

청각(*Codium fragile*)을 첨가하여 제조한 두부의 품질특성 및 항산화 활성

최만석^{1,2} · 전은비^{1,2} · 김지윤^{1,2} · 박신영^{1,2*}

¹경상대학교 해양산업연구소, ²경상대학교 해양식품생명의학과

Quality and Antioxidant Activity of Soybean Curd Supplemented with *Codium fragile*

Man-Seok Choi^{1,2}, Eun Bi Jeon^{1,2}, Ji Yoon Kim^{1,2} and Shin Young Park^{1,2*}

¹Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

²Department of Seafood and Aquaculture Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

This study investigated the antioxidant activity and general and sensory properties of soybean curd supplemented with *Codium fragile*. The yield of soybean curd containing 0%, 20%, and 40% *C. fragile* was 113.62, 104.09, and 108.06, respectively. Antioxidant activities and pH were significantly increased ($P < 0.05$) depending on the amount of *C. fragile* supplemented in soybean curd. Compared to that in additive-free soybean curd (control), the amount of crude ash and protein in soybean curd containing 40% *C. fragile* was significantly decreased ($P < 0.05$) and increased ($P < 0.05$), respectively. We observed a dose-dependent increase ($P < 0.05$) in the hardness and chewiness of soybean curd concomitant with the amount of *C. fragile* supplemented. In contrast, we observed no significant difference ($P > 0.05$) in soybean curd's cohesiveness between the groups. As determined by sensory evaluation based on seven-point hedonic scale, soybean curd supplemented with 20% *C. fragile* received an excellent score (6.55) for color. As the same method, we observed that the flavor and overall acceptability significantly increased ($P < 0.05$) in the *C. fragile* content increased. Taken together, the antioxidant and sensory assays in our study make a compelling case for the practical development of soybean curd supplemented with *C. fragile* owing to its good antioxidant activities, general properties, and consumer acceptance.

Keywords: Antioxidant activity, *Codium fragile*, Protein, Soybean curd, Yield

서론

우리나라 전통식품 중의 하나인 두부(soybean curd)는 대두를 물과 함께 마쇄하여 그 중의 수용성 단백질인 glycinin과 염류인 Mg^{2+} 또는 Ca^{2+} 등의 금속염과 결합하거나 산에 의해 등전점(pH 4.2-4.6)에 도달하면서 단백질이 이황화 결합(disulfide bond) 및 수소 결합(hydrogen bond) 등에 응고시킨 후 탈수, 성형한 젤(gel)상의 식물성 고단백질 식품이다(Kim et al., 2003). 두부는 소화흡수율이 97%로 매우 높고, 곡류위주의 식생활에서 부족하기 쉬운 라이신(lysine) 등의 필수아미노산의 함량이 많아서 신진대사와 성장발육에 꼭 필요한 아미노산 공급에 좋은 식품이다(Kim et al., 2005). 국내 두부시장은 매년 성장하고

있으며, 특히 상대적으로 가격이 높은 포장두부의 매출이 늘고 있다. Ryu (2005)의 연구에 따르면 이는 국민들이 건강한 삶에 대한 관심이 높아지면서 안전한 먹거리 및 웰빙에 대한 관심이 증가되었기 때문이다. 이 추세에 맞춰 근래에는 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있는 천연소재를 두부에 첨가하여 섬유소, 갑취 및 항산화 활성이 풍부한 기능성두부 개발을 목표로 하는 연구가 활발하게 진행되어 왔다(Lee et al., 2014). 그 예로 클로렐라(Kim et al., 2003), 파래분말(Chung, 2010), 초석잠 분말(Lee et al., 2014), 홍삼 추출물(Lee et al., 2008), 쓰가루 사과즙(Kim et al., 2016) 등을 첨가한 기능성, 기호성 및 항산화성 등을 증진시킨 두부에 대한 연구들이 수행되었다. 청각(*Codium fragile*)은 녹조식물문 청각과에 속하는 다년생 해조류로, 표면

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9143 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: sypark@gnu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0816>

Korean J Fish Aquat Sci 53(6), 816-822, December 2020

Received 26 October 2020; Revised 16 November 2020; Accepted 24 November 2020

저자 직위: 최만석(대학원생), 전은비(대학원생), 김지윤(대학원생), 박신영(교수)

은 융처럼 부드럽고 감촉과 미감(味感)이 좋아 오래 전부터 한국과 일본, 중국 등의 동아시아 국가에서 식용으로 애용되어 왔다. 청각을 비롯한 파래, 미역, 다시마 등의 해조류는 육상생물에 비하여 비타민 및 무기질 성분함량이 높은 것으로 알려져 있는데, 청각은 특히나 장의 운동에 도움이 되는 식물성 섬유질과 몸을 구성하는 나이아신이 풍부하며 다른 녹조류에 비해 탄수화물인 당질과 단백질 함량이 높은 편이다(Nagayama et al., 2002). Kim et al. (2018)의 청각추출물의 항균활성 및 기능성에 대한 연구에 의하면 청각 추출물에는 항생작용이 있는 아크릴산(acrylic acid)이 있어 이는 유해균만을 억제하는 항균작용을 가지고 있으며, 베타카로틴 함량이 풍부하여 항암 효과 및 면역기능에도 활성을 나타내는 것으로 보고되었다. 최근에는 청각의 항산화능이 밝혀져 청각에탄올 추출물의 항산화 효과에 대한 연구(Jun et al., 2019), 발효한 청각 첨가물을 활용한 화장품 소재연구(Lee et al., 2019) 등이 진행되어 왔지만, 아직까지 청각을 활용한 식품가공학적 측면의 연구개발은 매우 미진한 편이다.

따라서 본 연구에서는 항산화 효능이 우수한 청각을 비율별로 첨가 수준을 달리하여 고유한 향이 잘 배합된 두부를 제조하여, 두부의 항산화 활성, 이화학적 및 관능적 품질특성을 평가하여 청각의 이용활성화와 더불어 이를 이용한 해조류의 항산화 활성이 강화된 두부의 개발을 위한 기초자료를 제공하고 자 하였다.

재료 및 방법

두부의 제조

청각을 첨가한 두부의 제조공정은 Fig. 1과 같다. 본 연구에서 사용된 대두는 경기 김포에서 수확한 국내산 대두(백태)를, 청각은 경남 통영에서 수확한 청각(고형분 100%)을 사용하였으며, 두부 응고제로는 염화마그네슘(MgCl₂·6H₂O)를 사용하였다. 건조 대두 400 g을 수세한 후 실온에서 12시간 물에 침지하여 불린 다음 300 mL의 물을 첨가하면서 30초간 마쇄하였다. 이렇게 얻은 두미 액을 80±3°C에서 10분간 가열한 후 건조 대두 중량 대비 0, 20, 40% (w/v) 농도로 마쇄한 청각 고형물을 첨가하였고 응고제로 40 mL MgCl₂을 첨가하고 5분간 정치하여 응고시켰다. 응고물은 성형 틀에 넣어 75 psi의 압력으로 20분 압착 성형한 후 일정한 규격(13×13×3.5 cm)으로 절단하였다. 두부를 폴리프로필렌 용기에 담고 침지액인 멸균 증류수 50 mL를 넣어 film을 용기에 열접착 방식으로 부착시켜 포장한 다음 85°C에서 15분간 열처리하고 신속히 냉각시켜 15°C에서 10일간 저장하였다. Lee et al. (2008)의 연구에 의하면, 두부를 멸균 증류수에 침지하는 이유는 두부를 침지하지 않고 저장하면 표면에서부터 수분함량이 점차적으로 감소하여 두부의 조직 특성에 변화를 일으킬 수 있기 때문이다.

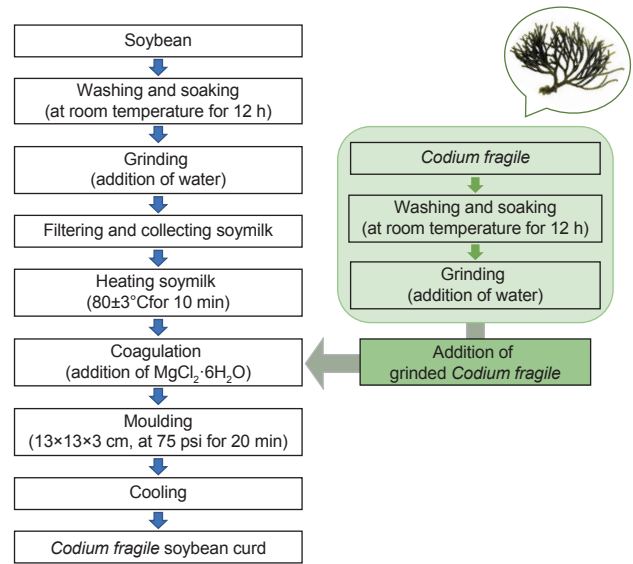


Fig 1. The preparation procedure of soybean curd containing *Codium fragile*.

두부의 수율(%)

청각두부의 수율은 Kim et al. (2003)의 방법을 적용하여 제조된 두부의 무게를 원료 대두의 무게로 나누어 백분율로 나타내었다.

$$\text{Yield (\%)} = [\text{Weight of tofu (g)} / \text{Weight of soybean (g)}] \times 100$$

ABTS 라디칼 소거활성능

청각두부의 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) 라디칼 소거능 분석은 Kim et al. (2018)과 Lee et al. (2014)의 방법을 참고하여 수행하였다. 7 mM의 ABTS (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)와 2.45 mM의 K₂S₂O₈ (potassium persulfate)를 혼합하여 12-16시간 동안 암실에 방치하여 ABTS cation radical (ABTS⁺)을 형성시킨 후, 734 nm에서 흡광도 값이 0.70±0.02가 되도록 99.99% 에탄올로 희석하여 사용하였다. 그리고 두부 시료 0.05 g를 희석된 ABTS⁺ 용액 1 mL에 가하여 60분간 반응시키고 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거활성능(%)은 시료 무첨가군 대비 흡광도 감소율로 나타냈다. 또한, 양성 대조구 실험으로 시료대신에 L-ascorbic acid를 동량 첨가하여 ABTS 라디칼 소거활성능(%)에 대해 분석하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거활성(}\% \text{)} = [1 - (\text{시료첨가군} / \text{무첨가군})] \times 100$$

DPPH 라디칼 소거활성능

청각 두부의 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (Sigma-

Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 라디칼 소거능은 Blois (1958)의 방법에 따라 먼저 DPPH 용액을 0.005 g/100 mL로 99.9% 에탄올에 희석한 후 2시간 이상 암소에서 방치하고, 517 nm에서 흡광도 값이 1.5-1.7로 보정하여 준비하였다. 그리고 두부 시료 0.2 g에 DPPH 용액 0.8 mL를 넣어 교반한 다음 실온에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성능(%)은 시료 무첨가군 대비 흡광도 감소율로 나타냈다. 또한, 양성 대조군 실험으로 시료대신에 L-ascorbic acid를 동량 첨가하여 DPPH 라디칼 소거활성능(%)에 대해 분석하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거활성(}\%) = [1 - (\text{시료첨가군}/\text{무첨가군})] \times 100$$

일반성분(조회분, 조단백질) 및 pH

일반성분 분석은 AOAC (2000)법에 의거하여 조회분은 건식 회화법, 조단백질은 micro Kjeldahl법으로 분석하였다. 청각 두부의 pH는 YSI 63 pH meter (Orion star A211, Thermo Scientific, MI, USA)를 이용하여 측정하였다.

Texture 측정

성형된 두부의 texture 측정은 두부를 일정크기(1.5×1.5×1.5 cm)로 절단한 다음 CT3 texture analyzer (Brookfield Engineering Laboratories Inc., Middleboro, MA, USA)를 사용하여 texture profile analysis (TPA) mode에서 경도(hardness), 씹힘성(chewiness), 응집성(cohesiveness)를 측정하였다. 측정 조건은 probe, stainless steel probe-type TA18 12.7 mm; test speed, 1.0 mm/s; force threshold, 20 g; distance threshold, 0.50 mm; Compression limit, 50% deformation이었다.

관능평가

관능검사는 경상대학교 해양식품생명과학과 대학성과 대학원생으로 구성된 20대 성인 30명(남15명, 여15명)을 선정하여 평가를 실시하였다. 두부는 일정한 크기(2×2×1 cm)로 흰색 접시에 담아 제공하였으며 외관(appearance), 색상(color), 풍미(flavor), 조직감(texture), 전반적인 기호도(overall acceptability)이며 이에 대한 결과를 7점 척도법(7점, 매우 좋음; 1점, 매우 나쁨)으로 평가하였다.

통계분석

청각 첨가 두부의 수율, 항산화 활성(ABTS radical 소거활성능, DPPH radical 소거활성능), pH, 일반성분(조회분, 조단백질), texture는 모든 실험에 대해 각 시료당 3회 반복을 통하여 얻은 평균값과 표준편차를 이용하여 진행하였다. 또한, 관능검사 결과는 30명의 패널의 각 제품에 대한 평균 점수와 표준편차를 이용하여 통계 처리하였다. 통계 프로그램은 SPSS version 12.0 software program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 중 일원

배치분산 분석(one-way ANOVA) 및 Duncan's 다중범위검정(multiple range test)을 이용하였으며 유의성 차를 5% (P<0.05) 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

청각두부의 수율

청각을 첨가한 두부의 수율을 측정한 결과는 Table 1에 나타내었다. 두부의 수율은 대조군(청각 무첨가 두부)의 경우 113.62±2.31%으로 가장 높았으며, 20% 및 40% 청각을 첨가한 두부의 수율은 각각 104.09±3.17, 108.06±7.02%이었다. 일반적으로 두부의 수율은 두부의 수분과 콩의 수용성 단백질 함량에 직접적인 영향이 보고되고 있다(Smith et al., 1960). Chung (2010)과 Park and Jeon (2008)은 각각 파래 분말과 노랑 파프리카즙을 첨가하여 제조한 두부의 첨가물 함량이 커질수록 수율이 감소하는 경향을 나타냈는데, 이는 각 첨가물이 두부의 보수력을 감소시켜 대두 단백질의 응고성에 변화를 가져온 것으로 보고하였다. 유사하게, Choi et al. (2000)은 천연물의 첨가가 대두단백질의 결합을 방해하여 수율이 낮아질 수 있다고 보고하였다. Ko et al. (2013)은 두부의 다양한 간수(응고제)를 이용하여 제조된 두부의 수율이 첨가된 응고제(간수 및 MgCl₂)의 농도에 따른 유의적인 차이가 없었으며(P>0.05), 두부를 압착하는 방법 혹은 응고제의 용해도가 두부의 수율에 더 큰 영향을 미쳤을 것으로 판단하였다. Rekha and Vijayalakshmi (2013)은 두부 제조시에 콩을 충분히 마쇄시키지 못하였을 때, 지나친 마쇄에 의한 대두단백질의 열변성, 올바르게 못한 증자(끓임), 응고과정(coagulation)의 과도한 교반 등이 수율의 감소에 직접적인 영향이 있다고 보고하였다. 본 연구에서는 두부의 수율이 청각함량에 따라 유의적인 차이는 없었지만(P>0.05), 청각 함량이 높아질수록 수율의 평균이 감소하는 결과를 나타냈다. 따라서, 수율의 감소는 두부 제조의 정확도(accuracy) 혹은 정밀도(precision) 측면의 오차이거나, 청각의 첨가가 두부의 응고성에 변화를 준 것으로 사료된다.

Table 1. Yield, pH, and proximate composition of the soybean curd supplemented with *Codium fragile*

	<i>Codium fragile</i> contents (%)		
	0 (w/v)	20 (w/v)	40 (w/v)
Yield (%)	113.62±2.31 ^{NS}	104.09±3.17	108.06±7.02
pH	5.02±0.16 ^b	5.26±0.22 ^{ab}	5.49±0.06 ^a
Crude ash (%)	1.74±0.02 ^a	1.68±0.01 ^a	1.48±0.10 ^b
Crude protein (%)	7.35±0.16 ^b	7.51±0.05 ^b	9.26±0.64 ^a

NS means within the same row did not different (P>0.05) by Duncan's multiple range test. ^{a-b}Means represented by different superscripts in the same row are significantly different (P<0.05) by Duncan's multiple range test.

청각두부의 pH

청각을 첨가한 두부의 pH를 측정된 결과는 Table 1에 나타내었다. 두부의 pH는 청각 첨가군이 5.26-5.49로 대조군의 pH 5.02에 비해 유의적으로 더 증가하여 알칼리성이 되었다 ($P<0.05$). 이는 해조류 천연물에 존재하는 Mg, K, Na, Mn 등의 양이온 성분이 두부의 pH에 관여하여 두부를 알칼리화 한 것으로 사료된다(Kim et al., 2003). 본 연구와 유사하게 Kim et al. (2016)의 쓰가루 사과즙을 첨가한 두부의 연구에서는 사과즙 무첨가군 두부의 pH는 5.41-5.64이었으나, 20% (w/v) 쓰가루 사과즙을 첨가하였을 때에는 6.23으로 두부가 알칼리화 한 것으로 나타났다. 그러나, 본 연구와는 다르게 사과즙 농도를 30-40%로 더 높였을 경우에는 pH가 오히려 감소하였다. 이는 등전점보다 낮은 pH에서는 단백질이 산과 반응하여 단백질-산 염복합체를 형성하여 불용성으로 응고되어 침전하여 pH를 높이지만, 단백질-산 반응이 완전히 종결되고 나면 여분의 유기산이 생겨 pH가 낮아질 수 있기 때문이다(Setyono, 1994). 본 연구에서도 청각에 존재하는 아크릴산(acrylic acid) 등의 유기산이 두부의 단백질과 반응하면서 소모되어 청각두부의 pH가 청각의 함량에 따라 높아진 것으로 사료된다.

청각두부의 일반성분(조회분, 조단백질)

청각 첨가량을 달리하여 제조한 두부의 조회분과 조단백질을 분석한 결과는 Table 1에 나타내었다. 조회분은 청각 무첨가군 두부가 1.74%로 가장 높았으며, 20% 청각두부 (1.68%)과는 유의적인 차이가 없었지만($P>0.05$), 40% 청각두부(1.48%) 보다는 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 반면, 조단백질은 40% 청각 두부가 9.26%로 가장 높았으며, 무첨가군 두부(7.35%) 및 20% 청각두부(7.51%) 보다 유의적으로 높았다($P<0.05$).

Lee et al. (2014)의 초석잠 분말을 첨가한 두부는 0.6% 이상 초석잠 분말을 첨가하였을 때부터 조회분 및 조단백질의 유의적인 감소를 보였는데($P<0.05$), 그 원인으로 두부 순물의 탁도가 증가한 것으로 보아 초석잠 분말의 성분이 두부의 단백질에 흡착되지 못하고 순물로 빠져나간 것으로 보고하였다. Hwang et al. (2011)의 청양고추 착즙액을 첨가한 두부에 관한 연구에서도 청양고추 착즙액을 첨가할수록 무첨가군 두부에 비해 조회분과 조단백질이 낮아지는 경향을 나타냈다. Hwang et al. (2011)은 청양고추즙의 식이섬유와 색소성분 등이 단백질과 응고제와의 결합강도 등에 영향을 주어 두부의 보수력에 영향을 준 것을 원인으로 보고하였다. 청각은 채취시기마다 그 일반성분이 달라져, 조회분은 53.1-56.8%, 조단백질은 5.0-6.5%로 알려져 있는데(Jung et al., 2005), 본 연구에서 개발된 청각두부의 조회분은 청각 원재료보다 낮으므로 두부의 제조과정에서 청각의 무기질이 두부의 단백질에 잘 흡착하지 못하여 순물 등으로 빠져나간 것으로 사료된다. 결과적으로, 청각을 첨가한 두부를 제조함으로써 조회분은 낮추고 조단백질은 증가시킨 영양학적으로 우수한 두부를 개발할 수 있었다.

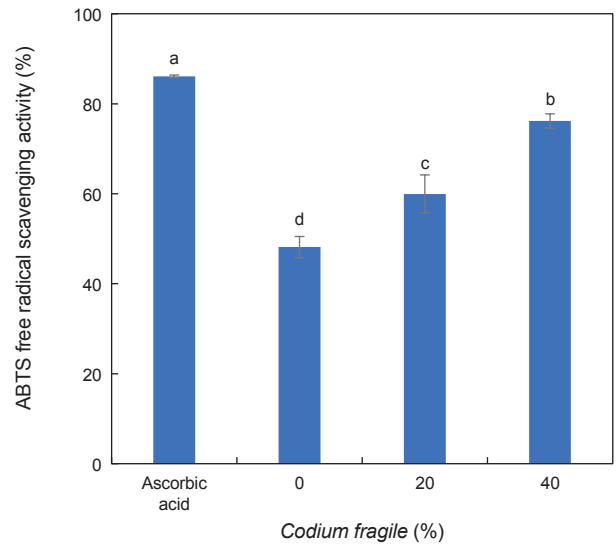


Fig 2. ABTS free radical scavenging activity in the soybean curd supplemented with *Codium fragile*. ABTS, 2,2'-Azino-bis (3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium. ^{a-d}Means represented by different superscripts in the same row are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

청각두부의 항산화력 활성

청각은 항암 및 항산화 억제제의 생리활성 물질이라고 알려진 사포닌(saponin), 플라보노이드(flavonoid), 이소플라본(isoflavone), 토코페롤(tocopherol), 안토시아닌(anthocyanin), 탄닌(tannin) 등의 성분이 다량 함유되어 있어 항산화 활성능이 있는 것으로 알려져 있다(Jung et al., 2005; Kim et al., 2006). 항산화 활성능에 대한 측정은 세포손상의 원인이 되는 자유라디칼(free radical)을 소거하는 것이 핵심이다(Kim et al., 2018). 청각두부의 ABTS 라디칼 소거활성능은 Fig. 2에 나타내었다. 청각두부의 ABTS 라디칼 소거활성능은 대조군에서 48.16%로 가장 낮았으며, 청각의 첨가량이 증가함에 따라 20, 40% 첨가군에서 각각 59.97%, 76.17%로 그 활성능이 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). DPPH는 질소 중심의 라디칼로서 짙은 자주색을 나타내며, 라디칼 전자의 비 편재화에 의해 분자 내에서 안정화 상태로 존재한다(Kim et al., 2007). 청각두부의 DPPH 라디칼 소거활성능은 Fig. 3에 나타내었다. 청각두부의 DPPH 라디칼 소거활성능은 대조군에서 52.56%로 가장 낮았으며, 청각의 첨가량이 증가함에 따라 20%, 40% 첨가군에서 각각 64.97%, 80.88%로 그 활성능이 유의적으로 증가하였다($P<0.05$).

Jun et al. (2019)의 청각막걸리의 항산화 활성 연구 결과, 청각 무첨가군의 ABTS 라디칼 소거활성(21.21%), DPPH 라디칼 소거활성(30.97%)에 비해 10%, 20%, 30% 청각 첨가 막걸리에서 더 높은 ABTS 라디칼 소거활성(51.01%, 54.24%, 64.79%), DPPH 라디칼 소거활성(74.63%, 79.36%, 84.64%)

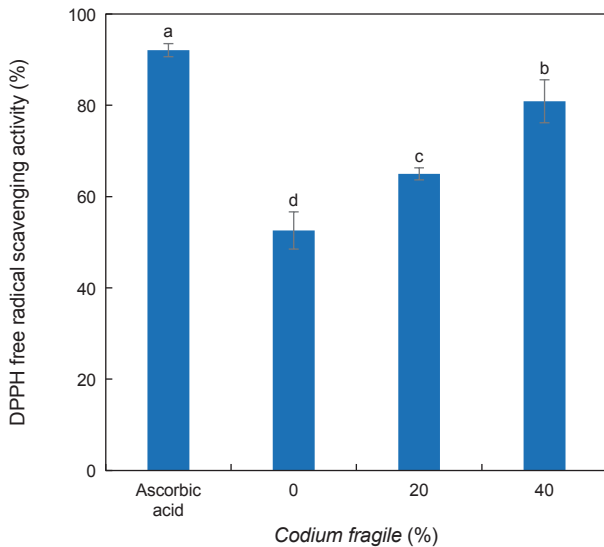


Fig 3. DPPH free radical scavenging activity in the soybean curd supplemented with *Codium fragile*. DPPH, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. ^{a-d}Means represented by different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

을 나타냈다. 따라서, 청각 첨가함량이 높아질수록 청각 첨가 식품의 ABTS 라디칼 소거활성능과 DPPH 라디칼 소거활성능이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 청각두부의 항산화 활성 정도를 비교하기 위하여 항산화제인 L-ascorbic acid를 양성 대조군으로 사용하여 청각두부와 같은 농도로 측정된 결과 각각 ABTS 라디칼 소거활성능 86.09%, DPPH 라디칼 소거활성능 92.06%으로 확인되었다. 초석잠 분말 첨가 두부의 항산화 활성 연구 결과(Lee et al., 2014), 본 연구와 유사하게 초석잠 분말 함량이 높아질수록 ABTS라디칼 소거활성능과 DPPH라디칼 소거활성능이 유의적으로 높아졌으며($P < 0.05$), 최대 0.8%의 초석잠 분말 첨가시 45.16% ABTS 라디칼소거 활성, 88.95% DPPH 라디칼 소거활성을 나타냈다. 청각두부, 초석잠 분말 첨가 두부 모두 항산화제인 L-ascorbic acid의 항산화능 보다는 낮았지만, 상당히 높은 항산화능을 보여주었다.

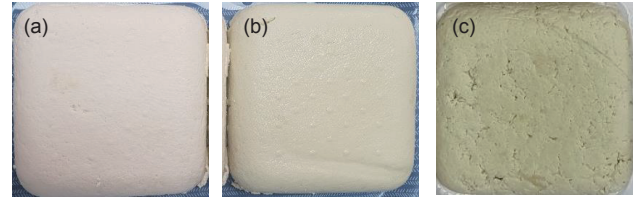


Fig. 4. Images of soybean curd coagulated with various coagulants such as (a) 0% (w/v) *Codium fragile*, (b) 20% (w/v) *Codium fragile*, (c) 40% (w/v) *Codium fragile*.

청각두부의 Texture 및 관능검사

청각 첨가 두부의 물성 특성을 알아보기 위하여 texture를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 응집성(cohesiveness)은 청각 첨가에 따른 유의적인 차이를 확인할 수 없었지만($P > 0.05$), 경도(hardness)와 씹힘성(chewiness)은 청각 첨가함량이 20% 혹은 40%일 때 무첨가 두부보다 유의하게 증가하였다($P < 0.05$). 본 연구 결과와 유사하게, 파래 분말을 첨가한 두부의 연구 결과에서는(Chung, 2010), 파래분말을 0.2%까지 첨가하였을 때 응집성(cohesiveness)은 유의적인 변화가 없었으며($P > 0.05$), 반대로 경도(hardness)와 씹힘성(chewiness)은 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 그러나, 파래분말을 0.3% 및 0.4% 첨가시에는 무첨가 두부보다 응집성(cohesiveness)이 낮아지는 것을 보고하였다(Chung, 2010). 이러한 물성의 차이는 두부를 제조시 사용한 천연물과 물질상태(예, 액체, 고체), 고형분 함량, 응고제 첨가량, 단백질 함량과 조성 등에 의한 차이라고 사료된다.

청각을 0, 20%, 40% 첨가하여 제조한 두부는 Fig. 4에 나타났으며, 관능검사 결과는 Table 3에 나타났다. 청각 첨가 함량에 따른 두부의 외관(appearance)는 유의적인 차이가 없었지만, 색상(color)은 20% 청각두부가 가장 유의적으로 높은 결과를 보였다($P < 0.05$). 이에 대한 관능평가 조사결과, 청각 첨가량을 증가시킬수록 연두빛 색상이 짙어지면서, 청각을 40% 첨가할 시에는 두부의 색상이 어두운 연두빛을 띄었기 때문에 20% 청각을 첨가한 두부의 밝은 연두빛의 색상(color)에 대한 선호도가 가장 높은 것으로 나타났다. 조직감(texture) 결과는 기계적인 물성에서는 경도(hardness)와 씹힘성(chewiness)이 청각 함

Table 2. Texture analysis of the soybean curd supplemented with *Codium fragile*

	<i>Codium fragile</i> contents (%)			
	0 (w/v)	20 (w/v)	40 (w/v)	
Texture	Hardness (g)	225.71±14.44 ^b	240.86±26.13 ^b	295.43±35.94 ^a
	Cohesiveness (g)	0.60±0.08 ^{NS}	0.59±0.08	0.63±0.05
	Chewiness (g)	156.00±34.31 ^b	212.29±25.75 ^{ab}	251.86±42.39 ^a

^{a-b}Means represented by different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test. NS means within the same row did not differ ($P > 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 3. Sensory evaluation of the soybean curd supplemented with *Codium fragile*

Sensory attributes	<i>Codium fragile</i> contents (%)		
	0 (w/v)	20 (w/v)	40 (w/v)
Appearance	5.82±1.13 ^{NS}	5.55±1.39	5.36±0.70
Color	5.97±0.51 ^{ab}	6.55±0.51 ^a	5.10±0.55 ^b
Flavor	4.36±1.08 ^b	5.73±1.07 ^{ab}	6.39±0.66 ^a
Texture	5.73±1.3 ^{NS}	5.82±1.36	5.42±1.03
Overall acceptability	4.48±0.72 ^b	5.97±0.85 ^{ab}	6.26±0.76 ^a

Values are given as mean±SD (n=30). NS means within the same row did not different (P>0.05) by Duncan's multiple range test. ^{a-b}Means represented by different superscripts in the same row are significantly different (P<0.05) by Duncan's multiple range test.

량에 따른 유의적인 차이가 있었지만(P<0.05), 관능검사에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). “조식감에 대한 차이를 느꼈는지”에 대한 관능평가 조사결과, 차이를 느꼈다는 패널은 한 명도 없었다. 향미(flavor)의 평가에서는 청각이 첨가된 두부에서 고소함과 청각 특유의 신선한 향을 느낄 수 있어서 첨가량이 증가할수록 향미(flavor)의 유의적인 상승을 확인할 수 있었다(P<0.05). 청각의 향기에 대해서는 정약전의 「자산어보」에서도 “젓갈의 비린내와 마늘 냄새를 중화시켜 식품의 뒷맛을 개운하게 한다”고 언급되어 있다(Kim et al., 2018). 청각함량의 증가에 따른 두부에 대한 향미(flavor)의 상승효과가 전반적인 기호도(overall acceptability)의 유의적인 상승에도 영향을 미쳤다(P<0.05).

따라서, 본 연구에서는 대두 두부(청각 무첨가군)와 청각을 20-40% 첨가하여 제조한 두부의 항산화성, 물리화학적 품질 및 관능적 특성을 확인함으로써 청각을 첨가한 두부의 상품성과 청각을 이용한 다양한 수산물 가공식품 개발의 가능성을 제시하였다.

References

AOAC (The Association of Official Analytical Chemists). 2000. The official methods of analysis of AOAC international. 17th Ed. AOAC, Gaithersburg, MD, U.S.A.
 Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature 181, 1199-1200. <https://doi.org/10.1038/1811199a0>.
 Choi YO, Chung HS and Youn, KS. 2000. Effects of various concentrations of natural materials on the manufacturing of soybean curd. Korean J Food Pres 7, 256-261.
 Chung DO. 2010. Characteristics of tofu (soybean curd) quality mixed with *Enteromorpha intestinalis* powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 39, 745-749. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2010.39.5.745>.
 Hwang IG, Hwang Y, Kim HY, Lee JS, Jeong HS and 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. <https://doi.org/10.3746/JKFN.2011.40.7.999>.
 Jun EB, Choi MS and Park SY. 2019. Quality characteristics and antioxidant effects on the Korean traditional rice Wine *Makgeolli* supplemented with *Codium fragile* during fermentation. Korean J Fish Aquat Sci 52, 224-231. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0224>.
 Jung KJ, Jung CH, Pyeun JH and Choi YJ. 2005. Changes of food components in mesangi *Capsosiphon fulvecense*, gashiparae *Enteromorpha prolifera* and cheonggak *Codium fragile* depending on harvest times. J Korean Soc Food Sci Nutr 34, 687-693. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2005.34.5.687>.
 Kim DH, Hong KN, Lim YK, Cha SH, Ryu JE, Cho JH, Kim DI, Yoo DI and Jang KI. 2016. Quality and antioxidant properties of Tofu coagulated with 'Tsugaru' apple (*Malus domestica* Borkh) juice. J Korean Soc Food Sci Nutr 45, 1130-1137. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2016.45.8.1130>.
 Kim H, Kim KA, Cha EJ and Han NS. 2005. Property analysis of soybean curd produced by automatic and consecutive processes. Food Eng Prog 9, 303-308.
 Kim JL, Kang YH and Kang JS. 2007. Study on antioxidant potency of green tea by DPPH method. The FASEB J 21, A726-727. <https://doi.org/10.1096/fasebj.21.5.A726>.
 Kim MS, Kim KM, Han DH, Ko KW and Kim SY. 2018. Antibacterial activity and other functions of *Codium fragile* and *Chaenomeles sinensis* extracts by extraction method. Korean Soc Biotechnol Bioeng J 33, 89-94.
 Kim SS, Park MK, Oh, NS, Kim, DC, Han MS and In MJ. 2003. Studies on quality characteristics and shelf-life of chlorella soybean curd (Tofu). Appl Biol Chem 46, 12-15.
 Kim YJ, Jung IS, Choi IS, Gal SW and Choi YJ. 2006. Studies on antioxidant activity and inhibition of nitric oxide synthesis from *Codium fragile*. J Life Sci 16, 788-793. <https://doi.org/10.5352/JLS.2006.16.5.788>.
 Ko KH, Moon SH, Yoo YJ and Kim IC. 2013. Characteristics of soybean curds manufactured by various bitterns. Korean J Food Pres 20, 37-44. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2013.20.1.37>.
 Lee CW, Kim HA, Yoon HR and Jeon TY. 2019. Establishment of seaweed fermentation process for cosmetic material research. J Korea Acad Industr Coop Soc 20, 14-19. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.9.14>.
 Lee JE, Jin SY and Han YS. 2014. Antioxidant activities and quality characteristics of tofu supplemented with chinese artichoke powder. Korean J Food Nutr 27, 10-21. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2014.27.1.010>.
 Lee JH and Kim B. 2019. A study on seaweed sea staghorn *Codium fragile* ethanol extract for antioxidant. J Convergence Cult Technol 5, 467-472. <https://doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.4.467>.

- Lee JS, Kim GN and Jang HD. 2008. Effect of red ginseng extract on storage and antioxidant activity of tofu. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37, 1497-1506. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2008.37.11.1497>.
- Nagayama K, Iwamura Y, Shibata T, Hirayama I and Nakamura T. 2002. Bactericidal activity of phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome*. *J Antimicrob Chemother* 50, 889-893. <https://doi.org/10.1093/jac/dkf222>.
- Park BH and Jeon ER. 2008. Quality characteristics of soybean curd prepared with the addition of yellow paprika juice. *Korean J Food Cook Sci* 24, 439-444.
- Rekha CR and Vijayalakshmi G. 2013. Influence of processing parameters on the quality of soycurd (tofu). *J Food Sci Technol* 50, 176-180. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0245-z>.
- Ryu YG. 2005. Tofu's manufacturing system and market situations. *Food Ind Nutr* 10, 6-10.
- Setyono A. 1994. Effects of phytic acid on the texture of tofu and the precipitation reaction in tofu making. *Indonesian Food Nutr Prog* 1, 28-33. <https://doi.org/10.22146/jifnp.11>.
- Smith AK, Watanabe T and Nash AM. 1960. Tofu from Japanese and United States soybean. *Food Technol* 14, 332-335.