

숙시닐화가 *Aspergillus fumigatus* 균체단백질의 기능적 특성에 미치는 영향

최종덕[†] · 김정균 · 조성환*

통영수산전문대학 수산가공과
* 경상대학교 식품공학과

Effect of Succinylation on Functional Properties of *Aspergillus fumigatus* Cell Protein

Jong-Duck Choi[†], Jeong-Gyun Kim and Sung-Hwan Cho*

Dept. of Fisheries Processing, National Tongyeong Fisheries Technical College, Chungmu 650-160, Korea

* Dept. of Food Science and Technology, Gyeongsang University, Jinju 660-701, Korea

Abstract

The influence of succinylation on several functional properties of fungal protein (*Aspergillus fumigatus*) was investigated. Fungal protein was succinylated to 20.7 and 85.3% by addition of 2.5 and 10% succinic anhydride, respectively. Succinylated fungal protein decreased the absorbance at 260nm, nucleic acid and carbohydrate, but increased the proteinous nitrogen and protein extraction in fungal protein. Succinylation had an enhancing effect on the functional properties as much as the degree of it was increased. Oil retention of succinylated fungal protein was higher about from two to five times than those of milk casein. Nitrogen solubility of succinylated fungal protein was increased to 32 and 51% than that of milk casein and soy flour. Emulsifying activity and stability were increased in proportion to the succinylated degree of fungal protein. As the result of succinylation increase more than 80%, emulsifying activity increased about 8.4 times. In conclusion, succinylated fungal protein improved functional properties, compared with nonsuccinylated fungal protein, milk casein and soy flour.

Key words : succinylation, fungal protein, functional properties

서 론

단세포 단백질을 식품으로 이용할 수 있는 방법은 이를 섭취하였을 때 안전성 검토는 물론 이 단백질이 가지고 있는 특수한 물리·화학적 기능을 개발하여 식품에 널리 이용할 수 있도록 제품을 개발하는 것이다.

최근에는 식품단백질의 품질향상과 폐기자원의 효율화를 위하여 물리적, 화학적 및 효소적 방법에 의하여

단백질 수식이 행하여지고 있으며, 화학적 수식 중 succinylation은 지금까지 독성문제가 제기되지 않아서 많은 연구자들에 의하여 연구가 진행되고 있는 실정이다.

Grant¹⁾는 밀가루 단백질에서, Groniger²⁾, Herman과 Groniger³⁾, Groniger와 Miller⁴⁾, Chen 등⁵⁾은 어류의 근육 단백질에서 Franzen과 Kinsella^{6,7)}가 대두와 잎 단백질에서, Beuchat⁸⁾가 땅콩 단백질에서, Choi 등⁹⁾은 목화씨 단백질에서, Paulson과 Tung¹⁰⁾은 Canola 단백질에서 이 방법을 활용하여 식품단백질의 기능성 향상을 위한 연구가 이루어졌다. 그러나, 균체 단백질에서는

[†]To whom all correspondence should be addressed

이러한 물리, 화학적 및 기능적 특성을 개발하여 어류 및 가축 사료 또는 식품으로 이용을 확대할 수 있는 기초적 연구가 거의 없는 실정이다.

본 저자 등은 폐수에 있는 유기물을 영양원으로 하여 균체를 복합적으로 배양함으로써 폐수를 정화하는 동시에 균체를 대량으로 생산하고, 세포단백질의 기능성을 향상시켜 어류 및 가축사료 또는 식품으로의 이용을 확대시킬 수 있는 기초자료를 얻기 위하여 실험한 결과를 보고한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 시료는 전보¹¹⁾에서 얻어진 *Aspergillus fumigatus* 균체 단백질을 동결건조하여 -20°C 동결고에 보관하여 두고 실험용도에 따라서 전처리를 행한 후에 실험에 사용하였다.

숙시닐화 (Succinylation) 및 측정

위에서 얻어진 균체 단백질은 Franzen과 Kinsella의 방법에 따라 숙시닐화 하였다. 숙시닐화의 측정은 Hall 등¹²⁾의 방법에 따라 trinitrobenzenesulfonic acid (TNB-S) 방법으로 측정하였다.

숙시닐화의 정도는 대조 시료와 숙시닐화된 시료 단백질의 흡광도 차이로부터 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Modification} = \frac{A \text{ unmodified} - A \text{ modified}}{A \text{ unmodified}} \times 100$$

A : absorbance (at 260nm)

일반성분의 분석

시료중의 수분함량은 105°C 건조법으로, 핵산은 Fleck과 Begg법¹³⁾으로, 총질소는 Ma와 Zuaga의 Micro-Kjeldahl 방법¹⁴⁾으로, 조지질은 Soxhlet 추출법으로, 탄수화물은 AOAC 공정법¹⁵⁾에 따라 분석하였다.

Bulk density (BD)

BD는 Wang과 Kinsella¹⁶⁾의 방법에 따라 건조균체 분말을 25ml mass cylinder에 넣고 5cm 높이에서 약하게 10회 두드려서 채워진 분말의 부피와 무게를 측정하여, 다음과 같은 공식에 의하여 BD를 측정하였다.

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{시료단백질의 g}}{\text{시료단백질의 ml}}$$

보수력 측정

보수력은 Lin 등¹⁷⁾의 방법을 약간 수정하여 측정하였으며, 건조시료와 흡수시료 무게 차이를 계산하여 보수력을 다음과 같이 측정하였다.

$$\text{보수력 (WHC)} = \frac{\text{흡수된 물의 무게 (g)}}{\text{건조시료의 무게 (g)}}$$

질소 용해도 측정

질소용해도는 McWatter 등¹⁸⁾의 방법에 따라 Kjeldahl 법으로 질소를 정량하여 용해도를 측정하였다.

단백질 용해도 측정

단백질 용해도는 Sathe 등¹⁹⁾의 방법에 따라 상층액 10ml를 취하여 Kjeldahl 질소 함량 (% N x 6.25)을 측정하였다. 각 pH에서 단백질용해도는 시료단백질이 사용된 비율에 따라 상층액의 단백질량으로부터 계산되었다.

유화활성도 및 유화안정성 측정

유화활성도와 유화안정성은 Wang과 Kinsella의 방법을 수정하여 측정하였다. 시료 0.5g에 증류수 10ml를 가하여 균질기(Ace homogenizer AM-8)로 5,000rpm에서 1분간 분산 시킨 후, 대두유 10ml씩을 가하여 15,000rpm에서 5분간 균질화 한후, 각각 두 원심관(12mm x 110mm)에 나누어 넣고, 원심분리하여 유화활성도를 측정하였다.

$$\text{유화활성도 (\%)} = \frac{\text{유화된 층의 높이}}{\text{시험관 내 총내용물의 높이}} \times 100$$

유화안정성은 유화액을 80°C의 물중탕에서 30분간 가열 후, 15°C로 냉각하여 원심분리(1,600 g, 15min)한 다음 유화성 측정과 동일한 방법으로 측정하였다.

$$\text{유화안정성 (\%)} = \frac{\text{가열후 유화된 층의 높이}}{\text{시험관 내 총내용물의 높이}} \times 100$$

결과 및 고찰

균체단백질의 숙시닐화

균체 단백질의 각종 아미노산 측쇄에 succinic anhydride를 pH 7.5에서 반응시키면 아미노산의 모든 친핵성기 즉 lysine의 ε-amino기, tyrosine의 phenol기, histidine의 imidazol기, cysteine의 sulfhydryl기, serine 과 threonine의 hydroxyl기가 succinic anhydride와 반응을 하여 숙시닐화되며 숙시닐화가 많이 되면 될수록 succinic anhydride가 많이 결합되고 카르복시기가 증가됨을 알 수 있었다.

균체단백질에 첨가되는 succinic anhydride 양에 따른 숙시닐화 정도의 변화는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서와 같이 succinic anhydride 2.5% 첨가에 숙시닐화 20.7%, 10% 첨가에 숙시닐화 85.3%로써 succinic anhydride 양이 많을수록 숙시닐화도 증가하였다. Succinic anhydride에 의한 식품단백질의 화학적 수식에서 Franzen과 Kinsella⁷⁾는 잎단백질 농축물을 succinic anhydride로 처리하였을 때, lysine ε-amino기의 84%가 숙시닐화 되었다고 하였고, Chen 등⁵⁾은 fish protein concentrate에서 90.1 ± 2.4% 숙시닐화를 확인 하였으며, Paulson 과 Tung 등¹⁰⁾은 canola 단백질 추출물의 숙시닐화에서 succinic anhydride 5.2%, 14.2%를 첨가할 경우 pH 8에서 유리아미노기의 54%, 84%가 수식되었다고 보고하였다.

본 실험에서도 succinic anhydride에 의하여 균체 단백질의 화학적 수식을 확인할 수 있었다.

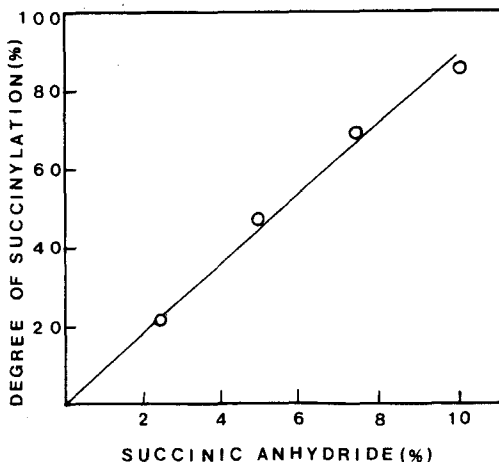


Fig. 1. Effect of succinic anhydride on degree of succinylation in fungal protein isolates.

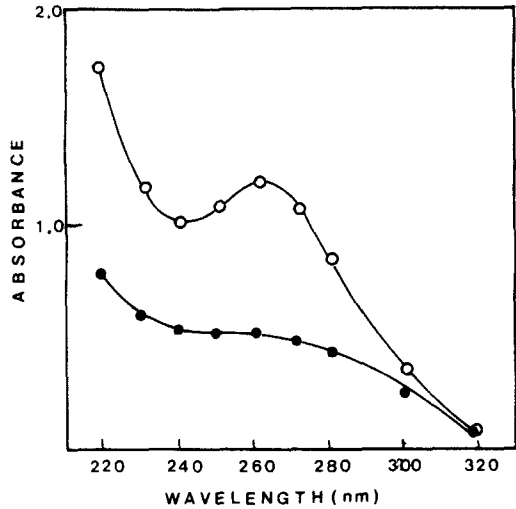


Fig. 2. Absorption spectra of fungal protein (○) and succinylated fungal protein (●).

숙시닐화 시키지 않은 균체단백질과 숙시닐화 시킨 단백질의 UV-spectrum을 비교 검토한 결과는 Fig. 2와 같다.

숙시닐화 시키지 않은 단백질과 숙시닐화 시킨 단백질의 흡광도는 파장 220nm에서 각각 1.7 과 0.8로서 숙시닐화 시키지않은 단백질이 숙시닐화 시킨 것보다 약 2.1배의 차이를 나타내었고, 주파장인 260nm에서는 각각 1.2와 0.5로서 2.4배의 가장 많은 차이를 보였으며, 파장이 증가함에 따라 다시 감소하여 360nm에서는 거의 차이가 없었다. 260 nm에서 peak를 보이던 균체단백질이 숙시닐화에 의하여 균체단백질의 이미노산 친핵성기들이 succinic anhydride와 반응하여 카르복실기를 증가시키고, 중성부근에서 이들이 해리되어 용해도가 증가되고 핵산이 감소됨으로써 peak가 없어진 것으로 생각된다.

균체균질물과 숙시닐화된 균체단백질의 성분을 Table 1에 나타내었다.

균체에서 핵산함량은 100g 중 7.8g, 탄수화물은 37.3g으로 숙시닐화된 균체단백질의 100g 중 2.0g, 6.5g보다 월등히 많았으며 질소함량과 조지질은 숙시닐화된 것이 균체 균질물보다 월등히 높았다. 이것은 숙시닐화가 핵산함량 감소에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. Hedenskog와 Ebbinghaus²⁰⁾는 단세포 단백질의 핵산함량을 위한 연구에서 pH와 가열이 영향을 주었으며, 낮은 핵산 함량의 균체단백질 생산은 알카리

Table 1. Chemical composition of fungal protein and succinylated fungal protein isolate

Component	(g/100g)	
	Fungal protein homogenate	Succinylated fungal protein isolate
Nucleic acid	7.8	0.2
Proteinous nitrogen	6.3	15.2
Carbohydrate	37.3	6.5
Crude lipid	2.1	3.2

pH에서 처리하는 것이 좋다고 제안하였다. Vananuvat 와 Kinsella²¹⁾는 미생물 세포의 핵산 함량은 미생물 증식율을 감소시킴으로써 핵산 함량을 감소시킬 수 있다고 하였으나, 이것은 세포생성을 위한 경제적 측면에서 실용성이 없으므로 숙시닐화에 의한 핵산의 함량 감소가 바람직하다고 생각된다.

pH 7.5에서 숙시닐화 증가에 따른 균체단백질의 단백질 추출율은 Fig. 3과 같다.

숙시닐화 되지 않은 경우는 54%의 추출율을 나타내었으나 숙시닐화 정도가 10, 20, 40, 60, 80%로 높아짐에 따라 단백질 추출율도 각각 58, 70, 84, 88, 89%로 증가되었다.

단백질 추출율은 용해도와 밀접한 관련이 있으며, 단백질의 숙시닐화는 양이온 아미노기가 음이온 잔기로 전환되고, 음이온에 의하여 총 유효 음하전이 증가되며 단백질 추출율도 증가되는 것으로 생각된다. McWatter와 Holms²²⁾는 어류 단백질 추출에서 염농도, pH, 시료의 농도에 관련이 있다고 하였고, Spinelli 등²³⁾은 어육 단백질 추출에서 용매에 따라서, Lawhon과 Cater²⁴⁾는 목화씨 단백질 추출에서 침전물의 pH와 처

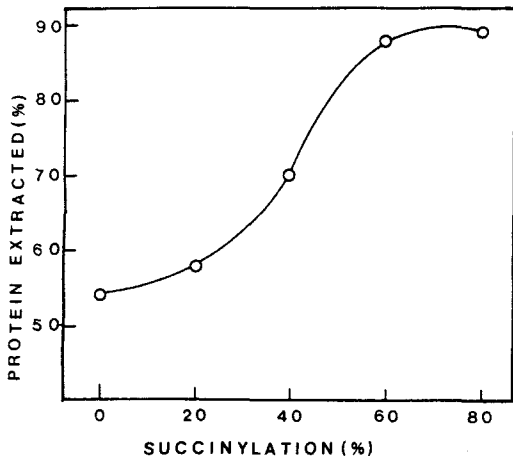


Fig. 3. Extraction rate of protein from homogenated fungal protein at pH 7.5 following succinylation.

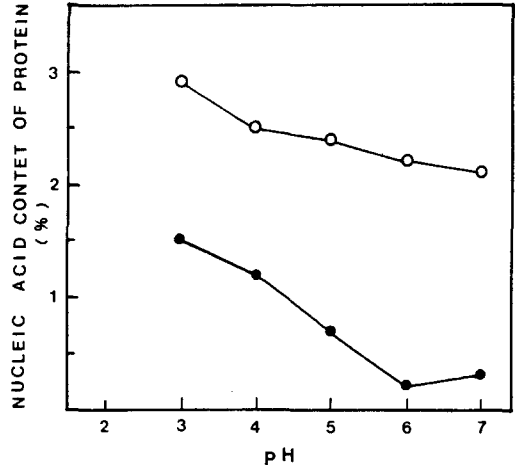


Fig. 4. Effect of pH on the contents of nucleic acid in unsuccinylated (○) and succinylated (●) fungal protein.

리방법에 관련이 있다고 하였는데, 본 실험의 결과에서도 숙시닐화 정도가 단백질 추출에 관련이 있음을 알 수 있었다.

균체단백질과 숙시닐화 시킨 균체단백질 중에 존재하는 핵산의 양을 pH에 따라 비교한 결과는 Fig. 4와 같다.

숙시닐화 시키지 않은 것과 숙시닐화 시킨 것이 다 같이 pH 3.0에서 각각 2.9% 와 1.5%로써 가장 높은 값을 나타내었고, pH가 증가함에 따라 다소 감소하여 숙시닐화 시키지 않은 것은 pH 7.0에서 2.1%, 숙시닐화 시킨 것은 pH 6.0에서 0.2%로 가장 낮은 함량을 나타내어 중성부근에서 핵산 함량이 낮았다. 따라서 균체단백질의 숙시닐화는 균체단백질 중에 함유되어 있는 핵산함량을 감소시켜 주며, pH 상승에 따라 그 감소율을 증대시켜 줌을 알 수 있었다.

이와 같은 관계를 구체화하기 위하여 숙시닐화된 균체단백의 pH에 따른 핵산 감소율을 검토한 결과는 Fig. 5와 같다.

pH 3에서 25% 핵산 감소율을 나타내었고, pH가 증가함에 따라 핵산감소율도 높아져서 pH 6에서는 85%로 높은 감소율을 나타내었다가 다시 pH 7에서는 감소율이 약간 낮아져서 중성 부근에서 핵산 감소율이 높은 것으로 판단되었다.

숙시닐화 시키지 않은 단백질과 숙시닐화 시킨 균체단백질의 기능적 특성을 milk casein, soyflour의 몇가지 기능적 특성과 비교한 결과는 Table 2와 같다.

Bulk density (BD)는 숙시닐화 시킨 것이 442g/L로 숙시닐화 시키지 않은 것 440g/L, soyflour 420/L 보다 높았으나 milk casein 480g/L 보다는 낮았다.

Franzen 등은 alfalfa 잎단백질에서, Herman 과 Groniger는 어류의 근육 단백질에서 숙시닐화 정도를 높임에 따라 BD가 계속 증가하는 현상을 보였다고 하였다. 이것은 succinic anhydride에서 음이온의 도입으로 생긴 정전기적 반발력이 단백질의 구조를 변경시키고 polypeptide기가 팽창하여 느슨한 상태로 되어 물분자의 침투가 물리적으로 쉬워지기 때문에 BD가 증가한다고 보고하였는데, 이들의 실험 결과는 본 실험의 숙시닐화된 균체단백질과 그 기능적 특성이 일치함을 보여주었다.

보수력은 Tompson과 Reyes 등²⁵⁾이 whey protein에서 숙시닐화를 증가시키에 따라 보수력이 증가한다고 보고한 것과 일치하였다. 이것은 숙시닐화가 단백질의

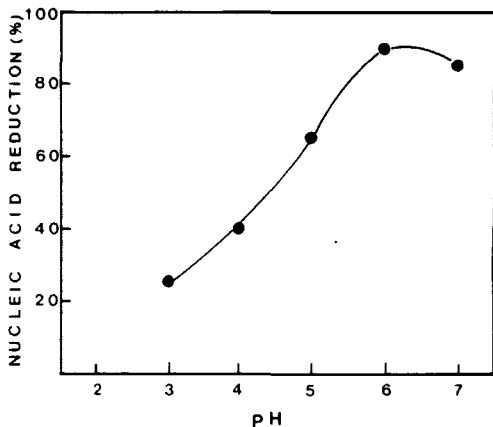


Fig. 5. Effect of pH on the extend of nucleic acid reduction in succinylated fungal protein.

Table 2. Functional properties of fungal protein and succinylated fungal protein isolate.

Properties	Fungal protein		Milk casein	Soy-flour
	Unsuccinylated	Succinylated		
Bulk density (g/L)	440	442	480	420
Water holding capacity(g/g)	2.4	2.7	0.53	1.9
Oil retention (ml/g)	1.1	1.3	0.90	0.8
Nitrogen solubility(%)	52	64	48.2	42.5
Emulsifying activity(%)	54.8	65.6	48.8	55.0
Emulsifying stability(%)	48.3	59.2	53.0	54.7

부분적 팽창과 unfolding에 의하여 물 흡수력이 증가되는 것으로 추측되며 숙시닐화시킴으로써 단백질의 해리 정도에 따라 영향을 받아 단백질의 구조변화에 기인하는 것으로 여겨진다.

지방흡착도는 숙시닐화 시킨 것과 시키지 않은 것이 각각 1.1, 1.3 mg/L 로 milk caein 0.90ml/g 보다 높았으며, 숙시닐화 시킨 것이 시키지 않은 것보다 약 15% 높게 나타났다. Waniska 등²⁶⁾은 pH 5 이상에서 숙시닐화된 bovine serum albumin (BSA)이 숙시닐화 시키지 않은 BSA에 비하여 보수력과 지방흡착도가 높았으며, 이러한 이유는 숙시닐화된 단백질의 구조가 느슨하게 되어 지방과 물의 접촉면에 단백질의 확산을 촉진하고 접촉하는 부위의 단백질 구조변화에 기인한다고 보고하였는데 본 실험에서도 이러한 이유 때문이라고 생각된다.

균체단백질의 용해도를 확인하기 위하여 숙시닐화 시키지 않은 단백질과 숙시닐화 시킨 균체단백질의 pH에 따른 용해도를 실험한 결과는 Fig. 6과 같다.

숙시닐화 시키지 않은 단백질과 숙시닐화 시킨 단백질의 용해도는 pH 2, 4, 6, 8, 10에서 각각 44 와 37, 28 과 40, 48 과 56, 59 와 67, 77 과 88 %를 나타내어, pH 4에서 가장 낮았으며, pH가 증가할 수록 용해도가 증가되어 pH 10 부근에서 최대값을 나타내었고 그 이후의 변화는 볼 수 없었다. 또, 균체단백질의 등전점은 pH 4 부근임을 확인 하였다. 단백질의 숙시닐화는 음이온 아미노산기를 양이온잔기로 전환시키고 succinic anhydride 음이온에 의해 총 음전하로 변화시켜 단백질의 물리, 화학적 성질이 변화되기 때문에 용해도가

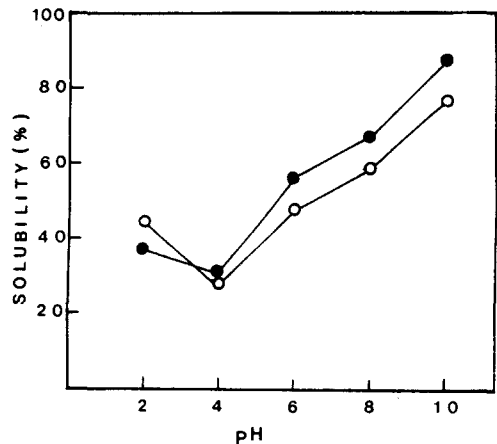


Fig. 6. The pH-solubility profile of fungal protein (○) and succinylated fungal protein (●) at various pH values.

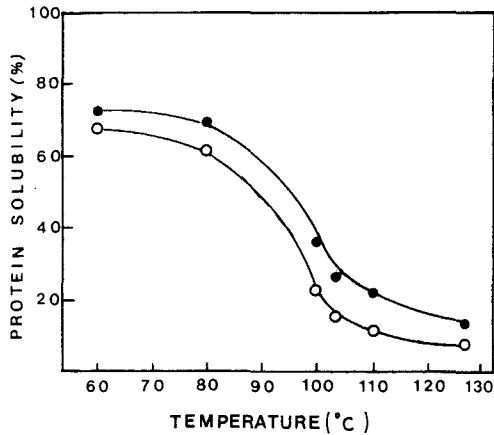


Fig. 7. Changes in solubility of fungal protein (○) and succinylated fungal protein (●) by temperature.

증가되는 것으로 판단되었다.

가열온도에 따른 용해도의 변화를 본 결과는 Fig. 7과 같다.

숙시닐화 시키지 않은 것과 시킨 것은 60, 80, 100, 105, 125에서 각각 67.5와 71.2, 60.2와 69.4, 22.5와 35.8, 14.3과 26.9, 11.0과 21.6, 7.8과 12.2%로써 60°C에서 용해도가 가장 높았으며 온도가 증가함에 따라 감소하였다.

Vananuvat 와 Kinsella²¹⁾는 물과 알카리로 추출한 효모단백질의 용해도는 가열에 의하여 용해도가 현저하게 감소되었는데, 이것은 이들이 보고한 바와 같이 가열에 의하여 단백질의 수소결합을 끊어주며, 열가교결합 혹은 친수적 상호작용에 영향을 주고, S-S 결합을 산화시킴으로써 단백질의 구조와 특성을 변화시켜 용해도가 감소되는 것으로 여겨진다. 또 숙시닐화 시킨 단백질이 숙시닐화 시키지 않은 것보다 높은 용해도를 나타내었다

유화안정성은 milk casein 53.0%, soyflour 54.7%와 비교하여 숙시닐화시키지 않은 것은 48.3%로 낮았지만 숙시닐화 시킨 것은 59.2%로써 대조시료보다 높은 경향이였다. 이는 Chen 등⁵⁾의 fish protein concentrate, McElwain 등²⁷⁾의 single cell protein concentrate에서 Flanzen과 Kinsella⁶⁾는 soy protein에서 숙시닐화 시킨 것이 시키지 않은 것보다 유화 안정성이 증가하였다고 보고하였는데, 본 실험과 일치하였다. 이러한 이유는 숙시닐화시킴에 따라 단백질이 수용성이 되고 지방구주위에 층을 형성하여 aqueous phase와 결합이 용이하게 되지만 과립단백질 즉, 불용성단백질은 oil phase와 분리되거나 결합을 방지하여 유화가 잘 되지 않고 oil 표면이 뜨게 되고, 이 때 수용성 단백질은 fat globule과

단단하게 결합하여 유화안정성이 높은 것으로 추측된다. 본 실험의 결과에서도 숙시닐화 정도가 유화안정성에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었으며 숙시닐화 시킨 균체단백질은 유화성이 매우 높아 유화성 보강을 위한 사용이 가능하리라고 기대된다.

균체단백질의 숙시닐화 정도에 따라 유화활성도를 측정한 결과는 Fig. 8과 같다.

숙시닐화 시키지않은 균체단백질의 유화 활성도는 25m²/g였으며 숙시닐화가 높아지면 유화활성도가 증가하여 80% 숙시닐화된 균체단백질은 210m²/g으로 약 8.4 배 증가율을 나타내어 숙시닐화를 증가시키므로 유화능이 높아지는 경향이였다. 이는 Franzen과 Kinella⁷⁾가 숙시닐화 시킨 일단백 농축물의 유화활성도와 유화안정성은 숙시닐화 시키지 않은 일단백질의 60.3%와 53.1% 보다 높아 79.5%와 72.4%를 각각 나타내어 증가율은 31.8%와 36.3%였다고 하였다. 그 밖에 Beuchat⁸⁾은 whey protein concentrate에서 McEwain 등²⁷⁾은 single-cell protein concentrate에서 succinic anhydride를 첨가 반응시킴에 따라서 유화활성도가 증가하였다는 보고와 본인의 실험과 일치하였다.

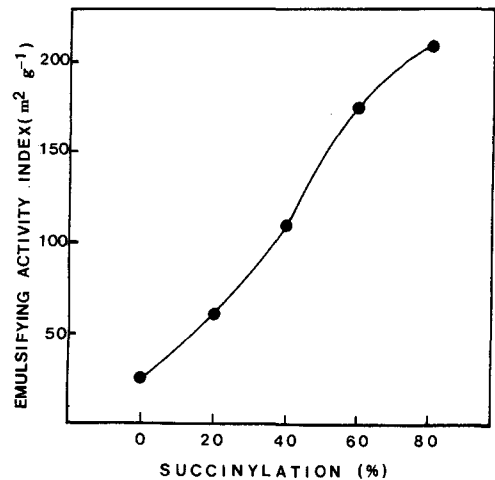


Fig. 8. Emulsifying activity of succinylated fungal protein.

요 약

숙시닐화가 균체 단백질 (*Aspergillus fumigatus*)의 여러가지 기능적 특성에 미치는 영향을 검토하였다. 균체 단백질은 succinic anhydride 2.5와 10% 첨가에 20.7과 85.3%가 숙시닐화되었다. 숙시닐화된 균체 단백질은 흡광도, 핵산 및 탄수화물의 양은 감소하였으나

단백질소, 단백질 추출율은 증가되었다. 숙시닐화된 균체 단백질의 질소용해도는 milk casein과 soy flour 보다 32 와 51% 증가되었다. 유화활성도와 유화 안정성은 균체 단백질의 숙시닐화 비율에 따라서 증가 되었으며, 80% 숙시닐화된 균체 단백질은 약 8.4배 증가율을 나타내어 숙시닐화를 증가시킴에 따라 유화활성도와 유화안정성이 증가 되었다. 숙시닐화 시킨 균체 단백질은 숙시닐화 시키지 않는 균체 단백질, milk casein 및 soy flour에 비하여 향상된 기능적 특성을 나타내었다.

문 헌

1. Grant, D. : The modification of wheat flour proteins with succinic anhydride. *Cereal Chem.*, **50**, 417 (1973)
2. Groniger, H. S. Jr. : Preparation and properties of succinylated fish myofibrillar protein. *J. Agric. Food Chem.*, **21**, 978(1973)
3. Herman, S. and Groniger, H. S. Jr. : Preparation and properties of succinylated fish myofibrillar protein. *J. Agric. Food Chem.*, **21**(6), 978(1973)
4. Groniger, H. S. Jr. and Miller, R. : Preparation and aeration protein of an enzyme-modified succinylated fish protein. *J. Food Sci.*, **40**, 327 (1975)
5. Chen, S. L. and Peppler, H. J. : Single-cell protein in food application. *Develop. Indus. Microbiol.*, **19**, 79 (1977)
6. Franzen, K. L. and Kinsella, J. E. : Functional properties of succinylated and acetylate soy protein. *J. Agric. Food Chem.*, **24**(4), 788 (1976)
7. Franzen, K. L. and Kinsella, J. E. : Functional properties of succinylated and acetylated leaf protein. *J. Agric. Food Chem.*, **24**(5), 914 (1976)
8. Beuchat, L. R. : Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *J. Agric. Food Chem.*, **25**(2), 258(1977)
9. Choi. Y. R., Lusas, E. W. and Rhee, K. C. : Succinylation of cottonseed flour : Effect on the functional properties of protein isolates prepared from modified flour. *J. Food Sci.*, **46**, 954 (1981)
10. Paulson, A. T. and Tung, M. A. : Emulsification properties to succinylated canola protein isolate. *J. Food Sci.*, **53**(3), 817 (1988)
11. Cho, S. H., Choi, J. D. and Lee, S. Y. : Utilization and application of microorganisms in treating food processing wastes -Recovery of mycelial proteins-. *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, **32**(4), 424 (1989)
12. Hall, R. J., Trinder, N. and Givens, D. I. : Observation

on the use of 2,4,6 - trinitrobenzene sulphonic acid for the determination of available lysine in animal protein concentrations. *Analyst*, **98**, 673 (1973)

13. Fleck, A. and Begg, D. : *Biochem. Biophys. Acta.*, **108**, 333 (1965)
14. Ma, T. S. and Zuaga, G. : Micro-Kjeldahl determination of nitrogen. *Ind. Eng. Chem.*, **14**, 280 (1941)
15. Association of Official Analytical Chemists : In "Official and tentative methods of analysis" 13th ed., AOAC, Washington, D. C. (1980)
16. Wang, J. C. and Kinsella, J. E. : Functional properties of novel protein alfalfa leaf protein. *J. Food Sci.*, **41**, 286 (1976)
17. Lin, M. J. Y., Humbert, E. S. and Sosulki, F. W. : Certain function properties of unflower meals. *J. Food Sci.*, **39**, 368 (1974)
18. McWatters, K. H. and Cherry, J. P. : Emulsification foaming and protein solubility properties of defatted and soybean, peanut, field pea and pecan flours. *J. Food Sci.*, **42**, 1444 (1977)
19. Sathe, S. K., Deshpande, S. S. and Salunkhe, D. K. : Functional properties of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*(L) DC) proteins. *J. Food Sci.*, **47**, 503 (1982)
20. Hedenskog, G. and Ebbinghaus, L. : Reduction of the nucleic acid content of single-cell protein concentrates. *Biotechnol. Bioeng.*, **14**, 447 (1972)
21. Vannuvat, P. and Kinsella, J. E. : Some functional properties of protein isolates from yeast, *Saccharomyces fragilis*. *J. Agric. Food Chem.*, **23**(4), 613 (1975)
22. McWatters, K. H. and Holmers, M. R. : Preparation and aeration properties of an enzyme-modified succinylated fish protein. *J. Food Sci.*, **44**, 765 (1979)
23. Spinelli, J., Koury, B. and Miller, R. : Approaches to the utilization of fish for the preparation of protein isolates. Enzymic modifications of myofibrillar fish proteins. *J. Food Sci.*, **37**, 604 (1972)
24. Lawhon, J. T. and Cater, C. M. : Effect of procissein method and pH of precipitation on the yields and functional properties of protein isolates from glandless cottonseed. *J. Food Sci.*, **36**, 372 (1971)
25. Thomson, L. V. and Reyes, E. S. : Modification of heat coagulated whey protein concentrates by succinylation. *J. Dairy Sci.*, **63**, 715 (1980)
26. Waniska, R. D., Shetty, J. K. and Kinsella, J. K. : Protein-stabilized emulsions : Effect of modification on the emulsifying activity of bovine serum albumin in a model system. *J. Agric. Food Chem.*, **29**, 826 (1981)
27. McElwain, M. D., Richardson, T. and Amundson, C. H. : Some functional properties of succinylated single cell protein concentrate. *J. Milk Food Technol.*, **38**(9), 521 (1975)

(1992년 5월 11일 접수)