

대두(*Glycine max* L. Merrill)와 호박(*Cucurbita moschata* Duch.) 씨를 이용하여 제조한 호박씨 두부의 품질 및 조직감 특성

신소연 · 오현빈 · 정기영 · [†]김영순

고려대학교 식품영양학과

Quality and Texture Characteristics of Pumpkin Seed Tofu made with Soybean (*Glycine max* L. Merrill) and Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) Seed

So Yeon Shin, Hyeonbin O, Ki Youeng Joung and [†]Young-Soon Kim

Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea

Abstract

Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) seed is rich in protein and sulfur-containing amino acids. Tofu is a protein gel made from soybean, which is rich in lysine but lacking in sulfur-containing amino acids. This study was conducted to investigate the use of pumpkin seeds in tofu manufacture and to determine its quality and texture characteristics. Soybean was substituted with pumpkin seed to obtain pumpkin seed tofu at the following ratios: 10%, 30%, 50%, and 70% (P10, P30, P50 and P70). Tofu manufactured only with soybean was used as a control (Con). The higher rate of pumpkin seed substitution significantly decreased the moisture content and yield rate ($p < 0.05$). In contrast, pH value and turbidity were significantly increased with the increase in the amount of pumpkin seed ($p < 0.05$). The *L*-value (81.74~79.04), *a*-value (-0.19~ -3.89) and *b*-value (12.40~9.84) of samples significantly decreased with the amount of pumpkin seed ($p < 0.05$). No significant difference in syneresis was found among the samples ($p < 0.05$). The hardness tended to decrease with the increase in the amount of pumpkin seed. The microstructure analysis revealed that the pore size of pumpkin seed tofu was smaller than that of Con. These results suggest that the pumpkin seed protein is a useful ingredient in the manufacture of tofu. Increasing the pumpkin seed substitution levels improves the texture of tofu.

Key words: pumpkin seed, tofu, texture characteristics, microstructure

서 론

호박은 박과(Cucurbitaceae)에 속하는 속씨식물로 *Cucurbita pepo* L., *Cucurbita maxima* Duch. 및 *Cucurbita moschata* Duch. 는 세계적으로 많이 생산되며, 경제적인 측면에서 중요한 호박의 3가지 종이다(Caili 등 2006). 호박은 과육이 주요 가식 부위이나, 가공 과정에서 과피, 씨앗 등의 부산물이 생기는데 부산물 중 하나인 호박의 씨앗에는 단백질이 다량 함유되어 있어 단백질원으로서 이용가치가 높으며(Asiegbu JE 1987), 특히 대두 단백질에는 부족한 합황아미노산인 메티오닌이

호박씨에는 풍부한 것으로 보고되었다(Olaofe 등 1994). 또한, 호박씨는 항산화 활성과 lipoxygenase 저해능(Xanthopoulou 등 2009)이 있고, 당뇨병, 고혈압(Kwon 등 2007) 개선에 도움을 줄 수 있는 것으로 보고되었다. 호박씨를 식품에 적용한 연구로는 호박씨 쿠키의 품질 및 관능 특성(Giami 등 2005), 호박씨 빵의 영양적 품질(Giami 등 2003) 등이 이루어졌으나, 아직은 미비한 실정이다.

두부는 2천 년 전 중국의 한 왕조 때부터 역사가 시작된 식물성 단백질 식품으로 단백질 부족을 완화하기 위해 이용되어 왔다. 영양이 풍부하고 건강상 이점들이 많아 한국, 일본

[†] Corresponding author: Young-Soon Kim, Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9223-4039> Tel: +82-2-3290-5638, Fax: +82-2-921-7207, E-mail: kteresa@korea.ac.kr

및 동아시아뿐만 아니라, 서양에서도 두부의 소비가 증가하고 있다(Chang SKC 2007). 두부는 대두를 원료로 응고제를 가하여 응고시켜 만드는 겔(gel) 상태의 식품으로 자극적이지 않은 맛을 지니고 있기 때문에 두부의 조직감이 두부의 품질과 소비자 기호도에 중요한 영향을 미친다(Deman 등 1986). 두부의 조직감에는 응고제, 온도, 압력 등의 제조 환경이 영향을 줄 수 있는 것으로 보고되었으며(Wang 등 1983), 두부의 조직감에 대한 소비자들의 선호도가 다르기 때문에 소비자들의 요구를 충족하고, 두부 품질의 개선을 위해 두부의 조직감에 대한 연구는 지속적으로 이루어져야 한다.

The Korean Nutrition Society(2009)에 따르면 대두에는 39.2%의 탄수화물, 32.7%의 단백질, 16.9%의 지방이 함유되어 있으며, 호박씨에는 9.9%의 탄수화물, 29.3%의 단백질, 49.7%의 지방이 함유되어 있다. 단백질 함량이 높아 식품 산업에서 많이 이용되는 대두와 단백질 함량이 큰 차이가 없음에도 불구하고, 호박씨는 아직까지 식품 산업에서 다양하게 활용되지 못하고 있다. 따라서 본 연구는 호박 부산물인 호박씨를 두부 제조에 이용하고, 호박씨가 두부의 품질 특성과 조직감에 미치는 영향을 분석하여 호박씨를 활용한 식품 개발의 기초 자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

대두(*Glycine max* L. Merr.)와 간수($MgCl_2$ 23.5%)는 국내산 제품, 호박씨(*Cucurbita moschata* Duch.)는 신세계푸드(Shin-segaefood Co., Ltd, Seoul, Korea)에서 수입한 곱걸질이 제거된 중국산 제품을 2017년에 시중에서 구매하여 사용하였다. 두부 제조에 사용하기 전까지 대두와 호박씨는 2°C에서 냉장

보관하였으며, 간수는 상온에서 보관하였다.

2. 호박씨를 첨가한 두부의 제조

두부 제조는 Chung DO(2010)의 방법을 참고하여 호박씨 대체 비율을 달리한 6가지의 두부를 제조하였다(Table 1). 예비실험을 통하여 두부 성형이 가능한 호박씨의 최대 대체 비율이 총 중량의 70%임을 확인하였고, 이에 근거하여 호박씨 대체 비율을 설정하였다. 대두로만 제조한 두부를 대조군(Con)으로 하였고, 10, 30, 50 및 70%의 비율로 대두를 호박씨로 대체하였으며(10, 30, 50 및 P70), 호박씨는 녹색 속껍질을 제거하지 않고 사용하였고, 응고제는 여과액의 1%를 첨가하여 두부를 제조하였다. 대두와 호박씨는 깨끗이 수세하여 두부 제조기 소이러브(IOM-201B, Ronic Co., Ltd, Paju, Gyeonggi, Korea)에 1,700 mL의 증류수와 함께 넣고 25분에 걸쳐 마쇄 및 가열해 준다. 면보로 한 번 더 걸리낸 여과액 1,100 mL를 $80 \pm 5^\circ\text{C}$ 의 Water bath에서 중탕하여 여과액 온도가 80°C 에 도달했을 때 간수를 천천히 부은 후 주걱을 이용하여 1~2회 저어준다. 상온에서 15분 경과 후 $95 \times 70 \times 70$ mm 크기의 직육면체 두부 틀에 응고물을 옮겨 담아 3 kg의 누름돌을 이용하여 20분간 압착 성형하고, 30분간 증류수에 수침한 후 경사진 채반에서 15분 동안 표면의 수분을 제거하여 시료로 사용하였다. 제조된 두부의 외관은 $50 \times 30 \times 20$ mm의 크기로 자른 후 촬영했으며, Fig. 1과 같다.

3. 수분 함량 측정

두부의 수분 함량은 두부 중심부를 5 g을 취한 후 수분 측정기(MB45, OHAUS, Zurich, Switzerland)로 105°C 에서 60초 동안 무게의 변화가 없을 때까지 측정하였다. 각 시료당 수분 함량을 3회 반복 측정한 후 평균값을 구하였다.

Table 1. Formulas for tofu with different amount of pumpkin seed

Ingredients (g)	Con	P10	P30	P50	P70
Dried soybean	150	135	105	75	45
Pumpkin seed	0	15	45	75	105
Distilled water	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700
Coagulant	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5



Fig. 1. Photograph of tofu with different amount of pumpkin seed ($50 \times 30 \times 20$ mm).

4. pH 측정

대두와 호박씨는 High Speed Crushing Machine(RT-04, Hung Chuan Machinery Enterprise Co., Ltd, Taipei, Taiwan)으로 분쇄하여 시료로 사용하였으며, 두부는 표면의 수분을 제거한 것을 시료로 사용하였다. 대두, 호박씨 및 두부의 pH 측정을 위해 시료 10 g과 증류수 90 mL를 취하여 균질기(Unidrive 1000D, Ingenieurburo CAT M. Zipperer GmbH, Staufen, Germany)로 균질 분산시켰다. pH meter(SP-701, Suntex instruments Co., Ltd, Taipei, Taiwan)를 이용하여 준비된 시료의 pH를 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

5. 두부 순물 탁도 측정

두부 순물의 탁도는 Park 등(2009)의 방법을 응용하여 분석하였다. 두부 압착 성형과정에서 얻은 두부 순물을 Whatman No. 1 여과지로 1회 여과한 후 시료로 사용하였다. 시료 별로 3회 분주 후 ELISA 흡광 리더기(Apollo11LB913, Berthold technologies Co., Ltd, Bad Wildbad, Germany)를 이용하여 595 nm에서 흡광도를 측정하여 평균값을 구하였다.

6. 수율 측정

두부의 수율은 제조된 두부의 무게를 3회 측정하여 다음의 식을 통해 도출한 후 평균값을 구하였다.

$$\text{Yield rate (\%)} = \frac{\text{Weight of tofu (g)}}{\text{Total weight of dried soybean and pumpkin seed (g)}} \times 100$$

7. 색도 측정

색도는 두부 단면의 명도(L , Lightness), 적색도(a , Redness), 황색도(b , Yellowness)를 색차계(CR-400, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하고 평균값을 구하였다. 표준백색판의 값은 $L = 97.05$, $a = 0.60$, $b = 1.48$ 이었으며, 색차값(ΔE , Overall color difference)은 다음의 공식으로 산출하여 평균값을 구하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_{\text{sample}} - L_{\text{control}})^2 + (a_{\text{sample}} - a_{\text{control}})^2 + (b_{\text{sample}} - b_{\text{control}})^2}$$

8. 이수율 측정

두부 이수율 측정을 위해 20×30×30 mm의 크기로 절단한 두부의 무게를 재고 거름망에 담아, 플라스틱 용기에 고정하여 물이 빠질 수 있도록 한 후 밀폐용기에 넣고 4℃에서 보관하였다. 9시간 동안 3시간 간격으로 두부에서 방출된 물의 무게를 기록하여 아래의 식으로 두부의 이수율을 계산하였다. 모든 과정은 3회 반복 후 평균값을 구하였다.

$$\text{Syneresis (\%)} = \frac{\text{Weight of water released from tofu (g)}}{\text{Weight of tofu (g)}} \times 100$$

9. 조직감 측정

두부는 20×20×20 mm의 크기로 절단하여 조직감 측정에 사용하였다. 조직감은 Rheometer(Sun rheometer Compac-100 II, Sun Scientific Co., Ltd, Tokyo, Japan)를 이용하여 경도(Hardness), 탄력성(Springiness), 응집성(Cohesiveness) 및 씹힘성(Chewiness)을 No.1 Φ20 mm의 probe로 table speed 60 mm/min, distance 5 mm, load cell 2 kg의 조건 하에서 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

10. 미세구조 분석

미세구조 분석을 위해 두부 시료들은 최대한 조직에 손상 없이 1×5×5 mm 절단한 후 동결 건조를 진행하였다. 동결 건조된 시료는 Automatic magnetron sputter coater system (Sputter Coater 108 AUTO, Cressington Scientific Instruments, Ltd, Watford, UK)를 이용하여 금으로 코팅을 한 후 Scanning Electron Microscope(JEOL-6701F, JEOL, Ltd, Tokyo, Japan)로 옮겨 10 kV에서 200배 확대하여 관찰하였다.

11. 통계처리

분석 결과는 SPSS(IBM SPSS Statistics 23, International Business Machines Corporation, New York, USA)를 이용하여 평균과 표준편차를 도출하고, 분산분석(ANOVA)을 하였다. 시료 간의 유의성 검증은 Duncan's multiple range test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 진행하였다.

결과 및 고찰

1. 두부 수분 함량과 pH

두부의 수분 함량과 두부의 pH 측정결과는 Table 2에 나타내었다. 두부의 수분 함량은 호박씨 두부가 대조군보다 모두 낮았으며, P70이 70.74%로 수분 함량이 시료 중 유의적으로 가장 낮았다($p < 0.05$). 호박씨의 색소 및 호박씨에 함유되어 있는 유지 등 호박씨의 성분이 단백질 응고를 방해하여 두부의 보수력에 영향을 주어 호박씨 대체량 증가에 따른 수분 함량이 감소한 것으로 사료된다(Kim 등 2012). 또한 Prabhakaran 등(2006)의 연구에서 수분 함량은 수율과 관련성이 있으며, 높은 수분 함량을 가질수록 수율이 높은 것으로 보고되었는데, 호박씨 두부의 수분 함량 감소는 수율의 감소에 영향을 줄 것으로 판단된다.

pH는 두부의 맛, 물성 및 저장성 등에 영향을 주는 인자로(Kim 등 2003) 호박씨 두부 시료 모두 pH가 대조군보다 유의

Table 2. Moisture content, pH value, turbidity and yield rate of tofu with different amount of pumpkin seed

Content	Con	P10	P30	P50	P70
Moisture content (%)	76.82±0.68 ^{1)a}	73.58±0.74 ^b	73.40±0.48 ^b	72.95±0.80 ^b	70.74±0.84 ^c
pH	6.37±0.02 ^d	6.44±0.01 ^{cd}	6.47±0.09 ^c	6.57±0.02 ^b	6.84±0.01 ^a
Turbidity	0.09±0.00 ^e	0.13±0.00 ^d	0.19±0.00 ^c	0.24±0.00 ^b	0.25±0.00 ^a
Yield rate (%)	174.79±0.04 ^a	155.83±0.06 ^b	145.51±0.01 ^c	126.18±0.20 ^d	94.88±0.07 ^e

¹⁾ Each value indicates mean±standard deviation.

^{a-c} Different superscripts indicate there are significant differences between values in a same row according to Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

적으로 높았으며, P10이 6.44, P30이 6.47, P50이 6.57, P70이 6.84로 호박씨 비율이 증가할수록 유의적으로 증가하였다 ($p<0.05$). 본 연구에 사용된 대두의 pH는 6.31이고, 호박씨의 pH는 7.23으로 호박씨의 pH가 대두의 pH보다 높기 때문에 대두가 호박씨로 대체되는 비율이 증가할수록 pH가 증가한 것으로 판단된다. 대두보다 pH가 낮은 소재인 청양고추 착즙액(Hwang 등 2011)과 노랑 파프리카즙(Park & Jeon 2008)을 첨가한 두부는 첨가량 증가에 따라 두부의 pH는 감소하고, 대두보다 pH가 높은 식품인 우유(Kim 등 1993)와 콩잎(Kim 등 2003)을 첨가한 두부는 첨가량 증가에 따라 두부의 pH는 증가한 것으로 보고되었다. Park & Jeon(2008)에 따르면 일반적으로 pH가 낮은 식품이 pH가 높은 식품에 비해 방부 효과가 높는데, 호박씨 두부의 경우 pH가 대조군보다 높기 때문에 저장성에 취약할 가능성이 있어 이에 유의해야 할 것으로 사료된다.

2. 두부 순물의 탁도와 두부 수율

두부 순물의 탁도와 두부 수율 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. Jeong 등(2008)에 의하면 탁도는 조리 중 고형분의 손실 정도를 나타내는 지표로 두부 순물의 탁도 값을 통해 두부 제조 과정 동안 고형분이 손실되는 정도를 알 수 있다. 호박씨 두부 순물의 탁도는 호박씨 대체량이 증가할수록 유의적으로 증가하였으며, 대조군이 0.09로 가장 낮았다($p<0.05$). 연잎 두부(Park 등2009), 강황 두부(Min 등 2007) 및 허브 두부

(Jeon & Kim 2006)의 연구에서도 대조군보다 천연소재 첨가 두부의 탁도가 높은 것으로 나타나 본 연구의 결과와 일치하였는데, 탁도의 증가는 고형분과 색소의 일부가 응고물에 흡착되지 못하여 여액으로 빠져나왔기 때문인 것으로 보고되었다. 따라서 호박씨 두부 제조 과정에서 호박씨의 색소와 응고되지 못한 호박씨 및 대두의 성분들이 여액으로 빠져나와 탁도가 증가한 것으로 사료된다.

두부의 수율 측정 결과, 호박씨를 대체량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 것을 확인할 수 있었다($p<0.05$). Choi 등(2000)에서 천연물을 두부 제조 시 첨가하였을 때 단백질과의 결합을 방해하여 천연물 첨가 두부의 수율이 대조군보다 감소하였으며, 이는 탁도의 증가에도 영향을 준 것으로 보고되어 본 연구 결과와 일치하였다. 또한, Kim & Lee(2007)의 쥐눈이콩을 첨가한 두부 연구결과, 콩의 수용성 단백질과 지방질의 함량이 두부 수율과 직접적인 관련이 있으며, 쥐눈이콩의 대두보다 단백질 함량은 높고 지질 함량은 낮은 특성이 두부 수율에 영향을 미칠 수 있는 것으로 보고되었다. 호박씨는 대두에 비해 단백질 함량이 낮고, 지질 함량은 높아 응고되는 단백질의 양이 대두보다 적고, 지질이 단백질의 응고를 방해하여 호박씨 두부 수율이 대조군보다 낮게 나타난 것으로 사료된다.

3. 색도

두부의 색도 측정 결과는 Table 3과 같다. Min 등(2007)에

Table 3. Color values of tofu with different amount of pumpkin seed

Hunter's color value	Con	P10	P30	P50	P70
<i>L</i>	81.74±0.35 ^{1)a}	82.06±0.38 ^a	81.28±0.65 ^{ab}	80.39±0.13 ^b	79.04±0.81 ^c
<i>a</i>	-0.19±0.07 ^a	-1.04±0.08 ^b	-2.19±0.04 ^c	-3.04±0.09 ^d	-3.89±0.13 ^e
<i>b</i>	12.40±0.31 ^a	12.48±0.31 ^a	11.27±0.29 ^b	10.57±0.31 ^c	9.84±0.41 ^d
ΔE	-	0.93±0.11 ^d	2.49±0.14 ^c	3.67±0.03 ^b	5.34±0.47 ^a

¹⁾ Each value indicates mean±standard deviation.

^{a-c} Different superscripts indicate there are significant differences between values in a same row according to Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

따르면 두부의 색도는 두부의 품질 요인 중 하나로 시각적 기호도의 척도로써 사용되어 기호도에 영향을 미칠 수 있다. 색도 측정 결과, 명도와 황색도는 대조군과 P10 간에는 서로 유의적인 차이가 없었으나, P30부터 P70까지(81.28~79.04, 11.27~9.84) 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 적색도는 대조군이 -0.19 로 가장 높았고, P10, P30, P50 및 P70은 각 -1.04 , -2.19 , -3.04 및 -3.89 로 호박씨 비율이 증가할수록 값이 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 반면, 색차값(ΔE)은 P10에서 P70까지 0.93에서 5.34로 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 대두 분말의 명도(L), 적색도(a) 및 황색도(b)는 88.17, -0.81 , 16.00, 호박씨 분말은 70.24, -3.35 , 12.70으로 호박씨 분말의 명도, 적색도 및 황색도가 대두 분말보다 낮았다. 따라서 호박씨 비율이 증가함에 따라 명도, 적색도 및 황색도가 감소하는 경향은 대두 분말보다 낮은 호박씨 분말의 명도, 적색도 및 황색도가 직접적인 영향을 미친 것으로 판단된다. 호박씨와 같이 녹색을 띠는 천연소재를 이용하여 제조한 두부 연구에 의하면 파래 분말 첨가 두부(Chung DO 2010)와 알팔파 추출물 첨가 두부(Kim 등 2012)의 명도와 적색도, 솔잎 분말 첨가 두부(Son 등 2015)의 명도, 적색도 및 황색도가 천연소재의 첨가량이 증가함에 따라 그 값이 낮아지는 것으로 보고되어 본 연구 결과와 유사하였다. 또한, 녹색의 천연소재를 첨가한 두부의 색도에 대한 기호도는 두부의 흰색에 대한 고정 관념으로 인해 대조군보다 낮거나 유의적 차이가 없는 것으로 보고되어 호박씨 두부의 색도 또한 기호도에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

4. 이수율

두부의 이수율 측정 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 3시간, 6시간 및 9시간이 지났을 때의 이수율은 두부 시료 간에 유의적 차이가 없었다($p < 0.05$). Na & Kim(2002)에 의하면 이수율은 겔 구조의 안정성과 관련이 있으며, 저장 중 이수 현상이 적게 일어날수록 겔 구조가 안정하다. 녹차 가루 첨가 두부 연구 결과, 탄닌이 단백질 망상 구조 형성에 영향을 주어 녹

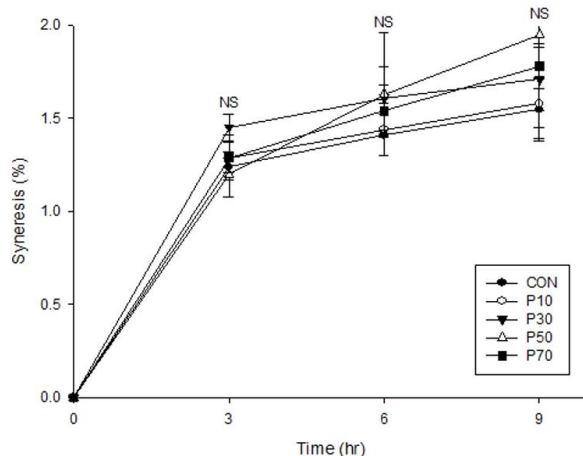


Fig. 2. Syneresis of tofu with different amount of pumpkin seed. ^{NS} Not significant.

차가루 첨가량이 증가할수록 이수율이 증가한 것으로 보고 되었으며(Jung & Cho 2002), 조개 껍질 분말을 첨가한 두부(Kim 등 2007)는 조개 껍질 분말이 겔 구조를 치밀하게 만들어 보수력이 향상했기 때문에 이수율이 대조군보다 현저하게 낮은 것으로 보고되어 첨가 소재에 따라 이수율이 상이하게 나타나는 것으로 사료된다. 호박씨 두부 이수율은 대조군과 비교하여 유의적 차이가 없으므로 호박씨 대체량이 증가하여도 겔 구조의 안정성은 유지되는 것으로 판단된다.

5. 조직감

두부 조직감 측정 결과는 Table 4에 나타내었다. 경도(Hardness)는 호박씨 두부 시료(1.73, 1.54, 1.49, 1.26 N)가 대조군(1.95 N)보다 유의적으로 낮았으며, 호박씨 대체량 증가에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈다($p < 0.05$). Zhou DL (2009)의 연구에서 유지 첨가량 증가에 따라 두부의 경도가 감소한 것으로 보고되었는데, 호박씨는 유지 47.0%를 함유하고 있어(Asiegbu JE 1987) 유지 함량이 높은 식품이기 때문에 호박씨 대체량 증가에 따라 두부의 경도가 감소된 것으로 사

Table 4. Textural characteristics of tofu with different amount of pumpkin seed

Textural characteristics	Con	P10	P30	P50	P70
Hardness (N)	1.95±0.17 ^{1a}	1.73±0.04 ^b	1.54±0.03 ^{bc}	1.49±0.04 ^c	1.26±0.15 ^d
Springiness (mm)	0.45±0.00 ^{NS}	0.45±0.00	0.45±0.00	0.45±0.00	0.45±0.00
Cohesiveness	0.80±0.01 ^{NS}	0.83±0.01	0.83±0.02	0.81±0.01	0.80±0.02
Chewiness (N · mm)	0.70±0.05 ^a	0.64±0.01 ^b	0.57±0.00 ^c	0.54±0.01 ^c	0.45±0.04 ^d

¹⁾ Each value indicates mean±standard deviation.

^{a-d} Different superscripts indicate there are significant differences between values in a same row according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

^{NS} Not significant.

료된다. 반면, Wang 등(1983)의 연구에서 두부의 수분 함량은 경도와 반비례의 관계를 가진다고 보고되었는데, 본 연구에서는 수분 함량과 경도는 비례의 관계를 가지고 있는 것으로 나타나 선행 연구와는 다른 양상을 보였다. 석류 농축액 첨가 두부(Kim & Park 2006)와 알팔파 첨가 두부(Kim 등 2012)의 경도는 대조군보다 높게 나왔으나, 조직감에 대한 선호도는 낮고, 강황 첨가 두부(Min 등 2007)의 경도는 대조군보다 낮았으나 조직감에 대한 선호도는 높은 것으로 보고되어 부드러운 조직감을 가지는 두부가 기호도가 높은 것으로 판단된다. 호박씨 두부의 경도는 대조군보다 낮으므로 호박씨 첨가로 부드러운 두부를 제조할 수 있으며, 조직감 개선에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 탄력성(Springiness)과 응집성(Cohesiveness)은 시료 간 유의적 차이가 없었다($p < 0.05$). Kim 등(2010)에 따르면 단백질은 3차원 망이 물을 가두어 단백질 겔이 탄력성을 띠게 되는데, 호박씨 두부는 탄력성에서 유의적 차이가 없어 호박씨 대체량과 상관없이 겔 안정성이 유지되는 것으로 사료되며, 이와 같은 결과는 본 연구의 호박씨 두부 이수율에서 겔의 안정성이 시료 간 유의적 차이가 없는 것과 부합하는 결과이다. 사과즙 두부(Kim 등 2016)와 파래 분말 두부(Chung DO 2010)의 응집성은 첨가군이 대조군보다 낮았고, 매실즙 두부(Jung 등 2000)와 해초류 첨가 두부(Kim 등 1996)의 응집성은 첨가군이 대조군보다 높아 첨가한 천연 소재에 따라 응집성은 상이하게 나타나는 것으로 사료되며, 호박씨의 첨가는 응집성에 영향을 주지 않은 것으로 판단된다. 씹힘성(Chewiness)은 대조군이 0.70 N·mm로 유의적으로 가장 높았으며, 호박씨 대체량이 증가할수록 유의

적으로 감소하였다($p < 0.05$). 씹힘성은 경도, 탄력성 및 응집성의 값의 곱으로 도출되는데, 탄력성과 응집성은 시료 간 유의적 차이가 없었기 때문에 경도 결과가 씹힘성 결과에 영향을 주어 경도와 마찬가지로 감소하는 경향이 나타난 것으로 판단된다.

6. 미세구조 분석

Scanning Electron Microscope(SEM)을 이용하여 촬영한 두부 미세구조 구조는 Fig. 3과 같다. 대조군과 비교하여 호박씨 두부 기공의 크기가 작고 균일한 분포를 보이는 것을 확인할 수 있었다. Xu 등(2016)의 연구에서는 미세구조 분석 결과, 부드러운 두부보다 단단한 두부의 기공이 큰 것으로 보고되었으며, Kim & Park(2006)의 연구에 따르면 석류 두부의 미세구조는 두부가 부드러울수록 입자가 작고 균일한 것으로 보고되어 미세구조는 두부의 부드러운 정도와 관련이 있는 것으로 판단된다. 대조군보다 부드러운 것으로 나타난 호박씨 두부의 SEM 촬영 결과, 호박씨 두부의 기공 크기는 대조군보다 작은 것을 확인할 수 있었고, 이는 선행연구와 일치하는 결과를 나타냈다(Xu 등 2016; Kim & Park 2006).

요약 및 결론

본 연구에서는 호박 부산물인 호박씨를 두부 제조에 활용하고자 호박씨 대체 비율을 달리하여 호박씨 두부를 제조하였다. 제조한 호박씨 두부는 수분 함량, pH, 순물의 탁도, 수율, 색도, 이수율, 조직감 및 미세구조를 분석하였다. 호박씨

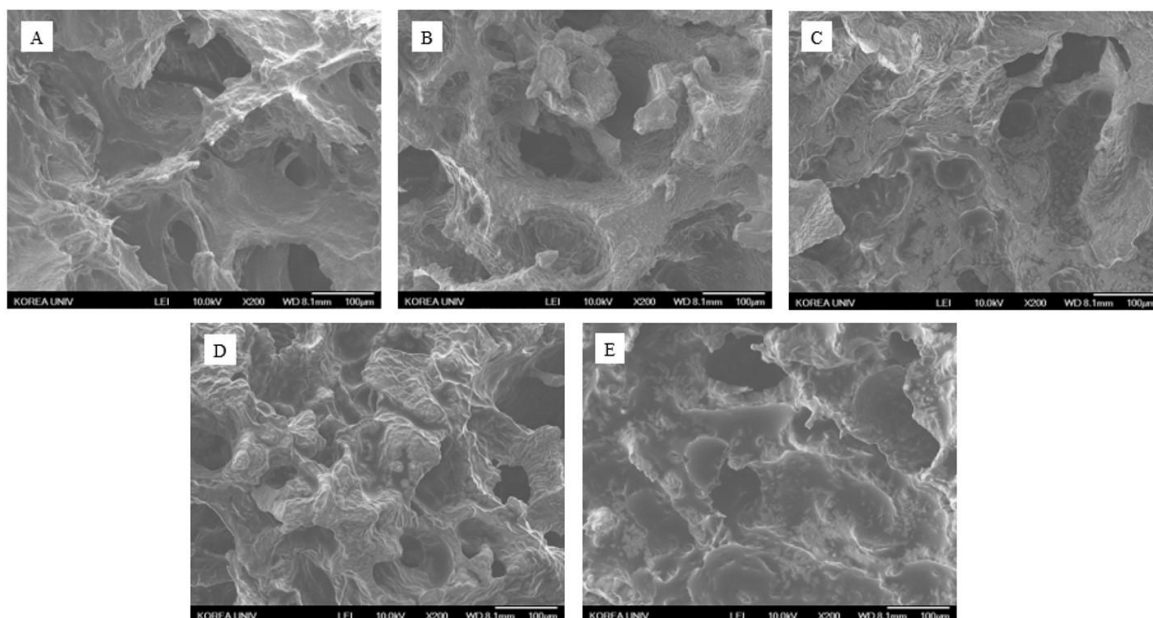


Fig. 3. Scanning electron microscopic photograph of tofu tissue ($\times 200$). (A: Con, B: P10, C: P30, D: P50, E: P70)

두부의 수분 함량과 탁도 및 수율은 호박씨 대체량 증가에 따라 유의적으로 감소한 반면, pH는 증가하였다($p<0.05$). 호박씨의 성분이 단백질 응고 과정에서 응고를 방해하고, 보수력을 감소시켜 수분 함량 및 수율의 감소가 나타난 것으로 사료된다. 명도와 황색도 및 적색도는 호박씨 대체 비율이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였으나, 색차값은 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 이수율은 시료 간 유의적인 차이가 없어 호박씨 대체량의 증가는 겔 안정성에 영향을 미치지 않는 것으로 판단되며, 조직감은 경도가 호박씨 대체 비율이 증가할수록 감소하는 경향이 나타나, 호박씨를 이용하여 부드러운 두부의 제조가 가능함을 확인하였다($p<0.05$). 미세구조 촬영 결과, 대조군보다 경도가 낮았던 호박씨 두부가 대조군보다 기공의 크기가 작으며, 균일한 분포를 이루는 것을 확인할 수 있었다. 이상의 결과를 미루어 보았을 때 두부의 품질과 소비자 기호도에 많은 영향을 미치는 조직감이 개선된 두부를 호박씨를 이용하여 제조할 수 있음을 확인하였으며, 본 연구 결과는 호박씨 활용 식품 개발을 위한 기초 자료로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Asiegbu JE. 1987. Some biochemical evaluation of fluted pumpkin seed. *J Sci Food Agri* 40:151-155
- Caili FU, Huan S, Quanhong LI. 2006. A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant Foods Hum Nutr* 61:70-77
- Chang SKC. 2007. Handbook of Food Products Manufacturing. pp.1063-1089. John Wiley & Sons. Inc.
- Choi YO, Chung HS, Youn KS. 2000. Effects of various concentrations of natural materials on the manufacturing of soybean curd. *Korean J Postharvest Sci Technol* 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
- Demam JM, Demam L, Gupta S. 1986. Texture and microstructure of soybean curd (tofu) as affected by different coagulants. *Food Struct* 5:83-89
- Giami SY, Achinewhu SC, Ibaakee C. 2005. The quality and sensory attributes of cookies supplemented with fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook) seed flour. *Int J Food Sci Technol* 40:613-620
- Giami SY, Mepba HD, Kiin-Kabari DB, Achinewhu SC. 2003. Evaluation of the nutritional quality of breads prepared from wheat-fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook) seed flour blends. *Plant Foods Hum Nutr* 58:1-8
- Hwang IG, Hwang Y, Kim HY, Lee JS, Jeong HS, Yoo SM. 2011. Quality characteristics of the tofu (soybean curd) added with cheongyang hot pepper (*Capsicum annuum* L.) juice. *Korean J Community Living Sci* 40:999-1005
- Jeon MK, Kim MR. 2006. Studies on storage characteristics of tofu with herb. *Korean J Food Cook Sci* 22:307-313
- Jeong CH, Shim KH, Bae YI, Choi JS. 2008. Quality characteristics of wet noodle added with freeze dried garlic powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:1369-1374
- Jung JY, Cho EJ. 2002. The effect of green tea powder levels on storage characteristics of tofu. *Korean J Food Cook Sci* 18:129-134
- 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
- Kim AJ, Yuh CS, Bang IS, Kang YR, Chung KS, Kim MH. 2003. A study on the changes of physicochemical characteristics of soybeans curd with cow's milk according to the adding levels of mulberry leaf powder. *Korean J Community Living Sci* 14:63-70
- Kim DH, Hong KN, Lim YK, Cha SH, Ryu JE, Cho JH, Kim DI, Yoo DI, 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
- Kim DH, Lim MS, Kim YO. 1996. Effect of seaweeds addition on the physicochemical characteristics of soybean curd. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25:249-254
- Kim JH, Lee YT. 2007. Quality characteristics and antioxidant activities of soybean curd products containing small black soybean. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:1431-1435
- Kim JM, Kim HT, Choi YR, Hwang HS, Kim TY. 1993. Effects of cow's milk addition on the quality of soybean curd. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 22:437-442
- Kim JY, Park GS. 2006. Quality characteristics and shelf-life of tofu coagulated by fruit juice of pomegranate. *J East Asian Soc Dietary Life* 21:644-652
- Kim KC, Hwang IG, Kim HY, Song HL, Kim HS, Jang KI, Lee JS, Jeong HS. 2010. Quality characteristics and mineral, oxalate and phytate contents of tofu manufactured by recommended soybean cultivars in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:986-991
- Kim SE, Lee SW, Yeum DM, Lee MJ. 2012. Quality character-

- istics of tofu with added alfalfa (*Medicago sativa* L.) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:123-128
- Kim YS, Choi YM, Noh DO, Cho SY, Suh HJ. 2007. The effect of oyster shell powder on the extension of the shelf life of tofu. *Food Chem* 103:155-160
- Kwon YI, Apostolidis E, Kim YC, Shetty K. 2007. Health benefits of traditional corn, beans, and pumpkin: *In vitro* studies for hyperglycemia and hypertension management. *J Med Food* 10:266-275
- Min YH, Kim JY, Park LY, Lee SH, Park GS. 2007. Physicochemical quality characteristics of tofu prepared with tumeric (*Curcuma aromatica* Salab.). *Korean J Food Cook Sci* 23: 502-510
- Na HS, Kim Kwan. 2002. Effect of soaking conditions on storage characteristics of acorn mook. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31:221-224
- Olaofe O, Adeyemi F, Adediran G. 1994. Amino acid and mineral compositions and functional properties of some oilseeds. *J Agr Food Chem* 42:878-881
- Park BH, Cho HS, Jeon ER, Kim SD, Koh KM. 2009. Quality characteristics of soybean curd prepared with lotus leaf powder. *J Korean Soc Food Cult* 24:315-320
- Park BH, Jeon ER. 2008. Quality characteristics of soybean curd prepared with the addition of yellow paprika juice. *Korean J Food Cook Sci* 24:439-444
- Prabhakaran MP, Perera CO, Valiyaveetil S. 2006. Effect of different coagulants on the isoflavone levels and physical properties of prepared firm tofu. *Food Chem* 99:492-499
- Son BG, Kim HE, Lee JH. 2015. Physicochemical and consumer preference characteristics of tofu incorporated with pine needle powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:296-301
- The Korean Nutrition Society. 2009. Food Nutrition Content Book. pp.118-133
- Wang HL, Swain EW, Kwolek WF. 1983. Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu. *Cereal Chem* 60: 245-248
- Xanthopoulou MN, Nomikos T, Fragopoulou E, Antonopoulou S. 2009. Antioxidant and lipoxygenase inhibitory activities of pumpkin seed extracts. *Food Res Int* 42:641-646
- Xu Y, Tao Y, Shivkumar S. 2016. Effect of freeze-thaw treatment on the structure and texture of soft and firm tofu. *J Food Eng* 190:116-122
- Zhou DL, Wei AC, Gai JY, Yang JL. 2009. Effects of different kinds and amount of lipids on tofu gelatin texture and water holding. *Cereal Oil* 11:16-18

Received 09 October, 2017
 Revised 11 December, 2017
 Accepted 19 December, 2017