함초를 첨가한 두부의 이화학적 특성 및 항산화성

신미경¹ · 김명희 · 홍금주[†]
¹우송대학교 · 경기대학교

Physiochemical Characteristics and Antioxidant Activity of Soybean Curd Added with Saltwort (*Salicornia herbacea* L.)

Mi Kyung Shin¹, Myung Hee Kim, Geum Ju Hong[†]

¹Dept. of Global Korean Culinary Arts, Woosong University

Dept. of Food Service & Culinary Management, Kyonggi University

Abstract

In this study the physiochemical characteristics and antioxidant activity of soybean curd were prepared with saltwort (*Salicornia herbacea* L.). The moisture and protein of the saltwort soybean curd showed no difference among the samples. Ash and lipid were found to be the highest in the soybean curd to which 20% saltwort was added. The contents of mineral(Fe, K, Mg, Zn) were highest in the soybean curd to which 20% saltwort was added, and Ca content was high in the soybean curd to which 16% and 20% saltwort was added. DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) radical scavenging activity is a method of measuring the antioxidant power of food; this was high in the soybean curd to which 20% saltwort was added. Adding more saltwort led to higher scavenging activity. From the above results, it could be seen that the soybean curd, which is made by adding saltwort, contributed to enhancing the functionality of antioxidant activation and product quality.

Key words : Saltwort, *Salicornia herbacea* L., Soybean curd, Physiochemical properties, Antioxidant activity

1. 서 론

국민경제의 발달로 외식의 소비가 늘어나고 있으며, 최근 현대인들은 건강에 대한 관심이 고조되고 있다. 그 가운데 건강 유지나 생체 리듬을 조절하는 효능이 있는 기능성 식품 또는 그런 약품들에 대한 소비가 증가하고 있다(Lee SY 2007). 이러한 기능성 식품의 기능을 최근까지는 영양 기능과 그 맛 또는 조직이 인체 감각에 미치는 기능 등으로 한정하였으나, 현재는 식품의 기능범위가 혈압, 혈당, 콜레스테롤의 감소, 비만방지 및 다이어트 등의 생체 조절 기능을 가진 기

능성 식품으로 발전하고 있다. 즉, 기능성 식품이란 생체 방어, 면역, 질병의 예방 및 치료, 병후의 회복, 노화억제 등 생체조절 기능을 가진 식품을 일컫는다(Muller-Lissner SA 1999). 특히 생리활성 성분을 함유한 신소재 식물들을 두부의 원료로 사용하려는 시도가 많이 이루어지고 있다.

우리나라 전통식품 중의 하나인 두부는 대두를 물과 함께 마쇄하여 그 중의 단백질 성분과 염류인 Mg^{2+} , Ca^{2+} 성분을 침전하여 응고제로 응고시킨 후 탈수, 성형한 겔(gel)상 식품이다. 곡류 위주의 식생활에서 부족 되기 쉬운 리신(lysine)과 같은 필수 아미노산이 풍부하고 소화율이 높아 양질의 단백질 공급원으로(Kim SS 등 2003) 중국, 일본 등, 뿐만 아니라 서양에서도 관심을 가진 식품이다(Kim CJ 1998). 이외에 항암과 항산화 억제 등의 생리활성 물질이라고 알려져 있는 사포닌, 플라보노이드 등의 성분도 상당량 함유되어 있다고 보고되어지고 있다.

함초는 갯벌 염전 부근에 무리지어 자라는 염생식물로 명아주과 Chenopodiaceae에 속하며 학명은 *Salicornia herbacea*

[†]Corresponding author: Geum Ju Hong, Dept. of Food Service & Culinary Management, Kyonggi University, Kyonggi, Korea.

Tel: +82-10-5441-5633

Fax: +82-32-522-5633

E-mail: kjhong06@naver.com

L. 이다. 함초에는 Na, K, Ca, Mg 및 Fe과 같은 무기질이 다량 함유되어 있으며(Shimizu K 2000), 필수지방산인 리놀렌산과 필수 아미노산의 함량이 높고 식이섬유소가 풍부하여 성인병 예방 및 치료를 위한 천연식품으로 주목받고 있다(Choi JK 2001). 또한 함초는 숙변을 제거하고 변비를 없애는 효력이 매우 탁월하다고 알려져 있으며, 고콜레스테롤 식이에서 항산화방어계에 미치는 영향(Kim KR 등 2006)과 항산화효과가 탁월한 것으로 보고되고 있다(Han SK과 Kim SM 2003). 이외에도 함초는 심혈관계 질환 예방효능 및 면역증강제의 기능도 가지고 있는 것으로 밝혀졌다(Lee CH 등 2004).

따라서 본 연구는 두부에 함초를 첨가하여 물성 및 전자공여능을 살펴봄으로써 함초의 이용활성화와 더불어 이를 이용한 제품의 상품화를 도모해 보고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

두부 제조에 사용된 대두는 국내산 대두(황태)를 농협에서 구입하였고, 함초(*Salicornia herbacea* L.)는 전남 신안군 해역에서 2011년 8월 초순에 채취한 것을 냉동 보관하면서 사용하였으며, 두부제조에 위해 응고제는 남해에서 취수한 심층수(남해심층수)를 사용하였다.

2. 함초를 첨가한 두부제조

함초를 첨가 두부의 제조는 선행연구(Jung BM 등 2008, Lee SW 등 2007)와 예비실험을 거쳐 두부 제조 함량을 정하였다. 직접 구매한 대두를 수돗물(10~15℃)에서 15시간 침지한 후에 가수량을 9배로 하여 Waring blender (BB25EP, USA.)로 5분간 마쇄하고 여과포로 여과하여 비지를 제거한 두유를 사용하였다. 함초는 깨끗이 세척한 후 녹즙기((주)그린파워, 경기도)를 이용하여 추출액을 추출하였다.

두부의 제조는 두유를 100℃에서 10분간 가열 처리한 후 함초(36 mL, 72 mL, 108 mL, 144 mL, 180 mL)를 첨가하고, 95℃에서 심층수(10%)를 첨가한 후 응고물을 소형의 두부 틀(16x 8x 8 cm)에 옮겨 2 Kg의 누름돌로 10분간 압착하여 두부를 제조하였다. 두부 제조과정은 Table 1과 Fig. 1에 나타내었다.

3. 두부의 일반성분 분석

각 시료의 분석은 AOAC법(AOAC 1980)에서 결정한 방법으로 수분은 105℃ 건조법, 지방은 Soxhlet법, 단백질은 micro-kjeldahl법, 회분은 건식회화법을 이용하여 측정하였다.

4. 두부의 무기질 분석

두부 10 g을 550℃에서 회화시킨 후 6N HCL 20 mL로 용

해시켜 25 mL로 정용하고, Whatman No. 41(ashless)로 여과하여 분석 시료로 사용하였다. 조건은 ICP (inductively coupled plasma atomic emission spectrometer, Varian Liberty 100, USA)를 이용하여 plasma는 15.0 L/min, auxiliary는 1.5 L/min, pump speed는 25.0 rpm, carrier gas flow는 75 psi, nebulizer은 150 kPa, integration time은 3 s로 하였다.

Table 1. Ingredients ratio of the soybean curd added with Saltwort

Sample	Soy milk(mL)	Saltwort(%)	deep water(%)
Control	900	0	10
4%	900	4	10
8%	900	8	10
12%	900	12	10
16%	900	16	10
20%	900	20	10

Fig. 1. The preparation procedure of the soybean curd added with Saltwort

5. 두부의 DPPH radical 소거활성 측정

DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) radical에 대한 소거활성은 각종 화 물에 의해서 DPPH radical이 제거능력 정도를 측정하는 Molyneux p(2004)의 방법으로 측정하였다. 시료와 ethanol을 1: 20 비율로 추출 한 후 0.2 mL 취하고 DPPH solution을 0.8 mL을 가하여 10초간 혼합한 후 상온에서 30분간 방치 후, 분광 광도계(UV-1601PC, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료와 대조구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 표시하여 전자공여능을 측정하였다. DPPH radical 소거활성은 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity}(\%) = 1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구의 흡광도}} \times 100$$

6. 통계분석

검사의 측정결과는 3회 반복 실험하여 분산분석 하였다. 모든 통계자료는 SPSS win 13.0 PC⁺ 통계 program을 이용하여, 시료들간의 평균치 차이유무는 사후검증(Duncan's multiple range test)을 통하여 $\alpha = 0.05$ 수준에서 유의성 검증을 실시하였다.

Table 2. General nurient contents of the soybean curd added with Saltwort

	Moisture (%)	Crude ash (%)	Curde lipid (%)	Crude protein (%)
Control	79.66±0.67 ^{1a}	4.50±0.58 ^c	5.48±0.22 ^b	6.25±0.13 ^a
4%	79.83±0.43 ^a	5.25±0.50 ^b	5.80±1.01 ^b	6.25±0.13 ^a
8%	79.91±0.32 ^a	5.50±0.58 ^b	6.06±0.38 ^b	6.25±0.13 ^a
12%	80.00±0.27 ^a	5.75±0.96 ^b	7.01±0.21 ^a	6.25±0.13 ^a
16%	80.16±0.43 ^a	6.25±0.50 ^b	7.04±0.33 ^a	6.25±0.13 ^a
20%	80.33±0.27 ^a	7.50±0.58 ^a	7.13±0.10 ^a	6.31±0.11 ^a
F-value	1,281	10,283*** ²⁾	9,162***	0,130

¹⁾ Mean±SD

²⁾ ***p<0,001

III. 결과 및 고찰

1. 두부의 일반성분 분석

함초 첨가량을 달리한 두부의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 수분함량은 모든 시료간에 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 두부의 조직감과 밀접하게 관련이 있는 수분함량은 일반적으로 75~82% 범위에 있다(Zee JA 1988)고 하여 본 실험의 두부가 이 범위에 속하였다. Park ID(2012)의 연구에서 비파분말 첨가두부의 수분함량은 비파분말의 첨가량이 증가할수록 증가하여 본 연구와 비슷한 경향을 보였다.

조회분은 함초 20%를 첨가한 두부가 7.50%로 가장 높은 회분을 함유하고 있었으며, 대조군과 유의적인(p<0.001) 차이를 보였으며 함초의 첨가량이 증가할수록 조회분이 증가하는 경향을 보이고 있다.

조지방은 함초 20%를 첨가한 두부가 7.13%로 가장 높게 나타났으며, 16%를 첨가한 두부는 7.04%, 12%를 첨가한 두부는 7.01%, 8%를 첨가한 두부는 6.06%, 5%를 첨가한 두부는 5.80%, 대조군은 5.48% 순으로 나타났다. 함초의 첨가량이 증가할수록 수분, 조회분, 조지방이 증가하는 경향을 보였으며, 이는 함초 즙의 증가로 인해 수분과 무기질이 증가하여 발생된 것으로 사료된다(Shin MK 등 2010).

조단백질은 대조군과 모든 시료간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 함초 20%를 첨가한 두부가 6.31%로 높게 나타났다.

2. 두부의 무기질 분석

함초 두부의 무기질 성분은 Table 3과 같다. Ca 함량은 대조군이 10.21 mg으로 가장 낮게 나타났으며, 함초 20%를 첨가한 두부가 14.75 mg으로 가장 높게 나타났으나 함초를 16% 첨가한 두부와 유의한 차이는 없었다. Min JG 등(2002)은 함초의 Ca 함량이 뿌리보다 잎에서 약 10배정도 많았다고 보고하였다.

Fe 함량은 대조군과 함초 12%를 첨가한 두부까지는 차이가 없었으나, 16%를 첨가한 두부는 0.27 mg, 20%를 첨가한 두부는 0.35 mg으로 나타나 대조군과 유의적인(p<0.001) 차이를 보였다. K 함량은 함초 20%를 첨가한 두부가 5.22 mg으로 가장 높게 나타났으며, 16%를 첨가한 두부 4.78 mg, 12%를 첨가한 두부 4.53 mg, 8%를 첨가한 두부 4.50 mg, 4%를 첨가한 두부 3.61 mg, 대조군은 3.52 mg 순으로 나타났다.

Mg 함량은 대조군이 4.63 mg으로 가장 낮게 나타났으며, 함초 20%와 유의적인(p<0.001) 차이를 보였다. Zn 함량은 대조군이 73.84 mg으로 가장 낮게 나타났으며, 20%를 첨가한 두부가 130.88 mg으로 대조군보다 2배정도 높게 나타났다.

따라서 무기질은 함초의 첨가량이 증가 할수록 Ca, Fe, K, Mg, Zn 함량이 증가하는 경향을 보이고 있다. 이와 같은 결과는 Shin MK 등(2010)과 Min JG 등(2000)의 연구와 동일한 경향을 보였다. Hong SS 등(2012)의 연구에서 보면 이러한 무기질들은 Ca, Fe, K, Mg, Zn 등 양이온이 다량 함유되어 있어 두부 제조 시 이 양이온들이 두유 중에 균일하게 확산되어 단백질의 응고에 관여하여 두부의 겔형성 능력을 증가시키는 것으로 판단된다. 또한 함초는 인체에 중요한 무기질을 함유하고 있어 기능성 식품의 소재로 유용하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 두부의 DPPH radical 소거활성 측정

함초즙을 첨가한 두부의 항산화 활성을 조사하기 위하여 동결 건조한 시료 10 g을 MeOH로 추출하여 농도를 맞춘 후 일부를 취해 DPPH radical 소거활성 측정 결과는 Table 4와 같다.

DPPH는 짙은 자주색을 나타내며 그 자체가 질소 중심의 라디칼로서 라디칼전자의 비 편재화에 의해 안정화된 상태로 존재한다. 메탄올에 용해된 DPPH는 525 nm에서 최대의 흡광도를 나타내며 시료의 환원력에 의해서 시료 첨가와 함께 흡광도가 감소한다(Oh JH 등 2004).

대조군의 DPPH의 값은 57.48%로 나타났으며, 이는 두부에 존재하는 isoflavone은 주로 genistein과 daidzein이라는 물질로 이루어져 있는데 그 중 genistein의 항산화 효과가 항암효과를 나타내는 주요한 활성성분의 하나로 알려지면서 전 세계적으로 많은 연구가 이루어지고 있다. Genistein의 항산화 효과는

Table 3. Minerals content of the soybean curd added with Saltwort

(mg/g)

	Ca	Fe	K	Mg	Zn
Control	10.21±0.13 ^{1bc}	0.12±0.02 ^c	3.52±0.12 ^d	4.63±0.06 ^c	73.84±1.80 ^c
4%	11.16±0.26 ^d	0.13±0.00 ^c	3.61±0.09 ^d	6.13±0.06 ^d	91.80±1.04 ^d
8%	12.08±0.73 ^c	0.12±0.01 ^c	4.50±0.12 ^c	7.57±0.26 ^c	117.70±3.14 ^c
12%	12.91±0.69 ^b	0.12±0.00 ^c	4.53±0.14 ^c	9.22±0.05 ^b	125.33±2.45 ^b
16%	14.39±0.38 ^a	0.27±0.00 ^b	4.78±0.02 ^b	9.30±0.08 ^b	127.68±1.99 ^{ab}
20%	14.75±0.19 ^a	0.35±0.00 ^a	5.22±0.07 ^a	10.43±0.23 ^a	130.88±2.20 ^a
F-value	59.874 ^{***2)}	386.110 ^{***}	181.616 ^{***}	841.731 ^{***}	443.133 ^{***}

¹⁾ Mean ± SD²⁾ ***p<0.001

Table 4. DPPH radical scavenging activity of the soybean curd added with Saltwort

	Saltwort	Control	4%	8%	12%	16%	20%	F-value
DPPH	79.20±1.91 ^{1a}	57.48±5.76 ^d	61.64±7.44 ^{cd}	67.58±2.51 ^{bc}	70.89±5.99 ^b	72.26±1.18 ^{ab}	73.44±3.50 ^{ab}	9.072 ^{***2)}

¹⁾ Mean ± SD²⁾ ***p<0.001

linoleic acid/ β -carotene system과 Fe^{2+} /ADP/NADPH를 사용한 microsomal system에서 확인되었으며, tumor 개시 단계와 진행 단계에서 광범위하게 관여하는 것으로 알려진 인체에 유해한 활성산소를 genistein이 효과적으로 소거하여 항산화 효과를 나타낸다는 가설과 hydrogen peroxide에 대한 효과적인 소거제로서 역할도 입증되었다(Lee JS 등 2008).

함초즙을 10배로 희석한 후 측정된 DPPH의 값은 79.20으로 나타났으며, 함초 20%를 첨가한 두부가 73.44로 가장 높게 나타났다. 함초즙의 첨가량이 증가할수록 강한 항산화 활성을 보였다. 이와 같은 결과는 Kim YS과 Park GS(2010)과 Han SK와 Kim SM(2003)의 함초 잎이 높은 항산화 효과를 보였다고 보고하였으며, 시료에 대한 함초의 함량이 증가됨에 따라 항산화 활성 효과가 증가한 결과를 보였다. 이는 본 실험의 결과와 비슷한 경향을 보이고 있다. Lee YT(2007)의 연구에서 대두와 서목태로 제조한 보통 두부의 유효기 소거능이 30~45%의 수준으로 나타났다. Song HS 등(2007)의 연구에서는 녹색 함초 추출물보다 빨간 함초 추출물의 DPPH 소거 활성이 높다고 보고하였다. 또한 Lee HS와 Park YW(2005)의 브로콜리 산화 활성을 측정한 연구에서 브로콜리 추출물이 78%의 라디칼 소거능을 나타냈으며, Kim AJ과 Son ES(2012)의 모시대 분말 추출물의 75%의 전자공여능을 나타내고 있다. 이로써 두부제조에 있어 함초즙 첨가는 두부의 항산화성 향상에 기여하는 것으로 확인되었다.

IV. 요약 및 결론

함초를 첨가가 두부 제품의 이화학적 특성과 항산화성에 미치는 영향을 알아보기 위해 함초를 4%~20%까지 첨가하여 이화학적 특성과 항산화성의 변화를 측정한 결과를 요약하면 다음과 같다. 수분함량과 조단백질은 모든 시료간에 차이를 보이지 않았으며, 조지방과 조지방이 함초 20%를 첨가한 두부가 가장 높게 나타났다. Fe과 K, Mg 및 Zn 함량은 함초 20%를 첨가한 두부가 가장 높게 나타났으며, Ca 함량은 함초 16%, 20%를 첨가한 두부가 높게 나타났다. 함초의 첨가량이 증가 할수록 Ca, Fe, K, Mg, Zn 함량이 증가하는 경향을 보이고 있다. DPPH radical 소거활성은 식품의 항산화력을 측정하는 방법으로서, 함초즙을 10배로 희석한 후 측정된 DPPH의 값은 79.20으로 나타났으며, 두부는 함초 20%를 첨가한 것이 높게 나타났다. 함초의 첨가량이 증가할수록 높은 소거 활성을 보였다. 이상의 결과를 볼 때 함초를 16%~20% 첨가하여 제조한 두부가 저장성 및 항산화성이 좋은 것으로 나타났으며, 이는 두부제조에서 함초 첨가는 두부의 저장성 및 항산화성에 영향을 주어 제품의 품질 향상에 기여함을 알 수 있었다.

참고문헌

- AOAC. 1980. Official method of analysis. 14th ed. Association of official analytical chemists Washington, D.C. USA. p 918
- Choi JK. 2001. A edible korean medicinal herbs. J Korean Soc Plants People & Environ 5
- Han SK, Kim SM. 2003. Antioxidative effect of salicornia herbacea L. grown in closed sea beach. J Korean Soc Food Sci Nutr 32(2):207-210
- Hong SS, Park WJ, Hwan KS, Kim KT, Kim GS, Shin SM, Joung KH. 2012. Quality characteristics of magnesium chloride emulsion amount used the soybean curd coagulant. J Korea Academia-Industrial cooperation society 13(8):3537-3543
- Jeon MK, Kim MR. 2006. Quality characteristics of tofu prepared with herbs. J Korean Food Cookery Sci 22(1):30-36
- Jung BM, Shin TS, Kim DW, Chong KW. 2008. Physicochemical quality characteristics of 토렐 prepared with Mesangi (*Capsosiphon Fulvescens*) powder. J Korean Food Cookery Sci 24(5):691-698
- Kim AJ, Son ES. 2012. Quality characteristics of Inner beauty food(Mosidae Tofu) by the addition of adenophora remotiflora powder. J Korean Food Culture 27(4):367-373
- Kim CJ. 1998. Processing and using the tofu. J Korean East Asian Soc Dietary Life 18(4):508-535
- Kim JH, Lee YT. 2007. Quality characteristics and antioxidant activities of soybean curd products containing small black soybean. J Korean Soc Food Sci Nutr 36(11):1431-1435
- Kim KR, Choi JH, Lee SK, Woo MH, Choi SW. 2006. Effect of enzymatic hydrosate of Hamcho (*Salicornia herbacea* L.) on antioxidative defense system in rats fed high cholesterol diet. J Korean Soc Food Sci Nutr 35(1):55-60
- Kim SS, Park MK, Oh NS, Kim DC, Han MS, In MJ. 2003. Studies on quality characteristics and shelf-life of cholella soybean curd (Tofu). J Korean Soc Agric Chem Biotechnol 46(1):12-15
- Kim YS, Park GS. 2010. Quality characteristics of gochujang sauce with concentrated salicornia herbacea L. extracts. J Korea East Asian Soc Dietary Life 20(6):939-946
- Lee CH, Kim IH, Kim YE, Oh SW, Lee HJ. 2004. Determination of betaine from Salicornia herbacea L. J Korean Soc Food Sci Nutr 33(9):1584-1587
- Lee HS, Park YW. 2005. Antioxidant activity and antibacterial activities from different parts of broccoli extracts under high temperature. J Korean Soc Food Sci Nutr 34(8):759-764
- Lee JS, Kim GN, Jang HD. 2008. Effect of red ginseng extract on storage and antioxidant activity of tofu. J Korean Soc Food Sci Nutr. 37(11):1497-1506
- Lee SY. 2007. Trends and prospect in market of health functional Food. J Korean Food Sci Technol 4(2):16-20
- Lee YT. 2007. Quality characteristics and antioxidative activity of soybean curd containing small black soybean. J Korea Soybean Digest 24(1):14-22
- Min JG, Lee DS, Kim TJ, Park JH, Cho TY, Park DI. 2002. Chemical composition of Salicornia herbacea L. J Korean Food Sci Nutr. 7(1):105-107
- Molyneux P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. J Sci Technol 26(2):211-219
- Muller-Lissner SA. 1999. Classification, pharmacology and side effects of common laxatives. Ital J Gastroenterol 31:234-237
- Oh JH, Kim EH, Kim JL, Moon YI, Kang YH, Kang JS. 2004. Study on antioxidant potency of green tea by DPPH method. J Korean Soc Food Sci Nutr 33(7):1079-1084
- Park ID. 2012. Quality characteristics of tofu added with loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) leaf powder. J Korean Food Culture 27(5):521-527
- Shimizu K. 2000. Effects of salt treatments on the production and chemical composition of salt wort (*Salicornia herbacea* L.), rhodesgrass and alfalfa. J Japan Trop Agr 44(1):61-67
- Shin MK, Kim MH, Hong GJ, Kim KS, Lee KA. 2010. Quality assessment of soybean curd supplemented with saltwort (*Salicornia herbacea* L.). J Korean Food Cookery Sci 26(4):406-412
- Song HS, Kim DP, Jung YH, Lee MK. 2007. Antioxidant activities of red hamcho (*Salicornia herbacea* L.) against lipid peroxidation and the formation of radicals. J Korean Soc Food Sci Nutr 20(2):150-157
- Zee JA, Boudreau A, Bourgeois M, Breton R. 1988. Chemical composition and nutrition quality of faba bean based tofu. J. Food Sci. 52(6):1772-1774

2013년 1월 23일 접수; 2013년 2월 7일 심사(수정); 2013년 4월 12일 채택