



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)



碩士學位論文

전자기장 급속냉동이 돈육품질에
미치는 영향에 대한 연구

濟州大學校 大學院

生命工學科

高 旻 甫

2011年 6月



전자기장 급속냉동이 돈육품질에 미치는 영향에 대한 연구

指導教授 柳 然 喆

高 炘 甫

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함

2011년 6월

高炘甫의 理學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

濟州大學校 大學院

2011年 6月



Effect of magnetic fields freezing on pork quality traits

Kyoung-Bo Ko

(Supervised by professor Youn-Chul Ryu)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL
FULLFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE
DEGREE OF MASTER OF NATURAL SCIENCES

2011. 6.

THIS THESIS HAS BEEN EXAMINED AND APPROVED

DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

I. 서론.....	1
II. 연구사.....	3
1. 식육 냉동의 목적.....	3
2. 냉동육 품질결정요인	4
3. 식육의 보수력.....	8
4. 보수력 결정요인.....	9
5. 새로운 냉동방식의 돈육 및 돈육제품에 적용.....	10
III. 재료 및 방법.....	11
IV. 결과 및 고찰.....	16
1. 냉동방법에 따른 보수력 측정.....	16
2. 냉동방법에 따른 조직감 측정.....	18
3. 냉동조건 및 시료 두께에 따른 보수력 및 감량.....	20
4. 해동 조건에 따른 보수력.....	23
5. 해동 조건에 따른 육색 측정.....	24
6. 돈가스의 배터 분리율 및 해동 전 외관검사.....	25
7. 관능평가	29
V. 요약.....	30
ABSTRACT.....	32
참고문헌.....	34



The list of Table

Table 1. Effect of freezing methods on the water-holding capacity of the <i>longissimus dorsi</i> muscle.....	17
Table 2. Effect of freezing methods on the texture of the <i>longissimus dorsi</i> muscle.....	19
Table 3. Effect of freezing methods and different thickness on the water-holding capacity of the <i>longissimus dorsi</i> muscle.....	22
Table 4. Effect of thawing methods on the water-holding capacity of the <i>longissimus dorsi</i> muscle.....	24
Table 5. Effect of thawing methods on the meat color of the <i>longissimus dorsi</i> muscle.....	25
Table 6. Separation rate and appearance of pork cutlets by different freezing methods and storage period	27
Table 7. Sensory characteristics of pork cutlets by different freezing methods and storage period.....	29

The list of Figure

Figure 1. Schematic diagram of the experiment protocol	11
Figure 2. Freezing curves of pork loin according to sample thickness.....	21
Figure 3. Pictures of drip loss (48h) on the different freezing methods.....	23
Figure 4. Pictures of pork cutlet separation on the different freezing methods and storage period.....	28

I. 서론

삶의 질이 향상되면서 고급 식자재에 대한 관심이 높아지고, 생산지에서부터 소비자에게 전달되기 위해서 여러 가지 냉동방법이 도입되었다. 식품의 냉동은 품질을 유지하기 위한 가장 효과적인 방법이다(Jul, 1984). 식품 냉동은 식품에서 열을 빼앗아 식품내의 수분을 액체에서 고체로 상변화시키는 방법 즉, 식품의 온도를 저하시켜 조직내의 자유수를 빙결정화 함으로써 미생물 성장과 효소 활성의 억제로 식품의 품질저하를 최대한 방지하는데 목적이 있다. 냉동식품이 정확한 방법으로 처리되면 식품 본래의 향미, 색, 조직감 및 영양가가 신선상태 그대로 유지된다. 또한 화학적 분해 속도의 지연과 미생물번식을 막아 부패를 방지한다(Tomaniak 등, 1998).

식육의 냉동저장 방법은 1880년에 시작되었다. 이 시기 뉴질랜드와 호주의 식육의 과잉상태에서 영국으로 선적하기 위해 식육의 품질 보전을 위해서 영국에서 냉동방법이 제안되었다(Critchell과 Raymond, 1969). 빙점 이하의 온도는 식육의 저장 수명을 연장하고 미생물번식과 화학적 변화를 방지 한다. 도체의 냉동은 표면의 수분 증발을 낮추기 때문에 생산물 수득율을 높이고, 도체의 표면을 빨리 건조하여 박테리아 증식을 막는데 도움을 준다(Zhou 등, 2010).

냉동육의 품질을 결정하는 가장 큰 요인은 냉동속도이며, 동결속도가 빠를 수록 얼음의 결정이 작고 고루 분포되어 조직의 손상이 적어 해동 후에 유리육즙량이 적고 복원력(Reproducibility)이 우수하다. 식육을 냉동하는 방법에는 송풍기를 이용하여 찬 공기를 급속하게 순환시키는 송풍식냉동(Air blast freezing)과 고기를 포장하여 저온의 소금물, 글리세롤 등의 액체냉매에 침지하거나, 분무하여 냉동하는 방식인 액체냉매냉동(Liquid refrigerant freezing)이 있으며, 금속판을 열전달 매체로 사용하여 식육의 표면이나 용기를 직접 냉동기 금속판에 접촉시켜 냉동하는 평판접촉냉동(Contact plate freezing)과 -60°C 이하의 액체질소, 드라이아이스나 이산화질소 등에 접촉시켜 급속으로 냉동시키는 크라이오제닉 냉동(Cryogenic freezing) 등이 있다(박, 2004).

급속 냉동은 세포내에서 작은 얼음결정체를 형성함으로써 세포막에 손상을 주지 않아 해동시 드립을 막는다. 돈육을 냉동할 때 품질의 변화를 완벽하게 방지하기 위한 이상적인 저장온도는 -55°C 라고 제안되었으며(Hansen 등, 2004), 이러한 저온에서는 효소의 반응, 산패취, 얼음의 재결정화가 최소화 된다.

냉동과 관련된 연구들을 살펴보면 일반냉동(Ngapo, 1999; Choi 등, 2002)에서 냉동이 육질 변화에 미치는 영향에 대한 연구(Shim 등, 2009), 냉동 온도 및 해동 방법에 대한 연구(Kim 등, 1998; Mortensen, 2006; Xia, 2009; Vieira, 2009; Muela, 2010) 등이 진행 되었으며, 급속냉동 방법(Farouk 2003)에 따른 저장성 및 품질 변화에 대한 연구가 진행되었다.

그러나 이들 연구에서는 최신 냉동방식인 침지식 냉동이나 전자기장급속 냉동이 돈육품질에 미치는 영향에 관한 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 기존의 냉동방식인 송풍식 냉동과 침지식 냉동, 전자기장 급속 냉동을 이용하여 돈육을 냉동하고 해동 후 변화에 대해서 분석하였으며, 이를 통하여 냉동 중 발생하는 품질의 변화를 최소화 하고 신선육과 유사한 해동육을 얻기 위한 기초자료를 마련하고자 실시하였다.

II. 연구사

다량의 수분과 여러 가지 영양성분을 함유한 신선육을 소비자에게 전달하거나 가공육으로 이용하기 위해서는 품질의 변화와 변패를 막아야 한다. 이를 위해서는 신선육이 소비자에게 전달되기 전까지 알맞은 저장 방법이 필요하다. 식육을 오랫동안 보관하기 위해 가장 널리 이용되는 방법이 냉동이다. 냉동육의 품질은 냉동, 저장, 해동을 위해 이용되는 방법에 의해 결정된다(Jasper 등, 1980). 냉동 방법과 저장방법은 식육의 육색(Meat color), 해동감량(Thawing loss), 연도(Tenderness)에 영향을 준다고 보고된 바 있다(Farouk 등, 1998; Honikel, 등 1986).

1. 식육 냉동의 목적

식육의 저장 중 품질을 높이기 위해 미생물의 번식을 억제하고, 효소적, 물리적 반응을 지연시키며 지질의 산화방지를 하고, vitamin과 영양소의 파괴를 막아 품질 및 저장성을 증진 하기위한 목적으로 냉동 방법이 연구되어 왔다(Gill, 1986; Jay, 1986).

일반적으로 식육을 냉동시킨 후 -20°C 이하의 온도에서 저장하는 방법이 식육을 장기적으로 저장하는 최선의 방법이다. 하지만 냉동육의 품질은 냉동하기 전 냉동육의 품질과 냉동방법에 의해 결정된다. 냉장육은 동결되지 않은 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 에서 취급 하는 것을 말하며, 냉동은 식육이 동결되는 빙결정 $-1.7\sim -2.2^{\circ}\text{C}$ 의 조건에 처리 하는 것을 말한다. 냉각매체가 열전달에 의해서 식육표면의 열을 빼앗아 내리고, 식육의 내부와 표면사이에 온도차이가 발생함으로써 열이 표면으로 이동하여 냉각 매체에 열을 빼앗기며 냉동이 진행된다(Kim 등, 1987).

육류의 영양학적 가치는 매우 높다. 하지만 부패하기 쉬운 식품이며, 소비자의

육류 소비량이 꾸준히 늘어나고 공급량이 일정하지 않아 유통 및 판매기간 동안 품질을 유지하기 위해 냉동처리를 하여 신선육의 품질을 유지한다. 소고기의 경우 $-0.5\sim-1^{\circ}\text{C}$ 에서 40~50일이 보존이 가능하다(Hales, 1963). 이와 같이 식육의 냉장 저장기간은 비교적 짧은 편이며 저온을 이용하여 저장할 때 많은 요인들이 영향을 미친다.

냉동은 다른 어떤 방법 보다 미생물의 증식을 억제하고, 육색, 풍미 및 관능적 품질변화를 적게하여 영양가도 저장기간 동안에 잘 유지된다. 하지만 냉동된 식육을 해동하게 되면 냉동과정 중에 조직의 파괴에 의해서 육즙이 삼출되어 수용성 영양분이 손실되고 조직이 물렁해진다.

2. 냉동육 품질 결정 요인

식육의 냉동은 가능한 낮은 온도에서 급속으로 실시해야 품질보전에 유리하고, 냉동의 일반적인 온도는 $-15\sim-35^{\circ}\text{C}$ 가 이상적인 온도로 알려져 있다(Kim, 1987).

냉동 온도와 관련 하여 식육냉동 시 온도가 낮을수록 조직내에 얼음결정의 크기가 작게 형성되고 얼음결정의 크기는 해동감량, 가열감량(Cooking loss)에 영향을 미친다고 보고된 바 있으나(Mortensen, 2006) 저장기간이 오래 될수록 작은 얼음결정이 서로 결합하여 큰 결정을 이루는 재결정화(Recrystallisation)를 나타낸다고 보고된 바가 있으며, 재결정화는 가열감량에 영향을 미친다고 보고되었다(Farouk 등, 2003).

1) 냉동 속도

냉동 속도(Freezing rate)는 얼음결정을 형성하면서 어는 동안 구조적인 변화를 통해서 고기품질에 영향을 준다고 보고되었다(Smith 등, 1968; Berry, 1990;

Uttaro 등, 2007). 식육의 냉동처리시 심부온도가 0~-5℃를 25~30분 내에 통과하면 식육의 품질에 미치는 영향이 적은 급속냉동이 일어난다. 급속냉동의 경우 세포 내외부에 작은 얼음 결정을 형성시켜 식육의 조직손상을 줄이지만, 완만 냉동(분당 1℃ 이하의 감속속도)은 빙결정의 숫자가 적고 큰 얼음결정을 형성하여 근원섬유를 파괴하고 근장에 손상을 준다(Song과 Lee, 2002). 이는 세포막내에서 세포내액에 용질의 양이 많아 세포외액 보다 빙결점이 낮아져서 냉동이 진행됨에 따라 세포외액에서 결정화가 먼저 시작되어 얼음결정을 형성하고 세포내액은 과냉각되고 증기압이 상승하여 세포내 액의 수분이 세포 밖으로 빠져나와 얼음 결정과 결합하여 결정성장(Crystal growth)을 이룬다(Fennema, 1973).

빙핵의 생성은 온도에 의해서 결정되며 급속냉동의 경우 세포 안과 밖에 동시에 얼음결정을 형성한다(Ballin과 Lametsch, 2008). 그리고 얼음결정의 모양이나 크기는 냉동속도에 의해 결정된다. 종래의 냉동방식인 -20℃에서는 얼음결정이 불규칙한 모양을 형성하고, 비교적 큰 얼음결정을 형성하며(Zhu 등, 2004), 이러한 얼음결정의 형성은 고기에 구조적 변화를 증가 시킨다(Devine 등, 1995).

2) 냉동방법

식육을 송풍식 냉동으로 냉동할 경우 식육내에 평균온도가 냉동저장고 온도에 도달하면 냉동이 완료된 것으로 본다. 식육의 심부를 목표하는 온도까지 낮추는데 필요한 시간을 냉동시간이라 하며, 일반적으로 냉동이 완료된 식육의 심부온도를 -10℃로 한다. 하지만 냉동방법을 비교할 때는 냉동시간을 이용하지 않고 냉동 속도를 이용하여 비교한다.

(1) 정지공기 냉동

일반적으로 -10~-30℃의 공기온도에 대류를 이용하여 냉동하는 방법으로 완만하게 냉동이 진행된다. 열의 전도율이 우수하지 않고 냉동속도도 느리지만 장치가 간단하여 광범위한 범위에 사용되며 가정용 일반 냉장고가 여기에 속한다.

(2) 평판접촉 냉동

열전달 매체가 저온의 금속판으로 식품을 금속판에 직접 접촉시켜 동결하는 방법으로 열전도율은 공기냉동보다 빠르다. 동결시간이 짧고 소요면적이 작으나, 조작효율을 높이기 위해 두께가 한정이 되고 포장상태에 따라 접촉이 불균일하면 동결시간이 길어지고 포장재질에 크게 영향을 받는다.

(3) 송풍식 냉동

가장 많이 이용하는 방식으로 $-20 \sim -40^{\circ}\text{C}$ 의 공기를 $0.5 \sim 18\text{m/s}$ 의 풍속으로 순환시켜 동결하는 방식이다. 공기의 유속이 빠를수록 제품사이 열전달율이 높아져서 냉동속도가 빨라진다. Kim 등(1988)의 연구에서 송풍식 냉동의 순환속도가 빠를수록 pH의 변화가 적어지고 염용성단백질 추출을 감소시킨다고 하였다.

(4) 초고압 냉동

초고압 냉동은 식육을 빙점까지 냉동하여 일정한 압력을 주어 빙점까지 온도를 낮추는 방법(Pressure Assisted Freezing, PAF)과 일정한 압력을 가하여 과냉각 상태로 만든 후 압력을 해제 시켜 상전이를 유도하여 냉동시키는 방법(Pressure Shift Freezing, PSF)이 있다(Knorr 등, 1998). PSF방법이 일반적인 방법으로 -30°C 에서 냉동한 경우 보다 작은 얼음결정을 형성하였다고 보고된 바 있다(Kalichevsky 등, 2000). 하지만 초고압 동결기술을 이용하면 식육에 압력이 가해져 육단백질이 심하게 손상되고 처리 시간이 길어질수록 물리적 변화를 나타낸다(Hong 등, 2005).

(5) 초저온 냉동법

식육을 냉동하는 방법에는 초저온의 낮은 온도와 급속냉동을 하기 위해 액화기체를 사용하여 식육과 냉매간 온도차이를 크게 해서 급속냉동 시키는 방법이

있다. 초저온 냉동법(cryogenic freezing)은 -60°C 이하의 온도에서 냉동시키는 방법으로 이산화탄소(-78.5°C)를 이용하거나, 액체질소(-196°C) 등을 이용하여 직접 침지하거나, 액체분무, 냉매증기 순환의 3가지 방법이 있다. 초저온 냉동법은 식육의 가열 또는 수축에 의한 손실을 감소시킨다고 하였다(Anon과 Calvelo, 1980).

3) 해동방법

냉동 방법도 중요하지만, 해동과정도 냉동육을 이용하기 위해서 반드시 거쳐야 하는 과정이다(Kang 등, 2007). 해동 방법은 식육의 품질에 커다란 영향을 미치며, drip loss, 해동 시간, 조리 및 경제적 측면에 영향을 준다.

해동은 식육냉동 기술의 마지막 단계이며 신선육과 가장 비슷한 상태로 돌려놓기 위한 과정이며, 그 처리과정 중 많은 요인(공기 중 습도, 효율적인 해동시간, 해동방법)에 영향을 받는다. 이 처럼 해동은 냉동육을 식품으로 사용하기 위해서 반드시 거쳐야 하는 필수적인 과정이며 해동방법에 따라 품질에 영향을 준다고 보고되었다.

해동의 목표는 식육내에 형성된 얼음결정이 냉동전과 같이 식육내에 수분으로 환원되어 존재하도록 하는 것이 목표이지만, 대부분의 경우 본래의 상태로 남아 있지 않고 빠져나와 드립(drip)이 발생한다.

Lee와 Park(1999)의 연구에서 해동온도가 높아질수록 보수력이 낮아지는 것을 보였고, 이는 해동속도가 빠르면 식육내 유리되어 있던 수분을 재흡수할 시간이 충분하지 않아서 보수력이 낮아진다고 보고하였다(Sanguinetii 등, 1985).

해동방법은 크게 표면가열방법과 내부가열방법의 두가지로 구분된다. 표면가열 방법은 공기, 물, 증기를 이용하여 열을 표면에 전도시켜 해동시키는 방법이다.

내부가열 방법은 전자파를 이용하여 열이 냉동육의 내부에서 발생되어 해동하는 방법이다. 해동은 급속히 이루어지면 육즙의 삼출이 적지만, 표면 온도가 높아지는 위험이 있다. 표면가열 방법은 열전도율이 낮아서 해동시간이 길어지고 미생물의 성장 가능성이 높아지며, 식육의 표면에 산화에 의한 변색이 발생한다(Lee와 Park 1999). 냉동육을 해동하여 냉장 저장을 하면 해동과정 중에 마이토

콘드리아에 β -hydroxyacyl CoA-dehydrogenase(HADH)가 근형질내로 유리되고
마이토콘드리아 내부에서 NAD^+ 를 이용하여 HADH 생성이 억제되어
Metmyoglobin 환원능력이 떨어져 육색이 나빠지게 된다(Jeong 등, 2006).

공기, 침수, 증기 해동은 긴 해동시간에 의해 냉동육의 품질 저하, 미생물오염,
수분의 증발, 보수력 저하, 표면이 공기에 장기 노출됨으로 인한 산화 발생, 표면
수분이 증발하여 건조해지고 영양분 손실 현상이 발생한다(Lee와 Park, 1999).
Microwave를 이용한 해동은 빠른 열전도에 의한 신속한 처리가 가능하지만, 주
파수가 높을수록 침투깊이가 낮아지고, 식육의 두께가 제한된다. 두께가 큰 냉동
육의 경우 표면이 타고, 내부에 얼음결정이 그대로 있는 불균일한 상태가 된다(
Jason, 1974). Taoukis 등(1987)은 300, 915, 2450 MHz 주파수에 따른 해동 시간,
온도, 해동소비 에너지 효율을 연구한 결과 저주파가 효율적이라고 밝혔다.

3. 식육의 보수력

식육내에 수분은 단백질들과 결합한 상태에 따라 결합수(Bound water), 고정수
(Immobilized water), 유리수(Free water)로 구분 된다. 결합수는 육단백질 주변
의 전하군과 전기적으로 강하게 결합되어 있는 상태를 말하고, 식육내에 수분함
량 중 4~5% 정도를 차지한다(Wismer, 1987). 결합수는 화학적으로 강력하게 결
합되어 있어 외부의 심한 물리적 처리에도 유리 되지 않는다. 고정수는 결합수
수분분자들 주변에 형성되어 있으며, 전기적인 인력으로 붙어 있다. 결합수보다
결합력이 약하며 외부의 물리적 처리에 의해 유리될 수 있다. 그리고 공간에 있
는 수분을 유리수라 한다. 유리수는 표면장력에 의해 결합되어 있어 쉽게 유리된
다. 사후강직이 진행되면 결합수는 외부로 유리되지 않고 양을 유지하지만, 고정
수나 유리수는 근원섬유 밖으로 빠져나올 수 있다(Offer 등, 1989).

식육의 보수성(Water holding capacity)은 외부에서 절단, 열처리, 냉동 및 해동
등의 물리적인 처리가 가해질때 수분을 유지시키려는 능력을 말한다. 보수성은
육색, 가열감량, 다즙성 등에 영향을 준다(Judge 등, 1989). 조리감량은 외부의 물

리적인 힘이 아닌 식육에 열을 가했을 때 유리되어 나온 수분의 양을 측정한다.

4. 보수력 결정요인

1) 식육의 pH

일반적으로 사후 근육의 pH는 도축 시 7.0이었다가 해당작용에 의해 저하되기 시작하여 근육내 젖산의 축적으로 최종 pH 5.5까지 감소한다. 돈육의 최종pH는 6.4~5.2 범위에 있으며 보수력의 변화에 영향을 준다. 최종pH가 약 5.0일때 육단백질은 물분자와 결합하는 힘이 감소한다. pH 5.0은 마이오신과 액토마이오신의 등전점이며 이때 식육의 보수성이 가장 최소가 된다(Pearson과 Young, 1989). 등전점에 가까워질수록 순수 전하력이 감소되어 물분자와 수소결합력이 약해진다(Wismer, 1987). 이때 단백질들이 서로 끌어당기려는 힘이 최대가 되고 근원섬유공간이 최소가 되어, 근원섬유 내에 존재하는 수분이 세포밖으로 빠져나오게 된다. 식육이 pH는 도축 후 7.0에서 계속 강하하기 때문에 보수성 역시 떨어진다.

Offer(1991)는 근육의 pH는 젖산축적과 온도에 달려 있다고 했으며 사후 품질변이를 최소화하기 위해 도체온도를 떨어뜨려야 한다고 제안했다.

PSE육은 사후 해당작용이 급격하게 일어나 낮은 pH와 높은 온도를 형성하여 육단백질이 변성되어 보수성이 떨어진다.

2) 근원섬유의 결합

정상적인 근육의 pH가 7.0에서 5.5로 떨어지면서 사후 24시간 동안 보수력은 감소한다. 근육은 사후 해당작용에 의해 어느 정도의 단축 현상이 일어난다(Lawrie, 1991). 강직전에 발골하여 냉장을 할 경우 근육이 저온에 민감하게 반응하여 저온단축 현상이 일어난다(Locker와 Hagyard, 1963). 저온 단축현상은 강직이 완료되지 않은 근육내에서 해당작용이 완전히 종료되지 않아 ATP수준이

높게 유지되고, 높은 pH와 온도 급강하로 mitochondria와 troponin complex에서 칼슘이온이 유리되어 즉각적인 수축현상이 일어난다(Buege와 Marsh , 1975). 또한 저온단축현상은 고기의 연도를 떨어뜨린다.

사후강직이 진행되는 동안 근질의 단축과 마이오신과 액틴 사이에 상호결합으로 근원섬유 내에 수분이 위치할 공간이 좁아진다. 저온단축이나 고온단축 및 해동강직등 근섬유가 단축되는 경우 보수성이 떨어진다. 근본적인 원인은 액틴이 세포골격 단백질(Cytoskeletal protein)에 고정되어 있고 마이오신은 M-선에 고정되어 있는데 사후강직 후에 pH의 증가에 의해 액틴과 마이오신의 상호결합이 일어나면 근섬유의 팽윤이 억제되기 때문이다(Hamm, 1986).

5. 새로운 냉동방식의 돈육 및 돈육제품에 적용

국내 돈육의 공급과 수요를 보면 1~3월과 9~10월에 돈육가격이 연평균에 비해 낮고 소비량이 적다. 국내 돈육의 소비형태를 살펴보면 비위별 선호도가 뚜렷하다. 돈육의 대일 수출 중단으로 안심이나 등심을 이용한 제품들이 본격적으로 개발되고 있다(Kim, 등 2004).

급속냉동기술을 이용하여 돈육을 냉동 저장시 품질 저하를 막고, 비선호 부위를 이용하여 즉석섭취식품(Ready-to-eat)을 제조하여 비선호 부위의 이용도를 높이기 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 실험설계

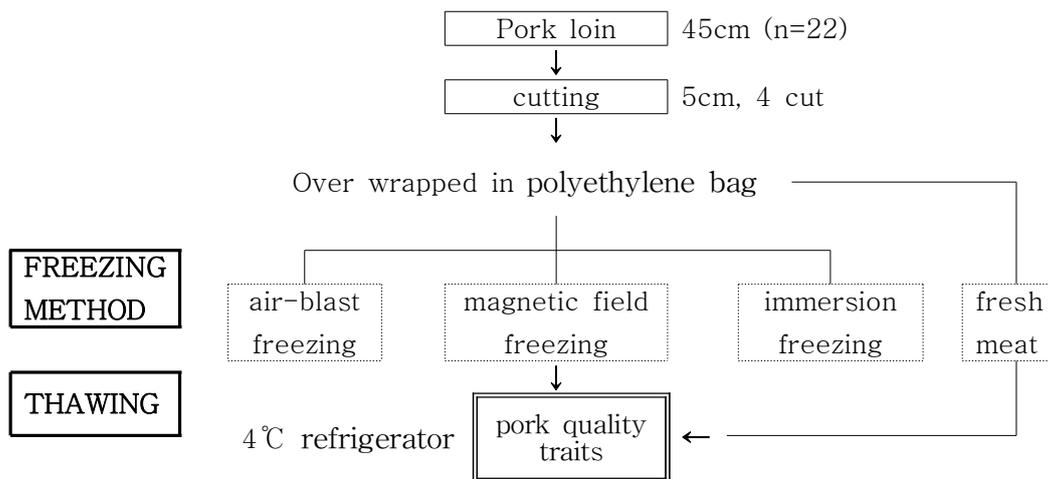


Figure 1. Schematic diagram of the experiment protocol.

2. 공시시료

돈육 등심(*longissimus dorsi* muscle)부위는 도축된 지 24시간 경과한 것을 무작위로 선별하여 사용하였다(n=22개). 선발한 등심근(약 45cm) 가운데를 중심으로 5cm씩 4조각으로 정형하였다. 4조각으로 나뉜 등심근은 무작위로 나뉘어서 신선육 검사와 polyethylene bag으로 포장하여 트레이에 넣어 송풍식냉동(Air-blast freezing, -40℃), 전자기장 급속냉동(Magnetic fields freezing, -50℃), 진공포장 후 침지식냉동(Immersion freezing, -65℃)으로 나누어 반복처리(n=6)하였다.

등심근 두께별 냉동효율 알아보기 위해 등심근(n=16)을 두께별(1cm, 2.5cm, 5cm, 7.5cm, 10cm)로 정형 후 polyethylene bag으로 포장 한 후 전자기장 급속 냉동(-50℃)과 송풍식 냉동(-40℃)처리를 하였다. 각각의 등심근 시료는 심부온도계(177-T4, Testo, Germany)를 삽입하여 등심근의 심부온도가 -1~-5℃가 될 때 까지 냉동하였다.

3. 실험 방법

1) 해동처리

실험실로 옮겨진 냉동 시료들은 냉장고(4℃)에 넣어 해동을 하였으며 냉동된 등심근에 온도계(177-T4, Testo, Germany)를 삽입하여 심부온도를 -1~2℃로 해동 후 육질 분석을 실시하였다.

2) 보수력 측정

보수력을 측정하기 위하여 유리 육즙량과 여과지 흡수량을 측정하였다. 유리 육즙량은 Honikel(1987)의 방법을 이용하여 돈육 등심근에 직경 4cm의 core를 이용하여 시료를 채취 후 무게를 잰 후 냉장온도(4℃)에서 48시간 보관 후 유리된 육즙량을 최초 무게에 대한 백분율로 계산 하였다.

$$\text{Drip loss(\%)} = \frac{\text{처음무게(g)} - \text{보관 후 무게(g)}}{\text{처음무게(g)}} \times 100$$

여과지 흡수량은 Kauffman 등(1986)의 방법을 이용하여 실시하였다. 등심근 표면을 절단하여 공기중에 20분간 냉장온도(4℃)에 방치하여 지름 5.5cm 여과지

(Advantec #1)를 이용하여 여과지에 묻어나는 수분량을 저울(Elt202, Sartorius Co., USA)을 이용 칭량하였다.

3) 가열감량

조리 후에 빠져나가는 수분의 양을 측정하기 위해서 등심근을 일정한 크기 (2x4x6cm)로 절단한 후 무게를 측정하고 polyethylene bag으로 감싼 후 80°C인 항온수조(Kmc-1205SW1, Vision co., USA)에서 심부 온도가 71°C에 도달 할때 까지 가열한 후 일정시간 식힌 다음 감소된 시료의 무게를 측정하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{cooking loss(\%)} = \frac{\text{처음무게(g)} - \text{가열 후 무게(g)}}{\text{처음무게(g)}} \times 100$$

4) 조직감

가열감량을 산출한 시료를 이용하여 일정한 크기(1.5x1.5x1.5cm)로 자른 후 Rheometer(Compac-100, Sun Scientific Co., Japan)를 이용하여 가열육의 경도 (hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(gumminess)을 측정하였다.

5) 두께별 냉동효율 실험

돈육의 두께에 따른 해동 후 보수력을 측정하기 위해서 돈육의 등심근을 1cm, 2.5cm, 5cm, 7.5cm, 10cm 자른 후 전자기장급속냉동과 송풍식 냉동 방식으로 나눠서 시료를 처리한 후 저온해동(4°C)을 하여 보수력을 측정하였다.

전자기장 급속냉동 방식을 이용 하여 등심근 심부에 데이터 로거(177-T4, Testo, Germany)를 삽입하여 두께별로 등심근 심부가 빙결정을 지나는 시간을 측정하였다.

6) 해동방법 비교

해동방법에 따른 해동 후 품질을 알아보기 위해서 5cm두께의 등심근을 전자기장급속냉동으로 냉동 후 냉수침수해동(Cold-water thawing, 4℃), 저온해동(Ce refrigerator thawing, 5℃), 실온해동(Room-temperature thawing, 17℃), 침수해동(Water-thawing, 14℃)조건에서 해동하여 실험을 실시하였다. 냉동되어진 등심근 심부에 온도계(370 RTD, Giltron Co., Taiwan)를 삽입하여 최대해동온도 상한인 -1~2℃까지 해동 후 육질검사를 실시하였다.

7) 표면 육색

육색은 저온상태에서(4℃)시료를 절단한 후 30분간 공기중에 노출시켜 등심근 절단면을 3번씩 반복하여 Minolta chromameter(Model CR-300, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)를 사용하여 명도(Lightness)를 나타내는 L*값, 적색도(Redness)를 나타내는 a*값과 황색도(Yellowness)를 나타내는 b*값을 측정하였다. 이때 표준화 작업은 Y=91.7, x=0.3138, y=0.3200인 표준색판을 사용하였다.

8) 급속냉동방식의 돈육제품에 적용

(1) 돈가스 배터 분리율 측정

배터의 분리율은 등심근과 배터의 분리현상을 측정하기 위해서 전자기장급속냉동과 송풍식 냉동으로 동결처리 된 돈가스를 Microwave(Model Re-C202ZW, Samsung, Korea)를 이용 2분40초 동안 해동하여, 주방용 칼을 이용하여 장축 방향으로 일정하게 힘을 가하여 절단 후 등심근과 배터가 분리된 부분의 길이를 측정하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{Separation}(\%) = \frac{\text{처음무게(g)} - \text{가열 후 무게(g)}}{\text{처음무게(g)}} \times 100$$

(2) 관능검사

급속냉동방식과 송풍식 냉동의 차이를 식별하기 위해서 5명의 패널 요원을 선발하여, 예비 관능검사를 반복하여 신뢰도를 향상시켜 관능검사를 실시하였다. 해동전 돈가스의 외관색(Color), 풍미(Flavor), 이취(Off-flavor)를 평가 하였고, 돈가스를 해동하여 외관색(Post-color), 맛(taste), 이미(Off-taste), 풍미(Post-flavor), 이취(Off-post-flavor), 조직감(Texture)을 5점 척도법으로 평가하였다.

4. 통계분석

실험결과의 통계분석은 SAS(Statistics Analysis System, USA) program (2001)을 사용하여 분산분석을 실시하였으며, Duncan의 다중검정법(multiple range test)을 이용하여 유의성 5%수준에서 검정하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 냉동 방법에 따른 보수력 측정

냉동방법에 따른 돈육의 해동 후 보수성 및 조리 후 감량을 분석한 결과를 Table 1에 나타내었다. 송풍식냉동 방식이 저장기간 1일째 유리 육즙량(%)이 $6.08 \pm 1.26\%$ 으로 가장 높게 나타났다. 전자기장 냉동방식이 신선육과 차이없는 값을 나타냈다. 저장기간 2일째 유리 육즙량은 전체적으로 증가하였으며 신선육의 유리 육즙량이 가장 적게 나타났고, 송풍식냉동이 $9.47 \pm 1.26\%$ 로 가장 높게 나타났으며 전자기장냉동과 침지식냉동은 차이를 보이지 않았다.

조리 후 감량을 분석한 결과 신선육과 전자기장냉동이 차이 없는 값을 보였고 송풍식냉동이 신선육과 비교하였을 때 유의적으로 높은 값을 나타냈다($p < 0.05$).

여과지 흡수법에 의한 보수력 측정 결과는 수치상으로는 신선육이 가장 우수하고 전자기장냉동, 침지식냉동, 송풍식냉동 순으로 나타났으나, 유의차는 인정되지 않았다. 돈육의 냉각 온도와 냉각 속도는 보수력에 영향을 준다는 선행 연구(Berry, 1990)와 일치 하였으나, 침지식냉동 방법보다 온도가 높은 전자기장을 이용한 냉동이 더 우수한 보수력을 나타냈다. 냉장 온도와 관련하여 온도가 낮을 수록 조직내에 얼음결정의 크기가 작게 형성되고 해동감량, 가열감량에 영향을 준다는 보고가 있으며, 저장기간이 길어지면 작은 얼음결정들이 서로 결합하여 큰 얼음결정을 이루는 재결정화가 일어나 보수력에 영향을 준다는 보고가 있다(Farouk 등, 2003). 하지만 본 연구에서는 저장기간 설정을 하지 않고 냉동 후 바로 해동을 실시하였기 때문에 저장기간에 따른 재결정화가 일어나지 않은 것으로 판단되며, 전자기장 냉동방식이 보수력이 가장 우수한 것으로 보아 냉동시 얼음결정이 작게 형성되어 조직파괴가 적게 일어난 것으로 판단된다.

Table 1. Effect of freezing methods on the water-holding capacity of the *longissimus dorsi* muscle

	Freezing methods				Significance
	Fresh meat	Air blast freezing(-40℃)	Magnetic fields freezing(-50℃)	Immersion freezing(-65℃)	
FFU(mg)	67.33 ^a ±13.90	110.06 ^b ±44.78	85.50 ^{ab} ±37.42	85.50 ^{ab} ±37.42	NS
Drip loss (%, 1d)	3.68 ^a ±0.66	6.08 ^b ±1.26	3.90 ^a ±1.19	4.30 ^{ab} ±2.02	***
Drip loss (%, 2d)	5.91 ^a ±0.87	9.47 ^c ±1.26	6.87 ^b ±1.45	7.07 ^b ±1.27	***
Cooking loss(%)	18.95 ^a ±3.26	26.38 ^b ±4.04	18.79 ^a ±3.14	20.19 ^{ab} ±2.44	***

Levels of significance: NS, Not Significant; *** $P < 0.001$.

^{a-c}Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

FFU, Filter paper Fluid uptake.

2. 냉동 방법에 따른 조직감 측정

고체 식품의 딱딱한 정도를 나타내는 경도(Hardness), 식품이 내부적 결합에 필요한 힘을 나타내는 응집성(Cohesiveness), 외부로부터 힘을 가한 후 생긴 변형이 힘을 제거 후 원래 모습으로 돌아가려는 성질인 탄력성(Springiness), 표면이나 물질에 들러붙는 성질인 부착성(Adhesiveness), 식품을 삼킬 수 있을 정도로 씹는데 필요한 에너지를 나타내는 검성(Gumminess), 식품을 입에서 이빨로 되풀이하여 깨물어서 삼키기 쉽게 되는 성질인 씹힘성(Chewiness), 식품이 변형된 후 시료가 회복되는 성질인 복원력(Resilience) 등이 돈육의 물성변화를 확인하는 대표적으로 사용된다.

냉동방법에 따른 물성결과를 Table 2에 나타냈다. 경도(Hardness)를 측정한 결과 신선육과 전자기장 급속냉동방식과 침지식 급속냉동 방식이 차이 없는 값을 나타냈고, 송풍식 냉동방식은 높은 값을 나타냈다. Levie (1984)는 냉동 저장 중에 발생하는 빙결정이 세포조직의 파열 및 결체조직을 팽창시켜 식육의 연도를 향상 시키는데 영향을 미친다고 하였다. 본 연구에서는 냉동 후 저장기간 없이 바로 해동하여 냉동저장 중 발생하는 얼음결정의 재결정화가 일어나지 않음으로 인하여 조직의 파괴가 심하지 않아 물성에 큰 차이를 보이지 않은 것으로 사료된다. Kim 등(1998)은 식육의 해동감량이나 가열감량이 적게 발생하면 경도가 낮게 나타나 다소 우수한 연도를 갖는다고 하였다. 본 연구에서 신선육과 전자기장 냉동방식의 가열감량이 비슷하게 낮은 값을 보였으며, 이는 물성의 경도(Hardness)값도 같은 경향을 보이고 있다. 전자기장 급속냉동 방식과 침지식방식은 급속냉동 방식으로 냉동시 조직의 손상을 줄여 해동 후에 수분의 손실을 적게 함으로서 신선육과 동일한 특성을 나타낸 것으로 판단된다.

Table 2. Effect of freezing methods on the texture of the *longissimus dorsi* muscle

	Freezing methods				Significance
	Fresh meat	Air blast freezing(-40℃)	Magnetic fields freezing(-50℃)	Immersion freezing(-65℃)	
Hardness	30.80 ^a ±8.46	35.51 ^b ±7.72	30.28 ^a ±4.29	32.17 ^a ±3.22	*
Cohesiveness	0.38 ^a ±0.08	0.39 ^a ±0.02	0.41 ^a ±0.04	0.40 ^a ±0.34	†
Springiness	0.68 ^a ±0.11	0.79 ^b ±0.06	0.75 ^{ab} ±0.08	0.77 ^{ab} ±0.08	†
Adhesiveness	-5.35 ^a ±2.92	-5.27 ^a ±2.13	-4.70 ^a ±1.26	-4.79 ^a ±1.41	NS
Gumminess	11.75 ^a ±3.58	14.13 ^a ±3.30	12.64 ^a ±2.11	13.13 ^a ±2.23	NS
Chewiness	9.03 ^a ±2.45	11.20 ^b ±2.71	9.72 ^{ab} ±1.82	10.12 ^{ab} ±1.26	†
Resilience	0.20 ^a ±0.13	0.13 ^b ±0.07	0.19 ^b ±0.02	0.13 ^b ±0.02	*

Levels of significance: NS, Not Significant; † ; $P < 0.1$, * $P < 0.05$.

^{a,b}Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

3. 냉동 조건 및 시료 두께에 따른 보수력 및 감량

급속냉동시 식육의 심부가 빙결정 단계를 30분이내에 도달해야 식육이 급속냉동이 된다. 식육의 알맞은 급속냉동 두께에 대한 기초연구를 위해 돈육 등심근을 이용하여 두께별(2.5cm, 5cm, 7.5cm, 10cm)로 전자기장 급속냉동을 하면서 심부 온도를 측정하였고, 해동 후 송풍식 냉동과 보수력을 비교를 하였다. 등심근의 두께가 2.5cm의 경우 빙결정 통과시간이 40~50분이 소요되었으며, 등심근의 두께가 5cm인 경우 70~90분이 소요되었다. 등심근의 두께가 7.5cm인 경우 90~120분, 10cm인 경우 130~140분이 소요되었다(Fig 2).

전자기장급속냉동과 송풍식 냉동을 이용하여 두께별(1cm, 2.5cm, 5cm, 7.5cm, 10cm)로 냉동 하여 보수력을 측정한 결과는 Table 3에 나타내었다. 여과지 흡수법은 냉동방법 및 두께에 상관없이 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 유리육즙량은 전자기장 급속냉동에서 1, 2.5, 5cm 두께에서 보수력이 높으며 7.5cm, 10cm 두께에서 보수력이 떨어졌다. 송풍식냉동은 1, 2.5cm 두께에서 보수력이 높았으며 5, 7.5, 10cm에서 보수력이 떨어졌다. 냉동방식 간 비교를 해보면 전자기장 급속냉동 방식에서 가장 우수한 보수력을 보인 두께인 2.5cm에서 유리육즙량이 2.53%이었으나, 송풍식방식은 8.12%를 보였다. 전자기장 급속냉동시의 가열감량 측정결과 2.5cm, 7.5cm에서 낮은 가열감량을 보였으며, 송풍식 냉동은 두께간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

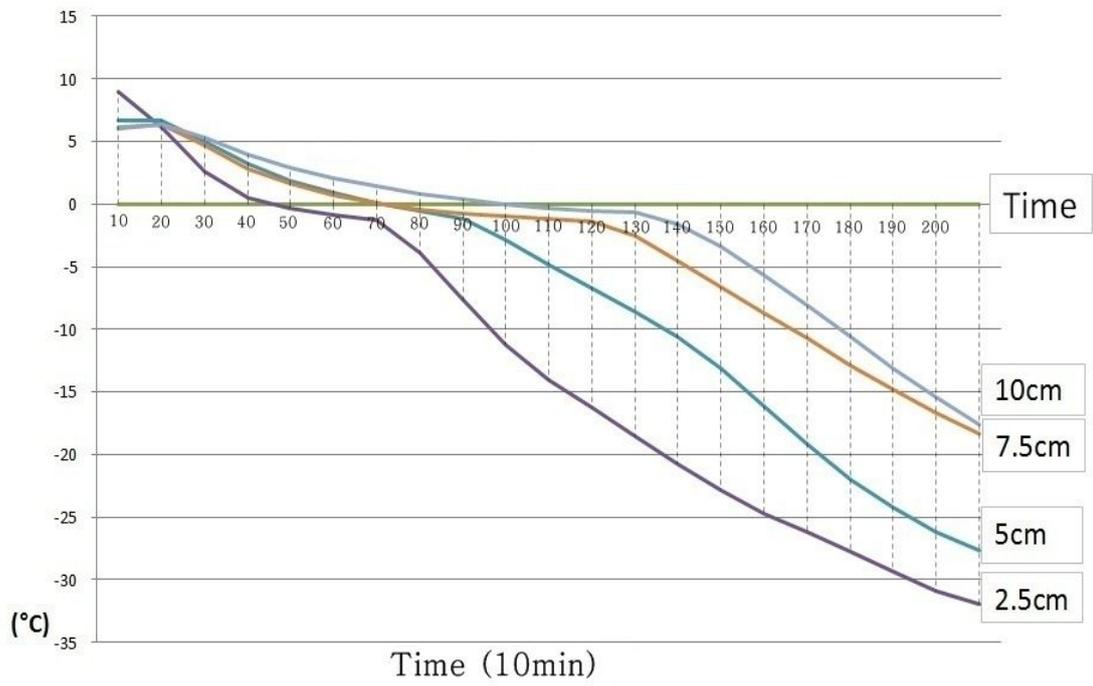


Figure 2. Freezing curves of pork loin according to sample thickness

Table 3. Effect of freezing methods and different thickness on the water-holding capacity of the *longissimus dorsi* muscle

		Thickness (cm)					
Methods		1	2.5	5	7.5	10	Significance
FFU	MFF	57.33 ^a ±18.0	81.00 ^a ±22.3	76.00 ^a ±7.8	109.50 ^a ±34.6	111.66 ^a ±68.2	NS
	ABF	86.33 ^a ±17.3	113.00 ^a ±49.6	128.00 ^a ±47.6	136.66 ^a ±75.6	138.33 ^a ±23.7	NS
Drip loss	MFF	3.41 ^{bc} ±0.4	2.53 ^c ±0.2	3.92 ^{abc} ±1.1	4.62 ^{ab} ±0.7	5.26 ^a ±0.9	***
	ABF	8.68 ^{bc} ±0.1	8.12 ^c ±1.1	9.71 ^{ab} ±1.0	10.90 ^a ±0.5	9.99 ^{ab} ±1.0	***
Cooking loss	MFF	21.00 ^a ±2.57	16.35 ^b ±2.8	20.50 ^a ±2.8	16.18 ^b ±2.9	19.05 ^{ab} ±2.1	***
	ABF	26.73 ^a ±2.5	24.66 ^a ±3.4	27.58 ^a ±3.4	29.20 ^a ±3.7	23.75 ^a ±6.4	NS

Levels of significance: NS, Not Significant; ***P < 0.001.

^{a,b}Means with different superscripts in the same row significantly differ (P < 0.05).

FFU, Filter paper Fluid uptake.

MFF, Magnetic fields Freezing.

ABF, Air Blast Freezing.

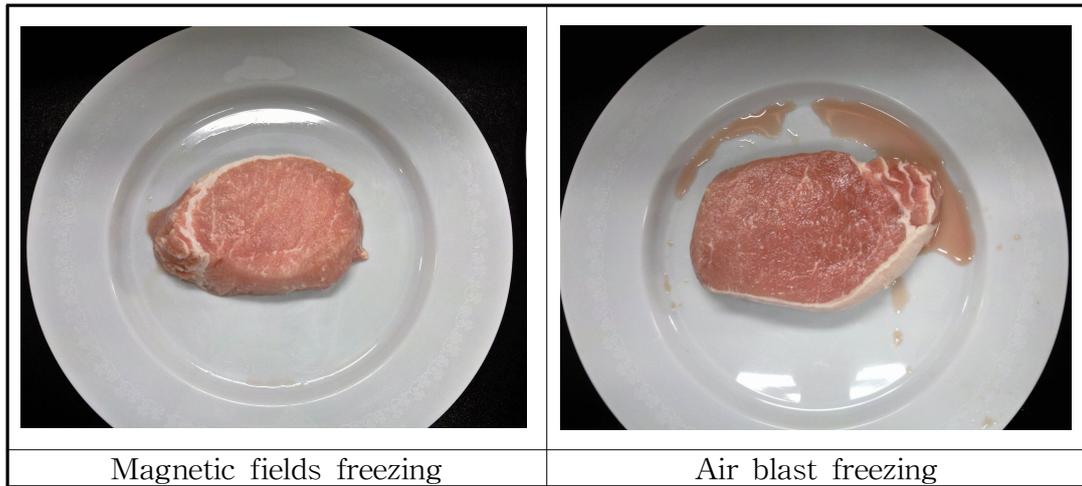


Figure 3. Pictures of drip loss (48h) on the different freezing methods.

4. 해동조건에 따른 보수력

해동 조건에 따른 해동 후 육질 분석결과를 Table 4에 나타내었다. 본 연구 결과 냉동 및 해동방법이 돈육의 보수력에 영향을 주는 것으로 나타났다. 냉수 침수방식을 이용하여 해동한 경우가 다른 처리구보다 저장기간 1일째 유리육즙이 유의적으로 낮은 감량을 나타내며, 저장기간 2일째 냉수침수 해동방식이 가장 낮은 유리육즙량을 나타냈다. Lee와 Park(1999)의 연구에서 해동온도가 높아질수록 보수력이 낮아진다는 보고가 있는데, 본 연구에서도 해동온도가 가장 높은 실온 해동에서 보수력이 낮은 것으로 나타나 기존의 연구결과와 일치함을 보였다. 하지만 가열감량에서는 처리구 간에 유의적 차이가 나타나지 않았다. 급속냉동 처리된 식육은 빠른 해동처리가 요구되고, 완만냉동된 식육은 완만한 해동처리를 해야 조직파괴를 최소화할 수 있다(Hamm 등, 1982). 본 실험에서 이용한 냉동방법은 전자기장을 이용한 급속냉동이며, 냉수침수해동이 가장 빠른 해동방법으로 가장 적은 유리 육즙양을 보여 기존의 연구결과와 일치하였다.

Table 4. Effect of thawing methods on the water-holding capacity of the *longissimus dorsi* muscle

	thawing methods				significance
	Cold-water thawing	Refrigerator thawing	Room-temperature thawing	Water-thawing	
Drip loss (1d)	4.40 ^b ±0.67	6.86 ^a ±1.56	7.50 ^a ±2.26	6.57 ^a ±0.96	*
Drip loss (2d)	7.00 ^c ±0.70	10.94 ^{ab} ±1.44	11.77 ^a ±2.58	8.96 ^{bc} ±1.31	**
Cooking loss	26.62 ^a ±1.28	28.59 ^a ±1.60	28.74 ^a ±2.05	27.58 ^a ±6.42	NS

Levels of significance: NS, Not Significant; *P < 0.05, **P < 0.01.

^{a,b}Means with different superscripts in the same row significantly differ (P < 0.05).

5. 해동조건에 따른 육색측정

Table 5는 해동조건이 돈육 등심근 육색에 미치는 영향을 나타내었다. Jeong 등 (2006)은 저장기간이 길어지면 육색이 저하되는 경향이 뚜렷하게 나타나고 냉동과 해동처리 횟수에 따라 육색이 빠른 속도로 어두워지고(낮은 L*값) 흐려(낮은 a*값)진다고 하였다. 본 연구에서는 모든 처리구에서 육색은 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

Table 5. Effect of thawing methods on the meat color of the *longissimus dorsi* muscle

	Thawing methods				P-value
	Cold-water thawing	Refrigerator thawing	Room-temperature thawing	Water-thawing	
L*	41.85 ^a ±0.90	42.48 ^a ±3.41	44.96 ^a ±1.96	42.59 ^a ±2.91	NS
a*	9.33 ^a ±0.88	9.25 ^a ±1.18	9.23 ^a ±1.85	8.72 ^a ±0.53	NS
b*	3.56 ^{ab} ±0.54	4.26 ^a ±0.75	4.18 ^a ±0.41	3.27 ^a ±0.45	NS

Levels of significance: NS, Not Significant

^{ab}Means with different superscripts in the same row significantly differ (P < 0.05).

L*, lightness; a*,redness; b*, yellowness.

6. 돈가스의 배터 분리율 및 해동 전 외관검사

돈가스의 등심근과 배터간에 분리율 측정결과를 Table 6에 나타내었다. 저장기간이 길어짐에 따라 분리율이 증가하였고, 냉동방식을 비교해 보면 송풍식 방식이 전자기장급속냉동 방법 보다 높은 분리율을 나타내었다. 재가열하지 않은 돈가스의 배터 분리 원인은 돈가스를 조리할 경우 발생하는 등심근의 수축에 비하여 배터의 수축 정도가 작은 경우 발생한다. 또 다른 이유는 돈가스를 조리할 때 뜨거운 기름이 배터를 가열하여 등심근에서 유출된 수분과 접촉하면 수분이 비등하여 수증기로 변해 격렬한 대류효과가 일어나 분리가 일어난다(Kim 과 Lee, 2009). 또는 배터액에 수분함량이 높은 상태에서 기름에 튀겨지면 분리현상이 일어난다. 하지만 본 연구에서 완전조리한 상태의 돈가스를 냉동시켜 저장 후 해동하여 실험하였다. 이를 위해서 배터에 검류 0.1~0.3%를 넣어 검류가 물과 결합하여 막을 형성해 수분이 빠져나가는 것을 방지하는 성질을 이용해 냉동전 등심근과 배터가 분리가 일어나지 않도록 한 후 냉동방법에 따른 분리율을 측정하였다.

Fig. 3은 저장기간별 냉동조건에 따른 분리율 사진이다. 전자기장 급속냉동으로 냉동되어진 돈가스는 저장 0일, 7일에는 거의 분리현상이 나타나지 않았고, 14일 이후에 분리 현상이 나타났다. 송풍식 냉동방식으로 처리된 돈가스는 저장 0일부터 육안으로 확인 가능할 정도의 분리현상이 나타났다. 하지만 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 송풍식 방식에서 분리율이 수치상으로 높게 나타나는 것은 냉

동과정 중에 발생하는 식품내에 조직의 파괴로 해동시 수분이 유출되어 유출된 수분이 가열됨으로서 분리 현상이 일어난 것으로 판단된다.

해동하기 전 외관검사를 실시한 결과, 외관색에서 0일, 7일 까지 전자기장 급속 냉동 방식이 송풍식냉동 방식에 비해 우수하게 평가 되었다. 해동 전 풍미는 0일, 7일, 14일, 21일에서 송풍식냉동 방식에 비해 우수하게 평가되었다. 이취항목은 14일째 송풍식 냉동방식에서 3.00 ± 0.10 으로 이취가 시작되어 28일째 4.00 ± 0.10 으로 이취가 점점 심해졌음을 나타냈다.

Table 6. Separation rate and appearance of pork cutlets by different freezing methods and storage period

Days	Methods	Appearance					
		Separation	Appearance	Color	Flavor	Off-flavor	Overall
0	MFF	0.00 ^a ±0.00	5.00 ^a ±0.10	4.50 ^a ±0.10	4.50 ^a ±0.10	1.50 ^a ±0.10	4.50 ^a ±0.10
	ABF	17.24 ^a ±13.24	4.50 ^b ±0.10	4.00 ^b ±0.10	3.50 ^b ±0.10	2.00 ^b ±0.10	3.50 ^b ±0.10
7	MFF	0.00 ^a ±0.00	4.00 ^a ±0.10	4.00 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	2.00 ^a ±0.10	4.00 ^a ±0.10
	ABF	22.84 ^a ±32.50	3.50 ^b ±0.10	3.50 ^b ±0.10	3.00 ^b ±0.10	1.50 ^b ±0.10	3.00 ^b ±0.10
14	MFF	14.35 ^a ±9.18	3.50 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	1.50 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10
	ABF	23.23 ^a ±13.33	3.50 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	2.50 ^b ±0.10	3.00 ^b ±0.10	3.00 ^b ±0.10
21	MFF	10.53 ^a ±15.95	3.00 ^a ±0.10	3.00 ^a ±0.10	3.00 ^a ±0.10	2.00 ^a ±0.10	3.00 ^a ±0.10
	ABF	25.23 ^b ±0.98	3.00 ^a ±0.10	3.00 ^a ±0.10	2.50 ^b ±0.10	3.00 ^b ±0.10	2.50 ^b ±0.10
28	MFF	·	3.00 ^a ±0.10	3.00 ^a ±0.10	2.00 ^a ±0.10	2.00 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10
	ABF	·	3.00 ^a ±0.10	3.00 ^a ±0.10	2.00 ^a ±0.10	4.00 ^b ±0.10	2.00 ^b ±0.10

^{a,b}Means with different superscripts in the same row significantly differ (P < 0.05).

MFF, Magnetic fields Freezing.

ABF, Air Blast Freezing.

	
<p>Magnetic freezing pork cutlet, 7 day</p>	<p>Air blast freezing pork cutlet, 7 day</p>
	
<p>Magnetic freezing pork cutlet, 14 day</p>	<p>Air blast freezing pork cutlet, 14 day</p>
	
<p>Magnetic freezing pork cutlet, 21 day</p>	<p>Air blast freezing pork cutlet, 21 day</p>

Figure 4. Pictures of pork cutlet separation on the different freezing methods and storage period

7. 관능평가

저장기간별 냉동조건에 따른 관능검사 결과를 Table 7에 나타내었다. 평가 항목으로는 조직감(Texture), 해동 후 색(Post-Color), 해동 후 향(Post flavor), 해동 후 이취(Post off flavor), 맛(Taste), 이미(Off-taste), 전체적인 기호도(Overall acceptance)를 평가 하였다. 조직감은 저장기간 0일, 14일, 21일, 28일에 전자기장 급속냉동방식이 송풍식 방식보다 유의적으로 높게 나타났다. 저장기간이 길어지면 조직감이 떨어져 씹기가 저장기간 0일에 보다 딱딱해졌다. 해동 후 튀김의 색은 냉동방식 간에 차이가 있지만, 저장기간에는 영향을 받지 않는 것으로 판단된다. 저장기간 14일부터 송풍식 냉동방식으로 냉동된 돈가스에서 이취가 강하게 느껴지는 것으로 평가되었다. 또 이취의 증가와 더불어 14일째부터 약한 이미가 느껴진 것으로 평가되었다. 송풍식으로 냉동된 14일째 돈가스에서 이취와 이미가 느껴지는 것은 저장기간 중 돈가스의 산패가 시작된 것으로 판단된다.

Table 7. Sensory characteristics of pork cutlets by different freezing methods and storage period

Sensory evaluation								
Days	Methods	Texture	Post color	Post flavor	Post off flavor	Taste	Off taste	Overall acceptance
0	MFF	4.00 ^a ±0.10	4.50 ^a ±0.10	4.50 ^a ±0.10	2.00 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	2.00 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10
	ABF	2.00 ^b ±0.10	3.00 ^b ±0.10	1.50 ^b ±0.10	2.00 ^a ±0.10	1.50 ^b ±0.10	2.00 ^a ±0.10	2.00 ^b ±0.10
7	MFF	3.00 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	3.00 ^a ±0.10	2.00 ^a ±0.10	4.00 ^a ±0.10	2.00 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10
	ABF	3.00 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	3.50 ^b ±0.10	2.00 ^a ±0.10	3.50 ^b ±0.10	2.00 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10
14	MFF	4.00 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	3.00 ^a ±0.10	2.50 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	2.00 ^a ±0.10	3.00 ^a ±0.10
	ABF	2.00 ^b ±0.10	3.00 ^b ±0.10	2.00 ^b ±0.10	4.00 ^b ±0.10	2.00 ^b ±0.10	3.50 ^b ±0.10	2.00 ^b ±0.10
21	MFF	3.50 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	2.50 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	2.00 ^a ±0.10	3.00 ^a ±0.10
	ABF	1.50 ^b ±0.10	2.50 ^b ±0.10	1.50 ^b ±0.10	4.00 ^b ±0.10	2.00 ^b ±0.10	3.50 ^b ±0.10	2.00 ^b ±0.10
28	MFF	2.00 ^a ±0.10	3.00 ^a ±0.10	1.50 ^a ±0.10	2.50 ^a ±0.10	3.50 ^a ±0.10	2.00 ^a ±0.10	3.00 ^a ±0.10
	ABF	1.00 ^b ±0.10	3.00 ^a ±0.10	2.00 ^b ±0.10	4.50 ^b ±0.10	2.00 ^b ±0.10	3.50 ^b ±0.10	2.00 ^b ±0.10

^{a,b}Means with different superscripts in the same row significantly differ (P < 0.05).

MFF, Magnetic fields Freezing.

ABF, Air Blast Freezing.

V. 요약

본 연구는 식육을 냉동할 때 발생하는 품질변화를 최소화하기 위하여 실시되었으며, 송풍식냉동, 침지식냉동, 전자기장 급속냉동을 이용하여 돈육을 냉동하고 해동 후 변화에 대해서 분석하였으며, 이를 통하여 냉동 중 발생하는 품질의 변화를 최소화 하고 신선육과 유사한 해동육을 얻기 위한 목적으로 수행되었다.

또 다른 목적으로 급속냉동기술을 돈육제품에 적용하여 즉석섭취식품(Ready-to-eat)을 제조하여 품질평가를 실시하고, 이를 통하여 돈육의 비선호 부위의 이용도를 높이기 위하여 수행되었다.

돈육 등심근을 5cm 크기로 정형한 후 송풍식냉동, 전자기장 급속냉동, 침지식 냉동으로 처리하여 해동 후 보수력과 조직감을 측정하였다. 돈육 등심근을 두께별(2.5cm, 5cm, 7.5cm, 10cm)로 전자기장 급속냉동을 하면서 심부온도를 측정하였고, 해동 후 송풍식 냉동과 보수력을 비교 하였다. 알맞은 해동방법을 알아보기 위해 냉수침수해동, 저온해동, 실온해동, 침수해동 조건에서 전자기장급속냉동 처리된 돈육을 해동하여 보수력과 육색을 측정하였으며, 냉동처리 된 돈가스를 전자렌지로 해동 한 후 분리율과 관능검사를 실시하였다.

냉동방법간 보수력 측정결과는 전자기장 급속냉동 처리한 돈육 등심근의 유리육 함량(1d)과 가열감량 항목이 신선육과 가장 비슷한 값을 보였다($P < 0.001$). 전자기장 급속냉동 처리시 등심근 두께에 따른 빙결정 통과시간 측정 결과는 2.5cm두께의 경우는 40~50분 소요되었으며, 5cm두께에서는 70~90분, 7.5cm두께에서는 90~120분, 10cm의 두께에서는 130~140분이 소요 되었다. 냉동방식 및 두께에 따른 보수력 측정결과, 1cm, 2.5cm, 5cm의 두께로 전자기장급속냉동 처리된 등심에서 낮은 보수력을 나타냈고 2.5cm의 경우 가장 낮은 보수력을 보였다($P < 0.001$). 냉동 방식간의 비교에서 전자기장 급속냉동 방식이 송풍식 냉동방식 보다 높은 보수력과 낮은 가열감량을 나타냈다. 해동방법간에 비교결과는 냉수침수해동이 다른 해동 방법에 비해 낮은 유리 육함량(1d)를 보였다($P < 0.01$). 전자기장급속냉동 처리한 조리완제돈가스의 저장기간에 따른 분리정도를 조사한 결과에서는 저장기간 0일, 7

일에서 전자기장 급속냉동 처리한 돈가스는 분리율이 나타나지 않았다. 저장기간 14 일째부터 송풍식냉동 처리한 돈가스에서 해동전에 이취가 발생하기 시작하였다. 조직감 항목에서 전자기장 급속냉동의 처리한 돈가스가 송풍식냉동 처리한 돈가스 보다 우수한 조직감을 보였으며, 송풍식냉동의 경우 해동 후 14일째부터 강한 이취와 이미가 발생하였다. 본 연구에서 전자기장 급속냉동을 기존의 냉동방식과 비교하여 실험한 결과 기존의 냉동방식에 비하여 우수한 보수력을 나타냈다. 이는 냉동시에 얼음결정이 크기가 작게 형성되어 조직의 손상이 적어 해동 후에도 품질의 저하가 나타나지 않은 것으로 판단되었다. 전자기장 급속냉동 방법의 효율성을 높이기 위한 추가적인 연구가 필요하며, 앞으로 연구에서는 전자기장 급속냉동 처리된 식육의 저장기간과 재결정화가 되어 식육의 품질에 미치는 영향에 대하여 추가적인 연구가 필요 할 것으로 생각된다.

ABSTRACT

Effect of magnetic fields freezing on pork quality traits

Kyoung-Bo Ko

Department of Animal Biotechnology, Graduate School
Jeju National University, Jeju, Korea

The purpose of this study is to minimize the changes in meat quality that occurs in freezing meat. The analysis of this study has been performed on the changes in pork meat when the meat was frozen and thawed with the use of air blast freezing, immersion freezing, magnetic fields freezing. Through the analysis, the study was intended to minimize the changes in meat quality that occur during freezing, and to obtain thawing meat close to fresh meat. Loin were formed in the size of 5cm, they were processed through air blast freezing, magnetic field freezing, and immersion freezing, and then their water-holding capacity and texture were evaluated. Loin were processed through magnetic field freezing according to their thickness (2.5cm, 5cm, 7.5cm, 10cm) and core temperature was measured, and then water-holding capacity after thawing was compared with the water-holding capacity of the loin processed through air blast freezing. Loin were processed through magnetic field freezing was thawed in the conditions of cold water thawing, refrigerator thawing, room-temperature thawing, and water-thawing, and its water-holding capacity and meat color were evaluated. Pork cutlet was frozen through magnetic field freezing, and after the thawing of a micro

wave. Pork cutlet Separation rate was investigated and a sensory evaluation was performed. With regard to the water-holding capacity of freezing methods, the results of this study showed that the drip loss(1d) and cooking loss of the loin processed through magnetic field freezing had close to ones of fresh meat ($P < 0.001$). With regard to the transit time of ice crystal according to the thickness of magnetic field freezing processed loin, the results of this study showed that 2.5cm thickness, it took 40-50 minutes, in case of 5cm, it took 70-90 minutes, in case of 7.5cm, it took 90-120 minutes, and in case of 10cm, it took 130-140 minutes. Thawing loss and cooking loss were lowest in 2.5 cm loin ($P < 0.001$) and highest in 10cm loin ($P < 0.001$). Loin samples with 2.5 to 5 cm thickness showed similar overall meat quality. Comparison of freezing methods, magnetic field freezing showed higher water-holding capacity and lower cooking loss than air blast freezing. Comparison of thawing methods, cold-water thawing showed lower drip loss (1d) than other thawing methods ($P < 0.01$). This study compared magnetic field freezing with the existing freezing method, and its results showed that the magnetic field freezing had better water-holding capacity than the existing method. The results came from the judgment that ice crystal was so small at the time of freezing that the meat quality did not worsen after its thawing. Accordingly, an analysis on the magnetic field freezing should continue to be performed to increase the freezing method. In further studies, it is necessary to research how the recrystallizability of ice crystal during a period of preservation of meat processed through magnetic field freezing affects the quality of the meat.

참고문헌

- Anon, M.C. and Calvelo, A. (1980) Freezing rate effects on the drip loss of frozen beef. *Meat Science*, 4:1-14.
- Ballin, N. Z. and Lametsch, R. (2008) Analytical methods for authentication of fresh vs. thawed meat - A review. *Meat Science*, 80:151-158.
- Baohua Kong., Xiufang Xia., Dongmei Zheng, and Qian Liu(2010). Influence of different thawing methods on physicochemical change and protein oxidation of pork. 2010 ICoST. *Meat Science poster. Biochemical and Biophysical Research Communications*, 36:435.
- Berry, B. W. (1990) Changes in quality of all-beef and soy-extended patties as influenced by freezing rate, frozen storage temperature, and storage time. *Journal of Food Science*, 55:893-897.
- Bueg, D. R. and Marsh, B. B. (1975) Mitochondrial calcium and postmortem muscle shortening.
- Choi, Y. S., Kim, J. H., Park, Y. B., Lee, M. J., Kim, J. S., and Kim, B. C. (2002) Physicochemical, Microbiological and sensory properties of korean frozen pork loins for export. *Korean Journal of animal science and technology*, 44:361-368.
- Critchell, J. T., and Raymond, J. (1969) A history of the frozen meat trade. London, PP.26-27.
- Devine, C. E., Graham, R. G., Lovatt, S. and Chrystall, B. B. (1995) In freezing effects on food quality. L. E. Jeremiah(Ed), Marcel Dekker Inc, PP.51-84.
- Farouk, M. M. and Swan, J. E. (1998) Effect of rigor temperature and frozen storage on functional properties of hot-boned manufacturing beef. *Meat Science*, 49:233-247.

- Farouk, M. M., Wieliczko, K. J., and Merts, I. (2003) Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. *Meat Science*, 66:171-179.
- Fennema, O. R., Powrie, W. D., and Marth, E. H. (1973). *Low temperature preservation preservation of foods and living matter*. Marcel Dekker, PP.151-222.
- Gill, C. O., Pearson, A. M., and Dutson, T. R. (1986) *The control of microbial spoilage in fresh meats*. AVI Publishing Company, PP.49-88
- Hales, K.C. (1963) *Advances in food research*, 12:147-207.
- Hamm, R. (1882) Über das wasser bindungsvermögen des fleisches. *fleischerei* 33:590-599
- Hamm, R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. In *Muscle as Food*, ed. P. J. Bechtel, Academic Press Inc., New York, PP.135-199.
- Hansen, E., Juncher, D., Henckel, P., Karlsson, A., Bertelsen, G. and Skibsted, L. H. (2004) Oxidative stability of chilled pork chops following long term freeze storage. *Meat Science*, 68: 479-484.
- Hong, G. P., Park, S. H., kim, J.Y., Lee, S. K. and Min, S. G. (2005) Effects of time-dependent high pressure treatment on physico-chemical properties of pork. *Food science and biotechnology*, 14:808-812.
- Honikel, K. O., Kim, C. j., Hamm, R. and Roncales, P. (1986) Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Science*, 16:267-282.
- Honikel, K. O. Tarrant, P.V. Eikelenboom, G. and Monin. (1987) How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. *Dordrecht*, PP.129-142.

- Jasper, W. and Placzek, R. (1980) Conservación de la carne por el frío. *Acribia*, P.20.
- Jason, A. C. (1974) Rapid thawing of foodstuffs. *Institute of Food Science and Technology-Proceedings*, 7:146-157.
- Jay, M. J. (1986) *Modern Food Microbiology*. Ban Nostrand Reinhold Company, PP.323-336.
- Jeong, J. Y., Jeong, Yang, H. S., Kang, G. H., Lee, J. I., Park, G. B. and Joo. S.T. (2006) Effect of freeze-thaw process on myoglobin oxidation of pork loin during cold storage. *Korean Journal of Food Science of Animal Resources*, 26:1-8.
- Judge, M. D., Aberle, E. D., Forrest, J. C., Hedrics, H. B. and Merkel, R. A. (1989) *Principle of meat science*. Kendall/Hunt Publishing Company, PP.128.
- Jul, M. (1984) *The quality of frozen foods*. Academic press, PP.1-80.
- Kalichevsky, M. T., Ablett S., Lillford, P. and Knorr, D. (2000) Effects of pressure-shift freezing and conventional freezing on model food gels. *International Journal of Food Science and Technology*, 35:63-172.
- Kang, S. M., Kang, C.G. and Lee, S. K. (2007) Comparison of quality characteristics of korean native black pork and modern genotype pork during refrigerated storage after thawing. *Korean Journal of Food Science of Animal Resources*, 27:1-7.
- Kauffman, R. G., Eikelenboom, G., Van der, P. G., Merkus B. G. and Zaar, M. (1986) The use of filter paper to estimate drip loss of porcine musculature. *Meat Science*, 18:191-200.
- Kim, B. S. and Lee. Y. E. (2009) Effect of cellulose derivatives to reduce the oil uptake of deep fat fried batter of pork Cutlet. *Korean Journal of Food*

and Cookery Science, 25:488-495.

- Kim, C. J., Lee, C. H., Lee, E. S., Ma, K. J., Song, M.S., Cho, J. K. and Kang, J. O. (1998) Studies on physico-chemical characteristics of frozen beef at as influenced by thawing rate. Korean Journal of Food Science of Animal Resources, 18:142-148.
- Kim, I. S., Min, J. S., Lee, S. O., Jang, A., Kim, D. H., Jin, S. K., and Lee, m. (2004) Effect of processing conditions on the physical and sensory characteristics of pork cutlets. Korean Journal of Food Science of Animal Resources, 24:319-325.
- Kim, Y. H. (1987) Freezing and defrosting in the food refrigeration. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, 16:34-43
- Kim, Y. H., Yang,, S. Y. and Lee, M. H. (1987) The effect of freezing rates on the physico-chemical changes of chicken meat during frozen storage at -20°C. Korea Journal of Poultry Science, 14:145-151.
- Kim, Y. H., Yang, S. Y. and Lee M. H. (1988) The effect of freezing rates on the physico-chemical changes of beef during frozen storage at -20°C. Korea Journal of Poultry Science, 14:145-151.
- Knorr, D., Schluter, O. and Heinz, V. (1998) Impact of high hydrostatic pressure on phase transitions of foods. Food Technology, 52:42-45.
- Lavie, A. (1984) Refrigeration of meat. Meat hand book, 4th Ed, AVI Inc. P.59
- Lawrie, R.A. (1991). In: Meat Science. 5th ed. Pergamon Press, Oxford.
- Lee, J. k. and Park, J. (1999) Rapid thawing of frozen pork by 915 MHz microwave. Korea Journal of Food Science and Technology, 31:54-61.
- Locker, R.H. and Hagyard, C.J. 1963. A cold shortening effect in beef muscles. Journal of Science of Food and Agriculture, 14:787.

- Mortensen, M., Mortensen, Andersen, H. J., Engelsen, S. B. and Bertram, H. C. (2006). Effect of freezing temperature, thawing and cooking rate on water distribution in two pork qualities. *Meat Science*, 72:34-42.
- Muela, E., Sanudo, C., Campo, M. M., Medel, I. and Beltran, J. A. (2010) Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display. *Meat Science*, 84:662-669.
- Ngapo, T. M., Babare, I. H., Reynolds, J. and Mawson, R. F. (1999) Freezing and thawing rate effects on drip loss from samples of pork. *Meat Science*, 53: 149-158.
- Offer, G., Knight, P., Jeacocke, R., Almond, R., Cousins, T., Elsey, J., Parsons, N., Sharp, A., Starr, P. and Purslow, P. (1989) The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Microstructure*, 8:151-170.
- Offer, G. (1991) Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effect of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Science*, 30:157.
- Pearson, A. M. and Young, R. B. (1989) *Muscle and meat biochemistry*. Academic, P.135-150.
- Sanguinetti, S. G., Anon, M. C. and Calvelo, A. (1985) Effect of thawing rate on the exudate production of frozen beef. *Journal of Food Science*, 50:697-700.
- Shim, K. B., Hong, G. P., Choi, M. J., and Min, S. G. (2009) Effect of high pressure freezing and thawing process on the physical properties of pork. *Korean Journal of Food Science of Animal Resources*, 29:736-742.
- Smith, J. C., Spaeth, C. W., Carpenter, Z. L., King, G. T., and Hoke, K. E. (1968) The effect of freezing, frozen storage conditions, and degree of doneness on lamb palatability characteristics. *Journal of Food Science*, 33:19-24.

- Song, M. S. and Lee, S. J. (2002) Effect of freezing/thawing cycles on physical properties of beef. *Food Engineering Progress*, 6:101-108.
- Taoukis, P., Davis, E. A., Davis, H. T., Gordon, J. and Talmon, Y. (1987) Mathematical modeling of microwave thawing by the modified isotherm migration method. *Journal of Food Science*. 52:455-463.
- Tomaniak, A., Tyszkiewicz, I., and Komosa, J. (1998) Cryoprotectants for frozen red meats. *Meat Science*, 50:365-371.
- Uttaro, B. and Aalhus, J. L. (2007) Effect of thawing rate on distribution of and injected salt and phosphate brine in beef. *Meat Science*, 65:480-486.
- Vieira, C., Diaz, M. T., Martinez, B. and Garcia-Cachan, M. D. (2009) Effect of frozen storage conditions(temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing. *Meat Science*, 83:398-404.
- Wismer-Pedersen, J. (1987) *Chemistry of animal tissues*. Food and Nutrition Press, p141-154.
- Xia, X., Kong, B., Kong, Q. and Liu, J. (2009) Physicochemical Change and protein oxidation in porcine longissimus dorsi as influenced by different freeze-thaw cycles. *Meat Science*, 83:239-245.
- Zhou, G. H., Xu, X, and L., Liy. Y.(2010) Preservation technologies for fresh meat - A review *meat Science*, 86:119-128
- Zhu, S., Bail, A., Ramaswarny, H. S. and Chapleau, N. (2004) Characterization of ice crystals in pork muscle formed by pressure-shift freezing as compared with classical freezing methods. *Journal of Food Science*, 69:190-197.
- 박구부. (2004) *식육과학*. 선진문화사, P.321-324.

