

한우 수출을 위한 채끝 등심의 온도와 저장 기간에 따른 품질 변화 평가

김문주¹, 조영동², 황인호^{3*}

¹전북대학교 동물자원과학과 박사후연구원, ²전북대학교 동물자원과학과 박사과정, ³전북대학교 동물자원과학과 교수

Quality Properties of *Hanwoo longissimus* Muscle Packaged for Export Market during Long-term Storage at Various Temperatures

Moon-ju Kim¹, Young-dong Cho², In-ho Hwang^{3*}

¹Post Doctor, Department of Animal Science, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

²Ph. D. Student, Department of Animal Science, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

³Professor, Department of Animal Science, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

*Corresponding author: In-ho Hwang (E-mail: inho.hwang@jbnu.ac.kr)

ABSTRACT

Received: 17 May 2021

Revised: 8 June 2021

Accepted: 9 June 2021

The current experiment was designed to establish optimal distribution conditions for Hanwoo *longissimus lumborum* muscle (LL) packaged for a Hong Kong market over 40 days. Eight LL muscles were sampled the day after slaughter from a commercial beef export abattoir located in Seoul. Samples were allocated into a 2 × 4 factorial arrangement (stored at 1°C or 4°C, and aged for 1, 7, 21, or 40 days) and packaged with a 9-layer commercial shrink film; the objective meat quality was determined at the designated days. Moisture content, drip loss, and lipid oxidation data indicated that storage at 1°C was significantly ($p < 0.05$) more stable than storage at 4°C. In contrast, the Warner-Bratzler shear force showed a similar tendency ($p < 0.05$) of significant reduction during the aging period. The objective meat color assessed by redness (CIE a*) revealed that storage at 1°C significantly improved ($p < 0.05$) stage redness up to 40 days, while storage at 4°C maintained a similar redness. The current data indicate that storage temperature is a prime determinant of meat quality, particularly for beef cut packaged in the long-term exporting market, and suggested that maintenance at 1°C is recommended compared to that at 4°C. The current study highlights the crucial need for the development of a cold-chain handling manual for exporting beef.

Keywords: Exporting Hanwoo beef, Meat quality, Packaging, Storage condition

서론

한우 사육 두수는 쇠고기 가격형성에 중요한 요인으로 인식되어 왔으며, 삼백만 두가 넘어서면 쇠고기 가격이 폭락할 것이라는 예상(Yanews, 2021)과 달리 한우 경락 가격은 최근 몇 년 동안 사상 유례없는 최고가를 경신하였으며



(Aflnews, 2020) 고공행진은 계속되고 있다(Lee and Jeong, 2021; EKAPE, 2021). 2021년 1/4분기 한우 사육 두수는 330만두를(KOSIS, 2021) 넘어섰지만 다행이 시장의 우려와는 달리 한우 경락 가격은 높은 가격을 유지하고 있으며 한우 사육 두수는 증가한 반면 사육농가 수는 감소하는 경향을 나타내 집약적인 생산체계를 갖춘 한우농가들이 많아짐에 따라 산업기반은 점차 나아지는 것으로 판단된다(Jeon, 2021).

그러나 한우 사육구조 변화 및 수급영향 분석(Hanwooboard, 2020) 연구에 따르면, 2021년 1분기 이후 도축 두수 증가 폭의 확대로 인해 경락 가격의 하락은 불가피 할 것으로 내다봤으며 이에 따라 한우 사육 두수 조절을 위해 자율적 암소 감축이 필요하다는 전망이다. 그러나 송아지 가격이(Table 1) 2014년을 기점으로 지속적으로 오르면서 암소의 도축은 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타나 시장 안정대책이 시급하지만, 가임 암소 조절은 시간이 걸려 시장상황에 바로 반영되기가 어려운 현실이다. 또한 COVID-19의 여파로 쇠고기 수입량이 감소한 측면도 한우 경락 가격을 지지하는데 일조한 것으로 사료되며 이는 코로나 사태가 진정되었을 때 수입되는 쇠고기의 양에 따라 가격의 변동에 대해서도 대처해야 할 것으로 사료된다.

한편 국내 소비에 국한된 생산량을 해외수출을 통해 시장을 안정시키기 위한 노력은 한우 산업발전을 위한 필요한 전략으로 제안되어 왔다(Ihanwoo, 2021). 한우고기가 2015년 12월 홍콩으로 첫 수출을 시작한 이후 홍콩시장에서 프리미엄 상품으로 자리를 잡아가고 있으나 운송 중 포장의 진공 풀림, 기포 발생, 과도한 드립의 발생으로 인한 가치 하락, 품질의 불균일 등 문제점이 대두되었다(Hanwooboard, 2018). 2016부터 2018년까지 홍콩에 수출된 한우 물량의 96.2%가 냉장 유통되었으나(Hanwooboard, 2018) 냉장 온도에 따른 품질의 변화에 대한 정확한 자료는 아직 보고되지 않았다. 지금까지 연구된 수출 활성화 방안은 수출경쟁력 분석(Kwon et al., 2014), 한우고기 수출전략(Lee et al., 2014), FTA대비 가격 경쟁력 비교(Kwon et al., 2014) 등 주로 시장 분석과 대응에 초점을 맞춘 연구가 대부분이었다. 뿐만 아니라 한우 수출 유통과정 중 품질 변화를 시뮬레이션 한 연구는 2°C에서 14일간 저장 후 품질 변화를 분석한(Cho et al. 2017) 연구로 유통기간이 늘어났을 때를 대비한 자료는 확보되지 않은 상태이다.

홍콩의 주요 쇠고기 수출국 중 호주는 온도조절, 공기 흐름 조절, 모니터링 등의 기능을 갖춘 전용 냉장컨테이너를 이용하여 항공과 선박을 이용해 수출하는 것으로 나타났다. 미국의 경우 냉장고급육은 항공편을 통해 -2~1°C의 냉장컨테이너를 이용하며, 도축에서 검역 및 통관까지 약 20여일의 기간이 소요되는 것으로, 해상운송시에는 최소 23일이 걸리는 것으로 나타났다. 일본의 경우에도 수출전용 포장용기를 사용하여 냉장 컨테이너를 통한 보냉 운송 방식으로 쇠고기의 신선도를 유지하는 것으로 나타났다(Hanwooboard, 2018).

Table 1. Number of Hanwoo breeding herds and auction median price of Hanwoo calves

Year	Female (won/head)	Male (won/head)	No. HBH*
2020/09	3,392,000	4,252,000	3,236,896
2019	3,212,000	3,930,000	3,078,184
2018	3,130,000	3,857,000	2,961,521
2017	2,919,000	3,572,000	2,871,400
2016	2,902,000	3,583,000	2,809,820
2015	2,281,000	2,913,000	2,768,945
2014	1,622,000	2,437,000	2,670,031
2013	1,006,000	1,794,000	2,810,187
2012	1,326,000	1,706,000	2,932,815
2011	1,535,000	1,748,000	2,819,674

*Number of Hanwoo breeding herds.

한편 한우수출의 경우 고기의 저장 온도, 숙성 기간에 따른 품질 연구는 국내 소비자를 위한 연구로(Park et al., 2016; Yu et al., 2018), 실제 수출에 적용되는 포장을 이용해서 수출을 위한 연구는 미진한 상태이다. 특히 항공운송으로 인한 고비용 구조로 인한 가격 경쟁력 저하와 냉장 유통기간 기간이 짧아 충분한 숙성이 이루어 지지 않아 경쟁국들의 쇠고기에 비해 질기다는 의견이 대두되었다(Exportrnd, 2020). 쇠고기 수출산업체에 따르면 현지 바이어들의 요구를 해결하는 방안으로 해상 운송을 통한 쇠고기 수출의 필요성이 제시되었다. 따라서 본 연구는 한우고기의 해상 냉장 수출을 고려한 최대 40일까지 1°C와 4°C 조건에서 보관 후 품질의 변화를 분석하고 수출 유통을 위한 최적의 저장 온도를 설정하기 위해 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료 및 실험설계

총 8개(n = 8)의 등심 채끝이 서울소재 수출용 T사 도축장에서 수출용으로 도축된 거세우(도체 등급 1+, 평균 연령 27.8개월)에서 채취 되었다. 채끝 시료는 각각 2 × 4 팩토리얼 블록에 배치되었다(숙성기간 1, 7, 21, 40 일과 숙성 온도 1°C 또는 4°C). 시료는 수출용 9겹의 EVOH/PE/PA로 이루어진 50 microns 두께의 수축 필름 진공 포장지(Philcom Co. Ltd., Korea)에 넣어 2.5초간 진공포장(FJ-880D JIWOO-VAC CO. Ltd., Korea)후, 75°C 항온수조에 서 4.5초간 수축시켰다. 이때 수축율은 28 - 30% 수준이었다. 시료는 설계된 온도와 저장기간이후 냉장 상태로 분석하였다.

조사항목 및 방법

수분함량(Moisture content)

수분함량은 HR73 Halogen Moisture Analyzer(Mettler-Toleda GmbH, Switzerland)을 이용하여 측정 시료를 잘게 자른 후 약 2.5 g을 고루 퍼서 측정을 하였다. 건조 온도는 105°C이었으며 시료의 수분이 건조된 후 시료 무게에 의해 백분율로 수분함량을 계산하였다. 수분함량 분석 전 2차 증류수를 이용하여 검정한 후 3회 측정하여 평균값을 사용하였다.

육즙 감량(Drip loss)

육즙 감량은 포장 전 무게와 포장 후 저장기간 동안에 흘러나온 육즙을 제거 후 그 차이를 다음 공식에 의해 산출하였다.

$$\text{육즙 감량(\%)} = (\text{포장 전 무게} - \text{포장 제거 후 무게}) / \text{포장 전 무게} \times 100$$

pH측정

pH는 Glass probe와 온도측정센서가 장착된 pH meter(Model HI99163, HANNA, Korea)을 이용하여 probe를 고기에 직접 삽입하여 pH를 측정하였다. 측정하기 전 pH 4와 7 스탠다드 용액으로 검정한 후 측정하였고 4회 측정 후 평균값을 이용하였다.

가열 감량과 전단력 측정

시료의 가열 전 무게를 기록 후 시료의 중심에 온도계(Thermo Recorder, TR-52, T&D corporation, Japan)를 꽂고 미리 가온 된 70°C의 항온수조(DS-23SN, Dasol Scientific Co., LTD., Korea)에서 시료의 중심 온도가 70°C가 될 때까지 가열한다. 시료의 내부 온도가 70°C에 이르면 바로 꺼내어 30분간 흐르는 물(약 18°C)에서 냉각 시킨다. 냉각이 끝난 후 시료의 물기를 페이퍼를 이용 제거 후 가열 후 무게를 측정하였다. 가열 감량은 다음 공식에 의해서 산출하였다.

$$\text{가열 감량(\%)} = (\text{가열 전 무게} - \text{가열 후 무게}) / \text{가열 전 무게} \times 100$$

가열 감량 계산을 위해 무게를 잰 시료를 4°C 냉장고에 24시간 냉각 보관 후 전단력 측정은 1.27 cm 두께의 코어로 7-8개의 분석 시료를 준비한 다음 Instron(Model 4465, Instron Corp., USA)으로 측정하였다. 전단력 측정 시 V자 형태의 칼날을 이용하여 분석 시료의 근섬유 방향과 직각이 되게 잘라 측정하였고, load cell은 50 kg, cross-head speed는 400 mm/min이었다. 시료 당 6번의 전단력을 측정 후 평균값을 이용하였다.

육색 측정

시료를 근 섬유 방향으로 절단한 뒤 절단면을 냉암소에서 30분간 산소와 접촉하여 발색 시킨 후 색차계(CM-2500d, konica minolta, Japan)를 이용하여 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 측정하였고, 3회 반복 측정하여 평균값을 이용, 측정 시 광원은 D65를 사용하였다.

지질산화도(TBARS value)

지질산화도는 Buege and Aust(1978)의 방법을 이용하여 UV/VIS spectrophotometer(Optizen 2120 UV, Mecasys Co. Ltd., Korea)를 이용하여 2-Thiobarbituric acid reactive substances의 흡광도를 측정하여 계산하였다. 즉, 채끝 시료 2.5 g을 DDW 7.5 mL와 butylated hydroxyl anisol(BHA, 50 ul)을 넣고 14,000 rpm에서 15초간 Ultra Turrax T25 (T25, Ika Works)에서 균질 하였다. 1 mL의 균질물을 15 mL Falcon® tubes에 옮기고 2 mL의 20 mM 2-thiobarbituric acid in 15% trichloroacetic acid 을 첨가 후 90°C의 항온수조에서 15분간 가열 후 바로 흐르는 물에서 냉각시켰다. 냉각 후 1008 G-force 로 10분간 원심분리(HM-150IV, Hanil Co., Ltd., Korea) 하였다. 상층액을 석영 큐벳에 옮겨 532 nm에서 흡광도를 측정 후 흡광도에 5.88를 곱하여 시료 kg당 mg malondialdehyde(MDA)로 TBARS 값을 나타내었다.

통계처리

유통 기간과 저장 온도가 육질에 미치는 영향을 평가하기 평균과 표준오차를 구하여 ANOVA 검사(SAS, 9.2 Version, Cary, NC, 2012)을 실시하였으며, 동물과 시료의 위치는 랜덤으로 처리하였다. 평균의 유의적 차이($p < 0.05$)는 Duncan(1955)의 다중검정을 통하여 검증하였다.

결과 및 고찰

저장 온도 및 저장기간이 드립(drip)손실, 가열 감량 및 수분함량에 미치는 영향

포장육의 드립 형성은 외관상 품질뿐만 아니라 위생적인 품질의 지표가 되어 소비자들이 제품을 평가하는데 중요한 지표가 된다(Payne et al., 1998). 홍콩으로 수출되는 한우고기에서도 드립 발생 문제해결이 다른 나라의 쇠고기의 경쟁력 확보를 위한 가장 큰 문제점으로 지적되었다(Hanwooboard, 2018).

저장기간 동안 드립 발생은 예상했던 바와 같이 기간의 증가와 함께 유의적($p < 0.05$)으로 증가하였으나, 4°C에 저장된 시료의 경우 1°C 저장된 시료에 비해 유의적으로 ($p < 0.001$) 크게 증가하였다(Fig. 1). 특히 저장 온도가 4°C일 때 1°C에 저장된 시료에 비해 21일에는 1.8배 ($p < 0.05$), 40일에 3.5배 ($p < 0.05$) 더 높은 육즙의 감량을 나타내었다. 이 같은 결과는 숙성 온도와 기간이 증가할수록 식육의 보수력이 더 빨리 감소되며(Kang et al., 2019), 더 높은 온도에서는 드립의 점도가 낮아져 드립 감량이 증가하기 때문이라고 보고한(Offer et al., 1989; Hertog-Meischke et al., 1998) 기존의 결과와 같았다. 이러한 숙성 온도와 숙성 기간에 따른 드립 감량의 차이는 수분함량의 차이로 나타났다(Fig. 2).

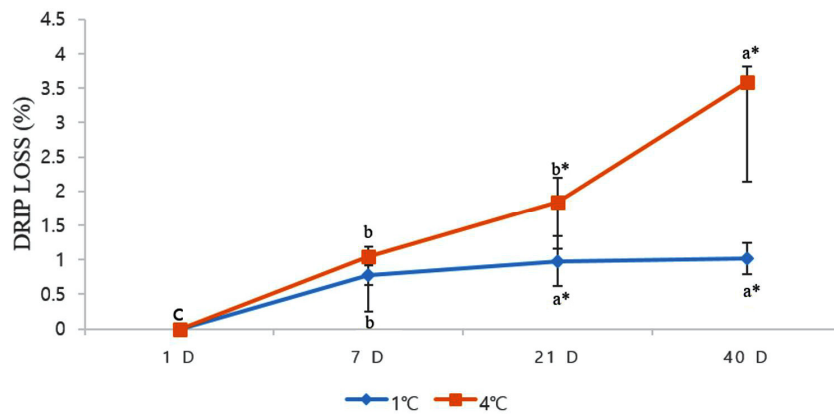


Fig. 1. Effects of storage duration and temperature on drip loss. Error bar with different letters re significantly different ($p < 0.05$) during storage. Error bar with * is significantly different ($p < 0.05$) temperature within the same storage period. X-axis represents the storage duration (day).

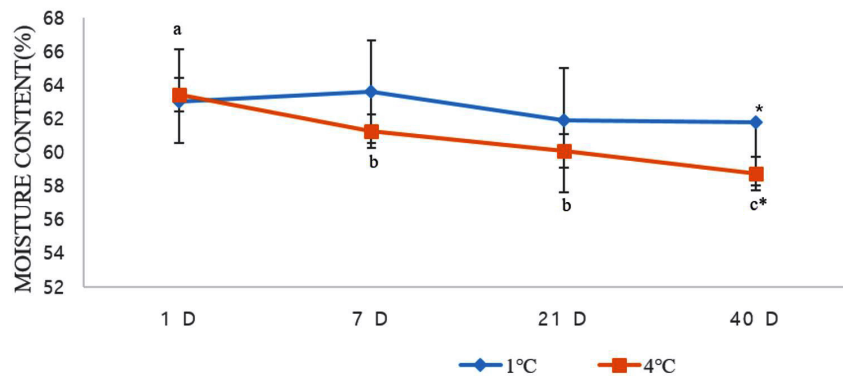


Fig. 2. Effects of storage duration and temperature on the moisture content. Error bar with different letters are significantly different ($p < 0.05$) during storage. Error bar with * is significantly different ($p < 0.05$) temperature within the same storage period. X-axis represents the storage duration (day).

수분의 함량은 고기의 중량에 영향을 미치며 흘러나온 육즙은 고기의 외관을 나쁘게 하여 소비자 구매 의지를 저하시키는 요인으로 수분의 함량은 드립의 양에 의해 영향을 받는 것으로 판단된다(Fig. 2). 따라서 드립의 감량을 줄이기 위해서는 1°C 조건에서 유통되는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 과도한 드립 감량은 홍콩 현지에서 한우 가격 인상의 요인이 되는데, 그 이유는 한우의 홍콩내 유통 과정은 크게 3단계로 홍콩공항도착, 현지 재포장 및 라벨링, 그리고 마지막으로 소매 및 정육점 판매 단계로 나눌 수 있는데, 이 단계까지 약 5일이 소요되는 것으로 조사됐으며, 두번째 단계인 재포장 및 라벨링 단계에서 드립 감량으로 인해 중량이 감소되기 때문에 소매가격 인상으로 이어지는 것으로 조사되었다. 유통기간 동안 1°C를 유지시키는 것이 품질의 변화를 최소화 하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

전반적으로 드립 감량의 차이는 가열 감량에 유의적($p < 0.05$)으로 반영되었다(Fig. 3). 온도에 따른 가열 감량은 저장 40일을 제외하고 1, 7, 21일에 4°C의 시료의 가열 감량이 1°C의 시료보다 더 높게 나타났다($p < 0.05$). 일반적으로 고기가 숙성이 진행되면 보수력이 증가한다고 알려져 있으나 본 연구에서는 저장기간이 길어질수록, 높은 온도에서 가열 감량이 더 높게 나타났다. 이전의 연구에서도 높은 온도에서 효소의 활성화로 인해 보수력이 증가하기 때문에 드립도 줄어든 것으로 예상했지만 드립의 양도 증가하였는데, 이는 높은 온도에서 육즙의 점도가 낮아지기 때문이라고 보고되었다(Hertog-Meischke et al., 1998). 드립 감량은 시료 블록의 크기, 단면적, 근육의 방향에 따라 가열 감량의 크기가 달라질 수 있다고 보고하였으며(Purslow et al., 2016), 숙성으로 인한 보수력의 증가는 곧 가열 감량이 줄어드는 것을 의미하지 않는다고(Straadt et al., 2007) 보고하였다.

시료내 수분함량은 유의적인 ($p < 0.05$) 가열 감량의 증가와 ($p < 0.05$) 드립 손실의 증가의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 1°C에 저장한 시료는 7일까지는 수분의 손실이 나타나지 않았으며 1일 대비 21일에 1.8%, 저장 40일에 1.9% 정도의 수분함량 감소가 ($p = 0.3341$) 나타나 대체로 품질의 감량의 폭이 적게 나타났다. 이와 반대로 4°C에 저장된 시료의 수분함량 감소는 저장 기간이 늘어날수록 유의하게 감소했으며 ($p < 0.01$) 저장 40일에는 초기 수분에 비해 7.4%의 매우 높은 감소율을 나타냈다. 이 결과는 저장 온도와 저장기간이 증가할수록 수분의 손실도 증가한다는 (Holman et al., 2019) 기존의 연구의 결과와 유사하였다. 한편 숙성은 근섬유 내부 및 외부에 형성된 드립 채널에 의해 육즙이 흘러나오는데 숙성이 진행되면 근육 구조가 파괴되면서 드립 채널인 마이크로 튜브 내부로 파편이 떨어져 드립 채널을 막는 ‘스펀지 효과’로 인해 드립의 흐름이 느려져 보수력을 증가시킨다고 보고되었다(Farouk et al., 2012).

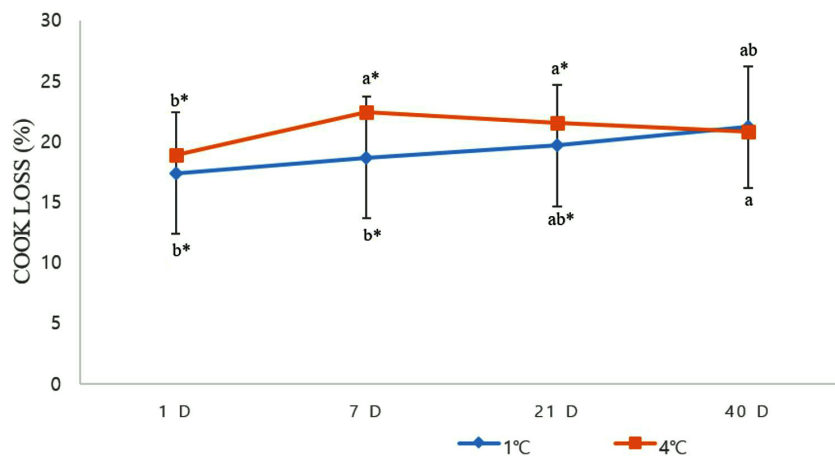


Fig. 3. Effects of storage duration and temperature on the cook loss. Error bar with different letters are significantly different ($p < 0.05$) during storage. Error bar with * is significantly different ($p < 0.05$) between different temperature within the same storage period. X-axis represents the storage duration (day).

또한 보수력은 골격근의 구조, 근육내 물의 위치, 식육의 pH, 유전적 요인, 순전하 효과, 분자 입체 효과 등 수많은 요인에 의해서 영향을 받는다고 알려져 있다(Huff-Lonerger and Lonergan, 2005). 한편 본 연구결과는 다양한 저장온도와 저장기간 동안 시료 내 총 수분의 함량의 변화와 가열 감량이나 드립 감량의 변화의 시간적인 차이점은 고기 시료내 단백질과 수분의 결합 형태의 변화가 드립 발생과 가열 감량 분석에서 다른 형태로 나타난다는 것을 시사한다. 또한 적절하지 않은 저장 온도는 가열감량으로 오는 손실도 있지만 이에 앞서 저장기간 중 드립 손실로 인한 근육내 수분함량 감소가 유발된다는 것을 나타내고 있다.

저장 온도 및 저장 기간이 육색 및 pH 변화에 미치는 영향

고기의 색은 소비자들이 고기의 품질을 평가할 때 가장 중요한 요인이며, 신선함의 척도로 소비자의 수용 가능한 적색도(a^*)는 14.5보다 커야 한다고 보고되었다(Holman et al., 2017). 특히 적색도(a^*)는 신선함과 선홍색 고기에 대한 선호도에 관한 연관성 때문에 한우고기를 포함한 여러 나라의 쇠고기가 품질로 경쟁을 경쟁하는 홍콩 시장에서도 큰 요인으로 판단된다. 본 연구에서 시료로 사용된 수출용 한우고기는 1°C와 4°C에서 40일 동안 안정적인 수치를 나타내었다(Table 2). 한편 육색 변화 패턴은 1°C 보관된 시료에서 숙성 1일째 18.3에서 40일째 20.0으로 유의적($p < 0.05$)으로 적색도(a^*)가 증가하는 형태를 나타냈으며, 4°C에 보관된 시료의 적색도는 숙성 1일째 19.0에서 숙성 40일에 17.0으로 유의적이지는 않지만($p > 0.05$) 바람직하지 않은 방향으로 변화하였다. 명도(L^*)와 황색도(b^*)에서는 유의 할만한 변화는 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 드립 감량과 육색과의 상관관계(Hwang, 2004)와 4°C에 저장된 시료의 적색도의 감소는 드립 손실과 함께 육색소도 손실되므로 적색도가 낮아진다고 보고한 기존의 연구결과와 관련된 것으로 판단되었다(Kim, 1994; Powell et al., 1996). 본 결과는 수출용 쇠고기의 경우 저장 온도가 육색에 큰 영향을 미칠 수 있다는 것을 시사한다.

저장 기간에 따른 pH의 변화는 1°C 조건에서는 차이가 나타나지 않았고($p = 0.8627$), 4°C 조건의 시료에서는 저장기간이 길어질수록 유의하게($p < 0.001$) 증가하였다. 단백질 분해로 인한 완충액의 증가로 인해 pH가 증가한다고(Lee et al., 2018) 알려져 있지만 1°C의 조건의 시료의 수소이온 농도는 저장기간이 증가해도 변화가 나타나지 않았다. 1°C에 저장된 시료의 전단력이 저장 기간이 늘어날수록 낮게 나타나 단백질 분해가 일어난 것으로 판단되며 이론적으로는 pH의 증가로 이어져야 하지만 본 연구에서는 다른 결과가 나타나 pH의 변화와의 연관성에 대해 명확하게 설명하기 어렵다. 또한 선행연구(Kim et al., 2014)에 따르면 근육의 pH 수준에 따라 보수력과 드립 손실이 크게 달라진다고 보고되었다. 한편 본 연구에서 나타난 높은 저장 온도와 숙성 기간의 증가와 함께 증가한 드립 손실은 근육내 pH의 변화와 달리 일어난다는 것을 나타내었다. 수출용 소고기의 경우 도축 전 개체의 스트레스 최소화과 냉각기간 동안 pH와 냉각 속도를 잘 조절하여 단백질 변성에 최소화가 필요하다(Kim et al., 2014)는 것을 시사하고 있다.

전단력과 지질산화도(TBARS)

쇠고기의 질감도는 소비자들이 쇠고기의 구입을 결정하는데 가장 중요한 요인으로 작용하고 있으며(Savell et al., 1989) 부드러운 고기의 경우 추가적인 가격을 지급하겠다는 소비자들이 증가하고 있다(Sitz et al., 2006). 본 연구에서 선택한 한우 시료는 수출용으로 도축된 시료였으며 유통기간 40일은 배로 수출되었을 경우나 비행기 수출의 경우에도 유통 기간의 지연에 따른 유통기간을 가정하여 설계되었다. 전단력을 기초한 조직감을 검사한 결과(Table 2), 1°C 처리구와 4°C의 처리구의 모든 시료의 전단력 값은 저장기간이 길어질수록 유의한 차이가($p < 0.05$) 나타났으나,

숙성 온도에 따른 시료 간의 차이는 예상과 달리 모든 숙성일에서 차이가 나타나지 않았다; 저장 1일($p = 0.490$), 7일 ($p = 0.527$), 21일($p = 0.786$), 40일 ($p = 0.786$). 숙성은 단백질분해효소의 근섬유의 분해 작용으로(Koohmaraie, 1988; Ba et al., 2013) 나타나며 높은 온도에서 더 빠른 숙성을 보인 것으로 보고되고 있다(Hwang and Thompson, 2002). 4°C의 시료에서 효소의 활성이 1°C보다 더 높아지면 전단력은 4°C의 시료에서 더 낮게 나타날 것으로 예상하였으나 온도 차이에 의한 전단력의 차이는 나타나지 않았다. 본 연구결과는 근내 지방이 높고(본 연구에서는 1⁺) 부드러운 수출용 한우 고기의 경우 숙성 온도에 따른 단백질분해작용의 차이로 인한 조직감의 편차는 제한적이라는 것을 시사하고 있다.

수출용 한우고기의 경우 유통기간 동안 다양한 온도 편차(예, 1–4°C)에 노출되기 쉽고(Exporttrnd, 2020) 근내지방도가 높은 고품질 부위의 경우 불포화지방산의 산화 안정성 확보는 매우 중요한 문제다. 본 연구에서 분석한 지질산화도(TBARS, Table 2)는 모든 온도 조건의 시료에서 저장기간이 길어질수록 높아졌다. 그러나 1°C 조건에서 저장된 시료는 40일까지 지질 산화의 정도가 크지 않았으며, 반면에 4°C 조건의 시료에서는 저장 40일에 산화도는 상대적으로 높아졌다. TBARS 임계 값에 대한 이전의 연구에 의하면 0.20 mg MDA/kg 미만은 신선한 것으로 간주되며 (Brewer and Harbers, 1992), 섭취 가능한 수준은 최대 0.46 mg MDA/kg 라고(Turner et al., 1954) 정의되었다. 이에

Table 2. Objective meat quality of Hanwoo longissimus muscles as a function of storage duration and temperature

Traits	ST	Storage duration (days)				<i>p</i> -value
		1 d	7 d	21 d	40 d	
pH	1	5.51 ± 0.04	5.52 ± 0.01	5.51 ± 0.05	5.53 ± 0.05*	0.8627
	4	5.49 ± 0.04 ^b	5.52 ± 0.04 ^b	5.55 ± 0.06 ^a	5.59 ± 0.07*	0.0006
	<i>F</i> (<i>p</i>)	1.102 (0.282)	0.162 (0.873)	-1.622 (0.119)	-3.029 (0.006)	
WBSF (kgf)	1	3.37 ± 0.21 ^a	3.02 ± 0.23 ^a	2.51 ± 0.35 ^b	2.56 ± 0.97 ^b	0.0007
	4	3.47 ± 0.46 ^a	2.92 ± 0.48 ^b	2.56 ± 0.44 ^c	2.35 ± 0.31 ^c	0.0001
	<i>F</i> (<i>p</i>)	-0.702 (0.490)	0.643 (0.527)	-0.274 (0.786)	0.723 (0.482)	
CIE L*	1	40.68 ± 1.85 ^b	39.32 ± 2.58 ^{b*}	38.43 ± 1.42 ^b	42.41 ± 3.47 ^{a*}	0.0017
	4	42.28 ± 2.14	41.77 ± 2.10*	43.00 ± 2.32	43.27 ± 2.63*	0.3828
	<i>F</i> (<i>p</i>)	-1.961 (0.063)	-2.539 (0.019)	-5.798 (0.119)	-0.686 (0.001)	
CIE a*	1	18.63 ± 1.17 ^{b*}	18.43 ± 2.05 ^{ab}	20.21 ± 1.94 ^a	20.06 ± 2.21 ^a	0.0001
	4	19.01 ± 1.49*	19.20 ± 1.36	18.88 ± 2.41	17.01 ± 5.14	0.2614
	<i>F</i> (<i>p</i>)	-4.334 (0.000)	-1.083 (0.290)	1.490 (0.150)	1.896 (0.071)	
CIE b*	1	15.44 ± 1.32	15.47 ± 1.37	15.77 ± 1.44	16.90 ± 1.88	0.0711
	4	15.86 ± 1.33	16.28 ± 1.40	16.57 ± 1.10	16.07 ± 1.85	0.6711
	<i>F</i> (<i>p</i>)	-0.782 (0.443)	-1.528 (0.141)	-1.523 (0.142)	1.285 (0.290)	
TBARS (mgMDA/kg)	1	0.11 ± 0.01 ^{c*}	0.18 ± 0.01 ^{b*}	0.28 ± 0.02 ^{a*}	0.29 ± 0.03 ^{a*}	0.0001
	4	0.13 ± 0.02 ^{c*}	0.16 ± 0.03 ^{c*}	0.32 ± 0.13 ^{b*}	0.44 ± 0.07 ^{a*}	0.0001
	<i>F</i> (<i>p</i>)	-4.426 (0.001)	1.941 (0.065)	-1.091 (0.287)	-5.911 (0.001)	

ST: storage temperature.

All values are mean ± standard error.

a – c Means in the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

*Means in the same column between different temperatures within the same storage period are significantly different ($p < 0.05$).

따르면 4°C에 저장된 시료의 TBARS 값은 섭취 가능한 수준이기는 하였으나, 분석 값의 실제 값의 범위는 0.38 – 0.56 mg 으로 섭취 가능한 수준을 벗어난 시료도 관찰되었다. 따라서 4°C 저장조건에서는 저장기간을 40일 이내로 설정해야 하며 보다 정확한 기간 설정을 위한 연구가 더 필요할 것으로 판단된다. 기존의 연구에 의하면 4°C 조건의 시료에서 지질 산화가 더 빨리 일어나는 것으로 나타났으며 이는 유통 기간의 감소를 의미한다. 따라서, TBARS 값의 증가는 유통 기간의 단축을 의미하므로 본 연구결과 유통 온도가 1°C로 유지된다면 유통 기간도 늘어날 것으로 사료 된다.

요약

본 연구는 홍콩시장으로 한우 수출 시 발생하는 과도한 드립의 발생, 진공 포장의 풀림이나 기포 발생 등 품질 저하를 방지하기 위한 일환으로 최적의 유통 온도를 설정하기 위해 수행하였다. 현재 수출업체에서 적용하고 있는 포장재를 이용하여 수축 진공 포장하고 각각 1°C와 4°C에서 40일까지 저장 후 품질을 평가하였다. 드립 감량, 지방산화도와 적색도의 저하가 4°C에 저장된 시료에서 훨씬 높게 관찰되었으며 이로 인해 4°C의 유통기간은 21일이 적정한 수준으로 사료되며, 반면에 1°C에 저장된 시료의 모든 품질 특성은 40일까지 양호하게 나타나 수축 진공 필름으로 포장 후 1°C의 온도가 유지된다면 선박을 이용한 수출도 가능할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구 결과, 유통과정 전반에 걸쳐 1°C의 냉장 온도를 유지하는 것이 품질의 저하를 막을 수 있으며 이를 위해서는 도축 후부터 홍콩에 도착할 때까지 수출전용 냉장 컨테이너에 보관되어 온도가 일정하게 유지되도록 관리되어야 할 것으로 판단되며, 다양한 상황을 시뮬레이션 할 수 있는 더 많은 연구가 필요한 것으로 사료된다.

사사

본 결과물은 전북대학교 2020년 교육·연구 및 학생지도 학술트랙 지원사업의 일환으로 진행되었음을 알려드립니다. 또한 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원(수출전략기술개발사업)의 지원을 받아 연구된 것으로(No. 618002-05-3-SU000) 이에 감사드립니다.

인용문헌(References)

- Aflnews (2020) <http://www.aflnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=205620>
- Ba, H. V., Park, K. M., Dashma, D., Hwang, I. H. (2013) Effect of muscle type and vacuum chiller ageing period on the chemical compositions, meat quality, sensory attributes and volatile compounds of Korean native cattle beef. *Anim Sci J* 85:164-173.
- Brewer, M. S., Harbers, C. A. Z. (1992) TBA values, sensory characteristics, and volatiles in ground pork during long-term frozen storage: Effect of packaging. *J Food Sci* 57:558-563.
- Buege, J. A., Aust, S. D. (1978) Microsomal lipid peroxidation. *Methods in Enzymology* 52:302-310.
- Cho, S. H., Kang, S. M., Seong, P. N., Kang, G. H., Kim, Y. C., Kim, J. H., Chang, S. S., Park, B. Y. (2017) Effect of aging and freezing conditions on meat quality and storage stability of 1⁺⁺ grade hanwoo steer beef: Implications for shelf Life. *Korean J Food Sci An* 37:440-448.
- Duncan, D. B. (1955) Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1-42. doi:10.2307/3001478

- EKAPE (2021) <https://www.ekapepia.com/priceStat/distrPriceBeef.do?menuId=menu100033>
- Exportrnd (2020) <http://www.exportrnd.re.kr/home/board/detail.do?bbsId=99&bbsSeq=29&mn=1064>
- Farouk, M. M., Mustafa, N. M. d., Wu, G., Krsinic, G. (2012) The “sponge effect” hypothesis: An alternative explanation of the improvement in the water holding capacity of meat with ageing. *Meat Science* 90:670-677.
- Hanwoo Board (2018) <http://www.hanwooboard.or.kr/cover/view.php?seq=10467&page=13>
- Hanwoo Board (2020) <https://www.hanwooboard.or.kr/report/view.php?seq=11686&page=1>
- Hertog-Meischke, M. J. A., Smulders, F. J. M., Logtestijn, J. G. (1998) The effect of storage temperature on drip loss from fresh beef. *J Sci Food Agric* 78:522-526.
- Holman, B. W. B., Ponnampalam, E. N., Kilgannon, A. K., Collins, D., Plozza, T., Hopkins, D. L. (2019) Moisture content, fatty acid profile and oxidative traits of aged beef subjected to different temperature-time combinations. *Meat Science* 157:107876.
- Holman, B. W. B., Remy, J., Yanwei, M., Cassius, E. O. C., Hopkins, D. L. (2017) Using instrumental (CIE and reflectance) measures to predict consumers' acceptance of beef colour. *Meat Science* 127:57-62.
- Huff-Lonergan, E., Lonergan, S. M. (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* 71:194-204.
- Hwang, I. H. (2004) Proteomics approach in meat Science: A model study for Hunter L* value and drip loss. *Food Sci Biotechnol* 13:208-214.
- Hwang, I. H., Thompson, J. M. (2002) A technique to quantify the extent of postmortem eegradation of meat ultrastructure. *Asian-Australas J Anim Sci* 15:111-116.
- Ihanwoo (2021) <http://www.ihanwoo.org/newdata/108797>
- Jeon, S. G. (2021) Defining an Indicator for Hanwoo Raising Structure and Its Implications. *Korean J Agr Manage Pol* 48:156-179.
- Kang, S. M., Ahn, D. R., Seong, P. N., Jim, J. H., Cho, S. H., Park, B. Y., Kim, Y. S. (2019) Effect of temperature deviation on the water-holding capacity, tenderness, lipid oxidation, and color stability of Korean Hanwoo beef during long-term aging. *J Korean Soc Food Cult* 34:771-778.
- Kim, C. J. (1994) Studies on the cold and frozen storage for the production of high-quality meat of Korean native cattle. Effects of cold and frozen storage on the meat color, sarcomere length and tenderness in Korean native cattle. *Korean J Food Sci Anim* 14:151-154.
- Kim, Y. H. B., Warner, R. D., Rosenvold, K. (2014) Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: a review. *Anim Prod Sci* 54:375-395.
- Koohmaraie, M. (1988) The role of endogenous proteases in meat tenderness. In *Proc Recip Meat Conf* 41:89-100.
- KOSIS (2021) https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01&outLink=Y&entrType=
- Kwon, K. J., Seo, H. D., Jang, S. S., Park, J. H. (2014) Analysis of the export competitiveness of Korea beef (Hanwoo) in China. *Korean J Agr Manage Pol* 41:528-549.
- Lee, B. O., Xu, G. D. (2014) The potential of China's beef industry and the export strategies of Korean beef to China. *J Agr, Life Env* 26:42-55.
- Lee, D. M., Jeong, K. S. (2021) Assessing Economic Effects of the Hanwoo Check off Program. *Korean J Agr Manage Pol* 48:1-17.
- Lee, H. J., Choe, J., Yoon, J. W., Kim, S., Oh, H., Yoon, Y., Jo, C. (2018) Determination of salable shelf-life for wrap-packaged dry-aged beef during cold storage. *Korean J Food Sci Anim Resour* 38:251-258.
- Offer, G., Knight, P., Jeacocke, R., Almond, R., Cousins, T., Elsey, J., Parsons, N., Sharp, A., Starr R., Purslow P. (1989) The structural basis of water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food*

- Microstruct 8:151-170.
- Park, J. A., Joo, S. Y., Hwang, H. J., Na, Y. S., Kim, J. I., Cho, M. S. (2016) Effects of freezing storage temperature on the storage stability of beef. *Korean Soc Food & Tec* 48:301-305.
- Payne, S. R., Durham, C. J., Scott, S. M., Devine, C. E. (1998) The effects of non-vacuum packaging systems on drip loss from chilled beef. *Meat Science* 49:277-287.
- Powell, V. H., Dickinson, R. F., Shorthose, W. R., Jones, P. N. (1996) Consumer assessment of the effect of electrical stimulation on the colour and colour stability of Semimembranosus muscles. *Meat Science* 44:213-223.
- Purslow, P., Oiseth, S., Hughes, J., Warner, R. D. (2016) The structural basis of cooking loss in beef: Variations with temperature and ageing. *Food Res Int* 89:739-748.
- SAS (2012) SAS/STAT Software for PC. Release 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Savell, J. W., Cross, H. R., Francis, J. J., Wise, J. W., Hale, D. S., Wilkes, D. S., Smith, G. C. (1989) National consumer retail beef study: interaction of trim kevel, price and grade on consumer acceptance of beef steaks and roasts. *J Food Qual* 12:251-274.
- Sitz, B. M., Calkins, C. R., Feuz, D. M., Umberger, W. J., Eskridge, K. M. (2006) Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks. *J Anim Sci* 84:1221-1226.
- Straadt, I. k., Rasmussen, M., Andersen, H. J., Bertram, H. C. (2007) Aging-induced changes in microstructure and water distribution in fresh and cooked pork in relation to water-holding capacity and cooking loss - a combined confocal laser scanning microscopy (CLSM) and low-field nuclear magnetic resonance relaxation study. *Meat Science* 75:687-695.
- Turner, E. W., Paynter, W. D., Montie, E. J., Bessert, M. W., Struck, G. M., Olson, F. C. (1954) Use of the 2-Thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *Food Technology* 8:326-330.
- Yanews (2021) <http://www.yanews.net/news/articleView.html?idxno=6303>
- Yu, H. H., Song, M. W., Kim, T. K., Choi, Y. S., Cho, G. Y., Lee, N. K., Paik, H. D. (2018) Effect of Various Packaging Methods on Small-Scale Hanwoo (Korean Native Cattle) during Refrigerated Storage. *Korean J Food Sci Anim Resour* 38:338-349.