

옴 가열이 대두 단백질의 열변성에 미치는 영향

†차 윤 환

승의여자대학 식품영양과

Effect of Ohmic Heating on Characteristics of Heating Denaturation of Soybean Protein

†Yun-Hwan Cha

Dept. of Food and Nutrition, SoongEui Women's College, Seoul 100-751, Korea

Abstract

Ohmic heating uses electric resistance heat which occurs equally and rapidly inside food when an electrical current is passed through. In this study, we observed the physical & chemical characteristics changes which occurs in soybean protein during heating denaturation by using ohmic and conventional heating. After the ohmic heating process, we could not find any change of the primary protein structure in the denaturated soy protein samples. However, the rate of imbibed water(RIW) of the ohmic samples was 2 times faster than that of the conventional samples. Also the ANS-surface hydrophobicity was decreased, which is very closely related to RIW. In the differential scanning calorimeter(DSC) analysis result, all 7S soyprotein fraction samples were completely denaturated by ohmic and conventional heating. However, the 11S samples were completely denaturated only by ohmic heating. According to the DSC result, we decided that soyprotein was damaged by temperature and electrical current during ohmic heating. The damage of electrical current was a cause of the characteristic changes.

Key words: ohmic heating, soy protein fraction, rate of imbibed water(RIW), ANS-surface hydrophobicity, differential scanning calorimeter(DSC)

서 론

대두는 세계적으로 그 생산량이 꾸준히 증가하고 있는 중요 농산물이며, 세계적으로 미국, 브라질, 아르헨티나와 인도에서 주로 생산되고 있다. 대두는 중국 북부와 중앙 지역이 원산지로서 아시아에서 4000~5000년 전부터 경작되어지고 식용되어 왔다(Keshun L 1997). 우리나라의 경우, 대두를 이용한 두유, 두부, 된장, 간장, 콩나물 등 다양한 식품이 일상에서 폭넓게 식용되고 있고, 산업적으로는 대두유, 가축 사료, 유화제와 이소플라본 등의 원료로 사용되고 있다. 대두유는 필수지방산인 linoleic 과 linolenic acid의 함량이 높고, 식물성 단백질이면서도 단백질가가 높아 영양학적으로 훌륭한 지질과 단백질 공급원이다. 대두를 이용한 제품 중 두유와 두부를 우리나라에서는 흔하게 접할 수 있다. 두유는 대두의 가용성 단

백질을 열변성시킨 것이고, 두부는 이 두유에 응고제를 첨가하여 응고 및 압착시킨 식품으로 대두·두유·두부 간의 수율과 품질 특성은 서로 매우 밀접한 관계를 갖고 있다. 두유의 품질은 대두의 품종과 두유 제조 조건에 의하여 결정된다. 특히 두유의 가열방법은 두부의 품질과 수율에 큰 영향을 미친다. 현재 두유 제조공정에 상용화되어 있는 가열 방법은 가열솥 또는 열교환기를 사용한 간접 가열방법인데, 이 공정은 몇 가지 문제점이 있다. 고형분 함량이 높은 두유를 얻으려면 가능한 짧은 시간에 두유의 온도를 급속히 상승시킬 필요가 있는데, 기존 재래 가열 방법은 열전달이 주로 전도를 통하여 이루어지기 때문에 가열속도를 증가시키는데 상당한 제약이 있으며, 단백질 특유의 흡착성 때문에 금속 벽면에 다량의 scale이 생기므로 부분적으로 과열될 위험성이 있고, 이를 제거하기 위하여 주기적으로 조업을 중단해야 한다. 또한 예나

† Corresponding author: Yun-Hwan Cha, Dept. of Food and Nutrition, SoongEui Women's College, Seoul 100-751, Korea. Tel: +82-2-3708-9250, Fax: +82-2-3708-9212, E-mail: hplcms@sewc.ac.kr

지 효율이 비교적 낮고 설치와 운용에도 상당한 비용이 필요하다.

이런 이유로 새로운 가열법에 의한 대두처리법 또는 두유 제조 공정이 연구되었다. 오래된 콩은 신선한 콩에 비하여 단백질 용해도가 낮아 두유와 두부의 품질과 수율이 낮다. 오래된 콩을 침지할 때 50~120 V로 2~10시간 전기분해하면 단백질의 수율이 5~20% 향상된다고 보고되었다(Shi & Ren 1995). 다른 흥미 있는 보고로는 대두에 감마선을 조사하면 2.5~5 kGy 정도의 낮은 선량에서는 두유의 수율이 향상되며, 두부의 품질에는 거의 영향을 미치지 않는 반면에 10~20 kGy의 높은 선량일 때는 수율이 감소하고 두부의 견고성과 fracturability가 증가하는 것으로 보고하였다(Byun 등 1995).

음 가열(ohmic heating)이란 교류전류를 식품 중에 흘려보내면 식품의 전기 전도도가 비교적 높아 내부에서 급격히 전기 저항열이 발생하는 것을 이용한 가열법이다. 식품이 내부 발열 방식(internal heating method)으로 가열되어 급속한 균일 가열이 가능하고, 전류 조절을 통한 정확한 온도 제어가 용이한 신가열 기술이다. 음 가열은 신가열 기술로서 뿐만 아니라 추출 수율의 향상에도 응용할 수 있음이 여러 연구자들에 의하여 보고되었다. 상용교류를 통전함으로써 사탕무우로부터 색소 betanin의 추출은 재래 가열방법보다 40% 이상 향상되는 것으로 보고되었으며(Schreier 등 1993), 또한 Kim & Pyun (1995)은 두미를 음 가열하므로 재래식 가열에 비하여 두유의 수율은 약 10%, 고형분과 단백질과 고형분 회수율은 각각 16% 및 25% 향상되는 것으로 보고하였다. 이를 통해 보았을 때 식품성분의 확산을 촉진시키는 것으로 보고되고 있는 음 가열을 두유·두부 제조 공정에 이용하면 재래식 가열방법에 비해 여러 가지 장점이 있을 것으로 기대된다(De Alwis & Fryer 1990).

대두단백질은 초원심분리법(ultracentrifugation)으로 분리할 경우 침강계수에 따라 2S, 7S, 11S, 15S 분획으로 분리된다. 이 중 7S와 11S 분획은 함량이 각각 37%와 31%로 대두단백질의 주요 단백질로 알려져 있다. 본 연구에서는 두유 제조 시 사용하는 재래가열법의 가열 온도 패턴과 동일하게 두유와 7S와 11S 대두 단백질 분획을 음 가열로 가열하여 열변성을 시킨 후, 가열방법의 차이로 생기는 대두단백질의 물리·화학적 특성 변화를 측정하였다. 이를 통해 음 가열의 가열 특성과 음 가열 변성 대두 단백질의 특성을 이해할 수 있었다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

두유 제조 시 사용된 대두는 보광콩으로 2000년 농촌진흥청 작물시험장으로부터 제공받았다. 두유를 제조 시까지는

Table 1. Composition of used soybean

Component	Composition(% , w/v dry basis)
Moisture	9.9
Crude protein	40.75
Crude fat	19.8
Nitrogen free extract	28.8
Crude fiber	4.41
Ash	5.96

대두 상태로 냉장 보관하였다. 대두에 대한 일반 성분 분석은 Table 1에 나타내었다. 대두 단백질의 7S와 11S 분획은 시장에서 판매되는 콩가루에서 추출해냈다.

2. 실험 장치

음 가열 장치의 개략도는 Fig. 1과 같다. 상부의 개폐가 가능한 원통형(65×70 mm) 용기의 양면 벽면 가까이 stainless steel 전극(50×23 mm)을 설치하여 가열용기로 사용하였다. 재래식 가열은 2개의 water bath와 펌프(motor-trochoid pump, SM Electronic motor, Korea)를 이용하였다. 음 가열에는 PID controller (HY-P100, Hanyoung, Korea)와 TPR(Thyristor Power Regulator, Hanyoung, Korea)과 슬라이다스(5 kW, 60 Hz, 0~220 V)를 이용하였다. 온도측정에는 전류의 영향을 받지 않도록 teflon으로 코팅한 T type의 온도계(Cole parmer, Type IT-18, USA)를 사용하였다. 전류는 ammeter(Fluke, 80i-11A, USA)를 이용하여 측정하였다. 전압의 측정과 측정된 자료저장은 PC가 연결된 data logger(Fluke, 2620A, USA)를 이용하였다.

3. 실험 방법

1) 두유와 7S와 11S 분획의 제조 및 가열

두유는 대두를 10배량의 증류수에 담가 16시간 동안 침지한 다음 waring blender로 분쇄하고, 자체 제작한 착즙기로 착

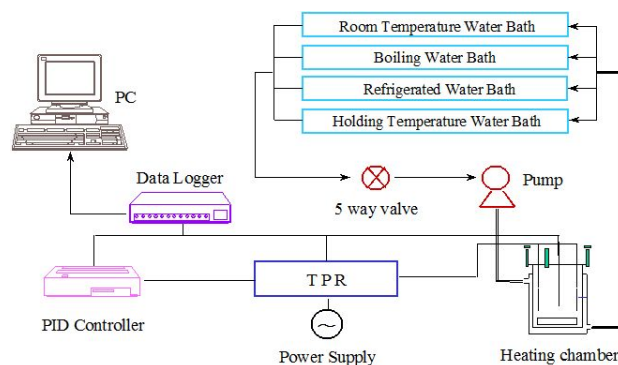


Fig. 1. Schematic diagram of experimental setup.

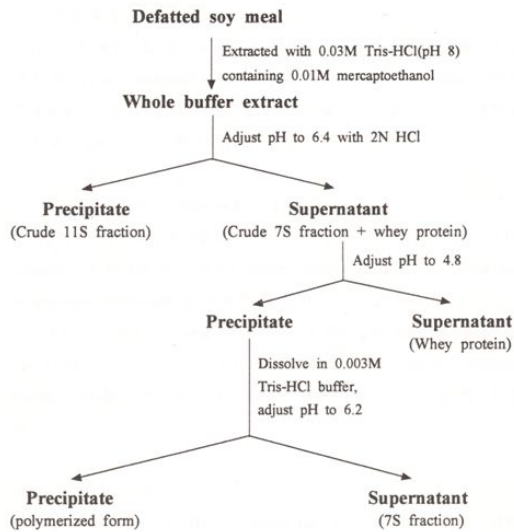


Fig. 2. Fractional procedure of 7S and 11S fractions.

즙하여 얻었다. 7S와 11S 분획은 Thanh and Shibasaki(1976)와 Koshiyama K(1965)의 방법을 절충하여 분리하였다(Fig. 2). Tris-buffer(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)를 이용해 탈지대두분에서 단백질 용액을 얻은 후 HCl로 pH를 6.4까지 조정하고 원심분리하여 11S 분획을 얻었다. 7S 분획은 whole buffer extract에서 11S 분획을 제거한 상등액을 몇 차례 더 원심분리하고 pH를 조정하여 얻었다. 분리된 단백질 분획들은 동결 건조한 후 시료로 사용하였다.

위에서 제조한 두유 100 ml와 5% 7S와 11S 분획 용액 100 ml씩을 각각 가열 용기에 넣고 가열하였다. 이때 재래가열과 음 가열의 온도 profile은 Fig. 3과 같이 일치시켰으며, 이때 온도 조절을 위해 4개의 water bath를 이용하였다. 재래가열의 경우 초기 온도를 25°C로 안정화시킨 후 99°C의 boiling water를 가열 용기 외부로 순환시켜 90°C까지 가열하고, 숙성

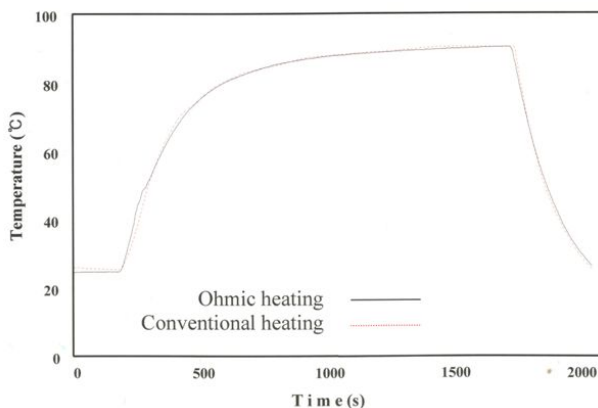


Fig. 3. Temperature profiles for conventional and ohmic heating of soymilk.

시간별로 90°C를 유지한 후 5°C의 냉각수로 냉각시켰다. 음 가열의 경우 재래식 가열에서 얻은 온도 profile을 PID controller에 입력시켜 4~20 mA의 전류를 TPR에 신호로 보내어 0~220 V의 전압을 변화시켜 온도 profile을 일치시켰다. 가열한 시료는 동결 건조시켜 시료로 사용하였다.

2) 전기영동에 의한 대두단백질의 패턴변화의 측정

전통적인 방법과 음 가열으로 가열한 두유 단백질의 전기영동은 Laemmli UK의 방법에 따라 12.5% sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis(SDS-PAGE)를 이용하여 실시하였으며, 20 mA로 1.5~2시간 전기영동 후 0.05% coomassie brilliant blue R-250(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)으로 염색하였다.

3) Differential Scanning Calorimetry(DSC)의 측정

DSC(Exstar 6000, Seiko Instruments Inc., Japan)는 60°C에서 10°C/min의 속도로 120°C까지 승온시켰다. 시료는 단백질 2 mg을 20% 수용액이 되도록 물에 넣은 후 DSC용 알루미늄 접시에 놓아 사용하였고, DSC 분석 시 빈 접시를 reference로 사용하였다. DSC 분석 후 나온 endotherm curve의 면적은 자체 적분프로그램(DSC Measurement, Seiko Inc., Japan)으로 계산하였고, thermal enthalpy(ΔH)는 Joule/gram of protein으로 계산하였다.

4) 흡수력과 흡수속도의 측정

흡수력(water imbibing capacity, WIC)은 Baumann장치(Arrese 등 1991)를 약간 변형하여 측정하였다. 유리거르개에 실리콘관을 이용하여 피펫을 수평으로 연결한 후 내부를 물로 채웠다. 시료 100 mg을 유리거르개 위에 올려놓고, 피펫의 눈금변화가 없을 때까지의 변화 양을 기록하여 시료 1 g이 흡수한 물의 ml로 흡수력을 표시하였다.

흡수속도(rate of imbibed water, RIW)는 위와 같은 장치에 시료 500 mg을 유리거르개에 올려놓고 피펫의 눈금이 변하지 않을 때까지의 시간과 피펫 눈금의 변화를 측정한다. 다음, 시료 1 g이 1초(sec)에 흡수하는 물의 μ l로 표시하였다.

5) ANS-Surface Hydrophobicity(S)의 측정

Surface hydrophobicity(S)는 1-anilino-8-naphthalene sulfonate(ANS)를 fluorescence probe로 이용한 방법(Sorgentini 등 1995)으로 구하였다. 시료를 물에 녹여 수용성 부분과 불용성 부분으로 나누고, 수용성은 1 mg/ml로, 불용성은 5~10 mg/ml가 되도록 농도를 조정하였다. 격렬하게 5분간 혼든 후 8,000 rpm에서 20분간 원심분리하였다. 각 시료는 0.1에서 0.0005 mg/ml 범위로 희석한 후 시료 2 ml당 40 μ l의 ANS 용액(8.0 mM in

0.1 M phosphate buffer, pH 7.0)을 첨가하였다. Fluorescence intensity(FI)는 fluorescence spectrophotometer(SFM-25, Kontron Instruments Inc., Zurich, Switzerland)로 365 nm에서 excitation 시키고 484 nm에서 emission시켜 측정하였다. FI를 y축, 단백질 농도를 x축으로 그린 그래프의 기울기를 단백질의 S로 사용하였다.

결과 및 고찰

1. SDS-PAGE 분석

두유를 음 가열과 재래 가열법으로 가열한 후 전기영동을 실시한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 가열하지 않은 대두 단백질과 가열방법을 달리한 대두 단백질 간의 전체적인 전기영동 패턴은 차이를 보이지 않았다. 이를 통해 가열 방법 차이에 의해 대두단백질의 가수 분해와 같은 1차 구조의 변화는 없는 것을 알 수 있었다.

2. DSC의 변화

두유의 DSC 분석 결과, 73.4°C와 95.4°C에서 T_{max} 가 나타났고, 7S와 11S 분획의 DSC 결과로부터 앞이 7S의 변성부분이고 뒤가 11S의 변성부분이라는 것이 밝혀졌다(Fig. 5). Table 2는 각 시료의 ΔH 와 변성%를 나타낸 것으로 음 가열과 재래가열 모두 7S 부분을 100% 변성시킨 데 비해, 재래가열은 11S 부분을 두유에서는 79%, 11S에서는 96% 밖에 변성시키지 못했다. 이런 결과는 Fig. 5의 재래가열(conventional heating)의 그래프에 나타나 있다. 재래가열의 경우 가열 온도를 90°C로 유지한 이번 실험의 가열 패턴으로 보아, 7S는 30

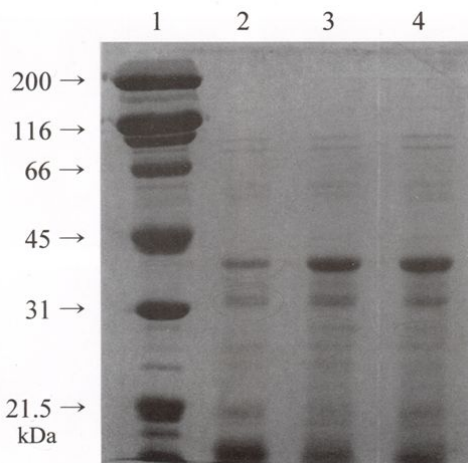


Fig. 4. SDS-PAGE patterns of soymilk protein denatured with different heating methods. 1: molecular marker, 2: no heating treatment, 3: conventional heating, 4: ohmic heating.

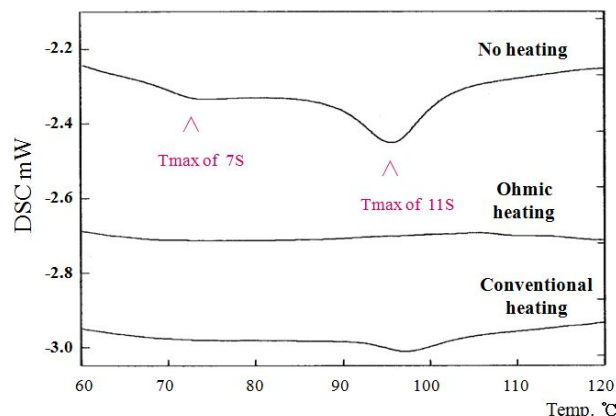


Fig. 5. DSC thermograms of soymilk by different heating methods. T_{max} is mean of denaturation temperature.

Table 2. Enthalpies of (ΔH) and denaturation percentages (D)^a of soybean protein samples heated for 22 min at 90°C by ohmic heating and conventional heating

Sample	Heating method	7S		11S	
		ΔH (J/g)	D	ΔH (J/g)	dD
Soymilk	Unheated	2.06	-	8.27	-
	Ohmic	0	100	0	100
	Conventional	0	100	1.78	79
7S protein	Unheated	5.07	-	-	-
	Ohmic	0	100	-	-
	Conventional	0	100	-	-
11S protein	Unheated	-	-	11.92	-
	Ohmic	-	-	0	100
	Conventional	-	-	0.51	96

^a: $D = (\Delta H \text{ heated sample} / \Delta H \text{ no heated sample}) \times 100$ is the percentage of denaturation

분간 80°C에서 가열하면 100% 변성되고, 11S는 30분간 100°C에서 가열해야 100% 변성된다는 Utsumi & Kinsella(1985)의 보고 내용과 일치하는 결과였다. 재래 가열 시와 온도 패턴을 동일하게 했음에도 11S 분획이 더 많이 변성된 이유는 열변성 이외의 다른 요인 즉, 전기장에 의해 변성이 촉진되었기 때문이다.

3. 흡수력과 흡수속도 변화

열변성 대두 단백질의 흡수력과 흡수속도는 향후 두부를 만드는데 중요한 요인 중의 하나이며, 단백질 변성과 상호결착(aggregation)의 정도가 흡수력에 영향을 미친다는 연구(Sorgentini 등 1991)가 보고되었다. 두유와 7S, 11S 분획의 흡수력과 흡

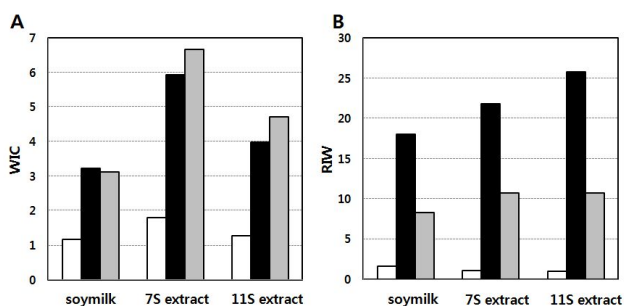


Fig. 6. Water imbibing capacity(WIC) and rate of imbibed water(RIW) of soybean protein samples heated for 22 min at 90°C by ohmic and conventional heating. The unit of WIC is water ml/g sample and RIW is water $\mu\text{l/g}$ sample \cdot sec.

수속도는 가열처리에 의해 모두 증가하였다(Fig. 6). 이는 가열에 의한 단백질 변성 중 3차 구조의 변화에 의해 증가한 것이라 생각되어진다. 흡수력의 경우 모든 시료에서 가열방법에 의한 차이는 없었다. 그러나 흡수속도의 경우는 옴 가열이 재래가열에 비해 2배 이상 높게 나타났다. 이를 통해 옴 가열이 가열 변성 중 대두단백질의 구조 변화에는 큰 차이를 주지는 않지만, 성질을 더 친수성으로 만드는 것을 알 수 있었다.

4. 표면소수성(ANS-Surface hydrophobicity)의 변화

표면 소수성(ANS-Surface hydrophobicity: S)은 단백질 표면의 방향족 아미노산 잔기의 양에 비례하며, 그 수치가 높을수록 표면이 소수성의 성질이 강하다는 것이다. Table 3에서 보면 가열 변성시킨 soluble과 insoluble 분획 모두에서 S가 감소하였다. 이 중 옴 가열한 insoluble 분획 쪽의 감소가 더 두드러졌다. S의 감소는 단백질의 표면이 상대적으로 친수성으로 변했다는 것을 의미한다. 같은 온도 패턴으로 가열하였는데도 재래가열에 비해 옴 가열의 S가 더 많이 줄어든 이유는 열에 의한 변성 외에도 다른 요인이 존재하기 때문이라 생각된다. 아마도 옴 가열 시 사용하는 전류의 흐름이 단백질에 영향을 주기 때문이라 생각된다. 이런 옴 가열에 의한 표면소수성의 감소는 결과적으로 단백질 표면을 극성으로 만들고, 표면을 좀 더 친수성으로 변화시켰다. 이런 변화가 흡수속도의 증가를 가져온 듯하다. Wagner & Anon(1990)은 단백질의 변성도가 증가할수록 표면 소수성이 감소하여 변성의 척도가 될 수 있다고 보고하였다. DSC 결과에서 보면 옴 가열을 한 경우 재래가열법에 비해 변성이 더 많이 된 것으로 나타났고, S 값 역시 낮게 나타났다. 이상의 결과들을 정리하면 옴 가열은 대두 단백질의 1차 구조에는 영향을 주지 않으나, 단백질의 표면극성을 보다 친수성으로 만드는 것을 알 수 있었다. 이런 변화는 흡수속도를 증가시키고, 단백질의 이온 상태

Table 3. ANS-surface hydrophobicity of soluble and insoluble fraction of soybean proteins

Sample	Heating method	ANS-surface hydrophobicity	
		Soluble fraction	Insoluble fraction
Soy milk	Unheated	581	83100
	Ohmic	362	15250
	Conventional	509	58866
7S protein	Unheated	686	- ^a
	Ohmic	443	9650
	Conventional	625	39950
11S protein	Unheated	513	137000
	Ohmic	577	5750
	Conventional	779	47750

^a: No insoluble fraction by 100% solubility

변화로 변성을 더욱 촉진하는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보았을 때, 재래가열의 온도 가열 패턴과 동일하게 대두단백질을 열변성시켰음에도 불구하고, 옴 가열을 한 대두단백질의 경우 몇몇 물리화학적 특성에서 차이를 보였다. 이는 온도에 의한 단백질 변성뿐만 아니라 전기장에 의한 요인이 작용한 것으로 생각된다. DSC 분석을 통해 전기장은 단백질의 변성을 촉진하여 11S가 변성되기 부족한 온도에서도 100% 변성되도록 하였다. 또한 흡수속도(RIW)와 표면소수성 분석을 통해, 변성 과정 중 단백질의 표면을 좀 더 친수성의 성질로 바뀌게 하는 것을 알 수 있었다. 이런 옴 가열의 특성은 향후 가열 효율성의 향상, 흡수속도가 빠른 동결건조 대두단백질의 제조와 기존 두부와는 다른 물성을 갖는 두부 등의 제조에 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

결론 및 요약

옴 가열은 식품에 전류를 통과시키면 내부에서 균일하게 급속히 전기저항열이 발생하는 원리를 이용한 것이다. 본 연구에서는 두유의 가열방법을 재래가열법과 옴 가열법으로 달리 하여 열변성했을 경우 발생하는 대두단백질의 물리·화학적 특성변화를 실험하였다.

실험결과 가열방법을 달리 할 경우, SDS-PAGE와 흡수력 측정을 통해 단백질의 1차 구조에는 큰 변화가 없는 것을 알 수 있었다. 하지만 다른 부분에서는 물리·화학적 특성을 보였다. 물과의 친화력을 측정하는 흡수속도의 경우 옴 가열을 할 경우 2배 정도 빨라지는 것으로 나타났다. 이는 전기장에 의한 표면소수성(surface-hydrophobicity)의 감소에서 기인한 것이라 생각되어진다. DSC 분석결과, 7S는 재래가열과

옴 가열 모두에서 변성율이 100%였다. 하지만, 11S는 재래가 열에서는 4%가 변성되지 않고 남는데 비해, 옴 가열에는 100%가 변성되어, 열에 의한 변성 외에 전기장에 의한 변성요인이 추가적으로 작용하였음을 알 수 있었다.

이상의 결과들을 통해 동일 온도 profile로 처리를 했음에도 불구하고 가열처리법을 달리했을 경우, 옴 가열의 전기장에 의해 대두단백질은 재래 가열법으로 가열 변성시켰을 때와는 단백질의 변성이 더 잘 되었다. 또한 단백질의 표면이 친수성으로 변하여 동결건조 후 흡수속도가 2배 이상 빨라졌다. 이런 물리·화학적 특성 변화는 향후 동결건조 대두단백질과 두부 제조에 영향을 줄 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 송의여자대학 교내 연구비 지원에 의해 연구된 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Arrese EL, Sorgentini DA, Wagner JR, Anon WC. 1991. Electrophoretic, solubility and functional properties of commercial soy protein isolates. *J Agric Food Chem* 39:1029-1132
- Byun MW, Kahg IJ, Mori T. 1995. Properties of soya milk and tofu prepared with gamma-irradiated soya beans. *J Sci Food Agric* 67:477-483
- De Alwis AAP, Fryer PJ. 1990. The use of direct resistance heating in the food industry. *J Food Eng* 11:3-27
- Keshun Liu. 1997. Soybeans - Chemistry, Technology and Utilization. Chapman & Hall. pp.1-3
- Kim JS, Pyun YR. 1995. Extraction of soybean milk using ohmic heating. *Kor Soybean Digest* 12:33-38
- Kohyama K. 1965. Purification of 7S component of soybean protein. *Agr Biol Chem* 39:885-888
- Laemmli UK. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227:680-685
- Schreier PJR, Reid DJ, Fyer PJ. 1993. Enhanced diffusion during the electrical heating of foods. *Int J Food Sci Technol* 22:249-260
- Shi YG, Ren L. 1995. Soyfood Technology. China's Light Industry Publisher.
- Sorgentini DA, Wagner JR, Anon MC. 1995. Effects of thermal treatment of soy protein isolate on the characteristics and structure-function relationship of soluble and insoluble fraction. *J Agric Food Chem* 43:2471-2479
- Sorgentini DA, Wagner JR, Arrese EL, Anon MC. 1991. Water imbibing capacity of soy protein isolates: Influence of protein denaturation. *J Agric Food Chem* 39:1386-1391
- Thanh VH, Shibasaki K. 1976. Major proteins of soybean seeds. A straight forward fractionation and their characterization. *J Agric Food Chem* 24:1117-1121
- Utsumi S, Kinsella JE. 1985. Forces involves 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* 50:1278-1282
- Wagner JR, Anon MC. 1990. Influence of denaturation, hydrophobicity and sulfurhydryl content on solubility and water absorbing capacity of soy protein isolates. *J Food Sci* 55:765-770

접 수 : 2011년 11월 18일

최종수정 : 2011년 12월 21일

채 택 : 2011년 12월 25일