pISSN 1225-4339 eISSN 2287-4992
Korean J. Food Nutr. Vol. 33. No. 5, 576~583 (2020)
https://doi.org/10.9799/ksfan.2020.33.5.576

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

주요 시판 연두부의 품질 특성 평가

†심은영 · 김홍식* · 박혜영 · 최혜선 · 박지영
농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 농업연구사, *농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 농업연구관

Studies on Quality Characteristics of Commercial Silken Tofu Products

†Eun-Yeong Sim, Hong-Sik Kim*, Hye Young Park, Hye-Sun Choi and Jiyoung Park
Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16613, Korea
**Senior Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16613, Korea*

Abstract

The purpose of this study was to compare the quality characteristics of silken tofu products from the commercial market in Korea. Seven types of commercial silken tofu were sampled and their physicochemical properties, including soluble solid contents, salinity, pH, total acidity, moisture contents (total solid contents), crude protein and fat contents were evaluated. The TPA results suggest that the texture of silken tofu was very different from one another according to the type of and the amount of coagulant. The commercial silken tofu showed a range of pH 5.53~6.48, total acidity of 0.12~0.32%, soluble solid contents of 2.62~5.07 °Brix, salinity of 2.28~4.30%, and moisture contents of 87.10~92.24%, respectively. In terms of the coagulant of tofu, besides the GDL (glucono-δ- lactone), other coagulants such as $MgCl_2$ for making 'silken tofu' in the Korean tofu market. The quality characteristics differed depending on the constituents of sample and the coagulants of tofu used. These results are expected to be useful in identifying new trends in the domestic silken tofu industry.

Key words: commercial silken tofu, texture, pH, salidity, glucono-δ-lactone

서 론

두부는 대표적인 콩 가공식품으로 일반두부, 연두부, 순두부, 유부 등 여러가지 형태로 제조되고 있다. 일반 두부는 2가 양이온을 포함하는 두부 응고제가 글리시닌 등 음전하를 띄는 단백질과 결합하여 침전하는 원리를 이용하여 압착 및 탈수하여 제조한다. 그러나, 연두부(silken tofu)는 일반 두부보다 연한 조직을 가진 두부로, 물에 불린 콩에 콩 무게의 약 7~8배 정도 가수 후 마쇄 및 가열하여 얻은 콩물에 glucono-delta-lactone(GDL) 등의 두부 응고제를 첨가하여 응고시켜 제조한다고 알려져 있다. 연두부의 콩물은 일반 두부 제조공정에서 포함하는 탈수 과정을 거치지 않고, 틀에 부어서 굳히기 때문에, 부드럽고 촉촉하며 가벼운 질감을 나타낸다. 조직이 너무 연하기 때문에 거의 조리하지 않고 소스만 간단하게 첨가하여 생으로 섭취한다.

우리나라 전통식품 품질인증제도에서는 두부를 고형분 함량에 따라 경두부, 두부, 순두부 3가지로 분류하고 있으나 (NAQS 2016) 식품유형별 기준규격에서는 두부를 두류(두류분 포함, 100%, 단 식염제외)를 원료로 하여 얻은 두유액에 응고제를 가하여 응고시킨 것으로 정의하며 일반두부와 가공두부 및 유바 3가지로 분류하고 있다(MFDS 2019a). 식품첨가물 공전에서 허용하는 두부 응고제로는, 황산칼슘($CaSO_4$), 황산마그네슘($MgSO_4$), 염화칼슘($CaCl_2$), 염화마그네슘($MgCl_2$), 조제해수염화마그네슘(Crude $MgCl_2$), glucono-δ-lactone(GDL)까지 총 6가지이다(MFDS 2019b).

현재, 국내 식품시장에서 실제 판매되고 있는 두부는 일반두부, 순두부, 연두부 및 가공두부까지 크게 4가지이며 일반두부는 용도에 따라 찌개용, 부침용 등으로 다시 나뉜다. 가공두부는 유부, 구운두부, 소시지형 가공두부, 닭가슴살 첨가 가공두부 등 다양한 형태가 있다.

† Corresponding author: Eun-Yeong Sim, Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16613, Korea. Tel: +82-31-695-0612, E-mail: silvery1225@korea.kr

2019년 가공식품 세분시장 현황조사에서 두부의 생산량은 감소하는 추세이지만 두부 및 가공두부의 소매시장은 2015년 4,123억 대비 2018년 4,515억 규모로 지속적인 성장을 하였다고 보고하였다. 두부 유형별 소매시장 규모는 2018년 경두부(87.7%), 순두부(7.2%), 연두부(2.9%)의 순으로 높은 점유율을 보였다. 경두부의 점유율은 2014년 88.6%에서 2018년 87.7%로 감소하는 반면, 같은 기간 연두부는 1.6%에서 2.9%로 증가하였다. 이는 웰빙 트렌드 및 다이어트 목적 샐러드 시장 성장이라는 배경에 연두부의 섭취용이성, 다양한 요리에 활용 가능 등으로 연두부의 수요가 증가한 것으로 분석되었다(aTFIS 2019).

지금까지 일반두부, 경두부의 제조와 특성에 관한 연구는 많이 진행된 바 있으나, 연두부에 관련된 연구는 미흡한 실정이다. 연두부 관련 국내 연구로는 미세전지 대두분말과 단백분해효소를 이용하여 제조한 연두부의 특성연구(Jang 등 2003), 홍삼추출물 첨가 연두부의 저장 및 항산화 특성 연구(Choi 등 2010), 두부 응고제에 따른 두부 특성 비교 연구(Lee & Hwang 1994; Kim 등 2000) 및 오미자(Kim & Choi 2008), 백년초 첨가(Song 등 2011)에 따른 두부 특성 연구 등이 있다. 국외연구로는 연두부 겔, 응고제와 원료에 따른 휘발성분 및 관능 특성 연구(Murekatete 등 2015), 연두부 가공법에 관한 연구(Shih 등 1997), 염과 산의 연두부 겔화 및 레올로지 특성 연구(Murekatete 등 2014), 연두부에 이눌린 첨가에 따른 효과 연구(Tseng & Xiong 2009), 콩 단백질 조성과 가공조건이 연두부의 특성에 미치는 영향에 관한 연구(Yang & James 2013) 등이 있다. '두부'는 우수한 식물성 단백질 식품으로 그 중에서도 연두부의 시장은 앞으로도 증가세가 예상되지만 시판되고 있는 연두부의 품질 관련 상세 정보가 조사된 바 없어 관련 정보가 필요한 실정이다. 이에 따라서, 본 연구는 국내 시판되고 있는 연두부를 수집하여 제품 간의 이화학적 특성을 비교하였으며, 적절한 품질 평가 기준 마련을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 연두부 7 제품(전두부 1개 포함)은 대형마트에서 수집하여 시험재료로 사용하였다. 시판 연두부는 2020년 6월 서수원 이마트, 홈플러스, 농협 하나로마트 등 대형마트에서 제조일이 1~3일 내의 제품을 구매하여 2일 동안 4℃ 냉장고에 보관하며 분석에 사용하였다. 원재료의 형태를 보존하여 실험하였고, 일부는 원심분리 후 상등액 및 침전물을 분리하여 동결건조 후 실험에 사용하였다. 본 연구에 사용한 시판 연두부의 정보는 Table 1과 같다. 전두부는 일반적으로 두부 제조공정에서는 제거되는 비지를 포함하고 있는 두부로서 연두부와 유사한 형태를 나타내고 있으므로 본 연구에서 실험재료로 포함하였다.

2. 수분, 조단백, 조지방 분석

AOAC(2012) 방법에 따라 수분함량은 105℃ 상압가열건조법, 조단백질은 Micro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법으로 측정하였다. 연두부 10 g을 105℃ 드라이오븐에서 12시간 건조시킨 후 무게를 측정하여 수분 함량을 계산하였다. 동결건조 분쇄시료 0.5 g을 단백질 분해관에 넣고 황산 10 mL와 촉매제를 분해기(Tecator^{TM} Digestor auto, Foss, Denmark)로 420℃에서 1시간 동안 분해하였다. 상온에서 충분히 냉각시킨 후 단백질 분석기(Kjeltec^{TM} 8400, Foss, Denmark)를 이용하여 값을 측정하였고 환산계수인 6.25를 곱하여 조단백질 함량을 산출하였다. 조지방 함량은 Soxtherm automatic system(Soxtherm sox416, C. Gerhardt GmbH & Co. KG, Germany)을 이용하여 정량하였다. 분쇄 시료 2 g을 extraction thimble에 담아 탈지면으로 막고 비등석, n-hexane 140 mL를 첨가하여 187℃에서 30분간 가열하고, 1시간 동안 추출하였다. 지방 추출 후 수기를 105℃에서 1시간 동안 건조 후 방냉하여 함량을 구하였다.

3. pH, 총산, 염도 및 당도 측정

연두부 50 g을 homogenizer로 균질화한 후 5,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 상등액을 pH, 총산, 염도 및 당도 측정 시료로 사용하였다. pH는 pH meter(Corning 340, Mettler Toledo, Leicester, UK)를 사용하여 측정하였고 총 산도는 산도 측정장치(TitroLine easy Automatic Titrator, Schott Instruments, Mainz, Germany)를 이용하여 시료 20 mL에 0.1 N NaOH (factor=1.002) 용액을 넣어 pH 8.3이 될 때까지 소비된 NaOH의 mL를 측정하였으며, 이 때 소요된 0.1 N NaOH의 mL를 젖산(lactic acid) 함량으로 환산하여 표시하였다. 염도 및 당도는 각각 염도계(PAL-03S, Atago, Tokyo, Japan)와 당도계(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다.

4. 색도 분석

연두부의 명도(L값), 적색도(a값), 황색도(b값)는 색차계(CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 측정하였고, 색도 측정에 사용된 표준백판은 L값 98.82, a값 −0.1, b값 −0.39 이었다.

5. 물성 분석

시판 연두부의 조직감은 texture analyzer(TestXpert Ⅱ, Zwick Roell, Ulm, UK)를 사용하여 Pre-load 5 g, Speed 5.0 mm/sec, Strain 80%, Probe diameter 3.5 cm의 조건으로 측정하였다. 시

Table 1. Information of commercial silken tofu

Sample[1)]	Origins of soybean	Nutrition facts	Ingredients	
			Coagulant	Additives
ST1[2)]	Domestic soybean 99.44%	45 kcal/90 g, Sodium 10 mg 1%, Carbohydrate 1 g 0%, Sugars 1 g 1%, Fat 2.6 g 5%, Protein 4 g 7%, Calcium 51 mg 7%, Ion 0.6 mg 5%	Glucono-δ-lactone, magnesium chloride, calcium sulfate	Refined salt, whey calcium 0.26%
ST2	Imported(Australia, Canada, China etc.) organic soybean 100%	70 kcal/110 g, Sodium 35 mg 2%, Carbohydrate 2 g 1%, Sugars 4 g 4%, Fat 4.4 g 8%, Saturated fat 0.8 g 5%, Protein 6 g 11%, Calcium 24 mg 3%, Ion 0.9 mg 8%	Magnesium chloride	Refined salt
ST3	Domestic soybean 100%	45 kcal/100 g, Sodium 55 mg 3%, Carbohydrate 2 g 1%, Sugars 1 g 1%, Fat 2.3 g 4%, Protein 4 g 7%, Calcium 25 mg 4%, Ion 0.5 mg 4%	Coagulant	Refined salt
ST4	Imported(Australia) organic soybean 99.5%	75 kcal/140 g, Sodium 10 mg 1%, Carbohydrate 2 g 1%, Sugars 1 g 1%, Fat 4.6 g 9%, Saturated fat 0.7 g 5%, Protein 7 g 13%	Crude magnesium chloride	Sea water
ST5	Imported(USA, Australia, Canada etc.) organic soymilk 99.8%	60 kcal/100 g, Sodium 150 mg 8%, Carbohydrate 2 g 1%, Sugars 1 g 1%, Fat 3.6 g 7%, Saturated fat 0.6 g 4%, Protein 5 g 8%	0.2% glucono-δ-lactone	Antifoaming agent: 0.0005% silicone, polysorbate 65, sorbitan monoester alkoxylate, Sodium Carboxymethylcellulose, purified water
ST6	Domestic soybean 100%		Magnesium chloride	Enzyme: Transglutaminase, sun-dried salt
ST7	Imported(USA, Australia, Canada etc.) soybean 100%	45 kcal/100 g, Sodium 0 mg 0%, Carbohydrate 4 g 1%, Sugars 0 g 0%, Fat 1 g 2%, Saturated fat 0 g 0%, Protein 5 g 9%	Glucono-δ-lactone	Vegetable oil, glycerin esters of fatty acids, lecithin, magnesium carbonate

[1)] Commercial silken tofu products.
[2)] ST: silken tofu.

료는 제품의 윗면 포장만 제거하여 연두부 물성 측정에 사용하였으며, 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess)의 5 가지 항목을 각각 8회 반복 측정하였다.

6. 통계처리

본 연구의 모든 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

1. 시판 연두부 제품의 기본 정보

조사에 사용된 7가지 연두부(전두부 1개 포함)는 모두 식품공전 상의 분류 유형으로 '두부'였고, 제품에 따라 무게 및 모양은 각각 달랐다. 모든 제품은 콩 100% 주원료에 두부 응고제, 소금(ST5, ST7 제외) 및 첨가물(소포제, 효소제, 영양강화제, 유화제, 오일 등)을 넣어 제조하는 것으로 조사되었으며, 연두부 제조에 사용된 콩의 원산지는 제품별로 국내산 3종, 수입산 4종으로 나뉘었고, 수입국은 미국, 호주, 캐나다 등이었다. 대부분 제품의 두부용기 포장재는 폴리프로필렌, 리드지는 폴리에틸렌으로 구성되었다. 본 연구에서 수집한 연두부의 응고제로는 GDL, $MgCl_2$, 염화마그네슘, 간수(해수) 등이 사용되었는데 대부분 단일 응고제(GDL: ST1, ST5, ST7, $MgCl_2$: ST1, ST2, ST4, ST6, 천연간수: ST4)를 사용하였으나 혼합하여 사용하는 제품도 있었고(ST1, ST4), 응고제 정보를 공개하지 않은 제품도 1종(ST3) 조사되었다. 즉, 제품별로 고유한 연두부용 응고제를 만들어 사용하였는데 함량, 조성 및 비율은 제품별로 상이하였다. 수집 두부들의 영양정보는 열량, 단백질 및 지방 함량이 각각 45~75 kcal, 7~13% 및 4~9% 범위를 나타내는 것으로 조사되었다.

2. 수분, 조단백 및 조지방 분석 결과

연두부의 수분 함량은 수율 및 식감에 중요한 영향을 미치는 인자로 본 연구의 수집 제품별로 차이가 컸는데, 전두부 1종을 제외한 연두부 제품들은 87.10~92.24%의 범위를 나타내었고, 전두부는 83.24%로 가장 낮았다(Fig. 1). 이는 전두부는 다른 연두부와는 달리 비지를 함유하고 있으며, 두부 응고제로 GDL이 아닌 $MgCl_2$를 사용하였고, 사용한 응고제의 종류, 양 그리고 기타 가공 방법의 차이로부터 기인한 것으로 판단하였다. 연두부는 일반 두부의 제조과정에는 포함되는 압착 공정을 거치지 않기 때문에 일반 경두부 대비 수분함량이 약 10% 정도 높았다. 특히, 연두부의 수분함량에 두부응고제가 영향을 주었는데, GDL(89.17~92.24%)에 비하여 $MgCl_2$(83.24~87.63%)를 응고제로 사용하는 연두부의 수분함량이 낮았는데, 이는 응고제 종류가 두부입자와 수분과의 결합 속도와 결합 양 그리고 두부조직 구조에 영향을 미친다는 선행연구의 결과와 일치하였다(Park 등 2006). 즉, 수율 및 수분함량의 향상을 위해서는 두부조직이 서서히 응고하여야 하는데 용해도가 높아 급격하게 반응하는 $MgCl_2$와는 달리 GDL은 서서히 응고하여 연두부의 수분함량이 $MgCl_2$ 사용 연두부 대비 증가하는 것으로 판단되었다(Shurtleff & Aoyagi 1996; Lee & Hwang 1997). 시판 연두부의 조단백과 조지방 함량은 건조 중량 기준 각각 44.18~52.01%, 18.87~26.02%의 범위를 나타내었는데(data not shown), 이는 가공방법의 차이뿐만 아니라 원료 콩의 이화학 특성 및 조성 차이가 연두부로 이행하며 연두부 품질특성에 영향을 준 것으로 판단되었다.

3. pH, 총산, 염도 및 당도 측정 결과

연두부 제품별 pH 차이는 첨가된 두부 응고제의 종류, 양 그리고 조성에 따라 다른 것으로 확인하였다. 선행연구에서 두유 및 두부(황산칼슘 응고제)는 약 pH 6.6을 나타내었고

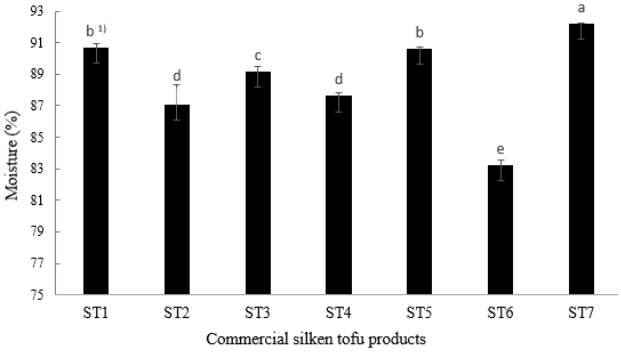

Fig. 1. The contents of moisture of commercial silken tofu products. [1] Values with different letters on the bars are significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test. ST: silken tofu.

(Hou & Chang 2003), 0.02% 수준의 GDL 첨가 제조 연두부는 약 pH 5.5를 나타내었다(data not shown). 본 연구에서 연두부의 pH는 5.56~6.48의 범위를 나타내어(Table 2) 선행연구와 일치하였다(Park 등 2007). 시판 연두부 제품들은 GDL만을 응고제로 사용하거나, GDL에 다른 응고제를 첨가하여 사용하거나 아니면 산 응고제인 GDL을 전혀 사용하지 않고 $MgCl_2$만 첨가하여 연두부를 제조하는 등 제품별로 두부응고제의 종류, 함량 및 조성 차이로부터 이와 같은 결과가 도출된 것으로 판단하였다(Table 1). Choi & Choi(2003)는 식품의 pH에 따라 저장성이 영향을 받는다고 보고한 바 있으나, 낮은 pH는 식미에는 부정적인 요인으로 작용할 수 있으므로 두부응고제로 산을 사용할 경우 저장성뿐만 아니라 식미나 식감 등의 소비자 평가 인자에 부정적인 영향을 끼치지 않는 수준의 첨가량, 비율 및 조합 선정이 중요할 것으로 판단되었다. 전체 시료의 총산(%)은 0.12~0.32% 범위를 나타내었는

Table 2. pH, total acidity, salinity and soluble solid contents of commercial silken tofu products

Sample[1)]	pH	Total acidity (%)	Salinity (%)	Soluble solid contents (°Brix, %)
ST1[2)3)]	5.96±0.06^{bc}	0.23±0.02^{c}	2.33±0.06^{f}	2.87±0.06^{e}
ST2	6.39±0.01^{a}	0.12±0.00^{e}	3.43±0.06^{b}	4.23±0.06^{b}
ST3	5.67±0.12^{c}	0.32±0.01^{a}	2.73±0.06^{d}	3.23±0.06^{d}
ST4	6.48±0.05^{a}	0.16±0.00^{d}	3.03±0.06^{c}	3.70±0.10^{c}
ST5	5.56±0.01^{c}	0.27±0.01^{b}	2.57±0.12^{e}	3.17±0.06^{d}
ST6	6.29±0.01^{ab}	0.17±0.01^{d}	4.30±0.00^{a}	5.07±0.06^{a}
ST7	5.53±0.47^{c}	0.21±0.02^{c}	2.28±0.03^{f}	2.62±0.03^{f}

Results are expressed as means±S.D. Values with different letters in the column are significantly different (p<0.05).

[1)] Commercial silken tofu products.

[2)] ST: silken tofu.

[3)] Information of coagulants: ST1 (GDL, $MgCl_2$), ST2 ($MgCl_2$), ST3 (no information), ST4 (crude $MgCl_2$), ST5 (0.2% GDL), ST6 ($MgCl_2$) ST7 (GDL).

데, 그 중 응고제로 GDL을 사용한 제품의 총산(%)의 범위는 0.21~0.32%를 나타내어 pH가 낮을수록 총산이 증가하였으며 이는 GDL 이용 연두부의 선행연구와 일치하는 결과였다 (Hwang 등 2011). 반면, $MgCl_2$를 응고제로 사용한 연두부의 총산(%) 범위는 0.12~0.17%로 나타내어 산 응고제인 GDL을 사용한 제품에 비하여 낮은 수치를 나타내었다. 제품별 염도(%) 측정 결과로는, ST6(4.30%)>ST2(3.43%)>ST4(3.03%)…>ST7(2.28%) 순을 나타내어(Table 2), 일반두부에서 많이 사용하는 $MgCl_2$을 사용하는 연두부 제품의 염도가 다른 제품들에 비해 높은 것으로 조사되었다. 시판 연두부의 당도는 2.87~5.07 °Brix의 범위를 나타내었는데(Table 2) 염도의 경향과 유사한 결과를 나타내었다.

4. 색도 측정 결과

색도 측정 결과는 Table 3과 같다. 연두부 제품들의 L값, a값 및 b값은 각각 86.49~89.53, 0.06~1.75 및 12.34~15.45의 범위를 나타내었다. ST4의 L값이 86.49로 시험재료 중 가장 낮았고, a값은 1.75로 가장 높았는데, 다소 옅은 탁한 회색을 나타내었다. ST4를 제외하고는 대체적으로 제품 간 큰 차이가 나타나지 않았다. 노란콩인 백태의 색상에는 카로티노이드, 플라보노이드(안토시아닌, 아이소플라본, 안토잔틴 등) 등의 물질이 영향을 주는데(Monma 등 1994; Xu & Chang 2008) 이는 가열, 마쇄 후 비지 분리 공정에서 제거되어, 결과적으로 원료콩 대비 연두부의 L값이 증가한 것으로 판단되었다.

Table 3. Hunter's color values of commercial silken tofu products

Sample[1)]	Color value		
	L	a	b
ST1[2)]	89.53±0.14[a]	0.09±0.13[ef]	12.84±0.36[d]
ST2	87.02±0.01[d]	1.33±0.01[b]	15.45±0.02[a]
ST3	89.52±0.23[a]	0.22±0.02[de]	12.34±0.05[e]
ST4	86.49±0.21[e]	1.75±0.02[a]	14.30±0.13[b]
ST5	88.77±0.13[b]	0.63±0.06[c]	12.95±0.06[d]
ST6	88.02±0.46[c]	0.06±0.01[f]	12.75±0.18[d]
ST7	88.25±0.04[bc]	0.23±0.01[d]	13.59±0.01[c]

Results are expressed as means±S.D. Values with different letters in the column are significantly different (p<0.05).
1) Commercial silken tofu products.
2) ST: silken tofu.

5. 물성 측정 결과

물성 측정 결과는 Table 4와 같다. 변형에 도달하는데 필요한 힘을 나타내는 값인 hardness가 ST2(985.50 g)=ST6 (983.33 g)>ST4(895.33 g)>ST5(761.00 g)>ST1(542.63 g)=ST3(527.00 g)>ST7(413.00 g)의 순서를 나타내어 ST2와 ST6가 7개 시료 중 첫 번째 압축과정에서 발생하는 최대 peak가 가장 크다는 것을 확인하였다. Hardness값이 컸던 ST2(87% 수분함량), ST6(83%), ST4(88%) 모두 응고제로 $MgCl_2$를 사용하였다. ST5, ST1, ST7은 모두 응고제로 GDL을 사용하였으며, 응고제 정보를 미공개한 ST3도 pH 및 총산함량 등을 분석한 결과 GDL을 첨가한 것으로 판단되었다(Table 1, Table 2). ST1은 응고제로 $MgCl_2$이 첨가되었지만 hardness 값이 ST2, ST6, ST4에 비해 낮았는데 이는 ST1은 $MgCl_2$뿐만 아니라 GDL도 첨가되었고, $MgCl_2$보다는 산 응고제인 GDL이 ST1의 물성에 영향을 더 많이 주는 수준으로 첨가되었을 것으로 생각되었다. 특히, 연두부의 hardness와 두부 수분함량은 부의 상관(r=−0.823*)을 나타내었다(Table 5). 또한, 전두부 제품인 ST6 (983.33 g)의 높은 hardness 값은 비지를 포함하는 두부 조직의 응고 향상을 위한 부재료 첨가 등의 새로운 가공기술에 의한 가능성도 예상되었다. Springiness는 변형된 두부가 원

Table 4. TPA properties of commercial silken tofu products

Sample[1)]	Hardnesss (g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
ST1[2)]	542.63±14.33[d]	1.52±0.11[b]	0.32±0.01[c]	172.08±10.46[c]	262.66±31.76[b]
ST2	985.50±34.96[a]	1.29±0.12[c]	0.39±0.02[a]	382.68±20.27[a]	494.54±70.49[a]
ST3	527.00±50.91[d]	1.79±0.25[a]	0.35±0.02[b]	180.91±29.86[c]	326.91±97.96[b]
ST4	895.33±127.5[b]	1.04±0.08[d]	0.35±0.01[b]	313.85±47.64[b]	328.16±77.54[b]
ST5	761.00±53.11[c]	1.73±0.32[ab]	0.38±0.03[a]	290.35±12.26[b]	501.06±80.62[a]
ST6	983.33±61.21[a]	0.83±0.02[d]	0.37±0.01[a]	366.82±33.25[a]	306.03±34.87[b]
ST7	413.00±16.64[e]	1.54±0.06[abc]	0.38±0.01[a]	158.20±7.76[c]	244.08±21.18[b]

Results are expressed as means±S.D. Values with different letters in the column are significantly different (p<0.05).
1) Commercial silken tofu products.
2) ST: silken tofu.

Table 5. The correlation coefficients among the quality characteristics of commercial silken tofu

	Moisture (%)	Salidity (%)	Soluble solid contents (°Brix)	pH	Total acidity	Hardness (g)
Salidity	−0.982**					
Soluble solid contents	−0.982**	0.994**				
pH	−0.758*	0.697	0.739			
Total acidity	0.505	−0.544	−0.573	0.803*		
L*	0.442	−0.460	−0.490	−0.749	0.841*	
Hardness	−0.823*	0.826*	0.875**	0.813*	−0.674	−0.692
Springiness	0.816*	−0.803*	−0.800*	−0.844*	0.790*	−0.729
Gumminess	−0.788*	0.820*	0.865*	0.743	−0.681	0.987**

*Significant different at p=0.05, **Significant different at p=0.01.

래상태로 되돌아가려는 성질로서 ST3, ST5, ST7, ST1이 각각 1.79, 1.73, 1.54, 1.52로 다른 시료보다 높은 값을 나타내었는데 이 연두부들은 모두 GDL을 응고제로 사용하였다. 즉, $MgCl_2$보다 GDL로 제조한 연두부의 springiness가 더 큰 것을 확인하였다. Cohesiveness는 연두부가 있는 그대로의 형태를 유지하려는 힘을 나타내는데 본 연구에서는 0.32~0.39의 범위를 나타내었다. Gumminess는 물성곡선에서 hardness와 cohesiveness의 곱으로 나타내는데 본 연구결과, hardness와 유사한 경향을 나타내어 ST2(382.68)>ST6(366.82)>ST4(313.85)…>ST7(158.20)의 순서로 반고체의 연두부를 삼키기 위해 분해하는데 필요한 에너지가 많이 요구될 것으로 판단되었다. Chewiness는 고체 상태의 연두부를 삼키기 위하여 씹는데 필요로 하는 에너지로서 물성곡선에서 gumminess와 springiness의 곱으로 나타낸다. ST5와 ST2가 501.06, 494.54로 통계적으로 차이가 없는 수준에서 시험재료들 중 가장 높았는데, 두 제품이 사용한 응고제는 각각 GDL, $MgCl_2$로 서로 달랐다. ST2는 gumminess 값이 시험재료 중 가장 높았음에도 불구하고 응고제로 산이 아닌 $MgCl_2$를 사용하였기 때문에 springiness값이 낮아져 결과적으로 chewiness 값에도 영향을 준 것으로 확인하였다. 결론적으로, 연두부 제조에 첨가된 두부응고제의 종류와 양, 가공방법 차이 등이 연두부의 물성에 종합적으로 영향을 주는 것으로 생각되었고, 이는 관능특성에도 영향을 줄 것이라 판단되었다.

6. 상관관계 분석

시판 연두부의 수분함량, 염도, 당도, pH, 색도, 물성 등의 품질 특성 요인 사이의 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 연두부의 수분 함량은 springiness(r=0.816*)와 정의상관을 나타내었고, 염도(r=−0.982**), 가용성 고형분 함량(r=−0.982**), pH(r=−0.758*), hardness(r=−0.823*) 및 gumminess(r=−0.788*)와는 각각 부의 상관을 나타내었다. 연두부의 염도(%)는 springiness(r=−0.803*)와 부의 상관을, 가용성 고형분 함량(r=0.994**), hardness(r=0.826*) 및 gumminess(r=0.820*)와는 각각 정의상관을 나타내었다. 가용성 고형분 함량은 springiness(r=−0.800*)와 부의 상관을, hardness(r=0.875**) 및 gumminess(r=0.865*)와는 정의 상관을 나타내었다. pH는 총산(r=0.803*) 및 hardness(r=0.813*)와 정의 상관을, springiness (r=−0.844*)와는 부의 상관을 나타내었다. 총산은 L값(r=0.841*) 및 springiness(r=0.790*)와 정의 상관을 보였고, gumminess와 hardness(r=0.987**)도 서로 정의상관을 나타내었다.

요약 및 결론

식품공전 상에 '연두부'를 따로 분류를 하고 있지는 않고 있으나, 시장에서는 활발히 판매가 이루어지는 바 본 연구에서는 국내 시판되고 있는 연두부(전두부 1종 포함) 7종을 수집하여 제품의 일반적 특성을 조사하였고, pH, 총산(%), 가용성 고형분 함량(°Brix), 염도(%), 수분함량(%), 물성, 색도 등을 측정하여 기초자료로 활용하고자 하였다. 연두부 제품별 수분 함량은 83.24~92.24%의 범위를 나타내었고, 전두부 1종이 가장 낮았다. 연두부는 GDL을 응고제로 사용하는 것으로 알려져 있으나, 조사결과, GDL만을 사용하여 제조하기도 하지만, 산 응고제를 전혀 첨가하지 않고 $MgCl_2$(조제해수 포함)만을 사용하여 제조하거나, 일부 제품은 맛, 식감 및 수율 향상 등을 위하여 응고제를 혼합 사용하는 것으로 조사되었다. pH, 염도, 가용성 고형분 함량은 첨가한 두부 응고제의 종류, 함량 및 조성에 따라 제품별로 상이하였다. 본 연구에서 연두부의 hardness값은 413.0~985.5 g의 범위를 나타내었고 두부 응고제의 종류가 결과 값에 영향을 주는 것을 확인하였다. 물성 측정에서 gumminess는 hardness와 유사한 경향을 나타내었으며, chewiness는 gumminess에 springiness의 경향을 반영하여 값이 산출되었다. 연두부 품질인자들의 상관

성 분석결과, 연두부의 수분 함량은 springiness(r=0.816*)와 정의 상관을, 염도(r=－0.982**), 가용성 고형분 함량(r=－0.982**), pH(r= －0.758*), hardness(r=－0.823*) 및 gumminess(r=－0.788*)와는 부의 상관을 나타내었다. 연두부의 염도(%)는 springiness(r=－0.803*)와 부의 상관을, 가용성 고형분 함량(r=0.994**), hardness(r=0.826*) 및 gumminess(r=0.820*)와는 정의 상관을 나타내었다. 연두부의 pH는 총산(r=0.803*) 및 hardness(r= 0.813*)와 정의 상관을, springiness(r=－0.844*)와는 부의 상관을 나타내었다. 연두부의 총산은 L값(r= 0.841*) 및 springiness (r=0.790*)와 정의 상관을 나타내었다. 연두부 제조에 사용되는 원료, 응고제 종류와 양, 가공방법 및 부재료 첨가 등의 차이가 최종 제품의 물성, 색도, 맛 등의 품질특성에 영향을 주는 것으로 판단되었다. 본 연구결과는 한국의 시장 소비트렌드를 반영한 연두부 개발의 품질지표 설정을 위한 주요 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호 PJ01350804)의 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

References

AOAC. 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. 19th ed. Association of Official Analytical Communities

Choi GH, Kim KC, Lee KH. 2010. Quality and antioxidant characteristics of soft tofu supplemented with red ginseng extract during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 414-420

Choi HR, Choi EH. 2003. Screening of antimicrobial and antioxidative herb. *J Nat Sci* 15:123-131

Hou HJ, Chang KC. 2003. Yield and textural properties of tofu as affected by the changes of phytate content during soybean storage. *J Food Sci* 68:1185-1191

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. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:999-1005

Jang HS, Yi SD, Lee KT, Oh MJ. 2003. Characteristics of soft soybean curds prepared with the ultra fine whole soybean flour and proteinases. *Korean J Food Preserv* 10:192-199

Kim JS, Choi SY. 2008. Quality characteristics of soybean curd with Omija extract. *Korean J Food Nutr* 21:43-50

Kim JY, Kim JH, Kim JK, Moon KD. 2000. Quality attributes of whole soybean flour tofu affected by coagulant and theirs concentration. *Korean J Food Sci Techonol* 32:402-409

Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation Food Information Statistics System [aTFIS]. 2020. 2019 Food information statistics system. Available from https://www.atfis.or.kr/article/M001050000/view.do?articleId=3391&page=&searchKey=&searchString=&searchCategory= [cited 3 August 2020]

Lee HJ, Hwang IK. 1994. Textural characteristics and microstructure of soybean curds prepared with different coagulants. *Korean J Food Sci* 10:284-290

Lee SM, Hwang IK. 1997. Texture characteristics of soybean curds prepared with different coagulants and compositions of soybean-curd whey. *Korean J Soc Food Sc*i 13:78-85

Ministry of Food and Drug Safety [MFDS]. 2019a. Korean Food Standards Codex. Available from http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=27 [cited 1 August 2020]

Ministry of Food and Drug Safety [MFDS]. 2019b. Korean food standards codex. Available from http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/04_02_02.jsp?idx=820 [cited 3 August 2020]

Monma M, Ito M, Saito M, Chikuni K. 1994. Carotenoid components in soybean seeds varying with seed color and maturation stage. *Biosci Biotechnol Biochem* 58:926-930

Murekatete N, Hua Y, Chamba MVM, DJakpo O, Zhang C. 2014. Gelation behavior and rheological properties of salt- or acid-induced soy proteins soft tofu-type gels. *J Texture Stud* 45:62-73

Murekatete N, Zhang C, Karangwa E, Hua Y. 2015. Soft tofu-type gels: Relationship between volatile compounds and sensory characteristics as affected by coagulants and raw materials. *Int J Food Eng* 11:307-321

National Agricultural Products Quality Management Service [NAQS]. 2016 Traditional food quality certification system. Available from https://www.naqs.go.kr/goodfood/portal/certification/tradition3.jsp [cited 1 August 2020]

Park EJ, An SH, Park GS. 2006. Quality chracteristics of cuttlefish inky tofu prepared with various coagulants. *Korean J Food Cult* 21:653-660

Park GS, Lee SH, Park KN. 2007. The quality characteristics of Kanghwang (*Curcuma aromatica* Salab.) Tofu prepared with various coagulants. *J East Asian Soc Diet Life* 17: 547-553

Shih MC, Hou HJ, Chang KC. 1997. Process optimization for

soft tofu. *J Food Sci* 62:833-837

Shurtleff W, Aoyagi A. 1996. Tofu and Soymilk Production: The Book of Tofu (Ⅱ). p.115. Soyfoods Center, Lafayette

Song JH, Park JS, No YJ, Choi HJ. 2011. A study on the quality characteristics of soybean curd prepared with the addition of *Opuntia humifusa* fruit. *Korean J Food Nutr* 24:12-16

Tseng YC, Xiong YL. 2009. Effect of inulin on the rheological properties of silken tofu coagulated with glucono-δ-lactone. *J Food Eng* 90:511-516

Xu B, Chang SKC. 2008. Total phenolics, phenolic acids, isoflavones, and anthocyanins and antioxidant properties of yellow and black soybeans as affected by thermal processing. *J Agric Food Chem* 56:7165-7175

Yang A, James AT. 2013. Effects of soybean protein composition and processing conditions on silken tofu properties. *J Sci Food Agric* 93:3065-3071

Received 03 September, 2020
Revised 15 September, 2020
Accepted 28 September, 2020