



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

말근육 부위별 근섬유 특성 및
등급판정에 따른 육질분석

濟州大學校 大學院

動物生命工學科

朴炳徹

2016年 2月

말근육 부위별 근섬유 특성 및 등급판정에 따른 육질분석

指導教授 柳 然 喆

朴 炆 徹

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함

2015年 12月

朴炆徹의 理學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (인)

委 員 _____ (인)

委 員 _____ (인)

濟州大學校 大學院

2015年 12月

Muscle fiber characteristics of horse muscle and meat quality by horse carcass grading system

Hang Chul Park

(Supervised by professor Youn-Chul Ryu)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement
for the degree of Master of Science

2015. 12.

This thesis has been examined and approved.

Department of Animal Biotechnology

GRADUATE SCHOOL

JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

I. 서 론.....	1
II. 연구사.....	3
1. 근섬유.....	3
2. 근육의 식육화.....	7
3. 말도체 특성.....	8
III. 재료 및 방법.....	18
1. 공시동물.....	18
2. 보수력 측정.....	19
3. 육색 측정.....	20
4. pH 측정.....	20
5. 조직감 측정.....	21
6. 근섬유.....	21
7. 등급판정.....	22
8. 통계분석.....	23
IV. 결과 및 고찰.....	24
1. 비육에 따른 육질특성.....	24
2. 유통되고 있는 말고기의 육질특성.....	27

3. 등급판정에 따른 육질특성.....	28
4. 말의 품종 및 성별에 따른 육질특성.....	32
5. 말의 근육부위별 조직학적 특성 및 사후변화.....	36
6. 말도체에서 근섬유 조성과 육질에 상관관계.....	40
V. 요약	42
ABSTRACT	45
VI. 참고문헌	50

THE LIST OF TABLES

Table 1. Comparison of physical and biochemical properties between red and white muscle fibers.....	5
Table 2. Color characteristics of horsemeat.....	11
Table 3. Shear force of horsemeat.....	14
Table 4. Fattening period and feeding program.....	18
Table 5. Horse carcass grading result.....	19
Table 6. Meat weight predictive value range.....	22
Table 7. Meat quality grade standard.....	23
Table 8. Effects of fattening period on meat quality characteristics.....	25
Table 9. Effects of purpose of use before fattening on meat quality characteristics	26
Table 10. Quality characteristics of market horsemeat.....	27
Table 11. Texture of market horsemeat.....	28
Table 12. Effects of meat quality grade on meat quality characteristics.....	29

Table 13. Effects of meat quality grade on texture.....	30
Table 14. Effects of meat quantity grade on meat quality characteristics.....	31
Table 15. Effects of meat quantity grade on texture.....	31
Table 16. Effects of breed on meat quality characteristics.....	32
Table 17. Effects of breed on texture.....	34
Table 18. Effects of sex on meat quality characteristics.....	35
Table 19. Effects of sex on meat texture.....	35
Table 20. Effects of muscle type on muscle fiber ratio.....	37
Table 21. Effects of muscle type on muscle fiber area.....	37
Table 22. Correlation coefficients within/between pH and meat color of horse meat.....	39
Table 23. Correlation coefficients within/between muscle type area(%) and meat quality of horse meat.....	41

THE LIST OF FIGURE

Figure 1. Visible myoglobin redox interconversions on the surface of meat...	10
Figure 2. Intramuscular fat standard.....	23
Figure 3. Horse loin of meat quality grade.....	30
Figure 4. pH change of Postmortem horse carcass.....	38

I. 서론

말은 주로 경주용 또는 승마를 목적으로 생산되었다. 최근 우리나라에 말 사육 두수는 2014년 기준 25,819두로 2013년도와 비교하여 1,352(5.5%)로 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 하지만 경주, 승용마 등으로 이용되지 못하는 말 3,249(12.6%)두는 아직도 용도미정으로 활용할 방안을 마련해야한다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2015). 사용되지 않는 말을 활용할 방안으로 도축하여 고기로 이용하는 방안이 있는데 우리나라에서의 육류 소비량은 정육기준으로 2005년도 1,512,075톤에서 2013년도 2,148,246톤으로 약 58%증가로 육류 소비량은 매년 증가하고 있는 추세이다(Korea meat trade association, 2014). 말고기는 다른 적육(Red meat)들과 비슷한 특성을 지니고 있다. 특히, 소고기와 특성이 비슷하여 소고기를 대체 할 수 있다(Litwińczuk 등, 2008). 말고기는 지방함량이 적고 필수아미노산과 불포화지방산 비율이 높다.(Lorenzo 등, 2010. Franco 등, 2011. Polidori 등, 2015). 말고기에 소비가 증가하면서 말고기에 대한 다양한 연구도 진행되고 있는데, 근육 부위별 육질특성(Tateo 등, 2008. Litwińczuk 등, 2008. Lorenzo 등, 2013), 도축일령에 따른 육질특성(Franco 등, 2011. De palo 등, 2013. Polidori 등, 2015.), 성별에 따른 육질특성(Sarriés 등, 2005. Franco 등, 2011), 품종에 따른 육질특성(Juárez 등, 2009. Franco 등 2013), 사양시스템에 따른 도체 및 육질특성(Franco 등, 2014), 말고기의 지방산 분석(Sarriés 등, 2006a. Lanza 등, 2009. Lorenzo 등, 2010) 등 여러 방면으로 말고기에 대한 분석이 진행되고 있다.

말고기는 본래 역용으로 이용되어지다가 퇴역한 말을 이용하여 고기를 얻어 식육으로써의 품질이 좋지 않았다. 하지만 최근 식용을 목적으로 하여 말고기를 생산함으로써 말고기에 대한 인식이 높아지고 있는 추세이다(Tateo 등, 2008). 최근 이탈리아, 벨기에, 프랑스, 네덜란드 그리고 일본은 많은 양의 말고기를 소비하고 있는 주요수입 국가이다(Gill 등, 2005).

2011년 기준 제주도내 말고기 소비량은 연간 300톤으로 추정되고 제주도내 40

~50개의 말고기 전문음식점이 있다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2011). 하지만 현재 국내에 말고기는 부위별 정형기준이 명확히 정해져 있지 않고 품질별, 부위별 가격에 차이가 없는 상태이다. 그렇기 때문에 농가들 사이에 고품질 말고기 생산의욕이 떨어지고 소비자들에게 양질의 말고기공급이 어려운 실정이다. 최근 말고기에 육질 간 차별을 두기위해 제주도내에서 말도체의 등급판정 시범사업이 진행되었다(KAPE, 2011). 따라서 본 연구는 고품질 말고기 생산을 위한 최적의 비육조건을 정립하고 등급판정에 따른 말고기와 시중에 판매되고 있는 말고기의 품질을 밝혀 말고기 품질 향상 및 인증시스템 개발을 위한 기초자료로 활용할 목적으로 연구를 실시하였다.

II. 연구사

1. 근섬유

1) 근섬유의 분류 및 특징

근섬유는 구조, 수축, 대사 특성, 형태에 따라 여러 가지 방법으로 분류되어지는데, Beatty와 Bocek(1970)는 근섬유의 대사특성과 색의 차이로 Red muscle fiber(적색근섬유)와 White muscle fiber (백색근섬유)로 구분하였다. Red muscle fiber는 산화적 대사에 유리하게 발달되었고 White muscle fiber는 혐기적 대사에 유리하도록 발달되었다. 근육 내 산소를 운반하는 Myoglobin은 Fe^{2+} 이 산화되어 적색을 띤다. Red muscle fiber는 Myoglobin함량이 높아 적색을 띄고 산화적 대사에 유리한 반면에 White muscle fiber는 Myoglobin함량이 낮아 비교적 적색도가 낮다. White muscle은 Red muscle에 비해 Glycogen함량이 높아 혐기적 대사에 유리하다(Holloszy 등, 1976). Table 1은 Red muscle fiber와 White muscle fiber의 생화학적, 물리적 특성을 비교한 것이다.

Peter 등(1972)은 수축 속도와 대사특성에 따라 근섬유를 구분하였는데 수축 속도가 빠르고 혐기적 대사가 발달한 근섬유를 Fast-Twitch-Glycolytic로 분류하였고, 수축 속도가 빠르고 산화적-혐기적 대사 모두 가능한 근섬유를 Fast-Twitch-Oxidative-Glycolytic으로, 수축 속도가 느리며 산화적 대사특성이 발달한 근섬유를 Slow-Twitch-Oxidative으로 분류하였다. 이는 각각 Brook, 등(1970)이 분류한 Type II B, Type II A, Type I 에 해당된다. Myoglobin은 근육 내의 색소 단백질로 함량이 높을수록 붉은 색을 띄게 되는데, Type I 과 Type II A 에서는 Myoglobin함량이 높는데 비해 Type II B에서는 Myoglobin함량이 낮다고 보고되었다(Morita 등, 1970). 또한 Type I 과 Type II A의 주변에 모세혈관의 분포도 Type II B보다 많았는데, 이는 Tpe I, Type II A에서 모세혈관 분포가 높아 물질교환이 비교적 원활하게 이루어져 산소를 필요로 하는 산화적 대사에 유리

하다는 증거가 된다(Karlström, 1995). 근섬유의 분류를 TypeⅡX를 포함한 4가지로 분류하기도 하는데, TypeⅡX는 TypeⅡA와 TypeⅡB의 중간성질을 갖는다(Schiaffino 등, 1989). 근섬유 간에 수축 속도는 TypeⅡB가 가장 빠르며 다음으로 TypeⅡX, TypeⅡA, Type I 순으로 수축 속도가 빠르다고 보고되었다(Schiaffino 등, 1996). 다양한 근섬유 형태는 Myosin Heavy Chain (MHC)특성에 의해 나타나는데, MHC-1은 Type I 에서 확인되었고 MHC-2a는 TypeⅡA에서, MHC-2d는 TypeⅡB 그리고 MHC-2X는 TypeⅡX에서 확인되어졌다(Pette 등, 2000). 근섬유 형태에 따라 서로 다른 MHC가 함유되어 있어, 근섬유 형태에 따라 다른 ATPase 활성이 나타난다(Picard 등, 1999). 근섬유구성에 따라 사후 근육이 식육으로 전환되었을 때 식육의 품질과 관련될 수 있다(Karlsson 등, 1999).

Table 1. Comparison of physical and biochemical properties between red and white muscle fibers

Property	Red	White
contraction time	Slow	Fast
Relaxation time	Slow	Fast
Rate of fatigue	Slow	Fast
Myoglobin	High	Low
Glycogen content	Low	High
Lipid content	High	Low
Connective tissue content	Low	High
Creatine phosphate and ATP content	Low	High
Soluble protein, low ionic strength solution	Low	High
Number of mitochondria	High	Low
Size of muscle fibers	Smaller	Larger
Z-line width	Wide	Narrow
Calcium content	Higher	Lower
Blood supply, amount	More	Less
RNA content	Higher	Lower
Sarcoplasmic reticulum	Less	More
Innervation, surface area	Shallow	Deep

From Pearson and Young (1989).

2) 근섬유와 육질연관

근섬유 조성은 육색, 보수력, 연도, 다즙성, 풍미 등을 포함한 여러 측면에서 육질에 영향을 미친다. 근섬유에 Cross sectional area (CSA, 근섬유단면적)가 증가하면 보수력, 연도 등 육질에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다고 보고되어지고 있다 (Rehfeldt 등, 2000). 돼지에서 돌연변이가 된 Ryr1, IGF II 또는 RN유전자는 근섬유에 CSA를 증가시킨다고 보고되고 있다(Essen-Gustavsson 등, 1992). 하지만 Berri 등(2007)은 broiler에 가슴살에서 CSA가 높을수록 보수력과 연도가 더 좋아진다고 보고하였다. 식육에 육질에 있어서 Total number of fiber (TNF)는 중요한 요인 중에 하나이다. TNF 증가하면 CSA는 낮아지면서 살코기양이 증가하고 근섬유에 육질이 보존된다(Lefaucheur 등, 2010). 높은 비율의 Type II B는 사후 높은 pH에 원인이 되어 식육에 낮은 WHC를 갖게 하고, Type I 와 Type II A에 비율이 높을수록 사후 근육이 높은 pH를 지니게 되어 사후 대사속도와 낮은 Drip loss(가열감량)와 연관되어 높은 WHC (water holding capacity, 보수력)를 갖게 된다. 또한, 돼지고기에서 TNF와 Type I 가 증가할수록 견도가 높아진다고 보고되었다(Ryu 등 2005). 근섬유 특성은 육색, WHC, 조직감, 마블링 등 식육에 외관품질에도 영향을 미치는데 Myoglobin 함량과 Myoglobin 산화비율은 근섬유 특이적으로 나타난다. Red muscle이 증가하면 식육의 Myoglobin 함량 증가와 함께 적색도도 증가한다(Kim 등, 2010). 그리고 Type I 의 비율이 높아질수록 명도 값은 낮아지고 Type II B가 높아질수록 명도 값도 높게 나타났다(Ryu 등, 2005). 또한, 근섬유 크기에 있어서, 근육에 큰 Type II B 근섬유는 높은 명도 값과 낮은 WHC와 연관이 있다고 보고되었다(Kim 등, 2013). IMF를 포함한 결체조직함량 또한 근섬유특성에 따라 서로 다르게 나타난다(Klont 등, 1998). IMF함량은 식육에 관능적 품질에 영향을 주는 주요한 요인이다. 지질은 주로 Type I 과 약간에 Type II A에 저장 된다고 보고하였다(Essen-Gustavsson 등, 1994). 또한, Red muscle fiber의 비율이 높을수록 IMF함량이 높아지며, White muscle의 비율이 높을수록 IMF함량은 낮아진다고 보고되었다(Hawng 등, 2010). 하지만 Henckel 등(1997)은 Type II B에 빈도가 높아질수록 IMF의 함량이 높아진다고 보고하였다. 식육의 연도는 식육동물의 사후 근육대사와 연관되어있다(Essen-Gustavsson 등, 1985).

2. 근육의 식육화

일반적으로 사람이 섭취하는 식육은 본래 식육동물의 운동기능 역할을 하는 골격근에서 얻어지는 것이다. 식육동물의 골격근이 사후 식육으로 전환될 때 혈액순환이 중단되어 물질교환이 이루어지지 않아 근육에 필요한 에너지, 산소 공급이 중단되고, 대사산물이 근육 내 축적되어지며, 이러한 생화학적인 변화에 의해 식육의 특성이 다양하게 나타나게 된다. 근육이 식육으로 전환되는 시점은 혈액순환이 중단되었을 때다. 혈액순환은 방혈된 후 중단이 되는데 이때가 식육으로 전환되는 시작점이라 할 수 있다. 사후에도 항상성을 가지고 있어 근육 내 일정 Adenosine triphosphate (ATP)수준을 유지하기 위해 에너지 대사가 한동안 이루어지는데, 사후 초기 근육 내에 Phosphocreatine이 존재해 약 70%가 소모될 때까지 ATP의 농도를 일정하게 유지하게 된다. 혈액순환이 중단된 후에도 근육 내 남아있던 약간의 산소를 이용하여 ATP가 생성되어지는데 산소가 지속적으로 공급되지 않아 장기간 지속되지 않는다. 따라서 주로 사후 근육은 Glycogen을 이용한 혐기적 대사를 통해 ATP농도를 유지하게 되는데 Glycogen이 해당작용으로 ATP를 생성하고 남은 젖산이 근육에 축적되게 된다. 이렇게 하여 생성된 ATP는 주로 Myosin ATPase에 의해서 소모되어 지는데, ATP가 소모되면 근육 내 Actin과 Myosin의 불가역적 상호결합을 해리시킬 에너지가 없어 근육이 단단하고 신장성 없는 상태가 되는데 이러한 현상을 사후강직이라고 한다(박 등, 2004).

식육동물은 도축된 후 냉장 저장한 후 소비자들에게 판매가 되는데, 냉장 저장되는 동안 사후 대사과정을 통해 근육이 식육으로 전환되어진다(Ouali 등, 2006). 식육 사후에 Peptidases에 의해 근원섬유 구조가 연화되어 연도가 개선된다(Ouali, 1992). 식육의 연화에 있어서 처음으로 주목받은 효소는 Cathepsins이다. 이후에, Calpains이 더 주목받았는데, 연도와는 연관이 없었음에도 불구하고, Z-line의 밀도를 변하게 하는 능력이 사후에 자주 발견되었기 때문이다(Taylor 등, 1995). 최근 연구결과에 따르면 Proteasome은 근섬유를 포함한 모든 세포의 단백질을 분해하는 주요 역할을 한다(Rechsteiner 등, 2005). Proteasome(26S)은 19S 조절부분과 20S 다중축매구조로 이루어져 있는데 19S 조절부분은

Polypeptide를 펼치고 인식하며, 20S 다중축매구조는 단백질분해효소역할을 가진다(Dahlmann 등, 1995; Dahlmann 등, 2001; Goll 등, 2008). Proteasome은 사후 식육에 조직감을 개선하는 중요한 단백질 분해 시스템 중 하나일 것이다 (Sentandreu 등, 2002).

근육이 식육화되는 과정 중, 초기 사후대사는 육질과 연관이 있는데, 45분 사후 대사 속도가 증가할수록 WHC는 떨어지고, 육색은 창백해지고 pH가 낮게 나타난다(Ryu 등, 2005). 근육이 식육으로 전환되는 동안 lactic acid가 근육조직에 축적되어 식육의 pH가 감소하게 되는데, pH가 등전점에 가까워지면, 음전하와 양전하는 서로 정전기적 인력에 의해 끌리게 되고, 그 결과 수분을 유지할 정전기적 인력이 없어 수분이 손실되어 WHC가 떨어진다고(Offer, 1991). 또한, 사후 근육에 45분 pH는 사후대사속도와 단백질 변성정도를 나타내는 증거가 된다(Sellier 등, 1994). 다즙성은 식육을 구매하는 소비자들에게 있어서 중요한 요인이 된다(Ouali 등, 2006). 다즙성은 사후 근육에 WHC와 자주 연관되었다. 반면, WHC의 주요 결정요인인 최종 pH는 식육의 다즙성에 무시해도 될 정도의 미미한 효과를 갖는다(Bouton 등, 1973).

3. 말도체 특성

우리나라 소비자들 사이에서 말고기는 마블링이 적고 질긴 고기로 인식되어 선호도가 떨어질 가능성이 있다(Seong 등, 2006). 하지만 그 이유는 식육을 얻기 위한 목적이 아닌 경주나 역용으로 사용되어지다가 사용수명이 다한 말을 도축하여 얻어져 어두운 육색에 적은 마블링을 가진 말고기를 사용하였기 때문이다. 하지만 최근 말고기에 유럽에서는 말고기에 품질에 주목하여 말을 육용으로 사육하고 어린 말에서 고기를 얻어 소비량이 증가하고 있다(Sarriés, 등 2006a).

1) 육색

식품 표면색은 소비자들에게 첫 번째로 평가되어지고 소비자가 식품을 선택하는데 있어 중요한 수단이 된다. 식육에 있어서 육색은 소비자들이 고기의 신선도

를 판단하는 기준이 되기 때문에 중요한 요소이다(Du 와 Sun, 2004; Leon 등, 2006). 일반적으로 식품색의 측정은 CIE Lab 시스템을 가장 많이 사용하여 왔다(Leon 등, 2006). CIE Lab 시스템은 국제 조명 위원회(CIE)가 채택한 색을 측정하는 국제적인 기준으로 L*값은 밝기를 나타내며 그 값의 범위는 0~100 사이이다. a*와 b*값은 유채색을 의미하며, a*값은 녹색과 적색을 나타내며 음의 값일 때 녹색을 나타내며 양의 값일 때 적색을 나타낸다. b*값은 음의 값일 때 푸른색을 나타내고 양의 값일 때 황색을 나타낸다. a*와 b*의 범위는 -120~120사이 값이다. Myoglobin(Mb)는 근육 내 색소단백질로 비단백부분인 Heme ring이 존재한다. Heme ring 중앙에 철 원자가 위치해 있어 여섯 결합을 형성 할 수 있다. Heme ring은 6th 위치에서 리간드와 가역적 결합을 할 수 있는데 리간드 결합상태와 철의 원자가 상태에 의해 근육색이 변한다. 6th 위치에 리간드가 존재하지 않고, Heme 철원자가 Fe^{2+} 상태일 때 Deoxymyoglobin 상태가 되어 근육색이 보라색이 된다. 보통 진공팩에 포장된 식육이나 식육이 절단된 즉시 Deoxymyoglobin 상태가 된다. Deoxymyoglobin 상태를 유지하기 위해서는 낮은 산소분압이 필요한데 산소에 노출되어 산소화가 되면 Mb이 산소에 노출되어 근육이 선홍색이 된다. 이때 철의 원자가에는 변화가 없고 6th 자리에 산소분자가 자리하게 된다. Heme ring의 철원자가 산화되어 Fe^{3+} 상태가 되면 Metmyoglobin 상태가 되어 갈색으로 변색된다(Mancini 등, 2005; Leon 등, 2006). Figure 1은 식육의 표면에서 Mb의 산화 환원반응의 상호전환에 의한 육색변화를 나타낸 그림이다.

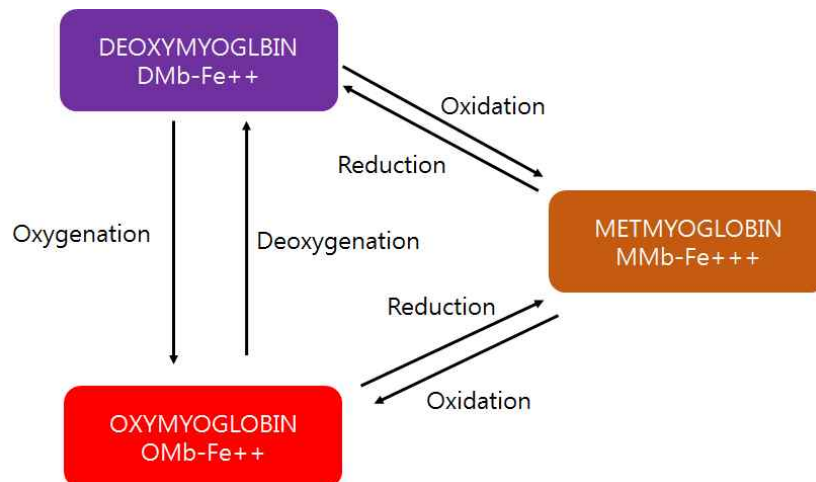


Figure 1. Visible myoglobin redox interconversions on the surface of meat

말고기의 육색은 최근 여러 연구자들에 의해 측정되어 졌는데, 11개월령 Italian Heavy Draft horses의 성별 간, 근육 간 육색을 측정한 결과 성별 간 육색의 차이는 나타나지 않았지만, 근육 간 차이를 보였는데, *Rectus femoris*에서 L*값과 a*값이 각각 38.21, 11.92로 가장 높게 나타났고, *Biceps femoris*에서 L*값과 a*값이 각각 34.13, 9.38로 가장 낮게 나타났으며, b*값은 *Rectus femoris*에서 0.93으로 가장 높았고 *Semitendinosus muscle*에서 -0.87로 가장 낮게 나타났다(Tateo 등, 2008). 15개월령 Galician Mountain과 Hispano breton교잡종의 근육 간 비교 결과 *Semitendinosus muscle*에서 L*값이 37.26으로 가장 높게 나타났고, *Triceps Brachii*에서 33.37로 가장 낮게 나타났으며 Tateo 등(2008)이 연구한 결과와 비슷한 경향을 보였다(Franco 등, 2014) 제주도내에서 도축된 제주마, 제주산마의 육질등급이 1등급인 말고기의 경우 등심에서 a*값이 20.13으로 Tateo 등(2008), Franco 등(2014), Sarriés 등(2005), Polidori 등(2015)이 연구한 결과 각각 11.34, 15.38, 7.16, 12.24보다 높게 나타났다(Cheong 등, 2013). Sarriés 등(2005)이 연구한 결과에 따르면 16개월령 Burguete에서 L*값이 성별 간 차이를 나타냈는데 수컷에 L*값이 49.47로 암컷 52보다 낮게 나왔는데 수컷에서 얻어지는 고기가 암컷에서 얻어지는 고기보다 더 어두운 이유는 더 많은 신체활동에 의한 것으로 보고되고 있다(Seideman 등, 1982). Table 2은 여러 연구자들이 연구한 말고기의 육색을 나타낸 표이다.

Table 2. Color characteristics of horsemeat

Reference	Slaughtered age	Breed	Aging	Sex	Muscle ¹⁾	L*	a*	b*
Franco(2014)	15 months	GM x HB	24h	M and F	LD	35.93	15.38	8.07
					SM	34.23	16.49	7.70
					ST	37.26	15.38	8.02
					BF	34.57	16.90	8.09
					TB	33.37	17.49	8.20
					PM	35.31	19.11	9.38
Lorenzo 등(2013)	15 months	Galician Mountain	24h	M and F	LD	39.16	17.40	10.97
					SM	38.68	18.74	11.58
					ST	40.86	17.30	11.17
					BF	38.76	18.58	10.90
					TB	37.16	19.15	11.05
					PM	38.11	19.15	10.62
Sarriés(2005)	16 months	Burguete	24h	M	LD	49.54	12.28	14.32
					RA	36.61	13.61	5.51
					F	LD	53.61	10.26
	24 months			M	RA	34.12	15.47	5.71
					LD	49.56	13.8	14.75
					RA	37.33	13.71	5.81

				F	LD	50.11	12.79	13.52
					RA	69.12	2.61	11.98
Polidori 등(2015)	8 months	Franca	NR	M and F	LTL	33.57	12.24	8.76
	12 months					32.34	11.49	7.87
Seong 등(2006)	16~20 months	jeju horse	24h	M and F	LD	30.76	15.23	5.37
Cheong 등(2013)	NR	NR	24h	M and F	Loin	33.68	20.13	10.94
					Chuck roll	32.72	18.45	8.65
					Top Round	29.66	16.79	7.73
Tateo 등(2008)	11 months	Italian Heavy Draft	10d	M and F	BF	35.13	9.38	-0.80
					LD	36.58	11.34	0.25
					RF	38.21	11.92	0.93
					SM	35.32	11.62	-0.67
					ST	37.73	10.70	-0.87

¹⁾LD: longissimus dorsii; SM: semimbranosus; ST: semitendinosus; BF: biceps femoris; TB: triceps brachii; PM: psoas major; RA:rectus abdominis; LTL: longissimus thoacis et lumborum.

GM×HB: Galician Mountain×Hispano Breton.

NR: not reported.

2) 조직감

소비자 조사에 따르면 연도는 식육의 품질에 있어서 중요한 요소로 식육의 재구매 결정에 영향을 미친다(Maltin 등, 2003). 식육의 연도에 원인이 되는 요인들은 근원섬유특성, 결체조직, 근절길이, pH 그리고 IMF함량 등이다(Geay 등, 2001; Christensen 등, 2011). 결체조직은 사후에 비교적 안정적이고, 냉각상태, 전기자극, 숙성 등의 영향을 받지 않지만 열안정성은 결체조직에 영향을 주어 연도가 변하는 원인이 된다. 결체조직의 열안정성에 영향을 미치는 요인은 콜라겐 섬유간의 가교결합 수와 형태에 의해 영향을 미친다(Geay 등, 2001). Christensen 등(2011)은 IMF함량과 근절길이는 조리된 소고기에서 음의 상관관계를 보였고, 24시간 pH에서 정의 상관관계를 보였지만 콜라겐함량은 전단력에 유의적인 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 하지만 Ngapo 등(2002)은 콜라겐 함량이 높을수록 전단력이 높아진다고 보고하였다.

Tateo 등(2008)은 말고기에서 성별에 따른 전단력은 Raw meat에서 수컷 3.38kg, 암컷 3.14kg이고 Cooked meat에서는 수컷 5.24kg, 암컷 5.98kg으로 유의적 차이가 없었다고 보고하였고, 근육 부위 사이에서는 *Biceps femoris*에 Raw meat, Cooked meat에서 각각 3.68kg, 5.95kg으로 가장 높은 값을 보였고, *Semitendinosus muscle*에서 각각 2.98kg, 5.33kg으로 가장 낮은 값을 나타냈다. Sarriés 등(2006b)과 Franco 등(2011) 또한 성별 간에 전단력의 차이는 없다고 보고되었다. 하지만 Franco 와 Lorenzo(2014)는 근육부위 간에는 전단력의 차이가 나타나지 않는다고 보고하였다. 국내에서 연구된 결과로는 12일 숙성한 제주마에서 전단력이 4.66kg을 나타냈고(Seong 등, 2006), 제주도에서 도축된 1등급 말의 등심에서 5.87kg으로 측정되었다(Cheong 등, 2013). Table 4는 여러 연구자들이 밝혀낸 말고기의 전단력을 나타낸 표이다.

Table 3. Shear force of horsemeat

Reference	Slaughtered age	Breed	Sex	Muscle ¹⁾	Sample	Aging(day)	WBSF(kg)
Sarriés 등(2006b)	16 months	Burguete	M	LD	Cooked	4d	4.97
						8d	3.53
			F	4d	4.81		
				8d	3.65		
	24 months		M			4d	4.57
						8d	4.31
			F	4d	4.98		
				8d	4.53		
Seong 등(2006)	16~20 months	jeju horse	M and F	LM	Cooked	1d	9.10
						3d	7.65
						7d	5.71
						12d	4.66
						18d	3.98
						25d	3.67
Litwińczuk 등(2008)	10 years	NR	M and F	LL	Raw	2d	4.6
						ST	7.1
					Cooked	LL	6.4
						ST	7.9
					Raw	LL	13.5
						ST	6.4
Tateo 등(2008)	11 months	Italian Heavy Draft horses	M and F	BF	Raw	3d	3.68

					LD	Cooked		5.95
					LD	Raw		3.04
					RF	Cooked		5.77
					RF	Raw		3.37
					SM	Cooked		5.71
					SM	Raw		3.20
					ST	Cooked		5.30
					ST	Raw		2.98
						Cooked		5.33
Franco 등(2011)	9 months	Galician Mountain	M and F	LD	Cooked	4d		2.67
	12 months							2.78
Lorenzo 등(2013)	15 months	Galician Mountain	M and F	LD	Cooked	4d		3.49
				SM				4.01
				ST				4.06
				BF				4.57
				TB				4.55
				PM				3.73

¹⁾LD: longissimus dorsii; LM: M. longissimus; LL: longissimus lumborum; ST: semitendinosus; BF: biceps femoris; RF: SM: semimbranosus; TB: triceps brachii; PM:psoas major.

NR: not reported.

3) Water-holding capacity (WHC, 보수력)

식육에서 수분을 보유하는 능력을 WHC이라 하는데, 수분은 식육에 있어서 중요한 구성요소로 식육무게의 거의 75%가까이를 차지한다(Traore 등, 2012). 식육에 높은 Drip loss는 일반적으로 보기 좋지 않은 외관 때문에 구매 욕구를 떨어뜨리고 그 결과로 판매량이 감소한다.(Forrest 등, 2000). 또한 불량한 WHC는 식육사업에서 매년 큰 경제손실을 발생시킨다(Huff-Lonergan 등, 2005). 식육 내의 수분은 그 존재 상태에 따라 결합수, 고정수 그리고 유리수로 구분된다. 물분자는 극성을 띄고 있어 단백질의 잔류기와 전기적으로 결합되는데 이러한 수분들을 결합수라고 한다. 결합수는 화학적으로 결합되어 있기 때문에 외부로부터 물리적인 힘을 가하여도 쉽게 삼출되지 않는다. 결합수와 전기적 인력에 의해 붙어있는 수분들을 고정수라고 하는데 고정수는 외부의 강한 물리적 충격에 의해 삼출될 수 있다. 유리수는 표면장력에 의해 약하게 결합되어 쉽게 삼출된다(박 등, 2004). WHC는 측정방법에 따라 다양한 값을 나타내지만 같은 방법으로 실험을 할 경우 시료 간의 차이를 확인 할 수 있다. 말의 성별 간 보수력 차이에 있어서, Franco 등(2011)과 Sarriés 등(2005)이 연구한 결과에 의하면 성별 간 보수력의 차이를 보이지 않았지만, Tateo 등(2008)은 조리 시 수컷이 암컷보다 수분손실이 더 높았다. Tateo 등(2008)이 연구한 결과에 의하면 근육 부위별로 WHC에 차이가 나타나지 않았지만, Lorenzo 등(2013a)은 *Longissimus dorsi*에서 Drip loss 값이 가장 높았고, *Semitendinosus*에서 가장 낮았다고 보고하였고, Franco 와 Lorenzo(2014)이 연구한 결과 *Longissimus dorsi*에서 Cooking loss가 가장 높게 나타났고, *Triceps brachii*에서 가장 낮은 값을 보였다. 도축일령에 따른 WHC에 유의적 차이를 나타내지 않았다(Sarriés 등, 2005; Franco 등, 2011; De palo 등, 2013).

4) 이화학적 특성

제주도에서 생산된 제주마 및 제주산마의 등심 수분함량은 69.93%으로 나타났는데(Cheong 등, 2013), 이는 Tateo 등(2008)이 연구한 11개월령 Italian Heavy

Draft horses에서 등심의 수분함량 범위 69.51%와 Litwińczuk 등(2008)이 연구한 폴란드에서 도축된 말에서 등심의 수분함량 범위 69.78%와 비슷한 경향을 보였다. 하지만 8개월령 Franca donkey에서 77.3%, 15개월령 Galician Mountain에서 76.49%, 15개월령 Galician Mountain과 Hispano Breton교잡종의 수분함량이 75.05%로 차이를 보였는데 이는 품종, 연령에 의한 차이로 보인다(Franco 등, 2013. Lorenzo 등, 2013. Polidori 등, 2015).

Intramuscular fat(IMF)은 말고기에서 다양한 변이를 보였는데, Tateo 등(2008)의 연구 결과에 따르면 말의 IMF함량이 4.52%로 나타났고, Litwunczuk 등(2008)은 6.59%, Franco 와 Lorenzo(2014)은 0.15%로 IMF함량이 매우 다양하게 나타났다. IMF함량은 도축연령, 품종, 성, 근육조성, 후기 영양에 따라 다양하게 나타난다고 알려져 있다(Lorenzo 등, 2014). Sarriés 등(2005)은 IMF함량이 성별 간 차이를 보이지 않았는데, Tateo 등(2008)은 말고기의 IMF함량이 성별 간에 차이가 있다고 보고하였다. 도축일령 간 IMF함량이 차이를 보였는데 24개월에 도축된 말이 16개월에 도축된 말보다 더 IMF함량이 높았다(Sarriés 등, 2005). Tateo 등(2008)에 의하면 근육부위 간 IMF함량에 차이를 보이지 않았지만, Franco 등(2014), Litwińczuk 등(2008), Lorenzo 등(2013)은 근육부위 간 IMF 차이를 보였다. *Semitendinosus*와 *Biceps femoris*에서 IMF함량이 높다고 보고되었는데(Franco 등, 2014. Lorenzo 등, 2013), Litwińczuk 등(2008)은 *Longissimus lumorum*이 *Semitendinosus*보다 더 IMF함량이 높게 나타났다. 도축 4개월 전부터 농후사료를 하루에 1.5kg씩 급여한 그룹과 3kg씩 급여한 그룹에 IMF함량을 비교해본 결과 1.5kg씩 급여한 그룹에서 0.15%, 3kg씩 급여한 그룹에서 0.58%로 3kg씩 급여한 그룹에서 IMF함량이 더 높게 나타났다(Franco 등, 2013).

III. 재료 및 방법

1. 공시동물

1) 비육기간에 따른 육질분석

본 연구에 사용된 시험축은 제주마 18두, 제주마×더리브렛 교잡종 18두를 비육하였으며 시험축은 농후사료를 1일 체중의 1.5%씩 급여하였고, 조사료는 자유채식 하였다(Table 4).

Table 4. Fattening period and feeding program

Fattening Period(month)	Number			Feeding Program
	Total	Jejuhorse	Jeju×TRBR	
0	6	3	3	Concentrate : 1.5% of weight. Hay: voluntary intake.
3	6	3	3	
4	6	3	3	
5	6	3	3	
6	6	3	3	
7	6	3	3	
8	6	3	3	
Total	42	21	21	

¹⁾Jeju×TRBR: Jeju horse×Thoroughbred

2) 말도체 등급판정에 따른 육질분석

말도체의 등급판정에 따른 육질분석을 하기 위해 제주에서 생산된 말 59두를 제주축협공판장에서 ‘축산물위생관리법 시행규칙 제2조(가축의 도살·처리 및 집유의 기준)’에 따라 도살 처리하였고, 도축한 다음 1일 간 4℃에서 냉장 저장한 후 등심심부온도가 0~5℃일 때 등급판정기준에 따라 육량(도체중량, 등지방두께, 등심단면적)과

육질(근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도)을 축산물 품질평가원 공고 제 2011-11호에 의해 판정하였다(축산물품질평가원 공고 제2011-11호). 진공 포장한 다음 분석에 이용할 때까지 -24℃에서 냉동·보관 한 후 실험에 이용하였다. 등급 판정결과는 Table 5로 나타냈다.

Table 5. Horse carcass grading result

Quality Grade	Quantity Grade			Total
	A	B	C	
1+	0	1	1	2
1	5	4	6	15
2	12	9	21	42
3	0	0	0	0
Total	17	14	28	59

2. 보수력 측정

보수력 측정은 Drip loss, Cooking loss 그리고 Filter Paper Fluid Uptake(ffu) 3가지 방법을 이용하여 측정하였다.

1) Drip loss

Drip loss 측정방법은 도축 후 45분이 지난 말도체의 마지막등뼈(흉추)와 제1허리뼈(요추) 사이를 절개하여 얻어진 등심근을 Honikel(1986)이 제시한 방법에 측정하였다. core를 이용하여 시료를 채취(4×7×2.5cm)한 후 polyethylene bag 시료를 표면이 닿지 않도록 현수한 다음 냉장온도 4℃에서 48시간 저장한 시료의 유리된 육즙량을 최초시료무게에 대한 백분율로 계산하였다.

$$Driploss(\%) = \frac{(\text{최초시료무게}(g) - 48h \text{ 후 시료무게}(g))}{\text{최초시료무게}(g)}$$

2) Cooking loss

조리 된 식육에 삼출되는 수분의 양을 측정하기 위해 등심근 시료를 2×4×6cm로 절단한 시료의 무게를 측정한 후 polyethylene bag에 잔여 공기가 들어가지 않도록 감싸 80℃ 항온수조 (Kmc-1205SW1, Vision Co., USA)에서 심부온도 70℃가 될 때 까지 가열한 다음 30분간 식힌 후에 시료의 무게를 측정하여 손실된 무게를 최초시료무게에 대한 백분율로 계산하였다.

$$Cookingloss(\%) = \frac{(\text{최초시료무게}(g) - \text{가열 후 시료무게}(g))}{\text{최초시료무게}(g)}$$

3) Filter Paper Fluid Uptake(FFU)

FFU측정은 Kauffman 등(1986)에 의한 방법으로 측정하였다. 등심근 시료를 절개한 후 30분 동안 상온에 노출시킨 다음 표면에 삼출된 수분을 5.5cm 여과지 (Advantec #1)을 이용하여 표면에 접촉 후 여과지에 묻어난 수분을 저울 (Eit202, Sartorius Co., USA)를 이용하여 측정하였다.

3. 육색 측정

시료의 육색은 도축 후 45분, 24시간 두 번 측정하였다. 도축 후 45분 말도체의 육색은 마지막등뼈(홍추)와 제1허리뼈(요추) 사이를 절개하여 등심근 시료를 채취한 후 노출된 등심근 단면에 Minolta chromameter (Model CR-300, Minolta Camera co. Osaka., Japan)으로 3반복하여 명도 (Lightness, L*), 적색도 (Redness, a*)그리고 황색도 (Yellowness, b*)값을 측정하였다. 24시간 후 육색은 채취한 등심근 시료를 4℃에서 24시간 냉장보관한 후 절개하여 30분간 공기 중에 노출시켜 blooming한 후 45분 육색과 같은 방법으로 측정하였다.

4. pH 측정

pH측정은 도축 후 45분이 지난 다음 말도체의 마지막등뼈 (흉추)와 제1허리뼈 (요추) 사이를 절개하여 등심근 시료를 채취한 후 노출된 등심근 단면에 potable pH meter (Model HM-17MX, TOADKK, Japan)을 이용하여 측정하였다. 24시간 pH는 등심근 시료를 4℃에서 24시간 냉장보관한 후 45분 pH측정과 같은 방법으로 측정 하였다. 사후 말도체의 pH변화를 알아보기 위해 등심근 시료를 채취한 후 노출된 등심근 표면에 Data logger pH meter (Model pH-230SD, Lutron, Taiwan)을 이용하여 5분단위로 pH를 측정하였다.

5. 조직감 측정

가열감량을 측정한 샘플을 $1.5 \times 1.5 \times 1.5 \text{cm}$ 으로 절단한 후 Rheometer (compac-100, Sun scientific Co., Japan)을 이용하여 6mmprobe를 근섬유의 수직방향으로 75%까지 압착하여 hardness, cohesiveness, springiness, adhesiveness, gumminess, chewiness 그리고 resilience를 측정하였다.

6. 근섬유

1) 근섬유분류

근섬유를 분류하기 위해 도축 후 45분 말도체의 마지막등뼈(흉추)와 제1허리뼈(요추)사이에서 등심근 시료를 채취하여 액체질소를 이용하여 냉동시킨 후 -80°C 로 저장하였다. 근섬유의 단면을 미세절편기 (DM 1950. Leica Co., Mannheim, Germany)로 $10\mu\text{m}$ 에 두께로 절편하여 Myosin adenosine triphosphatase에 활성을 이용하여 염색하였다(Lind 등, 1991). 근섬유의 구분은 Brooke 와 Kaiser(1970)에 의한 명명법을 사용하여 Type I, Type II A, Type II B로 분류하였다.

2) 근섬유분석

염색된 샘플은 현미경 (DM2500, Leica, Germany)를 이용하여 관찰하였고, Image-pro[®]plus (Image & Graphics, Seoul, Korea)를 이용하여 근섬유를 분석하였다.

7. 등급판정

1) 육량등급

육량등급판정은 말도체의 마지막 등뼈와 제1허리뼈 사이를 절개하여 나타난 배최장근 단면에 등지방두께, 배최장근 단면적을 측정된 결과와 도체중량을 정육량 예측치 산식에 대입하고 산출된 정육량 예측치에 따라 A등급, B등급, C등급으로 구분하였다.

$$\begin{aligned} \text{정육량 예측치} &= 1.566 \times \text{등지방두께} (mm) \\ &+ 0.059 \times \text{배최장근단면적} (cm^2) \\ &+ 0.808 \times \text{도체중량} (Kg) \end{aligned}$$

Table 6. Meat weight predictive value range

Quantity Grade	Meat weight predictive value
A	184<
B	165~184
C	165<

2) 육질등급

육질등급판정은 말도체의 마지막 등뼈와 제1허리뼈 사이를 절개하여 배최장근 단면에 나타나는 근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도 등을 고려하여 육질을 판단하여 1⁺등급, 2등급, 3등급으로 구분하였다.

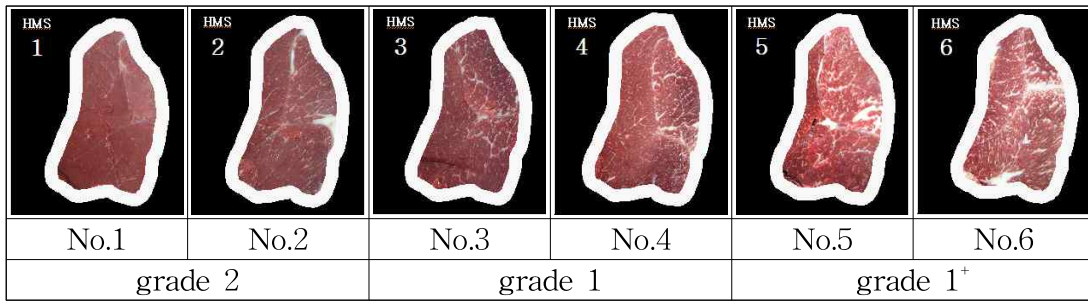


Figure 2. Intramuscular fat standard.

Table 7. Meat quality grade standard

Quality grade	No	Crude Fat content
1 ⁺	No.5~6	8.5%<
2	No.3~4	4.75%~7.56%
3	No.1~2	1.65%~3.07%

8. 통계분석

모든 실험결과에 통계처리는 SAS(Statistics Analysis System, USA) program(2001)을 이용하여 분산분석과 Duncan(1955)의 다중검정으로 각 요인간의 유의성($p < 0.05$)을 비교 분석하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 비육에 따른 육질특성

1) 비육기간에 따른 육질특성

비육기간에 따른 보수력, 육색의 특성을 분석하였다(Table 8). 보수력은 식육산업에 있어서 직접적, 간접적으로 경제성에 큰 영향을 미친다(Forrest 등, 2000; Huff-Lonergan 등, 2005).

비육기간에 따른 보수력은 FFU, Drip loss, Cooking loss이 3가지 방법으로 측정하였다. FFU 값의 범위는 $0.01 \pm 0.00 \sim 0.03 \pm 0.03$ 로 나타났고 비육기간에 따른 유의적 차이를 보이지 않았다. Drip loss는 8개월에서 4.04 ± 3.98 로 육즙손실이 가장 많았고, 3개월, 4개월, 7개월에서 각각 15.66 ± 4.61 , 1.76 ± 0.54 , 1.93 ± 0.52 로 수분손실이 적었다($P < 0.05$). Drip loss값의 범위는 $1.76 \pm 0.54 \sim 4.04 \pm 3.98$ 으로 나타났다. 조리 시 손실되는 육즙량을 나타내는 Cooking loss 측정 결과 8개월에서 21.00 ± 1.72 로 가장 많은 육즙이 손실되었고, 3개월, 4개월, 6개월에서 각각 15.66 ± 4.61 , 16.13 ± 4.81 , 14.98 ± 4.02 으로 육즙손실이 적었다($P < 0.05$). Cooking loss 범위는 $14.98 \pm 4.02 \sim 21.00 \pm 1.72$ 으로 심부온도 70°C 로 조리한 Franco 등(2013) 18.43, Lorenzo 등(2013) 19.25와 비슷한 값을 나타냈다. 하지만 Cheong 등(2013)이 연구한 결과 $51.44 \pm 5.12 \sim 56.75 \pm 8.87$ 와 비교하여 Cooking loss값이 낮게 측정되었다.

육색은 소비자들에게 처음으로 평가되어지는 식육에 품질로 소비자들에 구매의사에 큰 영향을 미친다(Du 등, 2004; Leon 등, 2006). 육색은 CIE Lab 시스템을 이용하여 측정하였다. 비육기간에 따른 육색을 측정한 결과 명도 (Lightness, L^*), 적색도 (Redness, a^*), 황색도 (Yellowness, b^*)값은 비육기간에 따른 유의적 차이를 보이지 않았다. L^* 의 범위는 29.61~31.88로 최근 연구된 결과 L^* 값에 범위 33.57~39.16보다 낮은 경향을 보였고 a^* 값의 범위는 16.86~18.63으로 최근 연구

된 결과범위 11.34~17.40와 비슷한 경향을 보였으며 b*값은 4.73~7.14으로 최근 연구된 결과범위 8.07~10.97보다 낮은 경향을 보였다(Tateo 등, 2008; Lorenzo 등, 2013; Fanco 등, 2014; Polidori 등, 2015).

Table 8. Effects of fattening period on meat quality characteristics

Month	FFU(mg)	Drip loss(%)	Cooking loss(%)	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)
0	0.03±0.03	2.94 ^a ±2.48	19.32 ^a ±3.15	29.61±2.02	18.43±1.24	5.60±2.01
3	0.01±0.00	1.87 ^b ±0.11	15.66 ^b ±4.61	31.03±0.50	16.75±2.14	4.73±0.41
4	0.01±0.01	1.76 ^b ±0.54	16.13 ^b ±4.81	29.33±1.88	17.86±1.25	4.87±1.41
5	0.01±0.01	2.20 ^{ab} ±0.77	19.80 ^a ±5.04	31.88±3.16	17.61±2.09	5.84±2.52
6	0.01±0.01	2.44 ^{ab} ±2.15	14.98 ^b ±4.02	30.75±2.89	16.86±1.47	4.64±1.43
7	0.01±0.01	1.93 ^b ±0.52	17.23 ^{ab} ±5.30	30.85±2.02	17.33±1.65	6.12±1.48
8	0.01±0.01	4.04 ^c ±3.98	21.00 ^a ±1.72	29.94±0.28	18.63±1.89	7.14±1.04
significance	N.S	*	*	N.S	NS	NS

significance: *P<0.05; N.S(not significant).

^{a-b}Mean with different superscript are significantly different in same column.

2) 비육 전 이용목적에 따른 육질특성

본래 용도인 경주마, 승용마, 식육마를 비육하여 pH, 보수력, 육색을 비교한 결과를 Table 9에 나타냈다. pH는 식육에 품질을 예측할 수 있는 중요한 요소로

사후 대사속도와 관련되어 식육에 육색, 연도, 보수력 등에 영향을 미친다(Offer, 1991; Ryu 등, 2005). 비육 전 이용목적에 따른 말도체의 pH는 범위는 $5.56 \pm 0.27 \sim 5.72 \pm 0.06$ 으로 유의적 차이를 보이지 않았다. Tateo 등(2008), Litwińczuk 등(2008), Franco 등(2014), Lorenzo 등(2014)이 연구한 결과 각각 5.53, 5.72, 5.65 그리고 5.59로 비슷한 값을 나타냈다.

보수력에 있어서, FFU는 비육 전 용도에서 유의적인 차이를 보이지 않았지만, Drip loss, Cooking에서 유의적 차이를 나타냈다. Drip loss는 승용마를 비육하였을 때 가장 높은 값인 4.24 ± 3.40 을 나타냈다($P < 0.05$). 비육 전 용도에 따른 Cooking loss를 측정하였을 때에도 승용마를 비육하였을 때 20.73 ± 4.47 로 가장 높은 값을 보였다($P < 0.05$). 이 결과로 보아 승용으로 사용되어지다가 비육하여 식용으로 사용했을 때 보수력이 가장 좋지 않은 것으로 판단된다. 비육 전 용도에 따른 말도체의 육색은 유의적 차이를 나타내지 않았다.

Table 9. Effects of purpose of use before fattening on meat quality characteristics

Purpose	pH (24h)	FFU (mg)	Drip loss (%)	Cooking loss (%)	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)
Racehorse	5.56 ± 0.27	0.01 ± 0.01	2.11 ^a ± 1.41	17.15 ^a ± 4.09	30.36 ± 2.21	17.62 ± 1.64	5.33 ± 1.80
Meat horse	5.57 ± 0.14	0.01 ± 0.01	2.70 ^a ± 2.61	17.76 ^a ± 5.22	31.22 ± 3.08	17.11 ± 1.65	5.23 ± 1.91
Riding horse	5.72 ± 0.06	0.04 ± 0.04	4.24 ^b ± 3.40	20.73 ^b ± 4.47	30.40 ± 3.08	17.99 ± 1.6	5.76 ± 3.46
significance	N.S	N.S	*	*	N.S	N.S	N.S

significance: * $P < 0.05$; N.S(not significant).

^{a-b}Mean with different superscript are significantly different in same column.

2. 유통되고 있는 말고기의 육질특성

시중에 유통 중인 말고기의 pH, 보수력, 육색을 측정하였다(Table 10). 시중에 유통되고 있는 말고기의 pH는 5.59로 나타났는데 최근 말고기에 pH측정한 여러 연구결과범위 5.53~5.72값과 비슷하였다(Tateo 등, 2008. Litwińczuk 등, 2008. Franco 등, 2014). L*값은 최근 진행된 연구결과들(33.57~39.1) 보다 높게 나타났는데, 이는 현재 제주에서 생산되어지고 있는 말고기들은 높은 출하일령으로 인한 많은 신체활동에 의한 것으로 판단되어진다(Tateo 등, 2008. Lorenzo 등, 2013. Fanco 등, 2014. Polidori 등, 2015). Table 11은 현wo 유통되고 있는 말고기의 조직감을 측정된 결과이다. 물리적인 특성 중 식육을 정해진 변형에 도달하기 위해 필요한 힘을 나타내는 경도(hardness)의 평균은 32.32±8.20으로 나타났다.

Table 10. Quality characteristics of market horsemeat

	pH(24h)	FFU (mg)	Drip loss(%)	Cooking loss(%)	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)
Mean	5.59	0.01	2.54	17.31	30.59	17.43	5.26
standard deviation	±0.25	±0.01	±2.12	±4.87	±2.77	±1.61	±1.84

Table 11. Texture of market horsemeat

	hardness (N)	cohesiveness	springiness (mm)	adhesiveness (mJ)	gumminess (N)	chewiness (mJ)	resilience
Mean	32.32	0.59	0.84	-2.95	15.43	12.38	0.13
Standard deviation	±8.20	±0.81	±0.88	±2.32	±4.92	±5.33	±0.02

3. 등급판정에 따른 육질특성

1) 육질등급에 따른 육질특성

말고기의 육질등급에 따른 육질특성을 비교하기 위해서 축산물품질평가에 의한 육질등급을 1+, 1, 2로 분류하여 pH, 보수력, 육색을 측정하였다(Table 12). pH는 $5.54 \pm 0.17 \sim 5.72 \pm 0.24$ 범위를 보였으며, 유의적 차이는 나타나지 않았다. 보수력 측정결과 FFU는 유의적 차이를 나타내지 않았지만 Drip loss, Cooking loss에서 1+등급이 각각 0.92 ± 0.56 , 10.69 ± 5.44 으로 1등급 2.61 ± 2.15 , 16.43 ± 3.33 2등급 2.70 ± 2.24 , 18.04 ± 5.08 보다 낮은 값을 보여 보수력이 더 우수한 것으로 나타났다 ($P < 0.05$). 육색을 나타내는 L*, a*, b*값에서는 유의적 차이를 나타내지 않았다.

Table 12. Effects of meat quality grade on meat quality characteristics

Grade	pH (24h)	FFU (mg)	Drip loss (%)	Cooking loss(%)	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)
1+	5.72 ±0.24	0.00 ±0.00	0.92 ^a ±0.56	10.69 ^a ±5.44	31.82 ±1.65	16.00 ±0.62	4.74 ±1.11
1	5.61 ±0.27	0.00 ±0.00	2.61 ^b ±2.15	16.43 ^{ab} ±3.33	30.13 ±1.93	18.16 ±1.78	5.68 ±1.87
2	5.54 ±0.17	0.01 ±0.01	2.70 ^b ±2.24	18.04 ^b ±5.08	30.98 ±2.97	17.15 ±1.51	5.18 ±1.93
significance	N.S	N.S	*	*	N.S	N.S	N.S

significance: *P<0.05; N.S(not significant).

^{a-b}Mean with different superscript are significantly different in same column.

식육에 있어서 조직감은 식육을 섭취하였을 때 소비자에 만족도에 직접적인 영향을 미치는 품질요소이다. 육질등급에 따른 말고기의 조직감은 Table 13에 나타났다. 식육을 섭취할 때 느껴지는 견도인 hardness를 측정 한 결과 1+등급에서 27.18±11.99로 가장 낮았다. 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 부착성(adhesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 그리고 탄성(resilience)값에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다.

위 결과로 보아 1+등급에 높은 보수력과 낮은 hardness는 식육을 섭취하였을 때 직접적으로 부드러울 것으로 판단된다. Figure 3는 육질등급에 따른 말고기에 등심근 사진을 나타낸 것이다.

Table 13. Effects of meat quality grade on texture

Grade	hardness (N)	cohesiveness	springiness (mm)	adhesiveness (mJ)	gumminess (N)	chewiness (mJ)	resilience
1+	27.18 ^a ±11.99	0.51 ±0.00	0.71 ±0.02	-2.82 ±2.05	14.19 ±6.67	10.05 ±4.48	0.12 ±0.00
1	31.82 ^b ±50.50	0.47 ±0.07	0.75 ±0.11	-2.34 ±1.39	14.97 ±3.37	11.64 ±3.53	0.12 ±0.00
2	32.92 ^b ±5.08	0.64 ±0.99	0.88 ±1.09	-3.20 ±2.64	15.68 ±5.43	12.75 ±6.02	0.13 ±0.03
significance	*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

significance: *P<0.05; N.S(not significant).

^{a-b}Mean with different superscript are significantly different in same column.

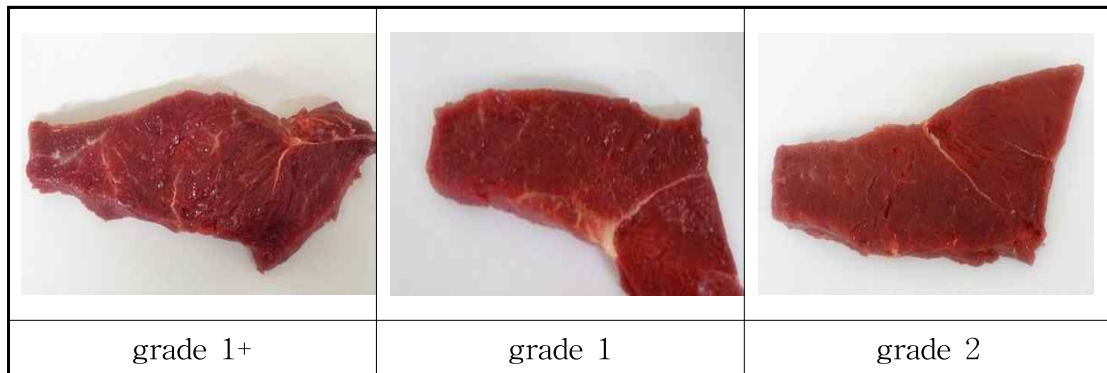


Figure 3. Horse loin of meat quality grade

2) 육량등급에 따른 육질분석

말고기의 육량등급에 따른 육질특성을 비교하기 위해 축산물품질평가에 의한 A 등급, B등급, C등급으로 분류하였으며 Table 14은 육량등급에 따른 pH, 보수력, 육색을 나타낸 표이고 Table 15은 육량등급에 따른 조직감을 나타낸 표이다. 육량등급에 의한 pH, 보수력, 육색, 조직감에서는 유의적 차이를 보이지 않았다. 이

결과로 보아 육량등급은 육질에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

Table 14. Effects of meat quantity grade on meat quality characteristics

Grade	pH (24h)	FFU (mg)	Drip loss(%)	Cooking loss(%)	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)
A	5.52 ±0.31	0.01 ±0.01	2.29 ±1.81	18.23 ±3.87	29.61 ±2.06	17.23 ±1.29	4.89 ±1.71
B	5.61 ±0.18	0.02 ±0.02	2.73 ±2.31	19.55 ±5.58	30.30 ±2.49	17.15 ±1.60	5.43 ±1.37
C	5.59 ±0.12	0.01 ±0.00	2.77 ±2.39	15.76 ±4.61	31.87 ±2.84	17.62 ±1.89	5.53 ±2.21
significance	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

significance: N.S(not significant).

Table 15. Effects of meat quantity grade on texture

Grade	hardness (N)	cohesiveness	springiness (mm)	adhesiveness (mJ)	gumminess (N)	chewiness (mJ)	resilience
A	34.26 ±9.28	0.46 ±0.09	0.68 ±0.13	-3.85 ±3.39	15.46 ±5.07	11.14 ±4.27	0.12 ±0.01
B	32.49 ±7.82	0.49 ±0.05	0.73 ±0.10	-2.71 ±1.32	16.07 ±4.05	12.35 ±4.35	0.13 ±0.02
C	31.67 ±7.57	0.73 ±1.21	1.00 ±1.32	-2.53 ±1.84	15.12 ±5.36	13.14 ±6.42	0.13 ±0.03
significance	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

significance: N.S(not significant).

4. 말의 품종 및 성별에 따른 육질특성

1) 품종별 말고기의 육질특성

Table 16는 말의 품종에 따른 pH, 보수력, 육색을 나타낸 표이다. pH에서 제주마와 더러브렛 교잡종에서 5.59 ± 0.21 로 더러브렛 5.40 ± 0.03 보다 높은 값을 나타냈다($P < 0.05$). 보수력 측정에서 FFU값은 $0.01 \pm 0.01 \sim 0.02 \pm 0.02$ 범위로 나타났으며 품종 간 유의적 차이를 나타내지 않았지만, Drip loss에서 제주마와 더러브렛 교잡종이 1.63 ± 2.33 로 가장 낮은 값을 보였으며, Cooking loss에서 제주마와 더러브렛 교잡종이 12.13 ± 4.66 으로 더러브렛 17.91 ± 1.35 보다 더 낮은 값을 나타냈다($P < 0.05$). 육색에서 품종간 유의적 차이를 나타내지 않았지만, 더러브렛에서 L* 값이 낮은 경향을 보였다.

Table 16. Effects of breed on meat quality characteristics

Breed ¹⁾	pH (24h)	FFU (mg)	Drip loss(%)	Cooking loss(%)	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)
Jeju× TRBR	5.59^a ± 0.21	0.01 ± 0.01	1.63^a ± 2.33	12.13^a ± 4.66	30.87 ± 2.80	17.34 ± 1.67	5.30 ± 2.00
Jeju	5.48^{ab} ± 0.15	0.01 ± 0.01	1.85^{ab} ± 0.57	18.08^b ± 2.88	30.60 ± 2.06	17.54 ± 1.64	5.31 ± 1.20
TBBR	5.40^b ± 0.03	0.02 ± 0.02	2.75^b ± 0.41	17.91^b ± 1.35	28.81 ± 0.53	18.87 ± 1.07	5.45 ± 0.26
signifi cance	*	N.S	*	*	N.S	N.S	N.S

¹⁾Jeju×TRBR: Jeju horse×Thoroughbred; Jeju: Jeju horse; TRBR: Thoroughbred.
significance: * $P < 0.05$; N.S(not significant).

^{a-b}Mean with different superscript are significantly different in same column.

품종별 말고기의 조직감을 분석한 결과는 Table 17에 나타냈다. 조직감 측정결

과 더러브렛에서 견도(hardness)가 28.49 ± 4.56 으로 가장 부드러웠다($P < 0.05$). 하지만 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 부착성(adhesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 그리고 탄성(resilience)값에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다.

Table 17. Effects of breed on texture

Breed ¹⁾	hardness (N)	cohesiveness	springiness (mm)	adhesiveness (mJ)	gumminess (N)	chewiness (mJ)	resilience
Jeju× TRBR	32.35 ^a ±8.57	0.61 ±0.90	0.86 ±0.99	-2.98 ±2.47	15.47 ±5.25	12.54 ±5.77	0.13 ±0.03
Jeju	33.28 ^a ±3.24	0.47 ±0.05	0.73 ±0.09	-3.03 ±1.73	15.60 ±2.40	11.49 ±1.76	0.13 ±0.01
TRBR	28.49 ^b ±4.56	0.54 ±0.04	0.77 ±0.03	-2.69 ±1.30	15.42 ±3.72	11.87 ±3.39	0.13 ±0.01
significance	*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

¹⁾Jeju×TRBR: Jeju horse×Thoroughbred; jeju: jeju horse; TRBR: Thoroughbred.
significance: *P<0.05; N.S(not significant).

^{a-b)}Mean with different superscript are significantly different in same column.

2) 성별 말고기의 육질특성

성별에 따른 말고기의 pH, 보수력, 육색을 비교한 결과를 Table 18에 나타냈다. 성별에 따른 pH는 유의적 차이를 나타내지 않았다. Tateo 등(2008)과 Franco 등(2011)도 성별 간 pH에 차이를 보이지 않았다. 하지만 Sarriés 등(2005)은 암컷에서 5.63, 수컷에서 5.56으로 암컷이 수컷보다 pH가 더 높은 경향을 보였다. 성별 간 보수력을 비교한 결과 유의적 차이를 나타내지 않았는데 이는 최근 연구된 결과들과 같았다(Sarriés 등, 2005. Tateo 등, 2008. Franco 등 2011). 성별 간 육색비교에서도 유의적 차이를 보이지 않았는데, Tateo 등(2008)과 Franco 등(2011)이 연구한 결과와 같았다. 하지만 Sarriés 등(2005)은 수컷에서 L*값이 49.47로 암컷 52보다 높았고, a*값이 수컷에서 7.69로 암컷 4.59보다 높았다.

Table 15는 성별 말고기의 조직감을 분석한 결과이다. 성별 간 조직감에는 유의적 차이를 나타내지 않았다.

위 결과들로 보아 성별 간 육질에 차이는 없는 것으로 나타났지만 더 많은 연구 결과를 지켜봐야 될 것으로 판단된다.

Table 18. Effects of sex on meat quality characteristics

Sex	pH (24h)	FFU (mg)	Drip loss(%)	Cooking loss(%)	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)
Female	5.49 ±0.20	0.01 ±0.01	2.28 ±1.36	17.84 ±5.16	30.27 ±2.33	17.78 ±1.73	5.16 ±2.18
Male	5.43 ±0.19	0.01 ±0.01	2.70 ±2.49	17.39 ±4.35	31.02 ±2.94	16.62 ±1.62	5.16 ±1.73
Gelding	5.42 ±0.22	0.01 ±0.00	3.47 ±3.17	14.31 ±6.16	31.46 ±2.35	16.11 ±0.37	5.41 ±0.17
significance	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

significance: N.S(not significant).

Table 19. Effects of sex on meat texture

Sex	hardness (N)	cohesiveness	springiness (mm)	adhesiveness (mJ)	gumminess (N)	chewiness (mJ)	resilience
Female	31.86 ±7.46	0.48 ±0.08	0.72 ±0.11	-3.24 ±2.50	15.59 ±4.65	11.79 ±4.20	0.12 ±0.01
Male	32.78 ±8.78	0.72 ±1.13	0.96 ±1.24	-2.61 ±2.34	15.09 ±5.29	12.78 ±6.30	0.13 ±0.03
Gelding	35.54 ±4.84	0.46 ±0.06	0.74 ±0.12	-3.06 ±1.51	16.36 ±4.04	12.26 ±3.70	0.13 ±0.01
significance	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

significance: N.S(not significant).

5. 말의 근육부위별 조직학적 특성 및 사후변화

1) 말의 근육부위별 조직학적 특성

Table 20은 말의 근육부위별 근섬유의 면적비율과 수의 비율을 나타낸 표이다. 근육은 조직학적 특성에 따라 사후변화가 다르게 나타나는데, 근섬유 비율은 pH와 연관되어 사후대사속도에 영향을 미친다(Ryu 등, 2005). *Triceps muscle*에서 Type I의 비율이 가장 높게 나타났는데, 이것으로 보아 사후 초기 pH가 높게 나타나게 되어 사후대사 속도가 느리게 진행될 것으로 예상되고, *Semimembranosus*에서 가장 높은 Type IIb 비율이 나타났는데, Type IIb는 사후 혐기적 대사의 산물인 젖산의 축적으로 인하여 사후초기 pH가 낮게 나타나고, 사후 대사 속도 또한 빠르게 진행될 것으로 판단된다.

Table 21은 근육부위별 근섬유의 크기를 나타낸 표이다. 일반적으로 Type IIb 근섬유가 Type I 근섬유보다 단면적이 더 넓은데 그 이유는 Type IIb는 혐기적대사가 발달하여 많은 양에 Glycogen을 함유하기 때문이다(Lefaucheur, 2010). 본 실험결과에서도 *Longissimus dorsi*를 제외한 모든 근육부위에서 Type IIb 근섬유가 Type I 근섬유보다 크게 나타났다. *Biceps femoris*에서 근섬유크기가 가장 크게 나타났는데 근섬유 단면적이 클수록 보수력, 연도에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다고 보고되었다(Rehfeldt 등, 2000). 하지만 반대로 육계에서는 오히려 근섬유 단면적이 높을수록 보수력과 연도가 좋아진다는 연구 결과가 있었다(Berri 등, 2007).

Table 20. Effects of muscle type on muscle fiber ratio

	Triceps muscle	Biceps femoris	Semitedinosus muscle	Semimemb rannosus	Longissimus dorsi
Type I area(%)	26.73±4.38	12.07±4.97	7.41±1.46	5.70±1.83	10.31±0.31
Type II a area(%)	32.95±6.29	31.90±1.03	39.71±1.49	20.75±0.46	35.96±2.98
Type II b area(%)	40.33±5.66	56.03±5.99	52.88±2.94	73.55±1.37	53.72±2.67
Type I no(%)	29.05±5.14	19.27±8.10	10.10±1.80	9.86±2.53	12.35±1.76
Type II a no(%)	33.42±6.22	34.60±0.84	43.77±1.18	29.38±0.79	42.18±3.57
Type II b no(%)	37.53±6.37	46.13±8.94	46.13±2.98	60.77±3.32	45.46±1.81

Table 21. Effects of muscle type on muscle fiber area

	Triceps muscle	Biceps femoris	Semitedinosus muscle	Semimemb rannosus	Longissimus dorsi
Mean area	2557±429	3758±541	3563±278	3294±211	2561±93
Type I Mean area	2473±873	2358±316	2610±156	2895±431	2678±411
Type II a Mean area	2518±411	3467±526	3231±218	2204±444	2085±215
Type II b Mean area	2817±41	4633±167	4084±282	3106±358	2606±672

2) 도축초기 말도체의 사후변화

사후 초기 pH변화는 근육이 식육으로 전환되는 속도를 나타내는 중요한 지표가 된다. 사후 근육의 pH강하는 혈액순환이 정지되어 물질교환이 일어나지 않아 에

너지 대사산물인 젖산이 근육 내 축적에 의한 것으로 식육동물의 종류, 환경온도, 근육의 종류, 도살방법, 도살 전 처리방법들에 따라 차이가 나타나며 식육에 중요한 영향을 미친다. 생체 내 근육에 pH는 7.0~7.3로 중성이지만, 사후 시간이 경과함에 따라 젖산이 축적되어 최종 pH에 도달한다. 최종 pH는 식육동물들마다 차이가 있으나 일반적으로 pH 5.4~5.8 값을 갖는다. 사후 초기 pH는 사후대사속도를 나타내는 지표로써 육질을 예측하는데 이용된다.

Figure 4는 제주에서 생산된 말의 사후 pH와 온도변화를 19시간 동안 측정된 결과를 나타낸 것이다. 사후 7시간 까지 pH가 지속적으로 강하되는 것을 확인할 수 있었다. 이후 19시 까지 pH가 크게 변화하지 않았다.

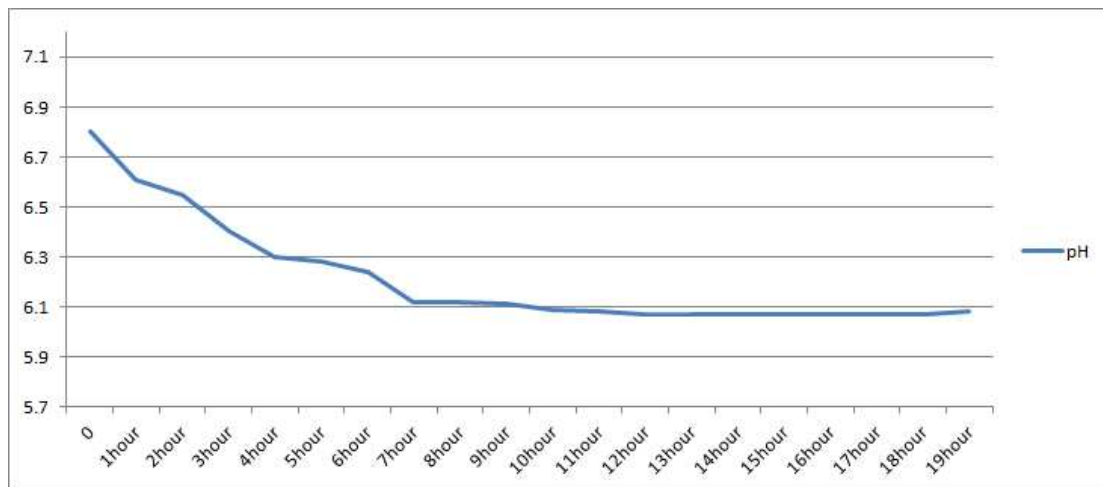


Figure 4. pH change of Postmortem horse carcass

3) 말도체의 사후변화와 육질과의 연관성분석

pH에 따른 말도체의 육색 및 보수력을 Table 22에 나타냈다. 사후 초기 근육에 pH는 사후대사속도와 단백질 변성정도를 나타내는 지표가 된다(Sellier 등, 1994). L^* 1h와 pH 3h, 6h와 각각 -0.803, -0.664에 상관관계를 나타냈고 ($P < 0.05$), 24시간 L^* 값에서는 사후초기인 1, 3, 6, 9시간 pH와 각각 -0.625, -0.751, -0.807, -0.941에 상관관계가 나타났다($P < 0.05$). 이 결과로 보아 초기 pH와 L^* 값 사이에 음의 상관관계가 있다고 판단된다. 24시간 Drip loss에서 사후

초기인 1, 3시간 pH와 각각 -0.686, -0.404에 상관관계가 나타났는데, 사후 초기 pH가 낮을수록 사후대사속도가 빠르게 진행된다. 사후 초기대사속도가 증가할수록 보수력이 떨어지고, pH가 감소하여 등전점에 가까워지면 음전하와 양전하가 서로 전정기적 인력에 끌리게 되어 수분을 유지할 전정기적 인력이 부족하여 보수력이 떨어지게 된다는 연구결과가 있다(Offer 등, 1991. Ryu 등, 2005).

Table 22. Correlation coefficients within/between pH and meat color of horse meat

	L*1h ¹⁾	a*1h ²⁾	b*1h ³⁾	L*24h ⁴⁾	a*24h ⁵⁾	b*24h ⁶⁾	Drip loss 24h
pH 1h	-0.34	-0.591*	-0.242	-0.625*	0.274	0.059	-0.686*
pH 3h	-0.803*	-0.416	0.628*	-0.751*	0.232	-0.266	-0.404*
pH 6h	-0.664*	-0.667*	0.314	-0.807*	0.206	-0.199	-0.240
pH 9h	-0.110	-0.516*	0.066	-0.941*	0.709*	0.413	0.276
pH 24h	-0.511	0.755*	0.746*	0.403	-0.095	-0.172	-0.112
L*1h		-0.17	0.695*	-0.214	-0.276	-0.637	-0.636
a*1h			0.373	0.550	0.182	0.330	0.215
b*1h				-0.240	0.195	-0.240	-0.517
L*24h					-0.629	-0.201	0.024
a*24h						0.834*	0.561
b*24h							0.904*

¹⁾⁻⁶⁾Lightness(L*), redness(a*) and yellowness(b*) measured at 1 hour and 24 hour postmortem.
significance: *P<0.05.

6. 말도체에서 근섬유 조성과 육질에 상관관계

1) 근섬유 조성과 말고기의 육질의 상관관계

우리가 흔히 말하는 식육은 동물에 근육에서 얻어지는 것으로 근섬유가 식육에 대부분을 차지한다. 때문에 근섬유의 특성은 근육이 식육화 되었을 때 육질에 많은 영향을 미친다(박구부 등, 식육과학, 2004). 근섬유 조성과 식육에 품질 사이에는 최근 여러 논문들을 통해 상관관계가 밝혀져 있다(Rehfeldt 등, 2000. Ryu 등, 2005. Kim 등, 2013. Klont 등, 1998). Table 23은 근섬유 조성과 육질의 상관관계를 나타낸 표이다. Type I 에 면적과 24시간 pH사이에 0.640에 상관관계가 나타났는데 이는 Type I 근섬유는 혐기적 대사 능력이 떨어져 사후 혈액공급이 중단되었을 때 항상성유지를 위한 에너지생성이 적어 에너지 생산 대사산물인 젖산이 많이 생성되지 않은 결과로 판단된다($P<0.05$). 또한, Type I 단면적과 적색도 사이에 정의 상관관계가 발견되었다($P<0.05$). Type I 근섬유는 육색소인 Myoglobin함량이 비교적 풍부하여 육색이 더 붉게 나타난다는 다른 연구들의 결과에 동의한다(Morita 등, 1970. Kim 등, 2010).

Type IIa와 Type IIb 근섬유는 에너지 항상성유지를 위해 주로 해당과정을 통하여 에너지를 생산하고, 대사산물인 젖산이 축적되어 빠른 pH감소를 야기한다(Ryu 등, 2005). 본 연구에서도 Type IIa, Type IIb 근섬유 단면적과 사후 초기인 9시간 pH사이에 상관관계가 나타났다($r=-0.963$, $P<0.01$; $r=-0.798$, 0.05).

Type IIb 근섬유 단면적과 24시간 L*값 사이에 0.688에 상관관계가 나타났는데 ($P<0.05$), 이 결과로 보아 Type IIb 근섬유 단면적 비율이 높아질수록 육색이 밝아진다고 판단되어진다.

Table 23. Correlation coefficients within/between muscle type area(%) and meat quality of horse meat

	pH 9 (hour)	pH 24 (hour)	1 hour			24 hour		
			L* ¹⁾	a* ²⁾	b* ³⁾	L*	a*	b*
Type I area(%)	0.418	0.640*	0.130	0.933*	0.678	-0.366	0.182	0.132
Type II a area(%)	-0.963**	-0.228	0.065	0.396	0.080	0.823	-0.779	-0.613
Type II b area(%)	-0.798*	-0.302	-0.120	-0.826	-0.487	0.688*	0.305	0.247

¹⁾⁻³⁾Lightness(L*), redness(a*) and yellowness(b*) measured
significance: *P<0.05; **P<0.01.

V. 요약

최근 우리나라에 말은 주로 경주 또는 승용을 목적으로 하여 매년 사육두수가 증가하고 있는 추세이다. 하지만 현재 경주 또는 승용마로써 이용되지 못하고 있는 말이 3,249(12.6%)두로 사용방안이 필요한 실정이다. 이렇게 이용목적이 정해지지 않은 말들을 활용할 방안으로 도축하여 식육을 얻는 방법이 있는데, 최근 우리나라에서 육류 소비량은 매년 지속적으로 증가하고 있는 추세이며 말고기는 지방함량이 낮고 필수 아미노산과 불포화지방산 비율이 좋아 영양적 가치가 높다. 하지만 말고기는 역용으로 사용되다가 퇴역한 말을 이용하여 식육을 생산하고 있어 말고기의 품질이 떨어지고 등급판정이 실시되고 있지만 말도체에 대한 등급판정이 보편화 되어있지 않아 농가의 고품질 말고기생산의욕이 떨어져 양질의 말고기를 소비자들에게 공급하기 어려운 실정이다.

본 연구는 말고기 생산의 육성과 경쟁력 제고를 위한 말고기 품질 향상 및 인증시스템 개발을 목적으로 시중에 판매되어지고 있는 말고기와 등급판정에 따른 말고기에 품질을 밝히고, 고품질 말고기 생산을 위한 최적에 비육조건을 정립하기 위한 기초자료로 활용할 목적으로 연구를 실시하였다.

고품질 말고기를 생산하기 위한 최적에 비육기간을 설정하기 위해 비육기간에 따른 육질분석을 실시하였는데, 비육기간에 따른 육질분석에 이용된 시험축은 제주마 18두와 제주마와 더러브렛 교잡종 18두를 이용하였으며, 사료급여는 농후사료를 1일 체중의 1.5%씩 급여하였고 조사료는 자유채식 하였다.

보수력을 나타내는 Filter Paper Fluid Uptake(ffu)값은 비육기간에 따른 유의적 차이가 없었다. 24시간 Drip loss는 $1.76 \pm 0.54 \sim 4.04 \pm 3.98(\%)$ 범위로 비육 8개월에서 $4.04 \pm 3.98(\%)$ 로 육즙손실이 가장 많았고, 3개월, 4개월, 7개월에서 각각 $15.66 \pm 4.61(\%)$, $1.76 \pm 0.54(\%)$, $1.93 \pm 0.52(\%)$ 로 수분손실이 적었다($P < 0.05$). Cooking loss값 또한 비육 8개월에서 $21.00 \pm 1.72(\%)$ 로 가장 높았고, 3개월, 4개월, 6개월에서 각각 $15.66 \pm 4.61(\%)$, $16.13 \pm 4.81(\%)$, $14.98 \pm 4.02(\%)$ 으로 육즙손실이 적었다($P < 0.05$). Cooking loss값의 범위는 $14.98 \pm 4.02 \sim 21.00 \pm 1.72(\%)$ 로 나타났다. 식육

의 육색을 나타내는 lightness(명도, L*), redness(적색도, a*), yellowness(황색도, b*)값은 유의적 차이를 나타내지 않았다.

비육 전 용도에 따른 말도체의 육질 특성을 측정한 결과 24시간 pH, ffu, 육색에서는 유의적 차이를 보이지 않았지만, Drip loss에서 비육 전 승용으로 이용한 그룹에서 $4.24 \pm 3.40(\%)$ 로 가장 높은 값을 나타냈고, Cooking 또한 승용으로 이용한 그룹에서 $20.73 \pm 4.47(\%)$ 로 가장 많은 육즙이 손실되었다($P < 0.05$).

현재 시행되고 있는 등급판정결과에 따른 육질특성을 알아보기 위해 제주에서 생산된 말 59두를 등급판정에 따라 육질등급은 1+, 2, 3으로 육량등급은 A, B, C로 구분하여 실험에 이용되었다. 육질등급에 따른 24시간 pH, ffu 그리고 육색에서는 유의적 차이를 나타내지 않았지만, 보수력에 있어서 Drip loss값이 1+등급에서 $0.92 \pm 0.56(\%)$ 로 가장 낮은 값을 보였고, Cooking loss에서도 1+등급이 $10.69 \pm 5.44(\%)$ 로 가장 낮은 값을 보여 1+등급에서 보수력이 높은 것을 확인하였다($P < 0.05$). 육질등급에 따른 조직감 분석을 실시하였는데, 1+등급에서 hardness값이 $27.18 \pm 11.99(N)$ 으로 가장 낮았고 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 부착성(adhesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 그리고 탄성(resilience)값에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다($P < 0.05$). 육량등급에 따른 육질분석결과 24시간 pH, 보수력, 육색 그리고 조직감에서 유의적 차이를 보이지 않았다.

품종별 육질분석한 결과 pH는 제주마와 더러브렛 교잡종에서 5.59 ± 0.21 로 더러브렛 5.40 ± 0.03 보다 높은 값을 나타냈다($P < 0.05$). ffu값은 유의적 차이를 나타내지 않았지만 Drip loss값이 제주마와 더러브렛 교잡종이 $1.63 \pm 2.33(\%)$ 로 더러브렛 $2.75 \pm 0.41(\%)$ 보다 낮게 나타났고, Cooking loss값이 제주마와 더러브렛 교잡종에서 $12.13 \pm 4.66(\%)$ 로 제주마 $18.08 \pm 2.88(\%)$, 더러브렛 $19.91 \pm 1.35(\%)$ 보다 낮은 값을 보였다($P < 0.05$). 육색에서는 품종에 따른 유의적 차이를 보이지 않았다. 품종별 말고기의 조직감을 측정한 결과 hardness값이 더러브렛에서 $28.49 \pm 4.56(N)$ 로 제주마와 더러브렛 교잡종 $32.35 \pm 8.57(N)$, 제주마 $33.28 \pm 3.24(N)$ 보다 낮은 값을 보였다($P < 0.05$).

성별에 따른 육질분석결과 pH, 보수력, 육색, 조직감에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

말에 근육부위별 조직학적 특성을 알아보았다. 근육부위별 근섬유 면적비율과 수

의 비율을 측정하였는데, *Triceps muscle*에서 Type I의 비율이 가장 높게 나타났고 *Semimemb rannosus*에서 Type IIb 비율이 가장 높게 나타났다. 근육부위별 근섬유 크기를 확인해본 결과 *Longissimus dorsi*를 제외한 모든 근육부위에서 Type IIb 근섬유가 Type I 근섬유보다 크게 나타났다. *Biceps femoris*에서 근섬유크기가 가장 크게 나타났다.

제주에서 생산된 제주마의 사후 pH변화를 측정한 결과 도축 후 7시간 까지 pH가 6.1까지 지속적으로 강하되다가 그 후 19시간 까지 pH가 느리게 감소되는 것을 확인할 수 있었다. L* 1h와 pH 3h, 6h와 각각 -0.803, -0.664에 상관관계를 나타냈고($P < 0.05$), 24시간 L*값에서는 사후초기인 1, 3, 6, 9시간 pH와 각각 -0.625, -0.751, -0.807, -0.941에 상관관계가 나타났다($P < 0.05$). 이 결과로 보아 초기 pH와 L*값 사이에 음의 상관관계가 있다고 판단된다. 24시간 Drip loss에서 사후초기인 1, 3시간 pH와 각각 -0.686, -0.404에 상관관계가 나타났는데, 이 결과로 보아 사후 초기 pH가 낮을수록 Drip loss값이 높아질 것이라고 판단된다.

근섬유 면적 비율과 육질사이의 상관관계를 실시한 결과 Type I 면적과 24시간 pH사이에 0.640에 상관관계가 나타났고, 1시간 적색도와 0.933의 상관관계가 있었다($P < 0.05$). 혐기적 대사를 하는 Type IIa, Type IIb 근섬유 단면적과 사후 초기인 9시간 pH사이에 상관관계가 있었다(각각 $r = -0.963$, -0.798 . 각각 $P < 0.01$, 0.05). Type IIb 근섬유 단면적과 24시간 L*값 사이에 0.688에 상관관계가 나타났다($P < 0.05$),

본 연구결과 비육되기 전 사용용도에 따라 보수력에 차이가 나타날 수 있다고 보여진다. 등급판정에 있어서 육량등급은 육질에 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있었고, 육질등급은 1+등급에서 보수력과 연도가 우수하다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 제주에서 생산되는 말에 특성상 근내지방에 침착이 어려워 1+등급 출현율이 매우 낮다. 따라서 고품질 말고기생산을 위한 말 사육시스템이 필요한 것으로 보인다.

ABSTRACT

Muscle fiber characteristics of horse muscle and meat quality by horse carcass grading system

Hang Chul Park

Department of Animal Biotechnology
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

Recently the number of livestock horses being raised for horse racing and riding is on an increasing trend. But there is also a need to address the number of horses that are not being use for racing or riding, which has reached 3,249(12.6%). One method is to slaughter these horses that are not currently fulfilling a particular purpose for meat consumption, which aligns with the current yearly increasing trend of meat consumption in Korea. Horse meat is known for its good nutritional balance with a low and unsaturated fat content and relatively high essential amino acid composition. But because

the horses used in the horse meat market industry, are horses that are bred for racing and riding and then retired to be slaughtered for meat consumption, the quality of the meat is inferior and although the meat is evaluated and certified according to meat grade standards, because there is no general criteria on the grade evaluation of horse meat carcasses and because there is little motivation for rural Korean farmers to produce high quality meat, the reality is that it is difficult to provide high quality horse meat to consumers.

This research has the objective of examining the quality of horse meat according to the meat grade system and also the quality of horse meat being sold on the market with the objective of increasing the quality of horse meat and to develop a certification system to improve the meat characteristics and competitiveness of horse meat. This research also has the objective to serve as reference as basic data for establishing the optimal fattening conditions for high quality horse meat production.

To configure the optimal fattening duration to produce high quality horse meat according to the fattening duration, analysis was conducted on the quality of meat, and the test groups used for the quality of meat analysis according to fattening duration were 18 Jeju grown horses and 18 Jeju and thoroughbred crossbred horses, and the horses were fed an amount of concentrated fodder that was 1.5% of the weight of the horses for feed in addition to bulk food that was fed freely.

Filter paper fluid uptake, which is an indicator for water holding capacity, was shown not to have a significant difference during the fattening duration. 24 drip loss was in the range of $1.76 \pm 0.54 \sim 4.04 \pm 3.98(\%)$ and showed the highest amount of meat moisture content loss in the 8th month of fattening at $4.04 \pm 3.98(\%)$, and the water loss amount was the smallest at 3, 4 and 7 months at $15.66 \pm 4.61(\%)$, $1.76 \pm 0.54(\%)$, $1.93 \pm 0.52(\%)$, respectively. ($P < 0.05$) The value of cooking loss was also shown to be the highest in the 8th

month of fattening at $21.00 \pm 1.72(\%)$ and the meat moisture loss was the smallest at 3, 4 and 6 months at $15.66 \pm 4.61(\%)$, $16.13 \pm 4.81(\%)$, $14.98 \pm 4.02(\%)$, respectively. ($P < 0.05$) The range of the cooking loss value was shown to be $14.98 \pm 4.02 \sim 21.00 \pm 1.72(\%)$. The values of lightness (L^*), redness (a^*), yellowness (b^*), which indicate the meat color, did not show significant differences.

By collecting the quality of meat characteristics of the horse carcass before fattening according to the usage of the meat, while there were significant differences in 24 hour pH, ffu and meat color, in the horses that were used for riding before fattening the pH, ffu and Drip loss showed the highest values at $4.24 \pm 3.40(\%)$ and cooking also showed the high loss of meat moisture at $20.73 \pm 4.47(\%)$. ($P < 0.05$)

To examine the characteristics of the meat according to the current meat grade certification results, 59 horses raised in Jeju were categorized into 1+, 2, 3 meat quality grades and A, B, C carcass yield grades for the research. While the 24 hour pH, ffu and meat color according to quality of meat showed significant differences, for water holding capacity the drip loss value showed the lowest value in the 1+ grade at $0.92 \pm 0.56(\%)$ and for cooking loss the 1+ grade was shown to have the lowest value at $10.69 \pm 5.44(\%)$. Meat texture analysis was conducted according to the quality of meat grade and in the 1+ grade the hardness value was shown to be the lowest at $27.18 \pm 11.99(N)$ and there were no significant differences for the values of cohesiveness, springiness, adhesiveness, gumminess, chewiness and resilience. An analysis of the quality of meat according to the carcass yield of meat did not show a significant difference in the 24 hour pH, water holding capacity, meat color and meat texture.

The analysis of meat quality for meat breed showed that in the cross breed of Jeju horse and thoroughbred, the quality was higher than that of the pure thoroughbred at 5.59 ± 0.21 compared to 5.40 ± 0.03 . ($P < 0.05$) While there was no

significant difference for the ffu value, the drip loss values for the Jeju and thoroughbred cross breed was lower than that of the thoroughbred breed at $1.63 \pm 2.33(\%)$ compared to $2.75 \pm 0.41(\%)$ and for the cooking loss value it was shown that the Jeju and thoroughbred cross breed was lower than that of the Jeju breed and the thoroughbred breed at $12.13 \pm 4.66(\%)$ compared to $18.08 \pm 2.88(\%)$ and $19.91 \pm 1.35(\%)$. ($P < 0.05$) There were no significant differences for meat color. The results of analyzing the meat texture for each breed showed that the hardness value of the thoroughbred breed was lower than that of the Jeju breed and the Jeju and thoroughbred cross breed at $28.49 \pm 4.56(N)$ compared to $32.35 \pm 8.57(N)$ and $33.28 \pm 3.24(N)$. ($P < 0.05$)

For the quality of meat analysis for gender of horse, there were no significant differences for pH, water holding capacity, meat color and meat texture. The histological characteristics for each muscle group of the horse were examined. The muscle fiber area ratio and fiber ratio for each muscle group were measured and the Type I ratio was shown to be the highest in the Triceps muscle, and the Type IIb ratio was shown to be the highest in the Semimembranosus. As a result of examining the size of the muscle fibers it was shown that the Type IIb muscle fibers were larger than the Type I muscle fibers in all muscles with the exclusion of the Longissimus dorsi muscle. It was shown that the muscle fiber size was the largest in the Biceps femoris muscle.

The post test pH change of the Jeju raised horses showed that after slaughtering the pH consistently dropped for 7 hours to 6.1 and then up to 19 hours the pH was shown to decrease at a slower rate. L^* 1h and pH for 3h and 6h showed a correlation of -0.803 , -0.664 , respectively ($P < 0.05$) and in the L^* value the initial post test for 1, 3, 6, 9 hours the pH value showed a correlation of -0.625 , -0.751 , -0.807 , -0.941 , respectively. From this result it is determined that there is a negative correlation between the initial pH and the L^* value. The 24 hour drip loss value for post test 1 and 3 hour showed

a correlation of -0.686, -0.404, respectively, and from this result it is determined that the lower the post test pH is, the higher the drip loss value will rise to.

As a result of analyzing the correlation between the muscle fiber area ratio and the quality of meat, a correlation between the Type I area and the 24 hour pH was discovered and there was also a correlation between the 1 hour pH and redness of 0.933. ($P < 0.05$) For the Type IIa and Type IIb muscle fibers that go through anaerobic metabolism, there was a correlation between the muscle fiber area and the post test initial 9 hour pH. ($r = -0.963, -0.798$, and $P < 0.01, 0.05$, respectively) The cross sectional area of Type IIb muscle fibers and the 24 hour L^* showed a correlation of 0.688. ($P < 0.05$)

The results of this research show that according to the use of the horse before fattening for meat consumption there can be a resulting difference in water holding capacity for the meat. It was confirmed that the grade of the carcass yield of the meat did not influence the quality of the meat, and it was confirmed that the 1+ grade meat had superior water holding capacity and tenderness. But because it is characteristically difficult for Jeju breed horses to have fat marbling in the muscle, the occurrence of 1+ grade meat is rare. Therefore it is considered to be necessary to design a system to produce high quality horse meat.

VI. 참고문헌

Beatty, C. H., & Bocek, R. M. (1970). Biochemistry of the red and white muscle. Briskey, *EJ Physiol And Biochem Of Muscle As A Food*.

Berri, C., Bihan-Duval, L., Debut, M., Santé-Lhoutellier, V., Baéza, E., Gigaud, V., Jégo & Duclos, M. J. (2007). Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of Pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. *Journal of Animal Science*, 85(8), 2005-2011.

Bouton, P. E., Carroll, F. D., Fisher, A. L., Harris, P. V., & Shorthose, W. R. (1973). Effect of altering ultimate pH on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science*, 38(5), 816-820.

Brooke, M. H., & Kaiser, K. K. (1970). Muscle fiber types: how many and what kind?. *Archives of neurology*, 23(4), 369-379.

Cheong, J. H., Sun, C. W., Hwang, D. Y., Kwon, K. M., Lee, J. C., Kim, H. S., Kim, J. Y., Lee, K. S., & Ryu, Y. C. (2013). Comparison of Chemical Composition, Physico-chemical Properties and Fatty Acid Composition of Horse Meat by Different Grade and Cuts. *Journal of Animal Science and Technology*, 55(3), 211-217.

Christensen, M., Ertbjerg, P., Failla, S., Sañudo, C., Richardson, R. I., Nute, G. R., ... & Williams, J. L. (2011). Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Science*, 87(1), 61-65.

Dahlmann, B., & Kuehn, L. (1995). The 20S/26S proteasomal pathway of protein degradation in muscle tissue. *Molecular biology reports*, 21(1), 57-62.

Dahlmann, B., Ruppert, T., Kloetzel, P. M., & Kuehn, L. (2001). Subtypes of 20S proteasomes from skeletal muscle. *Biochimie*, 83(3), 295-299.

De Palo, P., Maggiolino, A., Centoducati, P., & Tateo, A. (2013). Slaughtering age effect on carcass traits and meat quality of Italian heavy draught horse foals. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 26(11), 1637.

Du, C. J., & Sun, D. W. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 230-249.

Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1), 1-42.

Essén-Gustavsson, B., & Fjelkner-Modig, S. (1985). Skeletal muscle characteristics in different breeds of pigs in relation to sensory properties of meat. *Meat Science*, 13(1), 33-47.

Essen-Gustavsson, B., Karlström, K., & Lundström, K. (1992). Muscle fibre characteristics and metabolic response at slaughter in pigs of different halothane genotypes and their relation to meat quality. *Meat Science*, 31(1), 1-11.

Essen-Gustavsson, B., Karlsson, A., Lundström, K., & Enfält, A. C. (1994). Intramuscular fat and muscle fibre lipid contents in halothane-gene-free pigs

fed high or low protein diets and its relation to meat quality. *Meat Science*, 38(2), 269-277.

Forrest, J. C., Morgan, M. T., Borggaard, C., Rasmussen, A. J., Jespersen, B. L., & Andersen, J. R. (2000). Development of technology for the early post mortem prediction of water holding capacity and drip loss in fresh pork. *Meat Science*, 55(1), 115-122.

Franco, D., Rodríguez, E., Purriños, L., Crecente, S., Bermúdez, R., & Lorenzo, J. M. (2011). Meat quality of “Galician Mountain” foals breed. Effect of sex, slaughter age and livestock production system. *Meat Science*, 88(2), 292-298.

Franco, D., Crecente, S., Vázquez, J. A., Gómez, M., & Lorenzo, J. M. (2013). Effect of cross breeding and amount of finishing diet on growth parameters, carcass and meat composition of foals slaughtered at 15months of age. *Meat science*, 93(3), 547-556.

Franco, D., & Lorenzo, J. M. (2014). Effect of muscle and intensity of finishing diet on meat quality of foals slaughtered at 15months. *Meat science*, 96(1), 327-334.

Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J. F., & Culioli, J. (2001). Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reproduction Nutrition Development*, 41(1), 1-26.

Gill, C. O. (2005). Safety and storage stability of horse meat for human

consumption. *Meat science*, 71(3), 506–513.

Goll, D. E., Neti, G., Mares, S. W., & Thompson, V. F. (2008). Myofibrillar protein turnover: the proteasome and the calpains. *Journal of animal science*, 86(14_suppl), E19–E35.

Henckel, P., Oksbjerg, N., Erlandsen, E., Barton-Gade, P., & Bejerholm, C. (1997). Histo- and biochemical characteristics of the *longissimus dorsi* muscle in pigs and their relationships to performance and meat quality. *Meat Science*, 47(3), 311–321.

Holloszy, J. O., & Booth, F. W. (1976). Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. *Annual review of physiology*, 38(1), 273–291.

Honikel, K. O. (1987). How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. In *Evaluation and control of meat quality in pigs* (pp. 129–142). Springer Netherlands.

Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat science*, 71(1), 194–204.

Hwang, Y. H., Kim, G. D., Jeong, J. Y., Hur, S. J., & Joo, S. T. (2010). The relationship between muscle fiber characteristics and meat quality traits of highly marbled Hanwoo (Korean native cattle) steers. *Meat science*, 86(2), 456–461.

Juárez, M., Polvillo, O., Gómez, M. D., Alcalde, M. J., Romero, F., & Valera, M. (2009). Breed effect on carcass and meat quality of foals slaughtered at

24months of age. *Meat science*, 83(2), 224-228.

KAPE. (2011). Korean Institute for Animal Products Quality Evaluation.
<http://www.ekape.or.kr>

Karlsson, A. H., Klont, R. E., & Fernandez, X. (1999). Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. *Livestock Production Science*, 60(2), 255-269.

Karlström, K. (1995). Capillary supply, fibre type composition and enzymatic profile of equine, bovine and porcine locomotor and nonlocomotor muscles. Sveriges Lantbruksuniv.

Kauffman, R. G., Eikelenboom, G., Van der Wal, P. G., Merkus, G., & Zaar, M. (1986). The use of filter paper to estimate drip loss of porcine musculature. *Meat Science*, 18(3), 191-200.

Kim, G. D., Jeong, J. Y., Hur, S. J., Yang, H. S., Jeon, J. T., & Joo, S. T. (2010) The relationship between meat color (CIE L* and a*), myoglobin content, and their influence on muscle fiber characteristics and pork quality. *Korean Journal for food Science of Animal resources*, 30, 626-633.

Kim, G. D., Jeong, J. Y., Jung, E. Y., Yang, H. S., Lim, H. T., & Joo, S. T. (2013). The influence of fiber size distribution of type IIB on carcass traits and meat quality in pigs. *Meat science*, 94(2), 267-273.

Klont, R. E., Brocks, L., & Eikelenboom, G. (1998). Muscle fibre type and meat quality. *Meat science*, 49, S219-S229.

Korea meat trade association. (2014). <http://www.kmta.or.kr>

Lanza, M., Landi, C., Scerra, M., Galofaro, V., & Pennisi, P. (2009). Meat quality and intramuscular fatty acid composition of Sanfratellano and Haflinger foals. *Meat Science*, 81(1), 142-147.

Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing - Relation to meat quality. *Meat Science*, 84(2), 257-270.

Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F., & Leon, J. (2006). Color measurement in L * a * b * units from RGB digital images. *Food research international*, 39(10), 1084-1091.

Lind, A., & Kernell, D. (1991). Myofibrillar ATPase histochemistry of rat skeletal muscles: a "two-dimensional" quantitative approach. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, 39(5), 589-597.

Litwińczuk, A., Florek, M., Skąlecki, P., & Litwińczuk, Z. (2008). Chemical composition and physicochemical properties of horse meat from the *longissimus lumborum* and *semitendinosus* muscle. *Journal of muscle foods*, 19(3), 223-236.

Lorenzo, J. M., Fuciños, C., Purriños, L., & Franco, D. (2010). Intramuscular fatty acid composition of "Galician Mountain" foals breed: Effect of sex, slaughtered age and livestock production system. *Meat Science*, 86(3), 825-831.

Lorenzo, J. M., Pateiro, M., & Franco, D. (2013). Influence of muscle type on physicochemical and sensory properties of foal meat. *Meat science*, 94(1), 77-83. ISO 690.

Lorenzo, J. M., Sarriés, M. V., Tateo, A., Polidori, P., Franco, D., & Lanza, M. (2014). Carcass characteristics, meat quality and nutritional value of horsemeat: A review. *Meat science*, 96(4), 1478-1488.

Maltin, C., Balcerzak, D., Tilley, R., & Delday, M. (2003). Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(02), 337-347.

Mancini, R. A., & Hunt, M. (2005). Current research in meat color. *Meat science*, 71(1), 100-121.

Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs. (2011). <http://www.marfa.go.kr>

Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs. (2015). <http://www.marfa.go.kr>

Morita, S., Cassens, R. G., Briskey, E. J., Kauffman, R. G., & Kastenschmidt, L. L. (1970). Localization of myoglobin in pig muscle. *Journal of Food Science*, 35(2), 111-112.

Ngapo, T. M., Berge, P., Culioli, J., Dransfield, E., De Smet, S., & Claeys, E. (2002). Perimysial collagen crosslinking and meat tenderness in Belgian Blue double-muscléd cattle. *Meat science*, 61(1), 91-102.

Offer, G. (1991). Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Science*, 30(2), 157-184.

Ouali, A., Herrera-Mendez, C. H., Coulis, G., Becila, S., Boudjellal, A., Aubry, L., & Sentandreu, M. A. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science*, 74(1), 44-58.

Pearson, A. M., & Young, R. B. (1989). Skeletal muscle fiber types. Muscle and Meat Biochemistry. *Academic Press, New York, NY, USA*, 235-265.

Peter, J. B., Barnard, R. J., Edgerton, V. R., Gillespie, C. A., & Stempel, K. E. (1972). Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry*, 11(14), 2627-2633.

Pette, D., & Staron, R. S. (2000). Myosin isoforms, muscle fiber types, and transitions. *Microscopy research and technique*, 50(6), 500-509.

Picard, B., Barboiron, C., Duris, M. P., Gagniere, H., Jurie, C., & Geay, Y. (1999). Electrophoretic separation of bovine muscle myosin heavy chain isoforms. *Meat Science*, 53(1), 1-7.

Polidori, P., Pucciarelli, S., Ariani, A., Polzonetti, V., & Vincenzetti, S. (2015). A comparison of the carcass and meat quality of Martina Franca donkey foals aged 8 or 12 months. *Meat science*, 106, 6-10.

Quali, A. (1992). Proteolytic and physicochemical mechanisms involved in meat texture development. *Biochimie*, 74(3), 251-265.

Rechsteiner, M., & Hill, C. P. (2005). Mobilizing the proteolytic machine: cell biological roles of proteasome activators and inhibitors. *Trends in cell biology*, 15(1), 27-33.

Rehfeldt, C., Fiedler, I., Dietl, G., & Ender, K. (2000). Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. *Livestock Production Science*, 66(2), 177-188.

Ryu, Y. C., & Kim, B. C. (2005). The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig *longissimus dorsi* muscle. *Meat Science*, 71(2), 351-357.

Sarriés, M. V., & Beriain, M. J. (2005). Carcass characteristics and meat quality of male and female foals. *Meat science*, 70(1), 141-152.

Sarriés, M. V., Murray, B. E., Troy, D., & Beriain, M. J. (2006a). Intramuscular and subcutaneous lipid fatty acid profile composition in male and female foals. *Meat Science*, 72(3), 475-485.

Sarriés, M. V., & Beriain, M. J. (2006b). Colour and texture characteristics in meat of male and female foals. *Meat science*, 74(4), 738-745.

SAS Institute. (2001). SAS/STAT user's manual, version 8.2.

Schiaffino, S., Gorza, L., Sartore, S., Saggin, L., Ausoni, S., Vianello, M., ... & LØmo, T. (1989). Three myosin heavy chain isoforms in type 2 skeletal muscle fibres. *Journal of Muscle Research & Cell Motility*, 10(3), 197-205.

Schiaffino, S., & Reggiani, C. (1996). Molecular diversity of myofibrillar proteins: gene regulation and functional significance. *Physiological reviews*, 76(2), 371-424.

Seideman, S. C., Cross, H. R., Oltjen, R. R., & Schanbacher, B. D. (1982). Utilization of the intact male for red meat production: a review. *Journal of Animal Science*, 55(4), 826-840.

Sellier, P., & Monin, G. (1994). Genetics of pig meat quality: a review. *Journal of muscle foods*, 5(2), 187-219.

Sentandreu, M. A., Coulis, G., & Ouali, A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science & Technology*, 13(12), 400-421.

Seong, P. N., Lee, C. E., Park, B. Y., Hah, K. H., & Ko, M. S. (2006). Meat quality and sensory characteristics in longissimus muscle of Jeju horse as influenced by ageing. *Journal of Animal Science and Technology*, 48(2), 287-292.

Tateo, A., De Palo, P., Ceci, E., & Centoducati, P. (2008). Physicochemical properties of meat of Italian Heavy Draft horses slaughtered at the age of eleven months. *Journal of Animal Science*, 86(5), 1205.

Taylor, R. G., Geesink, G. H., Thompson, V. F., Koohmaraie, M. O. H. A. M. M. A. D., & Goll, D. E. (1995). Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization?. *Journal of animal science*, 73(5), 1351-1367.

Traore, S., Aubry, L., Gatellier, P., Przybylski, W., Jaworska, D., Kajak-Siemaszko, K., & Santé-Lhoutellier, V. (2012). Higher drip loss is associated with protein oxidation. *Meat science*, 90(4), 917-924.

박구부. (2004). 식육과학. 선진문화사.

감사의 글

학부시절 식육과학에 관심이 생겨 대학원에 진학하여 어느덧 2년이라는 시간이 지나 졸업을 앞두고 있습니다. 대학원에 진학하여 많은 일들이 있었지만 이렇게 무사히 졸업을 할 수 있게 도와주신 모든 분들께 감사의 글을 올립니다.

2012년 여름에 류연철 교수님을 처음 찾아가 시작한 연구실 생활이 3년이란 시간이 흘렀습니다. 부족함이 많은 저에게 공부해 나아갈 방향을 제시하여 주시고 다방면으로 조언을 해주신 류연철 지도교수님께 진심으로 존경과 감사의 마음을 올립니다. 바쁘신 일정 가운데서도 좋은 논문이 될 수 있게 지도와 심사를 해주신 양영훈 교수님, 이왕식 교수님, 학부시절부터 대학원졸업을 앞둔 지금까지도 많은 조언을 해주시고 지도해주신 강민수 교수님, 정동기 교수님, 오성종 교수님께 감사의 말씀 드립니다. 또한, 제가 무사히 졸업을 할 수 있게 많은 도움을 준 변재현 조교선생님, 강예솔 조교선생님께도 감사의 마음을 드립니다.

3년 동안 연구실 생활을 하면서 부족함이 많은 저에게 대학원 선배님으로써, 형으로써 아낌없이 조언과 고민을 상담해주신 경보형과 제 연구실 생활하면서 많은 도움을 준 동근이형, 동갑이지만 실험실 선배로써 많은 노하우를 가르쳐준 영화와 익동이, 같이 대학원에 진학하여 많이 의지가 된 도훈이형, 성실하고 열정이 넘치는 제석이에게 감사의 마음을 전합니다. 대학원 생활을 하면서 많은 도움을 주신 태준이형, 재호형, 준형이형, 정현이형, 미정이에게도 감사하다는 말을 전합니다.

항상 뒤에서 저를 지켜봐주시고 지지해주시는 부모님께 평소 성격이 무뎡뎡하여 감사하다는 표현을 하지 못하였는데 이 기회를 빌려 감사하다고 전하고 싶습니다. 동생 공부한다고 많은 도움을 준 형과 형수님께도 감사에 말을 전합니다.

대학원 석사졸업을 하였지만 아직도 부족함이 많습니다. 앞으로도 더욱 정진하여 저를 지켜봐주시는 모든 분들께 보답하도록 노력하겠습니다.

감사합니다.

2015년 12월

박 행 철