

천연 보존제와 저장 온도가 돈육의 품질과 Shelf-life에 미치는 영향

탁상범 · 김동호¹ · 윤석권² · 이영춘*

중앙대학교 식품공학과, ¹영동대학교 식품공학과, ²동덕여자대학교 식품영양학과

Effects of Natural Preservatives and Storage Temperatures on Quality and Shelf-life of Fresh Pork Meat

Sang-Bum Tak, Dong-Ho Kim¹, Suk-Kwon Yoon², and Young-Chun Lee*

Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University

¹Department of Food Science and Technology, Youngdong University

²Department of Food and Nutrition, Dongduk Womens's University

Effects of natural preservatives on quality and shelf-life of fresh pork were investigated by evaluating changes in physicochemical properties, sensory evaluation, and microbial properties during storage. Acidity and VBN values of pork with preservatives were lower than those of control. Total bacterial count of pork with preservatives was significantly lower than that of control during storage. Sensory results showed pork with preservatives had lower sensory color and off-flavor scores than control. Changes in pH, VBN, total bacterial count, coliform group, and sensory evaluation revealed pork with preservatives showed less quality changes than control during storage, regardless of storage temperature. Results indicated that addition of preservatives to pork increased shelf-life by 7 days at 4°C.

Key words: fresh pork, natural preservatives, shelf-life

서 론

국내의 식육산업은 선진국과의 무한경쟁 시대에서 특히 많은 어려움을 겪고 있는 실정이며, 소비자들은 고품질의 식육을 원하고 있다. 따라서 가격과 품질 면에서 경쟁력 있는 우수한 품질의 국내산 식육 생산이 절실히 요구 되고 있다(1). 과거에는 저장기간이 긴 냉동육을 주로 이용해 왔으나, 최근에는 맛과 품질이 좋은 냉장육을 소비자들이 선호하고 있으며, 냉장육의 수출물량도 점차적으로 증가하는 추세이다. 따라서 이러한 소비자의 욕구를 충족시켜주기 위해서는 1차적으로 생산과정의 개선이 요구되고 있으며, 추가적으로 육류의 저장성을 향상시킬 수 있는 방안이 강구되어야 할 것이다(2).

육류의 저장기간 연장을 위한 연구들을 보면 온도조절, 포장재, 보존제 처리등 다양한 연구가 시도되어 많은 연구결과가 축적되어 왔다(3). 이러한 오염 미생물을 감소시키기 위해서는 여러 가지 유기산과 병행하여 천연보존제를 함께 사용하여 왔으며 그 중 grapefruit seed extract, rosemary, chitosan, 마늘 등의 살균 효과에 관한 연구가 보고 되었다(4,7).

본 연구의 목적은 신선 돈육에 천연보존제를 첨가하여 선정된 온도에서 저장할 때 경시적인 품질 변화를 측정하고자 하였고, 이 기초자료가 신선 돈육의 shelf-life를 연장하는 방법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

재료 및 방법

시료의 전처리 및 저장조건

본 실험에 사용한 시료는 2003년 독산동에서 도축 후 1일이 경과한 돈육의 등심부위를 사용하였으며, 돈육등심 200 g 종량에 대한 비율로 1차적으로 lactate buffer(0.1 M, pH 4.5)에 2분간 침지한 유기산 처리와 병행하여 rosemary 추출물(RE) 0.2% 단독 처리구와 자몽종자추출물 2,000 ppm, chitosan 2%와 마늘추출물 2%를 혼합하여 돈육표면에 골고루 분사하여 30분 간격으로 2시간동안 교반하면서 혼합첨가물이 돈육 속에 스며들도록 하였다. 또한 멸균 처리된 polyethylene 포장재속에 200 g 씩 포장하여 저장온도는 4°C와 0°C 저장고에 25일 동안 저장하면서 5일 간격으로 시료를 채취하여 이화학적, 미생물학적 및 관능적 특성 변화를 조사하였다.

pH

시료의 pH는 근막, 지방 등을 완전히 제거 후에 마쇄한 시료 10 g에 70 mL의 증류수를 가해 homogenizer(PT 10-35, Kinematica, Polylin, Switzerland)로 14,000 rpm으로 2분간 균질화 시킨 후

*Corresponding author: Young-Chun Lee, Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Naeri 72-1, Daedukmyun, Ansong, Kyungki-do 456-756, Korea
Tel: 82-31-676-2451
Fax: 82-31-675-4853
E-mail: leeyc@post.cau.ac.kr

에 전체부피를 100 mL로 조정하여 pH meter(PHM220, Radiometer Analytical S.A., Lyon, France)를 사용하여 측정하였다.

휘발성 염기 질소

휘발성 염기질소량은 식품공전(8)의 선도 판정법 중 미량화산법을 사용하여 측정하였다. 시료 10 g에 증류수 50 mL를 넣고 homogenizer로 1분간 마쇄한 후 30분간 침출, 여과한 여액을 시험용액으로 사용하였다. Conway수기의 내실에 0.01 N-H₂SO₄용액과 회실의 한쪽에 시료용액을 각각 1 mL씩 넣고 회실의 반대편에 포화 K₂CO₃용액을 1 mL 넣은 즉시 덮개를 덮고, 시료용액과 K₂CO₃이 잘 섞이도록 천천히 흔든 후 25°C에서 1시간 정지하여 내실의 H₂SO₄용액에 Brunswick시액을 넣고 0.01 N-NaOH용액으로 적정하였다. 공시험은 증류수를 사용하여 동일한 조건에서 실험하여 다음 식에 따라 계산하였다.

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

- a: 본시험의 적정치(mL)
- b: 공시험의 적정치(mL)
- f: 0.01 N-NaOH의 역가
- d: 회석배수
- W: 시료의 양

총균수

총균수는 APHA표준방법(9)에 따라 plate count agar(PCA3317395, Difco Lab, Michigan, USA)를 사용하여 평판 배양법으로 37°C에서 48시간 배양한 후 colony를 계수하였다.

대장균군

시료 10 g을 취하여 멸균된 0.85% 생리식염수에 십진법으로 희석한 다음 대장균군 측정용 Petrifilm™(55144-100, 3 M, Minnesota, USA)를 이용하여, 대장균을 37°C에서 24시간 배양 후 형성된 집락을 계수하였다(10).

관능검사

관능검사에 경험이 있는 사람을 중심으로 15명을 관능검사 요원으로 선정하여 이들을 총 2회에 걸쳐 시료와 평가 방법 및 평가 특성에 친숙해 지도록 훈련시킨 후 관능검사에 임하였다. 시료의 저장 온도 및 저장 기간에 따른 관능적 색깔은 최고 9점 아주 큰 차이가 있다 에서 최저 1점 차이가 없다 까지, 이취의 평가는 최고 9점 아주 약하게 감지 할 수 있다 에서 최저 1점 아주 강하게 감지 할 수 있다 까지 9단계 평가하여 얻은 성적을 SAS package(11)로 분산분석을 하고 Duncan's multiple range test에 의해 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

pH

저장 온도와 천연보존제 첨가가 pH 변화에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 1과 같았다. 각 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았으나, 저장기간이 경과할수록 모든 처리구의 pH는 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 mix 처리구에서는 대조구와 rosemary 0.2% 처리구보다 저장 25일이 경과하여도 유의적인 차이를 나타내지 않아 안정한 pH의 변화를 나타내었다. pH의 증가경향은 catheptic enzyme에 의한 유리 아미

Table 1. Changes in pH value of pork loin as affected by addition of natural preservatives and storage temperatures

Temp. (°C)	Storage time (days)	Control	Mix ¹⁾	RE ²⁾
4°C	0	5.89 ^d	5.89 ^a	5.89 ^b
	5	6.11 ^{cd}	6.10 ^a	6.31 ^{ab}
	10	6.31 ^{bcd}	6.23 ^a	6.43 ^{ab}
	15	6.56 ^{abc}	6.41 ^a	6.42 ^{ab}
	20	6.92 ^a	6.75 ^a	6.71 ^a
0°C	25	6.89 ^{ab}	6.62 ^a	6.75 ^a
	0	5.89 ^b	5.89 ^a	5.89 ^b
	5	6.18 ^{ab}	6.12 ^a	6.21 ^{ab}
	10	6.31 ^{ab}	6.33 ^a	6.29 ^{ab}
	15	6.46 ^a	6.34 ^a	6.27 ^{ab}
20	6.61 ^a	6.38 ^a	6.45 ^a	
25	6.58 ^a	6.33 ^a	6.62 ^a	

¹⁾Mix: grapefruit seed extract 2,000 ppm + chitosan 2% + garlic extract 2%.

²⁾RE: rosemary 0.2%.

^{a-d)}Means with the same letter in the same column are not significantly different as determined by Duncan's multiple range test.

노산의 생성, 숙성 중에 단백질의 완충물질의 변화, 전해질 해리의 감소 및 암모니아의 생성과 아미노산의 분해로 인한 염기성작용기의 노출로 인해서 저장기간이 경과 할수록 pH가 증가된다는 보고(12,13)와 같은 경향을 보였다. 또한 Park 등(14)은 저장중의 pH의 증가는 온도가 높을수록 지방의 산패가 심하여 과산화물의 축적량이 많아지고 단백질 분해에 의한 암모니아의 생성량이 크기 때문이라고 보고 하였다. 그리고 지방의 산패에 따른 과산화물의 축적과 당과 지방의 분해로 인한 유기산, 알데하이드, 케톤, 알코올, 카보닐 등이 생성되어 pH에 영향을 미치기 때문이라 사료된다.

휘발성 염기 질소

돈육의 등심 부위를 멸균된 포장재로 포장하여 4°C와 0°C에 각각 저장 하면서 저장기간에 따라 경시적으로 휘발성 염기질소 함량의 변화를 측정된 결과 Fig. 1과 같았다. 저장일수 별 돈육의 VBN은 저장 0일에 8.2 mg%였으나, 저장 기간이 경과됨에 따라 급속하게 증가되어 4°C저장군의 경우 대조구에서는 저장 20일이 경과하면 VBN 함량은 19.4 mg%로서 초기 부패 수준에 근접하였으나, mix 처리구와 rosemary 0.2% 처리구는 저장 25일이 경과 하여도 초기 부패 수준까지 증가하지 못하였다. 또한 대조구에서는 mix 처리구와 rosemary 0.2% 처리구보다 저장 25일이 경과하면 VBN 함량에서 처리구별로 고도로 유의적인 차이가 나타나므로 천연보존제 첨가가 돈육의 부패억제에 영향을 미쳤으리라 사료된다. 0°C저장군 대조구에서는 저장 25일이 경과하면 19.1 mg%로 초기부패 수준에 근접하였으나 mix 처리구와 rosemary 0.2% 처리구는 14.5 mg%와 16.1 mg%로 초기 부패수준까지 미치지 못하였으며 4°C저장군보다 보다 안정한 품질을 유지하였다. 육류의 저장 중 발생하는 근육내의 단백질 분해효소와 미생물이 분비하는 효소들에 의하여 근육 단백질이 아미노산으로 분해되고, 다시 아미노산이 저분자의 무기태질소로 분해되는데, 특히 미생물의 오염도가 높을수록 휘발성 염기질소의 함량이 증가하게 된다(15). 그러므로 휘발성 염기질소의 함량은 육류의 신선도를 평가하는 데에 중요한 지표가 되고 있다. 우리나라 식품공전에서는 원료육 및

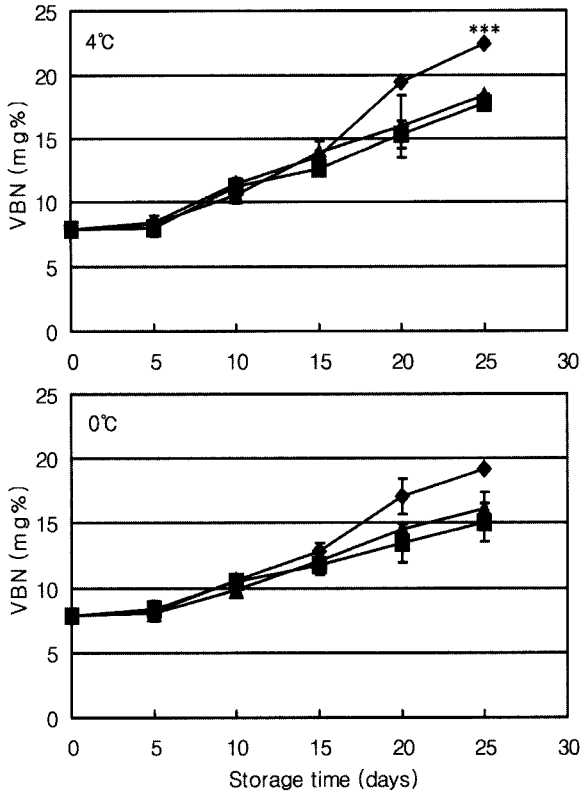


Fig. 1. Changes in VBN value of pork loin as affected by addition of natural preservatives and storage temperatures.

◆-◆: Control, ■-■: Mix (grapefruit seed extract 2,000 ppm + chitosan 2% + garlic extract 2%), ▲-▲: RE (rosemary 0.2%), ****p* < 0.001.

포장육에 한하여 초기부패수준의 휘발성 염기질소의 함량을 20 mg%이하로 규정하고 있다.

총균수

천연보존제를 첨가한 등심을 4°C와 0°C에 각각 저장 하면서 저장기간에 따라 경시적으로 총균수의 변화를 측정 한 결과는 Fig. 2와 같았다. 모든 처리구가 저장기간이 경과할수록 총세균 수가 초기 세균수에 비해 증가하는 경향을 나타내었다. Newton 등(16)은 포장육의 유통기간은 저장중의 초기 세균수, 저장시간, 온도 및 포장재의 가스 침투성에 따라 결정된다고 보고 하였으며, Egan 등(17)은 지육의 미생물수가 10⁷ CFU/g일때 부패 단계이며, 이상취를 발생하는 시기로 보고 있으나, 본 연구에서는 Brown(18)이 정의한 세균수가 10⁶ CFU/g일때 초기부패 수준으로 나타내었다. 4°C저장군의 경우 대조구는 저장 5일 경과부터 총세균수의 증가폭이 크게 나타나기 시작하였으며 특히, 저장 25일째에는 대조구에서 다른 처리구보다 총세균수의 유의적인 차이를 나타내어, 총세균수의 급격한 증가를 보여 주었다. 그러나 나머지 처리구에서는 대조구에 비해 총세균수가 완만히 증가하는 경향을 나타내었다. 대조구는 저장 20일 경과부터 3.6×10⁶ CFU/g로 나타나 초기 부패치에 도달하였으나, mix 처리구와 rosemary 0.2% 처리구는 저장 25일이 경과하여도 초기 부패수준인 10⁶ CFU/g에 도달하지 못하였다. 0°C저장군에서는 처리구에 상관없이 저장 25일이 경과하여도 초기부패수준에 도달하지는 않았으나 mix 처리구가 다른 처리구에 비해 가장 낮은 총균수 값을 나타내었다. 이러한 경향은 Dickson 등(19)이 두 개 이상의 첨가물을 복합사용하면 지육의 초기세

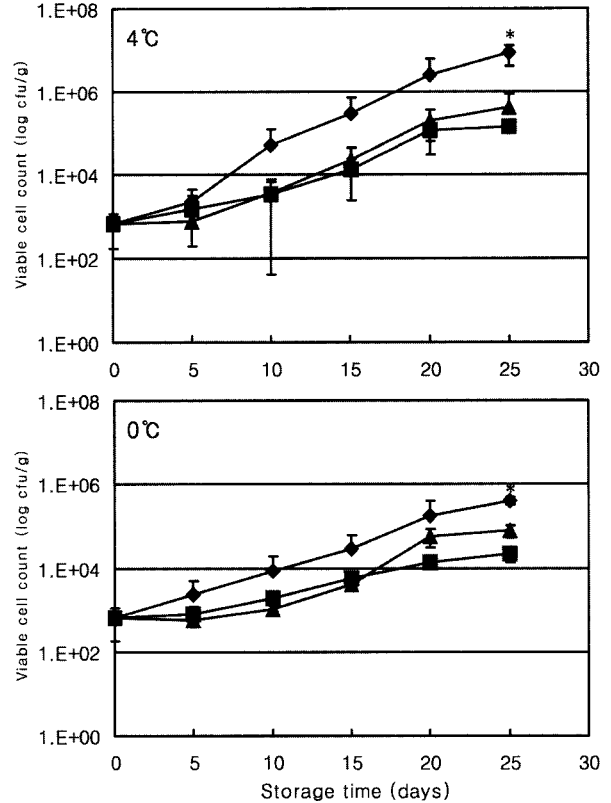


Fig. 2. Changes in total aerobic bacteria of pork loin as affected by addition of natural preservatives and storage temperatures.

◆-◆: Control, ■-■: Mix (grapefruit seed extract 2,000 ppm + chitosan 2% + garlic extract 2%), ▲-▲: RE (rosemary 0.2%), **p* < 0.05.

균수를 감소시켜 부패를 억제시켰다고 보고하여 같은 경향을 나타내었다.

대장균군

돈육의 저장 중 대장균군의 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 4°C와 0°C저장군 모두 저장기간이 경과 할수록 처리구에 상관없이 대장균군은 증가하는 경향을 나타내었으며, 저장 5일이 경과하면서부터 대조구와 처리구간의 대장균군수의 증가폭이 차이를 나타나기 시작하였다. 특히, 대조구에서는 4°C저장군에서 처리구보다 고도로 유의적인 수준으로 대장균군수가 증가하여 천연보존제가 대장균군 억제에 영향을 미쳤으리라 사료된다. 또한 저장 25일이 경과하면 대조구와 처리구간의 대장균군의 증가폭은 더욱 커지는 경향을 나타내었다. 따라서 이러한 실험 결과는 Quartey 등(20)이 돈육에 천연항산화제와 유기산처리를 병행하면 돈육의 대장균군의 감소효과를 나타내었다고 보고하여 본 실험결과와 같은 경향을 나타내었다.

관능평가

일반적으로 저장 중 식육의 변색에 관여하는 가장 중요한 변화의 요인은 oxymyoglobin이 자동 산화에 의해 metmyoglobin으로 변화되는 과정으로 보고되어져 왔다(21). 대조구와 천연 보존제 처리구들의 관능적 색깔과 이취를 비교한 결과는 Table 4에 나타내었다. 저장기간별 관능적 색깔 특성을 살펴보면, 4°C와 0°C저장군에서 rosemary 0.2% 처리구와 mix 처리구에서 저장 5일부터 관능적으로 대조구와 유의적인 차이를 나타내기 시작하였으며, 0°C저장군보다 4°C저장군에서 더욱 어두운 갈색을

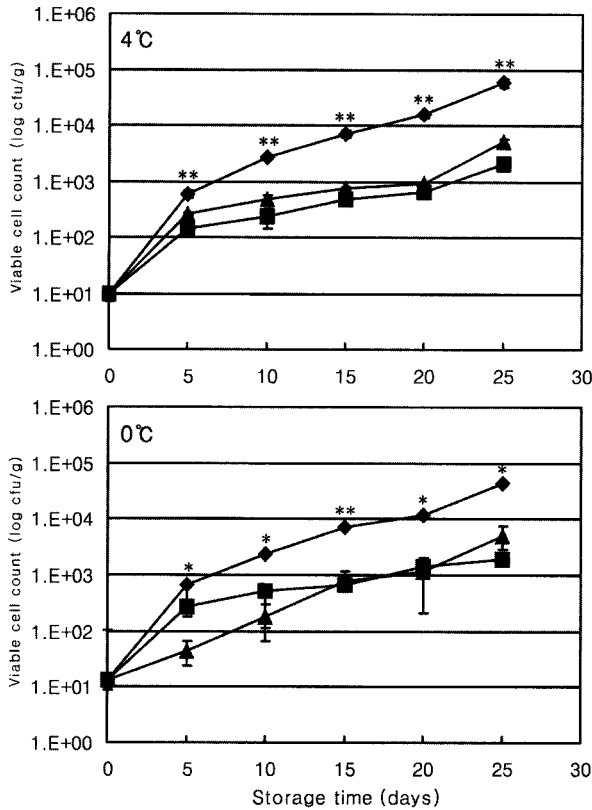


Fig. 3. Changes in coliform group of pork loin as affected by addition of natural preservatives and storage temperatures.

◆-◆: Control, ■-■: Mix (grapefruit seed extract 2,000 ppm + chitosan 2% + garlic extract 2%), ▲-▲: RE (rosemary 0.2%), **p* < 0.05, ***p* < 0.01.

관능적 평가로 나타내었다. 이러한 결과는 천연보존제 첨가군에서 천연보존제 고유의 색이 돈육에 착색되어 저장기간이 경과함에 따라 관능적으로 육색의 변화에 영향을 미쳤으리라 사료되며, 아울러 Bala 등(22)이 저장 중 냉장육의 육색변화는 고기의 pH, 온도, 산소분압, 지질의 산화, 미생물성장 등 많은 요인이 복합적으로 작용한다고 보고하여 본 결과에서도 같은 요인으로 사료된다. 또한 처리구별 관능적 색깔 특성은 0°C저장

군 대조구에서 저장 15일이 경과한 후부터 유의적인 차이를 나타내었다. 이러한 결과는 4°C저장군 보다 0°C저장군에서 대조구의 육색변화가 안정적이므로 처리구간의 차이가 뚜렷하게 나타났으리라 사료된다. 이취에서도 처리구에 상관없이 모든 처리구에서 저장기간이 경과 할수록 유의적인 차이를 나타내었다. 그러나 처리구별 관능적 이취는 4°C저장군 대조구에서 저장 25일이 경과하면 천연보존제 처리구보다 유의적인 차이를 나타내어 관능적 품질이 첨가물 처리구보다 저하됨을 나타내었다. 또한, 0°C저장군에서는 저장 5일이 경과 하면서부터 처리구간의 유의적인 차이를 나타내기 시작하여 관능적 색깔보다 품질간의 차이가 더욱 뚜렷하게 나타나기 시작하였다. 이취는 육을 저장할 때 저장기간이 경과 하면 산화적 산패로 인해서 발생하며, 철분과 hemoproteins에 의한 지방산화의 촉진과 조리하는 동안의 지질막의 붕괴가 이취를 증가시키는 주요원인으로 알려지고 있다(23). 또한 Faustman 등(24)에 따르면 지방산화와 육색소의 산화는 서로 밀접한 상관관계가 있는데 이들 중의 하나가 증가하면 다른 하나도 증가한다고 보고하여 돈육의 변색과 더불어 이취의 발생도 지방산화비율과 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 신선돈육에 천연보존제를 첨가하여 저장온도에 따른 품질변화를 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다. pH는 모든 시료에서 부패 수준인 pH 8.0을 넘지 않았으나, 대조구 보다는 천연보존제 처리구에서 낮은 pH의 값을 나타내었다. VBN 함량의 변화는 대조구에서 4°C저장시 저장 20일, 0°C저장시에는 저장 25일이 경과하면 19 mg%이상으로 초기 부패수준에 근접하였으나, 천연보존제 처리구는 저장온도에 상관없이 저장 25일까지 안정한 VBN 함량을 나타내었다. 총균수의 경우 저장온도에 상관없이 대조구 보다는 천연보존제 처리구에서 총균수가 낮게 나타났으며, 4°C저장군 대조구에서는 저장 20일이 경과하면서 3.6×10⁶ CFU/g의 총균수를 나타내어 초기부패에 도달한 것으로 나타났다. 그러나 mix 처리구의 경우 저장온도와 상관없이 가장 낮은 총균수를 나타내었으며, 대장균군은 온도와 천연보존제 처리 효과가 대장균군을 억제하는 것으로 나타났다. 관능평가는 색깔의 경우에 대조구에 비해 천연보

Table 2. Sensory scores of pork loin as affected by addition of natural preservatives and storage temperatures

Temp. (°C)	Storage time (days)	Color ¹⁾			Off-flavor ²⁾		
		Control	Mix ³⁾	RE ⁴⁾	Control	Mix	RE
4°C	0	1.9 ^c	1.9 ^c	1.9 ^c	6.4 ^a	6.4 ^a	6.4 ^a
	5	2.4 ^c	4.6 ^b	4.0 ^b	7.0 ^a	6.4 ^a	5.7 ^a
	15	3.9 ^b	4.5 ^b	4.7 ^b	4.6 ^b	4.1 ^b	5.7 ^a
	25	5.4 ^a	5.5 ^a	5.7 ^a	2.4 ^{cb}	4.9 ^{bA}	4.6 ^{bA}
0°C	0	1.9 ^b	1.9 ^c	1.9 ^d	6.4 ^a	6.4 ^a	6.4 ^a
	5	2.4 ^{ab}	3.1 ^b	3.0 ^c	6.3 ^{aA}	5.1 ^{bB}	5.3 ^{bB}
	15	2.9 ^{aB}	5.3 ^{aA}	5.3 ^{aA}	5.5 ^{bA}	4.2 ^{cB}	5.4 ^{bA}
	25	2.9 ^{aB}	4.8 ^{aA}	3.7 ^{bB}	4.8 ^{cA}	4.1 ^{cB}	5.1 ^{cA}

¹⁾Means scores based on 9 point scale (9: extremely, 5: moderately, 1: the same as reference).

²⁾Means scores based on 9 point scale (9: imperceptibly, 5: moderately, 1: extremely).

³⁾Mix: grapefruit seed extract 2,000 ppm + chitosan 2% + garlic extract 2%.

⁴⁾RE: rosemary 0.2%.

^{a-d}Means with the same letter in the same column are not significantly different as determined by Duncan's multiple range test.

^{A,B}Means with the same letter in the same row are not significantly different as determined by Duncan's multiple range test.

존제 처리구들에서 저장 초기부터 색깔의 유의적인 차이를 나타냈으며, 이취에서도 처리구에 상관없이 저장기간이 경과할수록 모든 시료에서 유의적인 차이를 보였다.

본 연구에서 얻어진 결과를 종합적으로 고려하여 볼 때 돈육 등심을 4°C 온도 저장시 대조구에서는 15일 이하, 천연 보존제 처리구는 25일 이상의 품질수명이 예측되었다. 그러므로 대조구보다 천연보존제 첨가에 의한 품질수명의 연장효과는 약 7일 이상으로 사료된다.

문 헌

1. Yang JB, Ko MS, Moon YH. Effects of vacuum packaging on lipid oxidation and meat color of chilled pork. *Korean J. Food Nutr.* 15: 1-6 (2002)
2. Kim YS, Yoo IJ. Effects of sanitary treatment of pork cut surface on shelf-life of chilled pork. *Korean J. Ani. Sci.* 36: 403-408 (1994)
3. Gill CO, Harrion JCL. The storage life of chilled pork packaged under carbon dioxide. *Meat Sci.* 26: 313-324 (1989)
4. Cho SH, Seo IW, Choi JD, Joo IS. Antimicrobial and antioxidant activity of grapefruit and seed extract on fishery products. *Bull. Korean Fish Soc.* 23: 289-296 (1990)
5. Wong JW, Hashimoto K, Shibamoto T. Antioxidant activities of rosemary and sage extracts and vitamin E in a model meat system. *J. Agric. Food Chem.* 43: 2707-2712 (1995)
6. Lee JR, Hur SJ, Joo ST, Park GB. The effect of chitosan supplementation on pH, shear force, moisture and color of pork. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 21: 200-207 (2001)
7. Byun PH, Jung JH, Kim WJ, Yoon SK. Effects of garlic addition on lipid oxidation of ground pork during storage. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 17: 117-122 (2001)
8. KFDA. Food Code. Korea Food and Drug Administration. Seoul, Korea. pp. 222-223 (2002)
9. APHA. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Method 9215B. American Public Health Association. Washington, DC, USA (1992)
10. Shin DH, Ahn EY, Kim YS, Oh JY. Fermentation characteristics of *kochujang* containing horseradish or mustard. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 1350-1357 (2000)
11. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1995)
12. Deymer DI, Vandekerckhove P. Compounds determining pH in dry sausage. *Meat Sci.* 3: 161-164 (1979)
13. Batholmew DT, Blumer JN. Microbial interactions in country-style ground porks. *J. Food Sci.* 42: 498-509 (1977)
14. Park BS, Yoo IJ, Yoo SH. Comparison of physicochemical characteristics among han woo, holstein and imported shank bone soup (Komtang). *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 14: 211-216 (1994)
15. Kim IS, Min JS, Shin DK, Lee JI, Lee M. Physicochemical and sensory characteristics of domestic vacuum package pork loins for export during chilled storage. *Korean J. Ani. Sci.* 40: 401-412 (1998)
16. Newton KG, Rigg WJ. The effect of film permeability on the storage life and microbiology of vacuum packed meat. *J. Appl. Bacteriol.* 47: 433-436 (1979)
17. Egan AF, Grau FH. Environmental conditions and the role of *Brochothrix therosphacta* in the spoilage of fresh and processed meat. p. 211. In: Psychrotroph Microorganisms in Spoilage and Pathogenicity. Roberts TA, Hobbs G, Christian JHB, Skovgaard N. (eds.). Academic Press, New York, USA (1981)
18. Brown MH, Baird-parker AC. The microbiological examination of meat. pp. 423-520. In: Meat Microbiology. Brown M. (ed.). Applied Science Publishers Ltd, London, England (1982)
19. Dickson JS, Anderson ME. Microbiological decontamination of food animal carcasses by washing and sanitizing systems. *J. Food Prot.* 55: 133-140 (1992)
20. Quartey PEA, Marshall RT, Anderson ME. Short-chain fatty acids as sanitizers for beef. *J. Food Prot.* 43: 168-171 (1980)
21. Renner M, Labadie J. Fresh meat packaging and meat quality. pp. 361-387. In: Proceedings of the 39th International Congress of Meat Science and Technology. August 2, Calgary, Alberta, Canada. American Meat Science Association, Illinois, USA (1993)
22. Bala K, Marshall RT, Stringer, WC, Nauman HD. Changes of color aqueous beef extract caused by *Pseudomonas fragi*. *J. Food Prot.* 40: 824-827 (1977)
23. Kang SN, Jang AR, Lee SO, Min JS, Lee MH. Effect of organic acid on value of VBN, TBARS, color and sensory property of pork meat. *Korean J. Ani. Sci.* 44: 443-452 (2002)
24. Faustman C, Cassens RG, Schaefer DK, Buege DR, Williams SN, Sheller KK. Improvement of pigment and lipid stability in Holstein steer beef by dietary supplementation on Vitamin E. *J. Food Sci.* 54: 858-862 (1989)

(2004년 11월 15일 접수; 2005년 6월 1일 채택)