

적색어류의 biogenic amine 생성에 따른 저장온도의 영향

조영제[†] · 손명진 · 김승미 · 박현규 · 여해경* · 심길보**
([†] 부경대학교 · *(주)한국SGS · **국립수산과학원)

Effect of Storage Conditions on Biogenic Amine Levels in Dark-Fleshed Fishes

Young-Je CHO[†] · Myoung-Jin SON · Seung-Mi KIM · Hyun-Kyu PARK
Hae-Kyung YEO* · Kil-Bo SHIM**

[†] Pukyung National University · *SGS Testing Korea Co., Ltd. · **NFRDI
(Received December 11, 2007 / Accepted February 9, 2008)

Abstract

Biogenic amines are naturally occurring anti-nutrition factors. They are causative agents in food poisoning episodes and act as catalysts to allergic reactions. The most commonly occurring biogenic amines in foods are: Histamine, tyramine, putrescine, cadaverine, tryptamine, β -phenylethylamine, spermine, spermidine and agmatine.

The objective of this study was to identify changes and content levels of specific biogenic amines at selected storage temperatures 20°C, 4°C, and -25°C, respectively. This study will focus on histamine, cadaverine, and putrescine concentrations in the following dark-fleshed fishes: Mackerel (*Scomber japonicus*), Horse Mackerel (*Trachurus japonicus*), Mackerel Pike (*Cololabis saira*), and Spanish Mackerel (*Scomberomorus niphonius*).

Biogenic amines were determined using a method based on an extraction procedure described in the derivatisation and HPLC(High Performance Liquid Chromatography). The recovery rate of individual amines was higher than those found in ion exchange chromatography.

The results from the dark fleshed fish stability trial showed that high content of histamine (cadaverine and putrescine) were produced within a short period of time at 20°C.

Fish stored at lower temperatures 4°C, showed lower content of biogenic amines. At -25°C the production of histamine, cadaverine and putrescine did not initiate until after day 100. All fish recorded the content of histamine below 1 mg/kg with the exception of the Horse Mackerel.

Key word : histamine, biogenic amine, cadaverine, putrescine, HPLC

I. 서론

Biogenic amine은 인체 및 동물체내에서 중추

신경의 신경전달물질 또는 직·간접적으로 혈관계 조절에 관여하는 필수 성분 중의 하나이며, 또한 다양한 종류의 식품의 저장, 숙성 및 발효과정

[†] Corresponding author : 051-629-5826, yjcho@pknu.ac.kr

중에 생성되는 물질로서 과량 섭취 시 신경계 및 혈관계를 자극하여 식중독 증상을 유발시키거나 혹은, 일부 biogenic amine은 N-nitrosamine과 같은 강력한 발암물질로 전환될 수 있는 잠재성을 가지고 있다(Bardocz, 1993, Shalaby, 1996, Ten Brink et al., 1990).

식품에서 주로 검출되는 biogenic amine으로는 putrescine, cadaverine, β -phenylethylamine, tyramine, tryptamine, histamine, spermine, spermidine 및 agmatine 등이 있으며, 보통 미생물에 의해 유리아미노산으로 탈탄산 반응으로 생성되는 것으로 알려져 있다.

중요 유독 amine인 histamine의 측정방법에는 크게 4가지가 있다. 첫째 河端(1974)법에 의한 비색정량법, 둘째 AOAC(1990)에 의한 비색법, 셋째 칼럼에 의한 형광법, 마지막으로 용매추출의 인한 형광법이 있다. 우리나라에서는 첫번째 방법인 河端(1974)법에 의한 비색정량법으로 histamine의 함량을 측정해왔다.

이 방법에 의해 고등어, 전어 및 정어리(Park et al., 1980), 꽁치(Park et al., 1981)에 있어서의 저장 및 가공 중의 히스타민 함량의 변화, 고등어 가공 및 저장에 있어서 식염, 산미료 및 감미료가 histamine 생성에 미치는 영향(Kang 등, 1984), 시판통조림(Koh et al., 1982)에서의 histamine함량에 대한 보고가 있다.

그 이후에, Ryu et al.(1996)에 의해 형광검출역상 액체크로마토그래피에 의한 histamine의 정량을 시작으로 하여 형광측정법을 이용한 histamine 분석방법 연구(Rhee et al., 1997)가 보고되고 있다.

그리고 biogenic amine에 대한 국내 연구는 효소 reactor를 이용한 측정 방법 개발(Park et al., 1999), 어육의 화학적 선도 지표로서의 biogenic amine 함량측정(Kim et al., 1998) 및 기타 일부 식품군 중의 함량조사(Mah et al. 2001, Kim et al., 2002a, 2002b)등 극히 일부의 연구만이 이루어져 있으며, biogenic amine이 존재 가능한 각종 식품에 관한 연구는 아직까지 상당히 미비한

실정이다. 최근에는 시판 간장 중의 biogenic amine 함량 조사(Kim et al., 2003)가 이루어졌다.

외국의 연구보고로는 최초로 Suzuki et al. (1912)이 다랑어의 추출물에 histamine이 함유되었다고 보고한 바 있으며, Igarashi(1938)는 선도가 떨어진 어육의 쓴맛 혹은 자극성 맛은 histamine과 관계가 있다고 하였다. Ali(1996)는 Biogenic amine의 식품안전성과 인간에게 미치는 영향을 보고한 것이 있다.

미국 FDA에서의 histamine 기준치는 5 mg/100g(USFDA, 2001)로 어류에서 선도판정의 중요지표로 삼고 있다. 20 mg/100g가 되면 식중독을 일으키기에 충분하다고 보고하고(CDC, 2000)있으며, 유럽에서는 어체당 10 mg/100g이하로 제한하는 것이 타당하다고 보고(Luten et al., 1992)하고 있다.

한편 FDA에서는 biogenic amine 중 cadaverine, putrescine을 histamine과 같이 어육의 위생지표로 제안(Taylor and Sumner 1986, Food and Drug Administration 1995)하였으며, Rossi et al(2002)는 참치의 biogenic amine 생성에 대해 알아본 연구에서 cadaverine을 위생지표로 제안한 바 있으며, Mietz and karmas(1978), Yamanaka et al.(1986)은 어류에서의 biogenic amine을 부패지표로 삼는 것은 유용하다고 보고했다.

따라서 본 연구에서는 적색육 어류에 있어 기존의 histamine 측정방법의 하나인 Ion exchange chromatography와 HPLC로 측정하는 방법을 비교하여 정확성을 검토하였으며, 이러한 방법을 바탕으로 선도저하가 빠른 적색육 어류를 온도별로 저장하여 HPLC를 통해 histamine, cadaverine, putrescine의 함량을 조사하였고, 선도변화의 지표로 많이 사용되고 있는 VBN과 비교하여 안전 허용한계점에 대해 살펴보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 원료어 및 저장방법

본 실험에 사용한 어종은 고등어(*Scomber japonicus*), 전갱이(*Trachurus japonicus*), 꽁치(*Cololabis saira*), 삼치(*Scomberomorus niphonius*)로, 2004년 3월부터 6월까지 부산공동어시장에서 선도가 양호한 것으로 구입·빙장하여 실험실까지 운반하였다.

공시한 원료어의 평균체장 및 체중 등은 Table 1과 같으며, 어체 크기가 비슷한 것을 골라 각각 -25℃, 4℃, 20℃에서 저장실험을 하였다.

<Table 1> The profile of fish to analysis of biogenic amine

| Fish species | Body length (cm) | Body weight (g) | Body Thick (cm) | Purchase Time |
|---------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Mackerel | 34.0~39.0 | 440.0~620.0 | 3.5~4.5 | Mar. 25th. 2004 |
| Mackerel Pike | 23.5~33.0 | 140.0~180.0 | 1.5~2.5 | Mar. 25th. 2004 |
| Horse Mackerel | 13.9~18.0 | 80.0~110.0 | 1.0~1.3 | May 10th. 2004 |
| Spanish Mackerel | 40.0~48.0 | 700.0~780.0 | 4.3~5.2 | Jun. 16th. 2004 |

2. 시약 및 표준용액 조제

실험에 사용되어진 표준품 histamine dihydrochloride (HI), cadaverine dihydrochloride (cadaverine), putrescine hydrochloride (putrescine)와 형광시약인 σ -phthalaldehyde(OPT)는 Sigma사에서 구입하여 사용하였으며, 각 시약은 HPLC급 또는 특급 시약을 사용하였다.

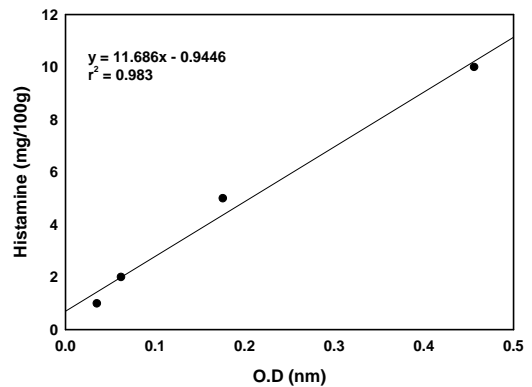
3. 이온크로마토그래피를 이용한 histamine 함량 측정

河端(1974)의 방법에 따라 균질한 어육 10g에 증류수 20 mL와 10% TCA(trichloroacetic acid) 용액을 20 mL 가하여 10분간 정치시켜 수용성 단백질을 침전시킨 후 여과하여 50 mL로 정용하

여 검액으로 사용하였다.

이 중 10 mL를 취해 10% NaOH로 pH를 4.5~4.7로 한 뒤, 0.4 N 초산완충액 10 mL 가하여 혼합하고 Amberlite CG-50 수지 칼럼(100~200 mesh, Φ 8 mm×55 mm)에 주입하고 이어서 80 mL의 0.2 N 초산완충액을 칼럼에 통과시켰다.

수지에 흡착된 histamine을 8 mL의 0.2 N 초산으로 용출시켰다. 용출액은 1.5 N Na₂CO₃로 pH 7로 조정하여 10 mL 취한다. 1.1 N Na₂CO₃ 5 mL를 가한 시험관에 diazo시약 (빙육 중에서 0.9% sulfanilic acid와 5% NaNO₂를 동량 혼합한 것, 20~30분 후에 사용) 2 mL를 추가하고 1분 후에 10 mL로 정용한 칼럼에 용액 2 mL를 가하여 격렬히 흔들어서 5분 후에 510 nm에서 흡수도를 분광광도계(shimadzu UV-2101PC)로 측정하여 검량곡선[Fig. 1]으로부터 histamine량을 계산하였다.



[Fig. 1] Standard curve to analysis of the content of histamine with ion exchange chromatography

4. HPLC을 이용한 biogenic amine 함량 측정

Veclana-Nogues et al. (1995)의 방법에 따라 균질한 시료 10g을 취하여 0.6 N HClO₄(PCA) 10 mL를 첨가한다. 4℃, 6000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액을 취하고 고형물에 다시

0.6 N HClO₄(PCA) 10 mL를 첨가하여 원심분리하여, 상층액을 취하고 0.6 N HClO₄(PCA)로 25 mL정용하였다.

추출액은 -25 °C 동결고에 보관하였고, 측정 시 0.45 μm membrane filter로 여과, 탈기하여 HPLC (Waters Co. Ltd., Ireland)을 사용하여 분석하였다. 분석칼럼은 Nova-Pak C18 (60 Å 4μm 3.9x150mm)과 형광검출기(340, 445nm)를 이용하여 분석하였다. 또한, 이동상의 유속은 1mL/min, 유도체시약의 유속은 0.5mL/min으로 하였으며, 총 분석시간은 64min, 시료주입량은 5μl를 주입하였다.

그리고 OPT시약과 시료 간의 충분한 반응을 위해 T자관에 0.01 inch stainless 관 200 cm을 연결하여 분석하였다.

이동상의 구배용매조성은 분석 초기부터 50분까지는 A와 B 이동상의 비율을 80%:20%, 50분 ~ 54분까지는 20%:80%, 54~64분까지는 처음조건으로 돌아가 A와 B이동상의 비율을 80%:20%한 조건을 이용하여 분석하였다.

5. HPLC 이동상 및 형광시약

Biogenic amine 분석에는 2가지 이동상이 이용되었다. 0.1 M sodium acetate trihydrate과 10 mM sodium octanesulfonate에 acetic acid로 pH 5.2로 조절 후 1 L로 정용하여 이동상 A로 사용하였다.

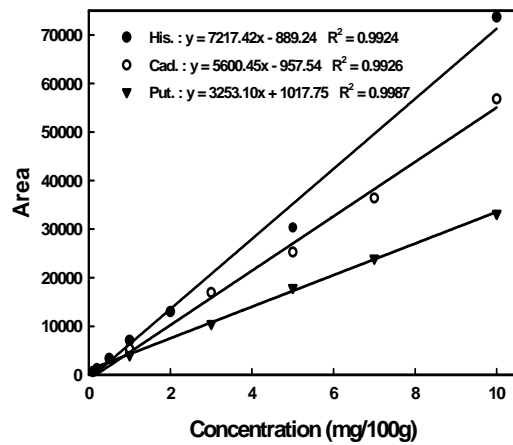
다음으로는 0.2 M sodium acetate trihydrate과 10 mM sodium octanesulfonate를 조제한 후 acetic acid로 pH를 4.5로 조절 후 1 L로 정용하였다. 이와 같이 만들어진 용액과 acetonitrile를 6.6:3.4의 비율로 혼합한 것을 이동상 B로 사용하였다.

그리고 형광시약은 Boric acid 15.5 g과 KOH 13.1 g를 완전히 녹인 다음, 30 % KOH로 pH 10.5~11.0으로 조절 후 500 mL 정용하여 사용하였다. 이 용액에 30 % Brij-35와 mercaptoethanol

을 각각 1.5 mL씩 가한 후, 2.5 mL의 메탄올에 0.1 g o-phthalaldehyde을 녹인 용액을 혼합하여 형광발색시약으로 사용하였다.

6. 표준곡선

Histamine, cadaverine, putrescine 농도별로 제조하여 5 μl 주입 후, Fig. 3에서 보는 바와 같이 각 농도에 대한 피크 면적에 의하여 표준곡선을 작성하였다[Fig. 2].



[Fig. 2] Standard curve to analysis of the content of biogenic amine with HPLC

7. 휘발성염기질소 함량

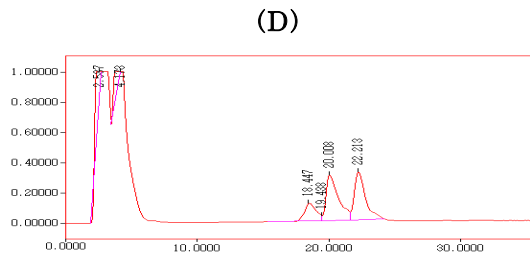
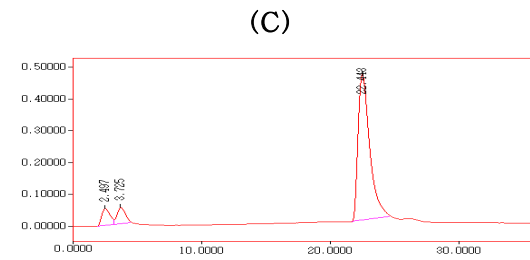
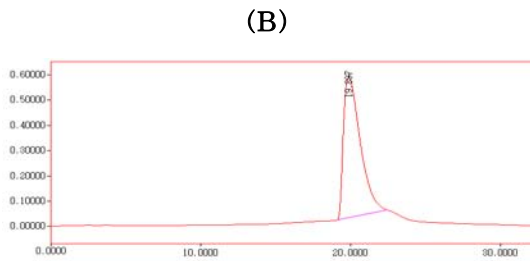
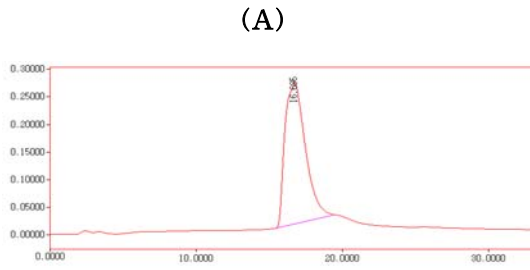
휘발성 염기질소 함량은 conway unit를 이용한 미량확산법(日本厚生省, 1960)으로 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. Biogenic Amine 측정방법 검토

Biogenic amine 측정방법을 검토하기 위하여 biogenic amine 중 가장 많이 측정되고 있는 histamine을 河端(1974)의 이온교환크로마토그래피법과 HPLC법을 비교검토하기 위하여 20 °C에서 30일간 저장된 시료(Spanish Mackerel, 20 °C,

적색어류의 biogenic amine 생성에 따른 저장온도의 영향

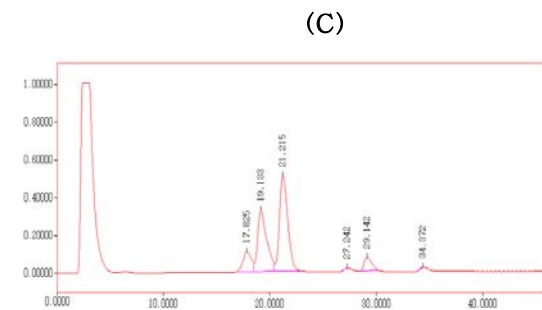
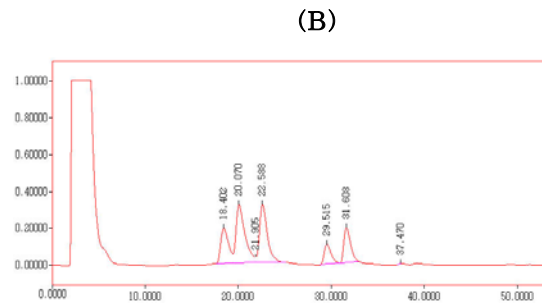
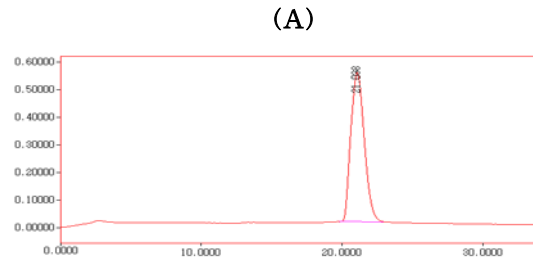


Running Time (min)

[Fig. 3] Analytical pattern of biogenic amines with HPLC, PU (A), CA (B), HI(C), Sample (D), respectively

3 days)에 표품 10 mg을 첨가하여 biogenic amine 함량을 조사하였다.

그 결과, HPLC법의 크로마토그램에서 보는 바와 같이, 이온교환크로마토그래피법에서 함량을 살펴보면 Park et al.(1981)에서 보다 histamine 함량은 많지만 HPLC 보다 아주 낮음을 알 수 있다[Fig. 4. Table 4].



Running Time (min)

[Fig. 4] The recovery of biogenic amines with HPLC Histamine (A), Sample (B), Histamine + Sample (C), respectively

이온크로마토그래피법은 79.7 %로 회수율이 나타난 반면, HPLC의 경우에는 histamine는 98.6 %, cadaverine은 97.2 %, putrescine은 98.2 %로 높은 편이다<Table 4>. 이는 Veclana-Nogues et al. (1995)에서의 99.2 %, 98.9 %, 103.2 %와 거의 비슷한 높은 회수율을 나타내었다.

<Table 4> Recovery rate of biogenic amines in the fish using HPLC and ion exchange chromatography

| | Amine | Initial content (mg/100g) | Content after addition (10 mg/100g) | Recovery (%) |
|------|------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------|
| IEC | Histamine | 4.18 | 11.30 | 79.7 |
| | Histamine | 15.73 | 25.37 | 98.6 |
| HPLC | Cadaverine | 21.96 | 31.06 | 97.2 |
| | Putrescine | 7.00 | 16.69 | 98.2 |

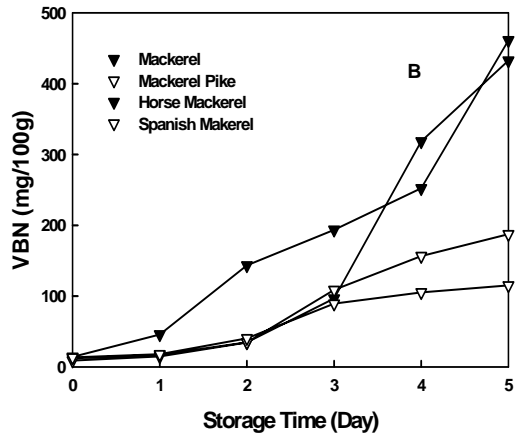
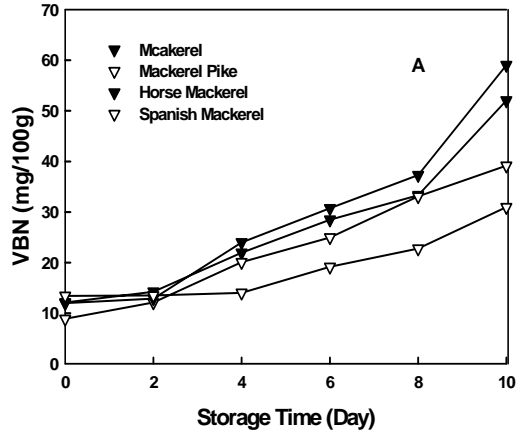
2. 적색육 어류의 저장 중 휘발성염기질소 함량변화

적색어류의 저장온도별에 따른 휘발성염기질소 함량변화는 Fig. 5에 나타내었다. 4℃ 저장온도에서는 조사된 모든 어종들이 시간이 경과함에 따라 서서히 증가하면서 4일 이후로 급격한 증가를 보이고 있다. 저장 6일 후에는 고등어, 꽂치, 전갱이가 초기부패점인 30 mg/100g의 함량을 나타내었다. 조사된 어종 중 선도저하가 가장 빠르게 나타난 어종은 전갱이였으며, 반대로 선도저하가 가장 느리게 진행된 어종은 삼치로 나타났다[Fig. 5A].

20℃는 4℃ 저장과는 달리 급격한 증가를 보이고 있는데, 하루가 지난 꽂치는 14.8 mg/100g 이고 삼치는 17.0 mg/100g, 고등어 17.9 mg/100g 이지만 전갱이는 45.7 mg/100g로 4℃와 마찬가지로 초기 선도저하가 가장 빨랐으며 3일째 후 고등어에서 급격한 선도저하를 나타내고 있었다 [Fig. 5B].

온도에 따른 휘발성염기질소 함량을 보면 4℃

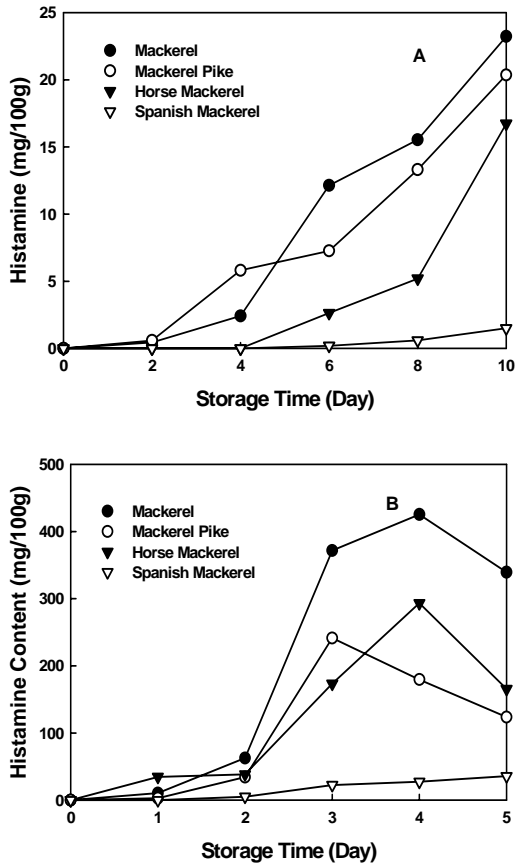
에서는 삼치를 제외한 어종에서 6일째 초기 부패점에 도달하였으며, 전갱이는 20℃에 저장시에는 초기부패점까지 1일이 소요되었다.



[Fig. 5] Changes in the content of volatile basic nitrogen in the dark fleshed fishes during the storage at 4℃ (A), 20℃ (B), respectively

3. Biogenic amine 함량변화

냉장유통 온도인 4℃에서 biogenic amine의 함량을 살펴보면, histamine의 최종함량이 가장 높았으며 다음으로 cadaverine, putrescine 이었다[Fig. 6A, 7A, 8A].



[Fig. 6] Changes in the content of histamine in the dark fleshed fishes during the storage at 4°C (A), 20°C (B), respectively

어종별 histamine 함량 변화를 살펴보면, 4일째 꽁치가 5.8 mg/100g으로 가장 많이 생성되었으며 고등어 2.4 mg/100g이다. 전갱이와 삼치는 저장 기간동안 생성되지 않았다. 전갱이의 경우 8일째 5.2 mg/100g이 생성되었다. 10일째에는 고등어에서 23.2 mg/100g으로 시료 중 가장 많이 생성되었으며 꽁치 20.4 mg/100g이었으며 전갱이 16.7 mg/100g이었다. 삼치의 경우 6일째 0.2 mg/100g 생성되어 10일째 1.5 mg/100g으로 가장 낮은 함량을 나타내었으며, 꽁치는 저장 초기에 histamine의 함량이 급격히 증가하였다[Fig. 6A].

일반적으로 histamine은 선도저하와 더불어

Proteus morganii 등이 생성한 histidine decarboxylase에 의하여 탈탄산반응을 받아서 생성된다고 하는데(Kimata & kawai, 1958, 1959; Kawabata & Suzuki 1959), Yamanaka et al.(1982)는 histamine의 생성은 histamine-forming bacteria보다는 histidine decarboxylase activity가 주요한 작용을 한다고 보고한바 있다. Histamine의 생성모체인 histidine은 단백질구성아미노산으로 어류의 운동성과 관련이 있을 뿐만 아니라 적색육 어류에는 엑스분 중에 유리상태로 다량함유 되어 있어, histamine도 많은 양이 생성된다고 한다(Hibiki & Simidu, 1959).

적색육 어류에 있어서 histidine의 함량은 동일 어종일 때, 보통육이 혈합육 보다 그리고 보통육도 육색이 진한 것이 육색이 묽은 것보다 높은 것으로 보고되고 있으며, 같은 어종일 때는 어체의 크기가 클수록 함유량이 높다고 보고되었다(Hibiki & Simidu, 1959; Simidu & Hibiki, 1954; Takagi et al., 1969).

다음으로는 어종별에 따른 cadaverine 함량은 4일째 꽁치에서 4.0 mg/100g으로 가장 많이 생성되었으며 고등어 1.6 mg/100g이 생성되었으며 삼치는 3.6 mg/100g로 histamine보다 더 많이 생성되었다. 6일째 꽁치에서 5.6 mg/100g 생성되어 초기선도는 다른 어종보다 빨랐다. 10일째는 전갱이가 29.9 mg/100g으로 8일째 이후 급격히 증가하기 시작하여 가장 많은 함량을 나타내고 있으며 고등어 20.6 mg/100g, 꽁치 11.4 mg/100g였고 삼치의 경우에는 9.9 mg/100g로 다른 biogenic amine 중 가장 많은 생성량을 나타내었다[Fig. 7A].

이처럼 cadaverine은 초기 육의 선도저하와 마찬가지로 빠르게 진행되어 Yamanaka et al(1986), Rossi et al(2002)의 보고와 마찬가지로 초기 부패 정도를 확인할 수 있는 지표로써의 활용도 가능하다고 판단된다.

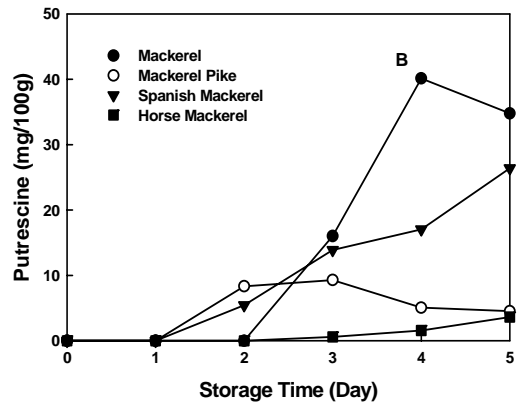
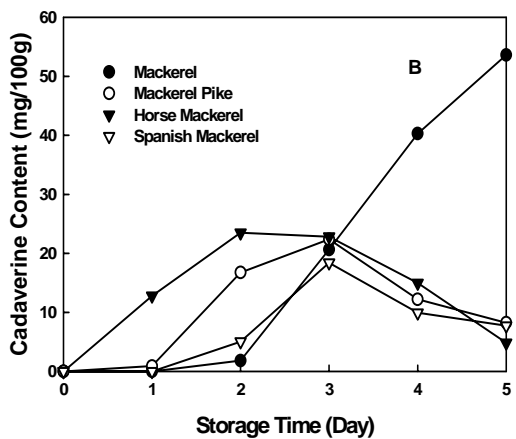
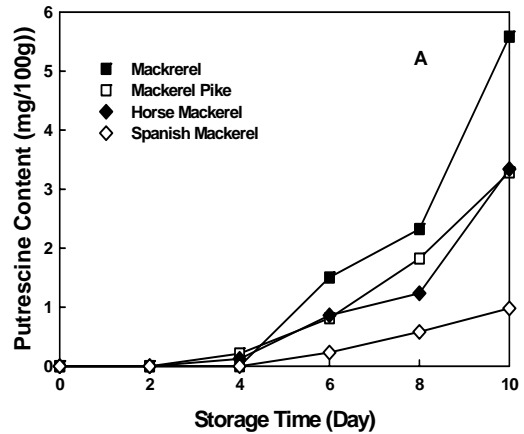
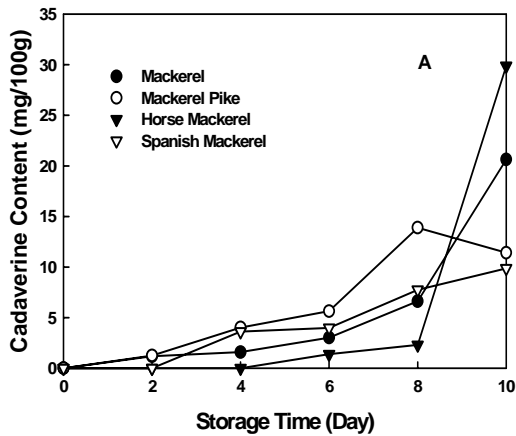
4 °C 저장 중 putrescine의 생성량은 histamine과 cadaverine에 비하여 아주 작았다. 4일째

꽁치에서 0.2 mg/100g 전갱이 0.1 mg/100g이 생성되었으며 10일째 고등어에서 5.6 mg/100g으로 가장 많이 생성되었으며 꽁치와 전갱이에서 3.3 mg/100g, 3.3 mg/100g으로 비슷하게 생성되었다. 삼치는 저장 10일 경과후에 1.0 mg/100g으로 다른 어종에 비하여 가장 낮은 함량을 나타내었다[Fig. 8A].

20 °C 저장 중 biogenic amine 함량을 살펴 보면, histamine은 저장 1일 경과 후 전갱이에서 34.7 mg/100g으로 가장 많이 생성되었으며 고등어 10.5 mg/100g, 꽁치는 2.9 mg/100g로 4 °C와는 달리 다른 어종에 비해 낮은 함량을 나

타내었다. 고등어는 4일째 425.3 mg/100g로 최대치를 나타내었다가 감소하였으며 꽁치는 3일째, 전갱이는 4일째에 최고치를 나타내었다가 감소하였다[Fig. 6B].

저장 중 Cadaverine의 함량변화는 histamine의 함량 변화와 마찬가지로 저장 초기에 급격히 증가하였다가 감소하는 경향을 나타내었다. 전갱이는 histamine과 마찬가지로 1일 경과시 12.8 mg/100g으로 최고함량을 나타내었으며, 그 이후에는 서서히 감소하였다. 또한 꽁치와 삼치는 저장 3일, 전갱이는 저장 2일 후부터 감소하기 시작하였으며, 고등어는 저장기간 동



[Fig. 7] Changes in the content of cadaverine in the dark fleshed fishes during the storage at 4°C (A), 20°C (B), respectively

[Fig. 8] Changes in the content of putrescine in the dark fleshed fishes during the storage at 4°C (A), 20°C (B), respectively

<Table. 5> Changes in the content of biogenic amine and volatile basic nitrogen in the dark fleshed fishes during the storage at -25°C

| Species | Biogenic amine and VBN | Contents (mg/100g) | | | |
|------------------|------------------------|--------------------|--------|--------|---------|
| | | 0day | 50days | 100day | 150days |
| Mackerel | HM | - | - | 0.41 | 0.85 |
| | CA | - | - | 0.24 | 0.36 |
| | PU | - | - | 0.13 | 0.28 |
| | VBN | 12.14 | 17.90 | 20.00 | 22.30 |
| Mackerel | HM | - | - | 0.39 | 0.69 |
| | CA | - | - | - | 0.32 |
| Pike | PU | - | - | - | 0.28 |
| | VBN | 10.50 | 17.79 | 17.80 | 18.23 |
| Horse Mackerel | HM | - | - | 0.69 | 1.28 |
| | CA | - | - | 0.25 | 0.74 |
| Mackerel | PU | - | - | - | - |
| | VBN | 11.96 | 17.94 | 19.54 | 21.54 |
| Spanish Mackerel | HM | - | - | - | - |
| | CA | - | - | - | - |
| Mackerel | PU | - | - | - | - |
| | VBN | 12.07 | 17.54 | 18.15 | 19.86 |

안 지속적으로 증가하였다[Fig. 7B].

Putrescine 함량변화를 살펴보면, 고등어는 4 일째 최고함량인 40.1 mg/100g을 나타내었으며 그 이후에 감소하였으며, 꽂치는 3일째 9.3 mg/100g의 함량을 나타내었다가 그 이후에 감소하기 시작하였다. 또한 전갱이와 삼치는 다른 어종과는 달리 생성량이 낮았으며 저장기간 동안 서서히 증가하였다(Fig. 8B).

-25 °C에서 150일 동안의 biogenic amine 생성량을 조사한 결과, 고등어, 꽂치, 전갱이에서 저장 100일 이후부터 histamine이 생성되었으며 그 함량은 매우 낮았다. 또한 저장 150일후에도 전갱이의 histamine 함량을 제외한 모든 어종에서의 biogenic amine 함량은 1 mg/100g 이하로 나타났다. 따라서 본 결과는 Hardy et al.(1976)이 보고한 바와 같이 72주 동안 동결 저장 하에서 고등어에서는 histamine이 생성되지 않는다는 결과와 매우 유사하였으며, 이로 인하여 적색어류의 동결저장 중에는 biogenic amine으로 인한 위생적인 문제는 발생하지 않을 것으로 판단되어진다<Table 5>.

참고 문헌

- Ali R. Shalaby(1996). Significance of biogenic amines to food safety and human health, Food Research International, 29, 675~690.
- AOAC(1990). Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of official analytical chemists, Arlington, 876~877.
- Bardocz, S(1993). The role of dietary polyamines, Eur. J. Clin. Nutr., 47, 683~690.
- Centers for disease control and prevention [CDC](2000). Surveillance for foodborne disease outbreaks-united states, 1993~1997. MMWR 49, 1~72.
- Hardy, R. and G.M. Smith(1976). The storage of mackerel (*Scomber scombrus*). Development of histamine and rancidity, J. Sci. Food Agric., 27, 595-599.
- Hibiki, S. and W. Simidu(1959). Studies on putrefaction of aquatic products-27. Inhibition of histamine formation in spoiling of cooked fish and histidine content in various fishes, Bull. Japan Soc. Sci. Fish, 24, 916~919.
- Igarashi, H(1938). The pungent principles of

- fishes produced by decrease in freshness, Part-1. *J. Chem. Soc. Japan*, 59, 1258~1259.
- Kang, J.H. and Y.H. Park(1984). Effect of food additives on the histamine formation during processing and storage of mackerel: (1) Effect of salt, acidulants and sweetenings, *Korean Fish. Soc.*, 15, 383~390.
- Kawabata, T. and S. Suzuki(1959). Studies on the food poisoning associated with putrefaction of marine products-8. Distribution of 1-(-)-histidine decarboxylase among proteus organisms and the specificity of decarboxylating activity with washed cell suspension, *Bull. Japan Soc. Sci. Fish*, 25, 473~480.
- Kimata, M. and A. Kawai(1958). Studies on the histamine formation of *Proteus morgani*. *Mem. College Agr. Kyoto Univ. Fish. Ser. Special Issue*, 92~99.
- Kim, D.K., I.S. Park and N.S. Kim(1998). Determination of chemical freshness indices for chilled and frozen fish. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30, 996~999
- Kim, J.H., H.J. Ahn, D.H. Kim, C.U. Jo, B.S. Cha and M.W. Byun(2002a). Effects of gamma irradiation on biogenic amines levels in Doenjang during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 31, 713~716
- Kim, J.H., H.J. Ahn, J.H. Hong, S.B. Han and M.W. Ryun(2002b). Survey of biogenic amines contents in commercial beers. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 34, 1127~1129.
- Kim, J.H., H.J. Park, M.J. Kim, H.J. Ahn and M.W. Byun(2003). Survey of biogenic amine contents in commercial soy sauce. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 35, 325~328.
- Kimata, M. and A. Kawai(1959). Studies on the histamine formation of *Proteus morgani*(cont.). *Mem. Research Inst. Food Sci. Kyoto Univ.*, 18, 1~7.
- Koh, K.B. and Y.H. Park(1982). Studies on the histamine contents in the canned dark-fleshed fishes. *Korean Fish. Soc.*, 15, 191~198.
- Luten, J.B., W. Bouquet, L. A. J. Seuren, M. M. Burggraaf, G. Riekwel-Booy, P. Durand, M. Etienne, J. P. Gouyou, A. Landrein, M. Leclercq and R. Guinet(1992). Biogenic amines in fishery products: Standardization methods within EC, In *quality assurance in the fish industry*, 427~439.
- Mah, J.H., S.Y. Shin, H.S. Lee, H.Y. Cho and H.J. Hwang(2001). Improvement of decarboxylating agar medium for screening biogenic amine producing bacteria in kimchi, *J. Microbiol. Biotechnol.*, 11, 491~496.
- Mietz J.L. and Karmas, E(1978). Polyamine and histidine content of rockfish, salmon, lobster and shrimp as an indicator of decomposition, *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 61, 139.
- Park, Y.H., D.S. Kim, S.S. Kim and S.B. Kim (1980). Changes in histamine content in the muscle of dark-fishes during storage and processing. 1. Changes in histamine contents in the muscle of common mackerel, gizzard-shad and small sardine, *Korean Fish Soc.*, 13, 15~22.
- Park, Y.H., S.B. Kim, H.K. Jeong, K.B. Koh and D.S. Kim(1981). Changes in histamine content in the muscle of dark-fishes during storage and processing. -Change of histamine contents in the muscle of mackerel like. *Korean Fish. Soc.*, 14, 122~129.
- Park, I.S., D.K. Kim, D.H. Shon, Y.J. Cho and N.S. Kim(1999). Measurement of biogenic amines with a chitoperoxidase enzyme reactor, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 31, 593~599.
- Rhee, J.S., Y.S. Kim, K.S. Cha, H.J. Rhee, C.S. Hong, H.W. Nam, C.O. Myung, K.W. Lee and Y.C. Lee(1997). A study on the analysis of histamine by spectrofluorimetry, *Analytical & Science & Technology*, 10, 43~52.
- Rossi S., C. Lee, P.C. Ellis and L.F. Pivarnik (2002). Biogenic amines formation in bigeye tuna steaks and whole skipjack tuna, *J. Food Sci.*, 67, 2056~2060.
- Ryu, H.C., H.R. Kim, S.H. Kim, D.K. Kim, Y.M. Lee, H.M. Kim, N.H. An and T.Y. Shin (1996). Determination of histamin by reverse-phase high performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Analytical & Science & Technology*, 9, 198~202.

- Shalaby, A.R(1996). Significance of biogenic amine to food safety and human health. *Food Res, Int.*, 29, 675~690.
- Simidu. W. and S. Hibiki(1954). Studies on putrefaction of aquatic products-12. On putrefaction of bloody muscle, *Bull. Japan Soc. Sci. Fish*, 20, 206~208.
- Suzuki, U., C. Yoneyama and S. Okada(1912). Composition of "bonito"salt past, *J. Coll. Agr. Tokyo Imp. Univ.*, 5, 33~41.
- Taylor, S. L. and S. S. Sumer(1986). Determination of histamine, cadaverine and putrescine. In D. E. Kramer, & J. Liston (Eds.), *Seafood quality determination. Proceedings of an international symposium Amsterdam: Elsevier Science*, 245~253.
- Ten Brink, B., Damink, C., Joosten, H. and Huis in't, V(1990) Occurrence and formation of biologically active amines in foods, *Int. J. Food Microbiol.*, 11, 73~84.
- U.S.Food and Drug Administration[USFDA] (2001). Ch.7 Scombrotxin (histamine) formation, In.:Fish and fishery products hazards and controls guide. 3rd ed. Washington, D.C.: Dept. of Health and Human Service, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Office of Seafood. 73~90.
- Veciana-Nogues M. T., T. Hernandez-Jover, A. Marine-Fony and M. C. Vidal-Carou(1995). Liquid chromatographic method for determination of biogenic amines in fish and fish products, *Food composition and additives*, 78, 1045~1050.
- Yamanaka, H., Shimakura, K., Shiomi, K., and Kikuchi, T(1986). Changes in nonvolatile amine contents of the meats of sardine and saury pike during storage, *Bull. Japan Soc. Sci. Fish*, 50, 695.
- 河端俊治(1974). 히스타민의 이온교환크로마토그래피. *水産生物化学, 食品学 实验书* (齊藤恒行·内山均·梅本 滋·河端俊治 編), 厚生閣, 東京, 300-305.
- 日本厚生省編(1960). *食品衛生検査指針 - I, 揮発性鹽基窒素*, 日本衛生協會, 東京, 30~32.