

# 전기장 과냉각 시스템을 활용한 식육제품의 고부가가치 활용기술

High Value Added Technology using Electric field Super-cooling System on Meat and Meat Product

박신영, 김학연\* (Sin-Young Park, Hack-Youn Kim\*)

공주대학교 동물자원학과

Department of Animal Resource Science, Kongju National University

## I. 서론

식육의 저장기술은 전통적으로 냉장, 냉동 등 다양한 기술을 사용하여 왔는데, 본 글에서는 이러한 전통적인 방식과 더불어 식육제품의 고부가가치를 높이는 기술과 그 활용방안에 대하여 소개하고자 한다.

## II. 본론

### 1. 식육 저장기술

식품의 저장 방법에는 건조·냉각·염장·당장·훈연 등이 있으며, 예로부터 신선한 식품을 장기간 보존하기 위하여 다양한 저장기술이 사용되어 왔다. 이러한 저장기술을 통하여 품질 저하를 최소화하기 위해 품질 저하에 영향을 주는 여러 가지 이화학적 요소나 식품 자체적인 내재효소, 미생물 등 생물학적 요소를 억제하는 것이 중요하다. 일반 가정과 산업현장에서 보편적으로 이용되고 있는 식품 저장방법은 냉장, 냉동 방법인데, 이는 본질적으로 저온을 유지하여 식품의 변화를 억제하여 식품을 장기 보관하는데 목적이 있다(Kim et al., 2013).

일반적인 냉장 방법은 0-15°C의 저온에서 식품을 저장하게 되는데, 지질 산패, 단백질 변성, 자가분해, 미생물 생육 등에 따라 식품의 품질이 완전히 유지될 수 없기에 단기저장에 이용되고 있으며(Jung et al., 1996), 산업적

\*Corresponding author: Hack-Youn Kim  
Department of Animal Resource Science, Kongju National University,  
Yesan, 32439, Korea  
Tel: +82-41-330-1041  
Fax: +82-41-330-1249  
Email: kimhy@kongju.ac.kr

표 1. 식품 저장기술의 종류

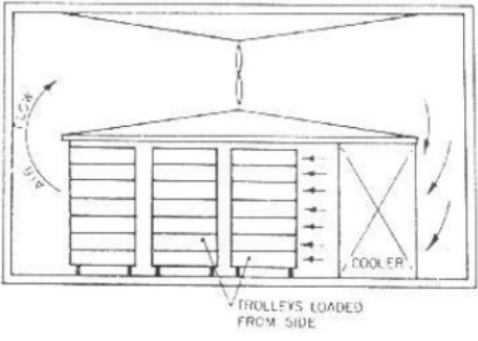
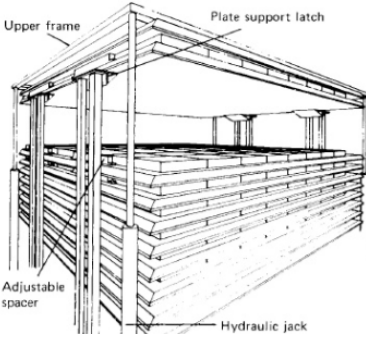
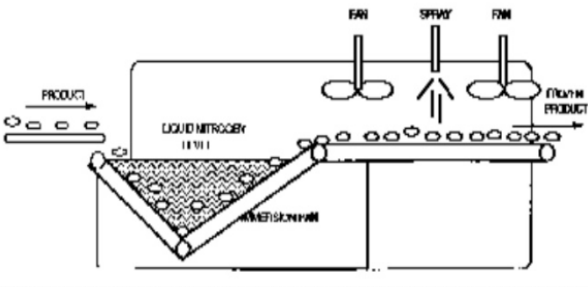
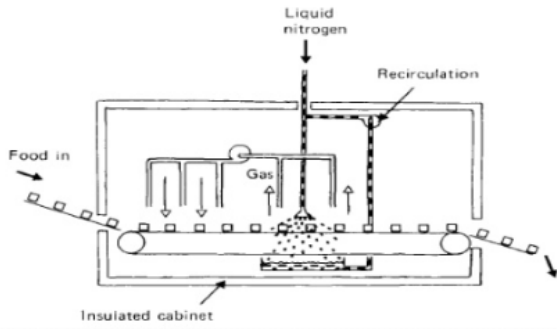
종류	예시	저장 방법
건조		식품을 원상태 그대로 혹은 조미료 등을 첨가하여 건조한 것. 수분함량을 일정 수준 이하로 유지하여 유해 미생물의 생육을 억제함.
냉각		냉기를 순환시켜 일정 온도 이하에 보관하며, 식품의 자체 변질과 세균의 번식을 억제하여 보관하는 방법.
염장		소금, 질산 아질산염 등을 이용해 식품을 조미하고 보존하는 방법. 삼투현상에 의해 수분이 빠져나와 식품 저장에 용이해짐.
당장		유해 미생물이 일정 수준 이상의 당 용액에서 자라지 못하는 것을 이용하여 당분을 다량 첨가하여 보존하는 방법.
훈연		목재 등 훈연재를 연소시켜 연기를 식품에 부착시켜, 연기 중의 항균성을 가진 성분을 이용하여 미생물의 번식을 억제하는 것.

으로 장기간 식품을 보존하기 위해서는 냉동방법이 보편적으로 이용되고 있다.

우리나라에서 현재 사용하고 있는 식품의 냉동 보존 방식은 송풍식 냉동법, 접촉식 냉동법, 침지식 냉동법, 초급속 냉동법이 있다. 송풍식 냉동법은 냉매를 순환시켜 저온을 유지하는 방식이며, 접촉식은 상·하단에 위치한 냉각판에서 냉기 침투가 이루어지는 방식이다(Li and Sun, 2002). 또한 침지식 냉동법은 저온으로 미리 냉각이 되어 있는 2차 냉매에 포장된 식품을 침지하여 냉동하는 방법이고(Ban and Choi, 2012), 초급속 냉동은 액체질소나 드라이 아이스를 분사하여 짧은 시간 내 냉동시키는 방법이며(이영춘, 1991), 이 중 송풍식 냉동법이 보편적으로 이용되고 있다.

## 2. 전기장 과냉각 시스템(Electric Field Refrigerator System)

표 2. 냉동법

	
송풍식 냉동법	접촉식 냉동법
	
침지식 냉동법	초급속 냉동법

기존 냉각 시스템은 동결을 통하여 식품이 보유하고 있는 수분 또한 빙결되어 해동 시 드립감량이 발생하고, 단백질 불용화나 지방산화 등이 발생되어 이로 인한 품질 저하가 일어나게 된다(Jeong et al., 1999).

일반적인 냉동방법은 식품 중의 물이 얼음으로 변화함에 따라 이화학적 변화가 발생하게 되는데, 육류의 경우 물분자의 부피가 증가함에 따라 근섬유가 파괴되어 해동 시 다량의 드립감량이 발생하고, 보수력·조직감·관능 특성 등 품질이 저하된다(Lagerstedt et al., 2008).

육제품은 냉각·해동·가공(열처리)시에 수분을 잃지 않고 보유할 수 있는 능력인 보수력이 최종 육제품의 품질을 결정하는 주요한 요인 중 하나이며, 보수력에 의해서 식육과 육제품의 가열수율과 다양한 관능적인 품질에 영향을 미치게 된다(Huff-Lonergan and Lonergan, 2005). 따라서 식육과 육제품에서 냉각시 물분자의 변화는 냉각·해동·가공(열처리)시에 보수력에 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다.

전기장 냉각(Electric Field Refrigerator System)은 전기 자장에서 에너지를 부가하여 식품의 물 분자를 진

동시키며 수분의 빙결정 형성을 억제하여  $-3^{\circ}\text{C}$ — $-1^{\circ}\text{C}$ 의 과냉각(Super cooling) 상태를 유지한다.

이렇게 온도를 강하시켜, 냉동을 진행함으로써 냉동 및 해동 시 물 분자의 이동을 제한하여 물 분자의 빙결정화에 따른 품질 저하를 최소화할 수 있도록 하는 기술이다(Iwasaka et al., 2010). 따라서 전기자장 냉각 식품은 일반적인 냉동방법을 통한 냉각 식품에 비해서 식품의 신선도를 좋게 유지할 수 있으며, 다른 동결법보다 식품 조직의 파괴를 적게 할 수 있다는 장점이 있으므로 앞으로의 활용도가 기대되는 식품 저장 방법이라 할 수 있다. 전기장을 이용한 식품 저장에 대해서 다양한 연구가 진행되고 있는데, 보편적으로 이용되는 식육인 우육, 돈육, 계육에서 전기장 냉동 방법이 일반적인 송풍식 냉동 방법보다 냉동 시간이 짧고 해동감량, 가열감량 및 보수력이 좋은 결과를 나타내어 냉동 기간 중 식육의 품질저하를 막을 수 있다고 하였다(Kim et al., 2013; Ku et al., 2014).

그림 1. 식육의 보수력 측정

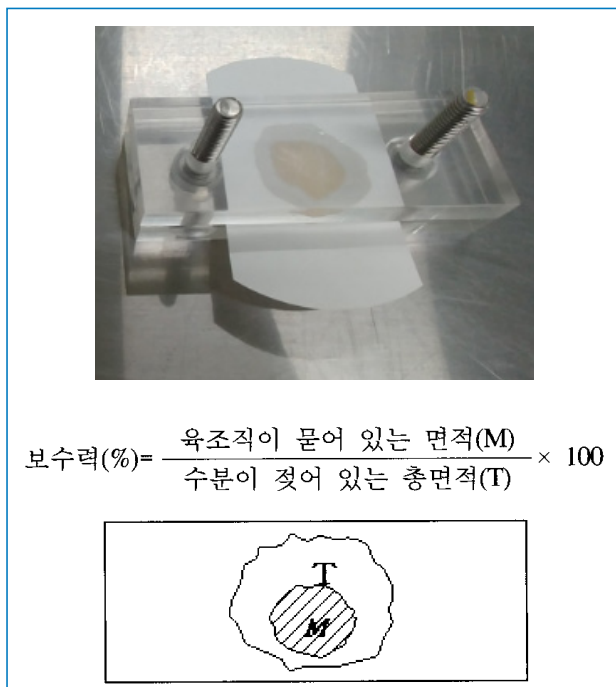
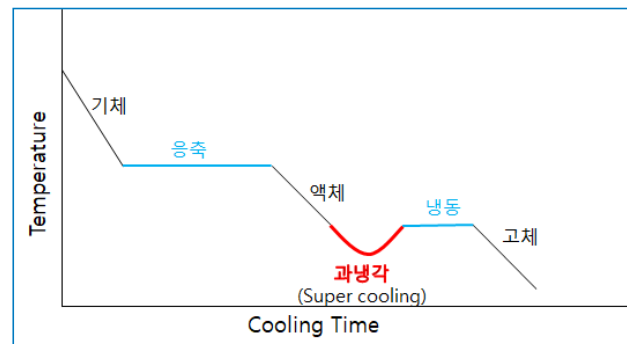


그림 2. 전기장 과냉각 시스템



그림 3. 시간과 온도에 따른 냉각 곡선과 과냉각(Super cooling)



빙결정 크기 또한 전기장 처리를 하였을 때 송풍식 냉각처리에 비해서 작은 결과를 나타내었으며, 관능적 특성도 전기장 처리를 한 처리구가 전반적으로 높은 결과를 보였다(Choi et al., 2015).

전기자장식 냉동과 송풍식 냉동 조건 하에서 냉동 떡의 경우, 전기자장 냉동법이 물리적 및 관능적 품질특성에 있어서 가장 효과적인 떡의 냉동 저장방법으로 확인되었고(Lee et al., 2017), 냉동 감자에서는 전기장 전처리를 가하였을 때, 동결건조에 걸리는 시간이 단축되었으며, 동결건조 샘플의 형태·식감에 긍정적인 효과를 보여 전반적으로 품질이 상승하였다고 하였다(Jalte et al., 2009).

이렇듯 다양한 전기장 냉각 시스템에 대한 연구가 진행되고 있으나, 대부분 전기장 냉동(Electric Field Freezing)에 제한되어 있어 식육의 과냉각 상태를 유지하며 장기간 저장할 수 있는 전기장 과냉각 시스템에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

### 3. 전기장 과냉각 시스템 활용

현재 우리나라는 GDP가 지속적으로 증가되고 있으며, 이에 따라 식육 및 식육제품의 소비가 증가되는 등 식생활이 서구화 되고 있는 추세이다(한국육가공협회, 2018).

그러나 2017년 기준 우리나라의 육류 소비량은 55.7kg으로 OECD(경제협력개발기구)의 1인당 평균 육류섭취량인 68.3kg보다 낮으며, 선진국일수록 전체 육류소비량은 많아지고 있다(OECD, 2018).

근래 소비자들의 소비 패턴은 건강한 삶을 유지하기 위해서 소비 고급화가 이루어지고 있으며, 식품에 있어서도 육제품 선택 시 염분 등 성분 함량, 원료와 같은 다양한 요소를 고려하여 제품의 품질 선택에 신중을 기하고 있다(Grunert, 2006).

그동안 우리나라의 육류 소비형태는 주로 신선한 생육을 그대로 구워먹는 문화가 발달되어 있었으나, 소비자의 소비패턴 변화에 따른 육가공품 소비 증가추세와 함께 다양한 육제품에 대한 Needs가 증가하고 있다(Lee and Yoon, 2009). 최근에는 건조숙성(Dry-aging)육과 습식숙성(Wet-aging)에 대한 관심이 지속적

그림 4. 식육의 전기장 과냉각 시스템의 원리

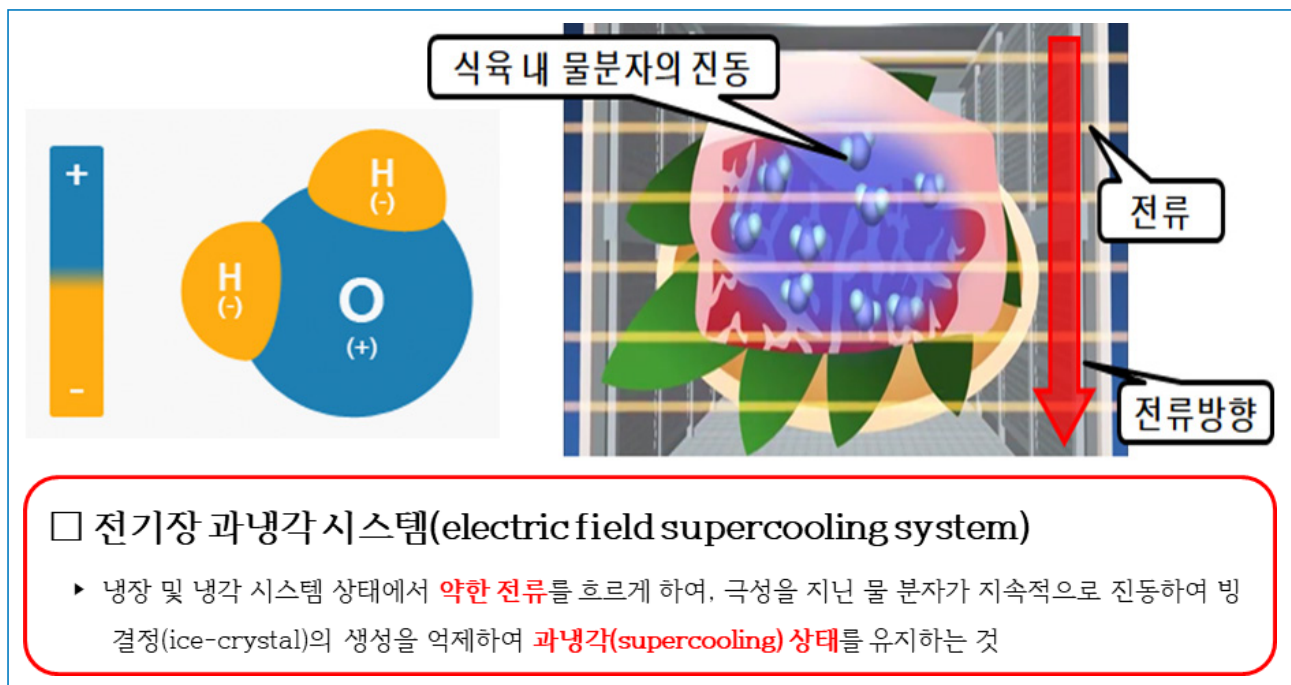
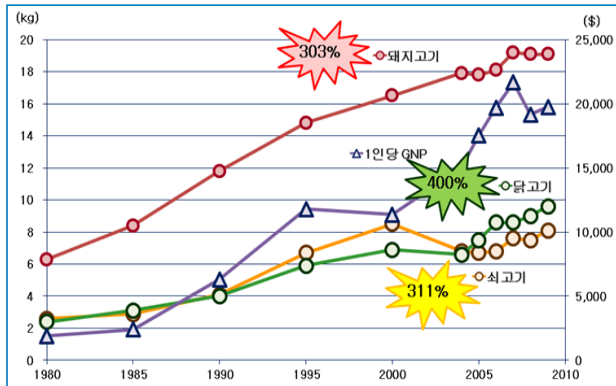




그림 5. 소득수준 증가에 따른 육류소비량 변화



(출처 : 농촌경제연구원, 농림수산물 주요 통계)

표 3. 주요국 연간 1인당 육류소비량 및 GDP(OECD 2017년 기준)

국가	GDP (\$/1인당)	구분(kg/1인당)			
		쇠고기	돼지고기	닭고기	합계
미국	57,797	25.8	23.6	48.8	98.2
아르헨티나	20,382	41.2	8.8	37.5	87.5
이스라엘	37,460	20.0	1.6	56.9	78.5
브라질	15,224	26.5	11.8	39.9	78.2
우루과이	—	43.2	14.9	16.3	74.4
칠레	23,003	18.1	18.6	34.8	71.5
캐나다	44,819	18.4	15.9	34.9	69.2
뉴질랜드	39,241	13.0	18.1	37.9	69.0
<b>한국</b>	<b>36,629</b>	<b>10.3</b>	<b>28.7</b>	<b>16.7</b>	<b>55.7</b>
사우디	54,304	3.9	0.2	44.7	48.8
중국	15,478	4.1	30.8	12.3	47.2
멕시코	18,535	8.6	12.0	26.6	47.2
카자흐스탄	—	17.2	4.6	14.0	35.8
일본	42,292	6.6	15.4	14.3	36.3
터키	25,655	8.3	0.1	17.9	26.3
나이지리아	—	1.6	1.1	0.9	3.6
에티오피아	—	2.4	0.0	0.5	2.9
인도	6,730	0.5	0.2	2.0	2.7
방글라데시	—	0.9	0.0	1.2	2.1
세계평균	—	6.5	12.3	13.9	32.7
OECD	42,251	14.5	23.6	30.2	68.3
EU28	39,691	11.0	32.5	24.2	67.7
BRICS	—	4.5	15.5	10.8	30.8

으로 상승하고 있고, 현재 대형 마트에서는 초신선육 · 습식숙성육 · 건조숙성육에 이르기까지 다양한 식육시장이 형성되어 있다.

육가공제품에서는 발효 숙성 육제품인 살라미 · 하몽 등의 고급 육제품의 소비량 또한 증가하고 있으며 (Seong, 2013), 이러한 발효 숙성 육제품은 건조와 숙성으로 인하여 특유의 풍미와 맛을 지니고 있고, 기존 육제품들과는 차별화된 인식을 가지고 있어 앞으로의 성장이 기대되는 품목이다(Sagong et al., 2017).

발효 숙성 육제품의 유투가 된 지중해 연안은 기후적 특성으로 인해 자연 숙성에 적합하여 국내에서의 소비는 대부분 수입에 의존하고 있었으나, 최근 국내 일부

표 4. 국내 육가공품 판매추이

(단위 : 톤)

식육가공품 판매 현황							
년	구분						전년 대비 (%)
	햄	소시지	베이컨	캔	혼합 소시지	합계	
2010	61,161	55,207	4,170	34,376	23,577	178,491	+13.1
2011	64,444	53,589	5,256	38,206	26,094	187,589	+5.1
2012	63,506	56,090	5,704	39,278	28,017	192,595	+2.7
2013	63,627	62,646	6,670	47,311	27,427	207,681	+7.8
2014	59,945	65,341	6,773	45,226	24,670	201,955	+2.7
2015	59,885	67,630	8,301	46,495	25,079	207,390	+7.8
2016	63,763	71,727	9,262	53,173	27,175	225,100	+8.5
2017	65,910	78,968	10,169	56,743	27,064	238,854	+6.1

그림 6. 식육의 다양한 소비형태



그림 7. 전자기장 과냉각 시스템을 이용한 시선육의 저장성 증진

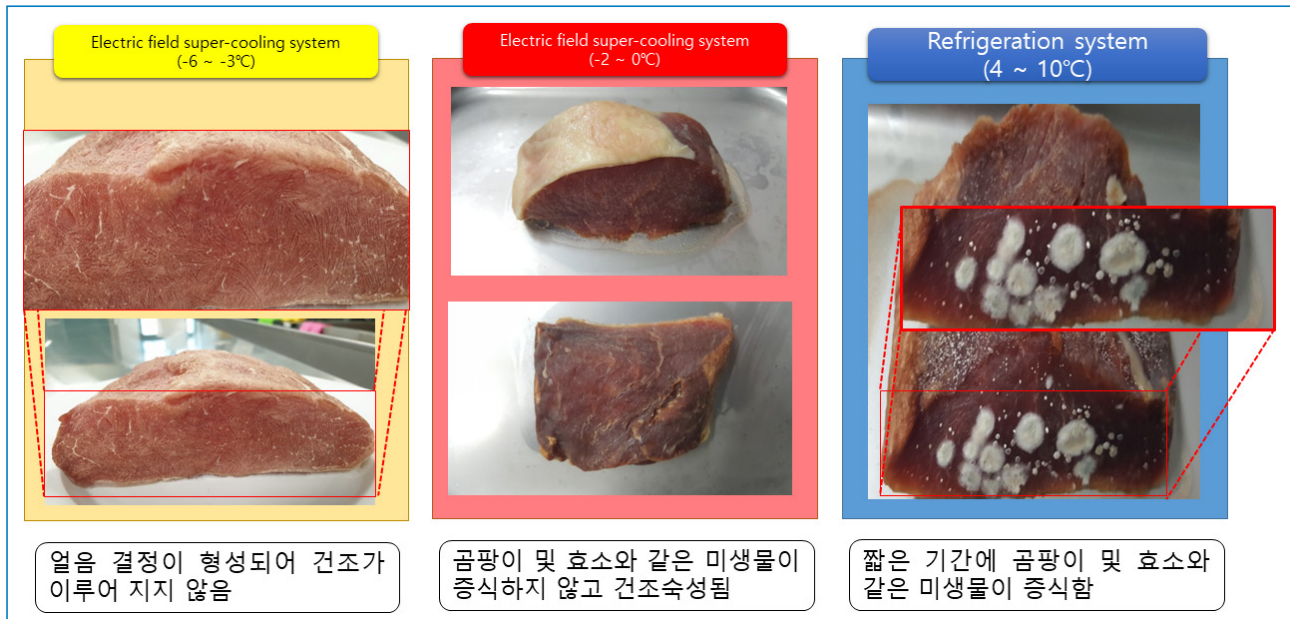


그림 8. 대표적인 건조 육제품인 살라미와 하몽



육가공 업계에서도 발효 숙성 육제품의 제조 및 판매가 이루어지고 있다.

그러나 발효 숙성 육제품의 특성상 숙성이 완료될 때까지 긴 시간이 소요되고, 품질이 균일한 제품을 지속적으로 생산하기 위해서는 온도와 상대습도 등을 숙성에 적합하도록 유지해야 하나, 이를 위해서는 매우 높은 기술력과 설비 등이 필요하다.

특히 공정과정에서 열처리를 하지 않는 비 가열 제품이고, 장기간 보존되어야 하기 때문에 발효숙성 중 유해 미생물이 발생하지 않도록 제어하는 것이 제조 공정에 있어 가장 중요하다(Benno and Lee, 2003).

여기에서 전자기장 과냉각 시스템은 과냉각 상태를 유

그림 9. 우리나라의 연평균 기온과 상대습도

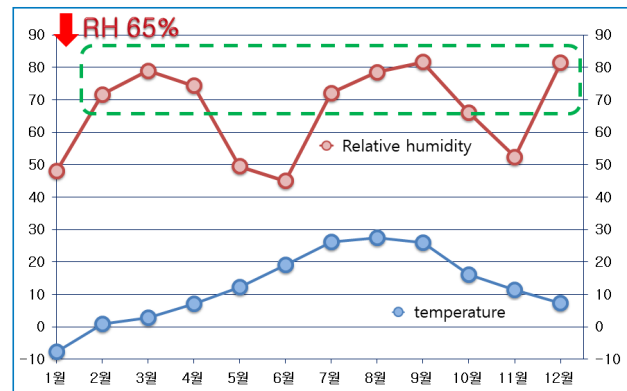


그림 10. 전자기장 과냉각 시스템을 이용한 발효제품

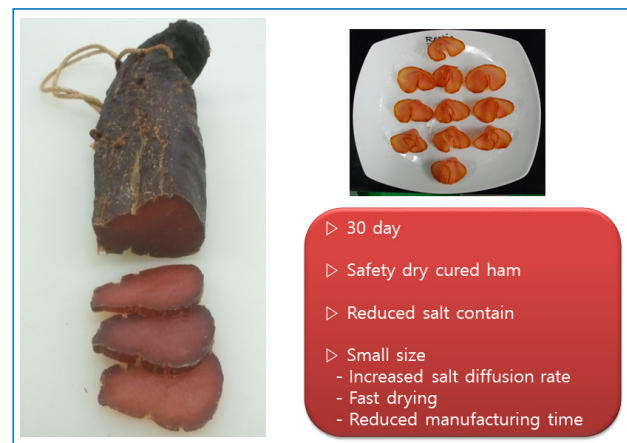


그림 11. 전기장 과냉각 시스템을 활용한 고부가가치 육회시장

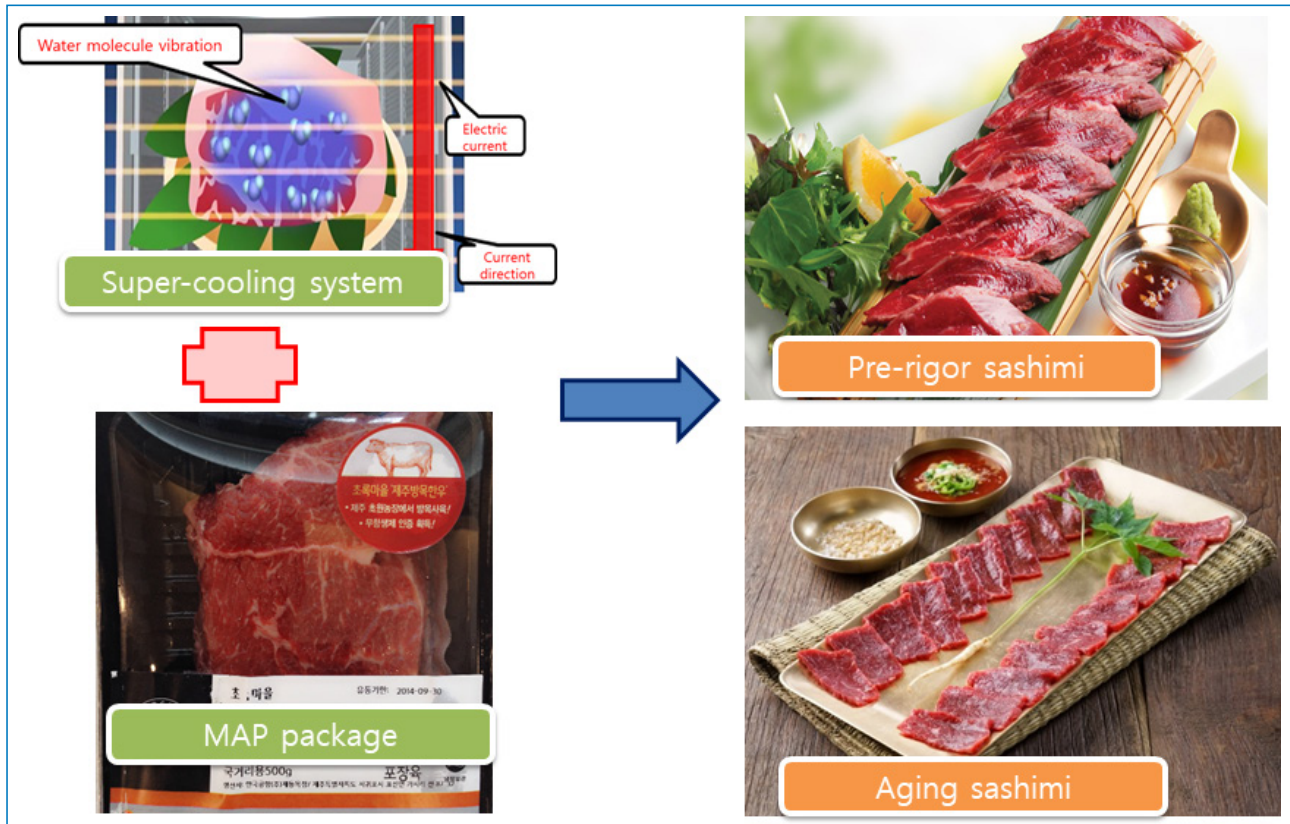


그림 12. 식육숙성곡선

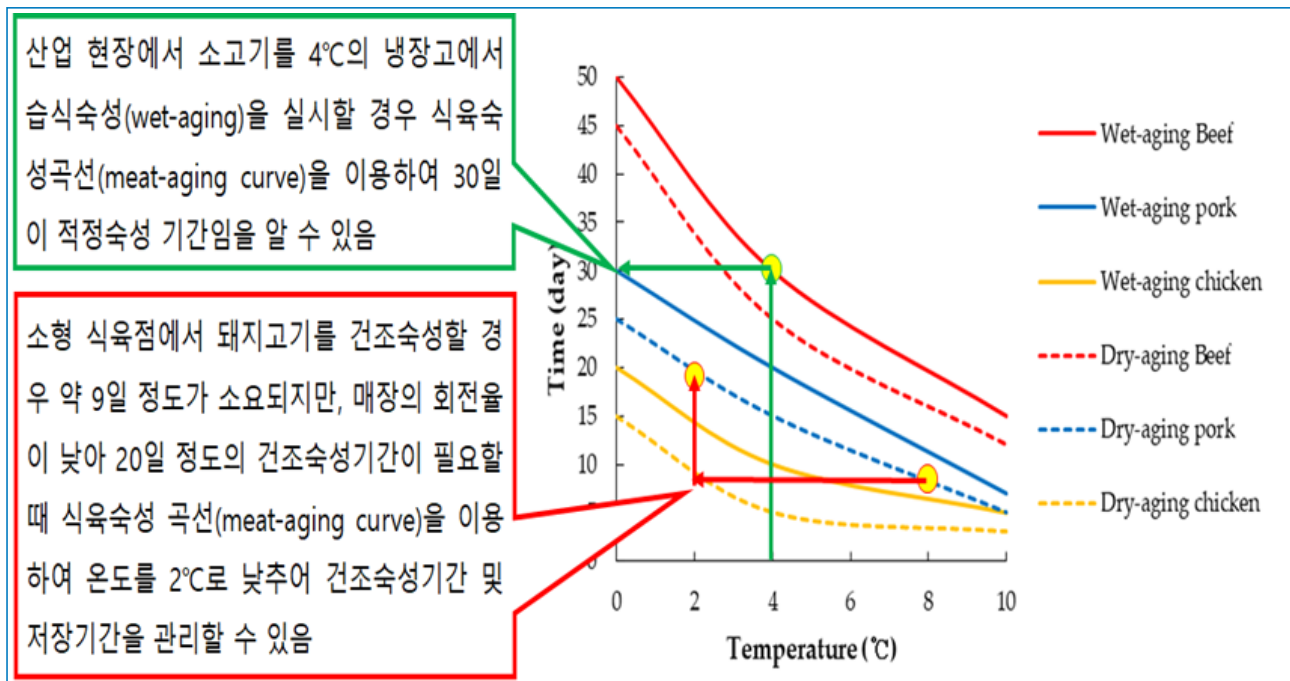
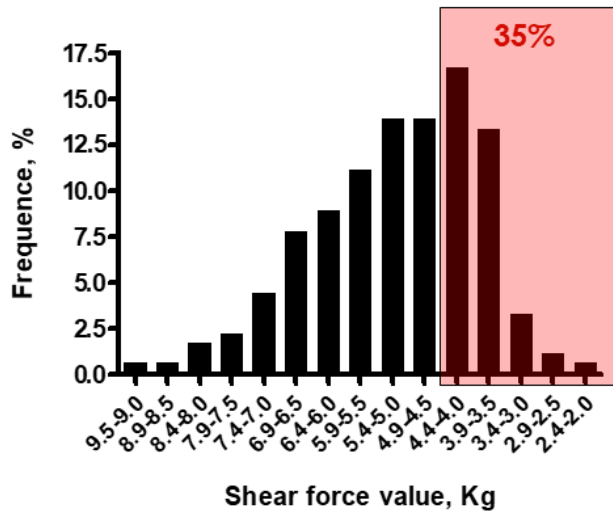
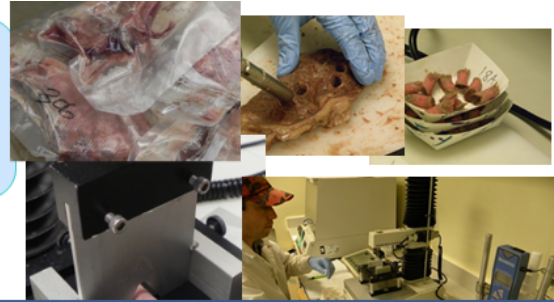




그림 13. 저온숙성을 통한 연도와 저장성 증진

1. Thaw and cook in water bath (70°C) for an hour
2. Cool to room temperature,
3. Make 5 core samples (1.3 cm diameter)
4. Warner-Bratzler (W-B) shear force measurement

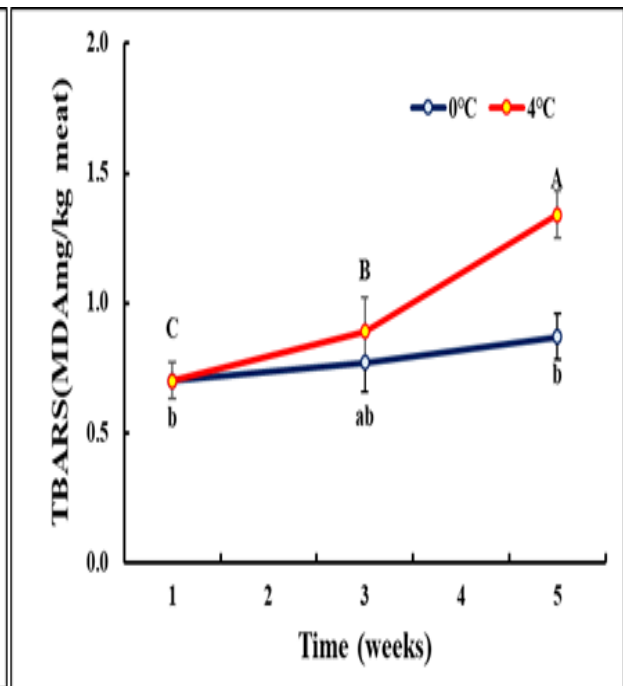
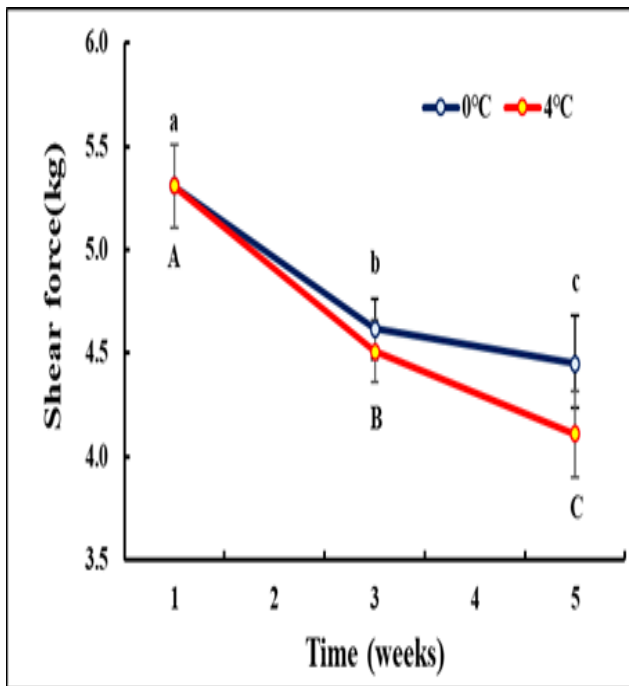


USDA Certified Tender  
•4.4 kg for WBSF

USDA Certified Very Tender  
•3.9 kg for WBSF

86% consumer satisfaction when the shear value is less than 4.3 Kg (Miller et al., 2001)

Only 35% of the grass-finished beef samples met this criteria.





지하며 식육을 보존할 수 있기 때문에, 장기간 숙성해야 하는 발효육제품 특성상 저온에서 품질의 변화 없이 숙성이 가능한 전기장 과냉각 시스템을 접목시킨다면, 숙성 기간과 온도를 컨트롤하여 장기간 보존이 가능하기 때문에 위생과 품질면에서 만족스러운 제품을 제조할 수 있을 것으로 예상된다.

### III. 결론

끝으로 육제품에 전기장 과냉각 시스템을 접목하기 위한 선행과제를 해결할 방안을 모색해야 한다. 전기장 과냉각 시스템에서의 숙성은  $-1^{\circ}\text{C}$  이하에서 저장 및 숙

성되기 때문에 기존의 숙성육 유통기한보다 연장될 것으로 예상되나, 이에 따른 숙성 중 온도와 숙성 기간에 따른 식육의 품질 변화를 명확히 규명한 사례가 드물기 때문에, 관련 연구를 통하여 과냉각 상태에서의 식품 이 화학적, 미생물학적 안정성을 확보해야 할 것이다.

특히, 저온에서 연도실험을 기반으로 한 숙성모델의 설정이 시급한 과제이며, 소비자의 소비 고급화에 따라서 육가공 산업에서 활용할 수 있도록 전기장 과냉각 시스템을 활용한 발효·숙성 식육제품에 대한 연구가 수행된다면, 신기술을 도입한 고 부가가치 식육제품이 개발될 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. Ban C, Choi YJ. 2012. Innovative techniques and trends in freezing technology of bakery products. Food Sci Ind 45:9-15.
2. Benno K, Lee JY. 2003. Production and microbiological characteristics of fermented sausages. Korean J Food Sci Ani Resour 23:361-375.
3. Choi YS, Ku SK, Jeong JY, Jeon KH, Kim YB. 2015. Changes in ultrastructure and sensory characteristics on electro-magnetic and air blast freezing of beef suring frozen storage. Korean J Food Sci An 35:27-34.
4. Dransfield E. 1994. Optimisation of tenderisation ageing and tenderness. Meat Sci 36:105-121.
5. Grunert KG. 2006. Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. Meat Sci 74:149-160.
6. Huff-Lonergan E, Lonergan SM. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. Meat Sci 71:194-204.
7. Iwasaka M, Onishi M, Kurita S, Owada N. 2011. Effects of pulsed magnetic fields on the light scattering property of the freezing process of aqueous solutions. J Appl Phys 109:07E320.
8. Jalte M, Lanoiselle J, Lebovka NI, Vorobiev E. 2009. Freezing of potato tissue pre-treated by pulsed electric fields. Food Sci Technol 42:576-580.

9. Jeong JW, Lee HJ, Park NH. 1999. Changes in quality during frozen storage of meat with thermal equalized freezing. *Korean J Food Sci Technol* 31:688-696.
10. Jung DS, Kweon MR, Auh JH, Cho KW, Choi YH, Kook SU, Park KH. 1996. Effects of temperature and fluctuation range on microbial growth and quality of foods stored in domestic refrigerator. *Korean J Food Sci Technol* 28:632-637.
11. Kim YB, Woo SM, Jeong JY, Ku SK, Jeong JW, Kum JS, Kum EM. 2013. Temperature changes during freezing and effect of physicochemical properties after thawing on meat by air blast and magnetic resonance quick freezing. *Korean J Food Sci An* 33:763-771.
12. Ku SK, Jeong JY, Park JD, Jeon KH, Kim EM, Kim YB. 2014. Quality evaluation of pork with various freezing and thawing methods. *Korean J Food Sci An* 34:597-603.
13. Lagerstedt A, Enfalt L, Johansson L, Lundstrom K. 2008. Effects of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef *M. longissimus dorsi*. *Meat Sci* 80:457-461.
14. Lee HJ, Ku SK, Choi HD, Park JD, Sung JM, Kim YB, Choi HW, Choi YS. 2017. Quality characteristics of Korean rice cake by freezing methods. *Korean J Food Cook Sci* 33:148-154.
15. Lee MJ, Yoon KS. 2009. Comparison of the perception of frozen processed food, food labeling and nutrition labeling between employees and non-employees in the frozen food industry. *J East Asian Soc Dietary Life* 19:533-543.
16. Li B, Sun DW. 2002. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods – A review. *J Food Eng* 54:175-182.
17. OECD. 2018. Gross domestic product.
18. OECD. 2018. Meat consumption.
19. Sagong HG, Kang KM, Park JS, Jeong DS, Moon BS, Hwang HJ, Yu HH, Choi JH. 2017. Study on physicochemical and sensory properties of fermented sausages on the domestic market. *Korean J Food Cook Sci* 33:371-379.
20. Seong PN. 2013. Technology development prospects of fermented meat products. *Food Sci Ind Anim Resour* 2:19-26.
21. 이영춘. 1991. 조리냉동식품의 제조기술 및 발전방향. *식품과학과 산업* 24:27-37.
22. 한국육가공협회. 2018. 식육가공품 생산 및 판매현황.