

赤色肉 魚類의 貯藏 및 加工中の Amine類의 變化

2. 꽁치·삼치 鹽藏 및 乾製品의 DMA와 TMA 含量

朴 榮 浩·崔 守 安·安 哲 佑·梁 永 基

釜山水産大學 釜山教育大學 盛智工專大學 朝大工專大學

Changes in Contents of Amines in the Dark-fleshed Fish Meat During Processing and Storage

2. Formation of Dimethylamine and Trimethylamine in Salted and Dried Mackerel pike and Spanish mackerel

Yeung-Ho PARK

National Fisheries University of Busan, Namgu, Busan, 601-01 Korea

Su-An CHOI

Busan Teacher's College, Dongraegu, Busan, 607 Korea

Cheol-Woo ANH

Sungji Institute of Technology, Namgu, Busan, 601 Korea

Yeung-Ki YANG

Technical College, Chosun University, Kwangju, 500 Korea

Secondary amines are known as one of the precursors of nitrosamines which are potent carcinogenic compounds for human being and animals.

In this study, trimethylamine and dimethylamine contents of salted, hot-air dried and sun dried samples of two commercial fishes, mackerel pike and seerfish were analyzed and quantitatively compared at three different temperature conditions.

The formation of both secondary amines was more rapid at 10°C and 15°C than at 2°C.

Residual amounts of trimethylamine oxide of salted samples were relatively higher than those of the other samples.

Trimethylamine contents of hot-air dried mackerel pike and sun dried seerfish were relatively higher than those in the other samples, while those of salted samples were comparatively lower than those of others.

Dimethylamine contents of hot-air dried samples were higher than those of the other samples, whereas those of salted samples were comparatively lower than those of the other samples.

緒 論

1954년에 Barnes는 dimethylnitrosamine이 強力한 發癌性物質의 하나라는 것을 發表하였으며, 또 1957년에 Norway에서 청어 사료를 먹인 밍크가 肝臟障害로 大量致死한 것이 報告된 以來, 食品中の dimethylamine을 비롯한 低級 amine類에 對한 食品衛生學的인 面에서의 研究가 活潑히 進行되고 있다. 食品中の dimethylamine 및 低級 amine類는 질산염이나 아질산염 등이 共存할 경우, 發癌性物質인 dimethylnitrosamine을 生成하기 쉽다는 것이 알려져 있는데, dimethylamine 및 trimethylamine의 生成母體는 trimethylamine oxide를 포함한 cystein 等이고 이것이 酵素 및 化學反應에 의하여 dimethylamine 및 trimethylamine 等으로 分解生成되는 것으로 밝혀져 있다 (天野等, 1963-a; b. Yamada 등, 1965-a, b; 1969, 및 原田 등, 1975).

그러나 우리나라 水産食品中の amine類에 關한 研究報告는 林 등 (1973), Kim 등 (1973), 卞 등 (1976) 및 安 등 (1978 : 1979)의 率究報告뿐으로 매우 적다 하겠다.

그러므로 著者들은 前報 (安 등, 1979)에 이어 鯉나 삼치肉을 試料로 하여 2℃와 10℃, 삼치는 2℃와 15℃에서 各各 5日間 貯藏하였을 때의 肉中の TMAO, TMA 및 DMA 含量의 經時的인 變化와 함께 이들 魚肉을 鹽藏, 熱風乾燥 및 日乾하였을 때의 變化에 對하여 實驗하였다.

1. 材料 및 方法

本 實驗에 供試한 魚種은 鯉(Mackerel pike, *Colobis saira*) 및 삼치(Spanish mackerel, *Scomberomorus niphonius*)이다.

鯉는 1979年 11月 18日 구룡포에서 氷藏狀態인 2상자를, 삼치는 1980年 3月 10日 부산공동어시장에서 氷藏狀態인 2상자를 購入하였다.

供試鯉는 體長 28~33cm, 體重 65~120g였고 供試삼치는 體長 28~33cm, 體重 397~555g였다. 魚體크기가 비슷한 것을 供試鯉는 各14尾씩, 供試삼치는 各 4尾씩 골라 內藏(鯉는除外), 頭部를 除去한 다음, 生試料, 貯藏試料, 鹽藏試料, 熱風乾燥試料 및 日乾試料別로 나누어 다음과 같이 處理하였다.

(1) 生試料

各 試料의 一定한 部位의 背肉部를 같은 크기, 길이로 切取하여 臍질을 除去하고 細切하여 잘 混合한 것을 10g씩 取하여 供試하였다.

(2) 貯藏試料

貯藏溫度를 控치는 2°±1°C와 10°±1°C, 삼치는 2°±1°C와 15°±1°C로 하여 1日 간격으로 5日間 貯藏하면서 生試料과 같은 方法으로 하였다.

(3) 鹽藏試料

魚體에 30% 重量의 食鹽을 첨가하여 5日間 다른 간을 한후 가볍게 水洗하여 表面의 食鹽을 除去한 다음, 生試料과 같은 方法으로 19g을 取하여 供試하였다.

(4) 熱風乾燥試料

魚體를 箱子型 熱風乾燥機內에 대달아 熱風溫度 51°C±2°C, 風速 3m/sec로 控치는 30時間, 삼치는 33時間 乾燥하였다. 乾燥試料에서 生試料 때와 같은 方法으로 3g을 取하여 供試하였다.

(5) 日乾試料

魚體를 控치는 8°~10°C의 室外에서, 삼치는 13°~15°C의 室外에서, 各各 10日間 日乾하여 生試料 때와 같은 方法으로 3g을 取하여 供試하였다.

2. TMAO, TMA, DMA 및 VBN의 定量

(1) 試料抽出液의 調製

生試料와 鹽藏試料는 10g, 乾燥試料는 3g에다 물 5ml를 첨가하여 막자사발에서 充分히 마쇄한 후 35 ml의 물로서 遠沈管에 씻어 넣고 교반하면서 30分間 放置한 다음 20% trichloroacetic acid(TCA)10ml를 加하여 다시 10分間 放置한 後 遠沈(3000rpm, 20分)하였다. 殘查에 2% TCA 20ml를 加하여 교반하고 10分間 放置한 後 遠沈하였다. 上層液을 합하여 물로서 100ml로 하여 TMAO, TMA, DMA 및 DMA 定量의 供試液으로 하였다.

(2) TMAO, TMA 및 VBN의 定量.

山形 (1974)의 改良微量擴散法에 의하였다.

(3) DMA의 定量

河端 등(1973)의 改良 Cu-dithiocarbamate 法에 따라 處理하여 435nm에서의 吸光度를 分光光度計 (Shimadzu, UV-140-2, Spectronic 21)로 測定하여 DMA量을 求하였다.

(4) 一般成分 및 amino 窒素의 定量

水分, 粗蛋白質, 粗脂肪 및 粗灰分은 各各 常法에 의하였다. 그리고 amino窒素의 定量은 Spies와 Chamber(1951)의 方法에 의하였다.

結果 및 考察

(1) 一般成分

공치 및 삼치의 生試料, 鹽藏試料, 熱風乾燥試料 및 日乾試料의 一般成分은 Table 1, 2와 같다.

(2) 貯藏中の pH, 遊離 amino 窒素 및 VBN의 變化.

貯藏溫度, 貯藏期間에 따르는 各 試料의 pH의 變化는 Fig. 1에서 볼수 있는 바와 같이 大體的으로 貯藏期間에 따라 變化가 완만하였다.

遊離 amino 窒素의 變化는 Fig. 2와 같이 모든 試料가 2°C에서는 거의 變化가 없었으나 10°C의 공치와 15°C의 삼치에서는 20°C에서 보다 比較的 變化가 컸다. 肉蛋白質의 分解가 삼치보다 공치가 많이 일어났는데 이것은 공치肉이 硬直이 完了될때까지의 時間이 2時間 30分 程度(唐澤 등, 1977)로서 삼치肉보다 빠르게 前處理過程에서 內臟을 除去하지 않았기 때문인 것으로 생각된다.

VBN의 變化는 Fig. 3에서 볼수 있는 바와 같이 20°C의 貯藏에서 모든 試料가 극히 完만한 增加를 나타내어 공치 및 삼치肉은 各各 1日 貯藏에 14.1

mg/100g과 12.2mg/100g, 2日 貯藏에 15.1mg/100g과 12.4mg/100g, 3日 貯藏에 15.7mg/100g과 12.5mg/100g, 4日 貯藏에 17.5mg/100g과 13.1mg/100g 및 5日 貯藏에 17.8mg/100g과 14.1 mg/100g로서 5日間의 貯藏에서도 初期腐敗點(Borgstrom, 1965)에 未達되고 있다. 또 10°C의 공치와 15°C의 삼치의 貯藏에서는 貯藏 5日에 各各 42.0mg/100g과 72.5mg/100g로 2°C의 貯藏에서 보다 各各 3倍量과 5.5 倍量程度 增加하여 鮮度低下가 빨리 일어났음을 추측할 수 있으며, VBN 含量을 基準으로 初期腐敗에 達하는 期間을 보면 공치가 貯藏 3日, 삼치는 貯藏 2日 程度로서 삼치가 鮮度低下 速度가 빨랐다. 이것은 삼치 (貯藏溫度 15°C)가 공치(貯藏溫度 10°C) 보다 貯藏溫度가 多少 높았기 때문인 것으로 생각된다.

(3) 貯藏中の amine 類의 變化.

공치를 20°C와 10°C, 삼치를 20°C와 15°C로 貯藏하였을 때의 肉中の TMAO-N, TMA-N 및 DMA-N의 含量變化를 調査한 結果는 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다.

먼저 공치肉의 TMAO의 含量을 보면 Fig. 4와 같이 2°C의 貯藏에서는 生試料때 12.706mg/100g이던 것이 貯藏 1日에는 10.26mg/100g, 2日에는 10.02mg

Table 1. Chemical composition of raw, salted, sun dried and hot-air dried mackerel pike

	Raw	Salted	Sun dried	Hot-air dried
Moisture (%)	70.1	55.1	37.7	20.6
Crude protein (%)	24.0	29.1	47.5	52.4
Crude fat (%)	3.2	4.7	8.7	18.0
Crude ash (%)	2.4	11.1	6.1	9.0
VBN (mg/100g)	13.8	15.6	43.8	83.2
Amino nitrogen (mg/100g)	175.0	194.6	310.2	359.9
pH	6.3	6.2	6.2	6.4
Salinity (%)		10.6		

Table 2. Chemical composition of raw, salted, sun dried and hot-air dried Spanish mackerel

	Raw	Salted	Sun dried	Hot-air dried
Moisture (%)	73.2	55.7	50.1	27.7
Crude protein (%)	19.3	24.0	39.0	52.6
Crude fat (%)	6.8	8.2	8.5	17.1
Crude ash (%)	0.6	12.1	2.4	3.6
VBN (mg/100g)	12.6	22.1	44.8	78.3
Amino nitrogen (mg/100g)	22.4	39.2	36.6	101.5
pH	6.4	6.3	6.5	6.6
Salinity (%)		11.0		

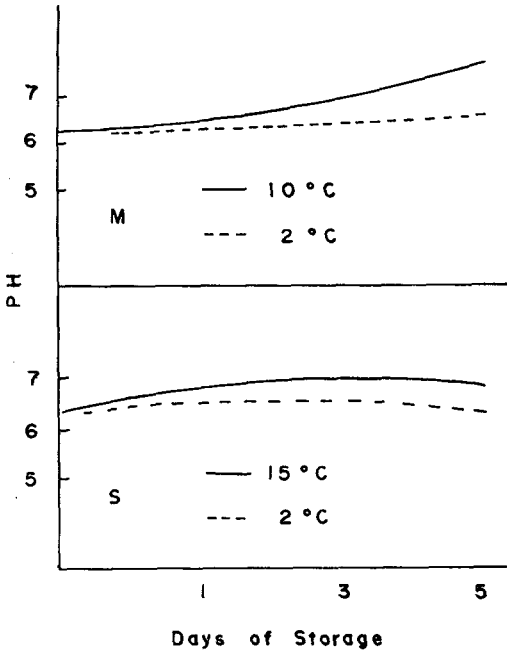


Fig. 1. Changes in pH value during the storage of mackerel pike(M) and Spanish mackerel(S).

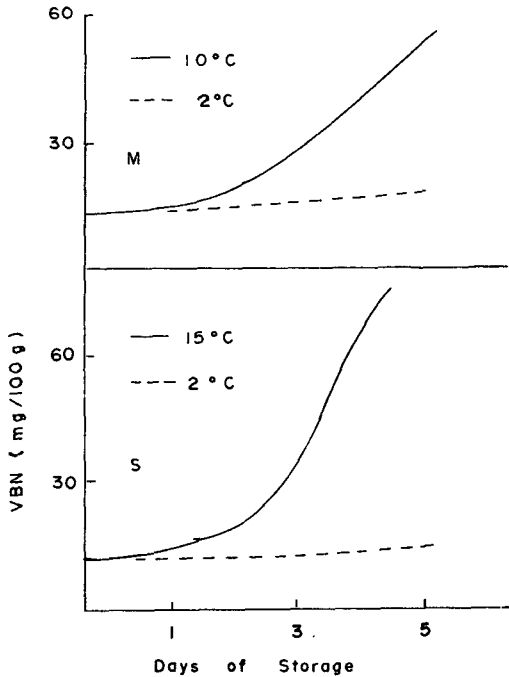


Fig. 3. Changes in volatile basic nitrogen content during the storage of mackerel pike (M) and Spanish mackerel(S).

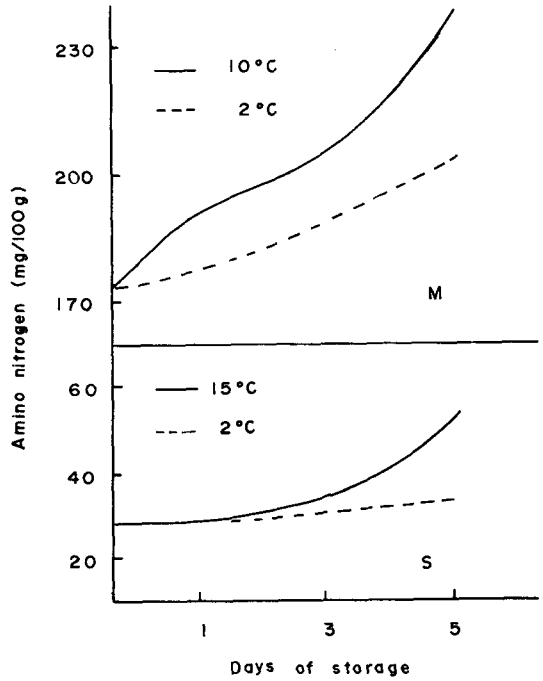


Fig. 2. Changes in free amino nitrogen during the storage of mackerel pike (M) and Spanish mackerel(S).

/100g, 3日에는 9.661mg/100g, 4日에는 9.249mg/100g, 5日에는 6.123mg/100g로서 극히 徐徐히 減少하는 傾向을 보였다.

한편 10°C의 貯藏에서는 1日에 10.67mg/100g, 2日에 9.68mg/100g, 3日에 8.017mg/100g, 4日에 6.98mg/100g, 5日에 5.049mg/100g로서 2°C나 10°C에서 모두 完만한 減少를 나타내었으며 5日間の 貯藏에서도 61%의 減少밖에 되지 않았다.

삼치의 경우는 Fig.5와 같이 2°C의 貯藏에서 生試料에 18.516mg/100g이던 것이 貯藏 1日에 17.132mg/100g, 2日에 15.392mg/100g, 3日에 14.573mg/100g, 4日에 10.494mg/100g, 5日에 7.796mg/100g과 같이 徐徐히 減少하였으며 15°C의 貯藏에서는 1日에 15.88mg/100g, 2日에 12.1mg/10g, 3日에 8.359mg/100g, 4日에 5.7mg/100g, 5日에 3.417mg/100g로서 18%의 殘存率을 나타내었다. 이와 같이 모든 試料가 TMAO含量的 減少가 完만한 것은 貯藏溫度가 TMAO 환원효소의 一般的인 最適作用溫度인 25°C ~ 40°C (河端, 1953)를 벗어 남으니까 TMAO 환원효소의 作用이 抑制되었기 때문인 것으로 생각된다.

한편 TMA의 含量을 보면 먼저 鯉에 있어서 生試料가 0.44mg/100g이던 것이 20°C에서 1日貯藏

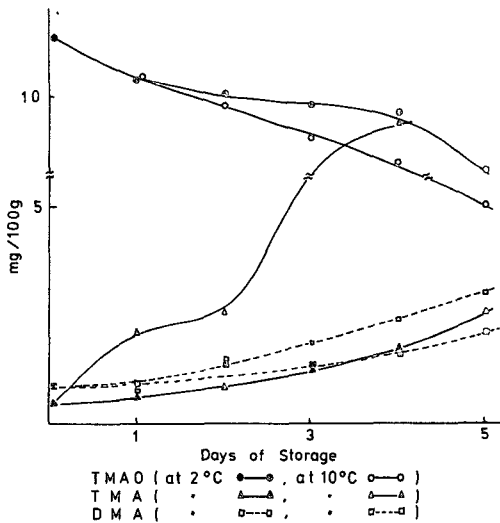


Fig. 4. Changes in trimethylamine oxide, trimethylamine and dimethylamine contents during the storage of mackerel pike.

이 0.664mg/100g, 2日貯藏이 0.88mg/100g, 3日貯藏이 1.34mg/100g, 4日貯藏이 1.8mg/100g, 5日貯藏이 2.63mg/100g로서, 增加率이 극히 적음을 나타내고 있으며 10°C의 貯藏에서는 1日에 2.2mg/100g, 2日에 2.6mg/100g, 3日에 6.6mg/100g, 4日에 9.0mg/100g, 5日에 12.7mg/100g로서 安 등(1979)의 研究結果와 같은 傾向을 나타 내었다.

삼치(生試料 0.25mg/100g)는 2°C의 경우, 貯藏 1日에 0.47mg/, 貯藏 2日에 0.74mg/100g, 貯藏 3日에 1.215mg/mg, 貯藏 4日에 3.77mg/100g, 貯藏 5日에 4.48mg/100g로서 增加率이 공치보다 적었으나 15°C의 貯藏에서는 1日以後 부터 급격히 增加하여 5日의 貯藏에서는 生試料때의 77倍量인 19.3mg/100g 였다.

이와 같이 모든 試料가 10°C 또는 15°C 貯藏의 경우가 2°C貯藏에 比하여 TMA의 增加가 급격하였 으며 이것은 木田 등(1964)의 研究結果와 같은 傾向을 나타 내었다.

또 DMA의 變化를 보면 공치肉의 경우 生試料때 0.843mg/100g이던 것이 2°C에서 1日貯藏 0.647mg/100g, 2日貯藏 1.4mg/100g, 3日貯藏 1.25mg/100g, 4日貯藏 1.6mg/100g 및 5日貯藏 2.1mg/100g 였으며 10°C貯藏에서는 1日貯藏에 0.915mg/100g, 2日貯藏

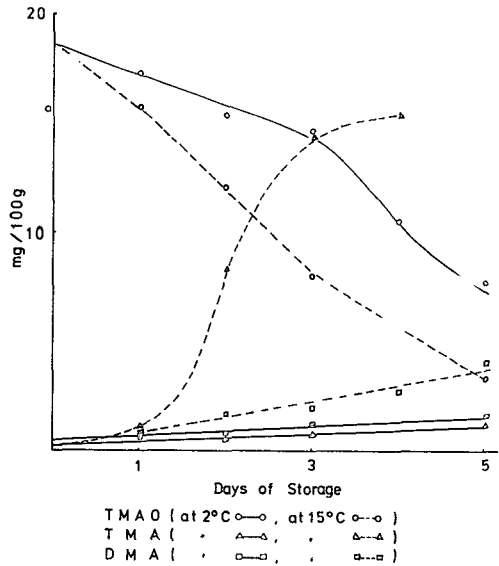


Fig. 5. Changes in trimethylamine oxide, trimethylamine and dimethylamine contents during the storage of Spanish mackerel.

에 1.49mg/100g, 3日貯藏에 1.9mg/100g, 4日貯藏에 2.3mg/100g 및 5日貯藏에 3.1mg/100g로서 前報(安 등, 1979)와 같이 增加率이 매우 적었다.

삼치肉은 2°C의 貯藏에서 1日에 0.74mg/100g, 2日에 1.2mg/100g, 3日에 1.52mg/100g, 4日에 1.43mg/100g 및 5日에 2.7mg/100g로 공치肉의 경우와 같은 傾向을 나타 내었고 15°C의 貯藏에서는 1日에 0.86 mg/100g, 2日에 1.73mg/100g, 3日에 1.95mg/100g 4日에 2.7mg/100g 및 5日에 4.1mg/100g이며 5日間의 貯藏을 基準으로 볼때 공치肉의 경우 보다는 增加率이 1.5倍置 높았으나 前報(安 등, 1979)의 25°C 貯藏試料 보다는 增加率이 매우 낮았다. 이와 같이 各 試料의 貯藏溫度에 따르는 DMA의 含量은, Yamda 등(1965) 지적한 바와 같이 貯藏溫度가 높 으면 높을수록 많아 진다는 것을 알수 있다.

(4) 加工中の amine類의 變化.

공치와 삼치肉을 試料로 하여 이것을 鹽藏, 熱風 乾燥 및 日乾하였을 때의 肉中の TMAO, TMA 및 DMA의 含量變化를 調査한 結果는 Fig. 6 및 7과 같다.

먼저 공치試料의 乾物當 TMAO의 含量을 보면 生試料가 42.3mg/100g이었고 다음이 鹽藏品 18.49 mg/100g이며 熱風乾燥品 15.6mg/100g 및 日乾品

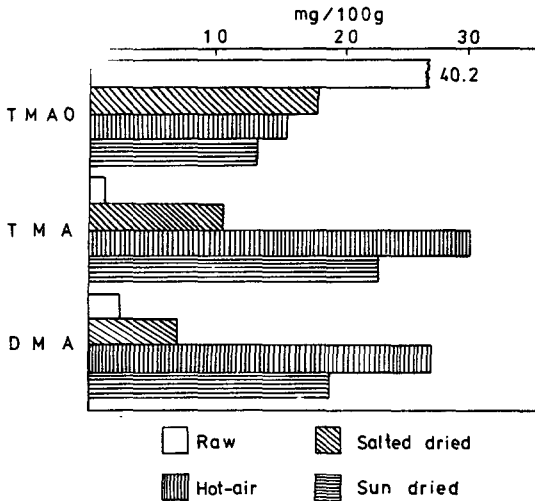


Fig. 6. Trimethylamine oxide, trimethylamine and dimethylamine contents in the muscle of raw, salted, hot-air dried and sun dried mackerel pike.

13.49mg/100g의 順이었다. 前報(安 등, 1979)의 경우와는 달리, 모든 試料가 TMAO의 減少率이 매우 적었는데 이것은 氣溫이 8°C~12°C로서 前報의 경우인 28°C 前後 보다 낮아서 TMAO의 分解가 지연되었기 때문인 것으로 생각된다. 또 모든 製品 가운데 鹽藏品이 그 含量이 比較的 많았는데 이것은 河端 등(1953)이 指摘하였던 것과 같이 食鹽에 의한 TMAO 환원효소 및 細菌의 作用이 抑制되어 TMAO의 分解가 鈍化된 것으로 생각된다.

또한 삼치肉의 乾物當 TMAO의 含量을 보면 生試料가 68.5mg/100g이었고 鹽藏品 21.3mg/100g, 日乾品 19.2mg/100g 및 熱風乾燥品 16.8mg/100g의 順으로 前報(安 등, 1979)와 같은 傾向을 나타내었으며 公치의 경우와 같이 그 減少率은 매우 적었다.

한편 TMA의 含量을 보면 公치肉의 生試料가 1.33mg/100g이었고 다음이 鹽藏品 10.7mg/100g, 日乾品 23.26mg/100g 및 熱風乾燥品 30.1mg/100g의 順이었다.

특히 鹽藏品에 있어서는 10.7mg/100g으로 製品中에서 그 含量이 가장 적었는데 이것은 食鹽의 첨가에 의한 TMAO 환원효소와 細菌의 作用이 抑制되어 TMAO로부터의 生成이 減少된 것으로 생각된다. 또 삼치肉의 生試料는 0.74mg/100g였고 鹽藏品 8.09mg/100g이며 熱風乾燥品 21.43mg/100 및 日乾品 37.47mg/100g로 公치肉의 경우와는 달리 日乾品보다 熱風乾燥品이 많았다. 이러한 현상은 氣溫의

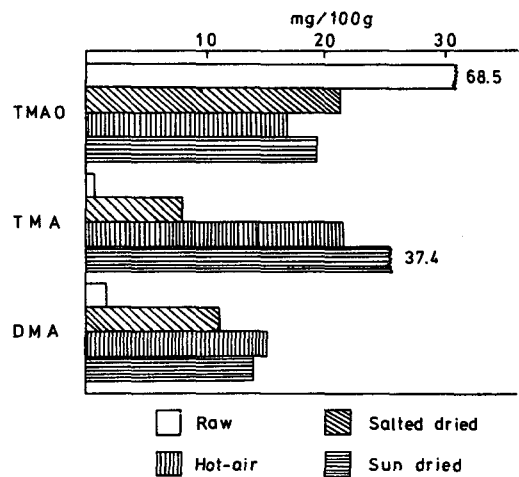


Fig. 7. Trimethylamine oxide, trimethylamine and dimethylamine contents in the muscle of raw, salted, hot-air dried and sun dried Spanish mackerel.

上昇으로 酵素 및 細菌의 作用이 보다 活潑하여 TMAO의 分解가 促進되어 축적된 것으로 생각된다.

한편 DMA의 含量을 보면 公치의 生試料가 2.66mg/100g였는데 鹽藏品은 7.0mg/100g이므로 2.7倍量增加하였으며 日乾品은 19.34mg/100g으로 7.2倍量增加하였고 熱風乾燥品은 27.28mg/100g로 10倍量의 增加를 나타내었다. 이와 같이 製品中의 DMA의 含量은 鹽藏品이 가장 적었으며 이것은 食鹽의 첨가와 낮은 氣溫(8°C~12°C)으로 DMA의 生成이 둔화되었기 때문인 것으로 생각한다.

또한 삼치의 生試料는 1.85mg/100g였고 鹽藏品은 11.1mg/100g, 日乾品은 13.49mg/100g, 熱風乾燥品은 15.25mg/100g로 各各 生試料의 6.1倍量, 7.5倍量 및 8.5倍量으로 그 含量에 있어서는 差異가 있으나 公치의 경우와 같은 傾向을 나타내었다.

一般的으로 製品中의 TMAO殘存量은 前報와는 달리 많았고 TMA와 DMA의 含量을 比較하면 TMA 含量이 많은 熱風乾燥品에는 다른 製品보다 DMA含量도 많은 傾向을 나타내었으며 發癌性關係를 고려하여 볼때 다른 製品에 비해 鹽藏品이 良好하였다.

要 約

公치(2°C와 10°C) 및 삼치肉(2°C와 15°C)을 貯藏

하였을 때의 肉中의 TMAO-N, TMA-N 및 TMA-N의 經時的인 變化와 아울러 이들 魚肉을 鹽藏, 熱風乾燥 및 日乾하였을 때의 變化에 對하여 實驗하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. TMAO의 變化에 있어서 5日間 貯藏하였을 때 2°C의 경우, 公치 및 삼치肉은 各各 生試料때의 48% 및 41%의 殘存率을 나타 내었고 10°C의 公치肉과 15°C의 삼치肉의 경우는 各各 39% 및 18%였다.
2. TMA의 變化는 5日間の 貯藏에서, 2°C의 경우 公치 및 삼치肉은 各各 生試料때의 6.5倍量 및 18倍量의 增加를 보였고, 10°C의 公치와 15°C의 삼치肉의 경우는 各各 28.8倍量 및 77.7倍量이었다.
3. DMA의 變化는 5日間の 貯藏에서, 2°C의 경우 公치 및 삼치肉은 各各 生試料때의 2.5倍量 및 5.4倍量의 增加를 나타냈고, 10°C의 公치와 15°C의 삼치肉의 경우는 各各 4倍量 및 8倍量이었다.
4. 製品別 TMAO의 含量은 公치의 경우, 鹽藏品 > 熱風乾燥品 > 日乾品の 順이었고 삼치의 경우는 鹽藏品 > 日乾品 > 熱風乾燥品の 順이었다.
5. 製品別 TMA의 含量은 公치의 경우, 熱風乾燥品 > 日乾品 > 鹽藏品の 順이었고 삼치의 경우는 日乾品 > 熱風乾燥品 > 鹽藏品の 順이었다.
6. 製品別 DMA의 含量은 모든 試料가 熱風乾燥品 > 日乾品 > 鹽藏品の 順이었다.

本 研究의 實驗을 도와 준 沈惠京 先生에게 감사 를 드리는 바이다.

文 獻

- 天野慶文・山田金次郎・尾藤方道. 1963-a. タラおよびスケトウにおけるホルムアルデヒド存在についで. 日水誌 29, 695.
- . 1963-b. タラ類の各組織におけるホルムアルデヒドとアミン類含量について. 日水誌 29, 860.
- 安哲佑・朴榮浩. 1978. 명태肉 乾燥中의 formaldehyde 및 amine類의 變化. 韓水誌 11(1), 13-18.
- . 崔守安. 1979. 赤色肉 魚類의 貯藏 및 加工中의 Amine類의 變化. (1) 코등어・전어・정어리 鹽藏 및 乾製品의 DMA와 TMA含量. 韓水誌 12(4), 245-253.
- 卞在亨・鄭甫泳・黃金小. 1976. 멸치젓갈 熱成中의 dimethylamine의 生成. 韓水誌 9(4), 223-231.
- Borgstrom, G. 1965. Processing part 2, Fish as Food(III), 73-74, Acad. press.
- 原田勝彦. 1975. 魚介類におけるホルムアルデヒドとジメチルアミンを生成する酵素に関する研究水産大學校研究業績第736號.
- 河端俊治. 1953. 트리메틸아민옥시사이드還元酵素に関する研究. I. 洄游魚血肉中におけるトリ메チル아ミン態窒素増力の特異性. 日水誌 19, 505-512.
- 河端俊治・石橋亨・中村昌道. 1957. 食品中の低級アミンに関する研究. I. 改良 Cu-ジチオカルバメート法による 第2報アミンの比色定量法の検討食衛誌 14, 31-36.
- 木田備浩・田元馨. 1964. 스키투그라乾製品의 아민類의 生成について. 北水試月報 31(12), 16-26.
- Kim, K. H. 1973. Studies on nitrosamine in foods. I. Distribution of secondary amines in raw marine fishes. Bull. Kyeong Hee Pharm. Sci. 1, 31.
- Spies. J. R. and D. C. Chamber. 1951. Spectrophotometric analysis of amino acids and peptides wrth their copper salts. J. Biol. Chem. 191, 787-787.
- 土屋允彌・唐澤信. 1977. 鮮魚の品質管理生鮮食品の強化技術, pp. 222, 日本コンサルタントグループ.
- Yamada, K. and K. Amano. 1965-a. Studies on the biological formation of formaldehyde and dimethylamine in fish and shellfish-V. On the enzymatic fo1rmation in the pyloric caeca of Alaska pollack. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 31(1). 60-64.
- and ———. 1965-b. Studies on the biological for mation of formaldehyde and dimethylamine in fish and shellfish -VI. Effect of methylene blue on the enzymatic formation of formaldehyde and dimethylamine from trimethylamine oxide. Bull. Jap Soc. Sci. Fish. 31, 1030-1037.
- Yamada, K., K. Harada and K. Amano. 1969. Biological formation of formaldehyde and dimethylamine in fish and shellfish-VIII.

- Requirement of cofactor in the enzyme system. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 35(2), 227-231.
- 山形誠. 1974. 魚肉トリメチルアミンオキシド, トリメチルアミンの微量擴散法による定量. 水産生物學・食品學實驗書 281-286. 恒星社厚生閣東京.
- 任昌國・尹明熙. 1973. 食品中の nitrosamine에 관한 研究. I. 일상식품의 제2급아민과 아질산염의 분포. 韓食科誌 5. 169-173.