

우렁쉥이 *Halocynthia roretzi* 筋肉中 IMP의 分布確認 및 貯藏中 ATP分解生成物の 變化

朴春奎 · 金又俊 · 姜堯二 · 姜泰中 · 申錫雨
麗水水產大學校 食品工學科

Indentification of IMP in the Muscle of the Ascidian *Halocynthia roretzi* and Changes of ATP Breakdown Products during Storage

Choon-Kyu PARK · Woo-Jun KIM · Hoon-I KANG
Tae-Jung KANG · Suk-Woo SHIN

*Department of Food Science and Technology, Yosu National Fisheries University,
Yosu 550-749, Korea*

Identification of IMP was carried out and changes in ATP breakdown products during storage at 0°C and 20°C were investigated in the muscles of ascidian *Halocynthia roretzi*.

For identifying IMP, the ion-exchange column chromatographic method was applied to the perchloric acid extract of the muscle of cultured ascidian collected at the southern coast near Chungmu of Korea in April 1989. The IMP of sample was eluted a little earlier than that of the reference standard, but absorption spectra of both fractions agreed each other. In addition, both fractions gave the identical retention time of HPLC. These results reconfirmed that the ascidian muscle did contain IMP, indicating that ATP was degraded through IMP breakdown pathway, such as ATP→ADP→AMP→IMP→Ino→Hyp.

Ado was detected in some samples and IMP was detected throughout the experimental periods at both temperatures, but their levels were always very low; they did not increase significantly even when the decreasing rate of AMP was very rapid and concomitant remarkable increase in Ino were observed at the early stage of storage. Those changes in ATP suggest that AMP deaminase activity was present in the ascidian muscle, though it was very low. The main breakdown pathway of ATP was assumed to be ATP→ADP→AMP→Ado→Ino→Hyp.

In conclusion, there were two breakdown pathways of ATP in the muscle of ascidian as was the case for the muscle of many marine crustaceans.

본 연구내용의 일부는 1989년 10월 일본수산학회 추계대회에 발표되었음(平成元年度日本水産學會秋季大會講演要旨集 p. 184).

본 논문에서는 다음의 약어를 사용하였음: Ade, adenine; Ado, adenosine; ADP, adenosine 5'-diphosphate; AMP, adenosine 5'-monophosphate; ATP, adenosine 5'-triphosphate; CDP, cytidine 5'-diphosphate; CMP, cytidine 5'-monophosphate; Cyd, cytidine; Cyt, cytosine; GMP, guanosine 5'-monophosphate; Guo, guanosine; HPLC, high performance liquid chromatography; Hyp, hypoxanthine; IMP, inosine 5'-monophosphate; Ino, inosine; Thy, thymine; UMP, uridine 5'-monophosphate; Ura, uracil; Urd, uridine; Xao, xanthosine.

서 론

진보(Park *et al.*, 1990, 1991a, b, 1992)에서 기술한 바와 같이 우렁쉥이류의 엑스분분을 분석하는 중에, 핵산관련물질 중의 IMP가 근육뿐만 아니라 다른 여러 조직 시료에서도 검출되었다. 그러나 일본 동북지방에서 양식된 우렁쉥이 *Halocynthia roretzi* 근육에서는 IMP가 검출되지 않은 것으로 보고된 바 있다(Watanabe *et al.*, 1985; 渡邊와 鴻巢, 1989).

척추동물인 어류의 근육에는 사후에 많은량의 IMP가 축적되는 것으로 알려져 있으며(Tarr and Comer, 1965; Konosu *et al.*, 1966; Dingle *et al.*, 1968; Porter, 1968; Hiltz and Dyer, 1970; Stone, 1971; Flick and Lovell, 1972; 鴻巢 등, 1965; 紫田와 中村, 1981), 이는 ATP가 주로 IMP를 경유하여 감소하는 것을 의미하고 있다(Saito and Arai, 1958a; Jones, 1963; Kassemarn *et al.*, 1963; Guardia and Dollar, 1965; Terasaki *et al.*, 1965; Dyer *et al.*, 1966; Spinelli, 1967; Fraser *et al.*, 1967, 1968a, b; Groninger and Spinelli, 1968; Kemp and Spinelli, 1969; 藤井 등, 1966).

반면에 Saito *et al.*(1958a, b), 新井(1961a), 新井 등(1961b, 1966a, b, c, d)은 무척추동물인 가리비, 오징어, 문어, 전복 등과 같은 연체류는 저온 저장 중에 IMP가 검출되지 않았다고 보고하였으며, 이와 같은 결과를 바탕으로 이들은 AMP에서 Ado를 경유하는 ATP의 서로 다른 분해경로를 제안하였다. 그러나, Suwetja *et al.*(1989)은 오징어, 문어 등 9종의 연체류 근육에서 미량의 IMP가 검출된다고 하였는데, 이와 같은 연체류 뿐만 아니라, 갑각류 근육에서도 어류 근육보다는 적은량이지만 IMP가 존재하는 것으로 인정되어 왔다(Tarr and Comer, 1965; Dingle *et al.*, 1968; Porter, 1968; Stone, 1971; Flick and Lovell, 1972; Suwetja *et al.*, 1989; 東, 1965; 平野 등, 1978; 紫田와 中村, 1981).

이와 같은 여러 보고들을 고려해 볼 때 분류학상으로 원색동물(原索動物)에 속하는 우렁쉥이 근육의 ATP분해 과정을 더 자세히 검토해 보는 일은 비교 생화학적인 관점에서 매우 흥미 있는 일이라고 생각된다. 진보(Park *et al.*, 1990, 1991a, b, 1992)에서는 이미 HPLC에 의해 ATP 관련물질을 정량하여 각 조직에서 IMP가 미량 검출되었음을 보고한 바 있으나, 본 연구에서는 우렁쉥이 근육에서 ATP관련물질이 사후에 어떤 분해경로를 거쳐서 분해되는가를 구명하기 위하여, 먼저 근육엑스분을

이온교환 크로마토그래피와 HPLC로 IMP를 동정한 다음 우렁쉥이의 근육을 0℃와 20℃에 저장하면서 ATP분해생성물의 변화를 경시적으로 살펴 보았다.

재료 및 방법

1. 이온교환 크로마토그래피에 의한 IMP의 동정

(1) 시 료

1989년 4월 남해안의 충무 근해에서 양식중인 우렁쉥이 *H. roretzi*를 수심 5m 위치에서 채취하였다. 채취된 시료는 polyethylene봉지에 넣고 얼음을 채운 ice box에 담아 실험실까지 운반하여 엑스분조제용 시료로 사용하였다.

(2) 엑스분의 조제

운반된 시료는 즉시 10개체(평균 체중 161g)로부터 근육을 절취한 다음 세절·혼합하고 中島 등(1961a, b)의 방법에 따라 5% 과염소산 엑스분을 조제하였다.

(3) 이온교환 크로마토그래피

中島 등(1961a, b)의 방법은 9종의 용리액을 사용하고 있으나, 예비실험 결과 34~42시간이 소요되었으므로, 용리시간 단축을 위하여 이 방법을 일부 개량하여 다음과 같이 실험하였다.

1) 이온교환수지 칼럼의 준비; Dowex I×8 (200~400 mesh)을 사용하였으며, 수지를 증류수에 넣고 교반한 다음 수면에 부유되는 입자를 경사 제거하고 유리칼럼에 충전하여 2N HCl→H₂O→2N NaOH→H₂O→2N HCl→H₂O→2N HCOOH의 순서로 흘려 세정한 것을 다시 H₂O를 흘려 유출액의 pH가 중성이 될 때까지 세정하였다.

2) Stepwise elution system; 이온교환 수지에 의한 시료중 핵산관련물질의 단계적 용출은 Fig. 1과 같이 6종의 용리액(A, H₂O; B, 0.005N HCOOH; C, 0.1N HCOOH+0.05N HCOONa; D, 0.1N HCOONa; E, 0.1N HCOOH+0.05N HCOONa; F, 0.1N HCOOH+0.1N HCOONa)을 사용하였고, 이 액을 각각 1ml/min의 유속으로 조절 하였으며, fraction collector는 日本東洋科學産業(株)의 SF-200H를 이용하여 10ml씩 분취하였다. 1회 실험에는 100~130개의 획분을 분취하였으며, 약 17~22시간이 소요되었고, 표준물질과 시료를 각각 2회씩 반복 실험하였다.

3) 흡광도 측정 및 scanning; 이상과 같이 fraction collector로 분취한 각 용출액의 획분을 Hita-

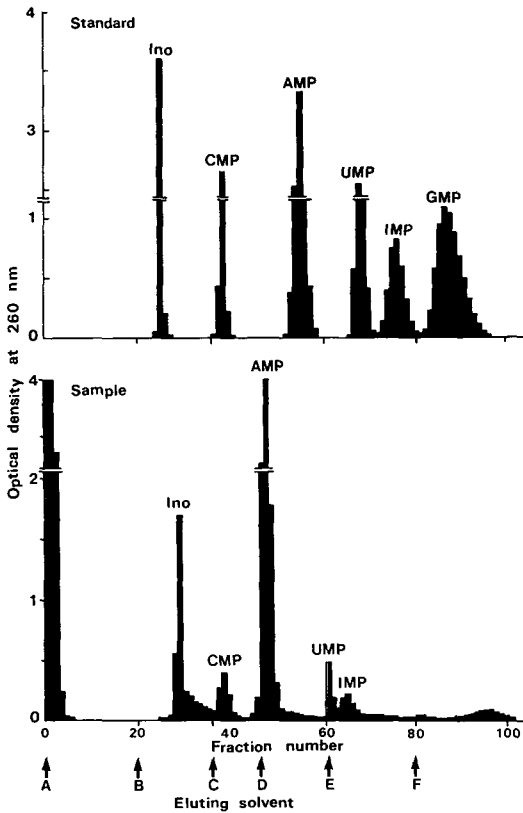


Fig. 1. Ion-exchange chromatogram of acid-soluble nucleotides in the ascidian *H. roretzi* muscle. The perchloric acid extract from 20g of muscle was applied onto the column. Column; Dowex 1×8(Formic acid type, 200~400 mesh, 1×6 cm). Eluting solvent; A, distilled water; B, 0.005N HCOOH; C, 0.1N HCOOH+0.05N HCOONa; D, 0.1N HCOONa; E, 0.1N HCOOH +0.05N HCOONa; F, 0.1N HCOOH+0.1N HCOONa. Fraction size:10ml.

chi spectrophotometer-330을 사용하여 260nm에서 흡광도를 측정 한 다음 각 용출성분 중 흡광도가 가장 높은 획분에 대하여 파장 220~300nm 범위에서 scanning하였다.

(4) IMP의 동정

각 획분에서 자외부 흡수 스펙트럼의 흡수 극대 파장과, 그리고 핵산관련물질이 이온교환 수지 칼럼에서 용출되는 위치를 표준물질의 그것들과 서로 비교하였다. 또한 각 획분을 HPLC로 다시 분석하여 표준물질과의 retention time의 일치여부를 재 확인하여 동정하였다.

2. 저장중 ATP 분해생성물의 변화

(1) 시 료

1, (1)의 경로로 얻어진 우렁쉥이를 채취 선상에서 즉시 그 일부는 미리 준비한 dry ice로 동결하여 저장하기 전의 시료로 하였다. 저장 시료는 polyethylene봉지에 5g씩 나누어 담은 후 0℃빙장 시료와 20℃저장 시료로 나누었다. 그리고, 저장 중 각 경과 시간별로 들어내어 과염소산 엑스분 조제 시료로 사용하였다.

(2) 엑스분의 조제

전술한 1, (2)에서와 같이 中島 등(1961a, b)의 방법에 따라 5% 과염소산 엑스분을 조제하여 HPLC 분석 시료로 하였다.

(3) 핵산관련물질 분석

Nucleotides와 nucleosides 및 핵산염기로 나누어 HPLC를 사용하는 Yamaguchi *et al.*(1988)의 방법을 일부 수정하여 다음과 같이 분석하였다. 즉 원법에서는 각각 Nucleosil 5SB와 Nucleosil 5C₁₈ 칼럼을 사용하였으나, 본 방법은 이보다 더 분리능이 우수한 칼럼으로 대체하였고 이에 따라 용매의 조성도 분리에 적합한 농도로 조정되었다. HPLC장치는 日本分光 Triotar SR-II pump, Uvidc 100-IV형 자외부 검출기 및 DP-220 data 처리장치를 조합시켜 사용하였고, 용출 성분을 파장 254nm에서 측정하였다. Nucleotides는 Senshu Pak SAX-1201칼럼(4.6×200mm)을 사용하였고, 용매로는 50mM KH₂PO₄-10% methanol(pH 2.7)과 300mM KH₂PO₄-10% methanol(pH 2.7)의 2종을 사용 하였으며, 유속은 1.0ml/min, 칼럼온도 55℃에서 linear gradient method로 분석하였다. Nucleosides와 핵산염기는 Senshu Pak ODS-1250-N 칼럼(4.6×250mm)을 사용하였고 용매로는 10mM KH₂PO₄(pH 3.7)와 acetonitrile/water(40:60)의 2종을 유속 1.0ml/min, 칼럼 온도 45℃에서 linear gradient method로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 우렁쉥이 근육중의 IMP의 동정

핵산관련물질의 표준품과 우렁쉥이 근육에서 조제한 엑스분 시료의 이온교환 크로마토그래피에 의한 용출 pattern을 Fig. 1에 나타내었다. 각 획분의 동정은 먼저 표준품과 시료에 대한 각 성분의 용출 위치와 흡수스펙트럼의 흡수 극대치를 서로 비교하였다. 시료의 IMP는 표준품에서 보다 약간

빨리 용출되었으나 두 획분에서 흡수 스펙트럼의 극대치는 서로 일치되었다(Fig. 2). 다음으로는 표준품과 시료의 두 획분을 HPLC로 retention time을 재 확인하였던 바, chart상에서 잘 일치되었다(Fig. 3). 이와 같은 결과로부터 우렁쟁이 근육에는 IMP가 존재하고 있다는 사실이 확인되었으며, 전보(Park *et al.*, 1990)의 우렁쟁이 각 조직에서 HPLC로 얻어진 결과와도 일치되었다.

수산동물 근육의 ATP와 그 분해생성물에 대한

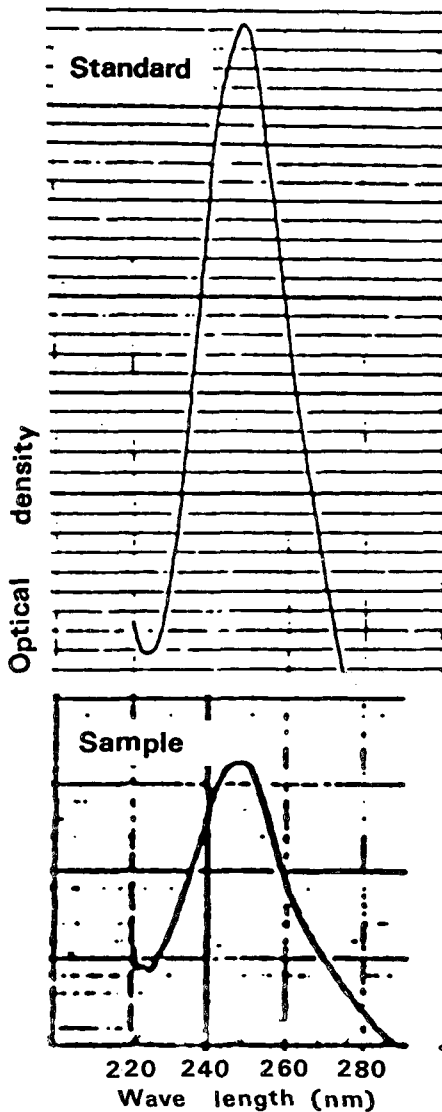


Fig. 2. Absorption spectra of standard IMP and sample IMP fractionated from ion-exchange chromatography.

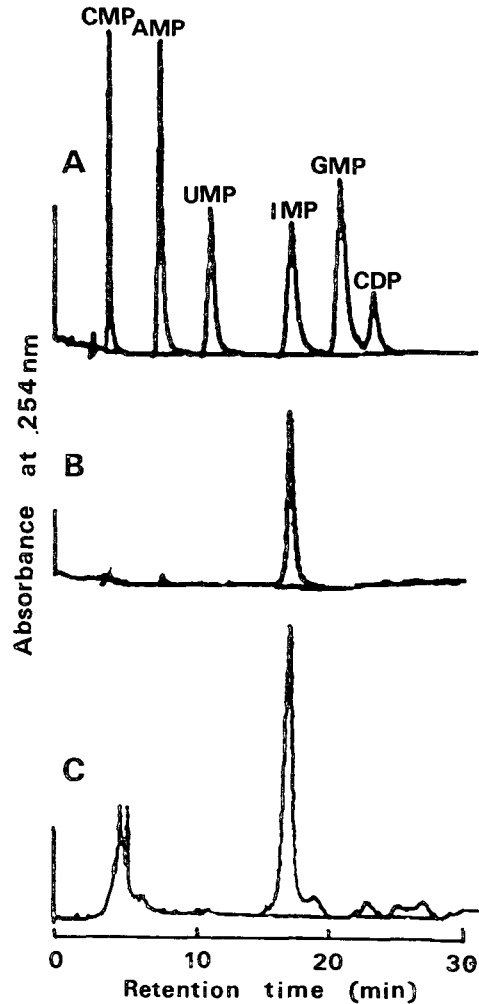


Fig. 3. HPLC chromatogram of some standard nucleotides and related compounds(A), and confirmation of standard IMP(B) and sample IMP (C) fractionated from ion-exchange chromatography. Column: Senshu Pak SAX-1201 (4.6×200 mm); Eluting solvent: A, 50mM KH₂PO₄-10% methanol(pH 2.7), B, 300mM KH₂PO₄-10% methanol (pH 2.7); Flow rate, 1.0ml/min; Absorbance, 254nm.

여는 지금까지 사후경직과의 관계(右田, 1961, 1962; 池田, 1981; 須山와 鴻巢, 1987), 정미성분으로서의 역할(Kuninaka *et al.*, 1964; 齊藤, 1961; 鴻巢, 1973), 선도저하를 포함하는 수산물의 품질 저하와의 관련(Tarr, 1953, 1954; Jones and Murray, 1957; Shewan and Jones, 1957; 齊藤, 1961; 内山와 江平, 1970) 등 여러가지 관점에서 많은 연구가 이

루어져 있다. 그 결과 ATP는 동물의 사후에 두가지의 분해 경로를 거쳐서 Hyp까지 분해되나, AMP에서 IMP를 경유할지 또는 AMP에서 Ado를 경유할지는 동물의 종류나 그 조직에 따라 다른 것으로 밝혀져 있다. 즉 척추동물인 어류의 근육은 IMP경유의 경로를 거치나, 무척추동물인 두족류나 패류의 근육에서는 Ado를 경유하여 분해된다(Saito *et al.*, 1958b; Hiltz and Dyer, 1970; 小林, 1966; 新井, 1966d; 池田, 1981; 坂口, 1981). 그러나, 무척추동물 중에서도 갑각류인 새우·게류, 갯가재 등의 근육(Dingle *et al.*, 1968; Porter, 1968; Hayashi *et al.*, 1978; 新井, 1966c, d) 및 어류의 간장에서는 양 경로가 존재한다(關, 1971; 野中 등, 1976; 坂口, 1983).

이와 같이 ATP분해 경로는 비교 생화학적으로 매우 흥미있는 문제로써 특히 척추동물과 무척추동물의 중간에 위치하는 원색동물인 우렁쟁이 근육에서는 어떤 경로를 거치는가 계통발생학적으로도 관심이 집중되었다. 그런데 Watanabe *et al.* (1985)과 渡邊와 鴻巢(1989)는 우렁쟁이 근육에서 IMP가 검출되지 않았기 때문에 해산 무척추동물인 두족류나 패류의 근육에서와 같이 ATP→ADP→AMP→Ado→Ino→Hyp의 경로를 거치는 Ado경유 양식에 속한다고 보았으나, 본 연구로 우렁쟁이 근육에서 IMP의 존재가 전보(Park *et al.*, 1990, 1991a, b, 1992)에 이어 재 확인되었고, 식용 우렁쟁이류인 머더덕 *Styela clava*와 오만둥이 *S. plicata* 근육에서도 IMP가 검출됨으로써(Park *et al.*, 1991a) 우렁쟁이류의 근육에는 ATP→ADP→AMP→IMP→Ino→Hyp의 분해경로도 존재하고 있는 것으로 판단되며, IMP가 미량에 불과하기 때문에 ATP의 부(副) 분해경로인 것으로 생각된다.

2. 저장중 ATP분해생성물의 변화

우렁쟁이 근육을 0℃와 20℃에 저장하면서 경시적으로 ATP분해생성물의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. ATP와 ADP 함량은 저장온도 0℃와 20℃간에 큰 차이없이 저장초기부터 급격히 감소되었다. AMP는 0℃저장 3시간째 급격히 증가한 다음 72시간까지 급격한 감소를 보였으나, 20℃에서는 저장초기인 4시간까지 급격히 감소한 후 24시간까지 거의 일정수준을 유지하고 있어 저장온도에 따라 다소 다른 경향을 나타내었다. Ino함량은 0℃에서 48시간까지 빠른속도로 증가되었다가 그 이후 180시간까지 일정 수준을 유지하였고, 20℃에서는 저장 초기의 2시간 사이에 급격히 증가하였다가 10

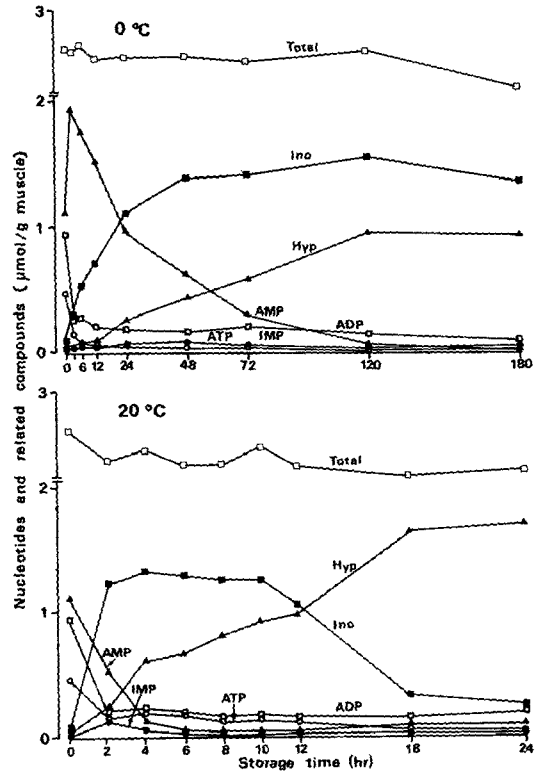


Fig. 4. Changes in nucleotides and related compounds of the ascidian *H. roretzi* muscle during storage at 0℃ and 20℃.

시간까지 일정수준을 유지하였으나, 그 이후 24시간까지 계속 감소하였다. Hyp 함량을 보면 0℃에서 저장 초기부터 120시간까지, 그리고 20℃에서 18시간까지 계속 증가 이후 24시간까지 일정 수준을 유지하였으나 20℃저장에서 그 함량이 높았다.

Ado는 0℃와 20℃ 저장중 일부 시료의 HPLC분석에서 1~2μmol/100g 검출 확인되었으며(Fig. 5 및 Table 1), IMP는 저장중의 모든 시료에서 1~12μmol/100g 검출되었다(Fig. 4 및 Table 1). 즉 저장 초기단계에서 AMP는 급격히 감소하고, Ino는 빠른속도로 증가 되었지만 Ado와 IMP는 큰 증감 현상을 보이지 않았다. ATP 관련물질의 이와 같은 변화는 우렁쟁이 근육 중에 약하기는 하지만 AMP deaminase(AMP aminohydrolase; EC 3.5.4.6)의 활성을 가지고 있음을 의미하고 있다. 따라서 우렁쟁이 근육의 ATP는 여러 해산 무척추 동물에서 처럼 AMP→Ado의 분해 경로도 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서의 우렁쟁이의 근육 이외에도, 굴 *Crassostrea gigas*의 근육이나 성게 *Anthocidaris*

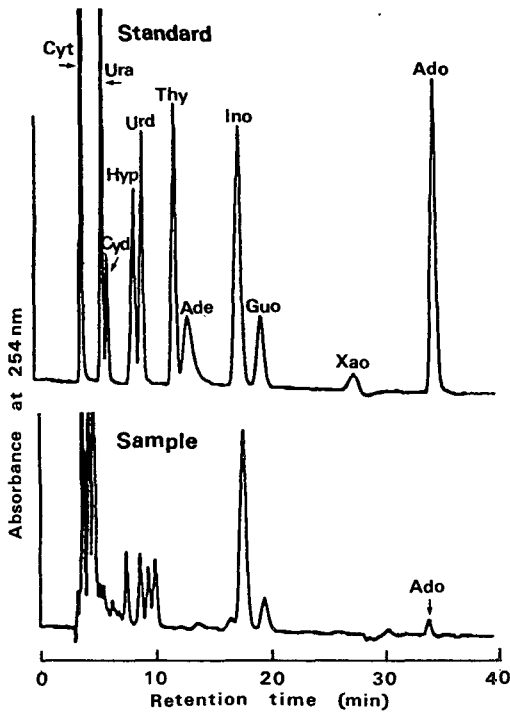


Fig. 5. Separation of Ado from the ascidian *H. roretzi* muscle by HPLC. Column: Senshu Pak ODS-12 51-N (4.6×250mm); Eluting solvent: A, 10mM KH₂PO₄(pH 3.7), B, acetonitrile/water (40: 60); Flow rate, 1.0ml/min; Absorbance, 254 nm.

Table 1. Changes in Ado and IMP contents of the ascidian *H. roretzi* muscle during storage at 0°C and 20°C

	Storage time (hr) at 0°C								
	0	3	6	12	24	48	72	120	180
Ado	1	-	-	+	+	+	2	1	+
IMP	1	2	3	3	5	3	3	1	1
	Storage time (hr) at 20°C								
	0	2	4	6	8	10	12	18	24
Ado	1	2	1	1	2	-	-	-	-
IMP	1	12	5	3	2	2	3	2	2

+, trace; -, not detected.

*crassispina*의 내장에서도 Ado가 HPLC에 의해 검출된 예가 보고 되어 있다(Suwetja *et al.*, 1989). 본 연구 중, 일부 시료에서 Ado가 검출되지 않은 것은

Adenosine deaminase(EC 3.5.4.4)의 분해 활성이 매우 강하였기 때문으로 생각된다. 실제로 수산 무척추동물 근육에서는 adenosine deaminase 활성이 강하여 Ado가 검출되지 않은 예도 다수 보고 되어 있다(Stone, 1971; 新井, 1966d; 池田, 1981). 또한 渡邊와 鴻巢는 우렁쟁이 근육의 homogenate에 IMP와 Ado를 첨가하였더니 IMP는 거의 분해되지 않았으나 Ado는 급속히 분해되어 Ino가 생성됨으로써 ATP의 주(主) 분해경로를 두족류나 패류 등과 같은 무척추동물 근육에서처럼 ATP→ADP→AMP→Ado→Ino→Hyp로 추정하였다.

어류 등 척추동물 근육에서 사후 IMP가 축적되는 것은 근육중의 AMP deaminase 활성이 강하고 5'-nucleotidase(EC 3.1.3.5)활성이 약하기 때문이며, 무척추동물중의 연체동물(오징어, 문어류, 가리비, 피조개, 진복 등) 근육에서는 AMP deaminase 활성이 없거나 또는 매우 낮거나, adenosine deaminase 활성이 높은 경우에 Ado분해 경로를 거치는 것으로 생각되고 있다(Kitagawa and Tonomura, 1957; Saito *et al.*, 1958b; 新井, 1966d; 池田, 1981). 그러나 이들 연체동물 조직 중의 adenosine deaminase활성은 일반적으로 매우 강하기 때문에 Ado가 검출되지 않는 일이 자주 있다(Stone, 1971; 新井, 1966d; 池田, 1981). 그러므로 Ado가 검출되지 않는 이유 때문에 Ado 분해 경로가 존재 하지 않는다고 볼 수는 없다.

수산동물 근육에서 사후에 ATP의 분해 양식은 어류 등의 척추동물에서는 닭, 돼지, 소, 양 등의 육상 동물(Terasaki *et al.*, 1965)과 같이 IMP 경유 양식이지만, 무척추동물 근육에서는 두족류나 패류에서 볼 수 있는 Ado 경유 양식(Saito *et al.*, 1958b; Hiltz and Dyer, 1970; 小林, 1966; 新井, 1966d; 池田, 1981)과 갑각류 근육에서 볼 수 있는 Ado 경유와 IMP 경유의 양쪽 경로를 같이 가진 양식(Dingle *et al.*, 1968; Porter, 1968; 新井, 1966c, d; 坂口, 1981)이 있다. 무척추동물 중에서도 가장 척추동물에 가까운 원색동물에 속하는 우렁쟁이는 새우·게류, 갯가재 등의 갑각류 근육에서 볼 수 있는 바와 같이 양쪽 분해경로를 같이 가지고 있는 것으로 생각된다.

요 약

우렁쟁이 *Halocynthia roretzi*의 사후에 근육의 ATP 분해경로를 검토하기 위하여 1989년 4월 우

리나라 남해안의 충무 근해에서 양식중인 시료를 채취하여 근육의 엑스분을 조제하고 핵산관련 물질을 이온교환 크로마토그래피와 고속액체 크로마토그래피 방법으로 IMP를 동정하였으며, 또한 우렁쉥이 근육을 0℃와 20℃에 저장하면서 ATP 분해 생성물의 경시변화를 살펴보았다.

근육의 엑스분 중에서 IMP가 분포 확인되었다. 그리고 저장중의 일부 시료에서 Ado가 확인되었고, 모든 시료에서 IMP가 검출되어 Ado와 IMP분해경로의 존재가 확인되었다. ATP 관련물질은 사후 저장 초기단계에서 AMP는 급격히 감소하고, Ino는 빠른 속도로 증가되었지만 Ado와 IMP는 미량으로써 큰 증감현상을 보이지 않았다. 이와 같은 변화는 우렁쉥이 근육중에 AMP deaminase 활성은 있으나 미약하여 여러 해산 무척추동물에서 처럼 Ado 분해경로를 가지는 것으로 추정된다. 따라서 우렁쉥이 근육의 ATP는 해산 무척추동물 중의 새우·게류, 갯가재 등의 갑각류 근육에서 처럼 Ado경유와 IMP경유의 양쪽 분해경로를 같이 가지고 있는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- Dingle, J. R., J. A. Hines, and D. I. Fraser. 1968. Post-mortem degradation of adenine nucleotides in muscle of the lobster, *Homarus americanus*. J. Food Sci., 33, 100~103.
- Dyer, W. J., D. I. Fraser, and D. P. Lohnes. 1966. Nucleotide degradation and quality in ordinary and red muscle of iced and frozen swordfish (*Xiphias gladius*). J. Fish. Res. Bd. Canada 23, 1821~1833.
- Flick, G. J. and R. T. Lovell. 1972. Postmortem biochemical changes in the muscle of Gulf shrimp, *Penaeus aztecus*. J. Food Sci. 37, 609~611.
- Fraser, D. I., J. R. Dingle, J. A. Hines, S. C. Nowlan, and W. J. Dyer. 1967. Nucleotide degradation monitored by thin-layer chromatography, and associated postmortem changes in relaxed cod muscle. J. Fish. Res. Bd. Canada 24, 1837~1841.
- Fraser, D. I., D. P. Pitts, and W. J. Dyer, 1968a. Nucleotide degradation and organoleptic quality in fresh and thawed mackerel muscle held at and above ice temperature. J. Fish. Res. Bd. Canada 25, 239~253.
- Fraser, D. I., S. G. Simpson, and W. J. Dyer. 1968b. Very rapid accumulation of hypoxanthine in the muscle of redfish stored in ice. J. Fish. Res. Bd. Canada 25, 817~821.
- Groninger, H. S. and J. Spinelli. 1968. EDTA inhibition of inosine monophosphate dephosphorylation in refrigerated fishery products. J. Agric. Food Chem. 16, 97~99.
- Guardia, E. J. and A. M. Dollar. 1965. The influence of antemortem factors and gamma irradiation on the degradation of 5'-ribonucleotides in the muscle of English sole (*Parophrys vetulus*). J. Food Sci. 30, 223~227.
- Hayashi, T., K. Yamaguchi, and S. Konosu. 1978. Studies on the flavor components in boiled crabs-II. Nucleotides and organic bases in the extracts. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 44(12), 1357~1362.
- Hiltz, D. F. and W. J. Dyer. 1970. Principal acid-soluble nucleotides in adductor muscle of the scallop *placopecten magellanicus* and their degradation during postmortem storage in ice. J. Fish. Res. Bd. Canada 27, 83~92.
- Jones, N. R. and J. Murray. 1957. Nucleotides in the skeletal muscle of codling (*Gadus callarias*). Biochem. J. 66, 5p.~6p.
- Jones, N. R. 1963. Interconversions of flavourous nucleotide catabolites in chilled and frozen fish. Proc. Int. Congr. Ref. 2, 917~922.
- Kassemarn, B., S. Perez, J. Murray, and N. R. Jones. 1963. Nucleotide degradation in the muscle of iced haddock (*Gadus aeglefinus*), lemon sole (*Pleuronectes microcephalus*) and plaice (*Pleuronectes platessa*). J. Food Sci. 28, 28~37.
- Kemp, B. and J. Spinelli. 1969. Comparative rates of IMP degradation in unfrozen and frozen-and-thawed (slacked) fish. J. Food Sci. 34, 132~135.
- Kitagawa, S. and Y. Tonomura. 1957. Contractile proteins from adductors of pecten. III. Failure to detect adenylic acid deaminase activity. J. Biochem. 44, 317~320.
- Konosu, S., Y. -N. Chen, and Y. Hasimoto. 1966. Constituents of the extracts of a marine worm,

- Perinereis brevicirrus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 32(10), 881~886.
- Kuninaka, A., M. Kibi, and K. Sakaguchi. 1964. History and development of flavor nucleotides. Food Technol. 18, 287~293.
- Park, C. -K., T. Matsui, K. Watanabe, K. Yamaguchi, and S. Konosu. 1990. Seasonal variation of extractive nitrogenous constituents in the ascidian *Halocynthia roretzi* tissues. Nippon Suisan Gakkaishi 56(8), 1319~1330.
- Park, C. -K., T. Matsui, K. Watanabe, K. Yamaguchi, and S. Konosu. 1991a. Extractive nitrogenous constituents of two species of edible ascidians *Styela clava* and *S. plicata*. Nippon Suisan Gakkaishi 57(1), 169~174.
- Park, C. -K., T. Matsui, K. Watanabe, K. Yamaguchi, and S. Konosu. 1991b. Regional variation of extractive nitrogenous constituents in the ascidian *Halocynthia roretzi* muscle. Nippon suisan Gakkaishi 57(4), 731~735.
- Park, C. -K. 1992. Age variations in extractive nitrogenous constituents of the cultured ascidian *Halocynthia roretzi* muscle. J. of Aquaculture 5 (1), 69~79.
- Porter, R. W. 1968. The acid-soluble nucleotides in king crab muscle. J. Food Sci. 33, 311~314.
- Saito, T. and K. Arai. 1958a. Slow freezing of carp muscle and inosinic acid formation. Archs Biochem. Biophys. 73, 315~319.
- Saito, T., K. Arai., and T. Tanaka. 1958b. Changes in adenine nucleotides of squid muscle. Nature 181, 1127~1128.
- Shewan, J. M. and N. R. Jones. 1957. Chemical changes occurring in cod muscle during chill storage and their possible use as objective indices of quality. J. Sci. Food Agric. 8, 491~498.
- Spinelli, J. 1967. Degradation of nucleotides in ice-stored halibut. J. Food Sci. 32, 38~41.
- Stone F. E. 1971. Inosine monophosphate(IMP) and hypoxanthine formation in three species of shrimp held in ice. J. Milk Food Technol. 34, 354~356.
- Suwetja, K., K. Hori, K. Miyazawa, and K. Ito. 1989. Changes in content of ATP-related compounds, homarine, and trigonelline in marine invertebrates during ice storage. Nippon Suisan Gakkaishi 55(3), 559~566.
- Tarr, H. L. A. 1953. Ribose and the maillard reaction in fish muscle. Nature 171, 344~345.
- Tarr, H. L. A. 1954. The maillard reaction in flesh foods. Food Technol. 8, 15~19.
- Tarr, H. L. A. and A. G. Comer. 1965. Nucleotides and related compounds, sugars, and homarine in shrimp. J. Fish. Res. Bd. Canada 22, 307~311.
- Terasaki, M., M. Kajikawa, E. Fujita, and K. Ishid. 1965. Studies on the flavor of meats. Part I. Formation and degradation of inosinic acids in meats. Agric. Biol. Chem. 29, 208~215.
- Watanabe, K., H. Uehara, M. Sato, and S. Konosu. 1985. Seasonal variation of extractive nitrogenous constituents in the muscle of the ascidian *Halocynthia roretzi*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 51(8), 1293~1298.
- Yamaguchi, K., M. Kawamata, M. Murakami, S. Konosu, and A. Ben-Amotz. 1988. Extractive nitrogenous components of the halotolerant algae *Dunaliella bardawil*. Nippon Suisan Gakkaishi 54(2), 239~243.
- 關 伸夫. 1971. 水産動物臓器の有機燐化合物に関する研究-VIII. ニジマス肝臓におけるAMPの分解について. 日水誌 37(4), 322~325.
- 内山 均, 江平重男, 1970. 核酸関連化合物からみた魚類鮮度化学研究の現状. 日水誌 36(9), 977~992.
- 東 怜. 1965. 琵琶湖産主要貝類の肉質成分の季節的變化について. 日水誌 31(8), 610~618.
- 藤井 豊, 内山 均, 江平重男, 野口栄三朗. 1966. 氷藏中のヒラメ筋肉ヌクレオチド関連物質の消長と鮮度との関係. 日水誌 32(5), 410~416.
- 渡邊勝子, 鴻巣章二. 1989. ホヤのエキス成分. 化学と生物 27(2), 96~103.
- 小林邦男. 1966. 魚肉のヌクレオチド. 日水誌 32(2), 166~170.
- 須山三千三, 鴻巣章二. 1987. 水産食品学. 恒星社厚生閣. 東京. 341pp.
- 新井健一, 1961a. 水産無脊椎動物筋肉中の酸可溶核酸成分II. 貝類筋肉中の酸可溶核酸成分に及ぼす貯藏温度の影響 2. 北大水産彙報 11(4), 225~229.
- 新井健一, 古河俱江, 齊藤恒行. 1961b. 水産無脊椎動物筋肉中の酸可溶核酸成分III. 貝類斧足筋と

- 貝柱筋中の酸可溶核酸成分について. 北大水産彙報 12(1), 66~70.
- 新井健一, 1966a. 水産無脊椎動物筋肉中の酸可溶核酸成分IV. スルメイカ筋肉中のAMPの分解について. 北大水産彙報 17(2), 83~90.
- 新井健一, 1966b. 水産無脊椎動物筋肉中の酸可溶核酸成分V. ホタテガイおよびエゾアワビ筋肉中のAMPの分解について. 北大水産彙報 17(2), 91~98.
- 新井健一, 1966c. 水産無脊椎動物筋肉中の酸可溶核酸成分VI. トヤマエビ, コイ, ウツ筋肉中のAMPの分解について. 北大水産彙報 17(2), 99~109.
- 新井健一, 1966d. 海産無脊椎動物筋肉中のヌクレオチド. 日本誌 32(2), 174~180.
- 野中順三九, 橋本芳郎, 高橋豊雄, 須山三千三. 1976. 新版水産食品学. 恒星社厚生閣. 東京. p. 63.
- 右田正男, 1961. 筋肉の死後変化-I. 研究のあゆみおよび現状. 日本誌 27(10), 174~180.
- 右田正男, 1962. 筋肉の死後変化-II. 魚肉についての研究. 日本誌 28(4), 456~470.
- 紫田宣和, 中村邦典. 1981. 南極産オキアミATPの死後分解. 日本誌 47(10), 1341~1345.
- 齊藤恒行, 1961. 水産動物筋肉におけるATPならびに関連化合物. 日本誌 27(5), 461~470.
- 中島宣郎, 市川恒平, 鎌田政喜, 藤田栄一郎, 1961a. 5'-リボヌクレオチドの食品化学的研究(第1報). 食品中の5'-リボヌクレオチドについて(その1). イオン交換クロマトグラフィーによる煮出し汁中の5'-リボヌクレオチドの定量. 農化 35(9), 797~803.
- 中島宣郎, 市川恒平, 鎌田政喜, 藤田栄一郎, 1961b. 5'-リボヌクレオチドの食品化学的研究(第2報). 食品中の5'-リボヌクレオチドについて(その2). 魚貝肉および食肉中の5'-リボヌクレオチド. 農化 35(9), 803~808.
- 池田静徳, 1981. 魚介類の微量成分(池田静徳編). 恒星社厚生閣. 東京. pp. 32~51.
- 坂口守彦, 1981. 魚介類の微量成分(池田静徳編). 恒星社厚生閣. 東京. pp. 2~31.
- 坂口守彦, 1983. 魚類の物質代謝(永山文男編). 恒星社厚生閣. 東京. pp. 80~90.
- 平野敏行, 山沢 進, 須山三千三. 1978. キタムラサキウニ生殖腺のエキス成分に関する研究. 日本誌 44(9), 1037~1040.
- 鴻巣章二, 藤本健四郎, 高島良子, 松下輝子, 橋本芳郎, 1965. アサリのエキス成分ならびに蛋白質のアミノ酸組成. 日本誌 31(9), 680~686.
- 鴻巣章二, 1973. 魚貝類の味. -呈味成分を中心にして-. 日食工誌 20(9), 432~439.

1993년 8월 23일 접수

1994년 3월 6일 수리