Bulletin of Taiwan Fisheries Research Institute No. 45, 1988.

琥珀醯化及乙醯化魷蛋白之製備及其性質之研究

彭昌洋・蔡慧君

Preparation and Properties of Succinylated and Acetylated of Squid Protein

Chang-Yang Perng and Huey-Jine Chai

Squid mantle muscle was homogenized by using colloid mill to form a 10% (w/v) solution and then acylated by reacting with succinic anhydride or acetic anhydride at 5℃ and pH 7-8. The maximum degree of succinylation and acetylation were 91% and 97% respectively.

The reaction rate of acylation of squid mantle muscle could be divided into two stages. For the frist stage, the amount of anhydride added was less than 0.4 g/g protein, the reaction was very fast. For the second stage, more than 0.4 g anhydride/g protein was added, the reaction became very slow order reaction. Whiteness, color difference, and hue of squid mantle protein powder and its acylated products were analyzed. It was found that the values of witeness, color difference, and hue of succinylated products of squid protein were higher than those of the squid mantle protein powder and its acetylated products. Besides, all these values increased in accordance with the degree of succinylation.

The effects of different pH values (pH 2-12), KCl concentrations (0-2.4 M) and temperatures (5-90℃) to the solubility of squid mantle protein powder (control group) and its acylated products (treatment group) were studied. It was found that the solubility of the treatment group was higher than that of the control group in all reacting conditions except the acetylated products in 2.4 M KCl. Besides, the solubility of the acylated products increased as the degree of modification increased. However, when the degree of succinylation and acetylation were higher than 86% and 91% respectively, the solubility decreased slightly.

The *in vitro* protein digestibility of treatment group was similar or higher than that of the control group. This result was greatly different from that of the acylated products of some fish myofibrillar proteins or plant proteins.

前　言

蛋白質修飾工作是一種用來改進蛋白質加工適性的方法。根據 Brekke 等人[1]的綜述，經過修飾

的蛋白質可改進其功能特性，諸如發泡性、熱穩定性及乳化性等等；再者，也可以使原本爲鹽溶性的肌纖維蛋白質轉變成在低鹽或無鹽的溶液中即可溶解。在蛋白質修飾上有許多方法可資利用；但是，最爲普遍的是使用無水琥珀酸（ succinic anhydride ）或者無水乙酸（ acetic anhydride ）來進行琥珀醯化（ succinylation ）或者乙醯化（ acetylation ），主要原因是花費少，安全性極高，而且其醯化衍生物（ acylated derivatives ）的功能特性在加工利用上相當合適。

在植物蛋白質的修飾上，Franzen等人[2]研究琥珀醯化及乙醯化大豆蛋白的特性，當其醯化程度超過90％以上時其等電點由4.5提高至4.0，乳化能力及乳化安定性也分別提高了30％及21％，而發泡能力及發泡穩定性亦分別提高了20％及50％。Choi 等人[3]檢討琥珀醯化後的脫脂棉籽粉的性質，當醯化程度超過60％特，其乳化能力有顯著的提高。Narayana 等人[4]則採用琥珀醯化及乙醯化有效的改良winged bean flour 的溶解度、發泡能力及乳化能力。此外，Hirotsuka等人[5][6]利用磷酸化來增進大豆蛋白的溶解度及發泡能力與穩定性；然而，製品中有較多的磷殘存是其在食用上值得注意的地方。Ma 等人[7]利用脫氨基作用及琥珀醯化來改善活性小麥麪筋的烘培性質。

在蛋品的蛋白質修飾工作方面，Gossett等人[8][9]曾探討琥珀醯化卵蛋白的特性，發現卵蛋白經過琥珀醯化後可有效的減少其凝膠時的流出液（ expressible moisture ）。

關於水產動物性蛋白質方面，孫[10]曾針對業已冷凍變性之吳郭魚肌纖維蛋白進行琥珀醯化，於適量的鈣離子的存在下可有效的提高其粘性及膠强度；同時指出在低程度的修飾（＜10％ ）下可增加其煉製品的物性。羽田野等人[11][12]及Federico等人[13]就鰮魚肌纖維蛋白質的琥珀醯化及乙醯化進行一系列的研究，這些醯化樣品的等電點已提高至3.0，不再具有ATP ase 的活性，且其溶解度不受鹽濃度（ 0 － 5％NaCl ）及溫度（ 20 － 100℃ ）的影響，又具備有良好的乳化能力及乳化安定性；但是檢討其在試管中（ *in vitro* ）的蛋白質消化率則有顯著的降低，是其一大缺點。Groninger[14][15]及Miller[16]研究大目鱸（ *Sebastes sp.* ）的肌纖維蛋白經醯化處理後其熱穩定性及乳化能力都得到良好的改善效果；同時在室溫下貯存時其風味相當的穩定。但是，在蛋白質利用率上則有顯著的下降，這是美中不足的地方。

關於魷魚蛋白的醯化修飾上則缺乏相關資料；爲了進一步了解其與一般魚類的異同，本研究工作着著在於探討其醯化反應情況，以及醯化產物的功能特性與營養價值等問題。

材料與方法

一、魷魚蛋白質之醯化：

㈠原料：以赤魷（ *Ommastrephes bartrami* ）的胴肉（ *mantle muscle* ）爲原料；該赤魷已在－20℃中凍藏四個月。

㈡醯化處理：將魷魚解凍及前處理後所取得的胴肉細切後，再利用膠體磨（ Colloid mill ；西德PUC 45型）加水磨碎使成10％（ W/V ）溶液。先以紗布粗過濾除筋，再用1N NaOH 調至pH至7.5－8.0，然後加入無水琥珀酸或無水乙酸（用量爲0，0.2，0.4，0.6，0.8及1.0克藥劑／克蛋白質），混勻後靜置於冷房中（約5℃）反應60分鐘；反應期間以2N NaOH 維持其pH在7－8之間。俟反應終了，以2N HCl 調整其pH至4－5使之沉澱，進行離心（ 3000 rpm × 20′ ）；所得沉澱物再使用2N NaOH 調整pH至7.0，施以凍結乾燥，再磨成粉，即得供試樣品。

二、醯化魷魚蛋白質性質之測定：

㈠醯化程度的測定：樣品之醯化程度係參照Hall[17]的方法，使用2、4、6－ Trinitrobenzene-sulfonic acid的呈色反應來測定樣品中的available lysine的含量，由available lysine的減少量來換算其醯化程度。

㈡製品中蛋白質的含量：採用Micro-Kjeldahl [18]的方法求出製品中的全氮量，再由全氮量×6.25換算出其粗蛋白質。

㈢製品色澤：使用色差計測定之（日本東京電氣公司產品，型號爲TC-1500 MC ）。

㈣製品在不同 pH 中的溶解度：精稱 0.2 克樣品，加入 30 毫升不同 pH 的蒸餾水，混勻後在 5℃冷房中靜置 1 小時後，離心之（ $10000 \times g \times 10^1$ ），取上澄液，使用 Biuret [19] 的方法測定其蛋白質含量，換算其溶解度。

㈤製品在不同鹽濃度中的溶解度；精稱 0.2 克樣品，加入 30 毫升不同濃度的KCl 溶液，拌勻後在 5℃冷房中靜置 1 小時後，離心之（ $10000 \times g \times 10'$ ），取上澄液，使用 Biuret 的方法測定其蛋白質含量，換算其溶解度。

㈥製品在不同溫度下的溶解度：精稱 0.2 克樣品，加入 30 毫升不同濃度的蒸餾水，混勻後在不同溫度的水浴中靜置 1 小時後，離心之（ $10000 \times g \times 10'$ ），取上澄液，使用 Biuret 的方法測定其蛋白質含量，換算其溶解度。

㈦醯化魷蛋白在試管中的蛋白質消化率（ *in vitro* protein digestibility ）：參照Methods of enzymatic analysis [20] 及堀米等人 [21] 的方法，進行樣品在試管中胃蛋白酶及胰蛋白酶的消化率之測定。所使用的胃蛋白酶爲 Sigma 廠牌，規格爲 from hog stomack mucosa , activity 爲 3050 units/mg protein ；胰蛋白酶亦爲 Sigma 廠牌，規格爲 from bovine pancreas Type Ⅲ，activity 爲 10000 BAEE units/mg protein 。其中胃蛋白酶消化率係在檸檬酸緩衝液（ 0.2 M ; pH 2.0 ）中於 37 ℃水浴中反應 24 小時後測定之 ；胰蛋白酶的消化率則是在磷酸緩衝溶液（ 0.2 M ; pH 8.0 ）中於 37 ℃水浴中反應 8 小時後測定之。

結果與討論

一、魷魚蛋白質的醯化反應：

經由測定available lysine 的減少量情形，可將魷蛋白質的醯化反應分爲兩個階段，當添加藥劑在 0.4 克／克蛋白質以內，其修飾程度急速的增加；而當添加藥劑在 0.4 克／克蛋白質以上，其修飾程度增加的情形趨於緩慢；而且不論是琥珀醯化或者是乙醯化，都有相同的情況（見圖 1 ），其最高修飾程度分別爲琥珀醯化 91 %，乙醯化 97 %。Narayana [4] 在進行 winged bean flour 的醯化修飾時，其反應情況，在 0.4 克藥劑／克蛋白質之使用量以內其修飾程度急速增加 ，而在 0.4 克藥劑／克蛋白質的使用量以上，則修飾程度的增加情形趨於緩慢；其琥珀醯化及乙醯化的最高修飾程度約達 90 %。而根據Ma [7] 在進行小麥麵筋的琥珀醯化時，反應亦相當快速，當藥劑的用量在 20 克／ 100克麵筋時，其修飾程度可達 60 %。羽田野 [11] 及 Federico [13] 在進行鰛肌纖維蛋白質的醯化修飾，其修飾程度分別爲琥珀醯化 92.2 %，乙醯化 92.6 %。由此判斷，魷蛋白質的醯化反應和其他種類蛋白質的情況相似。

二、醯化魷蛋白的色澤：

以色差計測定經過醯化的魷蛋白粉末，結果發現琥珀醯化的樣品隨著醯化程度的提高，其白度（ whiteness ）及色調（ hue ）均有極爲顯著的增加（如表 1 所示）。而乙醯化的樣品，其修飾程度在 91 % 以下時，其白度較對照組略低，但是當修飾程度在 95%以上時，則其白度比對照組略高；在色調的比較上，隨著修飾程度的提高，其值略爲增加（如表 2 所示）。若將琥珀醯化及乙醯化兩組樣品加以比較，可以明顯的看出前者不論是白度、色差（ △E ）及色調均比後者的值爲高；而且隨著修飾程度的提高其差距愈大。由此可以看出魷蛋白粉末的顏色隨著琥珀醯化程度的提高而有大幅度的改善，但乙醯化處理並無明顯的效果。

三、醯化魷蛋白的溶解度：

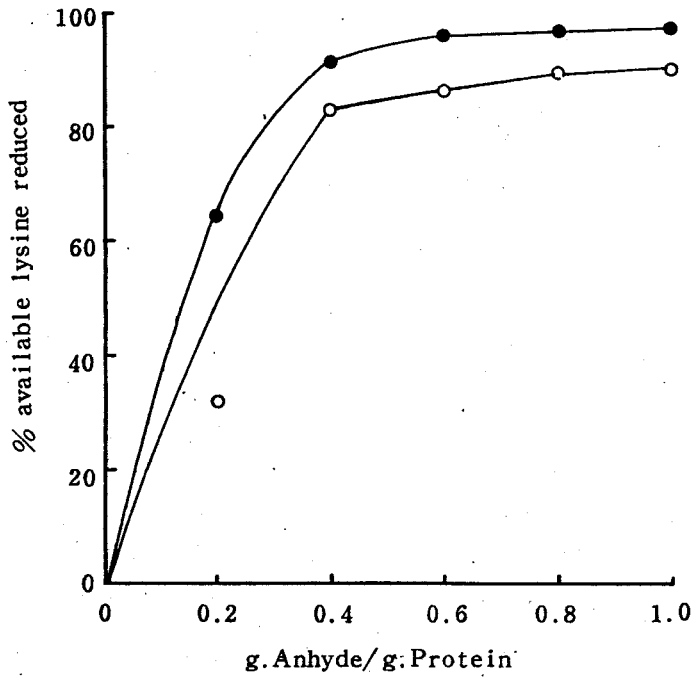

圖 1　魷蛋白醯化程度與添加反應藥劑濃度之關係

－○－琥珀醯化產物 Succinylated

－●－乙醯化產物　Acetylated

Fig. 1　Degree of acylation of squid protein as a function of anhydride concentration.

表 1　魷蛋白和其琥珀醯化產物的顏色、色差及色調之比較

Table 1　The color, color difference and hue of squid protein and its succinylated products.

Parameters / Succinylation degree	Color			Color difference				Hue	
	L	a	b	△L	△a	△b	△E	△a/△b	$\sqrt{\triangle a^2+\triangle b^2}$
0	79.4	19.8	10.7	-	-	-	-	-	-
31	80.7	19.2	10.7	1.3	-0.6	0	1.4	0	0.6
83	80.4	18.6	9.1	1.0	-1.2	-1.6	2.2	0.75	2.0
86	82.5	18.7	4.7	3.1	-1.1	-6.0	6.8	0.18	6.1
89	83.1	18.3	4.1	3.7	-1.5	-6.6	7.7	0.23	6.8
91	82.7	16.5	1.9	3.3	-3.3	-8.8	10.0	0.38	9.4

表 2　魷蛋白和其乙醯化產物的顏色、色差和色調之比較

Table 2　The color, color difference and hue of squid protein and its acetylated products.

Parameters / Succinylation degree	Color			Color difference				Hue	
	L	a	b	△L	△a	△b	△E	△a/△b	$\sqrt{\triangle a^2+\triangle b^2}$
0	79.5	19.1	11.1	-	-	-	-	-	-
65	78.6	18.9	9.9	-0.9	-0.2	-1.2	1.5	0.17	1.22
91	78.7	17.5	8.9	-0.8	-1.6	-2.2	2.8	0.73	2.72
95	79.2	18.1	7.3	-0.3	-1.0	-3.8	3.9	0.26	3.93
96	80.8	18.5	8.8	1.3	-0.6	-2.3	2.7	0.26	2.38
97	81.8	19.3	6.5	2.3	0.2	-4.6	5.1	-0.04	4.60

㈠在不同 pH 值溶液中的蛋白質溶解度：

我們由圖 2 的結果可以很明顯的看出來，經過琥珀醯化或者是乙醯化處理過的魷蛋白均可有效的改善其在不同 pH 值中的溶解度。琥珀醯化樣品隨著修飾程度的提高，其溶解度亦增加，而且不受 pH 的影響；但是，當修飾程度超過 86 %時有略爲下降的情形。乙醯化樣品的溶解度亦隨著修飾程度的提高而增加，但其溶解度均比琥珀醯化樣品爲低。

以 86 %琥珀醯化產物、91 %乙醯化產物及對照組三者在不同 pH 溶液的溶解度加以比較；由圖 3 的結果所示，對照組的溶解度非常的低，其等電點在 pH 3，當超過 pH 11 時，其溶解度則會急速的增加，這有可能是蛋白質在强鹼時的膨潤現象所致。86 % 琥珀醯化產物的等電點在 pH 2 以下，而在 pH 3 － 12，其溶解度則維持在 85 － 90 % 的極高值，亦即其溶解度並不受 pH 值的影響。91 %乙醯化產物的等電點在 pH 2，而在 pH 3 至 11 之間其溶解度維持在45 － 50 %，當 pH 在 11 以上時則有急速增加的情形，此點和對照組類似。Franzen 等人[2]研究大豆分離蛋白琥珀醯化產物的等電點由 4.5 提高至 4.0，而乙醯化產物則由 pH 4.5 提高至 4.2。Hirotsuka 等人[5]研究大豆分離蛋白磷酸化產物的等電點由 pH 4.5 提高至 2。羽田野等人[11]指出鰹肌纖維蛋白質琥珀醯化產物的等電點由 pH 5 提高至 pH 3.3。而 Federico 等人[13]亦發現鰹肌纖維球蛋白的等電點由 pH 5.0 提高至 4.0。

由這些結果加以比較，我們發現魷蛋白質經過醯化後其等電點和其他動物性蛋白質或植物性蛋白質一樣會提高，而且更接近酸性。又在等電點以上的 pH 範圍中的溶解度，幾乎都不受 pH 的影響，均比對照組爲佳；而琥珀醯化產物的溶解度又比乙醯化產物來得高。

㈡在不同鹽濃度中的蛋白質溶解度：

如圖 4 的結果顯示出，在各個不同鹽濃度（0 － 2.4 M KCl）中的魷蛋白醯化產物的蛋白質溶解度均比對照組爲佳；可是，當超過一定的醯化程度後（琥珀醯化爲 86 %；乙醯化爲 91 %）則其溶解度均會略有下降，此種現象尚未十分清楚，但是，根據 Narayana 等人[4]的推測有可能是因爲高程度的修飾會造成其蛋白質會含有大量的疏水基（Hydrophobic group）而減少其在溶液中的溶解度。

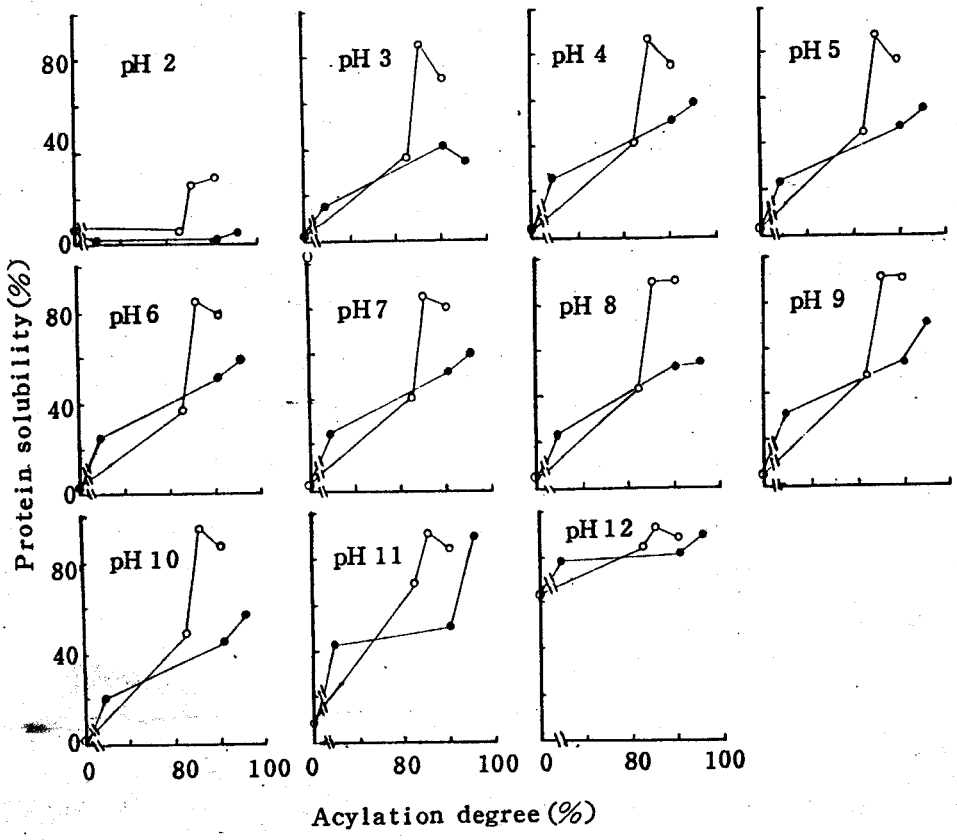

圖 2　不同醯化程度的魷蛋白在不同 pH 下的溶解度
－○－琥珀醯化產物 Succinylated
－●－乙醯化產物　Acetylated

Fig. 2　Protein solubility of acylated squid protein in various pH solution as a function of degree of acylation.

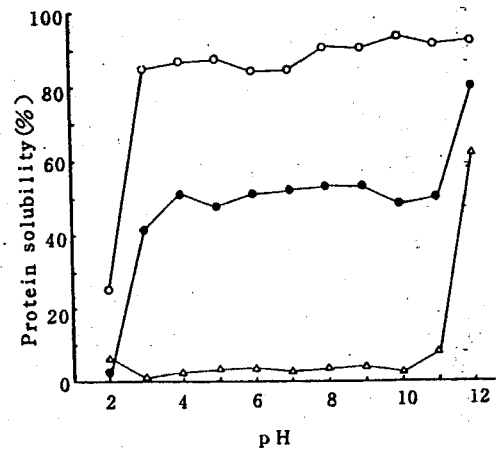

圖 3　魷蛋白和其醯化產物在不同 pH 下的溶解度之比較
－△－對照組 Control
－○－ 86 %琥珀醯化產物 Succinylated product
－●－ 91 %乙醯化產物 Acetylated product

Fig. 3　The solubility of squid protein and its acylated products in various pH solution.

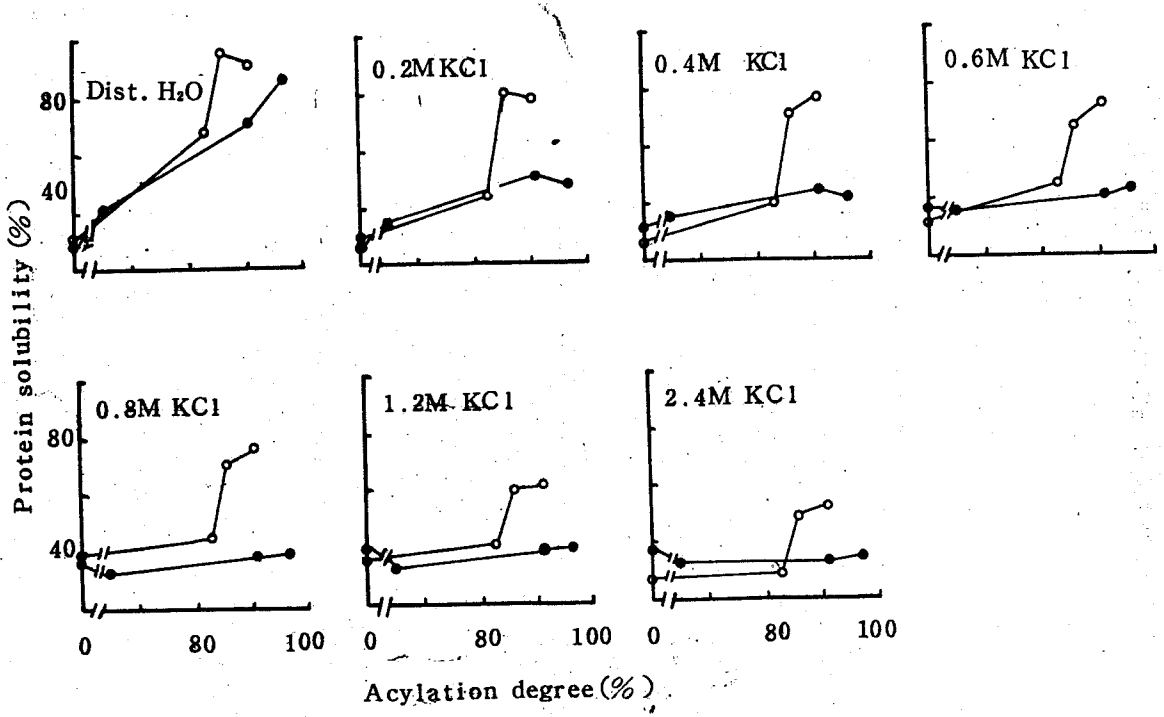

圖 4　不同醯化程度的魷蛋白在不同濃度KCl 中的溶解度

－○－琥珀醯化產物 Succinylated

－●－乙醯化產物　Acetylated

Fig. 4　Protein solubility of acylated squid protein in various concentration KCl solution as a function of degree of acylation.

另外，我們將86％琥珀醯化產物、91％乙醯化產物及對照組三者加以比較，如圖5所示。我們可以看出魷魚醯化產物的溶解度會隨KCl濃度的增加而遞減，琥珀醯化產物的溶解度仍比對照組高出一倍以上；但是，乙醯化產物則在2.4 M KCl濃度下的溶解度比對照組略低。在對照組方面，則在0.6 － 2.4 M KCl 溶液中的溶解度爲最高，達20％；此點和魷蛋白質中的鹽溶性蛋白質的溶解範圍相符合[22]。這些現象和其他蛋白質的醯化產物相類似，Narayana 等人[4]研究winged bean flour乙醯化產物在1 M NaCl 中的溶解度，比在蒸餾水中的溶解度爲低。而羽田野等人[11]亦指出鰮肌纖維的醯化產物的溶解度會隨著NaCl 的濃度的提高而遞減。

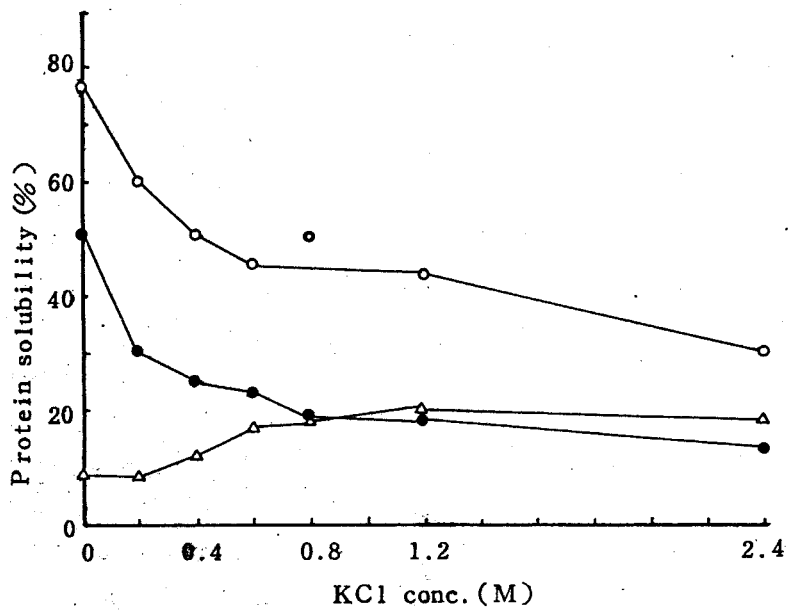

圖5　魷蛋白和其醯化產物在不同濃度KCl中的溶解度之比較
－△－對照組Control
－○－86％琥珀醯化產物Succinylated product
－●－91％乙醯化產物Acetylated product

Fig. 5　The solubility of squid protein and its acylated products in various concentration KCl solution.

㈢在不同溫度下的蛋白質溶解度：

魷蛋白的醯化產物在不同溫度下的溶解度，如圖6所示，均比對照組（圖7）爲高；琥珀醯化產物在超過86％修飾程度時會略爲下降，但是，乙醯化產物則隨著修飾程度的提高而增加。

接著比較86％琥珀醯化產物、91％乙醯化產物及對照組的溶解度，如圖7所示；琥珀醯化產物的溶解度會隨著溫度的提高而略爲下降（由5℃的90％降至90℃的70％），但三者之間仍居最高值。而乙醯化產物則幾乎不受溫度的影響，均維持在50 － 55％；而對照組則隨著溫度的上升會略爲增加（在7 － 15％）。此種現象和鰮肌纖維蛋白質醯化產物的情況有所不同[11][13]；就後者而言，其對照組會隨著溫度的提高而呈現急速下降的現象；而醯化產物則隨著溫度的上升而略爲下降。

㈣魷蛋白醯化產物在試管中的消化率：

將魷蛋白的醯化產物分別使用胃蛋白酶或胰蛋白酶各在試管中進行分解消化，測定其消化率，結果如表3及表4所示。結果顯示出，不論是胃蛋白酶的消化率抑或胰蛋白酶的消化率，醯化產物

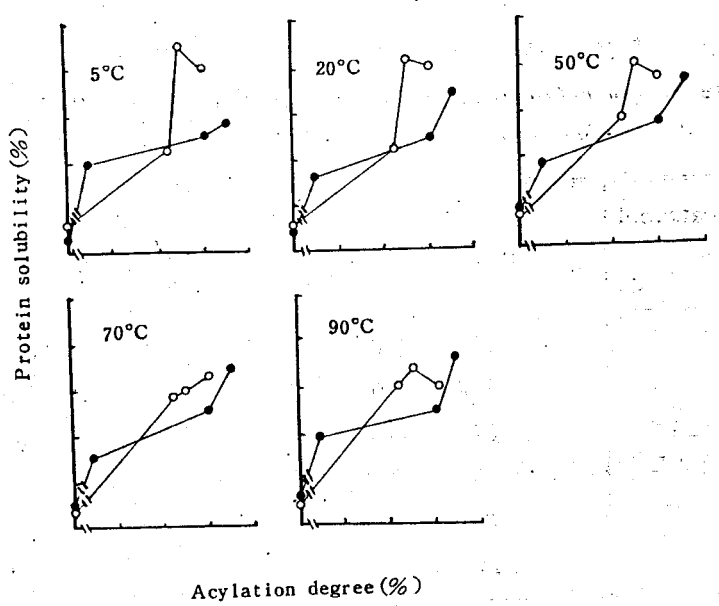

圖 6　不同醯化程度的魷蛋白在不同溫度下的溶解度
－○－琥珀醯化產物 Succinylated
－●－乙醯化產物　Acetylated

Fig. 6　Protein solubility of acylated squid protein in various temperature as a function of degree of acylation.

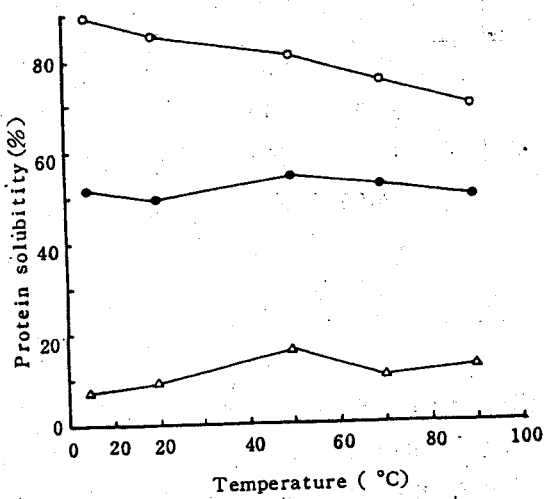

圖 7　魷蛋白和其醯化產物在不同溫度下的溶解度之比較
－△－對照組 Control
－○－ 86 %琥珀醯化產物 Succinylated product
－●－ 91 %乙醯化產物 Acetylated product

Fig. 7　The solubility of squid protein and its acylated products in various temperature.

表 3　魷蛋白和其琥珀醯化產物在試管中之蛋白質消化率

Table 3　*In vitro* digestibility of squid protein and its succinylated products (%).

Treatment / Succinylation degree	Pepsin treatment	Trypsin treatment
0	21.60 (100)	9.67 (100)
31	22.02 (102)	11.60 (120)
83	22.41 (104)	12.12 (125)
86	23.45 (109)	14.29 (148)
89	20.58 (95)	9.91 (102)
91	21.08 (96)	11.97 (124)

表 4　魷蛋白和其乙醯化產物在試管中之蛋白質消化率

Table 4　*In vitro* degestibility of squid protein and its acetylated products (%).

Treatment / Succinylation degree	Pepsin treatment	Trypsin treatment
0	37.60 (100)	24.78 (100)
65	31.75 (84)	24.31 (98)
91	45.14 (120)	27.98 (113)
95	46.55 (124)	27.15 (109)
96	40.95 (109)	25.16 (102)
97	36.41 (97)	29.95 (121)

的值，除一小部份外，均與對照組相等或略高些。以琥珀醯化產物而言，若把對照組的消化率當做 100，則前者在胃蛋白酶的消化率爲 95 － 109，在胰蛋白酶的消化率爲 102 － 148。乙醯化產物亦有相同的結果，其在胃蛋白酶中的消化率爲 84 － 124，在胰蛋白酶的消化率爲 98 － 121。這項結果和其他動物性或植物性蛋白質有很大差異的地方；Groninger[14,15] 及 Miller[16] 均指出大目鰱肌纖維蛋白的醯化產物的蛋白質利用率有顯著降低的現象。而根據 Federico[13] 的研究亦指出鰛肌纖維蛋白的醯化產物在試管中的消化率有顯著的下降情形。造成這種差異的原因尚不十分明瞭，很有可能是魷蛋白質的生化特性和其他蛋白質不同所致；右田[23] 及 Matsumoto[24] 指出魷肌纖維的構造和一般魚類不同，且其容易溶於水，在鹽溶液中有很强的膨潤現象，這些現象都和其他魚類大不相同。

摘　要

魷魚胴肉經加水磨碎成10％（W/V）溶液，再添加無水琥珀酸或無水乙酸，在pH 7－8及5℃中進行醯化反應；其最高醯化程度分別爲琥珀醯化91％，乙醯化97％。

魷魚胴肉的醯化反應可分爲二個階段，當藥劑的添加量在0.4克／克蛋白質以下時，其反應速度非常快速。而當藥劑添加量在0.4克／克蛋白質以上時，則反應速度趨於緩慢。將所製得的醯化產物，利用色差儀測定其色澤，結果發現琥珀醯化產物的白度、色差及色調三方面均比乙醯化產物及對照組爲高，且醯化程度愈高其值也愈高。進一步探討其在不同pH（2－12），不同鹽濃度（0－2.4 M）及不同溫度（5－90℃）的蛋白質溶解度，結果除了乙醯化產物在高鹽濃度（2.4 MKCl）的溶解度比對照組略低外，其他的試驗組均比對照組爲高；而且，當其醯化程度愈高其溶解度也愈高。但是，當琥珀醯化程度超過86％及乙醯化程度超過91％時，其溶解度反而略爲下降。

比較各個樣品在試管中的胃蛋白酶及胰蛋白酶的消化率，結果顯示醯化產物的消化率均與對照組相同或略高；此點是和其他動物性或植物性蛋白質的試驗結果大有不同的地方。

謝　辭

本報告得以完成，承蒙本系主任王文亮先生，不斷地鼓勵、指導；李友松先生之協助，使本試驗能順利完成，謹此誌謝。

參考文獻

1. Brekke, C.J. and T.A. Eisele (1981). The role of modified protein in the processing of muscle foods. *Food Technology*, **35**, 231－234.
2. Franzen, K.L. and J.E. Kinsella (1976). Functional properties of succinylated and acetylated soy protein. *J. Agric. Fd. Chem.*, **24(4)**, 788－795.
3. Choi, Y.R., E.W. Lusas and K.C. Rhee (1983). Molecular structure and functionalities of protein isolates prepared from defatted cottonseed flour succinylated at various levels. *J. Fd. Sci.*, **48**, 1275－1278.
4. Narayana, K. and M.S. Narasinga Rao (1984). Effect of acetylation and succinylation on the functional properties of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) flour. *ibid.*, **49**, 547－550.
5. Hirotsuka, M., H. Taniguchi, H. Narita and M. Kito (1985－a). Phosphorylation of soybean protein. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **32(9)**, 622－625.
6. Hirotsuka, M., H. Taniguchi, H. Narita and M. Kito (1985－b). Properties of spray dried powder of phosphorylated soy protein isolate. *ibid.*, **32(9)**, 626－629.
7. Ma, C.Y., B.D. Oomah and J. Holme (1986). Effect of deamidation and succinylation on some physicochemical and baking properties of gluten. *J. Fd. Sci.*, **51(1)**, 99－103.
8. Gossett, P.W. and R.C. Baker (1983－a). Effect of pH and succinylation on the water retention properties of coagulated, frozen and thawed egg albumen. *J. Fd. Sci.*, **48**, 1391－1394.
9. Gossett, P.W., S.S.H. Rizvi and R.C. Baker (1983－b). Selected rheological proper-

ties of pH-adjusted or succinylated egg albumen. *ibid.*, **48**, 1395 − 1398.

10. Sun, C.T. (1983). Texturization of fish gels within succinylated proteins. Proceeding of the sixth international congress of food science and technology. Dublin, Sept. 18 − 23, p. 165 − 166. Ed. by Mclouglin J.V. and Mckenna, B.M., Boole press, Dublin.

11. 羽田野六男、高野秀明、高間浩藏, Federico Cabling, 座間宏一 (1979 − a). 多獲性多脂魚タンパク質の高度利用 − Ⅱ・マイワツ・サクシニル化筋原纖維タンパク質の化學的性質と機能特性。日本水產學會誌, **45(7)**, 861 − 865.

12. 羽田野六男、高野秀明、高間浩藏、座間宏一 (1979 − b). 多獲性多脂魚タンパク質の高度利用 −Ⅲ・マイワシ・サクシニル化筋原纖維タンパク質の乳化性と可溶性。日本水產學會誌, **45(8)**, 951 − 954.

13. Federico, C., M. Hatano and K. Zama (1985). Some chemical and functional properties of acetylated myofibrillar protein from sardine. *Bull. Japan. Soc. Sci.* Fisher., **51(11)**, 1875 − 1882.

14. Groninger Jr, H.S. (1973). Preparation and properties of succinylated fish myofibrillar protein. *J. Agri. Fd. Chem.*, **21(6)**, 978 − 981.

15. Groninger Jr, H.S. and R. Miller (1975). Preparation and aeration properties of an enzyme-modified succinylated fish protein. *J. Fd. Sci.*, **40**, 327 − 330.

16. Miller. R. and H.S. Groninger Jr. (1976). Functional properties of enzyme-modified acylated fish protein derivatives. *ibid.*, **41**, 268 − 272.

17. Hall, R.J., N. Trinder and D.I. Givens (1973). Observations on the use of 2,4,6 - trinitrobenzenesulphonic acid for the determination of available lysine in aminal protein concentrates. *Analyst*, **98**, 673 − 686.

18. 李秀、賴滋漢 (編著) (1976). 食品分析與檢驗。163 − 165 , 精華出版社出版, 中華民國.

19. 齋藤恒行, 內山 均, 梅本 滋, 河端俊治 (1974). 水產生物化學・食品學實驗書。204 − 206, 恒星社厚生閣版, 日本東京.

20. Bergmeyer, H.U.(ed.) (1963). Methods of enzymatic analysis. 819 − 823, Germany.

21. 堀末隆男、神立 誠 (1966). 草類蛋白質の榮養價 (第14報) 莖葉のフェノール化合物およびオルソジフェノールオキシダーゼの蛋白質の消化率におよぼす影響。農化, **40(12)**, 449 − 455.

22. Horie, N., T. Tsuchiya and J.J. Matsumoto (1975). Studies on ATPase activity of actomysoin of squid mantle muscle. *Bull. Japan. Sco. Sci., Fisher.* **41(10)**, 1039−1045.

23. 右田正男 (1953). イカ肉の特性。日水誌, **18(10)**, 558 − 568.

24. Matsumoto, J.J. (1959). Studies on muscle protein of the squid. *Bull. Japan. Sco. Sci. Fisher.*, **23**, 51 − 63.