

## 豚肉의 加熱處理中 亞窒酸鹽이 脂質酸化에 미치는 影響에 關한 研究

鄭 弘 均 · 金 載 勳

서울대학교 食品工學科

(1986년 4월 25일 수리)

### A Study on the Effects of Sodium Nitrite on Lipid Oxidation of Pork during Cooking

Hong-Gyun Jeong and Ze-Uook Kim

Department of Food Science and Technology, College of Agriculture  
Seoul National University, Suwon, Korea

#### Abstract

The effects of sodium nitrite on weight loss, pH, color development, color and lipid oxidation for the cooking of longissimus pork muscle were studied.

Higher cooking temperature and grinding of sample increased the extent of weight loss, but sodium nitrite lowered it. Cooking decreased pH and sodium nitrite lowered the level of decrease in pH. Sodium nitrite developed color and controlled discoloration with higher lightness.

The content of malonaldehyde was generally accelerated by cooking, but was considerably reduced at higher cooking temperature and for longer cooking time. Sodium nitrite acted as an antioxidant but the antioxidant effect decreased with increasing cooking temperature and time. Cooking reduced the extent of each lipid on the whole. Phosphatidyl choline and phosphatidyl ethanolamine were the major phospholipids of pork, and their contents decreased during cooking.

The major fatty acids in total lipids were oleic acid and palmitic acid. Those in phospholipids were linoleic acid and palmitic acid.

The high level of polyunsaturated fatty acids and essential fatty acids in phospholipids decreased during cooking. Sodium nitrite had an antioxidant effect on polyunsaturated fatty acids in both total lipids and phospholipids.

#### 序 論

우리나라에서 경제발전이 이루어짐에 따라 집  
차 육류의 비가 많아지고 있다.

육류를 저장하거나 가공할 때 여러가지 면에서

質의變化가 일어날 수 있는데 그 중 중요한 것  
의 하나로서 육류성분인 脂質의 변화에 의한 變  
色, 酸臭의 발생과 함께 營養素가 손실되는 것이  
다. 육류의 脂質에 관계되는 연구는 비교적 많다  
즉, Keller 등<sup>1)</sup>과 Kuchmark 등<sup>2)</sup>은 육류의 지질성  
분 중 磷脂質에는 不飽和脂肪酸의 含量이 높아 변

화에 가장 민감하다고 하였고 Younathan등<sup>39</sup>도 豚肉의 磷脂質이 中性脂質보다 훨씬 酸化에 민감하며 가열할 때 酸臭味를 낸다고 하였다.

Igene등<sup>61</sup>은 磷脂質이 鷄肉을 가열할 때 warmed-over flavor(WOF)를 일으키는 주요인자이며 triglycerides는 인지질과 반응하였을 때에만 WOF생성에 관여하며 TBA價와 官能評價사이에 상관관계가 높았다고 보고하였다. 그리고 Zipser등<sup>72</sup>은 TBA價가 過酸化物價보다 酸臭와의 상관관계가 높다고 하였다. Igene등<sup>61</sup>은 가열에 의해 myoglobin에서 떨어져나간 nonheme iron이 산화를 촉진시킨다고 하였으며 Sato등<sup>99</sup>은 가열처리육에서는 myoglobin보다 nonheme iron이 산화를 더욱 촉진시킨다고 하였는데 nonheme iron 중  $Fe^{2+}$ 이  $Fe^{3+}$ 보다 活性이 높다고 하였다. Wills<sup>211</sup>은 nonheme iron에 의한 산화촉진은 pH에 민감하여 산성일수록 더 하였으나, myoglobin은 pH에 의한 영향을 거의 받지 않았다고 하였다. Younathan등<sup>242</sup>은 육류를 가열처리할 때 myoglobin이 강력한 산화촉매제인 ferric hemochromogen으로 바뀐다고 했으며 Liu등<sup>265</sup>은 myoglobin에 의한 산화촉매는 新鮮肉에서만 볼 수 있다고 하였고 Green등<sup>422</sup>은 가열에 의해 myoglobin이 變性되어 철이온과 불포화지방산이 쉽게 반응되는데 myoglobin은 nonheme iron의 경우와 달리 철이온이  $Fe^{3+}$ 일 때 강력한 산화촉매를 한다고 하였다.

Mottram등<sup>366</sup>에 의하면 육류의 주요 風味성분은 aldehyde와 alcohol이고 豚肉은 다른 육류보다 hexanal의 함량이 현저하게 높으며 linoleic acid의 산화로 hexanal이 생성된다고 하였다.

豚肉의 주요 가공품인 햄·베이컨·소세지 등을 만들 때에는 酸敗를 억제하고 색깔을 고정시키며 풍미를 좋게하는 동시에 식중독성 미생물이 번식하는 것을 막기 위하여 아질산염을 첨가하고 있다. 아질산염을 첨가하면 여러가지 유리한 점이 많으나 발암물질인 nitrosamine이 생성되는 것이 問題點으로 되어 있어 우리나라에서는 그 잔존량을 70ppm이하로 규정하고 있다. 육류가공에서 아질산염을 첨가하는 것에 관한 연구로서 宋<sup>467</sup>은 조리되지 않은 햄, 소세지, 베이컨에서는 nitrosamine이 생성되지 않고 지질성분이 많은 베이컨을 170°C 이상으로 가열조리하였을 때 생겼다고 하였고 Igene등<sup>61</sup>은 아질산염을 156ppm 처리한 鷄肉의 TBA價가 크게 低下되고 산화가 억제되어 官能評

價에서 좋은 결과를 얻었다고 하였다.

Zipser등<sup>72</sup>은 nitrite가 myoglobin을 ferrous nitric oxide hemochromogen으로 변화시켜 iron porphyrin과 안정한 결합을 하게 하여 WOF와 산화를 억제한다고 하였으며 Sato등<sup>99</sup>은 nitrite에서 환원된 nitric oxide가 효과적인 free radical 受容體가 된다고 하였다.

Gray등<sup>142</sup>은 아질산염을 처리한 豚肉은 pentanal과 hexanal의 含量이 크게 감소되었다고 한다.

이상과 같이 육류 및 육가공품의 품질은 脂質酸化와 관계가 크며 脂質酸化는 磷脂質, 不飽和脂質酸, 肉色素, 加熱處理條件, pH 및 亞塞酸鹽 등에 의하여 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 肉類의 加工에서 첨가하는 아질산염이 脂質酸化에 미치는 영향에 대한 연구는 단편적으로 이루어졌을 뿐 脂肪酸 변화에 미치는 영향등 구체적인 연구는 별로 찾아 볼 수 없다.

따라서 本實驗에서는 豚肉 加熱 중 아질산염이 脂質酸化에 미치는 영향을 연구하였다.

## 實驗材料 및 方法

### 1. 실험재료

試料 : 본 실험에서는 1984년 2월 7일부터 5월 18일까지 당일 도살된 돼지의 등심고기(Longissimus muscle)를 수원시 축협직매장에서 구입하여 시료로 사용하였는데 그 일반성분은 Table 1과 같았다.

Table 1. Composition of pork longissimus muscle

Components	Content
Moisture	67.96%
Crude protein	16.87%
Crude fat	11.95%
Total sugar	0.83%
Ash	2.39%

試藥 : 본 실험에서 사용한 磷脂質의 標準品과 silicic acid는 Sigma chemical company (St. Louis, U.S.A.)의 제품을 사용하였고 脂肪酸의 標準品은 Polyscience corporation (Niels, U.S.A.)의 지방산 methyl ester kit를 사용하였

으며 용매 및 기타 시약은 특급시약을 使用하였다.

2. 실험방법

1) 試料의 處理 및 調製

돈육 등심의 겉표면에 있는 기름을 제거하고 plate opening을 3mm로 조절한 electric meat grinder로 두번 반복하여 잘아 잘 혼합하였다. 이것을 5부분으로 나누어 polyethylene film과 aluminium foil로 포장한 것을 -20°C의 냉동실에서 하루동안 저장하였다가 상온에서 20분간 놓아두어 녹인 다음 다음과 같이 5종류의 시료를 조제하였다. 즉 시료를 新鮮肉과 加熱處理用 고기로 나누어 加熱處理用 고기는 아질산염 100ppm을 첨가한 고기와 아질산염을 처리하지 않은 고기로 나누어 aluminium dish에 넣고 각각에 대해 mechanical convection oven(Astell Hearson, England)에서 110°C, 30분 및 170°C 15분간 가열처리한 것을 분석시료로 사용하였다.

2) 重量減少

각 시료를 가열처리한 후의 중량감소를 원래의 시료무게로 나눈 값을 백분율로 나타냈다.

3) pH

돈육 등심의 가열 및 아질산염 처리에 따른 pH 변화의 측정에는 electric meat grinder로 같은 각 시료 1g에 끊여서 식힌 증류수 4ml를 가하여 tissue grinder로 잘 혼합시킨 후에 1,109×g에서 20분간 원심 분리를 하여 얻은 여액의 pH를 pH meter(WPA, England)로 測定하였다.

4) 發色率 및 色度

발색율: Gantner법<sup>16)</sup>에 따라 heme 색소를 측정하여 발색율을 Heme 색소의 흡광도×2.5에 대한 발색색소의 흡광도의 백분율로 표시하였다.

Hunter System에 의한 색도 변화의 測定: 돈육 등심의 각 시료의 처리조건에 따른 색도 변화를 ND-101D color & color difference meter로 Hunter system의 L, a, b값을 측정하여 이로부터 Hue값 및 Chroma값을 구하였다.

5) 過酸化物質價

돈육 등심의 각 처리시료에 대한 과산화물가는 각 시료에서 추출한 總脂質을 이용하여 ICU법<sup>48)</sup>에 따라 측정하였다.

그리고 0.1N sodium thiosulfate용액의 factor는 상법<sup>49)</sup>에 따라 구하였다.

6) TBA價

돈육 등심의 각 시료에 대한 TBA價는 Tarladgis법에 따라 측정하였는데 측정된 흡광도에 7.8을 곱하여 mg malonaldehyde/kg pork를 계산하였다.

7) 總脂質 및 petroleum ether extract의 抽出 定量

總脂質의 抽出 및 定量: 總脂質은 Bligh등<sup>39)</sup>의 방법에 따라 추출한 후 Folch법<sup>41)</sup>에 따라 精製하였다. 정제한 脂質은 chloroform 5ml로 녹인 후에 질소가스를 충전한 시험관에 넣어 냉동 보관시켜 분석시료로 사용하였다.

Petroleum ether extract(PE)의 추출 및 정량: 돈육 등심의 각 시료를 anhydrous sodium sulfate탈수법<sup>48)</sup>으로 처리한 다음 soxhlet장치를 사용하여 petroleum ether로 24hr동안 추출하였다. 추출물은 원심분리하여 침전물을 분리제거하고 rotary vacuum evaporator로 진공 농축시켜 용매를 제거한 후에 Folch법<sup>41)</sup>에 따라 정제하였다.

8) Liquid column chromatography에 의한 燐脂質의 分離 및 定量

돈육 등심의 각 시료에서 추출한 總脂質을 silicic acid column chromatography(SCC)<sup>13)-15)</sup>에 의하여 中性脂質, 糖脂質, 燐脂質로 분리하였다. 각 용출회분의 용매는 vacuum rotary evaporator로 진공 농축하여 제거한 후 그 무게를 칭량하였다. 그리고 용출물에 다른 脂質成分이 혼입되어 있는가 하는 것은 thin layer chromatography(TLC)를 이용하여 확인하였다.

9) 燐脂質의 分別 및 定量

SCC를 이용하여 분리한 인지질의 구성성분은 TLC에 의하여 分別확인하였다. 즉, 20cm×20cm의 TLC plate는 silica-gel G로 0.25m의 얇은막을 입힌 다음 110°C에서 1시간동안 활성화시킨 것을 사용하였으며 燐脂質은 chloroform-acetone-methanol-aceticacid-water(130:40:20:20:5, v/v)의 전개용매를 사용하여 上昇一次元法<sup>15)</sup>에 의하여 분리하였고 molybdenum blue시약<sup>12)</sup>으로 발색시킨 다음 標準燐脂質의 R<sub>f</sub>값과 문헌상의 R<sub>f</sub>값을 비교하여 각 구성燐脂質을 同定확인하였다.

한편 燐酸基의 확인에는 Zinzadze시약<sup>12)</sup>을 쓰고 아미노基는 ninhydrin시약<sup>13)</sup>, choline基는 Dragendorff시약<sup>38)</sup>을 써서 각각 확인하였다.

標準燐脂質로는 L-α-phosphatidyl choline을

phosphatidyl choline의, L- $\alpha$ -phosphatidyl ethanolamine을 phosphatidyl ethanolamine의, L- $\alpha$ -phosphatidyl-L-serine을 phosphatidyl serine의, L- $\alpha$ -phosphatidyl-DL-glycerol을 phosphatidyl glycerol의, L- $\alpha$ -phosphatidyl inositol을 sphingomyelin을 sphingomyelin의 標準磷脂質로 사용하였다. TLC에 의하여 분리된 磷脂質成分은 Ferrand Vis-UV-2 chromatogram analyzer를 사용하여 TLC plate상의 면적을 구하고 각 磷脂質 표준품의 중량과 면적에 대한 표준곡선을 이용하여 정량하였다.

### 10) 脂質酸의 分析

추출정제한 각 시료의 總脂質 및 SCC에 의해 분리된 磷脂質의 지방산 組成은 gas liquid chromatography (GLC)에 의하여 분리정량하였다. 지방산의 methyl ester는 總脂質 및 인지질을 BF<sub>3</sub>-methanol을 이용한 Metcalfe 등<sup>37)</sup>의 方法에 따라 조제하였으며 relative retention volume 및 retention time은 기지농도의 표준지방산 ester의 peak와 각 시료의 peak를 서로 대조하여 각 지방산을 확인하였으며 각 chromatogram의 면적은 weighing method로 구한 다음, 구성 지방산의 백분율로 표시하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 重量減小

본 실험에서 사용한 돈육 등심의 가열 및 아질산염 처리에 따른 각 시료의 중량감소는 Table 2와 같이 시료의 처리상태, 가열처리조건 및 아질산염 처리여부에 따라 다르게 나타났으나 중량감소의 대부분은 수분의 증발에 따른 것으로 보인다. 그러나 tissue상태에 비하여 ground상태의 시료에서 중량감소가 많았는데 이것은 grinding함으로써 시료의 표면적이 늘어나 저급지방산 및 유리지방산들의 성분이 쉽게 휘발하는 이유도 있겠으나 주로 생체 세포막이 파괴됨에 따라 수분의 이동이 용이해져서 수분증발이 쉽게 이루어졌기 때문이라 생각된다. 그리고 110°C에서 30분간 가열처리한 시료보다 170°C에서 15분간 가열처리한 시료에서 중량감소가 많았는데 이것으로 온도가 시간보다 중량감소에 미치는 영향이 컸음을 알 수 있었다. 그리고 아질산염을 처리한 시료가 처리하지 않은 시료보다 중량감소가 적었는데 이것은

**Table 2.** Effect of nitrite on weight loss of cooked pork

Treatment of sample	Cooking temp. & time	Weight loss(%)	
		Control	Treated
Tissue	110°C, 30min	43.02	31.81
Ground	110°C, 30min	48.48	37.49
Tissue	170°C, 15min	47.91	40.01
Ground	170°C, 15min	54.65	45.99

아질산염을 첨가함에 따라 pH가 올라가 가열처리 중 육즙의 유출이 적어지고 아질산염이 저급지방산 및 유리지방산 등이 휘발되는 것을 억제할 까닭이라 생각된다.

### 2. pH

시료로 사용한 돈육 등심의 가열 및 아질산염 처리에 따른 pH의 변화는 Table 3과 같이 신선육의 pH는 6.12로 신선육의 일반적 pH범위인 5.2~6.6범위내에 있었으나 가열처리를 한 시료의 pH는 신선육의 pH보다 다소 낮았는데 이것은 Green 등<sup>42)</sup>의 연구 결과와 일치하였다. Green 등은 가열처리에 의한 pH의 저하는 metmyoglobin의 생성 및 nitric oxide의 손실을 촉진하며 육류의 변색을 초래한다고 하였다.

아질산염을 처리한 시료는 처리하지 않은 시료보다 pH가 다소 높았는데 이것은 아질산염 자체의 염기성 및 완충작용 등의 영향으로 생각된다. pH가 높을수록 nonheme iron의 활성이 낮아져 변색과 지질산화가 억제된다는 Wills의 보고<sup>21)</sup>와 관련지어 볼 때 아질산염 처리에 의한 변화는 지질산화에 어느정도 관계가 있음을 알 수 있다.

**Table 3.** Effect of nitrite on pH of cooked pork

Treatment of sample	Cooking temp. & time	pH	
		Control	Treated
Raw	—	6.12	—
Cooked	110°C, 30min	5.96	6.02
Cooked	170°C, 15min	5.88	6.01

### 3. 발색을 및 色度

본 실험에서 사용한 돈육 등심의 가열 및 아질

**Table 4.** Effect of nitrite on color development of cooked pork

Treatment of sample	Cooking temp. & time	Absorbance of total heme pigment	Absorbance of color developed pigment	Color development
Raw	—	0.405	0.030	2.96%
Cooked without NaNO <sub>2</sub>	110°C, 30min	0.350	0.045	5.14%
Cooked with NaNO <sub>2</sub>	110°C, 30min	0.390	0.150	15.38%
Cooked without NaNO <sub>2</sub>	170°C, 15min	0.330	0.075	9.09%
Cooked with NaNO <sub>2</sub>	170°C, 15min	0.345	0.225	26.09%

**Table 5.** Effect of nitrite on color of cooked pork<sup>1)</sup>

Treatment of sample	Cooking temp. & time	L (Light)	a (Red)	b (Yellow)	Hue <sup>2)</sup>	Chroma <sup>3)</sup>
Raw	—	35.9	15.2	8.2	28.3	17.3
Cooked without NaNO <sub>2</sub>	110°C, 30min	49.7	7.5	10.9	55.5	13.2
Cooked with NaNO <sub>2</sub>	110°C, 30min	52.5	9.1	10.3	48.5	13.7
Cooked without NaNO <sub>2</sub>	170°C, 15min	49.0	5.0	11.1	65.8	12.2
Cooked with NaNO <sub>2</sub>	170°C, 15min	53.7	9.0	9.6	46.8	13.2

1) Hunter system value calculated by color & color difference meter

2)  $\tan^{-1}b/a$

3)  $(a^2+b^2)^{1/2}$

산염 처리에 따른 지질산화와 관련된 발색을 및 색도의 변화를 보면 Table 4 및 Table 5와 같이 총 heme 색소의 흡광도는 가열함에 따라 줄어들었으며 그 정도는 아질산염을 처리한 시료가 적었는데 이것은 bright red색 계통의 nitric oxide myoglobin이 생성되었기 때문으로 생각된다. 한편 발색색소의 흡광도는 가열함에 따라 커졌는데 그 정도는 아질산염을 처리한 시료가 처리하지 않은 시료보다 3배이상 높았으며 발색율은 2.5배이상 높았다. 이것은 아염산염을 처리함으로써 myoglobin 등의 색소가 pink색 계통의 nitric oxide hemochromogen으로 변하였기 때문이라 생각된다.

그리고 시료를 가열함에 따라 redness 및 chroma값은 낮아졌으나 lightness, yellowness 및 hue 값은 높아졌다. 그리고 아질산염을 처리한 시료는 아질산염을 처리하지 않은 시료보다 lightness, redness 및 chroma값이 다같이 높아졌으나 yellowness와 hue 값은 낮아졌는데 이것으로 아질산염을 처리함으로써 변색을 억제하는 효과가 있음을 알 수 있었다. 돈육에 대한 Froehlich 등<sup>11)</sup>의 색도측정 결과도 아질산염을 처리하면 대체로 색도가 개선되었다고 하였으나 아질산염 100

ppm과 150ppm처리간에는 별다른 차이가 없었다고 하였다. 이상과 같이 발색율 및 색도를 측정 한 결과 아질산염은 발색율을 높이며 지질산화가 일어남에 따라 발생하는 변색을 억제하는데 효과가 있음을 알 수 있다.

**4. 過酸化物價**

시료로 사용한 돈육 등심의 가열 및 아질산염 처리에 따른 과산화물가의 변화는 Table 6과 같이 지질의 1차 산화물인 hydroperoxide의 함량은 가열처리를 한 시료가 신선육보다 현저히 높았는데 이것은 Younathan등<sup>3)</sup>과 Zipser등<sup>7)</sup>의 연구보고와 대체로 일치한다. 그러나 Younathan 등과 Zipser

**Table 6.** Effect of nitrite on peroxide value of cooked pork<sup>1)</sup>

Treatment of sample	Cooking temp. & time	Peroxide value	
		Control	Treated
Raw	—	2.25	0.93
Cooked	110°C, 30min	7.06	4.52
Cooked	170°C, 15min	10.01	4.09

1) Peroxide value as milliequiv. peroxide/kg fat

Table 7. Effect of nitrite on TBA value of cooked pork<sup>1)</sup>

Treatment of sample	Cooking temp. & time	TBA value of tissue		TBA value of ground	
		Control	Treated	Control	Treated
Raw	—	0.284	0.079	0.391	0.087
Cooked	110°C, 30min	0.436	0.164	0.630	0.233
Cooked	170°C, 15min	0.544	0.227	0.853	0.402
Cooked	170°C, 30min	0.315	0.152	0.358	0.217
Cooked	210°C, 10min	0.481	0.161	0.552	0.236
Cooked	210°C, 30min	0.113	0.092	0.096	0.074

1) TBA value as mg malonaldehyde/kg pork

등은 carbon tetrachloride로 추출한 脂質로 실험하여 과산화물가를 나타냈는데 이들 지질성분의 대부분이 triglyceride로서 총 지질로 과산화물가를 나타낸 본 실험의 결과보다 산화정도를 잘 나타내주지 못한 것 같았다. 한편 아질산염을 처리한 시료는 처리하지 않은 시료보다 hydroperoxide의 함량이 현저하게 낮아 아질산염에 의한 과산화물의 억제효과를 알 수 있었다.

5. TBA價

돈육 등심의 가열 및 아질산염 처리에 따른 지질의 산화정도를 알기 위해 TBA價의 변화를 측

정한 결과는 Table 7 및 Fig. 1, 2와 같다. 즉, 지질의 2차 산화물인 malonaldehyde(MA)는 시료를 가열처리함에 따라 대체적으로 그 함량이 높아졌으며 tissue 상태의 시료보다 ground 상태의 시료가 더 높았다. 그러나 예외적으로 210°C, 30분 처리시료와 ground 상태의 170°C, 30분 처리시료의 MA함량은 신선육의 MA함량보다 떨어졌다. 가열시간을 30분으로 고정시키고 각 처리조건에 따라 TBA價의 변화를 본 Fig. 1을 보면 110°C, 30분 처리시료의 MA함량이 가장 높았으나 그 이상 온도가 높아지면 오히려 낮아져서 210°C, 30분처리에서는 모든 시료의 MA함량이 비슷하였다. 가열처리 온도 및 시간을 달리하여 그에 따른 MA함량의 변화를 본 Fig. 2에서는

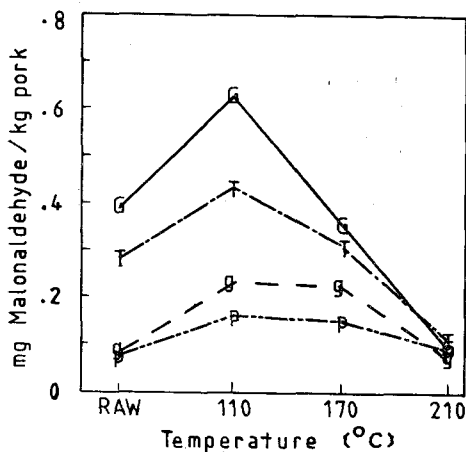


Fig. 1. Effects of nitrite & temp. on TBA value of cooked pork for 30min

- T - - - T Pork tissue without NaNO<sub>2</sub>
- p - - - p Pork tissue with NaNO<sub>2</sub>
- G ——— G Ground pork without NaNO<sub>2</sub>
- g - - - g Ground pork with NaNO<sub>2</sub>

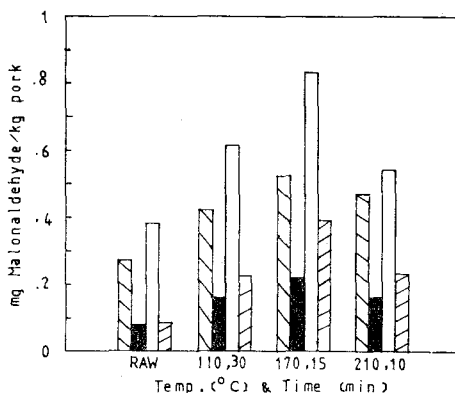


Fig. 2. Effects of nitrite temp. & time on TBA value of cooked pork

- Pork Tissue without NaNO<sub>2</sub>
- Pork Tissue with NaNO<sub>2</sub>
- ▨ Ground Pork without NaNO<sub>2</sub>
- ▧ Ground Pork with NaNO<sub>2</sub>

170°C, 15분 처리시료에서 MA함량이 가장 높아 가열처리 조건에 따른 민감한 MA함량의 변화를 알 수 있었다. 신선육에서도 아질산염을 처리하면 MA함량이 현저히 적게 나타났으며 가열처리를 한 시료에서도 아질산염을 처리한 시료가 처리하지 않은 시료보다 MA함량이 전체적으로 매우 낮아 아질산염에 의한 산화 억제효과를 알 수 있었다. 이 경우에도 170°C, 15분 처리시료의 MA함량이 가장 높았으며 예외적으로 ground 상태의 210°C, 30분 처리시료에서는 신선육보다 MA함량이 낮았다. 신선육에 비하여 일부 고온 장시간 가열처리시료의 MA함량이 낮은 것은 가열함에 따라 MA의 휘발성이 높아지고 단백질, 아미노산, 탄수화물 등과 MA의 반응이 커짐에 따라 MA의 분해가 촉진되었기 때문으로 생각되나 Zipser등<sup>33)</sup>은 가열함에 따라 단백질이 파괴되고 강한 환원성을 가진 유황화합물이 산화를 억제하고 반응생성물의 항산화력이 활성화되어 MA함량이 줄어들었다고 하였다. Ground 상태의 시료가 tissue 상태의 시료보다 MA함량이 높았던 것은 grinding으로 시료의 표면적이 늘어나고 산화에 민감한 인지질등의 극성지질이 외부로 노출된 데 기인하는 것으로 보여지며 고온 장시간 가열처리에 따른 아질산염 처리효과의 減少는 가열에 의한 아질산염의 손실로 생각되었다.

6. 總脂質 및 petroleum ether extract의 함량

돈육 등심의 가열 및 아질산염 처리에 따른 總脂質 및 PE의 함량변화는 Table 8과 같이 총지질 및 PE의 함량은 가열처리시료가 신선육보다 다같이 낮았으며 총지질의 함량이 PE보다 2~3% 정도 높았는데 이것은 petroleum ether가 비극성이므로 극성지질을 거의 추출하지 못하였기 때문이라고 생각된다. 아질산염을 처리한 시료 및 처리하지 않은 시료간의 함량차이는 거의 볼 수 없었다. 한편 가열에 따라 총지질 함량이 줄어든 결과는 Keller등<sup>12)</sup>과 Campell등<sup>8)</sup>의 보고와 일치되었다.

7. 中性脂質·糖脂質·磷脂質의 함량

근육 등심의 가열 및 아질산염 처리에 따른 중성당 인지질의 함량변화를 SCC에 의해 분리 및 정량한 결과는 Table 9와 같이 중성지질이 전체의 92~94%를 차지 했으며 시료에 대한 각 지질성분의 함량은 가열처리에 의해 줄어들었다. 그러나 아질산염을 처리한 시료와 처리를 하지 않은 시료간의 지질함량의 차이는 거의 볼 수 없었다. 지질산화에 민감한 인지질은 가열처리를 함에 따라 그 함량이 줄어들었는데 Igene등<sup>6)</sup>은 가

Table 8. Content of total lipid(TL) and PE in cooked pork

Treatment of sample	Cooking temp. & time	% of TL	% of PE
Raw	—	14.61	11.95
Cooked without NaNO <sub>2</sub>	110°C, 30min	13.97	11.28
Cooked with NaNO <sub>2</sub>	110°C, 30min	14.04	11.36
Cooked without NaNO <sub>2</sub>	170°C, 15min	14.09	11.29
Cooked with NaNO <sub>2</sub>	170°C, 15min	14.13	11.07

Table 9. Content of neutral lipids, glycolipids and phospholipids in cooked pork

Treatment of sample	Cooking temp. & time	Neutral lipids		Glycolipids		Phospholipids	
		% of TL	% of tissue	% of TL	% of tissue	% of TL	% of tissue
Raw	—	92.38	13.65	3.05	0.45	4.57	0.67
Cooked without NaNO <sub>2</sub>	110°C, 30min	92.57	13.37	3.11	0.43	4.30	0.60
Cooked with NaNO <sub>2</sub>	110°C, 30min	93.01	13.06	2.97	0.42	4.02	0.56
Cooked without NaNO <sub>2</sub>	170°C, 15min	94.02	13.25	2.61	0.37	3.37	0.48
Cooked with NaNO <sub>2</sub>	170°C, 15min	92.82	13.12	2.93	0.41	4.25	0.60

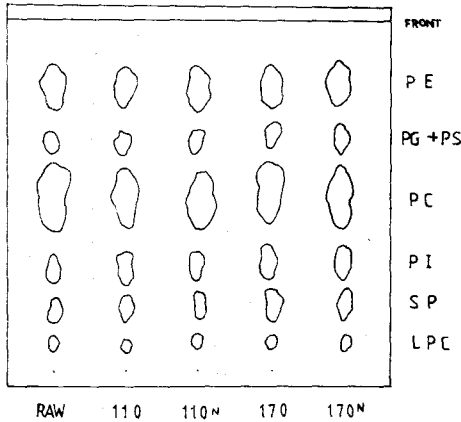


Fig. 3. Thin layer chromatogram of porcine phospholipids

110 : Cooked without NaNO<sub>2</sub>  
(110°C & 30min)

110N : Cooked with NaNO<sub>2</sub>  
(110°C & 30min)

170 : Cooked without NaNO<sub>2</sub>  
(170°C & 15min)

170N : Cooked with NaNO<sub>2</sub>  
(170°C & 15min)

PE : Phosphatidyl ethanolamine

PG : Phosphatidyl glycerol

PS : Phosphatidyl serine

PC : Phosphatidyl choline

PI : Phosphatidyl inositol

SP : Spingomyelin

LPC : Lysophosphatidyl choline

열처리를 하면 인지질의 함량이 autoxidation, hydrolytic decomposition, browning reaction 및 지질과 단백질 간의 polymerization 등에 의해 줄어든다고 하였다.

### 8. 磷脂質 구성성분의 조성 및 함량

시료에 사용한 돈육 등심에서의 가열 및 아질산염의 처리에 따른 지질산화에 민감한 인지질의 함량변화를 알기 위하여 TLC에 의하여 분리한 chromatogram은 Fig. 3과 같으며 이것을 TLC scanner에 의하여 작성한 profile곡선의 표준곡선을 이용하여 정량한 결과는 Table 10과 같이 phosphatidyl choline이 전체의 48.8~51.4%이고 phosphatidyl ethanolamine이 26~30%정도를 차지하고 있어 이 두 성분이 전체 함량의 75% 이상이 되는데 가열처리를 함에 따라 이들 성분의 함량은 줄어들었다. 그러나 lysophosphatidyl choline과 phosphatidylinositol은 가열처리를 함에 따라 그

Table 10. Effect of nitrite on composition of phospholipids in cooked pork

Phospholipid	% of	RAW	110	110N	170	170N
LPC	PL	1.5	2.6	2.2	2.8	2.5
	TL	0.07	0.11	0.09	0.09	0.11
SP	PL	5.2	5.9	5.5	5.9	6.4
	TL	0.24	0.25	0.22	0.20	0.27
PI	PL	5.7	8.2	7.9	8.1	7.9
	TL	0.26	0.35	0.32	0.27	0.34
PC	PL	51.4	49.7	48.8	49.5	49.3
	TL	2.35	2.09	1.96	1.67	2.10
PG+PS	PL	6.0	6.5	7.2	7.3	6.7
	TL	0.27	0.28	0.29	0.25	0.28
PE	PL	30.2	27.1	28.4	26.4	27.2
	TL	1.38	1.17	1.14	0.89	1.16

Abbreviations are the same as those in Fig. 3.

함량이 오히려 높아졌다. 가열처리에 따른 phosphatidyl ethanolamine함량의 감소는 Keller등<sup>1)</sup>의 연구보고와 일치하였는데 Keller 등은 그 원인을 가열에 의한 가수분해와 산화에 의한 분해로 보았다. Igene등<sup>2)</sup>은 phosphatidyl ethanolamine이 지질산화 및 WOF생성을 초래하는 주요요인이라고 한 바 있는데 본 실험에서도 인지질의 대부분을 차지하고 있는 phosphatidyl ethanolamine의 함량이 가열함에 따라 민감하게 변하는 것을 볼 수 있어 이 두 성분이 脂質酸化의 주요 요인이라고 생각된다.

### 9. 脂肪酸 조성

1) 총지질의 지방산 조성 : 돈육 등심시료의 가열 및 아질산염 처리에 따른 총지질의 지방산 조성을 알기 위하여 gas liquid chromatography로 정량한 결과는 Table 11과 같다.

즉 모든 시료에서 oleic acid가 가장 함량이 높아 전체 지방산의 45% 내외를 차지하였고 palmitic acid가 그 다음으로 조성이 높았다. 불포화지방산은 전체의 60~66%이었는데 이 가운데 이중결합이 하나인 불포화지방산의 조성이 전체 불포화지방산의 76~80%로서 가장 높았으나 이중결합이 3개 이상인 불포화지방산의 조성은 매우 낮았다. 그 중 신선육의 불포화지방산의 조성은 전체의 65.59%이었으며 가열처리를 함에 따라 줄어들었는데 특히 필수지방산을 포함한 이중결합이



**Table 11.** Effect of nitrite on fatty acid composition of total lipids

Fatty acid	Raw	110	110N	170	170N
14 : 0	1.15	1.08	1.11	1.05	1.13
14 : 1	0.22	0.23	0.27	0.19	0.21
16 : 0	22.57	26.05	23.04	26.25	23.31
16 : 1	4.30	3.31	3.49	3.78	4.01
17 : 1	0.25	0.14	0.10	0.12	0.19
18 : 0	10.69	12.30	10.43	11.04	11.12
18 : 1	45.25	43.54	47.66	44.34	47.08
18 : 2	10.33	9.36	9.14	9.38	8.85
18 : 3	4.03	2.96	3.24	2.84	2.70
20 : 4	1.58	1.03	1.52	1.01	1.40
Saturated	34.41	39.43	34.58	38.34	35.66
Unsaturated	65.59	60.57	65.43	61.66	64.34
Monoenoic	50.52	47.22	51.53	48.43	51.39
Dienoic	10.33	9.36	9.14	9.38	8.85
Polyenoic	5.24	3.99	4.76	3.85	4.10
Essential	16.24	13.35	13.90	13.23	12.95

Abbreviations are the same as those in Table 10.

**Table 12.** Effect of nitrite on fatty acid composition of phospholipid

Fatty acid	RAW	110	110N	170	170N
14 : 0	1.89	2.16	2.95	2.13	2.48
14 : 1	5.81	5.08	5.88	5.59	5.96
16 : 0	16.41	18.45	16.77	17.08	16.80
16 : 1	2.40	2.81	2.71	1.90	2.59
17 : 0	3.00	3.61	3.66	3.71	3.57
17 : 1	3.24	3.41	3.55	3.41	3.39
18 : 0	6.68	8.44	7.45	8.80	7.31
18 : 1	13.69	16.91	12.97	16.01	12.98
18 : 2	25.27	24.29	24.17	23.16	24.86
18 : 3	4.92	2.40	4.01	2.55	3.42
22 : 0	3.30	2.20	2.93	3.76	3.11
20 : 4	10.86	8.07	10.59	8.90	10.76
24 : 0	0.73	0.74	0.68	1.11	1.05
22 : 2	1.81	1.42	1.69	1.89	1.73
Saturated	32.01	35.60	34.44	36.59	34.32
Unsaturated	68.00	64.39	65.57	63.41	65.69
Monoenoic	25.14	28.21	25.11	26.91	24.92
Dienoic	27.08	25.71	25.86	25.05	26.59
Polyenoic	15.78	10.47	14.60	11.45	14.18
Essential	41.05	35.06	38.77	34.61	39.04

Abbreviations are the same as those in Table 10.

2개 이상인 불포화지방산이 현저하게 줄어들어 이들 지방산이 특히 열에 약하며 산화에 민감한 것을 알 수 있었다. 한편 아질산염을 처리한 시료는 처리하지 않은 시료보다 불포화지방산의 조성이 전체적으로 높았는데 그 중 이중결합이 1개인 불포화지방산의 조성은 신선육의 경우보다도 높았다. 그러나 이중결합이 2개인 불포화지방산 조성은 아질산염을 처리하지 않은 시료보다도 낮은 것이 특이하였다.

2) 인지질의 지방산 조성: 돈육 등심의 가열 및 아질산염 처리에 따른 인지질의 지방산 조성을 알기 위하여 gas liquid chromatography로 정량한 결과는 Table 12와 같다.

즉, 모든 시료에서 linoleic acid의 조성이 전체의 23~25%로 가장 높았으며 palmitic acid의 조성이 다음으로 높았다. 각 시료의 불포화지방산 조성은 전체의 63~68%로 총지질의 경우와 별 차이가 없었으나 불포화지방산 중 이중결합이 1개인 불포화지방산 조성이 가장 높았던 총지질과 달리 이중결합이 2개인 불포화지방산 조성이 가장 높았으며 이중결합이 3개 이상인 불포화지방산 및 펠수지방산 조성도 현저하게 높았다.

신선육의 불포화지방산 조성은 전체의 68%를 차지하였는데 그 중 펠수지방산인 linoleic acid, linolenic acid와 arachidonic acid의 함량이 특히 높았다. 가열처리한 시료의 불포화지방산 조성은 신선육에 비하여 2~5%정도 낮았으며 그 중 이중결합이 2개 이상인 불포화지방산과 펠수지방산의 조성이 특히 낮아졌다. 또한 신선육 및 아질산염을 처리한 시료는 아질산염을 처리하지 않은 시료와 달리 이중결합이 2개인 불포화지방산의 조성이 이중결합이 1개인 불포화지방산보다 높았다. 그리고 아질산염을 처리한 시료에서의 이중결합이 3개 이상인 불포화지방산과 펠수지방산의 조성이 아질산염을 처리하지 않은 시료에 비하여 특히 높았다. 따라서 돈육의 지질산화에서는 인지질의 이중결합이 2개 이상인 불포화지방산에서 주로 일어나며 아질산염은 이들 지방산의 산화를 어느정도 억제하는 것을 알 수 있었다.

### 要 約

돈육 등심의 각 가열처리조건에 따른 아질산염이 증량감소, pH, 발색율, 색도 및 지질산화에 미치는 영향을 연구한 결과 다음과 같은 결과를

얻었다.

고온에서 가열처리하든가 미세하게 간 돈육 시료는 증량감소가 컸으나 아질산염을 처리한 시료의 증량감소는 적었고 가열처리함에 따라 pH가 떨어졌는데 아질산염을 처리한 시료의 pH저하가 억제되었다. 아질산염을 처리함에 따라 발색율, lightness, redness, 및 Chroma값이 높아져서 변색이 억제되었고 가열처리를 하면 전반적으로 malonaldehyde의 함량이 높아졌으나 고온장시간의 가열처리에서는 시료의 malonaldehyde의 함량이 오히려 감소되었다. 또한 아질산염을 처리하면 과산화물 및 malonaldehyde의 함량이 줄어들어 산화방지에 효과를 나타냈는데 가열처리 온도가 높아지고 시간이 길수록 그 효과는 적었다. 돈육을 가열처리하면 각 지질성분의 함량은 대체로 낮아졌는데 인지질성분은 주로 phosphatidyl choline과 phosphatidyl ethanolamine이었으며 이들의 생성은 가열처리를 함에 따라 감소되었다. 총지질을 구성하는 주요 지방산은 oleic acid와 palmitic acid였으며 인지질을 구성하는 주요 지방산은 linoleic acid와 palmitic acid였고 인지질은 펠수지방산 및 이중결합이 2개 이상인 불포화지방산의 조성이 높았는데 이들 지방산은 가열처리함에 따라 그 조성이 감소되었으며 아질산염을 처리하면 총지질 및 인지질을 구성하는 이중결합이 2개 이상인 불포화지방산의 산화가 억제되었다.

### 參 考 文 獻

1. Keller, J.D. and Kinsella, J.E.: J. Food Sci., 38 : 1200(1973).
2. Kuchmak, M. and Dugan, L.R.: J. Am. Oil Chem. Soc., 40 : 734(1963).
3. Younathan, M.T. and Watts, B.M.: Food Res., 25 : 538(1960).
4. Turkii, P.R. and Campbell A.M.: J. Food Sci., 32 : 151(1967).
5. Newberg, D.S. and Concon, J.M.: J. Food Sci., 45 : 1681(1980).
6. Igene, J.O. and Pearson, A.M.: J. Food Sci., 44 : 1285(1979).
7. Zipser, M.W., Kwon, T. and Watts, B.M.: J. Agr. Food Chem., 12 : 105(1964).
8. Campbell, A.M. and Turkki, P.R.: J. Food Sci., 32 : 143(1967).

9. Sato, K. and Hegarty, G.R.: *J. Food Sci.*, 36 : 1098(1971).
10. Freeman, R.L., Ebert, A.G., Lytle, R.A. and Bacus, J.N.: *J. Food Sci.*, 47 : 1767 (1982).
11. Froeligh, D.A., Gullett, E.A. and Osborne, W.R.: *J. Food Sci.*, 48 : 152(1983).
12. Dittmer, J.C. and Lester, R.L.: *J. Lipid Res.*, 5 : 126(1964).
13. Skidmore, W.D. and Entenman, C.: *J. Lipid Res.*, 3 : 471(1962).
14. Gokalp, H.Y., Ockerman, H.W., Plimpton, R.F. and Peng, A.C.: *J. Food Sci.*, 46 : 19 (1981).
15. Skipski, V.S., Peterson, R.F. and Barclay, M.: *Biochem. J.*, 90 : 374(1964).
16. Tarladgis, B.G., Watts, B.M. and Younathan, M.T.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 37 : 44(1960).
17. Keskinel, A., Ayres, J.C. and Snyder, H. E.: *Food Technol.*, 18 : 223(1964).
18. Williams, J.C., Field, R.A., Miller, G.J. and Welke, R.A.: *J. Food Sci.*, 48 : 1776 (1983).
19. Love, J.D.: *Food Technol.*, 37 : 117(1983).
20. Smith, G.J. and Dunkley, W.L.: *Arch. Biochem. Biophys.*, 98 : 46(1962).
21. Wills, E.D.: *Biochem. J.*, 99 : 667(1966).
22. Watts, B.M.: *Adv. Food Res.*, 5 : 1(1954).
23. Zipser, M.W. and Watts, B.M.: *Food Technol.*, 15 : 445(1961).
24. Younathan, M.T. and Watts, B.M.: *Food Res.*, 24 : 728(1959).
25. Liu, H.: *J. Food Sci.*, 35 : 590(1970).
26. Liu, H. and Watts, B.M.: *J. Food Sci.*, 35 : 596(1970).
27. Hirsch, J. and Ahrens, E.H.: *J. Biol. Chem.*, 233 : 311(1958).
28. Cowan, J.C. and Kuhrt, N.H.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 38 : 708(1961).
29. Marinetti, G.V.: *J. Lipid Res.*, 3 : 1(1962).
30. Mangold, H.K. and Malins, D.C.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 37 : 383(1960).
31. Hornstein, I., Crowe, P.F. and Heimberg, J.M.: *J. Food Sci.*, 26 : 581(1961).
32. Kunsman, J.E. and field, R.A.: *J. Food Sci.*, 41 : 1439(1976).
33. Sinclair, A.J. and Slattey, W.J.: *J. Sci. Food Agric.*, 33 : 771(1982).
34. Lumen, B.O., Witte, V.C. and Bailey, M. E.: *J. Animal Sci.*, 39 : 309(1974).
35. Gokalp, H.Y., Ockerman, H.W., Plimpton, R.F. and Harper, W.J.: *J. Food Sci.*, 48 : 829(1983).
36. Mottram, D.S., Edwards, R.A. and Macfie, H.J.H.: *J. Sci. Food Agric.*, 33 : 771(1982).
37. Metcalfe, L.D., Schmitz, A.A. and Pelka, J.R.: *Anal. Chem.*, 38 : 514(1966).
38. Bregoff, H.M., Roberts, E. and Delwiche, C.C.: *J. Biol. Chem.*, 205 : 565(1953).
39. Bligh, E.G. and Dyer, W.J.: *Can. J. Biochem.*, 37 : 911(1959).
40. Folch, J., Leos, M. and Stanley, G.H.: *J. Biol. Chem.*, 226 : 497(1957).
41. A.O.A.C.: *Method of Analysis of the A. O.A.C.*, 13th ed., 24 : 001(1980).
42. Greene, B.E. and Price, L.G.: *J. Agr. Food Chem.*, 23 : 164(1975).
43. Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D. and Merkel, R.A.: *Principles of Meat Science*, W.H. Freeman and Company, 145(1975).
44. Gray, J.I., Macdonald, B. Pearson, A.M. and Morton, I.D.: *J. Food Prot.*, 44 : 302 (1981).
45. Gantner, G.: *Z. Lebensm. Untersuch. U. Forsch.*, 3 : 277(1960).
46. 宋仁相: *식품기술 제 2집*, 농어촌개발공사 식품연구소, 87(1982).
47. Gardner, H.W.: *J. Agric. Food Chem.*, 27 : 220(1979).
48. 鄭東孝, 張賢基: *식품분석*, 進路研究社, 299 (1979).