



다양한 온도와 포장방법이 한우 안심의 저장성에 미치는 영향

김종희 · 이은선 · 오미화*

농촌진흥청 국립축산과학원 축산물이용과

Effects of Various Temperatures and Packaging Methods on the Storage Properties of *Hanwoo* Tenderloin

Jong-Hui Kim, Eun-Seon Lee, Mi-Hwa Oh*

Division of Animal Products Research and Development, National Institute of Animal Science

Abstract

This study was conducted to examine the microbiological quality indicators (total bacterial count and coliform count) and physicochemical quality indicators (pH, redness, volatile basic nitrogen [VBN] content) of meat according to various storage temperatures ($-20\sim 15^{\circ}\text{C}$) and packaging methods (wrap, vacuum). Based on these results, we proposed a safe consumption period. Redness, pH, and VBN content were not considered appropriate for setting the expiration date, as the redness and pH of the meat after spoilage were better than the standard values for both vacuum and wrap packaging ($p < 0.05$). Additionally, the VBN content at 2 and 4°C increased slightly (fresh level) until the initial time of spoilage (1.0×10^6 colony-forming unit [CFU]/ cm^2) and then increased rapidly thereafter. Therefore, the results were not consistent with microbial spoilage. When the decay point was evaluated based on the presence of microorganisms, vacuum packaging extended the storage period approximately 2.5-fold when compared with wrap packaging, and the meat could be stored at 2 or 4°C for 40 or 23 days, respectively. Therefore, to evaluate meat quality, microbial indicators should be considered first. The microbiological standards proposed in this study can be used for safety management during the distribution of meat. However, to ensure meat safety, additional investigations of appropriate indicators of freshness must be conducted.

Key Words : *Hanwoo*, temperature, wrap packaging, vacuum packaging

1. 서 론

최근 소비자들의 서구화된 식습관으로 육류 구매 및 섭취 비율이 증가하는 추세이다. 한국육류유통수출협회 2022년도 자료에 따르면 최근 10년간 우리나라 국민 1인당 연간 소고기 소비량이 꾸준히 증가하였으며, 1인당 연간 육류 소비량 중 24.0% (13.8 kg)을 차지하였고(Korea Meat Trade Association 2022), 그 중 한우고기의 수급 비율은 2021년 기준 36.8%를 차지하는 것으로 나타났다(Agricultural Outlook 2022 Korea).

또한 1인가구의 증가, 코로나19와 같은 신종 감염병 출현 등의 사회적 현상으로 인해 기존 오프라인 시장, 마트 등에서 축산물을 직접 구입하던 방식에서 온라인, 새벽배송 등이 활성화 되면서 배달이나 택배를 통한 축산물의 구입이 확대 되고 있다. 이러한 유통체계의 급속한 발전에도 불구하고, 소비자가 직접 확인이 어려운 온라인 유통과정에서 구매 식품

의 신선도 및 안전성에 대한 기술적, 제도적 장치는 미비하다. 특히, 품질 및 신선도는 유통 과정에서 노출되는 다양한 온도 편차에 의해 많은 영향을 받기 때문에 식품의 안전성에 대한 우려가 점차 커지고 있다(Cho et al. 2017).

냉장 축산물의 운반은 해당 제품의 냉장 온도를 유지할 수 있는 냉장 차량이거나 이와 동등 또는 그 이상의 효력이 있는 방법으로 하도록 식품의 기준 및 규격에서 규정하고 있으며, 제품 포장방법이나 외부환경 등에 따라 냉장 온도 유지 시간이 다를 수 있다(Ministry of Food and Drug Safety 2022). 축산물품질평가원의 '2020년 축산물 유통정보조사 보고서'에 따르면 소고기 유통단계는 크게 출하단계, 도매단계, 소매단계의 3단계로 나뉜다. 도매 단계(84.5%)에서는 식육포장처리업체가 대부분(84.5%)의 유통을 담당하며, 이렇게 유통되는 쇠고기는 도축장 직반출에 비해 더 복잡한 유통과정을 거치게 된다. 따라서 육류의 품질과 유통기한을 보장하기

*Corresponding author: Mi-hwa Oh, Division of Animal Products Research and Development, National Institute of Animal Science, 1500, Kongjipatjiwi-Ro, Iseo-Myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do, 55365, Korea)
Tel: +82-63-238-7379 Fax: +82-63-238-7397 E-mail: moh@korea.kr

위해서는 보존과 그에 따른 적절한 품질 평가 기술이 필요하다. 냉장 및 진공포장(Vacuum Packaging) 기술은 쇠고기 대분할 부위(primal cuts)의 신선도를 유지하기 위해 가장 많이 사용되고 있다(Seideman & Durland 1983). 온도와 포장 시스템은 육류 저장에 있어서 부패 관련 미생물의 성장 여부를 결정하는 가장 중요한 외부 요인이다.

기존 쇠고기의 저장 관련해서 연구는 건조숙성 조건이 한우 설도육의 건조수율, 미생물 성장 및 저장성에 미치는 영향(Cho et al. 2018), 냉동 저장 온도가 쇠고기의 저장성에 미치는 영향(Park et al. 2016), 등에 관한 연구가 진행되었고, 포장방법에 따른 저장과 관련해서 연구는 포장재의 산소 투과도와 저장온도에 따른 즉석섭취형 햄버그스테이크의 품질 및 저장성(Lim et al. 2016) 등에 관한 연구가 진행된 바 있다. 그러나 이러한 연구는 대부분 단일 온도에서 진행되었으며, 쇠고기의 포장 방법에 따른 미생물의 성장 역학에 관한 연구는 보고되지 않았다. 식약처에서는 냉장 축산물 위생 안전 확보를 위해 식육, 포장육, 식육가공품의 보존 및 유통 온도 기준은 $-2\sim 10^{\circ}\text{C}$ 이며, 작업실 실내 온도는 15°C 이하로 규제하고 있다(Ministry of Food and Drug Safety 2022). 따라서 본 연구에서는 각 유통과정에서 노출되는 다양한 온도, 그리고 진공포장 및 랩포장에 따른 미생물적, 이화학적 변화를 통해 유통환경 중 안전성 정보 및 소비기한 제시를 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 실험 재료

공시축은 충북 음성군 육가공업체인 (주)건화에서 도축한 후 1등급 판정을 받은 한우 도체를 구매하여 사용하였다. 진공 포장된 안심부위는 0°C 내외의 냉장 차량을 이용하여 2시간 내에 실험실로 운반하여 랩포장과 진공포장 후, -20 , 2 , 4 , 10 , 15°C 에서 저장하면서 시료로 사용하였다. 이때 랩포장의 경우에는 시료를 1.5 cm 의 두께로 절단 한 후 스티로폼 트레이에 넣어 랩필름(LLDPE)으로 포장하였고, 진공포장의 경우에는 가정용 진공팩(NY/LDPE/LLDPE, 해피락, Korea)에

1.5 cm 의 두께의 시료를 넣어 진공포장 하였다. 모든 시료는 각 온도에 최대 49일 동안 저장하면서 미생물의 경우 3일 간격으로 분석하였고, 화학적 분석은 7일 간격으로 진행하였다.

2. 일반세균수 및 대장균군

저장 중 총균수와 대장균군은 식품공전(MFDS 2022)의 “소 및 돼지 등의 도체는 표면($10\times 10\text{ cm}$)의 3개 부위에서 채취하여 검사하는 것을 원칙으로 함” 이에 따라 다음과 같이 측정하였다. 미생물의 채취를 위하여 시료의 표면에 스왑봉(3M™ Quick swab)을 활용하여 채취한 다음 9 mL 용량의 생리식염수에 옮겨 순차적으로 희석하였다. 이후 시료에 1 mL를 대장균 수 측정용 3M Petrifilm™ (3M Health Care, USA)에 각각 접종한 다음 37°C incubator에서 48시간 동안 배양하였다. 최종 결과는 colony 수가 30-300개로 나타난 희석비율에서 계수한 후 시료 1 cm^2 당 log CFU로 산출하였다.

3. pH와 적색도 측정

pH는 potable pH meter (205-pH 2, Testo, Germany)를 이용하여 식육에 직접 삽입하여 측정하였다. 육색은 포장을 제거한 후 시료 표면을 30분 동안 공기 중에 노출 시킨 후 Minolta Chroma Meter CR-400 (Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)을 사용하여 적색도(Redness, a^*) 값을 5번 반복하여 평균값을 이용하였고, 표준화 작업은 $Y=86.9$, $x=0.3153$, $y=0.3227$ 인 표준색판을 사용하였다.

4. VBN (Volatile Basic Nitrogen) 측정

건조 조건별 각 처리구의 단백질산화도(volatile basic nitrogen, VBN)는 Conway의 미량 확산법으로 다음과 같이 측정하였다. 시료 10 g에 증류수 50 mL을 넣고 30분간 침출하였다. 침출액에 Conway dish의 내실에 5% H_2SO_4 사용하여 약산성으로 중화시킨 후 증류수를 넣어 실험용액을 제조하였다. Conway dish의 내실에 0.01 N H_2SO_4 1 mL을 넣고, 외실에 50% K_2CO_3 (Sigma Co., USA)를 넣고 25°C 에서 1시간 정치한다. 정치 후 내실에 Brunswick 시약 10 μL 을 넣



<Figure 1> Wrap packaging method (a) and vacuum packaging method (b)

고 0.01 N NaOH으로 적정하여 다음 공식에 따라 계산하여 산출하였다(단, 대조구는 증류수를 사용하였다.).

$$\text{휘발성염기질소(mg\%)} = \{0.14 \times (b-a) \times f\} / W \times 100 \times d$$

a: 시료의 0.01 N-NaOH 적정량(mL)

b: 공시험 0.01 N-NaOH 적정량(mL)

W: 시료 채취량(g)

f: 0.01 N-NaOH 역가

d: 회석배수

5. 회귀식

쇠고기의 부패 시점 설정을 위해 일반세균 수를 기준으로 하여 회귀분석을 실시하였다. 회귀식은 앞서 제시한 유효 품질 수준의 한계치(Y)를 대입하고, 그 때의 저장 기간(X)을 도출하여 이를 부패시점으로 계산하였다.

6. 통계처리

본 실험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SPSS Statistics Package for the social Science, Ver. 26 for Window를 이용하였으며, 분산분석(ANOVA)으로 각 군의 평균과 표준편차를 구하고 던컨 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 처리간의 결과 차이를 분석하였다. 모든 이화학적 및 미생물학적 측정항목은 3회 반복 실험하여 평균과 표준편차로 나타내었다.

III. 결과 및 고찰

1. 포장 방법 및 저장 온도가 적색도 및 pH에 미치는 영향

육색은 소비자가 육류의 신선함을 판단하는 가장 중요한 구매지표로서 소비자들이 선호하는 적색도(a*)의 수치는 14.5 이상으로 보고되었다(Holman et al. 2017). 쇠고기 저장 중 다양한 온도와 포장 방법에 따른 적색도의 변화를 <Table 1>에 나타내었다. 저장 49일 동안 포장 방법에 관계없이 모든 온도에서 저장기간에 따라 적색도의 유의적 감소가 관찰되었다(p<0.05). -20°C 랩포장 및 진공포장의 저장군은 저장 49일까지 각각 적색도 17.54, 19.97로 양호한 적색도를 유지하였다. 2°C 진공포장은 저장 49일까지 19.60의 안정적인 적색도를 유지한 반면, 랩포장은 저장 42일차부터 급격히 감소하였다. 가장 큰 차이를 보인 저장군은 4°C로 랩포장 저장군은 저장 21일에 14.54로 적색도 기준을 간신히 넘는 수준이었고, 진공포장의 경우 저장 49일까지 15.91로 신선한 적색도를 나타내었다. 10, 15°C의 랩포장 저장군은 각각 저장 14일, 7일에 적색도가 14.5 미만으로 감소하였고, 진공포장 저장군은 두 온도 모두에서 저장 35일에 14.5 미만으로 감소하였다. 결과적으로 랩포장 보다 진공포장이 적색도의 안정성을 오래 유지시켰다. 이러한 결과는 랩포장이 진공포장에 비해 드립손실이 많았기 때문으로 사료되며, 특히 2, 4°C에

서 저장 14일 이후 미생물의 급속한 증식으로 부패단계에 접어들어 육단백질이 변성됐기 때문인 것으로 판단된다. 또한 동일한 저장 기간에서 온도에 따른 적색도의 감소는 포장과 관계없이 온도가 높아질수록 유의하게 감소하였다(p<0.05). 이러한 결과는 적색도의 감소가 드립(drip)손실과 관련 있으며 온도가 높아질수록 드립손실이 증가한다고 보고한 기존 연구결과와 일치하는 것으로 판단되었다(Kim et al. 2021). 더 높은 온도에서의 드립손실은 근질 수축시 근섬유 내부에 존재하는 수분의 점도가 낮아져 드립감량이 증가하기 때문이다(den Hertog-Meischke et al. 1998).

랩포장 시 저장 온도는 pH 변화에 상당한 영향을 미쳤다 <Figure 2>. 신선한 상태에서 쇠고기의 pH는 5.37로 신선육의 일반적인 수준을 보였으나, 2, 4, 10, 15°C 저장 시 각각 저장 35, 28, 21, 14일에 식품공전에서 규정한 pH 6.2를 초과하였다(Ministry of Food and Drug Safety 2022). 또한 Kamenik(2013) 연구에서 pH 6.0-7.5 값에 도달한 소고기에서 포장팩의 팽창, 부패취 등 부패 징후를 보고한 바 있다. pH의 증가는 저장 기간 증가와 함께 식육 내 단백질 분해 효소나 미생물 분비 효소에 의한 단백질 분해로 생성된 질소화합물, 유리 아미노산 등의 분해 산물로 인해 나타난다고 알려져 있으며(Lee et al. 2018; Pellissery et al. 2020), Wang et al. (2017)은 고기의 높은 pH가 박테리아 성장을 촉진한다고 보고하였다. 반면에 진공포장 결과에서는 온도 뿐 만 아니라 저장 기간에 따른 pH 변화가 나타나지 않았다. 유사한 결과는 Yang & Ko(2001)의 랩포장과 진공포장에 따른 돈육의 저장성 연구에서도 나타났다. 즉, 냉장 저장 1일에 pH 5.54였던 랩포장한 돈육은 7일 후에 pH가 급속히 증가하여 15일에 부패 수준인 pH 6.34 수준에 도달하였으나, 진공포장한 돈육은 저장 기간이 경과됨에 따라 매우 완만하게 증가되어 저장 30일에도 pH 5.75로 양호한 수준이었다(Yang & Ko 2001). 또한 Kim et al. (2023)은 특수한 밀폐용기를 사용하여 다양한 진공도에서 미생물 및 이화학 분석을 수행하였는데, 급격한 pH의 증가는 공기 대기 포장에서만 발견되었다. 이는 진공포장의 혐기적 조건에서 호기성 세균의 증식이 억제되고 유산균의 증식으로 인해 pH가 감소했기 때문으로 사료된다(Jiao et al. 2022).

2. 포장 방법 및 저장 온도가 VBN에 미치는 영향

원료육 또는 포장육의 신선도 판정 기준 중 하나인 VBN은 식육 내 미생물이 분비한 효소로 단백질이 분해되어 생기는 염기성을 가진 암모니아 및 아민류를 말하며, 식품공전(2022)에는 식육 제품에 한하여 20 mg% 이하로 규정하고 있다(Ministry of Food and Drug Safety 2022). 포장 방법 및 저장 온도에 따른 VBN 함량 변화는 <Figure 3>에 나타내었다. -20°C 저장군의 VBN 함량은 포장방법에 관계없이 저장기간에 따라 유의적인 차이가 관찰되지 않았다(p>0.05). 저장 초반에서 2, 4°C 저장군의 VBN 함량은 랩포장 및 진

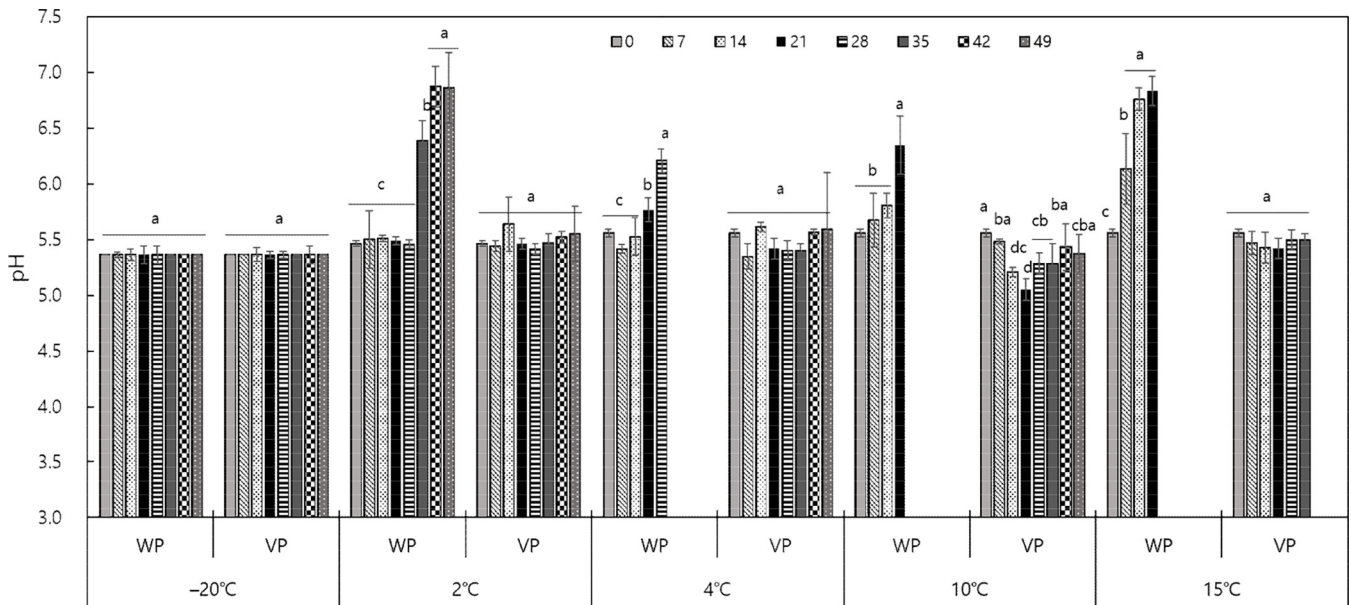
<Table 1> Changes in a* value of Hanwoo meat with different temperatures and packaging methods during storage

Packaging method	Storage temperature	Storage periods (days)								
		0d	3d	7d	14d	21d	28d	35d	42d	49d
Wrap	-20	21.18±1.19 ^a	20.87±2.16 ^{aA}	20.78±1.61 ^{aA}	20.45±1.21 ^{aA}	20.33±1.54 ^{aA}	19.52±0.68 ^{aA}	19.33±0.32 ^{bA}	17.78±0.73 ^{cA}	17.54±1.25 ^{cA}
	2	21.18±1.19 ^a	20.96±1.54 ^{aA}	20.84±0.80 ^{aA}	19.38±1.39 ^{BB}	17.62±1.54 ^{cB}	17.14±0.12 ^{cB}	16.53±0.32 ^{dB}	14.92±0.46 ^{eB}	13.79±0.35 ^{FB}
	4	21.18±1.19 ^a	20.52±1.86 ^{aA}	18.66±0.96 ^{BB}	16.91±2.02 ^{cC}	14.54±1.10 ^{dC}	13.65±0.39 ^{cC}	12.15±0.15 ^{iC}	11.48±0.50 ^{gC}	<10 ^{bC}
	10	21.18±1.19 ^a	18.28±0.75 ^{BB}	16.11±1.67 ^{cC}	12.59±1.30 ^{dD}	11.83±1.14 ^{dD}	<10 ^{eD}	<10 ^{dD}	<10 ^{eD}	<10 ^{cC}
	15	21.18±1.19 ^a	15.74±1.66 ^{BC}	12.17±0.54 ^{dD}	11.01±0.66 ^{dE}	10.13±1.33 ^{eE}	<10 ^D	<10 ^D	<10 ^D	<10 ^{cC}
Vacuum	-20	21.18±1.19 ^a	20.87±0.41 ^{aAB}	20.91±0.12 ^{aA}	20.45±1.25 ^{aA}	20.51±0.16 ^{aA}	20.38±0.51 ^{abA}	20.24±0.50 ^{bbA}	20.22±0.68 ^{abA}	19.97±0.96 ^{bA}
	2	21.18±1.19 ^a	21.41±0.56 ^{abA}	20.55±0.36 ^{bcA}	20.20±0.12 ^{bcA}	20.10±0.11 ^{bbB}	20.24±0.73 ^{bcA}	20.13±0.62 ^{bcA}	20.17±0.55 ^{bcA}	19.60±0.42 ^{cA}
	4	21.18±1.19 ^a	20.31±0.23 ^{BB}	19.51±0.15 ^{BB}	20.25±0.24 ^{bA}	20.02±0.18 ^{bbB}	19.39±0.54 ^{cB}	18.80±0.18 ^{dB}	17.48±0.37 ^{eB}	15.91±39 ^{FB}
	10	21.18±1.19 ^a	20.29±0.17 ^{BB}	19.44±0.35 ^{cB}	18.26±0.85 ^{dB}	17.98±0.08 ^{dC}	15.84±1.22 ^{cC}	13.58±0.74 ^{iC}	11.15±1.07 ^{gC}	<10 ^{bC}
	15	21.18±1.19 ^a	18.87±0.62 ^{BC}	17.93±0.27 ^{cC}	17.32±0.30 ^{cC}	16.30±0.13 ^{dD}	15.55±0.66 ^{cC}	11.42±1.85 ^{FD}	<10 ^{gD}	<10 ^{gC}

¹⁾All values are mean±standard error.

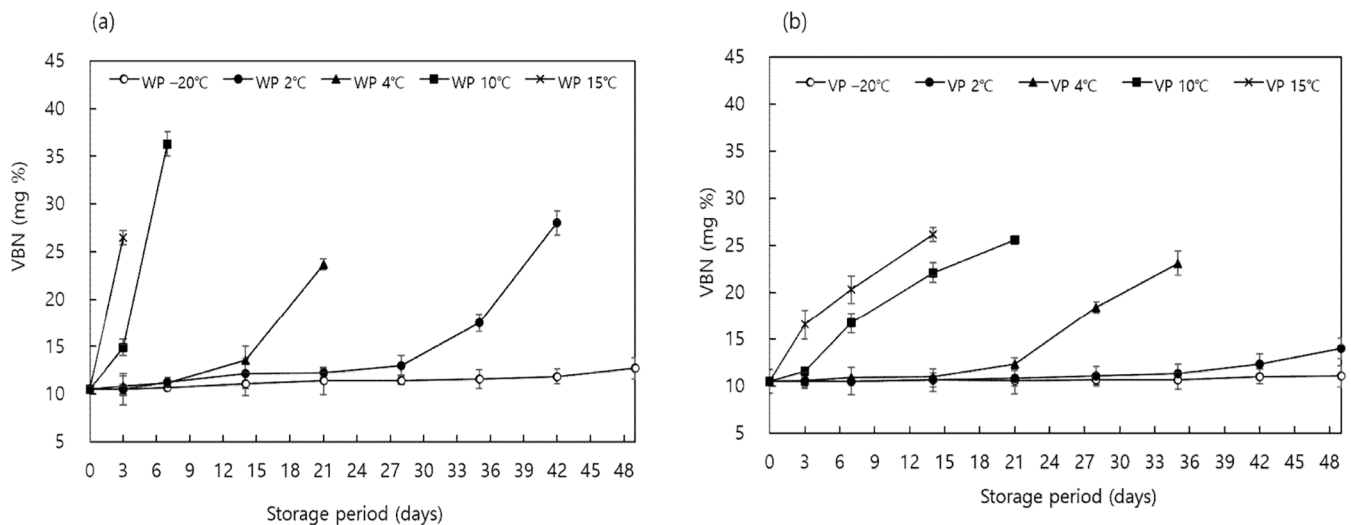
²⁾a-c]Means in the same row with different letters are significantly different (p<0.05).

³⁾A-B]Means in the same column between different temperatures within the same storage period are significantly different (p<0.05).



<Figure 2> Change of pH during the storage of Hanwoo meat with different temperatures and packaging methods during storage. Error bar with different letters are significantly different ($p < 0.05$) during storage.

WP: wrap packaging, VP: vacuum packaging

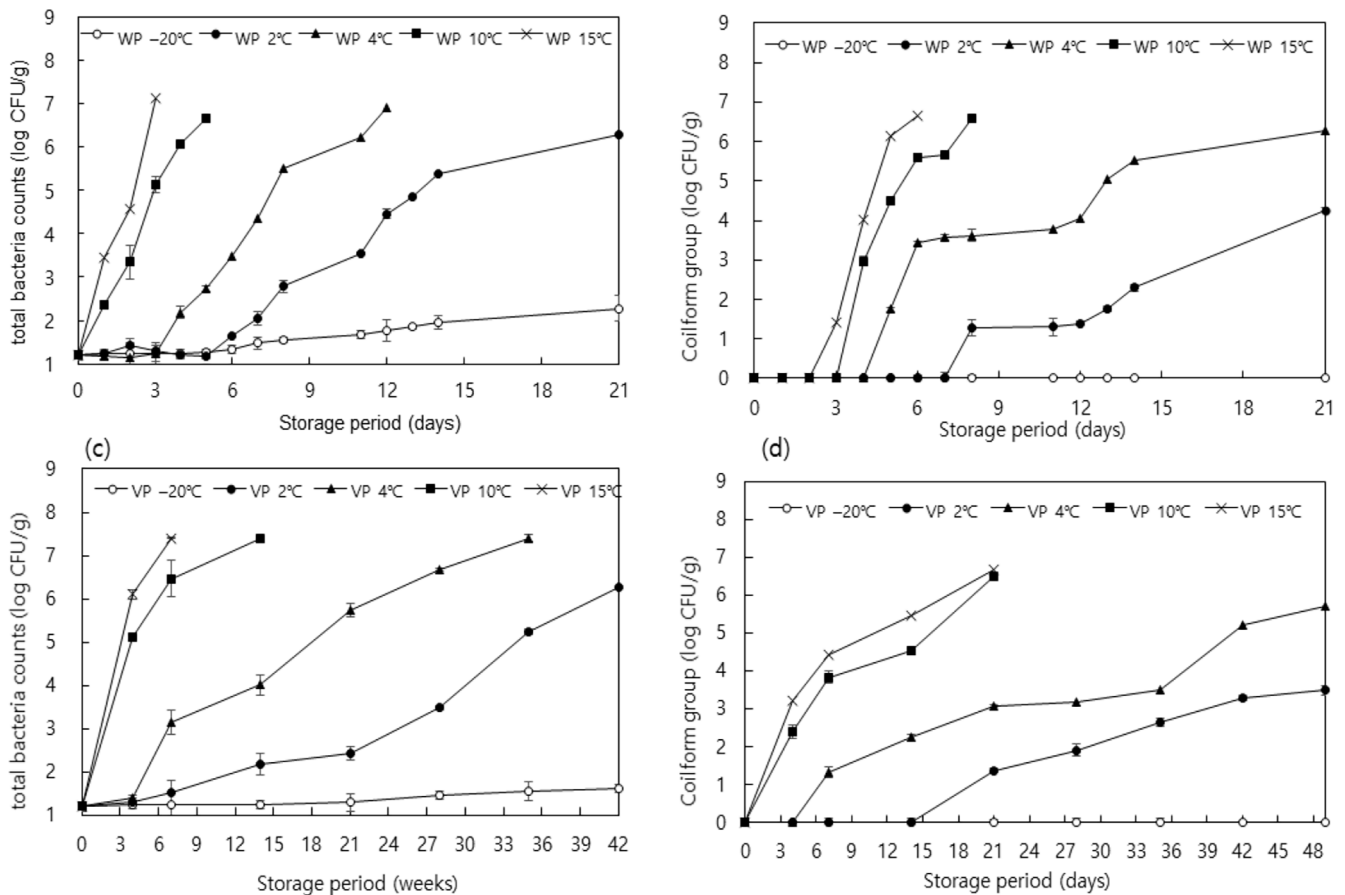


<Figure 3> Change of VBN during the storage of Hanwoo meat with different temperatures and packaging methods during storage. Error bar with different letters are significantly different ($p < 0.05$) during storage.

WP: wrap packaging, VP: vacuum packaging

공포장에서 비슷하게 증가하는 경향을 보였으나, 저장 14일 이후부터는 증가 속도에 유의적 차이가 나타났다($p < 0.05$). 랩포장에서 2, 4°C 저장군은 각각 저장 37일, 18일에 부패수준 (VBN 20 mg% 초과)에 도달하였고, 진공포장에서 2°C 저장군은 가장 긴 분석 기간인 49일에서도 VBN 14 mg%로 양호하였으나, 4°C 저장군은 저장 31일에 부패 수준에 도달하였다. 진공포장(2°C)의 유효기간을 확인하기 위해, VBN이 유의적으로 증가하기 시작한 시점인 35일부터 49일까지의 수치를 이용하여 회귀분석 하였고, 부패 예측일은 81일이었 다($Y = 0.1886X + 4.65$, $R^2 = 0.9796$). 온도 10, 15°C 저장군에

서의 VBN 함량의 증가 속도 또한 포장 방법에 따라 많은 차이를 보였다. 랩포장한 10, 15°C 저장군의 VBN은 각각 저장 4일, 1.5일에, 그리고 진공포장한 10, 15°C 저장군은 각각 10일, 7일에 VBN 한계를 초과하여 식품공전에서 규정하는 부패 수준에 도달하였다. 진공포장의 저장기간 연장은 공기 중에 노출이 거의 없어 식육의 단백질 산화로 인한 변패를 지연시킨 효과 때문일 것으로 사료된다. Kim et al. (2023)은 진공도가 높을수록 VBN이 낮아지고 호기성 세균과 대장균군의 성장률이 낮아진다고 보고하였다. 또한, Moon et al. (2013)의 연구에서 미생물의 증식 정도가 VBN 함량과



<Figure 4> Microbial evolution of Hanwoo meat with different temperatures and packaging methods during storage. (a) total bacterial count with wrap packaging, (b) coilform group with wrap packaging, (c) total bacterial count with vacuum packaging, and (d) coilform group with vacuum packaging.

WP: wrap packaging, VP: vacuum packaging

밀접하게 관련되어 있다고 제시한 바 있다. 즉 미생물 수가 증가하여 부패취가 느껴지는 초기부패 단계일 때까지 VBN 함량의 증가 폭이 작고, 그 이후에는 급속히 증가한다고 보고하였는데, 이는 본 연구의 결과와도 일치하였다.

3. 포장 방법 및 저장 온도가 미생물 증식에 미치는 영향

포장 방법 및 저장 온도에 따른 쇠고기의 미생물 수 변화는 <Figure 4>와 같다. 저장 초기 일반세균 및 대장균 수 는 랩포장 및 진공포장 저장군 모두에서 각각 1.2 log CFU/cm², <1 log CFU/cm²이었으며, -20°C의 진공포장을 제외하고 모든 처리구의 호기성 세균은 저장기간이 경과함에 따라 유의하게 증가하였다. 랩포장 4, 10, 15°C 저장군의 일반세균은 각각 저장 12, 4, 2일 이후에 7 log CFU/cm²에 도달하였으며, 진공포장의 경우 각각 저장 33, 9, 6일 이후에 7 log CFU/cm² 수준에 이르렀다. 모든 처리구에서 대장균군은 일반세균에 비해 증가속도가 더디게 나타났으며 대장균은 검출되지 않았다. 일반세균 수가 7 log CFU/cm² 수준에 도달한 쇠고기는 부패취, 점액형성과 같은 초기 부패 특성이 나타났다. 이는 고기에서 가장 먼저 나타나는 부패 특성 중 하

나인 단백질 분해 활동으로 인해 발생하며, Laak(1994)은 냉장육 표면에 오염되어 있는 호기성 세균수가 5.0×10^7 ~ 1.0×10^8 CFU/cm² 정도일 때 점질물이 생성된다고 하였으며, 이는 우리의 연구 결과와 일치하였다. 또한 Reid et al. (2017)은 냉장육의 표면에 오염되어 있는 세균수가 8-9 log CFU/cm² 일 때 부패수준으로 간주하였다. Bell(2001)은 식육의 저장기간의 한계인 부패 수준을 10^6 ~ 10^7 CFU/cm²로 제시한 바 있으며, 식품의약품안전처(2022)에서도 일반 세균수의 부패 수준을 1×10^6 CFU/cm²로 권장하고 있다. 이에 근거하여 본 연구는 미생물 소비기한의 한계점을 육류의 초기 부패 시점으로 평가되는 1.0×10^6 CFU/cm²로 설정하였다 (Ministry of Food and Drug Safety 2022). 따라서 2, 4°C 저장 시, 랩포장의 경우에는 각각 저장 18, 10일 이후부터 미생물에 의한 부패 수준에 도달하였고, 진공포장의 경우에는 각각 저장 40, 23일에야 비로소 6 log CFU/cm² 수준에 이르러 부패 수준에 근접하였다. 결과적으로 10°C 이상의 온도에서 보관 시 포장방법과 관계없이 2-5일 안에 빠른 부패가 이루어지며, 진공 포장의 효과는 2, 4°C에서 극대화되었다. 즉, 2, 4°C에서 진공포장을 함으로써 랩포장보다 약 16-

<Table 2> Regression equations of total plate counts for establishment of shelf-life at -20°C

Packaging conditions	Regression equations	R ²	Estimated shelf-life
WP -20	$Y=0.0586x+1.0596$	0.972	84.3 days
VP -20	$Y=0.0781x+1.1443$	0.989	435.2 days

WP: wrap packaging, VP: vacuum packaging

21일의 저장 기간을 길게 연장시킬 수 있었다. Kim et al. (2021)의 연구에서 한우 수출 유통을 위해 채끝, 등심의 드립감량, 지질산화도(TBARS), 적색도를 이용하여 한우의 최적 저장 온도를 설정하였는데, 수축 진공포장하여 4°C에서 21일, 1°C에서 40일이었다. 이러한 결과는 본 연구의 일반세균의 수치를 이용한 유통기한 설정 결과와 유사하였다.

-20°C의 부패 시점을 설정하기 위하여 일반세균의 수치를 이용하여 회귀식을 구하였으며(Park et al. 2016), 회귀식은 <Table 2>에 제시하였다. 결정계수(R²)는 -20°C 랩포장(WP -20)은 0.972, -20°C 진공포장(VP -20)은 0.989로 유의하게 나타났다(p<0.05). 부패 시점을 예측한 결과, -20°C 저장 시 랩포장에서는 84.3일, 진공포장에서는 435.2일로 나타났다. -20°C 랩포장의 부패 시점 예측 결과는 Park et al. (2016)의 연구에서 쇠고기 등심을 지퍼백(LDPE)에 보관하여 -20°C에서 저장했을 때의 부패 예측 결과 (84.2일)와 거의 일치하였다. 또한 Rogas et al. (2022)에서 소고기의 보관기간은 -18°C에서 6-18개월이며, -23°C에서는 12-24개월이라고 보고하였다. 따라서 본 연구의 일반세균 기준으로 부패 시점 예측 결과는 소고기의 안전관리를 위해 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 쇠고기의 유통온도(-2~10°C) 및 작업실 실내 온도(15°C 이하) 기준을 바탕으로 다양한 온도와 포장 방법(랩, 진공)에 따른 미생물학적 품질 지표(총균수 및 대장균군수) 및 이화학적 품질 지표(pH, 적색도, VBN)의 변화를 살펴보고, 이를 토대로 안전한 소비기한을 예측하고자 하였다.

소비기한 설정에 있어서 미생물학적 품질 지표가 이화학적 품질 지표보다 더 적합한 것으로 판단된다. 즉, 진공 및 랩포장 모두의 경우에서 일반세균 기준으로 부패 시점이 지난 시료의 적색도와 pH가 기준치 이하의 양호한 수준으로 나타났다(p<0.05), 또한 2, 4°C 저장군의 VBN 함량은 일반세균수가 증가하여 초기 부패(1.0×10⁶ CFU/cm²)가 느껴질 때까지 증가 폭이 작았으며, 그 이후에는 급속히 증가하는 양상을 보임으로써 미생물의 부패 시점과 일치하지 않았다. 일반세균 기준으로 부패 시점으로 평가했을 때, 진공포장은 랩포장보다 약 2.5배 저장기간을 연장하였으며, 2, 4°C에서 각각 40, 23일간 저장이 가능할 것으로 사료된다. 따라서 식육의 품질을 평가하기 위해서는 적색도, pH 및 VBN 지표보

다 미생물적 지표가 우선적으로 고려되어야 할 것이며, 본 연구에서 제안된 미생물적 기준은 유통 중 안전관리를 위해 활용될 수 있을 것이다. 그러나 식육의 안전성 확보를 위해서는 미생물적 기준과 부합하며, 신선도 기준을 결정하기 위한 적절한 지표 조사가 추가적으로 수행되어야 한다.

저자 정보

김중희 (농촌진흥청 국립축산과학원 축산물 이용과, 전문연구원, 0000-0001-8669-993x)

이은선 (농촌진흥청 국립축산과학원 축산물 이용과, 농업연구사, 0000-0002-3957-0575)

오미화 (농촌진흥청 국립축산과학원 축산물 이용과, 농업연구관, 0000-0001-7838-5260)

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 한우고기 유통환경·안전성 정보 모니터링 및 통합관리 시스템 개발, 과제번호: PJ01706701) 및 2024년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원 사업에 의해 이루어진 결과이며 지원에 감사드립니다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- Agriculture Outlook 2022 Korea. Supply and demand trends and outlook for Korean beef, pigs, and dairy cattle. Chapter 17, pp 675
- Bell RG. 2001. Meat Packaging: Protection, Preservation and Presentation. In: Hui YH, Nip WK, Rogers RW, Young OA (ed.) Meat Sci and App, Marcel Dekker Inc., New York, 710
- Cho SH, Kang SM, Ahn DR, Kim YS, Park BY. 2018. Effect of Dry Aging Condition on Yield, Microbial Growth and Storage Stability of Bottom Round Muscle from *Hamwoo* Beef, Ann. Anim. Resour. Sci. 29(3): 106-114
- Cho SH, Kang SM, Seong PN, Kang GH, Kim YC, Kim JH, Chang SS, Park BY. 2017. Effect of aging and freezing

- conditions on meat quality and storage stability of 1⁺⁺ grade *hanwoo* steer beef: Implications for shelf Life. Food Sic. Anim. Resour., 37(3): 440-448
- den Hertog-Meischke MJD, Smulders FJ, van Logtestijn JG. 1998. The effect of storage temperature on drip loss from fresh beef. J. Sci. Food Agric., 78(4): 522-526
- Holman BWB, Remy J, Yanwei M, Cassius EOC, Hopkins DL. 2017. Using instrumental (CIE and reflectance) measures to predict consumers' acceptance of beef colour. Meat Sci., 127: 57-62
- Jiao X, Shu Y, Rao W, Zhang Z, Cheng S. 2022. Effects of lactic acid bacteria and yeast on mutton quality at different temperatures. Food Sci. Technol., 42
- Kamenik J. 2013. The microbiology of meat spoilage: a review. Maso International, 1-9
- Kim AN, Lee KY, Han CY, Choi SG. 2023. Effect of different vacuum levels for beef brisket during cold sotrage: A microbiological and physicochemical analysis. Food Microbiol., 114: 104287
- Kim MJ, Cho YD, Hwang IH. 2021. Quality Properties of *Hanwoo* longissimus Muscle Packaged for Export Market during Long-term Storage at Various Temperatures. J. Agri. Life Environ. Sci., 33(2): 103-113
- Laak RLJM. 1994. Spoilage and preservation of muscle foods. Muscle foods: meat poultry and seafood technology. Boston, MA: Springer US, 378-405
- Lee HJ, Choe J, Yoon JW, 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
- Lim JH, Lee SK, Chung SH, Lee KT. 2016. Quality and Shelf-Life of Vacuum Packed RTE (Ready-To-Eat) Hamburg Steak Depending on the Oxygen Permeability of Packaging Material and the Storage Temperature. Korean J. Packag. Sci. Technol., 22(3): 95-102
- Moon JH, Sung MS, Kim JH, Kim BS, Kim YS. 2013. Quality Factors of Freshness and Palatability of *Hanwoo* from their Physicochemical and Sensorial Properties. Fppd Sci. Anim. Resour., 33(6): 796-805
- Park JA, Joo SY, Hwang HJ, Na YS, Kim SJ, Choi JI, Ha JY, Cho MS. 2016. Effects of freezing storage temperature on the storage stability of beef. Korean J. Food Sci. Technol., 48(4): 301-305
- Pellissery AJ, Vinayamohan PG, Amalaradjou MAR, Venkitanarayanan K. 2020. Spoilage bacteria and meat quality. Meat Qual. Anal., pp 307-334
- Reid R, Fanning S, Whyte P, Kerry J, Lindqvist R, Yu Z, Bolton D. 2017. The microbiology of beef carcasses and primals during chilling and commercial storage. Food Microbiol., 61: 50-57
- Rojas HE, Contreras RL, Schnake FG, Marín PM, Huissier PGL, Castillo PB. 2022. Factors Determining Meat Quality and Cold Preservation Methods to Extend Shelf Life. Open Acc. J. Bio. Sci., 4(1): 1459-1470
- Seideman SC, Durland PR. 1983. Vacuum packaging of fresh beef: A review. J. Food Qual., 6(1): 29-47
- Wang RH, Liang RR, Lin H, Zhu LX, Zhang YM, Mao YW, Luo X. 2017. Effect of acute heat stress and slaughter processing on poultry meat quality and postmortem carbohydrate metabolism. Poult. Sci., 96(3): 738-746
- Yang JB, Ko MS. 2001. Effects of Wrap and Vacuum Packaging on Shelf Life of Chilled Pork. Korean J. Food Nutr., 14: 255-262
- Korea Meat Trade Association. 2022. Statistics. Available from www.kmta.or.kr/kr/data/stats_spend.php [accessed 2024. 3.4]
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). 2022. Food code 2024. Available from: <http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/>, [accessed 2024. 2. 28.]

Received March 28, 2024; revised April 12, 2024; accepted April 17, 2024