구에서는 수분 9.2%, 조단백질 11.89%, 조지방 3.38%, 조회분 5.77%로 차이가 있었는데 이는 생산지, 분말 제조 방법 등에 따라 달라진 것으로 보인다.

2. 연근 분말 함유 두유의 이화학적 특성 분석 결과

연근 분말 함유 두유의 일반성분은 <Table 2>에 나타내었다. 수분함량은 대조군은 82.97%이었으며, 1-NNP, 3-NNP, 5-NNP는 각각 80.80, 77.50, 76.0%으로 연근 분말 첨가량에 따라 유의적으로 감소하였으며(p<0.001), 이는 메밀싹 분말(Jeong & Kim, 2015), 양과 분말(Kwon & Kim, 2015)을 첨가한 두유 연구와 같은 경향이었다. 조단백질은 대조군은 4.84%였고, 연근 분말 첨가 두유는

〈Table 1〉 Proximate compositions of *Nelumbo nucifera* root powder

Samples	Moisture(%)	Crude protein(%)	Crude lipid(%)	Crude ash(%)
<i>Nelumbo nucifera</i> root powder	8.69	25.31	7.31	4.01

〈Table 2〉 Proximate compositions of soymilk added with *Nelumbo nucifera* root powder

Samples <sup>1)</sup>	Control	1-NNP	3-NNP	5-NNP	F-value
Moisture (%)	82.97±0.45 <sup>2)a3)</sup>	80.80±0.26 <sup>b</sup>	77.50±0.50 <sup>c</sup>	76.00±0.50 <sup>d</sup>	154.26 <sup>****4)</sup>
Crude protein (%)	4.84±0.04 <sup>a</sup>	5.20±0.02 <sup>b</sup>	6.12±0.02 <sup>c</sup>	6.54±0.02 <sup>d</sup>	2857.59 <sup>***</sup>
Crude lipid (%)	1.71±0.04 <sup>a</sup>	1.51±0.01 <sup>b</sup>	1.37±0.006 <sup>c</sup>	1.34±0.01 <sup>c</sup>	195.69 <sup>***</sup>
Crude ash (%)	0.43±0.02 <sup>a</sup>	0.49±0.003 <sup>b</sup>	0.52±0.003 <sup>c</sup>	0.62±0.002 <sup>d</sup>	164.38 <sup>***</sup>

1) Control: no *Nelumbo nucifera* root powder

1-NNP: soymilk added with *Nelumbo nucifera* root powder 1%(w/w)

3-NNP: Soymilk added with *Nelumbo nucifera* root powder 3%(w/w)

5-NNP: Soymilk added with *Nelumbo nucifera* root powder 5%(w/w)

2) Mean±SD

3) Different superscripts (a-d) in a row indicate significant difference at  $p<0.05$  by Duncan's multiple rang test.

4) \*\*\*\*  $p<0.001$

1-NNP, 3-NNP, 5-NNP는 각각 5.20, 6.12, 6.54%로 연근 분말 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였다( $p<0.001$ ). 조지방은 대조군은 1.71%였고, 연근 분말 첨가 두유는 1.51%(1-NNP), 1.37%(3-NNP), 1.34%(5-NNP)로 대조군보다 연근 분말 첨가군은 유의적으로 낮았다( $p<0.001$ ). 조회분은 대조군은 0.43%였고, 1-NNP, 3-NNP, 5-NNP는 각각 0.49, 0.52, 0.62%로 연근 분말 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였다( $p<0.001$ ). 연근 분말의 조단백과 조회분 함량이 높으므로 두유 내에 분산되면서 조단백질과 조회분 함량이 증가한 것으로 보인다.

두유의 고형성분 함량, pH, 색도, 점도의 결과는 <Table 3>에 나타내었다. 고형성분 함량은 대조군은 16.53%인 반면, 1-NNP, 3-NNP, 5-NNP는 각각 19.37%, 22.45%, 23.72%으로 연근 분말 첨가량에 따라 유의적으로 증가하여( $p<0.001$ ), 메밀착 분말(Jeong & Kim, 2015), 양과 분말(Kwon & Kim, 2015), 쌀알(Kim et al., 2014)

첨가 두유 연구와 마찬가지로 연근 분말 함량이 증가할수록 고형성분 함량이 증가하는 경향이였다. pH는 대조군은 6.55였고, 1-NNP, 3-NNP, 5-NNP는 각각 6.49, 6.41, 6.37로 연근 분말 첨가량에 따라 유의적으로 감소하였다( $p<0.001$ ). Liu (1997)는 물로만 제조된 두유는 pH가 중성에 가까운 6.5-6.8이었으며, 쌀알 첨가 두유(Kim et al., 2014)의 연구에서는 대조군 두유의 pH 6.7로 본 연구와 비슷한 경향이였다. Yang et al. (2007b)의 연구에서 백련근은 citric acid가 높은 함량으로 들어 있으며 malic acid, succinic acid, acetic acid 등 유기산이 함유되어 있다고 하여 이들 유기산이 두유의 pH를 낮춘 것으로 생각된다. 두유의 색도는 명도인 L값은 대조군은 78.57이었고, 1-NNP, 3-NNP, 5-NNP는 각각 73.00, 69.47, 66.38이었고, 적색도인 a값은 각각 -1.15(Control), -1.32(1-NNP), -1.37(3-NNP), -1.81(5-NNP)이었고, 황색도인 b값은 각각 15.81(Control), 13.96(1-NNP), 10.32(3-NNPP), 7.67(5-NNP)로 L값, a값, b값 모두 연근 분말 첨가량에

따라 유의적으로 감소하였다( $p < 0.001$ ). 연근분말 함유 절편(Kang & Yoon, 2008)과 설기떡(Yoon & Choi, 2008), 죽(Park & Choi, 2009), 청포묵(Park & Kim, 2010), 쿠키(Lee et al., 2011) 연구에서는 연근 분말 함량이 증가함에 따라 L값은 감소, a값과 b값은 증가하였다고 하였고, 국수(Park et al., 2008) 연구에서는 L값과 b값은 감소, a값은 증가하였다고 하였고, 백김치(Park et al., 2010) 연구에서는 L값과 a값은 감소, b값은 증가하였다고 하여 같은 부재료라도 가공 방법의 차이, 다른 첨가물과 상호작용 등에 따라 색의 변화가 다르게 나타남을 알 수 있다. 또한 메밀썩 분말 첨가 두유에서는 L값은 감소, a값과 b값은 증가하였고(Jeong & Kim, 2015), 양파 분말 첨가 두유에서는 L값은 감소, b값은 증가하였고, 양파껍질을 넣은 경우는 a값은 증가하였으나 껍질을 제거한 양파를 넣은 두유의 a값은 감소하였다(Kwon & Kim, 2015)고 하여 두유에 넣은 부재료 종류에 따라 서로 다른 경향을 보였다. 보통 두유의 색 변화는 두유 제조 시 여과 살균 과정에서 발생한 열로 인한 비효소적 갈변반응인 메일라이드 반응에 의한 것으로 알려져 있는데(Liu, 1997) 본 연구에서는 메일라이드 반응과 연근의 여러 가지 성분이 복합적으로 반응한 것으로 보이며 추후 연구가 필요하였다.

두유의 점도는 대조군이 38.50 cp로 가장 낮았으며, 연

근 분말 함량이 증가함에 따라 1-NNP, 3-NNP, 5-NNP는 각각 41.17, 44.00, 54.33 cp로 유의적으로 증가하였다( $p < 0.001$ ). 두유 관련 연구(Jeong & Kim, 2015; Kwon & Kim, 2015; Oguntunde & Akintoye, 1991; Wallace & Khaleque, 1971)에서 고형분 함량이 증가하면 점도가 증가한다고 한 연구결과와 비슷하였다. Sorgentini et al.(1995)는 두유 제조 과정 중 가열에 의해 단백질의 비가역적 변화가 표면 소수성을 증가시키고, 다른 성분들과 소수성 결합 부위가 증가하면서 두유의 점도가 증가할 수 있으나, 시간이 지남에 따라 작은 입자들이 침강하면서 점도는 점차 감소할 수 있다고 하였다. 이로 보아 연근의 첨가량이 증가하면서 연근의 단백질, 회분, 전분, 식이섬유 등과 고형성분 함량이 증가하고, 표면 소수성이 증가하여 두유의 점도가 증가한 것으로 보인다.

### 3. 총 페놀화합물 함량과 DPPH radical 소거능 측정 결과

페놀 화합물은 채소, 과일, 음료, 향신료와 약용식물에 다량 함유되어 있으며 항산화(Hu & Skibsted, 2002) 뿐만 아니라 항균, 항암, 혈압강하, 간보호, 진경 작용 등 여러 작용을 한다(Woo, 1996)고 한다. 두유의 총 페놀화합물과 DPPH radical 소거능의 결과는 Table 4에 나타내었

〈Table 3〉 Solid contents, pH, Hunter's color value, and viscosity of soymilk added with Nelumbo nucifera root powder

Samples <sup>1)</sup>	Control	1-NNP	3-NNP	5-NNP	F-value
Solid contents (%)	16.53±0.35 <sup>20d3)</sup>	19.37±0.32 <sup>c</sup>	22.45±0.05 <sup>b</sup>	23.72±0.23 <sup>a</sup>	438.33 <sup>***4)</sup>
pH	6.55±0.01 <sup>a</sup>	6.49±0.002 <sup>b</sup>	6.41±0.005 <sup>c</sup>	6.37±0.008 <sup>d</sup>	385.57 <sup>***</sup>
Hunter's color					
L value	78.57±0.04 <sup>a</sup>	73.00±0.02 <sup>b</sup>	69.47±0.15 <sup>c</sup>	66.38±0.20 <sup>d</sup>	5093.72 <sup>***</sup>
a value	-1.15±0.01 <sup>a</sup>	-1.32±0.003 <sup>b</sup>	-1.37±0.02 <sup>c</sup>	-1.81±0.01 <sup>d</sup>	2356.19 <sup>***</sup>
b value	15.81±0.01 <sup>a</sup>	13.96±0.02 <sup>b</sup>	10.32±0.14 <sup>c</sup>	7.67±0.03 <sup>d</sup>	7579.09 <sup>***</sup>
Viscosity(cP)	38.50±0.50 <sup>d</sup>	41.17±1.04 <sup>c</sup>	44.00±1.00 <sup>b</sup>	54.33±0.57 <sup>a</sup>	216.08 <sup>***</sup>

1) Samples are the same as shown in Table 2

2) Mean±SD

3) Different superscripts (a-d) in a row indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple rang test.

4) \*\*\*  $p < 0.001$

다. 연근 분말 함유 두유의 총 페놀화합물 함량은 대조군은 172.33 mg/100g이었으며, 연근 분말 함량이 증가함에 따라 1-NNP, 3-NNP, 5-NNP는 각각 178.00, 220.83, 254.67 mg/100g로 유의적으로 증가하였다( $p<0.001$ ). DPPH radical 소거능은 대조군은 71.00%였고, 연근 분말 함량이 증가함에 따라 1-NNP, 3-NNP, 5-NNP는 각각 76.00, 83.67, 89.00%로 유의적으로 증가하였다( $p<0.001$ ). 대조군에서도 페놀화합물이 다량 함유되어 있어 높은 DPPH radical 소거능을 나타내었는데, 다른 두유 연구(Ma & Huang, 2014; Jeon & Park, 2015)에서도 다량의 페놀화합물이 있으며, 항산화성도 높다고 하여 본 연구와 같은 결과를 나타내었다. Bae et al.(2008) 연구에서는 연근발효음료에서 연근 첨가 농도에 비례하여 DPPH radical 소거능이 증가하였다고 하였으며, 또한 많은 연구에서 연근의 페놀화합물(Hu & Skibsted, 2002; Lee et al., 2007; Tsuruta et al., 2011)과 항산화 효과(Hu & Skibsted, 2002; Yang et al., 2007a; Lee et al., 2007; Jiang et al., 2010; Huang et al., 2011; Zhao et al., 2014)에 대해서 보고하여 본 연구와 같은 경향이였다. 또한 Jung et al.(2011) 연구에서는 연근 분말을 첨가한 돈육 패티가 지방 산화가 억제 되어 저장기간이 연장되었으며, Lee et al.(2012) 연구에서는 연근 추출물을 첨가한 분쇄 돈육이 지방 산패가 억제 되었는데 이는 연근의 페놀화합물의 영향이라고 하였다. 이로부터 두유에 연근 분말을 첨가하는 것은 총 페놀 화합물 함량을 증가시켜 항산화성을 나타내어 저장기간 동안 품질 저하 방지에 효과가 있을 것으로 생각된다.

#### 4. 관능검사

<Table 5>는 연근분말을 첨가한 두유의 관능검사에 대한 결과를 나타낸 것이다. 두유의 관능검사(색, 맛, 목넘김, 향미, 외관, 전반적인 기호도)에서, 3-NNP가 가장 높았는데, 두유의 색은 대조군보다 3-NNP와 1-NNP는 유의적으로 높았고( $p<0.001$ ), 1-NNP와 5-NNP, 5-NNP와 대조군이 유의적 차이가 없었다. 맛은 대조군보다 연근 분말 첨가군 모두 유의적으로 높았으며( $p<0.001$ ), 1-NNP와 5-NNP는 유의적 차이가 없었다. 목넘김은 대조군과 5-NNP는 유의적 차이가 없었으나 3-NNP와 1-NNP는 유의적으로 높았다( $p<0.001$ ). 향미는 대조군보다 연근 분말 첨가군 모두 유의적으로 높았으며( $p<0.001$ ), 5-NNP와 1-NNP는 유의적 차이가 없었고 대조군이 가장 낮았다. 외관은 대조군보다 3-NNP가 유의적으로 높았고, 5-NNP는 유의적으로 낮았다( $p<0.001$ ). 전반적인 기호도는 대조군과 5-NNP는 유의적 차이가 없었으나, 3-NNP와 1-NNP는 유의적으로 높았다( $p<0.001$ ). 이상의 결과를 볼 때 두유에 콩 무게 대비 연근 분말을 3%정도 첨가하는 것이 생리활성 기능과 기호도가 높아 바람직할 것으로 생각된다.

## IV. 요약

본 연구에서는 연근 분말을 첨가(0, 1, 3, 5%)한 두유

(Table 4) Total polyphenol content and DPPH radical scavenging activity of soymilk added with Nelumbo nucifera root powder

Samples <sup>1)</sup>	Control	1-NNP	3-NNP	5-NNP	F-value
Total polyphenol content (mg GAE/100g)	172.33±2.52 <sup>2,3)</sup>	178.00±1.00 <sup>c</sup>	220.83±16.75 <sup>b</sup>	254.67±4.16 <sup>a</sup>	59.04 <sup>***</sup>
DPPH radical scavenging activity (%)	71.00±1.00 <sup>d</sup>	76.00±1.00 <sup>c</sup>	83.67±1.52 <sup>b</sup>	89.00±1.00 <sup>a</sup>	143.56 <sup>****</sup>

1) Samples are the same as shown in Table 2

2) Mean±SD

3) Different superscripts (a-d) in a row indicate significant difference at  $p<0.05$  by Duncan's multiple rang test.

4) \*\*\*\*  $p<0.001$

(Table 5) Sensory properties of soymilk added with *Nelumbo nucifera* root powder

Samples <sup>1)</sup>	Control	1-NNP	3-NNP	5-NNP	F-value
Color	3.63±1.01 <sup>c2),3)</sup>	4.38±0.49 <sup>b</sup>	5.75±1.11 <sup>a</sup>	3.88±1.08 <sup>ab</sup>	23.55 <sup>****4)</sup>
Taste	3.25±0.99 <sup>c</sup>	4.00±0.73 <sup>b</sup>	5.38±1.35 <sup>a</sup>	4.13±1.19 <sup>b</sup>	15.76 <sup>***</sup>
Mouthfeel	3.75±1.11 <sup>c</sup>	4.50±1.14 <sup>b</sup>	5.37±1.34 <sup>a</sup>	3.13±0.78 <sup>c</sup>	17.24 <sup>***</sup>
Flavor	3.83±1.56 <sup>c</sup>	4.88±1.08 <sup>b</sup>	5.71±1.40 <sup>a</sup>	5.13±0.99 <sup>ab</sup>	9.06 <sup>***</sup>
Appearance	3.75±1.22 <sup>b</sup>	4.25±1.23 <sup>b</sup>	5.25±1.52 <sup>a</sup>	2.88±1.08 <sup>c</sup>	14.65 <sup>***</sup>
Overall quality	3.38±0.88 <sup>c</sup>	4.13±1.34 <sup>b</sup>	5.05±1.12 <sup>a</sup>	3.75±1.22 <sup>ab</sup>	10.47 <sup>***</sup>

1) Samples are the same as shown in Table 2

2) Mean±SD

3) Different superscripts (a-c) in a row indicate significant difference at  $p<0.05$  by Duncan's multiple rang test

4) \*\*\*  $p<0.001$

를 제조하여 두유의 품질특성과 항산화 활성을 측정하였다. 본 실험에 사용한 연근 분말의 수분 함량은 8.69%였으며, 조단백질은 25.31%, 조지방은 7.31%, 조회분은 4.01%였다. 연근 분말 첨가량이 증가함에 따라 두유의 수분과 조지방 함량은 유의적으로 감소하였고( $p<0.001$ ), 조단백과 조회분 함량은 유의적으로 증가하였다( $p<0.001$ ) 또한 고형성분 함량과 점도의 경우 연근 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였는데( $p<0.001$ ) 이는 연근의 단백질, 회분, 전분, 식이섬유 등 여러 가지 구성성분들이 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 두유의 pH, L값, a값, b값은 연근 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다( $p<0.001$ ). 연근 분말 첨가 두유의 총 페놀화합물과 DPPH radical 소거능을 측정한 결과 첨가량이 증가함에 따라 총 페놀화합물과 DPPH radical 소거능이 유의적으로 증가하였다( $p<0.001$ ). 두유의 관능검사(색, 맛, 외관, 묵넘김, 향미, 전반적인 기호도)에서, 3-NNP가 가장 높았는데, 두유의 맛, 향미는 대조군보다 연근 분말 첨가군 모두 유의적으로 높았으며( $p<0.001$ ), 색, 묵넘김은 대조군과 5-NNP가 유의적 차이가 없었으나, 외관은 대조군보다 5-NNP가 유의적으로 낮아졌다( $p<0.001$ ). 전체적 기호도에 대한 관능검사 점수는 대조군과 5-NNP는 유의적인 차이가 없었으나, 1-NNP, 3-NNP는 유의적으로 높았다( $p<0.001$ ). 이로부터 연근 분말 첨가 두유 제조 시 품질 특성, 항산화성, 기호도 면에서 콩 무게 대비 3%정도 연근 분말을 첨가하는 것이 가장 적합한 레시피로 보인다. 또한 앞으로 좀 더 구체적인 품질 개선 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

**주제어:** 연근 분말, 두유, 품질특성, 항산화활성

## REFERENCES

- AOAC. (2000) Official Method of Analysis 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. U.S.A.
- Bae, M. J., Kim, S. J., Ye, E. J., Nam, H. S., & Park, E. M. (2008) Study on the chemical composition of lotus root and functional evaluation of fermented lotus root drink. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 23(2), 222-227.
- Cho, I. S. & Kim, H. W. (2013) Beneficial effect of nodus *Nelumbinis Rhizomatis* extract on cisplatin-induced kidney toxicity in rats. *Korean Journal of Herbology*. 18(4), 127-134.
- Cho, K. H., & Park, S. G. (2005) Antibacterial effects on bacillus stearothermophilus by adding natural grapefruit seed extracts in soymilk. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 16(1), 139-143.
- Choi, S. N., Joo, M. K., & Chung, N. Y. (2014) Quality characteristics of soybean milk added with stevia leaf powder. *Journal of the Korean Dietetic Association*, 20(2), 77-86.

- Donkor, O. N., & Shah, N. P. (2008) Production of  $\beta$ -glucosidase and hydrolysis of isoflavonephytoestrogens by *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, and *Lactobacillus casei* in soymilk. *Journal of Food Science*, 73(1), M15 - M20.
- Guon, T. E., & Chung, H. S. (2014) Effects of *Nelumbo nucifera* root extract on proliferation and apoptosis in HT-29 human colon cancer cells. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 24(1), 20-27.
- Ham, T. S., Han, J. H., Park, S. H. (2005) Nutritional contents of beverage from lotus root and evaluation of its physiological function in aorta elation. *Korean Journal of Oriental Physiology & Pathology*, 19(2), 490-494.
- Hong, S. C., Lee, C. H., Kim, S. H., Lee, J. H., & Koo, B. S. (2013) The mechanism of lotus root extract (LRE) as neuro-protective effect in alzheimer disease (AD). *Journal of Oriental Neuropsychiatry*, 24(3), 309-320.
- Hu, M. & Skibsted, L. H. (2002) Antioxidative capacity of rhizome extract and rhizome knot extract of edible lotus (*Nelumbo nucifera*). *Food Chemistry*, 76(3), 327 - 333.
- Huang, B., He, J., Ban, X., Zeng, H., Yao, X., & Wang, Y. (2011) Antioxidant activity of bovine and porcine meat treated with extracts from edible lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome knot and leaf. *Meat science*. 87(1), 46-53.
- Ishihara, M., Singh, H., Chung, G. & Tam, C. (2007) Content composition and antioxidant activity of isoflavones in commercial and homemade soymilk and tofu. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(15), 2844 - 2852.
- Jang SY, Sin KY, Park NY, Bang KW, Jeong YJ (2008) Protein changes in soymilk and whole soymilk due to enzymatic hydrolysis. *Journal of Food Preservation*, 15(6), 903-908.
- Jeong, D. H., & Kim, C. J. (2015) Preparation and quality characteristics of soy milk added with buckwheat sprout. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 30(1), 77-85.
- Jiang, Y., Ng, T. B., Liu, Z., Wang, C., Li, N., Qiao, W., & Liua, F. (2011) Immunoregulatory and anti-HIV-1 enzyme activities of antioxidant components from lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) rhizome. *Bioscience reports*, 31(5), 381-390.
- Jiang, Y., Ng, T. B., Wang, C. R., Li, N., Wen, T. Y., Qiao, W. T., Zhang, D., Cheng, Z. H., & Liu, F. (2010) First isolation of tryptophan from edible lotus(*Nelumbo nucifera* Gaertn) rhizomes and demonstration of its antioxidant effects. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61(4), 346-356.
- Jung, I. C., Park, H. S., Choi, Y. J., Park, S. S., Kim, M. J., & Park, K. S. (2011) The effect of adding lotus root and leaf powder on the quality characteristics of cooked pork patties. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 27(6), 783-791.
- Kang, J. H., & Yoon, S. J. (2008) Quality characteristics of Julpyun containing different levels of lotus root powder. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 24(3), 392-397.
- Kim, D. K., Choi, E. J., Kim, C. H., Kim, Y. B., Kim, E. M. Kum, J. S., & Park, J. D. (2014) Physicochemical properties of rice grain-added soymilk. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 43(8), 1278-1282.
- Kim, H. S., Lee, C. H., Oh, J. W., Lee, J. H., & Lee, S. K. (2011a) Quality characteristics of sponge cake with added lotus leaf and root powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 40(9), 1285-1291.
- Kim, J. S. (1996) Current research trends on bioactive function of soybean. *Korea Soybean Digest*, 13(2), 17-24.
- Kim, S. H., Suk, J. E., Cho, M. S., & Choi, N. S. (2011b) Research on lotus root Eungi and development of beverage from lotus root starch. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 26(6), 734-742.
- Kim, Y. S., Jeon, S. S., & Jung, S. T. (2002) Effect of louts powder on the baking quality of white bread. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 18(4), 413-425.



- Kwon, Y. K., & Kim, C. J. (2015) Comparison of physicochemical and functional properties of soymilk with addition of onion. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 30(1), 86-96.
- Lakshmanan, R. I., Lamballerie, M. D., & Jung, S. (2006) Effect of soybean-to-water ratio and pH on pressurized soymilk properties. *Journal of Food Science*, 71, 384-391.
- Lee LS, Jung KH, Choi UK, Hong HD, Kim YC. (2013) Ginsenosides composition and antioxidant activities of fermented ginseng soymilk. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 42(10), 1533-1538.
- Lee, E. J., Kim, H. I., Hong, G. J. (2011). Quality characteristics of cookies added with *Nelumbo nucifera* G. power. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 26(4), 394-399.
- Lee, J. J., Ha, J. O., Lee, M. Y. (2007) Antioxidative activity of lotus root(*Nelumbo nucifera* G.) extracts. *Journal of Life Science*, 17(9), 1237-1243.
- Lee, J. J., Park, S. Y. & Lee, M. Y. (2006) Effect of lotus root(*Nelumbo nucifera* G.) on lipid metabolism in rats with diet-induced hypercholesterolemia. *Korean Journal of Food Preservation*, 13(5), 673-642.
- Lee, K. J. (2012) Characteristics of physicochemical properties and analysis of functional components in soy milk with red ginseng extraction. Unpublished PhD dissertation. Chosun University, Korea.
- Lee, K. S., & Jeong, H. W. (2005) Effects of *Nelumbinis Rhizomatis* Nodus extract on cerebral hemodynamics in rats. *Korean Journal of Oriental Physiology & Pathology*, 19(6), 1546-1551.
- Lee, K. S., Kim, J. N., & Jung, I. C. (2012) Quality characteristics and palatability of ground pork meat containing lotus leaf and root extracts. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 22(6), 851-859.
- Lee, Y. G., & Chai, J. W. (2008) The effects of *Nelumbinis Rhizomatis* Nodus on blood glucose and serum lipid levels in streptozotocin-induced diabetic rats. *The Journal of Korean Oriental Pediatrics*, 22(2), 141-153.
- Liu, K. (1997). Soybeans: chemistry, technology, and utilization. Chapman & Hall Inc., New York, NY, USA, pp 151-153.
- Liu, J., Zhang, M., & Wang, S. (2010) Processing characteristics and flavour of full lotus root powder beverage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(14), 2482 - 2489.
- Liu, Z. S., & Chang, S. K. C. (2013) Nutritional profile and physicochemical properties of commercial soymilk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(5), 651-661.
- Ma, Y., & Huang, H. (2014) Characterisation and comparison of phenols, flavonoids and isoflavones of soymilk and their correlations with antioxidant activity. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(10), 2290 - 2298.
- Mukherjee, D., Biswas, A., Bhadra, S., Pichairajan, V., Biswas, T., Saha, B. P., & Mukherjee, P. K. (2010a). Exploring the potential of *Nelumbo nucifera* rhizome on membrane stabilization, mast cell protection, nitric oxide synthesis, and expression of costimulatory molecules. *Immunopharmacology and immunotoxicology*, 32(3), 466-472.
- Mukherjee, D., Khatua, T. N., Venkatesh, P., Saha, B. P., & Mukherjee, P. K. (2010b). Immunomodulatory potential of rhizome and seed extracts of *Nelumbo nucifera* Gaertn. *Journal of Ethnopharmacology*, 128(2), 490-494.
- Mukherjee, P. K., Balasubramanian, R., Saha, K., Saha, B.P., & Pal, M. (1996). A review on *Nelumbo nucifera* gaertn. *Ancient Science of Life*, 15(4), 268-276.
- Mukherjee, P. K., Mukherjee, D., Maji, A. K., Rai, S., & Heinrich, M. (2009). The sacred lotus (*Nelumbo nucifera*) - phytochemical and therapeutic profile. *Journal of Pharmaceutics & Pharmacology*, 61(4), 407-422.
- Mukherjee, P. K., Saha, K., Das, J., Pal, M., & Saha, B. P. (1997a). Studies on the anti-inflammatory activity of rhizomes of *Nelumbo nucifera*. *Planta medica*, 63(4), 367-369.

- Mukherjee, P. K., Saha, K., Pal, M., & Saha, B. P. (1997b) Effect of *Nelumbo nucifera* rhizomes extract on blood sugar level in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 58(3), 207-213.
- Oguntunde, A. O., & Akintoye, O. A. (1991) Measurement and comparison of density, specific heat and viscosity of cow's milk and soymilk. *Journal of food engineering*, 13(1), 221 - 230.
- Oh, J. S., Lee, G. H., Lee, W. Y., Lee, K. S., & Oh, M. J. (1988) Effects alkali treatment of soybean on the quality of soybean milk. *Journal of the Korean Society of Food and Nutrition*, 17(2), 85-94.
- Park, B. H., & Choi, S. H. (2009) Quality characteristics of Jook prepared with lotus root powder. *Journal of the Korean Home Economics Association*, 47(3), 79-85.
- Park, B. H., Cho, H. S., & Bae, K. Y. (2008) Quality characteristics of dried noodle made with lotus root powder. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 24(5), 593-600.
- Park, B. H., Choi, S. H., Cho, H. S., Kim, S. D., & Jeon, E. R. (2010) Quality changes in Baik-Kimchi(pickled cabbage) added lotus root juice during fermentation. *Korean Journal of Food Preservation*, 17(3), 320-327.
- Park, I. B., Park, J. W., Kim, J. M., Jung, S. T., & Kang, S. G. (2005a) Quality of soybean pasted(Doenjang) prepared with lotus root powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 34(4), 519-523.
- Park, J. H., & Kim, E. M. (2010) Changes in the quality characteristics of mung bean starch jelly with white lotus(*Nelumbo nucifera*) root powder added. *The Korean Journal of Culinary Research*, 16(1), 180-190.
- Park, S. H., Ham, T. S., & Han, J. H. (2005b) Effects of ethanol-extract of lotus root on the renal function and blood pressure of fructose-induced hypertensive rats. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 15(2), 165-170.
- Park, S. H., Sohn, E. H., Koo, J. G., Lee, T. H., & Han, J. H. (2005c) Effects of *Nelumbo nucifera* on the regional cerebral blood flow and blood pressure in rats. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 15(1), 49-56.
- Ro, H. S. (2012). Effect of anthocyanin obtained from wild grapes on the photooxidation stability of soymilk. Unpublished MS Thesis. Dankook University, Korea.
- Rodríguez-Roque, M. J., Rojas-Graü, M. A., Elez-Martínez, P., & Martín-Belloso, O. (2014) In vitro bioaccessibility of health-related compounds from a blended fruit juice - soymilk beverage: influence of the food matrix. *Journal of Functional Foods*, 7, 161-169.
- Seiberg, M., Liu, J. C., Babiarz, L., Sharlow, E., & Shapiro, S. (2001) Soymilk reduces hair growth and hair follicle dimensions. *Experimental Dermatology*, 10(6), 405 - 413.
- Shim, J. J., Seo, J. H., Soh, H. S., Yoo, B. S., Lee, S. P. (2003) Rheological properties of soymilk and curd prepared with micronized full-fat soyflour. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 32(1), 75-81.
- Shin, H. C., Seong, H. S., & Sohn, H. S. (2004) The industrial development and health benefits of the soymilk. *Korea Soybean Digest*. 21(1), 15-27.
- Sorgentini, D. A., Wagner, J. R., & Anon, M. C. (1995) Effects of thermal treatment of soy protein isolate on the characteristics and structure-function relationship of soluble and insoluble fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 43(9), 2471 - 2479.
- Torres-Penaranda, A. V., & Reitmeier, C. A. (2001) Sensory descriptive analysis of soymilk. *Journal of Food Science*, 66(2), 352 - 356.
- Tsuruta, Y., Nagao, K., Kai, S., Tsuge, K., Yoshimura, T., Koganemaru, K., & Yanagita, T. (2011) Polyphenolic extract of lotus root (edible rhizome of *Nelumbo nucifera*) alleviates hepatic steatosis in obese diabetic db/db mice. *Lipids in health and disease* 10, 202-210.
- Wallace, G. M., & Khaleque, A. (1971) Studies on the processing and properties of soymilk. III. Factors

- affecting concentration of soymilk and its stability during heat sterilization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 22(10), 531 - 535.
- Woo, W. S. (1996) Research of natural chemistry. Publishing department of Seoul National University, Seoul, Korea, pp 61-62.
- Yang, D., Wang, Q., Ke, L., Jiang, J., Ying, T. (2007a) Antioxidant activities of various extracts of lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn) rhizome. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 16(1), 158-163.
- Yang, H. C., Heo, N. C., Choi, K. C., & Ahn, Y. J. (2007b) Nutritional composition of white-flowered and pink-flowered lotus in different parts. *Journal of the Korean Food Science and & Technology*, 39, 14-19.
- Yang, W. M., Shim, K. J., Choi, M. J., Park, S. Y., Choi, B. J., Chang, M. S., & Park, S. K. (2008) Novel effects of *Nelumbo nucifera* rhizome extract on memory and neurogenesis in the dentate gyrus of the rat hippocampus. *Neuroscience letters*, 443(2), 104-107.
- Yoon, S. J., & Choi, B. S. (2008) Quality characteristics of Sulgitteok added with lotus root powder. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 24(4), 431-438.
- Zhao, X. I., Shen, J., Chang, K. J., & Kim, S. H. (2014) Comparative analysis of antioxidant activity and functional components of the ethanol extract of lotus (*Nelumbo nucifera*) from various growing regions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(25), 6227-6235

Received 11 February 2016;

1st Revised 1 April 2016;

Accepted 2 April 2016