

췌 이소플라본을 첨가한 청국장의 품질 특성 및 이소플라본 함량

이 명 예 · 장 경 호[†]

중부대학교 호텔외식산업학과

Quality Properties and Isoflavone Contents of Chungkukjang Containing Isoflavone Extracted from Arrowroot (*Pueraria lobata* Ohwi)

Myung-Ye Lee and Kyung-Ho Chang[†]

Dept. of Hotel & Foodservice Industry, Joongbu University, Chungnam 312-702, Korea

Abstract

This study was conducted to determine the characteristics of chungkukjang with added isoflavone extracted from arrowroot and to determine its utility as a functional food substance. Crude isoflavone was prepared from arrowroot by the ethanol extraction method and frozen dried (AI). Samples of chungkukjang each had different amounts of isoflavone extracts added to them: 0 (control), 1.76 (AC1-chungkukjang), 3.52 (AC2-chungkukjang), and 7.11 (AC3-chungkukjang) g/kg. The pH, color, slime material content, calcium, and isoflavone of each sample were measured to investigate the quality and changes in isoflavone content. As AI increased, the pH of chungkukjang decreased to 7.46~7.53 compared to the pH of control (7.63). The slime material content range increased to 4.46~6.16%. However, there was no significant difference in the general components of chungkukjang between each of the groups (Con, AC1, AC2, AC3). In colors of chungkukjang, values for L*, a*, and b* decreased as AI increased. Meanwhile, the calcium content of AC1, AC2 and AC3 tended to increase by 11.18~12.82% compared to the control. This may be due to the influence of Ca in the arrowroot extract powder. There was a remarkable increase in total isoflavone content, by 30.81~130.66%, with an order of AC3>AC2>AC1. In all of the groups, the content of genistein and daidzein, aglycone form, increased dramatically, by 65.00~128.34%, and 89.38~142.91%, respectively, compared to the control. In AC3, in particular the genistin and daidzin content increased by 103.47% and 188.13%. These results showed that AI can be used as a source of isoflavone supplementation in chungkukjang.

Key words : Chungkukjang, isoflavones, arrowroot, aglycone.

서 론

우리나라 전통 구황식품으로 예로부터 알려져 있는 갈근은 콩과(Leguminosae)의 췌(*Pueraria lobata*)의 주피를 제거한 뿌리를 건조한 식품으로 최근 약용 이외에 기호식품 및 건강식품 등으로 그 사용량이 증가하고 있다(Choo *et al* 2003). 췌에는 oligosaccharide, 저분자 peptide, phytate, 식이섬유, 식물성 sterols, polyphenol, saponin 등이 함유되어 있어 동맥경화 및 당뇨의 예방, 간 기능 개선, 항산화에 효과적인 것으로 알려진다(Choi *et al* 2008, Kim *et al* 2002, Kim *et al* 1997). 또한 췌에는 isoflavone계 성분인 puerarin, puerarinxyloside, daidzein, daidzin, genistein 및 genistin이 함유되어 있는데, 특히 뿌리에는 isoflavone 유도체인 daidzin과 그 aglycone인 daidzein과 puerarin 등이 상당량 들어 있다(Kim *et al* 2004). Kaufman *et al*(1997)의 보고에 의하면 췌뿌리와 췌가루에는 daid-

zein이 건조 중량 당 각각 950 mg/kg 및 6,300 mg/kg이 함유되어 있다고 하였는데, 이는 대두의 daidzein 함량이 130~910 mg/kg이라는 Kim *et al*(2003)의 보고에 비추어 월등히 높은 함량이라 하겠다. 또한, 췌뿌리에는 대두식품에서는 거의 발견되지 않는 puerarin의 함량이 높을 뿐 아니라, 골다공증에도 효과적인 것으로 알려져(Kim *et al* 2004) 그 이용 가치가 광범위하나, 췌 이소플라본의 다양한 이용에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

청국장은 증자 대두를 *Bacillus*속 세균으로 발효 숙성시킨 것으로(Lee *et al* 2004) 단백질, 지방, 각종 비타민 및 유기산 함량이 높고 소화율이 우수한 식품이다(Ahn *et al* 2006). 또한, 청국장에는 식이섬유, saponin, lecithin, isoflavone 등의 다양한 생리활성 성분의 영향으로 항암(Min *et al* 2008), 혈전 용해(Kim *et al* 1996), 항산화(Lim *et al* 2008), 항균 효과(Lee *et al* 2005), 간 기능 개선(Lee & Chyun 2009), 면역력 활성 증진(Kwon *et al* 2004) 및 골다공증 억제(Lee *et al* 2005)에 효과적인 것으로 알려진다. 특히, Lee *et al*(2002)은 콩, 두

[†] Corresponding author : Kyung-Ho Chang, Tel : +82-41-750-6711, E-mail : khchang@joongbu.ac.kr

부, 순두부, 두유, 된장 및 청국장의 isoflavone 함량을 조사한 결과, 청국장의 genistein과 daidzein의 함량이 각각 1,057 $\mu\text{g/g}$, 1,027 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높았다고 하였다. 이렇듯, 청국장에는 다른 대두 식품에 비해 aglycone 형태의 이소플라본인 genistein, daidzein의 함량이 높는데, 이는 대두의 주요 이소플라본인 malonyl 유도체 형태의 genistin, daidzin 및 glycitin 등에 비해 체내 흡수 속도와 흡수율이 유의적으로 높다고 알려진다(King *et al* 1996). 이에, 청국장의 이소플라본 함량 및 그 이용에 관한 연구(Lee *et al* 2009, Lee *et al* 2006)와 대두 이소플라본이 골다공증에 미치는 영향에 관한 연구(Kim & Lee 2005) 등이 진행되고 있으나, 칩을 이용하여 이소플라본의 함량을 강화시킨 청국장에 대한 연구는 없는 실정으로서 이에 관한 연구가 필요하다고 사료된다.

따라서 본 연구에서는 칩뿌리에서 추출한 이소플라본을 첨가한 청국장을 제조한 후 그 품질 특성 및 이소플라본 함량의 변화를 조사하여 칩 이소플라본 첨가 청국장이 건강기능성 식품의 개발에 있어 이소플라본의 이용 공급원으로서의 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

칩 천연 배지 제조 및 이소플라본 추출을 위한 건조 칩뿌리는 금산약초시장에서 구입한 후 분쇄기로 마쇄하여 80 mesh 체를 통과시킨 분말을 이용하였으며, 청국장 제조용 대두는 백태(*Glycine max* Eunha)를 금산 하나로 마트에서 국내산을 구입하여 사용하였다. 이소플라본 함량 측정을 위한 표준물질 중 daidzein, genistein 및 genistin은 Sigma사(St. Louis, MO, USA)에서, daidzin은 Fujicco사(Tokyo, Japan)에서 구입하여 사용하였다.

2. 칩 추출액을 이용한 천연 배지의 제조와 평균 배양

청국장 발효용 종균은 Lee *et al*(2007)이 재래 청국장으로 부터 분리 동정한 균주 중 청국장 품질을 우수하게 하며 항고혈압 및 지질 함량 개선에 효과적이었던 *Bacillus licheniformis*를 대구가톨릭대학교 식품공학과에서 분양받아 tryptic soy broth(Becton, Dickinson & Co. USA)에서 계대 배양하

였다. 또한, 평균 배양을 위한 배지는 칩 추출액을 이용한 천연 배지를 만들어 사용하였다. 즉, 준비한 건조 칩뿌리 분말 100 g에 증류수 4 L를 가하여 60°C에서 48시간 열수 추출한 후 rotary evaporator(Type N-N, Tokyo Rikakikai Co, Japan)를 이용하여 감압 농축한 다음 최종 농도를 g/mL로 조정된 액을 칩 추출액으로 하였으며, 제조된 추출액의 일반 성분을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 이후 완성된 칩 추출액과 증류수의 혼합 비율을 예비 실험 결과, 균의 생육도가 최적으로 나타났던 6:4로 혼합하여 121°C에서 15분간 멸균한 것을 평균 배양용 칩 천연 배지로 하였다(pH 5.7). 다음에, 미리 계대 배양한 종균을 칩 천연 배지에 접종하여 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 배양액을 660 nm에서 균수를 10^9 cell/mL(2.0)로 조정하여 청국장 제조에 이용하였다.

3. 칩 이소플라본 제조

청국장 제조 시 첨가할 칩 이소플라본의 제조는 Kim *et al*(2004)의 방법을 변형하여 사용하였다. 건조하여 세절 분쇄한 칩 분말에 20배의 95% ethanol을 첨가하여 상온에서 2시간 초음파(50/60 Hz) 추출한 후 다시 24시간 동안 교반, 추출하였다. 이후 추출액을 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상침액을 감압 농축한 다음, 동결 건조하여 분말화한 것을 칩 이소플라본(AI)으로 하였다(Fig. 1. Total isoflavone: daidzin, daidzein, genistin, genistein: 375 mg/g).

4. 칩 이소플라본 첨가 청국장의 제조

칩 이소플라본 첨가 청국장 제조를 위한 이소플라본 첨가량 산정은 예비 실험 결과, 일반 청국장(30분 증자, 48시간 발효 숙성)의 총 이소플라본 함량(genistin, daidzin, genistein 및 daidzein)이 건조 중량 당 1.32 g/kg인 것을 기준으로 하여 각각 50%, 100% 및 200%가 증가된 1.76 g/kg(w/w), 3.52 g/kg(w/w), 7.10 g/kg(w/w)으로 하였다. 또한, 청국장의 제조는 백태를 8시간 수침하여 121°C에서 30분 증자한 후 40°C까지 냉각하여 500 mL 플라스틱 용기에 150 g 씩 넣은 다음, 칩 천연 배지에서 배양한 종균 배양액을 삶은 콩 중량의 2%(w/w)가 되게 골고루 분무하였다. 이후, 칩 이소플라본을 삶은 콩 중량에 대비하여 각각 비율에 맞게 혼합하고 40°C에서 48시간 동안 발효시켜 청국장 AC1, AC2 및 AC3을 제조하였다.

Table 1. General components of arrowroot water extract¹⁾

	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ashes	Carbohydrate
Content(%)	74.44±2.35 ²⁾	1.74±0.03	0.01±0.01	1.19±0.02	22.62±1.12

¹⁾ The concentration of arrowroot water extracts adjusted to g/mL.

²⁾ Values are mean±S.D. of triplicate determinations.

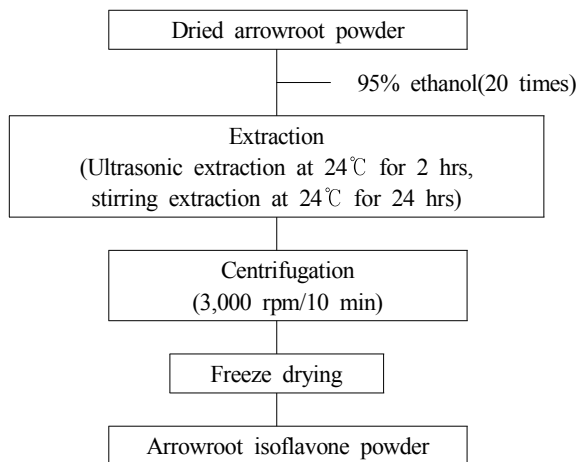


Fig. 1. Preparation procedure of freeze dried isoflavone powder from arrowroot.

제조한 각각의 청국장은 취 이소플라본 무 첨가 청국장과 품질 특성을 비교하였다.

5. 청국장의 pH 및 점질물 함량

pH 측정은 각각의 청국장 10 g에 증류수 20 mL를 가하여 분쇄한 후 15,000 rpm에서 10분간 원심분리한 상정액을 pH-meter(632, Metrohm, Herisou, Switzerland)로 측정하였다(Son *et al* 2000). 점질물 함량은 청국장 10 g에 증류수 50 mL를 가하여 콩이 부서지지 않게 조심스럽게 저어서 점질물을 추출한 후 15,000 rpm에서 10분간 원심분리한 다음 상정액을 동결 건조하여 무게를 측정하였다.

6. 일반 성분 측정

AOAC 방법(1990)에 준하여 수분은 105°C에서 상압가열 건조법으로, 조단백질은 Kjeldahl법으로, 조지방은 Soxhlet 추출법으로, 조회분은 600°C에서 직접 회화법으로 각각 그 함량을 측정하였다.

7. 색상

청국장의 색상은 색차계(Colorimeter, CR-400, Minolta, Japan)를 이용하여 청국장의 표면에 대하여 Hunter color L*(lightness), a*(redness), b*(yellowness) 값을 측정하였다. 이때 표준색은 L* +97.83, a* -0.43 및 b*값이 +1.98인 백색 표준판을 사용하였다.

8. 칼슘 함량

청국장 10 g을 600°C에서 건식회화한 후 6N HCl 10 mL를 가하여 30분간 용해시킨 후 여과지(Whatman No. 3)로 여과하고 증류수를 이용하여 25 mL로 정용한 다음 Inductively

coupled plasma-atomic emission spectrometer(JY 38 Plus, Jobin Yvon Co., Ltd., France)로 분석하였다 분석 조건은 frequency 40.66 MHz, plasma gas flow 12 L/min, sheath gas flow 0.2 L/min, injector gas flow 0.2 L/min, sample flow rate 1 mL/min, incident power는 1,000 W이었으며, 393.366 nm에서 측정하였다(Kim *et al* 2003).

9. 이소플라본 함량

취 이소플라본 첨가 청국장의 이소플라본 분석은 Lee *et al* (2002)의 방법에 따라 시행하였다. 동결 건조, 탈지하여 100 mesh로 분쇄한 청국장 분말 1 g에 96% ethanol 50 mL를 넣어 25°C의 ultrasonicator(3210R-DTH, Branson Ultrasonic Co, USA)에서 1시간 추출한 다음 실온에서 2시간 동안 140 rpm으로 교반·추출하였다. 다음에 원심분리기로 3,000×g에서 20분간 원심분리한 후 상정액을 취하여 Whatman No. 41 여과지로 여과하고, 여액은 40°C에서 rotary vacuum evaporator (Type N-N, Tokyo Rikakikai Co, Japan)를 사용하여 농축한 다음 96% methanol을 넣고 재 용해시켜 50 mL로 정용하였다. 추출액은 syringe filter(0.2 μm, National Scientific Co)로 여과한 후 그 중 20 μL를 HPLC (Waters 600, Waters Co, USA)를 사용하여 gradient solvent system으로 분석하였다. 분석에 사용된 column은 supelco™LC-18 column(5 μm, 25 cm×4.6 mm, HPLC column, Waters Co, USA)이었고, UV detector(Jasco UV-2077 plus UV/Vis, Waters Co, USA)를 사용하여 249 nm, 261 nm에서 측정하였다. Gradient는 용매 A(1% acetic acid) : 용매 B(acetonitrile)를 0 : 100으로 시작하여 20분 후에는 100 : 0이 되도록 한 후 다시 0 : 100으로 40분간 flow시켰으며, flow rate는 1 mL/min이었다. 분리한 isoflavone 함량은 daidzin, genistin, daidzein, genistein 각각의 표준 물질의 농도에 대한 peak 면적의 표준 정량 곡선(standard calibration curve)으로부터 계산하였다.

10. 통계처리

모든 실험 결과는 3회 반복 측정한 평균치±표준편차로 나타내었으며, 유의성 검증은 SPSS 13.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package program을 이용하여 Duncan's multiple range test를 행하였다.

결과 및 고찰

1. 취 이소플라본 첨가 청국장의 pH 및 점질물 함량
취 이소플라본(AI)의 첨가량을 1.76, 3.52 및 7.11 g/kg으로 각각 달리하여 제조한 청국장(AC1, AC2, AC3)과 AI 무첨가,

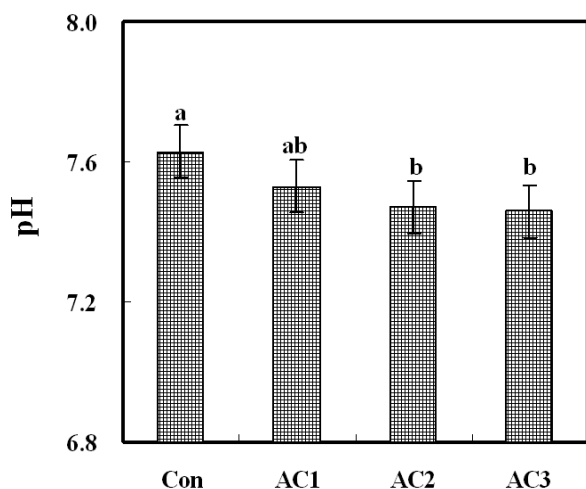


Fig. 2. pH of chungkukjang containing different amounts of isoflavone extracted from arrowroot. Abbreviation : Con, Chungkukjang without an addition of arrowroot isoflavone; AC1, Chungkukjang added with 1.76 g/kg(w/w) of arrowroot isoflavone; AC2, Chungkukjang added with 3.52 g/kg (w/w) of arrow root isoflavone; AC3, Chungkukjang added with 7.10 g/kg(w/w) of arrowroot isoflavone. Values are mean±S.D. of triplicate determinations and different superscripts within a bar indicate significant differences at $p < 0.05$.

대조구 청국장의 pH를 측정된 결과, AI 첨가 비율이 증가할수록 낮은 경향을 나타내어, 대조구가 7.63, AI 첨가구는 7.46~7.53이었다(Fig. 2). 이와 같은 현상은 본 실험에서 사용한 칩천연 배지의 경우, pH가 5.37임을 고려할 때 배지의 낮은 pH가 청국장 pH를 저하시키는 데 영향을 미친 것으로 사료된다. 또한, 본 연구 결과는 우리나라 전통 청국장의 지역별 평균 pH는 7.21(5.89~7.95)라고 한 An & Lee(2003)의 결과와 유사하였다. 한편, 청국장의 품질 지표 중 하나인 점질물의 함량은 칩 추출물을 첨가하지 않은 대조구의 4.36%에 비해 AC2와 AC3의 점질물은 7.36%와 6.16%로 대조구에 비해 크게 증가하였다. 그러나 AI의 첨가량이 가장 낮았던 AC1은 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다(Fig. 3). 청국장의 점질물은 콩 탄수화물 분해물인 levan from fructan polyglutamate의 혼합물로 일반 청국장에는 2.15~6.03% 함유되어 있다는 Lee *et al*(1992, 2005)의 보고나 다시마를 첨가하여 제조한 청국장의 점질물 함량은 5.29~5.46%이었다는 Jung *et al*(2006)의 결과에 비해 본 연구 결과에서 높은 함량을 나타내 청국장 제조 시 칩 이소플라본의 첨가가 점질물 생성에 효과적임을 알 수 있었다.

2. 일반 성분

칩 이소플라본(AI)을 첨가한 청국장과 일반 청국장의 건조 중량 당 일반 성분을 측정된 결과는 Table 2에 제시하였

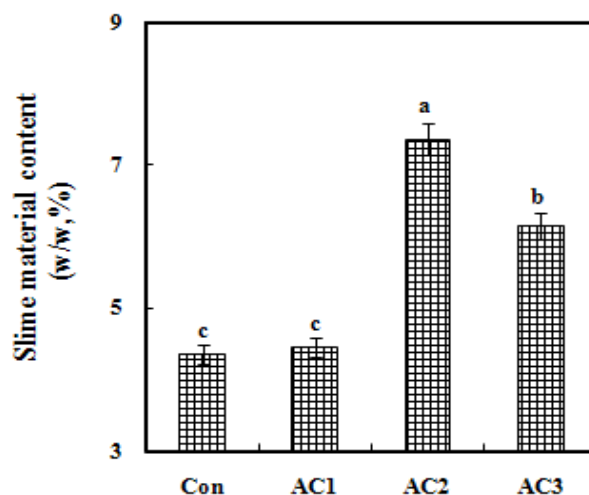


Fig. 3. Slime material content of chungkukjang containing different amounts of isoflavone extracted from arrowroot. Abbreviation : Con, Chungkukjang without an addition of arrowroot isoflavone; AC1, Chungkukjang added with 1.76 g/kg (w/w) of arrowroot isoflavone; AC2, Chungkukjang added with 3.52 g/kg(w/w) of arrow root isoflavone; AC3, Chungkukjang added with 7.10 g/kg(w/w) of arrowroot isoflavone. Values are mean±S.D. of triplicate determinations and different superscripts within a bar indicate significant differences at $p < 0.05$.

다. 수분 함량은 모든 군에서 5.22~5.67% 범위였으며, 조단백질 함량은 41.48~41.96%, 조지방 함량은 13.91~14.33%, 조회분 함량은 4.89~5.07%, 그리고 탄수화물 함량은 33.55~34.13% 범위로 나타나 AI의 첨가는 청국장의 일반 성분 함량에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 이는 38°C에서 72시간 동안 발효시킨 청국장의 일반 성분의 함량을 측정된 결과, 조단백질 41.2%, 지질 26%, 탄수화물 32.4%라고 보고한 Kwak *et al*(2006)의 연구 결과와 비교할 때 지질 함량에는 차이가 있었으나, 단백질과 탄수화물의 함량은 유사하였다.

3. 색상

청국장의 색상을 측정된 결과, AI의 첨가량이 증가할수록 L^* , a^* 및 b^* 값 모두 대조구에 비해 감소하는 경향을 보였다(Table 3). 즉, 밝기를 나타내는 L^* 의 경우 대조구가 30.12로 가장 높았고, AI 첨가량이 증가할수록 감소하여 칩 이소플라본의 함량이 가장 많은 AC3의 경우 23.59로 가장 낮아 청국장 색상이 대조구에 비해 많이 어두워짐을 알 수 있었다. 또한, 적색도와 황색도를 나타내는 a^* 및 b^* 값 역시 대조구가 각각 8.45, 23.44인 것에 비해 AC2와 AC3에서는 그 값이 유의적으로 낮아져 7.73~6.63과 25.34~23.59로 나타나, 대조구의 청국장이 발효 후 황갈색을 띠는 것과는 달리 이소플라본 첨가 청국장은 전체적으로 옅은 초록색을 나타냈다(Table

Table 2. Content of general components of chungkukjang containing different amounts of isoflavone extracted from arrow-root (dry basis %)

Chungkukjangs ¹⁾	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash	Carbohydrate
Con	5.30±0.10 ^{a,2)}	41.96±0.07 ^a	14.12±1.15 ^a	5.07±0.06 ^a	33.55±1.67 ^a
AC1	5.22±0.26 ^a	41.92±1.12 ^a	14.33±1.26 ^a	4.91±0.32 ^a	33.62±1.58 ^a
AC2	5.67±0.24 ^a	41.75±0.47 ^a	14.03±0.67 ^a	4.89±0.32 ^a	33.66±1.68 ^a
AC3	5.47±0.17 ^a	41.48±0.31 ^a	13.91±1.16 ^a	5.01±0.09 ^a	34.13±1.71 ^a

¹⁾ Abbreviation: Con, Chungkukjang without an addition of arrowroot isoflavone; AC1, Chungkukjang added with 1.76 g/kg(w/w) of arrowroot isoflavone; AC2, Chungkukjang added with 3.52 g/kg(w/w) of arrow root isoflavone; AC3, Chungkukjang added with 7.10 g/kg(w/w) of arrowroot isoflavone.

²⁾ Values are mean±S.D. of triplicate determinations and different superscripts within a column indicate significant differences at $p<0.05$.

3). 이러한 현상은 췍 이소플라본 분말의 L*, a* 및 b*값이 각각 48.72, -3.98, -5.38로 그 자체의 색상이 짙은 초록색을 나타냈기 때문으로 예상되며, 이는 Seok & Kim(2003)이 이소플라본을 식품에 직접 첨가할 경우 그 특유의 색으로 인해 식품 본래의 색을 변화시킬 가능성이 있다고 한 보고와 유사하였다.

4. 칼슘 함량

칼슘은 비타민 D와 함께 인체 내 뼈 대사에 있어 매우 중요한 물질(Lee *et al* 2005)로 AI의 첨가량을 달리하여 제조한 청국장의 칼슘 함량을 측정한 결과, 첨가량이 증가할수록 대조구에 비해 높은 함량을 나타냈으나, AI 첨가군 간의 유의적인 차이는 없었다(Fig. 4). 즉, AC1, AC2 및 AC3의 칼슘 함량은 210.31~213.41 mg%로서 대조구의 189.16 mg%에 비해 약 11.18~12.82% 증가하였다. 이러한 결과는 췍뿌리에는

400 mg/100 g의 칼슘이 함유되어 있다는 Corley *et al*(1997)의 보고로 미루어 볼 때, 췍 이소플라본이 칼슘 함량의 증가에 직접 영향을 미쳤다고보다는 췍 이소플라본을 포함하고 있는 췍 추출물의 건조 분말에 함유된 칼슘의 영향인 것으로 사료된다. 또한, 본 연구의 결과는 *B. natto*와 *B. subtilis*로 제조한 청국장의 칼슘 함량은 410 mg%이었다는 Lee *et al*(1991)의 결과보다는 낮았으나, 대두를 42°C에서 72시간 동안 발효한 청국장의 칼슘 함량이 101.29 mg%이었다는 Shon *et al* (2001)의 결과보다는 높은 함량이었다.

Table 3. Color of chungkukjang containing different amounts of isoflavone extracted from arrowroot

Chungkukjangs ¹⁾	L*	a*	b*
Con	30.12±1.51 ^{a,2)}	8.45±0.42 ^a	23.44±1.17 ^a
AC1	29.69±1.40 ^a	8.63±0.17 ^a	22.03±0.68 ^a
AC2	25.34±1.30 ^b	7.73±0.26 ^b	19.68±0.18 ^b
AC3	23.59±0.33 ^b	6.63±0.35 ^c	17.72±0.06 ^c

¹⁾ Abbreviation : Con, Chungkukjang without an addition of arrowroot isoflavone; AC1, Chungkukjang added with 1.76 g/kg(w/w) of arrowroot isoflavone; AC2, Chungkukjang added with 3.52 g/kg(w/w) of arrow root isoflavone; AC3, Chungkukjang added with 7.10 g/kg(w/w) of arrowroot isoflavone.

²⁾ Values are mean±S.D. of triplicate determinations and different superscripts within a column indicate significant differences at $p<0.05$.

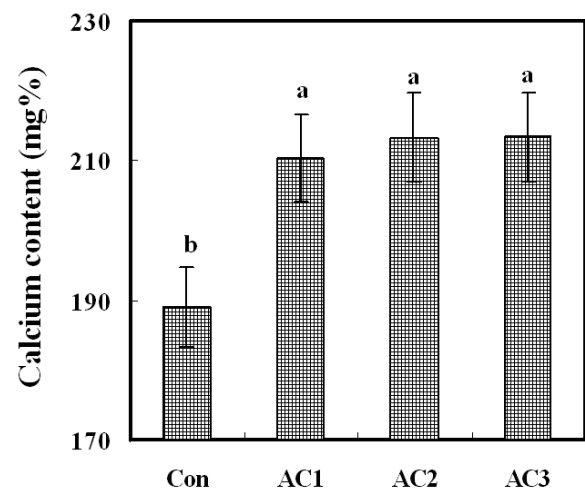


Fig. 4. Calcium content of chungkukjang containing different amounts of isoflavone extracted from arrowroot. Abbreviation : Con, Chungkukjang without an addition of arrowroot isoflavone; AC1, Chungkukjang added with 1.76 g/kg (w/w) of arrowroot isoflavone; AC2, Chungkukjang added with 3.52 g/kg(w/w) of arrow root isoflavone; AC3, Chungkukjang added with 7.10 g/kg(w/w) of arrowroot isoflavone. Values are mean±S.D. of triplicate determinations and different superscripts within a bar indicate significant differences at $p<0.05$.

5. 이소플라본 함량

청국장의 이소플라본 함량을 측정한 결과(Table 4), AI의 첨가량이 증가할수록 총 이소플라본 및 종류별 이소플라본 함량도 유의하게 증가하였다. 즉, 총 이소플라본은 AC3이 3,107 $\mu\text{g/g}$ 으로 대조구의 1,347 $\mu\text{g/g}$ 에 비해 130.66%, AC2와 AC1이 각각 2,541 $\mu\text{g/g}$ 과 1,762 $\mu\text{g/g}$ 으로 88.4%와 30.81% 증가하였다. 또한, 이소플라본 중 aglycone 형태인 daidzein과 genistein의 함량은 AI 첨가구에서 각각 403.0~807.2 $\mu\text{g/g}$ 과 498.0~685.02 $\mu\text{g/g}$ 으로 대조구의 332.3 $\mu\text{g/g}$ 과 300.0 $\mu\text{g/g}$ 에 비해 각각 그 함량이 21.39~142.91%와 66~128.34% 증가하였으며, AC3구에서 그 함량이 가장 높았다. 또한, glycoside 형태인 genistin의 함량은 대조구에 비해 AI 첨가구에서 AI 첨가량에 비례하여 증가하였다. 한편, daidzin의 함량은 가장 낮게 나타났으며, 대조구와 AC1에서는 188.7 $\mu\text{g/g}$ 과 219.3 $\mu\text{g/g}$ 으로 유의적 차이가 없었으나, AC2와 AC3은 각각 302.09 $\mu\text{g/g}$ 과 543.7 $\mu\text{g/g}$ 으로 대조구에 비해 각각 60.57%와 188.13% 증가하였다. 이러한 결과는 각각의 청국장(AC1~AC3)에 첨가한 칩 이소플라본 분말의 daidzin, genistin, daidzein 및 genistein 함량이 각각 46.26~231.3 mg/g, 37.04~185.19 mg/g, 1.85~9.25 mg/g 및 0.14~0.69 mg/g인 것에 비하여 보면 이소플라본의 증가량은 오히려 낮은 것으로 나타났다. 이는 이소플라본은 열처리 공정의 조건이나 생산 타입 및 제품 제조 과정 중에 그 함량이 현저히 감소한다는 보고(Yang *et al* 2006)로 미루어 볼 때, 청국장 제조 과정 중 손실된 것으로 추정되나 이에 대한 보다 세밀한 검토가 필요한 것으로 사료된다. 한편, glycoside 형태의 daidzin의 함량이 가장 낮은 것으로 나타난 본 연구 결과는 glycoside 형태의 이소플라본 중 일부는 청국장이 발효되는 동안에 *Bacillus sp.*의 영향 등으로 aglycone의 형태로 전환(Yang *et al* 2006)되었기 때문인 것으로 사료된다. 한편, 일반 청국장의 daidzein과 genistein의 함량은 각각 304 $\mu\text{g/g}$ 과 741 $\mu\text{g/g}$ 이었다고 한 Lee *et al*(2002)

의 보고와 520 $\mu\text{g/g}$ 과 401 $\mu\text{g/g}$ 이었다는 Choi & Sohn(1998)의 결과로 보아 본 연구에서 칩 추출물을 첨가하여 발효시킨 칩 청국장은 일반 청국장에 비해 이소플라본의 함량이 높을 뿐만 아니라 체내 이용 효율이 높은 aglycone 형태의 이소플라본 함량이 높은 것으로 보아 기능성 식품으로의 활용도가 높을 것으로 사료된다.

요 약

칩에서 추출한 이소플라본(AI)의 첨가량을 0, 1.76, 3.52 및 7.11 g/kg으로 각각 달리하여 제조한 청국장(Con, AC1, AC2, AC3)의 품질 특성 및 이소플라본의 함량을 조사하여, 칩 이소플라본 첨가 청국장의 건강기능성 식품으로서의 이용 가능성을 알아보았다. AI 첨가량이 증가할수록 청국장의 pH는 낮아졌고, 점질물의 함량은 4.46~7.36%로 대조구(4.36%)에 비해 높아졌으나, 일반 성분 함량은 차이가 없었다. 청국장의 색도는 AI 첨가량이 증가할수록 L^* , a^* 및 b^* 값 모두 낮아져 전체적으로 엷은 초록색을 나타냈다. 칼슘 함량은 AI 첨가구(AC1, AC2, AC3)가 대조구에 비해 11.18~12.82% 증가하였다. 청국장의 이소플라본 함량은 AI 첨가량의 증가에 따라 AC3>AC2>AC1 순으로 유의적으로 증가하여, 대조구에 비해 30.81~130.66% 증가하였다. Aglycone 형태인 genistein과 daidzein은 AI 첨가구(AC1, AC2 및 AC3)가 대조구에 비해 각각 65.00~128.34%와 89.38~142.91% 증가하였으며, glycoside 형태의 genistin과 daidzin 역시 AI 첨가량의 증가에 따라 그 함량이 증가하였다. 이상의 결과, 칩 이소플라본을 첨가하여 제조한 청국장은 일반 청국장에 비해 이소플라본의 함량이 높을 뿐만 아니라 특히, 체내 이용 효율이 높은 aglycone 형태의 이소플라본을 높게 함유하고 있으므로 건강기능성 식품 개발에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 4. Isoflavone contents of chungkukjang containing different amounts of isoflavone extracted from arrowroot ($\mu\text{g/g}$, dry basis)

Chungkukjangs ¹⁾	Genistein	Daidzein	Genistin	Daidzin	Total isoflavone
Con	300.0 \pm 7.00 ^{d,2)}	332.3 \pm 69.58 ^c	526.7 \pm 25.96 ^d	188.7 \pm 41.30 ^c	1,347 \pm 67.35 ^d
AC1	498.0 \pm 8.80 ^c	403.0 \pm 12.48 ^c	642.6 \pm 44.11 ^c	219.3 \pm 38.55 ^c	1,762 \pm 93.14 ^c
AC2	643.3 \pm 13.01 ^b	629.3 \pm 12.45 ^b	966.7 \pm 11.72 ^b	302.0 \pm 25.53 ^b	2,541 \pm 127.07 ^b
AC3	685.1 \pm 3.46 ^a	807.2 \pm 10.50 ^a	1,071.7 \pm 25.96 ^a	543.7 \pm 10.40 ^a	3,107 \pm 155.38 ^a

¹⁾ Abbreviation: Con, Chungkukjang without an addition of arrowroot isoflavone; AC1, Chungkukjang added with 1.76 g/kg(w/w) of arrowroot isoflavone; AC2, Chungkukjang added with 3.52 g/kg(w/w) of arrow root isoflavone; AC3, Chungkukjang added with 7.10 g/kg(w/w) of arrowroot isoflavone.

²⁾ Values are mean \pm S.D. of triplicate determinations and different superscripts within a column indicate significant differences at $p<0.05$.

문헌

- Ahn YS, Kim YS, Shin DH (2006) Isolation, identification, and fermentation characteristics of *Bacillus* sp. with high protease activity from traditional cheonggukjang. *Korean J Food Sci Technol* 38: 82-87.
- An BS, Lee CH (2003) Changes in microbial and chemical composition and sensory characteristics of fermented soybean paste, chungkukjang, by high dose gamma irradiation (10~120 kGy). *Korean J Food Sci Technol* 35: 166-172.
- AOAC (1990) *Official Methods of Analysis* 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC. USA. Method No. 930.10, 978.04, 930.04, 930.05, 923.05.
- Choi SW, Kim KS, Hur NY, Ahn SC, Park CS, Kim BY, Baik MY, Kim DO (2008) Effect of heat processing on thermal stability of kudzu (*Pueraria thunbergiana* Benth.) root isoflavones. *J Life Sci* 18: 1447-1454.
- Choi YB, Sohn HS (1998) Isoflavone content in Korean fermented and unfermented soybean foods. *Korean J Food Sci Technol* 30: 745-750.
- Choo MK, Park EK, Yoon KH, Kim DH (2003) Antithrombotic and antiallergic activities of daidzein; A metabolite of puerarin and daidzin produced by human intestinal microflora. *Biol Pharm Bull* 25: 1328-1332.
- Corley RN, Woldegebriel A, Murphy MR (1997) Evaluation of the nutritive value of kudzu (*Pueraria lobata*) as a feed for ruminants. *Animal Feed Science and Technol* 68: 183-188.
- Jung YK, Lee YK, No HK, Kim SD (2006) Effect of sea tangle on fermentation and quality characteristics of cheongkukjang. *Korean J Food Preserv* 13: 95-101.
- Kaufmann PB, Duke JA, Briemann H, Boik J, Hoyt JE (1997) A comparative survey of leguminous plants as sources of the isoflavone, genistein and daidzein; Implications for human nutrition and health. *J Altern Complement Med* 3: 7-12.
- Kim HY, Hong JH, Kim DS, Kang KJ, Han SB, Lee EJ, Chung HW, Song KH, Sho KA, Kwack SJ, Kim SS, Park KL, Lee SK, Kim MC, Kim CM, Song IS (2003) Isoflavone content and estrogen activity in arrowroot *Puerariae radix*. *Food Sci Biotechnol* 12: 29-35.
- Kim MJ, Cho JK, Lee CH (1997) Antioxidant effects of crude catechin extracted from *Puerariae radix* roots. *Korean J Food Sci Ani Resour* 17: 1-5.
- Kim MJ, Lee JS, Ha OM, Jang JY, Cho SY (2002) Effects of *Pueraria thunbergiana* Benth. water extracts on hepatic alcohol metabolic enzyme system in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 92-97.
- Kim MS, Lee YS (2005) Effects of dietary calcium and soy isoflavones supplementation on bone metabolism in the ovariectomized rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 833-839.
- Kim SJ, Park C, Kim HG, Shin WC, Choe SY (2004) A study on the estrogen activity of Korean arrowroot (*Pueraria thunbergiana*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 16-21.
- Kim WK, Choi KH, Kim YT, Park HH, Choi JY, Lee YS, Oh HI, Kwon IB, Lee SY (1996) Purification and characterization of fibrinolytic enzyme produced from *Bacillus* sp. strains CK 11-4 screened from chungkookjang. *Appl Environ Microbiol* 62: 2482-2488.
- King RA, Broadbent JL, Head RJ (1996) Absorption and extraction of the soy isoflavone genistein in rats. *J Nutr* 126: 176-182.
- Kwak CS, Kim MY, Kim SA, Lee MS (2006) Cytotoxicity on human cancer cells and antitumorigenesis of chungkookjang, a fermented soybean product, in DMBA-treated rats. *The Korean Nutri Soc* 39: 347-356.
- Kwon HY, Kim YS, Kwon GS, Kwon CS, Sohn HY (2004) Isolation of immunostimulating strain *Bacillus pumilus* JB-1 from chungkookjang and fermentational characteristics of JB-1. *Kor J Microbiol Technol* 32: 291-296.
- Lee BY, Kim DM, Kim KH (1991) Studies on the change in rheological properties of chungkookjang. *Korean J Food Sci Technol* 23: 478-484.
- Lee EH, Chyun JH (2009) Effects of chungkookjang intake on lipid metabolism and liver function in alcoholic fatty liver rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1506-1515.
- Lee JO, Ha SD, Kim AJ, Yuh CS, Bang IS, Park SH (2005) Industrial application and physiological functions of chungkookjang. *Food Sci Ind* 38: 69-78.
- Lee KH, Her ES, Park EJ (2006) Effect of intake of the steamed bean-and chungkookjang-powder on blood parameters and antioxidative nutrients in college women. *J Korean Dietetic Asso* 12: 289-298.
- Lee MH, Park YH, Oh HS, Kwak TS (2002) Isoflavone content in soybean and its processed products. *Korean J Food Sci Technol* 34: 365-369.
- Lee MY, No HK, Kim SD (2007) Quality of chungkookjungs prepared with various *Bacillus* strains. *J Food Sci Technol* 42: 587-592.

- Lee MY, Park SY, Jung KO, Park KY, Kim SD (2005) Quality and functional characteristics of chungkukjang prepared with various *Bacillus* sp. isolated from traditional chungkukjang. *J Food Science* 70: 191-196.
- Lee SW, Park YW, Han YS, Chang PS, Lee JM, Kim YS, Lee JH (2009) Changes in isoflavone profiles during cheongkukjang preparation a traditional banga food. *Korean J Food Sci Technol* 42: 141-145.
- Lee YL, Kim SH, Jung NH, Yim MH (1992) A study on the production of viscous substance during the chungkukjang fermentation. *J Korean Agric Chem Soc* 35: 202-209.
- Lee YM, Jung MH, Lee YS, Song JH (2005) Effect of genistein and soy protein on lipids metabolism in ovariectomized rats. *The Korean Nutrition Soc* 38: 267-278.
- Lim AK, Jung HK, Hong JH, Oh JS, Kwak JH, Kim YH, Kim DI (2008) Effects of the soybean powder with rich aglycone isoflavone on lipid metabolism and antioxidative activities in hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 302-308.
- Min HK, Kim HJ, Chang HC (2008) Growth-inhibitory effect of the extract of porphyran-chungkookjang on cancer cell. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 826-833.
- Seok JS, Kim DH (2003) Microencapsulation of isoflavone derived from *Pueraria*. *J Korean Dairy Technol Sci* 21: 105-113.
- Shon MY, Seo KI, Park SK, Cho YS, Sung NJ (2001) Some biological activities and isoflavone content of chungkukjang prepared with black beans and *Bacillus* strains. *J Korean Soc Sci Nutr* 30: 662-667.
- Son DH, Kwon OJ, Ji WD, Choi UK, Kwon OJ, Lee EJ, Cho YJ, Cha SC, Chung YG (2000) The quality changes of chungkukjang prepared by *Bacillus* sp. CS-17 during fermentation time. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 43: 1-6.
- Yang SO, Chang PS, Lee JH (2006) Isoflavone distribution and β -glucosidase activity in cheonggukjang, a traditional Korean whole soybean-fermented food. *Food Sci Biotech* 15: 96-101.

접 수: 2010년 5월 10일
 최종수정: 2010년 6월 25일
 채 택: 2010년 7월 12일