

근섬유간 지질의 산패에 관한 비교연구

양 융 · 이형석

연세대학교 식품공학과

Comparison of Intramuscular Lipid Oxidation in Porcine Muscle

Ryung Yang and Hyeong-Seok Lee

Department of Food Engineering, Yonsei University

Abstract

Intramuscular lipid of longissimus dorsi muscle(white muscle), soleus muscle(red muscle)and cardiac muscle were autooxidized at 37°C for 20 days, and the rancidity development and the effect of various factors on rancidity development were compared. Although the myoglobin content of red muscle was about 5 times as high as that of white muscle, the degree of autooxidation occurred in intramuscular lipid did not differ between red muscle and white muscle, when they had the same lipid content. Accordingly, it was suggested that the susceptibility of muscle tissues to lipid oxidation depends mainly on the lipid content of muscle tissue, regardless of muscle types. Lipid oxidation was not a major quality deterioration for dried-pork product, when it contained adequate amount of sodium nitrite and was air-tight vacuum-packed.

Key words : red muscle and white muscle, intramuscular lipid, lipid oxidation, porcine muscle

서 론

육제품의 제조, 저장 및 유통과정에서 일어나는 품질 변화 중 주요문제점 중의 하나는 지방의 산패에 의한 품질저하 현상이며, 동물 지질이 산패과정을 거치게 되면 말론다이알데하이드(MDA) 등 카르보닐 화합물이 다수 생성되는 것으로 알려져 있다¹⁻⁵⁾. 그런데 이들 카르보닐 화합물들, 특히 말론다이알데하이드는 돌연변이 유발물질의 하나이며, 심장 질환 및 암 등을 초래한다고 발표되고 있어 지대한 관심을 모으고 있다⁶⁻⁸⁾.

이러한 산화적 변패(oxidative rancidity)는 고온처리나 효소 등의 촉진작용 없이도 쉽게 일어나는데, 불포화지방산이 일단 반응성이 큰 자유 라디칼로 분해되면, Fig. 1과 같이 산소를 흡수하여 근접 지방산과 연쇄반응을 일으켜 각종 하이드로페록사이드를 형성시키며, 이 물질은 다시 말론알데하이드와 같이 카르보닐기를 가진 최종 과산화물로 분해되어 중합체를 형성하거나, 단백질, 비타민 및 색소 등의 인접물질과 반응하는 것으로 알려져 있다^(10,11).

포유동물의 골격근은 존재하는 근섬유의 type에 따라 white muscle 과 red muscle로 분류되고, 혈류량, 글리코겐의 함량, 미오글로빈(Mb)의 함량 및 각종 효소의 분포와 활성 등 생리, 생화학적 측면에서 많은 차이점이 보고되고 있다^(12,13). 또한 red muscle과 white muscle은

지방함량에 차이가 있을 뿐만 아니라 지질대사 속도에 있어서도 차이가 있는 것으로 알려지고 있다^{14,15)}. 그런데, 육제품의 지방의 산화속도에 대한 이제까지의 연구들은 동물의 종류에 따른 차이나 특정 부위의 근육 재료에 대한 비교연구가 대부분으로¹⁶⁻²⁰⁾, white muscle 과 red muscle간의 특성과 관련하여 분석한 연구는 거의 없다.

한편 지방 산화속도에 영향을 미치는 인자로서 지방산 조성, 금속성 촉매제, 산소분압, 온도 및 광선 등이 연구되고 있다²¹⁾. 특히 근육에 존재하는 미오글로빈은 그 존재 형태에 따라 자유 라디칼의 형성을 촉매함으로써 지방산화를 가속화 시킨다고 알려져 있다²²⁻²⁴⁾. Lie 등⁽²⁵⁾은 미오글로빈에 의한 산화촉매 기능은 신선육에서 두드러진다고 하였고, Green 등⁽²⁶⁾은 가열 등에 의하여 미오글로빈이 변성되면 철이온과 불포화 지방산이 쉽게 반응하는데, non-heme iron과는 달리 산화형(Fe³⁺)일 때 보다 강력한 산화 촉매작용을 한다고 하였다. 한편 Yoon 등⁽²⁷⁾은 미오글로빈을 첨가하였을 때 트리글리세리드 분자중의 안정성은 분자중의 이중결합 수가 같은 경우는 구성지방산의 불포화도가 낮을수록 높았다고 보고하였는데, 이들에 대한 반응기작이 정확히 알려져 있지 않다.

염지공정(curing process)에 사용되는 아질산염(nitrite)의 산화억제효과도 미오글로빈과 관련된 것으로 알려져 있다. 즉, 아질산염은 미오글로빈을 산화적으로 안정한 니트로소 미오글로빈으로 변화시키고 아질산염에서 환원된 nitric oxide가 효과적인 자유 라디칼의 수용체로

Corresponding author : Ryung Yang, Department of Food Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

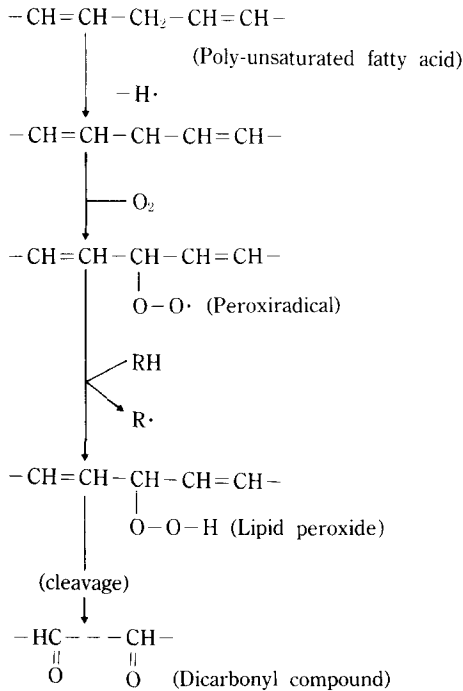


Fig. 1. Scheme for autoxidation of lipid⁽⁹⁾

작용하여 지방산화를 억제시킨다고 하였다^(28, 30). 그러나, MacDonald 등^(31,32)은 아질산염은 저농도에서 Fe²⁺ 또는 Fe²⁺-EDTA 등과 공존시 지질 산화속도를 현저하게 감소시켜 산화 억제제로서 적합하나, 고농도(25 mg/kg meat)에서는 pro-oxidant의 작용을 나타냈다고 하였다.

반면, 식염(NaCl)은 산화를 촉진시키는 작용을 갖고 있는 것으로 알려져 있다^(33, 35). Huffman 등⁽³⁶⁾은 육제품의 저장시간에 따른 TBA 값의 증가속도가 식염의 첨가 농도에 비례한다고 보고하였다. 이러한 작용에 대하여 Chu 등⁽³⁷⁾과 Rhee 등⁽³⁸⁾은 anion(Cl⁻)이 미오글로빈을 메트 미오글로빈(met-Mb)으로 산화되는 반응을 촉진하기 때문에 지방산화가 가속화되는 것이라고 추측하였다.

본 연구에서는 white muscle, red muscle 및 cardiac muscle 사이에 지질 산패속도에 차이가 있는지 여부를 검정하고 지질 산패속도에 대한 영향인자들, 특히 미오글로빈, 아질산염 및 식염의 첨가 효과를 정량적으로 비교하였다.

또한 실제의 시판 건조육제품의 지방 산패도를 경시적으로 측정함으로써 지방산패가 건조육제품의 품질저하를 주도하는지 여부를 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

재료

도살 직후의 돼지근육에서 longissimus dorsi muscle

Chopped muscle (10 g)

homogenize with 50 ml of D.W. in blender for 2 min.

Homogenate

transfer to Kjeldahl flask using 47.5 ml of additional water for washing and add 2.5 ml of HCl (2:1) solution to adjust pH 1.5

Homogenate in Kjeldahl flask

after adding small amount of dow Anti-Foam and several beads to prevent bumping, heat the flask on temp. and collect 50 ml of distillate for about 10 min.

Distillate

mixing 5 ml of distillate with 5 ml of 0.02 M TBA reagent

TBA-distillate Complex

immerse in boiling water for exactly 35 min. and cooling in tap water for 10 min.

(O.D) 532 measurement

Fig. 2. Procedure for TBA test

을 white muscle로 soleus muscle을 red muscle로 선택하여 심장근과 함께 실험 재료로 하였다. 건조 육제품의 경우에는 시판 돈육건조품(pork jerky)을 제조일 자별로 구입하여 실험재료로 하였다.

2-thiobarbituric acid(TBA)와 2,4-dinitrophenyl hydrazine 등의 주요 시약들은 Sigma 社로부터 구입하였고 그 밖의 시약들도 모두 특급 시약으로 사용하였다.

시료의 조제 및 저장조건

도살 직후의 근육으로부터 근상막 및 근주막 부위의 지방질을 제거하고 chopping 한 후, 부패에 의한 영향을 방지하기 위하여 10 mM sodium azide 및 100 ppm의 chloramphenicol sodium succinate 등 미생물 생육 억제제를 첨가하여 37°C의 incubator에 저장하였다.

근육 type에 따른 지방산패도 측정

세가지 type의 저장육을 2~3일 간격으로 하여 다음과 같이 TBA test와 total carbonyl value를 측정하였다.

TBA test는 Fig. 2와 같이 Tarladgis 등⁽³⁹⁾의 방법으로 측정하였다. 다만 아질산염으로 처리한 근육의 경우 아질산염은 distillation step에서 MDA와 반응하여 TBA 값을 저하시키는 oxime을 형성하므로⁽⁴⁰⁾, oxime에 의한 반응을 방지하기 위하여 sulfanilamide를 homogenizing step에서 첨가하여 수행하였다. TBA value는(O.D.)₅₃₂ 값에 계수 7.8⁽³⁹⁾을 곱하여 'mg MDA/kg meat'로 나타내었다.

Chopped muscle (10 g)	blend with 4 ml of D.W at low speed for 15 sec.
Homogenate	transfer to stoppered 250 ml flask and rinse with 50 ml of 2,4 - DNP. hydrazine shake vigorously until homogeneous dispersion are formed
Homogenate - Hydrazine mixture	stand for 2 hr. until forming of total carbonyl DNP-hydrazone and extract DNP-hydrazone with 100 ml of n - Hexane
Extracted DNP - hydrazone solution	
(O.D.) 345 Measurement	

Fig. 3. Procedure for Total carbonyl value analysis

Total carbonyl 값은 Fig. 3과 같이 Lawrence의 방법⁽⁴¹⁾을 수정한 Keller 등의 방법⁽⁴²⁾으로 측정하였다. 단위 환산은(O.D.)₃₄₅ 값에 흡광계수인 22,500⁽⁴¹⁾을 이용하여 hydrazone($M \times 10^{-6}$) 농도로 나타내었다.

총 지방질의 추출 및 정량

실험 재료에 20배의 chloroform : methanol(2:1, v/v)을 용매로 하여 sample-solvent mixture를 homogenizing한 후 separating funnel에서 하룻밤 방치하여 분리된 chloroform층을 회수하는 Folch 등의 방법⁽⁴³⁾에 따라 정량하였다.

미오글로빈의 추출 및 정량

시료를 약 4배양의 증류수에서 균질화시킨 후 여과 및 2000×G로 원심분리하고 상등층을 회수하여 cyanmet-미오글로빈으로 전환시킨 다음(O.D.)₅₄₀으로 미오글로빈의 양을 측정하는 Rickansrud 등의 방법⁽⁴⁴⁾으로 정량하였다. 미오글로빈의 정량을 위해 분자량은 17,000⁽⁴⁴⁾으로 하였고 흡광계수 11.3⁽⁴⁵⁾을 사용하였다.

결과 및 고찰

근육 type에 따른 지질 산패속도 비교

37°C에서 근육지질의 산패를 촉진시켰을 때 근육 type에 따른 산패속도를 비교한 결과는 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다.

TBA 값과 총 카르보닐 값은 저장 6일째부터 현저하게

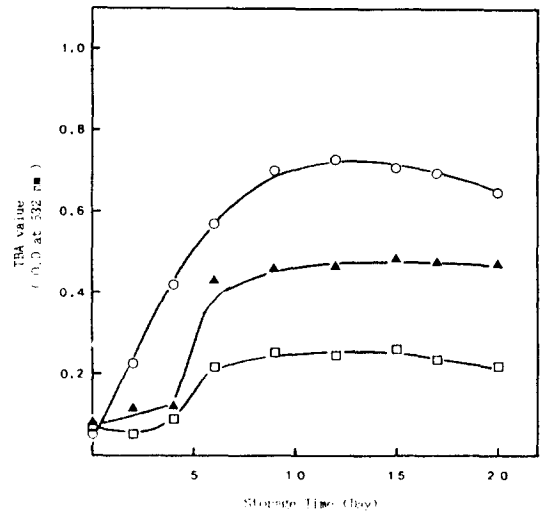


Fig. 4. Comparison of lipid oxidation of uncured porcine muscle stored at 37°C

○—○ ; longissimus dorsi muscle(white), ▲—▲ ; soleus muscle(red), □—□ ; cardiac muscle(red)

증가하기 시작하여 10일~15일 후에 최고치에 도달하고 있다. 저장 15일 후에는 감소하는 경향을 보이고 있는데 (Fig. 5), Kwon 등⁽⁴⁶⁾은 T.B.A.-반응물질인 말론알데하이드가 식품중에 존재하는 아미노산, 단백질, 글리코젠 등과의 반응성을 갖고 있다고 하였으며, Buttke⁽⁴⁷⁾는 말론알데하이드가 근섬유 단백질인 미오신의 ε-amino group과 결합, 단백질 수식제로 작용하므로 말론알데하이드의 정량적 추출성이 다소 떨어진다고 보고한 바 있다.

EI-Saleh 등⁽⁴⁸⁾도 MDA 등의 다아카르보닐 화합물은 유력한 단백질 수식제라고 하였고, Yang 등⁽⁴⁹⁾도 다아카르보닐 화합물이 단백질의 라이신 잔기와 알지닌 잔기를 수식하였다고 보고하고 있다. 따라서 저장 15일 후의 측정치의 감소현상은 카르보닐 화합물의 휘발에 의한 감소와 다른 반응물질과의 반응에 의한 추출성 감소가 원인이 될 수 있다고 생각되었다.

한편, 근육 type간의 산패속도는 white muscle > red muscle > cardiac muscle의 순서로 나타났는데, pro-oxidant인 미오글로빈의 함량이 높은 red muscle의 지질 산패속도가 white muscle보다 낮게 나타난 결과는 예상 밖이었다. 이와 관련하여 각 근육의 지질 함량과 미오글로빈의 함량을 비교하였다(Table 1과 Table 2).

Table 1은 근육 type에 따른 총 지방질 함량을 나타낸 것으로 white muscle은 red muscle보다 1.5배 이상 높은 함량을 보이고 있다. 이 결과는 돼지근육의 경우 소, 닭과는 달리 white muscle의 함량이 red muscle보다 높다는 Wilson 등⁽⁵⁰⁾의 결과와 일치하였다. 또한 Yang 등⁽¹⁵⁾도 쇠고기나 닭고기의 경우에는 red muscle의 지질

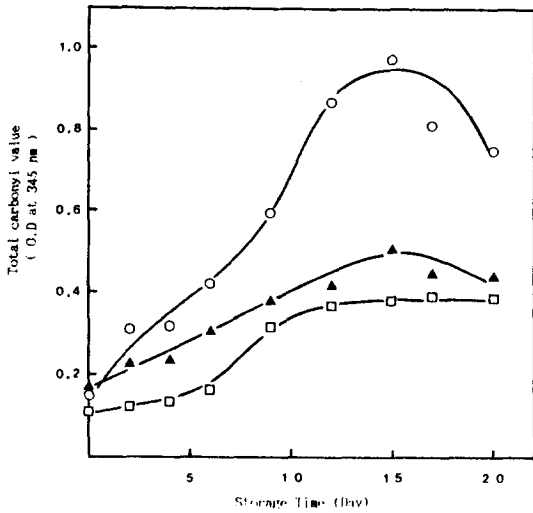


Fig. 5. Comparison of lipid oxidation of uncured porcine muscle stored at 37°C

○-○ ; longissimus dorsi muscle(white), ▲-▲ ; soleus muscle(red), □-□ ; cardiac muscle(red)

함량이 높으나 돼지고기의 경우에는 white muscle의 지질 함량이 높다고 하였다.

Table 3과 Table 4는 지질 산패 생성물의 양을 lipid basid(=1%/wet muscle tissue)로 환산하여 나타낸 것으로 지질 함량이 1%일 때의 산패량은 red muscle과 white muscle 사이에 차이가 없었다. 이러한 결과는 돼지근육의 경우 TBA 값은 지질함량에 따라 다르다는 Wilson 등⁽⁵⁰⁾의 보고와도 일치하고 있는데, red muscle과 white muscle은 불포화 지방산의 함량과 분포에 차이가 있으며⁽¹⁵⁾, 미오글로빈의 함량에도 차이가 있는 점을 고려할 때 주목할 만하다고 평가되었다.

한편, 심장근의 경우 지질함량에 비하여 산패도가 두 type의 골격근 보다 1.5배나 높은 값을 보였는데 이 결과는 지질 성분 중 인지질과 같은 극성지질이 다른 지질에 비해 산화가 쉽게 진행된다는 여러 보고^(51,52)로 미루어 볼 때 심장근의 경우 인지질이 주 성분인 생체막지질(membraneous lipid)이 총지질에 대하여 높은 비율로 존재하기 때문으로 해석되었다.

Longissimus dorsi근(white)과 soleus근(red)의 산패량은 전적으로 지질함량에 의해서만 지배되므로(Table 3과 Table 4), 두 근육에 있어서의 지질 산패에 미치는 미오글로빈의 촉진효과를 비교하였다.

미오글로빈의 함량은 각각 0.34, 1.01, 1.16(mg/g)으로 red muscle이 white muscle보다 3배정도 높게 나타나고 있는데, 에너지생산 대사계가 근섬유 type에 따라 차이가 있다는 보고들^(45,53)과 상응하고 있다.

각 근육 type의 지질함량에 대한 myoglobin의 함량비는 white muscle, red muscle의 경우 각각 1.10, 5.29

Table 1. Content of total lipid in porcine muscle^{a)}

	white	red	cardiac
Total Lipid (% wet muscle tissue)	3.10±0.12	1.91±0.24	0.79±0.21

^{a)}Data presented as means±standard deviation ; each samples experimented three times.

Table 2. Concentration of myoglobin in porcine muscle^{a)}

	white	red	cardiac
Myoglobin (mg/g wet tissue)	0.34±0.09	1.01±0.23	1.16±0.28

^{a)}Data presented as means±standard deviation ; each samples experimented three times.

(%)였고 심장근의 경우 헤모글로빈을 포함하여 14.68 (%)의 값을 나타내었으므로, 근육에서 추출한 근섬유간 지질에 대하여 1% 및 5%의 미오글로빈을 첨가하여 무첨가 시료와 미오글로빈의 산패촉진효과를 비교하였다.

Fig. 6과 Fig. 7에 나타난 바와같이 미오글로빈은 지질의 산패속도를 현저하게 촉진시켰다. 이 결과는 대두유의 트리글리세리드를 저장하였을 때 5 ppm의 미오글로빈 첨가로 POV를 유도기 없이 현저하게 증가시켰다는 Yoon 등의 결과⁽²⁷⁾와 같이 미오글로빈의 높은 산패촉진효과를 갖고 있음을 나타내고 있다. 그러나 지질함량에 대하여 미오글로빈의 첨가량이 1%와 5% 사이에는 산패촉진효과에 차이가 없었다(Fig. 6과 Fig. 7).

Liwis 등⁽⁵⁵⁾과 Kunsman 등⁽⁵⁶⁾은 햄 화합물의 산화촉진작용은 불포화지방산에 비해 상대적으로 낮은 비율로 존재할 때 뚜렷하였고 반면 높은 비율로 존재할 경우에는 지방산화를 촉진하기보다는 오히려 억제한다고 하였으며, Lie 등⁽⁵⁷⁾ 미오글로빈이 리놀레인산의 산화를 가속화할 수 있는 한계점은 미오글로빈 : 리놀레인산의 몰비율이 1 : 250일 때라고 하였다.

이상의 결과로부터 white muscle과 red muscle에 있어서 미오글로빈의 함량 차이에 의한 지질 산패속도에는 차이가 없으며 근육에 있어서의 지질산패속도는 근육 type에 관계없이 지질 함량에 의하면만 지배받는 것으로 판단되었다.

육제품의 첨가물의 지질 산패에 대한 영향 비교

대표적인 육가공품인 햄, 베이컨, 소세지 등을 제조할 때에는 주요 부원료에 식염과 질산염이 사용되는데, 특히 아질산염은 지질 산패를 억제시키고 색깔을 고정시키며 풍미를 좋게하는 동시에 식중독성 미생물의 번식을 막기위하여 오랫동안 사용되어 왔다.

Ellis 등⁽⁴³⁾은 식염이 항산화제나 금속 제거제(chelator) 등이 존재함에도 불구하고 미오글로빈의 햄(heme)

Table 3. Changes in TBA value(mg MDA/kg meat) of 1% intramuscular lipid during stotage at 37C^{a)}

Storage time	Muscle type		
	white	red	cardiac
0	0.14+0.06	0.24+0.11	0.59+0.20
4	1.06+0.11	0.46+0.13	0.86+0.53
9	1.79+0.38	1.76+0.47	2.59+0.09
15	1.74+0.57	1.87+0.63	2.64+0.03
20	1.63+0.57	1.72+0.59	2.36+0.48

^{a)}Data presented as means+standard deviation ; each samples experimented three times.

Table 4. Changes in total carbonyl value(M×10⁻⁶) of 1% intramuscular lipid during stotage at 37C^{a)}

Storage time	Muscle type		
	white	red	cardiac
0	2.13±1.01	3.56±0.98	6.00±3.66
4	4.27±1.64	6.27±1.78	7.91±3.43
9	7.29±2.04	7.78±0.87	17.64±0.90
15	14.04±2.15	10.89±0.82	21.07±1.01
20	10.93±2.28	9.38±3.96	21.38±2.99

^{a)}Data presented as means±standard deviation ; each samples experimented three times.

의 산화 촉진작용을 가속화 시켰다고 하였고, Chu 등⁽³⁷⁾도 식염은 미오글로빈의 산화를 촉진시켜 메트 미오글로빈의 형성을 가속화시킨다고 하였다. 한편 아질산염의 지질산패 억제효과도 미오글로빈의 헴구조와 관련되어 있다.

그런데 아질산염은 지질 산패억제효과에 있어서 동물 근육의 종류와 근육 type에 따라 차이가 있다는 연구 결과도 발표되고 있다. Möhler 등⁽³⁸⁾은 쇠고기 보다 돼지고기가 아질산염과의 반응성이 크고 같은 색깔의 고기보다 담색의 고기가 아질산염과의 반응성이 크다고 하였다.

Red muscle과 white muscle의 아질산염에 의한 지질 산패속도에 대한 영향에 관한 연구는 적으나, Lee 등⁽⁵⁹⁾은 red muscle보다 white muscle이 첨가된 아질산염의 잔존량이 적다고 하였다.

지질산패량은 미오글로빈의 함량차이와 관계없이 지방함량에 의하여서만 의존되므로(Table 3과 Table 4), red muscle과 white muscle의 지질산패에 대한 아질산염의 억제효과를 비교하였다.

Fig. 8 및 Fig.9에 나타난 바와같이, 아질산염은 근육 지질의 산패를 효과적으로 억제하였다. 첨가되지 않은 경우에 지질 산패량이 유도기 없이 증가되는데 비하여 아질산염이 첨가되면 현저하게 억제되었다. 특히, 37C에

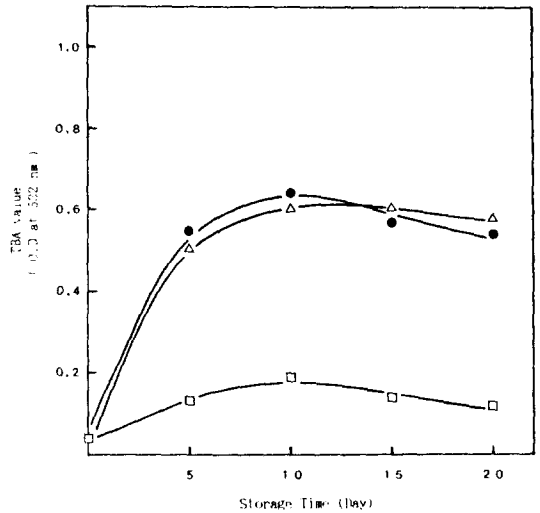


Fig. 6. Effect of myoglobin on lipid oxidation
□—□ : control, ▲—▲ : 1% myoglobin, △—△ : 5% myoglobin

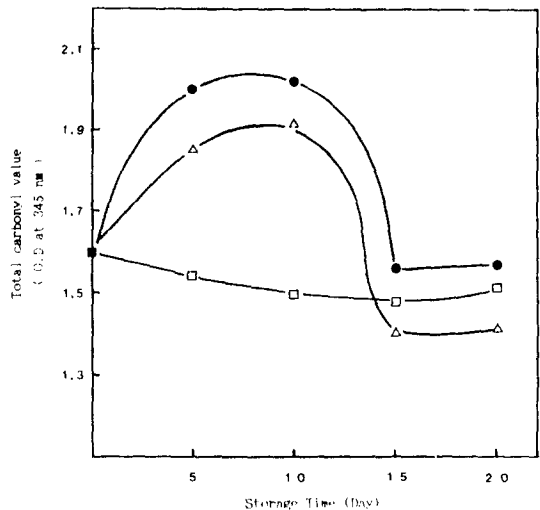


Fig. 7. Effect of myoglobin on lipid oxidation
□—□ : control, ▲—▲ : 1% myoglobin, △—△ : 5% myoglobin

서 지질산패를 촉진시키고 있는 실험 조건임에도 불구하고 저장 10일까지 TBA값 및 총 카르보닐 값이 거의 증가되지 않았다. 데이터틀 제시하지 않았으나 red muscle과 cardiac muscle의 경우에도 유사한 결과를 얻었다.

그런데 최근 아질산염의 부작용에 의한 식품위생상의 문제점이 많이 논의되고 있다. 지나친 첨가량은 순환기 장애(methemoglobinemia)를 일으키기 쉽고⁽⁶⁰⁾, 니트로소아민의 발암성이 강조되고 있다⁽⁶¹⁾. 따라서, 보다

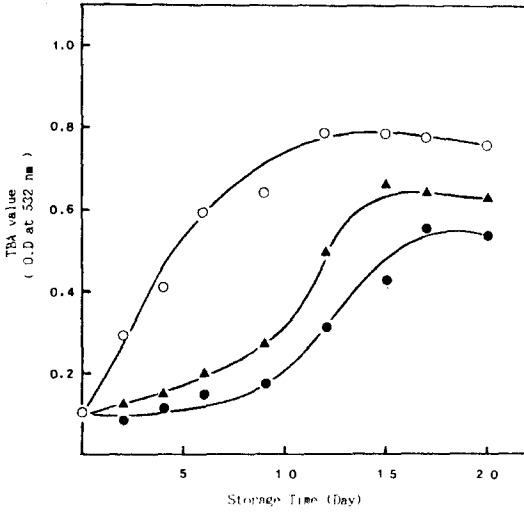


Fig. 8. Effect of myoglobin on lipid oxidation
 ○—○: control, ▲—▲: 100 ppm nitrite, ●—●: 200 ppm nitrite

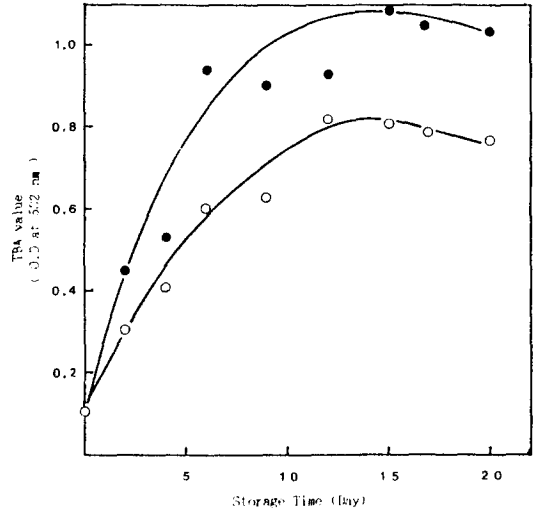


Fig. 10. Effect of sodium chloride lipid oxidation of white muscle
 ○—○: control, ●—●: 3% sodium chloride

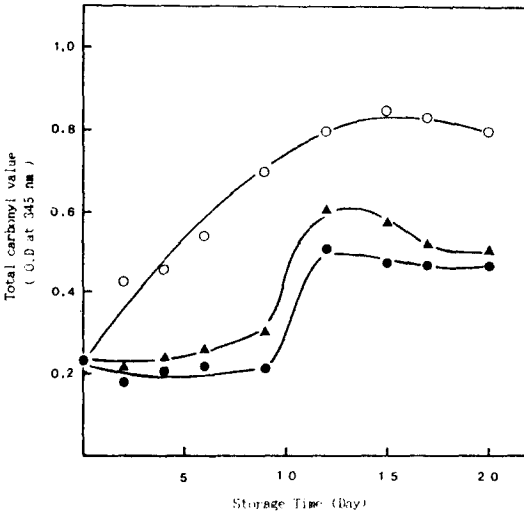


Fig. 9. Effect of myoglobin on lipid oxidation
 ○—○: control, ▲—▲: 100 ppm nitrite, ●—●: 200 ppm nitrite

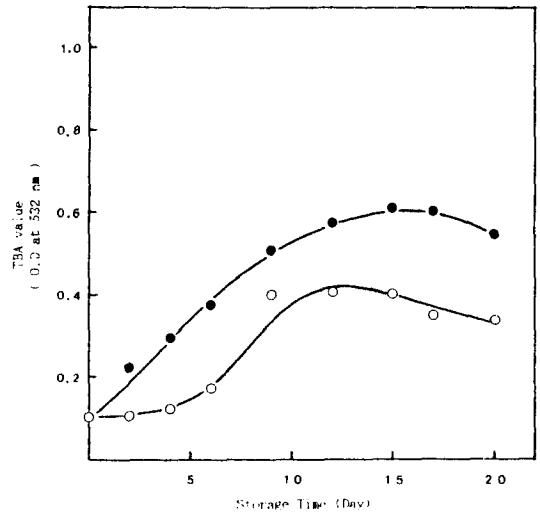


Fig. 11. Effect of sodium chloride lipid oxidation of white muscle
 ○—○: control, ●—●: 3% sodium chloride

적은 첨가량으로 아질산염의 품질 향상효과를 기하는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

Fig. 8 및 Fig. 9의 결과는 지질산패 억제효과에 관한 아질산염 첨가량 100 ppm으로도 충분하다는 것을 보여주었으며, Ivey 등⁽⁶²⁾의 결과와 상응하여 솔빈산염(sorbate)과 병용하면 육제품의 저장성을 크게 향상시킬 수 있다고 보았다.

한편, 식염은 근육의 지질 산패량을 크게 증대시켰다(Fig. 10, 11, 12 및 13). 그런데, 식염의 산화 촉진작용

기작은 정확히 알려져 있지 않으나 Chu 등⁽³⁷⁾과 Wallace 등⁽⁶³⁾은 식염이 미오글로빈의 헴 구조에 대하여 음이온에 의한 자동산화 기작(anion-promoted autooxidation process)을 일으키는 것으로 추측하고 있다.

여기서, 아질산염의 산화 억제효과와 식염의 산화 촉진효과가 미오글로빈의 헴 구조를 중개하여 나타나는 현상이라고 가정하였을 경우, 양자가 공존할 때 육제품의 품질향상 내지는 저장성에 어떠한 영향을 나타내는지 화학 양론적 검토가 필요하다고 생각되었다.

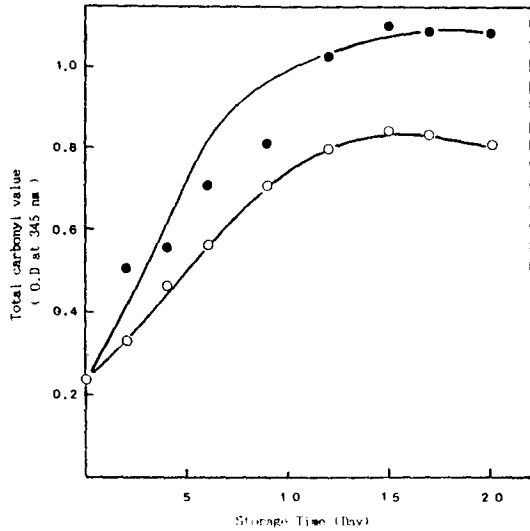


Fig. 12. Effect of sodium chloride lipid oxidation of white muscle

○—○ ; control, ●—● ; 3% sodium chloride

아질산염의 영향에 대하여서는 Reith 등⁽⁶⁴⁾이 미오글로빈 몰당 아질산염 5몰이 니트로소미오글로빈 형성의 최적 비율이라고 보고한 바 있으나, 공존 관계 있어서의 양론적 검토는 아직없다. 그러나 촉진인자와 억제인자 공존상태에 있어서의 양론적 검토는 방대한 모델 시스템의 구성과 점검이 필요하므로 본 연구에서는 실제의 시판 건조 육제품의 저장성을 경시 측정함으로써 종합적으로 품질 저하에 있어서의 지질 산패의 상대적 비중을 평가하였다.

건조 육제품의 저장성 분석

근섬유간 지질의 산패속도는 지질함량에 크게 의존하며(Fig. 4와 5, Table 3과 4), 미오글로빈은 지질 산패량을 크게 증가시켰다. 그러나, 미오글로빈의 함량 차이에 의한 지질 산패량의 차이는 관찰되지 않았으며(Table 1, 2, 3 및 4), 따라서 white muscle과 red muscle사이에서 지질산패량의 차이는 거의 없었다. 한편, 아질산염의 산패 억제효과와 식염의 산패 촉진효과는 미오글로빈의 햄 구조를 중개하여 나타나는 것으로 추정되고 있다.^(28-30, 37, 62-65)

따라서, 식염과 아질산염의 공존상태에서의 실제의 지질 산패에 대한 양론적 검토가 필요할 것으로 생각되었다. 그러나, 촉진인자와 억제인자의 공존 상태의 양론적 검토는 방대한 모델 시스템의 구성과 점검이 필요하므로 본 연구에서는 실제의 시판 건조 육제품의 저장성을 경시적으로 비교함으로써 종합적으로 품질저하에 있어서의 지질 산패의 상대적 평가를 시행하였다.

Table 5에 나타낸 바와같이, 진공 포장된 건조 훈육제품(유통기간 60일)을 출하 1개월, 2개월 및 6개월 후에

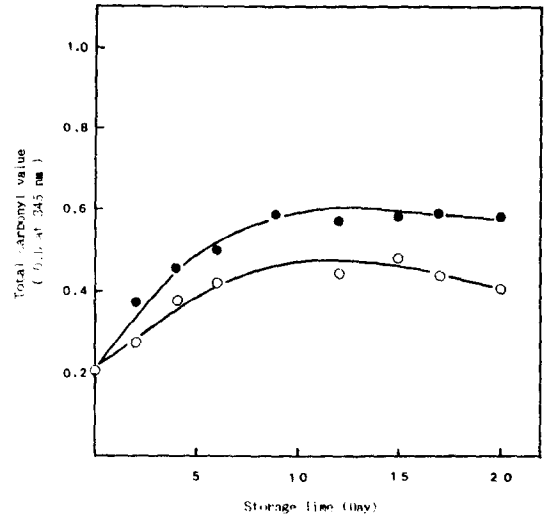


Fig. 13. Effect of sodium chloride on lipid oxidation of red muscle

○—○ ; control, ●—● ; 3% sodium chloride

Table 5. Comparison of the degree of lipid oxidation in meat products(pork jerky) during storage at room temp^{a)}

Storage time (month)	TBA value (mg MDA/kg sample)	Total carbonyl value (M×10 ⁻⁶)
1	1.33+0.02	12.98+2.92
2	1.48+0.14	13.62+2.84
6	1.38+0.12	12.60+3.32

^{a)}Data presented as means+standard deviation ; each samples experimented two times.

지질 산패량을 경시 측정된 결과, TBA값 및 총 카르보닐 값은 6개월 동안 변화가 없었다. 이 결과는 진공 포장된 건조 육제품에 있어서는 지질 산패현상은 품질저하의 요인이 되지 않음을 나타내고 있다. 다만, 저장기간이 길어질수록 변색은 현저하게 나타나는 것이 관찰되었다.

이상의 결과로부터 실제 공정상의 식염 및 아질산염 첨가수준에서는 진공 포장된 건조 육제품의 경우, 지질 산패량은 품질저하의 주요 요인이 되지 않는 것으로 평가되었다.

요 약

골격근의 longissimus dorsi근(white muscle) 및 soleus근(red muscle)과 심장근(cardiac muscle)의 근섬유간 지질의 산패량과 각종 영향인자의 첨가효과를 비교하였다. 얻어진 결과는 다음과 같다. 지질의 산패량은 white muscle>red muscle>cardiac muscle의 순이었

으나, 지질함량으로 보정된 산패량에는 white muscle과 red muscle 사이에 차이가 없으며, 따라서 지질 산패량은 근육의 지질함량에만 지배받는 것으로 나타났다. 미오글로빈은 근섬유의 산패에 대하여 현저한 촉진작용을 나타내었으나, 근섬유의 함량차이(white muscle 1%, red muscle 5%)에 의한 차이는 관찰되지 않았다. 산패 억제기능의 아질산염과 산패 촉진기능의 식염이 적정량 함유된 건조 육제품이 진공포장된 경우 지질 산패량은 전 유통기간에 걸쳐 품질저하의 주요원인이 되지 않았다.

감사의 말

본 연구는 건조육제품 개발을 위한 기초연구의 제2보로 미원문화재단부설 한국음식문화연구원의 90년도 연구비로 수행된 것이다. 저자들은 연구비를 지원하여 준 한국음식문화연구원에 심심한 사의를 표하는 바이다.

문 헌

1. Reineccius, G.A. : Symposium on meat flavor. Off flavor in meat and fish-A review. *J. Food. Sci.*, **44**, 12 (1979)
2. Allen, C.A. and Foegeding, E.A. : Some lipid characteristics and interactions in muscle foods-A review. *Food Technol.*, **35**, 53(1981)
3. Dawson, L.E. and Gartner, R. : Lipid oxidation in mechanically deboned poultry. *Food Technol.*, **37**(7), 112 (1983)
4. Sinnhuber, R.O. and Yu, T.C. : Characterization of the red pigment formed in the 2-thiobarbituric acid determination of oxidative rancidity. *Food Res.*, **23**, 626 (1958)
5. Koning, A.M. and Silk, M.H. : The 2-thiobarbituric acid reagent for determination of oxidative rancidity. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **40**, 165(1963)
6. Shamberger, R.J., Andreone, T.L. and Willis, C.E. : Antioxidant and cancer, 4. Initiation activity of malonaldehyde as a carcinogen. *J. Natl. Cancer Inst.*, **53**, 1771(1974)
7. Janero, D.R. and Barbara, B. : Cardiac membrane vitamin E and malondialdehyde levels in heart muscle of normotensive and spontaneously-hypertensive rats. *Lipid*, **24**, 33(1989)
8. Pearson, A.M., Gray, J.I., Wolzak, A.M. and Horenstein, N.A. : Safety implications of oxidized lipids in muscle food. *Food Technol.*, **37**(7), 121(1983)
9. Gustone, F.D. and Noriss, F.A. : *Lipids in Foods*. Pergamon Press, p.58(1982)
10. Gray, J.I. : Measurement of lipid oxidation-A review. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **55**, 539(1978)
11. Karel, M. : Symposium protein interaction in biosystem, Protein lipid interaction. *J. Food Sci.*, **38**, 756 (1973)
12. Peachy, L.D. and Huxley, A.F. : Structural identification of twitch and slow striated muscle fibers of the frog. *J. Cell Biol.*, **13**, 177(1962)
13. Beatty, C.H. and Bocek, R.M. : "Physiology and biochemistry of muscle as a food". Univ. of Wisconsin Press, Madison, **2**, 155(1970)
14. Yang, R., Shin, W.C., Oh, D.W. and Jhin, H.S. : Comparison of biochemical characteristics of myofibrillar protein from red and white muscle. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **18**, 173(1986)
15. Yang, R., Kim, K.T. and Shin, W.C. : Comparison of intramuscular fat composition of red muscle and white muscle. *Korea J. Food Sci. Technol.*, **21**, 505(1989)
16. Keshinel, A., Snyder, H.E. and Ayres, J.C. : Determination of oxidative changes in raw meats by the 2-thiobarbituric acid method. *Food Technol.*, **18**(2), 102 (1964)
17. Moerk, K.E. and Ball, H.R. : Lipid autoxidation in mechanically deboned chicken meat. *J. Food Sci.*, **39**, 876 (1974)
18. Lazarus, R.C., Deng, J.D. and Watson, C.M. : Changes in the concentration of fatty acids from the nonpolar and glyco lipids during storage of intact lamb muscle. *J. Food Sci.*, **42**, 12(1977)
19. Igene, J.O., Pearson, A.M., Dugan, L.R. and Prince, J.F. : Role of triglycerides and phospholipids on development of rancidity in model meat systems during frozen storage. *J. Food Chem.*, **5**, 263(1980)
20. Yamauchi, K., Nagai, Y. and Ohashi, T. : Quantitative relationship between alpha tocopherol and polyunsaturated and its connection to development of oxidative rancidity in porcine skeletal muscle. *Agric. Biol. Chem.*, **44**, 1061(1980)
21. Fennema, O.R. : Food chemistry 2nd ed., Marcel Dekker Inc. New York and Basel, p.176(1985)
22. Love, J.D. : The role heme iron in the oxidation of lipid in red meat. *Food Technol.*, **37**(7), 117(1983)
23. Decker, E.A. and Schanus, E.G. : Catalysis of linoleate oxidation by soluble chicken muscle protein. *J. Am. Oil Chem. Sci.*, **63**, 101(1986)
24. Decker, E.A. and Schanus, E.G. : Catalysis of linoleate oxidation by nonheme-and heme-soluble chicken muscle protein. *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 991(1986)
25. Lie, H. and Watt, B.M. : Catalysis of lipid peroxidation in meats 3. Catalysis of oxidative rancidity in meats. *J. Food Sci.*, **35**, 596(1970)
26. Green, B.E. and Prince, I.G. : Oxidative induced color and flavor changes in meats. *J. Agr. Food Chem.*, **23**, 164(1975)
27. Yoon, H.S., Kim, S.B. and Park, Y.H. : Oxidative characteristic of triglyceride molecular species in the presence of prooxidant. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**, 7(1990)
28. Watts, B.M. : Oxidative rancidity and discoloration in meat. *Adv. Food Res.*, **5**, 1(1954)
29. Fox, J.B., Jr. and Thomson, J.S. : Formation of bovine nitrosyl myoglobin, 1.pH 5.4-5.6. *Biochemistry*, **2**, 465 (1963)
30. Fox, J.B., Jr. and Nicholas, R.A. : Nitrite in meat, Effect of various compounds on loss of nitrite. *J. Agric. Food Chem.*, **22**, 302(1974)
31. MacDonald, B., Gray, J.I., Kakuda, Y. and Lee, M.L. : Role of nitrite in cured meat flavor, Chemical analysis.

- J. Food Sci.*, **45**, 889(1980)
32. MacDonald, B., Gray, J.I. and Gibbins, L.N. : Role of nitrite in cured meat flavor, Antioxidant role of nitrite. *J. Food Sci.*, **45**, 893(1980)
 33. Ellis, R., Gaddis, A.M., Currie, G.T. and Thornton, F.E. : Sodium chloride effect autoxidation of the lard component of a gel. *J. Food Sci.*, **353**, 52(1970)
 34. Schwartz, W.C. and Mandingo, R.W. : Effect of salt sodium tripolyphosphate and storage on restructured pork. *J. Food Sci.*, **41**, 1266(1970)
 35. Matlock, R.G., Terrell, R.N., Savell, J.W., Rhee, K.S. and Duston, T.R. : Factors affecting properties of raw-frozen pork sausage patties made with various NaCl/phosphate combination. *J. Food Sci.*, **49**, 1363(1984)
 36. Huffman, D.L., Ly, A.M. and Cordray, J.C. : Effect of salt concentration on quality of restructured pork chop. *J. Food Sci.*, **46**, 1563(1981)
 37. Chu, Y.H., Huffman, D.L., Trout, G.R. and Egbert, W. R. : Color and color stability of frozen restructured beef steaks, Effect of sodium chloride, tripolyphosphate, nitrogen atmosphere and processing procedure. *J. Food Sci.*, **52**, 869(1987)
 38. Rhee, K.S., Terrell, R.N., Quintanilla, M. and Vanderzant, C. : Effect of addition of chloride salts on rancidity of ground pork inoculated with a *Moxaxella* or *Lactobacillus* species. *J. Food Sci.*, **48**, 302(1983)
 39. Tarladgis, B.G., Watts, b.m., Yonathan, M.T. and Dugan, L.R. : Distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, **37**, 44(1960)
 40. Sharon, L.M. : Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. *Food Technol.* **37**(7), 105(1983)
 41. Lawrence, R.C. : Use of 2, 4-dinitrophenyl hydrazine for the estimation of micro amounts carbonyls. *Nature*, **205**, 1313(1965)
 42. Keller, J.D. and Kinsella, J. E. : Phospholipid changes and lipid oxidation during cooking and frozen storage of ground beef. *J. Food Sci.*, **38**, 1200(1973)
 43. Folch, J., Lees, M. and Sloane, G.H. : A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497(1957)
 44. Rickansrud, D.A. and Henrickson, R.L. : Total pigments and myoglobin concentration in four bovine muscles. *J. Food Sci.*, **32**, 57(1967)
 45. Drabinkin, D.L. : The distribution of the chromoproteins, hemoglobin, myoglobin, cytochrome C in the tissues of different speceis and the relationship of the total content of each chromoprotein to the body mass. *J. Biol. Chem.*, **182**, 317(1950)
 46. Kwon, T.W., Menzel, D.B. and Olcott, H.S. : Reactivity of malonaldehyde with food constituents. *J. Food Sci.*, **30**, 808(1965)
 47. Butt Kus, H. : The reaction of myosin with malonaldehyde. *J. Food Sci.*, **32**, 432(1967)
 48. El-Saleh, S.C., Thieret, R., Jhonson, P. and potter, J. D. : Modification of arginine residue by dicarbonyls. *J. Biol. Chem.*, **259**, 11014(1984)
 49. Yang, R., Shin, D.B., Shin, W.C., and Oh, S.H. : Polymerization of body protein by 3-deoxyglucosone. *Korean Biochem. J.*, **23**, 375(1990)
 50. Wilson, B.R., Pearson, A.M. and Shorland, F.B. : Effect of total lipid and phospholipids on warmed-over flavor in red and white muscle from several species as measured by thiobarbituric acid analysis. *J. Agric. Food Chem.*, **24**(1), 7(1976)
 51. Horstein, I., Crowe, P.F. and Hiner, R. : Comparison of lipids in some beef muscles. *J. Food Sci.*, **26**, 581(1967)
 52. Lea, C.H. : Symposium on food. *Lipid and Their oxidation*. P.1 Avi Publishing Co., Westport, Conn.(1962)
 53. Chipault, J.R. and Hawkins, J.M. : Lipid oxidation in freeze-dried meats. *J. Agric. Food Chem.*, **19**, 495(1971)
 54. Livingston, D. J. and Brown, W.D : The chemistry of myoglobi and its reactions. *Food Technol.*, **35**(5), 244(1981)
 55. Lewis, S.E. and Willis, E.D. : Inhibition of the autoxidation of unsaturated fatty acids by hematin protein. *Biochem. Biophys. Acta.*, **70**, 336(1963)
 56. Kunsman, J.E., Field, R.A. and Kazantzis, D. : Lipid oxidation in mechanically deboned red meat. *J. Food Sci.*, **43**, 1375(1978)
 57. Liu, H.P. and Watts, B.M. : Catalysis of lipid peroxidation in meat. 3. Catalysts of oxidative rancidity in meats. *J. Food Sci.*, **35**, 596(1970)
 58. Mohler, K. and Scheerer, C. : Bildung von pokelfarbstoff im muskelfleisch. 5. Reaktionen von nitrit mit schweinemuskel. *Z. Lebensm. Untersuch.*, **168**, 173(1979)
 59. Lee, S.H. and Cassens, R.G. : Nitrite binding sites on myoglobin. *J. Food Sci.*, **41**, 969(1976)
 60. Orten, M. and Neuhaus, W.O. : *Human Biochemistry*, 10th ed., C.V. Mosby, Toronto, London, p.485(1982)
 61. Shank, R.C. : Toxicology of N-nitroso compounds. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **31**, 361(1975)
 62. Ivey, F. J. and Robach, M.C. : Effect of sorbic acid and sodium nitrite on clostridium botulinum out-growth and toxin production in canned comminuted pork. *J. Food Sci.*, **43**, 1782(1978)
 63. Wallace, W.J., Houtchen, R.A., Maxwell, J.C. and Coughy, W.S. : Mechanism of autoxidation for hemoglobins and myoglobins. *J. Biol. Chem.*, **257**, 4966(1982)
 64. Reith, J.F. and Szakaly, M. : Formation and stability of nitric oxide myoglobin. *J. Food Sci.*, **32**, 194(1967)
 65. Rhee, K.S. : Enzymatic and nonenzymatic catalysis of lipid oxidation in muscle foods. *Food Technol.*, **42**(6), 127(1988)