

아세틸화와 숙시닐화한 번데기濃縮蛋白質의 機能性

박 정 룡·박 금 순

영남대학교 식품영양학과

Functional Properties of Acetylated and Succinylated Silkworm Larvae Protein Concentrates

Jyung Rewng Park, and Geum Soon Park

Dept. of Food and Nutrition, Yeungnam University

Abstract

Eighty eight percent of succinylation at ϵ -amino group of lysine was obtained from silkworm larvae protein concentrate and it resulted in increased bulk density and fat absorption, improved flavor and color, increased solubility over fivefold. Both emulsifying activity and emulsion stability of the succinylated protein were improved by 30% and emulsifying capacity was enhanced by 40%.

Foaming capacity of the succinylated protein concentrate was improved by 30% and foaming stability improved fivefold. The viscosity of succinylated silkworm larvae protein concentrate was increased at all concentrations and reached the highest at 4~5% of concentrations. Acetylation of silkworm larvae protein concentrate caused negligible change in the functional properties studied.

Therefore, high emulsification properties of silkworm larvae protein concentrate would be a good protein source for the emulsified foods.

序 論

蛋白質의 機能적 性質은 食品을 加工貯藏, 調理 및 消費하는 過程에서 食品蛋白質의 作用에 影響을 미치는 物理的 特性을 말하며, 溶解性, 水分吸收性, 乳化性, 泡沫性, 粘度등을 포함하고 있다. 이러한 機能적 特性은 食品의 風味, 냄새, 색상, 믹스처등의 官能性 과 食品의 質을 決定하는데 중요한 要因이 된다. 食品

蛋白質의 機能적 特性에 관한 연구는 大豆蛋白質을 비롯하여 菜種粕과 肉類, 生鮮 및 微生物에 까지 다양하게 하여지고 있으며^{1~4)}, Hamonds 는⁵⁾ 년간 使用되는 蛋白質量 31억 파운드 중 25억 파운드는 비교적 우수한 機能性을 가졌으며, 6억 파운드는 機能性이 좋지 못한 蛋白質이라고 보고하고 있다. 그중 낮은 機能性을 향상시키는 방법으로는 酵素處理에 의한 蛋白質 加水分解, 酸과 알칼리에 의한 加水分解, 化學物質에 의한 변형방법등이 행하여 지고 있다. 그러나 과잉의 알칼

리加水分解物은 lysinoalanine 과 같은 毒性化合物을 형성하며, 酸加水分解物은 중화단계에서 쓴맛을 내게 되고, 酸素에 의한 蛋白質加水分解物은 소수성 펩타이드의 형성으로 쓴맛을 내게 되는 각각의 制限性 때문에 실제 食品에의 이용에는 化學物質에 의한 변형에 관한 연구들이 많이 행하여 지고 있다⁶⁻⁸⁾. Groninger 와 Miller⁹⁾는 숙시닐화한 生鮮蛋白質은 乳化性의 증가를 나타내었고, Melnychyn 과 Stapley¹⁰⁾는 化學物質에 의한 변형에 의하여 pH 4.0과 6.0 酸性영역에서 蛋白質의 용해도 및 泡沫性을 향상시키 酸性蛋白質飲料를 개발할 수 있었다고 보고했다. 이에 본 연구에서는 번데기濃縮蛋白質의 機能性을 향상시킬 목적으로 무수 초산과 호박산으로 아세틸화 및 숙시닐화시킨 각 번데기濃縮蛋白質의 機能性을 비교 검토하였다.

材料 및 方法

1. 材料

시중에서 구입한 번데기를 건조기에서 40°C로 48시간 乾燥시켜 脂肪抽出이 용이하도록 粉碎하여 Soxhlet 장치를 이용하여 ether로 脫脂시킨 후, 실온에서 48시간 風乾해서 Wiley mill로 60mesh를 通過하도록 분쇄하여 本實驗의 蛋白質源으로 使用하였다.

2. 濃縮蛋白質의 調製

濃縮蛋白質은 Nath 와 Narasinga¹¹⁾의 方法으로 행하였다. 1N NaOH 용액으로 大豆는 pH 10.0, 번데기는 pH 12.0에서 30분간 교반하면서 蛋白質을 추출하여 4500rpm에서 20분간 원심분리하였다. 上澄液에 大豆는 pH 4.5, 번데기는 pH 5.0으로 조정하여 원심분리하고 생성된 침전물을 모아 pH 7.0으로 조정된 다음 -50°C에서 48시간 凍結乾燥시켜 사용하였다.

3. 濃縮蛋白質의 아실화 및 아실화를 測定

번데기濃縮蛋白質은 Franzen 과 Kinsella^{12,13)}의 方法으로 아실화 하였다. 먼저 숙시닐화반응은 蛋白質 2g에 0.2M 인산염 완충액(pH 7.5) 200ml를 가한 현탁액에 숙신산 무수물 2.5g을 溫度 24±0.5°C에서 2시간 동안 교반하면서 添加하였으며, 이 반응중 pH는 3N NaOH로 pH 7.5를 유지하였다. 이 反應溶液은 4°C에서 24시간 증류수로서 투석하고 숙시닐화된 蛋白質은 凍結乾燥하여 回收하였다.

아세틸화反應은 아세트산 나트륨 55g을 증류수 120ml에 녹인 용액에 蛋白質 2g을 가하고, 여기에 아세트산 무수물 3ml를 溫度 24±0.5°C에서 90분간 교반하면서 添加하였다. 반응중 pH는 7.5로 유지하였으며 반응후 4°C에서 24시간 투석하여 아세틸화된 蛋白質

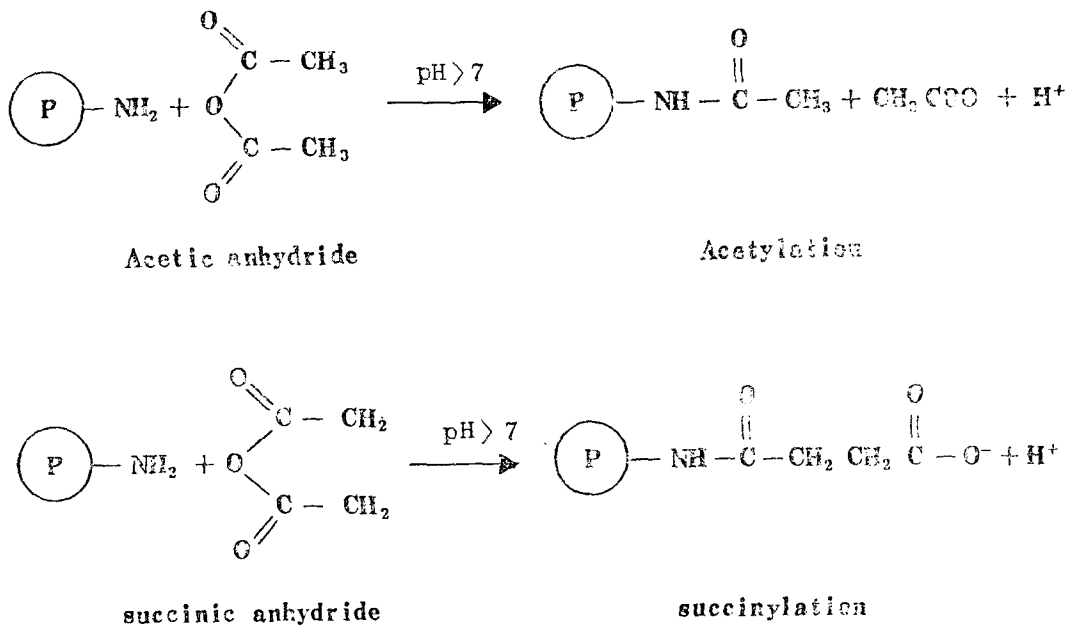


Fig. 1. Major changes on protein molecules by acetic anhydride and succinic anhydride.

質을 凍結乾燥하여 회수하였다. 아실화 과정은 Fig. 1에 나타난 바와 같다.

번데기濃縮蛋白質의 아실화율은 1% 蛋白質용액 1ml에 다투리딘 용액 1ml를 넣어서 100°C에서 5분간 가열한 다음 실온으로 冷却하여 75% 에탄올을 넣어 총량을 5ml로 만들어 570nm에서 吸光度를 측정하였다. 아실화율은 아실화蛋白質과 아실화가 되지 않은 蛋白質과의 吸光度차로 부터 계산하였다.

4. 機能性

1) 溶解度

溶解度は Dench¹⁴⁾의 方法에 따라 각 試料 0.5g에 0.1N HCl과 0.1N NaOH를 사용하여 pH를 단계적(2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0)으로 조정해서 최종용량이 40ml가 되게 한 후 실온에서 30분간 교반하면서 다시 pH를 조정한 다음 4500rpm에서 15분간 遠心分離해서 上澄液 10ml를 취하여 micro-Kjeldahl法으로 질소를 定量하여 용해도를 계산하였다.

2) 겔보기 밀도, 水分吸收力 및 脂肪吸收力

겔보기 밀도는 Rahama와 Narasinga¹⁵⁾의 方法에 의해서 무게가 測定된 12ml 원심분리관에 시료를 넣으면서 계속 가볍게 두드려 부피가 일정하게 되었을때 중단하여 다음식에 의하여 계산하였다.

$$\text{겔보기 밀도} = \frac{\text{시료의 무게 (g)}}{\text{시료의 부피 (ml)}}$$

水分吸收력과 脂肪吸收력은 Wang과 Kinsella¹⁶⁾의 方法으로 행하였다. 시료 1g에 水分吸收력은 증류수 10ml, 脂肪吸收력은 옥수수 기름 10ml를 각각 添加해서 초음파 파쇄기로 1분간 파쇄 시킨 후 자석교반기로 30분간 교반한 다음 3700rpm에서 15분간 遠心分離하였다. 분리된 액은 10ml 실린더로 그 양을 측정하여 吸收된 水分과 기름의 量으로 나타내었다.

3) 乳化性

乳化活性和 乳化安定성은 Knuckles와 Kohler¹⁷⁾의 方法에 의하여 乳化活性和은 시료 2.5g에 증류수 50ml를 넣어 15분 동안 교반한 후 옥수수 기름 50ml를 添加하여 3분간 Waring blender로 균일 혼합하였다. 이 혼합액을 3700rpm에서 5분 동안 遠心分離하여 다음의 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{乳化活性(\%)} = \frac{\text{乳化된 층의 높이 (ml)}}{\text{시험관내 총 內溶物의 높이 (ml)}} \times 100$$

乳化安定성은 乳化液을 80°C에서 물중탕으로 30분간 加熱한 후 15°C로 냉각한 다음 遠心分離하여 乳化活性和 같은 方法으로 계산하였다.

乳化容量은 시료 1g에 증류수 50ml를 添加하여 교반하면서 옥수수 기름 50ml를 넣어 Waring blender로 1분간 균일 혼합한 후 뷰렛으로 기름을 1ml/sec의 속도로 添加하면서 균일 혼합의 저항이 생길 때 정지하여 乳化된 기름의 量으로 나타내었다.

4) 泡沬性

泡沬性和 泡沬安定성은 Sathe 등¹⁸⁾의 方法에 의해서 시료 2g을 증류수 100ml에 添加하여 분산시키고, 이 混合物를 실온에서 Waring blender로 고속에서 5분간 포팅한 후 500ml 실린더에 옮겨 전체량을 記錄하고, 經時的으로 각각 거품의 量을 계산하여 測定하였고 같은 농도의 달걀알부민(Sigma, Co.)을 比較蛋白質로 사용하였다.

$$\text{比體積} = \frac{\text{포팅 후의 부피 (ml)}}{\text{포팅 후의 무게 (g)}}$$

$$\text{泡沬性(\%)} = \frac{\text{포팅 후의 부피 (ml)} - \text{포팅 전의 부피 (ml)}}{\text{포팅 전의 부피 (ml)}} \times 100$$

5) 粘度

粘度 測定은 Fleming 등¹⁹⁾의 方法으로 행하였다. 시료를 각 농도별로 실온에서 30분간 교반한 후 No. 1 spindle을 사용해서 50rpm에서 Brookfield viscometer (Model RVF-100)로 測定하였다.

5. 統計處理

統計處理은 完全任意配置法에 의하여 處理에 대한 分散分析을 하였고 각 處理間의 有意性은 Duncan의 多重檢定法²⁰⁾으로 하였다.

結果 및 考察

1. 번데기濃縮蛋白質의 아실화율

번데기濃縮蛋白質의 숙신산 무수물 및 아세트산 무수물에 의한 아실화율은 Table 1과 같다. 즉 번데기濃縮蛋白質 2g을 숙신산 무수물 2.5g과 반응시켰을 때, 유효 아미노기의 숙시닐화율은 88.0%로서 가장 높았다. Franzen 등^{12, 19)}에 의하면 이때 숙시닐화되는 아미노기는 주로 리신의 ε-아미노기라고 한다. 또 번데기濃縮蛋白質 2g을 아세트산 무수물 3ml로서 아세틸화하였을 때 유효 아미노기의 아세틸화율은 82.0%로 가

Table 1. Extent of acylation as a function of the acylating agent-silkworm larvae protein concentrate ratio.

Succinic anhydride: protein, g/g	Extent of succinylation %
1 : 2	61
2 : 2	80
2.5 : 2	88
Acetic anhydride: protein, ml/g	Extent of acetylation %
1 : 2	46
2 : 2	70
3 : 2	82

장 높게 나타났다. 또한 번데기濃縮蛋白質은 짙은갈색으로 번데기 특유의 냄새를 지니고 있었으나 아실화되는 과정에서 상아빛의 밝고 부드러운蛋白質을 얻을수 있었으며 냄새도 완전히 제거되었다.

2. 機能性

1) 窒素溶解度

Dench¹⁴⁾의 방법으로 행한 窒素溶解度の 측정 결과는 Fig. 2. 와 같다. 脫脂번데기粉과 번데기濃縮蛋白質은 pH 5.0에서 용해도가 최소였으나 아세틸화 및 숙시닐화한 번데기濃縮蛋白質은 pH 4.5에서 최소의 용해도를 나타내었으며, 아세틸화번데기濃縮蛋白質은 pH 4.5이하 酸性영역에서 재용해되었으나 숙시닐화번데기濃縮蛋白質은 거의 재용해되지 않았다.

이와같은 현상은 단백질이 숙시닐화에 의해서 $-NH_3^+$ 基의 除去에 의한 親水性 양이온기의 감소때문이라고 사료된다^{21,22)}. 또한 알칼리 pH에서는 아세틸화 및 숙시닐화한 번데기濃縮蛋白質보다 溶解도가 높아져서 pH 7~8사이 급격히 증가하였으며 특히 알칼리 pH에서 숙시닐화한 경우는 약 4~5배의 증가 현상을 보였다.

이와같이 숙시닐화가 아세틸화보다 용해도가 더 큰 것은 아미노양이온기($-NH_3^+$)가 아세틸화에 의해서는 중성의 아세틸기($-C(=O)CH_3$)로 치환되지만 숙시닐화는 succinate 음이온($-CH_2 \cdot CH_2 \cdot COO^-$)으로 치환되

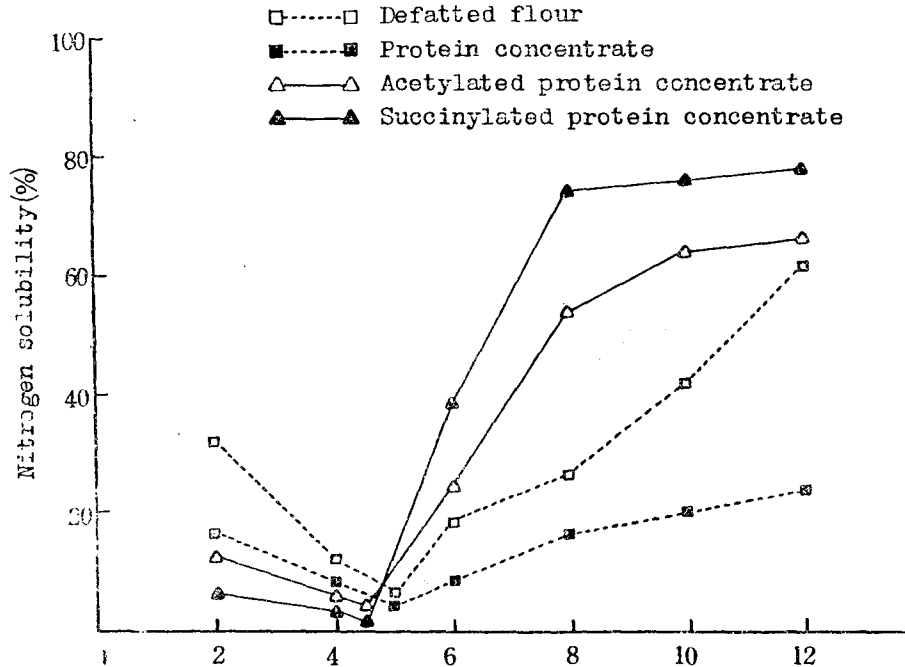


Fig. 2. Effect of pH on the nitrogen solubility of unmodified and modified silkworm larvae protein concentrates.

Table 2. Some functional properties of unmodified and modified silkworm larvae protein concentrates

products	Properties		
	Bulk density g/ml	Water absorption ml H ₂ O/g	Fat absorption ml oil/g
Protein concentrate	0.559 ^a	3.11 ^a	2.86 ^x
Acetylated protein concentrate	0.562 ^a	3.45 ^a	3.35 ^y
Succinylated protein concentrate	0.698 ^b	4.19 ^p	4.87 ^z

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 0.01 level of probability.

어음전기가 많이 분포됨으로 그들 상호간의 靜電氣의 反撥로 인해 polypeptide가 unfolding 되어 溶解度가 增加된다고 사료된다.

2. 겔보기밀도, 水分 및 脂肪吸收力

濃縮번데기蛋白質과 아실화한蛋白質의 겔보기 밀도와 水分 및 脂肪吸收力은 Table 2와 같다. 먼저 겔보기 밀도에서는 번데기濃縮蛋白質과 아세틸화한 번데기濃縮蛋白質은 유의성이 인정되지 않았으나 숙시닐화한 번데기濃縮蛋白質은 0.698g/ml로서 고도의 유의성을 나타내었다.

水分吸收力은 번데기濃縮蛋白質(3.11ml/g)이 아세틸화 및 숙시닐화에 의하여 각각 3.45ml/g과 4.19ml/g으로 증가되었을 뿐 아니라 특히 숙시닐화한 경우는 고도의 유의성을 나타내었다.

한편 脂肪吸收力은 번데기濃縮蛋白質이 2.86ml/g으로서 朴登²³⁾이 보고한 大豆濃縮蛋白質(1.43ml/g)보다 2배가량 높게 나타났다. 이는 번데기濃縮蛋白質이 脂肪族아미노산의 함량이 많아 여러개의 non-polar side chain이 지방의 hydrocarbon chain에 결합되어 나타난 것이라고 사료된다. 또한 번데기濃縮蛋白質은 아세틸화 및 숙시닐화에 의해서 각각 3.35ml/g와 4.87ml/g로 脂肪吸收力이 현저하게 증가되었으며 특히 숙시닐

화한蛋白質은 번데기濃縮蛋白質보다 1.8배 정도 증가되어 고도의 유의성을 나타내었다. 이와같은 현상은 成²⁴⁾의 보고에서 처럼 숙시닐화에 의하여 단백질 분자들이 unfolding되면서 소수성기들이 노출되어 기름과의 내면막을 형성하기 위한 표면적이 많아졌기 때문으로 추정된다.

3. 乳化性

Table 3은 아실화한 번데기濃縮蛋白質의 乳化성을 나타내었다.

아세틸화한蛋白質은 번데기濃縮蛋白質보다 乳化活性(67.5%), 乳化安定性(68.8%), 및 乳化容量(324ml/g)이 약간 증가하였으나 유의성은 인정되지 않았고, 숙시닐화한蛋白質은 乳化活性(88.3%), 乳化安定性(85.2%), 및 乳化容量(420ml/g)이 번데기濃縮蛋白質보다 약 1.3~1.4배 증가하여 고도의 유의성이 인정되었다. 이는 Eisele과 Brekke²⁵⁾가 보고한 숙시닐화한 소심장蛋白質의 乳化活性(51.3%) 및 乳化安定性(76.1%)보다 훨씬 높았으며, 숙시닐화한 alfalfa 乳蛋白質(72.4%)과 生鮮濃縮蛋白質(82.9%)보다도 더 높게 나타났다. 이와같은 현상은 Groninger²⁵⁾의 보고에서 처럼 아실화한蛋白質의 乳化性은 아실화된 아미노기의 比率과 直接的인 관계가 있다고 하였는바 본 실험의 결과에서도

Table 3. Emulsifying properties of unmodified and modified silkworm larvae protein concentrates

Products	Emulsification properties		
	Activity (%)	Stability (%)	Capacity (ml oil/g)
Protein concentrate	62.8 ^a	65.8 ^a	307 ^x
Acetylated protein concentrate	67.5 ^a	68.8 ^a	324 ^y
Succinylated protein concentrate	88.3 ^b	85.2 ^p	420 ^y

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 0.01 level of probability.

Table 4. Foaming capacity of unmodified and modified silkworm larvae protein concentrates¹⁾

Products	Wt. after whipping (g)	Vol. after whipping (ml)	Vol. increase (%)	Specific Vol. (ml/g)	vol. (ml) at room temp. after time (hr)							
					0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	8.0	36.0
Egg albumin	96.68	142	42 ^a	1.47	140	135	130	125	125	120	115	105
Protein concentrate	96.54	154	54 ^a	1.60	120	115	105	100	100	100	100	100
Acetylated protein concentrate	96.62	160	60 ^a	1.66	130	125	120	115	110	105	100	100
Succinylated protein concentrate	98.34	185	85 ^b	1.88	155	140	125	120	115	110	105	100

¹⁾ The properties were determined on 2% (w/v) aqueous suspension.

Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level of probability.

아실화율의 증가에 기인되었다고 사료된다. 또한 筒井 등^{26,27)}이 보고한 숙시닐화 및 아세틸화시킨 卵黃脂蛋白質이 構造的 변화가 比較的 큰 숙시닐화과 結合해서 乳化性이 增加되었다고 한것과 같은 경향을 나타내었다.

4. 泡沫性

Egg albumin 을 比較蛋白質로한 번데기濃縮蛋白質의 泡沫性에 관한 결과는 Table 4와 같다. 번데기濃縮蛋白質은 54%로서 egg albumin의 42% 보다 높았으나 유의성은 인정되지 않았으며, 아세틸화한 蛋白質도 60%로 약간 증가한 경향을 보여주었으나 역시 유의성은 나타나지 않았다. 반면에 숙시닐화한 蛋白質은 85%로서 번데기濃縮蛋白質보다 약 1.7배 증가하여 고도의 유의성을 나타내었다. 역시 비체적도 숙시닐화한 蛋白質이 1.88ml/g으로 가장 높아 泡沫性과 동일한 경향을 보여 주었다.

泡沫安定성은 아세틸화는 3시간, 숙시닐화는 8시간 만에 거품이 거의 소멸되어 번데기濃縮蛋白質의 1.5시간보다는 安定性이 매우 좋았다. 이와같이 숙시닐화한

번데기濃縮蛋白質의 泡沫性 및 泡沫安定性이 향상된 것은 숙시닐화한 해바라기蛋白質과 生鮮蛋白質^{25,28)}에서 처럼 번데기濃縮蛋白質이 숙시닐화되면서 水分吸收力을 증가시켰기 때문으로 추정된다. 이상과같이 숙시닐화에 의하여 泡沫性과 泡沫安定性이 현저히 향상된 번데기濃縮蛋白質을 泡沫性을 이용하는 식품제조에 사용이 가능할 것으로 사료된다.

5) 粘度

Table 5는 아세틸화 및 숙시닐화한 번데기濃縮蛋白質의 粘度를 나타낸 것이다. 아세틸화한 번데기濃縮蛋白質의 粘度는 번데기濃縮蛋白質보다 粘度가 약간 증가하는 경향이었으나 숙시닐화한 蛋白質은 粘度가 훨씬 높았다. 또한 번데기濃縮蛋白質은 5~7%에서 최대의 증가를 나타내는데 비해 아실화한 蛋白質에서는 4~5%에서 最大의 증가를 보였다. 숙시닐화한 번데기濃縮蛋白質의 粘度는 동일 농도에서 측정된 숙시닐화한 peanut flour²⁹⁾보다 훨씬 높았으며, 1~2%에서 최대의 증가를 보여 본실험의 경우와는 다르게 나타났다. 그러나 筒井 등^{26,27)}의 아세틸화 및 숙시닐화한 卵黃脂蛋白質의 점도는 각각 1.2배와 2.4배의 증가를 나타내

Table 5. Viscosity of unmodified and modified silkworm larvae protein concentrates.

Products	Apparent viscosity (cps) ^a						
	Concentrations, % (w/v)						
	1	2	3	4	5	7	10
Protein concentrate	1.60	2.58	4.10	6.34	11.80	24.48	24.83
Acetylated protein concentrate	1.72	3.66	4.90	8.82	20.32	28.14	30.04
Succinylated protein concentrate	2.18	4.39	6.34	12.94	27.62	31.10	32.98

^aViscosity was determined by Brookfield viscometer at 20°C.

있으며 특히 숙시닐화한 蛋白質의 粘度가 현저히 향상되어 본 實驗에서와 같은 경향을 나타내었다. 이와같은 현상은 숙시닐화로 인한 음이온의 도입으로 반발력이 생겨 단백질 분자의 unfolding 및 팽창에 기인한 것으로 추정된다.

이상의 결과로 보아 번데기濃縮蛋白質의 아세틸화와 숙시닐화에 의해 機能性이 증가되었으며, 특히 숙시닐화한 경우는 機能性 中 窒素溶解度, 脂肪吸收力, 乳化性과 泡沫性을 현저히 증가시켜 蛋白質자원으로서의 이용 가능성이 기대된다.

要 約

번데기濃縮蛋白質을 무수초산 및 호박산으로 숙시닐화 및 아세틸화시켜, 食品蛋白質源으로 利用가능성을 검토하기 위해 몇가지 중요한 機能性을 測定하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 번데기濃縮蛋白質의 아세틸화율은 82.0%, 숙시닐화율은 88.0%였으며, 아실화되는 과정에서 번데기濃縮蛋白質은 밝은 상아빛으로 부드러웠으며, 특유한 냄새도 제거되었다.

2. 번데기濃縮蛋白質은 pH 5.0에서 최소의 溶解度를 나타내었으나 아세틸화 및 숙시닐화한 蛋白質은 pH 4.5에서 최소를 나타내었으며, 아실화에 의하여 溶解度가 증가 되었고 특히 숙시닐화는 약 5배의 증가를 보였다.

3. 번데기濃縮蛋白質의 겉보기 밀도와 水分吸收力은 아세틸화에 의해서 약간의 증가는 있었으나 유의성은 인정되지 않았고 숙시닐화한 번데기濃縮蛋白質에서는 고도의 유의성을 나타내었다. 또한 脂肪吸收力은 아세틸화와 숙시닐화에 의해서 높은 증가를 나타내었다.

4. 번데기濃縮蛋白質의 乳化活性, 乳化安定性, 乳化容量은 아세틸화한 蛋白質에서는 유의성이 인정되지 않았으나 숙시닐화한 蛋白質은 높은 유의성을 나타내었다.

5. 번데기濃縮蛋白質의 泡沫性은 숙시닐화한 蛋白質에서 30%의 증가 현상을 나타내었으며 泡沫安定性은 아세틸화 및 숙시닐화에 의해서 3時間, 8時間으로 향상되었다.

6. 각 농도별 粘度는 아세틸화한 蛋白質에서는 별 영향이 없었으나 숙시닐화는 粘度가 많이 증가되었으며 4~5%에서 증가 현상이 가장크게 나타났다.

參 考 文 獻

1. Betschart A.A. and R.M: Saunders, Safflower protein. isolates. Influence of recovery conditions upon composition, yield and protein quality., J. Food Sci., 43 964(1978).
2. Eisele, T.A. and C.J.: Brekke, Chemical modification and functional properties of acylated beef hear myofibrillar proteins. J. Food Sci., 46, 1095(1981).
3. Groninger, H. S.: Preparation and properties of succinylated fish myofibrillar protein., J. Agr. Food Chem., 21(6), 978(1973).
4. Schachtel, A.P.: Effects of preparative processes on the composition and functional properties of protein preparations from *Candida utilis.*, J. Food Sci., 46, 377(1981).
5. Hammonds, T.D.: Utilization of protein ingredients in the U.S. Food Industry., Cornell University, Ithaca, N.Y., (1970).
6. Provensal, M.P., J.L. Cug, and J.C. Cheftel: Chemical and nutritional modifications of sunflower proteins due to alkaline processing, formation of amino acid cross-links and isomerization of lysine residues., J. Agric. Food Chem., 23, 938(1975).
7. Tannenbaum, S.R., R.P. Bates, and L. Brodfeld: Solubilization of fish protein concentrate. 2. Utilization of the alkaline process product., Food Technol. 24, 604(1970).
8. Cheftel, J.C., M., Ahern, D.C. Wang, and S.R. Tannenbaum: Enzymatic solubilization of fish protein concentrate: Batch studies applicable to continuous enzyme recycling processes. J. Agric. Food Chem., 19, 155(1971).
9. Groninger, H. and R.: Miller, Preparation and aeration properties of an enzyme-modified succinylated and succinylated fish protein., J. Food Sci., 40, 327 (1975).
10. Melnychyn, P. and R.: Stapley, Acylated protein for coffee whitener formulations, U.S. Patent 3764711. Oct. 9. (1973).
11. Nath, J.P. and Narasinga Rao, M.S.: Functio-

- nal properties of Guar proteins., J. Food Sci., 46, 1255(1981).
12. Franzen, K.L. and J.E.: Kinsella, Functional properties of succinylated and acetylated leaf protein., J. Agric. Food Chem., 24(5), 914 (1976).
 13. Franzen, K.L. and J.E.: Kinsella, Functional properties succinylated and acetylated soy protein., J. Agric. Food Chem., 24(4), 788 (1976).
 14. Dench, J.E.: Extraction of nitrogenous material from Winged bean [*Psophocarpus tetragonolobus*(L.) DC] flour and the preparation and properties of protein isolates., J. Sci. Food Agric., 33, 173(1982).
 15. Rahma, E.H. and Narasinga Rao, M.S.: Effect of acetylation and succinylation of cottonseed flour on its functional properties., J. Agric., Food Chem., 31, 352(1983).
 16. Wang J.C. and J.E.: Kinsella, Functional properties of novel proteins: Alfalfa leaf protein., J. Food Sci., 41, 286(1976).
 17. Knuckles, B.E. and G.O.: Kohler, Functional properties of edible protein concentrates from alfalfa., J. Agric. Food Chem., 30, 748(1982).
 18. Sathe, S.K., S.S. Deshpande, and Salunkhe: D.K. Functional properties of Lupin seed (*Lupinus mutabilis*) proteins and protein concentrates., Food Sci., 47, 491(1982).
 19. Fleming S.E., F.W. Sosulski, and Humbert: E.S. Viscosity and water absorption characteristics of slurries of sunflower and soybean flours, concentrates and isolates., J. Food Sci., 39, 188(1974).
 20. 李廣田, 曹在星: 生物農業 實驗統計學., 先進文化社, 188-190(1977).
 21. Wolf, W.J.: Chemical and physical properties of soybean proteins., The Bakers Digest. 30 (1969).
 22. Klotz, I.M. and S.K.: Nagy, Molecular weight and dissociation into subunits., Biochemistry. 2(3), 445(1963).
 23. 朴今順, 朴正隆: 빈대기濃縮蛋白質의 機能性, 韓國食品科學會誌, 18(3), 204(1986).
 24. 成三慶: PSE 돈육으로부터 抽出한 근원섬유蛋白質의 숙시닐화와 그 機能的 特性., 韓國食品科學會誌, 16(3), 353(1984).
 25. Groninger, H. and R.: Mill, Preparation and aeration properties of an enzyme-modified succinylated fish protein., J. Food Sci., 40, 327 (1975).
 26. 筒井知己, 小原哲二郎:サクシニル化 鶏卵黃蛋白質의 乳化特性., 日本食品工業學會誌, 27(9), 293 (1980).
 27. 筒井知己, 松本信二, 小原哲二郎:アセチル化 鶏卵黃蛋白質의 乳化特性., 日本食品工業學會誌, 27(9), 449(1980).
 28. Carnella, M., G. Castriotta, and A. Bernardi: Functional physiochemical properties of succinylated and acetylated sunflower protein., Lebensm. Wiss., U. Technol., 12, 95(1979).
 29. Beuchat, L.R.: Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein., J. Agric. Food Chem., 25(2), 258 (1977).