

고등어육 단백질 패턴에 영향을 미치는 전해수 수세효과

이남걸^{1*}

¹동명대학교 식품공학과

Effects of Electrolytic Water Washing on Mackerel (*Scomber japonicus*) muscle Protein Pattern

Nahm Gull Lee^{1*}

¹Dept. of Food Science & Technology, Tongmyong University

요 약 본 연구는 고등어육을 수도수 수세한 것(Tap water washing, TWW)과 전해수 수세한 것(Electrolytic water washing, EWW)의 일반성분과 색차 그리고 SDS-전기영동을 통하여 수세효과를 확인하였다. EWW 고등어육 잔사의 수분함량은 TWW경우보다 높게 나타났다($p < 0.05$). 단백질함량은 TWW경우보다 EWW 경우가 1%정도 더 감소하였다. 조지방의 경우도 단백질결과와 같았다. 전해수에 수세한 것에 비해 수도수에 수세한 처리구가 명도값이 높았다. 적색도는 낮아지는 경향이었으나 수도수와 전해수모두 2회 이상의 수세에서는 감소하는 경향은 유의하지 않았다($p < 0.05$). 황색도는 처리구 모두 수세횟수에 관계없이 유의하지 않은 결과 였다. 전기영동에 의한 단백질 패턴변화를 확인한 결과 EWW 잔사물이 TWW 잔사물 보다 더 진한 즉, 염용성 단백질 band(205KD) 부분이 증가하였다. 이러한 결과는 적색육 어묵산업에서 EWW가 TWW보다 나은 것으로 생각된다.

Abstract This study was conducted to determine the effects of electrolytic water washing(EWW) and tap water washing(TWW) on proximate composition, color difference and SDS-PAGE changes of Mackerel(*Scomber japonicus*) muscle. Moisture contents of washed mackerel sediments EWW were much higher than TWW($p < 0.05$). Crude proteins of washed mackerel sediments EWW were 1% lower than TWW. Crude lipides had same results with crude proteins. Hunter value L, a, b were tested to each samples. L* values of TWW were higher than EWW. Both of a* values were lower with washing times in order of 3rd>2nd>1st($p < 0.05$) but 2nd and 3rd of EWW were not significantly different($p > 0.05$). b* values were not different between the TWW and EWW($p < 0.05$). SDS-PAGE patterns of EWW muscle sediments were more darkness 205KD band than TWW muscle sediments. In these results said that EWW is better than TWW for red meat kamaboko industry, respectively.

Key Words : Mackerel(*Scomber japonicus*), Electrolytic water washing, Proximate composition, Color difference, SDS-PAGE pattern

1. 서론

최근 웰빙이라는 식생활 패턴의 변화에 따라 인스턴트화 되면서 간편화, 다양화 및 고급화로 어육소시지, 판어묵 및 계맛어묵과 같은 조립식품인 연제품의 수요량은 해마다 급속한 신장세를 보이고 있다. 하지만, 이런 연제품의 원료로 사용되는 어종은 주로 명태와 같은 백색육 어류가 주종을 이루고 있으며 최근 수온상승에 따른 수

산해양자원의 부족현상이 날로 심해짐으로 인하여 연제품 생산의 차질을 초래하고 있다.

어육의 가열겔 형성능은 근본적으로 어종, 선도, 연육의 수세수, 고기갈이육의 식염농도등에 따라 매우 다르다[1]. 붕어는 동갈민어보다, 녹색치는 조기보다 겔형성능이 강하다. 일반적으로 경골어류는 연골어류보다, 바다고기는 민물고기보다, 백색육 어류는 적색육 어류보다 각각 겔형성능이 더 양호한 것으로 평가되고 있다[2]. 연제

*교신저자 : 이남걸(eng@tu.ac.kr)

접수일 11년 11월 07일

수정일 (1차 11년 12월 14일, 2차 11년 12월 27일)

게재확정일 12년 01월 05일

품의 원료가 되는 연육은 어류로부터 육만을 채육하여 수세과정을 거친후 탈수하여 각종 동결변성방지제를 첨가하여 포장 동결시킨 후 원거리의 생산라인에서 해동후 사용한다[3]. 이때 육의 수세공정은 연제품의 탄력보장에 중요한 공정이며, 수세에 의해 육중의 탄력형성 저해물질인 근형질단백질이나 지질 및 엑스분이 물에 용해되어 제거되고, 탄력형성에 관여하는 근원섬유단백질이 점점 농축되므로 탄력이 보장된다. 육의 수세기 사용용수의 pH, 염농도와 수세횟수 등이 제품의 탄력에 많은 영향을 미친다[4].

한편, 물은 H^+ 와 OH^- 로 구성되어, 강한 결합력을 가지고 있는데 여기에 전도성을 띄게 하기 위해 양극과 음극의 전해시설 중간에 격막을 설치후 통전하면 양극쪽 전해로에는 강한 산화력과 강산성을 띠는 산성수가 생성되고 음극쪽 전해조에는 강한 환원력과 강알칼리성을 띠는 알칼리수가 생성된다[5].

분해전압 이하에서의 전기분해는 두 전극이 전기적으로 서로 통하게 된다면, H^+ 는 음극으로 끌려 환원되어 수소로 된다. OH^- 는 양극측으로 끌려가지만 산화되지 않고 산소를 발생하지도 않는다. 결국 수중의 H^+ 는 소비되지만 OH^- 가 분해되지 않고 축적된 결과, 물은 자동적으로 알칼리가 된다[5].

최근, 한국근해에서 많이 어획되고 있는 어획물중 대

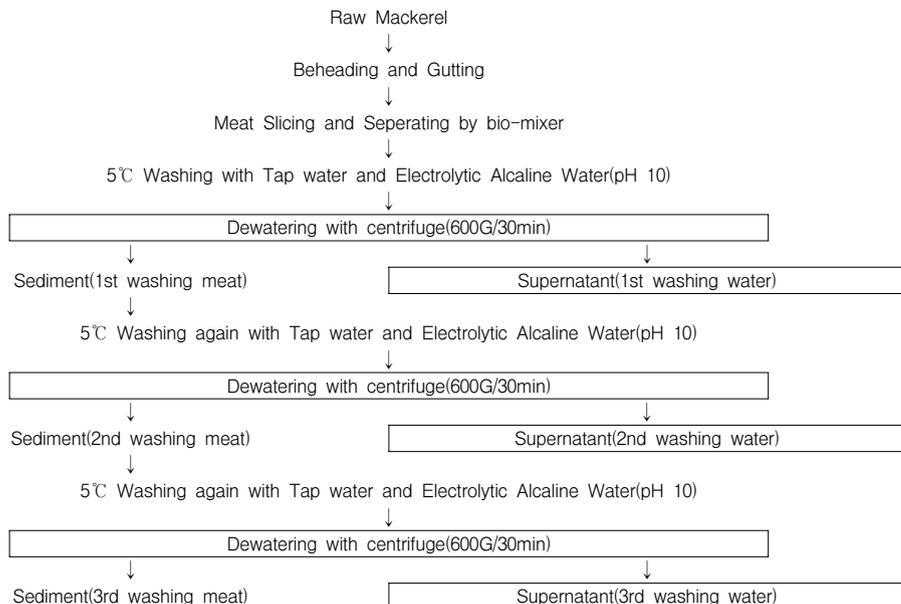
표적 어종인 고등어는 해마다 안정적으로 공급되며, 아미노산 및 핵산이 풍부히 함유되어 있고, 고도불포화지방산의 함량이 높아 영양학적으로 손색이 없으나, 적색어 어류이고, 선도저하가 빠르며, 지질함량의 변화가 커서 다른 어종에 비해 연육 가공적성이 현저히 떨어진다. 고등어의 이와 같은 원료특성으로 인하여 횡감용 선어, 구이, 통조림 가공용으로만 이용 되고 있는 실정이다.

본 연구는 고등어를 수산가공용 어묵의 중간소재로 이용하기 위한 일련의 기초연구로서, 고등어육을 중성의 수도수 수세한 것과 알카리 전해수 수세한 것의 수세육 속에 존재하는 단백질 패턴을 조사하여 겔형성능이 떨어지는 적색어 어류들의 수세공정 제고를 위한 기초자료를 확립하기 위하여 시행하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 고등어육 처리 및 수세방법

본 실험에 사용한 고등어, *Scomber japonicus* (체장 30±5cm, 체중 550±50g)는 부산 공동어시장에서 선도가 양호한 것으로 구입하여 사용하였다. 수세육의 제조는 그림 1에 나타내었다. 고등어의 내장을 제거한 세편 뜨기하여, 등근육을 취해 마쇄기(Nissei bio-mixer, BM-1)로써 마쇄하여 각각 육중량의 3배량의 수도수와 전해수(알카



[그림 1] 고등어 수세육 제조 흐름도

[Fig. 1] Flow sheet for the processing of mackerel washing meat

리 전해수 pH 10.0)를 첨가하여 교반 후 6000G에서 30분간 원심분리 후 얻은 상등액은 수세수로, 잔사는 탈수육으로 하였다. 동일한 방법을 반복하여 1회, 2회 3회 수세수 및 탈수육으로하여 시험용 시료로 하였다.

2.2 일반성분 분석

각각의 고등어 처리육 일반성분 분석은 AOAC[6]법에 따라 측정하였다. 즉, 수분은 105℃에서 상압가열건조법, 조지방은 에틸에테르를 이용한 Soxhlet추출법, 조단백질은 micro-Kjeldahl법, 회분은 550℃에서 직접회화법으로 분석하였다.

2.3 색도측정

각각의 시료처리에 발생하는 상등액과 잔사들의 색도변화를 직시 색차계(Minolta CR-300, Minolta Co., Ltd., Japan)를 사용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)로 표시하였으며, 백색도는 Min-Sung 등[7]의 방법에 따라 L-3b값으로 나타내었다. 샘플당 3회 측정 후 평균값과 표준편차를 구하였다. 이때 표준색도판 값은 L= 97.22, +a= +0.22, +b= +1.77 이었다.

2.4 전기영동에 의한 단백질 패턴분석 탈수육의 근육단백질의 전기영동

(SDS-PAGE) 분석은 disc-PAG (7.5% polyacrylamide gel) 전기영동법에 따라 각 단계별로 전기영동 시료를 조제하여 측정하였다. Subunit의 분자량 측정은 SDS-PAGE (0.1% SDS를 함유하는 7.5% polyacryl amide gel)를 사용하여 SDS화한 근육단백질 및 상등액의 전기영동시료와 SDS-분자량 표준단백질(EZ Way Protein-Blue) 10μg을 각각의 well에 주입하고 0.1% SDS를 함유하는 25mM Tris-192mM glycine, pH 8.3 완충용액을 사용하여 전기영동 하였다. 전기영동후 SDS-겔의 염색은 coomassie brilliant blue R-250을 사용하였으며, 염색이 끝난 겔은 빙초산 : 메탄올 : 증류수의 혼액(v/v/v 1:2:7)으로 탈색하였다. 또한, SDS-분자량 표준단백질의 전기영동 이동도를 대조하여 SDS화한 단백질의 전기영동 이동도를 비교하여, 단백질의 구성 subunit의 분자량 측정자료로 하였다. 단백질 농도의 측정은 Lowry 등[8]의 비색법에 따라 bovine serum albumin을 표준단백질로 하여 구한 검량곡선으로 Lowry법은 파장 540nm에서 단백질농도를 측정하였다.

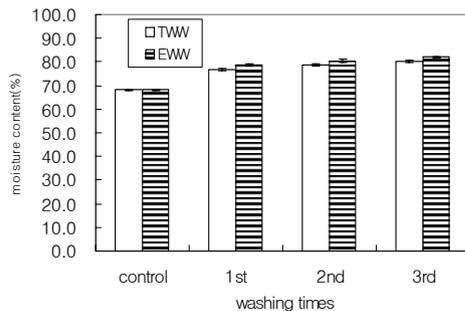
2.5 통계처리

본 연구에서 획득되어진 data들은 Mean±SD로하여, 평

균치간의 차이에 대한 유의성은 SPSS WIN(ver12.0) 프로그램을 이용하였으며, 일원배치 분산분석법 (one-way ANOVA)의 Duncan's multiple range test로 각 군의 평균 차이에대한 사후검정을 하였으며, 유의수준 p<0.05에서 유의성을 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수세 및 탈수과정에서 고등어육속의 일반성분의 함량변화



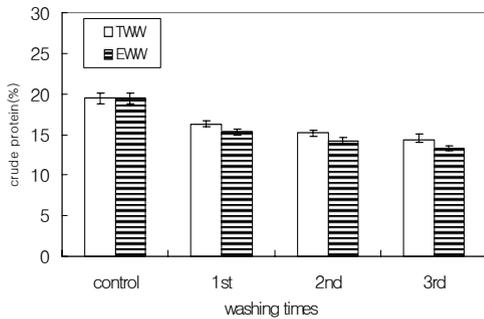
[그림 2] 고등어 생육 및 마쇄수세육들의 수분함량(TWW: 수도수 수세, EWW: 전해수 수세)

[Fig. 2] Moisture Contents of raw and minced washed mackerel muscles(TWW : tap water washed EWW : electrolytic water washed).

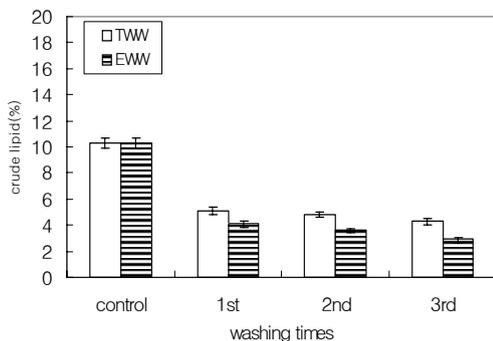
일반적으로 식품원료 및 식품속의 수분함량은 종류에 따라 다소 다르지만 최소 2.7%, 최대 98.8%가량이다[9]. 수분은 모든 화합물 중에서 중요하면서도 가볍게 취급되어 온 성분으로 식품의 형태, 구조, 맛, 물성, 가공성 및 저장에 중요한 영향을 미치는 비영양 물질임은 사실이다. 적색육을 가공함에 있어서 수분함량은 어육의 경우 물성에 가장 많은 영향을 미친다[10]. 따라서 수세를 통하여 적색육은 보수력의 상승을 기대할 수 있을 것으로 생각되며 이는 또한 최종적으로 육의 색차에도 영향을 미칠 것으로 생각된다. 고등어 마쇄육의 수세횟수에 따른 수세 잔사육중의 수분의 변화를 그림 2에 나타내었다. 수세횟수에 따른 수도수에 수세한(TWW) 고등어육의 수분함량은 1회 수세후에 8.6%정도가 증가하였고 3회수세 후에 12%이상이 증가한 반면 전해수에 수세한(EWW) 고등어육 잔사물의 수분함량은 1회 수세후에 10.5%정도가 증가하였으며, 3회수세 후에는 13.9%이상이 유의적으로 증가하였다.

또한 그림 3의 단백질량 변화는 수도수에 수세한

(TWW) 고등어육의 경우 1회 수세후에 3.2%정도가 감소하였고 2회, 3회수세 후에 대조구에 비해 각각 3.3%, 5.1%이상 감소한 반면 전해수에 수세한(EWW) 고등어육 잔사물의 경우 1회 수세후에 4.2% 감소하였으며, 2회, 3회수세 후에는 5.3%, 6.2%이상 유의적으로 감소하였다. 이는 수도수에 수세한 경우에 비해 1%이상씩 수용성 단백질이 유의적으로 감소함을 나타내고 있는데 이는 적색육어류의 대표적인 고등어육의 경우 수용성 단백질 제거에 전해 알카리수가 유의적($p < 0.05$)으로 작용하고 있음을 알 수 있었다.



[그림 3] 고등어 생육 및 마쇄수세육들의 조단백질함량
[Fig. 3] Crude Protein of raw and minced washed mackerel muscles (Symbols and sample names are the same as in Fig2)

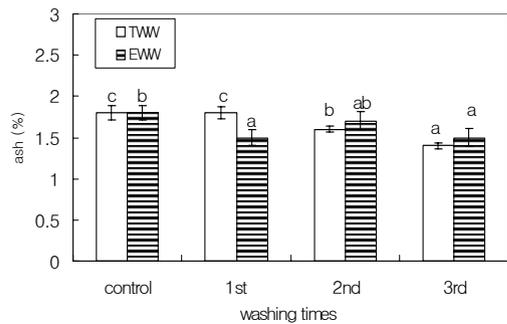


[그림 4] 고등어 생육 및 마쇄수세육들의 조지방함량
[Fig. 4] Crude Lipid of raw and minced washed mackerel muscles (Symbols and sample names are the same as in Fig2)

그림 4의 조지방의 변화는 수도수에 수세한(TWW) 고등어육의 경우 1회 수세후에 5.2%정도가 감소하였고 2회, 3회수세 후에 대조구에 비해 각각 5.5%, 6.0%이 감소한 반면 전해수에 수세한(EWW) 고등어육 잔사물의 경우 1회 수세후에 6.2% 감소하였으며, 2회, 3회수세 후에

는 각각 6.7%, 7.4%이 유의적으로 감소하였다. 이는 수도수에 수세한 경우에 비해 1회수세기 1%, 2회수세기 0.8%, 3회 수세기 1.4%씩 더 지방질이 유의적으로 제거되는 효과 또한 나타났다. Nowsad 등 [11]은 계육의 수리미 제조시 수세하면 지방은 약 1% 이하의 수준을 나타낸다고 보고하고 수세기 지방의 제거효과도 많다고 하였다.

그림 5의 회분의 변화는 수도수에 수세한(TWW) 고등어육의 경우 1회, 2회, 3회 수세기 각각 1.8%, 1.6%, 1.4%로 약간씩 감소하는 경향이었으나 대조구와 1회수세값 간에는 차이를 인정할 수 없었으며, 전해수에 수세한(EWW) 고등어육 1회, 2회, 3회 수세기 각각 1.5%, 1.7%, 1.5%로 유의적인 차이가 인정되지 않았다.



[그림 5] 고등어 생육 및 마쇄수세육들의 회분함량
[Fig. 5] Ash of raw and minced washed mackerel muscles (Symbols and sample names are the same as in Fig2)

3.2 수세육과 상등액의 색차변화

각각 육중량의 3배량의 수도수(TWW)와 전해수(EWW)를 첨가하여 마쇄 및 원심분리 후 얻은 잔사를 탈수육으로 하여, 명도(L, lightness), 적색도(+a, redness), 황색도(+b, yellowness) 및 백색도를 조사한 결과, 고등어육을 수도수에 수세한 것에 비해 알카리 전해수에 수세한 처리구가 명도값이 낮아지는 경향을 보였으며, 적색도(+a 값)의 경우도 값이 낮아지는 경향이었으나 수도수와 전해수 모두 2회 이상의 수세에서는 감소하는 경향은 유의하지 않았다($p < 0.05$). 한편 황색도의 경우 수도수와 전해수 처리구 모두 수세횟수에는 관계없이 감소 후 일정한 황색도를 유지함을 볼 수 있었다. 백색도의 경우 대조구에서는 검붉은색의 -33.1 정도 어두운색을 유지하다가 수세를 거듭할수록 백색도를 높게 유지함을 볼 수 있었다. 특히 2회수세기 전해수수세구가 수도수수세구에 비해 높은 백색도를 유의한 수준으로 나타내었다.

[표 1] 원심분리 후 고등어 수세육의 색차변화

[Table1] Changes the color value of washed mackerel muscle after Centrifuge

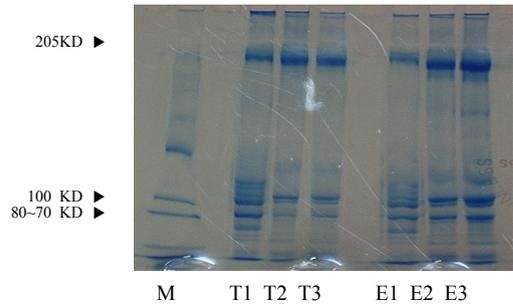
Variables	L	+a	+b	Whiteness
Control ¹⁾	10.8±0.16 ⁸⁾⁹⁾	3.8±0.18 ^d	14.7±0.08 ^d	-33.1±0.32 ^a
TWW1 ²⁾	49.1±0.52 ^c	1.5±0.04 ^b	8.9±0.11 ^b	22.6±0.20 ^d
TWW2 ³⁾	50.1±0.01 ^d	1.0±0.01 ^a	9.1±0.01 ^c	22.8±0.03 ^d
TWW3 ⁴⁾	43.8±0.01 ^b	0.9±0.01 ^a	8.6±0.01 ^a	17.9±0.01 ^b
EWW1 ⁵⁾	43.5±0.56 ^c	1.5±0.02 ^b	8.2±0.06 ^c	18.8±0.42 ^b
EWW2 ⁶⁾	48.6±0.40 ^d	0.6±0.12 ^a	7.1±0.17 ^a	27.3±0.32 ^d
EWW3 ⁷⁾	41.9±0.13 ^b	0.7±0.26 ^a	7.6±0.04 ^b	19.2±0.19 ^b

¹⁾Control : Raw mackerel minced muscle, ^{2),3),4)}TWW1,2,3 : 1st, 2nd, 3rd Tap water washed mackerel minced muscle, ^{5),6),7)}EWW1,2,3 : 1st, 2nd, 3rd electrolytic water washed mackerel minced muscle

⁸⁾Mean±SD(n=3), ⁹⁾Value with different superscripts within the column are significantly different at α=0.05 by Duncan's multiple range test

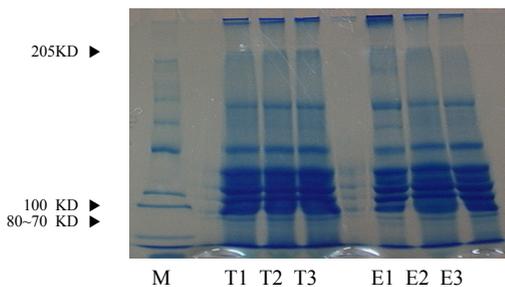
3.3 전기영동에 의한 단백질 패턴변화

수세한 고등어육 단백질변화를 전기영동상에서 확인한 결과를 그림 6과 그림 7에 나타내었다. 그림 6에서 수세횟수가 많아질수록 수세육중의 근형질 단백질 즉, 수용성 단백질 band의 크기는 점차 작아지고 있으며 특히, 전해수 3회수세시에는 저분자 밴드들이 많이 사라지고 상대적으로 그림 7의 myosin band(205KD) 부분은 증가하는 경향이였다. 어육을 반복 수세시에는 어육 근원섬유단백질인 myosin 단백질과는 반대로 물에 가용화하는 수용성 단백질을 증가시켜서, 어떤 경우에는 전체 수용성 단백질의 50% 이상이 유실된다고 한다[12]. 이러한 전기영동의 패턴은 전해수 수세시에 수용성단백질의 유실이 생기고 염용성단백질(205KD)이 많이 잔존하게 됨을 알 수 있다.



[그림 7] 고등어육 전기분해 수세 와 수도수 수세 처리 후 나온 잔사의 SDS-전기영동패턴

[Fig. 7] SDS-PAGE Pattern of mackerel muscle sediment between electrolytic and tap water washed. (Symbols and mark names are the same as in Fig6)



[그림 6] 고등어육 전기분해 수세 와 수도수 수세 처리후 나온 상층액의 SDS-전기영동패턴

[Fig. 6] SDS-PAGE Pattern of mackerel muscle supernatant between electrolytic and tap water washed.(M : mark protein, E1 : 1st electrolytic water washed, T1 : 1st tap water washed, E2 : 2nd electrolytic water washed, T2 : 2nd tap water washed, E3 : 3rd electrolytic water washed, T3 : 3rd tap water washed)

4. 결론

적색육어류인 고등어 육의 수도수와 전해수 수세물의 일반성분과 색차를 측정하고, 단백질패턴의 전기영동 결과와 비교하였다. 수세횟수에 따른 고등어육의 수분함량은 수도수에 수세한(TWW)경우보다 전해수에 수세한(EWW) 고등어육 잔사물의 수분함량이 높게 나타났다(p<0.05) 단백질량 변화는 수도수에 수세한(TWW)경우보다 전해수에 수세한(EWW) 경우에 비해 1%이상씩 수용성 단백질이 유의적으로 감소하였다. 적색육어류인 고등어육의 경우 수용성 단백질 제거에 전해 알칼리수가 유의적(p<0.05)으로 작용하고 있음을 알 수 있었다. 조지방의 경우 수도수보다 전해수 수세시에 지방질이 더 제거되었다. 회분의 변화는 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 색차는 수도수에 수세한것에 비해 전해수에 수세한

처리구가 명도값이 낮았다. 적색도는 낮아지는 경향이었으나 수도수와 전해수 모두 2회 이상의 수세에서는 감소하는 경향은 유의하지 않았다($p < 0.05$).

황색도는 처리구 모두 수세횟수에 관계없이 일정한 황색도를 유지했다. 백색도는 2회수세시 전해수수세구가 수도수수세구에 비해 높은 백색도를 유의한 수준으로 나타내었다. 전기영동에 의한 단백질 패턴변화를 확인한 결과 수세횟수가 많아질수록 수세육중 수용성 단백질 band의 크기는 점차 작아지고, 염용성 단백질 band (205KD) 부분은 증가하는 경향이였다. 이러한 결과는 적색육 어묵 산업에서 EWW가 TWW보다 나은 것으로 생각된다.

References

- [1] John, RW, Whitaker, S .R.. Water and Protein hydration. in " Food Proteins", AVI Publishing Company, INC., Westport, Connecticut, pp. 50-85. 1977.
- [2] Nishimoto,S.I., Hashimoto, A. Seri, N. Arai, K., Setting of mixed meat paste of two fish species in relation to crosslinking reaction of myosin heavy chain. Nippon Suisan Gakkaishi, 54, pp. 1227-1235. 1988.
- [3] Jung, C. H., Kim, J. S., Jin, S. K., Kim, I. S., Jung, K. J., Choi, Y. J. 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. Kor. Soc. Food Sci, Nutr. 33, pp. 1676-1684. 2004.
- [4] Lee,CM, Wu, MC, Okada, M., Ingredient and formulation technology for surimi-based products. In "Surimi Technology", Marcel Dekker Inc., New York, pp. 273-302. 1992.
- [5] Park, HW, Trend of Electrolytic Water, The Monthly Food Industry, 9(1), pp. 151 ~ 157, 1996.
- [6] A.O.A.C., An official methods of analysis, 15th ed., Association of official Analytical Chemists, Washington D.C., pp. 62-113., 1990.
- [7] Cho MS, Lee NG cho YJ, Effect of Hydration Condition of Non-Muscle Protein on Gelling, J. Korean Fish.Soc., 35(6), pp. 627-632, 2002.
- [8] Lowry, O.H., Rosebrough, NJ, Farr, AL, Ranall, RJ, Protein measurement with the Folinphenol reagent. J. Biol. Chem., 193, pp. 265-275. 1951.
- [9] Lee NG, Textural Properties of Jumbo Squid Kamaboko as Affected by Edible Starches, J. Korean Fish.Soc., 33(6), pp. 591-596, 2000.
- [10] Lee NG. Water Properties of Electrolytic Machine by

Stainless Diaphragm and Effects of Electrolytic Ice Water Storage For Keeping Freshness of Squid, *Todarodes pacificus*, Jour. Fish. Mar. Sci. Edu., 18(2), pp. 293-301, 2006.

- [11] Nowsad, A. A. K. M., Kanoh, S., and Niwa, E. Thermal gelation characteristics of breast and thigh muscles of spent hen and broiler and their surimi. *Meat Sci.* 54, 169-175. 2000.
- [12] Wu MC, Manufacture of surimi-based products. In "Surimi Technology", Marcel Dekker Inc., New York, 245-272, 1992.

이 남 결(Nahm-Gull Lee)

[정회원]



- 1993년 2월 : 부경대학교 대학원, 식품공학과(공학석사)
- 1996년 2월 : 부경대학교 대학원, 식품공학과(공학박사)
- 1997년 3월 ~ 1998년 2월 : 부경대학교 수산식품연구소 특별 연구원
- 1998년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 식품공학과 조교수

<관심분야>

식품, 환경, 화공, 의생명공학