

## Silk protein을 첨가한 機能性 절편의 製造에 관한 연구

황영정\* · 김경옥

동아대학교 식품영양학과 박사과정 · 동아대학교 식품영양학과 박사과정

### A Study of Functional Jeolpyon Prepared with Silk Protein

Young-Jeong Hwang<sup>†</sup> · Kyoung-Ok Kim

Dept. of Food and Nutrition  
Graduate School, Dong-A University

#### Abstract

The purpose of this study is to reach silk protein added in differing amounts to Jeolpyon, Korean traditional rice cake, using rice powder as its primary material, estimation of the micro organism quality, physicochemical property, sensory evaluation and the property of storage period ( $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ ).

In the physicochemical property, the content of proximate composition of rice powder was measured as 38.11% of moisture, 56.62% of total sugar, 5.11% of crude protein, 0.52% of crude lipid, 0.25% of ash. And the raw material of silk protein was measured as 6.61% of moisture, 91.22% of crude protein, 6.41% of crude lipid and 0.75% of ash.

The pH of raw material for rice powder and silk protein Jeolpyon showed mild acidity as 6.41 and 6.23, respectively. In rice powder and silk protein, total free sugar contents was 0.89% and 0.02%, and total amino acids contents was 4.28% and 52.21%, respectively.

For sensory evaluation, color, taste, softness and adhesiveness were significantly acceptable in control and adding 1% silk protein. Control and samples added 1~3% silk protein had high sensory score color in overall acceptance. In conclusion, Jeolpyon can be manufactured with nutritious Jeolpyon by adding silk protein.

**Key Words** : silk protein, sensory evaluation color value

---

<sup>†</sup> Corresponding author : H.P : 011-876-2839, e-mail : kjkim@daunet.donga.ac.kr

## I. 서론

비단은 의류용 고급소재로 주로 이용되어 왔으나 최근에 화학적 조성이 밝혀지면서 일명 실크피브로인이라는 기능성 식품 소재로 개발되고 있다.<sup>1)</sup>

실크피브로인은 천연 단백질로서 순도가 높으면서도 다량 생산이 가능한 아미노산 자원으로<sup>2)</sup> 세리신과 피브로인으로 구성되어 있으며, 가수분해 시키면 유리 아미노산과 Oligopeptide의 형태인 실크 프로테인이 된다.

실크 프로테인은 수용성 형태로서 모든 필수아미노산이 함유되어 있으며, 18가지의 아미노산을 함유하고 있다. 실크피브로인의 아미노산 중 glycine은 rat의 실험에서 혈청 콜레스테롤 상승을 억제하는 효과가 있으며<sup>3)</sup> alanine은 알콜 치매증을 예방하거나 치료하는 약리적 기능이 있는 등 기타 아미노산 등이 풍부하여 호르몬 및 인슐린 분비에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.<sup>4)</sup>

Lue 등<sup>5)</sup>은 rat의 실험에서 피브로인 투여로 혈당의 상승이 억제되었으며, 혈청 콜레스테롤 농도의 저하가 관찰되었다고 보고하였다.

Keiko 등<sup>6)</sup>은 6% 실크 프로테인 용액을 첨가하여 제조한 케익은 노화지연 효과가 우수하다고 보고하였다. 실크피브로인의 대부분을 차지하고 있는 glycine, alanine, serine 및 tyrosine 아미노산은 의약품 및 기능성 식품으로서의 이용에 대한 연구가 진행되고 있어 이를 이용한 새로운 연구소재의 한 분야가 될 것이다.

따라서, 본 연구에서는 최근 단백질이 풍부해 각광받고 있으며 각종 아미노산이 함유된 기능성 식품소재인 실크 프로테인(silk protein)를 절편 제조시 첨가했을 때 식미가 우수하고 영양이 풍부할 뿐만 아니라 절편의 생리 활성 효과를 확인하여 상대적으로 단백질이 부족한 흰 절편의 기능적 품질을 향상시킨 새로운 기능성 절편의 기능적 품질을 향상시킨

새로운 기능성 절편의 개발을 목적으로 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

본 실험에 사용된 절편 제조를 위한 쌀은 2002년에 생산된 경기도 이천산일반미를 사용하였으며, 실크 프로테인 분말은 강원도에서 구입한 것을 사용하였고, 소금은 정제염(한주소금, 한국)을 이용하였다.

### 2. 실크 프로테인의 이화학적 특성 시험

#### 가) 일반 성분 분석 및 PH

각 절편재료의 일반 성분으로서는 수분, 조단백질, 조지방, 조회분은 AOAC방법<sup>7)</sup>에 의해 측정된 후 백분율로 나타내었고, 전당 함량은 25% HCl로 가수분해한 수 Somogyi 변법<sup>8)</sup>으로 측정하였다. pH측정은 절편 재료 5g에 탈 이온수 5ml를 가하여 30분간 진탕하고 원심분리(5,000 rpm, 20min.)하여 얻은 상등액을 pH meter(Orion, model 520A)를 이용하여 3회 반복 측정하여 평균 값으로 나타내었다.

#### 나) 유리당 분석

유리당 분석은 시료 2g을 칭량하여 200ml의 80% ethanol로 80℃에서 6시간 환류 추출한 후 여과하였다.

이를 감압 건조시키고 초순수를 첨가하여 20ml로 정용하여 시료 추출액 0.2ml를 질소 기류하에 완전히 건조시킨 후 pyridine 1ml를 가하여 가온하면서 초음파로 완전히 녹이고 hexamethyldisilazane 0.2ml와 trimethylchlorosilane 0.1ml를 가하여 반응 시킨 후 GC에 주입하여 Table 1의 조건으로 분석하였다.

Table 1. Operating condition for analysis of free sugar by GC

Instrument	HP 5890 series II plus
Detector	FID
Column	HP-5 (30m×0.25mmID)
Injector temperature	250°C
Detector temperature	280°C
Column temperature	150°C(0min)-10/min-250(5min-20/min-280
Carrier gas	N <sub>2</sub> 1ml/min

#### 다) 아미노산 분석

각 절편재료의 총 아미노산 함량은 시험관(2cm×20cm)에 시료 0.5g을 정확히 칭량하여 6N-HCl 10 ml를 가하고 질소 가스로 충전한 뒤 15 lb, 121°C에

서 3시간 동안 가수분해시켜 Whatman filter paper No.2와 membrane filter(0.45 μM)로 여과한 다음 cartridge C<sub>18</sub>을 사용하여 지방질, 색소 등을 제거한 후 아미노산 자동분석기에 주입하여 분석하였다.

Table 2. Operating condition of amino acid autoanalyzer for analysis of amino acid

Model	Hitachi model 835
Column	2.5×150mm
Ion-exchange resin	#2619
Analysis time	70min
Buffer flow rate	0.225 ml/min
Ninhydrin flow rate	0.3 ml/min
Column pressure	80~130 kg/cm <sup>2</sup>
Buffer change steps	5 steps
Optimum sample quantity	3μmole/50μL
N <sub>2</sub> gas pressure	0.28 kg/cm <sup>2</sup>

### 3. 절편 제조

물을 가하여 상온 (20±5°C)에서 12시간 침지 시켰다. 침지가 끝난 쌀은 15분간 체에 받쳐 물끼를 제거하고 roll-mill을 이용하여 재분하였다.

쌀을 수돗물로 3회 수세한 후 쌀 중량의 2배정도

흰 절편을 제조하기 위하여 쌀가루 2kg, 물 200 ml, 소금 20g을 60mesh의 체에 3회 내려 혼합한 후 베보자기를 같은 알루미늄 껍틀에 넣은 다음 윗면을 편편하게 하고 베보자기를 덮어 3.6kg/cm<sup>2</sup>의 증기압으로 30분간 쪄다.

잘 찌진 백설기를 베보자기에서 떼어내고 기계로 잘 친 후 압출기로 압출시켜 가래떡 모양으로 말은 후 손으로 밀어 수레바퀴 모양을 찍어낸 다음 5cm×5cm×1cm의 크기로 절단하였다. 한편, 실크 프로테인 분말을 첨가한 절편을 제조하기 위해서 물과 소금의 양은 흰 절편과 동일하게 하였고, 쌀가루와 실크 프로테인 분말의 전체 중량이 2kg이 되도록 하다.

또, 예비시험을 기초로 실크 프로테인 분말이 각각 2.5%, 5%, 10%로 첨가된 시료들을 30mesh의 체에 3회 내려 혼합한 후 흰 절편과 같은 방법으로 제조하였다.

#### 4. 절편의 저장

흰 절편 및 첨가량 별 실크 프로테인 분말 함유 절편은 실온 (20±5℃)에서 30분간 방치하여 수증기를 제거한 후 플라스틱 필름으로 포장하여 실온 (20±5℃)에서 저장하면서 미생물 및 품질특성 시험을 수행하였다.

#### 5. Texture profile analysis (TPA)

실크 프로테인 첨가 절편의 저장기간에 따른 물성 특성은 TA. XT2 Texture Analyser (SMS Co. LTD., England)를 사용하였다.

측정은 2회 반복 압착 실험(two-bite compression test)으로 원통형 probe(cylindrical stainless probe, 35mm diameter)를 이용하여 pre-test speed 5mm/s, test speed 5mm/s, post-test speed 5mm/s의 조건에 의해 50%의 변형률로 압착하였다.

측정 후 얻어진 force-distance curve로부터 Bourne에 의한 방법<sup>9)</sup>에 의해 견고성 (hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 검성(gum

miness) 및 씹힘성(chewiness)의 TPA(Texture profile analysis) 특성치를 Texture expert software로 분석하였다. 모든 측정은 20℃의 온도 하에서 5회 반복 측정하였다.

#### 6. 통계 분석

모든 측정결과는 statistical analysis system (Version 5 edition)을 이용하여 ANOVA분석 후 Duncan's multiple range test로 5%에서의 유의차 검정을 하였다

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 실크 프로테인의 일반성분 및 pH

본 실험에 사용된 절편재료의 일반 성분 함량은 Table. 3과 같다.

먼저 쌀가루의 일반성분은 수분함량이 38.11%, 회분이 0.25%, 조단백질은 5.11%, 조지방은 0.52%, 전당 함량은 56.62%였다.

실크 프로테인은 수분이 6.61%로 낮았고, 단백질은 91.22%로 매우 높은 특징을 보였으며, 조지방과 조섬유는 각각 0.07%, 0.75%로 매우 낮음을 알 수 있었다.

한편, 쌀가루와 실크 프로테인의 pH는 각각 6.41과 6.23으로 비슷한 약산성을 나타냈다. 실크 프로테인의 원료가 되는 견피브로인(silkfibroin)은 100%유용한 단백질원으로써 세리신과 피브로인으로 구성되어 있으며 가수분해 시키면 유리아미노산과 oligopeptide의 형태인 실크 프로테인을 얻게 된다.<sup>10,11)</sup> 실크 프로테인은 다른 식품에서 볼 수 없는 90%이상의 고단백질원이며 또한 oligopeptide로 구성되어 있어 기능성 및 영양적인 면에서 식품에 이용가치가 높다.

따라서, 실크 프로테인을 절편에 첨가함으로써 쌀가루만으로 절편을 제조했을 때보다 단백질 이용면

에서 더욱 우수한 기능성 식품 소재로 응용 개발할 수 있음을 알 수 있다.

Table 3. Proximate composition of rice powder and silk protein

Material	Moisture (%)	Ash (%)	Crude protein(%)	Crude fat(%)	Total sugar(%)	pH
Rice powder	38.11	0.25	5.11	0.52	56.62	6.41
Silk protein	6.61	2.17	91.22	0.07	0.75	6.23

## 2. 실크 프로테인의 유리당 함량

당은 식물의 감미에는 관여하고 maillard 반응에 의한 비 효소적 갈변이나 가열시의 풍미 생성에도 관여하는 식품학적 견지에서 중요한 성분 중의 하나<sup>12)</sup> Table 4는 절편재료의 유리당 함량의 조성을 나타낸 것이다. 각 재료의 총 유리당 함량을 보면 쌀가루는 약 0.89% 였으나 실크 프로테인은 약 0.02%로 유리당 함량에서는 실크 프로테인이 매우 낮음을

알 수 있었다. 먼저 쌀가루의 유리당 조성은 glucose 함량이 약 0.45%로 가장 많은 함량을 차지했으며 다음으로 lactose, raffinose, sucrose, maltose, fructose 순 이었고, 이러한 조성은 심의<sup>13)</sup>연구와 거의 일치하는 결과를 보였다. 한편, 실크 프로테인은 fructose가 0.009%로 가장 높은 함량을 나타냈으며 다음으로 maltose, glucose, sucrose 순이었으나 대체로 매우 낮은 유리당을 함유한 것으로 나타났다.

Table 4. Free sugar contents in rice powder and silk protein (Unit : %)

Material	Sucrose	Maltose	Glucose	Fructose	Lactose	Raffinose
Rice powder	0.051	0.042	0.453	trace	0.218	0.124
Silk protein	0.002	0.005	0.003	0.009	trace	trace

## 3. 실크 프로테인의 아미노산 조성

Table. 5는 절편재료의 총 아미노산 함량의 조성을 나타낸 것이다.

각 재료의 총 아미노산 함량을 보면 쌀가루는 4.28%이나 실크 프로테인의 경우 약 52.21%로 쌀가루보다 훨씬 높은 수치를 나타내었다.

쌀가루의 총 아미노산 조성은 glutamic acid 함량이 0.85%로 가장 높았으며 그 다음으로 aspartic acid, proline, arginine 순 이었다.

실크 프로테인의 총 아미노산은 52.21%로 쌀가루의 총 아미노산보다 13배로 대체로 매우 높은 함량 이었고, 아미노산 조성은 glycine이 18.55%로 가장 높았고 다음으로 alanine, serine 및 tyrosine 순으

로 이들 총 함량은 전체 아미노산 함량의 89%로 높은 비율을 차지하였고, 이는 Nahm등<sup>14)</sup>과 정이<sup>15)</sup> 보고한 아미노산조성과 유사한 결과를 나타내었다. 특히 곡류의 제한 아미노산인 lysine이 0.33%로 높게 함유되어 있어 곡류가공 조리제품에 이의 첨가는 부족한 lysine 함량의 보충에도 큰 효과가 있을 것으로 사료된다.

실크 프로테인에 다량 함유한 glycine은 혈청 콜레스테롤 상승 억제효과(3,5)가 있고, alanine은 알콜대사를 촉진시켜 숙취 및 알콜에 의한 간장해를 예방하고, tyrosine은 치매를 예방하는 등 식품으로서 긍정적인 효과를 가지고 있을 뿐만 아니라 이를 이용한 의약품 및 기능성 소재로 최근 각광받고 있다.<sup>16)</sup>

실크 프로테인을 절편에 첨가함으로써 비교적 단

백질 함량이 부족한 쌀가루의 단백질 강화와 다양한 한 기능성 식품소재로서 이용가치가 매우 높을 것으로 사료된다. 아미노산 보충 등 영양 및 생리적 활성 효과가 탁월

Table 5. Total amino acid composition of rice powder and silk protein

Amino acids	Rice powder (%)	Silk protein (%)
Aspartic acid	0.39	0.71
Threonine	0.18	0.55
Serine	0.26	7.16
Glutamic acid	0.85	0.87
Proline	0.37	0.26
Glycine	0.21	18.55
Alanine	0.26	15.73
Cystine	0.06	0.09
Valine	0.28	1.23
Methionine	0.07	0.86
Isoleucine	0.18	0.37
Leucine	0.23	0.26
Tyrosine	0.08	4.06
Phenylalanine	0.28	0.43
Histidine	0.09	0.46
Lysine	0.15	0.33
Arginine	0.34	0.29
Total	4.28	52.21

#### 4. 관능적 품질특성

실크 단백질 첨가수준에 따른 절편의 관능적 품질변화는 Table. 6와 같다.

색(color)의 경우 무첨가구 및 1% 첨가구가 유의적으로 높게 나타나 관능적 외관이 우수한 것으로 나타났다.( $p < 0.05$ )

반면, 3% 및 5% 첨가구는 관능평가 점수가 낮았는데, 기계적 색도 측정의 결과에서처럼 3% 이상 첨가시 황색이 증가하여 절편의 관능적 요인을 저하시키는 것으로 나타났다.

향미(flavor)는 1% 첨가구를 가장 선호하는 것으로 나타났으며, 실크 단백질을 5% 이상 첨가 시에는 절편의 향기 특성을 저하시킬 수 있는 것으로 사

료되었다.

맛(taste), 부드러운 정도(softness) 및 점착성(adhesiveness) 항목에서 각 시험구간의 유의적 차이를 관찰할 수 없었는데, 실크 단백질 첨가가 절편의 맛과 저작시 느껴지는 식감에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

종합적 기호도의 경우 무첨가구 및 1~3% 첨가구를 전체적으로 선호하였으며, 5%이상의 실크 단백질 첨가 시에는 절편의 관능적 품질에 부적합할 것으로 판단되었다. 김에<sup>17)</sup> 의하면 실크 단백질을 첨가하여 제조한 빵은 관능적으로 선호되었을 뿐만 아니라 여러 가지 생리활성 효과를 갖고 있기 때문에 제빵 산업에 유용할 것으로 전망된다고 보고한 바 있다.

이상의 결과를 살펴볼 때, 1~3% 수준의 실크 프로테인을 첨가하여 절편을 제조할 때 관능적 품질 및 영양적으로 기능성 향상시킨 절편을 제조할 수 있을 것으로 사료되었다.

Table 6. Sensory evaluation of Jeolpyon with different levels of silk protein

Sensory parameter	Sample <sup>1)</sup>			
	0%	1%	3%	5%
Color	3.42	3.75	2.75	1.92
Flavor	3.08	3.82	3.00	2.92
Taste	3.92	3.83	3.17	3.00
Softness	4.00	3.75	3.17	3.09
Adhesiveness	3.83	3.42	3.67	3.00
Overall acceptance	3.37	3.68	3.08	2.75

<sup>1)</sup> Jeolpyon was prepared with 0,1,3 and 5% silk protein.

<sup>a-b)</sup> Means with same letter in rows are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

#### IV. 요약

1. 일반 성분에서 쌀가루는 수분함량이 38.11%, 회분이 0.25%, 조단백질은 5.11%, 조지방은 0.52%, 전당함량은 56.62% 였고, 실크 프로테인은 수분이 6.61%, 단백질은 91.22%로 매우 높은 함량을 보였고, 조지방과 조섬유는 각각 0.07%, 0.75%였다.

pH는 쌀가루와 실크 프로테인이 각각 6.41과 6.23으로 비슷한 약산성을 나타냈다.

2. 총 유리당 함량을 보면 쌀가루는 약 0.89%였으나 실크 프로테인은 약 0.02%로 실크 프로테인이 매우 낮음을 알 수 있었고, 총 아미노산 함량에서는 쌀가루는 4.28%이나 실크 프로테인의 경우 약 52.21%로 쌀가루보다 13배나 높은 함량을 나타내었다.

쌀가루의 아미노산 조성은 glutamic acid 함량이 0.85%로 가장 높았으며 그 다음으로 aspartic acid, proline, arginine 순 이었나, 실크 프로테인은 glycine이 18.55%로 가장 높았고 다음으로 alanine, serine 및 tyrosine 순 이었으며, 특히 곡류의 제한 아미노산인 lysine이 0.33%로 높게 함유되어 있어

곡류가공 조리제품에 이의 첨가는 부족한 lysine 함량의 보충에도 큰 효과가 있을 것으로 사료된다.

3. 실크 프로테인 첨가수준에 따른 절편의 관능적 품질변화에서 선택(color)은 무첨가구 및 1% 첨가구를 가장 선호하는 것으로 나타났으며, 맛(taste), 부드러운 정도(softness) 및 점착성(adhesiveness) 항목에서는 각 시험구간의 유의적 차이가 없었고, 종합적 기호도(overall acceptance)는 무첨가구 및 1~3% 첨가구를 선호하는 것으로 나타났다.

이상의 결과로 볼 때 실크 프로테인은 90% 이상의 단백질을 함유하고 또한 대부분이 oligopeptide로 구성되어 있어 곡류가공품 제조 시 부 원료로 이용하면 영양적인 측면에서 곡류의 부족 영양소인 양질의 단백질 공급원으로서 뿐만 아니라 생리기능성을 향상시켜주는 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 특히 절편 제조 시 첨가하였을 때 맛이 우수하고 영양이 풍부할 뿐만 아니라 상대적으로 단백질이 부족한 흰 절편의 기능적 품질을 향상시킨 새로운 기능성 절편을 제조할 수 있어 부 재료로서의 가치가 매우 높은 것으로 사료되었다.

■ 투고일 : 2004년 1월 30일

참고문헌

1. Hirabayashi, K., Chen K., Akiyama, D. & Ayub, Z.(1993). The second international silk conference. The collection of papers, Beijing, p. 224-232.(1993)
2. Chen, K., Umeda, Y. & Hirabayashi, K. (1995). Enzymatic hydrolysis of silk fibroin. J. Seric. Sci. Japan., 65, 131-133.
3. Suhayama, K., Kushima, Y. and Muramatsu, K. (1985). Effect of sulfur containing amino acids and glycine on plasma cholesterol level in rats fed on a high cholesterol diet. Agric. Biol. Chem., 49, 3455-3461.
4. Chen, K., Takano, R. & Hirabayashi, K.(1991). Production of soluble fibroin powder by hydrolysis with hydrochloric acid and physical properties. J.Seric. Sci. Japan., 60, 358-362.
5. Luo, J., Chen, K., Xu, Q. & Hirabayashi, K. (1993). Study on foodization of fibroin and its functionality. The second international silk conference, The collection of papers, Beijing, p.73-87.
6. Keiko, F., Sadayuki, T. & Rumiko, K. (2000). Preparation and properties of novel sponge cake by combining rice flour with silk fibroin protein. J. Soc. Food Sci. and Technol. Japan, 47, 363-367.
7. AOAC : Official methods of analysis, 15th., Association of official analytical chemists. Washington D.C. (1990).
8. Kobayashi, T. & Tabuchi, T.(1954). A method employing a tribasic sodium phosphate buffered reagent for estimating semimicro quantities of reducing sugars. J. Agr. Chem. Soc. Japan, 28, 171-175.
9. Bourne, M.C.(1978). Texture profile analysis. J. Food Technol., 32, 62-67.
10. Kim, K., Lee, Y.H., & Parl, Y.K.(1995). Effect of steeping time of waxy rice on the firming rate of waxy rice cake. Korean J. Food Sci. Technol. 27, 264-265.
11. Kaili, C., Yuji, U. & Kiyoshi, H. (1995) Enzymatic hydrolysis of silk fibroin. J. Seric. Sci. Japan, 65, 131-133.
12. 신효선(1985). 식품분석 (이론과 실험), 신광출판사, p 87.
13. 심영자(1990). 축첨가량에 따른 축설기와 축절편의 영양성분 및 texture에 관한 연구, 숙명여자대학교 박사학위 논문.
14. Nahm, J.H. and Oh, Y.S. : Study of pharmacological effect of silk fibroin. RDA J. Agr. Sci., 37, 145-157 (1995).
15. 정병희(1999). 실크 피브로인에 의한 실험동물의 혈당강하 효능에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문.
16. 順田都三, 文豊, 堀田正晴(1987). Pharma. Media. 75-80.
17. Jeong, J.Y., Lim, D.S., & Kim, W.K. (1995). Induction and partial purification of antibacterial proteins in larval haemolymph of silkworm, Bombyx mori. Korean J. Entomol., 25, 109-116.