

가열조리한 돼지고기의 저장 · Microwave 재가열에 의한 변이원성과 지질과산화 및 육조직에 관한 연구

정경숙 · 구성자
경희대학교 식품영양학과

Studies on the Mutagenicity, Lipids Peroxidation and Meat Structure of
Cooked Pork in Relation to Storage and Reheating using a Microwave Oven

Kyung-Sook Chung, Sung-Ja Koo
Dept. of Food & Nutrition, Kyunghee University

Abstract

Pork was cooked using three kinds of instrument [electric grill (EG) for 5min., microwave oven (MW) for 6min. and reheated using a MW] and then extracted with 80% methanol. The Ames test was performed on the methanol extracts, employing the *S. typhimurium* tester strain, TA100. The methanol extract of cooked pork showed high mutagenicity on the 5.0 mg/plate without the S9 mix, but a higher mutagenicity was induced with the S9 mix. With increasing refrigeration (4°C) and freezing (-18°C) periods the extracts showed higher mutagenicities and TBA values, and the same results were shown with reheating. Correlations of the mutagenicity (-S9 mix) and rancidity of the pork cooked by EG, according to storage at and -18 °C and reheated by MW (1 min), were $r=0.85$, 0.86 , 0.98 and 0.83 , respectively. When the MW was used for reheating, the refrigeration storage ($r=0.98$) showed a higher correlation coefficient than for that stored frozen ($r=0.83$). From the structure of cooked pork, as observed by SEM, many vapor pathways were viewed in the pork reheated using the microwave oven.

Key words: pork, cookery, storage, mutagenicity, rancidity, SEM

1. 서 론

식생활의 고급화, 다양화 및 간편성의 추구하고 함께 냉동식품과 같은 ready prepared 식품의 이용이 증가되고 있으며 단체급식 기관에서도 cooked/chilled food service system과 같은 반조리 및 조리 식품의 재가열 보급이 확대되어 가는 것이 현재의 추세라 할 수 있다. 이에 부합하여 microwave oven(MW)의 이용률과 보급률이 증가되고 있는데, MW는 전파에 의해 물질을 가열하는 원리로 물질내의 물분자가 마이크로파의 에너지를 흡수해 격렬하게 회전운동을 하면서 온도가 올라가 결국 식품을 급속히 익힐 수 있게끔 한다. 이러한 MW에 의한 조리는 열효율이

높고(50~53%) 조리시간이 짧아 소요되는 경비가 적 으며 식품의 색, 형태를 변화시키지 않으면서 풍미를 살릴 수 있는 이점이 있다¹⁻⁴⁾. 그러나 MW로 식품을 재가열하였을 경우 thiamine 손실, 지방 산화에 의한 지방산 사슬의 변화, 변패취 증가 등 영양이나 관능적 측면에서 바람직하지 못한 변화를 초래되는 것으로 알려져 있다⁵⁻⁸⁾. 또한 과산화 지질이 변이원 형성의 주요 인자로 작용하고 있으나 지질 과산화물과 암 발생과의 직접적 관련성에 대해서도 많은 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 육류 식품의 조리, 저장 및 MW에 의한 재가열에 따른 지질 과산화물과 발암성 사이에 상관성이 클 것으로 추정되므로 이를 조리과학적으로 규명하고 실생활에 적용함을 목적으로 하였다.

본 연구는 우리나라 사람들이 일상적으로 섭취하는 빈도가 높은 육류를 중심으로 조리온도별, 조리기기별 변이원성을 검색한 선행연구^{9,10)}를 통

Corresponding author: Sung-Ja Koo, Kyunghee University, 1, Hoiki-dong, Dongdaemoon-gu, Seoul 130-701, Korea
Tel: 82-2-961-0709
Fax: 82-2-968-0260
E-mail: sjkoo@khu.ac.kr

해 변이원 형성이 높았던 돼지고기를 시료로 하여 전기그릴(260°C, 5min) 및 MW (6 min)로 가열조리한 후 일정기간 동안 냉장(0~14일) 및 냉동(0~90일) 보존한 시료와 MW로 1분간 재가열한 시료의 변이원성을 *Salmonella typhimurium* reversion assay로 검색하였다. 또한 지질의 과산화도(TBA)를 측정하여 변이원 생성과 과산화 지질간의 상관성을 검토하고, SEM을 이용하여 육조직을 관찰하여 보다 안전하고 과학적인 조리방법을 확립하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 시약

돼지고기의 삼겹살은 축협에서 구입하였다. S9 mix.는 화학연구소(대전 대덕 연구단지 소재)에서 제공받았고, Ames test를 위한 S9 co-factor는 Waco사, D-biotin은 Sigma사, L-histidine monohydrochloride는 Katayama Chemical Co.(Japan), nutrient broth와 agar는 Difco사로부터, Arochlor 1254는 Chem. service사로부터 구입하여 사용하였다. 직접 변이원(direct mutagen)으로는 4-NQO(4-nitroquinoline oxide)를, 간접 변이원(indirect mutagen)으로 benzo(a)pyrene를 Sigma사로부터 구입하여 사용하였으며, 기타 다른 시약도 특급시약을 사용하였다.

2. 시료 조제

시료를 일정한 크기(5 cm×10 cm×1 cm)로 자른 후, 온도 센서가 부착된 electric grill(EG)로 260°C의 온도에서 5분간 직화로 조리하였으며, MW(삼성전자, 한국)로 6분간 자동조리하였다. 가열 조리한 각 시료는 냉장온도(4°C)에서 0일, 3일, 7일, 14일 동안, 냉동온도(-18°C)에서 0일, 7일, 30일, 90일 동안을 저장하면서 실험하였다. 냉장 저장된 시료 중 재가열 처리군은 MW로 1분간 재가열 하였고, 냉동된 시료 중 재가열 처리군은 상온에서 15분 동안 해동한 후 MW로 1분간 재가열하였다.

3. 돌연변이원성 시험

1) 시험 균주

Ames test에 사용되는 균주로는 *Salmonella typhimurium* 변이균주 중 염기치환형(base-pair substituent) 변이균주인 TA100를 유전자 센터의 유전자 은행에서 분양받아 Maron과 Ames의 방법¹¹⁾에 따라 histidine 요구성, crystal violet 감수성,

UV 감수성, ampicillin 내성, 자연발생복귀 돌연변이균 수 등의 유전적 특성을 확인한 후 실험에 사용하였다.

2) 돌연변이원성 추출물 조제

각 조리방법에 의해 얻은 시료를 시료무게의 5배에 해당하는 80% MeOH에서 mixer로 2분간 균질화 하고, plate상에서 stirrer를 이용하여 하룻밤 동안 추출한 후, 10,000 rpm에서 40분간 원심분리하여 상층액을 취하였다. 이 과정을 3회 반복하여 얻은 상층액을 감압농축하여 -7°C deep freezer에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

3) 양성 돌연변이 물질(positive control)의 조제

Benzo[a]pyrene은 dimethyl sulfoxide(DMSO)에 1 ml당 0.1 mg 혼합한 후, 여과 멸균하여 0.5 ml씩 E.P. tube에 담아 알루미늄 호일로 싸서 -80°C의 deep freezer에 보관하고, 실험시에 10배로 희석해서 plate당 1 µg/0.1 ml 농도로 사용하였다. 4-NQO는 DMSO 1 ml당 0.025 mg의 농도가 되게 만든 후, 여과 멸균하여 0.5 ml씩 E.P. tube에 담아 알루미늄 호일로 싸서 -80°C의 deep freezer에 보관하고, 실험시에 10배로 희석해서 plate당 0.025 µg/0.1 ml 농도로 사용하였다.

4) Mutagenicity Test

Ames test를 개량한 preincubation법¹²⁾을 이용하였고, 균주는 *Salmonella typhimurium* tester strains TA100을 사용하였다. Original weight 5.0mg에 해당하는 농도의 methanol 추출물을 취한 후, plate당 0.1 ml의 농도가 되도록 DMSO를 넣어 잘 녹인 후 멸균하여 실험시는 plate당 0.1 ml을 사용하였다. 멸균증류수 0.5 ml 또는 4%의 S9을 함유한 S9 mix. 0.5 ml와 test compounds 0.1 ml, 미리 배양한 균주 0.1 ml($1\sim2\times 10^9$ cell/ml)를 잘 섞어 37°C에서 20분간 예비 배양한 후, 10%의 histidine/biotin solution을 넣은 top agar와 함께 잘 섞어 미리 만들어 놓은 minimal glucose agar plate에 도말하여, 37°C에서 48시간 배양하여 생긴 his⁺ revertant colony를 계측하여 돌연변이원성의 유무를 판정하였다. 모든 실험은 한 농도 당 3개의 plate를 사용하였다.

4. TBA가 실험

저장기간별로 조리된 돼지고기를 Turner 등¹³⁾의

방법으로 TBA가를 측정하였다. 곱게 분쇄된 시료 5 g에 20% TCA solution/2M H₃PO₄ 5 ml와 0.01M 2-thiobarbituric acid solution 10 ml를 첨가한 후 끓는 수조에서 저어주면서 30분간 가열하였다. 가열한 후 얼음에 10분동안 방치하여 지질층을 제거하여 isoamyl alcohol-pyridine mixture(2:1) 15 ml를 첨가하여 2분간 shaking 하였다. 이를 원심하여 (2,400 rpm, 15 min) 상층액을 538 nm에서 흡광도 (O.D)를 측정하였다.

5. SEM에 의한 육조직의 구조관찰

시료를 5×5×5 mm 크기로 절단하여 건조, 고정 시킨 후 ion sputter(JEOL JFC-1100)로 금 ion을 coating 한 후 15kV의 가속전압에서 100배로 관찰하였다¹⁴⁾.

6. 통계분석

모든 실험결과의 통계처리는 SAS 통계 프로그램 (SAS institute, 1987)을 이용하여 분석하였으며, 그 결과는 표준편차와 함께 평균값으로 표시하였다. 대조군과 각 시료로부터 얻은 실험 자료간의 유의성은 general linear model(GLM)의 Duncan's multiple range test를 이용하여 p<0.05에서 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 냉장·냉동저장 및 MW 재가열에 의한 변이원성

전기그릴(EG)에서 260℃로 5분간 조리한 것과 전자렌지(MW)로 6분간 조리한 돼지고기를 냉장(0, 3,

7, 14일), 및 냉동(0, 7, 30, 90일) 저장 한 후 MW로 1분간 재가열한 시료의 저장기간에 따른 돌연변이 유발능을 측정한 결과는 Table 1, 2와 같다. 조리기를 EG와 MW로 설정한 이유는 선행연구^{9,10)}에서 EG가 유의적으로 높은 변이원성을, MW가 유의적으로 낮은 변이원성을 나타냈기 때문이다.

1) 냉장저장에 의한 영향

EG(260℃, 5 min)로 조리한 돼지고기의 경우 냉장 저장시 대사활성물질을 첨가하지 않았을 때(-S9 mix) 대조군(0 day)의 복귀돌연변이 균수는 183.40± 6.36이었으며, 3일, 7일, 14일간 냉장한 시료의 복귀 돌연변이 균수는 각각 187.67±6.66, 231.15±7.77, 및 277.33±13.65로 저장기 7일 까지는 유의적 차이가 없었지만 14일에는 유의적으로 큰 차이를 나타냈다 (p<0.05).

대사활성물질을 첨가했을 경우(+S9 mix) 대조군은 328±56.49, 저장기간별 복귀돌연변이 균수는 각각 339.33±59.23(3일), 389.00±6.00(7일) 및 411.33±4.16 (14일)으로 S9 mix를 첨가하지 않았을 경우보다 1.5~1.8배나 높은 변이원성을 나타냈다. 이로서 본 실험에 사용한 시료 중에는 간접 변이원이 더 많이 존재함을 알 수 있었다.

한편, 일정기간 동안 냉장저장 후 MW로 1분간 재가열 처리를 한 시료의 -S9 mix 경우 대조군의 복귀 돌연변이 균수는 180.28±5.13, 저장기간에 따라 3일, 7일, 14일 냉장저장 시 각각 202.33±8.02, 220.00±8.00, 289.33±13.58로 이 역시 저장기간이 증가함에 따라 복귀돌연변이 균수의 증가를 나타냈다. 저장 3일에는 대조군과 유의적인 차이를, 저장 14일에는

Table 1. Mutagenicity of methanol extracts of cooked porks by electric grill(260℃, 5 min) according to refrigerated storage (4℃, -18℃) and reheated by MW(1 min) in the Ames test on *S.typhimurium* TA100(±S9 mix)

Storage Condition (℃/days)	No. of revertants				
	No Treatment		Reheating		
	-S9	+S9	-S9	+S9	
4℃	0	183.40±6.36 ^b	328.67±56.49 ^a	180.28±5.13 ^c	330.54±71.35 ^b
	3	187.67±6.66 ^b	339.33±59.23 ^a	202.33±18.02 ^b	387.67±60.35 ^b
	7	191.35±7.77 ^b	389.00±6.00 ^a	220.00±8.00 ^b	490.00±33.05 ^a
	14	277.33±13.65 ^a	411.33±4.16 ^a	289.33±13.58 ^a	519.33±22.30 ^a
-18℃	0	183.40±6.36 ^b	328.67±56.49 ^b	180.28±5.13 ^c	330.54±71.35 ^b
	7	255.67±4.73 ^a	378.00±7.00 ^a	265.00±8.19 ^b	382.33±5.69 ^b
	30	263.00±30.41 ^a	393.67±9.07 ^a	288.00±6.00 ^a	546.00±17.44 ^a
	90	279.00±13.08 ^a	478.00±5.29 ^a	306.00±17.44 ^a	585.00±5.29 ^a

Results are mean±SD.

Different alphabet means different value significantly at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Concentration of original weight : 5.0 mg/plate

Positive control (-S9 mix) : 4-NQO(0.25 μg/plate)= 548.00±5.40

Positive control (+S9 mix) : B[a]P(1 μg/plate)=1070.00±14.04

저장 3일, 7일보다 복귀돌연변이 균수가 크게 증가하여 유의적 차이가 인정되었다($p<0.05$). MW(1 min) 재가열 시료는 재가열하지 않은 시료에 비해 1주일 앞서 대조군과 유의적 차이가 인정되었는데 이는 MW로 재가열함으로써 지질의 산패가 더 많이 일어나 변이원 형성에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

EG로 +S9 mix의 경우, 대조군의 복귀돌연변이 균수는 330.54 ± 71.35 및 387.67 ± 60.35 (3일), 490.00 ± 33.05 (7일), 519.33 ± 22.30 (14일)로 역시 저장기간이 늘어남에 따라 더 높은 변이원성을 나타냈으며, 저장기간 7일부터는 높아 유의적이었다($p<0.05$). MW 재가열시도 +S9 mix의 경우 복귀돌연변이 균수가 훨씬 더 높았다.

2) 냉동저장에 의한 영향

EG(260°C, 5 min)로 조리한 시료의 냉동저장(-S9 mix.)의 경우, 대조군의 복귀돌연변이 균수는 183.40 ± 6.36 이었고, 7일, 30일 및 90일간 저장한 시료는 각각 255.67 ± 4.73 , 263.00 ± 30.41 및 279.00 ± 13.08 로 높아져 냉동저장 7일부터 대조군에 대해 유의적으로 나타났으며($p<0.05$), 저장기간이 더 연장되어도 유의적 차이는 없었다. MW 재가열 처리된 시료에서도 대조군을 제외하고는 저장기간별간에는 유의적 차이가 없었다.

+S9 mix의 경우, 대조군의 복귀돌연변이 균수는 328.67 ± 56.49 (0일), 378.00 ± 7.00 (7일), 393.67 ± 9.07 (30일) 및 478.00 ± 5.29 (90일)로 냉동저장의 경우도 -S9 mix에 비해 1.5-1.8배의 높은 변이원성을 나타냈으며, 냉동저장 90일부터는 대조군과 기타군에 비해 유의

Table 2. Mutagenicity of methanol extracts of cooked pork by MW(6 min) according to storage and reheated by MW on *S.typhimurium* TA100 (-S9 mix)

Storage Condition (°C/days)	No treatment	Reheating	
4°C	0	159.50 ± 7.78^b	132.50 ± 0.71^c
	3	176.00 ± 2.83^b	179.00 ± 26.87^b
	7	182.33 ± 27.30^b	208.33 ± 5.51^b
	14	249.33 ± 22.23^a	250.00 ± 18.03^a
-18°C	0	159.50 ± 7.78^c	132.50 ± 0.71^d
	7	193.33 ± 24.17^c	232.00 ± 8.00^c
	30	309.33 ± 8.50^b	312.00 ± 13.53^b
	90	387.33 ± 19.60^a	404.33 ± 18.18^a

Results are mean \pm SD.

Different alphabet means different value significantly at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Concentration of original weight : 5.0 mg/plate

Positive control (-S9 mix.) : 4-NQO(0.25 μ g/plate) = 548.00 ± 5.40

적으로 증가하였다($p<0.05$).

MW 재가열 처리된 시료에서도 -S9 mix.의 경우 대조군(180.28 ± 5.13)을 제외하고는 저장기간별 [265.00 ± 8.19 (7일), 288.00 ± 6.00 (30일) 및 306.00 ± 17.44 (90일)]간에는 유의적 차이가 없었다. 따라서 냉동저장시는 MW 재가열에 의한 영향은 없는 것으로 사료된다.

EG, +S9mix의 경우도 330.54 ± 71.35 (0일), 382.33 ± 5.69 (7일), 546.00 ± 17.44 (30일) 및 585.00 ± 5.29 (90일)로 높은 변이원성을 나타내어 냉장저장의 경우와 같은 경향이였다. 이와 같은 결과는 너비아니의 품질 특성에 있어서 조리방법이나 저장방법에 의한 영향보다는 저장기간에 따른 영향이 컸다고 보고한 김과 김¹⁵⁾의 연구결과와는 상이하게 조리방법이나 저장방법에도 영향을 미쳤다.

3) Microwave 조리에 의한 영향

Table 2에서 보는 바와 같이 MW로 6분간 조리한 시료의 냉장저장, -S9 mix의 경우 대조군의 복귀돌연변이 균수는 159.50 ± 7.78 이었고 3일, 7일 및 14일 저장시에는 각각 176.00 ± 2.83 , 182.33 ± 27.30 및 249.33 ± 22.33 으로 저장 3일부터 대조군과 유의적 차이가 인정되었다($p<0.05$). 그러나 저장 7일에는 EG로 조리했을 경우의 대조군 수준으로 복귀돌연변이 균수가 낮았다. MW 재가열시는 각각 130.12 ± 3.62 (0일), 179.00 ± 26.87 (3일), 208.33 ± 5.51 (7일), 250 ± 18.03 (14일)으로 재가열하지 않은 군과 같은 수준의 변이원성을 나타내었으며, MW 재가열의 영향은 없는 것으로 나타났다. 냉동저장의 경우 대조군은 159.50 ± 7.78 이었으며, 7, 30, 90일 저장했을 때는 각각 193.33 ± 24.17 , 309.33 ± 8.50 및 387.33 ± 19.66 으로 냉동저장 30일 이후부터는 변이원성이 냉장저장시 보다 훨씬 높게 나타났다. MW 재가열의 경우도 대조군을 제외하고는 변이원성이 높게 나타났으나 냉동저장보다 냉장저장시가 안정성이 높았다.

따라서 EG로 조리하는 것보다 MW로 조리, 냉장저장, 재가열하는 것이 변이원 유발 가능성 면에서는 좀 더 안전하다고 볼 수 있으나 냉동저장·재가열시는 변이원성이 오히려 높을 가능성이 크다고 사료된다.

2. 조리, 재가열 및 저장 조건에 따른 지질과 산화물의 변화

조리된 육류를 저장한 후 저장기간이 늘어남에 따라 지질이 산화되어 좋지 않은 풍미가 발생하는데

이러한 산패취는 식품의 품질을 저하시키는 주요 원인이 된다.

돼지고기를 EG(260℃, 5 min)와 MW(6 min)로 가열조리한 것을 일정 기간동안 냉장(4℃), 냉동(-18℃) 저장한 후 MW로 재가열 처리한 시료의 산패도는 Fig. 1과 2에 나타난 바와 같이 저장기간이 연장됨에 따라 산패도는 증가하였다. 냉장저장(Fig. 1 A)의 경우 EG는 저장 7일부터 증가하여 대조군에 비해 유의적이었다($p < 0.05$). MW의 경우는 저장 3일부터 산패도 증가가 유의적이었으나 EG와 MW 간에는 유의적 차이가 없었다. 이는 예비조리된 beef roast를 11일 냉장 저장했을 때 신선하게 갓 구운 것에 비해 TBA 값이 증가하여 유의적이었다는 Welke 등¹⁶⁾의 연구와 beef를 1℃에서 냉장저장시 저장기간이 증가함에 따라 TBA 값이 증가하였다고 보고한 White 등¹⁷⁾의 연구와 유사한 경향이였다.

냉동 저장(Fig. 1 B)의 경우 대조군에서는 MW가

EG보다 TBA 값이 낮았으나 7일, 30일, 90일 저장시는 EG보다 더 높게 나타났지만 유의적 차이는 없었다. 또한 냉동 저장시 냉장저장보다 산패도는 낮았다. 이와 같은 결과는 Headly와 Jacobson¹⁸⁾의 연구결과와 유사한 경향이였으나 Jannith 등²⁾의 저장 3개월까지는 냉장저장보다 냉동저장이 지방산의 산패 속도가 느리기 때문에 TBA 값이 낮으나 4개월 이상 저장하면 TBA 값이 증가한다고 보고한 연구결과와는 약간 상이했다. EG 및 재가열 처리의 경우(Fig. 2 A) 냉장저장의 경우 저장 7일부터는 대조군에 비해 증가하여 유의적 차이를 보였고 저장 14일에는 재가열 처리군에서 높은 산패도를 나타냈다.

냉동저장시(Fig. 2 B)는 저장기간이 증가함에 따라 TBA값은 증가하였고 저장 7일부터 대조군과는 유의적이었으며 저장 30일부터는 급격히 증가하여 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). MW로 재가열 처리에 의해 유의적 차이는 인정되지 않았다.

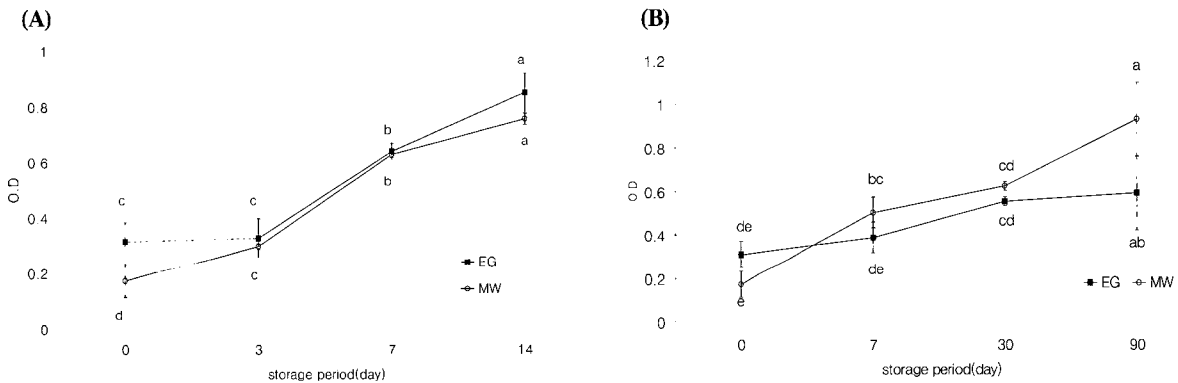


Fig. 1. TBA value of cooked pork by EG and MW according to storage. at 4 °C(A) and -18 °C(B)

EG means pork cooked by electric grill at 260℃ for 5 min.

MW means pork cooked by microwave oven for 6 min.

Different alphabet means different value significantly at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

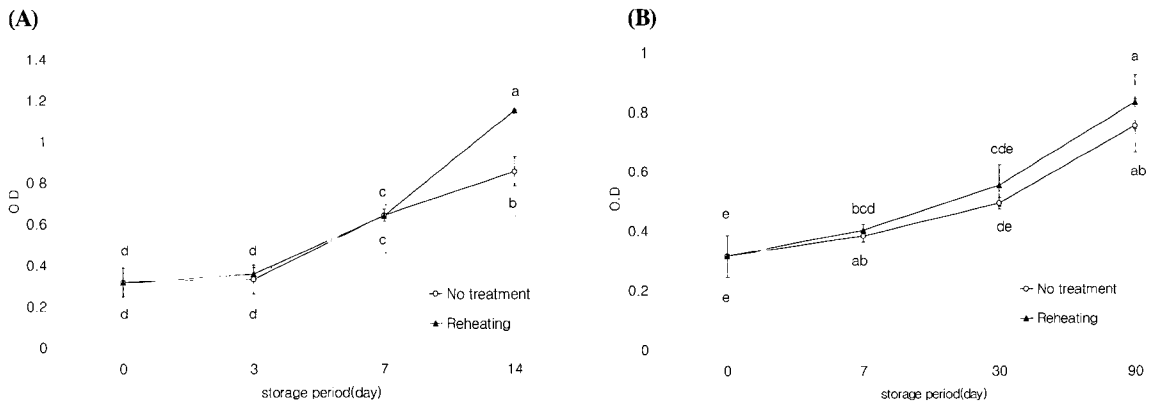


Fig. 2. TBA value of cooked porks by EG (260 °C, 5 min) according to storage at 4 °C(A) and -18 °C(B) and reheated by MW.

Sample reheated by MW for 1 min.

Different alphabet means different value significantly at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

이상에서 MW로 가열조리하여 냉동저장시 EG에 비해 높은 변이원성을 나타낸 결과는 MW로 가열조리했을 때 형성되는 수증기 통로를 통해 산소와의 접촉으로 지질과 효소의 접촉면이 늘어난 것에 기인하는 것으로 지질의 산패가 변이원 형성과 높은 상관관계가 있을 것으로 예측되었다.

3. 변이원성과 과산화지질 생성간의 상관관계

EG로 260℃에서 5분간 조리한 시료(-S9 mix)의 냉장저장 시 변이원성과 과산화지질 생성간의 상관관계는 $r=0.85$ 이고, 냉동저장 시는 $r=0.86$ 이었다.

또한, 냉장·냉동저장한 시료를 MW로 재가열했을 경우 변이원성과 과산화지질생성간의 상관관계는 각각 $r=0.98$, $r=0.83$ 으로 냉장저장한 후 MW재가열의 경우가 더 높은 상관관계를 나타내었다.

4. SEM에 의한 육조직의 구조관찰

MW 가열조리에 의해 육질의 중심부터 온도상승이 일어나 수증기가 증발하여 수증기 통로가 형성되고 이로 인해 산소와의 반응이 일어나 지

질과 효소의 접촉면적이 증대되어 지질의 과산화가 촉진되는 것에 대한 여부를 알아보기 위해 돼지고기 생시료 및 가열조리한 시료를 주사전자현미경(SEM)으로 관찰하였다(Fig. 3). 생시료(a)에 비해 MW로 6분간 조리한 시료(b)는 조직 사이에 큰 사이즈의 통로가 많이 형성되어 있고, 전기그릴 260℃로 조리한 시료(c)는 생시료보다 열에 대한 조직의 변성이 많이 일어났지만 수증기 통로는 그리 많지 않음을 알 수 있었다. 돼지고기를 전기그릴 260℃로 조리한 후 3일간 저장한 시료 중 MW로 재가열처리를 한 시료(e)는 재가열 처리를 하지 않은 시료(d)에 비해 약간의 수증기 통로가 형성되어 있음을 알 수 있었다. 돼지고기를 가열조리 한 후 저장한 다음 MW로 재가열 처리를 한 경우 지질과산화물이 더 많이 생성되고 변이원 형성이 증가한 결과는 MW에 의한 재가열 처리 시 수증기 통로가 형성되고 이 통로를 통해 산소와 접촉면적이 증대되어 육의 산패가 가속화되는 것으로 추정되었다.

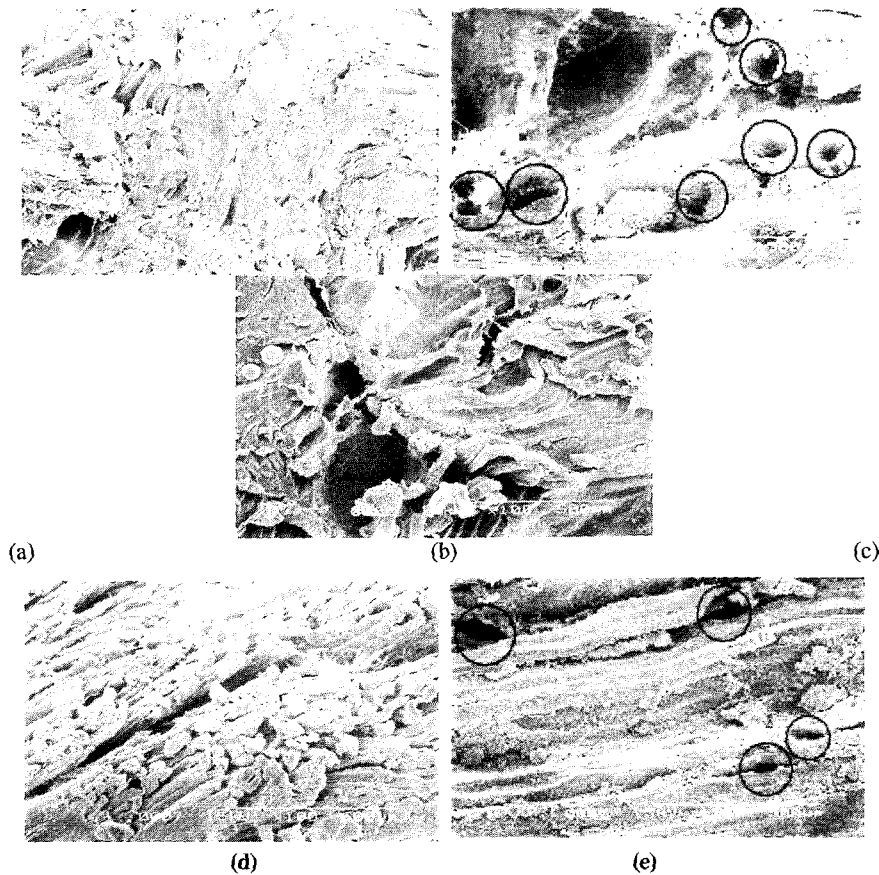


Fig. 3. Scanning electron microphotographs of pork cooked by different methods and refrigerated storage period. (a) raw (b) MW(6 min) (c) EG(260℃, 5 min) (d) EG(260℃, 5 min) for 3 days at 4℃(no reheating) (e) EG(260℃, 5 min) for 3days at 4℃(reheating)

IV. 요약

돼지고기를 전기그릴(EG; 260℃, 5분) 및 전자렌지(MW, 6분)를 이용하여 조리 한 후 일정기간 냉장(0-14일), 냉동(0-90일) 보존한 시료와 이를 MW(1 min)로 재가열한 시료의 변이원성, 지질과 산화도(TBA), 및 육조직(SEM)을 연구하였다.

S9 mix를 첨가하지 않은 상태에서 냉장 및 냉동 저장 기간에 따른 변이원성 유발 정도는 저장 기간이 증가함에 따라 변이원성이 증가하였고, 대사활성물질을 첨가했을 때 더 높은 변이원성을 나타내어 간접변이원이 더 많이 존재함을 확인하였으며, MW 재가열 처리 시는 더 높은 변이원성을 나타내었다.

MW(6 min)로 조리했을 때 EG로 조리한 것보다 변이원 유발 가능성 면에서 보다 안전하다고 할 수 있으나 냉동저장하고 재가열시는 변이원성 유발 가능성이 보다 높다고 사료된다.

변이원성과 과산화지질 생성간의 상관관계는 대사활성물질을 첨가하지 않았을 때 냉장 저장 시 $r=0.85$, 냉동 저장 시 $r=0.86$ 이었고, MW 재가열하였을 때 냉장 저장 시 $r=0.98$, 냉동 저장 시 $r=0.83$ 으로 냉장 저장이 더 높은 상관관계를 나타내었다.

SEM을 이용하여 육조직을 관찰한 결과 MW로 조리한 시료 및 MW로 재가열한 시료에서 더 많은 수증기 통로가 관찰되었다.

감사의 글

본 연구는 학술진흥재단의 자유공모과제(2000년) 연구비 지원에 의해 일부 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 안숙자 : 한국주부의 가공식품에 대한 인식 및 이용 실태에 관한 연구. 한국조리과학회지, 5(2): 75, 1989
- Jannith, NG, Margaret, PM, Youathan, T, Anold, SM, Kenneth, MW and McMillin, W : Warmed over flavor development in beef patties prepared by three dry heat method. J. Food Sci., 51: 1152, 1986
- Penner, KK and Bower, JA : Flavor and chemical characteristics of conventionally and microwave reheated pork. J. Food Sci., 38: 553, 1973
- 손종철 : 전자레인지(Microwave Oven)란 무엇인가? 식품과 산업, 32(1): 2, 1999
- Yoshida, H, Hirooka, N and Kajimoto, G : Microwave energy effects on quality of some seed oils. J. Food Sci., 55: 1412, 1990
- Marcel, S, Liekenjie, F and Cheung, YK : The use of microwave oven chemical transformation of long chain fatty acid esters. Lipids, 23: 367, 1988
- Marion, LC and Richman, DK : Sensory quality of turkey breasts and energy consumption of roasting in a convention ovens. J. Food Sci., 52: 846, 1987
- Chen, BH and Chen, YY : Stability of chlorophyll and carotenoids in sweet potato leaves during microwave cooking. J. Agric. Food Chem., 41: 1316, 1993
- 정경숙, 구성자 : 조리조건을 달리한 가열조리된 육류(돼지고기)의 변이원성 검색과 제어에 관한 연구. 한국조리과학회지, 18(6): 716, 2002
- 홍이진, 이준경, 구성자 : 어류의 가열조리 및 보존에 의해 생성되는 변이원성 물질의 정량적 해석과 제어법. 한국조리과학회지, 16(6): 652, 2000
- Drothy, M, Maron, Bruce, and Ames N : Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. Mutation Res., 113: 178, 1983
- Sugimura, T, Kawachi, T, Nagano, M, Yahagi, T, Seino, Y, Okamoto, T, Shudo, K, Kosuge, T, Tsuji, K, Wakabayashi, K, Iitaka, Y and Itai, A : Mutagenic principles in tryptophan and phenylalanine pyrolysis products. Proc. Japan Acad., 53: 58, 1977
- Turner, EW, Paynter, WD, Monitie, EJ, Bessert, MW, Struck, GM and Olson, FC : Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. Food Technol., 8: 326, 1954
- 조무제, 윤한대 : 육의 가열변화에 관한 연구. 한국식품과학회지, 14: 1, 1982
- 김정원, 김희섭 : 조리 및 재가열 방법과 저장 조건이 너비아나의 품질 특성에 미치는 영향. 한국조리과학회지, 11(5): 494, 1995
- Welke, RA, Williams, JC, Miler, GJ and Field, RA : Effect of cooking methods on the texture of epimysial tissue and rancidity in beef roasts. J. Food Sci., 51: 1057, 1986
- White, FD, Resurreccion, AVA and Lillard, DA : Effect of warmed-over flavor on consumer acceptance and purchase of precooked top round steak. J. Food Sci., 53: 1251, 1998
- Headly, ME and Jacobson, M : Electronic and conventional cookery of lamb roasts. J. Am. Dietet. Assoc., 36: 337, 1960

(2004년 11월 15일 접수, 2004년 12월 17일 채택)