

냉동과 해동 방법이 오리고기의 특성에 미치는 영향

허강녕^{1a} · 김지혁^{2a} · 김상호¹ · 강보석¹ · 김종대¹ · 차재범¹ · 홍의철^{1†}

¹국립축산과학원 가금연구소, ²공주대학교 동물자원학과

Effect of Freezing and Thawing Methods on Duck Meat Characteristics

Kang-Nyeong Heo^{1a}, Ji-Hyuk Kim^{2a}, Sang-Ho Kim¹, Bo-Seok Kang¹,
Chong-Dae Kim¹, Jae-Beom Cha¹ and Eui-Chul Hong^{1†}

¹Institute of Poultry Science, National Institute of Animal Science, RDA, Seonghwan 31000, Korea

²Department of Animal Resources Science, Kongju National University, Yesan 32439, Korea

ABSTRACT This work was carried out to investigate effects of the freezing/thawing method on duck meat kept in a freezer for a month. The meats used were breast muscle collected from Korean native ducks (KND) that were fed for 8 weeks (2.8 kg of live weight). Forty-five samples were used after being frozen in storage for one month and were then divided into 5 treatments (3 replications/treatment, 3 samples/replication). Five treatments (CON, FFFT, FFST, SFFT and SFST) were control groups (CON) and four were experimental groups, using 2×2 complex factors with two freezing methods (fast freezing, FF, -50°C in a deep freezer; slow freezing, SF, -20°C in a common freezer) and two thawing methods (fast thawing, FT, 5 h 12°C with flow water; slow thawing, ST, 24 h 5°C in a refrigerator). Lightness of KND meat in FF and FT groups was lower than that of control ($P<0.05$). Yellowness of KND meat of the ST group was higher than that of control ($P<0.05$). Cooking loss (CL) and water holding capacity (WHC) of KND meat in the control were lower than those of the freezing and thawing groups ($P<0.01$, $P<0.05$), but shear force (SF) of the control was higher than that of other groups ($P<0.01$). Moisture content of the ST group was higher than that of the FT group ($P<0.05$), and protein content of the FF group was higher than that of control ($P<0.05$). Stearic acid (C18:0) of the SF group was higher than that of the FF group ($P<0.05$). Arachidonic acid (C20:4n6) of control was higher than that of the SF and ST groups ($P<0.01$, $P<0.05$). Alanine, aspartic acid, glutamic acid, serine, and tyrosine content of the control were lower than that of the freezing and thawing groups ($P<0.05$). These results show that freezing and thawing methods affect meat color, shear force, cooking loss, and WHC-related water content.

(Key words: duck meat, freezing, thawing, meat color, meat characteristic, fatty acid, amino acid)

서 론

한국의 축산물 소비는 지속적으로 증가하여 2001년에 32.2 kg이던 1인당 육류 소비량이 2014년에 48.8 kg으로 약 66% 증가하였다(MAFRA, 2015). 특히 한국의 오리 산업은 최근 비약적인 성장을 거듭하여, 축산분야 생산액 6대 품목에 포함될 정도로 큰 발전을 이루었다(MAFRA, 2015). 오리고기 1인당 소비량은 2001년 약 1 kg에서 10년 동안 3배 이상 증가하였는데, 최근 2년간 지속된 AI 여파로 다소 정체를 보이고 있으나, 향후 소비량은 다시 증가할 것으로 보인다.

최근 식문화와 가공기술의 발달로 오리고기는 훈제, 소시

지, 너겟, 패티, 패스트라미 등 다양한 제품으로 개발되어 왔으나(Chae et al., 2005), 국내에서는 아직까지도 마트나 전문요리점을 중심으로 훈제오리, 로스구이, 탕 등으로 소비되고 있다. 이런 곳들에서는 식재료의 장기간 저장이 필요하기 때문에 냉동육을 사용하기도 한다. 또한 오리고기의 수요가 많은 여름철에는 신선육만으로 수요를 충족하지 못해 냉동육을 해동하여 유통하는 경우도 있다.

냉동 처리는 육제품의 품질수명을 연장하기 위한 가장 효과적인 방법 중 하나로서 식육산업에서 오랫동안 사용하여 왔다(Kiani and Sun, 2011). 냉동은 고기의 장기보존에 이롭다는 장점이 있는 반면, 냉동으로 인한 세포 내 손상으로 세

^a First two authors equally contributed to this work.

[†] To whom correspondence should be addressed : drhong@korea.kr

포붕괴와 근섬유의 파괴가 원인이 되어 해동에 따른 육질 저하가 자주 관찰된다(Sebranek, 1982). Asghar et al.(1988)은 냉동된 생선이나 가금육은 산화 촉진제(myoglobin, 철분)의 함량이 높아 산화 반응이 일어나기 쉽다고 하였으며, Soyer et al.(2010)은 고기에서 산화 반응은 향미, 조직감, 영양가 및 육색과 같은 육질의 저하를 일으키는 주요 원인이 된다고 하였다. 최근에는 냉각속도와 얼음결정의 형성 및 성장, 냉각온도, 냉동저장 등이 육질에 미치는 영향에 대해서는 비교적 많은 연구들이 수행되어져 왔다(Mackie, 1993; Devine et al., 1995; Ballin and Lametsch, 2008).

몇몇 연구에서는 고기의 빠른 냉동은 drip loss를 감소시킨다고 하였다(Moran, 1932; Ramsbottom and Koonz, 1939; Deatherage and Hamm, 1960; Li et al., 1969; Sacks et al., 1993). 또한 Love(1957)와 Crigler and Dawson(1968)은 육즙의 양이 냉동시간과 직접적으로 관련되어 있다고 보고하였다. 그러나 Moran and Hale(1932)은 냉동 저장 온도가 냉동과정보다 drip loss에 더욱 영향을 미친다고 하였다.

해동은 고기를 냉동저장 후 다시 냉동 전 상태로 되돌리는 과정으로, 최대한 신선육의 육질 특성에 가깝게 하는 것이 최대의 목표라 할 수 있다(Eastridge and Bowker, 2011). 또한 동결방법뿐만 아니라, 해동과정 역시 고기의 최종적인 육질에 영향을 미치는 주요 요인이다(Ambrosiadis et al., 1994; Ngapo et al., 1999). 여러 가지 해동 방법이 연구되어 왔지만, 가장 일반적으로 알려진 것은 냉장 상태에서 해동하는 방법이다(Ambrosiadis et al., 1994; AMSA, 1995; FDA, 2005; USDA-FSIS, 2005; Lee et al., 2007). 이와 함께 해동 방법들에는 실온 해동(Moody et al., 1978; Mitchell et al., 1991; Boles and Swan, 2002), 냉수 해동(Boccard et al., 1981; Boles and Swan, 2002), 수돗물 해동(Khan and Lentz, 1977), 온수 해동(Shrestha et al., 2009) 등의 방법이 쓰이고 있으며, 그밖에도 극초단파, 열대류, 적외선, 무선주파수, 충돌, 압력 등을 이용한 다양한 해동 기술들이 연구되고 있다(Zhao et al., 1998; Anderson and Singh, 2006; Kondratowicz et al., 2008; Hong et al., 2007; Hong et al., 2009; Farag et al., 2009).

고기의 냉동, 저장 및 해동 과정에서 얼음 결정으로 인한 근섬유의 손상은 일반적으로 연도를 증가시키는 것으로 알려져 있다(Crouse and Koochmariaie, 1990; Shanks et al., 2002; Lagerstedt et al., 2008; Solomon et al., 2008). 그러나 몇몇 연구에서는 냉동 및 해동주기 동안에 고기의 연도 증가는 없다고 하였다(Khan and Lentz, 1977; Mitchell et al., 1991; Hildrum et al., 1999).

본 시험은 두 가지 냉동방법과 두 가지 해동방법에 따른 토종오리고기의 육질 특성을 비교함으로써 오리고기의 품질 변화를 구명하고, 나아가 국내산 오리고기의 수요 증가에 도움이 되고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 시험의 사용된 공시재료는 8주령 토종오리(평균체중 2.8 kg)를 도압(屠鴨)하여 채취한 가슴육을 이용하였다. 토종 오리는 용인에 위치한 '명바위농산'에서 사육되었으며, 오리의 도압(屠鴨)은 농가의 자체 도압시설에서 수행되었다.

2. 시험설계

본 시험의 처리구는 동결 전 오리고기를 대조구(CON)로 하고, 시험구는 냉동 2처리(급냉(FF), 완냉(SF))와 해동 2처리(급해동(FT), 완해동(ST))의 2×2 복합요인으로 4처리구로 하여 총 5처리구(CON, FFFT, FFST, SFFT, SFST), 처리구당 3반복, 반복당 3점씩 총 45점의 시료를 이용하였다.

3. 냉동 및 해동방법

급냉(시료를 -50℃ deep freezer에서 보관)과 완냉(시료를 -20℃ 냉동고에 보관)의 두 가지 방법으로 냉동된 시료를 1개월 저장 후, 급해동(12℃ 5시간의 유수해동)과 완해동(5℃ 24시간 냉장고 해동)의 두 가지 방법으로 해동하여 분석에 이용하였다.

4. 분석항목

1) 이화학적 특성

본 연구의 육색 및 물리학적 특성은 Chae et al.(2005)이 제시한 방법으로 분석하였으며, 일반성분(수분, 지방, 단백질, 회분)은 사료표준분석방법(NLRI, 2001)에 따라 분석하였다.

2) 지방산 분석

지질 추출은 Folch et al.(1957)의 방법으로 시료에 Folch 용액(chloroform:methanol = 2:1)을 넣고 지질을 추출하였다. 시료 25 g에 BHT 50 µL와 Folch 용액 180 mL를 넣고 균질로 14,000 rpm에서 30초간 균질화시킨 다음 0.88% NaCl 50 mL를 첨가하여 교반한 후, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 하층을 회수하여 농축시키고 N₂하에서 남은 용매를

제거하였다.

추출된 지질 약 80 mg은 0.5 N NaOH 1 mL를 넣고 90°C에서 7분 동안 가수분해시킨 다음 실온에서 5분 동안 냉각시켰다. 유리지방산은 14% boron trifluoride methanol 용액(BF₃ methanol; Sigma, USA) 1 mL를 첨가하여 90°C에서 15분간 methylation 시킨 후 실온에서 30분간 냉각시켰다. Hexane 2 mL와 증류수 10 mL를 넣고 지방산 분석을 위해 상층에서 1 mL를 채취하였으며, GC의 분석조건은 Table 1과 같다.

3) 아미노산 함량

아미노산 함량은 채취된 토종오리 가슴육을 6 N HCl로 110°C에서 16시간 동안 가수분해시킨 후(Mason, 1984), 아미노산 분석기(HITACHIL-850A, Japan)를 이용하여 분석하였다.

5. 통계처리

본 시험에서 얻어진 모든 자료는 SAS(2012)의 GLM Program을 이용하여 분석하였으며, 각 처리구간의 평균값을 Duncan(Duncan, 1955)의 다중검정을 이용하여 95% 신뢰수준에서 검정하였다.

결 과

1. 이화학적 특성

본 시험에 이용된 토종오리고기의 동결 전후 육색 및 이

Table 1. GC conditions for analysis of fatty acid composition

Items	Conditions
Instrument	Hewlett Packard 6809N Gas Chromatography
Column	Supelcowax™ 10 fused silicacapillary column 60 m × 0.32 mm × 0.25 μm film thickness
Detector/ temperature	Flame Ionization Detector (FID)/250°C
Initial temperature/ time	180°C/6 min
Rate	5°C/min
Final temperature/ time	240°C/6 min
Injector temperature	250°C
Carrier gas	N ₂
Spilt ratio	10:1

화학적 성상은 Table 2와 Table 3에 나타내었다. 육색 중 명도는 급냉시킨 경우와 급해동시킨 경우에 대조구에 비해 유의적으로 감소되었다($P<0.05$). 적색도는 냉동과 해동에 따른 유의차를 보이지 않았다. 황색도는 냉동에 따른 유의차를 보이지 않았으나, 완해동시킨 경우에는 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났었다($P<0.01$).

물리적 성상 중 가열감량과 보수력은 대조구가 냉동과 해동 처리구에 비해 낮게 나타난 반면에($P<0.01$, $P<0.05$), 전단력은 냉동과 해동 처리구에 비해 대조구에서 높게 나타났었다($P<0.01$).

화학적 성상 중 수분, 지방, 단백질, 조회분 함량은 처리구간 냉동에 따른 차이는 보이지 않았다. 그러나 수분의 함량은 완해동한 경우에 급해동에 비해 높게 나타났으며($P<0.05$), 단백질 함량은 급해동한 경우 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났었다($P<0.05$).

2. 지방산 조성

본 시험에 이용된 토종오리고기의 동결 전후 지방산 함량은 Table 4에 나타내었다. Myristic acid(C14:0)와 linolenic acid(C18:3n3) 함량은 대조구에서 냉동과 해동 처리구에 비해 높게 나타났었다($P<0.05$). Stearic acid(C18:0) 함량은 완냉동시킨 경우에 급냉동의 경우보다 높게 나타났으며($P<0.05$), 해동의 경우에는 처리구간 유의차를 보이지 않았다. Arachidonic acid(C20:4n6)는 완냉동과 완해동의 경우에 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났었다($P<0.01$, $P<0.05$).

3. 아미노산 함량

본 시험에 이용된 토종오리고기의 동결 전후 필수아미노산과 비필수아미노산 함량은 Table 5와 Table 6에 나타내었다. 필수아미노산 중 threonine, glycine, iso-leucine, leucine, tryptophan 함량은 냉동과 해동 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($P<0.05$). Methonine과 valine 함량은 해동에 따른 차이는 보이지 않았으나, 냉동 처리시 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났었다($P<0.05$).

비필수아미노산 중 alanine, aspartic acid, glutamic acid, serine, tyrosine 함량은 대조구에서 냉동과 해동처리구보다 유의적으로 낮게 나타났었다($P<0.01$, $P<0.05$).

고 찰

본 시험에서 사용된 토종오리고기의 육색은 적색육인 소고기와 유사한 명도와 황색도를 가지고 있으며, 적색도와 황

Table 2. Effects of freezing and thawing methods on meat color, cooking loss (CL), shear force (SF) and water holding capacity (WHC) of duck meats

Items	CIE			CL (%)	SF (kg/cm ²)	WHC (%)	
	L*	a*	b*				
CON	36.0 ^a	18.6 ^{ab}	5.15 ^b	19.6 ^c	19.2 ^a	60.6 ^b	
FFFT	33.4 ^{ab}	17.7 ^{ab}	5.10 ^b	25.4 ^b	14.8 ^{ab}	63.5 ^a	
FFST	35.9 ^a	19.8 ^a	8.12 ^a	28.4 ^a	11.7 ^b	63.1 ^a	
SFFT	33.0 ^b	16.3 ^b	5.10 ^b	24.7 ^b	10.4 ^b	62.1 ^{ab}	
SFST	33.8 ^{ab}	18.0 ^{ab}	7.24 ^a	28.3 ^a	10.6 ^b	64.1 ^a	
SEM	1.41	1.30	0.89	0.84	2.72	1.25	
Freezing	CON	36.0 ^a	18.6	5.15	19.6 ^b	19.2 ^a	60.6 ^b
	Fast	33.4 ^b	17.2	6.17	26.5 ^a	10.5 ^b	63.1 ^a
	Slow	34.6 ^{ab}	18.8	6.61	26.9 ^a	13.2 ^b	63.3 ^a
	SEM	1.58	1.54	1.54	1.82	2.72	1.36
Thawing	CON	36.0 ^a	18.6	5.15 ^b	19.6 ^b	19.2 ^a	60.6 ^b
	Fast	33.2 ^b	17.0	5.10 ^b	25.0 ^a	12.6 ^b	62.8 ^a
	Slow	34.9 ^{ab}	18.9	7.68 ^a	28.3 ^a	11.1 ^b	63.6 ^a
	SEM	1.48	1.44	0.88	0.79	2.96	1.29
Fre. × Tha.	*	*	**	**	*	*	
P-value ¹⁾	Freezing	*	NS	NS	**	**	*
	Thawing	*	NS	**	**	**	*

CON: control, FFFT: fast freezing and fast thawing, FFST: fast freezing and slow thawing, SFFT: slow freezing and fast thawing, SFST: slow freezing and slow thawing.

¹⁾ Probability of contrast, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

^{a-c} Mean within the same column with no common superscripts differ significantly ($P < 0.01$).

색도는 쇠고기에 비해 낮은 수치를 보이고 있다(Moon, 2010; Eastridge and Bowker, 2011). Moon(2010)은 쇠고기의 명도, 적색도, 황색도가 동결 및 해동 후에 변화가 없다고 하였으며, Eastridge and Bowker(2011)는 해동 후 쇠고기의 적색도가 높다고 하였다. 본 시험의 결과는 Eastridge and Bowker(2011)의 결과와 유사하였다.

Lawrie and Ledward(2006)는 쇠고기의 육색 변화가 품종, 나이, 근내지방, 수분 및 myoglobin 함량 등에 좌우되며, 특히 myoglobin이 육색과 가장 깊은 관계가 있다고 하였다. Calvelo(1981)와 Abdallah et al.(1999)은 myoglobin은 냉동 후 저장기간, 해동하는 동안에 변성이 일어나 육색을 변화시키며, myoglobin의 변성은 수분함량과 관계가 있다고 하였다. 따라서 동결 전후 육색의 변화는 동결에 따른 고기 내 수분

함량의 변화에 따른 myoglobin의 변성 때문이라고 사료된다.

본 시험에서 물리적 특성 중 가열감량과 보수력은 동결과 해동에 따라 증가하는 것으로 나타났으며, 전단력은 감소되는 것으로 나타났다. 일반적으로, 동결, 냉동 기간 및 해동 모두 고기의 보수력을 감소시키는 역할을 한다(Anon and Calvelo, 1980; Ngapo et al., 1999; Vieira et al., 2009). 전단력은 고기의 연도와 관련이 있으며, 전단력 측정시 냉동과 해동에 따라 고기의 연도가 증가한다(Wheeler et al., 1990; Shanks et al., 2002; Farouke et al., 2003; Lagerstedt et al., 2008)

Eastridge and Bowker(2011)는 쇠고기의 해동조건에 따른 물리학적 특성을 비교하였을 때 가열감량은 증가하였고, 전단력은 해동 조건에 따른 차이를 보이지 않는다고 하였다. 가열감량에 대해서는 Eastridge and Bowker(2011)의 결과가

Table 3. Effects of freezing and thawing methods on proximate compositions of duck meats

Items	Moisture	Fat	Protein	Ash	
CON	74.5	1.88	21.3	1.20	
FFFT	73.9	1.59	22.0	1.21	
FFST	74.6	1.53	21.5	1.19	
SFFT	73.9	1.89	21.9	1.20	
SFST	74.7	1.40	21.5	1.19	
SEM	0.55	0.48	0.35	0.03	
Freezing	CON	74.5	1.88	21.3	1.20
	Fast	74.2	1.56	21.8	1.20
	Slow	74.3	1.64	21.7	1.19
	SEM	0.63	0.47	0.38	0.02
Thawing	CON	74.5 ^{ab}	1.88	21.3 ^b	1.20
	Fast	74.7 ^a	1.74	22.0 ^a	1.19
	Slow	73.9 ^b	1.46	21.5 ^{ab}	1.20
	SEM	0.51	0.45	0.32	0.02
Fre. × Tha.	NS	NS	NS	NS	
P-value ¹⁾	Freezing	NS	NS	NS	NS
	Thawing	*	NS	*	NS

CON: control, FFFT: fast freezing and fast thawing, FFST: fast freezing and slow thawing, SFFT: slow freezing and fast thawing, SFST: slow freezing and slow thawing.

¹⁾ Probability of contrast, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

^{ab} Mean within the same column with no common superscripts differ significantly ($P < 0.01$).

본 시험의 결과와 유사하였으나, 전단력에 대해서는 본 연구의 결과와 다르게 나타났다. Eastridge and Bowker(2011)와 본 시험의 결과에서 차이를 보이는 것은 해동 조건에 따른 차이보다는 고기의 종류에 따른 차이 때문이라고 사료된다.

본 시험에서 일반성분 중 수분과 단백질 함량이 해동조건에 따른 유의적인 차이를 보였다. 수분과 단백질 함량은 고기의 육질을 결정하는데 중요한 성분이다(Leygonie et al., 2012). Leygonie et al.(2012)은 고기를 냉동 및 해동하는 동안에 발생하는 삼출액(육즙)이 수분 함량에 영향을 준다고 하였으며, Haugland(2002)는 증가된 해동속도(혹은 해동시간 감소)가 삼출액 형성을 저해시키는 원인이 된다고 하였다. 이런 결과는 본 시험에서 냉동과 해동 처리구에 가열감량, 보수력 및 수분함량의 감소와 관련되어 있다고 사료된다.

Ambrosiadis et al.(1994)은 침수에 의한 고기의 해동은 drip loss를 감소시키는 반면, 극초단파 해동(0℃까지 35분)은 외기 해동(5~7시간)에 비해 drip loss가 증가하지만, 냉장 해동(3~5℃ 28시간)의 drip loss 비율이 가장 높다고 하였다. 본 시험에서는 drip loss 대신에 cooking loss를 비교한 결과, 유수해동과 냉장 해동 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 이런 결과는 본 시험이 냉동 전의 신선육과 비교하였기 때문이며, 냉동과 해동방법의 비교 결과에서는 유의적인 차이가 나타났을 것으로 사료된다.

지방산은 고기의 질감과 영양적 특성에 대하여 중요한 성분이다(Faridnia et al., 2015). 근육의 지방산 성분, 특히 산화적 붕괴가 일어나기 쉬운 인지질 내 복합포화지방산은 고기의 가공, 숙성 및 세부 전시 단계 동안에 산화적 안정성에 영향을 준다(Wood et al., 2008). Salih et al.(1989)은 칠면조 가슴육 내 linoleic acid 비율은 냉동과 냉장 단계 동안에 유의적으로 감소한다고 하였고, Miteva and Bakalivanova(1987)는 요리 전 닭고기의 다리 근육의 냉동 저장 동안에, linoleic acid와 palmitic acid와 같은 불포화 지방산 수준은 매우 빠르게 감소한다고 보고하였다. 본 연구에서는 불포화 지방산인 linolenic acid 함량이 감소한다고 하여 유사한 경향을 보이고 있다.

Westering and Hedrick(1979)은 linoleic acid와 stearic acid 함량이 높아지면 풍미가 변화하여 고기의 기호도가 저하된다고 하였다. 본 시험에서 지방산 중 stearic acid는 동결과 해동 시에 그 함량이 높아졌으며, 이런 결과에 따라 동결과 해동 과정을 거친 오리고기의 기호도가 떨어질 수 있다고 사료된다.

가금육이나 쇠고기, 돼지고기의 냉동과 해동에 따른 아미노산 함량 변화에 대한 연구는 아직 미비하며, 오히려 생선에 대한 연구가 어느 정도 이루어지고 있는 실정이다. 가금육에 대한 연구로서 Jung et al.(1996)은 냉동육이 냉장육에 비해 aspartic acid, glutamic acid, valine, isoleucine, histidine의 함량과 총 유리아미노산의 함량이 낮다고 보고한 반면, Farouk and Swan(1998)은 진공 포장한 쇠고기를 냉동 보관하였을 때 총 유리아미노산의 함량이 증가되었다고 하였다. 본 시험에서 변화를 보인 몇몇 아미노산들은 동결과 해동 후에 감소되는 결과를 보여 Jung et al.(1996)의 결과와 유사하였다. 그러나 냉동과 해동이 육질에 미치는 영향에 대해 연구한 연구들은 아직 부족하며, 이에 냉동과 해동 후의 육질뿐만 아니라, 냉동 저장 기간에 대하여 추가적인 연구가 이루어져야 한다고 사료된다.

앞에서 언급한 바와 같이, 고기의 이화학적 특성은 주로 수

Table 4. Effects of freezing and thawing methods on fatty acid composition of duck meats

Items	C14:0	C16:0	C16:1n7	C18:0	C18:1n9	C18:1n7	C18:2n6	C18:3n6	C18:3n3	C20:1n9	C20:4n6	C20:5n3	C22:4n6	C22:6n3	
CON	0.70	23.4	4.38 ^{ab}	6.22 ^{ab}	53.1	-	11.4	0.07	0.44 ^a	0.65 ^a	0.69 ^c	-	-	-	
FFFT	0.65	22.2	4.56 ^a	6.06 ^b	53.4	-	11.2	0.06	0.40 ^b	0.60 ^a	0.90 ^{bc}	-	-	-	
FFST	0.66	21.3	3.97 ^b	6.13 ^b	54.0	-	11.8	0.07	0.41 ^{ab}	0.64 ^a	1.11 ^{bc}	-	-	-	
SFFT	0.64	21.7	4.49 ^{ab}	6.84 ^a	52.0	-	11.6	0.07	0.40 ^b	0.45 ^b	1.78 ^a	-	-	-	
SFST	0.67	21.8	4.44 ^{ab}	6.43 ^{ab}	52.9	-	11.6	0.06	0.40 ^b	0.50 ^{ab}	1.30 ^{ab}	-	-	-	
SEM	0.03	0.73	0.28	0.34	1.29		0.01	0.01	0.02	0.08	0.29				
Freezing	CON	0.70 ^a	23.4	4.38	6.22 ^{ab}	53.1	-	11.4	0.07	0.44 ^a	0.65 ^a	0.69 ^b	-	-	-
	Fast	0.66 ^b	21.7	4.27	6.09 ^b	53.7	-	11.5	0.06	0.41 ^b	0.62 ^a	1.01 ^b	-	-	-
	Slow	0.66 ^b	21.7	4.46	6.63 ^a	52.5	-	11.6	0.07	0.40 ^b	0.48 ^b	1.54 ^a	-	-	-
	SEM	0.03	0.74	0.33	0.34	1.24		0.55	0.01	0.02	0.08	0.32			
Thawing	CON	0.70 ^a	23.4	4.38	6.22	53.1	-	11.4	0.07	0.44 ^a	0.65	0.69 ^b	-	-	-
	Fast	0.66 ^b	21.5	4.21	6.28	53.4	-	11.7	0.06	0.40 ^b	0.57	1.21 ^{ab}	-	-	-
	Slow	0.65 ^b	22.0	4.53	6.28	52.7	-	11.4	0.07	0.40 ^b	0.53	1.34 ^a	-	-	-
	SEM	0.03	0.74	0.31	0.34	1.34		0.54	0.01	0.02	0.11	0.42			
P-value ¹⁾	F × T	NS	NS	*	*	NS	-	NS	NS	*	*	**	-	-	-
	Freezing	*	NS	NS	*	NS	-	NS	NS	*	**	**	-	-	-
	Thawing	*	NS	NS	NS	NS	-	NS	NS	*	NS	*	-	-	-

CON: control, FFFT: fast freezing and fast thawing, FFST: fast freezing and slow thawing, SFFT: slow freezing and fast thawing, SFST: slow freezing and slow thawing.

¹⁾ Probability of contrast, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

^{a,b} Mean within the same column with no common superscripts differ significantly ($P < 0.01$).

Table 5. Effects of freezing and thawing methods on essential amino acid composition of duck meats

Items	Methionine	Threonine	Glycine	Valine	Iso-leucine	Leucine	Tryptophan	Lysine	Histidine	Arginine	
CON	0.49 ^b	0.91 ^b	0.85 ^b	0.87 ^b	0.78 ^b	1.64 ^b	0.76 ^b	1.69 ^b	0.56	1.24 ^b	
FFFT	0.52 ^{ab}	0.98 ^a	0.90 ^{ab}	0.93 ^a	0.85 ^a	1.76 ^a	0.82 ^a	1.81 ^a	0.61	1.32 ^a	
FFST	0.51 ^{ab}	0.96 ^a	0.91 ^a	0.91 ^{ab}	0.83 ^a	1.74 ^a	0.80 ^a	1.77 ^{ab}	0.59	1.31 ^{ab}	
SFFT	0.52 ^{ab}	0.95 ^{ab}	0.88 ^{ab}	0.89 ^{ab}	0.81 ^{ab}	1.70 ^{ab}	0.79 ^{ab}	1.75 ^{ab}	0.58	1.29 ^{ab}	
SFST	0.54 ^a	0.96 ^a	0.89 ^{ab}	0.91 ^{ab}	0.84 ^a	1.73 ^a	0.80 ^a	1.77 ^{ab}	0.61	1.31 ^{ab}	
SEM	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.05	0.02	0.05	0.03	0.04	
Freezing	CON	0.49 ^b	0.91 ^b	0.85 ^b	0.87 ^b	0.78 ^b	1.64 ^b	0.76 ^b	1.69 ^b	0.56	1.24 ^b
	Fast	0.52 ^a	0.97 ^a	0.90 ^a	0.92 ^a	0.84 ^a	1.75 ^a	0.81 ^a	1.79 ^a	0.60	1.32 ^a
	Slow	0.53 ^a	0.96 ^a	0.89 ^{ab}	0.90 ^a	0.82 ^a	1.71 ^a	0.79 ^a	1.76 ^a	0.59	1.30 ^a
	SEM	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.05	0.03	0.04
Thawing	CON	0.49	0.91 ^b	0.85 ^b	0.87	0.78 ^b	1.64 ^b	0.76 ^b	1.69 ^b	0.56	1.24 ^b
	Fast	0.53	0.96 ^a	0.90 ^a	0.91	0.83 ^a	1.73 ^a	0.80 ^a	1.77 ^a	0.60	1.31 ^a

Table 5. Continued

Items	Methionine	Threonine	Glycine	Valine	Iso-leucine	Leucine	Tryptophan	Lysine	Histidine	Arginine	
Thawing	Slow	0.52	0.97 ^a	0.89 ^{ab}	0.91	0.83 ^a	1.73 ^a	0.80 ^a	1.78 ^a	0.59	1.31 ^a
	SEM	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.02	0.05	0.03	0.04
	Fre.×Tha.	NS	*	NS	*	*	*	*	NS	NS	*
<i>P</i> -value ¹⁾	Freezing	0.05	*	*	*	**	**	**	*	NS	*
	Thawing	NS	**	*	NS	*	*	*	*	NS	*

CON: control, FFFT: fast freezing and fast thawing, FFST: fast freezing and slow thawing, SFFT: slow freezing and fast thawing, SFST: slow freezing and slow thawing.

¹⁾ Probability of contrast, * $P<0.05$, ** $P<0.01$.

^{a,b} Mean within the same column with no common superscripts differ significantly ($P<0.01$).

Table 6. Effects of freezing and thawing methods on non-essential amino acid composition of duck meats

Items	Alanine	Aspartic acid	Glutamic acid	Proline	Cystine	Serine	Tyrosine	
CON	1.18 ^b	1.78 ^b	2.86 ^b	0.72	0.24	0.81 ^b	0.63 ^b	
FFFT	1.26 ^a	1.93 ^a	3.06 ^a	0.72	0.24	0.87 ^a	0.68 ^a	
FFST	1.23 ^a	1.90 ^a	3.03 ^a	0.75	0.24	0.86 ^a	0.66 ^{ab}	
SFFT	1.23 ^a	1.87 ^a	2.97 ^{ab}	0.71	0.24	0.85 ^a	0.66 ^{ab}	
SFST	1.23 ^a	1.90 ^a	3.06 ^a	0.72	0.25	0.86 ^a	0.66 ^{ab}	
SEM	0.03	0.05	0.08	0.02	0.01	0.02	0.02	
Freezing	CON	1.18 ^a	1.78 ^b	2.86 ^b	0.72	0.24	0.81 ^b	0.63 ^b
	Fast	1.25 ^a	1.91 ^a	3.05 ^a	0.74	0.24	0.86 ^a	0.67 ^a
	Slow	1.23 ^a	1.89 ^a	3.02 ^a	0.71	0.24	0.86 ^a	0.66 ^a
	SEM	0.03	0.05	0.08	0.02	0.001	0.02	0.02
Thawing	CON	1.18 ^b	1.78 ^b	2.86 ^b	0.72	0.24	0.81 ^b	0.63 ^b
	Fast	1.23 ^a	1.90 ^a	3.05 ^a	0.73	0.24	0.86 ^a	0.66 ^a
	Slow	1.24 ^a	1.90 ^a	3.02 ^a	0.72	0.24	0.86 ^a	0.67 ^a
	SEM	0.03	0.05	0.08	0.02	0.001	0.02	0.02
	Fre.×Tha.	*	*	*	NS	NS	*	*
<i>P</i> -value ¹⁾	Freezing	*	**	*	NS	NS	**	*
	Thawing	*	**	*	NS	NS	**	*

CON: control, FFFT: fast freezing and fast thawing, FFST: fast freezing and slow thawing, SFFT: slow freezing and fast thawing, SFST: slow freezing and slow thawing.

¹⁾ Probability of contrast, * $P<0.05$, ** $P<0.01$.

^{a,b} Mean within the same column with no common superscripts differ significantly ($P<0.01$).

분 함량에 의해 결정된다고 알려져 있으며, 본 시험에서 냉동과 해동방법에 따른 오리고기의 육질 차이를 비교한 결과, 냉동과 해동은 이런 수분 함량에 변화를 주게 됨으로써, 결

과적으로 육질 특성에 영향을 미치게 되는 것이라 사료된다.

적 요

본 연구는 냉동과 해동 방법에 따른 토종오리고기의 육질 특성을 비교하기 위해 수행하였다. 본 시험에 사용된 공시 재료는 8주령 토종오리(평균체중 2.8 kg)를 도압(屠鴨)하여 채취한 가슴육을 이용하였다. 본 시험의 처리구는 냉동 전 신선육을 대조구(CON)로 하고, 시험구는 냉동 2처리(급냉(FF), 완냉(SF)와 해동 2처리(급해동(FT), 완해동(ST))의 2×2 복합 요인으로 4처리구로 하여 총 5처리구(CON, FFST, FFST, SFST, SFST), 처리구당 3반복, 반복당 3점씩 총 45점을 이용하였다. 급냉(시료를 -50℃ deep freezer에서 보관)과 완냉(시료를 -20℃ 냉동고에 보관)의 두 가지 방법으로 냉동된 시료를 1개월 저장 후, 급해동(12℃ 5시간의 유수해동)과 완해동(5℃ 24시간 냉장고 해동)의 두 가지 방법으로 해동하여 분석에 이용하였다. 육색 중 명도는 급냉시킨 경우와 급해동시킨 경우에 대조구에 비해 유의적으로 감소되었다($P < 0.05$). 황색도는 완해동시킨 경우에는 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.01$). 물리적 성상 중 가열감량과 보수력은 대조구가 냉동과 해동 처리구에 비해 낮게 나타난 반면에($P < 0.01$, $P < 0.05$), 전단력은 냉동과 해동 처리구에 비해 대조구에서 높게 나타났다($P < 0.01$). 화학적 성상 중 수분의 함량은 완해동한 경우에 급해동에 비해 높게 나타났으며($P < 0.05$), 단백질 함량은 급해동한 경우 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). Myristic acid(C14:0)와 linolenic acid(C18:3n3) 함량은 대조구에서 냉동과 해동 처리구에 비해 높게 나타났다($P < 0.05$). Stearic acid(C18:0) 함량은 완냉동시킨 경우에 급냉동의 경우보다 높게 나타났으며($P < 0.05$), 해동의 경우에는 처리구간 유의차를 보이지 않았다. Arachidonic acid(C20:4n6)은 완냉동과 완해동의 경우에 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.01$, $P < 0.05$). 필수아미노산 중 대조구의 threonine, glycine, iso-leucine, leucine, tryptophan 함량은 냉동과 해동 처리구에서 대조구에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($P < 0.05$). Methonine과 valine 함량은 해동에 따른 차이는 보이지 않았으나, 냉동 처리시 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). 비필수아미노산 중 alanine, aspartic acid, glutamic acid, serine, tyrosine 함량은 대조구에서 냉동과 해동처리구보다 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.01$, $P < 0.05$). 결론적으로, 토종오리고기의 냉동 및 해동은 수분과 관련된 육색, 전단력, 가열감량, 보수력에 영향을 미치는 것으로 보여진다.

(색인어: 오리고기, 냉동, 해동, 육질특성, 지방산, 아미노산)

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ010482-2016)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Abdallah MB, Marchello JA, Ahmad HA 1999 Effect of freezing and microbial growth on myoglobin derivatives of beef. *J Agric Food Chem* 47:4093-4099.
- Ambrosiadis I, Theodorakakos N, Georgakis S, Lekas S 1994 Influence of thawing methods on the quality of frozen meat and the drip loss. *Die Fleischwirtschaft* 74:284-287.
- AMSA 1995 Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meats, Chicago, III: National Livestock and Meat Board. Page 48.
- Anderson BA, Singh RP 2006 Modeling the thawing of the frozen foods using air impingement technology. *Int J Refrig* 29:294-304.
- Anon MC, Cavalo A 1980 Freezing rate effects on the drip loss of frozen beef. *Meat Sci* 4:1-4.
- Ballin NZ, Lametsch R 2008 Analytical methods for authentication of fresh vs thawed meat - A review. *Meat Sci* 80: 151-158.
- Boccard R, Buchter L, Casteels E, Cosentino E, Dransfield E, Hood DE, Joseph RJ, MacDougall DB, Rhodes DN, Schon I, Tinbergen BJ, Touraille C 1981 Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Report of a working group in the Commission of the European Communities (CEC) beef production research programme. *Livest Prod Sci* 8:835-897.
- Boles JA, Swan JE 2002 Meat and storage effects on processing characteristics of beef roasts. *Meat Sci* 62:121-127.
- Calvelo RJ 1981 Recent studies on meat freezing. In R Lawrie (Ed.). *Development in Meat Science-2* (Pages 125-158). London: Elsevier Applied Science Publishers.
- Chae HS, Yoo YM, Ahn CN, Kim DH, Ham JS, Jeong SK, Lee JM, Choi YI 2005 Effect of rearing period on yield rate, physical properties and fatty acid composition of duck meats. *Kor J Food Sci Ani Resour* 25:304-309.
- Crigler JC, Dawson LE 1968 Cell disruption in broiler breast muscle related to freezing time. *J Food Sci* 33:248-250.
- Crouse JD, Koohmaraie N 1990 Effect of freezing beef on

- subsequent post-mortem aging and shear force. *J Food Sci* 55:573-574.
- Deatherage FE, Hamm R 1960 Influence of freezing and thawing on hydration and charges of the muscle protein. *Food Res* 25:623-629.
- Devine CE, Bell RG, Lovatt S, Chrystall BB, Jeremiah IE 1995 Red meats. In: Jeremiah IE. Editor. *Freezing Effects on Food Quality*. New York: Marcel Dekker, Inc. Pages 51-84.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1-42.
- Eastridge JS, Bowker BC 2011 Effect of rapid thawing on the meat quality attribute of USDA select beef strip loin steaks. *J Food Sci* 76:156-162.
- Farag KW, Duggan E, Morgan DJ, Cronin DA, Lying JG 2009 A comparison of conventional and radio frequency defrosting of lean beef meats: effects on water binding characteristics. *Meat Sci* 83:278-284.
- Faridnia F, Ma QL, Bremer PJ, Burritt DJ, Hamid N, Oey I 2015 Effect of freezing as pre-treatment prior to pulsed electric field processing on quality traits of beef muscles. *Innov Food Sci Energ* 29:31-40.
- Farouke MM, Wieliczko KJ, Mertz I 2003 Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. *Meat Sci* 66:171-179.
- Farouk MM, Swan JE 1998 Effect of muscle condition before freezing and simulated chemical changes during frozen storage on protein functionality in beef. *Meat Sci* 50:235-243.
- FDA 2005 Food. In: FDA food code 2005. CollegePark, Md.: US Dept Health and Human Services Public Health Services, Food and Drug Administration. Pages 47-99.
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipid from plasma cholesterol. *J Biol Chem* 26:497-507.
- Haugland A 2002 Industrial thawing of fish - to improve quality, yield and capacity. PhD in Engineering Thesis. Norwegian University of Science and Technology, Norway.
- Hildrum KI, Solvang M, Nilsen BN, Froystein T, Berg J 1999 Combined effects of chilling rate, low voltage electrical stimulation and freezing on sensory properties of bovine *M. longissimus dorsi*. *Meat Sci* 52:1-7.
- Hong GP, Shim KB, Choi MJ, Min SG 2009 Effects of air blast thawing combined with infrared radiation on physical properties of pork. *Kor J Food Sci Anim Res* 29:302-309.
- Hong GP, Mun SG, Ko SII, Shun KB, Seo EJ, Choi MJ 2007 Effects of brine immersion and electrode contract type low voltage ohmic thawing on the physico-chemical properties of pork meat. *Kor J Food Sci Anim Res* 27:416-423.
- Jung IC, Kim MS, Lim CW, Moon GI, Cha IH, Kwon HD, Moon YH 1996 Effect of cold storage on the palatability of thawed Holstein tenderloin. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 25:637-642.
- Khan AW, Lentz CP 1977 Effects of freezing, thawing and storage on some quality factors for portion-size beef cuts. *Meat Sci* 1:263-270.
- Kiani H, Sun DW 2011 Water crystallization and its importance to freezing of foods: A review. *Trends in Food Sci & Tech* 22:407-426.
- Kondratowicz J, Chwastowska I, Burczyk E 2008 Technical properties of pork thawed in the atmospheric air or in the microwave oven a determined during a six-month deep-freeze storage. *Anim Sci Papers Rep* 26:175-181.
- Lagerstedt A, Enfalt C, Johansson L, Lundstrom K 2008 Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef *M. longissimus dorsi*. *Meat Sci* 80:457-461.
- Lawrie RA, Ledward DA 2006 *Lawrie's Eat Science*. 7th ed., Woodhead Publishing, Cambridge, England.
- Lee ES, Jeong JY, Yu LH, Choi JH, Han DJ, Choi YS, Kim CJ 2007 Effects of thawing temperature on the physico-chemical and sensory properties of frozen pre-rigor beef muscle. *Food Sci Biotech* 16:626-631.
- Leygonie Cm Britz TJ, Hoffman LC 2011 Oxidative stability of previously frozen ostrich *M. iliofibularis* packaged under different modified atmospheric conditions. *Int J Food Sci & Tech* 46:1171-1178.
- Li KC, Heaton EK, Marison JE 1969 Freezing chicken thighs by liquid nitrogen and sharp freezing process. *Food Tech* 23:241-243.
- Love RM 1957 The expressible fluid of fish fillets. V. Cell damage in fillets frozen from one side: The general picture. *J Sci Food Agric* 8:238-242.
- Mackie IM 1993 The effects of freezing on flesh proteins.

- Food Rev Int 9:575-610.
- MAFRA 2015 Major Statistics Indices. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- Mitchell GE, Giles JE, Rogers SA, Tan IT, Naidoo RJ, Ferguson DM 1991 Tenderizing, ageing, and thawing effects on sensory, chemical, and physical properties of beef steaks. *J Food Sci* 56:1125-1129.
- Miteva E, Bakalivanova T 1987 Changes in the fatty acid composition of dietetic ready-to-cook chicken meat products during frozen storage. *Food/Nahrung* 31:981-986.
- Moody WG, Bedau C, Langlois BF 1978 Beef thawing and cookery methods. Effect of thawing and cookery methods, time in storage and breed on the microbiology and palatability of beef cuts. *J Food Sci* 43:834-838.
- Moon YH 2010 Effects of freezing period and chilling process after thawing on physicochemical properties and palatability of hind shank meat from Korean native beef. *J East Soc Dietary Life* 20:923-931.
- Moran T 1932 Rapid freezing. critical rate of cooling. *J Soc Chem Indust* 51:16-20.
- Moran T, Hale HP 1932 Rapid freezing. Temperature of storage. *J Soc Chem Indust* 51:20-23.
- Ngapo TM, Babare IH, Reymolds J, Mawson RF 1999 Freezing and thawing rate effects on drip loss from samples of pork. *Meat Sci* 53:149-158.
- NLRI 2001 Feed Standard Analysis Methods. National Livestock Research Institute, RDA, Korea.
- Ramsbottom JM, Koonz CH 1939 Freezing temperature as related to drip of frozen-defrosted beef. *Food Res* 5:425-431.
- Sacks B, Casey NH, Boshof E, van Zyl H 1993 Influence of freezing method on thaw drip and protein loss of low voltage electrically stimulated and non-stimulated sheep's muscle. *Meat Sci* 34:235-243.
- SAS 2012 SAS/STAT Software for PC. Release 9.2 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Salih AM, Price JF, Smith DM, Dawson LE 1989 Lipid degradation in turkey breast meat during cooking and storage. *Poult Sci* 68:754-761.
- Sebranek JG 1982 Use of cryogenics for muscle foods. *Food Technol* 36:121-127.
- Shanks BC, Wulf DM, Maddock RJ 2002 Technical note : The effect of freezing on Warner-Bratzler shear force values of beef longissimus steaks across several postmortem tenderness. *J Anim Sci* 80:2122-2125.
- Shrestha S, Schaffner D, Nummer BA 2009 Sensory quality and food safety of boneless chicken breast portions thawed rapidly by submersion in hot water. *Food Control* 20:706-708.
- Solomon MB, Liu MN, Patel J, Paroczay E, Estridge J, Coleman SW 2008 Tenderness improvement in fresh or frozen/thawed beef steaks treated with hydrodynamic pressure processing. *J Muscle Food* 19:98-109.
- Soyer A, Ozalp B, Dalmis U, Bilgin V 2010 Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chem* 120:1025-1030.
- USDA-FSIS 2005 Safe food handling fact sheet: The big thaw-safe defrosting methods-for consumers [Internet]. Available from: http://www.fsis.usda.gov/factsheets/big_thaw/index.asp. Accessed Nov 19, 2009.
- Vieira C, Diaz MY, Martinez B, Garcia-Cachan MD 2009 Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbial and sensory quality of rustic cross-bred beef at different stages of aging. *Meat Sci* 83:398-404.
- Westering DB, Hedrick HB 1979 Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *J Anim Sci* 48:1343-1348.
- Wheeler TL, Miller RM, Savell JW, Cross HR 1990 Palatability of chilled and frozen beef steaks. *J Food Sci* 55:301-304.
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI 2008 Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci* 66:21-32.
- Zhao Y, Flores RA, Olson DG 1998 High hydrostatic effects on rapid thawing of frozen beef. *J Food Sci* 63:272-275.

Received Aug. 29, 2016, Revised Oct. 24, 2016, Accepted Nov. 4, 2016