

## 해동 방법에 따른 돼지고기의 이화학적·미생물학적 특성

박미혜<sup>1</sup>·권지은<sup>1</sup>·김세령<sup>1</sup>·원지혜<sup>1</sup>·지정윤<sup>1</sup>·황인경<sup>2</sup>·김미라<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 식품영양학과, <sup>2</sup>서울대학교 식품영양학과, <sup>3</sup>경북대학교 식품영양학과·장수생활과학연구소

### Physicochemical and Microbiological Properties of Pork by Various Thawing Methods

Mi Hye Park<sup>1</sup>, Ji Eun Kwon<sup>1</sup>, Se Ryoung Kim<sup>1</sup>, Ji Hye Won<sup>1</sup>, Jung Youn Ji<sup>1</sup>, In Kyeong Hwang<sup>2</sup> and Mee Ra Kim<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 702-201, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Science and Nutrition, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Food Science and Nutrition · Center for Beautiful Aging, Kyungpook National University, Daegu 702-201, Korea

#### Abstract

This study was carried out to investigate the effects of various thawing methods on the physical and microbiological properties of frozen pork. The frozen pork was thawed using four methods: refrigerator, cold water, room temperature, and microwave oven. Changes in physicochemical properties of thawed pork were analyzed by measuring color, pH, thawing loss and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) values. Changes in the microbiological properties of thawed pork were analyzed by counting total aerobic bacteria and coliform group. L values of thawed pork were significantly increased by all thawing methods for normal thawing time except the uncooked portion of thawed pork via a microwave. However, the a value decreased in pork thawed by all thawing methods. pH values significantly increased in the pork thawed by microwave and by applying two times the normal thawing time. After thawing, thawing loss was highest in the pork thawed at room temperature for two times the normal thawing time. In addition, TBARS values also increased in the pork thawed in a refrigerator and at room temperature for two times the normal thawing time. The total aerobic bacteria count significantly increased in the case of microwave thawing for normal thawing time and it also increased in the pork thawed in a refrigerator and at room temperature for two times the normal thawing time. These results demonstrate that refrigeration and cold water thawing are the most suitable for frozen pork, and that excess thawing should be avoided.

**Key words :** Thawing, pork, physicochemical properties, microbiological properties.

#### 서 론

최근 소비자들의 소득 증대로 인한 식품 소비 패턴의 변화로 나타나는 특징 중 하나는 육류의 섭취량 증가이다. 농림수산식품부(2008)에 따르면 우리나라 국민 1인당 축산물 소비량은 1997년에 29.3 kg에서 2007년에는 35.7 kg으로 1.2 배 증가하였으며, 육류 소비량 중 돼지고기가 53.7%(19.2 kg), 쇠고기가 22.6%(7.6 kg)를 차지하고 있다. 이와 같이 돼지고기는 우리나라 국민의 중요한 육류 급원이 되고 있다. 한편, 국민소득이 증가하면서 식품의 질에 대한 관심이 높아져 식품안전에 대한 소비자의 요구가 증가하고 있으며, 식품의 생산과 유통, 소비과정에서 식품의 비위생적인 처리로 인한 식중독 발생에 대해 우려하고 있다. 특히 육류는 부패성이 높기 때문에 보관에 유의하여야 하므로 오랫동안 보관하는 경우는 냉동저장을 한다.

냉동저장에서는 식품의 온도를 0℃ 이하로 저하시켜 호냉성 세균을 제외한 대부분 미생물의 생육과 증식을 억제시킴으로써(Kim *et al* 1998) 육류의 신선도를 유지시켜 줄 수 있다. 냉동저장된 고기는 해동과정을 거쳐 이용되는데, 해동과정 중에 육류 품질에 많은 변화가 일어나게 된다(Fennema OR 1973, Kang *et al* 2007). 해동은 잠열을 서서히 제거하면서 육즙 손실, 육색의 변화(Berry BW 1994), 보수력 감소(Miller *et al* 1980), 산패도 증가(Sebranek *et al* 1978)와 조직감 변화 등 육류의 이화학적 특성에 변화를 가져온다(Fennema OR 1973). 해동조건이 육류에 주는 영향력을 알기 위한 여러 가지 연구들이 수행되었는데 해동속도에 따른 동결우육의 이화학적 특성에 관한 연구(Kim *et al* 1998), 해동 후 냉장저장에 따른 우육의 품질변화(Jung & Moon 1995), 냉·해동의 반복이 쇠고기의 물성에 미치는 영향(Song & Lee 2002), ohmic 해동 처리가 돈육의 이화학적 특성에 미치는 영향(Hong *et al* 2007) 등이 보고되었다. 그러나 이러한 방법들은 소비자들이 가정 내에서 일반적으로 이용하는 해동방

\* Corresponding author : Mee Ra Kim, Tel : +82-53-950-6233, Fax : +82-53-950-6229, E-mail : meerak@knu.ac.kr

법과는 차이가 있어 소비자들에게 냉동 육류의 전처리를 위한 가이드로 제시되기에는 어려움이 있다. 따라서 소비자들이 실제 가정에서 돼지고기를 해동할 때 적용할 수 있는 실질적인 해동방법과 그 방법에 따른 돼지고기의 품질 특성에 대한 연구가 수행될 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 가정에서 소비자들이 일반적으로 자주 이용하는 해동방법인 냉장해동, 냉수해동, 실온해동, 전자레인지해동으로 냉동 돼지고기를 해동하였을 때 돼지고기의 이화학적, 미생물학적 특성 변화를 분석하고, 또한 적정 해동시간을 넘어 과도하게 해동할 때 일어나는 돼지고기의 품질 변화도 살펴봄으로써 가정에서 이용하는 냉동 돼지고기에 대한 적절한 해동방법을 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

본 연구에 사용된 돼지고기는 대형마트에서 시판되고 있는 안심을 구매하여 무균적으로 16×4×6(±1) cm로 잘라 300 g 단위로 나눈 뒤 멸균 백에 나누어 포장하여 -18℃에서 동결시켰다. 동결한 후 3일 뒤 각각의 해동방법으로 해동하여 시료로 이용하였다.

### 2. 실험 방법

#### 1) 해동방법

냉동된 돼지고기를 냉장해동, 냉수해동, 실온해동, 전자레인지해동을 통해 해동하여 해동방법에 따른 돼지고기의 이화학적, 미생물학적 특성을 분석하였고, 해동시간을 2배로 연장하여 동일한 실험을 실시하였다. 단, 전자레인지해동의 경우에는 해동시간을 2배 연장할 경우, 고기가 거의 익어버리거나 타는 부분도 생겨 전자레인지해동은 단일시간으로 실시하였다. 해동시간은 예비실험을 통해 해동 시 고기 내부의 온도가 -1℃가 될 때까지 걸리는 시간을 측정하여 이를 기준으로 설정하였다(Table 1). 냉장해동은 4℃ 냉장고에서 실시하였고, 실온해동은 25℃ 항온기에서 실시하였으며, 냉수해동 시에는 고기를 넣은 멸균 백을 냉수에 담가 고기가 물에 직접 닿지 않도록 하여 해동하였다. 전자레인지해동은 전자레인지(고주파출력 700 W, 발신주파수 2,450 MHz, 대우일렉트로닉스)을 이용하여 실시하였다. 대조군으로는 냉동하지 않은 돼지고기를 이용하였다.

#### 2) 색도

건조된 거즈를 사용하여 시료 표면의 수분을 제거하고, 표준백색판(L=92.5, a=0.7, b=3.5)으로 보정된 색차계(RF-1, Ni-

**Table 1. Thawing methods of frozen pork (basis of 300 g)**

Thawing method	Thawing time
Refrigerator	24 hr
Cold water	2 hr
Room temperature	3 hr 30 min
Microwave	8 min
Refrigerator II <sup>1)</sup>	48 hr
Cold water II	4 hr
Room temperature II	7 hr

<sup>1)</sup> II means that thawing time was two times the normal thawing time.

ppon Denshoku Kogyo CO., Japan)를 이용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)를 측정하였다.

#### 3) pH

시료 10 g에 증류수 50 mL를 혼합하고 2분간 균질기(Seward stomacher 400 Lab blender, UK)를 사용하여 균질화시킨 후 pH meter로 pH를 측정하였다(Park HS 2010).

#### 4) 해동감량

시료의 포장 전 시료 무게와 해동 후 포장을 개봉하여 시료 표면의 수분을 제거한 다음 시료의 무게를 측정하여 백분율(%)로 나타내었다. 해동 감량은 다음과 같은 식으로 산출하였다(Jeong *et al* 2006).

해동감량(%)=

$$\frac{\text{동결 전 시료의 무게(g)} - \text{해동 후 시료의 무게(g)}}{\text{동결 전 시료의 무게(g)}} \times 100$$

#### 5) 지방산패도

Buege & Aust(1987)의 방법에 따라 지방산패도로 thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)를 측정하였다. 즉, 시료 5 g에 butylated hydroxytoluene 50 μL와 증류수 15 mL를 넣고 homogenizer(IKA T10 UTRA-TURRAX, IKA, Germany)로 30초간 균질화 시켰다. 이 균질액 1 mL를 시험관에 넣고 2 mL의 thiobarbituric acid/trichloroacetic acid 용액을 첨가한 후 잘 혼합하여 90℃에서 15분간 열처리 후 냉각하였다. 이를 3,000 rpm, 4℃에서 10분간 원심분리한 후 spectrophotometer(DU800, Beckman, USA)을 이용하여 531 nm에서 흡광도를 측정하고, 시료 1 kg에 대한 malonaldehyde(MDA) mg으로 나타내었다.

### 6) 해동방법에 따른 미생물수 측정

돼지고기의 미생물수를 측정하기 위해서 일반세균 건조 필름배지(Petrifilm™ aerobic count plate, 3M, MN, USA)와 대장균군 건조필름배지(Petrifilm™ coliform count plate, 3M, MN, USA)를 이용하였다. 일반세균수 및 대장균군수 측정에 사용된 검체의 채취 및 취급은 식품공전법(2010)에 따라 실시하였다. 각각의 시료는 20 g씩 취하여 멸균 stomacher bag에 넣은 후 멸균된 0.85% 식염수 180 mL를 가하여 stomacher(Seward stomacher 400 Lab blender, UK)를 이용해 2분간 균질화 시켰다. 균질화된 용액을 멸균된 0.85% 식염수를 이용하여 연속적으로 희석한 후 희석액 1 mL를 각각의 건조필름배지 중앙에 접종한 뒤 건조필름배지를 35±1℃의 배양기에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 액화 현상이 없고 배지 당 30~300개 colony를 생성한 평판을 선택하여 일반세균의 경우는 생성된 붉은 집락수를, 대장균군의 경우 gas가 생성된 집락의 수를 계산하여 log CFU/g으로 나타내었다.

### 3. 통계분석

실험결과들은 SPSS 12.0 for Window Program을 이용하여 분산분석(ANOVA)하였고, 각 시료간의 유의성은  $p < 0.05$  수준에서 Duncan의 다중범위검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 색도

여러 해동방법과 해동시간이 돼지고기의 육색에 미치는

영향을 알아보기 위하여 측정한 L, a, b 값을 Table 2에 나타내었다. 전자레인지리를 이용하여 해동한 경우에는 해동이 균일하게 되지 않고 익은 부분과 익지 않은 부분이 나타나, 이에 대한 색을 따로 측정하여 색도를 나타내었다. 해동방법들 간의 L값은 대조군에 비해 일반 해동시간과 해동시간을 2배 연장한 냉장해동, 냉수해동, 실온해동, 그리고 전자레인지해동으로 해동한 돼지고기의 익은 부분에서 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 특히 전자레인지해동 시 돼지고기의 일부 부분이 익는 현상이 나타났는데 이 부분에서 명도가 매우 크게 증가하였다. 한편, a값의 경우 모든 해동방법을 거치면서 대조군보다 유의적으로 낮게 나타났다. Akamittath *et al*(1990)와 Brewer & Wu(1993)는 냉동 저장 중에 육제품의 a값이 감소하였다고 보고하였는 데, 본 연구에서도 냉동하여 해동한 돼지고기의 a값이 낮아진 결과를 나타내었다. b값은 일반 해동시간으로 처리한 해동방법과 연장하여 해동한 돼지고기에서 유의적인 차이를 보이지는 않았으나, 전자레인지해동 시 익은 부분에서 b값이 크게 증가하였다. 따라서 전자레인지해동 시 익은 부분은 다른 방법으로 해동한 고기에 비해 L, a, b값이 모두 크게 변화하여  $\Delta E$ 값도 가장 크게 나타났다. 전자레인지해동 시에는 표면에 녹아 있는 물이 얼음보다 열 흡수가 빠르기 때문에, 표면에서만 열 흡수가 일어나고 고기의 중심 부위까지 열전달이 잘 되지 않아 중심부위는 냉동상태로 남아있는 경우가 많다(Kim *et al* 1990). 본 실험에서도 전자레인지해동으로 돼지고기를 해동한 경우 부분적으로 과열 현상이 일어나 해동을 넘어 익은 부분이 나타나고, 균일하게 해동이 되지 않는 것을 확인할 수 있었다.

이와 같이 냉동과 해동과정을 거치면서 육색의 변화가 발

Table 2. Color value of pork thawed by various thawing methods

Thawing methods	L	a	b	$\Delta E$	
Fresh meat	29.05±0.45 <sup>1)2)</sup>	17.52±0.29 <sup>a</sup>	7.07±0.30 <sup>bc</sup>	—	
Refrigerator	36.13±0.87 <sup>bc</sup>	13.07±0.37 <sup>cd</sup>	6.62±0.21 <sup>bc</sup>	8.39±0.85 <sup>b</sup>	
Cold water	32.78±4.77 <sup>de</sup>	11.42±1.70 <sup>d</sup>	6.05±0.95 <sup>c</sup>	8.19±2.95 <sup>b</sup>	
Room temperature	31.97±0.97 <sup>c</sup>	12.87±0.71 <sup>cd</sup>	6.03±0.49 <sup>c</sup>	5.68±0.65 <sup>c</sup>	
Microwave	Uncooked portion	29.62±0.99 <sup>f</sup>	13.87±0.74 <sup>bc</sup>	7.83±2.75 <sup>b</sup>	4.57±1.03 <sup>c</sup>
	Cooked portion	51.68±1.20 <sup>a</sup>	11.38±1.66 <sup>d</sup>	9.93±0.45 <sup>a</sup>	23.67±1.35 <sup>a</sup>
Refrigerator II <sup>3)</sup>	34.38±0.63 <sup>cd</sup>	15.37±0.76 <sup>b</sup>	6.57±0.58 <sup>bc</sup>	5.82±0.80 <sup>c</sup>	
Cold water II	31.25±1.12 <sup>ef</sup>	13.27±2.80 <sup>c</sup>	5.88±1.17 <sup>c</sup>	5.40±2.16 <sup>c</sup>	
Room temperature II	37.68±1.59 <sup>b</sup>	12.55±0.35 <sup>cd</sup>	7.80±0.58 <sup>b</sup>	10.05±0.06 <sup>b</sup>	

<sup>1)</sup> Data are expressed as mean±S.D. ( $n=3$ )

<sup>2)</sup> Different letters mean significant difference within the same column ( $p < 0.05$ )

<sup>3)</sup> II means that thawing time was two times the normal thawing time.

생하였는데, Jeong *et al*(2006)은 돈육이 냉동과 해동과정을 거치면서 세포가 손상을 입어 세포내의 여러 기작들이 균형적인 작용을 하지 못하고 육색소 단백질의 산화가 발생한다고 보고한 바 있어, 본 연구에서도 돼지고기의 냉동과 해동과정에서 이러한 육색소 단백질의 변화가 색의 변화에 영향을 주었을 것으로 생각된다.

## 2. pH

해동방법과 해동시간에 따른 돼지고기의 pH 변화를 Table 3에 나타내었다. 일반적으로 정상육의 pH는 5.5~5.6 정도이며, 육의 pH는 근육 내 glycogen의 양에 의해 결정되는 것으로 알려져 있다(Yu *et al* 2005). 본 연구에서 초기 돼지고기의 pH는 5.72이었고, 냉동 후 일반 해동시간으로 냉장해동, 냉수해동, 실온해동을 하였을 때 pH가 약간 증가하는 경향을 보였으나 유의하지는 않았다. 한편, 전자레인지해동과 해동시간을 2배로 연장하였을 때는 모든 해동방법에서 대조군에 비해 유의적으로 pH가 증가하였다. Farouk *et al*(2004)은 해동 시 고기의 세포 내 용질 농도 변화로 인하여 냉동 전 고기에 비해 해동과정을 거친 고기는 높은 pH를 나타내며, 해동시간이 길어져 근육세포에 손상을 많이 주는 경우에도 세포내 드립이 많이 발생하여 pH가 증가한다고 보고하였다. 본 연구에서도 전자레인지해동 및 해동시간을 2배 연장한 경우, 해동 시 고주파에 의해 발생한 열이나 길어진 해동시간에 의해 근육세포의 손상이 커져 돼지고기의 pH가 증가한 것으로 보인다.

**Table 3. pH and TBARS values of pork thawed by various thawing methods**

Thawing methods	pH	TBARS value (MDA mg/kg)
Fresh meat	5.72±0.04 <sup>1)cd2)</sup>	0.17±0.01 <sup>bc1)</sup>
Refrigerator	5.73±0.01 <sup>cd</sup>	0.21±0.02 <sup>ab</sup>
Cold water	5.75±0.03 <sup>bcd</sup>	0.14±0.00 <sup>c</sup>
Room temperature	5.75±0.04 <sup>bcd</sup>	0.17±0.03 <sup>abc</sup>
Microwave	5.84±0.02 <sup>a</sup>	0.20±0.01 <sup>ab</sup>
Refrigerator II <sup>3)</sup>	5.78±0.01 <sup>abc</sup>	0.23±0.05 <sup>a</sup>
Cold water II	5.80±0.03 <sup>ab</sup>	0.22±0.00 <sup>ab</sup>
Room temperature II	5.80±0.09 <sup>ab</sup>	0.24±0.00 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Data are expressed as mean±S.D. (n=3).

<sup>2)</sup> Different letters mean significant difference within the same column ( $p<0.05$ ).

<sup>3)</sup> II means that thawing time was two times the normal thawing time.

## 3. 해동감량

해동방법과 해동시간에 따른 해동 후 돼지고기의 해동감량을 Fig. 1에 나타내었다. 일반 해동시간을 이용한 경우, 실온해동이 다른 해동방법에 비해 유의적으로 해동감량이 증가하였으며, 2배로 해동시간을 연장한 경우에는 각 해당 해동방법으로 일반 시간 동안 해동한 것에 비해 유의적으로 해동감량이 증가하였다. 해동감량은 냉동육의 해동 시 조직에서 육즙이 분리되면서 드립이 발생하여 나타난다. 드립은 냉동으로 인하여 단백질이 변성되어 보수력이 감소됨으로써 나타나는 현상이다(Hamm R 1982). 해동감량은 냉동이나 저장과정에서 발생하는 세포 손상의 정도에 따라 다르게 나타나는데, 일반적으로 세포가 손상을 많이 받은 경우 해동감량이 증가하는 것으로 알려져 있다(Huff-Lonergan & Lonergan 2005). 또한 해동온도가 높을수록 해동 시 드립 발생량이 증가한다고 보고되었는데(Lee WH 1989), 본 연구에서도 실온해동이 냉장해동과 냉수해동에 비해 해동온도가 높았기 때문에 드립 발생량이 증가하여 해동감량이 높게 나타난 것으로 보인다. 특히 실온에서 해동시간을 2배로 연장한 경우에는 해동온도도 높고 해동시간도 길어져, 해동감량이 가장 높게 나타난 것으로 보인다. 한편, 전자레인지해동 시 해동감량은 냉수해동이나 실온해동을 이용한 경우보다 적게 나타났는데, 이는 전자레인지해동이 다른 해동방법에 비해 해동시간이 짧아 드립이 적게 발생했기 때문으로 보인다.

## 4. 지방산패도

식육의 지방 산화는 육제품의 육색, 풍미, 조직감 및 영양적 가치 등을 떨어뜨려 식육의 품질을 저하시키는 원인이 된다(Wilson *et al* 1987). TBARS가는 지방 산패도를 측정하는 한 방법으로 지질 산화 시 malonaldehyde가 축합되어 생성된 붉은 색의 복합체를 비색정량하는 방법이다(Park *et al* 2011). Turner *et al*(1954)이 TBARS 값이 육류의 지방 산패도와 밀접한 상관성이 있다고 보고한 이래로 TBARS 값은 육류의 산패도 판정에 많이 이용되어 왔다. 이러한 TBARS 값의 변화는 식육의 지방산 조성, pH, 시료의 크기, 온도에 영향을 받는다(Park *et al* 2011).

본 연구에서도 돼지고기 해동 전후 지방의 산패도를 확인하기 위하여 TBARS를 측정된 결과, 해동 전 시료의 TBARS 값은 0.17 mg MDA/kg이었으며, 일반 시간으로 해동한 경우에는 해동방법에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Table 3). 그러나 해동시간을 2배로 연장한 냉장해동과 실온해동의 경우에는 TBARS 값이 0.23와 0.24 mg MDA/kg으로 대조군보다 유의적으로 증가하였다. Benjakul & Bauer (2001)는 냉동 및 해동과 같은 물리적 처리는 육류의 지방산패도를 증가시킨다고 보고하였는데, 본 연구에서는 냉동 돼지고기를

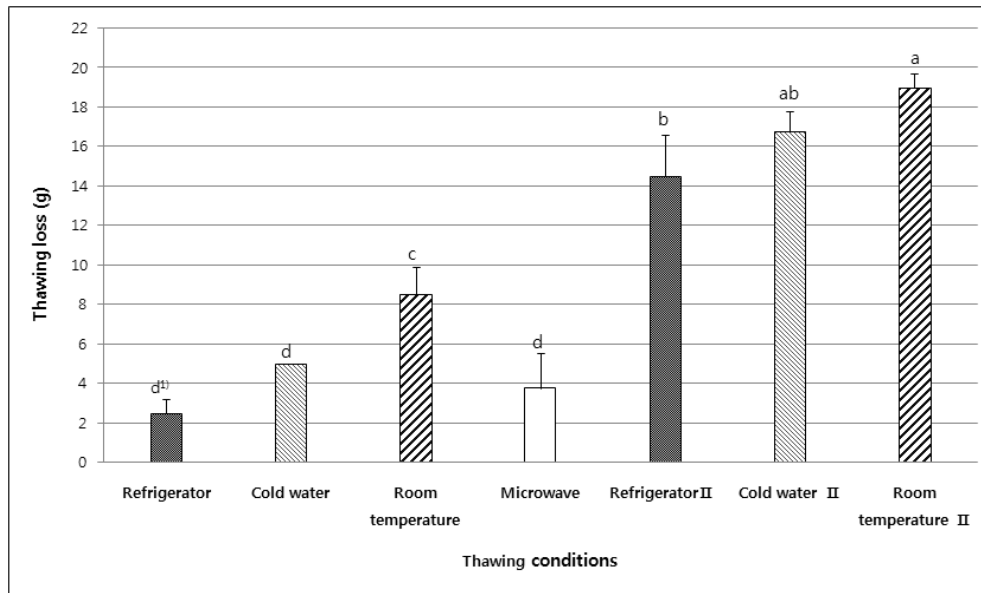


Fig. 1. Thawing loss of pork thawed by various thawing methods.

- <sup>1)</sup> Different letters mean significant difference among various thawing methods ( $p < 0.05$ ).  
 II means that thawing time was two times their normal thawing time.

시간을 연장시켜 해동한 경우 TBARS 값이 증가한 것으로 나타났다. 따라서 장시간의 해동은 돼지고기의 산패도를 높일 우려가 있으므로 유의할 필요가 있는 것으로 보인다.

### 5. 미생물적 특성 변화

냉동된 돼지고기의 해동방법과 해동시간에 따른 미생물 수의 변화를 측정한 결과, 일반 해동시간으로 해동하였을 때는 냉장해동, 냉수해동, 실온해동에서는 일반세균수가 대조군에 비해 유의적으로 변하지 않았으나, 전자레인지해동 시에는 일반세균수가 유의적으로 증가하였다(Table 4). Speck & Ray(1997)은 해동 시에 미생물들이 농축된 세포 외액에 노출될 뿐만 아니라 삼투압차에 의하여 탈수되어 일부는 치사되고, 일부는 세포손상을 입지만 적당한 온도와 영양이 주어지면 증식이 계속된다고 보고하였다. 전자레인지해동은 단시간에 열을 발생하므로 빠르고 간편하게 해동할 수 있어 냉동식품의 해동에 자주 이용되고 있으나, 부피가 큰 냉동고기를 한꺼번에 전자레인지에서 해동하는 경우는 해동시간이 길어지고 고기 덩어리 전체가 균일하게 해동되지 않으며 고기의 온도 상승으로 인해 미생물 증식이 일어날 수도 있으므로 단시간 동안 해동이 이루어질 수 있도록 고기 덩어리를 작게 나누어 해동시키는 것이 바람직할 것으로 보인다. 육류의 해동 시 미생물 수의 변화는 식품안전성 측면에서 매우 중요한 요소이므로 가능한 미생물 수가 증가하지 않도록 유의해야 한다. 따라서 돼지고기의 해동 시 미생물 수의 증가를 억제하고 균일하게 해동시키기 위해서는 실온해동이나

Table 4. Microorganisms of pork thawed by various thawing methods

Thawing conditions	Total aerobic bacteria (log CFU/g)	Coliform group (log CFU/g)
Fresh meat	1.89±0.63 <sup>cd1)</sup>	ND <sup>2)</sup>
Refrigerator	1.71±0.00 <sup>d</sup>	ND
Cold water	1.97±0.55 <sup>cd</sup>	ND
Room temperature	2.08±1.44 <sup>bcd</sup>	ND
Microwave	2.28±1.80 <sup>ab</sup>	ND
Refrigerator II <sup>3)</sup>	2.16±0.00 <sup>bc</sup>	ND
Cold water II	3.31±1.80 <sup>ab</sup>	ND
Room temperature II	3.37±1.25 <sup>a</sup>	ND

<sup>1)</sup> Different letters mean significant difference within the same column ( $p < 0.05$ ).

<sup>2)</sup> Not detected.

<sup>3)</sup> II means that thawing time was two times the normal thawing time.

전자레인지해동보다 냉장해동이나 냉수해동을 이용하는 것이 바람직한 것으로 보인다. 냉장해동과 냉수해동은 육류의 해동 시 국제적으로 권장되고 있는 방법이며, FDA에서도 육류의 해동 시 냉장해동이나 흐르는 물에 담가 해동시키는 것을 권장하고 해동식품의 온도가 7.2℃를 초과해서는 안 된다고 규정하고 있다(FDA food code 1999).

해동시간을 2배로 연장한 경우에는 냉수해동과 실온해동에서 일반세균수가 대조군에 비하여 유의적으로 증가하였으며( $p<0.05$ ), 실온해동 시 세균수가 가장 많이 검출되었다. 또한 해동시간이 2배로 연장된 경우에는 일반세균수가 각 해당 해동방법으로 일반 해동시간으로 해동했을 때보다 유의적으로 증가하였다. 특히 냉수해동과 실온해동에서는 해동시간을 2배 연장하였을 때 일반 해동시간으로 해동했을 때보다 일반세균수가 1 log cycle 이상 증가하였으므로 냉동고기의 해동시 필요 이상으로 해동시간을 길게 하지 않도록 유의할 필요가 있는 것으로 나타났다.

한편, 대장균군은 대표적인 오염지표세균으로서 병원성 세균의 존재 여부의 간접적인 지표균으로 이용되는 데(Jung *et al* 2006), 본 연구에서 대장균군은 대조군과 모든 해동방법을 이용한 해동 돼지고기에서 모두 검출되지 않았다.

## 요 약

본 연구에서는 냉동 돼지고기를 가정에서 일반적으로 이용하는 해동방법인 냉장해동, 냉수해동, 실온해동, 전자레인지해동으로 해동한 후 이들 해동방법이 돼지고기의 품질에 미치는 영향을 살펴보았다. 또한 전자레인지해동을 제외한 각 해동방법에서 해동시간을 2배로 늘려 같은 실험을 실시하였다. 실험 결과, 색도는 일반 해동시간과 시간을 2배로 연장한 냉장해동, 냉수해동, 실온해동 및 전자레인지해동에서 L값이 대조군에 비해 증가하였으며, a값은 모든 해동방법에서 유의적으로 감소하였다. pH는 전자레인지해동과 해동시간을 연장한 경우, 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 또한 해동감량은 일반 해동시간과 해동시간을 2배로 연장했을 때 모두 다른 해동방법에 비해 실온해동 시 유의적으로 증가하였다. 지방의 산패 정도를 나타내는 TBARS값은 일반 해동시간으로 해동한 경우에는 해동방법에 따라 유의적인 차이를 나타내지는 않았으나, 시간을 2배로 연장한 냉장해동과 실온해동 시에는 대조군보다 유의적으로 증가하였다. 일반 해동시간으로 해동 시에 일반 총균수는 전자레인지해동 시 유의적으로 증가하였으며, 해동시간을 2배로 연장한 경우에는 냉수해동과 실온해동 시 대조군에 비하여 유의적으로 증가하였다. 또한 해동시간이 2배로 연장된 경우에 일반세균수는 각 해당 해동방법으로 일반 해동시간으로 해동했을 때보다 미생물 수가 유의적으로 증가하였다. 전체적으로 볼 때 일반 해동시간으로 해동했을 때 냉장해동과 냉수해동이 다른 해동방법에 비해 돼지고기의 품질 변화를 적게 일으켜 바람직한 해동방법으로 나타났으며, 해동시간이 길어지면 미생물 증식, 산패도 증가, 색 변화 등 품질 저하가 크게 일어나기 때문에, 필요 이상의 시간으로 해동하지 않도록 유의해야 할 것이다. 또한 전자레인지해동은 단시간에 열을 발생하

므로 해동이 빠르고 육즙 손실이 적어 육류 해동에 자주 이용되고 있으나, 균일하게 해동되지 않는 문제점이 있기 때문에, 큰 덩어리로 해동하지 않도록 유의해야 할 필요가 있는 것으로 보인다.

## 감사의 글

본 연구는 2010년도 식품의약품안전청 용역연구개발과제의 연구개발비 지원(10062식품안034)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- 농림수산식품부 (2008) 농림수산통계자료.  
 식품의약품안전청 (2010) 식품공전. 식약청 고시.  
 Akamittath JG, Brekke CJ, Schanus EG (1990) Lipid oxidation and color stability in restructured meat systems during frozen storage. *J Food Sci* 55: 1513-1517.  
 Benjakul S, Bauer F (2001) Biochemical and physicochemical changes in catfish (*Silurus glanis* Linne) muscle as influenced by different freeze-thaw cycles. *Food Chem* 72: 207-217.  
 Berry BW (1994) Fat level, high temperature cooking and degree of doneness affect sensory, chemical and physical properties of beef patties. *J Food Sci* 59: 10-14.  
 Brewer MS, Wu SY (1993) Display, packaging, and meat block location effects on color and lipid oxidation of frozen lean ground beef. *J Food Sci* 58: 1219-1223.  
 Buege JA, Aust SD (1987) Microsomal lipid peroxidation. *Method Enzymol* 52: 302-310.  
 Farouk MM, Wieliczko KJ, Merts I (2004) Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. *Meat Sci* 66: 171-179.  
 FDA Food Code (1999) U. S. Public health service, U.S. Dept. of Health and Human Services. Pub. No. PB99-115925. Washington, D.C.  
 Fennema OR (1973) Nature of freezing process. In: Low Temperature Preservation of Foods and Living Matter, Eds: Fennema OR, Powrie WD, Marth EH. Marcel Dekker Inc, New York. pp 151-222.  
 Hamm R (1982) Postmortem changes in muscle with regard to processing of hot-boned beef. *Food Technol* 37: 105-115.  
 Hawrokwitz F, Schwerin P, Yenson MM (1941) Destruction of hemin and hemoglobin by the action of unsaturated fatty acid and oxygen. *J Biol Chem* 140: 353-359.

- Hong GP, Min SG, Ko SH, Shim KB, Seo EJ, Choi MJ (2007) Effects of brine immersion and electrode contact type low voltage ohmic thawing on the physico-chemical properties of pork meat. *Korean J Food Sci Ani Resour* 27: 416-423.
- Huff-Lonergan E, Lonergan SM (2005) Mechanism of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci* 71: 194-204.
- Jeong JY, Yang HS, Kang GH, Lee JI, Park GB, Joo ST (2006) Effect of freeze-thaw process on myoglobin oxidation of pork loin during cold storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 26: 1-8.
- Jung IC, Moon YH (1995) Changes in physicochemical properties and palatability during refrigerated storage after thawing of imported frozen beef tenderloin. *Korean J Food Sci Ani Resour* 15: 156-162.
- Jung SW, Lee NJ, Lee KG, Hong KW, Lee SJ (2006) Changes in microbiological contamination in tuna (*Katsuwonus pelamis*) of various thawing temperature. *Food Engineering Progress* 10: 186-191.
- Kang MS, Kang CG, Lee SK (2007) Comparison of quality characteristics of Korean native black pork and modern genotype pork during refrigerated storage after thawing. *Korean J Food Sci Ani Resour* 27: 1-7.
- Kim CJ, Lee CH, Lee ES, Ma KJ, Song MS, Cho JK, Kang JO (1998) Studies on physico-chemical characteristics of frozen beef at as influenced by thawing rates. *Korean J Food Sci Ani Resour* 18: 142-148.
- Kim YH, Yang SY, Lee MH (1990) Quality changes of thawed porcine meat on the thawing methods. *Korean J Food Sci Technol* 22: 123-128.
- Lee WH (1989) Effect of freezing and thawing conditions on meat qualities of pork loin. *MS Thesis* Kon Kuk University, Seoul. pp 8-14.
- Miller AJ, Ackerman SA, Palumbo SA (1980) Effects of frozen storage on functionality of meat for processing. *J Food Sci* 45: 1466-1471.
- Park HS (2010) Quality characteristics of Sulgidduk by addition of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder. *Korean J Culinary Research* 16: 259-267.
- Park KS, Lee KS, Park HS, Choi YJ, Kang SJ, Yang JB, Hyon JS, Jung IC, Moon YH (2011) Quality characteristics and free amino acid content of seasoning pork meat aged by red wine. *J Life Science* 21: 74-80.
- Sebranek JG, Sang PN, Rust RE, Topel DG, Kraft AA (1978) Influence of liquid nitrogen, liquid carbon dioxide and mechanical freezing on sensory properties of ground beef patties. *J Food Sci* 43: 843.
- Song MS, Lee SJ (2002) Effect of freezing/thawing cycles on physical properties of beef. *Food Engineering Progress* 6: 101-108.
- Speck ML, Ray B (1997) Effects of freezing and storage on microorganisms in frozen foods: A review. *J Food Prot* 60: 333-336.
- Turner EW, Paynter WD, Montie EJ, Bessert MW, Struck GH, Olson FC (1954) Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *Food Technol* 8: 326-330.
- Wilson BR, Person AM, Shorland FB (1987) Effect of total lipids and phospholipids on warmed-over flavor in red muscle and white muscle from several species as measured by the thiobarbituric acid analysis. *J Agric Food Chem* 24: 72-78.
- Yu LH, Lee ES, Jeong JY, Paik HD, Choi JH, Kim CJ (2005) Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. *Meat Sci* 71: 375-382.

---

접 수: 2011년 12월 28일  
 최종수정: 2012년 1월 18일  
 채 택: 2012년 4월 14일