

수수가루 첨가에 따른 두부의 이화학적 특성

우관식 · 고지연[†] · 서명철 · 송석보 · 오병근 · 이재생 · 강종래 · 남민희

농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부

Physicochemical Characteristics of the Tofu (Soybean Curd) Added Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Powder

Koan Sik Woo, Jee Yeon Ko[†], Myung Chul Seo, Seuk Bo Song, Byeong Geun Oh,
Jae Saeng Lee, Jong Rae Kang, and Min Hee Nam

Dept. of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Rural
Development Administration, Gyeongnam 627-803, Korea

Abstract

This study was carried out to compare the physicochemical characteristics of the tofu (soybean curd) with the additions of sorghum powder (SP). With increasing amounts of sorghum powder, the yields of tofu were increased. The tofu made of 5 and 7% (w/w) addition rates of SP gave the similar yields with that of control. Moisture contents of the tofu made of roasted sorghum powder after steeping for 15 hours (WR-SP) were higher than those of the control and the tofu made of roasted sorghum powder after washing (SR-SP) without steeping. The dietary fiber contents of tofu were higher in the SP-added tofu than control. The potassium contents increased with SP addition rates, while calcium and magnesium decreased. With increasing SP addition rates, hardness of the tofu decreased. With increasing amounts of SP, the L- and b-values of tofu decreased, whereas a-value increased. The total polyphenol, flavonoid and tannin contents, and ascorbic acid equivalent antioxidant capacity in the tofu extracts increased with increasing SP rates. Antioxidant components and activity were the highest in the tofu made of roasted sorghum powder after washing without steeping with the addition rates of 3~10%.

Key words: tofu (soybean curd), sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench), polyphenol, antioxidant activity

서 론

두부(Tofu, soybean curd)는 한국, 중국, 일본 등지에서 단백질 공급원으로 식용되어온 가공식품이다. 다른 가공식품에 비해 단백질과 곡류 위주의 식생활에서 부족하기 쉬운 필수아미노산의 함량이 높아 신진대사와 성장발육에 좋은 식품이다(1). 또한 무기성분이 풍부할 뿐만 아니라 이소플라본, 사포닌, 올리고당 등의 기능성분을 다량 함유하고 있는 식물성 식품이다(2,3). 두부의 영양성분은 두유의 추출 및 응고제의 종류, 콩 품종 등에 따라 차이가 있으나 일반적으로 수분은 85%, 조단백질 7.8%, 조지방 4.2% 등을 함유하고 있고 100 g당 84 kcal의 열량을 가지고 있다. 하지만 두부는 다량의 수분으로 인하여 보존성이 열악하여 저장 및 유통에 어려움이 많이 따르므로 이를 보완하고 다양한 생리활성 성분이 함유되어 있는 천연소재를 두부에 첨가하여 두부의 기능성을 강화하고 저장성을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다(4,5). 두부에 부족한 영양분과 기능성을 향상

시키기 위해 두부 제조 시 기능성 물질을 첨가한 연구로는 동결건조 양과분말(6), 청국장 분말(7)을 첨가한 연구와 두부에 강황(8), 허브(9), 복분자(10) 및 석류 농축액(11)을 첨가하여 기능성과 저장성을 향상시킨 연구, 오미자즙과 매실즙을 이용하여 두부를 제조한 연구(12) 등이 있으며, 쥐눈이콩을 이용하여 두부를 제조한 후 항산화활성을 측정한 연구(13)가 있다.

수수(sorghum, *Sorghum bicolor* L. Moench)는 외떡잎식물 벼목 화본과의 한해살이풀로 쌀, 보리, 밀, 옥수수에 이어 중요한 잡곡의 하나이며, 주로 식용으로 소비되고 있다. 수수에는 식이섬유, 페놀화합물 등의 유효성분이 다량 함유되어 있으며, 페놀화합물은 대부분 플라보노이드, 탄닌, 페놀산 등으로 구성되어 있다(14). 수수에 함유되어 있는 페놀화합물은 강한 항돌연변이원성의 활성(15)이 있는 것으로 보고되고 있고, 수수 추출물은 강력한 항산화활성(16)을 나타내는 것으로 알려져 있으며, 콜레스테롤 생합성관련효소인 HMG-CoA reductase 활성을 억제하는 것으로 보고되었다

[†]Corresponding author. E-mail: kjeeyeon@korea.kr
Phone: 82-55-320-1267, Fax: 82-55-352-3059

(17). 그 외에 수수의 기능성에 대한 연구로는 25종의 수수를 메탄올 추출하여 순차적 용매분획한 후 항산화 및 항균활성을 검정한 연구(18), 수수 안토시아닌의 항산화활성을 측정 한 연구(19), 수수에 함유되어 있는 페놀산, 플라보노이드, 탄닌 등의 페놀성분에 대한 연구보고(20)가 있다.

따라서 본 연구에서는 높은 항산화 활성을 지닌 수수가루를 두부제조 시 첨가하여 두부의 저장성 및 건강기능성을 증진시키고, 혼반용 이외의 뚜렷한 소비처가 없는 수수의 새로운 소비수요를 개발하고자 수수분말을 첨가하여 건강 기능성 두부를 제조하고 그에 대한 이화학적 특성을 검토하였다.

재료 및 방법

수수가루 첨가 두부제조

원료로 사용된 콩은 국립식량과학원에서 2008년에 수확된 것을 이용하였으며, 수수는 2008년 충북 단양 지역에서 재배되어 도정한 것을 구입하여 사용하였다. 수수는 식품의 원·부재료로서의 이용성을 높이기 위해 물에 불린 것과 불리지 않고 수수를 볶아 분쇄 후 첨가하는 2가지 조건으로 처리하였는데, 첫 번째 처리는 수수를 15시간 물에 불린 후 30분간 볶은 후 분쇄하여 60 mesh 체로 쳐서 제조하였고 두 번째는 세척한 후 30분간 볶은 후에 분쇄하여 60 mesh 체로 쳐서 제조하였다. 각각의 수수가루는 원료 콩의 무게에 대해 3, 5, 7 및 10%의 비율로 두부제조 시 첨가하였다. 두부의 제조는 두부제조기(KOCO-4800, Kocosilver Co., Seoul, Korea)를 이용하였는데, 콩 300 g을 세척하여 기기에 넣고 물 3,000 mL를 첨가한 후 두부제조기의 작동순서에 맞추어 콩물을 제조하였다. 제조된 콩물을 면포로 비지를 분리하여 두유액을 만든 후 간수를 첨가하였으며, 간수는 동일회사 제품의 혼합간수(염화마그네슘, 염화칼륨, 정제염)를 사용하였다. 수수분말은 두부 내 혼합의 균일성을 높이기 위하여 가루상태로 첨가하지 않고 액상 간수(간수가루 2 g/터운물 100 mL)에 분량의 수수분말을 혼합하여 두유액에 첨가하였다. 응고가 일어난 두유액을 성형틀에 면포를 깔고 부은 후 10 kg의 힘으로 30분간 압착하여 두부를 제조하였으며, 찬물에 10분간 담가 놓은 후 건져 물기를 제거한 후 무게를 측정하여 수율을 측정하고 제조된 두부의 특성을 분석하였다.

원료 및 수수가루 첨가 두부의 일반성분, 무기성분 및 식이섬유 함량 측정

원료 및 제조된 두부의 수분함량은 105°C 상압가열건조법으로 측정하였으며, 단백질함량은 Kjeldahl 질소정량법을 이용하여 정량하였고 회분함량은 550°C 직접회화법으로 측정하였다. 무기성분의 함량은 550°C에서 회화한 후 0.5 N 질산을 가하여 가운해서 녹이고 GF/C여과지로 여과한 다음 정용하여 ICP(Inductively Coupled Plasma, Optima-3300DV, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)로 분석하였다. 식이섬

유 함량은 megazyme total dietary fiber kit(Megazyme, Wicklow, Ireland)를 이용하여 측정하였다.

수수가루 첨가 두부의 경도 및 색도 측정

제조된 두부의 경도는 시료의 적도면을 20 mm 직경의 탐침을 이용하여 1 mm/sec의 속도로 3~7 mm까지 침투시키는데 요구되는 평균 힘을 Texture analyser(TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)로 측정하였다. 색도 측정은 여과액을 색차계(Color difference meter, CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 명암도를 나타내는 L값(lightness), 적색도의 정도를 나타내는 a값(redness), 황색도의 정도를 나타내는 b값(yellowness)으로 나타내었다(21).

수수가루 첨가 두부의 에탄올 추출물 제조

추출물을 제조하기 위하여 일정량의 수수가루 첨가 두부를 취하여 2배량의 80% 에탄올을 가하여 Homogenizer(HG-15A, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)로 10,000 rpm에서 5분간 분쇄하였다. 여기에 3배량의 80% 에탄올을 더 첨가하여 총 5배량의 용매로 12시간 동안 진탕추출(WiseCube™ Fuzzy Control System, Daihan Scientific Co. Ltd.)하였다. 이를 원심분리 하여 상등액을 분석용 시료로 사용하였으며, 각각의 성분 및 활성에 대한 결과는 원재료 g당 함량(dry basis)으로 표현하였다.

총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량 분석

제조된 두부 추출물의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Dewanto 등(22)의 방법에 따라 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 표준물질인 garlic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)로 하여 검량선($y=0.0039x-0.0063$, $R^2=0.9965$)을 작성하였고 시료 g 중의 mg garlic acid(dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)로 하여 검량선($y=0.0022x-0.0235$, $R^2=0.9985$)을 작성하였고 시료 g 중의 mg catechin(dry basis)로 나타내었다. 총 탄닌 함량은 Duval과 Shetty(23)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료 용액 1 mL에 95% ethanol 1 mL과 증류수 1 mL를 가하여 잘 흔들어 주고 5% Na_2CO_3 용액 1 mL과 1 N Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich) 0.5 mL를 가한 후 실온에서 60분간 발색시킨 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 총 탄닌 함량은 tannic acid(Sigma-Aldrich)를 표준물질로 검량선($y=0.0095x+0.0416$, $R^2=0.9995$)을 작성한 다음 시료 g중의 mg tannic acid(dry basis)로 나타내었다.

항산화활성 측정

추출물의 총 항산화력은 ABTS cation decolorization assay방법(24)에 의하여 측정하였다. ABTS(2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소

에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 물 흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 μL 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid (Sigma-Aldrich)를 동량 첨가하였고, 총 항산화력은 AEAC (L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, mg AA eq/g, dry basis)로 표현하였다.

통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, $\text{mean} \pm \text{SD}$ 로 표현하였다. 또한 얻어진 결과를 통계프로그램(Statistical Analysis System; version 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test로 각각의 변수에 대한 영향을 분석하였다.

결과 및 고찰

원료 콩 및 수수의 일반성분, 무기성분 및 항산화성분

두부 제조에 원료로 사용한 콩과 수수의 특성을 검정한 결과 Table 1과 같이 나타났다. 콩의 일반성분의 경우 수분 10.95%(w/w, dry basis), 단백질 40.45%(w/w, dry basis), 회분 5.13%(w/w, dry basis), 총 식이섬유 23.50%(w/w, dry basis)로 나타났으며, 수수의 일반성분의 경우 세척하여 볶은 수수는 수분, 단백질, 회분 및 총 식이섬유 함량이 각각 4.96, 10.85, 0.99 및 9.72%(w/w, dry basis)로 나타났고 15시간 불린 후 볶은 수수는 각각 15.91, 12.78, 0.92 및 13.04%(w/w, dry basis)로 나타났다. Kim(25)의 보고에 의하면 백태의 경우 수분 10.9%, 단백질 39.7%, 지방 20.8%, 회분 5.5%, 탄수화물 23.1%로 보고하였는데 본 연구 결과에서도 비슷한 경향을 보였다. 무기성분으로는 콩에서 칼륨 159.49 ppm, 칼슘 22.26 ppm, 마그네슘 21.87 ppm, 나트륨 0.37 ppm으로 나타났으며, 세척하여 볶은 수수는 각각 134.31, 8.46, 14.57 및 0.55 ppm으로 나타났고 15시간 불린 후 볶은 수수는 각각 127.83, 9.03, 15.35, 0.53 ppm으로 나타났다. 80%

에탄올 추출물에 대한 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량을 측정한 결과 원료 콩은 5.126, 0.563 및 3.135 mg/g (dry basis)으로 나타났으며, 세척하여 볶은 수수는 각각 7.511, 2.248 및 4.339 mg/g(dry basis)으로 나타났고 15시간 불린 후 볶은 수수는 각각 6.233, 1.760 및 3.711 mg/g(dry basis)으로 나타났다. Kamath 등(26)에 의하면 수수를 10% 메탄올을 용매로 Soxhlet 방법으로 48시간 추출하여 폴리페놀 함량을 측정한 결과 0.461 mg gallic acid equivalent/g으로 보고하였는데 값이 많이 차이가 나는 것은 추출방법과 추출용매의 차이에서 나타난 것으로 생각된다. 추출물에 대한 총 항산화력을 비타민 C의 당량으로 측정된 결과 콩 추출물의 경우 2.892 mg AA eq/g sample(dry basis), 세척하여 볶은 수수 및 15시간 불린 후 볶은 수수는 각각 3.403 및 2.605 mg AA eq/g sample(dry basis)으로 나타났다. Awika 등(27)은 수수종피색 종류별로 폴리페놀 함량과 항산화력을 조사한 결과 검은색과 갈색 수수의 항산화력이 흰수수에 비해 10배 이상 높게 나타났다고 보고하여, 수수에서의 항산화력은 색소와 관계 깊은 것으로 조사되었는데 본 연구 결과에서 항산화성분과 활성이 물에 불린 후 볶은 수수가루와 세척한 후 볶은 수수가루에서 차이가 나타나는 이유는 수수에 함유되어 있는 색소 등의 항산화성분들이 침지과정에서 색소 등의 성분들이 용출되었기 때문으로 생각된다.

수수가루 첨가 두부의 수율, 일반성분, 식이섬유 및 무기성분 함량

수수가루 첨가 비율에 따라 제조된 두부의 수율을 측정된 결과 Table 2와 같이 나타났다. 콩만을 이용하여 제조한 두부의 수율은 46.79%(w/w, dry basis)로 나타났으며, 3, 5, 7 및 10%(w/w) 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부는 각각 51.40, 46.83, 48.14 및 58.04%(w/w, dry basis)로 나타났고 불린 후 볶은 수수가루는 각각 45.60, 47.91, 47.39 및 52.91%(w/w, dry basis)로 나타났다. 불리지 않고 볶은 수수가루와 불린 후 볶은 수수가루 첨가 두부 모두 5 및 7%(w/w) 첨가한 두부에서 무첨가 두부와 비슷한 수율을 보였다. 제조된 두부의 수분함량은 불리지 않고 볶은 수수가

Table 1. Chemical composition of soybean and sorghum

Sample ¹⁾	General components (%)				Minerals (ppm)			
	Moisture	Protein	Ash	Dietary fiber	K	Ca	Mg	Na
Soybean	10.95 \pm 0.34 ²⁾³⁾	40.45 \pm 1.36 ^a	5.13 \pm 0.41 ^a	23.50 \pm 1.70 ^a	159.49 \pm 0.73 ^a	22.26 \pm 0.27 ^a	21.87 \pm 0.15 ^a	0.37 \pm 0.12 ^b
WR-SP	4.96 \pm 0.23 ^c	10.85 \pm 0.68 ^c	0.99 \pm 0.19 ^b	9.72 \pm 0.21 ^c	134.31 \pm 1.05 ^b	8.46 \pm 0.09 ^c	14.57 \pm 0.11 ^c	0.55 \pm 0.02 ^a
SR-SP	15.91 \pm 0.68 ^a	12.78 \pm 0.19 ^b	0.92 \pm 0.07 ^b	13.04 \pm 0.28 ^b	127.83 \pm 0.30 ^c	9.03 \pm 0.16 ^b	15.35 \pm 0.10 ^b	0.53 \pm 0.03 ^a
Sample	Polyphenol (mg/g)	Flavonoid (mg/g)	Tannin (mg/g)		AEAC ⁴⁾			
Soybean	5.126 \pm 0.012 ^c	0.563 \pm 0.007 ^c	3.135 \pm 0.125 ^c		2.892 \pm 0.010 ^b			
WR-SP	7.511 \pm 0.262 ^a	2.248 \pm 0.049 ^a	4.339 \pm 0.055 ^a		3.403 \pm 0.006 ^a			
SR-SP	6.233 \pm 0.263 ^b	1.760 \pm 0.100 ^b	3.711 \pm 0.209 ^b		2.605 \pm 0.006 ^c			

¹⁾WR-SP: roasted sorghum powder after washing, SR-SP: roasted sorghum powder after steeping for 15 hr.

²⁾Results were expressed as the average of triplicate samples with $\text{mean} \pm \text{SD}$.

³⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

⁴⁾AEAC: L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity (mg AA eq/100 g sample).

Table 2. Yield, moisture, ash, crude protein, and dietary fiber contents (% w/w, dry basis) of tofu added with sorghum powder

Sample	Addition amount of sorghum (% w/w)	Yield (% w/w, dry basis)	General components (% w/w, dry basis)			
			Moisture	Protein	Ash	Dietary fiber
Control	0	46.79±1.24 ^{1)e2)}	65.21±2.51 ^e	16.75±1.19 ^{ab}	1.72±0.17 ^a	2.14±0.14 ^d
Roasted sorghum powder after washing	3	51.40±1.53 ^c	67.19±1.84 ^d	17.63±1.07 ^a	1.47±0.17 ^b	2.51±0.00 ^c
	5	46.83±1.04 ^e	68.45±1.66 ^c	14.67±0.62 ^c	1.38±0.01 ^b	2.61±0.28 ^c
	7	48.14±1.57 ^d	67.85±1.82 ^{cd}	16.75±1.07 ^{ab}	1.45±0.10 ^b	3.43±0.57 ^b
	10	58.04±1.82 ^a	67.24±0.99 ^d	15.67±0.34 ^{bc}	1.42±0.06 ^b	3.45±0.07 ^b
Roasted sorghum powder after steeping for 15 hr	3	45.60±1.09 ^f	71.12±2.64 ^b	16.51±2.20 ^{ab}	1.47±0.01 ^b	2.66±0.14 ^c
	5	47.91±1.37 ^d	74.67±2.31 ^a	11.87±0.51 ^d	1.44±0.01 ^b	3.07±0.35 ^c
	7	47.39±1.28 ^{de}	75.23±1.52 ^a	11.03±0.45 ^d	1.40±0.03 ^b	3.12±0.78 ^b
	10	52.91±1.07 ^b	72.06±1.84 ^b	11.47±0.06 ^d	1.42±0.04 ^b	3.47±0.70 ^a

¹⁾Results were expressed as the average of triplicate samples with mean±SD.

²⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

루를 첨가한 두부는 67.19~68.45%(w/w, dry basis)의 범위를 보였으며, 불린 후 볶은 수수가루는 71.12~75.23%(w/w, dry basis)의 범위를 나타내어 무첨가 두부(65.21%, w/w, dry basis)에 비해 불린 후 볶은 수수가루를 첨가하였을 때 높은 수분함량을 보였다. 두부의 단백질 함량은 무첨가 두부에서 16.75%(w/w, dry basis)로 나타났고 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부는 14.67~17.63%(w/w, dry basis)로 나타났으며 불린 후 볶은 수수가루는 11.03~16.51%(w/w, dry basis)로 나타났다. 두부의 회분 함량은 무첨가 두부에서 1.72%(w/w, dry basis)로 나타났고 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부는 1.38~1.47%(w/w, dry basis)의 범위를 보였으며, 불린 후 볶은 수수가루 첨가 두부는 1.40~1.47%(w/w, dry basis)의 범위를 나타내어 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 식이섬유 함량은 무첨가 두부에서 2.14%(w/w, dry basis)로 나타났고 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부는 2.51~3.45%(w/w, dry basis)로 나타났으며 불린 후 볶은 수수가루 첨가 두부는 2.66~3.47%(w/w, dry basis)로 나타나 무첨가에 비해 식이섬유 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 제조된 두부의 무기성분의 함량을 측정된 결과 Table 3과 같이 무첨가 두부는 칼륨, 칼슘,

마그네슘 및 나트륨이 각각 13.79, 8.84, 13.28 및 2.77 ppm으로 나타났다. 수수가루를 첨가한 두부의 경우 칼륨의 함량은 증가하는 것으로 나타났으며, 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부에서 더 높은 함량을 나타내었다. 칼슘 및 마그네슘 함량은 대체적으로 수수가루 첨가에 따라 감소하는 경향을 보였는데 두부 제조 시 수수가루에 의한 것으로 보이며, 이에 대한 연구가 더 필요할 것으로 보인다. 나트륨의 경우 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부는 무첨가에 비해 약간 증가하는 경향을 보였으나 불린 후 볶은 수수가루 첨가 두부는 약간 감소하는 경향을 보였다.

수수가루 첨가 두부의 경도 및 색도

수수가루 첨가량에 따라 제조된 두부의 경도를 측정된 결과 Table 4와 같이 무첨가 두부의 경도는 727.93 g으로 나타났으며, 수수가루 첨가량이 증가함에 따라 경도는 뚜렷하게 감소하는 경향을 보였다. 수수가루를 3~5%(w/w)를 첨가할 경우 불리지 않고 볶은 수수가루 첨가 두부는 각각 612.45 및 610.70 g으로 나타났고 불린 후 볶은 수수가루 첨가 두부는 각각 711.77 및 613.43 g으로 대체적으로 높은 경도를 보여 두부 제조에 적합할 것으로 생각된다. 제조된 수수가루 첨가 두부의 색도를 측정된 결과 Table 4와 같이 L, a 및

Table 3. Minerals contents of tofu added with sorghum powder

Sample	Addition amount of sorghum (%)	Minerals (ppm)			
		K	Ca	Mg	Na
Control	0	13.79±0.01 ^{1)d2)}	8.84±0.79 ^a	13.28±0.71 ^b	2.77±0.07 ^{ab}
Roasted sorghum powder after washing	3	14.25±0.08 ^{cd}	8.77±0.04 ^a	13.42±0.17 ^b	2.82±0.07 ^{ab}
	5	15.45±0.16 ^b	8.45±0.12 ^{ab}	14.71±0.03 ^a	3.28±0.21 ^a
	7	16.46±0.06 ^a	7.93±0.27 ^{ab}	14.43±0.03 ^a	3.01±0.05 ^{ab}
	10	16.56±1.04 ^a	7.86±0.16 ^b	11.34±0.14 ^c	3.07±0.83 ^{ab}
Roasted sorghum powder after steeping for 15 hr	3	14.22±0.01 ^{cd}	6.74±0.58 ^c	9.98±0.07 ^d	2.40±0.04 ^b
	5	14.79±0.43 ^{bc}	6.53±0.05 ^c	10.24±0.06 ^d	2.44±0.10 ^b
	7	14.88±0.31 ^{bc}	6.35±0.39 ^c	10.52±0.49 ^d	2.52±0.04 ^b
	10	15.49±0.12 ^b	7.74±0.18 ^b	11.45±0.08 ^c	2.69±0.00 ^{ab}

¹⁾Results were expressed as the average of triplicate samples with mean.

²⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

Table 4. Hardness and chromaticity of tofu added with sorghum powder

Sample	Addition amount of sorghum (%)	Hardness (g)	Chromaticity		
			L-value	a-value	b-value
Control	0	727.93 ± 17.10 ^{1)a2)}	88.05 ± 0.28 ^a	-2.68 ± 0.06 ^h	16.36 ± 0.11 ^a
Roasted sorghum powder after washing	3	612.45 ± 18.03 ^b	80.78 ± 0.23 ^c	0.15 ± 0.07 ^c	12.93 ± 0.08 ^d
	5	610.70 ± 15.70 ^b	75.96 ± 0.74 ^f	1.15 ± 0.35 ^c	12.05 ± 0.08 ^f
	7	454.10 ± 4.36 ^c	75.03 ± 0.20 ^g	1.69 ± 0.03 ^b	11.41 ± 0.16 ^g
	10	384.10 ± 4.25 ^d	73.24 ± 0.59 ^h	2.17 ± 0.10 ^a	11.65 ± 0.24 ^g
Roasted sorghum powder after steeping for 15 hr	3	711.77 ± 11.61 ^a	82.82 ± 0.55 ^b	-0.84 ± 0.34 ^g	14.44 ± 0.17 ^b
	5	613.43 ± 33.39 ^b	79.93 ± 0.65 ^d	-0.25 ± 0.15 ^f	13.60 ± 0.25 ^c
	7	442.30 ± 14.29 ^c	77.57 ± 0.83 ^e	0.56 ± 0.28 ^d	13.31 ± 0.34 ^c
	10	386.67 ± 20.10 ^d	73.94 ± 0.51 ^h	1.63 ± 0.13 ^b	12.46 ± 0.29 ^e

¹⁾Results were expressed as the average of triplicate samples with mean.

²⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

b값이 각각 88.05, -2.68 및 16.36으로 나타났다. 대체적으로 수수가루 첨가량에 따라 명도를 나타내는 L값은 감소하는 경향을 보였으며, 첨가량이 동일한 농도에서 불린 후 볶은 수수가루를 첨가한 두부가 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부가 L값이 큰 것으로 나타났다. 적색도를 나타내는 a값은 증가하는 경향을 보였고 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부가 불린 후 볶은 수수가루를 첨가한 두부보다 높은 값을 보였는데 이는 수수의 붉은색 색소에 의한 것으로 생각된다. 황색도를 나타내는 b값은 수수가루 첨가 농도에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 불린 후 볶은 수수가루를 첨가한 두부가 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부보다 높은 값을 보였다. 전체적으로 불린 후 볶은 수수가루를 첨가한 두부가 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부에 비해 L 및 b값은 크고 a값은 작게 나타났는데 이는 수수를 15시간 동안 불리는 과정에서 붉은색 색소가 용출되어 수수가루를 첨가하여 두부를 제조할 경우 명도인 L값이나 황색도인 b값에 영향을 덜 미치고 적색도인 a값은 색소 용출로 붉은색이 덜 띄는 것으로 보인다. Min 등(8)의 연구에 의하면 강황을 첨가한 두부에서 L값은 감소하는 것으로 보고하였고 Kim 등(28) 또한 클로렐라 첨가량이 증가할수록 L값은 감소하는 것으로 보고하였다.

수수가루 첨가 두부의 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 tannin 함량

수수가루를 첨가하여 제조한 두부를 80% 에탄올로 추출하여 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량을 측정된 결과 Fig. 1과 같이 나타났다. 무첨가 두부의 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량은 0.955, 0.072 및 0.328 mg/g(dry basis)으로 나타났다. 수수가루 첨가량에 따라 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량은 증가하는 경향을 보였으며, 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부 추출물이 불린 후 볶은 수수가루를 첨가한 두부 추출물보다 높은 경향을 보였다. 불리지 않고 볶은 수수가루를 5%(w/w) 첨가한 두부 추출물의 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량은 각

Fig. 1. Total polyphenol, flavonoid, and tannin contents of tofu added with sorghum powder. ¹WR-SP: roasted sorghum powder after washing, SR-SP: roasted sorghum powder after steeping for 15 hr. ²⁾Values with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

각 1.441, 0.228 및 0.497 mg/g(dry basis)으로 나타났으나 불린 후 볶은 수수가루를 첨가한 두부에서는 1.259, 0.166 및 0.412 mg/g(dry basis)으로 나타났다. 또한 불리지 않고 볶은 수수가루를 7%(w/w) 첨가한 두부는 각각 1.521, 0.261 및 0.522 mg/g(dry basis)으로 나타난 반면 불린 후 볶은 수수가루를 첨가한 두부에서는 1.267, 0.229 및 0.486 mg/g(dry basis)으로 나타났다. Table 1에서 보듯이 불리지 않고 세척하여 볶은 수수의 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량은 7.511, 2.248 및 4.339 mg/g(dry basis)으로 나타난 반면 15시간 불린 후 볶은 수수는 각각 6.233, 1.760 및 3.711 mg/g(dry basis)으로 나타났는데 불리지 않은 수수가루가 원료상태에서 높은 함량을 나타내었기 때문에 제조된 두부에서도 높은 함량을 보이는 것으로 생각된다. 또한 불리는 과정에서 색소 등의 유용성분들은 용출되어 불린 수수에서 항산화성분의 함량은 감소하여 불리지 않은 수수가루를 첨가한 두부가 항산화성분의 함량이 높게 나타난 것으로 사료된다.

수수가루 첨가 두부 추출물의 항산화활성

천연물의 항산화활성은 활성 radical에 전자를 공여하고

요 약

기능성 강화 두부의 제조와 수수의 이용성을 높이기 위해 수수가루를 첨가한 두부를 제조하여 이화학적 특성을 검토하였다. 수수가루 첨가 비율에 따라 제조된 두부의 수율은 약간 증가하는 경향을 보였으며, 5 및 7%(w/w) 첨가한 두부에서 무첨가 두부와 비슷한 수율을 보였다. 제조된 두부의 수분함량은 불린 후 볶은 수수가루를 첨가하였을 때 높은 수분함량을 보였고 단백질 및 회분 함량은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 식이섬유 함량은 무첨가 두부보다 수수가루를 첨가한 두부가 높은 함량을 보였다. 칼륨의 함량은 증가하는 것으로 나타났으며, 칼슘 및 마그네슘 함량은 대체적으로 수수가루 첨가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 경도는 수수가루 첨가량이 증가함에 따라 경도는 뚜렷하게 감소하는 경향을 보였다. 대체적으로 수수가루 첨가량에 따라 L 및 b값은 감소하는 경향을 보였으며, a값은 증가하는 경향을 보였다. 무첨가 두부의 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량은 0.955, 0.072 및 0.328 mg/g(dry basis)으로 나타났으며, 총 항산화력은 0.770 mg AA eq/g sample(dry basis)으로 나타났다. 수수가루 첨가량에 따라 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량과 총 항산화력은 증가하는 경향을 보였으며, 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부 추출물이 불린 후 볶은 수수가루를 첨가한 두부 추출물보다 높은 경향을 보였다. 두부의 수분함량, 경도, 항산화활성 등을 고려할 때 5~7%의 불리지 않고 불리지 않고 볶은 수수가루를 두부 제조 시 첨가하는 것이 바람직한 것으로 생각되었다.

문 헌

1. 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.
2. Kwon HJ. 1999. Bioactive compounds of soybean and their activity in angiogenesis regulation. *Korea Soybean Digest* 16: 63-68.
3. Kim JS. 1996. Current research trends on bioactive function of soybean. *Korea Soybean Digest* 13: 17-24.
4. Park KN, Park LY, Kim DG, Park GS, Lee SH. 2007. Effect of turmeric (*Curcuma aromatica* Salab.) on shelf life of tofu. *Korean J Food Preserv* 14: 136-141.
5. Jeon MK, Kim MR. 2006. Studies on storage characteristics of tofu with herb. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 307-313.
6. Kang NS, Kim JH, Kim JK. 2007. Quality characteristics of soybean curd mixed with freeze dried onion powder. *Korean J Food Preserv* 14: 47-53.
7. 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.
8. Min YH, Kim JY, Park LY, Lee SH, Park GS. 2008. Physicochemical quality characteristics of tofu prepared with turmeric (*Curcuma aromatica* Salab.). *Korean J Food Cookery Sci* 23: 502-510.

Fig. 2. Ascorbic acid equivalent antioxidant capacity (AEAC) of extraction on tofu added with sorghum powder. ¹WR-SP: roasted sorghum powder after washing, SR-SP: roasted sorghum powder after steeping for 15 hr. ²Values with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성을 가지고 있고 인체 내에서는 활성 radical에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, radical 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다(29). 수수가루를 첨가하여 제조한 두부를 80% 에탄올로 추출하여 ABTS cation decolorization assay 방법으로 총 항산화력을 측정한 결과 Fig. 2와 같이 나타났다. 무첨가 두부 추출물의 총 항산화력은 0.770 mg AA eq/g sample(dry basis)으로 나타났다. 수수가루 첨가량에 따라 추출물의 총 항산화력은 증가하는 경향을 보였으며, 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부 추출물이 불린 후 볶은 수수가루를 첨가한 두부 추출물보다 높은 경향을 보였다. 불리지 않고 볶은 수수가루를 5 및 7% (w/w) 첨가한 두부 추출물의 총 항산화력은 각각 1.031 및 1.098 mg AA eq/g sample(dry basis)로 나타난 반면 불린 후 볶은 수수가루를 첨가한 두부에서는 0.929 및 0.928 mg AA eq/g sample(dry basis)으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Fig. 1에서 나타난 바와 같이 물에 불리지 않고 볶은 수수가루를 첨가한 두부의 페놀성 화합물 함량이 불린 후 볶은 수수가루를 첨가한 두부의 페놀성 화합물 함량보다 높다는 사실과 일치하였다. 또한 Table 1에서 콩의 항산화활성이 물에 불린 후 볶은 수수가루의 항산화활성보다 높았음에도 불구하고 물에 불린 후 볶은 수수가루를 첨가한 두부에서도 무첨가 두부에 비하여 항산화활성이 뚜렷이 증가하였다. 이와 같은 연구결과는 콩의 항산화활성을 나타내는 성분은 두부를 제조하는 과정에서 상당량 손실되었음에 반해 수수가루에 포함된 항산화활성을 나타내는 성분은 안정적으로 유지되거나 더욱 증가하였음을 유추할 수 있었다. 두부제조 시 열에 안정적인 항산화활성을 지닌 불리지 않고 볶은 수수가루의 첨가는 효과적으로 두부의 항산화력을 증진시킴으로써 건강기능성 두부의 제조가 가능한 것으로 판단되었다.

9. Jeon MK, Kim MR. 2006. Quality characteristics of tofu prepared with herbs. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 30-36.
10. Han MR, Kim MH. 2007. Quality characteristics and storage improvement studies of *Rubus coreanus* added soybean curd. *Food Engin Prog* 11: 167-174.
11. Kim JY, Park GS. 2006. Quality characteristics and shelf-life of tofu coagulated by fruit juice of *Pomegranate*. *Korean J Food Cul* 21: 644-652.
12. Jung GT, Ju IO, Choi JS, Hong JS. 2000. Preparation and shelf-life of soybean curd coagulated by fruit juice of *Schizandra chinensis* Ruprecht (Omija) and *Prunus mume* (maesil). *Korean J Food Sci Technol* 32: 1087-1092.
13. Lee YT. 2007. Quality characteristics and antioxidative activity of soybean curd containing small black soybean. *Korea Soybean Digest* 24: 14-22.
14. Kim KO, Kim HS, Ryu HS. 2006. Effect of *Sorghum bicolor* L. Moench (sorghum, su-su) water extracts on mouse immune cell activation. *J Korean Diet Assoc* 12: 82-88.
15. Grimmer HR, Parbhoo V, McGrath RM. 1992. Antimutagenicity of polyphenol-rich fraction from *Sorghum bicolor* grain. *J Sci Food Agric* 59: 251-256.
16. Ha TY, Cho IJ, Nam YJ. 1996. Screening of inhibitory activity against oxidative stress from several agricultural products. The 57th annual meeting of the Korean Society of Food Science and Technology, Seoul, Korea.
17. Ha TY, Cho IJ, Lee SH. 1998. Screening of HMG-CoA reductase inhibitory activity of ethanol and methanol extracts from cereal and legumes. *Korean J Food Sci Technol* 30: 224-229.
18. Kil HY, Seong ES, Ghimire BK, Chung IM, Kwon SS, Goh EJ, Heo K, Kim MJ, Lim JD, Lee D, Yu CY. 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of crude sorghum extract. *Food Chem* 115: 1234-1239.
19. Awika JM, Rooney LW, Waniska RD. 2004. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chem* 90: 293-301.
20. Dykes L, Rooney LW. 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *J Cereal Sci* 44: 236-251.
21. Chang HK. 2005. Effect of processing methods on the chemical composition of *Panax ginseng* leaf tea. *Korean J Food Nutr* 18: 63-71.
22. Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
23. Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J Food Biochem* 25: 361-377.
24. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
25. Kim KS. 2007. Functional ingredient composition of soybean curds (tofu) made with black soybean (Huktae) and white soybean (Baktae). *Korean J Food Nutr* 20: 158-163.
26. Kamath VG, Chandrashekar A, Rajini PS. 2004. Antiradical properties of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) flour extracts. *J Cereal Sci* 40: 283-288.
27. Awika JM, McDonough CM, Rooney LW. 2005. Decorticating sorghum to concentrate healthy phytochemicals. *J Agric Food Chem* 53: 6230-6234.
28. Kim SS, Park MK, Oh NS, Kim DC, Han MS, In MJ. 2003. Studies on quality characteristics and shelf-life of chlorella soybean curd (tofu). *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 16: 12-15.
29. Kim SM, Cho YS, Sung SK. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33: 626-632.

(2009년 8월 18일 접수; 2009년 9월 21일 채택)