



돈육 등급별 Hydroxyproline 함량 분석법을 이용한 육가공품의 품질 평가

김진성 · 김재훈¹ · 박진규¹ · 박재남¹ · 이주운¹ · 변유량 · 변명우^{1*}

연세대학교 생명공학과 · ¹한국원자력연구소 방사선연구원 방사선식품생명공학팀

Determination of Hydroxyproline Contents of Pork Meat for Quality Evaluation of Meat Products

Jin-Seong Kim, Jae-Hun Kim¹, Jin-Gyu Park¹, Jae-Nam Park¹, Ju-Woon Lee¹,
Yu-Ryang Byun, and Myung-Woo Byun^{1*}

Department of Biomaterials Science & Engineering, Graduate School of Yonsei University

¹Radiation Food Science & Biotechnology Team, Advanced Radiation Technology Institute,
Korea Atomic Energy Research Institute

Abstract

This study was conducted to evaluate the feasibility of determination of hydroxyproline (Hyp) contents in pork meat for the quality evaluation of meat products. The relationship between the Hyp contents and pork grade was not high in porcine *semitendinosus* muscle. Whereas, Hyp contents of pork fresh ham and hamburger patties prepared with them were significantly increased as the decrease of pork grade. These results showed that the determination of Hyp contents might be a useful method for the quality evaluation of meat products.

Key words : hydroxyproline, collagen, hamburger patty, pork grade, meat products

서 론

돈육 도체의 등급 판정은 축산물등급판정 세부 기준에 의거 도체의 외관과 육질 상태를 종합적으로 고려하여 A, B, C, D 및 등의등급인 E 등급으로 판정하게 된다. 그러나, 육가공제품의 경우 원료육이 가공되어져 나오는 특징으로 인해 제품 제조 시 사용된 원료육의 품질 및 이종육의 혼입을 확인하기 어려운 실정이다.

한편, 육제품의 품질은 육즙의 정도, 향미, 조직감, 색도 등과 관련된 관능적 품질 및 영양적 품질에 의해 결정되는데, 조직감과 관련된 관능적인 품질의 경우 육류에 존재하는 myosin 혹은 결합 조직의 함량에 의해 좌우될 수 있다(Brown, 1999; Judge *et al.*, 1989). 일반적으로 육제품 생산과정

에서 결합 조직의 함량이 높은 원료를 사용하게 되면 연육성 저하 등 관능적인 품질을 저하시킬 수 있다(Brewer *et al.*, 1991; Nakai and Modler, 1996; Winger and Fennema, 1976). 특히 가축의 운동과 관련된 목, 어깨 및 다리 등의 근육에는 많은 양의 collagen이 포함되어 있어 품질에 영향을 미칠 수가 있으며(Mallikarjunan and Mittal, 1994; Whipple *et al.*, 1990), 육제품의 품질은 가열 감량, 전단력 및 collagen 함량이 낮을수록 우수한 것으로 보고되고 있다(Rusman *et al.*, 2003; Savell *et al.*, 1989). 육류의 collagen에는 육류의 다른 부위 또는 두류 및 유제품에 존재하는 단백질과는 구별되는 아미노산인 hydroxylysine과 hydroxyproline (Hyp)이 함유되어 있으며, 이중 Hyp 정량법은 collagen의 간접적인 정량에 이용되고 있다(Allen and Nicholas, 1989). 그러나, 지금까지 가축의 나이에 따른 collagen 함량에 관한 연구(Takahashi, 1996) 및 우육조직에 존재하는 Hyp의 함량 분석에 관한 연구(Nikhat *et al.*, 2003)가 진행된 바 있으나, 실제 collagen과 육가공품의 품질과의 구체적인 상관 관계를 연구한 보고는 거의 없는 실정이다.

* **Corresponding author** : Myung-Woo Byun, Radiation Food Science & Biotechnology Team, Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute. Tel.: 82-63-570-3200, Fax: 82-63-570-3202, E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr

따라서 본 연구는 육가공품의 품질 평가를 위한 방법의 일환으로 돈육 등급에 따른 Hyp 함량 및 돈육 등급별에 따라 햄버거 패티를 제조한 후 Hyp 함량을 분석하여 최종적으로 육가공 제품의 품질 분석을 위한 방법으로서의 활용 가능성을 평가하는 것을 목적으로 하였다.

재료 및 방법

시료의 준비

실험에 사용된 원료는 논산축협 식육유통센터에서 도체의 최종등급이 A~E 등급인 돈정육을 각각 5 도체씩 구입하여 사용하였다. Hyp 함량 분석 실험을 위해 시료로부터 지방을 제거한 후 *porcine semitendinosus*(사태)를 임의적으로 분리하거나 fresh ham(후지) 전체 부위를 모두 분쇄하여 시료로 이용하였다.

햄버거 패티의 제조

햄버거 패티는 상법을 이용하여 제조하였다. 실험에 사용된 원료육은 돈육 Fresh ham(후지) 전체 부위를 사용하였으며, Table 1과 같이 원료 및 부재료를 준비한 후 배합 순서에

Table 1. Formula for manufacturing hamburger patty

Materials	Content (%)	Remark ¹⁾
Pork (ham part)	51.5	1
Pork back fat	16.4	1
Iced water	6.1	1
Ginger	1.0	2
Onion	8.5	2
Egg white	4.3	2
Tomato catsup	1.6	2
Dried bread powder	4.1	3
Nutmeg powder	0.05	1
NaCl	0.63	1
Flavor enhancing wine	0.41	1
Black pepper powder	0.21	1
Red color reagent	0.01	1
Trisodium phosphate	0.21	1
Sugar	0.83	1
Sum	100	

¹⁾ Numbers in remark indicate the order of addition of materials in a mixer.

맞게 혼합하였다. 시료의 혼합은 각각의 원료를 혼합기(M15 mixer, Falsf Co., Spain)에 넣은 후 1차 혼합 8분, 2차 혼합 2분, 3차 혼합을 1분간 실시하였다. 혼합육 100 g을 10 mm의 두께를 갖도록 Mould (ϕ 105×10 mm)를 이용하여 성형한 후 가열 처리를 하였다. 가열은 85℃로 예열된 Cooker (NU-VUES-3 cooker, Menominee, USA)에서 중심 온도가 70℃가 될 때까지 가열한 후 상온에서 방냉한 후 Hyp 함량 분석에 이용하였다.

Hydroxyproline의 정량

돈육 등급 및 햄버거 패티 제조 후 Hyp 함량을 측정하기 위해 Reddy와 Enwemeka (1996)의 방법을 변형하여 사용하였다. 즉, 분쇄된 시료 10 g을 6 N HCl 100 mL에 넣고 110℃에서 18시간 이상 산 가수분해한 후 NaOH를 사용하여 pH 7로 중화시킨 다음 증류수를 사용하여 1,000 mL로 정용하고 여과하였다. 가수분해된 여과액 50 μ L에 56 mM chloramine T reagent (Sigma Chem., USA) 900 μ L를 넣어 실온에서 25분 동안 산화시킨 후 1 M Ehrlich's reagent (Sigma Chem., USA)를 1 mL 첨가하고 65℃에서 20분 동안 가열한 뒤 실온까지 방냉한 후 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 사용된 표준물질은 4-hydroxyproline (Sigma Chem., USA)이었으며, 농도를 2~20 μ g/mL의 범위로 하여 표준곡선을 작성한 후 시료 내 Hyp의 양을 환산하였다.

조단백질 함량 분석

시료 0.3 g을 정량하여 Kjeldahl 플라스크에 취하고, 여기에 비등석과 HgO 촉매, 진한 H₂SO₄ 10 mL를 가하고 서서히 가열하여 분해하였다. 시료 분해액을 실온으로 냉각시킨 후 증류수 30 mL를 가하고, NaOH 용액을 넣어 Kjeldahl 증류장치에서 가열하여 증류되어 나오는 암모니아를 H₃BO₃가 들어있는 수기에 포집시켰다. 이때 증류액이 250 mL 정도가 되면 암모니아는 거의 추출되어 나온 것으로 보았으며, 증류가 끝나면 청록색의 수용액이 회백색이 될 때까지 0.1 N HCl 용액으로 적정하여 조단백질 함량으로 환산하였다.

통계 처리

각 항목에 대해 동일한 실험을 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들을 SAS[®] software (SAS Institute, Inc 1998)에서 프로그램된 general linear model procedures, least square 평균값을 Duncan의 multiple range test법을 사용하여 평가하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

돈육 등급에 따른 *semitendinosus*(사태)의 Hydroxyproline 함량

일반적으로 돈육을 객관적으로 판단하는 기준으로는 pH, 보수력, 광학적 특성 및 전기적 특성이 있으며 이들 중 pH와 보수력을 함께 측정하는 것이 효과적인 것으로 보고하였으나(Joo and Kim, 1994), 육가공품의 품질을 측정하기 위한 기준으로는 적합하지 않다고 사료되는 바 육가공품의 품질을 평가하기 위해서는 다른 품질 기준의 개발이 요구된다. 한편, Hyp은 돈육 결합 조직의 성분인 collagen의 주요 구성 물질로서 돈육 등급에 따른 함량을 분석한 연구가 거의 보고되어 있지 않았다.

또한, 돈육 중 fresh ham(후지) 부위는 육가공 제품의 원료로서 가장 많이 이용되고 있는 부분으로서 육가공품의 품질을 평가하기 위한 돈육 원료로서 가장 적합한 부위로 사료되었다. 따라서, 본 연구에서는 돈육 등급과 Hyp과의 상관관계를 확인하기 위한 실험의 일환으로 돈육 등급별로 각각 5개의 도체에서 분리한 돈육 fresh ham(후지) 중 *semitendinosus*(사태)를 시료로 하여 Hyp 함량을 측정하였으며, 그 결과를 Table 2에 나타냈다.

시험 결과 각각 등급(A~E)이 다른 5개의 도체로부터 임의적으로 분리한 *semitendinosus*(사태)에 존재하는 Hyp의 함량은 등급이 낮아질수록 Hyp 함량이 증가한다는 가설을 입증할 만한 상관 관계를 확인할 수 있는 유의적인 결과를 얻을 수 없었다. 한편, 돈육 품질 등급과 Hyp 함량과의 상관 관계가 도체 등급간 단백질 함량 차이에 의해 발생하는 지를 확인하기 위해 각 등급간 단백질 함량을 분석하여 최종적으로 단백질 함량 대비 Hyp의 함량을 계산한 결과(Table 2) 단백질 중 Hyp의 함량은 단백질 함량을 보정하기 전의 결과와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

한편, Nold 등(1999)은 약 110 kg 무게의 수퇘지, 암퇘지, 거세돈으로부터 각각 *semitendinosus*, *supraspinatus*, *serratus ventralis*, *longissimus muscle*, *triceps brachii*을 분리한 후 Hyp 함량을 측정한 결과 *semitendinosus*(사태)의 Hyp 함량은 약 924~1,100 $\mu\text{g/g}$ 정도로 본 연구 결과와 유사한 것으로 나타났다. 성별 및 부위에 따라 Hyp 함량이 최소 474 $\mu\text{g/g}$ 부터 최대 1,773 $\mu\text{g/g}$ 까지 큰 차이가 있는 것으로 보고하였다.

이상의 결과는 여러 종류의 돈육 부위가 포함된 육가공 제품의 품질을 평가하기 위해서는 *semitendinosus*(사태) 부위와 같이 임의적인 방법에 의해 분리된 돈육을 시험 재료로 사용하는 경우 개체간의 오차로 인하여 돈육 등급과 Hyp 함량의 상관 관계를 규명하는 것은 어려운 것으로 나타났다. 따라서, 돈육 등급과 Hyp 함량과의 상관 관계를 파악하기 위해서는 보다 구체적인 검증 방법이 필요한 것으로 판단되었다.

돈육 등급에 따른 Fresh Ham 전체 부위의 Hydroxyproline 함량

앞서 기술한 바와 같이 돈육의 일부 부위만을 임의적으로 분리하여 시료로 사용할 경우 돈육 등급과 Hyp 함량과의 상관 관계를 규명할 수 없었던 점을 고려하여 본 실험에서는 각 등급별로 5개의 돈육 fresh ham(후지) 전체부(全部, Whole body)를 분쇄한 시료를 대상으로 Hyp 함량을 분석하였으며, 시험 결과를 Table 3에 나타냈다. 그 결과 *semitendinosus*(사태) 부위를 분석한 결과(Table 2)와는 달리 Hyp 함량은 등급이 낮아짐에 따라 유의적으로 증가하는 경향이었으며, 특히 E 등급의 경우 A~D 등급에 비해 매우 높게 나타났다. 또한, 단백질 함량에 따른 Hyp 함량의 경우에도 돈육 등급이 낮아

Table 2. Hydroxyproline and crude protein contents of the different grades randomly collected from porcine *semitendinosus* muscle

Grade	A	B	C	D	E
Hyp ($\mu\text{g/g}$)	976 \pm 18 ^{c1)}	877 \pm 82 ^c	1,281 \pm 32 ^a	897 \pm 14 ^c	1092 \pm 23 ^b
Crude protein (%)	20.4 \pm 1.0 ^a	22.1 \pm 2.4 ^a	19.6 \pm 2.1 ^a	20.8 \pm 2.6 ^a	21.5 \pm 1.8 ^a
Hyp/protein ($\mu\text{g/g}$)	4,734 \pm 104 ^c	3,926 \pm 84 ^e	6,445 \pm 258 ^a	4,379 \pm 137 ^d	5,166 \pm 94 ^b

^{a-c} Values with different letters within a row differ significantly ($p < 0.05$).

Table 3. Hydroxyproline and crude protein contents of the different grades collected from the whole body of pork fresh ham

Grade	A	B	C	D	E
Hyp ($\mu\text{g/g}$)	1,280 \pm 33 ^{c1)}	1330 \pm 48 ^c	1456 \pm 23 ^b	1424 \pm 26 ^b	2114 \pm 33 ^a
Crude protein (%)	21.2 \pm 1.0 ^a	21.9 \pm 2.4 ^a	21.4 \pm 2.1 ^a	19.7 \pm 2.6 ^a	20.3 \pm 1.8 ^a
Hyp/protein ($\mu\text{g/g}$)	6,095 \pm 132 ^d	6333 \pm 96 ^c	6933 \pm 203 ^{bc}	7494 \pm 142 ^b	10575 \pm 87 ^a

^{a-d} Values with different letters within a row differ significantly ($p < 0.05$).

질수록 유의적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 비록 돈육을 대상으로 한 연구는 아니지만, Kang 등(2001)은 상등급과 등의 등급 우육의 품질 특성을 비교하였을 때 우육의 객관적인 연도의 기준은 도체의 경도, 저작성 및 근원섬유의 소편화도와 관련되어 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 시험에 사용된 E 등급의 돈육은 주로 종돈, 모돈을 도살하여 얻은 시료로서 다른 등급에 비해 연령대가 높은 것으로 사료되었으며, Takahashi(1996)도 가축의 나이에 따라 결합 조직의 양이 증가할 것이라고 보고하여 이상의 결과를 뒷받침하였다.

상기 결과를 종합하여 볼 때, *semitendinosus*(사태)와 같은 특정 부위에 존재하는 Hyp 함량은 돈육 등급과의 상관 관계를 확인할 수 없었으나, 후지 전체 부위를 대상으로 할 경우에는 등급에 따른 Hyp 함량과의 유의적 상관 관계가 성립될 수 있는 것으로 판단되었다. 따라서, 육가공품 제조시 돈육 원료 fresh ham(후지) 부위가 많이 사용되는 만큼 이상의 결과들은 최종적으로 육가공품의 품질을 평가하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

D 및 E 등급의 혼합 비율에 따른 Hydroxyproline 함량 분석

저급육인 D 및 E 등급육의 혼합 비율에 따른 Hyp 함량의 분석을 위해 각각 5개씩의 D와 E 등급 fresh ham(후지) 전체 부위를 혼합한 후 다시 D:E의 비율을 95 : 5 ~ 50 : 50으로 혼합한 후 Hyp의 함량을 분석한 결과를 Table 5에 나타냈다. 그 결과 Hyp 함량은 D, E 혼합 비율 중 E 등급의 첨가 비율이 높아질수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 특히 D 등

급과 E 등급을 50 : 50 비율로 혼합했을 경우 약 1,770 $\mu\text{g/g}$ 의 값을 보였으며, 이 값은 Table 4에서와 같이 fresh ham(후지) 전체 부위를 대상으로 D 등급과 E 등급의 평균값에 해당하는 Hyp 함량과 유사한 결과를 나타냈다. 이상의 결과는 육가공품 제조 시 등급이 낮은 원료육을 사용할 경우 Hyp 함량이 비례적으로 증가할 수 있다는 사실을 보여준다.

돈육 등급에 따른 Hamburger Patty의 Hydroxyproline 함량과의 상관관계 분석

각 등급별 5개의 도체로부터 분리한 fresh ham(후지) 전체 부위를 동일한 비율로 혼합한 시료를 돈육 원료로 하여 햄버거 패티를 제조한 후 Hyp 함량을 측정된 결과를 Table 5에 나타냈다. 햄버거 패티의 Hyp 함량은 Table 4와 마찬가지로 원료육의 등급이 낮아질수록 유의적으로 증가하는 경향이 있었다. 또한, 단백질 함량에 따른 Hyp 함량도 동일한 결과를 나타냈다.

이상은 햄버거 패티 제조시 사용한 원료육의 등급이 낮아질수록 햄버거 패티에 존재하는 Hyp의 함량이 증가한다는 것을 입증한 결과로 Hyp 함량이 육가공제품의 품질 평가를 위한 지표성분으로 활용 가능하다는 것을 시사한다.

요 약

본 연구는 돈육 등급과 hydroxyproline(Hyp) 함량과의 상관관계를 규명하고 최종적으로 육가공품의 품질을 평가하기 위한 방법으로서의 활용 가능성을 검토하기 위해 수행되었다. 그 결과 돈육 *semitendinosus*(사태)와 같은 특정 부위의 Hyp

Table 4. Hydroxyproline contents as the different mixture ratio between D and E grades collected from the whole body of pork fresh ham

Ratio (%) between D and E grade	95:5	90:10	80:20	70:30	50:50
Hyp ($\mu\text{g/g}$)	1,469 \pm 24 ^c	1,511 \pm 45 ^{bc}	1,578 \pm 61 ^b	1,625 \pm 27 ^b	1,771 \pm 32 ^a

^{a-c} Values with different letters within a row differ significantly ($p < 0.05$).

Table 5. Hydroxyproline and crude protein contents of the hamburger patty prepared with the different grades collected from the whole body of pork fresh ham

Grade	A	B	C	D	E
Hyp ($\mu\text{g/g}$)	1,210 \pm 71 ^c	1,421 \pm 58 ^{bc}	1,588 \pm 87 ^b	1,627 \pm 42 ^b	1,932 \pm 126 ^a
Crude protein (%)	19.1 \pm 1.2 ^a	19.9 \pm 0.4 ^a	20.4 \pm 1.1 ^a	20.9 \pm 1.1 ^a	20.0 \pm 1.7 ^a
Hyp/protein ($\mu\text{g/g}$)	6,374 \pm 335 ^c	6,258 \pm 124 ^c	7,748 \pm 287 ^b	7,755 \pm 46 ^b	9,758 \pm 20 ^a

^{a-c} Values with different letters within a row differ significantly ($p < 0.05$).

함량은 돈육 등급과 상관 관계가 없는 것으로 나타났다. 그러나, 도체로부터 분리한 fresh ham(후지) 전체 부위를 분쇄하여 시료로 사용한 경우 A~E 등급까지 등급이 낮아질수록 Hyp 함량이 유의적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, D 와 E 등급을 혼합하였을 경우에도 E 등급의 함량이 증가함에 따라 Hyp의 함량도 증가하는 것으로 나타났다. 또한, fresh ham(후지) 전체 부위를 원료로 하여 햄버거 패티를 제조한 후 Hyp 함량을 분석한 결과 등급이 낮아짐에 따라 Hyp 함량 역시 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 돈육 *semitendinosus*(사태)와 같은 특정 부위에 존재하는 Hyp의 함량은 돈육 등급과의 상관 관계를 확인할 수 없었으나, fresh ham(후지) 전체 부위를 대상으로 할 경우에는 등급에 따른 Hyp 함량과의 유의적 상관 관계가 성립될 수 있다고 판단되었다. 따라서, 육가공품의 제조시 원료용으로 많이 사용되고 있는 돈육의 경우 fresh ham(후지) 부위가 주로 사용되는 만큼 이상의 결과들은 최종적으로 육가공 제품의 품질을 평가하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 과학재단의 지원을 받아 2006년도 원자력연구개발사업을 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Angelo, A. J., Koohmaraie, M., Crippen, K. L., and Crouse, J. (1991) Acceleration of tenderization/inhibition of warmed-over flavor by calcium chloride-antioxidant infusion into lamb carcasses. *J. Food Sci.* **56**, 359-363.
2. Allen, J. B. and Nicholas, D. L. (1989) Connective tissue in meat and meat products. Elsevier Applied Science, London and New York, pp. 14-25.
3. Brewer, M. S., McKeith, F., Martin, S. E., Dallmier, A. W., and Meyer, J. (1991) Sodium lactate on shelf-life, sensory, and physical characteristics of fresh pork sausage. *J. Food Sci.* **56**, 1176-1178.
4. Brown, A. (1999) Understanding food: principle and preparation. Wadsworth. CA, USA, pp. 255-284.
5. Joo, S. T. and Kim, B. C. (1994). A review of objective measuring methods to determine the pork quality. *Korean J. Food Sci. Resour.* **14**, 90-99.
6. Judge, M. D., Aberle, E. D., Forrest, J. C., Hedrick, H.

- B., and Merkel, R. A. (1989) Principles of meat science. Kendall/Hunt Publishing Co., Iowa, pp. 97-224.
7. Kang, S. J., Yang, J. B., Jung, I. C., and Moon, Y. H. (2001) Quality comparison of loin muscles from carcass of grade B₂ and D. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **21**, 329-336.
8. Mallikarjunan, P. and Mittal, G. S. (1994) Meat quality kinetics during beef carcass chilling. *J. Food Sci.* **59**, 291-295.
9. Nakai, S. and Modler, H. W. (1996) Food proteins: properties and characterization. VCH Publishers, Inc., NY. USA. pp. 281-317.
10. Nikhat, J., Siddiqi, M., Abdullah, S., and Alhomida, N. (2003) Investigation into the distribution of total, free, peptide-bound, protein-bound, soluble- and insoluble-collagen hydroxyproline in various bovine tissues. *J. Biochem. Mol. Biol.* **36**, 154-158.
11. Nold, R. A., Romans, J. R., Costello, W. J., and Libal, G. W. (1999) Characterization of muscles from boars, barrows, and gilts slaughtered at 100 or 110 Kilograms: Differences in fat, moisture, color, water-holding capacity, and collagen. *J. Anim. Sci.* **77**, 1746-1754.
12. Reddy, K. and Enwemeka, C. S. (1996) A simplified method for the analysis of hydroxyproline in biological tissues. *Clin. Biochem.* **29**, 225-229.
13. Rusman, Soeparno, Setitono, and Suzuki, A. (2003) Characteristics of *Biceps femoris* and *Longissimus thoracis* muscles of five cattle breeds grown in a feedlot system. *J. Anim. Sci.* **74**, 59-65.
14. SAS Institute, Inc. (1998) SAS user's guide. SAS Institute Inc, Cary, NC.
15. Savell, J. W., Cross, H. R., Francis, J. J., Wise, J. W., Hale, D. S., Wklkes, D. L., and Smith, G. C. (1989) National consumer retail beef study: interaction of trim level, price and grade on consumer acceptance of beef steaks and roasts. *J. Food Qual.* **12**, 251-255.
16. Takahashi, K. (1996) Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat: The non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Sci.* **43**, 67-80.
17. Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M. E., Crouse, J. D., Hunt, M. C., and Klemm, R. D. (1990) Evaluation of attributes that affect *longissimus* muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *J. Anim. Sci.* **68**, 2716-

2721.
18. Winger, R. J. and Fennema, O. (1976) Tenderness and water holding properties of beef muscle as influenced by

freezing and subsequent storage at -3°C and 15°C . *J. Food Sci.* **41**, 1433-1439.

(2006. 8. 11. 접수 ; 2006. 9. 5. 채택)