KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 48, No. 4, pp. 301~305 (2016)
http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2016.48.4.301

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
©The Korean Society of Food Science and Technology

냉동 저장 온도가 쇠고기의 저장성에 미치는 영향

박정아 · 주소영 · 황현정 · 나예슬 · 김서진 · 최정인 · 하주영[1] · 조미숙*
이화여자대학교 식품영양학과, [1](주)삼성전자

Effects of freezing storage temperature on the storage stability of beef

Jeong-Ah Park, So Young Joo, Hyun Jung Hwang, Ye Seul Na, Seo Jin Kim, Jeong In Choi, Joo Young Ha[1], and Mi Sook Cho*
Department of Nutritional Science & Food Management, Ewha Womans University
[1]*Samsung Electronics Company*

Abstract This study was conducted to investigate changes in pH, volatile basic nitrogen (VBN), thiobarbituric acid (TBA), a* (redness), shearing force, and microbial content (total plate count; TPC) in beef during freezing storage at −1, −5, and −20°C for 21 days. TPC as an effective quality indicator was used to identify the decay point by regression analysis. The pH, TBA values, and TPC significantly increased with storage at all tested temperatures (p<0.05). VBN significantly increased and shearing force significantly decreased with storage at −1 and −5°C (p<0.05). TPC showed significant correlation with temperature at −1°C (R^2=0.891), −5°C (R^2=0.856), and −20°C (R^2=0.444). The decay points at −1, −5, and −20°C, were 27, 52, and 84 days, respectively. The results suggest that a freezing temperature of −5°C is effective for short-term storage of beef.

Keywords: beef, freezing temperature, short-term storage, decay point

서 론

최근 소비자들의 서구화된 식사습관에 따라 육류 섭취량은 지속적으로 증가하고 있으며, 농림축산식품부 2015년도 자료에 따르면 우리나라 국민 1인당 축산물 소비량은 2000년 31.9 kg에서 2013년에는 42.7 kg으로 1.3배 증가하는 것으로 나타났고, 육류 소비량 중 쇠고기 소비량은 24.1% (10.3 kg)을 차지하였다(1). 또한 국민소득 증가와 함께 식품의 질 향상에 관심이 높아지면서 소비자들의 식품안전에 대한 요구 또한 증가하고 있으며(2), 이에 따라 안전한 섭취를 위해 육류 및 어패류와 관련된 유해물질 조사 연구(3), 축산식품의 안전성 확보와 위생관리를 위하여 서울지역 유통 식육 중의 벤지미다졸계 구충제 잔류량 조사 연구(4), 다수의 식육감별을 위한 검사법 개발 연구(5-7) 등 육류의 유통과 섭취 시 안전문제에 관련한 다수의 연구가 진행되었다.

육류는 부패성이 높아 보관에 유의하여야 하므로 장기간 보관 시 일반적으로 냉동저장을 하며, 냉동저장을 할 때에는 0°C 이하에서 보관하여 호냉성 세균을 제외한 대부분의 미생물 생육과 증식을 억제시킴으로써(8) 신선도를 유지시킨다. 그러나 쇠고기 냉동저장 시 건조에 의한 동결소 형성, 단백질 변성과 세포조직 파괴에 의한 보수성과 물성변화, 고기 표면의 탈수, 지방질 산패에 의한 향미 변화로 인해 품질 저하를 초래한다고 보고되고 있다(9).

식품의약품안전평가원의 조사에 따르면 소비자 중 응답자의 94.8%는 장기간 보관 가능한 식품은 냉동실에 보관하고 있으며, 78.1%가 신선식품을 김치냉장고에 저장하고 77.0%에 달하는 소비자가 김치냉장고에서의 보관이 일반냉장고 냉장실보다 신선하게 유지된다고 인식하였다(10). 이 때 김치냉장고에 보관하는 식품의 종류는 육류, 생선 · 해물류, 계란, 두부, 우유, 과일, 채소, 그 밖의 가공식품 등 다양하였으며, 김치냉장고에 육류를 보관하는 기간은 2-3일(42.6%), 1주일(25.0%), 15일(14.7%), 한 달(7.4%), 1일(7.4%), 한 달 이상(2.9%) 순으로 응답하여 대부분 단기저장을 위해 김치냉장고를 사용하는 것으로 나타났다. 이처럼 소비자들은 육류를 단기저장 할 시 기존 냉장고의 냉동고 온도보다는 높으며 냉장실의 온도보다는 낮은 온도대의 보관 장소를 필요로 하고 있다.

기존 쇠고기의 냉동 저장 관련 연구는 숙성 정도에 따른 이종교배 쇠고기의 냉동 저장 조건이 미생물학적, 관능적 특성에 미치는 영향(11), 초급속 냉동과 저온 저장이 쇠고기의 기능적 특성에 미치는 영향(12) 등에 관한 연구가 진행되었다. 이처럼 −18°C 이하의 냉동 저장에 대한 연구가 주를 이루었으며, 쇠고기의 일반적인 가정에서의 냉동 저장에 대한 연구는 부족한 실정이다.

또한 가정에서의 쇠고기 저장에 대한 기존 연구는 가정용 일반 냉장고에서의 냉장 온도와 상대습도가 포장 한우 등심의 품질과 저장 특성을 살펴본 연구(13), 소비자들의 가정 내에서 육류의 냉동과 해동에 대한 지식 정도를 살펴본 연구(14) 등 냉장 저장 온도와 소비자의 냉동 저장에 대한 인식 정도에 대한 연구는 진행되었으나, 쇠고기의 가정 내 냉동 저장에 대한 연구는 부족한 실정이다.

*Corresponding author: Mi Sook Cho, Department of Nutritional Science & Food Management, Ewha Womans University, Seoul 03760, Korea
Tel: +82-2-3277-4427
Fax: +82-2-3277-2862
E-mail: misocho@ewha.ac.kr
Received February 26, 2016; revised June 2, 2016;
accepted June 7, 2016

이에 따라 본 연구는 쇠고기의 단기저장을 통하여 소비자들이 가정에서 쇠고기를 보다 오래 저장할 수 있도록 가정용 냉장고의 냉동실 내 온도 조건을 제시하기 위한 기초 연구로서, 온도 조건에 따라 쇠고기를 단기간 저장하며 쇠고기의 화학적 품질 측정 지표라고 할 수 있는 pH, 적색도, VBN(휘발염기 질소), TBA가, 일반세균의 변화를 살펴보고 이를 토대로 유효기간을 예측하고자 하였으며, 유효기간 설정을 위해 회귀분석을 이용하였다.

재료 및 방법

실험재료

서울 금천구 독산동 우시장의 축산유통 업체인 (주)다전농축에서 2등급 한우 등심부위를 2 cm의 균일한 두께로 구매하여 대형 지퍼백(재질: 저밀도 폴리에틸렌(LDPE), 3M, Naju, Korea)에 보관하여 −1, −5, −20°C로 설정된 가정용 냉장고(RF90H9012XP, Samsung Electronics Co., Ltd. Gwangju, Korea)에 저장하면서 0, 3, 7, 10, 14, 17, 21일차에 각각 실험에 공시하였다.

pH 측정

pH는 시료 5 g에 증류수 45 mL를 가한 뒤 균질기(homogenizer) (T18 basic, Ultra-Turrax®, IKA®, Staufen, Germany)로 균질화하고 거름종이(Whatman No.1)로 여과한 후, pH meter (Orion Star A222, Thermo Scientific, Singapore, Singapore)로 측정하였다.

적색도 측정

쇠고기 시료를 블랜더(blender) (KF-HM500, Namyang Kitchen Flower Ltd., Gimpo, Korea)를 이용하여 마쇄한 후 색도계(Spectrophotometer CM-3500D, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 CIE a* (redness, 적색도) 값으로 나타냈다. 이 때 표준백판은 L*=96.85, a*= −0.10, b*= −0.16으로 표준화하였다.

TBA (Thiobarbituric acid) 측정

TBA가는 Witte 등(1970)의 방법을 이용하여 시험하였다(15). 시료 5 g과 증류수 15 mL를 homogenizer (T18 basic, Ultra-Turrax®, IKA®)로 균질화하여 거름종이(Whatman No.1)로 여과하고 상층액 1 mL를 20 mM 2-싸이오바비투르산(2-thiobarbituric acid, TBA)/20% 트라이클로로아세트산(trichloroacetic acid, TCA) 2 mL에 첨가한 후 vortex mixer (VG3, IKA®)를 이용하여 혼합시킨 뒤 100°C 수조에서 15분간 가열하며 반응시킨 후 실온에서 10분 동안 방치하여 반응을 정지시킨다. 반응액을 0.45 μm syringe filter (disposable membrane filter SC25P045S, Anseong, Hyundai Micro Co., LTD., Korea)를 사용하여 여과한 후, 분광광도계(UV spectrophotometer, T60U, PG Instruments Ltd., London, UK)를 이용하여 531 nm에서 흡광도를 측정하였다.

VBN (Volatile Basic Nitrogen) 측정

VBN은 Conway의 미량 확산법으로 다음과 같이 측정하였다. 시료 5 g에 증류수 45 mL를 가하고 homogenizer (T18 basic, Ultra-Turrax®, IKA®)로 균질화하였다. 균질액을 거름종이(Whatman No.1)로 여과한 후, Conway unit의 내실에 0.01 N H_3BO_3 1 mL와 Bruswik 지시약(0.066% methylene blue in ethanol: 0.066% methyl red in ethanol=1:1) 50 μL를 넣는다. Conway unit의 외실에 50% K_2CO_3 1 mL를 넣고 여과액 1 mL를 주입 후 즉시 뚜껑을 닫아 밀폐시킨다. Conway unit을 수평으로 회전하여 외실의 시료액과 50% K_2CO_3가 반응하도록 하며, 이 때 내실과 섞이지 않도록 한다. 37°C의 배양기(incubator)에서 90분간 활성시키고 내실의 H_3BO_3을 0.02 N 황산(H_2SO_4)으로 신속히 적정하여 다음의 식에 의해 VBN 값을 산출하였다(단, 대조구는 증류수를 사용하였다).

$$\text{VBN mg\% (mg/100 g)} = \frac{(a-b)\times F\times 0.28014\times d\times 100}{s}\times 100$$

S: sample weight
a: sample mL (0.02 N H_2SO_4 amount)
b: blank mL (0.02 N H_2SO_4 amount)
F: 0.02 N-H_2SO_4 factor value

전단력 측정

쇠고기 시료를 2 cm×2 cm 크기로 잘라 텍스처분석기(texture analyzer, TACT2i, Stable Microsystems LTD., Godalming, UK)를 사용하여 측정하였으며, Warner-Bratzler shear blade로 근섬유 방향과 평행하도록 절단하였다. 이때 분석조건은 pretest speed 2.00 mm/sec, test speed 2.00 mm/sec, posttest speed 2.00 mm/sec, strain 99.90%, trigger force 5.0 g이었으며 분석된 결과는 kg으로 산출하였다.

일반세균

미생물학적 안정성을 평가하기 위해 각 시료에서 무균적으로 쇠고기 5 g을 채취한 후 살균한 생리식염수로 단계 희석하였다. 이를 일반세균 측정용 건조필름배지(petrifilm aerobic count plates, 3M Co., Saint Paul, MI, USA)에 접종하여 37°C에서 48-72시간 배양시킨 후 콜로니(colony) 수를 측정하여 CFU/g으로 표시하였다.

통계분석

본 실험에서 얻어진 자료의 통계 처리는 SPSS (Statistics Package for the Social Science, Ver. 19.0 for Window)를 이용하였으며, 분산분석(ANOVA)으로 각 군의 평균과 표준편차를 구하고 던컨 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 처리간의 결과 차이를 분석하였다. 또한 쇠고기의 부패 시점 설정을 위하여 일반세균수를 기준으로 하여 회귀분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

pH

pH 값은 Fig. 1과 같이 저장 기간 중 약간의 감소 추세를 보이기도 하였으나 모든 저장군에서 전반적으로 증가하는 경향을 보였으며, 저장 초기부터 온도간 차이를 보였다. 식육의 저장 중 pH의 상승은 일반적으로 숙성 중에 단백질의 완충물질의 변화, 전해질 해리의 감소와 암모니아 생성 등에 의한 것으로 알려지고 있으며(16), 또한 식육은 사후강직 이후 pH가 점차 상승하는데 이는 식육 내의 아미노산이 분해되어 혐기성기의 노출이 원인이라고 생각된다(17).

적색도

쇠고기 저장 중 온도 별 적색도(a*)의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 본 연구에서 적색도는 모든 저장군에서 저장 기간에 따라 유의하게 감소하였으며($p<0.05$), −1, −5, −20°C 저장군의 순서로 적색도의 감소폭이 크게 나타났는데, 이는 −1°C에서의 산화가 가장 빠르게 진행되었음을 의미한다. 이와 같은 결과는 일반적으로 저장 기간 동안 육/고기의 적색도가 감소하는 경향을 보인다는

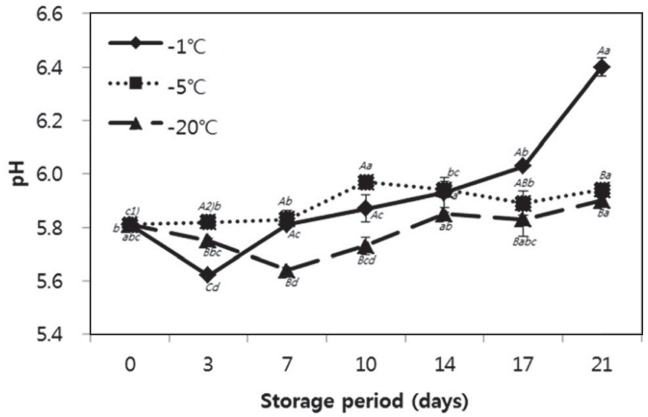

Fig. 1. Changes in pH of beef with different freezing temperatures during storage. [1)]a-d: Different letters within a row are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. [2)]A-C: Different letters within a column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

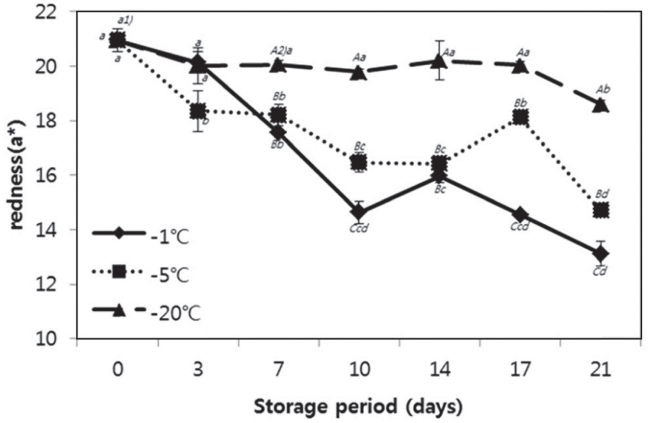

Fig. 2. Changes in a* value of beef with different freezing temperatures during storage. [1)]a-d: Different letters within a row are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. [2)]A-C: Different letters within a column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

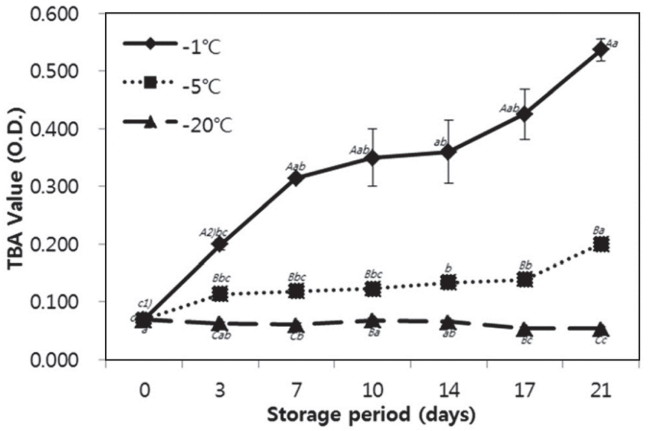

Fig. 3. Changes in TBA value of beef with different freezing temperatures during storage. [1)]a-c: Different letters within a row are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. [2)]A-C: Different letters within a column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

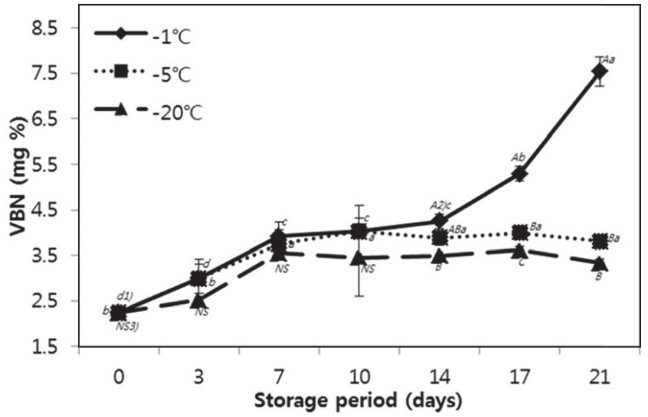

Fig 4. Changes in VBN value of beef with different freezing temperatures during storage. [1)]a-c: Different letters within a row are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. [2)]A-C: Different letters within a column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. [3)]NS: Values are not significantly different at $p<0.05$.

선행 연구와 일치한다(18-19). 육제품은 근육에 함유되어 있는 마이오글로빈(myoglobin)이 산소와 접촉하면서 선명한 적색인 옥시마이오글로빈(oxymyoglobin)으로 변하고, 저장 기간이 경과하면서 옥시마이오글로빈이 산화되어 갈색의 메트마이오글로빈(metmyoglobin)으로 변화한다(20).

TBA가

TBA가는 저장 중 쇠고기의 지질 산패 정도를 나타내며, 지방의 산화에 의해 발생되는 말론알데하이드(malonaldehyde, MDA)와 싸이오바비투르산(thiobarbituric acid)이 반응하여 생성되는 붉은색의 강도를 측정한 값이다. 이 값이 클수록 지방질의 산패가 많이 진행되었음을 나타내며(21), 지방질 산화는 고기 제품의 향미, 영양 가치, 고기색과 텍스처를 저하시킨다(22-23). 쇠고기의 저장 중 TBA가의 변화는 Fig. 3과 같으며, 저장 기간이 늘어날수록 저장 온도에 따른 차이가 뚜렷하게 나타났다($p<0.05$). −1°C 저장군의 TBA가는 저장 중 0.069에서 0.537까지 급격하게 변화하였으며, −5°C 저장군의 TBA가는 0.069에서 0.200까지, −20°C 저장군의 TBA가는 0.054-0.069 사이를 오가는 양상을 보였다. 이는 쇠고기의 저장 기간이 경과함에 따라 TBA가가 증가한다는 다수의 선행 연구(19,24,25)와 일치하며, 이는 지방질의 산화에 따라 1차 생성물질인 하이드로과산화물(hydroperxide)이 2차 산화생성물로 분해되어 계속 생산되는 유기산, 알데하이드, 케톤, 알코올, 카보닐기 및 중합체 등과 미생물 대사와 지방질 분해 효소에 의해 생성되는 분해 물질에 의한 것이기 때문으로 생각된다(26).

VBN

VBN 함량은 단백질 식품의 신선도를 예측하는 수단으로 이용되고 있으며, 우리나라 식품공전(2015)에는 식육제품에 한하여 VBN 함량을 20 mg% 이하로 규정하고 있다(27). 쇠고기의 저장 중 온도와 기간에 따른 VBN 함량의 변화는 Fig. 4에 나타내었다. 모든 저장군에서 저장 초기 VBN 함량은 비슷하게 증가하였으나, 저장 14일차부터 저장 온도에 따른 유의적인 차이가 나타났다($p<0.05$). −1°C 저장군의 VBN 값은 17일차부터 크게 증가하였으며 이때부터 다른 저장군들과 유의적인 차이를 나타냈다($p<0.05$). 저장 중 −5°C 저장군의 VBN 함량과 −20°C 저장군의

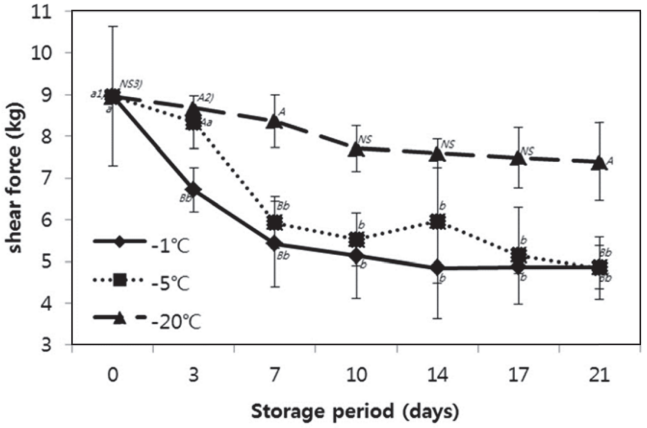

Fig. 5. Changes in shear force of beef with different freezing temperatures during storage. [1)]a-b: Different letters within a row are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. [2)]A-B: Different letters within a column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. [3)]NS: Values are not significantly different at $p<0.05$.

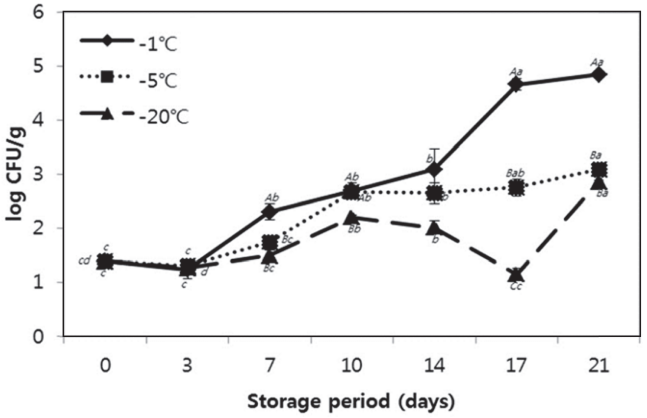

Fig. 6. Changes in total plate counts of beef with different freezing temperatures during storage. [1)]a-d: Different letters within a row are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. [2)]A-C: Different letters within a column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

VBN 함량은 비슷하게 증가하는 경향을 보였으나, 저장 17일 이후부터는 유의적인 차이가 나타났다($p<0.05$). 이처럼 저장 기간이 경과함에 따라 쇠고기의 VBN 함량이 증가하는 결과가 다수 보고된 바 있다(13,19,24). 이상의 결과는 식육의 저장 중 VBN 함량 증가는 육류의 저장 중 발생하는 근육 내의 단백질 분해 효소와 미생물이 분비하는 효소들에 의하여 근육 단백질이 아미노산으로 분해되고, 다시 아미노산이 저 분자의 무기 질소로 분해된 결과에 의한 것으로 판단된다(24).

전단력

전단력은 식육의 연도를 나타내는 정도이며(28), 본 연구에서는 저장 기간이 경과함에 따라 모든 저장군의 전단력이 감소하였다(Fig. 5). 저장 3일차부터 −1°C 저장군의 전단력은 다른 온도대의 전단력보다 유의적으로 낮았으며($p<0.05$), −5°C 저장군도 전단력이 감소하는 경향을 보였다. 저장 7일차부터 −1°C와 −5°C의 전단력은 급격히 감소하였다. −20°C 저장군의 경우 저장 기간 중 전단력이 감소하는 추세를 보였으나 저장기간에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 Huff와 Parrish(29), 및 Bouton과 Harris(30)의 쇠고기의 연도에 대한 연구에서 숙성 기간 경과와 함께 전단력이 감소하는 보고와 일치한다. Song 등(31) 및 Moon 등(32)은 식품의 물성은 수분함량, 단백질의 변성 정도, 지방함량과 원료 등에 따라 다르게 나타난다고 보고한 바가 있다.

Table 1. Regression equations of total plate counts for establishment of shelf-life

Storage temp.	Regression equations	R^2	Estimated shelf-life
-1°C	y=0.991+0.181x	0.891	27.6 days
-5°C	y=1.284+0.089x	0.856	52.9 days
-20°C	y=1.197+0.057x	0.444	84.2 days

일반세균수의 변화와 부패시점 예측

저장 유통 중 쇠고기의 품질 및 위생 상태에 가장 큰 영향을 끼치는 것은 육류 표면에 생육하는 미생물 수이다(33). 쇠고기의 저장 기간에 따라 일반세균수는 모든 저장군에서 증가하는 추세를 보였다(Fig. 6). 저장 기간이 경과함에 따라 일반세균수가 증가하는 것은 다수의 선행 연구(25,34,35)의 결과와 일치한다. 일반적으로 −18°C 이하의 온도에서는 냉동에 의해 미생물 부패가 정지된다고 하지만(36), 자동 제상장치가 있는 가정용 냉장고에서는 서리 제거 동안 온도가 상승하기 때문에 완만하게나마 미생물의 생장이 진행된다고 한다(37). 가정용 냉장고에서 −18°C의 온도로 동결/냉동저장을 하며 가리비의 품질변화를 살펴본 연구(37)에서는 생균수가 저장 1개월 차에 약간 감소한 이후 꾸준히 증가하였으며, 정진웅 등의 연구(38)에서도 냉동저장 동안 미생물의 생장이 꾸준하게 진행되었다.

부패시점을 설정하기 위하여 일반세균의 수치를 이용하여 회귀식을 구하였으며(39), 회귀식은 Table 1에 제시하였다. 미생물이 1.0×10^6 CFU/cm^2 또는 1.0×10^7 CFU/cm^2 수준에 도달하면 부패가 시작되고, 1.0×10^8 CFU/cm^2-1.0×10^9 CFU/cm^2 수준일 때 관능적 품질이 저하되어 부패취가 심하게 나타난다고 보고되고 있다(33). 따라서 본 연구는 미생물 수준의 한계치를 육류의 부패가 시작되는 시점으로 평가되는 1.0×10^6 CFU/cm^{2}로 설정하였다. 회귀식은 앞서 제시한 유효 품질수준의 한계치(Y)를 대입하고 그 때의 저장 기간(X)을 도출하여 이를 부패시점으로 계산하였다.

모든 회귀식은 유의하게 나타났으며($p<0.05$), 결정계수(R^2)는 −1°C는 0.891, −5°C는 0.856, −20°C는 0.444로 나타났다. 각각의 온도에서 부패시점을 예측한 결과, −1°C에서는 27.6일, −5°C는 52.9일, −20°C는 84.2일로 나타났다.

요 약

본 연구는 쇠고기의 단기 저장 중 이화학 분석을 통하여 가정에서 쇠고기 저장 시 냉동 저장 조건을 탐색해보았다. 쇠고기의 지방 산패 정도를 나타내는 TBA가에서는 −5°C 저장군이 −20°C 저장군과 유사한 경향을 보였으며, 쇠고기의 단백질 신선도를 나타내는 VBN 함량과 일반세균수도 −5°C 저장군과 −20°C 저장군이 유사한 추세를 보이며 증가하였다. 적색도와 전단력에서는 −5°C 저장군이 −20°C 저장군보다 −1°C 저장군과 흡사한 경향을 보였다. 이에 대해 식품의 유통기한에 대한 식품의약품안전처의 고시(2014)에 따르면 식육의 설정실험 지표는 TBA가, 휘발성염기질소, 세균수, 대장균수이므로 본 실험의 TBA가와 VBN 함량, 일반세균 수 항목에서 −5°C에서의 저장이 −20°C 저장과 유사한 결

과를 나타낸 점에 의의가 있다.

이상의 연구결과를 종합해 볼 때, 쇠고기의 단기 저장 시 –5°C에서의 저장은 –20°C에서의 저장과 유사한 측면을 보이며 약 52일간 저장이 가능할 것으로 예측되어 쇠고기의 단기 저장 시 신선도 유지에 효율적이라고 생각된다. 추후 온도 조절뿐만 아니라 가정용 냉장고의 습도, 쇠고기의 포장 방법, 저장 시 용량 등 여러 인자들의 조절로 가정 내 쇠고기의 냉동 저장에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 (주)삼성전자의 지원에 의해 이루어진 결과이며 이에 감사드립니다.

References

1. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2015 major statistics data of food and rural affairs. Available from: http://lib.mafra.go.kr. Accessed Sep. 1, 2015.
2. Park MH, Kwon JE, Kim SR, Won JH, Ji JY, Hwang IK, Kim MR. Physicochemical and microbiological properties of pork by various thawing methods. J. East Asian Soc. Diet. Life. 22: 298-394 (2012)
3. Cho SD, Lee DU, Yoon EK, Kim GH. Safe intake methods of meat and fish & shellfish. J. Food Hyg. Saf. 7: 9-14 (2012)
4. Kim MR, Kim YJ, Kim JE, Choy H, Lee JH, Kim YS. Monitoring for benzimidazole residues in fresh meat from local markets of Seoul city. The Report of S. I. H. E. 49: 264-273 (2013)
5. Heo EJ, Ko EK, Seo KH, Kim YJ, Park HJ, Wee SH, Moon JS. Validation of PCR and ELISA test kits for identification of domestic animal species in raw meat and meat products in Korea. J. Food. Hyg. Saf. 29: 158-163 (2014)
6. Park YC, Jin SO, Lim JY, Kim KH, Lee JH, Cho TY, Lee HJ, Han SB, Lee SJ, Lee KH, Yoon HS. Application for identification of food raw materials by PCR using universal primer. J. Food. Hyg. Saf. 27: 317-324 (2012)
7. Koh BRD, Kim JY, Na HM, Park SD, Kim YH. Development of species-specific multiplex PCR assays of mitochondrial 12S rRNA and 16S rRNA for the identification of animal species. Korean J. Vet. Serv. 34: 417-428 (2011)
8. Kim YH, Yang SY, Lee MH. The effect of freezing rates on the physico-chemical changes of beef during frozen storage at -20°C. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 447-452 (1988)
9. Miller AJ, Ackerman SA, Palumbo SA. Effects of frozen storage on functionality of meat for processing. J. Food Sci. 45: 1466-1471 (2006)
10. NIFDSE. Research on Consumer Education for Health Control (Hygiene Management of Refrigerator at Home). National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Cheongju, Korea. pp. 63-68 (2009)
11. Vieira C, Diaz MT, Martinez B, Garcia-Cachan MD. Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing. Meat Sci. 83: 398-404 (2009)
12. Farouk MM, Wieliczko KJ, Merts I. Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. Meat Sci. 66: 171-179 (2004)
13. Seol KH, Kim KH, Kim YH, Youm KE, Lee MH. Effect of temperature and relative humidity in refrigerator on quality traits and storage characteristics of pre-packed *Hanwoo* loin. CNU J. Agric. Sci. 41: 415-424 (2014)
14. Damen FWM, Steenbekkers LPA. Consumer behaviour and knowledge related to freezing and defrosting meat at home: An exploratory study. Brit. Food J. 109: 511-518 (2007)
15. Witte VC, Krause GR, Bailey ME. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. J. Food Sci. 35: 582-585 (1970)
16. Demeyer DI, Vandekerckhove P, Moermans R. Compounds determining pH in dry sausage. Meat Sci. 3: 161-167 (1979)
17. Bartholomew DT, Blumer TN. Microbial interactions in country-style hams. J. Food Sci. 42: 498-502 (1977)
18. Jung IC, Lee KS, Moon YH. Changes in the quality of ground beef with additions of medicinal plants (cinnamon, licorice and *bokbunja*) during cold storage. J. East Asian Soc. Diet. Life 19: 224-230 (2009)
19. Jeong JY, Hur SJ, Lee SJ, Yang HS, Moon SS, Lee JI, Kim YH, Joo ST, Park GB. Effects of submersion aging in chilled water on lipid oxidation, myoglobin oxidation and purge loss of vacuum-packed *hanwoo* meat. Korean J. Food Sci. An. 22: 222-227 (2002)
20. Livingston DJ, Brown WD. The chemistry of myoglobin and its reactions. Food Technol. 35: 244-252 (1982)
21. Tarladgis BG, Watts BM, Younathan MT, Dugan jr L. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. J. Am. Oil Chem. Soc. 37: 44-48 (1960)
22. Kanner J. Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. Meat Sci. 36: 169-189 (1994)
23. Turmer EW, Paynter WD, Montie EJ, Bassert MW, Struck GM, Olson FC. Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. Food Technol. 8: 326-330 (1954)
24. Park GB, Kim YJ, Lee HG, Kim JS, Kim YH. Changes in freshness of meats during postmortem storage 1: Changes in freshness of pork. Korean J. Ani. Sci. 30: 672-677 (1988)
25. Lee MS, Park SK, Bae DH, Ha SD, Song KB. Effect of soy protein film packaging on the qualities and the microbial growth of beef during storage. Korean J. Food Preserv. 11: 565-568 (2004)
26. Brewer MS, Harbers CAZ. Effect of packaging on physical and sensory characteristics of ground pork in long-term frozen storage. J. Food Sci. 56: 627-631 (1993)
27. Ministry of Food and Drug Safety. Korean Food Standards Codex. Available from:. http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/menu_01_03.jsp?idx=32. Accessed Dec. Jun. 30, 2015.
28. Kim YJ, Cheong JH. Effect of packaging methods on the shelf-life of chilled Korean cattle beef. Agric. Sci. Technol. 34: 75-81 (1999)
29. Huff EJ, Parrish FC. Bovine longissimus muscle tenderness as affected by postmortem aging time, animal age, and sex. J. Food Sci. 58: 713-716 (1993)
30. Bouton PE, Harris PV. The effects of cooking temperature and time on some mechanical properties of meat. J. Food Sci. 37: 140-144 (1972)
31. Song HI, Moon GI, Moon YH, Jung IC. Quality and storage stability of hamburger during low temperature storage. Korean J. Food Sci. An. 20: 72-78 (2000)
32. Moon YH, Kim YK, Koh CW, Hyon JS, Jung IC. Effect of aging period, cooking time and temperature on the textural and sensory characteristics of boiled pork loin. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 471-476 (2001)
33. Brown MH. Meat Microbiology. Applied Science, London, UK. P. 287 (1982)
34. Shin HY, Ku KJ, Park SK, Song KB. 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)
35. Choi CH, Kim JH, Kim YJ. Evaluation of beef freshness using visible-near infrared reflectance spectra. Korean J. Food Sci. An. 31: 115-121 (2011)
36. Simmonds CK, Lamprecht EC. Microbiology of Frozen Fish and Related Products. Elsevier Applied Science. Newyork, USA. pp. 169 (1985)
37. Kim SM. Quality changes of frozen scallop (*Patinopecten yessonensis*(Jay)) stored in the domestic refrigerator. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 450-455 (1997)
38. Jeong JW, Jo JH, Lim SD, Kang TS. Change in quality of frozen breaded raw shrimp by storage temperature fluctuation. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 532-537 (1991)
39. Jin SK, Kim IS, Hur SJ. Changes in microbe, pH, VBN of exportation by-products of pork and establishment of shelf-life during storage at 4°C. Korean J. Intl. Agri. 14: 58-64 (2002)