

어육 단백질 회수를 위한 알칼리 Pilot 공정과 회수 단백질의 특성

장영부¹ · 김근배² · 이근우² · 최영준^{3*}

¹부경대학교 생물공학과

²군산대학교 식품공학과

³경상대학교 해양생명과학부/해양산업연구소

Alkaline Pilot Processing for Recovery of Fish Muscle Protein and Properties of Recovered Protein

Young-Boo Jang¹, Gun-Bae Kim², Keun Woo Lee² and Yeung Joon Choi^{3*}

¹Dept. of Biotechnology & Bioengineering, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Major in Food Biotechnology, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

³Division of Marine Life Science/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

Abstract

Optimum operation condition for pilot scale of alkaline processing for fish muscle was investigated by measuring protein solubility, yield, texture, and water-holding capacity. Recovered protein yield was 33.2% for whole fish and 61.8% for minced muscle. Optimum homogenized speed and time, using industrial scale homogenizer, were 3,000 rpm and 5 min, respectively. Limited centrifugal force of continuous cylinder type was 4,000 rpm for recovering soluble protein, and 2,000 rpm for recovering precipitated proteins. The pH control agents such as citric acid, sodium phosphate and calcium oxide decreased the breaking force and deformation of recovered protein gel. The breaking force and deformation of the recovered proteins were high compared to conventional surimi. The breaking force and deformation were decreased by addition of salt, starch and bovine plasma proteins. Whiteness of recovered protein gel was lower than that of conventional surimi. Alkaline processing greatly decreased nitrogen content and chemical oxygen demand in waste water. The results suggest that alkaline processing has a potential as industrial production for recovering the proteins from fish muscle.

Key words: alkaline processing, recovered fish protein, texture, pilot processing

서 론

수리미는 어육을 마쇄하여 수세과정을 통해 가열 젤의 형성에 방해가 되는 물질(근형질 단백질, 육색소 및 혈색소, 지질 등)을 제거하고 근원섬유단백질만을 농축한 후 냉동변성 방지제를 첨가한 단백질 제품으로 다양한 수산가공품 가공을 위한 중간소재로 활용하고 있다(1). 그러나 근형질 단백질과 비단백태 질소 화합물을 제거하고 근원섬유 단백질을 회수하기 때문에 수율은 어체 중량의 25~28% 수준이다(2). 산 및 알칼리 pH에서 어육 단백질을 용해하고 등전점 침전을 통해 회수하는 새로운 어육 단백질 회수 공정은 31~33%의 높은 수율을 나타낼 뿐 아니라(3), 냉동어류 및 적색육 어류의 단백질 회수에 성공적으로 적용할 수 있었다(4,5). 그리고 알칼리 공정을 이용하여 축육에서 회수한 단백질의

가열 젤도 높은 파괴강도와 변형 값을 가진다(6).

연구실 규모의 알칼리 처리 공정을 이용하여 회수한 어육 단백질의 수율과 가열 젤 특성은 어종에 따라 다소 차이는 있으나, 수세 처리로 회수한 단백질에 비하여 5% 이상으로 수율과 파괴강도가 증가하였으며, 변형 값은 다소 낮은 것으로 보고하였다(7). 그러나 연구실 단위의 공정은 원료육의 처리량, 제조 공정의 규모, 단위 공정에 있어 pilot 규모와 차이를 보일 수 있기 때문에 산업화 공정으로 직접 활용하기에는 어려움이 따른다.

본 연구에서는 연구실 규모와 산업화 적용의 중간 단계로 알칼리 처리 방법으로 어육 단백질을 회수하기 위한 최적의 단위 공정의 조건과 회수한 단백질의 수율 및 가열 젤의 특성을 조사하였다.

*Corresponding author. E-mail: yjchoi@nongae.gsnu.ac.kr
Phone: 82-55-640-3115, Fax: 82-55-640-3111

재료 및 방법

재료

단백질 회수 공정에 따른 수율을 얻기 위해 냉동 부세, 냉동 꼬마민어, 냉동 백조기, 냉동 깡치(크기가 작아서 식용으로 사용하기 어려운 작은 민태), 망치 고등어 및 전갱이의 6종 어류를 사용하였으며, pilot 알칼리 공정의 최적화와 회수단백질의 특성 실험을 위해 냉동 깡치를 사용하였다. 깡치(*Johnius grypotus*; 체장, 11.5 ± 0.4 cm; 체중, 17.6 ± 2.4 g)는 부산시 소재 공동 어시장에서 구매하여 연구실로 운반하고 -20°C 의 동결고에 저장하면서 실험에 사용하였다. 냉동 보관한 깡치 20 kg을 수돗물에서 하룻밤 해동시킨 후 두부와 내장을 제거하고 수도수로 2회 세척한 다음 단백질 회수를 위한 시료로 사용하였다. 해동한 깡치의 평균 수분 함량과 조단백질 함량은 각각 76.8%와 18.2%였다.

어육 단백질의 회수

두부와 내장을 제거하고 수돗물에서 2회 세척한 어체를 meat grinder(model M-12S, Fujee Korea, Hwaseong, Korea)에서 2회 마쇄하고 마쇄육의 9 배량에 해당하는 수돗물을 첨가하여 산업용 균질기(0.4 kW, 3,600 rpm, Myungsung Electric Co., Seoul)로 3,000 rpm에서 5분 동안 균질화하였다. 현탁물에 6 N NaOH 용액을 첨가하여 pH 11.0으로 조절하여 단백질을 용해하였다. 어육 단백질의 분해를 최소화하기 위해 용해 시간은 2시간을 초과시키지 않았다. 용해한 단백질은 연속식 원심분리기로 7,500 rpm에서 원심 분리하여 회수하고, 뼈, 비늘 등의 미용해 물질은 잔사로 제거하였다. 회수한 용해 단백질에 6 N HCl을 첨가하여 pH를 5.0~5.5로 조절하여 30분 동안 단백질을 침전시킨 후, 연속식 원심분리기로 7,500 rpm에서 원심 분리하여 침전한 단백질을 회수하고, 회수한 침전 단백질에 냉동변성방지제(5% sorbitol, 4% sucrose, 0.3% polyphosphate)를 첨가하여 -20°C 의 동결고에 보관하면서 단백질 특성 측정을 위한 시료로 사용하였다. 어육 단백질의 회수를 위한 산처리 공정은 단백질 용해를 위해 pH 2.5를 사용한 것 외에는 알칼리 공정과 동일한 공정을 사용하였으며, 수세공정은 마쇄육에 3 배량의 증류수를 가하여 균질화하고 원심분리하는 과정을 3회 반복한 후 회수한 단백질을 시료로 사용하였다.

수분, 조단백질 및 수율의 측정

회수 단백질의 수분 함량은 적외선 수분 측정기(FD-600, Kett Electric Lab, Tokyo, Japan)로 측정하였고, 조단백질 함량은 semi-micro Kjeldahl 법(8)으로 측정하였다. 수율은 처리 단계별로 회수한 단백질의 고형물 함량을 원료어 및 마쇄육에 대한 중량비로 표시하였다.

용해도의 측정

pH 조절제의 농도에 따른 단백질의 용해도를 측정하기 위해 마쇄육 2 g에 18 mL의 pH 조절제(citric acid, sodium

phosphate 및 calcium oxide)를 첨가하고 균질기(M133, BioSpec products INC, Bartlesville, OK, USA)로 8,000 rpm에서 20초 동안 균질화하여 용액의 pH(Accumet AR15 pH meter, Fisher Scientific, Pittsburg, PA)를 측정한다. 다음 원심 분리하였다($2,451 \times g$, 10분). 원심분리하여 얻은 상층액의 단백질 농도는 Biuret 법(9)에 따라 측정하였으며, bovine serum albumin으로 작성한 표준곡선에 따라 단백질 농도를 계산하였다.

가열 젤의 제조

1 N NaOH 용액을 사용하여 동결 저장한 회수 단백질의 pH를 pH 7.0~7.5로 조절하고, 최종 수분함량이 78%가 되도록 얼음물과 2%가 되도록 소금을 고르게 살포하고 Stephan cutter/mixer(model UMC 5, Universal Machine INC, Hameln, Germany)로 저속에서 2분, 고속에서 3분 동안 혼합하였다. 혼합물은 비닐백에 넣어 진공포장기(Food Saver Ultra, Tilia International INC, China)로 기포를 제거하고 소세지 충전기(Sausage Maker, Buffalo Co, New York, USA)를 사용하여 비닐 tube(1.9×20 cm)에 충전한 후, 90°C 의 수조에서 15분 동안 가열한 후 0°C 의 얼음물에서 15분 동안 냉각하였다. 냉각시킨 가열 젤은 하룻밤 냉장 보관한 후 물성 측정에 사용하였으며, 물성 측정 전에 실온에서 1시간 동안 방치하여 온도 평형을 이루도록 하였다.

조직감과 색의 측정

Punch test는 Okada의 방법(10)에 따라 실린형의 시료 위에 지름 5 mm의 구형 plunger를 장착하고 60 mm/min의 속도로 올리면서 Rheometer(model CR-100D, Sun Scientific Co, Tokyo, Japan)로 파괴강도(g)와 변형 값(mm)를 측정하였다. 가열 젤 표면의 CIE Lab color는 색차계(ZE-2000, Nippon Denshoku, Tokyo, Japan)로 측정하여 백색도는 $L^* = 3b^*$ 로 계산하였다(11). 색차계는 표준 색 plate($L^* = 96.83$, $a^* = -0.36$, $b^* = 0.62$)로 표준화하였다.

보수력의 측정

보수력은 Kocher와 Foegeding의 방법(12)에 따라 시료를 보관할 수 있는 0.20 μm nylon filter와 유리한 물을 모을 수 있는 1.5 mL의 micro-centrifuge 여과 tube를 사용하였다. 가열 젤을 잘게 자르고 약 0.5 g을 정확하게 달아 여과막을 가진 내부의 tube에 넣고 Eppendorf 원심분리기로 원심 분리하였다($1,250 \times g$, 10 min). 원심분리 후 유리된 물의 양을 측정하여 다음과 같은 식에 따라 보수력을 측정하였다.

$$\text{보수력} = \frac{\text{시료의 수분함량(g)} - \text{유리된 수분(g)}}{\text{시료 단백질 함량(g)}}$$

잔여 지질 함량의 측정

알칼리 처리 공정에 따라 pH 11.0으로 조절한 용해 단백질에 1, 5, 10 및 20 mM이 되도록 CaCl_2 용액을 첨가하여 잘 혼합한 후 원심관에 20 mL를 분취하고 원심분리($5,000 \times g$,

10,000×g)하였다. 원심분리 후 상층액에 있는 지방을 여과지(Toyo No.2)에 모으고 105°C에서 12시간 건조하여 지방의 중량을 측정하였다.

통계분석

표준편차와 유의성 검정은 통계프로그램인 JMP를 사용하여 oneway ANOVA와 Tukey-Kramer HSD로 각각 실시하였으며(13), 유의차는 $p < 0.05$ 수준에서 검토하였다.

결과 및 고찰

회수단백질의 수율

수세 공정으로 회수한 단백질의 회수율은 전어체에 대하여 20.2~30.7%였으며, 연구실 규모의 알칼리 공정으로 회수한 단백질의 회수율은 27.7~32.7%로서 수세공정에 비하여 대체로 2.0~10.4%까지 증가하였다(Table 1). 특히 깡치에서 알칼리 공정으로 회수한 단백질의 수율은 수세공정에 비하여 10.4% 증가하였으며, pilot 알칼리 공정을 적용한 경우는 13.0%까지 증가하였다. 알칼리 공정에서 수율이 증가한 것은 근형질 단백질과 비근육 단백태 질소성분의 회수에 기인한 것으로 추정된다. 알칼리 공정은 수세 공정에 비하여 높은 수율을 보이며, 이는 근형질 단백질의 회수에 기인한다고 보고하였다(2). Choi와 Park은 산처리 공정으로 회수한 단백질의 회수율이 수세 공정에 비하여 높다고 보고(14)하여 본 실험의 결과와 거의 일치하였으나, 냉동 깡치의 경우는 산처리 공정으로 회수한 단백질이 수세공정에 비하여 낮은 것에 비추어 어중에 따라 다소 차이를 보이는 것으로 추정된다. 그리고 연구실 규모의 알칼리 공정으로 회수한 단백질의 수율에 비하여 pilot 공정의 회수율이 증가한 것은 회분식 원심분리기와 연속식 원심분리기의 원심력과 단백질 회수 방법의 차이에 기인한 것으로 추정된다. 원심력과 관련하여 같은 회전력에서 연속식 원심분리기의 원심력이 회분식에 비하여 높다고 보고하였다(15).

균질화 속도와 시간의 영향

산업용 균질기의 균질화 속도에 따른 단백질의 용해도를 측정하기 위해 산업용 균질기의 속도 조절기를 5, 6, 7, 8, 9로 조정하여 원료어를 균질화하고, pH 11.0으로 조절한 후 현탁물을 원심분리하여 상층액의 단백질 농도를 측정하였

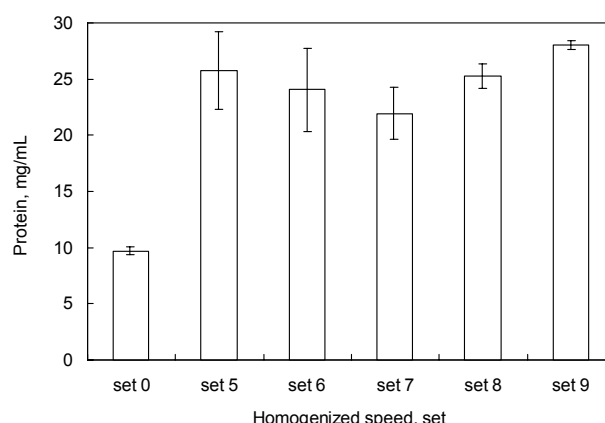


Fig. 1. Effect of homogenized speed on solubility of minced muscle.

다(Fig. 1). 단백질 농도는 set 9에서 가장 높았으나, set 5에서 9까지 유의적인 차이는 보이지 않았다. 이 같은 결과는 균질기 속도 8,000 rpm과 9,500 rpm에서 어육 단백질의 용해도는 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고(3)와 비슷하였다. 그러나 본 연구에서 용해 단백질의 농도는 23~28 mg/mL에 해당하여 Park 등이 보고(3)한 8~10 mg/mL의 2배에 해당하는 것으로 나타나, 산업용 균질기의 마쇄 효과가 연구용 균질기의 균질 효과를 능가하는 것으로 판단하였다. 이 같은 결과는 본 연구에 사용한 산업용 균질기의 대단위 공정 사용 가능성을 보여주고 있다. 한편 소 심장육에서 단백질을 추출할 때 12,500 rpm 이하의 균질화 속도는 충분한 양의 단백질을 추출하지 못하며, 15,000 rpm 이상의 속도에서는 과량의 거품을 발생시켜 단백질을 변성시키기 때문에 15,000 rpm에서 30초가 적당하고(16), 산업용 균질기를 사용한 닭 가슴살의 균질화는 근기질 단백질에 의해 많은 방해를 받는다고 한 점(17)에 미루어 본 연구에 사용한 균질기를 이용한 축육의 마쇄는 한계가 있을 것으로 추정하였다.

균질기의 속도를 set 9로 고정하고 균질화 시간에 따른 단백질의 용해도를 측정한 결과(Fig. 2), 5분에서 가장 높은 단백질 용해도를 보였고 균질 시간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 그리고 20분 동안 균질화했을 때는 마찰 열로 인하여 타는 냄새가 확인되었다. 백조기를 pH 10.5와 9,500 rpm에서 균질화할 때 균질화 속도에 따른 유의적인 용해도 차이가 없었다는 보고(3)와 본 연구의 결과는 일치하였다.

Table 1. Recovery yield of conventional, acidic, alkaline and pilot alkaline processings (%)

Species	Conventional	Acidic	Alkaline	Pilot alkaline
Frozen croceine croaker (<i>Pseudosciaena crocea</i>)	25.1 ¹⁾	28.1	30.9	
Frozen blackspotted croaker (<i>Protonibea diacanthus</i>)	25.1	40.1	27.7	
Frozen croaker (<i>Pennahia argentata</i>)	30.7	27.0	32.7	29.8
Frozen belanger's croaker (<i>Johnius grypotus</i>)	20.2	16.5	30.6	33.2 (61.8) ²⁾
Spotted chub mackerel (<i>Scomber australasicus</i>)	24.0	31.4	27.7	
Jack mackerel (<i>Trachurus japonicus</i>)	25.2	28.1	30.9	

¹⁾Mean of at least triplicate.

²⁾Yield of recovered protein to minced muscle.

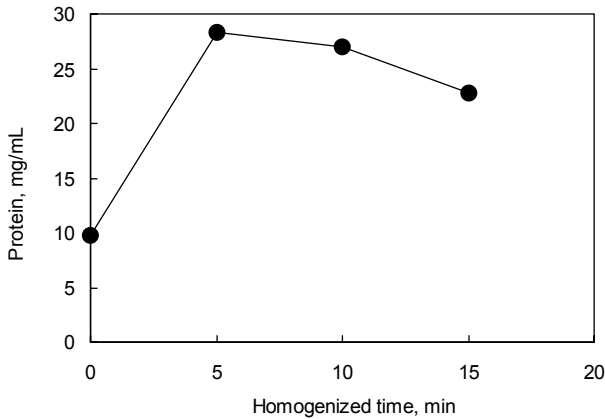


Fig. 2. Effect of homogenized time on solubility of minced muscle.

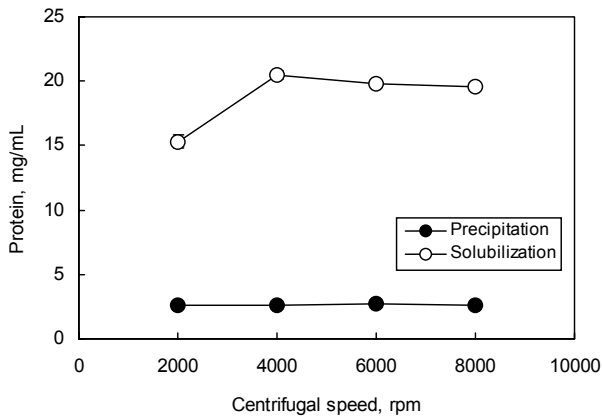


Fig. 3. Effect of centrifugal speed on recovering muscle protein.

연속원심분리기 속도의 영향

단백질 회수에 미치는 연속원심분리기 회전 속도의 영향을 측정한 결과(Fig. 3), pH 11.0에서 용해한 단백질의 농도는 4,000 rpm 이상의 속도에서는 유의적인 차이를 보이지 않았고, pH 5.5에서 침전시킨 후 단백질을 회수하는 과정에서 발생하는 상층액의 단백질 농도는 2,000 rpm 이상에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 실험의 결과는 알칼리 pH에서 용해한 단백질의 회수를 위해서는 4,000 rpm 이상, 침전 단백질의 회수를 위해서는 2,000 rpm 이상의 원심력이 필요함을 제시하고 있다. 그러나 본 연구에서는 사용의 편리함을 위해 용해 단백질 및 침전 단백질의 회수를 위해 7,000 rpm을 사용하였다.

pH 조절제의 영향

식품급 HCl과 NaOH를 대체할 수 있는 pH 조절제를 조사할 목적으로 citric acid, sodium phosphate(tribasic) 및 calcium oxide를 농도별로 첨가하여 깡치 단백질의 용해도 미치는 영향을 측정하였다(Fig. 4). 5 mM의 citric acid 농도에서 균질 단백질의 pH는 5.56이었으며, 농도가 증가함에 따라 pH는 감소하여 100 mM 농도에서 pH 3.03이었다. Sodium

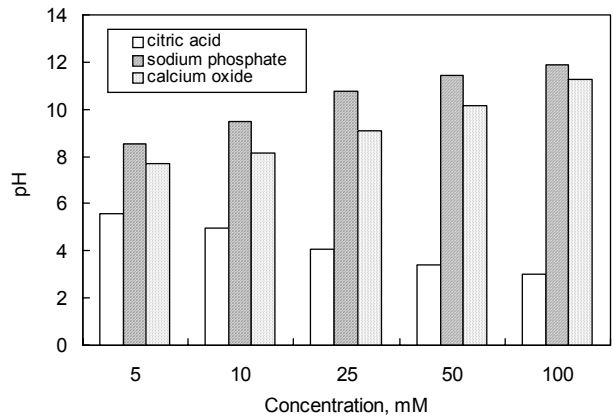


Fig. 4. Change of pH of minced muscle with concentration of citric acid, sodium phosphate (tribasic) and calcium oxide.

phosphate와 calcium oxide는 농도가 증가함에 따라 pH가 증가하여 50 mM 농도에서 각각 pH 11.45와 10.07이었다.

Citric acid의 농도가 증가함에 따라 단백질의 용해도는 증가하여 100 mM에서 15.47 mg/mL의 단백질 농도를 보였다(Fig. 5). Sodium phosphates는 농도가 증가함에 따라 단백질의 농도도 증가하는 경향을 보였으나 25 mM 이후의 농도에서는 감소하는 경향을 보였다. 이 같은 결과는 sodium phosphate 농도의 증가는 이온강도의 증가를 초래하여 알칼리 pH에서 용해도를 감소시키기 때문인 것으로 추정된다. 냉동 보구치와 전갱이 어육을 알칼리 pH에서 용해시킬 때 이온강도의 증가는 용해도를 오히려 감소시킨다고 보고하였다(3).

Calcium oxide 역시 농도 증가에 따라 깡치 단백질의 용해도가 증가하는 것으로 나타났으나, 100 mM의 농도에서 단백질은 침전하였다. Citric acid와 sodium phosphate는 pH 조절을 위해 각각 식품급 HCl과 NaOH를 대체할 수 있지만, 잔여 citric acid는 냄새에 영향을 미치고 sodium phosphate는 가열 젤 1 g 당 0.09 g이 잔존하는 것으로 나타나 식품위생법상의 허용 기준인 0.9%와 일치하여 허용 기준을 초과할

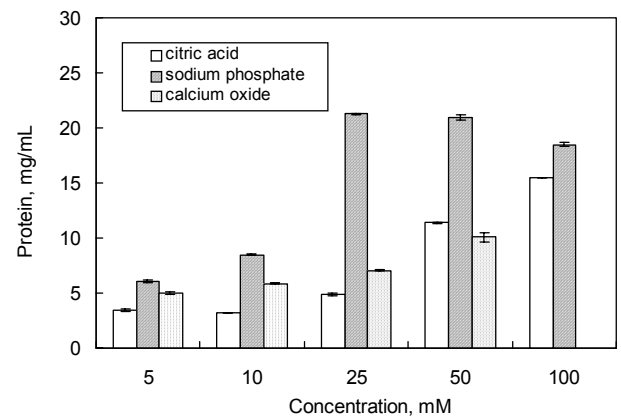


Fig. 5. Protein solubility of minced muscle with concentration of citric acid, sodium phosphate (tribasic) and calcium oxide.

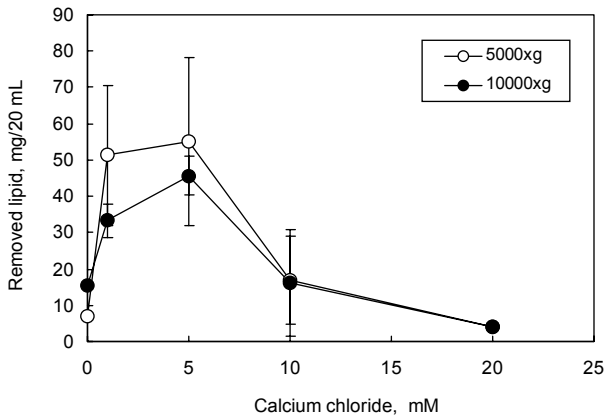


Fig. 6. Effect of calcium chloride on removal of lipid in minced muscle.

가능성이 큰 것으로 나타났다. 그리고 citric acid와 sodium phosphate를 pH 조절제로 사용하여 알칼리 처리 공정에 따라 회수한 단백질 가열 젤의 파괴강도와 변형 값은 수분 함량 78%에서 30.0 ± 4.0 g과 3.48 ± 0.31 mm로 적절한 물성의 젤을 형성하지 못했다.

잔여 지질 함량에 미치는 CaCl₂의 영향

회수단백질에 포함된 지질은 가열 젤의 형성능을 감소시키기 때문에 용해 단백질을 회수하는 공정에서 가능한 많이 제거해야 한다. 알칼리 pH에서 어육 단백질을 용해하는 공정 중에 CaCl₂를 첨가하여 상층에 부유하는 지질의 함량을 측정된 결과(Fig. 6), 5 mM의 CaCl₂ 농도에서 지질의 제거 효과가 가장 큰 것으로 나타났으며, 10,000×g의 원심력에 비하여 5,000×g의 원심력이 효과적으로 지질을 제거하였고, 지질의 제거 효과는 원심력과 상관이 있는 것으로 나타났다.

가열 젤의 조직감과 색

Pilot 공정으로 회수한 어육 단백질의 파괴강도와 변형 값은 수분 함량 78%에서 224.4 ± 5.1 g과 7.46 ± 0.30 mm로 나타나 3회 수세하여 회수한 백조기 어육 단백질 가열 젤의 파괴강도 값 92.4 ± 5.6 g(7)에 비하여 2배 이상 높은 것으로 나타났다(Table 2). 이 같은 결과는 백조기 단백질은 pH 10.5에서 용해시켰고, 냉동 깡치는 pH 11.0에서 용해했기 때문으로 추정된다. Pacific whiting(민대구) 육을 pH 11.0에서 용해하고 pH 5.0에서 회수한 단백질 젤은 각각 pH 10.5와 12에서 용해하여 회수한 단백질 젤에 비하여 높은 파괴강도와 변형 값을 보여, 용해시키는 초기 pH가 회수단백질 젤의 조직감에 영향을 미친다고 하였다(2). 2%의 소금을 첨가한 경우 파괴강도와 변형 값은 각각 113.8 ± 4.9 g과 5.47 ± 0.23 mm로 염을 첨가하지 않은 파괴강도와 변형 값의 약 50.7%와 73.3%에 해당하였다. 그리고 2%의 소금, 4%의 감자전분 및 5%의 소혈장 단백질을 첨가한 가열 젤의 파괴강도와 변형 값은 각각 179.4 ± 5.7 g과 5.64 ± 0.57 mm로서 회수단백질만을 사용한 가열 젤의 파괴강도와 변형 값에 비하여 낮았으나, 변형 값은 2%의 소금을 포함하는 가열 젤과 유의적인

Table 2. Textural properties, water holding capacity, and color of recovered gel from frozen belanger's croaker by alkaline pilot processing

Properties	A ¹⁾	B	C
Texture			
Breaking force (g)	224.4 ± 5.1^a	113.8 ± 4.9^c	179.4 ± 5.7^b
Deformation (mm)	7.46 ± 0.30^a	5.47 ± 0.23^b	5.64 ± 0.57^b
Water holding capacity (water-g/g-protein)			
	1.93 ± 0.02^a	1.92 ± 0.01^a	1.92 ± 0.04^a
Color			
L*	36.78 ± 0.38^c	45.91 ± 0.18^a	45.28 ± 0.37^b
a*	-2.07 ± 0.09^a	-2.41 ± 0.20^b	-2.38 ± 0.14^b
b*	1.86 ± 0.21^c	2.35 ± 0.20^b	3.10 ± 0.14^a
Whiteness	31.19 ± 0.77^c	38.85 ± 0.72^a	35.99 ± 0.42^b

¹⁾A, recovered protein gel; B, recovered protein gel including 2% NaCl; C, recovered protein gel including 2% NaCl, 4% potato starch and 5% bovine plasma protein.

차이를 보이지 않았다. 이 같은 결과는 알칼리 처리하여 회수한 어육 단백질 가열 젤의 파괴강도는 염을 첨가함에 따라 감소한다는 보고(7)와 일치하였으며, 2% 소금만을 사용한 가열 젤에 비하여 전분과 소혈청 단백질을 첨가한 젤의 파괴강도가 증가한 것은 전분과 소혈청 단백질의 영향 때문이다. 그러나 변형 값이 유의적인 차이를 보이지 않는 것은 변형 값은 회수단백질의 질에 관여하기 때문이다. 염의 첨가는 회수단백질의 가열 변성을 촉진하기 때문에 변형 값을 저하시키는 것으로 추정된다.

가열 젤의 명도와 백색도는 염과 전분 및 소혈장 단백질을 첨가했을 때 증가하였으며, 염만을 첨가했을 때 명도 및 백색도가 다소 높았다(Table 2). 이 같은 결과는 염이 빛의 산란을 증가시키고 전분의 백색이 회수 단백질의 황색도를 감소시키기 때문인 것으로 추정된다. 수리미-전분 젤의 색은 전분의 농도뿐 아니라 전분의 특성에 의존한다(18). 전분 입자가 젤에서 완전히 팽윤되지 않으면 젤은 더욱 불투명하게 되어 높은 명도와 황색도를 보이며, 전분 입자가 젤에서 완전히 팽윤되면 젤은 투명하게 되어 명도가 낮아지고 다소 푸른색이 되어 황색도를 낮춘다(18).

가열 젤의 보수력

가열 젤의 보수력은 1.93 g/g-protein로 ingredient의 첨가에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 2). 이 같은 결과는 첨가한 전분과 소혈청 단백질이 보수력의 증가에 영향을 미치지 않았음을 제시하며, 유리되는 수분의 함량을 시료 중에 포함된 단백질의 함량으로 나누었기 때문인 것으로 추정된다. 4%의 전분을 첨가한 경우는 상대적으로 4%의 단백질 함량이 줄었기 때문에 전분의 팽윤을 위해 흡수한 수분의 함량 증가를 상쇄했을 가능성이 있다. 전분은 수분 함량의 감소에 따른 젤 강도를 유지하기 위해 사용한다(18).

폐수의 고형분, 총질소 함량 및 화학적 산소요구량

알칼리 처리 공정 중 pH 5.0~5.5에서 어육 단백질을 침전시켜 회수하는 과정에서 발생하는 폐수의 고형분, 총질소

Table 3. Solid content, total nitrogen and chemical oxygen demand (COD) of waste water from conventional and pilot alkaline processings

Processing	Solid (g/L)	Total nitrogen (mg/L)	COD (mg/L)
Conventional	0.15±0.01 ¹⁾	999±318	1897.3±16.2
Pilot	1.12±0.06	470±20	12.06±0.0

¹⁾Mean of at least triplicate.

함량 및 화학적 산소 요구량을 측정하여 수세 공정에서 발생하는 폐수와 비교하였다(Table 3). 수세 공정에서 발생하는 수세수의 고형분 함량은 pilot 규모에 비하여 1/10 정도였으나, 총질소 함량과 화학적 산소요구량은 각각 2배와 150배로 알칼리 공정이 수세 공정에 비하여 폐수의 유기물 저감 효과가 우수함을 확인하였다. 냉동 수리미 혹은 어육 연제품 제조업에서 배출하는 폐수의 BOD 값은 냉동 수리미 제조업이 가장 많은 1,000~7,000 ppm이고, 선어와 냉동 수리미를 사용하는 연제품 제조업체는 100~5,000 ppm의 폐수를 방출하여 어체의 세정, 수세 및 탈수 공정 중에 다량의 농후한 폐수가 발생한다(19). 이 같은 보고와 직접적인 비교는 어려우나 알칼리 처리에 의한 어육 단백질의 회수 공정은 수세 공정에 비하여 폐수의 오염 부하량을 현저히 감소시킬 수 있을 것으로 판단하였다.

요 약

Pilot 공정으로 회수한 어육 단백질의 회수율은 전어체와 마쇄육에 대하여 각각 33.2%와 61.8%였다. 균질화 속도와 시간은 3,000 rpm에서 5분이 가장 적당하였으며, 용해 단백질의 회수는 4,000 rpm 이상, 침전 단백질의 회수는 2,000 rpm 이상의 원심속도가 적당하였다. pH 조절제로서 citric acid, sodium phosphate(tribasic) 및 calcium oxide는 pH 조절 효과는 있으나, 회수단백질 가열 젤의 물성을 현저히 감소시켰다. 알칼리 pilot 공정으로 회수한 단백질 가열 젤의 파괴강도와 변형 값은 수세 공정으로 회수한 단백질의 가열 젤에 비하여 우수하였고, 소금, 전분 및 소혈청 단백질의 침가는 파괴강도와 변형 값을 감소시켰다. 백색도는 수세 공정으로 회수한 단백질에 비하여 낮았다. 알칼리 처리에 의한 어육 단백질의 회수 공정은 수세공정에 비하여 폐수의 오염 부하량을 현저히 감소시켰다. 이 같은 결과는 어육 단백질 회수를 위해 산업적 규모로 알칼리 공정을 적용할 수 있으며, 특히 수산 가공품의 중간 소재로 활용하기 위한 적색육 및 냉동 어육 단백질의 회수에 적절한 것으로 판단하였다.

감사의 글

본 연구는 한국해양수산개발원에서 지원한 수산기술개발 사업과제(관리번호: 20010251) 결과의 일부이며, 연구비의 지원에 감사드립니다.

문 헌

- Park JW, Lin TMJ. 2004. Surimi: Manufacturing and evaluation. In *Surimi and Surimi Seafood*. Park JW, ed. Taylor & Francis, New York. p 33-106.
- Kim YS, Park JW, Choi YJ. 2003. New approaches for the effective recovery of fish proteins and their physicochemical characteristics. *Fisheries Science* 69: 1231-1239.
- Park JD, Jung CH, Kim JS, Cho D-M, Cho MS, Choi YJ. 2003. Surimi processing using acid and alkali solubilization of fish muscle protein. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 400-405.
- Park JD, Kim J-S, Cho Y-J, Choi J-D, Choi YJ. 2003. Optimum formulation of starch and non-muscle protein for alkali surimi gel from frozen white croaker. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1026-1031.
- Choi J-D, Choi YJ. 2003. Optimum formulation of starch and non-muscle protein for alkali surimi gel from Jack mackerel. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1032-1038.
- Jung CH, Kim JS, Jin S-K, Kim I-S, Jung K-J, Choi YJ. 2004. Gelation properties and industrial application of functional protein from fish muscle-2. Properties of functional protein gel from fish, chicken breast and pork leg and optimum formulation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1676-1684.
- Park JD, Yoon S-S, Jung CH, Cho MS, Choi YJ. 2003. Effect of sarcoplasmic protein and NaCl on heating gel from fish muscle surimi prepared by acid and alkaline processing. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 567-573.
- 秦忠夫, 林力丸. 1971. *アミノ酸.蛋白質の分析*. 講談社, 東京, 日本. p 2-7.
- Umemoto S. 1966. A modified methods for estimation of fish muscle protein by Biuret method. *Bull Japan Soc Sci Fish* 32: 427-435.
- Okada M. 1964. Effect of washing on the jelly forming ability of fish meat. *Bull Japan Soc Sci Fish* 30: 255-261.
- Park JW. 1995. Surimi gel colors as affected by moisture content and physical conditions. *J Food Sci* 60: 15-18.
- Kocher PN, Foegeding EA. 1993. Microcentrifuge-based method for measuring water-holding of protein gels. *J Food Sci* 58: 1040-1046.
- SAS. 2002. *JMP Statistics and Graphics Guide*. SAS Institute, Cary, NC. p 87-121.
- Choi YJ, Park JW. 2002. Acid-aided protein recovery from enzyme-rich Pacific whiting. *J Food Sci* 67: 2962-2967.
- Ladisch MR. 2001. Sedimentation, centrifugation, and filtration. In *Bioseparations Engineering: Principles, Practise, and Economics*. Ladisch MR, ed. Wiley Interscience, New York. p 16-51.
- Dewitt MCA, Gomez G, James JM. 2002. Protein extraction from beef heart using acid solubilization. *J Food Sci* 67: 3335-3341.
- Jin S-K, Kim I-S, Hur S-J, Park K-H, Ha J-H, Kang S-M, Choi YJ, Lim J-S. 2006. Effect of pH control on physicochemical characteristics of chicken breast surimi. *Korean J Food Sci Ani Resour* 26: 64-69.
- Park JW, Lin TMJ. 2004. Ingredient technology for suimi and surimi seafood. In *Surimi and Surimi Seafood*. Park JW, ed. Taylor & Francis, New York. p 649-707.
- 박영호, 장동석, 김선봉. 1995. 수산가공이용학. 형설출판사, 서울, 한국. p 1043-1053.

(2006년 6월 20일 접수; 2006년 8월 21일 채택)