

숙성온도와 포장방법이 한우육의 육질에 미치는 영향

최 양 일 / 충북대학교 축산학과 교수

I. 서론

국민소득이 증대함에 따라 쇠고기 수요가 급증할 뿐 아니라 최근에는 질적으로도 우수한 고기를 선호하는 경향을 보이고 있다. 특히 UR협상이 타결된 결과 1995년부터는 일정량의 수입쿼터를 통해 외국산 쇠고기가 계속 국내시장에 들어오게 되고, 전면 자유화 시기는 2001년으로 결정되었기에 수입쇠고기에 대응한 국내산 한우고기의 품질차별화 전략이 매우 중요한 시점에 와있다.

연도, 육색, 보수성 등의 쇠고기의 품질은 품종, 성별, 연령 및 사양조건뿐 아니라 도살 시 또는 도살전, 후 처리 방법에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 왔다. 1), 2), 3), 4)

연도는 육질의 가장 중요한 조직적 특성이며, 특히 쇠고기에 대한 소비자의 기호성에 가장 큰 영향을 미친다. 한우고기는 일반적으로 질긴 것으로 인식되고 있으며 질긴 쇠고기의 연도에 대해서는 연령, 사양조건 및 사양방법 등 도축전 요인들도 중요하지만 특히 도축 후부터 소비자에게 최종 전달되기까지의 유통중

의 처리가공 과정이 매우 지대한 영향을 미친다. 빙결점 이상의 온도에서 저장함으로써 고기를 연화시키는 숙성은 기호성이 있는 고기를 얻는 매우 중요한 과정이나, 5), 6) 현행 국내의 유통체계에서는 연도의 바람직한 수준을 보증하는 적정온도 및 숙성기간의 설정등 숙성에 대한 인식이 부족하여 많은 소매상들의 경우 냉동상태로 저장, 유통시켜서 육질을 저하시킨다.

또한 유통환경의 변화에 따라 육류유통체계가 관행적인 생축 또는 지육 유통단계에서 점차 포장육 등 소매육 형태로 유통되는 부분육 유통단계로의 개선이 불가피하게 됨에 따라 포장방법이 한우고기의 육질에 미치는 영향을 규명하는 것도 매우 중요하다고 할 수 있다.

포장된 고기의 유통기간은 냉장저장중 초기 미생물수, 저장기간, 저장온도 및 포장재질에 따라 결정되며, 7), 8) 포장방법은 미생물의 성장에 지대한 영향을 미친다.

본 연구에서는 숙성온도와 포장방법이 한우고기의 육색, 연도 및 저장특성 등에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시하였다.

II. 재료 및 방법

(1) 실험재료

시내 도축장에서 도살된 체중 550kg 내외의 한우 5두(♂)를 도살후 24시간 내에 발골한 후 등심근(M. longissimus dorsi)을 공시부위로 하였다. 제5번째 흉추에서 제7번째 요추사이에서 발골한 8kg내외의 등심근에서 과도한 지방이나 결체조직을 제거한 후 1.5cm두께의 스테이크로 슬라이스하였다.

(2) 실험방법

스테이크로 슬라이스한 후 6개의 시험구로 하여 절반은 PVC-wrap으로, 나머지 절반은 Cryo-vac으로 포장한 후 3개의 시험구로 나누어 각각 0℃, 5℃ 및 10℃에서 14일간 숙성시키면서 0, 3, 6, 10, 14일마다 이화학적 및 미생물학적 특성을 검사하였다.

각 측정은 3반복으로 실시하였다. 시험에 사용한 포장재료에서 PVC-wrap은 strach film으로 신선육의 호기적포장에 이용되는 것으로 선상 저밀도 폴리에틸렌(linear low density polyethylene)이며, Cryo-vac은 신선육의 진공포장재로 이용되는 것으로 polyamide와 polyethylene의 다중적층접합필름으로 구성되어 있다.

(3) 육질 및 저장성 조사

가. pH

시료를 균질화한 다음 시료 15g에 증류수 30ml를 가하여 Digital pH meter(Mettler Delta 340)로 그 pH를

측정하였다.

나. 육색

시료의 육색은 육류등급판정소⁹⁾의 육색평가 기준에 의해 포장을 개봉하여 1시간 이내에 실온에서 5인의 panelist에 의한 주관적인 방법으로 가장 짙은 것(7점)으로부터 가장 옅은 것(1점)으로 7단계로 나누어 나타내었으며, 시료의 변색은 전체 스테이크 면적 중 변색된 부분(%)을 주관적으로 표시하였다.

다. 보수력 측정

시료의 보수성은 Miller와 Harrison¹⁰⁾의 방법에 따라 2g의 시료를 여과지에 놓고 10,000psi의 압력으로 5분간 압착한 후 면적 비율로 측정하였다.

$$\text{보수력} = \frac{\text{분리된 고기즙의 면적}}{\text{고기의 전체면적}}$$

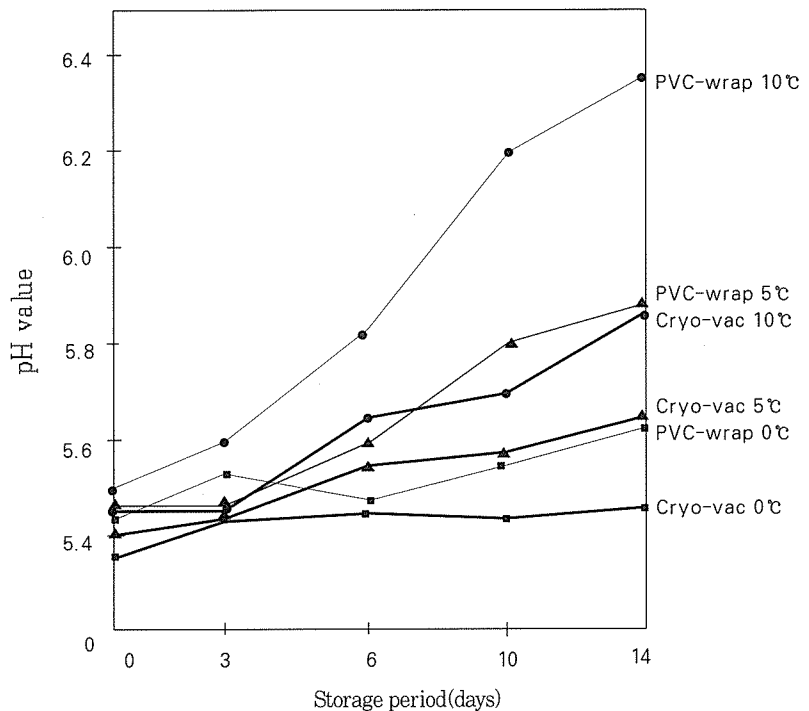


Fig. 1. pH value of PVC-wrap and Cryo-vacuum packaged Korean cattle beef by temperature during storage period

라. 연도

전단력은 두께 1.5cm의 스테이크를 170℃에서 내부온도가 70℃가 되도록 20분간 가열하여 2℃에서 24시간 냉각후 직경 1.25cm의 시료를 분리하여 Instron(Model 4465, England)으로 측정하였다.

마. TBA 조사

숙성기간중에 지방산패도를 0, 3, 6, 10과 14일마다 조사하였다. 지방산패도는 TBA test¹¹⁾로 측정하였으며, TBA수치는 malonaldehyde mg/1,000 g 시료의 값으로 표시하였다.

바. 총 미생물수 조사

숙성중 총 미생물수는 연속희석시킨 시료를 Standard Plate count 배지에 접종하여 32℃에서 48시간 배양한 후 Log₁₀ CFU(colony forming units)/1g 시료로 측정하였다.¹²⁾

III. 결과 및 고찰

1. pH의 변화

Fig· 1은 PVC-wrap과 Cryo-vac포장된 한우고기의 숙성온도(0.5 또는 10℃)가 저장기간 동안 pH에 미친 영향을 보여주는데, 저장기간이 증가할 수록 모든 온도처리구에서 pH 증가를 보였다.

pH는 PVC-wrap포장된 것이 Cryo-vac포장된 것보다 더 상승하였다.

PVC-wrap포장된 한우고기는 0℃에서는 저장기간중 서서히 pH가 상승하였으나, 5℃와 10℃에서 증가폭이 두드러졌으며, 특히 10℃에서 저장기간 6일 이후 매우 급격한 상승을 나타냈다.

Cryo-vac으로 포장된 한우고기의 저장기간 동안 pH변화는 PVC-wrap 포장에서와 같이 저장기간이 증가할수록 pH의 상승을 보였으나, 상승폭은 매우 완만하였다.

식육은 사후강직을 거쳐 서서히 강직의 해제 과정을 거치는데 이때 근육내의 효소나 미생물의 번식으로 단백질이 분해되어 pH가 증가한다. 이때 pH가 급격하게 증가하면 부패취와 함께 식육으로 부적당하게 된다.

Ingram¹³⁾은 호기적 포장보다 혐기적 상태의 진공포장에서 젖산균의 활동이 우세하여 부패미생물들의 성장을 억제한다고 보고하였는데, 본 실험의 결과에서 어느 저장온도이건

Table1. Effect of packaging method and aging temperature on visual color^a of Korean cattle beef during storage period

Treatment	Storage period(days)					Standard error
	0	3	6	10	14	
PVC-Wrap						
0℃	4 ^b	4 ^b	4 ^b	4 ^b	4 ^b	0.10
5℃	4 ^b	5 ^b	5 ^b	6 ^c	6 ^c	0.79
10℃	5 ^b	6 ^b	7 ^c	7 ^c	7 ^c	0.60
Cryo-vac						
0℃	4 ^b	4 ^b	4 ^b	4 ^b	4 ^b	0.06
5℃	4 ^b	4 ^b	4 ^b	5 ^b	5 ^b	0.56
10℃	4 ^b	5 ^b	5 ^b	5 ^b	6 ^b	0.40

^a1: very light red, 4: moderate red, 7: very dark red

^{bc}: Means in the same column with different superscripts differ(P<0.05)

Table 2. Effect of Packaging method and aging temperature on visual discoloration^a of Korean cattle beef during storage period

Treatment	Storage period(days)					Standard error
	0	3	6	10	14	
PVC-Wrap						
0℃	0	0 ^b	0 ^b	0 ^b	5 ^b	2.81
5℃	0	0 ^b	0 ^b	15 ^c	20 ^c	4.23
10℃	0	20 ^c	30 ^c	30 ^d	40 ^d	7.74
Cryo-vac						
0℃	0	0	0	0	0	0.0
5℃	0	0	0	0	0	0.0
10℃	0	0	0	0	0	0.0

^a: Visual discoloration area(%)

^{bcd}: Means in the same column with different superscripts differ(P<0.05)

Table 3. Effect of packaging method and aging temperature on water-holding capacity^a of Korean cattle beef during storage period

Treatment	Storage period(days)					Standard error
	0	3	6	10	14	
PVC-Wrap	1.16 ^b	1.13 ^b	1.19 ^b	1.18 ^b	1.20 ^b	0.06
0℃	1.18 ^b	1.28 ^c	1.30 ^c	1.38 ^c	1.33 ^c	0.10
5℃	1.12 ^b	1.41 ^d	1.57 ^d	1.45 ^d	1.36 ^c	0.24
10℃						
Cryo-vac	1.20 ^c	1.26 ^b	1.23 ^b	1.09 ^b	1.25 ^b	0.13
0℃	1.10 ^b	1.23 ^b	1.24 ^b	1.38 ^c	1.35 ^c	0.14
5℃	1.18 ^{bc}	1.38 ^c	1.39 ^c	1.45 ^c	1.35 ^c	0.21
10℃						

a: Ratio of total juice area to film area

bcd: Means in the same column with different superscripts differ (P<0.05)

Table 4. Effect of packaging method and aging temperature on tenderness^a of Korean cattle beef during storage period

Treatment	Storage period(days)					Standard error
	0	3	6	10	14	
PVC-Wrap	6.2 ^b	6.3 ^c	6.0 ^c	5.8 ^c	5.6 ^d	0.45
0℃	6.0 ^b	5.8 ^b	5.4 ^b	5.0 ^b	5.1 ^c	0.55
5℃	5.8 ^b	5.7 ^b	5.3 ^b	4.8 ^b	4.0 ^b	0.46
10℃						
Cryo-vac	6.0 ^b	5.8 ^b	5.6 ^c	5.4 ^c	5.4 ^d	0.47
0℃	5.8 ^b	5.8 ^b	5.3 ^{bc}	4.8 ^b	4.6 ^c	0.56
5℃	6.0 ^b	5.8 ^b	5.1 ^b	4.5 ^b	4.0 ^b	0.65
10℃						

a: Instron shear force(kg)

bcd: Means in the same column bifferent superscripts differ (P<0.05)

Cryo-vac포장을 하면 PVC포장을 하는 것 보다 pH증가가 완만하였는데 이는 부패미생물의 성장억제에 기인한 것으로 사료된다.

2. 육색의 변화

PVC-wrap포장과 Cryo-vac 포장으로 포장 방법을 달리했을 때 저장기간과 온도에 따른 고기색 변화의 비교는 Table 1에서 볼 수 있다. PVC-wrap으로 포장된 한우고기의 세 온

도처리구 중 0℃에서는 저장기간중 선홍색이 지속적으로 유지되었으나, 5℃와 10℃에서는 저장기간이 길어질수록 고기색이 짙어지는 경향을 보였는데, 특히 10℃에서는 저장기간 3일 이후 다른 온도처리시보다 매우 짙은 고기색을 보였다. 반면에 Cryo-vac포장은 숙성온도에 관계없이 PVC-wrap 포장에서보다 밝은 선홍색을 저장기간중에 유지하였는데, 10℃온도처리구에서는 10일 이후에는 다소 고기색이 짙어졌다.

Table 2는 저장기간중 숙성온도에 따른 변색을 보여주고 있는데, PVC-wrap포장된 한우 고기에서는 0℃에서는 저장기간중 거의 변색되지 않았으나, 5℃에서는 저장 10일 이후부터, 그리고 10℃에서는 저장 3일 이후부터 변색이 발생하였다. 반면에 Cryo-vac 포장된 고기는 숙성온도에 관계없이 전 저장기간중 변색되지 않았다. Seideman 등¹⁴⁾은 도매용 쇠고기를 3가지의 진공처리(저, 중, 고)를 해 1~3℃에서 저장시험을 한 결과 낮은 진공처리시 높은 진공처리에 비해 7, 14, 24일 저장기간중 더 많이 표면이 변색되었다고 보고하였다.

한우고기의 숙성온도가 증가하면 환원효소들의 활력과 산화가 촉진됨으로써 결과적으로 산소소비량이 증가하게 되고 myoglobin산화에 알맞는 낮은 산소압을 제공하며 oxymyoglobin으로부터 산소분자가 쉽게 유리됨으로써 myoglobin의 자동산화가 쉽게 이루어진다.¹⁵⁾ 또한 호기성 미생물의 성장은 산소압을 저하시킴으로써 갈색의 metmyoglobin형성을 촉진하며, 금속이온들에 의한 myoglobin의 자동산화를 촉진하여 산소투과성이 적은 Cryo-vac포장에 비해 PVC-wrap 포장육에서 고기의 변색이 높게 나타났다고 사료된다.

3. 보수력의 변화

포장방법과 숙성온도가 저장기간동안 고기의 보수력에 미치는 영향은 Table 3과 같다. PVC-wrap으로 포장된 한우고기에서 0℃의 숙성온도에서는 저장기간에 걸쳐 보수력이 거

의 일정하게 유지되었으나 5℃와 10℃의 숙성 온도에서는 저장 3일 이후 보수력의 감소를 보였는데 특히 10℃에서 보수력이 유의적으로 감소하였다.

Cryo-vac포장에서도 PVC-wrap포장과 유사한 결과를 나타냈고, 5℃와 10℃의 숙성에서 10일 이후 보수력의 감소를 나타냈는데, 보수력의 감소폭은 적었다.

4. 연도의 변화

포장방법과 숙성온도가 저장기간동안 연도에 미치는 영향은 Table 4와 같다. PVC-wrap포장과 Cryo-vac포장 두 처리구 모두 숙성기간이 길어질수록 연도가 증가하는 경향을 나타내었는데 특히 숙성온도가 5℃나 10℃에서 연도 증가가 0℃에 비해 매우 커, 숙성온도가 높을수록 저장 6일후부터 PVC-wrap포장과 Cryo-vac포장 두 처리구 모두에서 연도개선 폭이 크게 증가되었다.

숙성기간 동안 고기의 연화기전은 아직까지 명확하게 밝혀지지는 않았으나, 일반적으로 사후 pH와 온도가 근육의 고기질과 최종 고기 연도에 영향을 미치며¹⁵⁾, 주로 근육내 효소들에 의한 근원섬유단백질등의 분해로 고기가 연화된다¹⁶⁾고 하였다.

Moller 등¹⁷⁾에 의하면 2℃에서 숙성한 경우 전단력은 1일째 높았으나 그후 경시적으로 감소하였고 특히 10일에는 급격한 감소를 보였으며, 16℃숙성의 경우 기계적 전단력이 2℃숙성과 비교시 급격한 감소를 하였다. 또한 Smith

등¹⁸⁾에 의하면 등심 스테이크의 전단력은 5일간 숙성할 때 계속적으로 감소를 하여 11일 이상 숙성시 14, 21 또는 28일에서 전단력의 개선효과가 더이상 두드러지게 나타나지 않았다.

5. TBA수치의 변화

PVC-wrap과 Cryo-vac포장된 한우고기의 숙성온도가 저장기간중 TBA 수치에 미치는 영향은 Fig. 2에서 보는 바와 같다. PVC-wrap포장된 것이 저장기간이 증가할 수록 세 숙성온도처리구 모두에서 TBA수치가 증가를 보였는데, 0℃와 5℃에서는 저장기간 10일 이후 TBA값이 완만한 증가를 보였으나, 10℃에서는 저장 6일 이후에 급격한 증가를 나타내었으며 저장 10일에는 TBA수치가 1.12를 나타냈다.

숙성온도가 저장기간중 Cryo-vac포장된 것의 TBA수치에 미치는 영향은 0℃ 숙성온도에서는 저장기간 10일 동안 거의 증가하지 않았

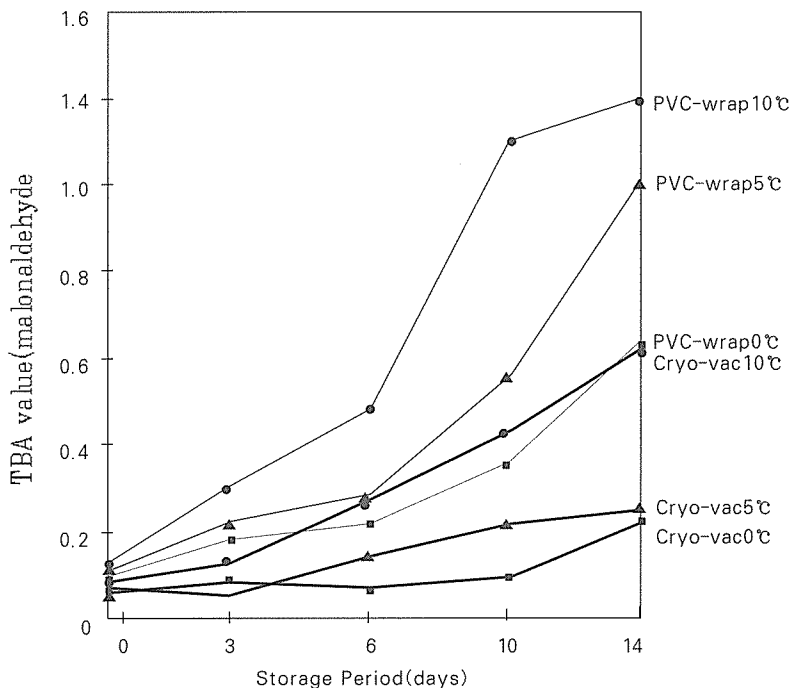


Fig. 2. TBA value of PVC-wrap and Cryo-vacuum packaged Korean cattle beef by aging temperature during storage period

으며, 5℃ 숙성온도에서도 저장기간 동안 완만한 증가를 보였으나 10℃ 숙성온도에서는 저장기간 동안 0℃와 5℃에 비해 급격한 증가폭을 나타냈으나 PVC-wrap포장된 한우고기에 비해서는 전반적으로 낮은 TBA수치를 나타내어 지방산패도가 낮은 결과를 보여주었다.

Witte등¹¹⁾에 의하면 쇠고기의 저장기간이 증가함에 따라 TBA수치는 계속 증가한다고 하였으며, Brewer와 Harber¹⁹⁾는 돼지고기를 -17℃에서 장기간 저장시 가스투과성이 높은 PVC 포장재에서 진공포장시보다 TBA가 크게 증가하였다고 보고하였다.

임 등²⁰⁾도 포장방법을 달리한 지방산패도(TBA) 측정에서 저장온도 영향보다 포장방법에 따른 변화가 현저하였으며, 저장기간이 경과함에 따라 지방 산패도가 증가하는 경향을 보였다고 발표하였다.

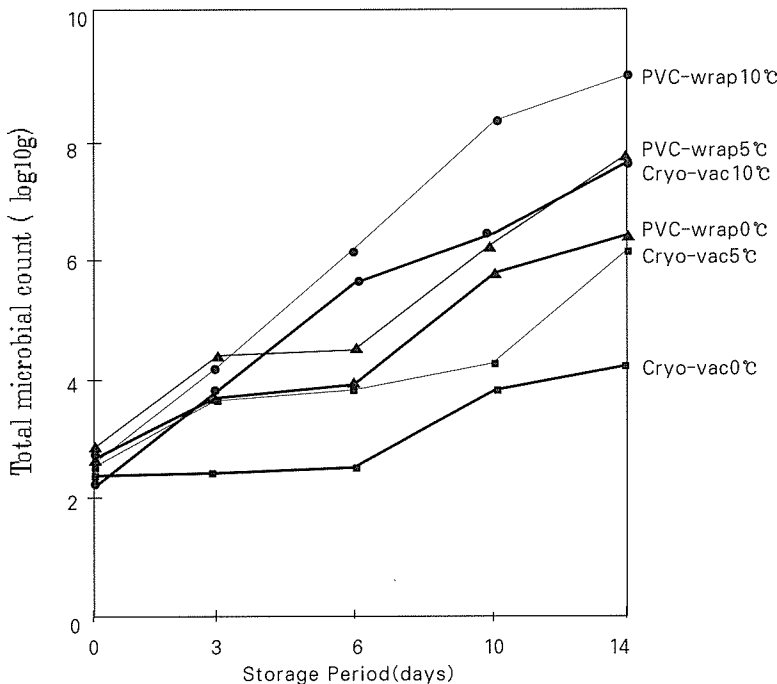


Fig. 3. Total microbial count of PVC-wrap and Cryo-vacuum packaged Korean cattle beef by aging temperature during storage period

6. 총 미생물수의 변화

PVC-wrap과 Cryo-vac포장된 한우고기에서 숙성온도가 저장기간중 총 미생물수에 미치는 영향은 Fig. 3에서 보는 바와 같다.

PVC-wrap포장된 한우고기의 총 미생물수는 숙성온도에 관계없이 저장기간이 길어질수록 총 미생물수 증가를 나타내었는데, 특히 숙성온도가 높을수록 총 미생물수는 더 많이 증가하였다.

숙성온도가 5℃인 10월 이후부터 그리고 숙성온도가 10℃인 경우에는 저장 6일 이후부터 높은 미생물수(10⁶/g)를 나타냈다.

또한 숙성온도가 저장기간중 Cryo-vac포장된 한우고기의 총 미생물수에 미치는 영향에서도 저장기간이 증가할수록 그리고 숙성온도가 높아질수록 PVC-wrap포장에서와 같이 총 미생물수의 증가를 보였으나, 총 미생물수의 증가폭은 매우 낮았다.

임 등²¹⁾에 의하면 0과 4℃에서 수입쇠고기의 PVC 포장은 저장온도에 상관없이 Cryo-vac 포장보다 호기성 미생물의 변화가 현저히 높았으며, Cryo-vac 포장이 PVC포장에 비해 내냉성 미생물수가 훨씬 적었다고 하였다.

Nottingham⁸⁾에 의하면 저장기간중 호기성 포장보다는 혐기성 포장을 하였을 때 저장기간이 연장되었는데, 이러한 이유는 PVC포장이 산소투과성이 높기 때문이며 산소투과성이 낮은 Cryo-vac포장은 젖산균이 우점하여 대사생성물질(젖산, 과산화수소 등)에 의해 다른 미생물의 성장을 억제하기 때문이라고 하였다.

IV. 결론

1. 숙성온도가 0℃에서 5℃와 10℃로 증가할수록 저장기간에 따라 한우고기의 pH가 증가하였는데, 특히 10℃에서 저장 6일 이후 급격한 pH증가를 보였다.

Cryo-vac 포장된 것이 PVC-wrap포장보다 저장 전 기간에 걸쳐 pH의 상승은 완만하였다.

2. Cryo-vac포장된 한우고기는 PVC-wrap포장에 비해 숙성온도와 숙성기간에 관계없이 육색이 잘 유지되었으며, 변색정도도 매우 낮았다. PVC-wrap포장의 경우 10℃ 숙성온도에서 저장 3일 이후부터 매우 심하게 변색되었다.

3. Cryo-vac 포장된 한우고기는 PVC-wrap포장에 비해 보수력이 높는데, 특히 5℃ 이하의 숙성온도에서 보수력이 높게 유지되었으며 숙성기간이 10일 이후로 증가하면서 보수력이 급격히 감소하였다.

4. PVC-wrap 포장과 Cryo-vac 포장된 한우고기 모두에서 숙성기간이 길어질수록 연도가 증가하는 경향을 나타냈는데, 특히 숙성온도가 5℃나 10℃에서 연도증가가 매우 뚜렷하게 나타났다.

5. Cryo-vac 포장된 한우고기는 PVC-wrap 포장에 비해 숙성온도와 숙성기간에 관계없이 낮은 TBA수치를 나타냈으며, 10℃ 숙성온도에서는 저장 6일 이후에 급격한 TBA수치의 증가를 보여 지방산패가 빠르게 진행되는 것을 보여주었다.

6. 숙성온도에 관계없이 저장기간중 Cryo-vac 포장된 한우고기에서 PVC-wrap포장과 비교할 때 낮은 총 미생물수를 나타냈으며, 저장기간이 길어질수록 그리고 숙성온도가 높아질수록 두 포장처리구 모두에서 빠른 총 미생물수의 증가를 보였다.

이상의 결과에서 한우고기를 Cryo-vac포장을 하면 PVC-wrap포장보다 숙성온도와 숙성기간에 관계없이 육색, 저장성이 향상되었다. 숙성온도는 0℃와 5℃에 비해서, 10℃인 경우 육색의 변색, 지방산패도 및 총 미생물수에서 매우 열악한 결과를 나타내었으며, 0℃숙성온도에서는 10일까지 그리고 5℃숙성온도에서는 6일까지 숙성이 진행될 때 육색, 연도 및 저장성에 나쁜 영향을 미치지 않으면서 한우고기의 육질을 유지할 수 있었다.

■ 인용문헌

1. Crous, J.D. Cundiff, L.V., Koch, R.M., Koochmaraie, M. and Seideman, S.C. 1989. Comparisons of Bos Indicus and Bos Taurus inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. J. Anim. Sci. 67:2661.

2. esting, T.W. and Matsuchima, C.Y. 1976. Marbing and maturity as indicators of consumer preference palatability. J. Anim. Sci. 42:245.

3. Marsh, B.B. and Leet, N.G. 1966. Studies in meat tenderness. 3. The effect of cold shortening on tenderness. J. Food Sci. 31: 450.

4. Kastner, C.L., Henrickson, R.L., and Morrison, R.D. 1973. Characteristics of hot-boned bovine muscle. J. Anim Sci. 36:484.

5. Yu, L.P. and Lee, Y.B. 1986. Effects of postmortem pH and temperature on bo-vine muscle structure and meat tenderness. J. Food Sci. 51:774.

6. Asghar, A. and Yeates, N.T.M.

1978. The mechanism for the promotion of tenderness in meat during postmortem aging process. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 8(3):1

7. Newton K.G. and Rigg, W.J. 1979. The effect of film permeability on the storage life and microbiology of vacuum packed meat. J. Appl. Bacteriol. 47:433

8. Nottingham, P.M. 1882. Microbiology of carcass meat. In "Microbiology", Brown, M.H(ed), pp.13. Applied Science Publishers, London.

9. 축산물등급판정소, 1993. 소, 돼지 도체 등급기준 해설서. 서울

10. Miller, W.M. and Harrison, D.L. 1965. Effect of marination in sodium hexametaphosphate solution on the palatability of loin steaks. Food Technol. 19:94

11. Witte, V.C. Krause, G.F. and Baile M.E. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage J. Food Sci. 35:582.

12. Kotula, A.W., Ayres, J.C., Huhtanen, C.N. Stern, N.J., Stringer, W.C., and Tompkin, R.B. 1980. Guidelines for microbiological evaluation of meat. Proc. 33rd Annual Rec. Meat Conf., p.65.

13. Ingram, M. 1962. Microbiological principles in prepackaging meats. J. Appl. Bacteriol 25:259.

14. Seideman, S.C., Carpenter, Z.L.,

Smith, G.S. and Hork, K.E. 1976. Effect of degree of vacuum and length of storage on the physical characteristics of vacuum packaged beef wholesale cut. J. Food Sci. 41:732.

15. 강창기, 박구부, 성삼경, 이무하, 이영현, 정명섭, 최양일, 1992. 식육생산과 가공의 과학, 선진문화사. p.134.

16. Yates, L.D., Dutson, T. R., Caldwell, J., and Carpenter, Z.L. 1983. Effect of temperature and pH on the post-mortem degradation of myofibrillar proteins. Meat Sci. 9:157.

17. Moller, A.J., Vestergaard, T. and Wismer-Pederson, J. 1973. Myofibril fragmentation in bovine longissimus dorsi as an index of tenderness. J. Food Sci. 38:824.

18. Smith, G.C., Culp, G.R. and Carpenter, Z.L. 1978. Postmortem aging of beef carcasses. J. Food Sci. 43:823.

19. Brewer, M.S. and Harbers, C.A.Z. 1991. Effect of packaging on color and physical characteristics of ground pork in long term frozen storage. J. Food Sci. 56:362.

20. 임상돈, 김주민, 박우문, 김영수, 강통삼. 1990. 포장방법별 수입 쇠고기의 유통기간 설정에 관한 연구. I. 포장방법별 이화학적 변화. 한축지. 32:413

21. 임상돈, 김주민, 박우문, 김영수, 강통삼, 1990. 포장방법별 수입 쇠고기의 유통기간 설정에 관한 연구. II. 포장방법별 미생물학적 변화. 한축지. 32:422