

어체두부열수추출물에 관한 연구

1. 추출물의 화학조성 및 물리적 특성

최상현 · 박성민 · 손병일 · 최현미 · 이근태
부경대학교 식품공학과

Studies on Hydrothermal Extracts from Fish Head

1. Chemical Composition and Physical Properties of the extracts

Sang-Hyeon CHOI, Seong-Min PARK, Byung-Yil SON, Hyeon-Mee CHOI and Keun-Tai LEE
Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Fish heads of the main by-product is fishery processing were treated to extract nutrients by heating the fish heads with 1.5 or 3.0 times added water during 9, 12 or 15 hours. The yield, chemical compositions and physical properties of the hydrothermal extracts were studied. The yield was increased with the amount of water added and the extracting hours. The extract contained about 80% protein in solid basis, but has no lipid. In essential amino acid, glutamic acid was most abundant and lysine was abundant. In free amino acid, δ -hydroxylysine and L-histidine in *Cyprinus carpio linnaeus* had 5 times more than those in *Onchorhynchus keta*. The solution of the extracts was known as Newtonian fluid and the color of the extracts showed lower whiteness, higher redness and higher yellowness.

Key words: hydrothermal extracts, *Cyprinus carpio linnaeus*, *Onchorhynchus keta*, chemical composition, physical properties

서 론

어류는 수산가공 원료의 대부분을 차지하고 있으며 이로부터 발생하는 부산물의 양도 무시하지 못할 수준이다. 그러나 대부분의 경우 부산물의 이용에 대한 지식이나 기술의 부족으로 폐기하거나 일부 가축의 사료 등으로 이용하는 것이 고작이다. 이러한 사실은 부산물의 폐기에 소요되는 경비 뿐만 아니라 환경오염의 문제점도 안고 있어 매우 비경제적이라 하지 않을 수 없다. 일부 대구나 횡감용 활어의 경우 가공 또는 조리 후 발생하는 두부(頭部)를 수거하여 탕재료로 이용하기도 하지만 근본적인 해결책이 되지는 못하고 있다.

1994년 해양수산부(구 수산청)의 조사에 의하면 우리나라의 총 어획량은 350만톤이었고, 이중 선어형태로 65만여톤이 유통되었고, 나머지 285만여톤이 가공원료로 이용되었는데 이들의 전체 수율이 61%라고 하였다. 즉 가공 후 폐기되는 부산물량이 수산가공 원료의 39% (111만여톤)에 달하며, 여기에 수입 수산물까지 고려하면 더욱 더 많을 것으로 예상된다. 그리고 최근 우리나라의 수산정책이 잡는 어업에서 기르는 어업을 지향하고 있고, 이에 따른 양식 기술의 발달과 양식어종의 다양화가 이루어지면 이들의 식품화 과정에서도 부산물은 더욱 늘어날 전망이다. 그러므로 이러한 부산물의 이용은 미이용 수산자원의 효율적인 이용이라는 측면에서 볼 때 매우 중요한 수산가공자원이라 할 수 있다. 수산가공부산물의 이용에 대한 연구는 여러 연구자들에 의하여 행해졌는데 Shiau 등 (1990)은 굴가공시 발생하는 폐수중에 포함되어 있는 성분을 조사하였고, 이를 농축하여 굴스프를 제조한 후 그 식품학적 특성을 조사하였으며, Jaswel (1990)은 계가공 폐기물 중의 단백질질을 가축사료 또는 식품재료로의 이용을 위한 가능성을 검토한 바 있다. 그리고 대하가공 부산물을 효소적으로 가수분

해하여 수산식품의 향추출물 제조 (Baek 등, 1995) 등에 대한 연구도 꾸준히 진행되어 왔으나 어체두부 부산물의 이용에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 수산가공부산물 중에서 어류의 두부를 이용하여 어류의 두부로부터 열수추출물을 취하고 이들의 일반적인 성상에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 어류 중, 잉어 (*Cyprinus carpio linnaeus*)는 살아 있는 상태를 유지하여 실험실로 운반한 다음 내장을 제거하였으며, 등근육 부위는 바로 취하여 저온실 (4°C)에서 actomyosin 추출에 사용하였고 두부는 적당한 크기로 절단하여 polyethylene bag에 1kg씩 나누어 담은 후 -20°C의 냉장고에 보관하면서 열수추출의 원료로 사용하였다. 연어 (*Onchorhynchus keta*)는 동결상태를 유지하여 실험실로 운반한 다음, 두부를 잉어와 동일한 방법으로 처리한 후 냉장고 (-20°C)에 보관하면서 열수추출의 원료로 사용하였다.

2. 열수추출물의 제조

저장한 어체두부는 일정 시간 해동한 후 5L 용량의 등근 플라스크에 넣었으며, 육중량당 일정량의 증류수를 첨가하여 일정 시간 동안 가열하여 열수추출하였다. 가열은 heating mantle를 이용하여 행하였으며, 증발을 막기 위해 플라스크에 환류냉각기를 설치하였다. 열수추출한 추출물은 상층액의 유리지방과 잔사를 제거하여 여과한 후 동결건조하였다. 동결건조된 열수추출물은 플라스틱 용기에 넣어 밀봉하여 5°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

열수추출을 위한 실험 조건의 설정은 열수추출에 영향을 미치는 각각의 변수, 즉 온도, 시간, 가수량을 독립변수로 하였으며, 예비 실험의 결과와 가열장치의 성능을 고려하여 온도는 $100 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 고정하였고 시간, 가수량의 범위는 Table 1과 같이 설정하였다.

3. 일반성분의 측정

수분은 상압건조법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 건식회화법, 그리고 조단백질은 micro kjeldahl법으로 측정하였다.

4. 가수분해도 측정

가수분해도 (degree of hydrolysis, DH)는 Yamashita 등 (1970)의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 각 조건에 따라 열수추출한 열수추출물 3g을 원심관에 취하고 증류수 50ml를 가해서 녹인 다음, 20% TCA 50ml를 섞은 후 격렬하게 섞었다. 이 혼합용액을 5,000×g에서 10분간 원심분리한 다음, 상등액의 10% TCA 가용성 질소량을 micro kjeldahl법으로 측정하여 다음과 같은 식에 의해 가수분해도를 나타내었다.

$$\text{DH} (\%) = \frac{10\% \text{ TCA Soluble N}}{\text{Total N}} \times 100$$

5. 구성아미노산 분석

시료 50mg을 ampule에 정확하게 취하여 6N HCl 2ml에 용해시킨 후 진공 밀봉한 다음, 110°C sand bath에서 24시간 분해시켰다. 가수분해된 시료는 glass filter로 여과한 후 감압 농축하였다. 이 때, 산을 완전히 제거하기 위해 적당량의 순수물로 다시 녹인 후 감압 농축하는 과정을 3~4회 반복하였으며, Sodium citrate buffer (pH 2.2)로 씻어 25ml로 정용하였다. 그 다음 membrane filter (0.45 μm)로 여과하여 아미노산 분석기 (Sykam amino acid analyzer S433, 독일)로 분석하였다.

6. 유리아미노산 분석

유리아미노산을 분석하기 위한 전처리는 TCA법을 이용하였다. 즉, 시료 6g을 취한 후 10% TCA 60ml를 가하여 15분간 균질화시킨 다음 탈이온수로서 100ml로 정용하였다. 그 다음 3,000×g에서 10분간 원심분리한 후 상등액 30ml를 취하여 동량의 ether로 세척하여 TCA 및 지방을 제거하였으며, 시료층을 취하여 ether를 제거하기 위해 잠시 농축하였다. 이것을 탈이온수로서 50ml로 정용한 후 부피 75ml 정도 되게 미리 충전된 Amberlite IR-120

(H⁺ form, 16~45 mesh)에 20ml를 흡착시켰다. 흡착된 유리아미노산을 빼내기 위해 150ml의 2N NH₄OH를 흘린 후 감압 농축하여 Lithium citrate buffer (pH 2.2)로 씻어 25ml로 정용한 다음, membrane filter (0.45 μm)로 여과하여 아미노산 분석기 (Sykam amino acid analyzer S433, 독일)로 분석하였다.

7. 점도 및 유동특성의 측정

점도 및 유동특성은 원추평판형 회전점도계 (Brookfield DV-II + C/P, sample volume 2ml)를 이용하여 측정하였다. 용액을 25°C 로 평형화시킨 후 입력된 프로그램에 따라 회전속도를 0.3 rpm에서 100 rpm까지 증가시키면서 측정하고 이어서 100 rpm에서 0.3 rpm까지 감소시키면서 측정하였다.

8. 색도 측정

열수추출물의 색도는 색차계 (Color Techno System Co. LTD, Model JC801)를 이용하여, 표준 백색판을 기준으로 백색도 및 색도 특성을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 일반성분 및 수율

실험 원료로 사용한 잉어 및 연어 두부 열수추출물의 일반성분과 원료 100g에 대한 열수추출물 중량 (g)으로서 표현한 수율은 Table 2, 3에 나타내었다. 여기서 CH-n과 SH-n은 Table 1에서 설정된 조건에 따라 제조한 잉어 및 연어 두부 열수추출물로서 이후에도 이처럼 간략하게 표현하였다.

Table 2. Proximate composition and yield of hydrothermal extracts from carp head (g/100 g)

Components	Hydrothermal extracts					
	CH-1*	CH-2	CH-3	CH-4	CH-5	CH-6
Moisture	6.87	7.49	5.71	7.66	8.76	4.94
Crude protein	84.13	81.79	84.13	84.58	81.46	87.74
Crude lipid	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Crude ash	7.39	7.67	7.18	7.82	6.79	6.93
Yield	6.08	6.42	6.92	7.10	7.19	7.46

ND means no detected.

* CH-n is carp head hydrothermal extract that extracted according to designed conditions.

Table 3. Proximate composition and yield of hydrothermal extracts from salmon head (g/100 g)

Components	Hydrothermal extracts					
	CH-1*	CH-2	CH-3	CH-4	CH-5	CH-6
Moisture	7.97	7.39	9.62	7.90	8.55	7.56
Crude protein	77.83	80.14	79.93	80.25	78.74	79.72
Crude lipid	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Crude ash	10.07	9.39	8.55	8.93	9.18	9.44
Yield	6.68	7.06	7.57	7.72	7.95	8.41

ND means no detected.

* CH-n is carp head hydrothermal extract that extracted according to designed conditions.

Table 1. Independent variables and experimental design for hydrothermal extraction

No.	Independent variables	
	W (ratio)	Time (hr)
1	1.5	9
2	1.5	12
3	1.5	15
4	3	9
5	3	12
6	3	15

열수추출물 모두 지질은 검출되지 않았으며, 단백질 함량이 약 80% 정도로 아주 높게 나타났다. 이는 열수추출물을 식품첨가물로 사용할 경우 영양성이 뛰어난 것이라는 것을 보여준다. 열수추출조건에 따른 일반성분은 아무런 상관관계를 보이지 않았으며, 수열에 있어서 열수추출물은 가수량이 많고 가열시간이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다.

2. 가수분해도

잉어 및 연어 두부 열수추출물의 가수분해도는 Fig. 1에 나타내었다. 잉어와 연어의 개체 차이는 특별히 나타나지 않았으며, 잉어 및 연어 두부 열수추출물 모두 가열시간이 증가할수록 가수분해도가 증가하는 경향을 보였다. 반면 가수량은 작을수록 가수분해도는 높게 나타났으며, 이는 Lee 등 (1997)이 미꾸라지, 붕어, 광어 및 조피볼락을 고온가압 가수분해하였을 때 온도가 증가할수록, 가수량은 감소할수록 가수분해도가 증가되었다는 보고와 동일한 양상을 보여주는 것이다. 본 실험에서는 예비 실험에서 온도를 너무 높일 경우 열수추출물의 갈변이 심하게 나타났기 때문에 온도는 100 ± 2°C로 고정시켜 놓고 열수추출조건을 설정하였다.

3. 구성아미노산 분석

잉어 및 연어 두부 열수추출물 중 CH-6과 SH-6의 구성아미노산 조성을 Table 4에 나타내었다. 총 아미노산의 양은 CH-6가 SH-6에 비해 약 10% 정도 더 많게 나타났으며, 이것은 조단백질 함량의 분석 결과와 거의 일치하였다. 여기서 총 아미노산의 양이 조단백질 함량보다 약 4~7% 정도 작게 나타나는 것은 열수추출물 내에 포함되어 있는 각종 유기질소화합물과 검출되지 않은 Cys 때문이라고 생각된다. Cys의 경우는 일반적인 분석방법으로는

Table 4. Amino acid composition of carp and salmon head hydrothermal extract (g/100 g)

Amino acids	Hydrothermal extracts	
	CH-6*	SH-6**
Lys	6.19	4.69
Val	2.87	2.35
Thr	2.86	2.45
Met	1.83	1.69
Phe	2.34	2.02
His	2.39	3.01
Leu	4.30	3.00
Ile	2.10	1.65
Asp	7.14	6.11
Cys	ND	ND
Ser	3.54	3.97
Glu	14.26	12.84
Pro	7.87	5.62
Tyr	0.42	0.28
Gly	11.78	11.78
Ala	8.12	6.62
Arg	5.71	4.90
Total	83.72	72.98

* CH-6 is carp head hydrothermal extract that extracted according to designed conditions.

** SH-6 is salmon head hydrothermal extract that extracted according to designed conditions.

ND means no detected.

정확하게 분석되지 않고 performic acid 용액으로 전처리한 후 동일한 방법으로 분석해야 되기 때문이다. 필수아미노산의 경우는 식물성 단백질에 부족하기 쉬운 Lys 함량이 높게 나타났으며, 전체 아미노산 중에서는 Glu가 가장 많은 부분을 차지하였다. Lee 등 (1978)은 정어리 분말 단백질의 구성아미노산 조성을 분석한 결과 전체 아미노산 중 Glu의 양이 가장 많았다고 하였으며 본 실험에서도 이와 유사한 결과를 얻었다.

4. 유리아미노산 분석

잉어 및 연어 두부 열수추출물의 유리아미노산 조성을 Table 5에 나타내었다. 총 유리아미노산 함량에 있어서는 잉어 두부 열수추출물이 연어보다 다소 높게 나타났으며, 전체 유리아미노산 중에서 δ-Hydroxylysine의 함량이 가장 높았다. 각각의 유리아미노산 함량에 있어서는 잉어 및 연어 두부 열수추출물이 대체적으로 비슷하였으나, L-Glutamic acid와 L-Histidine의 경우는 잉어가 연어보다 5배정도 높은 함량을 나타내었다.

5. 점도 및 유동특성

단백질 분산액의 유동특성은 식품 가공에 있어서 매우 중요하며 (Ma, 1993), 제품의 texture 특성과 매우 밀접한 상관관계가 있고 (Hermansson, 1975), pumping, mixing, heating, cooling, spray drying과 같은 단위조작에 있어서 적합한 가공 공정을 세우기 위한 중요한 정보를 제공해 준다 (Tung, 1978). 1% 열수추출물 용액을 제조하여 shear rate의 변화에 따른 shear stress의 변화를 측정된 결과는 Fig. 2, 3에 나타내었다. 잉어 및 연어 두부 열수

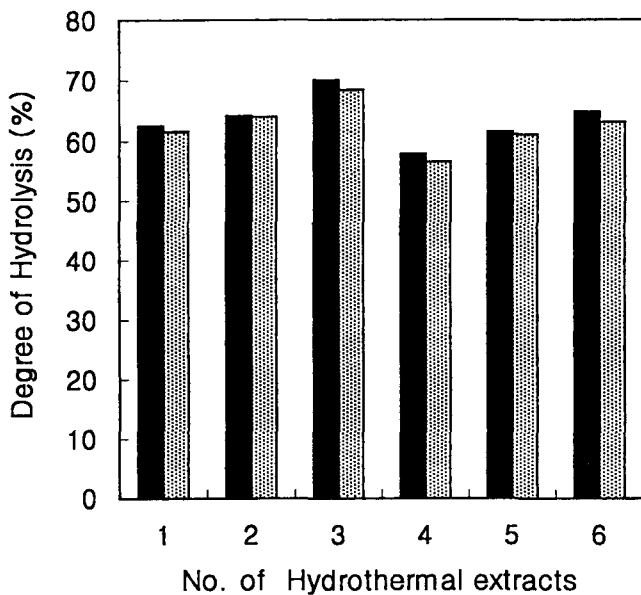


Fig. 1. Degree of hydrolysis in carp and salmon head hydrothermal extracts. ■ Carp head hydrothermal extracts, ▨ Salmon head hydrothermal extracts

Table 5. Free amino acid composition of carp and salmon head hydrothermal extracts (mg/100 g)

Amino acids	Hydrothermal extracts			
	CH-1	CH-6	SH-1	SH-6
Taurin	27.7	21.5	26.83	30.43
L-Aspartic acid	30.87	28.57	59.1	57.67
L-Threonine	56.33	57.27	70.96	63.62
L-Serine	70.77	60.67	143.5	118.1
L-Glutamic acid	106.17	107.23	22.34	20.0
L- α -Aminoadipic acid	24.7	25.03	24.7	23.54
L-Proline	72.27	72.2	64.3	75.37
L-Glycine	112.97	95.27	134.37	123.43
L-Alanine	146.67	149.26	231.76	206.73
L-Citrulline	3.13	4.33	2.13	2.14
L-Valine	67.3	58.43	70.12	64.5
L-Cystine	4.73	3.46	4.63	3.46
L-Methionine	7.97	8.1	7.78	7.6
L-Cystathionine	36.3	36.47	23.43	21.6
Ethanolamine	3.4	2.27	ND	ND
L-Anserine	102.77	92.66	79.74	72.8
L-Isoleucine	126.27	109.3	89.7	81.73
L-Leucine	46.67	45.5	29.4	25.0
L-Tyrosine	76.53	63.23	42.87	48.77
L-Phenylalanine	1.17	1.2	6.0	4.73
β -Alanine	5.2	5.06	2.37	5.0
γ -Amino-n-butyric acid	4.13	2.83	11.83	11.92
NH ₃	0.83	1.23	0.94	1.5
δ -Hydroxylysine	394.37	439.56	431.17	435.9
L-Ornithine	11.33	56.0	37.43	28.97
L-Lysine	202.83	198.03	204.3	215.74
1-Methyl-L-Histidine	10.93	13.37	23.27	19.57
L-Histidine	236.47	326.33	50.78	42.03
L-Arginine	23.93	22.67	42.93	64.6
Total	2014.71	2107.03	1938.68	1876.45

추출물 모두 shear rate의 증가에 따라 shear stress가 거의 직선적으로 증가하는 경향을 보여 본 실험에서의 열수추출물은 newtonian 유체의 특성을 가짐을 알 수 있었으며, 전형적인 newtonian 유체의 온도 상승에 따라서 나타나는 hysteresis loop가 미약하나마 생성되는 것으로 보아서도 열수추출물이 newtonian 유체임을 알 수 있었다. 잉어 두부 열수추출물 CH-1부터 CH-6까지의 겔보기 점도 (25°C, Speed 30rpm)는 각각 1.19, 1.08, 1.09, 1.16, 1.15, 1.15cP였으며, 연어 두부 열수추출물 SH-1부터 SH-6까지의 겔보기 점도 (25°C, 30rpm)는 각각 1.31, 1.42, 1.28, 1.28, 1.32, 1.24cP로 잉어 두부 열수추출물이 연어보다 낮은 경향을 보였다. Lee 등 (1998)은 가수분해가 진행됨에 따라 점도가 서서히 감소하는 것은 가수분해에 따른 분자량의 감소와 가수분해에 따른 소수성기의 노출로 인한 용매와의 접촉면을 작게 하려는 현상 때문이라고 보고하였다.

6. 열수추출물의 색도

표준 백색판을 기준으로 하여 잉어 및 연어 두부 열수추출물의 색도 변화를 측정된 결과를 Table 6, 7에 나타내었다. Hunter L,

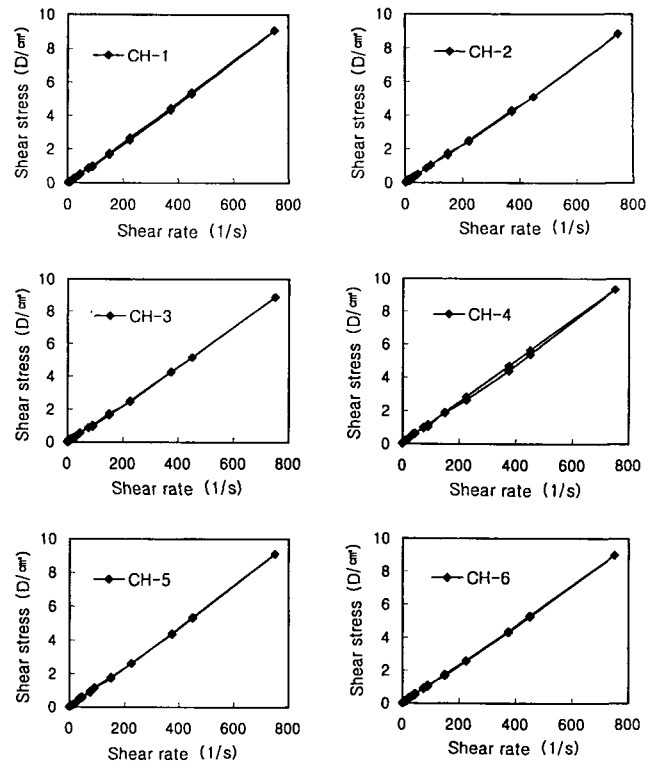


Fig. 2. Typical upward and downward flow curves for carp head hydrothermal extracts (CH-n) at 25°C.

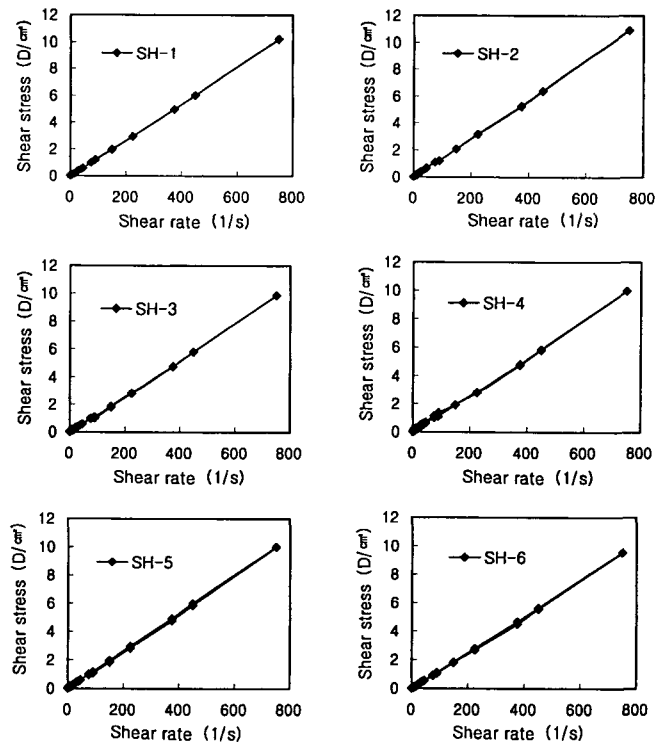


Fig. 3. Typical upward and downward flow curves for carp head hydrothermal extracts (SH-n) at 25°C.

Table 6. Changes of L, a, b and L*, a*, b* values in particles of carp head hydrothermal extracts

Parameters	Standard White Plate	Carp head hydrothermal extracts					
		CH-1	CH-2	CH-3	CH-4	CH-5	CH-6
Hunter L, a, b							
L	99.98 ^a	62.63	63.87	62.87	62.96	60.27	61.88
a	3.49	6.41	6.83	6.52	6.91	6.02	7.02
b	10.73	17.65	17.21	19.23	16.81	16.18	17.29
CIE LAB							
L*	99.98	66.87	70.03	67.93	68.77	64.98	66.02
a*	3.30	7.00	7.40	7.11	7.74	6.92	8.24
b*	10.79	23.09	22.19	25.58	21.99	21.01	22.39

^aHunter L, a and b are tristimulus values of a standard white surface and CIE LAB L*, a* and b* are tristimulus values of a normal white object-color stimulus.

Table 7. Changes of L, a, b and L*, a*, b* values in particles of salmon head hydrothermal extracts

Parameters	Standard White Plate	Salmon head hydrothermal extracts					
		CH-1	CH-2	CH-3	CH-4	CH-5	CH-6
Hunter L, a, b							
L	99.98 ^a	58.11	54.75	52.21	55.88	55.11	59.97
a	3.49	7.05	5.95	6.41	6.97	7.09	7.12
b	10.73	19.36	15.71	23.04	17.67	18.67	18.38
CIE LAB							
L*	99.98	64.78	61.63	59.22	62.70	61.97	66.49
a*	3.30	7.86	6.79	7.41	7.87	8.04	7.86
b*	10.79	26.98	21.57	36.62	24.62	26.60	24.84

^aHunter L, a and b are tristimulus values of a standard white surface and CIE LAB L*, a* and b* are tristimulus values of a normal white object-color stimulus.

a, b와 CIE LAB값 (Hettiarachchy와 Ziegler, 1994)으로 평가해 본 결과, 식품에 일반적으로 적용되는 백색도를 나타내는 L의 값은 잉어 두부 열수추출물이 평균적으로 62정도였으나 연어의 경우에는 56으로 잉어 두부 열수추출물이 백색도가 높게 나타났다. 반면에 황색도를 나타내는 b값은 연어 두부 열수추출물이 다소 높게 나타났으며, 적색도를 나타내는 a값의 경우는 잉어 및 연어 두부 열수추출물 모두가 비슷한 양상을 보여주었다. 전체적으로 두가지 열수추출물을 식품첨가물로 이용하기 위해서는 갈변을 방지할 수 있는 새로운 열수추출 방법 및 조건을 설정해야 할 것으로 생각된다.

요 약

가공 후 폐기되는 수산가공부산물물의 이용성을 높이고, 식품첨가물로서의 식품 산업 적용에 대한 가능성을 조사하기 위하여 잉어 및 연어의 두부를 이용하여 열수추출물을 제조하고 이들의 일반적인 성상을 검토한 결과 제조된 열수추출물은 모두 지질은 검출되지 않았으며, 단백질 함량이 약 80% 정도로 아주 높게 나타났다. 열수추출조건에 따른 일반성분은 아무런 상관관계를 보이지 않았으며, 수열에 있어서 열수추출물은 가수량이 많고 가열시간

이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 잉어 및 연어 두부 열수추출물 모두 가열시간이 증가할수록 가수분해도가 증가한 반면 가수량은 작을수록 가수분해도가 높게 나타났다. 구성아미노산 조성을 살펴본 결과, 전체 아미노산 중에서 Glu가 가장 많은 부분을 차지하였으며 필수아미노산의 경우는 식물성 단백질에 부족하기 쉬운 Lys의 함량이 높게 나타났다. 유리아미노산은 δ -Hydroxylysine의 함량이 가장 높았으며, L-Glutamic acid와 L-Histidine은 잉어 두부 열수추출물이 연어보다 5배정도 높은 함량을 보여주었다. 열수추출물의 유동곡선을 살펴본 결과, 열수추출물 용액은 전형적인 Newtonian 유체임을 알 수 있었다. 표준 백색판을 기준으로 하여 측정된 열수추출물의 색도는 전체적으로 백색도는 낮고 적색도와 황색도는 높게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 교육부에서 지원한 해양·수산과학분야 학술연구조성비로 수행된 연구결과이며, 연구비를 지원해 준 교육부에 심심한 사의를 표합니다.

참 고 문 헌

- Baek, H.H. and K.R. Cadwallader. 1995. Enzymatic hydrolysis of crayfish processing by-products. *J. Food Sci.* 60 (5), 929~935.
- Hettiarachchy, N.S. and G.R. Ziegler. 1994. Color as a functional property of proteins. Chpt. 12 in "Protein functionality in food system". Marcel Bekker, Inc., New York, pp. 357~381.
- Hermansson, A.M. 1975. Functional properties of proteins for foods: folw properties. *J. Texture Studies*, 5, 425~439.
- Jaswal, A.S. 1990. Amino acid hydrolysate from crab processing waste. *J. Food Sci.*, 55 (2), 379~380.
- Lee, E.H., Y.H. Park, J.H. Pyeun, S.K. Kim, S.T. Yang and Y.O. Song. 1978. Studies on the processing and utilization of sardine protein concentrate. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 11 (1), 25~37 (in Korean).
- Lee, K.T., S.M. Park, S.H. Lee, H.S. Ryu and H.D. Yoon. 1997. High temperature cooking of fish protein extracts for plastein reaction. *J. Food Sci. Nutr.*, 2 (4), 321~327.
- Lee, K.T., S.M. Park, S.H. Lee and H.S. Ryu. 1998. Improvement of functional properties of extracts from hydrothermal cooked fish meat by plastein reaction. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27 (1), 93~101 (in Korean).
- Ma, C.Y. 1993. Flow properties of oat protein dispersions. *J. Texture Studies*, 24, 311~323.
- Shiau, C.Y. and T. Chai. 1990. Characterization of oyster shucking liquid wastes and their utilization as oyster soup. *J. Food Sci.*, 55 (2), 374~378.
- Tung, M.A. 1978. Rheology of protein dispersions. *J. Texture Studies* 9, 3~31.

1999년 6월 11일 접수

1999년 8월 28일 수리