

대두의 동결처리에 의한 두부의 텍스처 특성의 증진

백상호 · 김명곤 · 윤세억 · 주현규*

전북대학교 식품공학과, *건국대학교 농화학과

Improvement on Textural Properties of Soybean Curd by Freeze Denaturation of Soybeans

Sang-Ho Baik, Myung-Kon Kim, Sei-Eok Yun and Hyun-Kyu Joo*

Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University

*Department of Agricultural Chemistry, Kon-Kuk University

Abstract

Effect of freezing of soybeans on instrumental and sensory textures of soybean curd was investigated. The hardness, gumminess and chewiness of soybean curd prepared with frozen soybeans were about three times as high as those prepared with unfrozen soybeans, while cohesiveness and elasticity were affected little by freezing. Sensory evaluation showed that freezing improved the quality of soybean curd. Instrumental and sensory textures of soybean curd prepared with frozen soybeans were excellent and almost same regardless of the boiling time when the soy slurry was boiled for 2.5 min or 5 min. However, the textures of soybean curd prepared with unfrozen soybeans were deteriorated by reducing the boiling time to 2.5 min. It was postulated that freezing facilitate the heat-denaturation of soyprotein to enhance aggregation of soy proteins and formation of cross-linkage between aggregate and Ca^{++} . Frozen soybeans resulted in soybean curd with lower fat content, while protein content of soybean curd was almost the same. Frozen soybeans gave a lower yield of soybean curd, which is supposed to be caused by the more fat loss during whey-off.

Key words: freezing, soybean, soybean curd, textural properties

서 론

두부는 특유의 질감으로 우리 민족의 주요 부식이 되어온 전통식품으로서 국제적으로 잘 알려져 있는 고단백식품이다. 한국, 중국, 일본 등의 동양지역에서는 옛부터 애용되고 있으며 최근에는 건강식품으로서의 가치가 인정되고 있으나, 국제적인 식품이 되기 위하여는 품질의 고급화가 이루어져야 할 것이다. 두부의 원료인 대두단백질은 가격이 저렴하면서 영양과 기능성(functional properties)이 우수하여 식육, 낙농제품, 계란단백질의 대체물로 널리 이용되고 있다. 대두단백질의 중요한 기능성은 gel 형성능으로서, 가열에 의해 변성된 단백질이 disulfide 결합, 수소결합 및 소수결합에 의해 응집되어 gel이 된 후 응고제를 가교제로 하여 형성된 gel network이 곧 두부이다^(1,4).

두부의 품질, 수율 등은 원료대두^(5,6)와 제조과정 중의 여러 요인들⁽⁷⁻¹⁶⁾에 의해 영향을 받으며 이에 대응한 다각적인 품질향상책이 모색되어 왔다. 동결은 육류, 수산물, 야채 등 대부분의 식품의 가치를 크게 손상시키나 대두 또는 두류에 있어서는 풍미와 질감이 동결에 의해 증진되는 경우가 있다. 즉 동결은 두류의 cooking time을 절반으로 단축시켰을 뿐 아니라 맛을 현저하게 증진시켰으며⁽¹⁷⁾, 90°C 이상으로 가열한 대두를 산 또는 칼슘 염으로 응고시킨 후 동결 해동시키면 탈수성이 매우 좋아져 용이하게 수분함량이 60%로 감소되었고 이 탈수물을 2%의 NaCl과 혼합시킨 후 가열한 결과 탄력이 풍부한 gel이 형성되었으며^(18,19), 탈지대두의 추출액에 2g 염이나 산을 가하여 침전시킨 단백질을 마쇄한 후 물에 현탁시켜 동결처리하였을 경우 새로운 질감의 해면상의 단백질이 생성되었다⁽²⁰⁾. 또한 두부를 동결시켜 얻은 동두부는 해면조직을 가지게 되며 두부와는 구별되는 특유의 물성을 나타낸다⁽²¹⁾. 그러나 동결이 대두단백질의 두부형성능 내

Corresponding author: Sei-Eok Yun, Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University, Chonju, Chonbuk 560-756, Korea

지는 두부의 품질에 어떠한 영향을 미치는지에 관하여는 연구되어진 바 없으나 이러한 동결효과⁽¹⁷⁻²¹⁾로부터 원료대두의 동결은 두부의 맛과 질감을 향상시킬 것으로 추정되었다.

본 연구에서는 동결처리한 대두(동결 대두)로 두부를 제조하여 동결하지 않은 대두(비동결 대두)로 제조한 두부의 질감특성, 관능특성, 색도, 조단백질함량, 지방함량 및 수율과 비교하므로써 대두원료의 동결처리에 의한 두부의 품질향상의 가능성을 검토하고자 하였다. 또한 수용성 단백질 추출을 위한 마쇄 대두 곤죽(slurry)의 가열공정에서 가열시간의 영향에 관하여도 검토하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 대두는 우리나라의 다수확 품종인 장엽(1994년 수확)으로서 전라북도 농촌진흥원으로부터 얻었다.

수확 및 동결

대두를 20°C의 수도물에 9시간 침지한 후 체에 넣어 10분간 방치하여 여분의 수분을 제거한 다음, -20°C로 고정된 가정용 냉장고의 냉동실에서 4시간 동결시켰다.

9시간의 침지로 수분흡수량은 최대치에 도달하였으며, 4시간의 동결로 충분히 동결된 것으로 육안 관찰되었다.

두부의 제조

시료 50 g을 침지한 후 여분의 수분을 제거하고 200 ml의 증류수를 가하여 6분간 homogenizer로 마쇄한 후 증류수를 첨가하여 대두 곤죽의 용적이 550 ml가 되도록 하여 100°C에서 소정의 시간(5분 또는 2.5분) 끓였다. 끓인 대두 곤죽(slurry)을 여과포로 짜서 압출하여 300 ml의 두유를 얻고 여기에 30 ml의 응고제(40% CaSO₄)를 넣어 72°C로 조정된 항온기에서 10분간 정치하여 응고시킨 후 여과포에 짜서 주형에 넣은 후 50 g/cm²의 압력으로 3시간 동안 가압하여 두부를 얻었으며 대두 곤죽의 가열시간이 5분일 경우 soybean curd A, 2.5분일 경우 soybean curd B로 하였다. 이와는 별도로 시료 50 g을 침지한 후 여분의 수분을 제거하여 동결시킨 후 상기와 같은 방법으로 두부를 제조하였으며 대두 곤죽의 가열시간이 5분일 경우 soybean curd C, 2.5분일 경우 soybean curd D로 하

였다.

한편 whey중의 단백질과 지방질의 함량을 측정하기 위하여 다음과 같은 방법으로 whey를 얻었다. 즉 시료 30 g을 침지한 후 여분의 수분을 제거하고 120 ml의 증류수를 가하여 6분간 homogenizer로 마쇄한 후 증류수를 첨가하여 대두 곤죽의 용적이 330 ml가 되도록 하여 100°C에서 소정의 시간(5분 또는 2.5분) 끓였다. 끓인 대두 곤죽을 여과포로 짜서 압출하여 180 ml의 두유를 얻었다. 원심분리관에 75 ml의 두유를 취하고 7.5 ml의 응고제(40% CaSO₄)를 넣어 72°C로 조정된 항온기에서 10분간 정치하여 응고시킨 후 3700×g에서 10분간 원심분리하여 whey를 분리하였으며 대두 곤죽의 가열시간이 5분일 경우 whey A, 2.5분일 경우 whey B로 하였다. 이와는 별도로 시료 30 g을 침지한 후 여분의 수분을 제거하여 동결시킨 후 상기와 같은 방법으로 whey를 얻었으며 대두 곤죽의 가열시간이 5분일 경우 whey C, 2.5분일 경우 whey D로 하였다.

Instron 측정에 의한 두부의 텍스처 특성

두부를 1 cm³의 크기로 자른 다음 끝이 평평하고 지름이 3.5 cm인 probe를 사용하여 Instron Universal Testing Machine (Model 1000)으로 3회 반복 압착시험(compression test)하여, 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 껌성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness)의 값을 구하였다. 견고성은 Instron 곡선의 1st bite의 높이로, 응집성은 (1st bite area)/(2nd bite area)로, 탄성은 2nd bite의 peak가 나타날 때까지의 거리로, 껌성은 (견고성)×(응집성)으로, 그리고 씹힘성은 (껌성)×(탄성)으로 구하였다. 실험조건은 load cell : 5 kg, chart speed : 500 mm/min, cross head speed : 100 mm/min, deformation : 80%이었다.

관능검사

Silva 등⁽²²⁾의 9점 채점법(9-point rating scale)을 사용한 다시료비교(multiple comparison test)에 따라 두부의 품질을 대표할 수 있다고 여겨지는 콩비린 맛, 짠은 맛, 고소한 맛, 냄새, 조직감, 외관 및 전체적인 수용성에 대해서 평가하였다. 품질이 매우 우수하였을 경우를 1점으로 하고 매우 열악하였을 경우를 9점으로 하였다. 8명의 관능검사원이 3회의 반복실험을 실시한 후 통계처리(SAS의 t-test)하였다.

두부의 색도 및 색도차 측정

두부의 색도 및 색도차는 Color and Color Diff-

erence Meter (TC-3600)로 측정하여 Hunter의 색계인 L, a, b 값과 ΔE(색도차 : Color difference)로 표현하였다. 표준백판의 조건은 L=90.2, a=0.4, b=3.4이었다.

조단백질 정량

조단백질의 양은 micro-Kjeldahl method⁽²³⁾로 측정하였다. 각각의 처리 시료에서 10 ml씩 취한 후, 촉매 (K₂SO₄+CaSO₄)와 함께 Büchi 425 Digestor에서 진한 황산 15 ml와 함께 서서히 가열하였다. 완전히 분해된 후 Büchi 315 Distillation Unit에서 30% NaOH로 중화시킨 후 이를 가열하여 0.1 N NaOH로 적정하여 총질소 함량을 구한 후 질소계수(5.71)를 곱하여, 이를 조단백질의 양으로 하였다.

조지방 정량

조지방함량은 Mojinner관 추출법⁽²³⁾으로 측정하였다. 각각의 시료에서 10 ml씩을 취하여 Mojinner관에 넣고 암모니아수 2 ml를 가하여 2분이상 방치한 후에 티알코올(95%) 10 ml를 첨가한 후 혼합하였다. 전처리된 시료에 에틸에테르 25 ml를 가하여 30초간 혼합하고, 석유에테르를 가하여 30초간 혼합한 후 정치시켜 상정액을 직경 7 mm의 여과지로 여과하였다. Mojinner관에 에틸에테르와 석유에테르를 각각 15 ml씩 가하여 위와 같은 방법으로 두 번 추출하여 상정액을 여과시켰다. 용매를 회수한 후 플라스크의 함량을 구한 후 조지방의 함량을 다음과 같이 구하였다.

$$\frac{a-b}{w} \times 100$$

- a: 추출물이 든 수기의 함량(g)
- b: 수기의 무게(g)
- w: 시료의 채취량(g)

결과 및 고찰

Instron 측정에 의한 두부의 텍스처 특성

제조된 두부의 텍스처 특성을 Instron Universal Testing Machine을 이용한 압착시험에 의한 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(elasticity), 씹성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness)으로 나타내었다(Table 1).

동결 대두를 원료로 하고 대두 곤죽을 5분간 가열하여 제조한 두부(soybean curd C)는 비동결 대두를 원료로 하고 대두 곤죽을 5분간 가열하여 제조한 두부(soybean curd A, control)에 비하여 견고성, 씹성 및 씹

힘성이 각각 3배 정도 높았으며, 응집성과 탄성은 거의 동일하였다. 원료대두의 동결처리로 두부의 씹힘성, 씹성, 그리고 견고성이 매우 증가하였는데, 이는 동결에 의해 대두단백질의 gel화 내지는 gel network 형성이 촉진되었기 때문인 것으로 여겨진다. 대두단백질은 가열변성시 단백질 내부에 있던 소수성부분이 표면으로 노출되어^(24,25) 단백질 분자간의 소수결합이 촉진되며, 소수결합에 의해 형성된 응집체로 하전된 응집체는 응고제의 양이온(CaSO₄로 부터의 Ca⁺⁺ 또는 glucono-delta-lactone으로 부터의 H⁺)을 가교로 하여 gel network을 형성하게 된다⁽⁶⁾. 대두단백질은 소수성의 증가에 따라 용해성이 감소하였다는 보고⁽²⁶⁾와 동결시 대두단백질의 용해성이 감소하였다는 보고^(27,29)로부터, 동결은 대두단백질의 소수성을 증가시키며 동결에 의한 소수성의 증가가 대두단백질의 gel화 내지는 gel network 형성을 촉진시킨 것으로 추정되나, 이에 관하여는 앞으로 연구되어야 할 과제이다.

한편 대두의 미세구조에서 과립(spherosome)은 지방구(lipid body)로 둘러싸인 단백질(protein body)들로 채워져 있으며^(17,30,31), 동결 대두에서는 가열후 단백질을 싸고 있는 지방구가 과립간의 세포대간질로 용출되고 단백질은 팽윤되어 서로 가까워져 있는 것이 관찰되었는데⁽¹⁷⁾ 동결대두로 제조된 두부의 씹힘성, 씹성, 그리고 견고성이 크게 나타난 또 다른 원인은, 아마도 동결에 의해 단백질을 둘러싸고 있던 지방이 유출되어 단백질간의 응집체 형성과 응집체의 Ca⁺⁺과의 가교형성이 보다 용이해졌기 때문인 것으로 여겨진다. 탈지대두박으로 만든 두부가 견고성이 컸으며, 지방은 견고성을 감소시켰던 연구 결과^(8,32)로부터 동결에 의한 두부의 견고성 증가는 동결에 의한 지방의 거동변화와 관련이 있음을 시사하여 준다.

대두의 동결시 단백질은 대부분의 수분을 빙결정으로 잃고 농축되어 단백질간의 거리가 가까워져 SH기와 disulfide 결합간의 교환반응이 일어나 분자간 disulfide 결합이 생기므로써 물성이 달라지는 것으로 보고되어 있으며⁽²⁹⁾, 대두단백 curd의 3차원 network을 안정시키는 데 작용하는 분자결합력은 소수결합, 소수결합, 이온결합 및 disulfide 결합임이 알려져 있으나⁽³²⁻³⁵⁾, 동결 대두의 응고현상에 관하여는 아직 알려져 있지 않다.

한편 동결에 의해 대두의 cooking time이 절반으로 단축되었던 실험결과⁽¹⁷⁾로부터 동결을 거친 대두 곤죽은 쉽게 가열변성될 것으로 예상되어 대두 곤죽의 가열시간을 절반(2.5분)으로 단축시켰을 경우, 비동결 대두로 제조된 두부(soybean curd B)는 모든 텍스처

Table 1. Comparison of textural properties of soybean curds prepared by different conditions

Sample	Hardness (kg)	Cohesiveness	Elasticity (mm)	Gumminess (kg)	Chewiness (kg · mm)
Soybean curd A	0.26 ^{a1)}	0.25 ^a	13 ^a	0.064 ^a	0.83 ^a
Soybean curd B	0.23 ^a	0.19 ^b	10 ^a	0.044 ^a	0.44 ^a
Soybean curd C	0.74 ^b	0.25 ^a	14 ^a	0.187 ^b	2.62 ^b
Soybean curd D	0.73 ^b	0.24 ^a	12 ^a	0.177 ^b	2.13 ^b

¹⁾Mean scores within column by the same letter are not significantly different at the 5% level

특성이 열악하였던 반면 동결 대두로 제조된 두부(soybean curd D)는 control(soybean curd A)보다 우수하였을 뿐만 아니라 동결 대두의 곤죽을 5분간 가열하여 제조된 두부(soybean curd C)와도 거의 같은 수준이었다. 이는 대두를 동결하지 않을 경우 2.5분간의 가열로는 대두단백질의 가열변성이 불충분하였던 반면, 동결시켰을 경우에는 충분히 변성되었기 때문인 것으로 여겨지는데, 이는 동결을 거친 대두 곤죽에서는 단백질을 싸고 있는 지방의 용출로 열수의 단백질에로의 침투가 용이하였기 때문으로 여겨진다. 이러한 추정은 대두를 동결처리하였을 경우 단백질을 둘러싸고 있던 지방의 용출로 열수가 단백질에 쉽게 침투될 수 있는 미세구조가 관찰되었던 실험결과⁽¹⁷⁾에 근거하였다.

두부의 관능특성

제조된 각각의 두부에 대하여 관능시험을 행한 결과는 Table 2와 같다.

동결 대두를 원료로 하고 곤죽을 5분간 가열하여 제조한 두부(soybean curd C)는 비동결 대두로 제조된 두부(soybean curd A, control)에 비하여 콩비린 맛과 짠 맛이 약하였으며, 구수한 맛이 좋았고 냄새, 조직감, 외관 및 전체적인 수용성이 좋았다. 짠 맛과 외관에 있어서는 유의성이 인정되지 않았으나 이를 제외한 모든 항목에서 동결 대두로 제조된 두부가 비동결 대두로 제조된 두부보다 유의적으로 우수하였다.

대두 곤죽의 가열시간을 절반(2.5분)으로 단축시켜 두부를 제조할 경우, 동결 대두로 제조한 두부(soybean curd D)는 비동결 대두로 제조한 두부(soybean curd B)에 비하여 우수하였으며, 짠맛과 외관을 제외한 평가된 모든 항목에서 유의적이었다. 또한 동결 대두를 원료로 하고 곤죽을 2.5분간 가열하여 제조한 두부(soybean curd D)는 동결 대두의 곤죽을 5분간 가열하여 제조한 두부(soybean curd C)와도 거의 동일한 우수한 관능특성을 나타내었다. Instron으로 측정된 텍스처 특성의 결과(Table 1)에서와 마찬가지로 동결 대두 단백질은 2.5분간의 가열처리로도 충

Table 2. Sensory characteristics of soybean curds prepared by different conditions

Measurement	Soybean curds			
	A	B	C	D
Beany taste	5.5 ^{a1)}	5.5 ^a	3.8 ^b	3.8 ^b
Astringent taste	5.0 ^{ab}	5.3 ^a	3.5 ^b	3.8 ^{ab}
Toasted beany taste	5.5 ^a	5.8 ^a	3.8 ^b	3.6 ^b
Odor	5.3 ^a	5.8 ^a	3.8 ^b	3.3 ^b
Texture	5.0 ^a	6.3 ^a	3.3 ^b	3.5 ^b
Appearance	4.3 ^{ab}	4.8 ^a	3.0 ^b	3.3 ^{ab}
Overall acceptability	5.3 ^a	5.3 ^a	3.3 ^b	3.0 ^b

¹⁾Mean scores within row by the same letter are not significantly different at the 5% level

분히 가열변성되었던 것으로 여겨지며, 따라서 동결 대두로 두부를 제조할 경우에는 비동결 대두를 원료로 할 경우보다 대두곤죽의 가열시간이 단축될 수 있음이 시사되었다.

두부의 색도와 색도차

제조된 각각의 두부에 있어서의 색도와 색도차는 Table 3과 같다.

밝은 정도를 나타내는 L (light) 값은 모든 두부에서 거의 동일하였으며, 붉은 색도를 나타내는 a (redness) 값은 비동결 대두로 제조된 두부들(soybean curd A와 soybean curd B)에서 높았던 반면, 동결 대두로 제조된 두부들(soybean curd C와 soybean curd D)의 경우 낮은 수치였다. 노란 색도를 나타내는 b (yellowness) 값은 동결대두로 제조된 두부들(soybean curd C와 soybean curd D)에서 약간 높았다. 색도의 차이(ΔE)는 모든 두부간에 차이가 없었다.

L값이 모든 두부에서 거의 동일하였는데, 육안 관찰에 있어서는 동결대두로 제조된 두부들(soybean curd C와 soybean curd D)이 윤기가 있는 백색의 밝은 빛깔이었던 사실과 차이가 있었다. 동결대두로 제조된 두부들(soybean curd C와 soybean curd D)의 경우 a값은 낮았던 반면에 b값은 약간 높은 수치로서 바람직한 경향이었다. 두부로서 바람직한 색깔은 흰 빛을 띄면서 약간 노란색을 내는 것이 좋다고 하였는데⁽⁶⁾,

Table 3. Color and color difference of soybean curds prepared by different conditions

Sample	L	a	b	△E
Soybean curd A	80.5	0.73	10.73	12.16
Soybean curd B	80.8	0.75	10.77	11.92
Soybean curd C	80.6	0.63	11.43	12.52
Soybean curd D	81.2	0.53	10.97	11.76

Table 4. Comparison of amounts of protein and fat in bean whey

Sample	Protein (%)	Fat (%)
Whey A	0.39	0.10
Whey B	0.38	0.08
Whey C	0.37	0.14
Whey D	0.38	0.12

동결 대두로 제조된 두부가 바람직한 색깔을 띠는 것으로 육안 관찰되었다.

Whey중의 단백질과 지방질 함량

실험상의 오차를 최소화하기 위하여 두부 gel을 형성시킨 후 3700×g에서 원심분리하여 whey를 얻어 이 중의 단백질과 지방질 함량을 측정하므로써 각각의 두부중의 단백질과 지방질 함량을 비교하고자 하였다. Table 4에 whey중의 단백질 함량과 지방질 함량을 나타내었다.

Whey중의 단백질함량은 모든 두부에서 거의 동일하였다. 즉 원료대두의 동결여부에 관계없이 또한 곤죽의 가열시간에 관계없이 두부 중의 단백질 함량은 차이가 없음을 알 수 있었다. 따라서 원료대두를 동결 처리하고 또한 수용성 단백질 추출을 위한 곤죽의 가열시간을 절반으로 단축시키더라도 두부중의 단백질 함량은 영향을 받지 않는 것이 확인되었다.

Whey중의 지방질 함량은 동결 대두를 원료로 하였을 경우(whey C와 whey D)가 비동결 대두를 원료로 하였을 경우(whey A와 whey B)에 비하여 많았으며, 곤죽의 가열시간이 길수록(5분간) 많았다. 이와같이 동결 대두를 원료로 하고 곤죽의 가열시간이 길수록 whey와 함께 제거되는 지방질의 양이 많은 것은 동결로 단백질을 둘러싸고 있는 지방구가 쉽게 용출될 수 있는 상태로 되어⁽¹⁷⁾ 원심분리과정에서 지방질이 whey중에 많이 용출되었기 때문으로 여겨진다.

수 율

대두시료 50 g으로부터 얻어진 두부의 중량은 각각 Table 5와 같다.

동결 대두로 제조된 두부(soybean curd C와 soy-

Table 5. Comparison of yield of soybean curds prepared by different conditions

Sample	Fresh yield (g/50 g beans)
Soybean curd A	85
Soybean curd B	84
Soybean curd C	80
Soybean curd D	81

bean curd D)의 중량은 각각 80 g과 81 g으로서 비동결 대두로 제조된 두부(soybean curd A와 soybean curd B)에 비하여 약 4.7%의 중량 감소가 나타났다. 동결 대두로 제조된 두부의 중량감소는 압착시에 많은 양의 지방질이 whey와 함께 제거된 데에 기인한 것으로 여겨진다. 그러나 탈지대두박이 원료로 이용될 경우에는 원료를 동결처리하더라도 수율의 감소는 없을 것으로 여겨진다.

요 약

동결이 대두의 익힘속도를 촉진하고 맛을 증진시켰던 사실로부터, 동결이 대표적 대두가공품인 두부의 가공공정과 품질에 어떠한 영향을 미치는 지에 관하여 검토하였다. 동결 대두로 제조한 두부는 비동결 대두로 제조한 두부보다 견고성, 검성, 씹힘성이 각각 3배 정도 높았으며, 응집성과 탄성은 비슷하였다. 관능특성에 있어서도 동결은 두부의 맛과 풍미를 증진시켰다. 또한 대두 곤죽의 가열시간을 단축(5분→2.5분) 하였을 경우 비동결 대두로 제조한 두부는 텍스처 특성이 열악하였으나 동결 대두로 제조한 두부는 가열시간에 관계없이 우수하였다. 대두의 동결은 두부제조시 대두단백질의 가열변성을 용이하게 해주며, 대두단백질간의 응집체 형성과 응집체의 Ca²⁺과의 가교형성을 촉진시키는 것으로 추정된다. 두부중의 조단백질 함량은 동결여부, 가열시간에 관계없이 거의 동일하였으나 지방질 함량은 동결구에서 낮았으며 수율에 있어서도 동결구에서 낮았다. 이와같이 동결구의 지방질 함량과 수율이 낮은 것은 동결구에서는 지방질이 whey중으로 보다 많이 유출되었기 때문인 것으로 여겨진다.

참고문헌

1. Stanely, D.W.: Food texture and microstructure. In *Food Texture*, Moskowitz, H. R. (ed.), Marcel Dekker, Inc., New York, p.47 (1987)
2. Hashzume, K. and Ka, G.: Difference between tofus coagulated with glucono-delta-lactone and calcium salts.

- Nippon Shokuin Kogyo Kakkaiishi*, **25**, 422 (1978)
3. Appurao, A.G. and Narasinga, R.: Binding of calcium(II) by the 11S fraction of soybean proteins. *Cereal Chem.*, **52**, 21 (1975)
 4. Kohyama, K., Sano, Y. and Doi, E.: Rheological characteristics and gelation mechanism of Tofu (Soybean curd). *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 1808 (1995)
 5. 장천일, 이정근, 구경형, 김우정 : 콩 품종에 따른 두부의 수율 및 화학적, 관능적 특성의 비교. *한국식품과학회지*, **22**, 439 (1990)
 6. 장천일, 이정근, 김우정 : 콩 품종별 두부의 물리적 특성의 비교. *한국농화학회지*, **33**, 203 (1990)
 7. Shimada, K. and Matsushita, S.: Gel formation of soybean 7S and 11S proteins. *Agric. Biol. Chem.*, **44**, 639 (1980)
 8. 손경희, 윤영미 : 두부의 생산량, 질감특성 및 수율력에 미치는 지방의 영향. *Yonsei Journal of Euthenics*, **1**, 3 (1987)
 9. Saio, K.: Tofu-relationships between texture and fine structure. *Cereal Food World*, **24**, 342 (1979)
 10. Saio, K., Koyama, E., Yamazaki, S. and Watanabe, T.: Protein-calcium-phytic acid relationship in soybean. *Agric. Biol. Chem.*, **33**, 36 (1969)
 11. Lee, C.H. and Rha, C.K.: Microstructure of soybean protein aggregates and its relation to the physical and textural properties of the curd. *J. Food Sci.*, **43**, 79 (1978)
 12. 박용근, 박부덕, 최광수 : 대두의 수침시간에 따른 조직의 미세구조, 단백질 특성 및 두부수율의 변화. *한국영양식품과학회지*, **14**, 381 (1985)
 13. 김학정, 김병용, 김명환 : 제조조건에 따른 두부의 물성 연구. *한국식품과학회지*, **27**, 324 (1995)
 14. Sun, N. and Breane, W.M.: Calcium sulfate concentration influence on yield and quality of tofu from five soybean varieties. *J. Food Sci.*, **56**, 1604 (1991)
 15. 고순남, 김우정 : 분리대두단백 두부의 물리적 특성에 미치는 응고온도 및 응고제의 영향. *한국식품과학회지*, **24**, 154 (1992)
 16. 이명환, 안혜숙 : 두부제조시 응고제 및 성형압력이 미치는 영향. *서울여자대학 논문집* 12호, p.345 (1983)
 17. 이덕례, 최윤희, 김명곤, 윤세억 : 동결이 두류의 cooking time과 맛에 미치는 영향. *한국농화학회지*, **35**, 219 (1992)
 18. 渡邊篤二, 探町千晴, 阿部和可 : 大豆蛋白質の低温處理による性状變化. (第2報) 大豆蛋白質凝固物の凍結による性状變化. *日本食品工業學會誌*, **10**, 167 (1963)
 19. 橋詰和宗, 中村則子, 渡邊篤二 : 大豆蛋白質の低温處理による性状變化. (第5報) 海綿狀蛋白質の製造法の改良. *日本食品工業學會誌*, **21**, 141 (1974)
 20. U.S. Patent: Preparation of vegetable protein containing food products. No. 3,490,914 (1974)
 21. 橋詰和宗 : 大豆蛋白質の凍結變性による食品素材の開発に關する研究. *日本食品工業學會誌*, **26**, 34 (1979)
 22. Silva, C.A.B., Bates, R.P. and Deng, J.C.: Influence of soaking and cooking upon the softening and eating quality of black beans (*Phaseoles vulgaris*). *J. Food Sci.*, **46**, 1716 (1981)
 23. 신효선 : 식품분석. 신광출판사 (1983)
 24. Kohyama, I., Hamano, M. and Fukushima, D.: A heat denaturation study of the 11S globulin in soybean seeds. *Food Chem.*, **6**, 309 (1981)
 25. Matsudomi, N., Moro, H., Kato, A. and Kobayashi, K.: Emulsifying and foaming properties of heat-denatured soybean 11S globulins in relation to their surface hydrophobicity. *Agric. Biol. Chem.*, **49**, 915 (1985)
 26. Hayakawa, S. and Nakai, S.: Relationships of hydrophobicity and net charge to the solubility of milk and soy proteins. *J. Food Sci.*, **50**, 486 (1985)
 27. 渡邊篤二, 中山 修, 岩崎典子 : 大豆蛋白質の低温處理による性状變化. (第1報) 大豆の水抽出液の凍結による蛋白質の不溶性化. *日本食品工業學會誌*, **10**, 163 (1963)
 28. 渡邊篤二, 橋詰和宗, 小山宋美子 : 大豆蛋白質の低温處理について. *冷凍*, **46**, 929 (1971)
 29. Hashizume, K., Kakiuchi, K., Koyama, E. and Watanabe, T.: Denaturation of soybean protein by freezing. *Agric. Biol. Chem.*, **35**, 449 (1971)
 30. Snyder, H.E. and Kwon, T.W.: *Soybean Utilization*. AVI, New York, p.21 (1987)
 31. 이철호, 김정교 : 루핀콩과 대두의 미세구조에 관한 비교 연구. *한국식품과학회지*, **17**, 454 (1985)
 32. Catsimpoalas, N. and Meyer, E.W.: Gelation phenomena of soybean globulins. II. Protein-protein interactions. *Cereal Chem.*, **48**, 150 (1971)
 33. Furukawa, T., Ohta, S. and Yamamoto, A.: Texture-structure relationships in heat-induced soy protein gels. *J. Texture Stud.*, **10**, 333 (1979)
 34. Utsumi, S. and Kinsella, J.E.: Forces involved in soy protein gelation : Effects of various reagents on the formation, hardness and solubility of heat-induced gels made from 7S, 11S and soy isolate. *J. Food Sci.*, **50**, 1278 (1985)
 35. Babajimopoulos, M., Damodaran, S., Rizvi, S.S.H. and Kinsella, J.E.: Effects of various anions on the rheological and gelling behavior of soy proteins : Thermodynamic observations. *J. Agric. Chem.*, **31**, 1270 (1983)
 36. Lu, J.Y., Canter, E. and Chang, R.A.: Use of calcium salts for soybean curd preparation. *J. Food Sci.*, **45**, 32 (1980)

(1995년 9월 30일 접수)