

海藻蛋白質 抽出에 關한 研究

2. 食鹽可溶性 및 알콜可溶性 蛋白質의 抽出

李 康 鎬* · 柳 洪 秀* · 禹 順 姪**

STUDIES ON THE EXTRACTION OF SEA WEED PROTEINS

2. Extraction of NaCl and Alcohol Soluble Proteins

Kang-Ho LEE*, Hong-Soo RYU* and Soon-Im WOO**

In present study, the effects of various factors including the solvent concentration, extraction time and temperature, the ratio of sample *vs* extraction solvent, (w/v) and pH upon the extractability of the NaCl and alcohol soluble proteins of marine algae were investigated.

Eight species of fresh algae, the major ones in consumption as food, namely *Porphyra suborbiculata*, *Undaria pinnatifida*, *Hizikia fusiforme*, *Sargassum fulvellum*, *Enteromorpha linza*, *Sargassum kjellmanianum*, *Codium coarctatum*, and *Ulva pertusa* were used for the extraction of NaCl soluble protein and dried materials of four species, *Porphyra suborbiculata*, *Undaria pinnatifida*, *Enteromorpha linza* and *Sargassum fulvellum* were used for the extraction of alcohol soluble protein. The frozen and mascerated samples were prepared by the same method described in previous paper (Ryu, 1977). And the dried materials were moistened with alcohol solution before freezing.

The effect of solvent concentration on the extractability of NaCl soluble protein differed from species. The extractability of *Undaria pinnatifida*, *Hizikia fusiforme*, *Porphyra suborbiculata*, *Enteromorpha linza*, and *Ulva pertusa* reached maxima at 0.25M NaCl solution while the 1.0M for *Sargassum fulvellum*, *Sargassum kjellmanianum* and *Codium coarctatum*. In case of alcohol soluble proteins, it was shown at 20% ethanol solution for *Porphyra suborbiculata*, *Undaria pinnatifida*, *Enteromorpha linza*, and *Sargassum fulvellum*.

Variation of the ratio of sample *vs* solvent gave slight effect upon the extractability, but the ratio of 1:30(w/v) seemed most efficient for the extraction of NaCl soluble proteins and 100 ml solvent added to 1 g dried sample was effective in case of alcohol soluble proteins.

Extraction time has a minimal effect upon the extraction of alcohol soluble protein, and approximately 21 to 43% of algal protein was extracted within 1 hour. But in case of NaCl soluble protein extraction, the effect of time revealed differently from species to species resulting in that the extraction for 1 hour gave a maximum extractability in *Ulva pertusa* and *Enteromorpha linza*, 2 hours in *Porphyra suborbiculata*, *Codium coarctatum* and 3 hours in *Undaria pinnatifida*, *Hizikia fusiforme*, *Sargassum fulvellum* and *Sargassum kjellmanianum*.

When the NaCl soluble protein of *Undaria pinnatifida* and *Enteromorpha linza* was extracted at

* 부산수산대학, 식품공학과, National Fisheries University of Busan

** 부산여자대학, 식품영양학과, Busan Women's University

various temperature, the most effective extraction temperature was 40°C while the temperature was 50°C for *Undaria pinnatifida* and 60°C for *Hizikia fusiforme*, *Sargassum fulvellum*, *Sargassum kjellmanianum* and *Codium coarctatum*. But in case of alcohol soluble extraction, the optimum temperature was 30°C for *Enteromorpha linza* and 40°C for *Undaria pinnatifida*, *Sargassum fulvellum* and *Porphyra suborbiculata*.

In the effect of pH on extractability, the maximum extractability of NaCl soluble proteins was obtained at pH 7 to 8 and pH 8 to 9 for alcohol soluble protein.

緒 言

蛋白質含量이 많다고 알려진 食用 海藻의 效率的인 利用을 爲한 基礎研究의 하나로 前報(柳, 1977)에 이어, 食用海藻의 食鹽可溶性 및 알콜可溶性 蛋白質 抽出條件에 關하여 檢討하였다.

海藻의 食鹽可溶性 蛋白質에 關한 研究는 아직 찾아보지 못하였고 알콜可溶性에 對하여는 Ito(1965), 高木(1967) 등의 알콜可溶性 蛋白質 定量에 關한 報告가 있는 程度이다. 그러나 葉蛋白質 및 單細胞蛋白質(SCP)의 分野에서는 效果的인 蛋白質 抽出을 爲하여 抽出條件에 關한 廣範한 研究가 進行되고 있다. 예를 들면 神立(1957, 1960)와 Hang(1970) 등의 콩알 또는 各種 豆類의 食鹽可溶性 및 알콜可溶性 蛋白質의 抽出, Samson 등(1971), Lu 등(1972)의 coconut, alfalfa에 對한 鹽溶性 및 알콜可溶性 蛋白質의 抽出 등이 있으며, 이 以外 Akin 등(1974), Betschart 등(1975)의 研究를 들 수 있다.

이러한 研究 추세에 비추어 海藻의 食鹽可溶性 및 알콜可溶性 蛋白質의 分布와 그 抽出條件을 實驗하였다. 試料로서는 利用도가 높고 量的인 分布가 큰 미역(*Undaria pinnatifida*), 모자반(*Sargassum fulvellum*), 셀만포자반(*Sargassum kjellmanianum*), 잎파래(*Enteromorpha linza*), 동근돌김(*Porphyra suborbiculata*), 누운칭가(*Codium coarctatum*), 툯(*Hizikia fusiforme*) 및 구멍갈파래(*Ulva pertusa*) 등을 擇하여 藻體의 破損效果가 좋았던(柳, 1977) dry ice-methanol에 依한 凍結法으로 食鹽 및 알콜의 濃度, 試料-溶媒比(w/v), 抽出溫度 및 時間, 溶媒의 pH 등에 따른 抽出成績을 實驗하는 同時에 抽出溶媒의 pH에 따른 純蛋白質의 抽出成績을 檢討하였다.

材料 및 方法

1. 試 料

試料는 1977年 5月 17日에서 26日 사이에 慶南 梁

山郡 機張面 大邊里 西岩마을 앞바다에서 採取하여 精選한 뒤 5g씩 polyethylene주머니에 密封包裝한 뒤 供試하여 食鹽可溶性 蛋白質 抽出條件을 檢討하였고, 同年 5月 30日 上記 場所에서 採取한 海藻를 7時間 日乾하여 大型 polyethylene주머니에 密封한 뒤 desiccator에 보관하여 貯藏하면서 알콜可溶性 蛋白質 抽出條件을 檢討하였다.

2. 實驗方法

1) 水分: 常壓加熱減量法에 依하였다.

2) 粗蛋白質: Micro kjeldahl法에 依하였는데 蒸溜裝置는 島津micro kjeldahl 蒸溜裝置를 使用하였고 滴定時에는 N/100 H₂SO₄와 NaOH 및 methyl red-methylene blue (1:2) 混合指示藥을 使用하였다.

3) 試料의 處理

① 生試料: 前報(柳, 1977)와 같이 처리하였다.

② 乾燥試料: Desiccator속에 보관한 日乾試料를 0.2×0.2 cm² 程度로 細切한 후 1g씩 取하여 polyethylene주머니에 넣고, 抽出溶媒 2 ml를 加한 後 密

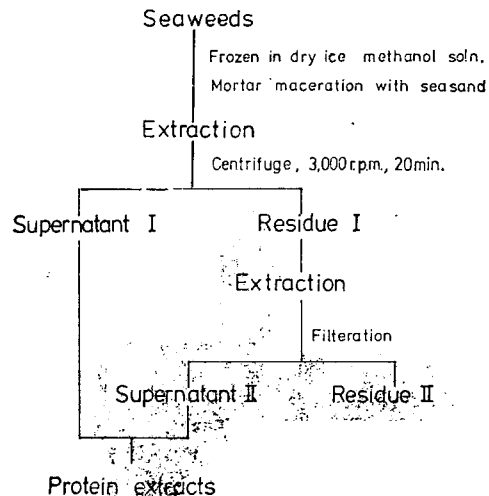


Fig. 1. Schematic diagram for preparing protein extracts.

封하여 Fig. 1과 같이 dry ice-methanol 寒劑 中에 10分間 浸漬 凍結 시킨 後 막자사발에서 海砂 7.5 g과 소량의 dry ice 片을 加하고 7分間 攪拌한 것을 소정 濃度의 ethanol 100 ml로서 恒溫水槽에서 $50 \pm 1^\circ\text{C}$, 2時間 抽出한 것을 20分間 遠心分離(3,500 r. p. m) 시킨 뒤 그 上澄液 20 ml를 取하여 窒素를 定量하였다.

4) TCA 沈澱物

pH를 달리한 溶媒(pH 1~14)로서 抽出한 抽出液 50 ml에 30% TCA 용액 17 ml를 加하여 교반한 뒤 常溫에서 放置한 結果 얻어진 沈澱物을 濾過하여 窒素量을 測定하였다.

結果 및 考察

1. 食鹽 및 알콜濃度의 影響

蛋白質 抽出에 對한 抽出溶媒 濃度의 影響을 檢討하기 爲하여 乾燥 生試料 5g에 0.1M, 0.25M, 0.5M, 1.0M, 1.5M, 2M의 食鹽溶液 100 ml를 加하여 $50 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 2時間 抽出한 結果는 Fig. 2(a, b)와 같으며, 乾燥試料 1g에 濃度 10% 間隔, 10~90% 범위의 에탄올 100 ml를 加하여 $50 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 2時間 抽出한 結果는 Fig. 2(c)와 같다.

이 結果에 依하면 食鹽可溶性 蛋白質에 있어서 돌김, 미역, 툇, 잎파래, 구멍갈파래는 0.25M에서, 모자반, 셀판모자반, 누운청각의 경우는 1.0M에서 最

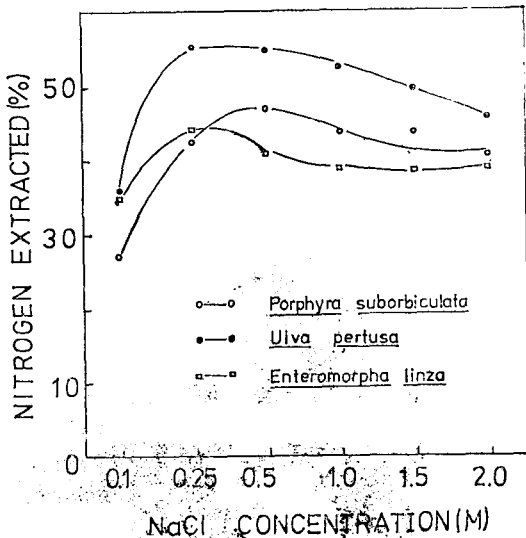


Fig. 2(a). Effect of NaCl concentration on extractability of protein.

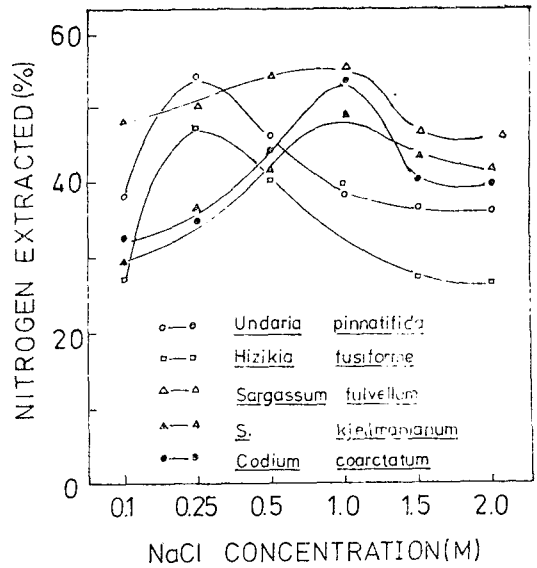


Fig. 2(b). Effect of NaCl concentration on extractability of protein.

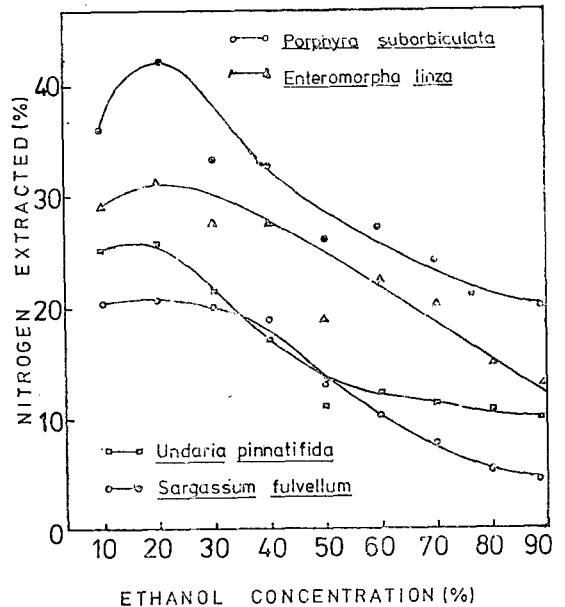


Fig. 2(c). Effect of ethanol concentration on extractability of protein.

은 抽出成績을 보였다. 이러한 傾向은 Gheyasuddin (1970) 등이 해바라기씨의 食鹽可溶性 蛋白質 抽出條件實驗에서 1.0M, Hang 등(1970)의 mung bean 에 對한 實驗에서 0.75M로 70~80%의 단백질(全體蛋白質에 對한) 抽出成績을 보였던 것과, Samson 등(1971)의 coconut에 對한 1.0M에 比較하면 매우 낮

은 食鹽濃度이다. 食鹽의 最適濃度는 海藻의 粘質物含量이 많을수록 높아져 가는 傾向을 엿볼 수 있었다. 알콜可溶性 蛋白質의 경우 Fig. 2(c)와 같이 全試料가 20%의 에타놀에서 最高의 抽出成績을 보였으며, 그 量은 食鹽可溶性 蛋白質의 1/3~1/2정도로 全海藻蛋白質의 15~33% 程度 밖에 抽出되지 않았다. 그러나 Samson등(1971), Betschart (1975)은 70% 에타놀 溶液에서 蛋白質을 抽出하여 全蛋白質의 7~13% 추출가능했다고 하며 Ito(1965)는 홍조류인 *Gymnogongrus flabelliformis*에서 80% 에타놀로 22.5%정도 抽出했다고 보고하고 있으며, 神立(1957, 1960)은 70% 에타놀로서 콩잎의 全蛋白質에 對하여 9.4% 알콜可溶性 蛋白質을 抽出했다고 보고하고 있다. 이에 比하면 本實驗에 使用된 海藻의 경우는 다소 높은 편에 속한다. 한편 SCP제조에 있어서 Akin등(1974)이 酵母인 *Candida utilis*의 알콜可溶性 蛋白質 抽出實驗 結果에서 10% 에타놀에서 全窒素의 79~84%, 50%에서 54%, 70%에서는 49% 정도로 알콜의 濃度증가에 따라 抽出成績이 감소하였고 Fig. 2(c)와 같이 海藻의 알콜可溶性 蛋白質抽出에 있어서도 같은 傾向을 나타내었다.

2. 試料—抽出溶媒比(w/v)의 影響

蛋白質 抽出에 對한 抽出溶媒量의 影響을 檢討하기 爲하여 1에서 얻은 最適 食鹽濃度의 溶媒를 凍結磨碎試料 5g에 대하여 1:10~1:50의 比로 加하여

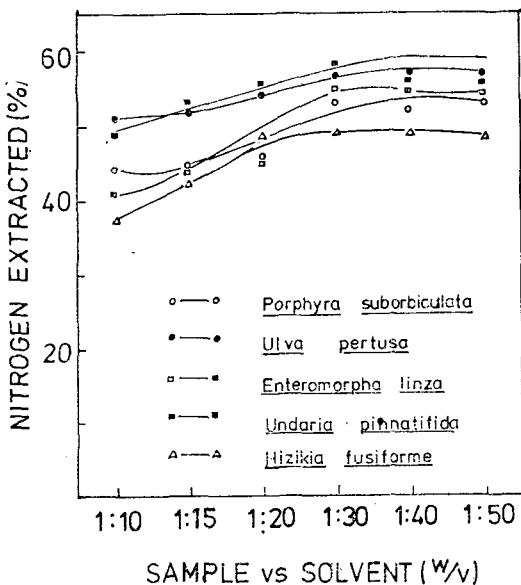


Fig. 3(a). Effect of the ratio of sample vs solvent (0.25M NaCl) on protein extractability.

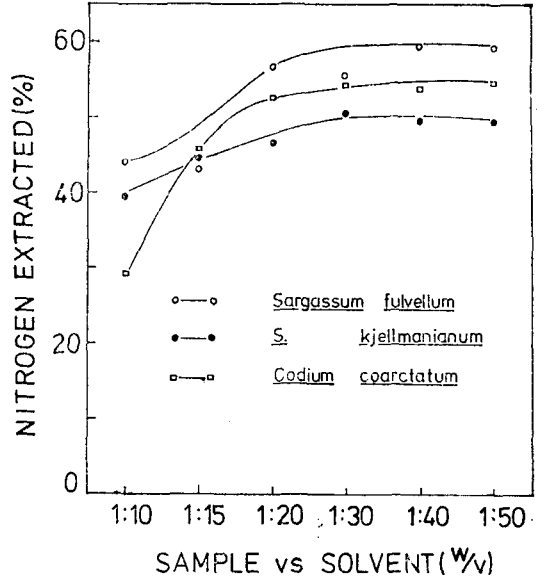


Fig. 3(b). Effect of the ratio of sample vs solvent (1.0M NaCl) on protein extractability.

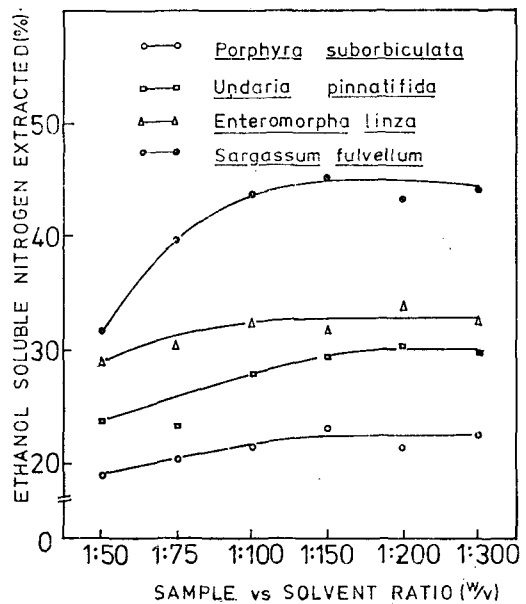


Fig. 3(c). Effect of the ratio of sample vs solvent (20% ethanol) on protein extractability.

50±1°C, 2時間, pH 6.6에서 抽出한 結果는 Fig. 3(a, b)과 같으며, 凍結磨碎乾燥試料 1g에 대하여 20% 에타놀을 1:50~1:300의 용매比로 加하여 抽出한 窒素量을 總窒素量에 對한 百分率로 表示한 結果는 Fig. 3(c)과 같다. 이 結果에 依하면 前報(柳, 1977)의 水溶性 蛋白質 抽出條件에서의 添加水量은 試料種類

에 따라 약간 差異가 있었으나, 食鹽可溶性 蛋白質에서는 全試料가 1:30(w/v)에서 가장 좋은 抽出成績을 보였고, 그 以上에서는 이와 큰 差異를 보이지 않았으며, 누운정각, 톳, 모자반 등은 1:30(w/v) 以下の 溶媒量으로는 極히 抽出成績이 좋지 못한 결과를 보였다. 食鹽可溶性 蛋白質의 抽出은 Hang등(1970)이 1:40(w/v)에서, Betschart(1973), Samson등(1971)이 1:30(w/v), Gheyasuddin등(1970)이 1:25(w/v)에서 最適이라는 報告와 같이 添加하는 食鹽水의 量이 試料에 對하여 1:30(w/v) 以上の 充分한 溶媒量이 必要한 것으로 나타났다. 알콜可溶性 蛋白質의 경우에는 水溶性 및 食鹽可溶性 蛋白質의 경우와는 달리 溶媒量의 影響이 뚜렷하지 않았고 全試料 모두 乾燥試料 1g에 對하여 100 ml의 에타놀을 添加했을 경우가 다소 좋았으며 抽出成績은 모자반 미역, 둥근돌김, 잎파래 順이었다.

3. 抽出時間의 影響

蛋白質 抽出에 對한 抽出時間의 影響을 檢討하기 爲하여 1,2에서 얻은 最適濃度, 溶媒量으로 凍結磨碎한 生試料 5g과 乾燥試料 1g으로 食鹽可溶性 및 알콜可溶性 蛋白質을 50±1°C에서 抽出時間別로 測定한 結果는 Fig. 4(a, b) 및 Fig. 4(c)과 같다. 이 結果에 依하면 食鹽可溶性 蛋白質은 구멍갈파래, 잎파래에서 1時間, 둥근돌김, 누운정각에서 2時間, 미

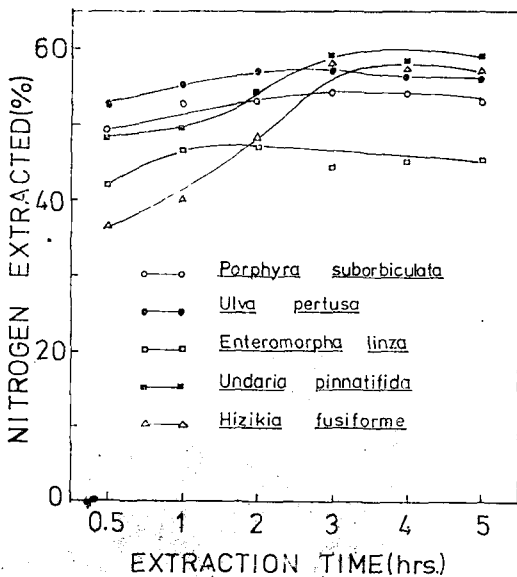


Fig. 4(a). Effect of extraction time on protein extractability with 0.25M NaCl at 50°C.

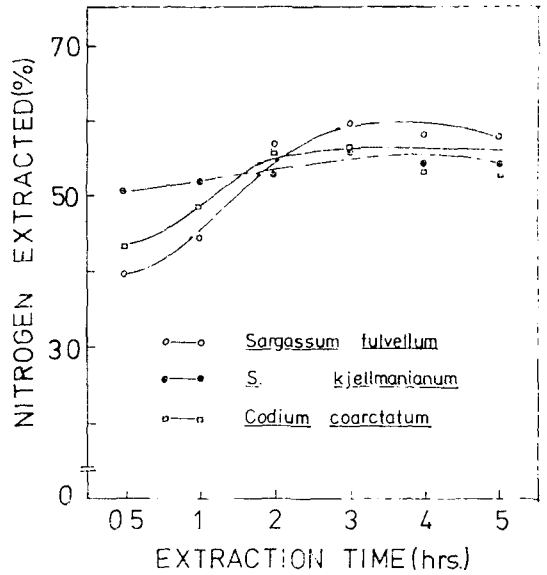


Fig. 4(b). Effect of extraction time on protein extractability with 1.0M NaCl at 50°C.

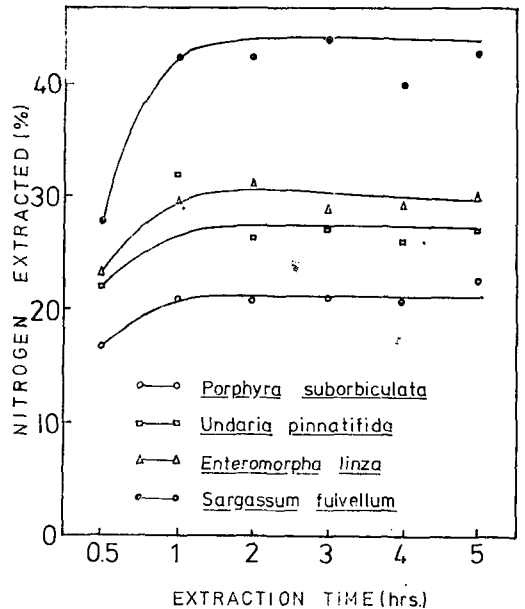


Fig. 4(c). Effect of extraction time on protein extractability with 20% ethanol at 50°C.

역, 톳, 모자반, 셀만모자반은 3時間에서 抽出成績이 좋았으며 그 以上の 時間에서는 別差가 없었다. 알콜可溶性의 경우에는 全試料가 1時間에서 좋은 抽出成績을 보였고 30分間 抽出된 量과 比較하면 모자반의 경우가 增加幅이 가장 큰 結果를 얻었다. Ghey-

asuddin등(1970)은 해바라기씨의 食鹽可溶性 蛋白質 抽出實驗에서 30分 程度이면 充分하다고 했으며, Samson등(1971)은 coconut meal에서 15分, Betschart(1975)는 30分 程度면 最適時間이 된다고 報告하고 있으나, 海藻의 蛋白質 抽出에 있어서는 藻體의 強韌度와 粘質物 含量에 크게 影響을 받는 것이 아닌가 생각되는데 그 例로서 차등(1976)과 추등(1977)의 報告에서 보듯이 海藻體의 強韌度와 密接한 關係를 가지고 있는 粗纖維의 量이 미역 7.6%, 셀란모자반 6.0%, 락청각이 5.0%로 높고 그에 비하여 구멍갈파래가 2.5% 정도인 것을 감안하면 粗纖維의 含量이 抽出에 影響을 미치는 것으로 볼 수 있으며, 食鹽可溶性 蛋白質 抽出에는 15~30分이면 앞의 報告 (Gheyasuddin, Samson, Betschart)에서 供試한 試料의 粗纖維含量이 2.74~4.3%에 不過한 것을 미루어 보아도 알 수 있는 것이다. 粘質物의 主成分이라고 생각되는 다당류(manitol+alginic acid)가 추등(1977)의 보고에서 보듯이 미역이 6.9%에 달하고 있으며, 洪(1963)의 綠藻類, 褐藻類 및 紅藻類의 遊離糖 含量의 比較 結果를 감안하면 藻體가 強韌하고 粘質物의 含量이 많을수록 抽出時間이 길어짐을 알 수 있었으며, 알콜可溶性의 경우는 이러한 粘質物 등이 알콜에 依하여 溶出되거나 침전하여 1時間 以內에 充分히 抽出될 수 있었던 것으로 생각된다.

4. 抽出溫도의 影響

蛋白質 抽出에 對한 溫도의 影響을 檢討하기 爲하여 前項에서 얻은 最適 抽出濃度, 試料溶媒比(w/v) 및 抽出時間으로 30°C에서 90°C사이에서 蛋白質을 抽出 定量한 結果는 Fig. 5(a, b) 및 Fig. 5(c)과 같다. 이 結果에 依하면 食鹽可溶性 蛋白質에 있어서 잎파래, 구멍갈파래가 40°C에서 좋은 抽出成績을 보였고, 구멍갈파래가 잎파래보다 50°C 以上の 온도에서 추출율이 심하게 減少하는 傾向을 보였으며, 미역은 50°C에서 둥근돌김, 툇, 모자반, 셀란모자반, 누운청각은 60°C에서 最高의 抽出成績을 보였고 70°C에서 急激하게 減少하는 結果를 얻었다. 이상의 結果는 Gheyasuddin(1970)도 70°C에서 蛋白質 抽出率이 減少한다고 報告하고 있는데 主食鹽可溶性이라 볼 수 있는 globulin은 55°C까지 熱에 安定하다는 一般論에 비추어 海藻의 食鹽可溶性 蛋白質은 60°C 以上の 溫度에서 變性되어 抽出成績이 떨어지는 것이 아닌가 생각된다. 알콜可溶性 蛋白質은 Fig. 5(c)와 같이 잎파래는 30°C에서, 둥근돌김, 미역, 모자반은 40°C에서 最高의 抽出成績을 보였다.

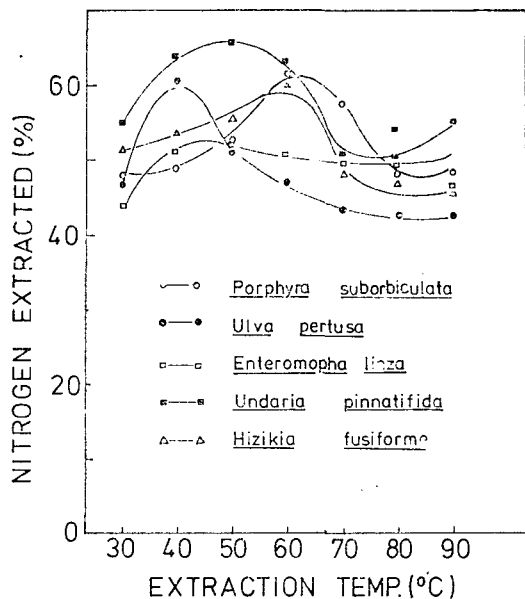


Fig. 5(a). Effect of extraction temperature on protein extractability with 0.25M NaCl for 3 hours.

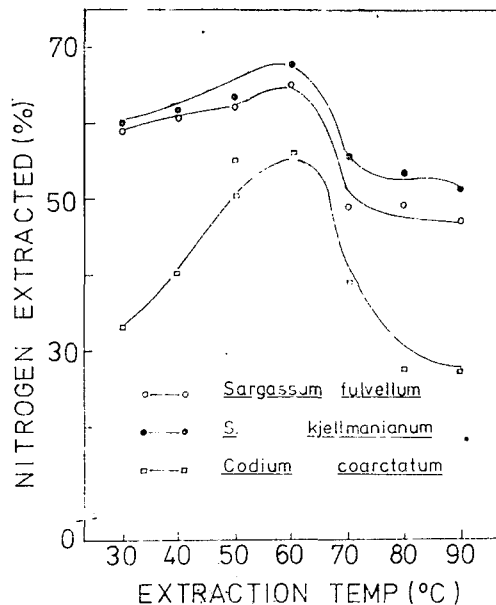


Fig. 5(b). Effect of extraction temperature on protein extractability with 1.0M NaCl for 3 hours.

5. pH의 影響

食鹽可溶性 및 알콜可溶性 蛋白質 抽出에 對한 pH의 影響을 檢討하기 爲하여 前項에서 얻어진 最適濃

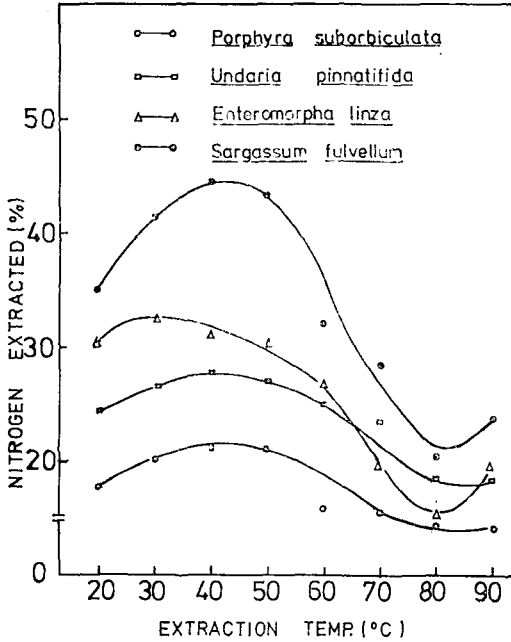


Fig. 5(c). Effect of extraction temperature on protein extractability with 20% ethanol.

度, 時間, 溫度에서 最適溶媒量에 0.1M tris-buffer 25ml를 加한 뒤 0.1N NaOH와 0.1N HCl로서 pH 1에서 14까지 調節하여 食鹽可溶性 및 알콜可溶性蛋白質을 抽出하고, 抽出된 알콜可溶性蛋白質을 30% TCA 溶液으로 沈澱시켜 窒素量을 測定한 結果는 Fig. 6(a, b) 및 Fig. 6(c, d)와 같다. 이 結果에 依하

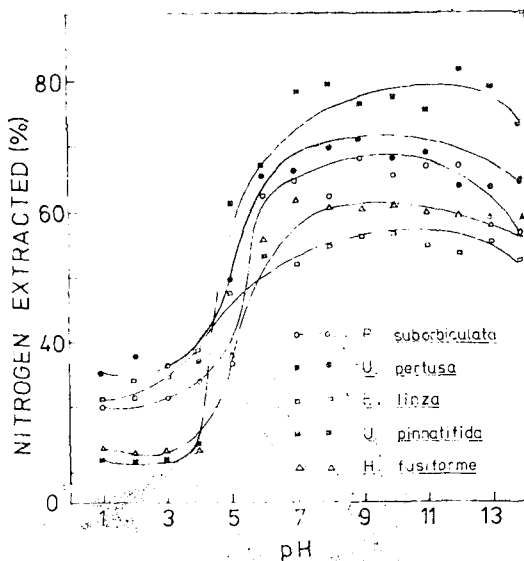


Fig. 6(a). Effect of pH on protein extractability.

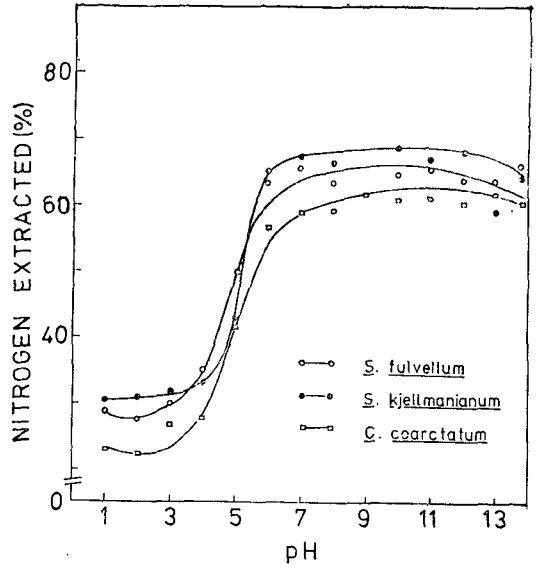


Fig. 6(b). Effect of pH on protein extractability.

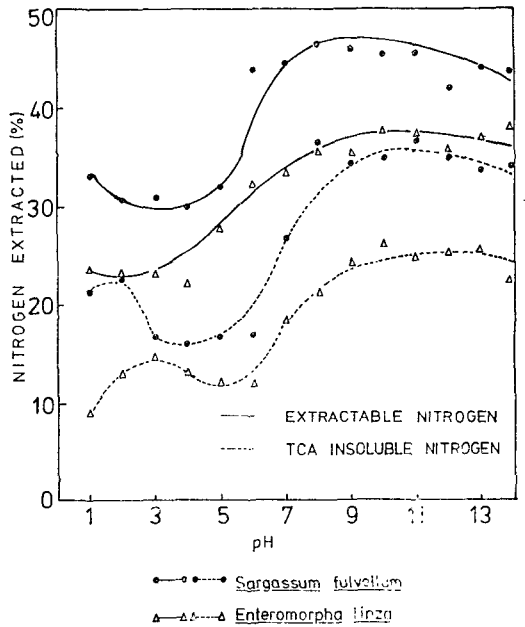


Fig. 6(c). Effect of pH on alcohol soluble protein extractability.

면 食鹽可溶性의 경우 pH 5와 6사이에서 蛋白質 抽出成績이 急激하게 增加하여 pH 8~10에서 좋은 抽出成績을 얻었으며, pH 10以上の 強알칼리에서는 이보다 약간 增加하다가 pH 13~14에서는 減少하였다. 알콜可溶性의 경우는 pH 9~11 사이에서 높은 抽出成績을 보였으며 TCA沈澱蛋白質도 이와 類似한 傾向을 보였으나 pH 9以上の 알칼리에서는 TC

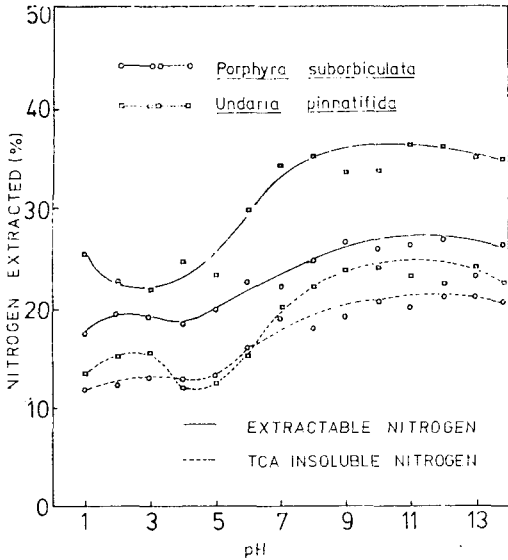


Fig. 6(d). Effect of pH on alcohol soluble protein extractability.

A 沈澱蛋白質 增加幅이 抽出蛋白質의 增加幅보다 낮은 傾向을 보였다. 이러한 傾向은 알칼리로 인한 藻體 分解物의 混入이나 알칼리可溶性 海藻粘質物의 抽出로 인한 非蛋白態窒素의 增加에 기인된 것이라고 짐작되며, 또 pH 10 以上の 높은 pH에서 蛋白質을 抽出할 경우에는 Hill(1965)의 說明과 같이 蛋白質 變性에 依한 營養價의 低下 등이 招來되는 事實 등을 고려한다면 食鹽可溶性 蛋白質은 pH 7~8에서, 알콜可溶性 蛋白質은 pH 8~9에서 抽出함이 바람직한 것 같다.

要 約

分布量이 많고 食用되고 있는 重要海藻인 둥근돌김, 잎파래, 구멍갈파래, 미역, 툇, 모자반, 셀만모자반, 누운칭자의 食鹽可溶性 및 알콜可溶性 蛋白質 抽出에 影響을 주는 諸要素 即 抽出溶液의 濃度, 溶媒量, 時間, 溫度, pH의 影響을 檢討하고 pH에 따른 TCA 沈澱蛋白質을 定量한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 食鹽可溶性 蛋白質에 있어서 미역, 툇, 돌김, 잎파래, 구멍갈파래는 0.25M의 食鹽溶液에서, 모자반, 셀만모자반, 누운칭자는 1.0M에서 가장 좋은 抽出成績을 얻었으며, 알콜可溶性 蛋白質은 全試料(미역, 모자반, 잎파래, 둥근돌김)가 20% 에 타놀에서 가장 좋은 抽出成績을 보였다.

2. 試料—抽出溶媒比(w/v)는 食鹽可溶性의 경우 1:30(w/v)에서 알콜可溶性 蛋白質은 乾燥試料 1 g에 對하여 100 ml를 加할 때 抽出成績이 좋았다.

3. 抽出時間에 있어서 食鹽可溶性 蛋白質은 구멍갈파래, 잎파래가 1時間, 둥근돌김, 누운칭자이 2時間, 미역, 툇, 모자반, 셀만모자반은 3時間이 最適 抽出時間이었으며, 알콜可溶性 蛋白質은 全試料가 1時間이내, 抽出成績이 좋았다.

4. 抽出溫度는 食鹽可溶性일 경우, 잎파래, 구멍갈파래는 40°C에서, 미역은 50°C, 툇, 모자반, 셀만모자반, 누운칭자는 60°C에서 最高의 抽出成績을 보였고, 알콜可溶性은 잎파래가 30°C, 미역, 둥근돌김, 모자반이 40°C에서 最高의 抽出成績을 보였다.

5. pH의 影響은 各 試料마다 大同少異하며, 食鹽可溶性은 pH 7~8에서 알콜可溶性은 pH 8~9에서 成績이 좋았다.

文 獻

- Betschart, A. A. (1975) : Factors influencing the extractability of safflower protein (*Carthamus tinctorius* L.). J. Food Sci. 40, 1010—1013.
- Bruni, G. and B. Stancher(1974) : Possible use of the protein of some algae of the upper Adriatic after extraction of the valuable polysaccharide. Rass. Chim. 26(3), 151—154.
- Gheyasuddin, S., C. M. Cater and K. F. Mattil (1970): Effect of several variables on the extractability of sunflower seed proteins. J. Food Sci. 35, 453—456.
- Hang, Y. D., K. H. Steinkraus and L. R. Hackle (1970): Comparative studies on the nitrogen solubility of mung beans, pea beans and red kidney beans. J. Food Sci. 35, 318—320.
- Hill, R. L. (1965) : Hydrolysis of protein. In "Advances in Protein Chemistry" Vol. 20, 37, Academic Press. New York, N. Y.
- 洪淳佑(1963) : 海藻의 化學的 特性과 系統學的 相關關係에 關하여, 第二報 海藻類의 알콜溶出糖에 關한 研究. J. National Academy Sci. R. O. K., Natural Sci. Series 4, 73—79.

海藻蛋白質 抽出에 關한 研究

- Ito Keiji (1965) : Occurrence of D-glyceryl-taurine and amino acid pattern in the extractives of a red alga, *Gymnogongrus flabelliformis*. Bull. Japan Fish. Soc. Sci. 31(4), 307—311.
- 神立誠・保井忠彦(1957) : 草類蛋白質の營養價(第八報) 青刈大豆葉蛋白質の消化に及ぼす各種乾燥方法の影響について(其の2) 青刈大豆生葉蛋白質の消化について. 日農化 32(1), 62—68.
- 神立誠・保井忠彦(1960) : 上同研究(其の5). 低溫無通氣乾燥の影響. 日農化 34(11), 919—925.
- Lovland, J., J. M. Harper and A. L. Frey (1976) : Single cell protein for human food—a review, Lebensm-Wiss, U.-Technol. 9, 131—142.
- Lu, P. S. and J. E. Kinsella (1972) : Extractability and properties of protein from alfalfa leaf meal. J. Food. Sci. 37, 94—99.
- 朴榮浩・卞在亨・吳厚圭・姜泳周(1976) : 未利用海藻類의 利用化에 關한 研究 I. 未利用海藻類의 成分組成과 藻類蛋白質의 抽出. 韓水誌 9(3), 155—162.
- 卞在亨・朴榮浩・李康鎬(1977) : 養殖미역의 品質要因과 그 加工. 韓水誌 10(2), 115—125.
- 柳洪秀・李康鎬(1977) : 海藻蛋白質 抽出에 關한 研究 1. 水溶性 蛋白質의 抽出. 韓水誌 10(2), 115—125.
- Samson, A. S., C. M. Cater, R. N. Khaund and K. F. Mattil (1971) : Extractability of coconut proteins. J. Food Sci. 36, 725—728.
- 高木光造・大石圭一・奥村彩子(1967) : 數種海藻の遊離アミノ酸組成について. 日水誌 33(7), 669—673.