초석잠 분말을 첨가한 두부의 항산화 활성 및 품질 특성

이지은 · 진소연* · *한영실*

숙명여자대학교 식품영양학과, *숙명여자대학교 전통문화예술대학원 전통식생활문화전공

Antioxidant Activities and Quality Characteristics of Tofu Supplemented with Chinese Artichoke Powder

Ji Eun Lee, So Yeon Jin* and *Young Sil Han*

Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

*Dept. of Traditional Dietary Life Food, Graduate School of Traditional Culture and Arts, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

Abstract

This study is conducted to investigate the effects of Chinese artichoke powder on the antioxidant activities and the quality characteristics of tofu. Tofus are being prepared with different amounts of Chinese artichoke powder in ratios of 0, 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8% according to the soy milk quantity. According to the increasing contents of Chinese artichoke powder, the yield and turbidity of tofus are significantly increased ($p < 0.001$) whereas the pH levels of tofus are significantly decreased ($p < 0.001$). In terms of color, the L, a and b values are significantly decreased with increasing Chinese artichoke powder concentrations ($p < 0.001$). From the texture profile analysis of the tofus, the chewiness, gumminess and cohesiveness of tofus are significantly decreased ($p > 0.01$) according to the levels of added Chinese artichoke powder content. The contents of isoflavones such as daidzin and genistin are significantly increased with increasing concentrations of Chinese artichoke powder ($p < 0.001$). The microstructure of tofus is being examined by SEM (Scanning Electron Microscope). In the sensory test, the sample which contains 0.4% of Chinese artichoke powder is ranked significantly higher ($p > 0.001$) than the other groups according to several sensory parameters such as appearance, color, flavor, taste, texture and the overall preferences.

Key words: antioxidant activity, Chinese artichoke powder, tofu, SEM, sensory evaluation

서 론

초석잠(*Stachys sieboldii* Miq)은 1년생 풀로서, Chinese artichoke, Japanese artichoke, crosne, knotroot(Stadhouders PJ 1990)로 불리며, 중국, 일본 및 러시아 등에서 주로 재배되고 있다. 여름에는 잎이 무성하고, 겨울에는 뿌리가 누에모양을 하고 있어 식물의 동충하초라고 불린다. 중국 본초강목에 소개된 초석잠의 효능을 보면 뇌경색, 기억력 증진, 노인성 치매와 장을 강화하는 장수채로서, 맛은 달며, 성질은 평하며, 무독하여 예부터 애용해 왔다고 기록되어 있다(Ryu 등 2002). 또한 초석잠의 성분 중 탄수화물은 감자와 같은 전분이 아니

라 올리고당으로서(Yin 등 2006) 장내 유익균의 생육을 촉진시키고, 발효에 의해 산출되는 발암 물질의 양도 감소된다고 보고되어 있다(Massai 등 1987). 반면, 초석잠을 식품소재로서 이용한 연구로는 초석잠을 활용한 기능성 즉석식품 개발(Yang MR 2012)이 있을 뿐, 극히 제한적이므로 추가적인 연구가 필요한 실정이다. 이외에도 초석잠은 항균 효과(Ryu 등 2002), 항암 효과(Ryu 등 2002), 항산화 효과(Baek 등 2003), hyaluronidase 억제 활성 및 면역 거부 활성(Takeda 등 1985) 등이 있는 것으로 알려져 있다.

한편, 두부(tofu)는 우리나라뿐만 아니라 중국, 일본 등지에서 풍부한 단백질 공급원으로 널리 식용되는 오랜 전통의

* Corresponding author: Young Sil Han, Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea.
Tel: +82-2-710-9471, Fax: +82-2-710-9479, E-mail: yshan@sookmyung.ac.kr

가공식품으로서, 곡류 위주의 식생활에서 부족하기 쉬운 라이신 등 필수아미노산의 함량이 많아서 신진대사와 성장발육에 꼭 필요한 아미노산 공급에 좋은 식품이다(Kim 등 2005). 일반적으로 두부의 수분 함량은 80~85%, 단백질은 약 9.0%, 지방질은 약 5.5%, 당질은 1.5% 내외로 고형분 중 단백질이 약 40%나 되는 고단백 식품으로서, 특히 곡류 위주의 식생활에서 부족되기 쉬운 영양소인 lysine 등의 필수아미노산이 풍부한 식품이다. 또한 대두에 함유된 사포닌, 레시틴, 토코페롤 및 phenolic acid 등은 혈중 콜레스테롤의 저하, 과산화지질의 생성 억제, 항산화 작용, 뇌혈관 및 심장질환의 예방과 치료에 효과가 있는 것으로 보고되었으며(Lee 등 2007), heterocyclic phenol 성분인 isoflavone은 항암 및 여성의 폐경기 증상을 완화하는 등 생리적 활성이 높은 것으로 알려져 있다(Kwon 등 2011).

특히 건강한 삶에 대한 소비자들의 관심이 높아지면서 포화지방산이 적고, 섬유소 및 항산화 영양소가 풍부한 두부에 대한 수요가 증가하는 추세이다. 두부 제조 시 기능성 물질을 첨가한 연구로는 파래 분말(Chung DO 2010), 뽕은 감 분말(Lee 등 2011), 뽕잎 분말(Kim 등 2006)을 첨가한 연구와 두부에 알팔파 추출물(Kim 등 2012), 홍삼 추출물(Choi 등 2010), 청양고추 착즙액(Hwang 등 2011), 마늘(Park 등 2003), 클로렐라(Kim 등 2003) 등을 첨가한 연구가 있다. 그러나 Bae 등 (1997)의 연구에 따르면 두부보다는 두부 순물의 isoflavone과 총 페놀 함량이 높은 것으로 나타나, 두부 제조 과정 중 대부분이 두부의 순물 쪽으로 용출된다고 보고하고 있어, 이를 개선할 수 있는 방법이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 두부의 생리활성 기능을 보완할 수 있는 천연식품 소재인 초석잠 분말을 첨가한 두부를 제조하여, 두부의 항산화 활성 및 품질 특성을 평가하여 건강 기능성 식품으로서의 활용 가능성을 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 콩은 경상북도에서 2012년 가을에 수확한 대원 콩을 구입하여 냉장온도(4℃)에서 보관하면서 사용하였으며, 초석잠은 충청북도 제천에서 재배된 것으로 토종 마을에서 구입하여 80 mesh의 표준망체에 내린 다음 폴리에틸렌 백에 넣어 -20℃에 보관하면서 사용하였다. 두부 제조에 사용한 응고제로는 염화마그네슘($MgCl_2 \cdot 6H_2O$, Taejin GNS Co., Ltd., Incheon, Korea)을 사용하였다. 항산화 실험에 사용한 Folin-Ciocalteu reagent, galic acid, catechin, 2,2'-azino-bis-(3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS⁺), potassium persulfate, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), 2,4,6-

tri(2-pyridyl)-s-triazine(TPTZ), trolox(6-Hydroxy-2,5,7,8-tetra methylchroman-2-carboxylic acid) 등의 시약은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, Mo, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 이외에 실험에 사용된 시약은 1등급을 사용하였다.

2. 두부의 제조

건조 대두 100 g을 실온에서 12시간 수침하여 세척한 다음 물기를 제거하고, 증류수 1,000 ml와 함께 4분간 분쇄한 다음 여과포에 넣어, 미니 미니탈수기(W-70AT, Hanil Electric Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 4분 동안 두유와 비지로 분리하였다. 완성된 두유는 95~98℃에서 10분간 저어주면서 가열하였고, 80℃ 항온수조(BF-35SB, Bio Free, Gyeonggi-do, Korea)에 증탕하면서 일정한 온도로 유지하였다. 두유가 80℃가 되었을 때 두유량의 0.2, 0.4, 0.6과 0.8%의 초석잠 분말을 첨가한 후, 원료공 무게의 2%에 해당하는 염화마그네슘(Taejin, Korea) 용액을 넣어 20분간 응고시켰다. 형성된 응고물을 여과포를 간 성형틀(95×70×60 mm)에 넣어 60분간 3 kg의 압력으로 눌러 압착 및 성형하였다. 성형된 두부는 물에 30분간 수침하였다가 건져서 15분간 방치하여 두부 표면의 수분을 제거하여 완성하였다.

3. 초석잠 분말과 두부의 일반성분 분석

초석잠 분말과 시료의 첨가량에 따라 제조한 두부의 일반성분으로 수분, 조단백, 조지방, 조회분을 AOAC법에 준하여 분석하였다. 수분 함량은 105℃ 상압건조법을 이용하여 측정하였고, 조지방 정량은 Soxhlet 추출법으로 측정하였으며, 조단백질은 micro Kjeldahl법, 조회분은 건식회화법으로 정량하였다.

4. 초석잠 분말과 두부의 총 페놀 화합물, 총 플라보노이드 및 항산화 활성 측정

1) 시료액 제조

초석잠 분말 10 g에 10배 분량의 70% 에탄올을 첨가하여 60℃ 수욕 상에서 환류 냉각하면서 3시간씩 2회 반복 추출하여 시료액으로 사용하였고, 두부는 10 g에 70% 에탄올 90 ml를 가하여 24시간(20℃, 100 rpm) 동안 shaking incubator에서 추출한 후 여과하여 시료액으로 사용하였다.

2) 총 페놀 화합물 함량 측정

총 페놀 함량은 Folin-Denis법(Swain 등 1959)을 응용하여 측정하였다. 시료액 150 μ l에 2,400 μ l의 증류수와 2 N Folin-Ciocalteu reagent 150 μ l를 가한 후 3분간 방치하고, 1 N sodium carbonate(Na_2CO_3) 300 μ l를 가하여 암소에서 2시간

방치한 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma Chemical Co.)를 사용하여 검량선을 작성한 후, 총 폴리페놀 함량은 시료 100 g 중의 mg gallic acid(mg GAE/100 g)로 나타내었다. 실험은 3회 반복 측정한 평균값과 표준편차로 나타내었다.

3) 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 총 플라보노이드 함량은 Jia 등(1999)의 방법에 준하여 측정하였다. 추출물 0.3 mL에 5% NaNO₂ 1 mL를 가하고, 실온에서 6분 방치한 후, 10% Al(NO₃)₃ 0.3 mL를 가한 다음 실온에서 6분 방치하였다. 이 반응액에 1 N NaOH 4 mL를 가하고 추출 용매를 사용하여 10 mL로 정용한 후, 실온에서 15분 방치한 뒤 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 Quercetin(Sigma Chemical Co., Missouri, USA)을 사용하여 검량선을 구하였으며, 총 플라보노이드 함량은 3회 반복 측정하여 얻은 평균값을 mg Quercetin(mg QE/g)으로 나타내었다.

4) 항산화 활성 측정

(1) DPPH Free Radical Scavenging Activity

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼에 대한 소거 효과는 Blois MS(1958) 방법에 준하여 측정하였다. 농도 별로 희석한 추출물 0.9 mL에 DPPH solution(1.5×10^{-4} M) 0.3 mL를 가하여 교반한 다음, 암소에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 DPPH 라디칼을 50% 소거하는 농도인 IC₅₀으로 3회 반복 측정하여 얻은 평균값과 표준편차로 나타내었다.

(2) Ferric Reducing Antioxidant Power

FRAP assay는 Benzie & Strain(1999) 방법을 응용하여 분석하였다. Stock solution은 300 mM acetate buffer(pH 3.6)과 40 mM HCl에 10 mM TPTZ solution과 20 mM FeCl₂ · 6H₂O solution을 용해한 후 실험에 사용하기 직전에 이들을 10:1:1의 비율로 혼합하여 37°C에서 가온한 뒤 FRAP 시약으로 사용하였다. 이후 추출물 150 μ L에 FRAP solution 2850 μ L를 가한 후 암소에서 30분 방치한 후, 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 trolox를 표준물질로 하여 검량선을 구하였으며, 시료 1 g 중의 trolox 당량(mM TE/g)으로 나타내었고, 3회 반복 측정하여 얻은 평균값과 표준편차로 나타내었다.

(3) ABTS Radical Cation Scavenging Activity

ABTS⁺ radical 소거 활성은 Re 등(1999)의 방법에 준하여 측정하였다. 증류수에 용해한 ABTS 7.0 mM에 K₂S₂O₈(potassium

persulfate) 2.45 mL를 가하고, 12~16시간 동안 암소에 방치한 후 734 nm에서 흡광도가 0.70±0.02가 되도록 에탄올로 희석하였다. 제조된 ABTS⁺ solution 900 μ L에 100 μ L를 첨가하여 734 nm 흡광도 변화를 10초 간격으로 6분 동안 측정하였다. ABTS⁺ 라디칼 소거 활성은 라디칼이 생성된 용액의 흡광도와 비교하여 ABTS⁺ free radical을 50% 소거하는 농도인 IC₅₀으로 3회 반복하여 얻은 평균값과 표준편차로 나타내었다.

5. 초석잠 두부의 품질평가

1) 두부의 수율, pH, 탁도 측정

두부의 수율은 원료콩 100 g으로 제조한 두부의 무게를 percent로 나타내었다. 두부의 pH는 시료 5 g에 멸균증류수 45 mL를 첨가하여 교반하고, 실온에서 1시간 방치한 후 여과지(Whatman No.2)로 여과한 여액을 pH Meter(F-51, HORIBA, Kyoto, Japan)로 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 두부의 탁도는 제조된 두부의 순물을 여과지(Whatman No.2)로 여과한 후, 여액을 UV/VIS spectrophotometer(V-530, Jasco, Tokyo, Japan)로 600 nm에서 흡광도를 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차로 나타내었다.

2) 두부의 색도 측정

색도는 두부를 일정한 크기로 자른 뒤 색차계(Colorimeter CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 이 때 사용한 표준 백색판은 L=97.26, a=-0.07, b=1.86이었다.

3) 두부의 Texture 측정

두부의 조직감은 일정한 크기(3×3×2 cm)로 자른 뒤 Texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro System Co. Ltd., Haslemere, UK)를 사용하였다. 분석조건은 pre-test speed 2.0 mm/sec, test speed 1.0 mm/sec, post-test speed 2.0 mm/sec, test distance 12.0 mm, trigger force 5 g으로 하여(Kim JH 2007) 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄성(springiness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 응집성(cohesiveness)을 3회 반복 측정한 후 평균값과 표준편차로 나타내었다.

4) 두부의 Isoflavone 함량 측정

Isoflavone 분석을 위해 동결 건조한 콩가루 0.5 g에 80% methanol 5 mL를 가하고, 60°C 항온수조에서 2시간 동안 이소플라본 화합물을 추출하였다. 추출액은 6,000 rpm에서 20분간 원심 분리한 다음, 상징액 1 mL를 취하여 0.45 μ m PTFE

syringe filter를 통과시켜 HPLC로 분석하였다. Isoflavone의 표준물질은 배당체인 genistin, didzin과 비배당체인 genistein, daidzein(Sigma Chemical Co.)을 사용하였다. HPLC(Hewlett Packard 1100 Series, Agilent) 분석조건으로 column은 Kinetex C18(4.6×250 mm, 5μ, Phenomenex, California, USA), mobile phase는 0.1% acetic acid, 0.1% acetic acid in acetonitrile을 사용하였고, UV detector는 260 nm에서 측정하였으며, sample injection volume은 10 μl, flow rate는 1.0 ml/min이었다.

5) 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope)을 이용한 두부의 미세구조 관찰

두부를 2×2 cm 크기로 절단하여 동결 건조시킨 뒤 Ion sputter(E-1010, Hitachi, Japan)를 사용하여 도금하고, 전압 15 KV, 전류 10 μA의 주사형 전자 현미경(S-2400, Hitachi, Japan)을 이용하여 500배 배율로 관찰하였다.

6) 두부의 관능평가

관능검사는 15명의 검사요원들을 대상으로 사전교육을 실시한 후에 관능평가에 임하게 하였다. 모든 시료는 동시에 제공하여 7점 척도법으로 평가하였다. 관능평가는 오후 3~4시 사이에 이루어졌으며, 일정한 크기(2×2 cm)로 자른 두부를 백색의 접시에 담아 물과 함께 제공하여 한 개의 시료를 먹고 난 다음에는 물로 입 안을 행군 다음, 다른 시료를 평가하도록 하였다. 소비자 기호도 평가항목은 외관(appearance), 색상(color), 향미(flavor), 맛(taste), 조직감(texture), 전반적인 기호도(overall preference)로 하였고, 선호도가 높을수록 7점에 가까운 점수를 주도록 하였다.

6. 통계처리

초석잠 첨가 두부의 모든 실험 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago IL, USA) 20.0을 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 각 실험군 간의 유의성 검증을 위하여 분산 분석(ANOVA)을 실시하였으며, 사후검증으로 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 초석잠 분말과 두부의 일반성분 분석

초석잠 분말과 두부의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1, Table 2와 같다. 초석잠의 수분은 5.18%, 조단백은 9.77%, 조지방은 0.35%, 조회분은 5.78%인 것으로 나타났다. 또한 무첨가 두부와 초석잠 분말을 첨가한 두부의 수분 함량은 각각 71.79%, 71.81%, 73.98%, 75.46%, 76.40%로 초석잠 분말의 첨가량에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p<0.001$). 이는 초석잠에 함유된 식이섬유 등이 대두 단백질과 응고제의 결합에 영향을 주어, 두부의 보수력에 영향을 주는 것으로 생각된다(Choi 등 2000). 조단백질 함량은 대조군(27.55%)에 비해 초석잠 분말 첨가군에서 35.08~27.55%로 다소 높게 정량되었으며, 조지방 함량도 대조군(21.94%)에 비해 실험군에서 26.84~20.82%로 조단백질 함량과 유사한 경향을 보였다. 또한 조회분 함량은 대조군이 3.54%, 초석잠 분말 첨가군이 4.08~3.37%로 나타났으며, 모든 실험군은 조단백, 조지방, 조회분 함량에서 유의적인 차이를 보였다($p<0.001$). Kim 등(2012)과 Jung & Cho(2002)의 연구에서도 시료 첨가군에서 조단백질과 조지방의 함량이 다소 높게 정량되었다고 보고하여, 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 한편, 0.6% 첨가군부터 두부의 조단백질, 조지방 및 조회분의 함량이 감소하는 경향을 보였는데, 이는 시료의 첨가량이 증가할수록 두부 순물의 타도가 증가한 것으로 보아, 초석잠 분말이 두부의 단백질에 흡착되지 못하고, 두부 순물로 빠진 것으로 사료된다.

Table 1. Proximate composition of Chinese artichoke powder

Composition	Chinese artichoke powder
Moisture	5.18±0.22
Crude protein	9.77±0.09
Crude lipid	0.35±0.06
Crude ash	5.78±0.08

¹⁾ Mean±S.D.

Table 2. Proximate composition of tofus prepared with different addition of Chinese artichoke powder

Component	Sample					F-value
	0%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	
Moisture	71.79±0.76 ^a	71.81±0.77 ^a	73.98±0.12 ^b	75.46±0.42 ^c	76.40±1.05 ^c	26.75***
Crude protein	31.53±0.43 ^b	35.08±0.29 ^c	35.24±0.09 ^c	27.93±0.38 ^a	27.55±0.18 ^a	460.28***
Crude lipid	21.94±0.18 ^b	26.84±0.18 ^d	26.17±0.21 ^c	21.65±0.17 ^b	20.82±0.18 ^a	461.43***
Crude ash	3.54±0.07 ^b	4.08±0.00 ^c	4.20±0.01 ^d	3.41±0.01 ^a	3.37±0.01 ^a	287.42***

¹⁾ Mean±S.D., *** $p<0.001$

²⁾ Different superscripts (a~d) in a row indicate significant differences at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

2. 초석잠 분말과 두부의 항산화 활성

1) 총 페놀 화합물 및 총 플라보노이드 함량 분석

초석잠 첨가 두부의 총 페놀 화합물 및 플라보노이드 함량은 Fig. 1과 Fig. 2에 제시하였다. 초석잠 분말의 총 페놀 화합물과 플라보노이드 함량은 38.62 mg GAE/g과 221.00 mg QE/g으로 측정되었다. 초석잠 분말의 첨가량이 0.2, 0.4, 0.6, 0.8% 증가함에 따라 총 페놀 화합물은 29.26~37.81 mg GAE/100 g으로 대조군(29.26 mg GAE/100 g)에 비해 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 또한 초석잠 첨가 두부의 총 플라보노이드 함량은 28.83~48.33 mg QE/100 g으로 초석잠 분말의 첨가량이 증가할수록 총 플라보노이드 함량도 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다($p < 0.01$). Woo 등(2009)의 연구에서도 총 페놀과 총 플라보노이드를 함유한 소재를 두부에 첨가했을 경우, 그 첨가량에 따라 두부의 총 페놀과 총 플라보노이드 함량도 증가한다고 보고하여 본 연구와 비슷한 결과를 나타내었다. Bae 등(1997)은 콩에 총 페놀 및 총 플라보노이드 화합물

Fig. 1. Content of total phenol in Chinese artichoke powder tofu. Different superscripts (a~c) indicate significant differences at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Fig. 2. Content of total flavonoid in Chinese artichoke powder tofu. Different superscripts (a~c) indicate significant differences at $p < 0.001$ by Duncan's multiple range test.

이 각각 0.62 mg/ml, 1.56 mg/ml 함유되어 항산화능을 나타낸다고 보고하여, 대조군에도 총 페놀과 총 플라보노이드 화합물이 존재함을 알 수 있었다. 이처럼 대두에 함유된 대표적인 항산화 물질은 폴리페놀 화합물과 플라보노이드로서 식물체에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나이며, 항산화 작용(Papadopoulos 등 1991), 노화 방지(Cha 등 1997), 고지혈증 억제 및 항종양 작용 등이 보고되고 있다. Baek 등(2003)은 초석잠의 에틸아세테이트 추출물에서 총 페놀과 총 플라보노이드가 많아, 높은 항산화 활성도를 보인다고 보고한 것으로 보아, 두부에 초석잠을 첨가할수록 총 페놀과 총 플라보노이드 함량이 증가됨에 따라 항산화능이 높아질 것으로 사료된다.

2) DPPH Free Radical Scavenging Activity

초석잠 첨가 두부의 DPPH 라디칼 소거능에 대한 결과는 Fig. 3과 같다. 초석잠 분말의 유리 라디칼을 50% 소거하는 농도인 IC_{50} 은 46.35 μ g/ml로 매우 높게 나타났다. 초석잠 두부의 DPPH 라디칼 소거능은 100 μ g/ml 수준에서 초석잠 분말 0.2, 0.4, 0.6, 0.8%의 첨가량에 따라 80.25%, 84.53%, 86.63%, 88.95%로 대조군의 45.27%에 비해 높은 유리 라디칼 소거능을 나타내었으며, 시료의 첨가량에 비례하여 항산화 활성이 유의적으로 증가하는 결과를 보였다($p < 0.001$). Baek 등(2003)의 초석잠 뿌리 추출물의 항산화 활성에 대한 연구 결과, 메탄올 추출물에는 총 폴리페놀과 플라보노이드가 함유되어 있으며, 이 같은 성분이 항산화능, 과산화 지질 형성 억제능, 아질산염 소거능에 영향을 준 것이라고 보고하였다. 이에 초석잠 분말의 첨가량에 따라 두부의 항산화능이 증가된 것으로 사료된다.

3) Ferric Reducing Antioxidant Power

초석잠 첨가 두부의 FRAP assay에 대한 결과는 Fig. 4에

Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of Chinese artichoke powder tofu. Different superscripts (a~e) indicate significant differences at $p < 0.001$ by Duncan's multiple range test.

Fig. 4. Ferric reducing antioxidant power of Chinese artichoke powder tofu. Different superscripts (a~e) indicate significant differences at $p<0.001$ by Duncan's multiple range test.

제시하였다. Trolox를 표준물질로 하여 ferric의 소거능을 환산한 결과, 초석잠 분말은 7.05 $\mu\text{M TE/g}$ 으로 나타났다. 초석잠 두부의 FRAP 측정 결과는 초석잠 분말의 첨가량이 0.2~0.8%로 증가할수록 첨가군에서 각각 70.70 $\mu\text{M TE/g}$, 78.75 $\mu\text{M TE/g}$, 91.71 $\mu\text{M TE/g}$, 100.30 $\mu\text{M TE/g}$ 으로 대조군의 55.52 $\mu\text{M TE/g}$ 에 비해 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 건오디박을 첨가한 쿠키(Jeon 등 2013)와 새송이버섯 분말을 쿠키(Kim 등 2010)의 FRAP 측정 결과, 시료의 첨가량이 증가할수록 높은 ferric 환원력을 나타내어 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다.

4) ABTS Radical Cation Scavenging Activity

초석잠 첨가 두부의 ABTS⁺ 라디칼 소거능에 대한 결과는 Fig. 5에 제시하였다. 초석잠의 ABTS⁺ 라디칼을 50% 소거하는 농도인 IC₅₀은 564.14 $\mu\text{g/ml}$ 로 나타났다. 초석잠 두부의 ABTS⁺ 라디칼 소거능은 대조군에서 32.64%로 가장 낮았으며, 초석잠 분말의 첨가량이 증가함에 따라 0.2, 0.4, 0.6, 0.8% 첨가군에서 각각 37.12%, 38.36%, 43.69%, 45.16%로 그 활성이 유의적으로 증가하였다($p<0.01$). 화피 추출물이 첨가 개성주악의 ABTS⁺ 라디칼 소거능 연구(Joo SY 2013) 결과, 무첨가군의 소거 활성이 13.17%이었고, 0.5, 1, 2% 첨가군에서 각

Fig. 5. ABTS radical cation scavenging activity of Chinese artichoke powder tofu. Different superscripts (a~c) indicate significant differences at $p<0.01$ by Duncan's multiple range test.

각 19.04%, 20.32%, 31.06%의 소거능을 나타내어 초석잠 첨가 두부가 더 높은 활성의 ABTS⁺ 라디칼 소거능을 보였다. 모시풀잎 분말을 첨가한 설기떡의 연구(Park 등 2011)에서도 ABTS⁺ 라디칼 소거능이 14.93~37.16%로 같은 식품에 적용된 것은 아니지만, 본 연구의 초석잠 첨가 두부가 높은 항산화 활성을 보이는 것으로 나타났다.

3. 초석잠 분말 첨가 두부의 품질 특성

1) 수율, pH 및 탁도 측정

초석잠 분말 첨가 두부의 수율, pH 및 탁도를 측정한 결과는 Table 3과 같다. 두부의 수율은 대조군의 경우 144.97%로 가장 낮았으며, 초석잠 분말의 첨가량이 증가할수록 두부의 수율도 169.94~194.69%로 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 이는 클로렐라(Kim 등 2003), 허브(Jeon 등 2006) 및 청국장 분말 첨가 두부(An 등 2008)에서 첨가물의 양의 증가할수록 두부의 수율이 높게 나타난 것과 동일하게 측정되었다.

두부의 pH는 초석잠 분말 첨가군이 6.37~6.33로 대조군의 pH 6.39에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.001$). Choi 등 (2003)은 식품의 저장성은 식품의 pH에 의해서 영향을 받는다고 보고하고 있는데, 특히 Jeon 등(2006)은 pH가 낮은 식품

Table 3. Yield, pH and turbidity of tofus prepared with different addition of Chinese artichoke powder

	Sample					F-value
	0%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	
Yield (%)	144.97±0.00 ^a	169.94±0.00 ^c	167.06±0.00 ^b	181.81±0.00 ^d	194.69±0.00 ^e	570,925.857***
pH	6.39±0.01 ^d	6.37±0.01 ^{bc}	6.36±0.01 ^{bc}	6.36±0.01 ^b	6.33±0.01 ^a	24.56***
Turbidity (Abs)	0.10±0.00 ^a	0.15±0.00 ^b	0.17±0.00 ^c	0.20±0.00 ^d	0.17±0.00 ^c	3,979.26***

¹⁾ Mean±S.D., *** $p<0.001$.

²⁾ Different superscripts (a~e) in a row indicate significant differences at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

이 높은 식품에 비해 방부 효과가 높다고 보고하고 있다. 이에 대한 다른 연구로는 강황 첨가에 의해 두부의 pH가 감소하였다고 보고한 Min 등(2007)의 연구와 비파 분말을 두유에 첨가하여 끓이는 과정에서 생성된 유기산에 의한 영향으로 두부의 pH가 저하된 것으로 보고한 Park ID(2012)의 연구가 있다.

두부의 탁도는 0.10~0.17로 초석잠 첨가량이 증가할수록 대조군(0.10)에 비해 유의적으로 증가하는 경향을 보였는데 ($p<0.001$), 초석잠 분말이 두부 단백질에 흡착되지 못하고 두부 순물로 빠진 결과로 사료된다. 이러한 경향은 연잎 분말 (Park 등 2009) 및 수수가루 첨가 두부(Woo 등 2009)에서도 시료 첨가량에 따른 탁도가 증가하여 본 실험과 유사하였다.

2) 색도

초석잠 분말 첨가 두부의 색도 측정 결과는 Table 4와 같다. 두부의 명도를 나타내는 L값(lightness)은 대조군이 80.13으로 높게 측정되었으며, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8% 첨가군이 각각 79.32, 75.13, 70.91, 69.14로 초석잠 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하여 어둡게 나타났다($p<0.001$). 적색도를 나타내는 a값(redness)은 대조구가 -1.56인 반면에 초석잠 분말로 인해 첨가군에서는 -2.01~-1.60으로 유의적으로 감소하였다($p<0.001$). 또한 황색도를 나타내는 b값(yellow)은 초석잠 첨가군이 12.77~11.27로, 대조군(12.87)에 비해 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p<0.001$). 이는 초석잠에서

유래된 색소에 의한 영향으로 판단되는데, 함초 첨가 두부(Kim 등 2010)와 노랑 파프리카즙 첨가 두부(Park & Jeon 2008)에서도 시료의 첨가량이 증가할수록 L값과 a값이 감소하는 경향을 나타내었으며, Moon 등(2008)의 연구에서도 유색미 첨가량이 높을수록 L값과 b값이 감소한다고 보고하였다.

Min 등(2007)은 색도가 두부의 중요한 품질 요인 중의 하나이며, 시각적 기호도의 척도로서 이용된다고 보고하였다. 따라서 무첨가 두부와 다른 색을 가지고 있는 초석잠 분말 첨가 두부는 소비자의 기호도에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

3) 조직감

초석잠 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 두부의 조직감을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 초석잠 첨가 두부의 경도(hardness)는 0.2, 0.4, 0.6, 0.8% 첨가량에 따라 548.97~432.10으로 대조군(557.07)에 비해 감소하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 없었다. 청국장 분말(An 등 2008), 강황(Min 등 2007) 및 해조류(Kim 등 1996) 첨가 시 두부의 견고성이 대조군보다 낮게 나타나, 초석잠 첨가 두부와 유사한 결과를 보였다. 부착성(adhesiveness)과 탄성(springiness)은 대조군이 가장 높게 나타났으며, 초석잠 첨가량에 따라 유의적으로 감소하는 것으로 나타났으나, 유의적인 차이는 없었다. 씹힘성(chewiness)과 검성(gumminess) 및 응집성(cohesiveness)은 대조군이 가장 높았고, 시료의 첨가량에 따라 유의적으로 감소하

Table 4. Color values of tofus prepared with different addition of Chinese artichoke powder

	Sample					F-value
	0%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	
L	80.13±0.16 ^c	79.32±0.18 ^d	75.13±0.08 ^c	70.91±0.16 ^b	69.14±0.30 ^a	2,053.30***
a	-1.56±0.06 ^c	-2.01±0.05 ^a	-1.70±0.01 ^b	-1.60±0.05 ^c	-1.29±0.07 ^d	74.53***
b	12.87±0.13 ^b	12.77±0.45 ^b	11.25±0.17 ^a	11.12±0.16 ^a	11.27±0.43 ^a	25.23***

¹⁾ Mean±S.D., *** $p<0.001$

²⁾ Different superscripts (a~d) in a row indicate significant differences at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 5. Texture characteristics of tofus prepared with different addition of Chinese artichoke powder

	Sample					F-value
	0%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	
Hardness	529.90±36.20 ^a	519.60±70.43 ^a	480.65±42.07 ^a	454.15±17.32 ^a	468.90±22.63 ^a	1.21
Adhesiveness	-9.60± 2.55 ^a	-18.40± 5.66 ^a	-19.40± 0.85 ^a	-18.45± 3.18 ^a	-14.20± 5.80 ^a	3.04
Springiness	0.92± 0.01 ^a	0.90± 0.04 ^a	0.90± 0.01 ^a	0.87± 0.14 ^a	0.90± 0.21 ^a	1.03
Chewiness	407.71±48.52 ^c	321.25±35.70 ^b	277.98±10.68 ^b	192.54± 8.56 ^a	259.71±20.76 ^{ab}	14.94**
Gumminess	444.91±55.21 ^c	345.24±40.55 ^b	311.22±14.43 ^{ab}	233.39±14.54 ^a	302.70± 7.65 ^{ab}	11.66*
Cohesiveness	0.75± 0.02 ^c	0.61± 0.14 ^b	0.62± 0.14 ^b	0.55± 0.06 ^a	0.66± 0.03 ^b	30.64**

¹⁾ Mean±S.D., * $p<0.05$, ** $p<0.01$

²⁾ Different superscripts (a~c) in a row indicate significant differences at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

다가($p<0.01$) 0.8% 첨가군에서 다시 증가하는 경향을 보였다.

4) Isoflavone 함량

초석잠 분말을 첨가한 두부의 이소플라본 함량을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 배당체인 daidzin과 genistin의 함량을 살펴보면 대조군이 각각 23.64 $\mu\text{g/g}$ 과 33.32 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 낮게 나타났고, 0.4% 첨가군이 각각 38.09 $\mu\text{g/g}$ 과 53.10 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높게 나타났으며, 시료의 첨가량에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p<0.001$). Lee KH(2009)의 함초 첨가 두부에서는 함초 첨가량이 증가할수록 daidzin과 genistin의 함량이 낮아지는 경향을 나타내어, 본 연구와 다른 경향을 보였다. 한편, 0.6% 첨가군부터 daidzin과 genistin의 함량이 감소하는 경향을 보였는데, 이는 두부의 단백질 함량과 비교해볼 때, 초석잠 분말을 0.6% 이상 첨가하게 되면 콩 단백질의 응고를 방해하여 대두 내 isoflavone이 두부 순물에 용출된 것으로 추정된다. Bea 등(1997)의 연구에서 콩의 isoflavone은 두부 제조 시 두부보다는 두부 순물 쪽으로 용출된다고 보고하였는데, 대부분의 초석잠 첨가 두부에서 대조군에 비해 높은 isoflavone 함량을 나타낸 것으로 보아, 초석잠이 두부의 기능성을 강화하는데 유용할 것으로 사료된다. 반면, 비배당체 daidzein의 함량은 0.4%, 0.6% 첨가군이 각각 2.82 $\mu\text{g/g}$ 과 2.29 $\mu\text{g/g}$ 으로 대조군(1.49 $\mu\text{g/g}$)에 비해 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었으며, genistein 또한 0.4%, 0.6% 첨가군이 각각 4.66 $\mu\text{g/g}$ 과 3.60 $\mu\text{g/g}$ 으로 대조군(3.16 $\mu\text{g/g}$)보다 유의적으로 나타났으나 큰 차이는 없었다($p<0.05$).

이처럼 콩류에 다량 함유되어 있는 isoflavone은 심혈관계 질환의 위험을 줄이고, 콜레스테롤 수치를 낮추며, 전립선 암과 유방암을 예방하고, estrogen 호르몬과 같은 역할을 수행하여 폐경기 여성의 여러 증상을 완화시키는 등의 작용을 한다고 보고되었다(Jung 등 2008). 한편, Bae 등(1997)의 연구 결과를 살펴보면 콩의 isoflavone은 두부 제조 시 두부보다는 두부 순물 쪽으로 용출된다고 보고하였는데, 대부분의 초석잠 첨가 두부에서 대조군에 비해 높은 isoflavone 함량을 나타

낸 것으로 보아, 초석잠이 두부의 기능성을 강화하는데 유용한 것으로 사료된다.

5) 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope)을 이용한 미세구조 관찰

초석잠의 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 두부의 구조적 차이를 관찰하기 위해 SEM을 사용하여 두부를 500배율로 관찰한 결과는 Fig. 6과 같다. 대조군은 표면이 매끄럽고 균일한 망상구조를 보였으나, 초석잠 분말의 첨가량이 증가할수록 단백질 집합체가 커지면서 망상구조의 구멍도 크고 불규칙하게 나타났다. Tang CH(2007)에 따르면 단백질 집합체의 구조는 겔(gel)의 단단한 정도에 따라 결정된다고 보고하고 있으며, 콩의 첨가비율이 높을수록 망상구조가 거칠고 curd의 견고성이 증가한다는 Saio K(1979)와 An SH(2009)의 연구와 일치하였다. 반면, Jeon 등(2006)의 허브 첨가 두부에서는 대조군에 비해 허브 첨가군이 매끄러운 표면과 작은 기공 분포를 보여 본 연구와 다른 경향을 보였다. 이를 통해 첨가물의 종류와 첨가량이 두부의 표면 구조에 상당한 영향을 미치는 것으로 사료된다.

6) 관능검사

초석잠 분말 첨가 두부의 관능검사 결과는 Table 7과 같다. 초석잠 두부에 대한 관능검사는 전반적인 기호도, 외관, 색, 향미, 맛, 조직감에 대해서 이루어졌다. 전반적인 기호도 측정 결과 0.4% 첨가군이 5.27로 대조군의 4.33보다 높았으며, 외관, 색, 향미, 맛, 조직감의 기호도 검사에서도 0.4% 첨가군이 가장 높은 점수를 받았다. 기호도 검사에서 초석잠 분말이 증가함에 따라 기호도가 증가하다가 0.6%, 0.8% 첨가군은 대조군에 비해 감소하는 경향을 나타내어 0.6% 이상의 초석잠 분말 첨가는 맛, 향, 색 등의 기호도를 감소시키는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 두부에 초석잠 분말을 0.4% 첨가하는 것이 생리활성 기능과 기호도가 높아 바람직할 것으로 사료된다.

Table 6. Daidzin, genistin, daidzein and genistein content in tofus prepared with different addition of Chinese artichoke powder

	Sample					F-value
	0%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	
Daidzin ($\mu\text{g/g}$)	23.64 $\pm$ 0.62 ^a	26.96 $\pm$ 0.85 ^b	38.09 $\pm$ 1.20 ^d	32.90 $\pm$ 0.98 ^c	27.57 $\pm$ 0.68 ^b	81.75***
Genistin ($\mu\text{g/g}$)	33.32 $\pm$ 0.45 ^a	36.27 $\pm$ 0.38 ^b	53.10 $\pm$ 0.14 ^e	45.06 $\pm$ 0.09 ^d	37.45 $\pm$ 0.63 ^c	835.81***
Daidzein ($\mu\text{g/g}$)	1.89 $\pm$ 0.57 ^{ab}	1.51 $\pm$ 0.35 ^a	2.82 $\pm$ 0.59 ^b	2.29 $\pm$ 0.30 ^{ab}	1.62 $\pm$ 0.41 ^{ab}	2.76
Genistein ($\mu\text{g/g}$)	3.41 $\pm$ 0.36 ^{ab}	2.39 $\pm$ 0.30 ^a	4.66 $\pm$ 0.52 ^c	3.60 $\pm$ 0.45 ^{ab}	2.57 $\pm$ 0.39 ^{ab}	9.90*

¹⁾ Mean $\pm$ S.D., * $p<0.05$, *** $p<0.001$

²⁾ Different superscripts (a~d) in a row indicate significant differences at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Fig. 6. Scanning electron microscopic structure of tofus with different addition of Chinese artichoke powder ($\times 500$). (A): Control, (B): 0.2% tofus, (C): 0.4% tofus, (D): 0.6% tofus, (E): 0.8% tofus.

Table 7. Sensory evaluation of tofus prepared with different addition of Chinese artichoke powder

	Sample					F-value
	0%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	
Appearance	3.93 $\pm$ 1.03 ^{bc}	4.33 $\pm$ 1.50 ^c	4.60 $\pm$ 1.30 ^c	3.13 $\pm$ 1.46 ^{ab}	2.80 $\pm$ 1.32 ^a	5.04**
Color	3.67 $\pm$ 1.35 ^{ab}	4.40 $\pm$ 1.35 ^{bc}	4.73 $\pm$ 1.39 ^c	3.47 $\pm$ 1.25 ^{ab}	3.20 $\pm$ 1.21 ^a	3.67**
Flavor	4.00 $\pm$ 1.07 ^{ab}	4.47 $\pm$ 1.36 ^{bc}	5.00 $\pm$ 1.13 ^c	3.87 $\pm$ 1.06 ^{ab}	3.53 $\pm$ 1.25 ^a	3.52*
Taste	3.73 $\pm$ 1.39 ^a	3.80 $\pm$ 1.70 ^a	5.00 $\pm$ 1.31 ^b	3.67 $\pm$ 1.63 ^a	3.40 $\pm$ 1.50 ^a	2.54*
Texture	4.47 $\pm$ 0.83 ^b	4.40 $\pm$ 1.68 ^b	4.87 $\pm$ 1.36 ^b	3.07 $\pm$ 1.22 ^a	2.47 $\pm$ 1.19 ^a	9.63***
Overall acceptability	4.33 $\pm$ 0.90 ^b	4.73 $\pm$ 1.39 ^b	5.27 $\pm$ 1.03 ^c	3.47 $\pm$ 1.41 ^a	2.73 $\pm$ 0.88 ^a	11.67***

¹⁾ Mean $\pm$ S.D., * p <0.05, ** p <0.01, *** p <0.001.

²⁾ Different superscripts (a~d) in a row indicate significant differences at p <0.05 by Duncan's multiple range test.

요약 및 결론

본 연구에서는 기능성 소재로서 초석잠의 활용 가능성을 알아보고자 초석잠 분말을 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8% 첨가한 두부를 제조하여 초석잠 첨가 두부의 항산화 활성을 입증하고, 품질 특성을 측정하였다. 초석잠 분말의 총 페놀 화합물과 총 플라보노이드 함량은 38.62 mg GAE/g과 42.97 mg CE/g이며, 이를 두부에 첨가할수록 유의적으로 증가하였다. 항산화 활

성 측정 결과, 초석잠 분말의 DPPH 라디칼 소거능의 IC₅₀은 46.35 μ g/ml, FRAP assay의 흡광도는 500 μ g/ml 수준에서 0.58, ABTS⁺ 라디칼 소거능의 IC₅₀은 564.14 μ g/ml로 높게 나타났으며, 초석잠 두부는 시료의 첨가량에 따라 활성도가 유의적으로 증가하였으며, 특히 DPPH 라디칼 소거능에서 활성도가 높았다. 항산화 활성의 기능성과 함께 제품의 적합성 판단을 위해 초석잠 첨가 두부의 품질평가를 실시하였다. 두부의 수율과 탁도는 초석잠 첨가량이 증가할수록 높은 경향을 나타

내었고, pH는 감소하는 경향을 나타내었다. 두부의 색도는 초석잠 첨가량이 증가할수록 L값, a값 및 b값이 유의적으로 낮아졌다. 초석잠 첨가 두부의 texture에서 견고성, 부착성 및 탄성은 시료의 첨가량에 따라 대조군에 비해 감소하였으나, 시료 간에 유의적이 차이는 없었다. 씹힘성, 검성 및 응집성은 초석잠 분말이 증가할수록 유의적으로 감소하다가 0.8% 두부에서 증가하는 경향을 나타냈다($p<0.01$). 두부의 isoflavone 함량은 배당체인 daidzin과 genistin이 0.4% 첨가군이 각각 37.24 $\mu\text{g/g}$ 과 37.34 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높았고, 시료의 첨가량에 따라 유의적인 증가하는 것으로 나타났으며($p<0.001$), 비배당체 daidzein과 genistein의 함량은 0.4, 0.6% 첨가군에서 대조군에 비해 높게 나타났으나, 유의적으로 큰 차이는 없었다. SEM을 이용한 두부의 미세구조 관찰 결과, 초석잠 분말의 첨가량이 증가할수록 대조군에 비해 단백질 집합체가 커지면서 망상구조의 구멍도 크고 불규칙하게 나타났다. 두부의 관능검사서 0.2~0.4% 초석잠 두부의 점수가 외관, 색, 향미, 맛, 조직감, 전반적인 기호도에서 유의적으로 높게 나타났다. 따라서 두부에 초석잠 분말을 첨가하는 것은 두부의 기호도를 높이고, 두부의 제조과정 중에 상당량 순물로 손실되는 isoflavone의 함량을 증가시키고 동시에 항산화활성을 높여주어 두부의 가치를 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다. 또한 두부 제조 시, 기능성과 기호도 측면을 모두 고려하여 초석잠 분말을 0.4% 첨가하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

References

- AACC. 2000. Approved Methods of the AACC. 10th ed. American Assoc. Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. Method 10-50D
- An SH, Lee SH, Park GS. 2008. Quality characteristics of tofu prepared with various concentrations of commercial *Chungkukjang* powder. *Korean J Food Cookery Sci* 24:258-265
- An SH. 2009. Preparation of soybean curd (tofu) mixed with powdered *Chungkukjang* and culinary characteristics. Ph. D. Thesis, Daegu Catholic Uni. Gyeongbuk. Korea
- AOAC. 2000. The Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA
- Bae EA, Kwon TW, Moon GS. 1997. Isoflavone contents and antioxidative effects of soybeans, soybean curd and their by products. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 26:371-375
- Baek HS, Na YS, Ryu BH, Song SK. 2003. Antioxidant activities of *Stachys sieboldii* Miq Stalks. *Korea J Biotechnol Bioeng* 18:266-271
- Benzie IFF, Strain JJ. 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods in Enzymology* 299:15-27
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Choi GH, Kim KC, Lee KH. 2010. Quality and antioxidant characteristics of soft tofu supplemented with red ginseng extract during storage. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 39: 414-420
- Choi HR, Choi EH. 2003. Screening of antimicrobial and antioxidative herb. *J Natural Science SWINS* 15:123
- Choi YO, Chung HS, Youn KS. 2000. Effects of coagulants on the manufacturing of soybean curd containing natural materials. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7:249-255
- Chung DO. 2010. Characteristics of tofu (soybean curd) quality mixed with *Enteromorpha intestinalis* powder. *Korean J Food Sci Nutr* 39:745-749
- Hwang IG, Hwang Y, Kim HY, Lee JS, Jeong HS, Yoo SM. 2011. Quality characteristics of tofu (soybean curd) added with Cheongyang hot pepper (*Capsicum annuum* L.) juice. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 40:999-1005
- Jeon HL, Oh HL, Kim CR, Hwang MH, Kim HD, Lee SW, Kim MR. 2013. Antioxidant activities and quality characteristics of cookies supplemented with mulberry pomace. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 42:234-243
- Jeon MK, Kim MR. 2006. Studies on storage characteristics of tofu with herb. *Korean J Food Cookery Sci* 22:207-313
- Jia Z, Tang M, Wu J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *J Food Chem* 64:555-559
- Joo SY. 2013. Quality characteristics and antioxidant activity of Gaeseong-Juak prepared with *Prunus yedoensis* Matsumura extract. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 26:92-100
- Junfa Y, Gengliang Y, Sumin W, Yi C. 2006. Purification and determination of stachyose in Chinese artichoke (*Stachys sieboldii* Miq) by high-performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection. *Talanta* 70:208-212
- Jung JY, Cho EJ. 2002. The effect of green tea powder levels on storage characteristics of tofu. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18:129-135
- Jung S, Murphy PA, Sala I. 2008. Isoflavone profiles of soymilk as affected by high-pressure treatments of soymilk and soybeans. *J Food Chem* 111:592-598

- Kim AJ, Kim MH, Jeong KS. 2006. Effects of mulberry-leaf powder tofu consumption on serum lipid profiles, Ca, Ca/P ratio and Pb status in middle-aged women. *Korean J Food Sci* 38:432-437
- Kim DH, Lim MS, Kim YO. 1996. Effect of seaweeds addition on the physicochemical characteristics of soybean curd. *Korean J Soc Food Nutr* 25:249-254
- Kim H, Kim KA, Cha EJ, Han NS. 2005. Property analysis of soybean curd produced by automatic and consecutive processes. *Food Engin Prog* 9:303-308
- Kim JH. 2007. Quality characteristics and antioxidative effect of soybean curds and their by-products added with small black soybean. Ph. D. Thesis, Kyungwon Uni. Gyeonggi-do. Korea
- Kim MH, Shin MK, Hong GJ, Kim KS, Lee KA. 2010. Quality assessment of soybean curd supplemented with saltwort (*Salicornia herbacea* L.). *Korean J Food Cookery Sci* 26: 406-412
- Kim SE, Lee SW, Yeum DM, Lee MJ. 2012. Quality characteristics of tofu with added Alfalfa (*Medicago sativa* L.) extracts. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 41:123-128
- Kim SS, Park MK, Oh MS, Kim DC, Han MS, Aa MJ. 2003. Studies on quality characteristics and shelf-life of chlorella soybean curd (tofu). *Korean J Soc Biological Chem* 46: 12-15
- Kim YJ, Jung IK, Kwak EJ. 2010. Quality characteristics and antioxidant activities of cookies added with *Pleurotus eryngii* powder. *Korean J Food Sci Technol* 42:183-189
- Kwon SJ, Song BH. 2011. Meta-analysis for effect of dietary isoflavones on breast density and hot flush suppression. *Korean J Soc Microbiol and Biotechnol* 39:224-237
- Lee KH. 2009. Effect of Hamcho (*Salicornia herbacea*) on physicochemical properties of tofu. Ph.D. Thesis, Suncheon National Uni. Jeonnam. Korea
- Lee SJ, Chung ES, Park GS. 2006. Quality characteristics of tofu coagulated by apricot juice. *Korean J Food Cookery Sci* 22:825-831
- Lee YR, Chung HS, Seong JH, Moon KD. 2011. Quality characteristics of tofu with added astringent persimmon powder. *Korean J Soc Food Sci* 43:329-333
- Lee YT. 2007. Quality characteristics and antioxidative activity of soybean curd containing small black soybean. *AGRIS* 24:14-22
- Masai T, Wada K, Hayakawa K, Yoshihara I, Mitsuoka T. 1987. Effect of soybean oligosaccharides on human intestinal flora and metabolic activities. *Japan J Bacteriol* 42:313
- Min YH, Kim JY, Park LY, Lee SH, Park GS. 2007. Physicochemical quality characteristics of tofu prepared with turmeric (*Curcuma aromatica* Salab). *Korean J Food Cookery Sci* 23:502-510
- Moon BK, Kim YL, Kim JN, Choi YS. 2008. The quality characteristics of tofu added with pigmented rice powder. *Chung-Ang J Human Ecology* 27:29-37
- Papadopoulos G, Boskou D. 1991. Antioxidant effect of natural phenols on olive oil. *J Am Oil Chem Soc* 68:669-675
- Park BH, Cho HS, Jeon ER, Kim SD, Koh KM. 2009. Quality characteristics of soybean curd prepared with lotus leaf powder. *Korean J Soc Food Culture* 24:315-320
- Park BH, Jeon ER. 2008. Quality characteristics of soybean curd prepared with addition yellow paprika juice. *Korean J Food Cookery Sci* 24:439-444
- Park GS, Lee GS, Sin YJ. 2001. Sensory and mechanical characteristics of *Yukwa* added safflower seed powder. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 30:1088-1094
- Park ID. 2012. Quality characteristics of tofu added with loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) leaf powder. *Korean J Soc Food Culture* 27:512-527
- Park YS, Mam YR, Jeon BR, Oh NS, In MJ. 2003. Effects of garlic addition on quality and storage characteristics of soybean curd (tofu). *Korean J Soc Biology Chem* 46:329-332
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology Med* 26:1231-1237
- Ryu BH, Park BG, Song SK. 2002. Antitumor effects of the hexane extract of *Stachys sieboldii* Miq. *Korea J Life Sci* 17:520-523
- Ryu BH, Park BG, Song SK. 2002. Antitumor effects of the hexane extract of *Stachys sieboldii* Miq. *Korean J Biotechnol Bioeng* 17:520-524
- Ryu BH, Park BG. 2002. Antimicrobial activity of hexane extract of *Stachys sieboldii* Miq leaf. *Korea J Life Sci* 12:803-811
- Saio K. 1979. Tofu-relationships between texture and fine structure. *AGRIS* 24:342-354
- Seo YJ, Kim MK, Lee S, Hwang IK. 2010. Physicochemical characteristics of soybean cultivated in different regions and the accompanying soybean curd properties. *Korean J Food Cookery Sci* 26:441-449
- Stadhouders PJ. 1990. Elsevier's Dictionary of Horticultural and

- Agricultural Plant Production. pp.72, 20th ed. Elsevier Science Publication
- Swain T, Hillis WE. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric* 10:63-68
- Takeda Y, Fujita T, Satoh T, Kakegawa H. 1985. On the glycoside constituents of *Stachys sieboldii* Miq. and their effects on hyarulonidase activity. *Yakugaku Zasshi* 105:955-959
- Tang CH. 2007. Effect of thermal pretreatment of raw soymilk on the gel strength and microstructure of tofu induced by microbial transglutaminase. *Food Sci and Technol* 40:1403-1409
- Woo KS, Ko JY, Seo MC, Song SB, Oh BG, Lee JS, Kang JR, Nam MH. 2009. Physicochemical characteristics of the tofu (soybean curd) added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) powder. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 38:1746-1752
- Yang MR. 2012. The analysis of bioactive materials in *Stachys sieboldii* Miq and it's application on functional ready-to-eat food. Ph D. thesis, Gyeongnam National Uni. Jinju. Korea
- Yin J, Yang G, Wang S, Chen Y. 2006. Purification and determination of stachyose in Chinese artichoke (*Stachys sieboldii* Miq.) by high-performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection. *The International Journal of Pure and Applied Analytical Chemistry, Talanta* 70:208-212
-
- 접 수 : 2013년 9월 12일
최종수정 : 2013년 12월 9일
채 택 : 2013년 12월 16일