



WPC 및 WP 첨가가 두부 품질 및 저장성에 미치는 영향

[†]김종운¹ · [†]송광영² · 서건호² · 윤여창^{1*}

¹건국대학교 동물생명과학대학 축산식품생명공학전공

²건국대학교 수의과대학 및 KU 식품안전센터

Effects of Added WPC and WP on the Quality and Shelf Life of Tofu

[†]Jong-Un Kim¹, [†]Kwang-Young Song², Kun-Ho Seo² and Yoh-Chang Yoon^{1*}

¹Dept. of Food Science and Biotechnology of Animal Resources,

College of Animal Bioscience & Technology, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

²KU Center for Food Safety and College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

Abstract

This study was performed to investigate the effects of added whey protein concentrates (WPC) and whey powder (WP) on the quality and shelf life of Tofu, a traditional food in Korea. Combined whey powder and whey protein concentrates were obtained at drainage after the casein was separated by using rennet enzyme or acidification of milk. We manufactured whey Tofu and evaluated its nutritional quality by testing, the general composition for yield, moisture, pH, crude protein, crude fat, carbohydrate, rheology, sensory properties, and change during storage. 1. The general compositions of WPC and WP were as follows: (a) WPC: moisture, 5.9%; crude protein, 56.2%; crude fat, 0.1%; carbohydrate, 32.6%; ash, 5.2%; and pH 5.93 and (b) WP: moisture, 3.7%; crude protein, 13.2%; crude fat, 1.6%; carbohydrate, 74.4%; ash, 7.1%; and pH, 6.65. 2. The yield of Tofu was as follows: (a) in WPC, the content was CaCl₂:GDL=6:4 > CaCl₂:GDL=9:1 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=8:2 and (b) in WP, 2% addition was the highest (265%) at 13.3 g/cm², but with 4% addition WP was the lowest (184%) at 22.2 g/cm². 3. The moisture content of Tofu was as follows: (a) in WPC, the content was CaCl₂:GDL = 6:4 > CaCl₂:GDL=9:1 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=8:2 and (b) in WP, 2% addition was the highest at 79.82% (13.3 g/cm²), but 4% was the lowest at 75.18% (22.2 g/cm²). 4. The pH of Tofu was as follows: (a) in WPC, the value was WPC 6% > WPC 4% > WPC 2% > control and CaCl₂:GDL=6:4 > CaCl₂:GDL=8:2 > CaCl₂:GDL=9:1 > CaCl₂:GDL=7:3 and (b) in WP, WP 4% > WP 2% > control. 5. The ash content of Tofu was as follows: (a) in WPC, the content was CaCl₂:GDL=8:2 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=6:4 > CaCl₂:GDL=9:1 and (b) in WP, there was no difference between 2% and 4% addition. 6. The crude protein content of Tofu was as follows: (a) in WPC, the content was CaCl₂:GDL=8:2 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=9:1 > CaCl₂:GDL=6:4 and (b) in WP, there was no difference between 2% and 4% addition. 7. The crude fat content of Tofu was as follows: (a) in WPC, the content was CaCl₂:GDL=8:2 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=9:1 > CaCl₂:GDL=6:4 and (b) in WP, values decreased with increasing pressed weight. 8. The carbohydrate content of Tofu was as follows: (a) in WPC, the content was CaCl₂:GDL=8:2 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=6:4 > CaCl₂:GDL=9:1 and (b) in WP, values increased with increasing pressed weight. 9. The rheology test

results of Tofu were as follows: (a) in WPC, hardness and brittleness was highest with CaCl₂:GDL=8:2 and 6% added WPC. Cohesiveness was highest with CaCl₂:GDL=6:4 and 2% added WPC. Elasticity was the highest with CaCl₂:

[†] These authors contributed equally to this study.

* Corresponding author: Yoh-Chang Yoon, Dept. of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, College of Animal Bioscience & Technology, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea. Tel: +82-2-450-3692, Fax: +82-2-458-7305, E-mail: ychoon@konkuk.ac.kr

GDL=7:3 and the added WPC control. (b) in WP, hardness was the highest with 22.2 g/cm² and added WP control. Cohesiveness was the highest with 17.8 g/cm² and added WP 2%. Elasticity was the highest with 17.8 g/cm² and added WP 4%. Brittleness was the highest with 17.8 g/cm² and added WP control. 10. The sensory test results of Tofu were as follows: (a) in WPC, the texture, flavor, color, and smell were the highest with CaCl₂:GDL=6:4 and 6% added WPC. (b) in WP, the texture was the highest in the control with 22.2 g/cm². Flavor and smell were the highest in WP 2% and 22.2 g/cm². Color was the highest in WP 2% and 17.8 g/cm². 11. The quality change of Tofu during storage was as follows: (a) in WPC, after 60 h, all samples began to get spoiled and their color changed, and mold began to germinate. (b) in WP, the result was similar, but the rate of spoilage was more rapid than that in the control.

Keywords: WPC, WP, quality, shelf life, Tofu

서 론

유청(whey)이란 cheese를 제조하거나 식품 및 공산품에 사용되는 casein을 생산하기 위하여 우유를 응유효소나 산으로 응고시킨 후 형성된 curd를 분리해 낼 때 얻어지는 액상부분을 말한다. 따라서 유청은 원유에 함유된 성분 즉 단백질, 유당, 무기질, 비타민 등의 고형분을 상당량 함유하고 있다(Dybing와 Smith, 1991).

일반적으로 유청은 불투명하고 황록색을 띠며, 고형물 함량이 6.0~6.5%이고, 생물학적 산소요구량(BOD)이 32,000 이상 포함되고 있다. pH, 산도 등에 따라 sweet whey, medium whey, acid whey로 구분되는데, sweet whey는 산도 0.1~0.2%, pH 5.8~6.6, medium whey는 산도 0.2~0.4%, pH 5.0~5.8, acid whey는 산도 0.4% 이상, pH 5.0 이하인 것을 말한다(Kosikowski, 1982).

유청은 가공식품에서 다양한 기능을 발휘하고 영양이 풍부한 매우 경제적인 원료이다. 유당을 포함한 유청제품은 색과 향미를 좋게 해주며 흡습성을 높여주고, 유화성, 가용성, 포말성, 분산성 등 식품특성을 개선해 준다(신 등, 1995; Jayaprakasa 등, 1996). 유청 생산량은 cheese 산업이 발달할수록 전 세계적으로 증가하고 있으며, 탈지분유 대용품으로서 중요하게 인식되어 유청을 첨가한 식품의 기능성 연구가 많이 이루어졌다(Delaney, 1979). Mathur와 Shahani(1979)은 여러 식품에 첨가되어 향취, 색, 영양, 조직의 개선과 품질 유지, 식품연화, 가공 cheese의 수율을 증가시키기 위해 사용된다고 보고하였으며, 이(1981)는 유청은 조제분유 제조 시 우유성분에 유당과 유청단백질을 보강하기 위해 사용되며 유가공, 제과, 제빵, 청량음료의 원료 또는 첨가물로 이용된다고 하였다. Kanda(1976)는 유청을 첨가한 요구르트를 제조하였고, Mathur와 Shahani(1979)은 아이스크림과 수프 및 육즙을 제조하였으며, Suzuki(1997)는 유청음료 및 유산균 발효유를 제조하였다고 보고하였다. Whey powder(WP)는 cheese 제조시 부산물인 유청을 건조한 것으로 소화되기 쉽

고 생리적으로 유효한 albumin, globulin, 비단백태질소화합물 등이 함유되어 있고, cheese whey, casein whey 등으로 만들기 때문에 값이 저렴하다(이 등, 1988). 유청액 중에는 단백질이 전유단백질의 20% 정도 함유되어 있는데, 이것을 whey protein이라고 한다. 최근에는 우유단백질원과 많은 양의 염류와 유당이 요구되지 않는 식품에서의 중요한 원료로서 whey protein concentrate(WPC) 관심이 높아졌다. WPC는 한외여과법, 크로마토그래피법, 전기투석법 등에 의해 염류와 유당의 일부 또는 전부를 제거시켜서 제조하는 기술이 발달하였다.

Klare 등(1950)은 대두단백질이 용해도, 점도, 점착력, 아미노산 조성 등 여러 가지 성질이 우유단백질과 유사하다고 하였다. 그러므로 대두와 유제품을 혼합함으로써 새로운 제품을 개발하고, 기존 제품의 품질 및 영양의 개선을 위한 많은 연구가 이루어졌다(Lim 등, 1990). Renner(1993)는 대두에 유청을 사용하면 대두 단백질의 제한 아미노산인 황함유아미노산을 유청 단백질로 강화시킬 수 있다고 하였으며, Holsinger 등(1977)은 유청을 첨가한 두유를 제조하였고, Hang 등(1967)은 두유를 첨가한 cheese를 제조하였다. 장과 윤(1997)은 대두 요구르트를 제조하였고, 김 등(1994)은 우유를 첨가한 두부를 개발하였다.

대두 단백질과 유청을 혼합하여 두부를 제조했을 때 유청 중에 함유된 칼슘 등 염류는 대두단백질을 침전시킴으로써 두 단백질의 겔 형성을 방해하거나 커드의 조직을 나쁘게 하였으며, 유청단백질의 콜로이드 안정성은 증가하였고, 80℃ 이상에서 열처리할 경우 대두단백질 및 혼합물에 저분자량의 단백질과 고분자량의 응집물이 증가한 것으로 나타났다(Saio, 1979; Metwalli 등, 1982ab). 혼합가열시 용해성이 증가되는 것은 소수성, 수소, 이온, 정전기적 및 S-S 결합과 van der waals 힘 등이 개입된 두 이종 조성단백질 간의 상호작용으로 인하여 일부 불용성 응집물을 형성하기도 하나, 상대적으로 가용성 응집물을 더 많이 형성한다(Yamano 등, 1981; 손과 이, 1986).

두부는 기원전 2000년 중국 동쪽 지방을 지배했던 루안 왕에 의해서 발명되어 한국뿐만 아니라 동남아에서 널리 식용으로 사용되어온 전통식품이다(Smith 등, 1960; Tasi 등, 1981). Miller 등(1952)은 두부는 수용성 대두단백질을 염으로 응고시켜 압착한 제품으로 영양가와 소화율이 높다고 하였으며, 필수아미노산 함량이 높고, 가격이 저렴한 고단백 식품이나 수분 함량이 80~88%인 고수분 식품으로서, 높은 수분 함량 때문에 쉽게 변질되는 단점이 있다. 김(1984)에 의하면 한국에서 주로 생산, 판매되는 두부는 순두부, 보통두부, 연두부가 주종을 이루고 있으며, 특히 보통두부는 오랫동안 섭취하여 왔기 때문에 소비자들이 거부감 없이 잘 받아 들여지고 있다고 하였다(장 등, 1990). 그러나 시중에 유통되는 보통두부는 저장성이 매우 낮아 1~2일 내에 판매하여야 하는 어려운 점을 가지고 있어 경제발전과 식생활의 변화로 제품이 다양하고 위생적이며, 영양적으로 우수하고 저장성이 양호한 제품을 요구하고 있다(김, 1992).

두부의 품질과 기능을 향상시키기 위한 연구로는 손과 김(1985)의 건조 비지 첨가한 두부 제조와 김 등(1991)의 난백 첨가 두부 제조가 있으며, 전 등(1997)의 키토산 분해물질 이용한 두부의 제조와 김 등(1996)의 인삼 첨가 두부 제조가 보고되었으나, 유청을 이용한 두부의 제조는 보고된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 유청분말과 유청단백질을 주원료로 하여 전통식품으로 자리 잡고 있는 두부에 생산량이 많고, 이용분야가 점점 확대되는 유청을 이용함으로써 유제품의 다양화와 소비를 촉진하기 위하여 유청두부를 제조하였다.

재료 및 방법

1. 재료

두부 제조용 대두는 연천군에서 생산된 것으로 수원농협에서 구입하여 실험재료로 사용하였다. 유청농축단백질(WPC: whey protein concentrates) 분말과 유청분말(WP: whey powder)은 삼익유가공 제품을 구입하여 사용하였다. 응고제로는 두부 제조용으로 공급되고 있는 calcium chloride(CaCl_2 , 특급, 藥理化學工業株式會社, 日本), glucono-delta-lactone(GDL, $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6$, 1급, Sigma Aldrich Chemie GmbH P.O. Germany)를 사용하였다.

2. 방법

1) 두유와 두부의 제조

실험용 WPC 및 WP 두부는 예비실험을 통하여 설정된 Fig. 1과 같은 표준공정으로 제조하였다. 정성된 원료대두

300 g을 깨끗하게 수세한 후 10배의 수돗물($14\sim 20^\circ\text{C}$)로 12 시간 동안 침지한 후 건져 내어 깨끗이 씻었다. 팽윤된 콩에 원료콩 무게의 10배량 물을 가하여 mixer(MIX 800, Dongyang Magic Co. Korea)로 2분간(85,000 rpm) 마쇄한 후 약간의 물로 믹서기벽과 뚜껑에 묻어 있는 것을 씻어 합하여 두미 3,600 g을 만들었다. 이것을 2겹의 마포로 압착하고 소형 탈수기(W-60T, Hanil Electric Co. Korea)에서 1,650 rpm으로 하여 생두유를 얻었다. 같은 방법으로 생두유를 WPC 두부 제조용은 총 4개, WP 두부 제조용은 총 3개를 만들어 이 생두유에 각 WPC와 WP를 서서히 교반하면서 완전히 용해시켰다. WPC의 혼합비율은 두유량의 0%, 2%, 4%, 6%로 하였다. WP의 혼합비율은 두유량의 0%, 2%, 4%로 하였다. 혼합두유액을 $90\sim 95^\circ\text{C}$ 로 가열된 항온수조에서 교반하면서 혼합두유액의 온도가 90°C 에 도달한 뒤 10분간 끓여서 꺼낸

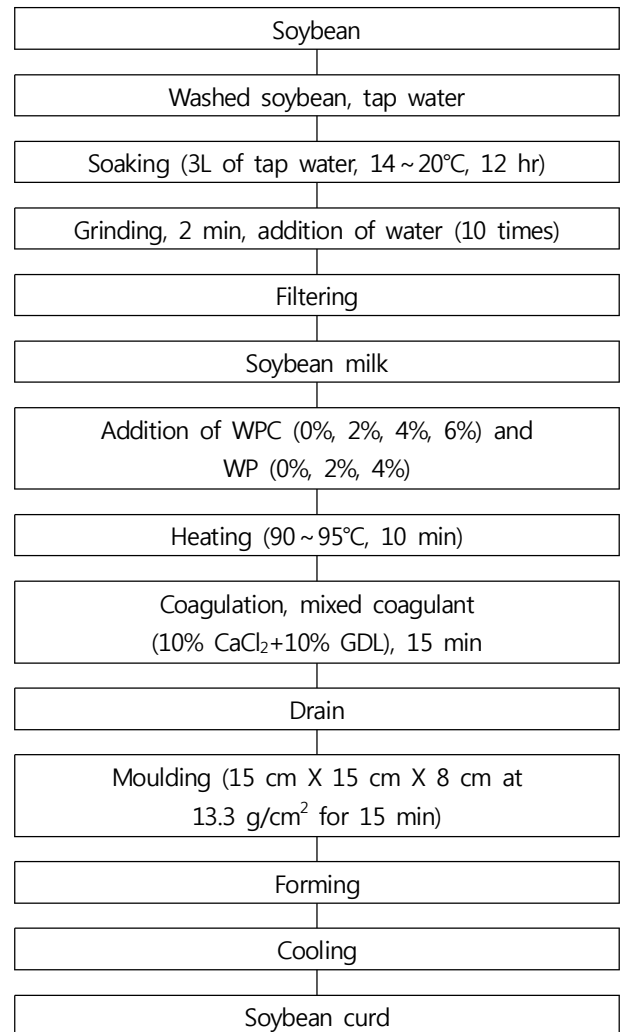


Fig. 1. The procedure for preparation of soybean curd containing WPC and WP.

뒤 바로 혼합응고제액을 서서히 교반하면서 가한 뒤 15분간 정치시켜 두부를 얻었다. 각 응고제의 두부 응고를 위한 소요량은 김 등(1994)의 실험결과를 이용하였다. WPC 혼합두부는 미리 10% 용액으로 만든 CaCl₂와 GDL을 각각 준비하여 혼합두유액의 1%에 해당하는 양을 90:10, 80:20, 70:30, 60:40의 비율로 혼합하여 가하였다. WP 혼합 두부 제조에는 CaCl₂와 GDL을 80:20으로 혼합한 응고제 1종을 사용하였다. WPC 혼합 두부는 마포를 깐 나무 두부틀(15 cm×15 cm×8 cm)에 넣고, 13.3 g/cm²의 압력으로 응고물을 탈수 압착 성형하여 두부로 만들었다. WP 혼합두부는 성형무게를 13.3 g/cm², 17.8 g/cm², 22.2 g/cm²로 압착하여 두부를 만들었다.

2) 수율 측정

WPC 두부와 WP 두부의 수율은 변 등(1991)의 방법에 준하여 측정하였다. 응고물을 나무 두부틀(15cm×15 cm×8 cm)에 넣어 13.3 g/cm²의 압력으로 압착 성형하여 무게를 측정하였다.

$$\text{수율(\%)} = \frac{\text{Soybean curd wt.}}{\text{Soybean wt. (dry wt.)}} \times 100$$

3) 수분 함량

AOAC(1995)의 방법에 준하여 상압가열건조법으로 측정하였다. WPC, WP는 각각의 분말에서 5 g 정도 취하여 측정하였다. 생두유는 생두유에 WPC 0%, WPC 2%, WPC 4%, WPC 6%, WP 0%, WP 2%, WP 4%를 넣어 완전히 용해시킨 후 각각의 두유에서 5 g 정도 취하여 측정하였다. 두부는 WPC 0%, WPC 2%, WPC 4%, WPC 6%, WP 0%, WP 2%, WP 4%를 넣어 제조한 후 각각의 두부에서 5 g 정도 취하여 측정하였다. 미리 가열하여 향량을 구하여 놓은 칭량그릇에 시료 5 g 정도 무게를 달아 담고, 105℃ 전후 온도의 건조기에 넣어 4시간 건조한 후 데시케이터 중에서 약 30분간 식히고 무게를 달아 향량을 구한 후 다음 공식에 의하여 수분 함량을 산출하였다.

$$\text{수율(\%)} = \frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100$$

a: 칭량그릇의 무게 (g)

b: 칭량그릇과 시료의 무게 (g)

c: 건조 후 향량이 되었을 때의 무게 (g)

4) pH 측정

WPC, WP는 Glass 등(1976)의 방법에 준하여 100 mL의

증류수에 각각의 분말에서 10 g 정도 취하여 용해시킨 후 측정하였다. 생두유와 두부는 pH meter(Orion 420A, USA)로 측정하였다. 생두유에 WPC 0%, WPC 2%, WPC 4%, WPC 6%, WP 0%, WP 2%, WP 4%를 넣어 완전히 용해시킨 후 각각의 두유에서 50 mL 정도 취하여 측정하였다. 두부는 WPC 0%, WPC 2%, WPC 4%, WPC 6%, WP 0%, WP 2%, WP 4%를 넣어 제조한 각각의 두부에서 50 mL를 취하여 40℃ 정도로 냉각시킨 후 측정하였으며, 저장 중에는 WPC 0%, WPC 2%, WPC 4%, WPC 6%, WP 0%, WP 2%, WP 4%를 넣어 제조한 각각의 두부에서 5 g 정도 취하여 50 mL의 증류수에 넣어 mixer로 마쇄한 후 측정하였다.

5) 회분의 측정

AOAC(1995)의 방법에 준하여 시료 5 g 정도를 105℃에서 향량이 될 때까지 건조하여 550℃ 회화법으로 측정하였다. WPC, WP는 각각의 분말에서 5 g 정도 취하여 측정하였다. 생두유는 생두유에 WPC 0%, WPC 2%, WPC 4%, WPC 6%, WP 0%, WP 2%, WP 4%를 넣어 완전히 용해시킨 후 각각의 두유에 5g 정도 취하여 측정하였다. 두부는 WPC 0%, WPC 2%, WPC 4%, WPC 6%, WP 0%, WP 2%, WP 4%를 넣어 제조한 후 각각의 두부에서 5 g 정도 취하여 측정하였다. 깨끗한 회화용기를 전기로에서 600℃ 이상으로 여러 시간 강하게 가열한 후 데시케이터에 옮겨 실온으로 식힌 다음 곧 화학천칭으로 무게를 재고 다시 2시간 강하게 가열하여 건조하여 무게를 재어 향량시킨 후 용기를 회화로에 옮겨 550~600℃에서 여러 시간 가열하여 백색 또는 회백색의 회분이 얻어질 때까지 계속하였다. 회화가 끝난 후 가열을 그치고 그대로 식혀 온도가 200℃로 되었을 때 데시케이터에 옮겨 식힌 후 무게를 재어 다음 공식에 의하여 회분 함량을 산출하였다.

$$\text{회분(\%)} = \frac{W - W_0}{S} \times 100$$

W₀: 향량이 된 회화용기의 무게 (g)

W: 회화후의 회화용기와 회분의 무게 (g)

S: 시료의 채취량 (g)

6) 조단백질의 측정

AOAC(1995)의 의한 Kjeldahl법에 준하여 측정하고, 백분율로 표시하였다. 두부는 WPC 0%, WPC 2%, WPC 4%, WPC 6%, WP 0%, WP 2%, WP 4%를 넣어 제조한 후, 각각의 두부에서 1 g 정도 취하여 측정하고, 다음 공식에 의하여 조단백질 함량을 산출하였다.

$$\text{질소(\%)} = \frac{1.4 \times F \times (X - 0.1)}{\text{시료(g)} \times 1,000} \times 100$$

F: 1.000

X: 시료의 적정량

$$\text{단백질 (\%)} = \text{질소(\%)} \times 5.71$$

7) 조지방의 측정

AOAC(1995)의 Soxhlet 추출법에 준하여 측정하고, 그 함량을 백분율로 표시하였다. 두부는 WPC 0%, WPC 2%, WPC 4%, WPC 6%, WP 0%, WP 2%, WP 4%를 넣어 제조한 후 각각의 두부에서 2 g 정도 취하여 측정하고, 다음 공식에 의하여 조지방 함량을 산출하였다.

$$\text{질소(\%)} = \frac{(\text{추출 전 filter paper} + \text{시료중량}) - (\text{추출 후 filter paper} + \text{시료중량})}{\text{시료중량}} \times 100$$

8) 물성 측정

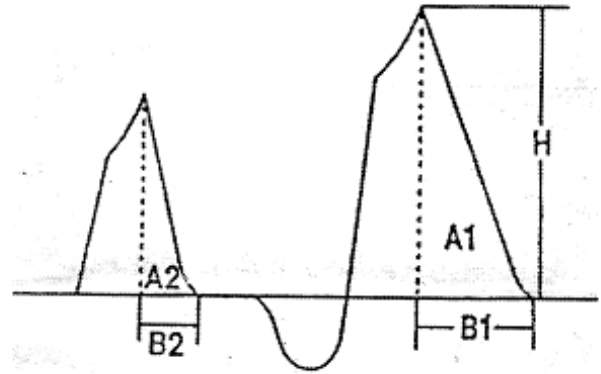
두부의 물성 측정은 두부를 가로 2.5cm, 세로 2.5 cm로 절단한 후 Fudoh Rheometer(Model NRM-2002, Fudoh Kogyo co, Japan)를 사용하여 측정하였다. 시료를 두 번 씩 찢러 나타난 전형적인 curve를 岡部(1979)의 방법에 의하여 Fig. 2와 같이 분석 계산하여 각 처리구의 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(elasticity), 부서짐성(brittleness)을 조사하였다. 기기조건은 maximum load:2,000 g, 전압: 10×0.1 volt, table speed: 60 mm/min, stroke: 20, chart speed: 15 mm/min, 시료의 높이: 20 mm, adaptor No. 5(직경 5 mm), 침입거리: 10 mm(이음새 간격 20 mm)을 하였다.

9) 관능검사

혼합응고제의 비율을 90:10, 80:20, 70:30, 60:40으로 다르게 하고, WPC 0%, WPC 2%, WPC 4%, WPC 6%, WP 0%, WP 2%, WP 4%를 넣어 만든 각 두부의 관능적인 차이를 알아보기 위하여 Larmond(1977)의 다시료비교시험법(multiple comparison test)을 사용하였다. 시료의 크기를 1.0 cm×1.0 cm×1.0 cm의 크기로 제시하였다. 검사원은 관능검사 능력을 갖춘 대학원생 5명을 선정하였다. 시료 제시 온도는 상온이며 오후 4시에 실시하였다. 검사는 두부의 질감, 풍미, 색, 냄새 등 4개를 선정한 후 5점법으로 평가하였다. 평가 정도는 이들을 점수화한 후 컴퓨터 통계처리용 SPSS/PC 프로그램을 이용하여 frequency, manova, anova를 분석하였다.

10) 저장 중 검사

두부 제조 후 10°C incubator에서 4일간 저장하면서 12시



Hardness: H Cohesiveness: A_2 / A_1 Elasticity: B_2 / B_1
Brittleness: Hardness × Cohesiveness × Elasticity

Fig. 2. Rheometer texture profile analysis of sample.

간 간격으로 pH, flavor, 외관을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 원료의 성분

두부 제조의 원료로 사용한 두유, WPC, WP의 일반성분의 분석결과는 Table 1과 같다. 두유의 수분 함량은 94.9%로 나타났으며, 김과 이(1985)의 94.3%와 박(1984)의 93.65%와 비슷한 값을 나타냈다. 두부 수율에 영향을 주는 두유의 단백질 함량은 2.4%로 Wu와 Baker(1971)이 제시한 3.2%보다는 낮은 값을 보였다. 두유의 조지방 함량은 0.9%로 김 등(1985)의 1.3%보다 낮게 나타났다. 두유의 탄수화물 함량은 0.8%로 나타났다. 두유의 회분 함량은 0.4%로 김 등(1985)의 0.48%와 박(1984)의 0.5%와 비슷하게 나타났다. 첨가제로 쓰인 WPC와 WP의 수분 함량은 각각 5.9%, 3.7%이며, WP값은 신(1993)의 3.683%와 비슷하였다. WPC와 WP 첨가량이 많을수록 수분 함량이 감소하였고, 회분 함량은 증가하였다. 이것은 회분 함량이 각각 5.7%와 7.1%인 WPC 및 WP를 첨가하였기 때문인 것으로 사료된다. WPC와 WP의 단백질과 지방의 함량은 각각 56.2%와 0.1% 그리고 13.2%와 1.6%로 나타났다. WP값은 신(1993)의 13.459%, 1.50%와 비슷하였다. WPC 탄수화물 함량은 32.6%, 회분 함량은 5.2%로 나타났다. WP 탄수화물 함량은 74.4%로 신(1993)의 72.520%, Weisberg와 Goldsmith(1969)의 73%보다는 높게 나타났다. WP 회분 함량은 7.1%로 신(1993)의 8.422%, Kosikowski(1982)의 7.3%보다 낮았다. WP를 첨가한 두유는 생두유보다 수분 함량이 낮았으며, WP 첨가량이 많을수록 수분 함량은 감소하였다. 조단백질은 WP의 함량이 많을수록 증가하여 생두유는 2.4%에서, WP 4%에서는 6.4%까지 증가하였다. 조지방

Table 1. Composition in soybean milk, WPC and WP

(Unit: %)

Raw materials	Moisture	Total solid	Crude protein	Crude fat	Carbohydrates	Ash	pH
Soybean milk	94.9	5.1	2.4	0.9	0.8	0.4	6.56
Soybean milk (Mixture of WPC 2%)	92.4	7.6	4.8	1.3	1.0	0.5	6.40
Soybean milk (Mixture of WPC 4%)	91.4	8.6	5.2	1.5	1.3	0.6	6.37
Soybean milk (Mixture of WPC 6%)	90.0	10.0	6.0	1.7	1.6	0.7	6.30
Soybean milk (Mixture of WP 2%)	92.4	7.6	3.9	1.8	0.8	1.1	6.58
Soybean milk (Mixture of WP 4%)	90.4	9.6	5.3	1.9	1.0	1.4	6.61
WPC	5.9	94.1	56.2	0.1	32.6	5.2	5.93
WP	3.7	96.3	13.2	1.6	74.4	7.1	6.65

함량은 생두유에서 0.9%가 WP 4%에서는 1.9%까지 증가하였다. 즉 WP 첨가 시 수분을 제외하고는 모든 성분이 생두유보다 높게 나타났다.

2. 수율

응고제의 혼합비율별 두부의 수율은 Fig. 3과 같았다. 두유만을 원료로 제조한 두부는 CaCl₂:GDL=9:1 174%, CaCl₂:GDL=8:2 178%, CaCl₂:GDL=7:3 180%, CaCl₂:GDL=6:4 232%로 나타나 CaCl₂:GDL=6:4에서 가장 수율이 높았고, CaCl₂ 함량이 증가할수록 수율이 감소하는 경향을 보였다. CaCl₂:GDL=6:4 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=8:2 > CaCl₂:GDL=9:1의 순으로 CaCl₂:GDL=6:4를 제외하고는 매우 적은 차이를 보이

며, 비슷한 수율을 보였다. 이것은 김(1992)의 SPI 두부 제조 시 CaCl₂:GDL=50:50에서 가장 높은 수율을 나타내고, CaCl₂:GDL=100:0에서 가장 낮은 수치를 보인 것과 일치한다. WPC 2%, 4%, 6%를 첨가하여 제조한 두부는 각각 CaCl₂:GDL=9:1 294%, 402%, 498%, CaCl₂:GDL=8:2 269%, 363%, 388%, CaCl₂:GDL=7:3 289%, 388%, 453%, CaCl₂:GDL=6:4 378%, 434%, 499%로 나타나, CaCl₂:GDL=6:4로 혼합한 응고제를 사용하였을 때 수율이 제일 낮았다. 혼합응고제 사용면에서는 CaCl₂:GDL=6:4 > CaCl₂:GDL=9:1 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=8:2의 순으로 수율이 많았다.

압착무게별 두부의 수율은 Fig. 4와 같았다. 대조구는 13.3 g/cm² 185%, 17.8 g/cm² 185%, 22.2 g/cm² 148%로 나타났다.

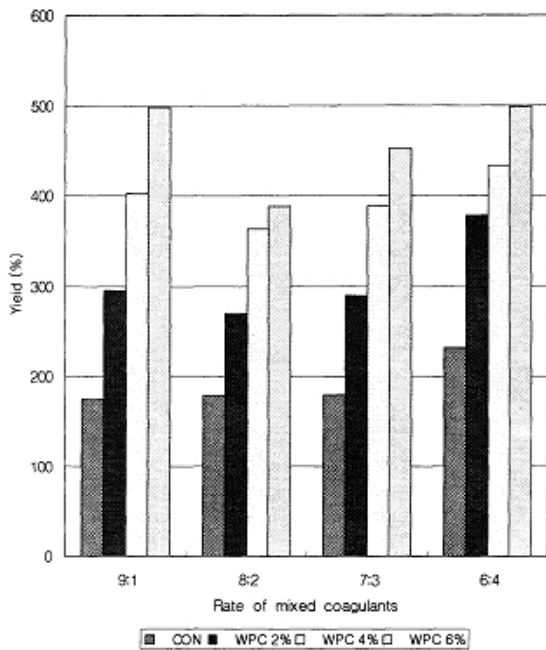


Fig. 3. Yield of WPC Tofu coagulated with CaCl₂:GDL mixed coagulants.

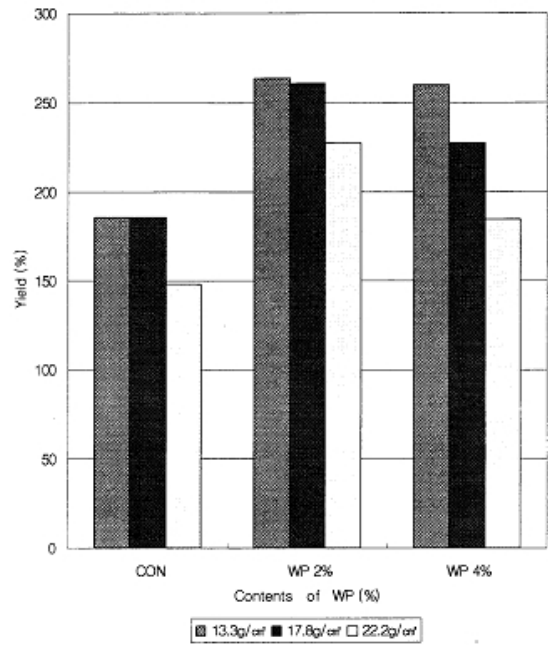


Fig. 4. Yield of WP Tofu coagulated with CaCl₂:GDL=8:2 mixed coagulants and various molding pressure.

WP 첨가 두부는 WP 2%, 4%는 각각 13.3 g/cm² 264%, 260%, 17.8 g/cm² 261%, 227%, 22.2 g/cm² 227%, 184%로 WP 2%의 13.3 g/cm²에서 264%로 제일 높았고, 압착무게와 WP 첨가량이 증가할수록 수율이 낮아져 WP 4% 22.2 g/cm²에서는 184%로 가장 낮았다. 두부의 수율은 WP의 첨가량에 관계없이 압착무게가 증가할수록 감소하였으며, WP 2% 첨가 두부의 수율이 가장 높았고, WP의 첨가량이 4% 이상에서는 응고가 잘 이루어지지 않아 수율이 감소하였다. 또한 WP 첨가 두부가 대조구보다 수율이 모두 높게 나타났다.

3. 수분 함량

각 시료 두부의 수분 함량을 비교하여 보면 Fig. 5와 같았다. 두유만을 원료로 제조한 두부는 CaCl₂:GDL=9:1 77.72%, CaCl₂:GDL=8:2 72.18%, CaCl₂:GDL=7:3 75.20%, CaCl₂:GDL=6:4 79.93%로 혼합응고제의 영향을 받은 것으로 나타났다. 혼합응고제별로는 CaCl₂:GDL=6:4 > CaCl₂:GDL=9:1 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=8:2의 순으로 나타났다. WPC를 혼합하여 제조한 두부는 각각 CaCl₂:GDL=9:1 80.91%, 82.55%, 82.08%, CaCl₂:GDL=8:2 75.50%, 75.29%, 73.40%, CaCl₂:GDL=7:3 79.00%, 78.90%, 78.50%, CaCl₂:GDL=6:4 83.90%, 83.46%, 82.42%로 모두 대조구보다 높게 나타났다. WPC 첨가량에 관계없이 비슷한 값을 보여, 두부의 수분 함량은 WPC 첨가량보다는 혼합응고제의 비율에 영향을 더 받는 것으로 나타났다. 혼합응고제 사용면에서는 CaCl₂:GDL=6:4 > CaCl₂:GDL=

9:1 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=8:2의 순으로 수분 함량이 많았다.

압착무게별 두부의 수분 함량은 Fig. 6과 같았다. 두유만을 원료로 제조한 두부는 13.3 g/cm² 75.05%, 17.8 g/cm² 73.11%, 22.2 g/cm² 72.95%로 나타나, 압착무게가 증가할수록 수분 함량이 감소하였다. WP 2%, 4% 첨가 두부는 각각 13.3 g/cm² 79.82%, 77.15%, 17.8 g/cm² 77.34%, 75.99%, 22.2 g/cm² 77.30%, 75.18%로 압착무게가 증가할수록 감소하였다. WP의 혼합에 관계없이 압착무게가 증가할수록 수분 함량은 모두 감소하였다.

4. pH

응고제의 혼합비율별 두부의 pH는 Fig. 7과 같았다. 대조구에서 pH는 CaCl₂:GDL=9:1에서 5.50, CaCl₂:GDL=8:2에서 5.52, CaCl₂:GDL=7:3에서 5.32, CaCl₂:GDL=6:4에서 5.70으로 거의 비슷한 수준을 나타냈다. WPC 첨가 두부는 CaCl₂:GDL=9:1에서는 5.64~5.80, CaCl₂:GDL=8:2에서는 5.66~5.85, CaCl₂:GDL=7:3에서는 5.48~5.74, CaCl₂:GDL=6:4에서는 5.73~5.97로 큰 차이 없이 거의 비슷한 수준을 나타냈으며, 모두 대조구에 비해 높은 값을 보였다. 혼합응고제 비율에 관계없이 WPC 첨가량이 증가할수록 pH는 높아졌다. 혼합응고제별로는 CaCl₂:GDL=6:4 > CaCl₂:GDL=8:2 > CaCl₂:GDL=9:1 > CaCl₂:GDL=7:3의 순으로 나타났다. 김 등(1994)은 2가 금속염 응고제는 pH 5.93~5.55 사이에서 유기산 응고제는 pH 4.84~4.74 범

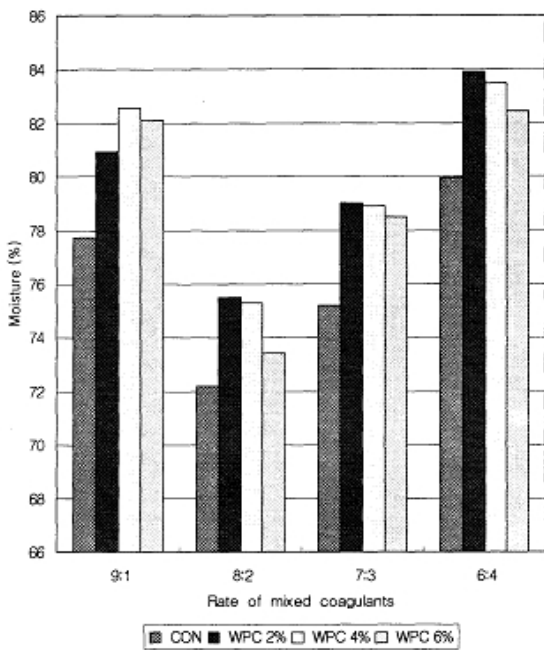


Fig. 5. Moisture contents of WPC Tofu coagulated with CaCl₂:GDL mixed coagulants.

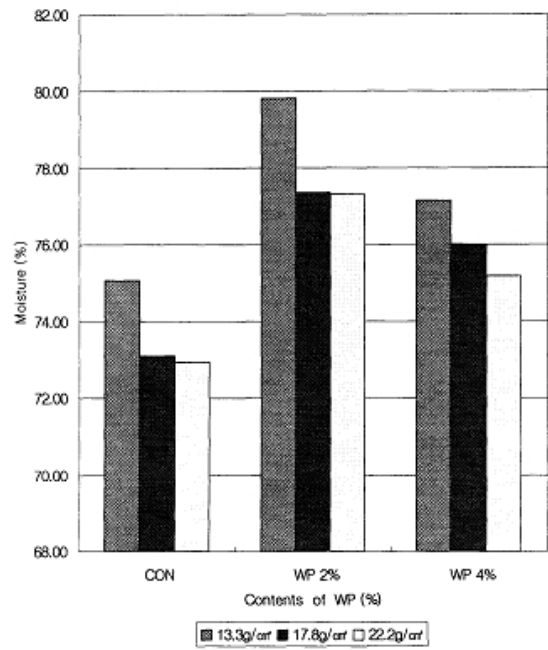


Fig. 6. Moisture contents of WP Tofu coagulated with CaCl₂:GDL=8:2 mixed coagulants and various molding pressure.

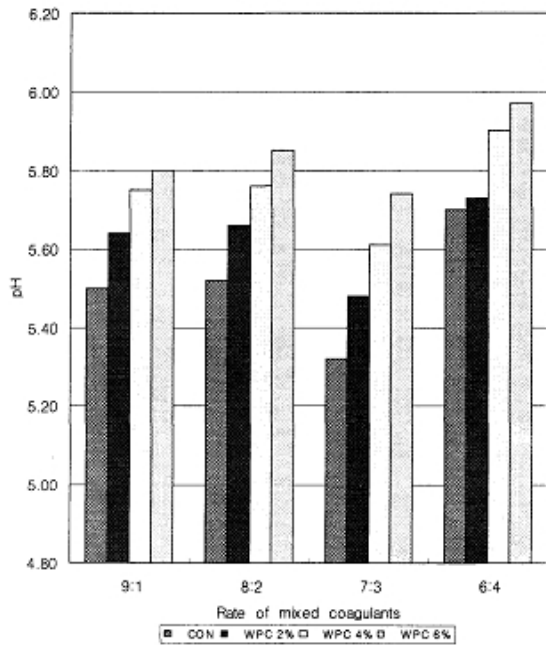


Fig. 7. pH of WPC Tofu coagulated with CaCl₂:GDL mixed coagulants.

위에서 응고가 시작되었다고 보고 하였으며 혼합응고제는 금속염 응고제와 비슷한 값을 보였다. 압착무게별 두부의 pH는 두유만을 원료로 제조한 두부가 5.52이며, WP 2% 첨가 두부는 5.88, WP 4% 첨가 두부는 6.00을 나타내어, WP의 첨가가 많아질수록 pH는 높아졌다.

5. 회분 함량

응고제의 혼합비율별 두부의 회분 함량은 Fig. 8과 같았다. 두유만을 원료로 제조한 두부는 CaCl₂:GDL=9:1 0.89%, CaCl₂:GDL=8:2 1.09%, CaCl₂:GDL=7:3 0.98%, CaCl₂:GDL=6:4 0.98%로 나타나, 이(1983)의 단일 응고제 사용한 것보다는 다소 높지만 이것은 혼합응고제를 사용한 것으로 사료되며, 식품공전에서 제시한 두부 성분 규격의 7.0% 이하(건조물)에 합당한 것으로 나타났다. WPC 2%, 4%, 6% 첨가는 각각 CaCl₂:GDL=9:1 0.60%, 0.49%, 0.39%, CaCl₂:GDL=8:2 1.00%, 0.99%, 0.93%, CaCl₂:GDL=7:3 0.90%, 0.80%, 0.79%, CaCl₂:GDL=6:4 0.80%, 0.70%, 0.40%로 나타났다. 혼합응고제별로는 CaCl₂:GDL=8:2 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=6:4 > CaCl₂:GDL=9:1의 순으로 나타났다. 이것은 최(1983)의 CaCl₂ 응고제 중 Ca²⁺ 이온이 두부 중으로 이행되어 회분량이 높게 나타난 것과 같은 결과이며, CaCl₂:GDL=9:1이 낮게 나온 것은 혼합응고제의 영향으로 사료된다.

압착무게별 두부의 회분 함량은 Fig. 9와 같았다. 두유만을 원료로 제조한 두부는 13.3 g/cm² 1.77%, 17.8 g/cm² 1.79%,

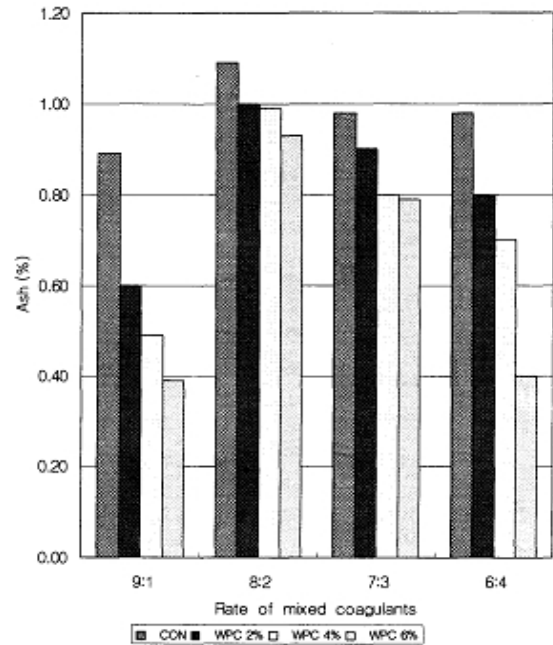


Fig. 8. Ash contents of WPC Tofu coagulated with CaCl₂:GDL mixed coagulants.

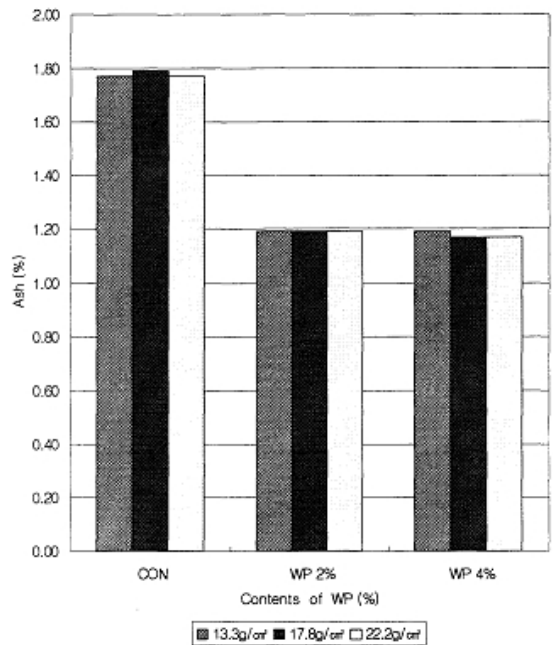


Fig. 9. Ash contents of WP Tofu coagulated with CaCl₂:GDL=8:2 mixed coagulants and various molding pressure.

22.2 g/cm² 1.77%로 나타났다. WP 2%, 4% 첨가는 13.3 g/cm² 1.19%, 1.19%, 17.8 g/cm² 1.19%, 1.17%, 22.2 g/cm² 1.19%, 1.17%로 나타났다. 두부 회분 함량은 압착무게에 영향을 받지 않은 것으로 나타났으며, 대조구보다는 WP 첨가 두부가

낮게 나타났고, WP 2% 첨가 두부와 WP 4% 첨가 두부 사이에는 차이가 없었다.

6. 조단백질의 함량

응고제의 혼합비율별 두부의 조단백질 함량은 Fig. 10과 같았다. 두유만을 가지고 제조한 두부는 CaCl₂:GDL=9:1 10.43%, CaCl₂:GDL=8:2 12.20%, CaCl₂:GDL=7:3 11.50%, CaCl₂:GDL=6:4 9.89%로 혼합응고제 CaCl₂:GDL=6:4 비율에서 가장 낮고, CaCl₂:GDL=8:2 비율에서 가장 높게 나타났다. WPC 2%, 4%, 6% 첨가는 각각 CaCl₂:GDL=9:1 10.59%, 10.93%, 12.16%, CaCl₂:GDL=8:2 12.22%, 13.41%, 15.17%, CaCl₂:GDL=7:3 11.62%, 13.06%, 14.24%, CaCl₂:GDL=6:4 9.99%, 10.12%, 11.46%로 WPC를 첨가하여 제조한 두부는 두유만을 가지고 제조한 두부보다 모두 단백질 함량이 높게 나타났으며, 혼합응고제에 따라 대조구보다 WPC 2%는 1.01배, WPC 4%는 1.02~1.14배, WPC 6%는 1.16~1.24배 높았다. 혼합응고제별로는 CaCl₂:GDL=8:2 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=9:1 > CaCl₂:GDL=6:4의 순으로 나타났다. 혼합응고제 CaCl₂:GDL=6:4 비율에서 단백질 함량이 가장 떨어지는 것으로 나타났다.

압착무게별 조단백질 함량은 Fig. 11과 같았다. 두유만을 가지고 제조한 두부는 13.3 g/cm² 12.25%, 17.8 g/cm² 12.62%, 22.2 g/cm² 12.73%로 나타났다. WP 2%, 4% 첨가는 13.3 g/cm² 8.45%, 8.32%, 17.8 g/cm² 8.57%, 8.34%, 22.2 g/cm² 8.90%, 8.74%로 나타나 압착무게에 영향을 받지 않은 것으로 나타

났으며, 대조구보다는 WP 첨가 두부가 낮게 나타났고, WP 2% 첨가 두부와 WP 4% 첨가 두부 사이에는 차이가 없었다.

7. 조지방의 함량

응고제의 혼합비율별 두부의 조지방 함량은 Fig. 12와 같았다. 두유만을 가지고 제조한 두부는 혼합응고제의 비율에 따라 7.70~13.13%의 차이가 있었으며, 혼합응고제 CaCl₂:GDL=6:4 비율에서 가장 낮고, CaCl₂:GDL=8:2 비율에서 가장 높게 나타났다. WPC를 첨가하여 제조한 두부는 두유만을 가지고 제조한 두부보다 혼합응고제의 비율과 관계없이 모두 낮게 나타났다. WPC 2%를 첨가하여 제조한 두부가 가장 높게 나타났으며, 혼합응고제별로는 CaCl₂:GDL=8:2 > CaCl₂:GDL=7:3 > CaCl₂:GDL=9:1 > CaCl₂:GDL=6:4의 순으로 나타났다. WPC 첨가량이 증가할수록 모든 혼합응고제 비율에서 지방의 함량은 감소하였다.

압착무게별 조지방 함량은 Fig. 13과 같았다. 두유만을 가지고 제조한 두부는 압착무게에 따라 9.53~10.98%로 차이를 보였다. WP 2% 첨가 두부는 압착무게 13.3 g/cm²에서 8.56%, 17.8 g/cm²에서 10.92%로 압착무게에 영향을 받았으며, 8.56~10.92%를 나타냈다. WP 4% 첨가 두부는 압착무게 13.3 g/cm²에서 8.50%, 17.8 g/cm²에서 10.31%를 나타내어 압착무게가 증가함에 따라 변화가 있었다. 두부 조지방 함량은 압착무게에 영향을 받는 것으로 나타났다.

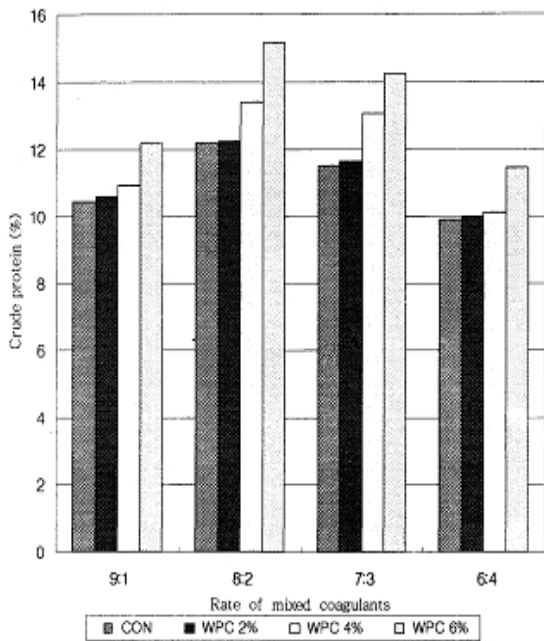


Fig. 10. Crude protein contents of WPC Tofu coagulated with CaCl₂:GDL mixed coagulants.

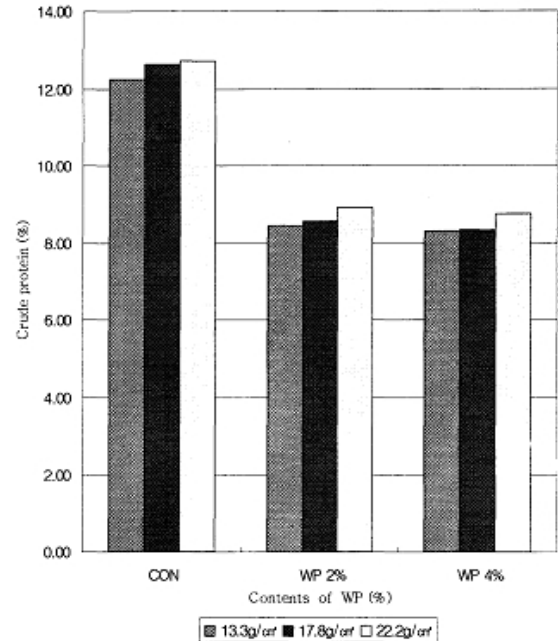


Fig. 11. Crude protein contents of WP Tofu coagulated with CaCl₂:GDL=8:2 mixed coagulants and various molding pressure.

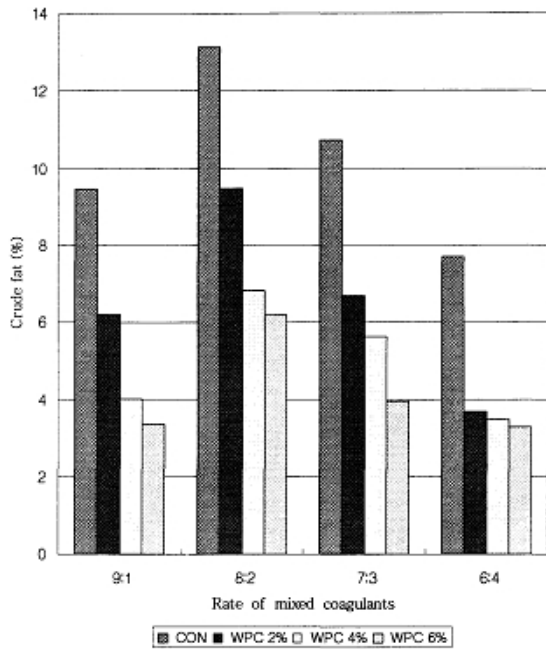


Fig. 12. Crude fat contents of WPC Tofu coagulated with CaCl₂:GDL mixed coagulants.

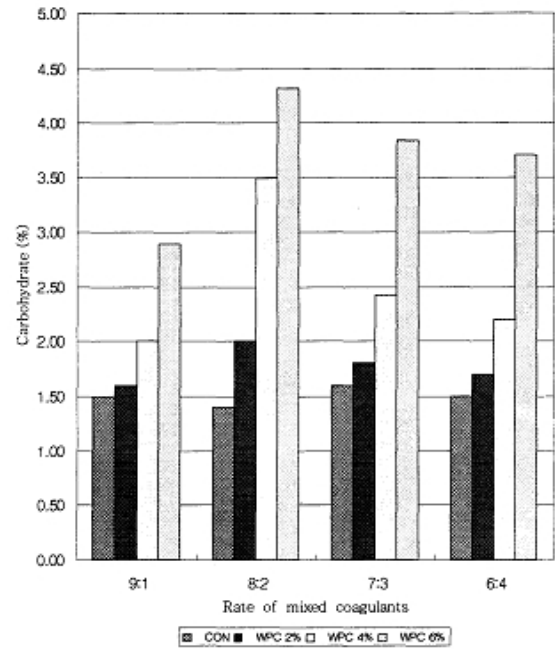


Fig. 14. Carbohydrate contents of WPC Tofu coagulated with CaCl₂:GDL mixed coagulants.

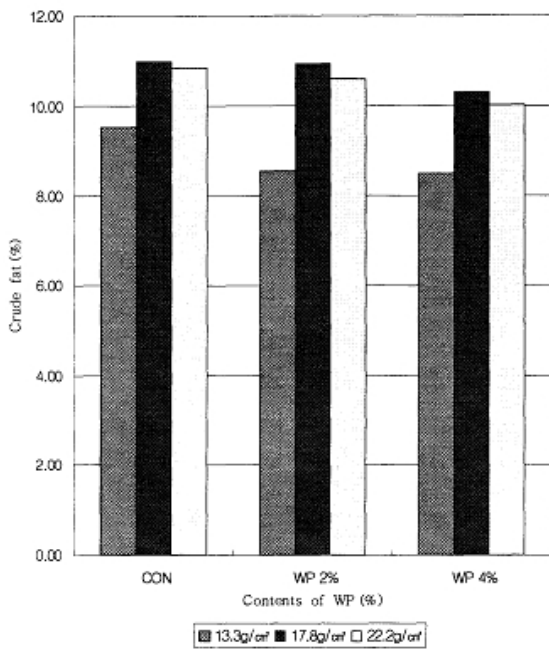


Fig. 13. Crude fat contents of WP Tofu coagulated with CaCl₂:GDL=8:2 mixed coagulants and various molding pressure.

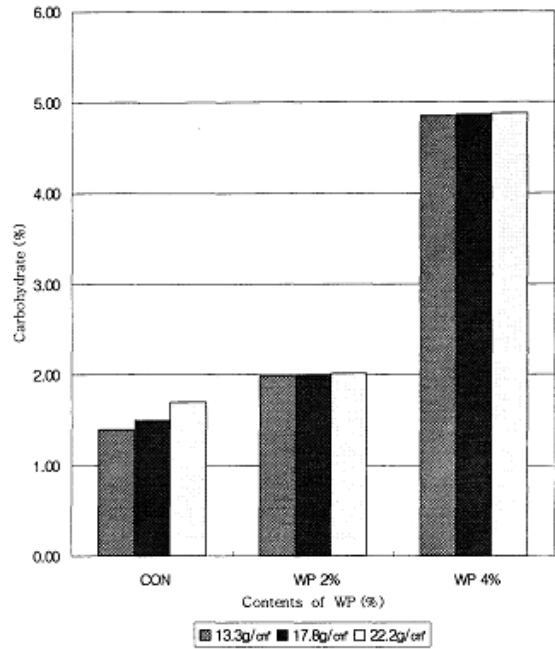


Fig. 15. Carbohydrate contents of WP Tofu coagulated with CaCl₂:GDL=8:2 mixed coagulants and various molding pressure.

8. 탄수화물 함량

응고제의 혼합비율별 두부의 탄수화물 함량은 Fig. 14와 같았다. 두유만을 가지고 제조한 두부의 탄수화물 함량은 혼합응고제의 비율에 따라 1.40~1.60%의 차이가 있었으며, 혼

합응고제 CaCl₂:GDL=8:2 비율에서 가장 낮고, CaCl₂:GDL=7:3 비율에서 가장 높게 나타났다. WPC를 첨가하여 제조한 두부는 두유만을 가지고 제조한 두부보다 혼합응고제의 비율과 관계없이 모두 높게 나타났다. WPC 6%를 첨가하여 제조한

두부가 가장 높게 나타났으며, 혼합응고제별로는 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 의 순으로 나타났다. WPC 첨가량이 증가할수록 모든 혼합응고제 비율에서 지방의 함량은 증가하였다.

압착무게별 두부의 탄수화물 함량은 Fig. 15와 같았다. 두유만을 가지고 제조한 두부는 압착무게에 따라 1.40~1.70%로 차이가 있으며, WP 2% 첨가 두부는 압착무게 13.3 g/cm²에서 1.98%, 17.8 g/cm²에서 2.01%로 압착무게에 영향을 받지 않았으며, 1.98~2.01%를 나타냈다. WP 4% 첨가 두부는 압착무게 13.3 g/cm²에서 4.84%, 17.8 g/cm²에서 4.87%를 나타내어 압착무게가 증가함에 따라 변화가 없었다. 두부 탄수화물 함량은 압착무게에 크게 영향을 받지 않은 것으로 나타났으며, 대조구보다는 WP 첨가 두부는 높게 나타났고, WP 4% 첨가 두부가 WP 2% 첨가 두부보다 많은 것으로 나타났다.

9. 물성 측정

두부의 물성은 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(elasticity), 부서짐성(brittleness)을 각각 비교한 결과 Table 2와 같았다.

견고성은 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 모두 높았으며, WPC의 첨가량이 증가할수록 견고성은 높아졌으나, WPC 6%에서 78 g/cm²으로 오히려 떨어져 WPC 4% > WPC 2% > WPC 6% > 대조구 순으로 나타났

다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 모두 높았으며, WPC의 첨가량이 증가할수록 견고성은 높아져 WPC 6%에서 179 g/cm²로 가장 높아 WPC 6% > WPC 4% > WPC 2% > 대조구 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 모두 높았으며, WPC의 첨가량이 증가할수록 견고성은 높아져 WPC 6%에서 109 g/cm²로 가장 높아 WPC 6% > WPC 4% > WPC 2% > 대조구 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 모두 높았으며, WPC의 첨가량이 증가할수록 견고성은 높아져 WPC 6%에서 66 g/cm²로 가장 높아 WPC 6% > WPC 4% > WPC 2% > 대조구 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 를 제외한 혼합응고제에서는 모두 WPC의 첨가량이 많을수록 견고성이 높게 나타났으며, 구 등(1994)의 ISP 두부 제조에서 CaCl_2 의 함량이 높을수록 견고성이 낮아지는 것과 다른 결과를 보인 것은 WPC의 영향으로 사료되고, 대조구에서는 혼합응고제의 혼합방법의 차이로 사료된다. WPC 첨가 두부의 응고제별로는 대조구, WPC 2%, WPC 6%에서 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 의 순으로 나타났다.

응집성은 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 모두 낮았으며, WPC의 첨가량이 2%, 4%에서는 같은 응집성을 보였고, 6%에서 0.64로 약간 높아졌다. 응집성은 대조구 > WPC 6% > WPC 2%=WPC 4% 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서 대조구보다는 WPC 2%를 첨가한 두

Table 2. Effects of addition of WPC on textural properties of WPC Tofu with mixing ratio of mixed coagulants

Additive materials	Mixing ratio of coagulants	Textural properties of WPC Tofu			
		Hardness	Cohesiveness	Elasticity	Brittleness
Soybean milk	9:1	49	0.65	0.79	25.26
	8:2	65	0.62	0.85	30.46
	7:3	65	0.63	0.82	42.97
	6:4	34	0.60	0.77	15.67
Mixture of WPC 2%	9:1	80	0.59	0.78	37.06
	8:2	164	0.70	0.82	92.68
	7:3	82	0.71	0.88	52.51
	6:4	53	0.80	0.77	28.73
Mixture of WPC 4%	9:1	117	0.59	0.75	50.84
	8:2	170	0.56	0.79	96.16
	7:3	93	0.67	0.81	44.94
	6:4	55	0.72	0.74	28.88
Mixture of WPC 6%	9:1	78	0.64	0.75	37.73
	8:2	179	0.48	0.75	63.74
	7:3	109	0.66	0.80	60.79
	6:4	66	0.69	0.74	33.09

부를 제외하고는 낮았으며, WPC의 첨가량이 증가할수록 응집성은 낮아져 WPC 6%에서 0.48로 가장 낮아 WPC 2% > 대조구 > WPC 4% > WPC 6% 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 모두 높았으며, WPC의 첨가량이 증가할수록 응집성은 낮아져 WPC 2% > WPC 4% > WPC 6% > 대조구 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 모두 높았으며, WPC의 첨가량이 증가할수록 응고성은 낮아졌으며, WPC 2%에서 0.80으로 가장 높아 WPC 2% > WPC 4% > WPC 6% > 대조구 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서는 대조구보다 대부분 낮았으며, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서는 대조구보다 높게 나타났다. WPC 첨가 두부의 응고제별로는 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 의 순으로 나타났다.

탄력성은 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 대체로 낮았으며, WPC의 첨가량이 증가할수록 탄력성은 낮아졌으며, 대조구 > WPC 2% > WPC 4% = WPC 6% 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 모두 낮았으며, WPC의 첨가량이 증가할수록 탄력성은 낮아졌으며, WPC 2%에서 0.85로 가장 높아 대조구 > WPC 2% > WPC 4% > WPC 6% 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서 대조구보다는 WPC 2%를 첨가한 두부가 높았으며, WPC의 첨가량이 증가할수록 탄력성은 낮아져 WPC 2% > 대조구 > WPC 4% > WPC 6% 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 대체로 낮았으며, WPC의 첨가량이 증가할수록 탄력성은 낮아져 대조구=WPC 2% > WPC 4% > WPC 6% 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 의 WPC 2%를 제외한 혼합응고제에서는 모두 대조구보다 WPC의 첨가 두부의 탄력성이 낮게 나타났으며, WPC 첨가 두부의 응고제별로는 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3 >$

$\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 의 순으로 나타났다.

부서짐성은 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 모두 높았으며, WPC 4%에서 50.84로 가장 높아 WPC 4% > WPC 6% > WPC 2% > 대조구 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 모두 높았으며, WPC 4%에서 96.19로 가장 높아 WPC 4% > WPC 2% > WPC 6% > 대조구 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서 대조구보다는 WPC 2%를 첨가한 두부가 모두 높았으며, WPC 6%에서 60.79로 가장 높아 WPC 6% > WPC 2% > WPC 4% > 대조구 순으로 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서 대조구보다는 WPC를 첨가한 두부가 모두 높았으며, WPC 6%에서 33.09로 가장 높아 WPC 6% > WPC 4% > WPC 2% > 대조구 순으로 나타났다. WPC 첨가 두부의 응고제별로는 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서 가장 높았다. 혼합응고제의 비율에 관계없이 WPC 첨가 두부는 대조구보다 모두 부서짐성이 높게 나왔다.

압착무게별 두부의 물성을 비교한 결과는 Table 3과 같았다.

견고성은 13.3 g/cm^2 , 17.8 g/cm^2 , 22.2 g/cm^2 의 압착무게에서 대조구보다는 WP를 첨가한 두부가 모두 낮았으며, WP의 첨가량이 증가할수록 견고성은 낮아졌다. 압착무게로는 $22.2 \text{ g/cm}^2 > 17.8 \text{ g/cm}^2 > 13.3 \text{ g/cm}^2$ 의 순으로 견고성이 높았다.

응집성은 13.3 g/cm^2 , 17.8 g/cm^2 , 22.2 g/cm^2 의 압착무게에서 WP 2% 첨가가 가장 높았으며, WP 4%, 대조구의 순으로 나타났다. 압착무게로는 $17.8 \text{ g/cm}^2 > 22.2 \text{ g/cm}^2 > 13.3 \text{ g/cm}^2$ 의 순으로 응집성이 높았다.

탄력성은 13.3 g/cm^2 에서 WP 4% 첨가, 대조구, WP 2% 첨가 순으로 높게 나타났다. 17.8 g/cm^2 , 22.2 g/cm^2 에서는 대조구, WP 2% 첨가, WP 4% 첨가 순으로 나타났다. 대조구와 WP 2% 첨가에서는 압착무게가 의 압착무게에서 17.8

Table 3. Effects of addition of WP on textural properties of WP Tofu coagulated with $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ mixed coagulants and various molding pressure

Additive materials	Molding pressure (g/cm^2)	Textural properties of WP Tofu			
		Hardness	Cohesiveness	Elasticity	Brittleness
Soybean milk	13.3	40	0.54	0.75	20.64
	17.8	50	0.76	0.83	31.23
	22.2	128	0.66	0.79	65.39
Mixture of WP 2%	13.3	18	0.83	0.69	10.29
	17.8	36	0.93	0.80	26.63
	22.2	48	0.86	0.78	20.90
Mixture of WP 4%	13.3	12	0.56	0.78	14.75
	17.8	14	0.79	0.67	16.21
	22.2	20	0.77	0.76	11.62

$\text{g/cm}^2 > 22.2 \text{ g/cm}^2 > 13.3 \text{ g/cm}^2$ 의 순으로 나타났다. WP 4% 첨가 두부에서는 $13.3 \text{ g/cm}^2 > 22.2 \text{ g/cm}^2 > 17.8 \text{ g/cm}^2$ 의 순으로 나타났다.

부서짐성은 13.3 g/cm^2 에서는 대조구가 가장 높게 나타났고 WP 4% 첨가, WP 2% 첨가 순으로 나타났다.

10. 관능검사

두부의 관능검사는 질감, 풍미, 색, 냄새 등 4가지를 선정하여 각 항목별로 질감은 절단면, 견고성, 탄력성을, 풍미는 고소한 맛, 콩비린 맛, 신맛, 쓴맛을, 냄새는 고소한 내, 콩비린내, 이상내의 특성을 선정하여 종합분석한 결과는 다음과 같았다.

WPC 첨가 두부의 절단면에 대해 관능적 특성을 비교한 결과는 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서 유의하며($p<0.01$), 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 매끄럽게 나타났으며, WPC 4%와 6%의 첨가 두부에서 가장 매끄럽게 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 매끄럽게 나타났으며, WPC 2%가 가장 매끄럽게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 매끄럽게 나타났으며, WPC 2%가 가장 매끄럽게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서 유의하며($p<0.01$) 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 매끄럽게 나타났다.

WPC 첨가 두부의 견고성에 대해 관능적 특성을 비교한 결과, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 단단하게 나타났으며, WPC 4%와 6%의 첨가 두부에서 가장 단단하게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서 유의하며($p<0.01$) 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 단단하게 나타났으며, WPC 6%가 가장 단단하게 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 단단하게 나타났으며, WPC 6%가 가장 단단하게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 단단하게 나타났으며, WPC 4%에서 가장 단단하게 나타났으나 유의차는 없었다.

WPC 첨가 두부의 탄력성에 대해 관능적 특성을 비교한 결과 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 2%의 첨가 두부에서 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서 유의하며($p<0.01$), 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 4%가 가장 크게 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 2%와 6%가 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 6%에서 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. 질감을 응고제 비율로 보면 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$

$> \text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 순으로 나타났다. WPC 첨가비율로는 $6\% > 2\% > 4\% > 0\%$ 순으로 나타났다.

WPC 첨가 두부의 고소한 맛에 대해 관능적 특성을 비교한 결과, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서 유의하며($p<0.01$), 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 많이 나타났으며, WPC 6%의 첨가 두부에서 가장 많이 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 많이 나타났으며, WPC 4%가 가장 많이 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 많이 나타났으며 WPC 2%가 가장 많이 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 많이 나타났으며, WPC 6%에서 가장 많이 나타났으나 유의차는 없었다.

WPC 첨가 두부의 콩비린 맛에 대해 관능적 특성을 비교한 결과 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서 유의하며($p<0.01$) 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 많이 나타났으며, WPC 4%의 첨가 두부에서 가장 많이 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 많이 나타났으며, WPC 4%가 가장 많이 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 많이 나타났으며, WPC 6%가 가장 많이 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서 유의하며 ($p<0.01$) 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 많이 나타났으며, WPC 6%에서 가장 많이 나타났다.

WPC 첨가 두부의 신맛에 대해 관능적 특성을 비교한 결과, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 4%와 6%의 첨가 두부에서 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서는 WPC 6%가 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 4%와 6%가 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 6%에서 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다.

WPC 첨가 두부의 쓴맛에 대해 관능적 특성을 비교한 결과, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 6%의 첨가 두부에서 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 6%가 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서는 WPC 6%가 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 6%에서 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. 풍미를 응고제 비율로 보면 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 의 순으로 나타났다. WPC 첨가비율로는 $6\% > 4\% > 2\% > 0\%$ 순으로 나타났다.

WPC 첨가 두부의 색에 대해 관능적 특성을 비교한 결과, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서 유의하며($p<0.01$), 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 희게 나타났으며, WPC 4%와 6%의 첨가 두부에서 가장 희게 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 희게 나타났으며, WPC 6%가 가장 희게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서는 WPC 2%가 가장 희게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 희게 나타났으며, WPC 6%에서 가장 희게 나타났으나 유의차는 없었다. 색을 응고제 비율로 보면 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2 > \text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 의 순으로 나타났다. WPC 첨가비율로는 $6\% > 4\% > 2\% > 0\%$ 순으로 나타났다.

WPC 첨가 두부의 고소한 내에 대해 관능적 특성을 비교한 결과, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서 유의하며($p<0.01$), 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 2%와 4%의 첨가 두부에서 가장 크게 나타났다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서는 WPC 6%가 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 2%가 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 4%와 6%에서 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다.

WPC 첨가 두부의 콩비린내에 대해 관능적 특성을 비교한 결과, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으나 유의차가 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서는 WPC 6%가 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 4%가 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 6%에서 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다.

WPC 첨가 두부의 이상내에 대해 관능적 특성을 비교한 결과, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으나 유의차가 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$ 에서는 WPC 6%가 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 4%가 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 에서는 대조구보다 WPC 첨가 두부가 모두 크게 나타났으며, WPC 6%에서 가장 크게 나타났으나 유의차는 없었다. 냄새를 WPC 첨가비율로 보면 $6\% > 4\% > 2\% > 0\%$ 순으로 나타났다.

압착무게별 WP 첨가 두부의 질감에 대한 특성을 보면 13.3 g/cm^2 에서 유의하며($p<0.01$), 대조구 $> 2\%$ 첨가 $> 4\%$ 첨가 순으로 나타났다. 17.8 g/cm^2 에서 유의하며($p<0.01$), 대

조구 $> 2\%$ 첨가 $> 4\%$ 첨가 순으로 나타났다. 22.2 g/cm^2 에서 유의하며($p<0.05$) 2% 첨가 $> \text{대조구} > 4\%$ 첨가 순으로 나타났다.

WP 첨가 두부의 풍미에 대한 특성을 보면 13.3 g/cm^2 에서 2% 첨가 $> 4\%$ 첨가 $> \text{대조구}$ 순으로 나타났으나 유의차는 없었다. 17.8 g/cm^2 에서 4% 첨가 $> \text{대조구} > 2\%$ 첨가 순으로 나타났으나 유의차는 없었다. 22.2 g/cm^2 에서 2% 첨가 $> \text{대조구} > 4\%$ 첨가 순으로 나타났으나 유의차는 없었다.

WP 첨가 두부의 색에 대한 특성을 보면 13.3 g/cm^2 에서 2% 첨가 $> \text{대조구} > 4\%$ 첨가 순으로 나타났으나 유의차는 없었다. 17.8 g/cm^2 에서 대조구 $> 4\%$ 첨가 $> 2\%$ 첨가 순으로 나타났으나 유의차는 없었다. 22.2 g/cm^2 에서 2% 첨가 $> \text{대조구} > 4\%$ 첨가 순으로 나타났으나 유의차는 없었다.

WP 첨가 두부의 냄새에 대한 특성을 보면 13.3 g/cm^2 에서 대조구 $> 2\%$ 첨가 $> 4\%$ 첨가 순으로 나타났으나 유의차는 없었다. 17.8 g/cm^2 에서 2% 첨가 $> 4\%$ 첨가 $> \text{대조구}$ 순으로 나타났으나 유의차는 없었다. 22.2 g/cm^2 에서 2% 첨가 $> 4\%$ $> \text{대조구}$ 첨가 순으로 나타났으나 유의차는 없었다.

11. 저장 중 변화

두부 제조후 10°C incubator에서 4일간 저장하면서 12시간 간격으로 pH, flavor, 외관을 조사한 결과 Table 4와 같았다.

대조구에서 pH 변화는 저장 12시간이 지나면서 점점 낮아졌다가 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 는 저장 24시간이 지나면서, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$ 은 저장 36시간이 지나면서 높아져서 저장 84시간 이후에는 다시 떨어졌고, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 는 계속 떨어지는 경향을 보였다.

WPC 2% 첨가 두부는 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서 저장 12시간이 지나면서 낮아지다가 저장 24시간이 지나면서 계속 높아져 저장 48시간이 지나면서 떨어졌고, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 는 저장 12시간부터 높아지다가 저장 48시간이 지나면서 떨어지는 경향을 보였다.

WPC 4% 첨가 두부는 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서 저장 12시간이 지나면서 낮아지다가, 저장 24시간이 지나면서 계속 높아져 저장 84시간이 지나면서 떨어졌고, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 는 60시간까지 낮아지다가 약간 높아진 후 다시 떨어지는 경향을 보였다.

WPC 6% 첨가 두부는 $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=9:1$, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=8:2$, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=7:3$ 에서 저장 12시간이 지나면서 낮아지다가 저장 24시간이 지나면서 계속 높아져 저장 84시간이 지나면서 떨어졌고, $\text{CaCl}_2:\text{GDL}=6:4$ 는 전반적으로 계속 떨어지는 경향을 보였다.

풍미는 대조구와 WPC 첨가 두부가 모든 혼합응고제에서 저장 60시간이 지나면서 조금씩 석는 냄새가 발생하였으며,

Table 4. The changes of pH during the storage time at 10°C with WPC Tofu

Additive materials	Mixing ratio of coagulants	Storage time (hrs)							
		12	24	36	48	60	72	84	96
Soybean milk	9:1	5.77	5.75	5.69	5.70	5.71	5.73	5.76	5.76
	8:2	5.79	5.71	5.79	5.84	5.86	5.90	5.92	5.81
	7:3	5.76	5.65	5.69	6.73	5.79	5.88	5.97	5.92
	6:4	5.84	5.78	5.79	5.79	5.77	5.74	5.76	5.75
Mixture of WPC 2%	9:1	5.85	5.82	5.90	5.92	5.94	5.96	5.97	5.94
	8:2	5.88	5.84	5.87	5.97	6.00	6.02	6.05	6.01
	7:3	5.84	5.82	5.89	5.94	5.95	5.99	6.01	5.96
	6:4	5.95	5.99	6.00	6.01	5.99	5.99	5.99	5.97
Mixture of WPC 4%	9:1	6.01	5.98	6.00	6.02	6.04	6.07	6.08	6.04
	8:2	6.03	5.97	5.99	6.01	6.03	6.05	6.06	5.98
	7:3	5.99	5.91	5.95	6.00	6.02	6.03	6.05	5.97
	6:4	6.04	5.99	5.98	5.97	5.96	6.02	6.01	6.00
Mixture of WPC 6%	9:1	6.09	6.04	6.06	6.08	6.10	6.13	6.24	6.10
	8:2	6.10	6.09	6.12	6.13	6.13	6.13	6.13	6.09
	7:3	6.05	6.02	6.05	6.08	6.13	6.18	6.24	6.22
	6:4	6.11	6.09	6.09	6.08	6.07	6.08	6.09	6.08

대조구에서 좀 더 강한 냄새가 나는 것으로 측정되었다. 색의 변화는 대조구와 WPC 첨가 두부 모두 저장 60시간이 지나면서 표면의 변색이 시작되었다. 표면의 곰팡이 발생 정도는 저장 60시간이 지나면서 모든 두부에 곰팡이가 발생하였다.

압착무게별 두부를 조사한 결과는 Table 5와 같았다.

13.3 g/cm²에서 pH 변화는 저장 12시간이 지나면서 점점 낮아져 WP 2% 첨가 두부에서 6.23으로 가장 높았다. 17.8 g/cm²에서 pH 변화는 저장 12시간이 지나면서 점점 낮아지다가 저장 36시간이 지나면서 상승하였으며, 22.2 g/cm²에서

6.42로 가장 높았다. 22.2 g/cm²에서 pH 변화는 저장 12시간이 지나면서 큰 변화를 보이지 않고 진행되었다.

풍미는 대조구는 저장 48시간이 지나면서 조금씩 썩는 냄새가 발생하였으며, WP 첨가 두부가 저장 36시간이 지나면서 조금씩 썩는 냄새가 발생하여 대조구보다 WP 첨가 두부가 빨리 썩는 것으로 측정되었다.

색의 변화는 대조구와 WP 첨가 두부 모두 저장 60시간이 지나면서 표면의 변색이 시작되었다. 표면의 곰팡이 발생 정도는 저장 60시간이 지나면서 모든 두부에 곰팡이가 발생하였다.

Table 5. The changes of pH during the storage time at 10°C with WP Tofu

Additive materials	Molding pressure (g/cm ²)	Storage time (hrs)				
		12	24	36	48	60
Soybean milk	13.3	6.00	6.00	6.00	5.92	5.79
	17.8	6.03	5.97	5.91	5.93	6.00
	22.2	5.99	6.00	5.99	6.00	6.00
Mixture of WP 2%	13.3	6.26	6.25	6.24	6.24	6.23
	17.8	6.31	6.30	6.28	6.29	6.30
	22.2	6.33	6.34	6.32	6.31	6.30
Mixture of WP 4%	13.3	6.41	6.40	6.33	6.15	6.11
	17.8	6.43	6.41	6.34	6.41	6.42
	22.2	6.31	6.33	6.34	6.31	6.33

참고문헌

1. AOAC. 1995. Official method of analysis, 16th ed. Washington DC, USA.
2. Delaney, R. A. M. 1979. Whey products conference. Proceeding, Minneapolis, USA.
3. Dybing, S. T. and Smith, D. E. 1991. Relation of chemist and processing procedures to whey protein functionality: A review. *Cultured Dairy Products Journal* February:4-12.
4. Glass, L. and Hedrick, T. I. 1976. Nutritional composition of sweet and acid type dry whey. *J. Dairy Sci.* 60:185-189.
5. Hang, Y. D. and Jackson, H. 1967. Preparation of soybean cheese using lactic starter organisms. *Food Technol.* 21: 1033-1038.
6. Holsinger, V. H., Sutton, C. S., Vettel, V. E., Allen, C. and Talley, F. B. 1997. Acceptability of whey-soy drink mix prepared with Cottage cheese whey. *J. Dairy Sci.* 60:1841-1845.
7. Jayaprakasa, H. M., Patel, R. S., Yoon, Y. C. and Renner, E. 1996. Critical appraisal of reverse osmosis for whey processing: A review. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 16:160-167.
8. Kanda, H., Wang, H., Hesseltine, C. and Warner, K. 1976. Yogurt production by *Lactobacillus* fermentation of soybean milk. *Process Biochem.* 11:23-26.
9. Klara, S. 1950. Soybean and soybean products. Interscience Publishers. New York, USA.
10. Kosikowski, F. 1982. Cheese and fermented milk food. Brooktondale. New York, USA.
11. Larmond, E. 1977. Method for sensory evaluation of food. Ottawa, Canada.
12. Lim, B. T., Deman, J. M., Deman, L. and Buzzell, R. I. 1990. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics calcium sulfate coagulant. *J. Food Sci.* 55:1088-1892.
13. Mathur, B. N. and Shahani, K. M. 1979. Use of total constituents for human food. *J. Dairy Sci.* 62:99-105.
14. Metwalli, N. L. L., Shalabi, S. I., Zahran, A. S. and El-Demerdash, O. 1982a. The use of soy milk in soft cheese making. 1-Effect of soybean milk on rennet coagulation property of milk. *J. Food Technol.* 17:71-77.
15. Metwalli, N. L. L., Shalabi, S. I., Zahran, A. S. and El-Demerdash, O. 1982b. The use of soy milk in soft cheese making. 2-Effect of soybean milk on cheese quality and composition. *J. Food Technol.* 17:297-305.
16. Miller, C. D., Denning, H. and Bauer, A. 1952. Relation of nutrients in commercially prepared soybean curd. *Food Research* 17:261-267.
17. Renner, E. 1983. Milk and dairy products in human nutrition. W-GmbH. Munchen. Germany.
18. Saio, K. 1979. Tofu-relationships between texture and fine structure. *Cereal Foods World* 24:342-354.
19. Smith, A. K., Watannabe, T. and Nash, A. M. 1960. Tofu from Japanese and United States soybeans. *Food Technol.* 14:332-336.
20. Suzuki, I. 1997. Cheese whey 醱酵飲料の製造. *食品工業* 40:73-75.
21. Tasi, S. J., Lan, C. Y., Kao, C. S. and Chen, S. C. 1981. Studies on the yield and quality characteristics of Tofu. *J. Food Sci.* 46:1734-1737.
22. Wang, H. L. and Hesseltine, C. W. 1982. Coagulation condition in Tofu processing. *Process Biochem.* 17:7-12.
23. Weisberg, S. M. and Goldsmith, H. I. 1969. Whey for foods and feeds. *Food Technol.* 23:52-56.
24. Wu, L. C. and Baker, F. L. 1971. Scanning electron microscopy of soybeans, soy flours, protein concentrates and protein isolates. *Cereal Chemistry* 52:387-396.
25. Yamano, Y., Sakamoto, K., Sonobe, J. and Miki, E. 1981. Effects of powdered palm oil components on the texture of soybean protein gel. *J. Japanese Food Sci. Technol.* 28:650.
26. 岡部. 1979. *日本食品工業*. 22:24.
27. 김경탁, 임지순, 김성수. 1996. 인삼첨가 두부의 물리적 관능적 특성에 미치는 인삼첨가량, 첨가방법 및 응고제의 영향연구. *한국식품과학회지* 28:965-969.
28. 김동원. 1992. 분리대두단백 두부의 제조조건에 관한 연구. 세종대학교 대학원 박사학위논문.
29. 김영교, 김영주, 김현욱. 1996. 우유와 유제품의 과학. 선진문화사.
30. 김우정. 1984. 콩우유 품질향상에 관한 연구. *식품과학* 17:4-14.
31. 김정환, 이형주. 1985. 유청 및 두유의 공동침전에 의해 제조된 치즈의 특성. *한국식품과학회지* 17:213-218.
32. 김중만, 최용배, 김형태, 김태영, 황호선, 황신목. 1991. 난백첨가가 두부품질에 미치는 영향. *한국영양식량학회지* 20:363-368.
33. 김태영, 김중만, 조남준. 1994. 응고제가 우유첨가 두부의 품질에 미치는 영향. *한국농화학회지* 37:370-378.
34. 박용근. 1984. 대두의 수침시간에 따른 조직의 미세구조,

- 단백질 특성 및 두부의 수율변화. 영남대학교 대학원 석사학위논문.
35. 변진원, 김현숙, 박찬경, 황인경. 1991. 응고제의 함량과 첨가물질이 두부의 특성에 미치는 영향. 한국콩연구회지 8:15-23.
 36. 손동화, 이형주. 1986. 유청 및 두유 혼합액에서의 단백질 콜로이드 안정성. 한국농화학회지 29:83-89.
 37. 손정우, 김우정. 1985. 건조비치 첨가에 의한 두부 품질의 변화. 한국식품과학회지 17:522-525.
 38. 신동구. 1993. 국내유청의 성분에 관한 연구. 건국대학교 대학원 석사학위논문.
 39. 신제호, 차광중, 백승천, 이종익, 유제현. 1995. 유청분말 첨가가 Frozen yoghurt의 조직과 풍미에 미치는 영향. 한국축산식품과학회지 15:192-195.
 40. 이재영, 유제현, 강국희. 1998. 신제유가공학. 향문사.
 41. 이형주. 1981. 유가공에서의 막분리법 이용. 한국유가공협회. 우유(여름호):39-43.
 42. 이해원. 1983. 두부의 보전성 및 물성에 관한 연구. 서울여자대학교 대학원 석사학위논문.
 43. 장재원, 윤승원. 1997. 분리대두단백과 유청분말을 사용한 대두 요구르트의 제조에 관한 연구. 한국영양식량학회지 26:1128-1134.
 44. 장천일, 이정근, 구경형, 김우정. 1990. 콩 품종에 따른 두부의 수율 및 화학적 관능적 특성의 비교. 한국식품과학회지 22:439-444.
 45. 전기환, 김병용, 손태일, 함영태. 1997. 수용성 키토산분해물질을 침지액으로 이용한 두부의 저장성 증대. 한국식품과학회지 29:476-481.
 46. 최규서. 1983. 원료배합 및 응고제가 두부의 정상 수율 및 경도에 미치는 영향. 고려대학교 식량개발대학원 석사학위논문.

(Received 2012. 10. 2 / Accepted 2012. 10. 30)