

국내 주요 콩 품종의 두부 품질특성 평가

심은영* · 이춘기 · 박혜영 · 이유영 · 최혜선 · 이석기 · 김홍식¹ ·
강범규¹ · 천아름 · 김미정 · 광지은 · 전용희²

국립식량과학원 중부작물부 수확후이용과, ¹남부작물부 발작물개발과, ²영덕출장소

Quality Characteristics of Tofu Made from Korean Soybean Cultivars

Eun-Yeong Sim*, Choon Ki Lee, Hye-Young Park, Yu Young Lee, Hye-Sun Choi, Seukki Lee,
Hong Sik Kim¹, Beom-Kyu Kang¹, Areum Chun, Mijung Kim, Jieun Kwak, and Yong-hee Jeon²

Crop Post-Harvest Technology Research Division, National Institute of Crop Science, RDA

¹*Upland Crop Breeding Research Division, National Institute of Crop Science, RDA*

²*Youngdeok Branch, National Institute of Crop Science, RDA*

Abstract

In this study, the physicochemical traits of soybean (100-seed weight, seed coat rate, protein content, composition, and amino acid content) and the quality of tofu (texture and sensory characteristics) were evaluated in order to determine the features of six varieties (Saedanbaek, Daechan, Daepung2, Seonpung, Miso, Saegueum) in terms of textural and sensory characteristics of tofu. Regardless of cultivar, the order of amino acid composition rate was as follows: Glutamic acid > Aspartic acid > Arginine > Leucine > Lysine. Approximately 50-60% of tofu (dry weight) consisted of protein, and among the cultivars, Tofu made from Saedanbaek showed the highest amount of protein at 59%. It was followed by tofu made from Miso at 54%. The rest contained about 50% protein. According to the result of correlation, crude lipid (-0.933**), crude protein (0.961**), and total phosphorus (0.924**) were strongly correlated with tofu hardness, and such factors could be utilized as an indicator of tofu quality.

Key words: tofu, soybean, cultivars, quality characteristics, hardness

서 론

두부는 전통적으로 우리나라와 중국, 일본 등에서 제조되어 온 대표적인 콩 가공 식품으로서 곡류 위주의 식생활에서 부족하기 쉬운 라이신(lysine)과 같은 필수 아미노산 및 칼슘, 철분 등의 무기질이 다량으로 함유되어 있으며, 소화 흡수율이 높고(Kim et al., 1993; Kim et al., 2005; Guo et al., 2018; Seo & Kim, 1995), 값이 저렴하면서 간편하게 이용할 수 있는 양질의 단백질 식품이다. 두부는 원료 콩을 물에 불린 후 마쇄, 끓임, 여과의 과정을 통해 단백질을 포함한 수용성 성분을 용출한다. 그 후 염류인 Mg^{2+} , Ca^{2+} 이 주 성분인 두부 응고제를 첨가하여 침전 및 응고시킨 후 압착하여 제조한다. 식품성분표상 동결 및 건조두부는 수분 7.2%, 조단백질 50.5%, 지질 34.1% 그리고 536

kcal/100 g의 열량을 함유하고 있다고 알려져 있으나(Rural Development Administration. Food composition table), 콩의 품종, 두유 추출조건 및 농도, 응고제의 종류 및 응고 조건 등에 따라 두부의 품질 및 성분이 달라진다. 두부의 주 원료인 콩의 국내 생산량은 2018년 대비 4000톤이 증가한 8만9410톤이다(재배면적 3% 증가). 콩 수입량은 연평균 27만 톤 내외로 주요 수입국은 미국과 중국이며, 용도별로는 두부-두유용 일반 콩이 86%, 콩나물 콩이 14%인데, 수입 일반 콩은 미국산(87%), 중국산(6%), 캐나다산(5%) 순이며 콩나물 콩은 중국산(77%), 미국산(18%), 캐나다산(6%) 순으로 보고되었다(Korea Rural Economic Institute. Agricultural outlook 2019). 두부는 고단백 영양식품으로 다이어트를 목적으로 하는 소비자, 채식주의자, 치아가 약한 유아나 노인들에게 좋은 식품으로 권장될 수 있으며, 영양학적 우수성뿐만 아니라 daidzein, genistein 등의 isoflavones과 사포닌, 레시틴, 폴리페놀 등을 함유하고 있어 성인병의 예방 및 치료를 위한 기능성 식품 소재로서도 연구가 되고 있다(Chung et al., 2011). 두부 선행연구로는, 콩의 유전형과 가공법에 따른 두부의 품질특성 연구(Stanojevic et al., 2011), 두부 응고제에 따른 물성 변화에

*Corresponding author: Eun-Yeong Sim, Post-Harvest Technology Division, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16613, Korea
Tel: +82-31-695-0612; Fax: +82-31-695-0609
E-mail: silvery1225@korea.kr
Received October 28, 2019; revised February 17, 2019; accepted February 17, 2019

관한 연구(Yasir et al., 2007; Li et al., 2015), 구성 단백질 조성에 따른 두부 품질특성에 관한 연구(Mujoo et al., 2003; Saio et al., 1968; Yang & James, 2013), 콩 품종에 따른 두부 수율과 품질(Wang et al., 1983) 등이 있다. 국립식량과학원에서 육성한 주요 콩 품종의 특성을 파악하고 두부의 영양학적 가치를 평가하여 국산 콩의 소비량을 증진시키고자 주요 콩 6품종의 이화학 특성 검정을 하였고, 두부를 제조하고 품질특성을 평가하였다.

재료 및 방법

시험재료

실험에 사용한 콩은 2018년도에 농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부(수원)에서 재배한 것을 사용하였으며, 두부 응고제는 염화칼슘(calcium chloride 94%, ES food, Gunpo, Korea)을 사용하였다.

콩의 백립중 및 종피비율 측정

콩의 완전립을 정선하여 품종별 100립의 중의 무게를 측정하였으며, 종피비율 측정은 콩 종자 동결 건조 전 후 무게 및 탈피 후 무게를 측정하여 종피비율을 산출하였다.

콩 및 두부의 일반성분 분석

원료 콩 및 제조된 두부의 수분, 조단백질(질소환산계수 6.25), 조지방, 회분함량은 AACC 방법(2018)에 따라 분석하여 건물 중으로 나타내었다. 두부시료는 건조시킨 두부를 분말화 한 후 분석 시료로 사용하였고 실험방법은 상기 내용과 같았다.

콩의 아미노산 분석

시료 40 mg을 6N HCL 15 mL에 넣고 N₂ gas로 약 1분간 purging을 시켜준다. 그 후 110°C의 드라이오븐에 넣어 22시간 반응 후 evaporator로 60°C에서 감압 농축을 한다. 그 후, 0.02N HCl 100 mL를 넣은 후, 0.45 µm의 filter로 여과시켜 준 후 vial에 넣어 아미노산 분석기(L-8800, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다.

무기성분 함량 분석

무기성분 함량은 ICP법으로 분석하였는데, 시료의 수분을 105°C에서 모두 제거하고 분말화하였다. 0.5 g을 칭량하여 분해용기에 담고 질산 10 mL를 넣고 밀봉하였다. 1,200 W의 전자파로 질산에 들어있는 sample을 녹였고, 170°C에서 10분 간 분해하였다. 50 mL 플라스크에 증금속 전용 여과지인 Watman No. 40을 사용하여 여과한 후, 최종부피를 50 mL 표선까지 채운 후 검액으로 사용하였다. 유도결합플라즈마발광광도기(ICP-AES)를 사용하여 검액 내 무기성분 농도를 정량하였으며, 칼륨, 총인, 칼슘, 마그네슘 등

이었다. 각 무기성분 마다 고유 발광 파장이 존재하는데, 발광선 및 발광강도를 측정하여 아래의 계산식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{무기성분(mg/kg)} = \frac{[\text{기기검출농도(mg/L)} - \text{방법바탕시약농도(mg/L)}] \times \text{검액최종부피(L)}}{\text{시료 건조중량(g)}}$$

두부 제조시험

실험용 두부는 완전립 콩으로 정선한 것을 사용하였으며, 예비실험을 통해 설정된 온추출 방식의 표준공정으로 제조하였다. 본 실험에 사용된 두부 성형틀(가로 9 cm×세로 7 cm×높이 5 cm)의 크기에 맞추어 원료 콩 100 g을 사용하였다. 콩을 25°C에 16시간을 불린 후 1,700 mL 증류수를 넣고 기타액체가열기기(RFM-1000, Joyoung Onondo Small Household Appliances Co., Hangzhou, China)로 30분간 마쇄 및 가열하여 수용성 물질을 추출하였다. 마쇄한 두미를 여과망에 거른 후 여액을 모두 압착시켜 준 후 스테인리스 용기에 담아 온도를 체크하며 80°C에서 응고제인 염화칼슘(CaCl₂) 5 g를 넣고 75°C까지 잘 응고되게 하였다. 응고물은 두부 성형틀에 넣고, 지름 12 cm 높이가 3 cm의 1 kg 무게의 누름돌을 이용하여 20분간 압착시켰다. 압착된 두부를 15°C 물에 20분 수침시킨 후 완성 두부로 실험 재료로 사용하였다. 두부 제조 시 칼슘 양이 과다(최적 응고제 함량 초과)하면 단백질 간의 결합이 아닌 단백질 분자 내에 칼슘 결합으로 응고가 감소하여 다시 단백질이 녹아나 수율 향상에 도움이 되지 않았다고 하였는데(Park & Hwang, 1994), 이를 토대로 최적 간수량을 설정하였다.

두부 고형분 및 수율

수침시킨 두부를 꺼내어 경사지에 놓아 두부의 수분을 제거한 후 두부의 무게를 측정하고, 중심부에서 3 g를 취하여 105°C의 드라이 오븐에서 42시간 건조시킨 후 무게를 측정하여 두부의 고형분 함량 및 수율(산출량/투입량×100)을 구하였다.

두부의 색도 측정

두부의 색도는 색차계(CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 명도를 L값, 적색도를 a값, 황색도를 b값으로 각각 나타내었다. 이 때, 표준 백색판의 L, a 및 b 값은 각각 98.82, -0.1, -0.39이었다.

두부의 조직감 측정

두부의 조직감은 texture analyzer (TA XT Plus, Stable Micro System, London, UK)를 사용하여 Pre-test speed 5.0 mm/sec, Post-test speed 5.0 mm/sec, Strain 100%, Probe

diameter 0.5 mm의 조건으로 측정하였다. 조직감 측정에 사용한 시료는 두부 슬라이서로 1.5 cm 간격으로 일정하게 절단한 두부의 단면을 측정에 사용하였으며, 8회 반복 측정한 경도(hardness)의 평균값을 사용하였다.

통계처리

본 연구에서 아미노산과 무기성분 분석을 제외한 실험 결과는 3회 이상 반복하여 평균으로 나타내었으며 SPSS software package(version 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 통계처리를 하여 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 통하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성 있는 그룹 간의 차이를 검정하였고, 상관관계는 Pearson의 상관계수로 나타내었다.

결과 및 고찰

원료 콩의 외관 및 백립중 · 종피함량 측정

주요 콩의 100립 중 및 종피비율은 Fig. 1과 같았고, 외관은 Fig. 3과 같았다. 100립 중은 미소, 새금이 가장 높았고 대풍2호, 대찬, 선풍 및 새단백 순서를 보였다. 100립 중과 종피는 콩의 가공적성에서 가장 중요한 인자 중 하나로서 생산성과 관련 있는 양적 특성이다. 종피(seed coat)는 종자를 보호하는 역할을 하는데 물리적으로 외부인자의 침입이나 오염원으로부터 보호하는 효과를 가진다(Mulling

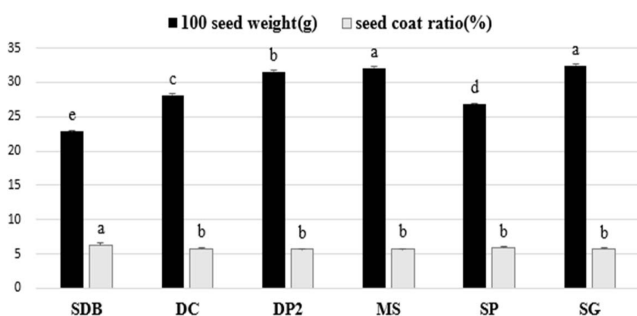


Fig. 1. 100-seed weight and seed coat rate of six soybeans. Means in bar with different letters are significantly different ($p < 0.05$). SDB: Saedanbaek, DC: Daechan, DB2: Daepung2ho, MS: Miso, SP: Seonpung, SG: Seageum.

& Xu, 2001; Ma et al., 2004). 일반적으로 우리나라 전통 장류 제조에는 종피까지 포함하여 사용하지만, 두유(전두부 제외)나 두부를 제조할 때에는 종피는 거의 포함되지 않기 때문에 종자에 있어 종피비율 또한 중요하며, 6가지 품종 중 ‘새단백’이 다른 품종들에 비해 종자에서 차지하는 종피의 비율이 가장 높았고, 나머지 품종들은 비슷한 수치를 나타내었다.

원료 콩 및 두부의 일반성분 분석 결과

콩의 수분, 조단백, 조지방 회분, 탄수화물의 함량은 각각 5.93-7.04%, 37.34-45.88%, 14.46-19.44%, 4.69-5.38%, 27.24-33.01%의 범위를 나타내었다(Table 1). 단백질 함량이 높아질수록 상대적으로 지방의 함량이 감소하였으며, 선행연구와 유사하게(Lee S, 1993; Seo & Kim, 1995) 콩 종자의 탄수화물은 대부분이 식이섬유인 것으로 나타났다. Table 1의 콩 품종으로 두부를 제조하여 일반성분을 분석한 결과는 Table 3과 같았다. 두부 일반성분(건량 기준)을 분석한 결과, 수분 3.23-3.62%, 조단백 48.28-59.20%, 조지방 19.57-31.28%, 회분 4.52-5.58%, 탄수화물 10.89-14.64%의 함량 범위를 각각 나타내었다.

콩의 아미노산 분석 결과

단백질은 콩의 대부분을 구성하는 성분이며, 이러한 단백질을 구성하는 단위는 아미노산이다. 함량 및 조성이 콩 품종, 재배 조건 및 환경 등에 따라 달라지게 되는데, 본 연구의 품종별 아미노산 분석 결과는 Table 2와 같았다. 필수 아미노산의 경우(트립토판 제외), 160-190.11 mg/g의 범위를 보였는데, 단백질 함량이 가장 높았던 새단백이 190.11 mg/g으로 가장 높았고, 미소 품종이 176.23 mg/g으로 나타내었다. 비필수 아미노산의 경우에도 새단백이 206.73 mg/g으로 가장 높았고, 미소가 196.63 mg/g을 나타내었다. 총 아미노산의 범위는 332.79(대풍2호)-396.84(새단백) mg/g이었고, 미소는 372.87 mg/g을 함유하였다. 아미노산은 콩 품종에 관계없이 Glutamic acid > Aspartic acid > Arginine > Leucine > Lysine 순으로 많이 함유하였는데 Methionine, Cysteine 등은 4 mg/g 이하로 미량을 함유하였다. 이는, Kim et al. (2005)의 연구 결과와 유사한 경향이

Table 1. Proximate composition of six soybean cultivars (%)

Variety	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)	Carbohydrate (%)	Dietary fiber(%)
Saedanbaek	7.04 ^a	45.88 ^a	14.46 ^e	5.38 ^a	27.24 ^d	28.30
Daechan	5.93 ^c	38.86 ^d	19.44 ^a	5.05 ^b	30.72 ^b	28.68
Daepung2ho	6.12 ^b	40.36 ^e	19.15 ^{ab}	4.80 ^d	29.57 ^c	30.54
Miso	5.20 ^d	41.28 ^b	16.84 ^d	5.34 ^a	31.34 ^b	29.31
Seonpung	5.98 ^c	37.34 ^e	18.75 ^b	4.92 ^c	33.01 ^a	29.85
Saegeum	6.20 ^b	38.86 ^d	17.60 ^e	4.69 ^e	32.65 ^a	30.36

Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

Table 2-1. Contents of essential amino acids of six soybean cultivars (mg/g)

Essential	Val ¹⁾	Leu	Ile	Met	Thr	Lys	Phe	His	Arg	Total
SDB ²⁾	22.19	32.87	19.73	2.86	14.42	26.76	21.28	12.00	38.00	190.11
DC	18.91	28.77	17.44	3.50	12.68	23.70	18.01	10.03	27.60	160.63
DP2	19.08	28.73	17.86	2.87	12.57	23.31	18.07	9.80	26.06	158.34
MS	18.86	32.12	19.71	3.25	13.69	24.68	21.11	10.09	32.73	176.23
SP	16.69	29.73	17.91	3.86	13.28	23.73	18.96	9.64	28.32	162.12
SG	18.22	31.46	18.77	3.43	13.65	24.23	20.31	10.55	31.07	171.69

¹⁾ Essential amino acids, Val: Valine, Leu: Leucine, Ile: Isoleucine, Met: Methionine, Thr: Threonine, Lys: Lysine, Phe: Phenylalanine, His: Histidine, Arg: Arginine, Try: Tryptophan.

²⁾ SDB: Saedanbaek, DC: Daechan, DB2: Daepung2ho, MS: Miso, SP: Seonpung, SG: Seageum.

Table 2-2. Contents of nonessential amino acids of six soybean cultivars (mg/g)

Non-essential	Asp ³⁾	Ser	Glu	Gly	Ala	Cys	Tyr	NH3	Total	⁴⁾ E+N
SDB ⁵⁾	48.39	14.13	81.31	18.29	17.84	3.01	14.82	8.93	206.73	396.84
DC	41.32	11.55	65.57	15.82	16.11	2.72	13.13	7.85	174.07	334.70
DP2	41.73	12.32	65.21	15.79	15.68	3.80	12.78	7.13	174.44	332.79
MS	49.46	13.29	72.71	17.71	17.57	3.34	13.61	8.95	196.63	372.87
SP	43.31	12.70	65.01	16.30	15.89	2.23	13.31	11.06	179.81	341.93
SG	44.86	12.91	66.01	16.93	17.08	3.39	14.07	8.58	183.82	355.51

³⁾ Asp: Aspartic acid, Ser: Serine, Glu: Glutamic acid, Gly: Glycine, Ala: Alanine, Cys: Cysteine, Tyr: Tyrosine.

⁴⁾ E+N: Contents of essential and non-essential amino acids.

⁵⁾ SDB: Saedanbaek, DC: Daechan, DB2: Daepung2ho, MS: Miso, SP: Seonpung, SG: Seageum.

었으나 완전히 일치하지는 않았다. 같은 품종이라도 재배 환경에 따라 아미노산의 함량 및 조성이 변할 수 있으며, 가공처리에 따라서도 달라질 수 있기 때문에 판단하였다. Wolf et al. (1982)은 Methionine이 따뜻한 기후환경에서 증가한다고 하였고, Constanza et al. (2011)은 각각의 아미노산은 seed filling period의 환경조건에 따라 다르게 반응하며 그들 사이에 보상효과가 있다고 하였으며, Karr-Lilienthal et al. (2005)은 미국 남부에 비해 북부지방에서 재배 및 수확한 콩의 총 아미노산 함량이 낮다고 하였다. 특히, 가공 중에서도 아미노산 함량이 변할 수 있는데 압력 처리를 통해 아미노산 함량(특히, GABA)을 증대시켰다고 보고하였다(Ueno et al., 2010).

콩의 무기성분 함량 분석 결과

콩의 무기성분 함량을 분석한 결과는 Fig. 2와 같았으며 품종에 관계없이, 칼륨(K) > 총인(total phosphorus) > 마그네슘(Mg) > 칼슘(Ca) 순이었다. 칼륨, 총인은 각각 19315 mg/kg(미소)-16944(새금), 7777(새단백)-6066(대풍2호) 범위를 나타내었고, 마그네슘, 칼슘은 각각 2004 mg/kg(대찬)-1722(새금), 1869(대찬)-1202(미소) 범위를 나타내었다. 콩에 함유되어 있는 인 중 70-80%가 phytic acid에 포함되어 있으며 대부분은 두유에 용출되어 두부로 이행된다고 하였다(Saio et al. 1967). Mulvihill & Kinsella (1987)는 단백질 겔은 단백질-단백질, 단백질-용매 간의 인력에 의해 이루어지며 단백질의 3차원 망이 그 안에 물을 가두어 탄력

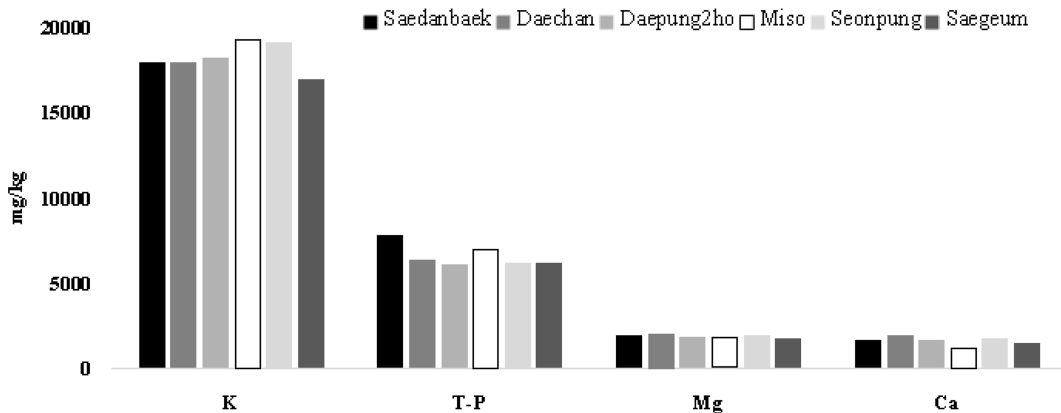


Fig. 2. Mineral contents of six soybean cultivars (mg/kg). K: Potassium, T-P: Total Phosphorus, Mg: Magnesium, Ca: Calcium.

성을 띄게 되는데 너무 빠른 응고는 단백질이 일정한 모양으로 정렬될 시간이 없으므로 단단해지며 물이 빠져나오는 이수현상(syneresis)을 가져 온다고 하였다. 두부 제조 시 두유에 phytic acid를 첨가하면 강도가 현저하게 낮은 두부를 생성하며, 이는 phytic acid가 칼슘과 결합하여 콩 단백질을 칼슘과 결합하는 것을 지연시키므로 보수력을 증가시켜 부드러운 겔을 형성하게 한다고 보고하였는데(Saio et al., 1968), 본 연구에서는 인의 함량과 두부 경도의 관계가 정의 상관을 나타내어 선행연구와는 다소 상반된 결과가 도출되었다. 이는 첫째, 본래 콩이 함유하고 있는 인과 인위적인 phytic acid의 첨가에 따른 두부 물성의 차이 즉, 인위적으로 첨가된 phytic acid는 콩에 함유되어 있는 인의 70-80%가 phytic acid인 것과는 별개로서 콩이 함유하는 인의 특성과 두부의 관계를 완벽하게 설명하기 어렵고, 둘째, 시험 재료의 품종(이화학 특성) 및 두부 응고제, 압착 조건 등 두부 가공방법의 차이로 인해 상반된 결과를 도출한 것으로 판단하였다. 본 연구는 원료 콩이 본래 함유하고 있는 무기성분 및 이와 관련된 두부물성에 관한 내용으로서 대부분의 phytic acid가 존재하는 7S와 11S 분획의 조성 및 함량에 따라 두부 수율과 강도가 달라질 수 있을 것이라 생각되었다. 즉, 두부의 경도는 콩의 단백질 함량과 고형분, 응고제의 종류 및 농도 뿐 아니라 콩이 함유하고 있는 인의 함량에 따라 영향을 받을 수 있다.

두부 고형분 및 수율 분석 결과

두부의 수율 및 품질은 콩의 이화학적 특성과 밀접한 관계가 있으며, 이 조성은 품종에 따라 현저하게 다르다. 두부의 수분함량 및 고형분 함량은 선행연구에서는 80-85% 범위(LEE BY et al., 1990; Cheigh CI et al., 2016)으로 조사된 바 있으나, 압착조건, 간수종류 등 가공방법에 따라 수분(고형분) 함량이 달라지게 되는데, 본 연구에서는 78-79%의 범위를 나타내었다(Table 3). 수율은 두부 생산에 있어 중요한 조사항목으로 본 연구에서는 233(대찬)-258(미소)%의 범위를 나타내었다. 본 연구결과는 원료 콩의 단백질 함량만으로 수율을 결정지을 수 없다는 Shen et al. (1991)의 연구결과와 일치하였고, 단백질 함량뿐만 아니라

조성 등 질적인 차이가 중요하다고 판단되었다(Meng et al., 2016). 또한, 응고제 중 2가 칼슘 양이온의 함량이 지나치게 많아지면 콩 내부의 aspartic acid와 glutamic acid의 카르복실기와 histidine의 imidazol기에 칼슘이 결합하여 두부 수율이 감소할 수 있다고 하였다(Kroll, 1984). 결론적으로, 콩 품종에 따른 두부의 수율과 품질 조사 결과, 원료 콩의 단백질 함량이 높을수록 두부의 단백질 함량은 증가하고, 가공과정 중 콩으로부터 단백질 추출률이 증가할수록 두부 수율도 증가하였다(Wang et al., 1983). 콩은 40% 가량이 단백질로 구성되어 있으며, 그 중 약 30%가 수용성 글로불린으로 구성되어 있다. 콩의 가용성 단백질 함량은 콩 건물 중 평균 33.3%이나, 실제로 그 범위가 넓어서 27-37%나 된다고 하였는데, 이와 같은 큰 변이로부터 다양한 결과를 도출할 수 있을 것으로 생각되었다. 한편, SDS-PAGE상의 11S fraction 단백질, 7S의 α' 폴리펩타이드 그리고 11S의 basic polypeptide가 각각 두부의 수율에 영향을 준다는 연구결과가 보고된 바 있으므로 6품종의 단백질 분획에 따른 두부 품질에 대한 추가연구가 필요하다.

두부의 색도, 외관 및 경도 측정

두부의 색도, 외관을 측정된 결과는 Table 4, Fig. 3과 같았다. 시험재료의 명도(L)는 87.37-89.78의 범위를 나타내었는데, ‘미소’ 두부가 가장 높았고, ‘새금’ 두부가 가장

Table 4. Hardness and color of tofu made from six soybean cultivars

Cultivar	Hardness (g)	Color		
		L	a	b
Saedanbaek	2,567.8 ^a	87.97 ^c	0.76 ^b	14.72 ^a
Daechan	1,890.3 ^{cd}	88.50 ^b	0.75 ^{bc}	14.60 ^a
Daepung2ho	1,936.1 ^{bcd}	87.53 ^d	0.82 ^a	13.75 ^c
Miso	2,043.8 ^b	89.78 ^a	0.61 ^d	13.29 ^d
Seonpung	1,842.2 ^d	88.42 ^b	0.72 ^c	14.25 ^b
Saegeum	1,973.3 ^{bc}	87.37 ^d	0.56 ^e	13.52 ^{cd}

Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Quality properties of six tofu (left) and proximate composition of each tofu made from six soybean cultivars (right)

Cultivar	Yield (%)	Total solid contents (%)	Moisture (%)	Lipid (%)	Ash (%)	Protein (%)	Carbohydrate (%)
SDB	238.67 ^b	20.45 ^b	3.73 ^a	19.57 ^e	5.58 ^a	59.20 ^d	11.93 ^c
DC	233.56 ^b	21.25 ^a	3.39 ^b	29.16 ^b	5.05 ^d	50.15 ^d	12.26 ^c
DP2	238.06 ^b	20.80 ^b	3.25 ^{bc}	31.28 ^a	4.56 ^e	48.99 ^e	11.91 ^c
MS	258.92 ^a	20.41 ^b	3.23 ^c	25.86 ^d	5.36 ^b	54.32 ^b	14.64 ^a
SP	234.78 ^b	20.74 ^b	3.58 ^a	28.63 ^b	5.23 ^c	48.28 ^f	10.89 ^d
SG	238.46 ^b	21.20 ^a	3.62 ^a	27.00 ^c	4.52 ^e	51.56 ^c	13.29 ^b

Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$). SDB: Saedanbaek, DC: Daechan, DB2: Daepung2ho, MS: Miso, SP: Seonpung, SG: Saegeum.

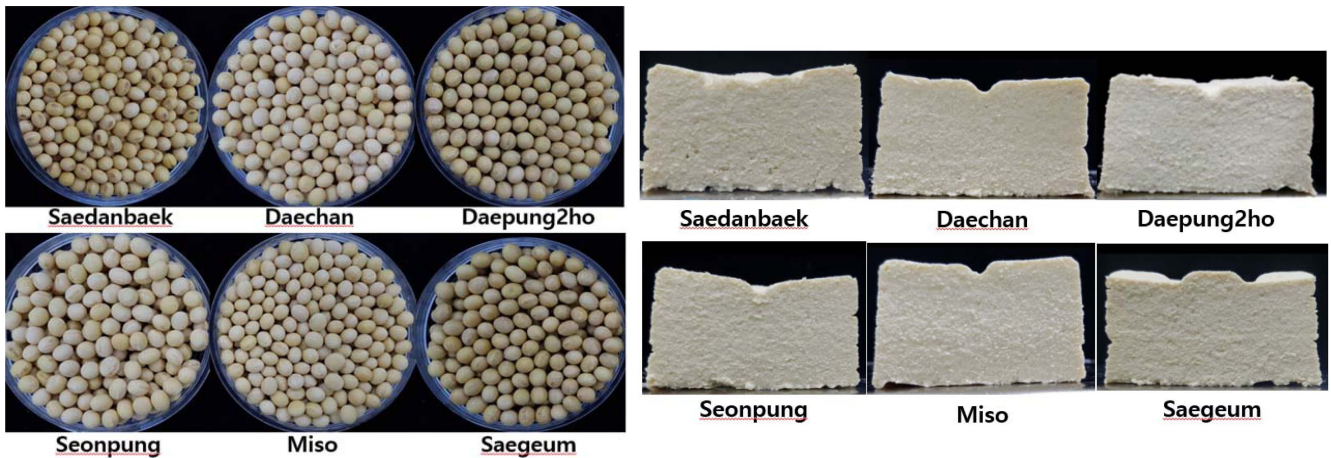


Fig. 3. External appearance of six soybean cultivars and each tofu.

낮았다. 적색도(a)는 0.56(새금)-0.82(대풍2호)의 범위를 보였고, 황색도(b)는 13.29(미소)-14.72(새단백)의 범위를 보였다. 육안 관찰 및 색차계를 통한 색상 평가에서, 명도가 높을수록, 황색도가 낮을수록 기호도가 증가하였다(data not shown). 한편, 경도 등 물성은 두부의 미세구조와 직접 상관이 있는 평가 항목으로, 화학적 조성 과 물리적 힘에 의해 결정된다고 하였다(Stanley & Tung, 1976). 콩 단백질의 대부분을 차지하는 11S와 7S 단백질은 열을 가한 후 응고제(간수)를 넣자마자 겔을 형성하는데, 11S에서 정전기적 상호작용과 disulfide결합이 단백질 겔의 3차원적 망상구조를 형성하는데 중요하고, 수소결합과 소수성 상호작용은 7S 단백질 겔 망상구조에 중요하다고 하였다(Utsumi & Kinsella, 1985). 또한, 11S 단백질이 7S 단백질보다 더 많은 총 cysteine 그룹을 함유하고 있으므로 11S/7S 비율이 증가하면, 더 많은 공유결합이 disulfide 결합을 통해서 더 강한 분자적 힘(공유결합)이 두부의 firmness를 증가시킨다고 하였다(Saio et al., 1985). 본 연구에서는, 단백질 함량이 45%로 가장 높은 새단백으로 만든 두부의 경도가 2567.8 g로 가장 높았고, 단백질 함량이 40%인 미소로 만든 두부가 2043.8 g으로 그 뒤를 이었고, 1842.2 g로 '선풍' 두부가 가장 낮았다. 이는 콩의 단백질 함량이 두부의 물성(경도)과 상관관계가 있다는 선행 연구결과와도 일치하였다(Poysa & Woodrow, 2002). Bunya 콩으로 연두부를 만들었을 때, 11SA4와 관련 단백질의 소단위 구성이 연두부의 물성과 수분손실에 있어서 중요하다고 하였지만, 밝혀지지 않은 인자들 또한 중요하게 작용할 수 있다고 하였고(Yang & James, 2013), 경도 등 두부 물성과 관련하여 콩의 11S 단백질 fraction, 11S/7S비율 모두 물성의 지표가 될 수 있는데 총 단백질의 peak 7과 두부의 firmness에서, 그리고 7S fraction의 peak 7과 두부의 firmness에서 강한 상관을 도출한 바 있다(Mujoo et al., 2003).

콩과 두부 품질 인자의 상관성 분석결과

두부 경도에 영향을 미치는 원료의 인자로 조단백(0.961**), 조지방(-0.933**), 총 인(0.924**)이 있었고 높은 상관관계를 나타내었다. 가열 및 마쇄한 콩물을 두부로 만들 때, 첨가한 염화칼슘(응고제)뿐만 아니라 콩이 본래 함유하고 있던 무기성분인 인(phosphorus)의 함량이 두부 경도에 영향을 주는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구는 콩 품종이 두부 품질특성에 미치는 영향을 살펴보기 위해 콩의 백립중 함량, 종피비율, 단백질 함량, 아미노산 조성 및 함량 등을 평가하였고, 두부의 색도, 물성 등 품질특성을 평가하였다. 6가지 시험 품종 중 '미소'의 백립중이 가장 높았고, 단백질 및 아미노산 함량은 '새단백', '미소' 순으로 함량이 높았다. 콩에서 구성 아미노산 조성 비율은 glutamic acid > aspartic acid > arginine > leucine > lysine의 순이었다. 두부 수율은 새단백, 미소 품종이 콩 중량대비 각각 2.58, 2.38배로 시험재료들 중 가장 높았다. 단백질 함량이 높은 품종일수록 두부를 만들었을 때, 더욱 단단했으며 2568(새단백)-1842(선풍)g 범위를 보였다. 관능특성 평가에서는 선택, 질감 및 전반적인 항목에서 '미소' 두부가 높은 점수를 받았다. 본 실험의 상관성 분석결과, 두부 경도에 영향을 미치는 원료의 인자로 조단백(0.961**), 조지방(-0.933**), 총인(0.924**)이 높은 상관관계를 나타내었는데, 첨가된 응고제뿐만 아니라 콩이 본래 함유하고 있던 무기성분인 인(phosphorus)의 함량이 두부 경도에 영향을 주는 것으로 나타났다. 간수 종류, 콩의 품종, 가공방법의 차이로부터 다양한 결론에 이를 수 있을 것으로 판단하였고, 단백질 분획에 따른 두부품질에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01350803)의 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

References

- Cheigh CI, Moon HK, Lee SW, Kim JK. 2016. Quality characteristics of white (Baktae) and black (Seoritae) soybean curds coagulated by Omija extract. *Korean J. Food Preserv.* 23: 42-48.
- Chung IM, Seo SH, Ahn JK, Kim SH. 2011. Effect of processing, fermentation, and aging treatment to content and profile of phenolic compounds in soybean seed, soy curd and soy paste, *Food Chem.* 127: 960-967.
- Constanza SC, Cora MR, Gustavo JF, María J M, Julio D, Silvia LR. 2011. Amino acid composition of soybean seeds as affected by climatic variables. *Pesq. Agropec. Bras.* 46: 1579-1587.
- Guo Y, Hu H, Wang Q, Liu H. 2018. A novel process for peanut tofu gel: Its texture microstructure and protein behavioral changes affected by processing conditions. *Food Sci. Technol.* 96: 140-146.
- Karr-Lilienthal LK, Grieshop CM, Spears JK, Fahey GC. 2005. Amino Acid, Carbohydrate, and Fat Composition of Soybean Meals Prepared at 55 Commercial U.S. Soybean Processing Plants, *J. Agr. Food Chem.* 53: 2146-2150.
- Kim SL, Chi HY, Son JR, Park NK, Ryu SN. 2005. Physico-chemical Characteristics of Soybean Seed Coat and Their Relationship to Seed Lustre. *Korean J. Crop Sci.* 50: 123-131.
- Kim MJ, Kim HT, Choi YB, Hwang HS, Kim TY. 1993. Effects of cow's milk addition on the quality of soybean curd. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 22: 437-442.
- Kim H, Kim KA, Cha EJ, Han NS. 2005. Property analysis of soybean curd produced by automatic and consecutive processes. *Food Eng. Prog.* 9: 303-308.
- Korea Rural Economic Institute. Agricultural outlook 2019 <http://aglook.krei.re.kr/jsp/pc/front/prospect/eventDataDtl.js>.
- Kroll RD. 1984. Effect of pH on the binding of calcium ions by soybean proteins. *Cereal Chem.* 61: 490-495.
- Lee BY, Kim DM, Kim KH. 1990. Studies on the processing aptitude of the Korean soybean cultivars for soybean curd. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 363-368.
- Lee S. 1993. Dietary Fiber Contents in Some Cereals and Pulses. *Korean J. Nutr.* 26: 98-106.
- Li M, Chen F, Yang B, Yang H, Liu K, Bu G, Fu C, Deng Y. 2015. preparation of organic tofu using organic compatible magnesium chloride incorporated with polysaccharide coagulants. *Food Chem.* 167: 168-174.
- Ma F, Cholewa E, Mohamed T, Peterson C A, Gijzen M. 2004. Cracks in the palisade cuticle of soybean seed coats correlate with their permeability to water. *Ann. Bot.* 94: 213-228.
- Meng S, Chang S, Gillen AM, Yan Z. 2016. Protein and quality analyses of accessions from the USDA soybean germplasm collection for tofu yield and texture. *Food Chem.* 82: 265-273.
- Mujoo R, Trinh DT, Ng PKW. 2003. Characterization of storage proteins in different soybean varieties and their relationship to tofu yield and texture. *Food Chem.* 82: 265-273.
- Mullin WJ, Xu W. 2001. Study of soybean seed coat components and their relationship to water absorption. *J. Agr. Food Chem.* 49: 5331-5335.
- Mulvihill DM, Kinsella JE. 1987. Gelation characteristics of whey proteins and b-lactoglobulin. *Food Technol.* 41: 102.
- Park CK, Hwang IK. 1994. Effects of Coagulant Concentration and Phytic Acid Addition on the Contents of Ca and P and Rheological Property of Soybean Curd. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 355-358.
- Poysa V, Woodrow L. 2002. Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and tofu yield and quality. *Food Res. Int.* 35: 337-345.
- Rural Development Administration. Food composition table. <http://koreanfood.rda.go.kr/kfi/fct/fctFoodSrchr/list>.
- Saio K, Koyama E, Watanabe T. 1967. Protein-calcium-phytic acid relationships in soybean: Part 1. Effects of calcium and phosphorus on solubility characteristics of soybean meal protein. *Agr. Biol. Chem.* 31: 1195-1200.
- Saio K, Koyama E, Watanabe T. 1968. Protein-calcium-phytic acid relationships in soybean: Part 2. Effects of phytic acid on combination of calcium with soybean meal protein. *Agr. Biol. Chem.* 32: 448.
- Saio K and Research Groups of Tofu. 1985. Tofu processing characteristics of Japanese domestic soybeans. *Rept. Natl. Food Res. Inst.* 47: 128.
- Seo WK, Kim YA. 1995. Effects of Heat Treatments on the Dietary Fiber Contents of Rice, Brown Rice, Yellow Soybean, and Black Soybean, *Korean J. Food Cook. Sci.* 11: 20-25.
- Shen CF, Man LDE, Buzzell RI, De Man JM. 1991. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics: Glucono-delta-lactone coagulant. *J. Food Sci.* 56: 109-112.
- Stanley DW, Tung MA. 1976. Microstructure of food and its relationship to texture. In *Rheology and texture in food quality*. AVI Publishing Co., Inc., Westport, CT.
- Stanojevic SP, Barac MB, Pesic MB, Vucelic-Radovic BV. 2011. Assessment of soy genotype and processing method on quality of soybean tofu. *J. Agr. Food Chem.* 59: 7368-7376.
- Ueno S, Shigematsu T, Watanabe T, Nakajima K, Murakami M, Hayashi M, Fujii T. 2010. Generation of Free Amino Acids and γ -Aminobutyric Acid in Water-Soaked Soybean by High-Hydrostatic Pressure Processing. *J. Agr. Food Chem.* 58: 1208-1213.
- Utsumi S, Kinsella JE. 1985. Structure-function relationships in food proteins: Subunit interactions in heat-induced gelation of 7S, 11S and soy isolate proteins. *J. Agr. Food Chem.* 33: 297-303.
- Wang HL, Swain EW, Kwolek WF, Fehr WR. 1983. Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu. *Cereal Chem.* 60: 245.
- Wolf RB, Cavins JF, Kleiman R, Black LT. 1982. Effect of temperature on soybean seed constituents: oil, protein, moisture, fatty acids, amino acids and sugars. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 59: 230-232.
- Yang A, James AT. 2013. Effects of soybean protein composition and processing conditions on silken tofu properties. *J. sci. Food Agr.* 93: 3065-3071.
- Yasir SBMD, Sutton KH, Newberry MP, Andrews NR, Gerrard JA. 2007. The impact of Maillard cross-linking on soy proteins and tofu texture. *Food Chem.* 104: 1502-1508.

Author Information

심은영: 국립식량과학원 중부작물부, 농업연구사
이춘기: 국립식량과학원 중부작물부, 농업연구관
박혜영: 국립식량과학원 중부작물부, 농업연구사
이유영: 국립식량과학원 중부작물부, 농업연구사
최혜선: 국립식량과학원 중부작물부, 농업연구사

이석기: 국립식량과학원 중부작물부, 농업연구사
김홍식: 국립식량과학원 남부작물부, 농업연구관
강범규: 국립식량과학원 남부작물부, 농업연구사
천아름: 국립식량과학원 중부작물부, 농업연구사
김미정: 국립식량과학원 중부작물부, 농업연구관
곽지은: 국립식량과학원 중부작물부, 농업연구사
전용희: 국립식량과학원 영덕출장소, 농업연구관