

포장방법에 따른 냉장 훈제삼겹살의 품질과 저장성

임지훈 · 정승희¹ · 이성기² · 이근택[†]

강릉원주대학교 식품과학과

¹지오푸드텍연구소

²강원대학교 동물식품응용과학과

Quality and Shelf-life of Chilled Smoked Pork Belly Depending on Packaging Methods

Ji Hoon Lim, Sung Hee Cheong¹, Sung Ki Lee², and Keun Taik Lee[†]

Department of Food Science, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Korea

¹GO Foodtech Institute, Seongnam 463-741, Korea

²Department of Animal Products and Food Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Abstract The changes in quality and shelf life of smoked pork belly according to packaging methods were investigated during storage at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ up to 12 days. Three packaging treatments including air-containing packaging (AC), vacuum packaging (VP), and packaging incorporated with oxygen scavenger (OS) were applied in this experiment. In all treatments, the initial total aerobic plate count (TPC) was 2.4 log cfu/g which was increased with storage period. The rapidest increase of TPC was observed in the AC samples, followed by OS and VP. The VP samples showed inhibiting effects on the growth of *Pseudomonas* spp. and coliforms over the storage. The TBA values were increased in the order of AC-OS-VP. The VBN values of the VP and OS samples tended to be increased slower than the AC samples during the storage. According to the sensory evaluations, the point of losing marketability in the raw AC, OS, and VP samples was determined to be the day 8, 10, and 12, respectively. However, the evaluations for the cooked samples showed the AC and OS samples preserved the marketing value until the day 10 and 12, while the VP samples until the day 12 except in the parameter of texture. In conclusion, it was found that the most appropriate packaging method for preserving the quality and extending the shelf life of chilled smoked pork belly is vacuum packaging.

Keywords Packaging, Shelf-life, Smoked pork belly

서 론

국내 시장에서 삼겹살은 주로 구이용 생육이나 가공된 베이컨의 형태로 판매가 되고 있다. 생육은 수분과 저분자 영양성분의 함량이 높아 미생물이 증식하여 부패되기 쉬운 조건을 갖추고 있다. 또한 생육은 myoglobin이 산소와 광선과 접촉하여 산화되어 암적색의 metmyoglobin으로 변하기 쉬워 보관 판매 시 많은 주의가 필요하다. 이러한 문제들을

해결하기 위한 방법으로 Matinez 등¹⁾은 매장에서 식육을 진열할 때 사용하는 형광등에 UV-filter를 장착하면 육색 유지에 효과가 있다고 보고하였다. Park 등²⁾은 육제품 제조 시 유기산염과 키토산 등을 첨가하면 호기성 미생물의 성장이 억제되고 지방산패도, 단백질부패도와 관능학적 이취는 감소하며 hunter a* 값은 증가한다고 하였다. 또한 Lee 등³⁾은 비타민 C를 육에 사용하면 육표면에서 metmyoglobin의 형성을 저해하는 효과가 있다고 보고했다. 이와 같이 본래의 제품 형태를 최대한 유지하면서 저장성 연장과 맛의 개선을 위하여 육제품에 다양한 첨가물을 가하여 제품의 저장수명을 연장시키기 위한 다양한 시도가 이루어져 왔다.

국내 시장에 유통되고 있는 베이컨제품은 삼겹살을 염지, 훈연 후 가열한 다음 진공포장하는 것이 일반적이다. 그러

[†]Corresponding Author : Keun Taik Lee

Department of Food Science, College of Life Science, Gangneung-Wonju National University, 120 Gangneungdaehang-No, Gangneung 210-702, Korea

E-mail : <leekt@gwnu.ac.kr>

나 베이컨은 가열육이라는 점에서 국내 소비자들의 구이 문화에는 다소 적합하지 않은 측면이 있다. 아울러 베이컨은 온훈법으로 훈연되고 가열하는 과정 중에 다소의 열 변성을 피할 수 없어 생육의 조직감 및 품질과는 다른 차원으로 인식되고 있다. 이러한 관점에서 삼겹살에 훈연과 포장 기술을 적용하여 비가열 상태로 유통시키는 것은 삼겹살의 저장 및 유통기술 차원에 있어 새로운 시도로 판단된다.

생육과 육제품의 저장성 연장을 위한 포장방법으로 진공 포장 기술이 이용되고 있다. 진공포장은 포장내부의 산소를 제거해 호기성 미생물의 성장을 억제하는 동시에 포장부피를 감소시킬 수 있다. 또한 Sutherland 등⁴⁾은 진공포장이 혐기성 미생물인 유산균(lactic acid bacteria)의 성장을 촉진하여 *Pseudomonas* spp.의 성장을 억제한다고 보고했다. 한편 훈연은 염지나 건조 등과 함께 식품의 장기적 보존을 위해 고대로부터 사용되어온 식품 보존 방법 중의 한 가지이다.⁵⁾ 훈연은 목재를 태울 때 발생하는 연기 중의 phenol 성분이 식품에 풍미를 부여함과 동시에 육의 표면에 부착하여 항산화성과 향미생물성을 가진다.⁶⁾ 따라서 본 연구에서는 일반 삼겹살에 훈연 작업을 가하여 풍미와 보존성을 부여한 후 합기포장, 진공포장과 탈산소제 봉입포장 등 포장방법에 따른 품질 유지와 저장성 차이를 조사하면서 비용과 효율성 측면에서 중소기업에서 적용하기 가장 적합한 포장 방법을 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

경기도 이천에 위치한 S육가공업체에서 Fig. 1과 같은 방법으로 가공한 훈제삼겹 제품을 진공포장한 후 아이스박스(ICDC-260, Olivo, France)에 담아 강릉원주대 실험실로 운송하였다. 공장에서 실험실까지 운송시간은 약 2시간이었으며 이 과정 중 아이스박스 내부 온도는 data logger(TR-72, TandD, US)로 측정된 결과 4-5°C로 유지된 것으로 확인되었다. 진공포장 시료를 가능한 한 최대한 오염이 되지 않도록 포장재 표면과 도구 등을 70% 에탄올로 소독하는 등 위생적 조건으로 개봉하고 가정용 세절기(Master 188, Graef, Germany)를 이용, 약 3 mm 두께로 슬라이스하였다. 이러한 시료들은 3가지(합기포장, 진공포장, 탈산소제 봉입포장) 방법으로 포장한 다음 5 ± 1°C에서 2일 간격으로 12 일까지 냉장저장 하면서 공시시료로 사용하였다.

2. 포장방법

진공포장시료는 15/85 μm 두께의 polyamide(PA)/polyethylene(PE)(산소투과도: 40 mL/m²/day/atm at 23°C) 진공포장필름 내부에 슬라이스한 삼겹살을 3조각 씩 넣어 진공포장기(Quick 7G Hansung, Korea)를 사용하여 74 mmHg/0.5 min

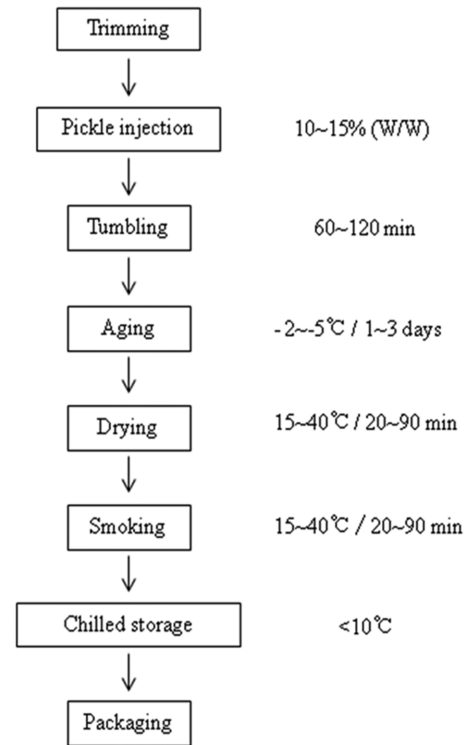


Fig. 1. Processing procedure of smoked pork belly.

의 조건으로 포장하였다. 합기포장시료는 규격 285 × 213 × 38 mm의 styroform 트레이에 슬라이스한 시료를 3조각 씩 넣은 후 30 μm 두께의 가정용 low-density polyethylene(LDPE) 랩필름(산소투과도 : 4,730 cc/m²/day/atm at 23°C)으로 포장하였다. 탈산소제 봉입포장은 190 × 130 × 30 mm, 두께 365 μm의 PP 트레이 내부에 슬라이스한 삼겹살을 2조각 씩 넣은 후 트레이 내부의 측면에 1000 cc용 수분의 존형 탈산소제(E200, Lipmen, Korea)를 부착 후, 진공포장 필름인 PA/PE필름에 넣은 다음, 필름용 열접착기(GH300-5, Good Package, Korea)를 사용하여 열봉합하였다.

3. 실험방법

1) 미생물수

총균수(TPC)는 KFDA(2002)방법⁷⁾에 따라 육의 살코기부분을 10 g 채취하여 90 mL의 생리식염수에 넣고 균질기(BA 7020, Seward, UK)로 1분 30초간 균질 한 후 이 중 1 mL를 취하여 9 mL의 생리식염수가 들어 있는 시험관에 넣어 희석하였다. 여기서 다시 0.1 mL를 취하여 미리 준비한 배지(Standard-I nutrient agar, Merck, Germany)에 도말 한 후 30°C에서 48시간 배양한 다음 colony를 계수하여 log cfu/g으로 계산하였다. *Pseudomonas* spp.는 총균과 마찬가지로 희석한 후 선택배지(GSP agar, Merck, Germany)에서 48시간 배양 후 oxidase test를 하여 푸른

색으로 변색된 colony만을 계수하였다. 유산균(lactic acid bacteria)도 상기와 같은 방식으로 접종한 후 배지를 anaerobic jar에 뒤집어 넣고 실험용 탈산소제(Anaerocult C, Merck, Germany)를 넣은 후 밀봉하여 30°C에서 72시간 배양한 다음 catalase test를 하여 기포가 발생하지 않는 colony를 계수하여 log cfu/g으로 계산하였다. 그리고 대장균군(coliform)은 상기와 같은 방법으로 희석을 한 후 1 mL를 취하여 3M coliform petri film에 접종 후 평판배양하여 24시간 후 붉은 색 colony만을 계수하였다.

2) pH

pH는 시료의 살코기 부분을 10 g 채취하여 90 mL의 증류수에 넣어 분쇄기(T 18 Ultra-Turax, IKA, Germany)를 이용, 시료를 분쇄한 후 pH meter(SG2-ELK, Mettler Toledo Co., Ltd., Switzerland)를 사용하여 측정하였다.

3) Thiobarbituric acid (TBA) 값

Witte의 방법⁸⁾에 따라 육의 살코기 부분을 20 g 취하여 시료로 사용하였다. 제조한 시험액을 암소에서 15시간 방치 후 spectrophotometer(V-550, Jasco, Japan)를 사용하여, 530 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 이 측정 값에 환산 계수 5.2를 곱하여 TBA 값(mg malonaldehyde (MA)/kg meat)으로 산출하였다.

4) Volatile basic nitrogen (VBN) 값

Conway 미량확산법⁹⁾에 따라 육의 살코기 부분을 10 g 취하여 시료로 사용하였다. 내실과 외실에 각각 봉산흡수제와 시험액을 넣은 후 인큐베이터에 넣어 37°C에서 80분간 방치하였다. 방치가 끝난 후 auto burette(HWA-1620507, Vitlab, Germany)을 사용하여 0.01N-H₂SO₄로 적정하여 나온 값을 VBN값(mg%)으로 산출하였다.

5) 색

L*값 98.59, a*값 0.09와 b*값 -0.37인 백색 표준 plate를 사용하여 calibration한 다음 시료의 살코기 부분을 1 × 1 cm 크기로 자른 뒤 colormeter(JS-555, Color Techno System Co., Ltd., Japan)를 이용하여 hunter L*(lightness), a*(redness)와 b*(yellowness) 값을 측정하였고, tan⁻¹b/a로 계산하여 hue값을 구하였다.

6) 관능평가

생육과 가열육으로 나누어 10명의 훈련된 패널들에 의해 9점 척도법(9점: 가장 우수, 1점: 가장 열등)으로 관능검사를 실시하였다. 생육은 육색, 외관과 이취, 그리고 가열육은 육색, 풍미와 조직감에 대하여 각각 평가하였다. 가열육의 경우 삼겹살의 한쪽 면을 1분 30초 동안 익힌 후 뒤집어서

다른 면을 1분 10초 동안 익히고 나서 다시 다른 면을 30초간 가열 후 시료들의 균일한 온도유지를 위해 60°C로 유지된 전기오븐(EOB-261T, Hanssem, Korea)에 15분간 방치 후 관능평가를 실시하였다.

7) 통계처리

SPSS Version 12.0(SPSS Inc., Chicago, USA) program에 의해 Duncan's multiple range test로 유의수준 p < 0.05에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 미생물수 변화

저장 기간에 따른 냉장 훈제삼겹살의 미생물실험 결과는 Table 1에 나타나 있다. 저장 0일째 TPC는 세 처리구에서

Table 1. Changes in microbial counts of smoked pork belly during storage at 5°C depending on packaging methods

Unit = log cfu/g

Storage (days)	Packaging treatment	Total aerobes	Lactic acid bacteria	<i>Pseudomonas</i> spp.	Coliforms
0	AC ¹⁾	2.4 ^{Ad}	< 2.0 ^{Af}	2.3 ^{Aa}	< 2.0 ^{Ac}
	OS ²⁾	2.4 ^{Ac}	< 2.0 ^{Ac}	2.3 ^{Ac}	< 2.0 ^{Ad}
	VP ³⁾	2.4 ^{Af}	< 2.0 ^{Ag}	2.3 ^{Ac}	< 2.0 ^{Ad}
2	AC	4.4 ^{Ad}	2.8 ^{Ad}	3.1 ^{Ad}	< 2.0 ^{Ad}
	OS	5.0 ^{Ac}	2.9 ^{Af}	2.5 ^{Ab}	< 2.0 ^{Ad}
	VP	4.1 ^{Ac}	2.4 ^{Ac}	3.0 ^{Aa}	< 2.0 ^{Ac}
4	AC	5.7 ^{Bc}	4.1 ^{Ac}	< 2.0 ^{Bf}	2.5 ^{Bc}
	OS	6.3 ^{Ad}	4.0 ^{Ac}	4.4 ^{Aab}	3.6 ^{Ab}
	VP	5.2 ^{Bc}	3.6 ^{Ad}	< 2.0 ^{Bb}	< 2.0 ^{Bc}
6	AC	8.1 ^{Ab}	5.4 ^{Ab}	2.7 ^{Bd}	4.2 ^{Ab}
	OS	7.2 ^{Ac}	4.4 ^{Bd}	< 2.0 ^{Abc}	< 2.0 ^{Bd}
	VP	6.1 ^{Ab}	5.5 ^{Ac}	< 2.0 ^{Cb}	< 2.0 ^{Bc}
8	AC	8.7 ^{Aab}	6.3 ^{Aa}	5.7 ^{Ab}	< 2.0 ^{Bd}
	OS	8.1 ^{Bb}	5.3 ^{Bc}	3.3 ^{Bbc}	3.4 ^{Bc}
	VP	6.8 ^{Cb}	6.3 ^{Ab}	2.5 ^{Ba}	4.9 ^{Aa}
10	AC	8.5 ^{ABab}	5.3 ^{Bb}	6.6 ^{Aa}	< 2.0 ^{Bd}
	OS	8.6 ^{Aa}	6.4 ^{Bb}	5.4 ^{Ba}	5.4 ^{Aa}
	VP	7.5 ^{Ca}	7.0 ^{Ab}	< 2.0 ^{Bb}	3.6 ^{Bb}
12	AC	9.0 ^{Aa}	6.8 ^{Ba}	5.3 ^{Ac}	5.5 ^{Aa}
	OS	8.6 ^{Aa}	6.1 ^{Aa}	< 2.0 ^{Bd}	5.7 ^{Aa}
	VP	7.5 ^{Ba}	6.4 ^{Ca}	< 2.0 ^{Bb}	< 2.0 ^{Ac}

¹⁾AC : Air- containing packaging, ²⁾OS : Packaging incorporated with oxygen scavenger, ³⁾VP : Vacuum packaging. A-D : Means with different letters among the different treatments differ significantly (P < 0.05). a-f : Means with different letters among the different storage time differ significantly(P < 0.05).

공히 2.4 log cfu/g이었으며 저장 기간이 경과함에 따라 유의적인 경향을 보이며 증가했다. 저장 4일차까지는 OS시료에서 다른 처리구들에 비해 TPC가 더 높게 검출되었지만, 저장 6일차에는 AC시료의 총균수가 8.1 log로서 VP시료가 6.1 log, OS시료가 7.2 log인 것에 비해 높게 나타났다. 8일째에는 VP시료를 제외한 나머지 처리군에서 모두 8.0 log 이상의 TPC를 보였다. TPC는 저장기간 중 AC-OS-VP순으로 빠르게 증가하였다. Egan과 Grau¹⁰⁾는 TPC가 8.0 log 이상일 때 지육의 부패단계라고 했으며 Gram¹¹⁾ 등은 식육의 부패는 7~9 log 수준으로 미생물이 성장하고 아울러 산패작용이 복합된 결과라고 하였다. 이러한 보고에 기준하면 AC, OS 및 VP시료는 각각 6일, 8일 및 12일차에 부패단계에 이르렀다고 할 수 있다. 그러나 Lee¹²⁾ 등은 TPC가 7.0 log 미만이라도 상품으로서의 가치를 상실한 경우도 발생하므로 TPC에 의한 식육의 부패 판정은 절대적인 기준은 아니라고 하였다.

유산균수는 저장 0일째 2.0 log 미만의 값을 나타냈으나 저장기간 중 세 처리군에서 공히 증가하는 추세를 나타내었다. 또한 OS와 VP시료의 유산균수는 저장 말기까지 유의적인 경향을 보이며 증가하였다. 즉 유산균수는 저장 2일차부터 점차 증가하여 저장 10일째 VP, AC와 OS군에서 각각 7.0, 6.4와 5.3 log 수준으로 증가하였다. TPC와 다르게 저장 6일차부터 유산균수가 진공포장 시료에서 타 처리군과 비교하여 크게 증가한 것은 진공포장 내부의 산소 농도가 낮게 유지되어 유산균의 성장에 유리하게 작용한 때문으로 사료된다. 저장 말기인 12일차에는 VP시료의 유산균은 6.4 log, AC시료는 6.8 log, OS시료는 6.1 log로 각각 나타났다.

Pseudomonas spp.는 저장 초기 모든 처리구에서 공히 2.3 log로 검출되었다. 그러나 VP시료에서는 저장 4일째부터 *Pseudomonas* spp.가 검출되지 않았다. 이러한 결과는 유산균이 증식하면서 발생하는 대사산물로 인해 *Pseudomonas*균의 성장이 억제된다는 Sutherland 등⁴⁾의 연구결과로 설명될 수 있다. 즉, 유산균의 증식이 저조할 때는 호기성 단백질부패균이 성장하다가 유산균의 증식이 왕성해지면서 *Pseudomonas*균의 성장이 억제된 것으로 보인다. AC시료는 6일차에서 8일차 사이에 단백질부패균이 2.7 log에서 5.7 log로 급격하게 증가하여 10일차에는 6.6 log까지 증가하였다. 이것은 앞서 언급한 유산균과 *Pseudomonas* spp.의 상관관계⁴⁾와 같이 유산균의 증식이 줄어들면서 단백질부패균의 증식이 촉진된 것으로 보인다. OS시료는 8일차에 단백질부패균이 3.3 log였으며 10일차에는 5.4 log로 진공포장군에 비하여 크게 증가하였는데, 이는 OS시료에 봉입된 탈산소제가 호기성 미생물의 성장을 억제할 수 있을 정도로 포장 내부의 산소를 충분히 제거하지 못한 것에 기인한 것으로 판단된다.

한편 대장균군(coliforms)은 저장 2일차까지는 모든 처리구에서 발견되지 않았다. 그러나 4일차에 AC시료와 OS시료에서 각각 2.5와 3.6 log의 수준으로 증가한 것으로 나타났다. VP시료의 경우 8일차에 처음으로 4.9 log의 수준으로 증가하였다가 10일차엔 3.6 log, 그리고 12일차엔 다시 검출한계 미만으로 나타났다. 이는 Liu 등¹³⁾에서 보고한 바와 같이 유산균수가 증가할수록 대장균군의 성장이 억제되는 것에 기인한 것으로 판단된다.

2. pH, TBA와 VBN값의 변화

저장 기간에 따른 pH, VBN, TBARs의 결과는 Table 2에 나타나 있다. 식육의 pH는 저장성분 아니라 보수력, 그리고 결합력 등 여러 물리적 성질에 중요한 영향을 미친다. Langlois와 Kemp¹⁴⁾는 염지된 햄 제품의 경우 저장기간이 경과하면 미생물이 성장하면서 발생된 젖산으로 인하여 pH가 감소한다고 하였다. 저장 초기 냉장 훈제삼겹살의 pH는 모든 처리구에서 공히 6.2였으며 저장말기에는 5.9~6.0

Table 2. Changes in pH, TBARs and VBN values of smoked pork belly during storage at 5°C depending on packaging methods

Storage (days)	Packaging treatments	pH	TBARs	VBN
0	AC ¹⁾	6.2 ± 0.1 ^{Aa}	0.07 ± 0.0 ^{Ag}	5.6 ± 4.0 ^{Ac}
	OS ²⁾	6.2 ± 0.1 ^{Ab}	0.07 ± 0.1 ^{Ad}	5.6 ± 4.0 ^{Ac}
	VP ³⁾	6.2 ± 0.1 ^{Aa}	0.07 ± 0.2 ^{Af}	5.6 ± 4.0 ^{Acd}
2	AC	6.3 ± 0.1 ^{Aa}	0.17 ± 0.0 ^{Bc}	2.1 ± 1.0 ^{Bc}
	OS	6.3 ± 0.1 ^{Ba}	0.27 ± 0.0 ^{Ade}	7.7 ± 3.0 ^{ABbcd}
	VP	5.9 ± 0.1 ^{Ad}	0.11 ± 0.0 ^{Cf}	12.6 ± 2.0 ^{Aabc}
4	AC	6.1 ± 0.1 ^{Bcd}	0.23 ± 0.0 ^{Ac}	6.3 ± 3.0 ^{Ac}
	OS	6.0 ± 0.1 ^{Ccd}	0.24 ± 0.0 ^{Bc}	2.1 ± 1.0 ^{Ad}
	VP	6.1 ± 0.1 ^{Aa}	0.14 ± 0.0 ^{Cc}	4.9 ± 3.0 ^{Ac}
6	AC	6.1 ± 0.0 ^{Bd}	0.48 ± 0.0 ^{Ab}	24.5 ± 3.0 ^{Aab}
	OS	6.2 ± 0.1 ^{Aa}	0.34 ± 0.0 ^{Bd}	16.8 ± 4.0 ^{Ab}
	VP	6.1 ± 0.1 ^{Cb}	0.17 ± 0.0 ^{Cd}	18.9 ± 1.0 ^{Aa}
8	AC	6.1 ± 0.0 ^{Ac}	0.47 ± 0.0 ^{Aa}	27.0 ± 2.0 ^{Aa}
	OS	6.0 ± 0.0 ^{Bb}	0.41 ± 0.0 ^{Bc}	14.7 ± 7.0 ^{Bbc}
	VP	5.9 ± 0.1 ^{Acd}	0.19 ± 0.0 ^{Cc}	10.5 ± 5.0 ^{BCbc}
10	AC	6.1 ± 0.0 ^{Ad}	0.52 ± 0.1 ^{ABb}	28.3 ± 3.0 ^{Aa}
	OS	5.8 ± 0.0 ^{Ce}	0.47 ± 0.1 ^{Ab}	24.7 ± 5.0 ^{Ba}
	VP	5.9 ± 0.0 ^{Bc}	0.23 ± 0.0 ^{Bb}	12.9 ± 1.0 ^{Cabc}
12	AC	5.9 ± 0.0 ^{Ce}	0.44 ± 0.0 ^{Bb}	25.2 ± 4.0 ^{Aab}
	OS	6.0 ± 0.0 ^{Bbc}	0.55 ± 0.0 ^{Aa}	27.6 ± 2.0 ^{Bbc}
	VP	6.0 ± 0.0 ^{Ab}	0.26 ± 0.0 ^{Ca}	12.6 ± 2.0 ^{Babc}

1)-3): refer to Table 1.

A-D, a-f: refer to Table 1.

으로 처리구간에 유사한 수준으로 다소 낮아졌다. 그러나 훈제삼겹 살 시료육에서의 pH값은 전체적으로 초기에 비하여 저장기간이 연장됨에 따라 모든 처리구에서 다소 감소하는 경향을 보이긴 하였으나 일정한 변화양상이 나타나지는 않았다. 이는 훈제삼겹살의 시료가 육 특성상 지방과 근육층이 일정하게 분포되어 있지 않아 시료간 pH편차가 심하였던 것에 기인한다고 판단된다.

저장 기간에 따른 TBA값의 결과를 보면 저장 초기값은 모든 시료구에서 0.07 mg MA/kg이었으며 저장 기간이 경과할수록 유의적인 경향을 보이며 증가한 것으로 나타났다. Turner 등¹⁵⁾에 따르면 식육의 TBA값의 가식권은 0.46 mg MA/kg, 완전 산패 상태는 1.2 mg MA/kg 이상이라고 하였다. AC시료는 2일차에 0.17 mg MA/kg, 4일차에 0.23 mg MA/kg으로 TBA값이 증가하다가 6일차에 0.48 mg MA/kg으로 급격하게 증가하여 가식권에서 벗어 났다고 볼 수 있다. OS시료는 AC시료와 마찬가지로 2일차에 0.27 mg MA/kg, 4일차에 0.24 mg MA/kg으로 증가하다가 6일차에서 8일차 사이에 급격하게 증가하여 0.41 mg MA/kg까지 증가하였다. 한편 VP시료에서의 TBA값은 2일차에 0.11 mg MA/kg, 4일차와 6일차에 각각 0.14와 0.17 mg MA/kg수준으로 소폭 증가했고 12일 후에도 0.26 mg MA/kg으로 가식 한계라고 보는 0.46 mg MA/kg보다 훨씬 낮은 값을 보여주었다. 이와 같은 결과를 두고 볼 때 진공포장구내에서는 포장 내 산소의 함량이 낮아 산패가 천천히 진행된 것으로 판단된다. TBA값이 저장 기간이 경과함에 따라 증가하는 것은 Brewer 등¹⁶⁾에서 보고한 바와 같이 지방 분해효소와 미생물성장 시 발생하는 대사물질에 의해 형성되는 분해물질에 기인한다.

VBN값의 변화는 TBA값과 비슷한 경향으로 나타났다. 즉, 저장 초기에는 세 처리구에서 모두 5.6 mg%였다가 저장 기간이 경과 할수록 증가하였다. AC시료는 4일차까지는 6.3 mg%이었으나, 6일차에는 24.5 mg%로 급격하게 증가하였다. 우리나라 식품공전에 따르면 식육의 VBN값의 가식권은 20 mg%이하로 규정되어 있다.¹⁷⁾ 이 기준에 따르면 AC시료는 6일차에 24.5 mg%로서 초기부패가 진행 중이었던 것으로 판단된다. OS시료에서의 VBN값은 6일차에 16.8 mg%, 8일차에 14.7 mg%로 단백질 부패도 차원에서는 아직 신선한 상태였던 것으로 판정되나, 10일차에는 24.7 mg%로 VBN값이 급격히 증가 함으로서 부패상태로 진전된 것으로 확인되었다. 이에 반해 VP시료에서의 VBN 값은 4일과 6일차에 각각 4.9 mg%, 18.9 mg%로 천천히 증가하였다. 10일과 12일 후 VP시료에서의 VBN값은 각각 12.9 mg%과 12.6 mg%로 나타나 다른 처리구들에 비해 상당히 낮게 유지된 것으로 확인되었다. 이러한 결과로 볼 때 진공포장시료에서는 포장 내부의 산소함량이 낮아 단백질 부패균인 *Pseudomonas* spp. 등 호기성 미생물의 성장이

억제되어 다른 처리구들에 비해 단백질 부패가 지연된 것으로 판단된다.

3. 색 변화

저장 기간에 따른 색의 변화는 Table 3에 나타나 있다. 명도를 나타내는 L*값의 경우 저장 기간에 따른 유의적인 경향을 보여주진 못했다. 그러나 처리구간을 비교해 보면 VP시료가 타 처리구에 비해 대체적으로 저장기간 중 다소 높은 L*값을 유지한 것으로 보인다. 이는 VP시료에서 외부의 산소와 접촉할 기회가 타 처리구에 비해 적어 암적색의 metmyoglobin의 형성이 지연된 것에 기인하는 것으로 추측된다. 적색도를 나타내는 a*값 역시 이와 유사한 경향을 보였다. 저장 초기의 a*값은 모든 처리구에서 12.0이었으나 저장기간이 경과할수록 빠르게 감소하였다. VP시료의 a*값은 2일차에서 6일차까지 3점 대를 유지했으며, 8일차엔 1.9로 하락했다가 10일차에 다시 2.3으로 상승하였다. OS시료는 2일차엔 비교적 높은 6.6의 a*값을 보여주다가 4일차에 1.5로 하락했으며 12일차엔 0.6까지 떨어졌다. AC시료는 2일차에 1.9의 a*값을 보여주었으며 소폭으로 하락하면서 12일차엔 0.5로 OS시료와 비슷한 수준을 나타내었다. Lawrie¹⁸⁾는 육색은 육의 색소단백질인 myoglobin과 산소와의 반응상태에 따라 결정되며, 육색의 변화 정도는 산소의 양, 온도, 미생물과 pH 수준 등 여러 요인에 의하여 달라진다고 하였다. 훈제삼겹 살 시료의 저장 중 a*값은 최초 시료 세절 후 발색이 된 상태에서 포장된 진공포장구에서 가장 높게 유지된 것으로 확인되었다.

황색도를 나타내는 b*값은 저장 초기 11.8이었으나 저장 기간이 경과함에 따라 감소하는 추세를 보였다. VP시료의 b*값은 4일차에 6.1까지 하락했으나 6일차에는 8.7로 상승했으며 8일차에는 4.6으로 하락했다. 10일차에는 다시 5.1로 상승했으며 저장 말기인 12일차에는 8.8의 b*값을 보여주었다. AC시료는 8일차에 b*값이 6.4로 비교적 소폭 하락했으며, 10일차와 12일차엔 8.8, 8.4로 처리구간을 비교했을 때 높은 수치를 유지했다. OS시료는 6일차에 b*값이 5.1로 소폭 하락했으며, 8일차에는 7.3으로 상승하였다. 그 이후로 다시 b*값은 하락하여 12일차에 4.5로서 처리구간 가장 낮은 b*값을 나타냈다.

Hue값의 증가는 암적색의 metmyoglobin의 생성과 관련이 깊다.¹⁹⁾ Hue값은 0일차에 0.8이었으며, 저장 기간이 경과함에 따라 증가하는 추세를 보였다. VP시료는 2일차와 4일차에 1.1로 유지되다가 6일차부터는 점차 증가하여 10일차에는 1.5까지 증가하였으며 12일차에는 다시 1.3으로 하락했다. AC시료의 hue값은 4일차에 1.4로 빠르게 증가하였으며, 저장 말기에는 1.5까지 증가했다. OS시료는 2일차의 hue값이 0.8로서 변화가 없었으나 4일차에 1.3으로 빠르게 증가하다가 8일차에는 1.5까지 증가하였다. 12일차에는 OS

Table 3. Changes in color attributes (L, a, and b values) of smoked pork belly during storage at 5°C depending on packaging methods

Storage (days)	Packaging treatments	L*	a*	b*	Hue
0	AC ¹⁾	44.0 ± 6.8 ^{Ad}	12.0 ± 1.0 ^{Aa}	11.8 ± 2.4 ^{Aa}	0.8 ^{Ad}
	OS ²⁾	44.0 ± 6.8 ^{AcD}	12.0 ± 1.0 ^{Aa}	11.8 ± 2.4 ^{Aa}	0.8 ^{Ad}
	VP ³⁾	44.0 ± 6.8 ^{Ab}	12.0 ± 1.0 ^{Aa}	11.8 ± 2.4 ^{Aa}	0.8 ^{Ad}
2	AC	37.9 ± 3.0 ^{Bd}	1.9 ± 2.4 ^{Cb}	5.9 ± 1.7 ^{Ad}	1.3 ^{Ac}
	OS	42.7 ± 3.3 ^{Cb}	6.6 ± 0.6 ^{Ab}	6.2 ± 0.7 ^{Ab}	0.8 ^{Cd}
	VP	42.3 ± 7.9 ^{Ab}	3.9 ± 0.6 ^{Bb}	7.3 ± 1.3 ^{Ab}	1.1 ^{Bc}
4	AC	42.9 ± 1.5 ^{Aabc}	1.5 ± 0.4 ^{Bbc}	7.9 ± 1.4 ^{Ac}	1.4 ^{Ab}
	OS	46.5 ± 4.5 ^{Ab}	1.5 ± 0.4 ^{Bd}	5.1 ± 1.0 ^{Bc}	1.3 ^{Bc}
	VP	46.9 ± 3.6 ^{Ac}	3.0 ± 0.6 ^{AcD}	6.1 ± 1.7 ^{Bc}	1.1 ^{Cbc}
6	AC	43.6 ± 3.7 ^{Ba}	1.3 ± 0.2 ^{Bbcd}	6.4 ± 0.9 ^{Bd}	1.4 ^{Bb}
	OS	42.9 ± 4.2 ^{Bb}	1.3 ± 0.2 ^{Bde}	5.1 ± 1.8 ^{Bc}	1.3 ^{Ac}
	VP	54.6 ± 2.7 ^{Aa}	3.3 ± 0.6 ^{AcD}	8.7 ± 0.9 ^{Ab}	1.2 ^{Cab}
8	AC	41.5 ± 3.6 ^{Cab}	1.0 ± 0.1 ^{Bde}	6.4 ± 1 ^{Bd}	1.4 ^{Ab}
	OS	52.6 ± 2.0 ^{Aa}	0.4 ± 0.1 ^{Cf}	7.3 ± 0.5 ^{Ab}	1.5 ^{Aa}
	VP	46.7 ± 1.5 ^{Bbc}	1.9 ± 0.1 ^{Ac}	4.6 ± 1.2 ^{Cc}	1.2 ^{Bbc}
10	AC	44.4 ± 0.7 ^{Cabc}	0.9 ± 0.3 ^{Bcde}	8.8 ± 0.9 ^{Ab}	1.5 ^{Aa}
	OS	43.9 ± 0.7 ^{Bb}	0.5 ± 0.2 ^{Cf}	5.6 ± 0.9 ^{Cc}	1.5 ^{Aa}
	VP	46.3 ± 4.2 ^{Ab}	2.3 ± 0.5 ^{Acde}	5.1 ± 3.0 ^{Bb}	1.1 ^{Bc}
12	AC	41.2 ± 0.1 ^{Cbc}	0.5 ± 0.1 ^{Be}	8.4 ± 0.0 ^{Abc}	1.5 ^{Aa}
	OS	51.5 ± 0.0 ^{Ba}	0.6 ± 0.0 ^{BeF}	4.5 ± 0.0 ^{Cc}	1.4 ^{Bb}
	VP	56.1 ± 4.1 ^{Aa}	2.8 ± 0.7 ^{Ade}	8.8 ± 0.5 ^{Bb}	1.3 ^{Ca}

1)-3): refer to Table 1.

A-D, a-f: refer to Table 1.

시료의 hue값은 1.4로서 소폭 감소했다. 종합적으로 훈제삼겹살 제품의 포장구 중 탈산소제봉입포장 시료의 경우 탈산소제 봉입 후 포장 내 산소가 제거되는 과정에서 잔류 산소분압이 metmyoglobin의 형성이 극대화되는 6~7 mmHg 수준으로 낮아지면서 오히려 변색이 촉진된 것으로 추측된다.²⁰⁾ 그러나 진공포장의 경우에는 포장 내 산소를 적절히 제거하여 저장 중 산소유입이 제한되고 포장내부도 미생물 등 호흡에 의하여 적절히 제거되면서 산소함량이 낮게 유지됨에 따라 변색율이 낮게 나타난 것으로 판단된다. 전체적인 훈제삼겹살제품의 저장 중 각 처리구별 육색 변화를 보았을 때 삼겹살 시료의 불균일한 육질 특성상 포장처리구간 유의차는 나타났지만 저장기간에 따른 일관된 유의성은 확인하기 어려웠다.

4. 관능평가

저장 기간에 따른 관능평가 결과는 Table 4, 5와 같다. 관능평가는 생육과 기열육으로 나누어 평가했다. 최초 시료의 육색은 8.8점, 외관 8.9점, 이취 8.8점으로 평가되었는데 저장기간이 연장되면서 점차적으로 하락하였다. AC시료는

2일차에 육색, 외관과 이취 항목에서 각각 7점 이상을 받아 신선한 상태를 유지했지만 6일차에 육색 5.0, 외관 5.7, 이취 5.6점으로 점차 하락했다. 8일차에 AC시료는 육색에서 4.5점으로 상품성을 잃은 것으로 간주되었으나 외관은 5.3, 이취 5.1점으로 아직은 상품성을 유지한 것으로 나타났다. OS시료에 대한 평가는 AC와 비슷한 점수를 보이며 하락했지만 8일차에 육색 5.6점, 외관 6.4점, 그리고 이취 6.0점으로 AC시료보다 더 나은 상품성을 보여주었다. 하지만 10일차에는 육색 4.8점, 외관 4.9점, 그리고 이취 4.7점으로 모든 평가항목에서 이미 상품성을 잃은 것으로 평가되었다.

VP시료는 2일차에 조사된 모든 평가 항목에서 평균 8점 이상을 받았으며 4일차에도 육색 8.6점, 외관 8.0점, 이취 7.5점으로서 상당히 신선한 상태가 유지되었던 것으로 나타났다. 저장 기간이 경과할수록 VP시료에 대한 평가점수는 소폭으로 하락하기 시작했는데, 12일차에 육색 5.8점, 외관 5.0점, 그리고 이취 4.3점으로 평가되었다. 이취의 경우 진공포장육에서 대표적으로 발생하는 젖산균의 생성에 의한 산취로서 저장기간이 다소 경과된 제품의 포장을 개봉할 때 감지되기 시작하며 포장을 개봉 후 방치하면 이취가 줄어들

Table 4. Changes in different sensory attributes of raw smoked pork belly during storage at 5°C depending on packaging methods

Storage (days)	Packaging treatments	Raw		
		Color	Outer appearance	Off-odour
0	AC ¹⁾	8.8 ± 0.3 ^{Aa}	8.9 ± 0.2 ^{Aa}	8.8 ± 0.4 ^{Aa}
	OS ²⁾	8.8 ± 0.3 ^{Aa}	8.9 ± 0.2 ^{Aa}	8.8 ± 0.4 ^{Aa}
	VP ³⁾	8.8 ± 0.3 ^{Aa}	8.9 ± 0.2 ^{Aa}	8.8 ± 0.4 ^{Aa}
2	AC	7.0 ± 1.7 ^{Bb}	7.9 ± 1.0 ^{Aa}	7.6 ± 0.7 ^{Ab}
	OS	6.5 ± 1.2 ^{Bb}	7.5 ± 1.0 ^{Ab}	7.6 ± 0.7 ^{Aa}
	VP	8.6 ± 0.5 ^{Aa}	8.6 ± 0.6 ^{Aab}	8.4 ± 0.6 ^{Aab}
4	AC	5.2 ± 1.1 ^{Bc}	6.0 ± 1.2 ^{Bb}	6.2 ± 0.9 ^{Bbc}
	OS	5.9 ± 1.1 ^{Bb}	6.0 ± 0.9 ^{Bbc}	6.3 ± 0.8 ^{Bb}
	VP	8.9 ± 0.3 ^{Aa}	8.0 ± 0.7 ^{Ac}	7.5 ± 0.5 ^{Abc}
6	AC	5.0 ± 1.2 ^{Bc}	5.7 ± 0.7 ^{Bb}	5.6 ± 0.5 ^{Bc}
	OS	5.7 ± 2.0 ^{Bb}	5.8 ± 0.6 ^{Bbc}	5.5 ± 0.5 ^{Bbc}
	VP	7.9 ± 0.8 ^{Aa}	7.0 ± 0.9 ^{Ac}	6.9 ± 0.2 ^{Ac}
8	AC	4.5 ± 1.6 ^{BCc}	5.3 ± 1.2 ^{Cb}	5.1 ± 1.0 ^{Bc}
	OS	5.6 ± 1.2 ^{Bb}	6.4 ± 1.0 ^{Bb}	6.0 ± 1.0 ^{ABb}
	VP	7.9 ± 0.7 ^{Aa}	7.6 ± 0.7 ^{Abc}	6.8 ± 0.5 ^{Ac}
10	AC	3.5 ± 1.1 ^{Bc}	4.5 ± 1.0 ^{BCb}	4.5 ± 0.0 ^{Ac}
	OS	4.8 ± 1.7 ^{Ab}	4.9 ± 1.5 ^{Bb}	4.7 ± 1.0 ^{Ac}
	VP	5.8 ± 1.4 ^{Ab}	6.3 ± 0.9 ^{Ac}	5.1 ± 1.1 ^{Ac}
12	AC	3.1 ± 1.2 ^{Bd}	3.9 ± 1.8 ^{Ab}	2.7 ± 1.0 ^{Bde}
	OS	3.7 ± 1.6 ^{Bc}	3.7 ± 1.7 ^{Ac}	3.0 ± 1.1 ^{Bd}
	VP	6.6 ± 1.0 ^{Bb}	5.0 ± 1.4 ^{Ad}	4.8 ± 1.5 ^{Ac}

1)-3) : refer to Table 1.

A-D, a-f : refer to Table 1

드는 경향을 보인다.

가열육은 생육에서와 유사한 경향을 보이며 저장기간이 연장될수록 낮게 평가되었다. 처리구 모두 저장 초기엔 육색 8.9점, 풍미 8.9점, 그리고 조직감 8.9점으로 거의 최상의 신선도를 보여주었다. AC시료는 2일차에 육색 7.4점, 풍미 7.9점, 그리고 조직감 8.1점이었지만 점차적으로 감소하여 6일차엔 육색 6.3점, 풍미 5.6점, 그리고 조직감 6.0점으로 각각 하락하였다. 하지만 생육에 대한 평가와는 다르게 8일차에 육색 6.0점, 풍미 5.2점, 그리고 조직감은 5.4점으로 상품성을 유지했으며, 10일차에도 육색 5.2점, 풍미 4.5점, 그리고 조직감도 5.0점으로 생육보다 2일정도 연장된 저장수명을 보여주었다. OS시료 역시 2일차엔 AC시료와 비슷한 점수인 육색 7.9점, 풍미 7.6점, 그리고 조직감 8.0점으로 생육평가 때 보다 높은 점수를 받았으며 저장기간의 경과에 따라 점차적으로 하락하였다. OS시료는 10일차에 생육의 관능평가에서 상품가치가 없는 것으로 나타났지만 가열육에서는 같은 10일차에 육색 5.6, 풍미 5.1, 조

조직감 5.0으로 AC시료와 마찬가지로 생육의 관능평가 때 보다 좋은 점수를 받았다. VP시료는 4일차에 육색 8.0점, 풍미 7.7점, 그리고 조직감 7.7점으로 평가되어 세 처리구 중 가장 우수하게 평가되었다. AC시료나 OS시료가 5점대로 하락한 8일차에도 VP시료는 육색 7.4점, 풍미 6.0점, 그리고 조직감 5.8점의 점수를 받았다. 저장 말기인 12일차에 VP시료는 육색 5.3점, 풍미 5.0점, 그리고 조직감 4.8점을 받음으로서 총체적으로 볼 때 조직감으로 인한 상품성을 유지하지는 못 한 것으로 평가되었다. 진공포장시료육이 조직감 항목에서 점수가 상대적으로 낮게 나온 것은 진공포장의 특성상 포장 내부의 압력으로 육즙이 삼출되면서 조직감에 중요한 역할을 하는 수분도 빠져 나온 결과에 기인하는 것으로 사료되었다.

요 약

본 연구는 훈제삼겹살의 저장에 가장 적합한 포장방법을

Table 5. Changes in different sensory attributes of cooked smoked pork belly during storage at 5°C depending on packaging methods

Storage (days)	Packaging treatments	Cooked		
		Color	Flavour	Texture
0	AC ¹⁾	8.9 ± 0.2 ^{Aa}	8.9 ± 0.2 ^{Aa}	8.9 ± 0.2 ^{Aa}
	OS ²⁾	8.9 ± 0.2 ^{Aa}	8.9 ± 0.2 ^{Aa}	8.9 ± 0.2 ^{Aa}
	VP ³⁾	8.9 ± 0.2 ^{Aa}	8.9 ± 0.2 ^{Aa}	8.9 ± 0.2 ^{Aa}
2	AC	7.4 ± 0.9 ^{Bab}	7.9 ± 0.7 ^{Aab}	8.1 ± 0.6 ^{Ab}
	OS	7.9 ± 0.7 ^{Bab}	7.6 ± 1.2 ^{Aab}	8.0 ± 0.8 ^{Aa}
	VP	8.6 ± 0.4 ^{Ab}	8.1 ± 0.7 ^{Aab}	8.4 ± 0.5 ^{Ab}
4	AC	7.1 ± 0.7 ^{Ab}	7.0 ± 1.2 ^{Ab}	7.1 ± 1.1 ^{Abc}
	OS	6.6 ± 1.2 ^{Acd}	6.3 ± 1.3 ^{Acd}	6.9 ± 1.3 ^{Abc}
	VP	8.0 ± 0.6 ^{Ab}	7.7 ± 0.8 ^{Abc}	7.7 ± 0.6 ^{Abc}
6	AC	6.3 ± 0.6 ^{ABc}	5.6 ± 0.5 ^{Bc}	6.0 ± 0.0 ^{Cc}
	OS	6.8 ± 1.0 ^{Abc}	6.7 ± 0.4 ^{Abc}	6.5 ± 0.4 ^{Bb}
	VP	7.6 ± 0.7 ^{Ab}	6.7 ± 0.4 ^{Ac}	6.9 ± 0.2 ^{Acd}
8	AC	6.0 ± 0.9 ^{Bc}	5.2 ± 1.0 ^{Ac}	5.4 ± 0.9 ^{Ac}
	OS	6.6 ± 0.7 ^{Abc}	5.6 ± 1.3 ^{Acd}	5.8 ± 0.9 ^{Abc}
	VP	7.4 ± 0.8 ^{Ab}	6.0 ± 1.4 ^{Ac}	5.8 ± 1.5 ^{Acd}
10	AC	5.2 ± 1.0 ^{Acd}	4.5 ± 1.0 ^{Acd}	5.0 ± 1.0 ^{Acd}
	OS	5.6 ± 0.8 ^{Ad}	5.1 ± 1.0 ^{Ade}	5.0 ± 0.7 ^{Bcd}
	VP	5.5 ± 1.0 ^{Ad}	5.0 ± 1.0 ^{Ad}	5.7 ± 0.8 ^{ABd}
12	AC	3.5 ± 1.5 ^{Bd}	2.5 ± 1.4 ^{Bd}	3.0 ± 1.7 ^{Bd}
	OS	4.2 ± 1.7 ^{ABd}	3.1 ± 1.5 ^{Be}	3.4 ± 1.6 ^{Bd}
	VP	5.3 ± 1.3 ^{Ac}	5.0 ± 1.6 ^{Acd}	4.8 ± 2.0 ^{Ad}

1)-3) : refer to Table 1.

A-D, a-f : refer to Table 1.

파악하고자 함기포장(AC), 진공포장(VP) 및 탈산소제(OS) 포장의 효과를 비교하였다. 총균수는 세 처리구에서 모두 저장기간이 경과함에 따라 증가하였으며, 유산균도 이와 비슷한 경향을 보이며 증가했다. 총균수는 AC시료의 경우 6 일차에 8.1 log cfu/g, OS시료는 8일차에 8.1 log cfu/g으로 증가하였으나, VP시료에서는 12일차에도 7.5 log cfu/g으로 타 포장에서보다 낮게 나타났다. VP시료는 저장기간 중 *Pseudomonas* spp.와 coliforms균의 성장을 억제한 것으로 나타났다. 저장기간 중 TBA값은 AC-OS-VP의 순으로 빠르게 증가하였다. VBN값은 AC에 비하여 VP와 OS 시료에서 상대적으로 낮게 유지되는 경향을 보였다. 한편 VP시료는 다른 시료들에 비하여 저장기간 중 상대적으로 높은 적색도와 낮은 변색도(hue)값을 나타냈다. 관능평가 결과 상품성이 상실되기 시작한 시점은 AC, OS와 VP시료에서 각각 8일, 10일 및 12일로 확인되었다. 그러나 가열육에 대한 평가에서는 OS시료는 12일차에서 AC는 10일 후에 상품성을 잃은 반면, VP시료는 12일차 까지도 조직감을

제외한 나머지 항목에서 5점 이상을 유지했다. 결론적으로 훈제삼겹살의 품질과 저장성 차원에서 가장 적합한 포장방법은 진공포장인 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원 지원으로 이루어진 연구결과로, 연구비지원에 감사를 포함합니다.

참고문헌

- Matínez, L., Cilla, I., Beltrán, J.A. and Roncalés, P. 2007. Effect of illumination on the display life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. Influence of the addition of rosemary, ascorbic acid and black pepper. *Meat Sci.* 75: 443-450.
- Park, S.H., Chung, S.H., Lee, S.K and Lee, K.T. 2010. Effect of organic acid salts and chitosan on the case-ready

- packed ground beef and pork patties. Korean J. Food. Sci. Ani. Resour. 30: 674-684.
3. Lee, B.J., Hendricks, D.G. and Cornforth, D.P. 1999. A comparison of carnosine and ascorbic acid on color and lipid stability in a ground beef patty model system. Meat Sci. 51: 245-253.
 4. Sutherland, J.P., Patterson, J.T., Gibbs, P.A. and Murry, J.G. 1977. The effect of several gaseous environments on the multiplication of organisms isolated from vacuum-packaged beef. J. Food Tech. 12: 249-255.
 5. Flores, J. 1997. Mediterranean vs northern european meat products. Processing technologies and main differences. Food Chem. 59: 505-510.
 6. Toth, L. and Pothast, K. 1984. Chemical aspects of the smoking of meat and meat products. In : *Advances in food research*. Chichester, C.O., Mrak, E.M. and Schweigert, B.S. (eds), Academic Press, Inc., Westport, Connecticut. pp. 431-456.
 7. Korea Food and Drug Administration. 2002. Korea Food Code. Moonyung-sa, Seoul, Korea, pp. 643-647.
 8. Witte, V.C., Krause, G.F. and Bailey, M.E. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. J. Food Sci. 35: 582-590.
 9. Conway, E.J. 1958. Microdiffusion analysis and volumetric error. The MacMillian Co., New York, USA, pp. 303.
 10. Egan, A.F., Ford, A.L. and Shay, B.J. 1980. A comparison of *Microbacterium thermosphactum* and *Lactobacilli* as spoilage organism of vacuum-packaged sliced luncheon meats. J. Food Sci. 45: 1745-1748.
 11. Gram, L., Ravn, L. and Rasch, M. 2002. Food spoilage-interactions between food spoilage bacteria. Int. J. Food Microbiol. 78: 79-97.
 12. Lee, K.T., Park, S.Y. and Kang, J.O. 1991. Studies on the improvement marketing structure and shelf-life of meat products. Quality status of meat products in domestic markets. Korean. J. Anim. Sci. 33: 168-175.
 13. Liu, F., Guo, YZ. and Li, YF. 2006. Interaction of microorganisms during natural spoilage of pork at 5. J. Food Eng. 72: 24-29.
 14. Langlois, B.E. and Kemp, J.D. 1974. Microflora of fresh and dry-cured hams and affected by fresh ham storage. J. Anim. Sci. 38: 525-530.
 15. Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Basserk, M.W., Struck, G.M. and Olson, F. C. 1954. Use of 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity of frozen pork. Food Tech. 8: 326-330.
 16. Brewer, M.S., Ikins, W.G. and Harbers, C.A.Z. 1992. TBA values, sensory characteristics and volatiles in ground pork during long-term frozen storage: Effects of packaging. J. Food Sci. 57: 558-563.
 17. Korea Food and Drug Administration. 2000. Korea Food Code. Moonyung-sa, Seoul, Korea, pp. 210.
 18. Lawrie, R. 1985. Packaging fresh meat. In: *Developments in meat science-3*. Taylor, A.A. (ed), Elsevier Applied Science Publisher, pp. 89.
 19. Doherty, A.M., Sheridan, J.J., McDowell, D.A. and Blair, I.S. 1996. Physical characteristics of lamb primals packaged under vacuum or modified atmospheres. Meat Sci. 42: 315-324.
 20. Ledward, D.A. 1970. Metmyoglobin formation in beef stored in CO₂ enriched and O₂ depleted atmosphere. J. Food Sci. 35: 33-37.