

## 냉장 온도에서 생육, 습식숙성육, 건식숙성육의 저장 안전성

안설빈 · 황선혜 · 조용선\*  
한국식품연구원 식품분석센터

### Storage Stability of Raw Beef, Dry-Aging Beef, and Wet-Aging Beef at Refrigeration Temperature

Seol Bin An, Sun Hye Hwang, Yong Sun Cho\*

Food Analysis Center, Korea Food Research Institute, Wanju-gun, Jeonbuk, Korea

(Received December 9, 2019/Revised December 27, 2019/Accepted February 28, 2020)

**ABSTRACT** - We investigated the pH, volatile basic nitrogen (VBN), microbial changes and dominant microbes in raw beef, wet-aging beef, and dry-aging beef after the meat had been stored in a refrigerator. The count of mesophilic bacteria was 3.3-3.9 log CFU/g in raw beef and dry-aging beef, and 5.4 log CFU/g in wet-aging meat. After 18 days of refrigeration, the mesophilic bacterial count in raw and aging beef increased to 6.1-6.4 log CFU/g. In wet-aging beef, the number of lactic acid bacteria increased from 4.5 log CFU/g to 6.0 log CFU/g at refrigeration temperature. However, lactic acid bacteria were not detected in dry aging beef. Major foodborne pathogens such as *Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli* (EHEC) were not detected. Based on the legal standard for mesophilic bacteria count, the estimated shelf-life of aged beef was less than 12 days and the average VBN was 15 mg%. The dominant microorganisms varied between the different types of meat. In raw meat, *Staphylococcus saprophyticus* was the dominant microorganism, and as the VBN increased, *Carnobacterium divergens* dominated. In wet-aging beef, *Carnobacterium divergens* dominated during the initial days of refrigeration after which the number of *Lactobacillus sakei* increased. *Dermacoccus nishinomyaensis* was initially the dominant microbe in dry-aging beef, after which *Pseudomonas fragi* dominated. In addition to the role of specific bacteria in the early stage of decay, it is thought that microorganisms can be utilized for safe distribution and storage of matured meats by conducting research on changes in rot, fragrance analysis, and changes of ingredients in matured meats.

**Keywords:** Aging meat, Stability, Count bacteria, Diversity, Dominant microbes

연도(Tenderization of meat)는 육류의 품질에 가장 많이 연구 되는 특성 중 하나이며, 근육 섬유질의 구성 및 수축 상태, 결합 조직의 양과 용해 및 사후 단백질 분해 정도에 영향을 받는다<sup>1)</sup>. 육류는 특성상 도살 후 근육의 glycogen이 분해되면서 혐기적인 상태에서 젖산으로 전환되고 ATP가 소실되면서 보수성이 가장 낮아지며 근육이 단단해지는 사후 강직 상태를 맞게 된다<sup>2)</sup>. 따라서 연도를 높이기 위해 숙성(aging) 기술을 이용하는데 숙성 기술은 크게 습식 숙성과, 건식 숙성으로 구분되며 육류가 사후 경직되

어 있는 동안 냉장 상태로 보관을 해서 근육을 이완시키는 방법이다. 습식 숙성은 가장 일반적인 방법으로 사후 강직중인 육류를 진공 포장하여 냉장 상태로 보관시켜 숙성시키는 방법이며, 건식 숙성은 냉장실에서(0-4°C) 습도를 75-80%로 유지 시키면서 공기를 순환시켜 40-60일 정도 보관하는 방법으로 숙성 후 연도 및 향미를 증가시키는 효과가 있다<sup>3)</sup>. 숙성 제품은 장기간 보관한 후 판매되기 때문에 안정성에 대한 연구가 필요하다. 또한 숙성 방법 및 기간에 대한 표준화된 방법이 있는 것이 아니라 제품을 생산하는 업체에 따라 다른 숙성 방법을 사용하고 있으며, 숙성 과정 중에 발생하는 위생학적 취약점에 대해서는 연구가 미비한 실정이다.

최근에는 한우의 저품질 제품을 숙성을 통해서 향미를 증진시켜 고품질 제품으로 판매하고 있으나 여전히 숙성

\*Correspondence to: Yong Sun Cho, Food Analysis Center, Korea Food Research Institute, 245 Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeonbuk 55365, Korea  
Tel: +82-63-219-9242; Fax: +82-63-219-9280  
E-mail: yscho@kfri.re.kr

육 제품의 안전에 대한 기준이 명확하지 않으며, 숙성육과 초기 부패육을 판단하기 위한 지표의 필요성이 대두되고 있다. 식육의 부패에 잠재적으로 영향을 미치는 미생물은 식육의 저장 조건과 초기 부패미생물 간의 구성에 따른 차이가 큰 영향을 미친다고 알려져 있다<sup>4)</sup>. 이러한 미생물간의 연관성은 부패의 유형에 영향을 크게 미치는 것으로 보고되어 있다<sup>4)</sup>. 예를 들어 식육을 저장 보관 시 통성혐기성 또는 혐기성 상태에는 항균성 기체의 존재 유무와 상관없이 낮은 산소 이용률로 오염된 그람 양성균이 큰 변화를 일으키며 호기성 또는 통성혐기성 보관 시 산소를 이용하는 그람 음성균이 변화를 일으킨다고 알려져 있다<sup>4)</sup>. 즉 식육의 부패는 다양한 미생물에 의해서 발생되며 초기 미생물의 오염, 보관온도, 포장상태 등에 따라서 변화한다<sup>2)</sup>. 이러한 미생물의 변화는 숙성육의 품질과 안전성에 영향을 미치며 일반적으로 부패 관련 특정 미생물(Specific spoilage organisms, SSOs)은 초기 미생물 군의 일부분을 구성하며, 이들의 성장은 제품의 품질 변화를 보장할 수 없게 한다<sup>5)</sup>.

많은 그룹의 미생물은 적절한 조건하에서 육류의 부패에 영향을 미치는 주요한 원인이 되며 이러한 미생물의 상호 관계는 복잡하게 연관이 되므로 부패를 예방하거나 예측하는 것은 어렵다<sup>6)</sup>. 부패는 미생물의 '종과 속' 수준에서 연구되어야 하는 복잡한 생물학적인 반응이며 특정 미생물 분류군은 일정한 저장 조건에 따라 다르게 영향을 받을 수 있으며, 부패 발생 시간 및 부패의 유형에 영향을 미칠 수 있다<sup>7)</sup>. 최근 미생물을 동정 분석하는 유전자 분석 기술의 발달로 난배양성 미생물에 대한 분석도 가능하게 되었으며 이러한 기술을 이용해서 미생물 종에 따라 육류의 저장 가능성을 예측할 수 있는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 전세계적으로 자국에서 많이 소비되고 있는 육류 및 육류 제품, 수산물 등에 대한 미생물 군집 분석에 대한 연구가 진행중이며, 이 연구를 통해서 부패 초기 단계의 미생물의 동태 분석을 통해서 제품의 유통 기간을 연장시킬 수 있는 기초 자료를 확보할 수 있다. 그러므로 선호하지 않는 한우 부위를 이용한 습식, 건식 숙성육의 냉장 보관 유통 기간을 연장 시키기 위해 위생지표로 중온균과 저온균을 분석하였으며, 보관 단계별 우점균에 대한 미생물학적 변화를 연구하였다. 진공 포장 냉동육의 경우 대부분 저온의 젖산균(Lactic acid bacteria, LAB)이 주종을 이룬다고 보고되어 있어<sup>8)</sup> 숙성 과정 중에 부패를 분석할 수 있는 미생물학적 지표를 분석하기 위한 젖산균, 효모 등의 분석이 필요하다. 따라서 본 연구는 습식, 건식의 다른 숙성방법으로 숙성이 완료된 식육 제품을 냉장 보관하면서 식육의 일반적인 부패를 판단하는 지표인 휘발성염기질소(VBN)의 변화에 따른 초기상태부터 부패 초기까지의 중온균, 저온균, 젖산균, 효모 및 진균수의 정량 분석 및 보관 일에 따른 주요 우점 미생물 및 이들의 상

관 관계를 연구하였다. 이 결과는 숙성된 제품을 판매하고 있는 소매 업체가 숙성 단계를 판단할 수 있으며 안전하게 유통시킬 수 있는 기초 자료 및 안전 관리의 기준 및 규격을 마련하는 자료로 활용하고자 한다. 또한 숙성육에 대한 안전성 확보로 고급육에 대한 품질 안전성을 유지하고자 한다.

## Materials and Methods

### 샘플 및 육류의 보관

대형 마트(전라북도, 전주)에서 판매 유통 중인 생육, 습식 숙성육, 건식 숙성육의 식육을 각 종류별 3종을 구매하였다. 구매한 시료는 polyethylene bags (Nasco, Modesto, CA, USA)(200 × 300 mm)을 사용하여 호기 상태에서 무균적으로 재포장하여 초기(구입일), 4°C에서 12일, 18일간 저장 보관 하면서 미생물의 변화를 분석하였다.

### pH 측정

시료 10 g에 증류수 50 mL를 가하여 균질화 한 후, pH meter를 이용하여 측정하였다. 이때 pH meter (827pH lab, metrohm, swiss)는 측정 전 표준완충용액 pH 4.0, 7.0 (Thermo Fisher Scientific, San Jose, CA, USA)를 이용하여 calibration하여 사용하였다.

### 휘발성 염기질소(VBN) 분석

시료 10 g에 증류수 50 mL를 가하여 균질화하여 30분간 침출하고 여과한 후, 여과액을 5% 황산 용액(Daejung, Gyonggi-do, Korea)으로 중화 한 후 100 mL 볼륨플라스크에 여과한 시료를 채우고, 증류수로 fill up하여 시험용액을 준비하였다. 콘웨이 확산용기의 내실에 0.01 N 황산용액(Daejung, Gyonggi-do, Korea) 1 mL을 넣고 확산용기의 외실에는 시험용액 1 mL과 탄산칼륨(Tedia company, Fairfield, OH, USA) 포화용액 1 mL을 넣고 외실의 시험용액과 탄산칼륨 포화용액을 잘 섞은 후 25°C에서 1시간동안 정치하였다. Brunswick 시약은 메틸레드(Daejung, Gyonggi-do, Korea) 0.2 g 및 메틸렌블루(Daejung, Gyonggi-do, Korea) 0.1 g을 에탄올 300 mL에 녹이고 여과하여 사용하였다. 정치한 확산 용기의 내실에 Brunswick 시약을 지시약으로 넣고, 0.01 N 수산화나트륨용액(Daejung, Gyonggi-do, Korea)으로 적정하였다. 바탕시험으로 증류수를 사용하였다. VBN 함량은 2회 반복하여 평균치를 다음과 같은 식으로 계산하여 분석하였다.

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

여기서 a는 본 실험에서의 적정치(mL), b는 공실험의 적정치(mL), d는 희석배수, W는 시료의 양(g), f는 0.01 N

NaOH의 역가로 계산하였다.

### 미생물의 정량 분석

시료는 0.85% saline용액에 희석하여 정량 분석하였다. 정량 분석은 3M Petrifilm count plates (3M-UK; Bracknell, Berkshire, UK)을 이용하여 배양을 하여 측정하였으며 시험 방법 및 배양시간, 계수는 제조사의 시험방법으로 하였다. 중온균은 3M Petrifilm AC plates, Lactic acid bacteri은 3M Petrifilm LAB plates, 대장균수는 3M Petrifilm *Escherichia coli* Plates, 효모 및 곰팡이는 3M Petrifilm Yeast and Mold Count plates에 시료 25 g과 희석액(멸균 생리식염수) 225 mL를 혼합한 다음 10진법으로 단계 희석한 시험용액 1 mL 각각 3매의 페트리필름에 접종한 후 흡수시켜 중온균과 대장균은 35°C에서 48시간, 젖산균과 효모 및 곰팡이는 25°C에서 72시간 배양하여 생성된 집락수를 산정하였다. 저온균은 plate count agar (PCA; Merck, Darmstadt, Germany)의 평판 배양을 이용하여 25°C에서 2-3일 동안 배양한 후 계수하였다. 3M petrifilm에서 30-300 집락을 계수하여 희석배수를 적용 한 후 Log CFU/g으로 최종 산정하였다<sup>8)</sup>.

### MALDI-TOF MS (Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization Time of Flight mass spectrometer) 를 이용한 미생물의 분석

시료를 단계별로 희석하여 PCA (Merck, Darmstadt, Germany)에 도말 배양 한 후 30-300개의 집락에서 한개의 집락을 선택하여 PCA에서 순수 분리 한 후 분리된 집락을 검사용 표적슬라이드(Vitek MSDS, bioMerieux)에 도말한 후 표적슬라이드에 1 µL의 CHCA matrix 용액(acetyano-4-hydroxycinnamic acid solution, bioMerieux)을 떨어뜨리고 실온에서 완전히 건조하였다. 건조시킨 표적슬라이드를 질량분석기인 Vitek MS (Biomeriux, Marcy L'Etoile, France)를 이용하여 결과를 판독하였다. 집락은 3반복 시험을 통해서 결과를 해석하였으며 Vitek MS 판독을 위한 스펙트럼은 *E. coli* ATCC 8739를 생물자원센터(KCTC)에서 분양 받아 표준균주로 사용하여 정도관리를 시행하였다.

### 병원성 미생물 정성 분석

#### 살모넬라균(*Salmonella* spp.) 분석

시료 25 g에 225 mL의 Buffered Pepton Water (Merck, Darmstadt, Germany)를 가하여 37°C에서 24시간 배양 후 증균 배양액 10 mL를 Tetrathionate 배지(BioMerieux, Marcy L'Etoile, France)에 1 mL, RVS 배지(Merck, Darmstadt, Germany)에 0.1 mL를 접종하여 각각 36±1°C (Tetrathionate 배지), 42±0.5°C (RVS 배지)에서 20-24시간

동안 증균 배양하였다. 각각의 증균 배양액을 XLD Agar (Difco, Detroit, Mich, USA) 및 BG Sulfa (Difco, Detroit, Mich, USA) 배지에 도말 한 후 36±1°C에서 20-24시간 배양하여 의심스러운 집락은 식품 공전 방법<sup>8)</sup>에 따라 생화학 시험 후 Vitek 2 (BioMerieux, Marcy L'Etoile, France)를 이용하여 동정하였다.

리스테리아 모노사이토제네스 (*Listeria monocytogenes*) 분석  
시료 25 g에 225 mL의 LEB(Merck, Darmstadt, Germany)를 가하여 30°C에서 48시간 배양 후 증균 배양액을 Palcam Agar (Merck, Darmstadt, Germany)에 도말 한 후 37°C에서 24시간 배양하였다. 전형적인 집락을 선택하여 식품공전 방법<sup>8)</sup>에 따라 생화학 시험 후 Vitek 2 (BioMerieux, Marcy L'Etoile, France)를 이용하여 동정하였다.

### 장출혈성 대장균 (Enterohemorrhagic *Escherichia coli*, EHEC) 분석

장출혈성 대장균은 Bacteriological Analytical Manual<sup>9)</sup> 및 식품공전<sup>8)</sup> 시험방법으로 분석하였다. 시료 25 g에 225 mL의 mTSB broth (Difco, Detroit, Mich., USA) 증균배지를 가해서 균질화 한 후 37°C에서 18-24 h 배양하였다. 배양액을 CHROM agar STEC (CHROMagar, Paris, France)에 도말한 후 37°C에서 18 h 배양하였다. 전형적인 집락을 선별하여 Vitek 2 (Biomeriux, Marcy L'Etoile, France)를 이용하여 생화학 동정 및 PCR로 독소 유전자를 확인하였다. 독소 유전자는 *stx1*, *stx2*를 multiplex PCR (Biometra, Goettingen, Germany)로 분석하였다<sup>10)</sup>.

### 통계분석

미생물 정량값은 Excel (microsoft office professional plus 2010)을 이용해서 Log CFU/g으로 변경하였으며, 검출 한계 이하는 <10 불검출로 판정하였다.

## Result and Discussion

### 미생물의 정량, 정성 분석

생육, 습식 숙성육, 건식 숙성육의 식육 3종을 4°C 냉장 보관하면서 초기 상태에서 12일, 18일의 냉장 저장 기간 미생물의 변화 및 VBN, pH를 비교 분석하였다(Table 1). 냉장 보관 온도는 미생물의 최대 생육 속도 및 최종 균수의 성장까지 영향을 미쳐서 식육의 부패에 가장 중요한 원인이다.<sup>11)</sup> 식육을 호기와 진공 상태로 냉장 보관하면서 중온균과 저온균을 분석한 결과 10일 경과 후 중온균은 5-6 Log CFU/g이며 저온균은 6-7 Log CFU/g로 저온균이 평균 1 Log 이상 높게 분석되었다. 기존 보고에 따르면 본 연구결과와 유사하게 저온균에 대한 오염도가 중온균보다 높았으며<sup>7)</sup> 12일이 경과한 수치와 유사하게 분석되었

**Table 1.** Viable counts of different microbial groups detected on beef during chilled storage condition for 18 days

Samples	Storage time (days)	pH	VBN (mg %)	Result <sup>1)</sup>			
				Mesophilic bacteria	Psychrophilic bacteria	Lactic acid bacteria	Yeast and Mold
Raw beef	0	5.65	8.70±0.40	3.91±0.06	4.03±0.05	3.42±0.04	2.59±0.16
	12	5.32	14.35±1.48	5.61±0.11	7.27±0.04	5.21±0.01	3.08±0.05
	18	5.41	22.82±0.40	6.41±0.05	7.33±0.03	5.33±0.03	4.84±0.02
Wet aged beef	0	5.5	15.26±0.20	5.42±0.06	5.99±0.01	4.57±0.02	2.48±0.00
	12	5.15	16.94±3.56	6.19±0.03	7.58±0.04	6.99±0.02	3.59±0.01
	18	5.50	20.72±0.20	6.45±0.03	8.19±0.05	6.09±0.02	5.57±0.02
Dry aged beef	0	5.76	12.6±0.40	3.30±0.03	3.75±0.00	1.00±0.00	2.78±0.00
	12	5.72	13.72±0.59	5.91±0.00	6.44±0.09	1.00±0.00	4.63±0.01
	18	5.76	21.28±0.59	6.16±0.02	6.65±0.02	1.00±0.00	4.73±0.06

<sup>1)</sup> Mean ± SD (Log CFU/g).

다. 식품의약품안전처에 의하면<sup>12)</sup> 식육의 오염 및 부패의 판단은 식육판매장에서 세균수가 7 Log CFU/g 이상일 때로 규정하고 있다. 본 연구 결과 12일 이상 냉장 보관하였을 경우부터 식품 오염 및 초기 부패가 진행된 것으로 판단되며, 이때의 VBN은 15 mg% 이상으로 분석되었다. 따라서 12일 이상 냉장 보관 시 부패의 초기 단계로 판단할 수 있었다<sup>13-16)</sup>. LAB는 건식 숙성육에서는 <10 이하로 분석되었다. 건식 숙성육의 특성상 장기간 공기 노출 후 숙성을 시키기 때문에 분석 수치가 낮은 것으로 판단된다. 그러나 Lee 등<sup>17)</sup>에 의하면 랩(warp) 포장된 건조 숙성육의 경우 중온균의 초기 오염은 4.26 Log CFU/g에서 12일 경과 후에 7 Log CFU/g로 유사하게 분석되었으나 LAB는 1.78 Log CFU/g로 본 논문과 상이하게 분석되었다. Kim 등<sup>18)</sup>의 연구 결과에서도 진공 포장된 건조 숙성육에서는 시간이 지날수록 LAB의 수치가 증가된다고 보고되고 있다. 따라서 향후 포장 상태나 보관 상태 등의 변수를 고려한 건식 숙성육의 LAB의 변화에 대해 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다. 효모 및 곰팡이는 시간이 지날수록 증가하여 18일 이후에는 4-5 Log CFU/g 분석되었다. 미생물이 동일 종이라도 성장 속도는 배양하는 온도에 의해 다른 속도를 나타내며, 중온균은 20-30°C에서 성장할 수 있으나, 저온균의 경우는 30°C 이상에서는 성장 속도가 늦거나 자랄 수가 없어서<sup>7)</sup> 25°C로 배양할 경우, 중온균과 저온균이 같이 성장할 수 있어 저온균이 높게 검출될 수 있다. 또한 식육은 냉장/냉동 유통을 주로 하므로 초기 부패를 확인하기 위해서는 중온균과 저온균 분석으로 법적 허용 균수를 규정할 필요성이 있다고 판단된다. 또한 생육의 보관 상태에 따라 *Pseudomonas fragi*가 검출된다는 보고도 있다<sup>4)</sup>. 그러므로 장기간 식육을 보관 처리하는 숙성육은 숙성 방법, 포장 방법, 유통 상태, 보관 온도 등 다양한 요인에 따른 숙성육의 우점균 분석

을 통해서 초기 부패 여부를 판단할 수 있는 미생물학적 지표 설정이 필요하다고 판단된다.

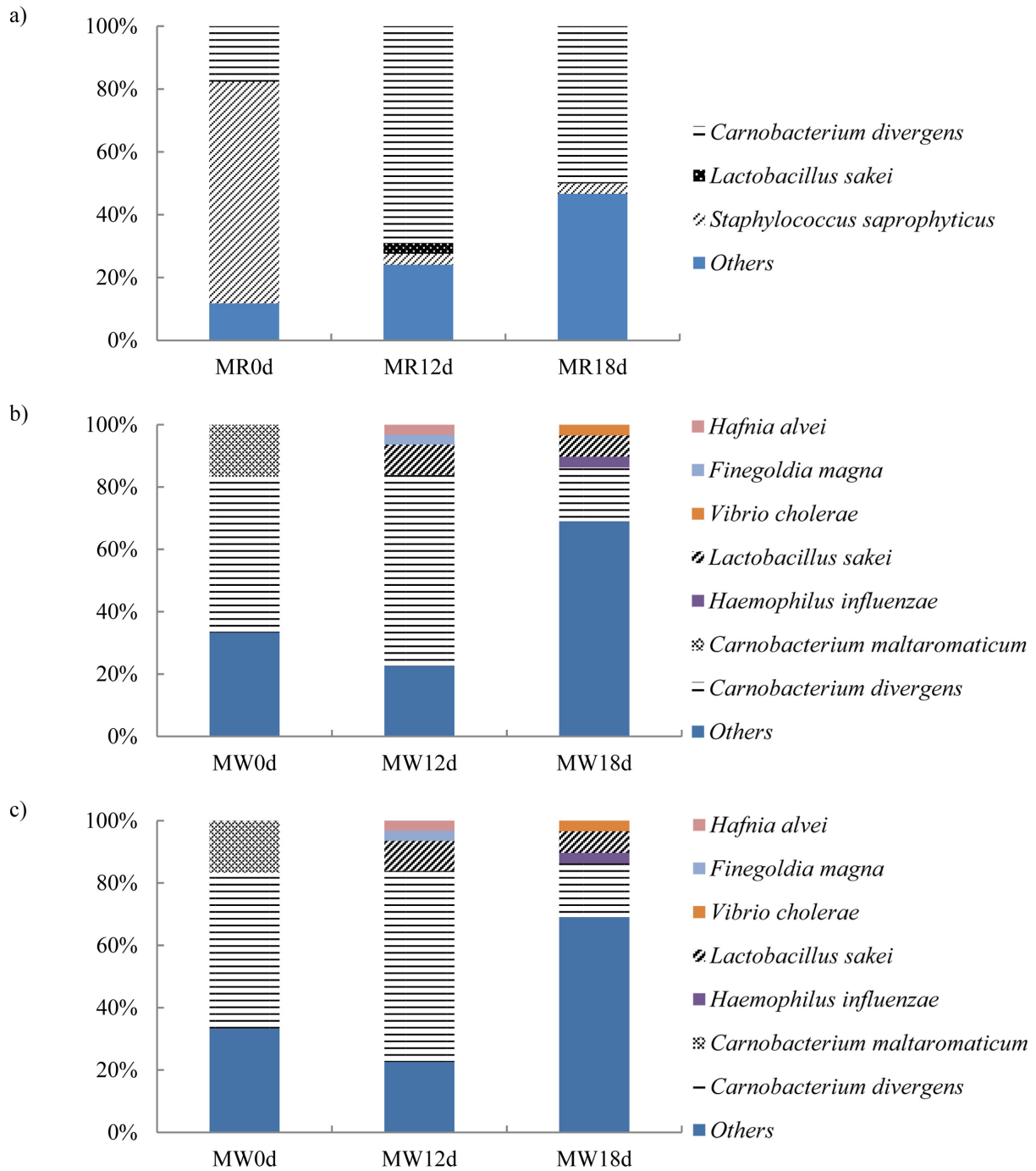
#### 병원성 미생물 정성 분석

대장균 및 병원성 미생물인 *Listeria monocytogens*, *Salmonella* spp, EHEC는 보관 일별로 각각 정성 분석하였으나 검출되지 않았다. 이 분석 결과는 초기 시료에 오염되지 않았기 때문에 보관 일별 분석 후에도 검출되지 않거나, 냉장 보관 시 *Carnobacterium divergens*, *Carnobacterium maltaromaticum*에 의해 생성되는 carnobacteriocin의 작용으로 인해 *L. monocytogens*와 같은 병원성 미생물의 성장이 억제되어 증식하지 않은 것으로 판단된다<sup>19)</sup>.

#### MALDI-TOF MS를 이용한 미생물의 분석

식육을 냉장 보관 후 보관 일의 경과에 따라 중온균, 저온균의 우점 미생물을 분석한 결과(Fig. 1) 생육 초기에 *Staphylococcus saprophyticus*가 우점균으로 분석되었으며 12일 냉장 보관 후부터 *S. saprophyticus*가 현격하게 줄어들면서 *C. divergens*이 증가하는 경향을 보였다. VBN 20 mg% 이상으로 나타나 부패로 판정되는 18일에는 *C. divergens*의 분포가 줄어들면서 다른 균주들이 증식함을 알 수 있었다. 문헌에 의하면 *C. divergens*와 *C. maltaromaticum*은 식육을 보관할 때 검출 빈도가 높은 균주이며 호기, 진공의 보관 상태에서도 검출되며 식육의 부패와도 관련이 있다고 보고되고 있다<sup>4,20,21)</sup>. 따라서 생육의 경우 냉장 보관하면서 *S. saprophyticus*의 감소로 인해서 다른 부패균들이 증식함을 알 수 있었다.

습식 숙성육은 초기부터 *C. divergens*이 우점균이므로 분석되었으나 초기 부패 단계에서는 *C. divergens*와 *Lb. sakei*가 분석되어 생육과는 다른 양상을 보였다. 습식 숙성육은 진공 포장되어 냉장 숙성 과정을 거쳐 진공 포장



**Fig. 1.** Relative abundance of Operational Taxonomic Units detected by VITEK-MS a) raw beef (MR) b) wet aged beef (MW) c) dry aged beef (MD).

에서 생육이 유리한 *Lb. sakei*가 분석되는 것으로 판단된다. 그러나 18일 이후는 다른 균주가 증가함을 알 수 있었다. *Leuconostocs*는 진공 포장으로 보관하는 식육에서 우점 미생물 종으로 알려져 있으며<sup>4)</sup> 초기 중온균에서 빈번하게 오염되어 있는 것으로 알려져 있어 본 연구의 초기 우점균과 차이가 있었다.

건식 숙성육은 냉장 보관 경과에 따라 *P. fragi*이 증가

하고 있으며 *Dermaococcus nishinomiyaensis*, *C. divergens*는 보관 기간이 길어짐에 따라 감소하였다. 초기 부패 상태가 되었을 때 *P. fragi*가 우점균으로 분석되었다. 건식 숙성육의 경우 공기에 노출 상태로 오랫동안 보관하였기 때문인 것으로 보인다. 또한 *P. fragi*의 경우 식육의 부패를 일으키는 중요한 역할을 균주로 알려져 있으며 단백질 변성에서 가장 흔하게 분석되는 미생물로 부패취와 황화

글로빈(Sulphyoglobin)으로 육류의 녹색화를 유발하며 더 빠르게 부패가 진행된다고 보고되고 있다<sup>22-24</sup>).

우점균 분석 결과를 활용하여 향후 포장 상태, 유통 방법 및 보관 기간에 따라서 미생물학적 안전 지표 설정에 기초 자료로 활용 할 수 있다고 판단된다. 특히 부패균들에 의해서 발생할 수 있는 부패취 분석결과와 비교한다면 현장에서 초기 부패를 분석 할 수 있는 간편 분석방법을 개발 할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 생육, 습식 숙성육, 건식 숙성육의 냉장 보관에 따른 저온균의 변화를 분석하였으나 VITEK MS (Biomeriux)로 동정하는 과정에서 분석되지 않은 균수가 많아서 우점형을 판별하는 것은 곤란하였다. 향후 16S rRNA 등의 유전자 분석 동정 기술을 이용하여 추가적인 연구를 통해서 중온균과 저온균의 비교 분석이 필요하다고 판단된다.

시료 특성과 상태에 가장 적합한 박테리아 집단은 다른 집단보다 성장하며 우점종이 되므로 특정 부패 박테리아의 생존, 성장 및 계승은 물리적 및 화학적 환경에서의 다양한 생태학적 요인에 의해 영향을 받는다. 식육의 성분, 온도, pH, 산도 또는 이산화탄소(포장 상태) 및 부패 미생물의 구성을 포함하는 요인들은 시간이 지남에 따라 식육의 상태나 육질을 유지하는데 중요하다고 보고되고 있다<sup>4,20</sup>). 따라서 식육의 숙성 방법에 따른 미생물학적 추이 분석, 냉장 저장 기간과 포장 상태, 숙성 온도 등 다양한 변수 그리고 호기 포장 상태에서 냉장 유통중인 생육과 숙성육의 미생물학적 변화와 우점하는 미생물간의 mapping을 통해 숙성육의 유통 기한과 육류의 품질 향상에 기여할 수 있다. 또한 부패 초기에 특정 박테리아의 역할뿐만 아니라 *Staphy. saprophyticus*의 감소에 따른 *C. divergens*의 미생물의 증가, 건식 숙성육의 *P. fragi*의 증가 등 냉장 변화에 따른 미생물의 우점균의 변화와 부패와의 상관성 분석, 향기 및 이취 분석, 숙성육의 주요 이화학 성분 변화 등의 대한 연구를 진행하여 숙성육의 고급화 및 안전성 향상에 기여할 수 있다고 판단된다.

## 국문요약

생육, 습식 숙성육, 건식 숙성육을 종류별 3종을 구입하여 냉장 상태로 보관하면서 pH, 휘발성 염기질소(VBN), 미생물 정량, 우점균을 분석하였다. 초기 생육, 건식 숙성육의 중온균은 3.3-3.9 Log CFU/g, 습식 숙성육은 경우 5.4 Log CFU/g 이었으나, 냉장으로 18일 보관 후 생육과 건식 숙성육에 존재하는 중온균은 6.1-6.4 Log CFU/g로 증가하였다. 습식 숙성육의 경우 Lactic acid bacteria (LAB)는 냉장 보관시 4.5-6.0 Log CFU/g으로 나타났으나, 건식 숙성육에서는 검출되지 않았다. 저장 기간이 길어짐에 따라 중온균, 저온균, LAB, 효모 및 곰팡이 수가 증가하였으나, 식품매개 병원성 미생물은 검출되지 않았다. 식육의

오염 및 부패 판단은 7 Log CFU/g 이상으로 규정하고 있어 본 연구 결과에 의하면 12일 이상 냉장 보관하였을 경우 6-7 Log CFU/g으로 기준을 초과하였다. 이 때 VBN이 평균 15 mg%으로 부패의 초기 단계로 판단 할 수 있었다. 냉장 보관에 따른 우점 미생물은 다양한 양상으로 나타났다. 생육에서는 초기 우점균으로 *S. saprophyticus*가 분석되었으나, VBN이 증가함에 따라 *Carnobacterium divergens*가 우점하는 양상을 나타냈다. 습식 숙성육에서 *Carnobacterium divergens*가 냉장보관 초기에 우점 미생물로 분석되었으나, 이후 *Lactobacillus sakei*가 우점균으로 분석되었다. 건식 숙성육의 경우 *Dermacoccus nishinomiyensis*가 냉장보관 초기에 우점하였으나 이후 *Pseudomonas fragi*가 우점균으로 변화하였다. 부패의 초기 단계에서 특정 박테리아의 역할 외에도 부패, 향기 분석 및 숙성 육류의 성분 변화에 대한 연구를 수행하여 숙성 육류의 안전한 유통 및 보관에 활용할 수 있다고 판단된다.

## References

- Hulánková, R., Kameník, J., Saláková, A., Závodský, D., Borilova, G., The effect of dry aging on instrumental, chemical and microbiological parameters of organic beef loin muscle., *Lwt-Food Sci Technol.*, **89**, 559-565 (2018).
- Lee H.Y., Yoon Y.H. Microbiological safety of dry-aging meat. *Safe Food.*, **10**, 37-41 (2015).
- Smith, R.D., Nicholson, K.L., Nicholson, J.D.W., Harris, K.B., Miller, R.K., Griffin, D.B., Savell, J.W., Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Sci.*, **79**, 631-639 (2008).
- Doulgeraki, A.I., Ercolini, D., Villani, F., Nychas, G.-J.E., Spoilage microbiota associated to the storage of raw meat in different conditions. *Int. J. Food Microbiol.*, **157**, 130-141 (2012).
- Gram, L., Dalgaard, P., Fish spoilage bacteria-problems and solutions. *Curr. Opin. Biotechnol.*, **13**, 262-266 (2002).
- Ercolini, D., Russo, F., Torrieri, E., Masi, P., Villani, F., Changes in the spoilage-related microbiota of beef during refrigerated storage under different packaging conditions. *Appl. Environ. Microbiol.*, **72**, 4663-4671 (2006).
- Ercolini, D., Russo, F., Nasi, A., Ferranti, P., Villani, F., Mesophilic and psychrotrophic bacteria from meat and their spoilage potential in vitro and in beef. *Appl. Environ. Microbiol.*, **75**, 1990-2001 (2009).
- Ministry of Food and Drug Safty, (2019, December 31). Korea Food Standards Codex. Retrieved from <http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/index.jsp>
- U.S Food and Drug Administration, (2020. March. 11). Bacteriological Analytical Manual. Retrived from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam>
- Kagambèga, A., Martikainen, O., Lienemann, T., Siitonen,

- A., Traoré, A. S., Barro, N., Haukka, K., Diarrheagenic *Escherichia coli* detected by 16-plex PCR in raw meat and beef intestines sold at local markets in Ouagadougou, Burkina Faso. *Int. J. Food Microbiol.*, **153**, 154-158 (2012).
11. Limbo, S., Torri, L., Sinelli, N., Franzetti, L., Casiraghi, E., Evaluation and predictive modeling of shelf life of minced beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging at different temperatures. *Meat Sci.*, **84**, 129-136 (2010).
  12. The National Law Information Center, (2020, January 31). The Korean Representative Legal Information. Retrieved from <http://law.go.kr/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000004431>
  13. ICMSF, 1986. In *Microorganisms in foods 2*, 2nd Ed, Sampling for Microbiological Analysis. University of Toronto Press, Toronto. pp. 130-137.
  14. Kim, J.Y., Song, K.B., Effect of vacuum packaging on the microbiological profile of chilled chicken during storage. *J. Appl. Biol. Chem.*, **47**, 35-37 (2004).
  15. Verma, S.P., Sahoo, J., Improvement in the quality of ground chevon during refrigerated storage by tocopherol acetate pre-blending. *Meat Sci.*, **56**, 403-413 (2000).
  16. Shin, H.Y., Ku, K.J., Park, S.K., Song, K.B., Use of freshness indicator for determination of freshness and quality change of beef and pork during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **38**, 325-330 (2006).
  17. Lee, H.J., Choe, J., Yoon, J.W., Kim, S., Oh, H., Yoon, Y.J., C., Determination of salable shelf-life for wrap-packaged dry-aged beef during cold storage. *Korean J. food Sci. Anim. Resour.*, **38**, 251 (2018).
  18. Kim, S., Lee, H.J., Kim, M., Yoon, J.W., Shi, D.J., Jo C., Storage Stability of Vacuum-packaged Dry-aged Beef during Refrigeration at 4°C. *Food Sci. Anim. Resour.*, **39**, 266 (2019).
  19. Leisner, J.J., Laursen, B.G., Prévost, H., Drider, D., Dalgaard, P., Carnobacterium: positive and negative effects in the environment and in foods. *FEMS Microbiol. Rev.*, **31**, 592-613 (2007)
  20. Laursen, B.G., Bay, L., Cleenwerck, I., Vancanneyt, M., Swings, J., Dalgaard, P., Leisner, J.J., Carnobacterium divergens and Carnobacterium maltaromaticum as spoilers or protective cultures in meat and seafood: phenotypic and genotypic characterization. *Syst. Appl. Microbiol.*, **28**, 151-164 (2005).
  21. Nychas, G.-J.E., Skandamis, P.N., Tassou, C.C., Koutsoumanis, K.P., Meat spoilage during distribution. *Meat Sci.*, **78**, 77-89 (2008).
  22. Davies, A.R., Board, R.J., 1998. The Microbiology of Meat and Poultry. In: Stanbridge L.H. Davies A.R. The microbiology of chilled-stored meat. New York. pp. 174-219.
  23. Davies, A.R., Board, R.J., 1998. The Microbiology of Meat and Poultry. In: Nychas G.J. Drosinos E.H. Chemical changes in stored meat. New York. pp. 288.
  24. De Filippis, F., La Stora, A., Villani, F., Ercolini, D., Strain-level diversity analysis of *Pseudomonas fragi* after in situ pangenome reconstruction shows distinctive spoilage-associated metabolic traits clearly selected by different storage conditions. *Appl. Environ. Microbiol.*, **85**, e02212-18 (2019).