

Soy Protein-Lipid Film의 이화학적 특성

이순규 · 우인애* · 김철재**†

한국의약품시험연구소

*수원여자전문대학 식품영양과

**숙명여자대학교 식품영양학과

Soy Protein-Lipid Film Preparation and its Physicochemical Properties

Soon-Kyu Lee, In-Ae Woo* and Chul-Jai Kim**†

Pharmaceutical Inspection Laboratory, Korea Pharmaceutical Traders Association, Seoul 130-060, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Suwon Women's College, Suwon 440-748, Korea

**Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

Abstract

Soybean, *Hwangkeum* variety was used to prepare the traditional soymilk with 4.90%, 6.20%, 7.45% and 9.01% solids contents by different ratio of soybean to water. Total seven sheets of soy protein-lipid film(SPLF) were continuously formed on the surface of heated soymilk at $95 \pm 1^\circ\text{C}$ on the batch cooker. The total weight of film formed increased fairly linearly over the range of time(0.5-3.5hr) but the rate of film formation was differed with the content of solids in soymilk. Unit weight and thickness of SPLF were better made with the higher solid-containing soymilks. Colors darkened as the film formation process progressed due to Maillard reaction. Mechanical strength, hardness in SPLF was improved in soymilk with 6.20% solids content, and the fourth sheet of SPLF was the better. Lipid was decreased as increasing the number of SPLF sheet, while carbohydrates and ash were continuously increased. Consequently, the ratio of protein to lipid was increased. Free sugars, sucrose, raffinose, and stachyose of soybean were transferred into SPLF, and increased with the sequential film formation.

Key words: soymilk, soy protein-lipid film, solid content, free sugar

서 론

콩(Soybean, *Glycine max.* L.)은 20%의 지방과 40%의 단백질을 함유하고 있어 육류와 비교할 수 있는 단백질을 가진 우수한 식품으로서 우리 민족에게는 부족한 동물성 단백질을 보충할 주요한 단백질의 급원이 되어왔다. 콩을 이용한 가공식품으로는 발효식품인 간장, 고추장, 된장 등의 장류와 콩 요구르트, 콩 치즈 등이 있고, 비발효식품인 두유, 두부, 유부 그리고 콩나물 등으로 그 이용이 한정되어 왔다(1).

Soy protein-lipid film(SPLF)은 두유를 얇고 평평한 팬에 끓이는 과정에서 생성되는 온화한 향미의 표면막을 전저 얻어지는 것으로(2,3) 그대로 섭취하거나 건조하여 이용하는 독특한 콩 가공식품의 하나이

다. SPLF는 약 1,000년전 중국의 사찰에서 두유를 서서히 가열할 때 형성된 얇은 막을 전저내어 건조하거나 그대로 섭취한 것이 시초이며, 그 후 차와 함께 다과(茶菓)로 애용되어 왔다. 현재 일본에서는 탕엽(湯葉)이나 탕파(湯波, Yuba), 대만에서는 두피(豆皮), 중국 광둥일부에서는 부죽(腐竹), 말레이시아에서는 Fu-chock으로 불리며(4) 많이 이용되나 우리나라에서는 유바로 극소수만 알고 있을 뿐 거의 알려지지 않고 있다. SPLF의 주성분은 단백질과 지방으로 단백질의 함량이 두부나 두유 보다 높은 고단백식품이며 지방, 무기질, 나이아신, 비타민 B₁, 및 B₂ 등이 풍부하고, 소화 흡수가 좋고 맛이 담백하여 임산부 및 고혈압이나 비만, 당뇨병 환자들에게 유용할 고단백식품으로 생각된다(2). SPLF에 관한 연구로는 생성조건(5-7), 조직형성 mechanism

†To whom all correspondence should be addressed

(8,9), 화학성분조성(10-12), 콩단백질과 지질의 영향(13-16), 제조시 가열의 효과(17), 식품적 가치와 조리성(18), 그리고 콩분리대두단백, 밀단백, 난단백 등을 이용한 새로운 제조방법(19-21) 등으로 주로 국외에서 많은 관심과 연구가 이루어졌으나, 아직 우리나라에서는 그 제조방법이나 이용에 관한 연구가 전혀 없는 상태이다.

그러므로 본 연구에서는 SPLF의 실험실 제조에 적합한 cooking system을 이용하여 SPLF의 제조와 이 화학적 특성을 연구하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 콩은 수원 작물시험장 전작 1과에서 구입한 1993년 수확 품종중 황금콩(*Hwangkkeum* variety)을 4°C 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다. 원료콩의 일반성분 분석용 시료는 mill(UDY Cyclone, UDY Crop., Fort. Collins, CO., U.S.A.)로 분쇄한 후 이중 zip bag에 담아 -18°C의 냉동고에 보관하면서 사용하였다.

두유(Soy milk)는 전통적인 방법을 변형하여 제조하였다. 콩에 대한 가수량의 비율은 1 : 8, 1 : 10, 1 : 12, 1 : 15로 하여 고흥분의 함량이 다른 두유를 제조하였다.

SPLF의 제조를 위해 Batch typed cooker를 주문제작하였으며 stainless steel pan(28×22×5cm)에 두유의 양을 높이 2.5cm(용량으로는 1.3L)가 되도록 부어 주위의 온도, 습도 및 통기를 일정하게 유지하면서 95 ± 1°C로 수욕조 상에서 가열시 두유 표면에 형성된 SPLF의 강도가 단단해지는 일정한 시간(약 30분)간격으로 유리막대를 SPLF 중앙에 넣어 조심스럽게 들어 올려 film sheet를 유리봉에 걸어 흐르는 두유가 멈추는 1분 후 생 SPLF를 제조하였고, 40°C drying oven에서 3시간 건조시켜 성분분석을 하였다.

원료콩과 두유의 분석

원료콩 및 각 농도별 두유의 수분, 조단백질, 조지방, 회분 등 일반성분은 A.O.A.C.(22) 표준방법으로 하였다.

원료콩의 유리당 정량은 탈지시킨 후 80% ethanol 100ml로 70°C 수욕상에서 30분간 환류시켜 ethanol층을 모으고, 다시 80% ethanol 50ml씩을 넣고 2회 반복하여 30분간 환류시킨 후 ethanol층을 모두 모아 3,000 rpm에서 30분간 원심분리(Union 32R, 한일과학산업

주식회사)하여 그 상징액을 취하여 감압 농축하였다(12,23). 이것을 HPLC용 증류수 10ml로 정용하고 0.45 μm의 membrane filter로 여과한 다음 10μl를 HPLC(Waters Associates)에 주입하여 분석하였다. 분석시 column은 Sugar-PakTHI(6.5×300mm)를, detector는 RI를, mobile phase는 H₂O를 사용하였으며 flow rate는 분당 0.5ml로 분석하였다. 당의 표준 검량선은 0.05%, 0.1%, 0.25%의 sucrose, raffinose, stachyose용액을 10μl를 동일 HPLC에 주입하여 얻었다.

SPLF의 물리적 특성 분석

제조된 SPLF의 두께는 Dial thickness gauge(Peacock G-6, Ozaki Mfg. Co. Ltd., Japan)로, 색도는 Chroma meter-200(Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan)로 측정하였다. SPLF의 hardness 측정은 Texture analyser(XT. RA Dimension V3.7A, Stable Micro Systems, Unit 105, Haslemere, England)로 puncture test를 실시하였다. SPLF의 형성속도는 시간당 생성물로 나타내었다.

SPLF의 화학적 특성 분석

SPLF를 sample mill(FM 700W, 전자분쇄기, 금성)로 분쇄하여 이중 zip bag에 넣어 -18°C에서 보관하였다. 수분 및 고흥성분의 정량은 105°C에서 항량이 될 때까지 건조하였고, 조단백질은 Auto-Kjeldahl로, 조지방은 2g을 20ml petroleum ether로 6시간 추출하여 정량하였다.

SPLF의 유리당은 Iwane 등(12)과 Conkerton 등(23)의 방법을 변형하여 실시하였다.

통계처리

통계처리는 SAS Program을 이용하였으며 Duncan's multiple range test를 사용하여 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다(24).

결과 및 고찰

원료콩과 두유의 분석

본 연구에 사용된 원료는 27.2g/100粒重, 수분 5.85%, 조단백질 36.7%, 조지방 21.25%, 조회분 4.38%, 탄수화물 함량 31.82%인 황금콩으로 비교적 높은 단백질과 지방을 함유하고 있어 두유나 SPLF를 제조하는데 적당한 품종인 것으로 생각된다.

본 연구에서 가수량을 달리하여 제조된 두유의 고흥

분은 콩에 대한 가수량의 비율이 1 : 8, 1 : 10, 1 : 12, 1 : 15이었을 때 각각 9.01%, 7.45%, 6.20%, 4.90%이었다.

SPLF의 물리적 특성 분석

각 고형분 함량당 채취된 생 SPLF의 증량과 두께 등 물리적인 특성을 측정된 결과를 Table 1에 나타내었다. Table 1에서 볼 수 있듯이 1 : 8일 때, 즉 고형분이 가장 많을 때의 평균 증량이 가장 크고, 고형분이 감소함에 따라 감소하였다($p < 0.05$). 같은 고형분에서 건어

지는 순서에 따라 비교해 보면 6번째, 7번째 건어진 film의 증량이 가장 높았으며 고형분이 많은 1 : 8, 1 : 10에서는 처음 건어진 film도 비교적 증량이 큰 것을 알 수 있었다. 두께는 건어지는 순서에 따라 점차 두꺼워졌고($p < 0.05$), 고형분이 많은 1 : 8, 1 : 10의 것이 확실히 두께가 두꺼운 결과를 보였으며 단위증량은 film을 건는 순서에 따라 점차 증가하는 경향을 보였다.

Table 2에는 SPLF의 색도를 나타내었는데 film이 건어질수록 L값은 점차 감소하고 a값은 -값으로 그

Table 1. Weight, thickness and unit weight of SPLF

S : W/S.No ¹⁾	Weight(g)	Thickness(μ m)	Weight(g/cm ²)	S : W/S.No	Weight(g)	Thickness(μ m)	Weight(g/cm ²)
1 : 8				1 : 12			
1	24.25 \pm 4.02 ^{ab2)}	150.5 \pm 37.48 ^b	0.019 \pm 0.0006 ^b	1	11.14 \pm 1.46 ^c	127.0 \pm 4.24 ^e	0.013 \pm 0.0014 ^c
2	21.72 \pm 4.38 ^a	183.0 \pm 14.14 ^a	0.016 \pm 0.0000 ^c	2	12.37 \pm 2.65 ^c	146.0 \pm 8.49 ^d	0.012 \pm 0.0014 ^d
3	19.09 \pm 0.88 ^b	188.5 \pm 17.68 ^a	0.017 \pm 0.0000 ^d	3	12.53 \pm 2.77 ^c	157.5 \pm 12.0 ^{cd}	0.012 \pm 0.0007 ^d
4	19.49 \pm 0.42 ^b	194.5 \pm 19.09 ^a	0.018 \pm 0.0001 ^c	4	13.85 \pm 1.14 ^{bc}	165.0 \pm 11.3 ^b	0.013 \pm 0.0008 ^c
5	20.02 \pm 1.20 ^b	189.0 \pm 15.56 ^a	0.018 \pm 0.0001 ^c	5	14.29 \pm 0.57 ^{bc}	169.5 \pm 13.4 ^b	0.013 \pm 0.007 ^c
6	21.08 \pm 0.06 ^b	202.5 \pm 4.950 ^a	0.018 \pm 0.0007 ^c	6	16.06 \pm 1.32 ^{ab}	177.5 \pm 4.95 ^{ab}	0.016 \pm 0.002 ^a
7	21.11 \pm 0.30 ^{ab}	190.5 \pm 6.360 ^a	0.022 \pm 0.0007 ^a	7	18.28 \pm 3.85 ^a	189.5 \pm 17.7 ^a	0.015 \pm 0.002 ^b
1 : 10				1 : 15			
1	17.42 \pm 3.69 ^{bc}	166.8 \pm 34.38 ^b	0.016 \pm 0.0028 ^b	1	8.79 \pm 0.29 ^d	99.15 \pm 11.1 ^c	0.008 \pm 0.0000 ^d
2	15.19 \pm 0.30 ^c	175.5 \pm 6.36 ^a	0.014 \pm 0.0000 ^d	2	10.52 \pm 0.08 ^c	113.0 \pm 0.00 ^{de}	0.010 \pm 0.0007 ^c
3	15.61 \pm 1.34 ^c	182.0 \pm 19.8 ^a	0.014 \pm 0.0014 ^d	3	10.65 \pm 0.37 ^c	123.0 \pm 7.07 ^{cd}	0.011 \pm 0.0007 ^b
4	15.47 \pm 0.22 ^c	179.5 \pm 12.2 ^a	0.015 \pm 0.0007 ^c	4	10.75 \pm 0.34 ^c	132.0 \pm 4.24 ^{bc}	0.011 \pm 0.0007 ^b
5	16.09 \pm 0.81 ^{bc}	187.0 \pm 5.66 ^a	0.017 \pm 0.0020 ^a	5	11.10 \pm 0.11 ^c	141.0 \pm 7.07 ^{ab}	0.011 \pm 0.0000 ^b
6	18.18 \pm 2.55 ^{ab}	195.0 \pm 10.61 ^a	0.017 \pm 0.0028 ^a	6	11.89 \pm 0.04 ^a	141.0 \pm 7.07 ^{ab}	0.011 \pm 0.0000 ^b
7	20.00 \pm 0.60 ^a	186.5 \pm 0.12 ^a	0.017 \pm 0.0007 ^a	7	16.57 \pm 1.34 ^b	158.0 \pm 0.00 ^a	0.014 \pm 0.0000 ^a

¹⁾S : W means ratio of soybean to water added, and S. No means SPLF sheet number in order to lift off

²⁾Values are based on fresh weight and expressed as mean \pm standard deviation of 3 replications, and values in the same column bearing different letters differ significantly at 5% level

Table 2. Hunter L, a, b values and chromatic differences of SPLF

S : W/S.No. ¹⁾	L	a	b	Δ E	S : W/S.No	L	a	b	Δ E
1 : 8					1 : 12				
1	91.25 \pm 2.84 ⁽²⁾	-2.28 \pm 2.03 ^g	20.87 \pm 3.8 ^g	20.39 \pm 2.82 ^e	1	93.52 \pm 1.80 ^a	-3.04 \pm 0.19 ^d	19.32 \pm 3.08 ^g	18.16 \pm 3.35 ^e
2	92.25 \pm 0.16 ^a	-3.69 \pm 0.21 ^b	24.17 \pm 0.6 ^c	23.19 \pm 0.51 ^{cd}	2	92.83 \pm 0.88 ^a	-3.47 \pm 0.13 ^a	21.34 \pm 1.31 ^f	0.32 \pm 1.06 ^d
3	91.72 \pm 0.64 ^b	-3.00 \pm 0.35 ^d	23.54 \pm 3.2 ^f	22.65 \pm 2.91 ^d	3	92.68 \pm 0.04 ^a	-3.44 \pm 0.04 ^b	22.29 \pm 0.83 ^e	21.24 \pm 0.79 ^{cd}
4	91.15 \pm 0.36 ^d	-3.17 \pm 0.35 ^b	25.75 \pm 0.4 ^c	24.94 \pm 0.24 ^{bc}	4	92.55 \pm 7.07 ^a	-3.31 \pm 0.01 ^c	23.93 \pm 0.44 ^d	22.84 \pm 0.42 ^{bc}
5	90.99 \pm 0.63 ^c	-3.05 \pm 0.40 ^c	27.10 \pm 1.2 ^c	26.24 \pm 1.29 ^b	5	91.90 \pm 0.21 ^b	-3.04 \pm 0.01 ^d	25.19 \pm 0.86 ^c	24.18 \pm 0.88 ^b
6	90.71 \pm 0.66 ^c	-2.85 \pm 0.36 ^e	27.40 \pm 1.4 ^b	26.59 \pm 1.50 ^b	6	91.20 \pm 0.68 ^c	-2.78 \pm 0.11 ^e	27.47 \pm 0.78 ^b	26.52 \pm 0.91 ^a
7	89.23 \pm 0.37 ^e	-2.63 \pm 0.10 ^f	29.68 \pm 0.2 ^a	29.16 \pm 0.31 ^a	7	88.81 \pm 0.08 ^d	-2.46 \pm 0.06 ^f	27.97 \pm 0.48 ^a	27.50 \pm 0.26 ^a
1 : 10					1 : 15				
1	92.58 \pm 2.09 ^b	-2.61 \pm 0.74 ^e	18.35 \pm 3.6 ^f	17.74 \pm 2.60 ^f	1	94.84 \pm 0.35 ^a	-3.03 \pm 0.04 ^c	15.85 \pm 0.48 ^g	14.56 \pm 7.8 ^f
2	92.81 \pm 0.87 ^a	-3.47 \pm 0.07 ^a	23.20 \pm 0.9 ^f	22.26 \pm 0.88 ^d	2	94.37 \pm 0.33 ^b	-3.49 \pm 0.16 ^c	17.37 \pm 0.28 ^f	16.12 \pm 0.35 ^{ef}
3	92.21 \pm 0.31 ^c	-3.38 \pm 0.09 ^b	24.82 \pm 0.3 ^e	23.79 \pm 0.39 ^e	3	94.16 \pm 0.10 ^c	-3.31 \pm 0.04 ^b	18.52 \pm 0.54 ^e	17.27 \pm 0.54 ^{de}
4	91.96 \pm 0.78 ^d	-3.26 \pm 0.17 ^c	25.23 \pm 0.4 ^d	24.31 \pm 0.16 ^{bc}	4	92.94 \pm 0.54 ^d	-3.22 \pm 0.05 ^c	19.72 \pm 1.50 ^d	18.69 \pm 1.58 ^d
5	90.97 \pm 0.62 ^e	-2.93 \pm 0.13 ^d	26.44 \pm 0.0 ^c	25.68 \pm 0.08 ^b	5	92.11 \pm 0.33 ^e	-3.08 \pm 0.01 ^d	21.89 \pm 1.94 ^c	20.97 \pm 1.76 ^c
6	90.47 \pm 0.08 ^f	-2.56 \pm 0.25 ^f	28.29 \pm 0.9 ^b	27.57 \pm 1.07 ^a	6	91.55 \pm 0.34 ^e	-2.88 \pm 0.16 ^e	24.31 \pm 2.54 ^b	23.40 \pm 2.50 ^b
7	88.64 \pm 1.79 ^g	-2.17 \pm 0.15 ^g	28.71 \pm 2.1 ^a	28.70 \pm 1.35 ^a	7	88.04 \pm 0.02 ^f	-1.87 \pm 0.21 ^g	30.38 \pm 0.40 ^a	30.15 \pm 0.36 ^a

¹⁾S : W means ratio of soybean to water added, and S. No means SPLF sheet number in order to lift off

²⁾Values are based on fresh weight and expressed as mean \pm standard deviation of 3 replications, and values in the same column bearing different letters differ significantly at 5% level

수치가 점차 감소하고 b값은 점차 증가하는 경향을 보였다. 따라서 전반적인 색도의 차이를 나타내는 ΔE 값은 증가하여 견어질수록 색도의 차이가 큼을 알 수 있다. 이러한 색도의 차이는 Maillard 반응에 의한 것으로 생각되는데 두유에 분산된 단백질이 다른 성분들과 반응하여 얻어진 결과이며 특히 가열에 의하여 콩단백질을 구성하는 아미노산 특히 lysine, cystine, methionine의 파괴나 구조적 변화를 야기시켜 영양가 감소 및 단백질 소화율에 영향을 미친다. 더우기 단백질 분자간의 가교결합이나 분해물이 생성되며, 이러한 물질은 아미노산의 이용성에 영향을 준다. 따라서 두유 가열시 Maillard 반응에 의한 SPLF의 색변화는 가열에 의한 단백질의 손상정도를 측정하는데 중요하다(25).

Fig. 1에는 SPLF의 시간당 생성률을 나타내었는데 고형분별로 다른 경향을 보였다. 고형분이 많은 1:8, 1:10은 가온 초기에는 film 형성률이 크나 점차 그 비율이 감소하였다. 그러나 고형분이 낮은 1:12, 1:15에서는 점차 film의 형성률이 증가해감을 알 수 있었다. Film의 형성률과 중량에 미치는 온도와 시간의 영향을 연구한 한 보고에서는 film의 중량은 78~98°C 온도와 1~4시간의 범위에서 연속적으로 증가하였으나 film 형성률은 시간에 따라 감소하는 경향을 보였다고 보고하였다(16). 즉, 총 중량은 점차 증가하지만 그 증가율이 시간에 따라 감소한다고 하여 본 실험의 고형분이 높은 것과 비슷한 결과를 보이고 있다. 시간에 따라 이 형성률의 감소는 film 형성이 표면에서 더 빠르게, 그리고 두꺼워진 후에는 느리게 일어나는 것으로 설명하였다. 즉, film의 두께 증가는 film 형성의 제한

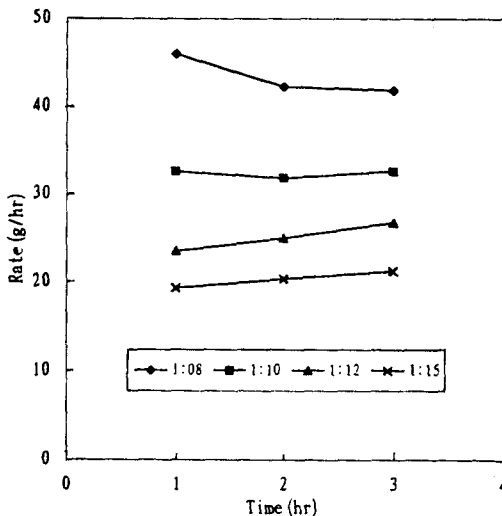


Fig. 1. Rate of SPLF formation prepared with soymilks with different soybean to water ratios.

적 요소로 작용되었다. 따라서 film 형성에서 기액 공유면의 중요한 역할을 제시해 준다고 하겠다. 이 공유영역은 film 형성의 중합반응을 유도하는 수분을 방출함으로써 혹은 공기나 산소를 film 형성에 관여하는 성분에 제공해준다.

靑(17)은 단위 시간당 SPLF(g/시간)는 단백질 농도 2.4%의 두유에서 최고였다고 보고하고 있다. Wu와 Bates(9)는 두유 농도의 영향도 커서 고형분 농도 2.55%에서 두유 고형분당 84.6%로 최고의 SPLF 수율이 얻어진다고 하였다. 본 실험에서는 단위 시간당 SPLF의 생성률은 1:8 즉, 단백질 농도 4.0%에서 가장 높았으며 농도가 낮을수록 생성률이 농도에 비해 낮아짐을 알 수 있었다. 높은 고형분 함량을 가진 두유에서 견어진 6, 7번째의 film은 중간이 끊어져 제조에 적합하다고는 볼 수 없었다.

SPLF의 hardness를 측정된 결과는 Table 3에 나타내었다. 각각의 두유로부터 처음 견어진 것은 측정이 어려워 2번째 견어진 것부터 puncture test를 실시한 결과 1:10과 1:12의 두유에서 얻어진 SPLF이 비교적 높게 나타나 film 형성에 관여하는 성분, 특히 단백질 구조 및 성분의 변화 단백질의 용해도, 지방산의 산화정도, 기액공유면에서의 단백질-단백질 작용 등에 의한 것으로 생각된다.

SPLF의 화학적 특성 분석

콩에 대한 물의 가수비율을 1:12로 제조된 두유로부터 채취된 SPLF의 일반성분 분석 결과는 Table 4와 같으며 film의 견어지는 순서에 따라 3, 4, 5번째의 sheet에서 단백질이 다른 순서의 것 보다 유의적으로 단백질 함량이 높게 나타났고(Table 4), 지질은 처음 형성된 sheet에서 상당히 함량이 높다가 점차 감소하

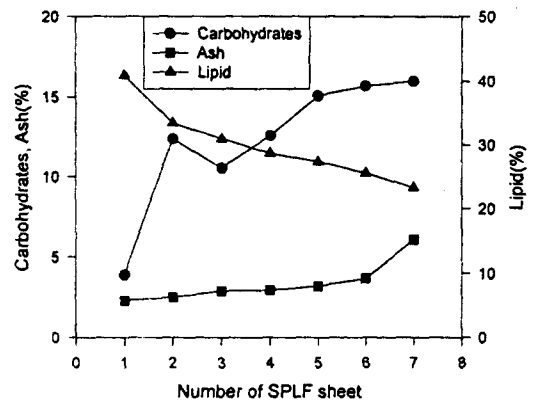


Fig. 2. Change in carbohydrate, lipid and ash contents with increasing the number of SPLF.

Table 3. Hardness of SPLF sheet

	Ratio of soybean to water			
	1 : 8	1 : 10	1 : 12	1 : 15
1	— ¹⁾	—	—	—
2	15.12 ± 4.12 ²⁾	12.84 ± 3.14	12.47 ± 5.74	15.25 ± 4.68
3	19.93 ± 9.14	27.16 ± 5.87	32.75 ± 18.1	13.23 ± 3.86
4	21.98 ± 8.19	26.17 ± 5.98	34.45 ± 16.3	12.03 ± 1.95
5	10.75 ± 3.79	33.87 ± 5.75	18.76 ± 8.99	12.89 ± 4.29
6	10.45 ± 2.65	24.72 ± 5.30	20.40 ± 11.9	14.53 ± 1.90
7	8.54 ± 3.00	19.33 ± 5.20	20.45 ± 5.98	13.07 ± 2.73

¹⁾Not examined²⁾Values are means ± standard deviation of 10 replications, and indicate kgTable 4. Proximate composition of soy protein-lipid film(SPLF)¹⁾

Sheet No. ²⁾	Component(%)				
	Moisture	Protein	Lipid	Ash	Carbohydrate
1	7.7 ± 0.15 ^{a3)}	45.2 ± 1.4 ^d	40.9 ± 1.2 ^u	2.3 ± 0.01 ^g	3.9 ± 1.40 ^g
2	3.65 ± 0.15 ^g	47.95 ± 1.25 ^c	33.5 ± 0.9 ^{hb}	2.5 ± 0.21 ^f	12.4 ± 1.05 ^c
3	4.25 ± 0.05 ^f	51.3 ± 0.1 ^a	31.0 ± 0.3 ^c	2.9 ± 0.20 ^e	10.55 ± 0.1 ^f
4	5.45 ± 0.25 ^d	50.3 ± 1.05 ^{ab}	28.7 ± 0.01 ^d	2.95 ± 0.30 ^d	12.60 ± 1.01 ^d
5	4.3 ± 0.1 ^e	50.0 ± 0.65 ^{abc}	27.4 ± 0.72 ^c	3.2 ± 0.05 ^c	15.10 ± 0.55 ^c
6	6.1 ± 0.0 ^c	48.9 ± 0.2 ^{bc}	25.6 ± 0.20 ^f	3.7 ± 0.07 ^b	15.70 ± 0.30 ^b
7	6.4 ± 0.0 ^b	48.2 ± 2.05 ^{bc}	23.3 ± 0.01 ^g	6.1 ± 0.70 ^a	16.01 ± 2.00 ^a

¹⁾SPLF made from soymilk prepared with ratio of soybean to water being 1:12²⁾Seven sheets of SPLF were produced³⁾Values are based on dry weight and expressed as mean ± standard deviation of 3 replications, and values in the same column bearing different letters differ significantly at 5% level

는 경향을 보였다. 이와는 대조적으로 탄수화물의 함량은 겜은 순서가 증가할수록 증가하여 마지막 SPLF sheet에서는 그 함량이 지질 보다 높게 나타났다(Fig. 2). 회분은 견어지는 횟수가 증가할수록 함량이 증가하였으며 특히 마지막 SPLF sheet에서는 상당히 높았다.

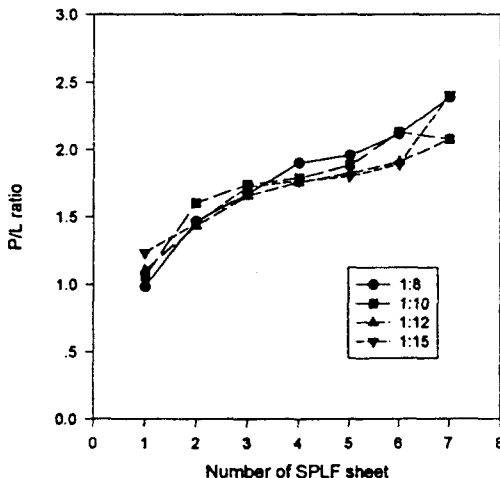


Fig. 3. Change in protein/lipid ratio of SPLF according to its sequence.

이것은 靑의 보고(17)와도 일치하는 결과이다.

Fig. 3에는 각 고형분별로 견어진 단백질과 지질의 비율(P/L ratio)을 나타내었는데 점차로 증가하는 경향을 보였다. 靑(17)은 SPLF의 표준 화학조성은 단백질이 약 55%, 지방 약 26%, 인지질 약 2%, 탄수화물 약 12%, 회분 약 2%, 수분 약 9% 등이라 보고하였다. 또 두유에서 SPLF를 차례로 견어올리는 과정에서 단백질과 지방은 탄수화물 보다 효과적으로 막에 이행되고 두유 중의 탄수화물과 회분이 농축되는 형태로 된다고 보고하였다. 단백질은 액중에서 분산되어 부분적 열변성으로 인해 퍼지고(unfolding), 액면으로 올라와 물의 증발과 함께 액면의 밀도를 높혀 분자간 상호반응이 일어나 불용성막이 형성된다.

SPLF의 유리당 분석 결과는 Table 5와 같이 콩에 있는 sucrose, stachyose, raffinose 성분이 대부분 이행됨을 알 수 있었다. 특히 처음 보다 마지막 film으로 갈수록 유리당 함량이 증가한 것이 특징적이다. 이것은 당의 높은 용해성 때문에 콩으로부터 두유에 농축되어 증가하다가 SPLF 형성과정에 점차로 SPLF sheet로 이행된 것으로 보여진다. 두유 100g에서 6 sheet의 SPLF를 만든 경우 처음에는 단백질과 지방이 다량 함

Table 5. Free sugar contents in soybean and soy protein-lipid film

	Sucrose(%)	Raffinose(%)	Stachyose(%)
Soybean	5.85 ¹⁾ (100) ²⁾	0.81(100)	4.06(100)
No. of film sheet			
1	1.23(21.0)	0.24(29.6)	0.80(17.4)
2	1.26(21.5)	0.25(30.9)	0.81(19.9)
3	1.51(25.8)	0.30(37.0)	1.05(25.9)
4	1.82(31.1)	0.31(38.3)	1.13(27.8)
5	2.36(40.3)	0.26(32.1)	1.42(34.9)
6	3.30(56.4)	0.26(32.1)	1.96(48.3)
7	5.69(97.3)	0.40(49.4)	3.63(89.4)

¹⁾Values are based on dry weight

²⁾() indicates incorporated cummulative percent from soybean to SPLF

유되지만 그 다음부터는 감소하고 마지막에는 탄수화물이 다량 조성된다고 보고되었다(5). 이 가용성 탄수화물에는 서당(Sucrose)의 함량이 높아 마지막 것은 감미가 증가하여 단유바(Sweet yuba)라 하여 선호되고 있다. SPLF형성이 후기로 갈수록 당 함량이 높고 장시간 가열로 Maillard 반응에 의해 색도 갈색을 띤다. SPLF의 texture를 지배하는 단백질 함량의 변동이 식감에도 예민하게 반영되고 있는 것으로 생각된다.

가온 말기 SPLF에는 지방 보다 탄수화물이 더 많은 것으로 보고되는데 보통 콩에는 10종류 이상의 저분자량 탄수화물이 있다(12)고 하였다. 이 중 sucrose 함량이 가장 많고 이것이 SPLF에 혼입된 경우 SPLF의 풍미에 관여한다고 생각된다. 그 다음은 stachyose, raffinose가 많은데 이것은 가온 초기의 SPLF sheet에서는 그 함량이 적고 가온 말기에 생성된 SPLF sheet에서 함량이 높았다. 본 실험에서도 동일한 경향으로 그 이행률은 sucrose 97%, raffinose 49%, stachyose 89% 정도로 2당류가 3당류나 4당류 보다 많이 이행되었다. 김(26)은 성분 중 단당류나 이당류는 단맛을 주어 우리에게 이로운 면을 주나 3당류와 4당류인 raffinose, stachyose는 장내에서 소화되지 않고 미생물에 의하여 분해되어 미생물의 대사과정중 수소나 질소가스 등이 생김으로서 장내가스가 축적되거나 배출될 때 불편감을 유발시킨다고 하였다. 즉, 두유 중의 저분자량 탄수화물은 수용성이므로 순차적으로 농축되는 SPLF 생성에 따라 물과 함께 SPLF중으로 이행되고 최종 생성 SPLF에서 함량이 높아지는 것으로 추정된다.

요 약

본 연구는 콩을 이용한 가공식품개발을 목적으로 두유 가열시 기액 표면에 형성되는 SPLF의 제조조건과 이화학적 특성에 대하여 연구하였다. 고형분이

각각 4.9%, 6.2%, 7.45%, 9.01%인 두유를 95±1°C의 수욕상에서 가열하면서 순차적으로 얻어지는 SPLF의 중량과 두께를 측정하고 고형분이 높은 것일수록 우수하였으며, 시간당 SPLF의 생성률은 고형분에 따라 다른 경향을 보이는데 높은 고형분에서는 가온 초기에는 생성률이 크나 그 이후 감소하는 경향을 보였다. SPLF의 색도는 건는 횡수가 증가할수록 흰색은 감소하고 적색과 황색은 증가하여 색차(ΔE)가 증가하였다. SPLF의 hardness는 고형분 6.20%인 두유로부터 4번째 걸어진 sheet에서 크게 나타났다. SPLF의 일반 성분 분석 결과 단백질의 함량은 3, 4, 5번째 채취한 것이 높았고 지방은 점차 감소하는 경향을 보였으나 탄수화물과 회분은 증가하는 경향을 보였고 SPLF의 주성분인 단백질과 지질의 비는 증가하였으며 당질은 그 함유 비율이 점점 커졌다. 원료콩과 비교한 유리당의 이행률의 분석한 결과, 건는 횡수에 따라 증가하여 서당은 97%가, stachyose와 raffinose는 각각 89%, 49%가 이행되었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단에서 시행한 94/95 목적기초연구의 연구비(KOSEF 과제번호 : 941-0600-066-1)로 수행된 결과의 일부이며 연구지원에 감사드립니다.

문 헌

1. 김철재 : 대두단백이용식품과 이의 품질향상. 한국식품과학회 · 한국콩연구회 주최 「현대인의 건강을 위한 콩 단백질 영양과 이용」 국제심포지움 발표논문집, p.59 (1993)
2. 김철재 : 유바와 이의 영양. 미국대두협회 Symposium 초록(1994)
3. Wu, L. C. and Bates, R. P. : Soy protein-lipid films. 1. Studies on the film formation phenomenon. *J. Food*

- Sci.*, **37**, 36(1972)
4. 강종만 : 유바의 제조방법과 향후전망. 92년도 연식품 조합원 교육교재. 한국연식품공업협동조합연합회, p.81 (1992)
 5. 岡本獎 : ゆは膜の生成と利用. *調理科學*, **9**, 17(1976)
 6. 岡本獎, 九山美江子 : ゆはの組成と組織について. *日本食品工業學會志*, **13**, 184(1966)
 7. 岡本獎 : ユハ狀蛋白質皮膜の生成について. *日本食品工業學會志*, **14**, 148(1967)
 8. 岡本獎, 渡邊研 : 湯葉狀皮膜の生成と物性. *New Food Industry*, **18**, 65(1976)
 9. Wu, L. C. and Bates, R. P. : Soy protein-lipid films. 2. Optimization of film formation. *J. Food Sci.*, **37**, 40(1972)
 10. Tanimura, W., Kamoi, I., Matsumoto, S. and Dbara, T. : Distribution of trypsin inhibitor during Yuba making. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **25**, 287 (1978)
 11. Iwane, A., Tsutsumi, C. and Yasui, A. : Changes in proximate and mineral composition of 'Yuba'(soymilk skins) during their film production. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **31**, 672(1984)
 12. Iwane, A., Yasui, T. and Tsutsumi, C. : Changes in low molecular weight carbohydrates in Yuba(Soy milk Skin) during Yuba-film formation. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **33**, 783(1986)
 13. Shirai, M., Watanabe, K. and Okamoto, S. : Contribution of 11S and 7S globulins of soybean protein to the formation and properties of yuba-film. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **21**, 324(1974)
 14. Watanabe, K., Watanabe, T. and Okamoto, S. : On the contribution of lipid to the properties of Yuba-film. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **22**, 143(1975)
 15. Wu, L. C. and Bates, R. P. : Protein quality of soy protein-lipid film(Yuba) and derived fractions. *J. Food Sci.*, **40**, 425(1975)
 16. Farnum, C., Stanley, D. W. and Gray, J. I. : Protein-lipid interactions in soy film. *Can. Inst. Food Sci. Technol.*, **9**, 201(1976)
 17. 青木宏 : 大豆タンパク質と食品加工(II). *調理科學*, **6**, 35(1973)
 18. Wu, L. C. and Bates, R. P. : Protein-lipid films as meat substitutes. *J. Food Sci.*, **40**, 160(1975)
 19. Chuah, E. C., Idrus, A. Z., Lim, C. L. and Seow, C. C. : Development of an improved soya protein-lipid film. *J. Food Technol.*, **18**, 619(1983)
 20. Watanabe, K. and Okamoto, S. : On the formation of Yuba-like film wheat gluten. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **20**, 66(1973)
 21. Jaynes, H. O. and Chou, W. N. : New method to produce soy protein-lipid films. *Food Prod. Dev.*, **9**, 86(1975)
 22. A.O.A.C. : *Official Method of Analysis*. 14th ed., Association of official analytical chemist, Washington, D. C.(1984)
 23. Conkerton, E. J., Parrish, F. W., Chapital, D. C. and Ory, R. L. : Isolation of a stachyose-sucrose complex from soybean and peanuts. *J. Food Sci.*, **48**, 1269 (1983)
 24. 이승욱 : 통계학의 이해. 자유아카데미, 서울(1990)
 25. Kim, C. J. : Physico-chemical, nutritional, and flavor properties of soybean extracts processed by rapid-hydration hydrothermal cooking. *pH. D. Thesis*, Iowa State University, Ames, Iowa(1990)
 26. 김동희 : 콩 품종에 따른 이화학적 특성 연구. 숙명여자대학교 대학원, 박사학위논문(1989)

(1996년 2월 5일 접수)