

양식 및 자연산 도미와 넓치 어육 중의 핵산관련물질의 변화

이경희 · 이영순*
경희대학교 급식산업학과, *경희대학교 식품영양학과

Changes of Nucleotides and their Related Compounds in Cultured and Wild Red Sea Bream and Flounder muscle

Kyung Hee Lee and Young Soon Lee*
Department of Institutional Food Service, Kyung Hee University
*Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University

Abstract

Changes of nucleotides and their related compounds in raw, cooked and frozen fish muscle were studied with HPLC. Red sea bream(cultured and wild) and flounder(cultured, cultured with Obosan[®] and wild) were used for this study.

In nucleotides, contents of ATP was similar to that of IMP and some of HxR(inosine) and Hx(hypoxanthine) were existed in fresh muscle. ATP was decomposed rapidly and contents of IMP became different between cultured and wild fish after 6 hours. The content of IMP was lower in the cultured red sea bream(3.39 μ mole/g) and flounder(3.17 μ mole/g) than in the wild red sea bream(7.31 μ mole/g) and flounder(5.03 μ mole/g). But, the flounder cultured with Obosan[®] contained the largest amounts of IMP.

After 24 hours, K values of cultured fish muscle(27.7%, 28.2%) were higher than that of wild ones(22.8%, 24.3%). The K value of cultured flounder fed with 0.3% Obosan[®](25.7%) was between cultured and wild flounder. IMP was the one which existed the most in cooked and frozen muscle. Amounts of HxR and Hx were more in cooked and frozen muscle than in raw muscle.

From these results, we could suggest that the wild one was more palatable and fresher than the cultured one and the palatability of cultured one seemed to be improved depending on the feed.

Key words: cultured, wild, fish muscle, nucleotides, IMP, K value

1. 서 론

어육의 기호 특성은 맛, 향, 텍스처 등이 종합적으로 관여하나 혐의의 맛은 엑기스 성분에 의한 것이며, glutamic acid 와 nucleotides의 상호작용에 의한 맛이 수산물의 맛난맛의 중심이 된다¹⁾.

일반적으로 어육 중의 nucleotides의 사후 변화는 ATP(adenosine triphosphate)로 부터 IMP(inosine monophosphate)가 생성되는 과정까지의 분해 반응이

신속히 진행되는 반면 IMP의 분해는 완만하므로 주로 IMP가 많이 축적되고 ADP(adenosine diphosphate)나 AMP(adenosine monophosphate)는 소량씩 증가한다²⁻⁴⁾. Nucleotides의 분해속도는 어체의 생리조건, 처사조건, 죽기 직전의 운동량, 저장조건에 따라 심한 차이를 보여 고통받은 어류가 즉살한 어류에 비교하여 분해가 빨리 일어나는 것으로 알려져 있다. 또한 공복이나 운동시켜 피로한 어체는 죽은 직후에도 ATP가 극히 적고 IMP가 많은 것을 볼 수 있다⁵⁾.

Nucleotides가 정미성을 나타내기 위해서는 화학구조상 purine 핵의 C₆ 위치에 OH기를 가지며, ribose의 5위치에 인산기가 결합되어 있어야 한다. 실제

Corresponding author: Kyung-Hee Lee, Kyung Hee University,
1, Hoeki-Dong, Dongdaemun-ku, Seoul, 130-701, Korea
Tel: 02-961-0847
Fax: 02-961-0830
E-mail : LKHee@khu.ac.kr

이 두 요인을 갖춘 nucleotide, 즉 5'-GMP (guanosine-5'-monophosphate), 5'-IMP 및 5'-XMP (xanthosine-5'-monophosphate) 등은 정미력이 매우 강하다. ATP, AMP는 C₆ 위치에 OH기를 갖고 있지 않으며 NH₂기로 되어 있으므로 그 자체로는 맛이 없는 것으로 확인되고 있으나 glutamic acid와의 상승작용이 있는 것으로 밝혀졌다⁶⁾.

어육의 유력한 맛난맛 성분인 IMP는 저장, 조리 과정 중 효소에 의해 분해되고 IMP의 분해는 맛에 크게 영향을 미치므로 그 분해정도를 나타낸 K value는 어육의 선도 내지 품질의 지표가 되는 것으로 알려져 있으며, 대체로 백색어는 IMP의 분해가 늦고, 적색어는 분해가 빠르게 일어난다. 어육 중의 IMP 분해는 중성, 약 알칼리성에서 최적 pH를 갖는 phosphatase가 관여하며^{7,8)} IMP의 분해에 관여하는 효소의 pH-효소 활성곡선의 형상은 어종 별로 다양하다. IMP 분해속도 또한 수분활성에 비례하여 생선의 조리나 가공 시 염절임, 건조, 조미건조 등은 어육의 수분활성을 저하시킴으로써 미생물의 증식을 억제하고 IMP의 분해를 어느 정도 억제하는데 기여하는 것으로 보고되고 있으나, 어육의 가열 조리, 건조, 식초나 식염 등에 오랜 시간 절여두는 경우에는 IMP의 분해가 무시할 수 없을 것으로 생각된다.

이에, 본 연구는 어육 중의 핵산관련물질의 경시적 변화 및 냉동, 가열조리시의 변화를 검토하여 핵산관련물질의 변화가 자연산 및 양식어육의 맛에 미치는 영향을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

실험에 사용한 도미(*Pagrosomus auratus*) 양식어와 자연어, 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 양식어 2종(일반적으로 양식된 것과 한방사료 첨가제인 어보산(성암산염)을 사료에 첨가하여 양식한 것)과 자연어는 전보⁹⁾에 기재된 바와 같은 것으로 어종별 크기가 유사한 시료어를 즉살시킨 후 3장으로 포를 떼서 배육(dorsal muscle)의 일정부위를 실험에 사용하였다.

생육은 4°C에서 저장하면서 0, 3, 6, 9, 24시간 경과할 때마다 실험에 제공되었고, 냉동육은 시료 조제 후 -20°C에서 24시간 보관하였다가 측정하였으며 가열육은 시료 조제 후 즉시 제공되었다. 가열육은 배육 100g을 polypropylene 봉지에 넣고 직경 25cm인 스텐레스 냄비에 2l의 물을 넣어 가스렌지에서

Table 1. Conditions for HPLC analysis of nucleotides and their related compounds of fish muscle

Instrument	Conditions
Column	μ -Bondapak C18 (3.9×300mm)
Mobile phase	1% triethylamine-phosphoric acid(pH 6.5)
Flow rate	2.0ml/min
Chart speed	0.25cm/min
Detector	UV detector(Jasco Co., Japan)(254nm)
Temperature	40°C
Injection volumn	10 μ L

센블로 가열한 후 물이 끓기 시작하면 시료를 넣어 10분간 가열하고 실온에서 30분간 식힌 후 실험에 제공되었다. 가열한 어육의 중심부의 온도는 70±2°C였다.

2. 핵산관련물질의 측정

배육 약 5g을 이 등¹⁰⁾의 방법에 의해 10%-HClO₄ 10ml를 가하고 균질한 후 test tube에 25ml로 채워서 30분간 방치 후 여과하였다. 상정액을 5N-KOH로 pH 6.5로 조정한 후 5N-KOH로 pH 6.5로 조정한 10%-HClO₄를 사용하여 100ml로 정용하였다. 30분간 방치한 후 0.45 μ m filter로 여과하여 HPLC(Jasco Co., PU-980, Japan)로 Table 1의 조건에서 검출하고 표준 용액의 머무름 시간과 피크를 비교하여 정량하였다.

3. K value

IMP의 분해정도를 나타내며 어육의 선도 내지 품질의 지표가 되는 K value는 다음과 같이 계산하였다.

$$K(\%) = \frac{HxR + Hx}{ATP+ADP+AMP+IMP+HxR+Hx} \times 100$$

III. 결과 및 고찰

1. 생육의 핵산관련물질

HPLC를 이용하여 정미물질로서 어육 중의 nucleotides를 측정된 결과는 Table 2와 같으며, Fig. 1에 자연산 넙치의 측정 예를 나타냈다.

Nucleotides는 동물이 죽은 후 ATP형태에서 탈인산화가 일어나 ADP, AMP, IMP, HxR(inosine), Hx(hypoxanthine)로 변화되어 간다. 죽은 직후에는 ATP가 많고 IMP는 적은 양 존재하나 시간이 경과되면 ATP는 급격히 분해되어 부패되기 전까지 주로 IMP의 형태로 축적된다.

Table 2. Changes in contents of nucleotides and their related compounds in raw muscle extracts during storage at 4°C (μ mole/g muscle)

		ATP	ADP	AMP	IMP	HxR	Hx	Total
RC	0 hr	2.33	0.79	1.04	2.27	0.22	1.13	7.78
	3 hr	1.84	0.67	0.92	3.38	0.28	1.43	8.52
	6 hr	1.03	0.45	0.89	3.89	0.38	1.70	8.71
	9 hr	0.64	0.30	0.47	5.58	0.45	1.99	9.43
	24 hr	0.12	0.26	0.28	6.43	0.60	2.12	9.81
RW	0 hr	2.36	0.85	1.12	3.00	0.27	1.03	8.60
	3 hr	1.91	0.25	0.76	4.82	0.27	1.33	9.34
	6 hr	0.41	0.27	0.24	7.31	0.31	2.07	10.43
	9 hr	0.22	0.35	0.47	8.42	0.31	2.12	11.89
	24 hr	0.11	0.22	0.28	9.22	0.31	2.16	12.34
FC1	0 hr	2.22	0.98	1.04	2.36	0.16	1.12	7.88
	3 hr	2.09	0.99	0.99	2.69	0.31	1.41	8.48
	6 hr	1.88	0.61	0.76	3.17	0.35	1.84	8.61
	9 hr	0.74	0.33	0.26	5.81	0.34	2.18	9.66
	24 hr	0.37	0.20	0.16	6.95	0.60	2.42	10.70
FC2	0 hr	3.07	0.79	1.28	3.02	0.60	0.65	9.32
	3 hr	2.65	0.57	0.96	3.52	0.61	1.09	9.40
	6 hr	1.58	0.42	0.38	5.15	0.69	1.55	9.77
	9 hr	0.93	0.39	0.34	6.46	0.69	2.04	10.85
	24 hr	0.88	0.34	0.26	7.75	0.76	2.49	12.63
FW	0 hr	2.79	0.68	0.71	2.76	0.31	1.07	8.32
	3 hr	2.37	1.19	0.88	2.96	0.34	1.21	8.86
	6 hr	1.85	0.63	0.28	5.03	0.40	1.74	9.93
	9 hr	0.94	0.35	0.29	7.34	0.45	2.06	11.43
	24 hr	0.10	0.13	0.17	9.73	0.57	2.57	12.93

RC : Cultured red sea bream, RW : Wild red sea bream, FC1 : Cultured flounder, FC2 : Cultured flounder fed feeds containing Obosan[®] 0.3% for 3months, FW : Wild flounder

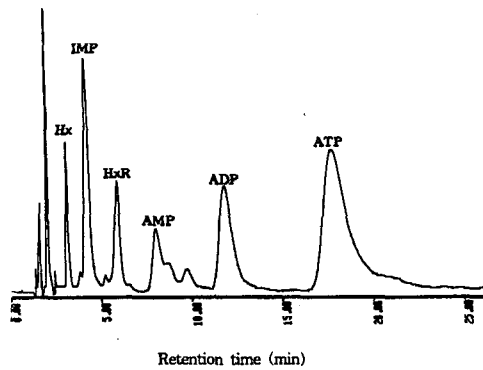


Fig. 1. HPLC chromatogram of ATP and its related compounds in muscle extracts of wild flounder

본 실험에서 측정된 nucleotides는 도미와 넙치의 양식어 및 자연어 모두 ATP의 양이 2.33~3.07 μ mole/g으로 IMP(2.27~3.02 μ mole/g)보다 어종에 따라 적게 함유되어 있거나 거의 유사하게 함유되어 있는 것으로 나타났다. ATP는 약 6시간 경과 후 반

감하였고 24시간 후에는 어보산 첨가사료로 양식된 넙치를 제외하면 거의 소실되어 ATP의 분해가 빨리 일어나는 것을 알 수 있었으며, HxR, Hx 등도 나타났다.

Nucleotides의 분해속도는 어체의 생리조건, 치사 조건, 죽기 직전의 운동량, 저장조건에 따라 심한 차이를 보인다. 은어 근육 중의 nucleotides는 IMP 함량이 가장 많아 약 70 %를 차지하였으며 근육 100g 당 140~200mg으로 보고되었고²⁾ Fujii 등⁵⁾은 0°C에서 넙치를 저장하였을 때 2일째에 ATP, ADP가 거의 소실되고 즉살한 생선에서도 IMP, Hx 등이 나타난 것은 죽기 전 시료어가 피로했기 때문인지도 모른다고 보고하였다.

Nucleotides의 분해과정중 시간이 경과할수록 소실되어 가는 ATP, ADP, AMP의 합계량과 이들 성분이 분해되어 축적되는 IMP의 양 및 IMP가 분해되어 생성되는 HxR, Hx의 합계량을 Fig. 2와 3에 나타났다. 동물근육의 맛난맛에 ATP, ADP, AMP, IMP가 모두 관여되는 것으로 알려져 있으나¹⁾ 맛의 주역인 IMP는 죽은 직후에 어종간 함량의 차이를 보이

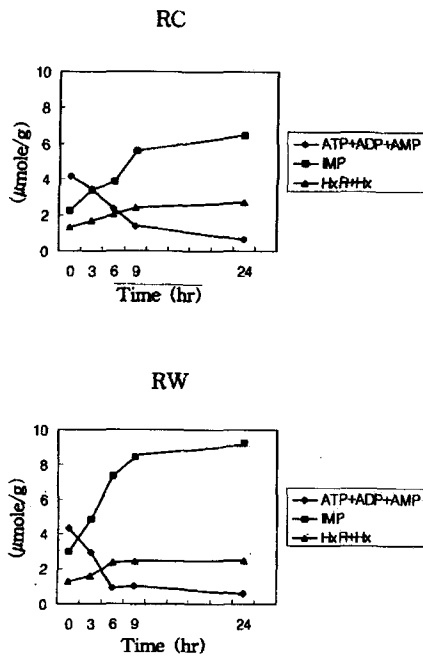


Fig. 2. Contents of nucleotides and their related compounds in raw muscle extracts of red sea bream. RC : Cultured red sea bream, RW : Wild red sea bream

지 않다가 시간이 경과함에 따라 어종별 차이가 크게 나타났다. 특히 시료준비 후 관능검사가 실시될 시간인 3~6시간 사이의 IMP 함량은 도미의 경우 양식어가 3.38~3.39 μ mole/g, 자연어가 4.82~7.31 μ mole/g으로 양식어와 자연어 사이에 차이가 크게 나타났다, 넙치의 경우에도 양식어가 2.69~3.17 μ mole/g, 자연어가 2.96~5.03 μ mole/g으로 양식어와 자연어 사이에 차이가 크게 나타났으며 어보산 첨가사료로 양식된 넙치의 경우 3.52~5.15 μ mole/g으로 자연어 보다 더 많은 양의 IMP를 함유하는 것으로 나타났다.

Iwamoto 등^{3,4)}은 도미의 저장온도에 따른 ATP의 분해에 관한 연구에서 도미근육 중의 ATP는 0°C 저장 시 7시간 후 반감하였고, 13시간 후에 소실되었으며, 10°C 저장에서는 17시간 후에 급격히 감소하였다고 보고하여 본 실험의 도미근육 중의 ATP 분해가 더 빨리 진행된 것으로 나타났다. 이는, 본 실험이 기온이 높은 7월중에 이루어져 온도의 영향으로 nucleotides의 분해가 더 빠르게 진행되었기 때문인 것으로 추측된다.

넙치의 경우에는 -3°C, 0°C, 5°C, 10°C에서 저장되었을 때 -3°C와 0°C에서 ATP 분해가 빨리 일어났으며, 그 다음이 5°C였고 10°C에서 가장 천천히 일어

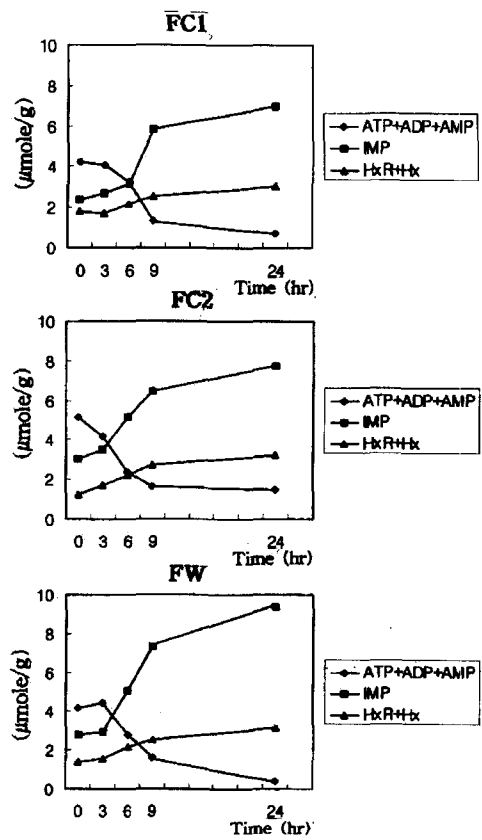


Fig. 3. Contents of nucleotides and their related compounds in raw muscle extracts of flounder. FC1 : Cultured flounder, FC2 : Cultured flounder fed feeds containing Obosan®0.3% for 3months, FW : Wild flounder

났다고 하였다. Murata 등¹¹⁾은 대구와 방어 근육의 빙장 중 IMP 함량의 변화를 연구한 결과 대구의 경우 즉살직후 5.4 μ mole/g 이었으나 10시간 경과 후부터는 급속히 감소하였고 1일 후에는 반 이하로 감소하였으며 맛난맛의 평가도 저하되었다고 보고하였다. 방어^{11,12)}는 ATP가 빙장 2일 동안에 7.6 μ mole/g에서 0.1 μ mole/g으로 급격히 감소하였으며, IMP는 초기의 1.0 μ mole/g에서 8.0 μ mole/g으로 급격히 증가하였으나 빙장 8일까지 거의 감소하지 않았고 감칠맛도 남아 있었다고 보고하였다.

본 실험에서 측정된 도미와 넙치의 24시간 후 IMP가 HxR, Hx로 분해된 정도를 나타내는 K value는 Fig. 4와 같다. 도미와 넙치 모두 양식어는 K value가 27.7%, 28.2%로 자연어의 22.8%, 24.3%보다 높았으며 어보산 첨가사료로 양식된 넙치의 경우에는 25.7%로 양식어와 자연어의 중간 정도였다.

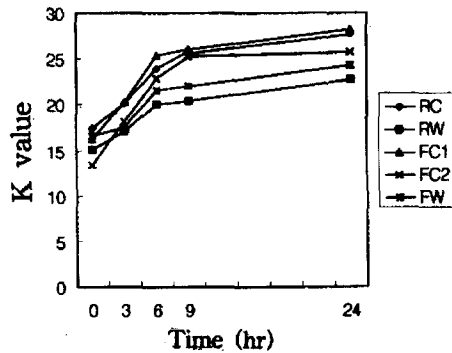


Fig. 4. Changes in K value in the muscle of the cultured and wild fishes of red sea bream and flounder.

RC: Cultured red sea bream, RW: Wild red sea bream, FC1: Cultured flounder, FC2: Cultured flounder fed feeds containing Obosan® 0.3% for 3months, FW: Wild flounder

Uchiyama 등¹³⁾의 넙치와 참치의 빙장 중 선도저하에 관한 생화학적 연구에 의하면 넙치는 K value가 0~5일까지 12%로 선도가 높았으며 7~14일까지 20%로 중간 정도이고, 15일 이후에는 46% 이상으로 낮은 상태를 나타냈다고 하였다. 참치는 0~1일까지 9%, 2~4일까지 40% 이하이며 5일 이후부터 40% 이상으로 선도 저하가 빠른 현상을 보였다고 보고하였다. 또한 Iwamoto 등³⁾은 0°C와 10°C 저장 중의 도미근육은 0°C에서 저장한 것이 10°C에서 저장한 것보다 K value가 2배 더 높았다고 보고하였다.

일반적으로 생선회가 가능한 어육은 K value 약 20%이내이며 시판하는 보통의 신선한 생선의 K value는 30%이고, K value가 40%이상이면 부패가 시작되었을 가능성이 있다고 한다. 본 실험에서 측정된 도미와 넙치는 모두 24시간 신선한 상태로 유지되는 것이 가능하였으나 생선회로서는 약 3시간 이내에 섭취하는 것이 바람직함을 알 수 있었다.

2. 가열 및 냉동육의 핵산관련물질

조리 및 저장과정 중의 IMP의 분해정도를 검토하고자 가열 및 냉동육 추출물 중의 nucleotides를 정량한 결과는 Table 3과 같다. 가열육과 냉동육의 경우 모두 ATP, ADP, AMP는 거의 분해되었고 주로 IMP 형태로 남아있었으며 냉동보다 가열하였을 때 더 많이 분해되어 있었다(Fig. 5). IMP의 분해물인 HxR, Hx는 가열육의 경우 약 9시간 경과한 생육의 경우보다, 냉동육은 약 24시간 경과한 생육의 경우보다 많이 존재하여 nucleotides가 어육의 가열 및 냉동과정 중 현저하게 분해되는 것을 알 수 있었다.

IV. 결 론

양식 및 자연산 도미와 넙치의 핵산관련물질 함유량을 검토한 결과는 다음과 같았다.

1. 전 어종에서 ATP의 양이 IMP보다 적거나 유사하게 함유되어 있었고 약 6시간 후 ATP가 반감하였으며 24시간 후에 거의 소실되었고 HxR, Hx 등도 나타났다. IMP는 시간이 경과할수록 어종

Table 3. Nucleotides and their related compounds in cooked and frozen muscle extracts (μ mole/g muscle)

	ATP	ADP	AMP	IMP	HxR	Hx	Total
Cooked							
RC	0.14	0.45	0.57	7.30	0.92	2.12	11.50
RW	0.25	0.40	0.48	7.72	0.69	2.09	12.35
FC1	0.11	0.70	1.71	6.66	0.45	2.29	11.92
FC2	0.20	0.33	0.33	9.10	0.87	2.16	12.99
FW	0.42	0.39	0.41	8.44	0.16	2.65	12.47
Frozen							
RC	0.30	0.59	0.97	3.26	1.36	2.14	8.62
RW	0.53	0.37	0.55	4.96	0.54	2.03	8.98
FC1	0.25	0.39	0.74	3.25	0.78	2.05	8.46
FC2	0.60	0.29	0.24	4.96	0.85	2.14	9.08
FW	0.70	0.43	0.52	4.22	1.10	2.14	9.11

RC : Cultured red sea bream, RW : Wild red sea bream, FC1 : Cultured flounder, FC2 : Cultured flounder fed feeds containing Obosan® 0.3% for 3 months, FW : Wild flounder

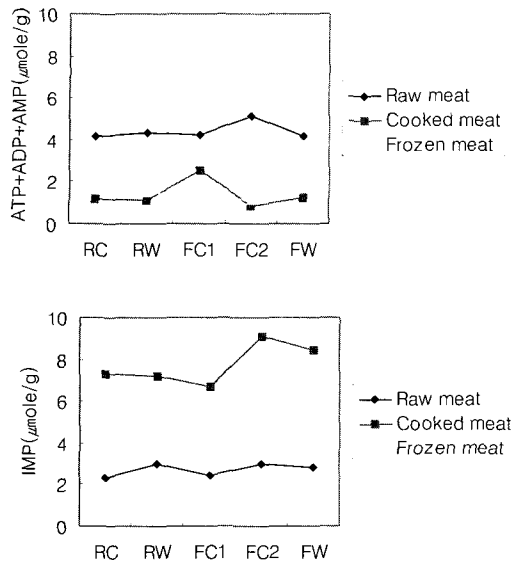


Fig. 5. Nucleotides and their related compounds in raw, cooked and frozen muscle extracts

RC: Cultured red sea bream, RW: Wild red sea bream, FC1: Cultured flounder, FC2: Cultured flounder fed feeds containing Obosan[®] 0.3% for 3months, FW: Wild flounder

별 차이가 크게 나타났다. 사후 3~6시간 사이의 IMP 함량은 도미와 넙치 모두 양식어보다 자연어에 많았으며 어보산 첨가사료로 양식된 넙치의 경우에는 자연어보다 더 많은 양을 함유하고 있었다.

2. 도미와 넙치 모두 양식어는 24시간 후의 K value가 자연어보다 높았으며 어보산 첨가사료로 양식된 넙치는 양식어와 자연어의 중간 정도였다.
3. 가열육과 냉동육의 nucleotides는 ATP, ADP, AMP가 거의 분해되어 주로 IMP 형태로 남아있었으며 HxR, Hx가 생육의 경우보다 많아 nucleotides가 가열과 냉동과정 중 현저하게 분해되는 것을 알 수 있었다.

이상으로 어육 중의 핵산관련물질은 주로 IMP 형태로 남아있었으며 양식어보다 자연어에 많은 양 함유하고 있었고 선도저하도 양식어에서 더 높게 나타났으나, 어보산 첨가사료로 양식된 넙치의 경우 IMP가 가장 많이 남아 있었으며 선도유지도 잘 되는 것으로 나타나 사료개발에 의해 어육의 맛 성분 유지가 향상될 수 있음이 시사되었다.

VI. 참고문헌

1. 橋本芳郎 : 水産物の味, 調理科學, 5(1):2-7, 1972.
2. Hirano T. and Suyama M. : Quality of wild and cultured Ayu-III. Seasonal variation of nitrogenous constituents in the extracts. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries, 46(2):215-219, 1980.
3. Iwamoto M. and Yamanaka H. : Remarkable differences in *Rigor Mortis* between wild and cultured specimens of the red sea bream. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries, 52(2): 275-279, 1986.
4. Iwamoto M., Ioka H., Saito M., Yamanaka H. : Relation between *Rigor Mortis* of Red Sea Bream and storage temperatures, Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries, 51(3):443-446, 1985.
5. Fujii Y., Uchiyama H., Ehira S. and Noguchi E. : Change of nucleotide substances in place muscle during ice storage, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 32(5):410-416, 1966
6. Hayashi T., Furukawa H., Yamaguchi K. and Konosu S. : Comparison of taste between natural and synthetic extract of snowcrab meat, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 47(4):529-534, 1981.
7. Tarr H. L. A., Gardner L. J. and Ingram P. : Pacific cod muscle 5'-Nucleotidase, J. Food Sci., 34:637-640, 1969.
8. Tomioka K. and Endo K. : Properties of 5'-Nucleotidase from carp skeletal muscle, Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries, 50:1739-1744, 1984.
9. 이경희, 이영순 : 지질 및 콜라겐, Drip량이 양식 및 자연산 도미와 넙치 육질의 경도에 미치는 영향. 한국조리과학회지, 16(4):352-357, 2000
10. 이용호, 구재근, 안창범, 차용준, 오광수 : HPLC에 의한 시판 수산 건제품의 ATP분해생성물의 신속정량법, 한국수산학회지, 17(5):368-372, 1984.
11. Murata M., Akahane Y., Shiota F. and Sakaguchi M. : Changes in taste and levels of IMP and free amino acids in cod and yellowtail muscles during ice storage. J. Cookery Sci. of Japan, 26(4): 310-314, 1993.
12. Murata M. and Sakaguchi M. : Storage of yellowtail white and dark muscles in ice-changes in content of adenine nucleotides and related compounds. J. Food Science, 51(2):321-326, 1986.
13. Uchiyama H., Suzuki T., Ehira S. and Noguchi E. : Studies on relation between freshness and biochemical changes of fish muscle during ice storage. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries, 32(3): 280-285, 1966.

(2001년 9월 3일 접수)