NDSL
National Digital Science Library

제주말(馬)의 이용가치 증진을 위한 사양프로그램 및 기능성 식육자원화 기술개발

Development of feeding program for horsemeat production and the production of horsemeat with feed additives for health benefit

주관연구기관	제주대학교
연구책임자	양영훈
발행년월	2007-02
주관부처	농촌진흥청
사업관리기관	농촌진흥청
NDSL URL	http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO201200000412
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/02 17:43:23

저작권 안내

① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.

② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.

③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.

④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.

KiSTi
www.kisti.re.kr

15

제3차년도
완결보고서

제주말(馬)의 이용가치 증진을 위한 사양프로그램 및 기능성 식육자원화 기술개발

Development of feeding program for horsemeat production and the production of horsemeat with feed additives for health benefit

제 주 대 학 교

농 촌 진 흥 청

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

제3차년도
완결보고서

제주말(馬)의 이용가치 증진을 위한 사양프로그램 및 기능성 식육자원화 기술개발

Development of feeding program for horsemeat production and the production of horsemeat with feed additives for health benefit

제 주 대 학 교

농 촌 진 흥 청

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

제 출 문

농 촌 진 흥 청 장 귀 하

본 보고서를 “제주말(馬)의 이용가치증진을 위한 사양프로그램 및 기능성 식육자원화 기술개발” 과제의 3년차 완결보고서로 제출합니다.

제출일시 : 2007년 1월 30일

과제수행참여 연구원

과 제 명	연구책임자		연구수행참여자		세부과제 수행기간
	소속기관	성명	소속기관	성명	
o 공동연구과제명 -제주말(馬)의 이용가치증진을 위한 사양프로그램 및 기능성 식육자원화 기술개발	제주대학교	양영훈	제주대학교 제주대학교 제주녹산장 동물테마파크 동물테마파크	김규일 정창조 현창흥 오성철 고양남	'04-'06

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

목 차

과제명 : 제주말(馬)의 이용가치 증진을 위한 사양프로그램 및 기능성 식육자원화 기술개발

Summary 3

Ⅰ. 서 언 7

Ⅱ. 연 구 사 11

Ⅲ. 재료 및 방법 15

Ⅳ. 결과 및 고찰 29

1. 마육생산을 위한 사양프로그램 개발 29

가. 비육을 위한 예비사양 및 위생관리

나. 배합사료의 조제와 급여량의 결정

다. 비육수준과 지표

2. 비타민 E, 오메가3 지방산 및 비타민 A 및 Se 동시강화를 통한 기능성 식육자원화 기술개발 38

가. 비타민 E 보강 마육 생산기술 개발

나. 오메가3 지방산 보강 마육 생산

다. 비타민 A, 비타민 E, Se 동시 보강마육 생산기술 개발

3. 비육마의 도체특성과 비육에 따른 육질등급 평가 45

가. 비육마의 도체 특성분석

나. 비육에 따른 육질등급

다. 초음파 생체 영상분석

4. 렛트의 사양시험에 의한 보조식품으로의 마육의 가치 평가 52

5. 비육마의 마육, 마유, 말뼈의 성분분석 55

Ⅴ. 적 요 58

Ⅵ. 인용문헌 61

[부록]

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

본 문

과제명: 제주말(馬)의 이용가치증진을 위한 사양프로그램 및 기능성 식육자원화 기술개발

Title: Development of feeding program for horsemeat production and the production of horsemeat with feed additives for health benefit

Summary

The purpose of the studies was to use Jeju horses for horse meat production, to develop feeding program for fattening horses and to produce functional nutrient -fortified horse meat.

Results are summarized as follows:

◎ Development of feeding program: In general, the amount of concentrate feeds fed should be properly controlled to avoid digestive dysfunction in fattening horses while roughages (hay) and water are supplied on an *ad lib.* basis. An optimum level of concentrates was found to be 1% body weight (0-4 wk), 1.3 (5-8), 1.5 (9-12), 1.7 (13-16) and 1.7% (17-20) over 20 weeks. The successful feeding was achieved by starting with a small amount (less than 1% of body weight) in an early fattening period and by finishing with 1.5% to 1.7 % of body weight in the late fattening period of 20 weeks. The average daily gain during the entire fattening period was 0.62 kg, without differences between sexes ($p>0.05$). The average daily feed intake for concentrates and roughages was 4.1 and 5,2 kg, and feed conversion ratio (feed/gain) was 7.24 and 8.99, respectively. Horses at 3 to 4 years of age with about 300 kg body weight were considered to best fit for fattening in our studies.

◎ Vitamin E-fortified horse meat production: 1) In a 20 week feeding trial, horses were fed either a control concentrates or concentrates containing additional

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

200 mg/kg vitamin E, no differences ($p>0.05$) were found in body weight gain, feed consumption and feed/gain ratio between the two diets. Vitamin E content in loin-eye muscle and abdominal fat from horses fed additional vitamin E was 2.3 and 1.7 times higher than the control ($p<0.01$), clearly demonstrating that vitamin E content in horse meat products can be increased with supplemental vitamin E. 2) In an attempt to increase n-3 fatty acid in horse meat, horses were fed either a control concentrates feed containing 5% tallow or feed containing 5% canola oil for a 20 week period. No differences ($p>0.05$) in the average daily gain, concentrates feed/gain ratio was found between the two diets. Fatty acid profile in the loin eye muscle fat showed that n-3 fatty acid (α-linolenic acid) content in horses fed canola oil was approximately two times ($p<0.01$) that in horses fed tallow. The increased ($p<0.01$) n-3 fatty acid content in horses fed canola oil decreased the ratio of n-6 to n-3 fatty acids compared to the control, indicating a significant improvement in horse meat fatty acid profile for health benefit. Our study demonstrated that feeding diet containing 5% canola oil may help produce horse meat with more health benefit, increasing their α-linolenic acid content without deleterious effects on growth. 3) In a trial to increase antioxidant nutrients, vitamin A, vitamin E and selenium simultaneously in meat products, horses were fed either a control concentrates feed or concentrate feed containing additional 200 mg/kg vitamin E, 20,000 IU/kg vitamin A and 0.5 mg/kg selenium in cultured yeast. The average daily gains and feed efficiency in horses fed additional antioxidant nutrients were improved ($p<0.01$). The contents of vitamin E, vitamin A and selenium in the loin eye muscle from horse fed the additional nutrients were 1.5 times, 2 times and 3 times higher than the control, respectively ($p<0.01$).

◎ Dressing percentage and the grade of meat quality of Jeju fattening horses: 1) Carcass traits of 13 Jeju fattening horses at 40 months of an average age (mean live weight 340.5 kg) were determined. The dressing percentage (carcass weight/live body weight), retail yield (saleable cuts/carcass weight), and cutability (saleable cuts/live body weight) were 61.0%, 70.4%, and 43.0%, respectively. The correlation coefficients between live body weight and carcass weight, and between cutability value (%) and shoulder loin weight (kg) were 0.98 ($p<0.01$), and 0.71 ($p<0.01$), indicating that either carcass weight or shoulder loin weight is a

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

reasonable indicator of economic trait of horse meat production. 2) On the base of cattle meat grading system, 9 carcasses of slaughtered Jeju horses were subjected to quality grading. Grades A and B for meat quantity were 56% (5 horses) and 44 (4), respectively, and that grades A, B and C for meat quality appeared 33% (3 horses), 44 (4) and 22 (2), respectively, indicating that Jeju horses could be properly fattened under a controlled systematic fattening program for production of good quality meat.

◎ Evaluation of horse meat as a health food source: Studies were carried out to determine the effect of very low carbohydrate (low-carb) diets and restricted feeding (70% ad lib intake) on weight gain, feed efficiency and serum levels of cholesterol, triacylglycerol (TG), glucose, ketone bodies and insulin. Forty (mean initial weight±SE, 251±0.94g) and 30 rats (238±1.07g) were used for exp. 1 and 2, respectively, dividing them into groups of 10 rats each. In exp. 1 two groups were assigned to a conventional diet (AIN-93G) or low-carb diet containing 10% starch and 53% lyophilized ground horsemeat, and one of the two groups had free access to diet (ad lib intake) and the other pair-fed 70% of the ad lib intake(restricted feeding). In exp. 2 each of the three groups was assigned to a control (AIN-93G) or low-carb diets containing 10% starch and 53% beef or horsemeat. Average daily body weight gain was not different between the two diet groups in exp. 1, whereas was lower in rats fed the AIN-93G than in those fed low-carb diets in exp. 2. Rats under restricted feeding gained about 30% of those allowed ad lib intake in either diet (exp. 1). Feed intake was higher in rats fed AIN-93G than those fed low-carb diet ($p<0.01$) in both exp., whereas energy intake was not different between the two dietary groups in exp. 1. Energy intake was higher in rats fed low-carb diets than in those fed AIN-93G diet in exp. 2. Feeding low-carb diet reduced ($p<0.01$) serum TG compared with AIN-93G diet and restricted feeding further reduced serum TG, and also glucose and insulin levels with an interaction between diet and intake level ($p<0.05$) (exp. 1). Serum total cholesterol level was reduced by the low-carb diet and LDL cholesterol level was increased by restricted feeding (exp. 1) or by low-carbdiets (exp. 2). Body composition was not affected by diets, but protein content was increased with a concomitant decrease in fat content by restricted feeding. Serum ketone body level was higher in rats fed

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

low-carb diets than in those fed AIN-93G. No differences in all the parameters determined were found between the horsemeat- and beef-based diets (exp. 2). Results indicate that feeding low-carb diets is beneficial for alleviating cardiovascular disease risk markers such as serum TG level and restricted feeding is more effective in reducing serum TG levelthan reducing carbohydrate in diets. Combination of both restricted feeding and low-carb diets has an additive effect on reducing serum TG.

◎ Proximate analysis and amino acid contents in horse meat, fatty acid profile of horse fat, and the mineral contents in horse meat and bone in Jeju fattening horses: Contents of moisture, crude fat, crude protein and ash in loin eye muscle were 64.0, 15.4, 18.4 and 0.96%, respectively. Fat content was markedly increased by fattening, indicating that marbling scores (intramuscular fat) can be increased using our feeding program. The mineral contents of selenium in the loin eye and bone of shank were 169.4 ppb, 69.7 ppb, showing that horse meat contains more selenium than bone.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Ⅰ. 서　　언

1. 연구개발의 배경

제주도의 마필은 '05년 말을 기준으로 587농가에 14,689두가 사육되고 있다. 그 중 제주마는 496농가에 11,446두가 사육되고 있으며, 더러브렛 품종의 경주마는 91농가에 3,200두가 사육되고 있다. 1986년 제주도의 말 사육두수가 1,304두에 불과한 것과 비교한다면, 경마용 및 승마용의 수요확대에 따라 제주도의 마필산업은 짧은 기간에 10배 이상 증폭되었다고 할 수 있다(제주도, 2006).

제주도에 사육되고 있는 마필 가운데 더러브렛 품종(3,200두)은 경주마 생산에 이용되고 있으나, 다양한 체격을 소유한 제주마(14,689두)의 경우는 한국마사회 제주경마장의 경주마, 제주도내 관광승마장의 승용마, 마육생산의 육용마로 용도로 구분될 수 있다. 하지만 순수제주마로서 제주도 축산진흥원에서 혈통등록관리가 되고 있는 마필은 전체 589두 (2005년말 기초등록 174두, 혈통등록 415두)에 불과하다. 나머지 제주마의 대부분(80-90%)은 마육생산으로 처분되고 있는 실정이다.

제주도에 있어서 마육의 소비시장은 도내 제주산 말의 사육두수가 급격히 증가됨과 함께 빠르게 확대되고 있다고 할 수 있다. 제주도내에는 현재 30여개소의 전문 음식점이 있다(제주도, 2005). 이에 따라서 제주도는 마산진흥과 제주산말의 활용방안을 모색하는 한편, 학계와 유관 연구기관에서는 제주말의 이용가치 증진을 위하여 다각도로 검토 연구하고 있다(양 등, 2005; Yang 등, 2005; 농촌진흥청 난지농업연구소, 2005). 최근 마육 소비시장의 확대로 마육생산업자들은 상대적으로 값이 싼 중국산 마필과 몽고마의 수입을 시도하고 있다. 마육생산을 위하여 외국으로부터 수입된 도입마필 두수는 '02년에 177두를 시작으로 06년 현재까지 965두가 도입되었다. 도입마필 두수는 제주도내 마육 시장에서 가격만 만족시킨다면 언제든지 확대될 수 있는 상황이다.

현재 농가에서 마육생산용 마필은 다양한 체격의 체형을 지닌 교잡마가 주로 이용되고 있으며, 용도와 나이에 관계없이 마육생산에 이용되고 있어서 육질이 균일치 못한 마육이 생산되고, 최적 비육기간과 개시월령 등에 대한 비육기술 자료가 없어서 구전되고 있는 사육관행을 벗어나지 못하고 있다. 제주마의 체구 발육은 일반적으로 2-3 세에 성장이 왕성하고, 만 5세 전후에서 완성하게 된다(양, 2002; 양 등, 1996). 고품질 마육생산과 비육에 따른 경제성에 대한 개념을 도입한다면 육성기의 성장생리에 알맞은 비육 프로그램 개발이 절실히 요구되고 있다. 마육이 식육산업에

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

자리를 확보하기 위해서는 체계적인 비육기술 개발이 절실히 필요하고, 마육 소비시장의 확산을 위해서는 다양한 마육제품 개발은 물론 근본적으로 고급마육을 생산할 수 있는 표준 비육프로그램에 대한 정립이 요구된다고 하겠다. 그러나 현재 마필 비육에 관한 연구자료와 비육기술의 부재로 마육의 품질에 차이가 심해서 소비자들의 선호도가 극심한 차이를 나타낸다.

비육마필 집단으로부터 마육의 생산 수율과 관련된 도체율 및 정육율에 대한 평가와 이 항목을 구성하고 있는 형질들 간의 관계 분석은 비육기술 개발에 기본적으로 요구되는 자료다. 비육마의 도체율과 정육율 등 생산수율에 대한 자료는 말의 비육기술 개발과 함께 마육생산에 중요한 기술지표로 중요한 역할을 하게 된다. 일반적으로 도체의 품질은 측정의 용이성으로 도체중과 등심단면적의 측정형질로부터 평가한다. 하지만 이것만으로는 도체구성이 정확하게 평가되는 것으로 보기 어렵다. 소에 있어서도 도체의 구성 성분에 체조직 즉 살코기의 비율과 분포가 중요하게 여겨지고 있다(Mukai 등, 2004). 물론 동물의 성장에 있어서 근조직의 발달은 사양수준, 비육단계, 품종 등 많은 요인에 영향을 받게 되는 것은 이미 잘 알려진 사실이다(Waldman 등, 1971; Berg와 Butterfield, 1976; Broadbent 등, 1976; Drake, 2004). 하지만 일반 식육자원으로 이용되는 소와 돼지에 비해 마육생산을 위한 비육마의 도체에 대한 연구는 찾아보기가 어렵다.

제주마의 마필산업은 2007년부터 매년 5,000여두 이상의 제주마가 생산될 것으로 내다보고 있다. 이에 따라 증가되는 제주마필산업의 안정적 발전을 위하여 제주마의 용도별 전략적 생산 및 이용기술개발이 요구되고 있다. 또한 제주마 사육농가들이 마육생산에 관심을 보이면서 비육기술에 관한 높은 관심을 보이고 있으나, 비육마의 사양기술에 대한 학술적 정보 및 응용기술에 대한 정보는 찾아보기 어려운 것이 사실이다.

이에 따라 본 연구는 경주용 제주마를 제외한 대부분 제주마가 이용되는 마육생산을 위한 기술개발을 목적으로 실행되었다. 이에 따라 비육마의 체계적인 사양프로그램 개발과, 건강식품 자원으로 비타민 A, E, 오메가3 지방산, Se 강화를 통한 기능성 식육자원화 기술개발, 마육의 도체특성과 비육에 따른 육질등급평가에 관한 기술자료 확보를 목표로 한다. 또한 마육을 기본으로 한 식이사료를 조제한 후 렛트의 사양시험으로 마육이 건강식품으로서의 가치를 평가하는데 있다. 이의 연구결과는 건강식품 자원으로 제주마의 이용가치를 증진시키는데 도움을 주고, 제주마 생산농가의 소득향상과 제주의 마필산업의 안정적 기반구축을 위하여 적극 활용될 것이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

2. 연구개발의 필요성

제주의 마필산업을 경쟁력이 있는 산업으로 발전시키기 위해서는 무엇보다도 마필산업 전반에 대한 여러 분야의 연구개발이 필수적으로 동반되어야 한다. 그러나 아직 국내에서 말에 대한 연구는 초보적인 단계로 그 성과 또한 매우 미흡한 실정에 있다. 사육농가호수와 사육두수는 꾸준히 증가하여, 제주마 및 경주마(경주마 생산·공급: 전체 소요두수의 75%) 양산에 따른 경주 및 승용에서 제외된 불용마의 처분과 육용마에 대한 관리 및 이용기술개발이 필요한 실정이다.

1) 기술적 측면

○ 제주도내 마육 소비시장은 규모면에서 급속히 대규모화 되고 있으나, 이를 뒷받침할 수 있는 연구개발은 미진하여 마육생산을 위한 비육기술 및 사양관리기술은 개발되지 못한 실정이다.

○ 체계적인 비육에 따른 증체량, 사료섭취량, 사료효율 및 도체율, 정육율, 부위별 수율 등의 생산수율 등에 대한 기술지표확보가 필요하다.

○ 기능성 식육자원화를 통한 부가가치창출을 위한 기술개발에 대한 연구가 필요하다고 하겠다.

○ 마육의 영양특성 규명과 마유 등 부산물에 대한 특성구명으로 식육 및 건강식품 자원과 향장소재로서 다양한 자원화 이용기술이 요구되고 있다.

○ 마육의 영양적, 건강증진적 가치를 확인할 수 있는 렛트사양을 통한 실증시험이 요구되고 있다.

2) 경제·산업적 측면

○ 제주도에는 15,000두에 이르는 말이 600여 농가에서 사육되고 있으며, 2005년 마필산업의 조수입은 541억원으로 축산조수입(4,725억원)의 11.4%에 달하고 있다.

○ 제주도의 말 산업은 정부의 국산마(더러브렛) 자급정책과 제주마의 경주활용 등에 힘입어, 사육농가 및 사육두수의 증가와 함께 농가소득 증가와 국산마 생산에 의한 외화절감효과가 매우 크다.

○ 생산된 말이 경주마로 활용되는 비율은 10-20% 내외로, 불용마필의 처리 및 활용에 따른 문제발생이 예상되고 있다.

○ 마육을 이용하는 식육산업의 확장에 따른 말고기의 특성 및 이용방법 등의 개발로 소비촉진을 통한 대중화가 요구되고 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

○ 일본에서는 마유(말기름)를 활용한 많은 상품들이 개발되어 판매되고 있으나, 국내에서는 민간요법 수준에 있다. 마유 및 마골분 등의 영양특성을 구명하고 향장소재 및 피부질환이 치료될 수 있는 고아물질 공급원으로서의 가치에 대한 연구가 요구되고 있다.

3) 사회·문화적 측면

○ 우리나라 고유의 향마인 제주마는 오래 전부터 군용 또는 농용으로 사육되어 왔으나 기계화에 따른 마필의 이용가치 하락으로 70년대 말에 멸종의 위기를 겪기도 했다. 80년대 중반에 들어서 제주마는 문화재로 지정되어 보호증식의 노력이 있었고, 90년대에 접어들면서 경마 및 승마 활용, 마육생산 등 다양한 목적으로 활용되기 시작 하여 다시금 사육 두수증가가 탄력이 붙게 되였다.

○ 제주도에서 마육의 식육으로의 이용은 제주도의 농경문화와 더불어 오래 전부터 있었다는 기록이 있다.

○ 조선시대 태조실록에는 제주도에서 건마육이 생산되어 조정에 진상되었다는 기록이 있으며, 연산군일기에 의하면 연산군도 말고기를 즐겨 먹은 것으로 알려졌다.

○ 말고기에 대한 영양적 특성을 분석하고, 식육 자원으로서 말고기의 우수성을 구명하여 소비의 대중화가 필요하다.

○ 건강 보조식육 자원으로서 활용하기 위하여 건강에 이로운 영양 성분 분석, 첨가제재를 통한 기능성 식육 생산기술 개발, 식육자원으로 영양학적 기여에 대한 입증시험이 요구되고 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Ⅱ. 연 구 사

1. 마육 생산을 위한 비육프로그램 개발

조선시대 태조실록 8권에 의하면 제주도는 건마육(乾馬肉)을 만들어 조정에 진상하였다는 기록이 있다. 말고기는 민간은 물론 왕실에서도 특수 식육자원으로 애용된 것으로 알려졌다. 연산군일기 48권에 의하면 연산군도 말고기(白馬肉)를 즐겨먹은 것으로 기록되었다(남도영, 2003). 우리나라에서 마육은 이처럼 오래전부터 식용으로 이용되었던 기록을 갖고 있다. 최근 들어 제주도내 마육 소비시장이 확대됨에 따라서 마육생산에 대한 관심은 그 어느 때 보다도 높은 실정이다. 마육생산용 마필산업 부문의 증대는 제주마의 수요를 증가시켜 마필가격의 상승을 유발시켰으며, 일부 마필생산농가에는 늘어난 수요를 충당키 위해 값이 싼 중국마를 수입하여 마육생산용으로 사육하고 있는 실정이다.

농가에서 비육마의 생산은 다양한 형태로 교잡된 제주산마가 주로 이용되고 있는데, 마육생산용 마필은 체격이 다양할 뿐만 아니라 나이에 관계없이 이용되고 있어서 육질등급에 대한 표준화가 이루어지지 않았고, 육질은 균일성이 떨어지고 품질저하를 면치 못하는 경우가 대부분이다. 표준화된 비육기술부재로 최적 비육기간과 개시월령 등에 대한 기준이 없으며, 체계적인 자료가 없어서 구전되고 있는 사육관행을 벗어나지 못하고 있다.

제주마의 발육은 일반적으로 2-3 세에 성장이 왕성하고, 만 5-6세에서 완성하게 된다(양, 2002; 양 등, 1996). 고품질 마육생산과 비육에 따른 경제성에 대한 개념을 도입한다면 육성기의 성장생리에 알맞은 비육 프로그램 개발이 요구된다. 마육이 식육산업화 되기 위해서는 체계적인 비육기술 개발이 절실히 필요하고, 마육 소비시장의 확산을 위해서는 다양한 마육제품 개발은 물론 근본적으로 고급마육을 생산할 수 있는 비육프로그램이 요구된다고 하겠다. 그러나 현재 마필 비육에 관한 체계적인 연구 자료와 비육기술의 부재로 생산되는 비육마의 육질에는 변이가 심하고, 마육품질의 균일성이 낮아서 소비자들로부터 다양한 평가를 받고 있다.

이처럼 마육생산을 위한 사양프로그램에 대한 요구가 절실하지만, 경주마의 사양프로그램에 관한 내용이 전부이고(김 등, 2003; 농촌진흥청, 2003), 비육마에 대한 조사료와 농후사료의 적정 급여량 설정 등에 관한 마육생산을 위한 비육마 사양프로그램에 대한 연구는 전무하다. 비육프로그램에 있어서 농후사료의 과다 급여는 말의 산통(疝痛, Colic)을 유발하는 원인이 되고, 심하면 사망에 이르게 하여 경제적 손실을 불러오

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

기도 한다. 이 때문에 비육마필 집단에 있어서 적정 수준의 농후사료 급여량 조절은 성공적인 비육프로그램의 기초가 된다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 비육마 생산농가에서 원만한 비육을 시킬 수 있도록 농후사료의 적정 급여수준 결정과 비육에 따른 증체효과, 농후사료와 조사료 섭취량, 사료효율, 일당증체량 등에 대한 기초자료를 확보하고 효과적인 비육프로그램을 개발하는 것을 목표로 한다.

2. 기능성 영양 성분강화 마육 생산기술개발

인간의 식이와 심혈관계 질환과의 밀접한 관계는 오래전부터 알려져 왔다. 식이에 포함된 많은 영양소중 n-3(ω-3) 지방산은 동물체내에서 합성될 수 없기 때문에 필수지방산으로 구분되며 식이로부터 반드시 공급받아야 한다. 주변에서 접할 수 있는 canola, soybean, linseed 등은 풍부한 n-3 fatty acid 공급원이다. 육식을 선호하는 대부분의 소비자들도 n-3와 같은 불포화 지방산을 다량 함유하는 고기를 원한다. 따라서 비육마 사료에 n-3 지방산인 linolenic acid를 다량 함유하고 있는 유채유를 첨가 급여하여 n-3 지방산이 다량 함유된 마육을 생산한다는 것은 마육을 건강식품화 하고 마육의 소비시장 확산에도 상당한 기여를 할 것으로 여겨진다.

지금까지의 연구보고는 없지만 돼지에 대한 연구결과를 보면 유채유가 첨가된 배합사료를 급여한 고기는 무첨가구에 비해 n-3 지방산이 증가되는 효과를 기대해 볼 수 있겠다. 이의 효과는 결과적으로 마육에 n-6:n-3 지방산 비율을 감소시켜 건강에 이로운 마육생산을 가능케 할 수 있게 된다. 가장 이상적인 이들 지방산의 비율은 4:1 (Wood and Enser, 1997) 또는 2:1-1:1 (Cowing and Saker, 2001; Simopoulos, 2001)로 알려지고 있다. 그러나 미국의 식생활에서는 16:1 (Simopoulos, 2001)로 조사되어 식생활의 개선을 요구한다. n-3 지방산의 섭취는 혈관 상피세포의 강화, 혈전증 방지, 혈액내 triacylglycerol 수준 감소, 부정맥 예방 등으로 심장혈관질환 발생률을 감소시키는데 도움이 되는 것으로 알려졌다.(Hu and Willett, 2002).

따라서 비육마 사료에 유채유의 첨가로 건강에 이로운 지방산 조성변화를 유도하거나, 비육용 배합사료에 비타민 E, 비타민 A, Se를 첨가하여 이들 성분이 강화된 마육을 생산할 수 있다면 보다 우수한 기능성 식품으로 이정을 받고, 소비자의 선호도도 향상시킬 수 있을 것이다.

3. 제주산 비육마의 도체 및 정육 수율분석

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

제주도내 비육마 생산농가들은 체계적인 비육프로그램에 의한 비육이란 개념이 없이 각자 다른 주관적인 방법을 이용하고 있다. 비육결과도 또한 다양하게 나타나고 있으며, 비교할 수 있는 등급지표의 부재로 자가 비육기술수준을 비교 평가하는 일은 어려운 실정이다.

말의 도체율, 도체중 대비 정육율, 생체중 대비 정육율, 도체부위별 생산수율에 대한 자료는 말의 비육기술 개발과 함께 마육생산에 중요한 지표역할을 하게 된다. 일반적으로 도체의 품질은 측정의 용이성으로 도체중과 등심단면적의 측정형질로부터 평가되게 된다. 하지만 이것만으로는 도체구성 즉 도체품질을 정확하게 반영하여 평가되는 것으로 보기는 어렵다. 소에 있어서도 도체의 구성 성분에 체조직 즉 살코기의 비율과 분포가 중요하게 여겨진다(Mukai 등, 2004). 물론 동물의 성장에 있어서 근조직의 발달은 사양수준, 비육단계, 품종 등 많은 요인에 영향을 받게 되는 것은 이미 잘 알려진 사실이다(Waldman 등, 1971; Berg와 Butterfield, 1976; Broadbent 등, 1976; Drake, 2004). 하지만 일반 식육자원으로 이용되는 소와 돼지에 비해 마육생산을 위한 비육마의 도체에 대한 연구는 찾아보기가 어렵다. 건강보조식품으로서 급속하게 소비량이 증가되고 있는 마육의 생산기술 확립을 위하여 비육마의 마육 생산 수율과 관련된 도체율, 정육율, 부위별 생산수율 등에 대한 자료 확보가 필수적이다.

4. 식육보조자원으로서 마육의 가치 평가

현재 마육에 대한 식품적 가치평가에 대한 연구결과는 국내외 찾아보기가 어려운 실정이다. 물론 이는 마육이 현재 식육자원으로 보편화되지 않았음을 말해주고 있는 것이지만, 일본, 프랑스 등 외국의 몇몇 나라에서는 이미 마육이 고급육으로 충분한 인기를 누리고 있으며 육류 소비시장의 일부를 점유하고 있다.

따라서 연구자는 마육과 우육을 기본으로 고단백질 저탄수화물사료를 조제하여 렛트의 사양시험을 계획하게 되었다. "New Diet Evolution"에 심혈관의사(cardiologist)인 Robert Atkins(1992)에 의해 저탄수화물식이가 발표된 후 많은 이들이 이에 대한 관심을 보였다. 한때 New York Times에 의해 베스트셀러로 선정되는 등 인기를 누렸으나 저탄수화물 식이의 장기적인 효과와 안전성에 대해서는 아직 명확하게 입증된 바 없다(St. Jeor 등, 2001; Bravata 등, 2003; Samaha 등, 2003). 저탄수화물식이가 건강에 이롭다고 주장하는 사람들은 저탄수화물 고단백질 식이는 체조직내에 glucose의 결핍으로 발생하는 유해성이 없이 체지방의 대사율을 증진시켜, 결과적으로 체중의 감량을 유발시킨다고 주장하고 있다(Akins, 2002). 이와는 반대로 미국의 식이협회와 심장학회

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

(American Dietetic Association and American Heart Association)를 포함한 학자들은 저탄수화물식이는 vitamin과 mineral 섭취량이 부족하게 되어 심장, 신장, 뼈, 간 등에 이상을 초래할 수 있어서 저탄수화물식이를 반대하고 있다(Jeor 등, 2001; Stein, 2000). 동맥경화(atherosclerosis)와 관련된 대부분의 저탄수화물식이에 대한 연구는 일부 소수의 환자들을 대상으로 실험이 되었고, 다양한 결과로 보고된 바 있다(Kennedy 등, 2001; Westman, 1999; Hays 등, 2003). Layman 등(2003)은 단백질 대비 낮은 탄수화물식이는 체중조절을 하는 여성에 있어서 체조성, 혈액내 지질 수준, 혈당 수준 등에 긍정적 영향을 준다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 우선, 53%의 마육과 10% starch로 조제된 저탄수화물(a very low carbohydrate diet)식이가 렛트의 체중, 사료효율, 혈청의 cholesterol, triacylglycerol, glucose, ketone bodies, insulin 수준에 미치는 영향을 고탄수화물 식이(high carbohydrate diet)와 비교조사 하고, 다음으로 마육과 우육을 기본으로 한 식이 사료를 조제하여 사양시험을 한 후 체조성과 혈액내의 지질, glucose, insulin, ketone bodies 등 혈액화학적 성분을 비교 검토하여 마육의 가치를 연구하였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Ⅲ. 재료 및 방법

제주도의 마필 산업에는 4개의 집단 즉, 더러브렛 순수품종(1군, 4천여두), 천연기념물로 지정 보호되고 있는 제주마(2군, 60여두), 제주도 축산진흥원에서 순수제주마로 등록 관리되고 있는 제주마(3군, 500여두), 기타 다양한 정도로 개량종들과 교잡되어 생산되고 있는 제주마(4군, 1만 여두)의 4종류로 구분될 수 있다. 그 가운데 마육생산은 주로 4군에 소속된 제주마를 이용하고 있다. 따라서 본 시험에서 이용된 모든 마필 또한 제 4군에 소속된 마필을 의미한다.

1. 마육생산을 위한 사양프로그램 개발

마육생산을 위한 사양프로그램 개발은 3차년도에 걸쳐 수행되었는데, 1차년도에서는 일반 사양관리수준과 농후사료의 적정 공급수준에 대한 기준설정 및 평가를 하고, 1차년도의 결과를 2차 및 3차년도에 동일 적용하여 반복 실증 시험으로 정립하였다. 시험에 이용되는 공시마의 이용 효율성을 높이기 위하여 공시마들은 사료첨가시험도 동시에 이용되어 비육프로그램 개발과 사료첨가시험 2가지 목적에 공용되었다.

가. 공시동물

3차년에 걸쳐 사양시험에 공시된 동물은 제주마 생산농가로부터 수집되어 이용되었는데, 육성기 마필을 위주로 체중이 250 kg 내외인 제주산마 암말 48두와 수말 16두, 총 64두(1차년 암말 16두, 수말 16두; 2차년 암말 16두; 3차년 암말 16두)가 이용되었다. 시험마의 체중은 평균 247.4±4.8(S.E) kg이었다. 수집된 마필들은 농가에서 출생기록이 없는 상태로 방목되어 육성되었던 말이어서, 체중을 기준으로 하여 수집한 후 마필의 나이에 대한 마주의 보고와 함께 치식과 외모감정에 의하여 추정된 바, 평균 3.2세(38개월령)에 달했다.

나. 비육용 배합사료 성분

현재 마필 비육용 배합사료는 시중에 없는 상황으로 상업화나 정의되어있지 않아서 조제하여 이용하였다. 본 시험에서는 우지(tallow) 5%를 첨가하여 조제한 사료를 비육용 기본사료로 이용하였다(표1). 조제된 배합사료는 조단백질 12.4%, 조지방 7.9%, 조섬유 7.6%, 조회분 7.6%, 칼슘 0.6%, 인 0.4%로 구성되어 일반 상업용 마필사료의

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

조지방 함량이 3%인 것에 비하여 2.5배나 많은 양이 함유된 상태다.

표 1. 비육용 배합사료 조성분

구성 성분	함량(%)	일반 조성분(%)	
옥수수(Corn)	71.5%	조단백질	12.4
대두박(Soybean meal)	18.1	조지방	7.9
우지(Tallow)	5.0	조섬유	7.6
당밀(Molasses)	3.0	조회분	7.6
인산칼슘(Calcium phosphate)	1.2	칼슘	0.6
석회석(Limestone)	0.6	인	0.4
식염(Salt)	0.45		
기타첨가제(Premix, vit&min)	0.15		

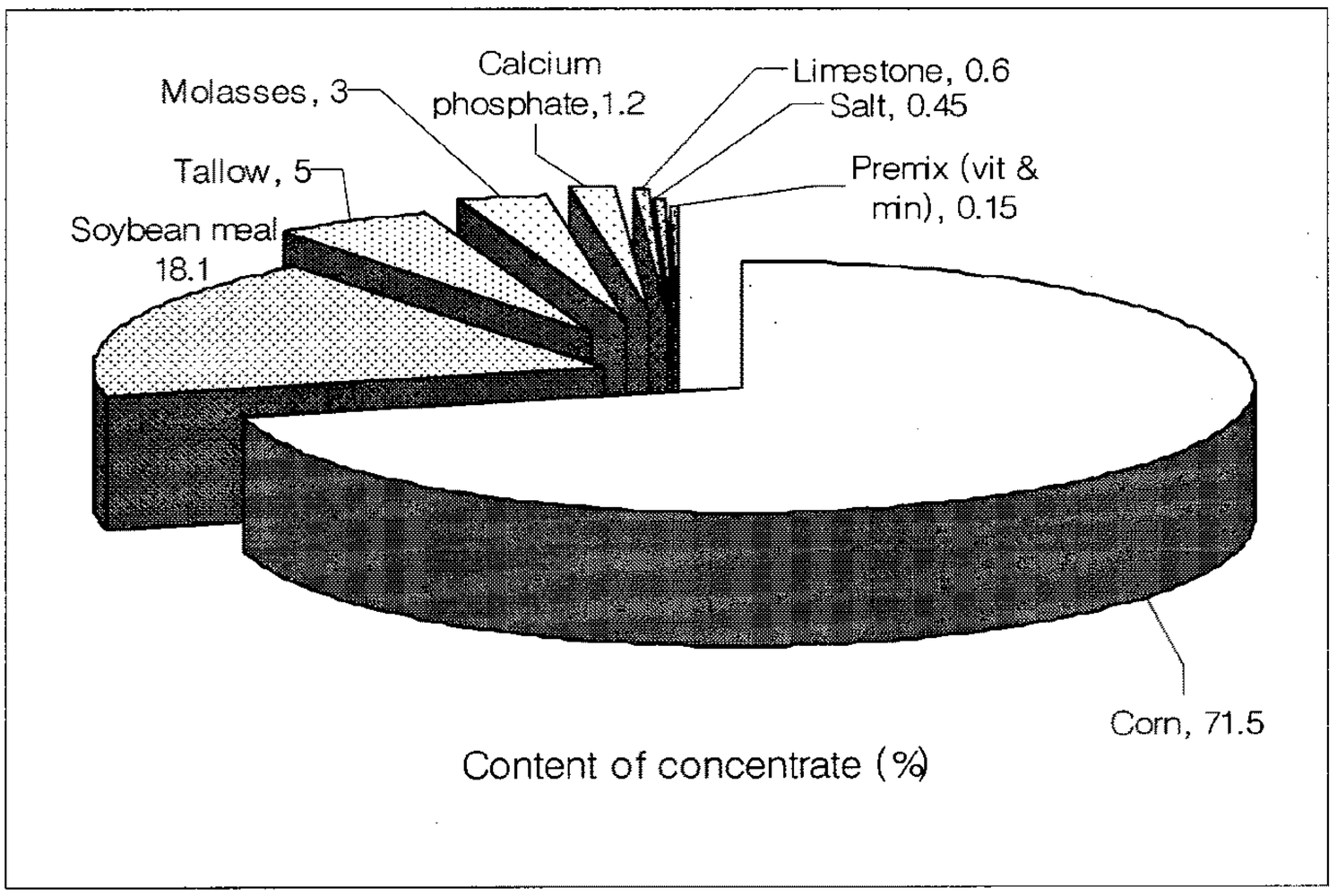


그림 1. 비육용 배합사료 조성(%)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

다. 사양관리

(1) 개체식별 및 배치

1차년도에는 총 32두를 암수 성별로 구분한 후 16개의 마방에 같은 성의 마필 2두씩 배치(암말 8개 마방, 수말 8개 마방)되었고, 2차년도 16두와 3차년도 16두는 암말을 이용하여 1두씩 16개의 개별 마방에 배치하여 비육시험이 진행되었다.

(2) 비육마 관리

비육마는 사양시험에 앞서 예비사양기간(적응기)에 개체별로 전 두수에 구충제를 투여하여 내부 기생충을 구제하였다. 또한 삭제(발굽관리), 피모손질, 외상치료 등 공시동물들에 대한 개체관리를 하였으며, 암말의 경우는 임신진단을 하여 공태마 상태로 정상적인 비육시험이 되도록 확인하였다. 시험구인 마방은 바닥에 톱밥을 깔아주고, 상태를 확인하면서 매월 1-2회 톱밥을 교환하여 위생적인 환경이 되도록 하였다.

(3) 예비 사양

비육용으로 수집된 마필은 주로 방목지에서 자유롭게 방목으로 육성되었던 말로서 축사내의 마방에서 사양시험을 위해서는 이에 상당한 환경적응이 필요하다고 판단되었다. 따라서 본 사양시험에 앞서 약 2-3주간 적응기간을 두고 농후사료에 대한 적응 및 마필 개체 위생관리와 함께 예비사양을 하였다. 예비사양기간에 농후사료는 체중의 0.6% (약 1.5 kg/두)에 해당하는 일반 마 사육용 배합사료가 1일 2회로 나누어 공급되었다.

(4) 비육기 사양

본 사양시험은 예비 사양기간이 끝난 후 수행되었는데, 1차년도는 5개월(150일)간, 2차와 3차년도에는 20주간 수행되었다. 1차시험과 2 또는 3차 시험기간에 비육기간 차이는 1차년도의 22주 비육효과를 분석해본 결과 20주간의 비육으로도 충분한 비육시험의 효과를 볼 수 있었다고 판단됨에 따라 2차와 3차년도의 비육기간을 20주로 단축하였다. 비육결과에 대한 분석에서는 1, 2, 3차 비육시험 모두 20주령을 기준으로 하였다.

비육기간 동안 건초(조사료)와 물은 무제한으로 급여를 하였으며, 농후사료 급여량은 4주 단위로 개시체중을 측정하고 측정된 체중을 기준으로 조절되었다. 개체별 농후사료의 공급량은 최초의 개시체중을 출발점으로 하여 체중의 1%의 급여를 시작으로 일일 급여량에 대한 섭취잔량 관찰, 산통발생 및 소화기 장애의 징후를 관찰하면서 급여량을 증가시키는 방법을 택하였다. 1차년도에 개발된 농후사료 급여량과 방법은 2차

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

년도와 3차년도에서 적용되었다.

라. 분석항목

시험기간 동안 4주단위로 20주까지 체중, 농후사료섭취량, 조사료섭취량을 측정하였으며, 측정 후 일당증체량과 사료효율을 계산하였다. 이들 측정된 항목들에 대한 기술통계량의 분석에서는 SAS(2004)의 MEANS을 통해 일반통계량을 계산하였고, GLM을 이용하여 성별, 나이별, 비육년도별 효과를 고정효과로 고려한 후 최소자승 평균을 아래와 같은 모형으로 분석하였다.

$$Y_{ijk} = \mu + Year_i + Age_j + e_{ijk}$$

여기서 Y_{ijk}는 측정치, μ는 공통평균, $Year_i$는 i번째 연도효과, Age_j는 j번째 나이효과, e_{ijk}는 오차항 NID(0,V)로 가정하였다.

2. 비타민, 오메가3 지방산 함량을 증가시킨 기능성 식육의 생산

가. 비타민 E 강화 마육 생산기술 개발시험

(1) 공시동물

농가로부터 수집한 비육용 제주산마 16두(체중: 230 kg 내외, 나이: 만3세 내외)를 암말로 단일화하여 사양시험에 이용하였다.

(2) 시험구 처리

시험구 처리는 2종류로, 조제된 비육용 배합사료인 대조구와 비타민 E가 200 mg/kg이 첨가된 배합사료 처리구로 하여, 각 처리당 8두씩 체중을 고려하고 배치하였다. 시험을 위해 조제된 사료에 비타민 함량을 무작위 표본을 분석한 결과 대조구는 3.16 mg/100 g, 첨가구는 22.56 mg/100 g으로 비타민 E가 사료내에 바로 첨가되었음을 확인 하였다(표 2). 시험구에 마필들은 동일한 마사에서 개별관리가 될 수 있는 마방에 무작위로 배치되어 20주간 비육시험이 수행되었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 2. 비타민 E 강화 마육생산을 위한 배합사료 조성분

성 분	대조구	처리구	비 고
옥수수(Corn)	71.5%	71.3%	
대두박(Soybean meal)	18.1	18.1	[사료표본분석]
우지(Tallow)	5.0	5.0	비타민 E 함량
당밀(Molasses)	3.0	3.0	(mg/100 g)
인산칼슘(Calcium phosphate)	1.2	1.2	
석회석(Limestone)	0.6	0.6	대조구 3.16
식염(Salt)	0.45	0.45	처리구 22.56
Premix (vit & min)	0.15	0.15	
Vit. E (100 g/kg)	0	0.2	

(3) 사양관리

농후사료를 체중을 기준으로 하여, 개시체중의 1%(0-4주)를 시작으로 4주단위로 매 월초 체중의 1.3%(5-8주), 1.5%(9-12주), 1.7%(13-16주), 1.7%(17-20주)를 급여하였다. 조사료를 건초로 무제한 공급하였다.

(4) 측정 및 분석항목

시험기간 동안 4주단위의 체중과 사료섭취량을 측정하였고, 20주 사양시험이 종료된 후 사료효율, 일일 사료섭취량 등이 계산되었다. 사양시험 종료 후 도축을 한 뒤 도체로부터 등심육 시료와 복강지방의 시료를 채취하여 비타민 E의 함량을 분석하였다.

나. 오메가-3 지방산 함량이 높은 마육 생산시험

(1) 공시동물

유채유 첨가를 통한 오메가-3 지방산 함량이 높은 생산기술개발 시험에 32두(수말 16두, 암말 16두)의 제주마가 이용되었다. 공시마의 나이는 만 3세 내외였으며, 평균체중(mean±SE)은 244±5 kg이었다.

(2) 시험구 처리

오메가-3 지방산 함량이 높은 마육생산을 위한 시험에서 처리는 2종류로 대조구는 5% 우지(tallow)가 첨가된 비육용 배합사료, 처리구는 5% 유채유(canola oil)가 첨가된 배합사료를 사용하였다. 시험마는 암수의 성과 체중별로 16개의 톱밥바닥의 마방(15

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

m^2/pen)에 2두씩 배치되었다. 대조구와 처리구는 각 처리당 8개의 마방(암말 2두x4방=8두, 수말 2두x4방=8두)이 이용되었다.

사양시험에 이용된 시험구 사료의 조성분은 표 3과 같으며, 조제된 사료의 시료를 이용하여 지방산을 분석한 결과가 표 4와 그림 2에 제시되었다.

사료시료의 지방산 분석결과에 의하면, 유채유 5% 첨가된 농후사료에서는 대조구에 비해서 palmitic acid, stearic acid, oleic acid 함량이 현저하게 줄어들었으며, 우리 몸에 유익한 성분으로 알려진 오메가-3 지방산인 α-linolenic acid의 함량은 8.44%로 우지 5% 첨가구의 0.9%보다 월등히 높은 것을 알 수 있다(표 4).

(3) 사양관리

공시마들은 예비사양기(적응기)에 계획된 사양프로그램에 따라 농후사료 섭취적응 및 마필 체내 기생충 구제, 발굽관리 등 위생관리를 하였다. 사양시험을 위하여 제조된 우지 또는 유채유 첨가사료는 지방의 산패 가능성을 우려하여 냉장상태로 보관하면서, 1주단위의 소요량만 현장에 확보하여 급여하였다. 농후사료는 4주단위의 체중을 기준으로 하여 급여되었다. 20주의 비육기간동안 농후사료의 공급량은 체중의 1.0(0-4주), 1.3(5-8주), 1.5(9-12주), 1.7(13-16주), 1.7%(17-20주) 이었으며, 건초(Italian ryegrass)와 물은 전체 사양기간동안 자유롭게 채식시켰다.

표 3. 오메가3 강화 사양시험 배합사료 조성분

성 분	대조구	유채유처리구
옥수수(Corn)	71.5%	71.5%
대두박(Soybean meal)	18.1	18.1
우지(Tallow)	5.0	-
유채유(Canola oil)	-	5.0
당밀(Molasses)	3.0	3.0
인산칼슘(Calcium phosphate)	1.2	1.2
석회석(Limestone)	0.6	0.6
식염(Salt)	0.45	0.45
Premix (vit & min)	0.15	0.15

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 4. 배합사료의 지방산조성(%총지방)

지 방 산	대조구	유채유 처리구
Myristic acid	1.24	0.10
Palmitic acid	20.86	9.14
Palmitoleic acid	1.87	0.34
Stearic acid	11.68	2.61
Oleic acid	38.39	28.51
Linoleic acid	23.38	37.78
α-Linolenic acid	0.90	8.44
Eicosenoic acid	0.86	8.10
Eicosadienoic acid	0.32	1.37
Eicosatrienoic acid	0.08	0.56
Arachidonic acid	0.14	0.78
Eicosapentaenoic acid(EPA)	0.12	0.65
Docosatetraenoic acid	0.15	0.12
Docosapentaenoic acid	0.00	0.43
Docosahexaenoic acid (DHA)	0.00	1.07
Saturated fatty acid	33.78	11.84
Unsaturated fatty acid	66.22	88.16
Mono unsaturated fatty acid	41.12	36.95
Poly unsaturated fatty acid	25.10	51.21

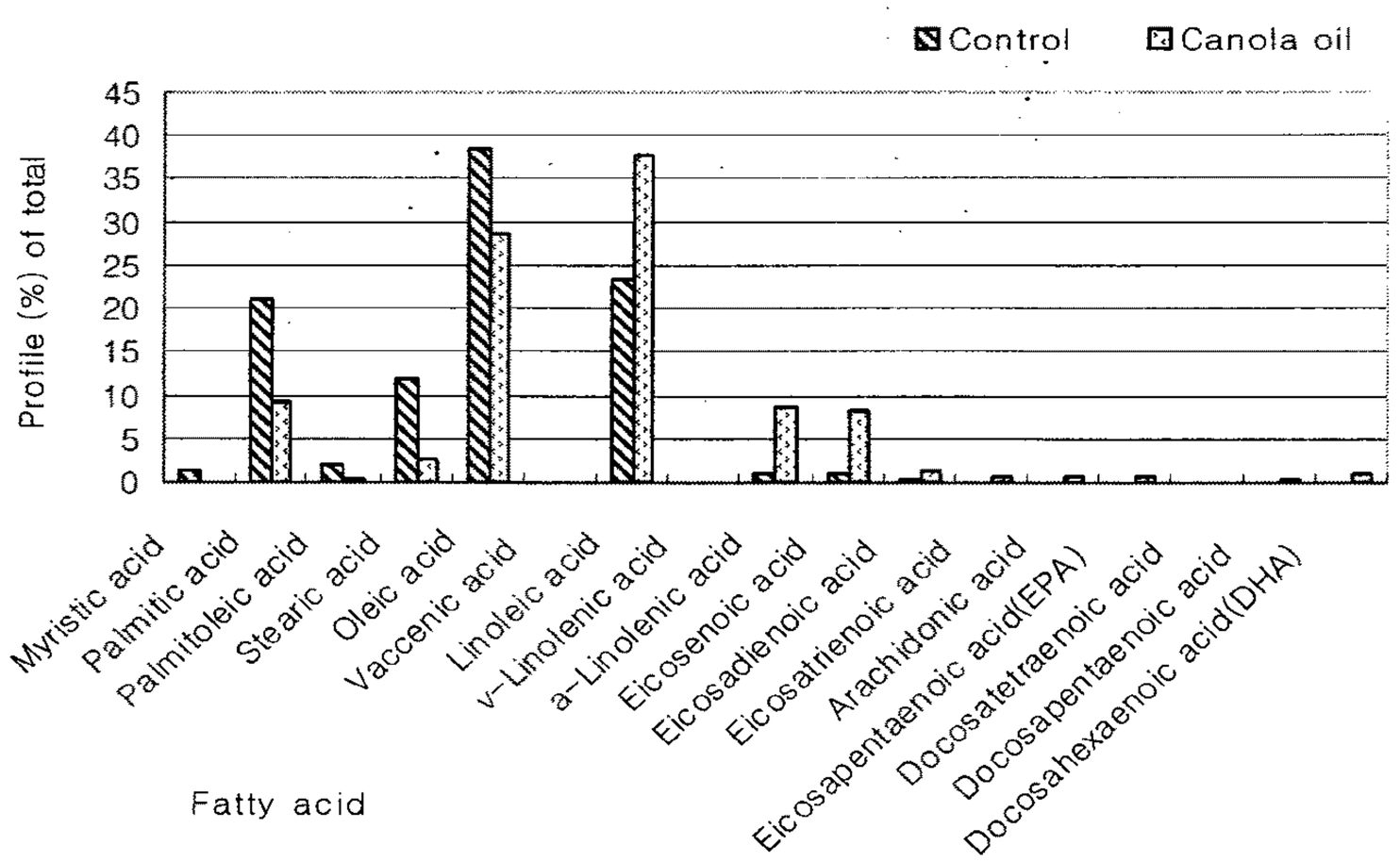


Fig. 2. Composition of fatty acids in concentrates

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

(4) 측정 및 분석항목

사양기간에는 4주단위로 체중 및 사료섭취량(농후사료, 조사료)을 측정하였으며, 사양시험 종료 후 사료효율, 일당증체량을 계산하였다. 사양기간이 끝난 후 공시마필들은 하루밤 절식(overnight fasting) 후 축산물 도축장에서 도살되었으며, 도체로부터 등심육(longissimus dorsi) 시료를 진공포장상태로 -20℃에 보관하면서 지방산(fatty acid profile) 분석에 이용하였다.

다. 비타민 A, 비타민 E, Se 보강 마육 생산기술 개발시험

전년도 선행 연구에서 비타민 E의 단일항목의 영양성분 보강마육 생산기술 개발에 성공하였다. 영양성분 사료첨가에 따라 반응이 확실한 바 이번에는 동시에 비타민 A, E 및 Se가 보강된 마육을 생산하는 실험이 설계되었다.

(1) 공시동물

마필 평균체중이 274.0 kg의 만 3세 전후의 제주마 암말 16두가 사양시험에 이용되었다.

(2) 시험구 처리

사료는 특별히 조제된 비육용 배합사료를 대조구로 하고, 첨가구는 이 사료에 비타민 A는 사료 kg당 20,000 IU를 첨가하였으며, 비타민 E는 사료 kg당 200 mg을 첨가하였고, Se성분은 yeast Se를 이용하여 0.5 mg/kg 첨가되었다(표 5). 시험사료를 조제한 후 비타민 A, E 및 Se에 대한 함량을 분석한 결과 조제된 사료에서 처리구는 대조구에 비해서 월등하게 많은 양의 성분이 들어있는 것으로 확인되었다. 비타민 A는 retinyl acetate, 비타민 E는 tocopheryl acetate, Se는 yeast selenium 형태를 이용하였다.

대조구와 첨가구(처리구)에 공시축을 체중을 고려하여 각 8두씩 균등히 분할 배치하였고, 동일 비육마사에서 무작위로 1두씩 격리된 16개의 마방에 배치하였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 5. 비타민 A, 비타민 E, Se 첨가 시험사료의 조성분

성 분	대조구	처리구	함량분석
옥수수(Corn)	71.5%	69.25	
대두박(Soybean meal)	18.1	18.1	사료 분석
우지(Tallow)	5.0	5.0	대조구
당밀(Molasses)	3.0	3.0	Vit E 3.83 mg/100 g
인산칼슘(Calcium phosphate)	1.2	1.2	Vit A 0.01 ug/100 g
석회석(Limestone)	0.6	0.6	Se 0.62 ppm
식염(Salt)	0.45	0.45	처리구
Premix (vit & min)*	0.15	0.15	Vit E 26.07 mg/100 g
Vitamin E (100 g/kg)	0	0.2	Vit A 1.46 ug/100 g
Vitamin A (1,000,000 IU/kg)	0	2.0	Se 1.37 ppm
Selenium (1000 mg/kg yeast)	0	0.05	

(3) 사양관리

시험기간은 20주였으며, 적응기 예비사양, 본사양, 구충 및 위생관리 등 일반관리는 선행연도에 개발된 자체 사양프로그램에 준하여 진행되었다. 사양기간동안 조사료(건초)와 물은 무제한으로 공급되었고, 농후사료의 급여수준은 1차년도에 개발된 비육프로그램에 따라 체중을 기준으로 하여, 0-4주에는 개시체중의 1%, 5-8주간은 1.3%, 9-12주는 1.5%, 13-16주는 1.7%, 17-20주 1.7%로 하였다.

(4) 측정 및 분석항목

시험기간동안 4주단위로 체중과 사료섭취량(농후사료, 조사료)이 측정되었으며, 이로부터 일당증체량 및 사료효율이 계산되었다. 사양시험이 종료된 후 12시간 절식 후 도축하였고, 도체로부터 등심육 시료를 채취 진공포장을 한 후 동결하여 보존하면서 비타민 A, E, 및 Se 성분 분석에 이용하였다.

3. 비육마의 도체특성과 비육에 따른 등급 평가

식육생산을 위한 비육마필에 대한 도체구성과 비육으로 인한 육량 및 육질 등급에 대한 자료를 확보하기 위하여 도체특성 분석과 육량 및 육질평가를 계획하게 되었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

가. 비육마의 도체구성 특성분석

(1) 공시동물

도체분석에는 마육생산을 위한 비육프로그램에 의하여 20주간 비육된 마필에서 임의로 13두를 선정하여 이용되었다. 이 집단의 비육종료 체중은 276.0-398.0 kg 범위로 평균 340.5±8.7 kg 이었고, 나이는 2-5(평균 3.3)세에 달했다. 비육마필들은 최종 사료가 급여된 후 도살 직전까지 15-17시간 절식되었으며, 도축은 제주축산물공판장을 이용하였고, 도체 부위별 해체 및 도체구성에 대한 측정은 제주도 탐라유통 육가공공장에서 진행되었다.

(2) 분석항목

비육마의 도체는 작업장에서 도체(carcass), 내장(guts), 심장과 폐(heart, lungs), 간(liver), 비장과 신장(spleen, kidneys), 머리(head), 사족과 꼬리(feet, tail), 및 기타 부산물(others)의 8개 항목으로 구분되어 중량(kg)이 측정되었다. 도체는 다시 세부항목으로 등심(loin), 안심(tender loin), 어깨등심(shoulder loin), 제비추리(chuck crest), 뒷다리(rear legs), 안창(skirt), 갈비(ribs), 앞다리(fore legs), 양지(brisket navel end), 사태(shin), 기타 잡육(other meat), 지방(trimmed fat), 및 뼈(bone)로 분할하여 kg 단위로 측정되었다.

수율은 도체율(dressing percentage), 도체중 대비 정육율(retail yield) 및 생체중 대비 정육율(cutability)로 다음과 같이 계산되었다.

Dressing percentage = (carcass weight / live body weight) x 100

Retail yield (%) = (saleable cuts / carcass weight) x 100

Cutability(%) = (saleable cuts / live body weight) x 100

도체 구성부위와 생산수율의 기술통계량과 상호관계는 SAS의 MEANS와 correlation을 이용하여 분석되었으며, 상관계수는 변량형질들 사이에 단순상관계수(simple correlation coefficient)와 생체중의 영향력이 고려된 편상관계수(partial correlation coefficient)로 분석되었다.

나. 비육마의 도체등급 평가

(1) 공시동물

도체의 육량과 육질의 등급평가에는 비육프로그램에 의하여 20주간 비육된 비육마

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

집단에서 임의(random)로 9두를 추출하여 이용하였다. 등급평가에 이용된 비육마의 생체중은 평균 353.9±8.5 kg(mean±SE) 이었다.

(2) 분석항목

등급판정은 제주축산물 공판장에서 소의 등급판정 기준으로 실시되었다. 비육마는 전일 오후부터 절식시킨 후 도축장으로 이송되었으며, 도체는 예냉 후 등급판정을 하였다. 평가항목은 등지방두께, 배최장근 단면적, 도체중량, 육량지수, 육량등급, 근내지방등급, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도, 육질등급을 종합적으로 평가하였다.

4. 렛트의 사양시험으로 건강식품으로의 가치 평가

식육자원으로 마육에 대한 가치평가는 렛트의 사양시험을 이용하여 실험 1 및 실험 2로 2차에 걸쳐 진행되었다. 시험 1에서는 마육을 기본으로 조제된 저탄수화물(a very low carbohydrate diet)식이와 AIN93G 고탄수화물 2종류 사료에 의한 사양시험이 진행되었고, 시험 2에서는 마육, 우육, AIN93G 사료의 3처리에 의한 사양시험으로 식이종류와 급여수준이 렛트의 체중, 사료효율, 혈청의 cholesterol, triacylglycerol, glucose, ketone bodies, insulin 수준에 미치는 영향을 평가하였다.

가. 공시동물

시험 1에서는 40두의 렛트를 AIN93G 대조구 20두(무제한 급여 10두, 70% 제한급여 10두) 및 저탄수화물 고단백질 사료(마육을 기본으로 조제한 사료)에 20두(무제한 급여 10두, 70% 제한급여 10두)를 배치하였다. 시험 2에서는 전체 30두의 렛트를 이용하여 대조구(AIN93G) 10두, 마육을 기본으로 조제한 사료처리구 10두, 우육을 기본으로 조제한 사료처리구 10두를 배치하였다.

나. 시험구 처리 및 사양관리

시험 1과 2에서 조제 이용된 식이사료의 성분은 표 6과 같다. 처리는 대조구인 AIN93G사료와 마육과 우육을 기본으로 식이사료가 되겠다. AIN93G 상업용사료는 고탄수화물 식이사료(conventional high carbohydrate diet)로 분류되는 사료이며, 특수제조된 처리구의 사료는 마육 53%의 저탄수화물 식이사료(low carbohydrate diet containing dried ground horse meat)와 우육 53%의 저탄수화물 식이사료(low

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

carbohydrate diet containing dried ground beef)가 되겠다. 공시된 렛트는 7일간의 적응기를 거치고, 환경이 조절된 방에서 단방식 케이지를 이용하여 사양시험이 수행되었다. 환경이 통제된 방에서 온도를 23℃, 12시간 점등(07:00-19:00)과 12시간 소등(19:00-07:00)의 광주기로 이용하였다. 사료는 앞서 준비된 3종의 사료와 무제한 급여와 70%급여구의 2수준으로 4주간 사양시험을 하였다.

표 6. 마육과 우육을 기본으로 조제된 저탄수화물 고단백질 식이사료 조성분

성 분	대조구	마육처리구	우육처리구
Casein(vit-free)	20.00	20.00	20.00
L-Cystine	0.30	0.30	0.30
Corn starch	39.75	-	-
Dextrin	13.20	-	-
Sucrose	10.00	10.00	10.00
Fiber	5.00	5.00	5.00
Soybean oil	7.00	7.00	7.00
Horse meat	-	52.95	-
Beef	-	-	52.95
Vitamin mix	1.00	1.00	1.00
Mineral mix	3.50	3.50	3.50
Choline bitartrate	0.25	0.25	0.25
T-Butylhydroquinone	0.0014	0.0014	0.0014
Total(%)	100	100	100

Anayzed values for control and very low carbohydrate (low-carb) diets: crude protein 18.3 and 42.9, ether extract 10.3 and 30.2. ash 2.3 and 3.8, NFE 58 and 6.6, crude fiber 0.3 and 10.9 and moisture 10.9 and 5.6, respectively.

다. 측정 및 분석항목

렛트의 사양기간동안 2일 간격으로 체중과 사료섭취량을 측정하였다. 4주의 사양시험이 종료된 후, 12시간 절식 후 도살하여 도체 및 혈액시료를 채취하였다. 혈액으로부터는 원심분리 후 serum을 분리하여 cholesterol, triacylglycerol, glucose, ketone bodies, insulin level을 분석하였다. Serum의 total cholesterol, triacyglycerol, glucose 등의 농도는 concentrations assay kit (SIDIAL kits, Shin-Yang Chemical, Seoul, Korea)과 autoanalyzer (TBA200FR, Toshiba, Tokyo, Japan)을 이용하여 측정되었다. Total ketone body는 acetoacetate와 β-hydroxybutyrate으로 상업용 assay kit

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

(Kainos, Tokyo, Japan)와 autoanalyzer(JCA - BM1250, Jeol, Tokyo, Japan)를 이용하였다. Insulin 농도는 radioimmunoassay kit(Diagnostic Products Corp., Los Angeles, CA)와 γ-counter(COBRA II, Packard, Meridan, MD)를 이용하였다.

도체로부터는 체구성 조성분인 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분을 분석하였다. 도체는 GI tract, skin, hair를 포함하여 짧게 잘라서 80℃에서 24시간동안 풍건시켰다. 건조된 표본은 액체질소에서 동결후 믹서(model #852-28, Sunbeam, Inc., Boca Raton, Florida, USA)로 갈아서 조성분 분석에 이용하였다. 사료와 도체표본의 Crude protein, crude fat, crude fiber, ash 성분 분석은 AOAC의 basis로 Kjeldahl (model # 1030, Foss Tecator, Hoganas, Sweden), Soxtec (#2050), Fibertec (#1017) systems과 electric muffle furnace (HY8000, Dae-Han, Inc., Seoul, Korea)를 이용하였다.

얻어진 Data는 ANOVA분석과 Duncan's multiple range test로 처리간 통계적 유의차($p<0.05$)를 검정하였다.

5. 비육마의 마육, 마유, 말뼈의 성분분석

마육의 식육자원으로서 영양성분 분석과, 보조식품자원 또는 향장소재로 이용가능성이 있는 마유와 말뼈에 대한 성분을 분석하였다.

가. 재료

마육의 영양성분은 비육마필의 등심육을 이용하였으며, 말뼈는 정강이의 관위부분이 길이에 대한 수직으로 2cm 폭으로 평면 절단하여 이용되었으며, 마유에 대한 지방산조성은 등심육의 지방산조성과 동일하다.

나. 분석항목

(1) 등심육

(가) 일반조성분(표본수 31)

- 수분, 조지방, 조단백, 조회분

(나) 아미노산 조성(표본수 5)

- Asp, Thr, Ser, Glu, Pro, Gly, Ala, Val,
  Ile, Leu, Try, Phe, His, Lys, Arg, Cys, Met

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

(다) 무기물함량(표본수 5)

- Ca, P, K, Fe, Mg, Na, Cu, Mn, Zn, Se 분석

(2) 말뼈(정강이)

(가) 무기물함량

- Ca, P, K, Fe, Mg, Na, Cu, Mn, Zn, Se 분석

(3) 마유의 지방산

- 등심육의 지방산 조성과 동일하다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Ⅳ. 결과 및 고찰

1. 마육생산을 위한 사양프로그램 개발

가. 비육을 위한 예비사양 및 위생관리

제주도에서 마필은 일반적으로 방목지에서 자유롭게 방목으로 사육된다. 비육용 말이 축사에서 사육될 때 농후사료에 적응된 말인 경우에는 별 문제가 없을 것으로 생각되지만 그렇지 못한 말 즉, 주로 방목지에서 자유롭게 방목으로 육성되었던 마필의 경우에 축사내의 격리된 마방에서 비육목적으로 다량의 농후사료의 공급과 섭취에는 어느 정도 적응이 필요한 것으로 판단되었다. 따라서 본 사양시험에 앞서 적응기간을 2 - 3주 두어 이 기간에 농후사료에 대한 적응은 마필 비육기간에 소화기 이상이나 산통으로 인한 손실발생에 대한 예방차원에서 대단히 중요한 것으로 생각된다. 본 시험에서는 비육시험을 개시하기 전에 예비사양기간은 2주로 하였고, 예비사양기간에 체중의 0.6%(1.5 kg/두)에 해당하는 일반 배합사료를 1일 2회로 나누어 급여하여 농후사료에 대한 적응을 시켰다.

예비 사양기간에 위생관리로 비육대상 마필들에 대하여 구충제를 투여한 결과 대부분의 마필의 분에서 내부기생충들이 상당량이 배출되는 것이 관찰되었다. 따라서 비육용 마필들에게는 개체별로 전 두수에 구충제를 투여하여 마체내에 생존하는 내부 기생충을 구제하는 것이 필수적이라 판단되었다. 또한 이 시기에 기타 삭제(발굽관리), 피모손질, 외상치료 등의 관리로 양호한 사양시험이 진행될 수 있도록 공시동물들에 대한 관리가 요구된다. 비육기간에 마방은 바닥에 톱밥을 주기적으로 교환하여 항상 건조하고 쾌적한 비육환경을 제공해주고, 파리 또는 유해 해충 방지 등에 대한 주기적인 위생관리도 이루어져야 하겠다.

나. 배합사료의 조제와 급여량의 결정

시중에 판매되고 있는 상업용 가축사료에서 현재 말의 비육을 위한 사료가 없는 실정이다. 따라서 본 비육프로그램에서는 우지 5%를 첨가하여 비육용 특수사료를 조제하여 비육시험에 이용하였다(표 1).

단기간에 마필의 비육효과를 얻기 위하여 농후사료의 적정 급여량 설정이 마육생산을 위한 비육마 사양프로그램 개발에 주요 관심사가 아닐 수 없다. 김 등(2003)에 의하면 말은 목초만으로도 사양될 수 있지만, 곡류를 0-50%로 급여할 수 있으며, 농후사료의 일일 최고급여량을 체중의 약 3%로, 보통은 2.0-2.5%의 급여를 제안한 바 있으

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

며, 농촌진흥청(2003) 자료에 의하면 2세마는 체중의 0.5-1.0%, 종마는 체중의 0.75-1.5%까지 급여가 권장되고 있다. 농후사료의 과다 급여는 산통(疝痛, colic)의 원인이 되어 심하면 사망에 이르게 하여 경제적 손실을 불러오기 때문에 비육마 집단에 있어서 적정 수준의 농후사료 급여량 조절은 성공적인 비육프로그램의 기초가 된다고 할 수 있다.

1차년도의 비육시험에서 농후사료 급여량은 매월 측정되는 체중과 일일급여량에 대한 잔량 관측에 따라 조절되었는데, 그 결과 최초 4주는 체중의 1%를 시작으로 하여 1.3%(5-8주), 1.5%(9-12주), 1.7%(13-16주), 1.7%(17주-20주)로 점차 급여량에 대한 증가가 가능한 것으로 평가되었다. 농후사료는 일일 급여량을 2회(오전, 오후)로 나누어 급여하였는데 농후사료의 급여량에 대한 섭취잔량은 사양시험개시 후 12주간은 관찰되지 않았으나, 체중의 1.7%를 급여하는 시점부터는 부분적으로 일부의 사료조에 잔여량이 증가하여 관찰되기 시작하였다. 잔여 농후사료가 관찰되는 사료조는 격일마다 청소하여 사료조의 청결을 유지하였다.

농후사료에 의한 비육시험에서 종종 관찰될 수 있는 산통 또는 이와 유사한 소화기 장애의 징후는 비육 초기(최초 체중의 1% 급여시)에만 간헐적으로 3-4회 관찰되었으며, 그 후에는 농후사료급여량을 증가시켜도 산통 또는 소화기 장애에 대한 징후는 관찰되지 않았다. 다만 사양 말기(체중의 1.7% 급여)에 1두가 폐사하여 해부해 본 결과 원인 불명으로 진단 소견이 나왔으나, 장은 팽대한 상태로 관찰되었다. 소화장애가 관찰된 개체는 운동장에 내어 가벼운 운동과 휴식을 시킨 결과 증상이 소멸되었으며, 정상적으로 회복이 된 개체는 다시 마방에 입실시켰다.

이 1차년도에 진단된 농후사료의 급여량은 비육프로그램의 기준으로 설정되어 2차 비육시험 16두와 3차년도 16두의 비육시험에 반복적으로 시행한 결과, 비육기간동안 마필사양에 이상 징후는 전혀 관찰되지 않았고, 모든 개체들이 비육이 잘 되는 것으로 검토되어 비육프로그램에 적합한 농후사료 공급방법으로 평가되었다(표 6). 사양시험결과로 본다면 제주산마 비육에 있어서 농후사료 급여는 비육초기에 가급적 적은 량(체중의 1% 이하)으로 출발하여야 하며, 단계적으로 증가시켜 최고 체중의 1.5-1.7% 까지 1일 2회로 나누어서 급여하는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 식후 방목 또는 운동장에서 운동이 없는 비육 프로그램에서 일시에 다량의 농후사료를 공급하는 경우에는 식후 1시간 전후로 간단한 관찰이 필요한 것으로 검토되었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 6. 비육기 농후사료 급여기준설정과 사양관리프로그램

연도	비육 두수	적응기 (2-3주)	비육기간(20주) 0-4주	5-8주	9-12주	13-16주	17-20주	비 고
2004	32	0.5-0.7%	1.0%	1.3%	1.5%	1.7%	1.7%	
2005	16	0.5-0.7%	1.0%	1.3%	1.5%	1.7%	1.7%	
2006	16	0.5-0.7%	1.0%	1.3%	1.5%	1.7%	1.7%	
적응기	적응기: 예비 사양기간으로 농후사료경험 제공, 기생충 구제, 발굽삭제 등 위생 점검 요망		[비육시험경과] *2004년도 0-4주에서, 비육마 3두 소화기 이상 및 가벼운 산통 증상 관측. *체중의 1.7% 급여시, 일부 사료조에서 섭취잔량 관측됨. *2004년 비육말기 1두 폐사 (수의진단, 원인불명)					*적정 비육마필규격: 나이: 만3-4세 개시체중: 300 kg 내외 *농후사료: 체중기준 급여 1일 2회(오전, 오후)

다. 비육수준과 지표

마필의 비육성적에 관하여 비교할 만한 자료는 아직 보고된 바 없다. 3차년도에 걸쳐 수행된 비육시험에 대한 성적을 요약하면 다음과 같다.

비육 개시시점에 비육용 마필의 평균나이는 38개월령(3.2세) 이였다. 비육기간의 분기별 체중 변화를 보면, 비육 개시체중은 247.4 kg이였으며, 20주간 두당평균 86.8±2.9 kg이 증체되어 비육종료 체중은 334.2 kg으로 나타났다. 비육구간별 4주단위 증체량은 0-4주 15.1 kg, 5-8주 19.8 kg, 9-12주 20.7 kg, 13-16주 17.1 kg, 17-20주 14.1 kg으로 비육말기에는 뚜렷하게 증체가 떨어짐을 알 수 있다(표 7, 그림 3). 이는 마필의 성장은 4-5세에 완성되는 생리와도 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다. 비육 전 기간(20주)에 걸친 일당 증체량은 평균 0.62±0.02 kg인 것으로 조사되었다.

농후사료는 비육기간동안 일일 평균 4.1 kg를 섭취했으며, 건초(조사료)는 5.2 kg을 섭취하였고, 1 kg 증체에 필요한 사료요구율(feed/gain)은 농후사료는 7.24, 건초는 8.99 kg으로 나타났다(표 7-10).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 7. 제주마의 비육기간 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

항 목	평균	표준오차 (SE)	변이계수 (C.V, %)
나이(년)	3.2	0.14	34
체중(kg)			
0주(개시)	247.4	4.78	15
4주	262.5	4.42	13
8주	282.3	4.65	13
12주	303.0	4.51	11
16주	320.1	4.35	11
20주(종료)	334.2	4.41	10
총 증체량(kg)	86.79	2.93	27
일당증체량(kg)	0.62	0.02	27
사료섭취량(kg)			
농후사료	573.3	9.00	12
건초	728.0	18.9	21
사료요구율(feed/gain)			
농후사료	7.24	0.35	38
건초	8.99	0.39	35
일일사료섭취량(kg)			
농후사료	4.10	0.06	12
건초	5.20	0.13	21

비육마 63두(암 48, 수 15)에 대한 성적임

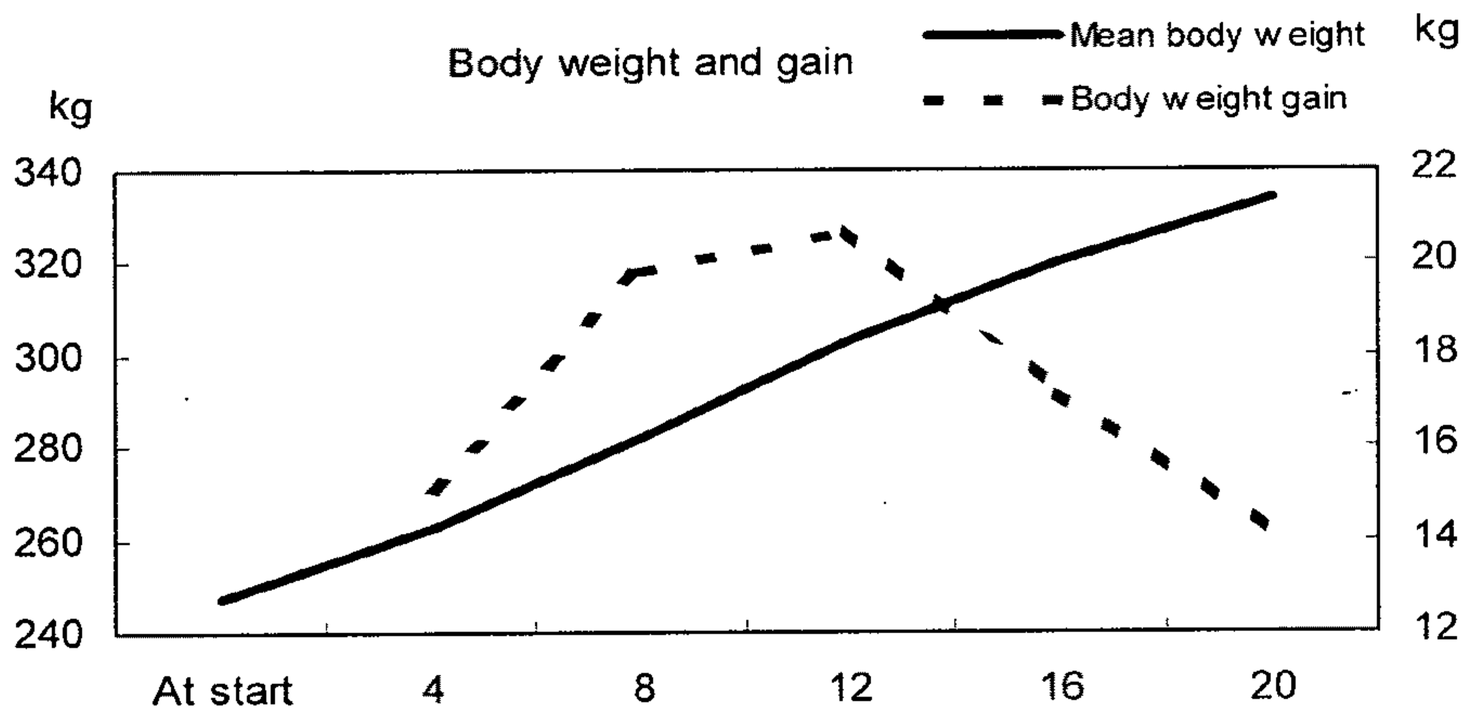


그림 3. 비육마의 체중변화와 분기별 증체량

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 8. 연도별 비육마의 평균 체중, 증체량 및 사료요구율

항 목	2004년	2005년	2006년
표본수(두)	31	16	16
체중(kg)			
0주(개시)	244.7±5.4	226.0±12.4	274.1±5.3
4주	263.0±5.3	243.9±11.8	280.1±5.1
8주	277.4±5.7	265.9±11.7	308.3±4.5
12주	300.9±6.3	289.4±10.7	320.8±5.5
16주	314.3±6.1	310.1±9.5	341.4±5.9
20주(종료)	327.7±6.3	326.1±9.4	354.9±5.9
총 증체량(kg)	83.0±3.9	100.1±6.2	80.9±5.1
일당증체량(kg)	0.59±0.03	0.71±0.04	0.58±0.04
사료섭취량(kg)			
농후사료	563.1±12.0	549.1±22.0	617.3±9.5
건초	796.9±32.1	692.9±13.6	629.5±16.2
사료요구율(feed/gain)			
농후사료	7.23±0.37	6.38±1.03	8.11±0.52
건초	10.1±0.53	7.73±0.97	8.16±0.42
일일사료섭취량(kg)			
농후사료	4.02±0.09	3.92±0.16	4.41±0.07
건초	5.69±0.23	4.95±0.10	4.50±0.12

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 9. 비육마의 나이별 평균 체중, 증체량 및 사료요구율

항 목	(만) 2세	3세	4세	5세 이상
표본수(두)	21	18	13	11
체중(kg)				
0주(개시)	214.6±7.3	251.6±4.8	281.1±7.9	263.3±9.3
4주	232.9±6.9	265.4±5.8	290.6±4.8	281.1±9.3
8주	248.8±6.0	290.4±6.4	311.4±6.0	298.6±10.6
12주	271.5±5.8	308.7±6.2	331.7±5.1	320.2±11.4
16주	291.7±5.4	326.4±6.1	350.2±6.0	328.5±11.5
20주(종료)	306.3±5.7	339.1±6.5	364.3±6.6	343.9±10.8
총 증체량(kg)	91.7±4.9	87.4±4.4	83.2±8.0	80.6±7.6
일당증체량(kg)	0.65±0.03	0.62±0.03	0.59±0.06	0.58±0.05
사료섭취량(kg)				
농후사료	510.2±11.6	585.4±12.2	634.1±11.0	602.2±21.9
건초	718.4±14.5	657.9±17.3	737.1±56.9	850.4±63.9
사료요구율(feed/gain)				
농후사료	6.01±0.44	6.99±0.39	8.81±1.14	8.13±0.77
건초	8.43±0.61	7.77±0.32	9.74±1.12	11.16±1.07
일일사료섭취량(kg)				
농후사료	3.64±0.08	4.18±0.09	4.53±0.08	4.30±0.16
건초	5.13±0.10	4.70±0.12	5.26±0.41	6.07±0.46

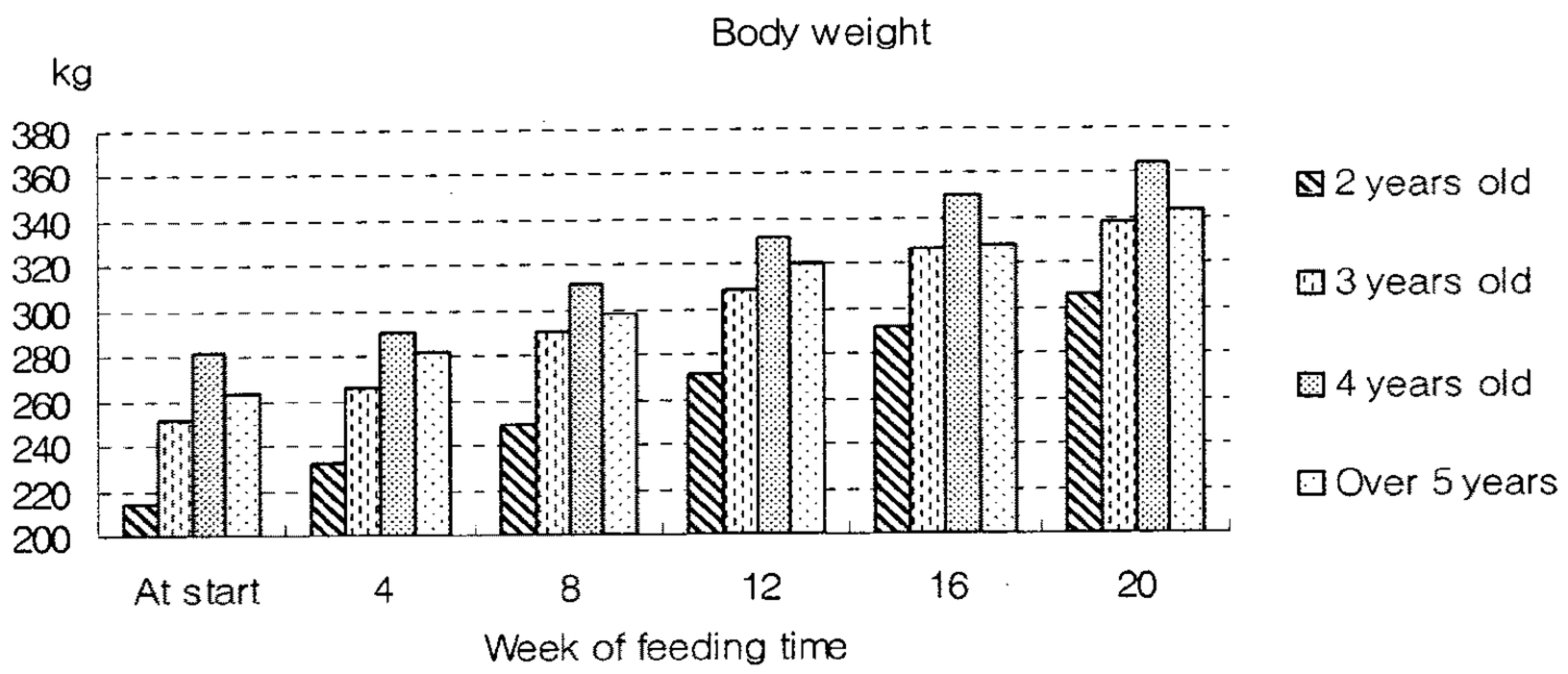


그림 4. 비육마의 나이별 비육분기별 체중변화

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

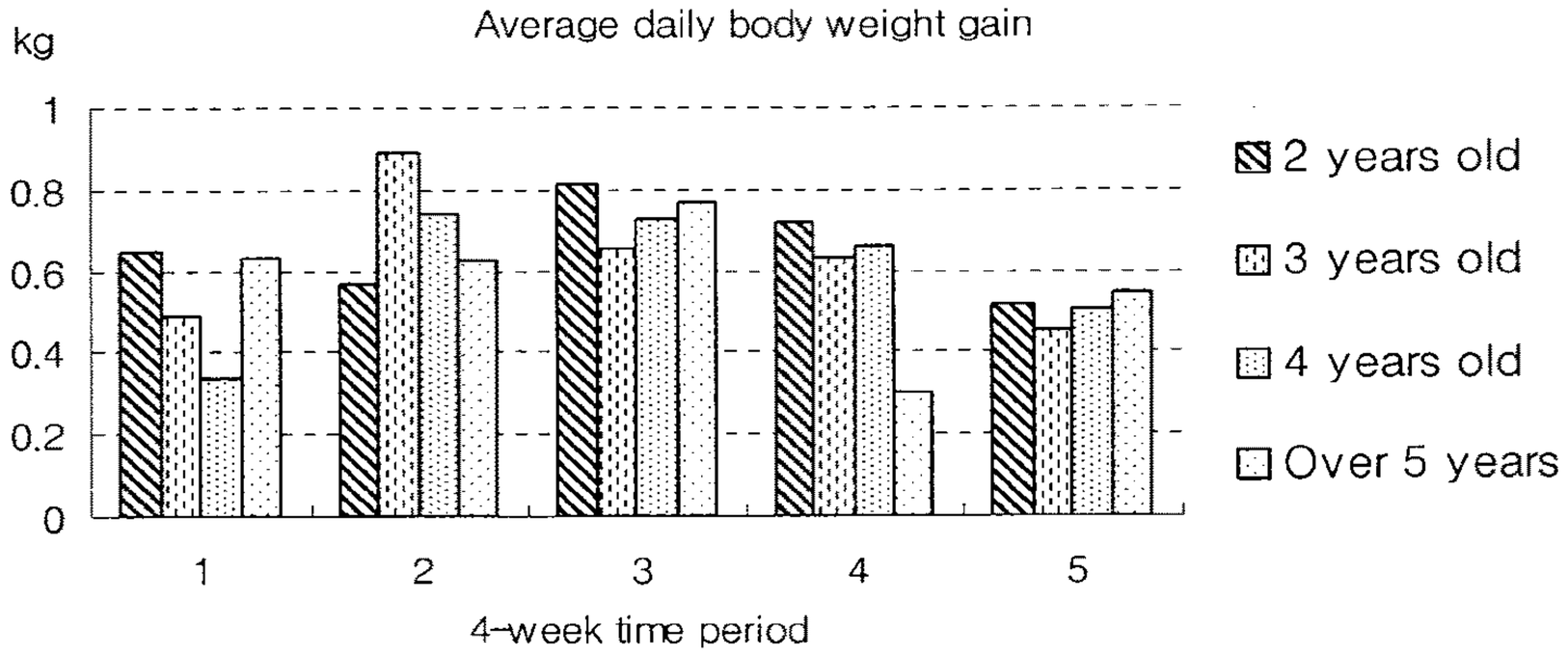


그림 5. 비육마의 분기별(4주단위) 증체량

연도별 또는 나이별 비육은 비육분기에 따라 유사한 형태로 나타났으나, 20주의 비육기간 총 증체량은 만 2세의 마필이 91.7, 3세 87.4, 4세 83.2, 5세이상 80.6 kg으로 나타나, 만 2세 말이 가장 많은 증체량을 나타냈으며, 5세 이상 비육마가 가장 낮게 나타났다(표 9). 이는 예상했던 바와 같이 만 2-3세의 육성기 마필은 성장곡선의 강한 상승력이 비육효과와 함께 나타나기 때문이다. 이의 효과는 사료요구율(농후사료 및 조사료)에서도 2-3세의 비육마필에서 매우 낮게 나타나는 것과도 일치하는 결과인 것이다.

성에 따른 비육마의 평균체중, 증체량, 사료효율은 표 10에 제시되고 있는데, 제주마의 일반적인 체형에 관한 연구에 의하면(양, 1996), 암수의 성장에 있어서 연령별 큰 차이는 없는 것으로 밝혀진 바와 같다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 10. 비육마의 성별 평균 체중, 증체량 및 사료효율

항 목	수(Male)	암(Female)
표본수(두)	15	46
체중(kg)		
0주(개시)	244.1±4.4	248.4±6.1
4주	258.4±5.2	263.8±5.6
8주	270.1±5.4	286.1±5.8
12주	294.3±5.5	305.8±5.6
16주	309.3±5.4	323.5±5.4
20주(종료)	323.3±5.7	337.6±5.4
총 증체량(kg)	79.1±3.7	89.2±3.6
일당증체량(kg)	0.57±0.03	0.64±0.03
사료섭취량(kg)		
농후사료	552.0±10.5	580.0±11.2
건초	713.0±23.0	732.7±23.8
사료요구율(feed/gain)		
농후사료	7.16±0.32	7.26±0.45
건초	9.23±0.45	8.82±0.50
일일사료섭취량(kg)		
농후사료	3.94±0.07	4.14±0.08
건초	5.09±0.16	5.23±0.17

라. 비육성적에 나타나는 비육연도와 연령의 효과

3차에 걸쳐 수행되었던 비육시험에서 비육연도와 연령의 효과를 알아보고자 SAS의 GLM 모형분석을 하였다. 모형에 의하여 최소자승 평균을 구하고 평균간 유의차 검정을 한바 다음과 같다(표 11, 12).

연도별로 개시체중, 총 증체량, 일당증체량, 조사료 섭취량에 있어서는 다소 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 그러나 종료체중, 농후사료섭취량 및 사료요구율(농후사료, 조사료)에는 유의적 차이가 없었다($p>0.05$). 증체량에 있어서 2005년도는 2004년도와 2006연도에 비해 유의적으로 낮은 이유는 2005년도의 비육용 마필은 나이가 상대적으로 어려 앞서 설명했던 바와 같이 성장생리와 연관되어 높은 성장효과가 나타난 것으로 생각되었다. 비육마 나이별 최소자승 평균에 의하면, 1 kg 증체에 필요한 사료요구율은 만 2세 6.2, 3세 6.9, 4세 8.7, 5세이상 8.1로 유의적인 차이를 보이고 있었으나($p<0.05$), 무제한 급여를 했던 조사료(건초) 요구율에는 유의적 차이가 없었다. 이에 의하면 비육용 마필은 성장생리와 연관하여 성장 후기인 만 3-4세의 마필에서 20주간 비육의 효과가 잘 나타날 것으로 생각된다(표 12). 이는 양(2002)과 양 등(1996)의 연구에

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

서 보고된 말의 성장능력과도 밀접한 관련이 있는 것으로 생각되었는데, 그들에 의하면 제주마는 4세 전후에 성장이 완료되는 것으로 조사되어 이와 연관하여 비육효과를 최대로 얻기 위한 적정 나이의 비육용 말을 수집하는 것도 고급 마육 생산에 중요하리라고 생각된다.

표 11. 체중, 증체량 및 사료요구율에 대한 연도별 최소자승 평균(±SE)

항 목	2004년	2005년	2006년
표본수(두)	31	16	16
개시체중(kg)	251.1±5.5[a]	240.6±7.6[a]	266.0±8.4[b]
종료체중(kg)	334.0±5.6	339.3±7.7	346.5±8.5
20주간 증체량(kg)	82.8±4.5[a]	98.8±6.2[b]	80.5±6.8[a]
일당증체량(kg)	0.59±0.03[a]	0.71±0.04[b]	0.58±0.05[a]
일일사료섭취량(kg)			
농후사료	4.12±0.08	4.14±0.11	4.28±0.12
조사료	5.72±0.18[a]	5.17±0.25[ab]	4.53±0.28[b]
사료요구율			
농후사료	7.47±0.52	7.01±0.72	7.92±0.79
조사료	10.15±0.57	8.34±0.79	8.32±0.86

Means with different superscript are significantly different at 5% level($p<0.05$).

표 12. 비육마 나이별 체중, 증체량 및 사료요구율에 대한 최소자승 평균(±SE)

항 목	(만) 2세	3세	4세	5세 이상
표본수(두)	21	18	13	11
개시체중(kg)	220.6±7.0[a]	248.0±6.8[b]	276.9±8.0[c]	264.7±10.2[bc]
종료체중(kg)	309.9±7.1[a]	337.6±6.9[b]	362.3±8.1[c]	349.9±10.3[bc]
20주간 증체량(kg)	89.4±5.7	89.6±5.5	85.3±6.5	85.2±8.3
일당증체량(kg)	0.64±0.04	0.64±0.04	0.61±0.05	0.61±0.06
일일사료섭취량(kg)				
농후사료	3.70±0.10[a]	4.16±0.09[b]	4.50±0.11[c]	4.36±0.14[bc]
조사료	4.79±0.23	4.84±0.23	5.45±0.26	5.49±0.33
사료요구율(feed/gain)				
농후사료	6.20±0.66[ab]	6.86±0.64[ac]	8.67±0.75[cd]	8.13±0.95[bcd]
조사료	7.99±0.72	7.88±0.70	9.93±0.83	9.94±1.05

Within a row, means not sharing the same superscript are different at 5% level ($p<0.05$).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

2. 비타민 E, 오메가-3 지방산, 비타민 A 및 Se 보강 기능성 식육자원 기술개발

가. 비타민 E 보강 마육 생산기술 개발

비타민 E는 항산화효과와 관련하여 노화방지효과가 있는 것으로 알려지고 있다. 이에 비육마에 비타민E를 사료로 보충 급여하여 천연 tocopherol 축적이 강화된 마육생산 가능성을 진단하고, 마육을 건강보조식품 자원으로 이용가치를 높여 소비자 기호성 향상을 기대할 수 있겠다. 비육우에 있어서 비타민 E의 첨가사료 급여는 등심육에 비타민 E의 함량을 높일 수 있음은 물론 지방색을 더 백색화시키고, 근내지방도 향상시킴은 물론 고기 저장에 따른 지방의 산패도 지연된다고 오래전부터 알려졌으며, 최근 국내에서도 보고된 바 있다(조 등, 2006). 마필에 있어서 보고된 자료는 아직 없는 실정이다.

비타민 E 보강마육 생산을 위하여 제주마 16두를 이용하여 대조구 8두, 비타민 E 첨가구 8두씩 배치하였다. 첨가구의 비육사료는 선행연구에서 개발된 비육마 사료에 비타민 E를 사료 kg당 200 mg을 첨가하여 조제되었으며, 무첨가 비육사료를 대조구로 하여 20주간 사양시험을 하였다(표 2).

사양시험은 개발된 비육프로그램에 따라 진행되었다. 수집된 비육용 마필은 2-3주간의 적응기를 거치면서 배합사료 적응, 기생충구제, 위생관리 등 사양시험을 위한 일반관리를 행하였으며, 본 사양시험기에는 4주단위로 체중을 측정하여 체중을 기준으로 농후사료 급여량을 결정하였다. 사양프로그램에 설정된 사료급여 방법에서 조사료는 건초로 무제한 급여 되었으며, 농후사료는 체중의 1.0%(0-4주) 1.3%(5-8주), 1.5%(9-12주), 1.7%(13-16주) 및 1.7%(17-20주)로 급여되었다.

사양시험구의 개시체중은 평균 226.0±12.4 kg이었으며, 종료체중은 326.1±9.4 kg으로 20주간의 비육시험 결과 평균 100.1 kg의 증체가 되었다(표 13). 대조구와 배합사료에 비타민 E가 200 mg/kg이 첨가된 처리구간 증체량, 사료소비량, 사료효율에 있어서는 아무런 통계적 유의차를 확인할 수 없었다($p>0.05$).

비타민 E의 보충 급여에 따른 효과는 등심육에 있어서 비타민 E의 함량은 대조구 0.19 mg/100 g, 처리구 0.44 mg/100 g으로 처리구가 2.3배나 높게 축적되었다($p<0.01$). 복강지방에서는 대조구 0.95 mg/100 g, 처리구 1.61 mg/100 g으로 처리구가 1.7배로 높게 축적되었음을 확인하였다($p<0.01$). 또한 비타민 함량은 등심육에서 보다 복부지방에서 더 높게 축적되고 있는 것으로 나타났다. 지용성인 비타민 E는 지방조직에 주로 축적이 일어나기 때문이다. 등심육과 복부지방의 비타민 E 함량간의 피어슨 상관계수는 0.75로 높게 나타났다($p<0.01$).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

결과적으로 이는 사료첨가에 의하여 비타민 E가 강화된 마육생산이 가능하다는 것을 입증한 것이다. 또한 향장산업에서 마유를 향장원료로 활용되는 시점에서 노화방지 및 피부미용과 관련된 천연 토코페롤이 강화된 마유의 생산은 고부가가치 향장소재로 활용이 가능하리라고 판단된다.

표 13 사양시험기간의 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

항 목	대조구	비타민 E구	전체
개시체중	226.3 ±18.5	225.8 ±17.8	226.0 ±12.4
종료체중(20주)	327.4 ±12.5	324.8 ±14.8	326.1 ±9.4
시험기간 증체량(kg)	101.1 ±10.6	99.0 ±7.1	100.1 ±6.2
일당증체량(kg/day)	0.72 ±0.08	0.71 ±0.05	0.71 ±0.04
일일사료소비량(kg)			
농후사료	3.92 ±0.23	3.93 ±0.23	3.92 ±0.16
건초	5.01 ±0.14	4.89 ±0.14	4.95 ±0.10
사료요구율(feed/gain)			
농후사료	6.79 ±1.92	5.96 ±0.88	6.38 ±1.03
건초	8.28 ±1.91	7.17 ±0.53	7.73 ±0.97

No significant difference between treatment means($p>0.05$)
Values are mean±SE

표 14. 등심육과 복부지방의 비타민 E 함량

항 목	대조구	처리구	p
Vit. E 함량(mg/100g)			
등심육	0.19 ±0.02	0.44 ±0.02	<0.0001
복부지방	0.95 ±0.05	1.61 ±0.08	<0.0001

Values are mean±SE of 8 horses.
p values are based on the student t-test.

나. 오메가-3 지방산 보강마육 생산

건강한 식생활 습관의 변화에 따라 지방, 콜레스테롤, 성인병에 대한 관심이 더욱 증폭되고 있는 것이 현실이다. 따라서 마육에 건강에 이로운 오메가-3 지방산이 보강된다면 식육자원으로 소비자에게 더 가까이 다가가 선호도를 높일 수 있게 될 것이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

인간의 식이와 심혈관계 질환과의 밀접한 관계는 오래전에부터 연구되어왔다. 식이에 많은 영양소중 n-3(ω-3) 지방산은 동물체내에서 합성될 수 없기 때문에 필수지방산으로 구분되고 있으며, 식이로부터 반드시 공급받아야 한다. 주변에서 접할 수 있는 canola, soybean, linseed 등은 풍부한 n-3 fatty acid 공급원 역할을 할 수 있다. 육식을 선호하는 대부분의 소비자들도 n-3와 같은 불포화 지방산을 다량 함유하는 육식을 선택할 것이다. 따라서 비육마 사료에 n-3 지방산인 linolenic acid를 다량 함유하고 있는 유채유를 급여하여 n-3 지방산이 다량 함유된 마육을 생산한다는 것은 마육을 건강에 이로운 식육자원화는 물론 마육의 소비시장 확산에도 상당한 기여를 할 것으로 여겨진다. 이와 관련하여 마육에 뇌 및 심혈관 순환기 질환에 영향이 있는 것으로 알려진 오메가-3 지방산(n-3 fatty acid, a-linolenic acid) 강화를 위하여 오메가-3 지방산이 다량 함유된 유채유(canola oil)를 농후사료에 첨가하는 실험이 이루어졌고, 다음과 같은 결과를 얻었다.

20주간 사양시험결과 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율을 보면(표 15), 비육마사료인 대조구와 유채유 처리구는 각각 86.9 kg 및 78.9 kg의 증체를 보여서 일당증체량이 0.62±0.04 kg과 0.56±0.04 kg으로 대조구가 다소 높은 일당증체를 보였으나 통계적 유의차는 인정되지 않았다($p>0.05$). 또한 5% 유채유를 첨가한 처리구와 대조구 사이에 농후사료섭취량, 사료효율(농후사료, 조사료)에 있어서도 통계적 유의차는 없었다($p>0.05$). 그러나 일일 사료섭취량에 있어서 건초를 자유채식시킨 조사료 섭취량은 유채유 처리구가 6.11 kg로 대조구의 5.31 kg보다 다소 많은 양을 섭취한 것으로 조사되었다($p<0.05$).

시험구의 비육마 등심육 시료에 대한 지방산조성(fatty acid profile)을 분석한 결과(표 16, 17), 지방산조성에서 유채유 첨가한 처리구의 지방조성에서 oleic acid와 elaidic acid의 함량이 떨어졌고($p<0.01$), 몸에 이로운 오메가-3 지방산(α-Linolenic acid)함량은 증가되었다($p<0.01$). 오메가-3 지방산에서 처리구는 3.91±0.35%, 대조구는 1.88±0.27%인 것으로 처리구가 약 2배가 높은 것으로 분석되었다. 오메가-3 지방산인 n-3 fatty acid(a-linolenic acid)함량은 5% 유채유를 처리한 시험구가 우지 5%를 처리한 비육용 사료(대조구)에 비해 약 2배나 많은 함량을 나타내고 있음은 곧, 5% 유채유 첨가로 인하여 처리구의 마육은 n-6 : n-3 지방산의 비율이 낮아졌으며, 결과적으로 건강에 유리한 육류지방산 조성으로 개선되었음을 입증해주는 것이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 15. 사양시험기간 체중, 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

항 목	대조구	유채유처리구	p
표본수(두)	15	16	
개시체중(kg)	241.4±8.4	248.2±6.6	0.9999
종료체중(kg)	328.3±9.5	327.1±8.6	0.9276
20주간 증체량(kg)	86.9±5.4	78.9±5.6	0.3133
일당증체량(kg)	0.62±0.04	0.56±0.04	0.3133
일일사료섭취량(kg)			
농후사료	3.97±0.13	4.07±0.11	0.1965
조사료	5.31±0.25	6.11±0.37	0.0110
사료요구율(feed/gain)			
농후사료	6.76±0.48	7.74±0.57	0.5648
조사료	8.80±0.41	11.4±0.90	0.0813

p values are based on the student t-test.

표 16. 비육마 등심육(longissimus muscle)의 지방산조성[1]

지방산	대조구	처리구(Canola)	p[2]
$C_{14:0}$	4.18±0.09	4.15±0.18	0.8884
$C_{16:0}$	31.18±0.43	31.13±0.39	0.9298
$C_{16:1}$	7.39±0.29	7.01±0.28	0.3615
$C_{18:0}$	4.44±0.16	4.65±0.18	0.3828
$C_{18:1}$	38.56±0.43	36.13±0.51	0.0010
$C_{18:2}$	12.31±0.60	12.84±0.65	0.5518
$C_{18:3}$	1.94±0.28	4.09±0.37	<0.0001

[1]Values are mean±SE of 16 horses.

[2]p values are based on the student t-test.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 17. 등심육 지방산 조성(Means±SE)

항 목	대조구	유채유처리구	p
Capric acid $C_{10:0}$	0.05±0.00	0.06±0.01	ns
Lauric acid $C_{12:0}$	0.30±0.03	0.35±0.10	ns
Myristic acid $C_{14:0}$	4.03±0.08	3.97±0.17	ns
Myristoleic acid $C_{14:1}$	0.32±0.02	0.31±0.02	ns
Pentadecanoic acid $C_{15:0}$	0.31±0.01	0.30±0.01	ns
cis-Pentadecenoic acid $C_{15:1}$	0.09±0.01	0.08±0.01	ns
Palmitic acid $C_{16:0}$	30.06±0.40	29.79±0.36	ns
Palmitoleic acid $C_{16:1}$	7.12±0.28	6.71±0.27	ns
Mararic acid $C_{17:0}$	0.40±0.01	0.40±0.01	ns
Magaroleic acid $C_{17:1}$	0.53±0.02	0.52±0.02	ns
Stearic acid $C_{18:0}$	4.28±0.15	4.45±0.17	ns
Oleic acid $C_{18:1n9c}$	37.18±0.43	34.57±0.50	$p<0.01$
Linoleic $C_{12:2n9c}$	11.87±0.58	12.29±0.63	ns
α-Linolenic $C_{18:3n9,12,15c}$	1.88±0.27	3.91±0.35	$p<0.01$
Arachidic acid $C_{12:0}$	0.06±0.00	0.07±0.00	$p<0.05$
Eicosenoic acid $C_{20:1}$	0.65±0.07	1.05±0.11	$p<0.01$
Eicosadienoic acid $C_{20:2}$	0.28±0.01	0.32±0.02	ns
cis-Eicosatrienoic acid $C_{20:3}$	0.07±0.00	0.07±0.01	ns
Heneicosanoic acid $C_{21:0}$	0.21±0.02	0.24±0.04	ns
Arachidonic acid $C_{20:4}$	0.06±0.01	0.11±0.01	$p<0.01$
Erucic $C_{22:1}$	0.07±0.02	0.26±0.04	$p<0.01$
cis-Docosadienoic acid $C_{22:2}$	0.03±0.00	0.03±0.00	ns
Tricosanoic acid $C_{23:0}$	0.05±0.00	0.03±0.01	$p<0.05$
Lignoceric acid $C_{24:0}$	0.06±0.01	0.09±0.01	$p<0.05$
Total	100.0	100.0	

ns, $p>0.05$
p values are based on the student t-test.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

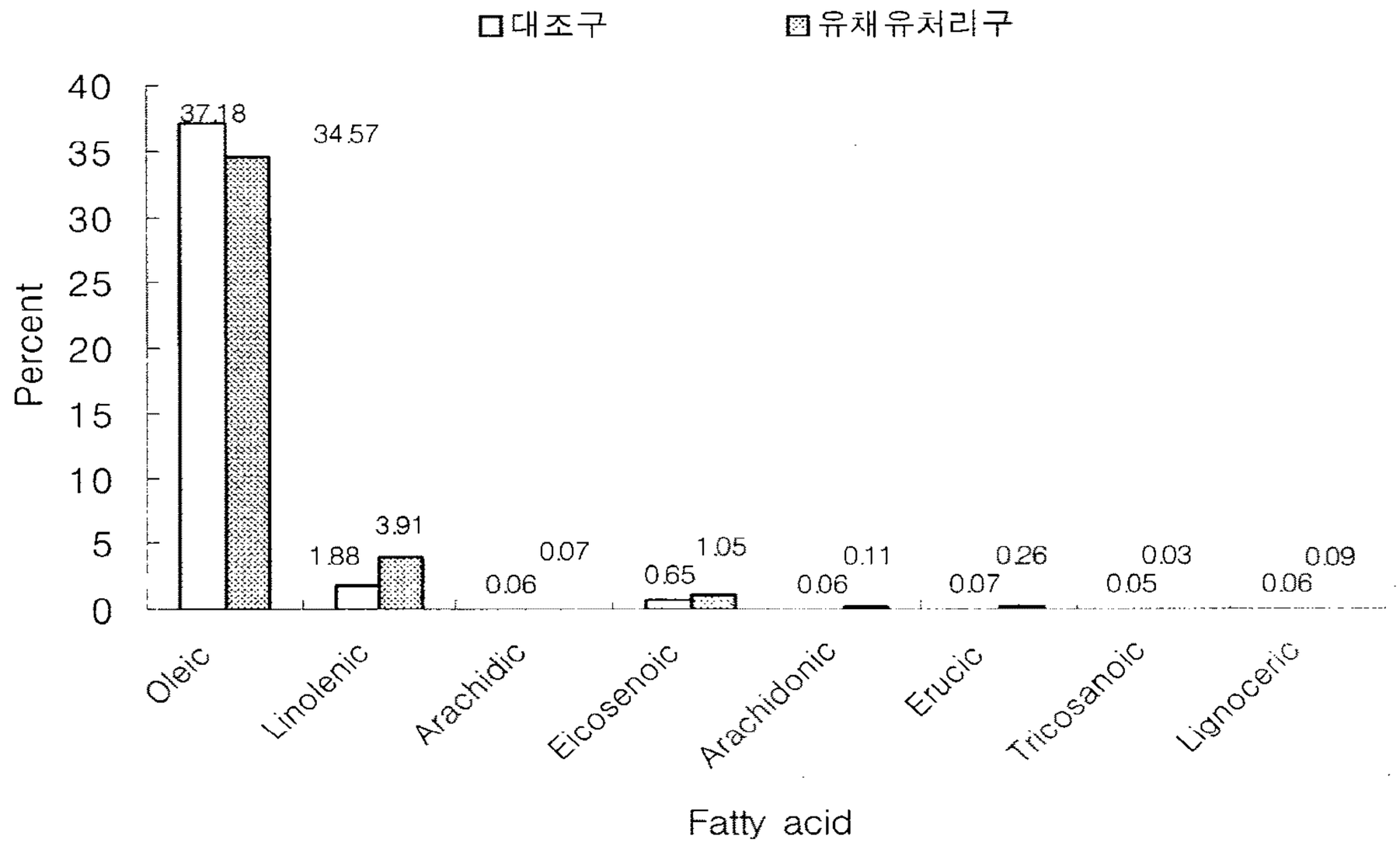


Fig 6. 통계적 유의차($p<0.05$)가 인정되는 지방산과 함량(%)

조제된 원료배합사료에서는 Linolenic acid의 조성비율이 유채유(canolar oil) 5%가 첨가된 사료가 무첨가사료(우지 5%, 비육용 배합사료)에 비해 약 9.4배의 높은 비율로 함유된 것으로 나타났으나, 사양시험 결과 체내 흡수 축적된 등심육의 지방산 조성에서는 첨가구가 무첨가구에 비해 약 2배가 높은 것으로 나타났다.

유채유가 첨가된 배합사료를 이용한 비육은 무첨가구에 비해 마육에 n-3 지방산을 증가하게 되는 효과가 있으며($p<0.01$), 이는 n-6:n-3 지방산 비율을 감소시켜(3 vs 6) 건강에 이로운 마육 생산을 가능케 하였다. 가장 이상적인 이들 지방산의 비율은 4:1 (Wood and Enser, 1997) 또는 2:1-1:1 (Cowing and Saker, 2001; Simopoulos, 2001)로 알려지고 있다. 그러나 미국의 식생활에서는 16:1 (Simopoulos, 2001)로 조사되어 식생활 형태에 많은 논란이 되고 있다. n-3 지방산의 섭취는 혈관 상피세포의 강화, 혈전증 방지, 혈액내 triaclglycerol 수준 감소, 부정맥 예방 등으로 심장혈관질환 발생율을 감소시키는데 도움이 되는 것으로 알려지고 있다(Hu and Willett, 2002). 따라서 비육마 사료에 유채유의 첨가로 건강에 이로운 지방산 조성의 변화를 유도하여 생산된 마육은 기능성 식품으로 이용가치가 있다고 할 수 있으며, 본 실험이 마육의 육질개선의 가능성을 실증적으로 보여주고 있다고 할 수 있겠다.

결론적으로 연구결과에 의하면 5%의 유채유(canola oil)를 첨가한 비육용 배합사료

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

를 이용하면 마육에 있어서 α-linolenic acid 함량을 증가시켜 소비자의 건강에 보다 이로운 마육생산이 가능할 것으로 판단되었다.

다. 비타민 A, 비타민 E, Se 동시 보강마육 생산기술 개발

선행연구에서 비타민 E 또는 오메가-3 지방산조성에 대한 단위성분 보강마육 생산기술을 개발하였다. 이로써 여러 가지 이로운 성분이 동시에 강화된 마육을 생산할 수 있는 기술개발에 대한 실험의 필요성이 인지되어 배합사료 첨가(표 5)를 통하여 비타민 A, E 및 Se 동시 보강 마육생산 시험을 하였다.

사양시험은 선행연도에 개발된 비육프로그램에 따라 20주간 수행되었다(표 6). 본 시험에 이용된 제주마 16두의 전체 개시체중(Mean±SE)은 평균 274.1±5.3 kg 이었고, 20주 비육종료시 체중은 354.9±5.9 kg으로 비육기간동안 일당증체량은 평균 0.58±0.04 kg, 사료요구율(사료섭취량/증체량)은 건초 8.16±0.42, 농후사료 8.11±0.52 kg로 조사되었다.

대조구와 처리구간에 일일 사료섭취량(농후사료 및 건초)에 있어서는 통계적 유의차가 없었으나(표 18), 비타민 A, E 및 Se 처리구의 일당증체량(0.69±0.04) 및 사료요구율(건초 6.98±0.47; 농후사료 6.77±0.53)은 대조구에 비하여 크게 개선되었다($p<0.01$).

도체로부터 등심육 시료를 채취하여 비타민 A, E, 및 Se 성분을 분석한 결과 표 19와 같다.

표 18. 사양기간의 체중, 일당증체량 및 사료요구율

항 목	대조구	처리구	p
개시체중(kg)	274.0±7.8	274.1±7.6	0.9910
종료체중(kg)	339.3±7.2	370.6±5.1	0.0032
일당증체량(kg)	0.47±0.03	0.69±0.04	0.0003
일일사료섭취량(kg)			
농후사료	4.29±0.08	4.53±0.09	0.0752
조사료	4.29±0.16	4.70±0.14	0.0747
사료요구율(feed/gain)			
농후사료	9.44±0.62	6.77±0.53	0.0018
조사료	9.34±0.39	6.98±0.47	0.0054

Values are means ±SE of 8 horses
p values are based on the student t-test.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 19. 시험구 등심육의 비타민 A, 비타민 E 및 Se 함량

항 목	대조구	처리구	p
Vitamin A, ug/100g	7.21±0.82	14.81±2.33	0.0082
Vitamin E, mg/100g	0.136±0.007	0.191±0.014	0.0038
Se, ppm	0.270±0.015	0.820±0.062	0.0001

Values are means ±SE of 8 horses.
p values are based on the student t-test.

처리구의 등심육에는 비타민 A 함량(14.8 ug/100g)이 대조구(7.2 ug/100g)의 2배로 증가 되었으며($p<0.01$), 처리구의 비타민 E 함량(0.191 mg/100g)은 대조구(0.136 mg/100g)의 1.5배($p<0.01$), 처리구의 Se 함량(0.82 ppm)은 대조구(0.27 ppm)의 3배로 증가되었다($p<0.01$).

결론적으로 사료첨가로 일당증체량과 사료효율이 개선은 물론 비타민 A, 비타민 E, Se의 함량이 동시에 증가된 기능성 마육 생산이 가능한 것으로 판단되었다.

3. 비육마의 도체특성과 비육에 따른 육질등급 평가

가. 비육마의 도체 특성분석

가축을 이용하여 식육자원을 생산함에 있어서 가축도체로부터 얻어지는 식육의 생산수율은 생산자에게 중요한 정보를 제공하게 된다. 도체의 구성은 축종, 나이, 성별, 사양관리의 형태, 도살 전 처리 등에 따라 달라질 수 있으나, 도체율과 정육율 등의 고기수율은 식육의 생산 효율과 소득과 관련된 일차적 지표인 것이다. 건강보조식품으로서 마육이 식육자원으로 소비의 탄력을 받고 있는 제주도의 현실에서 비육마의 산육능력과 부위별 생산수율은 중요한 관심사가 되고 있다.

도체특성 분석에 이용된 제주산 비육마의 평균 도체중(carcass weight)은 208.2 kg으로 생체중(340.5 kg) 대비 도체율은 61.1±0.4%인 것으로 조사되었다(표 20). 이는 이 등(2005)이 만 2세의 제주마필을 이용하여 380일간 비육시험에서 보고한 55.8-56.4보다 높은 것으로 나타났다. 도체중은 도살 후 피부, 내장, 머리, 꼬리, 내부 장기를 제거한 무게로 생산성과 가장 관련이 크다. 도체에서 도체중 대비 뼈의 비율은 12.8%이었으며, 지방(trimmed fat)의 비율은 16.8%에 달했다. 직접적으로 비교하기는 곤란하지만 도체중이 350-499 kg인 비육우에서는 도체율은 69.5-73.3% 내외로, 뼈의 비율은

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

13.2-16.5%, 지방의 비율은 11.7-12.2%로 보고된 바 있으며(Mukai 등, 2004), 한우의 암수 평균 도체율은 58.8-61.6%인 것으로 알려지고 있다(농림부 등, 2002).

도체(carcass)을 다시 세분하여 도체중 대비 마육의 살코기 수율을 비교해보면, 후지(rear legs) 19.9%, 갈비(ribs) 10.8, 전지(fore legs) 9.2, 등심(loin) 8.9, 양지(brisket navel end) 6.8, 어깨등심(shoulder loin) 5.3, 사태(shin) 4.9, 안심(tender loin) 2.1, 기타 잔여육(residual meat) 1.4%의 순이었다(그림 6, 그림 7). 도체에서 정육 수율(retail yield)은 도체중 대비 70.4%에 이르고, 생체중 대비 정육 수율(cutability)은 43.0% 이었다.

상관분석에서 생체중과 도체중의 단순상관계수는 0.98이었으며($p<0.01$), 생산자의 소득과 직결되는 정육수율(cutability, retail yield)과 가장 밀접한 상관반응을 보이는 형질은 어깨등심(shoulder loin)으로 상관계수가 0.71 로 분석되었다($p<0.01$). 동일한 생체중에서 정육수율은 후지($r=0.93$, $p<0.01$)와 안심($r=0.94$, $p<0.01$)과 높은 정의 상관관계를 나타냈다. 이는 일차적으로 정육수율은 도체중과 관계가 크나 도체성분 가운데 어깨등심과 밀접한 관계를 보였으며, 생체중이 동일한 경우에는 정육수율은 도체성분 가운데 후지 및 안심과 긴밀한 상관관계를 갖는다고 하겠다. 안심(tender loin)과 후지(rear legs)의 단순상관계수는 0.60($p<0.05$)이었으며, 동일 생체중으로 보정하였을 경우(편상관, partial correlation) 안심은 어깨등심과 0.83($p<0.05$), 후지와 0.91($p<0.05$), 생체중 대비 정육수율과 0.94($p<0.01$)로 높은 정의 상관관계를 보였다(표 21, 표 22). 이상의 상관관계로 미루어 본다면 마육 생산에 있어서 정육수율이 높은 개체의 판단은 생체중, 도체중, 어깨등심, 후구의 비육 상태 순으로 관심을 두어야 할 것이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 20. 비육마의 도체구성 성분의 평균 및 표준편차

항 목	표본수	평균±SE	최대값	최소값	C.V
생체중(kg)	13	340.5±8.7	398.0	276.0	9.21
도체중(kg)	13	208.2±6.2	252.0	169.0	10.51
등심	13	18.5±0.7	21.9	12.8	13.13
안심	13	4.3±0.1	5.4	3.4	11.79
어깨등심	13	11.1±0.7	16.5	7.3	23.71
제비추리	10	1.2±0.3	2.9	0.2	70.38
후지	13	41.4±1.3	50.7	34.5	11.34
안창	13	1.6±0.1	3.0	1.1	29.96
갈비	13	22.4±0.8	26.5	16.6	12.36
전지	13	19.1±1.9	28.3	7.3	35.83
양지	13	14.1±1.5	22.3	6.3	38.04
사태	13	10.1±0.3	12.7	7.8	11.38
기타잡육	13	2.9±0.5	5.8	1.0	56.51
지방	13	34.9±2.5	53.4	22.0	25.41
뼈	13	26.6±0.6	31.2	23.1	8.57
내장(kg)	12	23.6±0.6	28.5	20.3	8.98
심장과 폐(kg)	12	6.4±0.5	9.1	4.5	25.29
간(kg)	12	4.4±0.2	5.6	3.1	16.08
비장과 신장(kg)	8	2.9±0.3	4.2	1.8	25.33
머리(kg)	12	13.0±0.3	15.3	10.9	7.75
사족과 꼬리(kg)	12	6.1±0.2	7.9	5.2	12.37
기타부산물(kg)	12	76.8±2.2	84.4	60.1	9.72
도체율	13	61.1±0.4	63.6	59.1	2.21
도체중 대비 정육율(%)	13	70.4±0.8	73.8	64.8	4.01
생체중 대비 정육율(%)	13	43.0±0.5	45.3	40.4	3.99

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

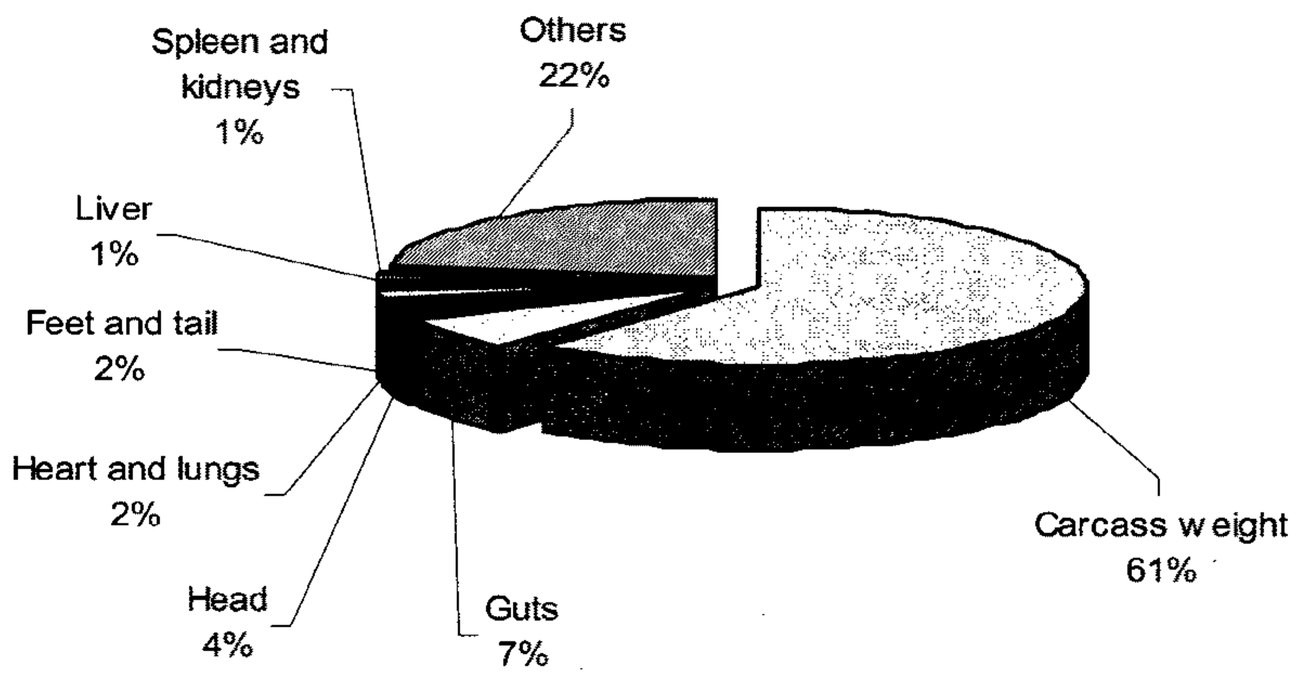


그림 7. 비육마 도체의 부위별 비율.

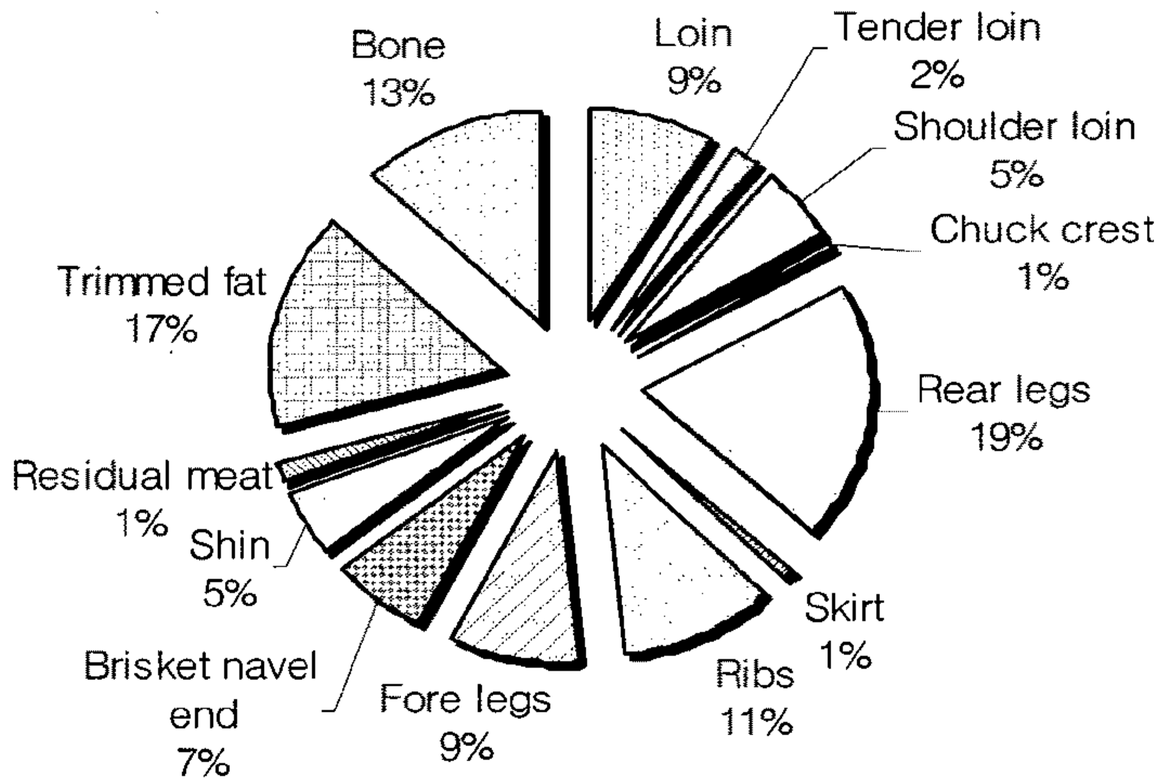


그림 8. 도체(carcass)에 대한 정육(cut yield)수율

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 21. 도체형질간의 단순상관 계수.

Item	LBW	CW	Loin	TL	SL	FL	RL	DP	RY
CW	0.98**								
Loin	0.24	0.30							
TL	0.65*	0.64*	0.03						
SL	-0.24	-0.21	0.34	0.27					
FL	0.48	0.44	-0.21	0.25	-0.49				
RL	0.45	0.52	0.04	0.60*	0.11	0.03			
DP	0.54	0.69**	0.45	0.36	-0.03	0.08	0.60		
RY	-0.51	-0.51	0.18	-0.11	0.71**	-0.55	0.11	-0.32	
Cut	-0.23	-0.15	0.44	0.08	0.71**	-0.52	0.45	0.23	0.85**

LBW, live body weight; CW, carcass weight; TL, tender loin; SL, shoulder loin; FL, fore legs; RL, rear legs; DP, dressing percentage; RY, retail yield (%); Cut, cutability(%).

*, $p<0.05$; **, $p<0.01$

표 22. 생체중이 보정된 도체형질에 대한 편상관계수

Item	CW	Loin	TL	SL	FL	RL	DP	RY
Loin	0.67							
TL	0.40	0.64						
SL	0.25	0.81	0.83*					
FL	-0.07	-0.39	-0.79	-0.64				
RL	0.60	0.53	0.91*	0.56	-0.69			
DP	1.00**	0.67	0.38	0.23	-0.06	0.58		
RY	-0.03	0.45	0.87*	0.78	-0.88*	0.69	-0.04	
Cut	0.61	0.77	0.94**	0.76	-0.76	0.93**	0.60	0.77

CW, carcass weight; TL, tender loin; SL, shoulder loin; FL, fore legs; RL, rear legs; DP, dressing percentage; RY, retail yield(%); Cut, cutability (%).

*, $p<0.05$; **, $p<0.01$

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

나. 비육에 따른 육질등급

과거의 식육생산은 양에 의존하지만 오늘날 가치평가는 품질이 기준이 되고 있다. 소, 돼지에서와 마찬가지로 마육 또한 식육자원으로서 대등한 위치에서 유통 소비되기 위해서는 품질평가가 중요하리라 생각된다. 마육에 대한 도체평가 기준은 아직 설정된 바 없으나, 에에 대한 연구가 필요한 현 시점에서 비육마의 육질과 육량등급에 대한 자료의 수집은 비육기술 개발과 마육에 대한 육질평가에 있어서 중요한 기초자료가 될 것이다.

비육마 집단에서 임의(무작위)로 9두를 선발하여 우육의 판정기준으로 제주도 축산물 공판장에서 육량과 육질을 비롯하여 등지방 두께, 배장근 면적, 육량지수, 근내지방 등급, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도 등을 평가한 결과 표 23과 같다.

육량과 육질 평가에 이용된 비육마의 평균 생시체중은 353.9 kg이었으며, 도체중은 218.1 kg으로 도체율이 61.6%에 달했다. 도체의 배장근 단면적은 평균 67.4 cm^2, 등지방 두께는 5.8 mm, 육량지수는 68.1로 평가되었다. 근내지방 교잡도는 평균 2.7로 지방등급은 평균 1.9등급으로 조사되었다. 또한 육색과 지방색은 각각 평균 4.7과 2.6이었으며, 조직감은 1.7, 성숙도는 4.4로 나타났다.

육질등급에 있어서는 1등급 3두(33%), 2등급 4두(44%), 3등급 2두(22%)로 평가되었고, 육량등급은 A 등급 5두(56%), B 등급 4두(44%)로 조사되었다. 이로서 말에 있어서도 체계적인 비육프로그램에 의하면 식육 자원으로서 고급육을 생산할 수 있을 것으로 평가되었다.

표 23. 비육마 도체등급 판정성적

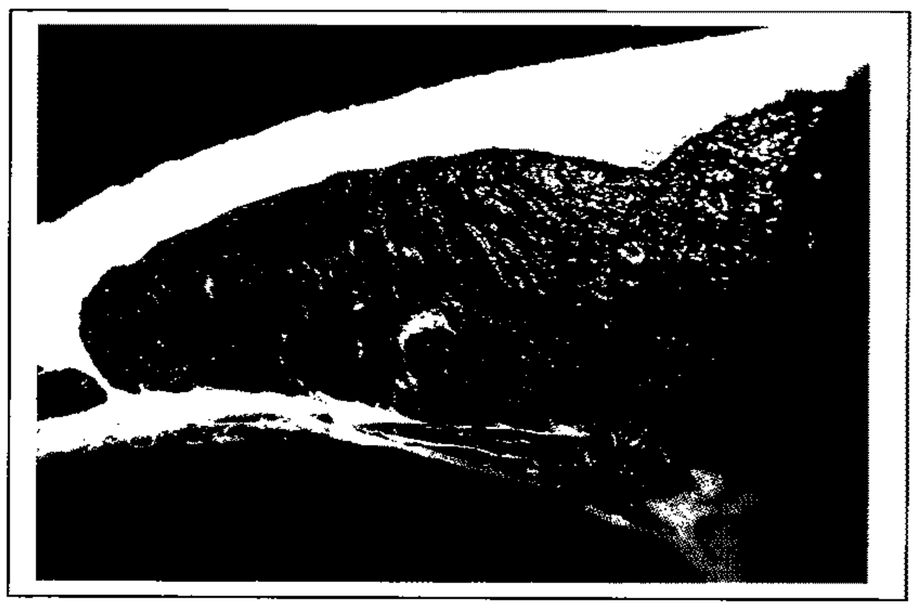
개체	등지방 두께	배장근 면적	도체 중량	육량 지수	근내지방(No)	지방 등급	육색	지방색	조직감	성숙도	육질 등급	육량 등급
1	6	67	242	67.3	2(3)	2	5	2	2(1)	3	2	B
3	3	74	239	70.2	1(1)	3	5	3	2(2)	4	3	A
4	8	63	218	66.1	2(1)	2	4	3	2(1)	3	2	B
5	4	79	189	71.4	5(1)	1	4	3	1(3)	6	1	A
6	10	47	215	62.9	2(2)	2	5	2	2(1)	6	2	B
7	10	64	214	65.1	4(2)	1	4	2	1(3)	5	1	B
9	4	84	212	71.5	5(3)	1	5	3	1(3)	4	1	A
10	3	62	208	69.4	1(3)	3	5	2	2(1)	4	3	A
12	4	67	226	68.9	2(2)	2	5	3	2(1)	5	2	A
평균	5.8	67.4	218.1	68.1	2.7	1.9	4.7	2.6	1.7	4.4	1.9	-

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

다. 초음파 생체 영상분석

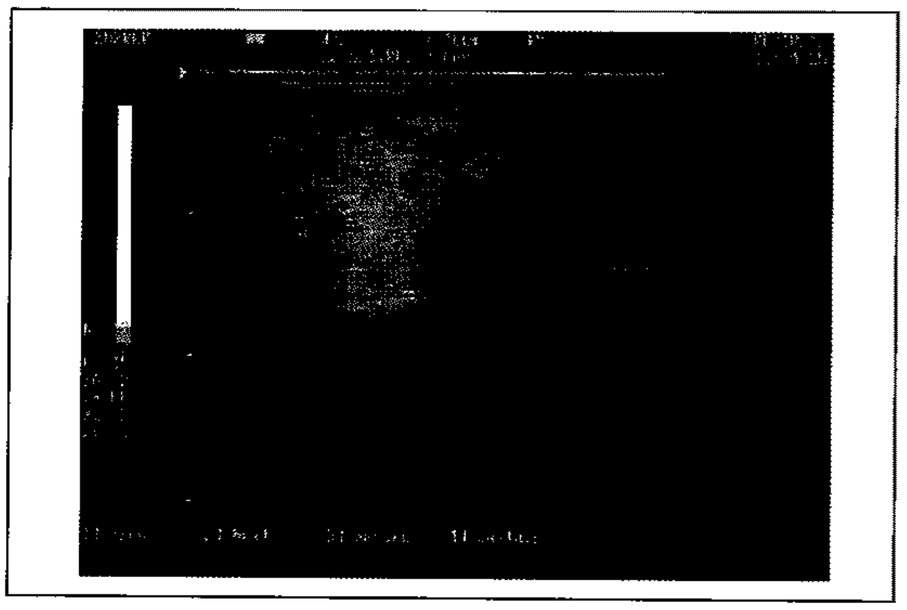
소처럼 비육마필에서도 초음파영상을 동한 생체 육질진단이 가능하다면 비육농가 현장에서 비육종료의 최적 시점을 알아낼 수 있게 되어 육질관리는 물론, 불필요한 사양경비를 줄일 수 있게 된다. 본 연구에서는 생체육질진단을 시도하였으나, 마블링 상태가 소에 비해서 미흡함과, 비육마 개체간에 등심 근육의 물리적 조직이 균일치 않아서 등급화를 위한 일관된 영상을 얻기는 어려움이 있었다(그림 9). 즉 소의 육질영상과는 다소 차이가 있어, 소의 영상과 연계하여 직접 적용하기 어렵다고 판단되었다.

이로서 초음파 진단과 등급판정소의 육질등급과의 연계 평가에는 보다 많은 연구가 필요한 것으로 판단된다.

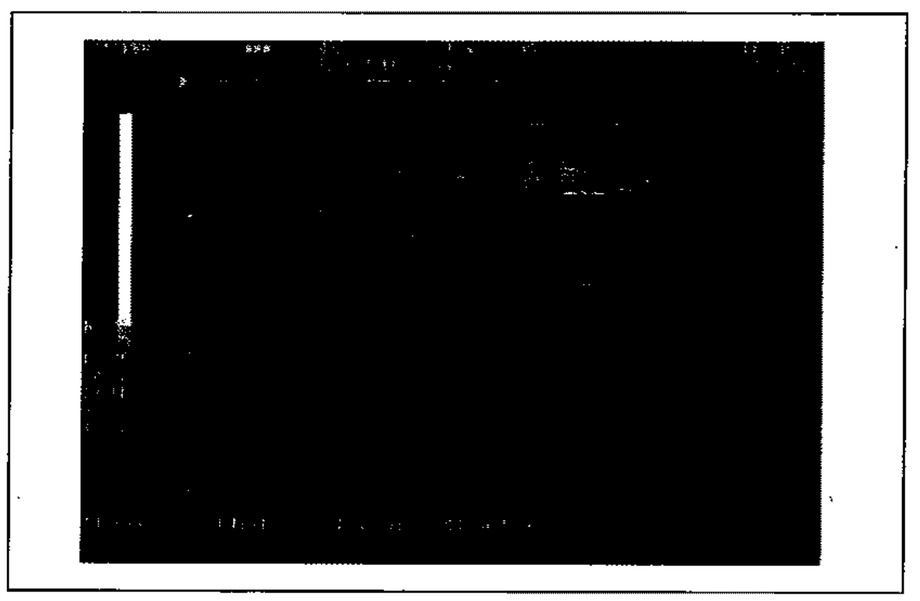


육질등급 1등급(표본 7번)
근내지방교잡도 4(2)

육질등급 1등급(표본 9번)
근내지방교잡도 5(3)



생체 등심초음파영상(7번 개체)



생체 등심초음파영상(9번 개체)

그림 9. 초음파 생체영상(하)과 실체의 단면(상)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

4. 렛트의 사양시험에 의한 보조식품으로의 마육의 가치 평가

보조식품으로서 마육의 가치를 평가하기 위하여 렛트를 이용하여 1, 2차의 사양시험을 한 결과 표 24, 25, 26 및 27과 같다.

먼저 마육 53%를 기본으로 조제(표 6)한 저탄수화물(very low carbohydrate diet) 사료와 AIN93G의 고탄수화물사료(high carbohydrate diet)로 4주간의 사양시험을 한 결과 일당증체량에는 아무런 유의차가 없었다($p>0.05$). 그러나 무제한 급여구의 채식량의 70%를 급여한 제한 급여구는 일당증체량이 무제한 급여구에 비하여 저탄수화물 처리구와 고탄수화물 처리구 모두 현저하게 떨어졌다($p<0.01$). 시험구의 식이사료의 종류(저탄수화물, 고탄수화물)와 급여수준(무제한급여, 70%제한급여) 사이에 상호작용효과는 없었다(표 24).

혈청성분 분석에서는 저탄수화물사료 급여구는 고탄수화물사료 급여구에 비하여 혈청의 triacylglycerol 수준이 현저하게 감소되었고($p<0.01$), 70% 제한급여 사양 역시 무제한 급여구에 비하여 triacylglycerol, glucose, insulin 수준이 떨어졌으며, 고탄수화물 처리구에서 70% 제한 사양시 특히 많이 떨어졌음을 확인하였다(표 25). 그러나 LDL cholesterol 수준에 있어서 70% 제한 급여구가 무제한 급여구보다 높게 나온 것은 기대치 못한 것으로 보다 자세한 검토가 필요한 것으로 생각되었다.

말고기와 소고기를 각각 기본으로 고단백질 저탄수화물 사료를 제조(표 6)하여 비교 시험한 결과(표 26, 표 27) 일당증체량, 사료섭취량에 있어서 통계적 유의적 차이는 발견할 수 없었다($p>0.05$). 또한 마육식이와 우육식이사료 급여구 사이에 혈액내 total cholesterol, LDL cholesterol, triacylglycerol, glucose, insulin, ketone body의 농도에 통계적 유의차를 발견할 수 없었다($p>0.05$). 선행 사양시험(표 25)에서 관찰되었던 고탄수화물 사료(AIN93G)과 저탄수화물사료(마육)의 효과에서 마육 또는 우육을 기본으로 한 저탄수화물사료 처리구에서 triacylglycerol 농도는 떨어지는 경향을 보였지만 유의차는 인정되지 못했다($p>0.05$).

결론적으로 53% 마육이 첨가된 저탄수화물사료와 70%의 제한급여에 의한 단기사양은 고탄수화물사료 또는 무제한 급여구에 비해 심혈관질병과 동맥경화와 관련된 것으로 알려진 혈액내의 triacylglycerol 수준을 감소시켜 건강 위해요소 수준을 저감시키는 것으로 분석되었다. 그러나 저탄수화물 식이가 인간에게는 물론 모델동물 등의 건강에 유익한지는 보다 장기간에 걸쳐 반복적인 시험이 수행되어야 할 것으로 판단되었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 24. 마육을 기본으로 한 저탄수화물사료와 제한급여가 일당증체량, 사료섭취량 및 에너지효율에 미치는 영향[1)]

Item	AIN93G(high carb)		Low Carbohydrate		p	
	Ad lib	70% *Ad lib*[2]	*Ad lib*	70% *Ad lib*[2]	Diet	Diet x In[3]
Initial body weight, g	239±2.3	239±2.2	238±2.2	237±2.1		
Final body weight, g	410±5.9	308±3.9	409±9.9	312±5.2		
Daily gain, g	6.1±0.2[a]	2.5±0.1[b]	6.1±0.3[a]	2.7±0.1[b]	<.0001	0.6778
Daily feed intake, g	22.8±0.4[a]	14.9±0.2[c]	17.3±0.5[b]	12.0±0.3[d]	<.0001	
Daily energy intake, kcal	84.7±1.5[a]	55.3±0.9[b]	83.7±2.6[a]	57.8±1.4[b]	<.0001	
Gain/Feed, g/g	0.27±0.0[b]	0.17±0.0[d]	0.35±0.0[a]	0.22±0.0[c]	<.0001	0.0900
Gain/energy intake, g/kcal	0.07±0.01[c]	0.05±0.00[b]	0.07±0.00[a]	0.05±0.00[b]	<.0001	

[1]Values are means ±SE of 10 rats.
[2]Rats were pair-fed 70% intake (calculated on the basis of metabolic body size, $g^{0.75}$) of their counterparts fed *ad lib*.
[3]Interaction between diets × Intake level.
[4]Means in the same row not sharing the same superscript letters differ ($p<0.05$).

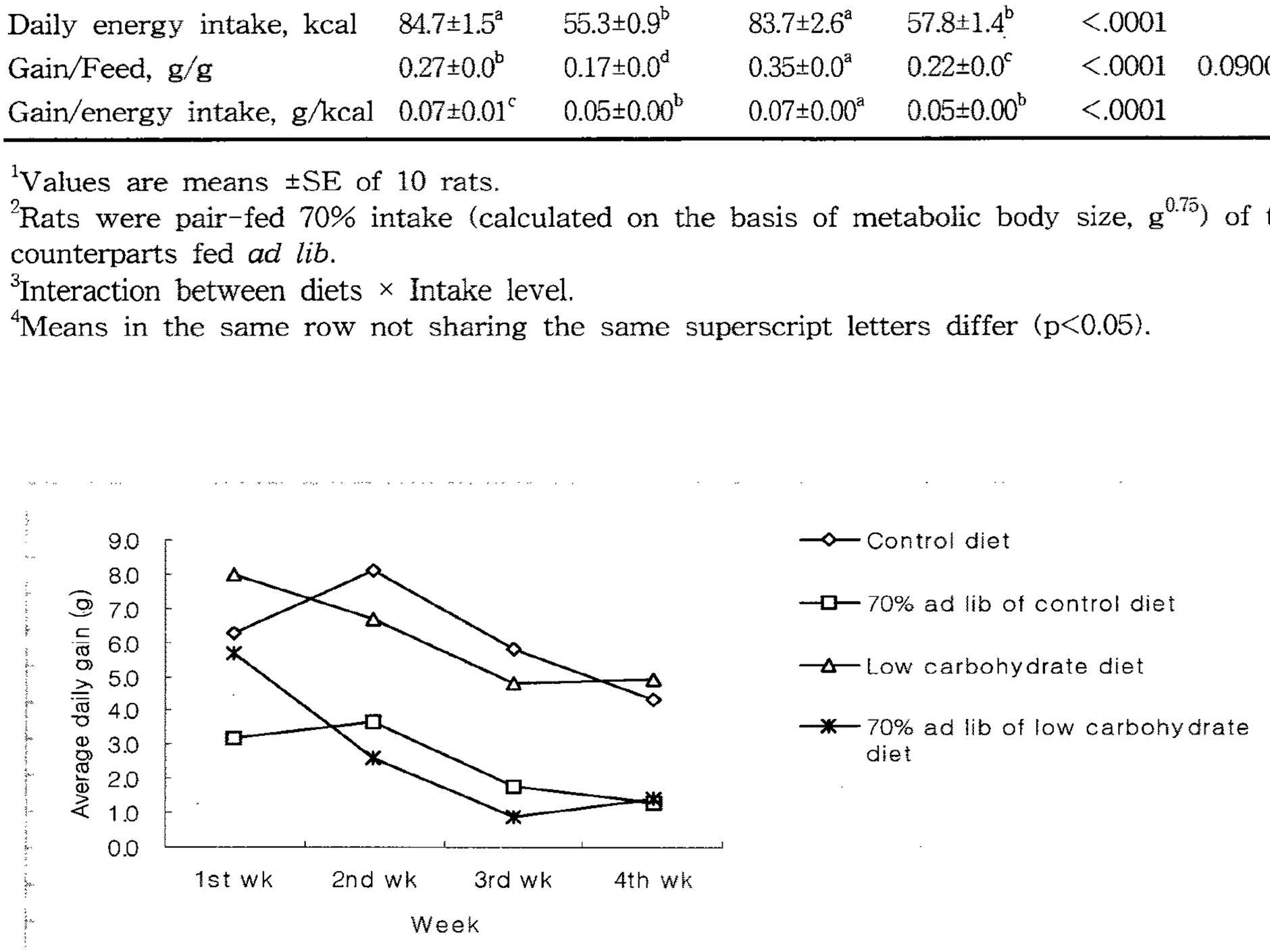


그림 10. 저탄수화물사료와 제한 급여가 렛트의 주간 체중 변화에 미치는 영향

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 25. 마육을 기본으로 한 저탄수화물(very low carbohydrate) 식이가 렛트의 혈청 cholesterol, triacylglycerol, glucose, insulin 및 ketone body 수준에 미치는 효과[1]

Item	AIN93G(high carb)		Low carb		p	
	Ad lib	70% *Ad lib* [2]	*Ad lib*	70% *Ad lib*	Diet	Diet x In[3]
Total cholesterol,[4] mg/100 mL	91±5.7[a]	90±3.1[a]	74±3.9[b]	85±3.3[ab]	0.0224	0.1559
HDL cholesterol,[4] mg/100 mL	57±3.3[a]	55±2.8[a]	46±2.6[b]	52±1.8[ab]	0.0437	0.1521
LDL cholesterol,[4] mg/100 mL	9±0.6[b]	18±0.9[a]	12±0.7[b]	18±1.2[a]	0.0001	0.2893
Triacylglycerol,[4] mg/100 mL	157±21.3[a]	55±6.1[bc]	75±5.6[b]	36±3.3[c]	0.0001	0.0093
Glucose,[4] mg/100 mL	123±2.6[b]	113±2.1[c]	138±2.4[a]	118±2.5[bc]	0.0001	0.0437
Insulin,[4] uIU/ mL	3.1±0.4[a]	1.4±0.1[b]	1.5±0.2[b]	1.3±0.1[b]	<.0001	0.0026

[1]Values are means ±SE of 10 rats.
[2]Rats were pair-fed 70% intake (calculated on the basis of metabolic body size, $g^{0.75}$) of their counterparts fed *ad lib*.
[3]Interaction between diets × Intake level.
[4]Means in the same row not sharing the same superscript letters differ ($p<0.05$).

표 26. 고단백질(마육, 우육) 식이사료가 렛트의 일당증체량, 사료섭취량, 에너지효율에 미치는 영향[1]

Item	Control[2]	Beef[3]	Horsemeat[4]	p
Initial body weight, g	250.9±7.0	251.0±4.2	251.1±4.2	
Final body weight, g	350.1±21.0	367.9±14.9	376.4±16.9	
Average daily gain,[5] g	3.8±0.6[b]	4.5±0.6[a]	4.8±0.6[a]	0.0026
Daily feed intake,[5] g	19.8±1.4[a]	15.9±9.3[b]	16.6±0.9[b]	<.0001
Daily energy intake,[5] kcal	70.8±1.7[b]	76.9±1.3[a]	80.2±1.4[a]	0.0004
Gain/Feed, g/g	0.15±0.22	0.17±0.27	0.17±0.25	0.9758
Gain/energy intake, g/kcal	0.05±0.02	0.06±0.02	0.06±0.02	0.9669

[1]Values are means ±SE of 10 rats.
[2]AIN-93G containing 63% carbohydrate.
[3]Low carbohydrate containing 10% carbohydrate and 53% lyophilized ground beef.
[4]Low-carbohydrate containing 10% carbohydrate and 53% lyophilized ground horsemeat.
[5]Means in the same row not sharing the same superscript letters differ ($p<0.05$).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 27. 고단백질(마육, 우육) 식이사료가 렛트의 혈청 cholesterol, triacylglycerol, glucose, insulin 및 ketone body 수준에 미치는 영향[1]

Item	Control[2]	Beef[3]	Horsemeat[4]	p
Total cholesterol, mg/100 mL	104.80±5.5	118.30±3.1	118.30±6.1	0.1256
HDL cholesterol, mg/100 mL	63.06±3.5	69.18±2.4	66.42±2.6	0.3342
LDL cholesterol,[5] mg/100mL	15.80±1.0[a]	23.50±0.8[b]	26.50±2.3[b]	0.0001
Triacylglycerol, mg/100 mL	111.40±9.6	77.30±9.0	79.50±13.4	0.0615
Glucose, mg/100 mL	154.90±3.3	170.60±6.4	167.70±5.5	0.0979
Insulin, uIU/ mL	9.04±0.8	9.99±1.3	8.55±0.8	0.6075
Total ketone body,[5] umol/L	141.00±27.5[b]	367.50±17.5[a]	340.10±32.1[a]	<.0001
5-OH-Butyric Acid,[5] umol/mL	105.10±8.2[b]	301.40±5.7[a]	270.30±10.4[a]	<.0001
Acetoacetic Acid,[5] umol/mL	35.90±21.2[b]	67.00±12.2[a]	62.80±25.2[a]	0.0278

[1]Values are means ±SE of 10 rats.

[2]AIN-93G containing 63% carbohydrate.

[3]Low carbohydrate containing 10% carbohydrate and 53% lyophilized ground beef.

[4]Low-carbohydrate containing 10% carbohydrate and 53% lyophilized ground horsemeat.

[5]Means in the same row not sharing the same superscript letters differ ($p<0.05$).

5. 비육마의 마육, 마유, 말뼈의 성분분석

가. 비육마 등심육의 일반 조성분

본 연구에서 비육용 배합사료(우지 5%)와 유채유(5%)처리 사료시험에 공용된 비육마의 도체로부터 수집된 마육 등심육이 일반성분은 수분이 64%, 조지방 15.4%, 조단백질 18.4%, 조회분 0.96%으로 나타났으며, 처리구간에 유의적인 차이는 없었다(표 27). 유 등(1993)의 연구보고에 의하면 제주마의 등심의 조지방 함량을 일반마에서 6.4%, 비육마에서 8.6%를 보고한 바 있으며, 일반적으로 마육은 비육에 의해서도 상강도 형성이 어려운 것으로 알려져 왔다. 이와 비교해볼 때 본 연구의 사양프로그램에서 적용된 비육기술은 매우 양호한 것으로 평가되었으며, 비육기술에 따라 마육도 지방침착(상강도, marbling) 상태가 우수한 고품질 마육을 생산할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

표 27. 비육마 등심육의 일반조성분(%)

항 목	우지	유채유처리	p
수분	63.7±1.2	64.2±1.5	ns
조지방	15.5±1.7	15.3±2.0	ns
조단백질	18.4±0.6	18.5±0.7	ns
조회분	0.9±0.1	1.0±0.1	ns

Values are means ±SE of 31 horses
ns, $p>0.05$

(나) 등심육의 아미노산 조성

등심육의 아미노산 조성은 5두의 비육마의 표본을 임의로 추출하고 Asp, Thr, Ser, Glu, Pro, Gly, Ala, Val, Ile, Leu, Try, Phe, His, Lys, Arg, Cys, Met의 성분을 분석하였다(표 28).

표 28. 등심육의 아미노산 조성

항 목	함량(%)	항 목	함량(%)
ASP	1.34±0.08	Leu	1.28±0.11
Thr	0.72±0.05	Tyr	0.41±0.02
Ser	0.61±0.03	Phe	0.49±0.04
Glu	2.55±0.19	His	0.76±0.09
Pro	0.65±0.03	Lys	1.42±0.09
Gly	0.79±0.04	Arg	1.01±0.07
Ala	0.93±0.07	Cys	nd
Val	0.78±0.07	Met	0.38±0.03
Ile	0.68±0.08	Total	14.93±1.01

Values are means ±SE of 5 horses
nd, not detected

(다) 등심육 및 말뼈의 무기물함량

등심육 및 말뼈(정강이)의 무기물 함량은 표 29과 같다. 제주도에서는 말뼈를 가공처리한 마골분(분말)은 인기리에 비싼 값의 건강보조식품으로 관광상품화되어 유통되고 있다. 아래 표 29에 의하면, K, Fe, Mg, Cu, Zn, Se 성분은 뼈에서보다 마육(등심

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

육)에서가 훨씬 많은 양이 함유되고 있는 것으로 나타난 것은 흥미로운 일이다.

표 29. 말의 등심육 및 말뼈의 무기물 함량

항 목	등심육	정강이뼈	p
Ca, %	0.004±0.0003	7.65±0.25	<.0001
P, %	0.17±0.02	3.75±0.11	<.0001
K, %	0.28±0.03	0.08±0.01	<.0001
Fe, ppm	28.22±1.73	7.52±0.42	<.0001
Mg, %	0.023±0.003	0.09±0.01	<.0001
Na, %	0.04±0.01	0.36±0.01	<.0001
Cu, ppm	2.14±0.31	1.61±0.15	0.1624
Mn, ppm	-	0.06±0.02	0.0168
Zn, ppm	33.28±7.47	19.02±0.20	0.0929
Se[1)], ppb	169.44±21.58	69.71±3.94	0.0019

Values are means ±SE of 5 horses
[1)]Se 함량은 습중량 기준임
p values are based on the student t-test.

등심육의 무기물중에 지금껏 분석 보고된 바 없는 Se의 함량은 습중량 기준으로 169±21.6 ppb로 분석되었으며, 정강이뼈의 Se 함량은 70.±3.9 ppb이었다.

(라) 마유의 성분 분석

마유의 지방산 분석은 등심육의 지방산 조성과 크게 다르지 않을 것으로 생각되어 이미 등심육의 지방산조성에서 분석된 표 16, 표 17의 대조구의 지방산조성에 명시한 바와 같다. 본 연구에 의하면 향장소재로 이용이 시도되고 있는 마유의 지방산은 사료첨가에 의해 변화시킬 수 있는 것으로 확인 시험이 되었다(오메가-3 지방산 보강). 또한 산화 및 노화방지효과와 관련된 비타민 E함량 조절(천연tocopherol 보강마유)이 가능하여 부가가치가 높은 향장소재로 특화가능성을 보여준다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

V. 적 요

제주마를 이용한 마육생산기술 개발을 목표로 일련의 연구를 한바 다음과 같은 결과를 얻었다.

◎ 마육생산을 위한 사양프로그램 개발: 마육생산을 위한 단기비육에 있어서 가장 문제가 되고 있는 농후사료의 적정 급여수준결정은 20주간 비육시험결과 농후사료 급여량은 최초 체중의 1%(1개월)로 시작하여 1.3%(2개월), 1.5%(3개월), 1.7%(4개월), 1.7%(5개월째)로 5개월간 단기 비육이 가능한 것으로 평가되었다. 제주산마 비육에 있어서 농후사료 급여량은 비육초기는 가급적 적은 량(체중의 1% 이하)으로 출발하고, 단계적으로 증가시켜 체중의 1.5-1.7% 까지가 급여가 가능한 것으로 조사되었다. 20주 비육기간동안 평균 증체량은 86.8 kg이고, 일당 증체량은 0.62 kg으로 나타났으며 성에 따른 증체량에는 유의차가 없었다($p>0.05$). 비육기간동안 평균 일일 사료섭취량은 농후사료가 4.10 kg, 조사료(건초)가 5.20 kg이었으며, 전체 사양기의 사료요구율(사료섭취량/증체량)은 농후사료는 7.24, 자유 채식된 조사료(건초)는 8.99로 조사되었다. 마필의 비육 개시 적정 나이는 만 3-4세이고, 체중은 300 kg내외에서 단기비육이 효과적인 것으로 생각되었다.

◎ 비타민 E, 오메가-3 지방산, 비타민 A 및 Se 보강 마육생산기술 개발: 1)비타민 E 강화마육 생산 시험에서 무처리인 대조구와 배합사료에 비타민 E가 200 mg/kg이 첨가된 처리구간 증체량, 사료소비량, 사료효율에 있어서는 아무런 통계적 유의차를 확인할 수 없었으나($p>0.05$), 비타민 E의 보충 급여에 따른 효과는 등심육에 있어서 비타민 E의 함량은 대조구 0.19 mg/100g, 처리구 0.44 mg/100g으로 처리구가 2.3배나 높게 축적되었다($p<0.01$). 복강지방에서는 대조구 0.95 mg/100g, 처리구 1.61 mg/100g으로 처리구가 1.7배로 높게 축적되었음을 확인하였다($p<0.01$). 결과적으로 사료첨가에 의하면 비타민 E가 보강된 마육생산이 가능하다고 생각된다. 또한 향장산업에서 마유를 향장원료로 활용 시도되고 있는 시점에서, 노화방지 및 피부미용과 관련된 천연 토코페롤이 보강된 마유의 생산은 고부가가치 향장소재로 활용이 가능하리라고 판단된다. 2) 오메가-3 지방산 보강 마육 생산을 위하여 무처리(우지 5%) 대조구와 유채유 5% 첨가한 처리구에 대한 사양시험을 하였다. 비육마필 사료인 대조구와 유채유 처리구 사이에 조사료 섭취량을 제외하면, 일당증체량, 농후사료섭취량, 사료효율(농후사료, 조사료)에 통계적 유의차는 없었다($p>0.05$). 등심육의 지방산조성(fatty acid profile)은 유채유를 첨가한 처리구에서 몸에 이로운 오메가-3 지방산(α-linolenic acid)함량이 대조구에 비해서 약 2배로 증가되었다($p<0.01$). 이는 5% 유채유 첨가로 인하여 처리구의

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

마육은 n-6 : n-3 지방산의 비율이 낮아졌으며, 결과적으로 건강에 유리한 육류지방산 조성으로 개선이 가능함을 나타냈다. 3) 비타민 E, 비타민 A 및 Se 성분 동시강화 마육생산 시험에서 무처리인 대조구와 처리구(비타민 E 200 mg/kg, 비타민 A 10,000 IU/kg, yeast Se 0.5 mg/kg yeast 첨가)로 사양시험을 하였다. 일일 사료섭취량(농후사료 및 건초)에 있어서는 차이가 없었으나, 비타민 A, E 및 Se 처리구의 일당증체량(0.69±0.04 kg) 및 사료요구율(건초, 6.98±0.47; 농후사료 6.77±0.53)은 대조구에 비하여 크게 개선되었다($p<0.01$). 처리구의 등심육에는 비타민 E 함량은 대조구의 1.5배($p<0.01$), 비타민 A 함량은 대조구의 2배($p<0.01$), Se 함량은 대조구의 3배($p<0.01$)로 강화되었음을 확인하였다. 결론적으로 사료첨가로 일당증체량과 사료효율의 개선은 물론 비타민 A, 비타민 E, Se 동시보강 기능성 마육 생산이 가능한 것으로 판단되었다.

◎ 제주마의 도체특성과 육질등급: 비육마의 도체특성을 얻고자 제주산 비육마 13두에 대한 도체를 분석한 결과 다음과 같은 성적을 얻었다. 비육마의 도체율(dressing percentage), 도체중 대비 정육율(retail yield), 및 생체중 대비 정육율(cutability)은 각각 61.1%, 70.4%, 및 43.0%으로 나타났다. 상관분석에서 생체중과 도체중의 단순상관계수는 0.98로($p<0.01$), 정육수율(cutability, retail yield)과 어깨등심(shoulder loin)은 상관계수가 0.71($p<0.01$)로 분석되었다. 동일 생체중을 기준으로 하였을 때(partial correlation for fixed live body weight) 정육수율은 후지($r=0.93$, $p<0.01$)와 안심($r=0.94$, $p<0.01$)과 높은 정의 상관관계를 보였다. 마육 생산에 있어서 정육수율이 높은 개체의 판단은 생체중, 도체중, 어깨등심, 후구의 비육 상태 순으로 관심을 두어야 할 것으로 생각되었다. 비육마 집단에서 임의(무작위)로 9두를 선발하여 육량과 육질등급을 평가한 결과 1등급 3두(33%), 2등급 4두(44%), 3등급 2두(22%)로 나타났으며, 육량등급은 A 등급 5두(56%), B 등급 4두(44%)로 조사되었다. 이로서 말에 있어서도 체계적인 비육프로그램에 의하면 식육 자원으로서 고급육을 생산할 수 있을 것으로 평가되었다.

◎ 건강식품으로서 마육의 가치평가 시험: 렛트를 이용한 사양시험에서 마육을 기본으로 조제한 저탄수화물(very low carbohydrate diet) 사료와 AIN93G의 고탄수화물 사료(high carbohydrate diet)로 4주간의 사양시험을 한 결과 일당증체량에는 아무런 유의차가 없었다($p>0.05$). 그러나 무제한 급여구의 채식량의 70%를 급여한 제한 급여구는 일당증체량이 무제한 급여구에 비하여 저탄수화물 처리구와 고탄수화물 처리구 모두 현저하게 떨어졌다($p<0.01$). 저탄수화물사료 급여구는 고탄수화물사료 급여구에 비하여 혈청의 triacylglycerol 수준이 현저하게 감소되었고($p<0.01$), 70% 제한급여 사

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

양 역시 무제한 급여구에 비하여 triacylglycerol, glucose, insulin 수준이 떨어졌으며, 고탄수화물 처리구에서 70% 제한 사양시 특히 많이 떨어졌음을 확인하였다. 말고기와 소고기를 기본으로 제조한 사료사양 시험 결과 일당증체량, 사료섭취량에 있어서 통계적 유의적 차이는 발견할 수 없었다($p>0.05$). 또한 마육 또는 우육 처리구 사이에 혈액내 total cholesterol, LDL cholesterol, triacylglycerol, glucose, insulin, ketone body의 농도에 유의차는 발견할 수 없었다($p>0.05$). 결론적으로 53% 마육이 첨가된 저탄수화물사료와 70%의 제한급여에 의한 단기사양은 고탄수화물사료 또는 무제한 급여구에 비해 심혈관질병과 동맥경화와 관련된 것으로 알려진 혈액내의 triacylglycerol 수준을 감소시켜 건강 위해요소 수준을 저감시키는 것으로 분석되었다. 그러나 저탄수화물 식이가 인간에게는 물론 모델동물 등의 건강에 유익한지는 보다 장기간에 걸쳐 시험이 수행되어야 할 것으로 판단되었다.

◎ 마육, 말뼈의 성분분석: 비육에서 얻어진 등심육에서 일반성분을 분석한 결과 수분 64%, 조지방 15.4%, 조단백질 18.4%, 조회분 1.0%으로 나타났으며, 비교적 조지방 함량이 높게 나타났다. 이와 비교해볼 때 본 연구의 사양프로그램에서 적용된 비육기술은 marbling 과 관련하여 매우 양호한 것으로 평가되었다. 등심육 및 말뼈의 무기물 함량에서 Se의 함량은 습중량 기준으로 각각 169±21.6 ppb, 및 70±3.9 ppb으로 등심육에서 높게 나타났다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

VI. 인용문헌

1. AOAC. 1996. Official Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem., Arlington, VA.
2. Atkins, RC. 1992. Dr Atkins' New Diet Revolution: New York, NY: Avon Books.
3. Akins, RC. 2002. Dr Atkins' New Diet Revolution (updated new ed.): New York, NY: Avon Books.
4. Berg R.T., Butterfield R.M. 1976. New concepts of animal growth. sydney University Press, Stdney.
5. Bravata, DM, Sanders, L, Huang, J, Krumholz, HM. 2003. Efficacy and safety of low-carbohydrate diets: A systematic review. J Am Med Assoc 289: 1837-1850.
6. Broadbent P.J., Ball C., Dodsworth T.L. 1976. Growth and carcass characteristics of purebred and crossbred cattle with special reference to their carcass lean:bone ratios. Animal Production 23, 341-348.
7. Cowing, B.E. and Saker, K.E. 2001. Polyunsaturated fatty acids and epidermal growth factor receptor/mitogen-activated protein kinase signaling in mammary cancer. J. Nutr. 131:1125-1128.
8. Drake D.J. 2004. Understanding and improving beef cattle carcass quality. ANR Publication 8130, the Regents of the University of California, Division of Agriculture and National Resources.
9. Hafez E. S. E. 1980. Reproduction in farm animals, III. Reproductive cycles. 4th ed. Lea & Febiger, U.S.A.
10. Hays, JH, DiSabatino, A, Gorman, RT, Vincent, S, Stillabower, ME. 2003. Effect of a high saturated fat and no-starch diet on serum lipid subfractions in patients with documented atherosclerotic cardiovascular disease. Mayo Clin Proc 78: 1331-1336.
11. Hu, F.B. and Willett, W.C. 2002. Optimal diets for prevention of coronary heart disease. J. Am. Med. Assoc. 288:2569-2578.
12. Kennedy, ET, Bowman, SA, Spence, JT, Freedman, M, King, 2001. J. Popular diets: correlation to health, nutrition, and obesity. Am J Diet Assoc 101:

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

411-420.

13. Layman, DK, Boileau, RA, Erickson, DJ, Painter, JE, Shiue, H, Sather, C, Christou, DD. 2003. A reduced ratio of dietary carbohydrate to protein improves body composition and blood lipid profiles during weight loss in adult women. J Nutr 133: 411-417.
14. Layman, DK, Shiue, H, Sather, C, Erickson, DJ, Baum, J. 2003. Increased dietary protein modifies glucose and insulin homeostasis in adult women during weight loss. J Nutr 133: 405-410.
15. Lee C.E., Seong P.N., Oh W.Y. and Kim K.I. 2005. Effects of castration on growth and meat quality in finishing male Jeju horses. Journal of Animal Science and Technology(Kor.) 47(3):391-396
16. Mukai, F., Sadahira, M. and Yoshimura, T. 2004. Comparison of carcass composition among Japanese Black, Holstein and their crossbred steers fattening on farm. Animal Science Journal 75:393-399.
17. Samaha, FF, Iqbal, N, Seshadri, P, Chicano, KL, Daily, DA, McGrory, J, Williams, T, Williams, M, Gracely, EJ, Stern, L. 2003. A low-carbohydrate as compared with a low-fat diet in severe obesity. New Engl J Med 348: 2074-2081.
18. SAS, 2004. SAS Institute Inc. Release 8.1
19. Simopoulos, A.P. 2001. The Mediterranean diets: What is so special about the diet of Greece? The Scientific evidence. J. Nutr. 131:3065S-3073S.
20. St. Jeor, ST, Howard, BV, Prewitt, TE, Bovee, V, Bazzarre, T, Eckel, RH. 2001. Dietary protein and weight reduction: a statement for healthcare professionals from Nutrition Committee of the Council on Nutrition, Physical Actvity, and Metabolism of the American Heart Association. Circulation 104: 1869-1874.
21. Stein, K. 2000. High-protein, low-carbohydrate diets; do they work? Am Diet Assoc 100: 760-761.
22. Waldman R.C., Taylor W.J., Brugardt V.H. 1971. Changes in the carcass composition of Holstein steers associated with ration energy levels and growth. Journal of Animal Science 32, 611-619.
23. Westman, EC. 1999. A review of very low carbohydrate diets for weight loss.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

J Clin Outcomes Manage 6(7): 36-40.

24. Westman EC, Yancy, WS, Edman, JS, Tomlin, KF, Perkins, CE. 2002. Effect of 6-month adherence to a very low carbohydrate diet program. Am J Med 113: 30-36.

25. Wood, J.D. and Enser, M. 1997. Factors influenceing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving pork quality. Br. J. Nutr. 78:S49-S60.

26. Yang, Y. H., Kim, C. N., Lee J. E., Ko M. S., Jung C. J., Kim, K. I. 2005. Effect of feeding diet containg canolar oil on fatty acid profile of longissimus muscle in fattening horses. Proceedings of the 2005 Annual Congress, Proceedings vol. II. p127, Korean Society of Animal Science and Technology.

27. 김문철, 장덕지, 2003. 말(馬)과 여가생활, 제10장 말의 사료(飼料). 제주대학교 출판부.

28. 남도영, 2003. 마문화연구총서 V. 제주도목장사, 제 3편 제주마의 용도. 한국마사회 마사박물관

29. 농림부, 축산기술연구소, 농협중앙회, 2002. 한우사육 길잡이

30. 농림수산부, 농촌진흥청 축산기술연구소, 축협중앙회, 1994. 한우고급육 생산기술

31. 농촌진흥청, 2003. 말(馬), 표준영농교본-134.

32. 농촌진흥청 난지농업연구소, 2005. 고부가 제주마 산업육성과 대응전략. 축산연구센터 준공기념 한·중·일 국제심포지엄, 농촌진흥청 난지농업연구소.

33. 양영훈, 2002. Gompertz 성장곡선에 의한 제주마의 발육표준. 제주대학교 아열대농업생명과학연구지 18(2):53-60

34. 양영훈, 김준, 조덕준, 1996. 제주재래마 성장능력 추정. 제주대학교 동물과학논총 11:9-28

35. 양영훈, 김규일, 정창조, 2005. 마육생산을 위한 사양프로그램 개발에 관한 연구. 제주대학교아열대농업생명과학연지 21(1):35-41.

36. 유익종, 박병성, 정창조, 김규일. 1993. 마육이 영양가치에 관한연구. 한축지 35(2):131-137

37. 제주도, 2002. 제주도 제주마, 제 IV. 제주마의 번식. 제주도문화예술과

38. 제주도, 2004. 축산사업추진계획. 제주도

39. 제주도, 2005. 축산사업추진계획. 제주도.

40. 제주도, 2006. 2006년도 축산사업추진계획, 제주도청 축정과

41. 조희웅, 안병홍, 2006. 사료중의 비타민 E 수준이 한우 거세우의 도체특성, 배최

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

장근내 비타민 E 함량 및 지방산화에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 48(6):827-838.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

□ 부록

[결과활용]

○ 논문게재

- 마육생산을 위한 사양프로그램 개발에 관한연구
  (2005 2. 제주대학교아열대농업생명과학연구지, 21(1):55-60)
- Effects of dietary canola oil on growth, feed efficiency, and fatty acid profile of bacon in finishing pigs and of longissimus muscle in fattening horses (2006 6. Nutritional Sciences, 9(2):92-96)
- 제주산 비육마의 도체 및 정육 수율분석 연구
  (2006 2. 제주대학교아열대농업생명과학연구지, 22(1):59-64.

○ 논문발표

- Effects of feeding diet containing canola oil on fatty acid profile of longissimus muscle in fattening horses
  (2005 6. 한국동물자원과학회 학술발표회, proceedings vol.II 68p)
- Effects of feeding diet containing canola oil on growth, feed efficiency, and fatty acid profile of bacon in late finishing pigs and longissimus muscle in fattening horses (2006 9. XII AAAP Congress, Proc. 200p)

○ 본 연구자료는 앞으로 시책건의, 영농활용, 특허출원/등록, 기술이전, 저서 등에 적극 활용할 것이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

濟州大亞農生誌(J. Subtropical Agri & Biotech., Cheju Nat'l Univ), 21(1) : 35-41(2005)

마육생산을 위한 사양프로그램 개발에 관한 연구

양영훈*, 김규일, 정창조

제주대학교 생명자원과학대학 동물자원과학과

Study on the Development of Feeding Program for Horse Meat Production

Young-Hoon Yang*, Kyu-Il Kim, Chang-Jo Jung

College of Applied Life Sciences, Cheju National University

ABSTRACT : The feeding trial was conducted to get basic information on the fattening program for horse meat production. 32 horses (16 females and 16 males), which were about 250 kg of body weights and 2 ~ 5 years old, were alloted to 16 pens of two horses each.

The feeding regime of concentrate was gradually increasing method which started from 1.0 percent of body weight and stopped increasing when there was the remainder of daily supplies in feed tubs. The amounts of concentrate supplied during the 5-month feeding experiment were 1.0(first month of experimental period), 1.3(2nd), 1.5(3rd), 1.7(4th) and 1.7 percent(5th) of body weight in order. Average body weight gain and daily weight gain were 83.9±3.9 kg and 0.56±0.03 kg, respectively. There was no significant difference between the body weight gains of female and male($p>0.05$). The average daily feed consumptions of concentrates and hay were 4.05±0.09 kg and 5.66±0.24 kg, respectively. The feed efficiency (feed consumption / body weight gain) during 5-month feeding period was 7.75 and 10.67 for concentrate and hay, respectively. The sex effect on feed efficiency was not detected ($p>0.05$).

Key words : horse, body weight gain, feed efficiency

서 론

제주도에 마필은 '86년도 1304두에서 2003년도에는 제주마 8,103두, 개량마 3,263두로 사육두수가 급격히 증가되었다(제주도, 2004). 이에 따라 산학연의 관계 분야에서는 마필의 이용가치 증진을 위하여 승용, 경주용, 비육용 등 마필의 이용을 다각도로 검토하고 있는 실정이다.

조선시대 태조실록 8권에 의하면 제주도에서는 건마육(乾馬肉)을 만들어 조정에 진상하였다는 기록이 있고, 말고기는 민간은 물론 왕실에서도 식용으로 하였으며, 연산군일기 48권에 의하면 연산군도 말고기(白馬肉)를 즐겨먹은 것으로 알려지고 있다(남도영, 2003). 마육은 이처럼 오래전부터 식용으로 이용되었던 기록을 갖고 있다. 최근 들어 제주도내 마육 소비시장이 확대됨에 따라서 마육생산에 대한 관심은 그 어느 때 보다도 높은 실정이다. 마육생산용 마필산업 부문은 제주산마의 수요를 증가시켜 마필의 가격상승을 유도했으며, 일부 마필생산농가에는 수요를 충당키 위해 값이 싼 비

Corresponding author: Department of Animal Biotechnology, College of Applied Life Sciences, Cheju National University.(e-mail : yhyang@cheju.ac.kr)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

육용 중국마를 수입하여 사육하고 있는 실정이다. 비육용 중국마는 '02년도에 177두, '03년 295두, '04년 현재 322두가 수입되었다. 현재 제주도에는 마육가공공장 1개소에 마육을 취급하는 전문 음식점이 16개소가 있는 것으로 조사되고 있으며, 전문음식점은 마육에 대한 수요의 증가에 따라 꾸준히 증가될 것으로 내다보고 있다. 일본에서는 이미 오래전부터 마육이 고급 건강식품으로 인식되어 정착되었으나 우리나라는 주로 제주도에 한정되어 생산과 소비가 되고 있다. 한때 '90 ~ '95년 사이에 제주도의 마육이 일본으로 수출된 적도 있지만 지속적인 공급물량 부족으로 마육의 일본 수출은 중단된 상태에 있다.

농가에서 마육생산용 마필은 나이에 관계없이 이용되고 있어서 육질이 균일치 못한 마육이 생산되고, 최적 비육기간과 개시월령 등에 대한 누적된 기술자료가 없이 구전되고 있는 사육관행을 벗어나지 못하고 있다. 제주마의 체형 발육은 일반적으로 2 ~ 3 세에 성장이 왕성하고, 만 5 ~ 6세에서 완성하게 된다(양, 2002; 양 등, 1996). 고품질 마육생산과 비육에 따른 경제성에 대한 개념을 도입한다면 육성기의 성장생리에 알맞은 비육 프로그램 개발도 요구되고 있다.

마육이 식육산업에 자리하기 위해서는 체계적인 비육기술 개발이 절실히 필요하고, 마육 소비시장의 확산을 위해서는 다양한 마육제품 개발은 물론 근본적으로 고급마육을 생산할 수 있는 표준 비육프로그램에 대한 정립이 요구된다고 하겠다. 그러나 현재 마필 비육에 관한 신빙성 있는 연구 자료와 비육기술의 부재로 생산되는 비육마의 육질에는 변이가 심하고, 마육품질의 균일성 낮아서 소비자들로부터 다양한 평가를 받고 있다.

본 연구는 제주마의 단기비육 사양시험을 수행하여 마육생산을 위한 사양프로그램 기술개발에 대한 기초자료를 얻고자 수행되었다.

재료 및 방법

사양시험에 공시된 동물은 제주마 생산농가로부터 수집되어 이용되었는데, 육성기의 말을 위주로 체중이 250 kg 내외인 제주산마 암말 16두와 수말 16두가 공시되었다. 공시된 말의 체중은 전체평균 243.8±5.26(S.E) kg이었다. 마필의 나이는 농가에서 출생기록이 없는 상태로 방목되어 육성되는 말이어서, 마필의 나이에 대한 마주의 보고와 함께 치식과 외모감정에 의하여 추정되었다.

수집된 공시동물은 개체별로 이표가 부착되었고, 16개의 마방에 2두씩 배치되었다. 사료는 상업용 일반 배합사료에 우지, 유채유 및 Vit. E. 가 첨가된 사료로 사양되었다. 배합사료의 급여량은 체중을 기준으로 정량되었으며 건초는 무제한 급식으로 하였다. 배합된 특수사료는 부패 또는 산패를 방지하기 위하여 저온 사료저장고에 보관하면서 2주간의 소요량만 사양현장에 확보하여 급여되었다.

공시축으로 수집된 제주말들은 주로 방목지에서 자유롭게 방목으로 육성되었던 말로서 축사내의 차단된 마방에서 사양시험을 위해서는 상당한 적응이 필요하다고 판단되었다. 따라서 본 사양시험에 앞서 적응기간을 두기 위하여 약 3주간 적응을 위한 예비사양을 하였다. 예비사양기간에 농후사료는 체중의 0.6%(1.5 kg/두)에 해당하는 일반 배합사료를 1일 2회로 나누어 급여하였다.

본 사양시험은 예비 사양기간이 끝난 후 5개월간 수행되었다. 시험기간 동안 농후사료 급여방법은 월별 체중변화를 기준으로 하였다. 개체별 농후사료의 공급량은 개시체중을 출발점으로 최초 체중의 1 %의 급여를 시작으로 일일 급여량에 대한 섭취잔량 관찰과 산통발생 및 소화기 장애의 징후를 고려하면서 매월 급여량을 증가시키는 방법을 택하였다.

시험구 관리는 사양시험에 앞서 사양시험의 효과를 최대로 얻기 위하여 개체별로 전 두수에 구충제를 투여하여 마체내에 생존하는 내부 기생충을 구제하였고, 기타 삭제(발굽관리), 피모손질, 외상치료 등의 관리로 양호한 사양시험이 진행될 수 있도록 공시동물들에 대한 개체관리를 예비사양기간에 하였다. 시험구인 마방은 바닥에 톱밥을 깔아주고 매월 1회의 톱밥 교환관리를 규칙적으로 하였다. 적정 배합사료의 공급을 위하여 월초에 1회 개체별 체중을 측정하여 이 체중에 따라 농후 사료의 급여량을 조절하였다.

기술통계량의 분석은 SAS(2004)의 전산프로그램을 이용하였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

결과 및 고찰

조사료와 농후사료의 적정 급여량 설정은 마육생산을 위한 비육마 사양프로그램 개발에 주요 관심사가 아닐 수 없다. 김 등(2003)에 의하면 말은 목초만으로도 사양될 수 있지만, 곡류를 0 ~ 50%로 급여할 수 있으며, 농후사료의 일일 최고급여량을 체중의 약 3%로, 보통은 2.0 ~ 2.5%의 급여를 제안한 바 있으며, 농촌진흥청(2003) 자료에 의하면 2세마는 체중의 0.5 ~ 1.0%, 종마는 체중의 0.75 ~ 1.5%까지 급여가 권장되고 있다. 농후사료의 과다 급여는 산통(疝痛, Colic)의 원인이 되어 심하면 사망에 이르게 하여 경제적 손실을 불러오기 때문에 비육마 집단에 있어서 적정 수준의 농후사료 급여량 조절은 성공적인 비육프로그램의 기초가 된다고 할 수 있다.

본 시험에서 농후사료 급여량은 매월 측정되는 체중과 일일급여량에 대한 잔량 관측에 따라 급여량이 조절되었는데, 그 결과 최초 1개월은 체중의 1%를 시작으로 하여 1.3 %(2개월), 1.5 %(3개월), 1.7%(4개월), 1.7%(5개월째)로 점차 급여량에 대한 증가가 가능한 것으로 평가되었다. 사양시험개시 후 3개월간은 일일 급여량에 대한 섭취잔량이 관찰되지 않았으나, 체중의 1.7%를 급여하는 시점부터는 부분적으로 사료조에 소량의 잔여량이 관측되기 시작하였다. 또한 농후사료에 의한 비육시험에서 종종 관찰될 수 있는 산통 또는 이와 유사한 소화기 장애의 징후는 비육 초기(최초 1% 급여시)에만 간헐적으로 3 ~ 4회 관찰되었으며, 그 후에는 농후사료급여량을 증가시켜도 산통 또는 소화기 장애에 대한 징후는 관찰되지 않았다. 다만 사양말기(1.7% 급여)에 1두가 폐사하여 해부해 본 결과 원인 불명으로 진단 소견이 나왔으나 복강내 소화기 장은 팽대한 상태로 관찰되었다. 본 사양시험결과로 본다면 제주산마 비육에 있어서 농후사료 급여량은 비육초기는 가급적 적은 량(체중의 1% 이하)으로 출발하여야 하며, 단계적으로 증가시켜 최고 체중의 1.5 ~ 1.7%까지가 급여 가능한 상한선으로 판단되고 있으며, 식후 방목 또는 운동장에서 운동이 없는 비육 프로그램에서는 농후사료 급여 후 주기적인 관찰이 필요한 것으로 검토되었다.

사양기의 월별 체중 변화에 의하면 5개월간의 단기비육기간에도 비육후기보다는 비육전기 3개월간이 증체량이 비교적 높았다(Table 1). 150일 비육기간 동안 두당 증체량은 83.9 kg으로 일당 증체량이 0.56 kg에 달했다. 연령별로 사양기간 동안의 일반능력을 보면, 나이가 만 3 ~ 4세에서 일당증체량이 0.65 kg으로 가장 높았으며, 사료요구율도 건초 9.2, 농후사료 6.4로 가장 낮아서, 비육용말은 만 3세 ~ 4세의 말에서가 5개월간 비육 효과가 가장 좋은 것으로 조사되었다(Table 2). 이는 양(2002)과 양등(1996)의 연구에서 보고된 말의 성장능력과도 밀접한 관련이 있는 것으로 생각되었는데, 그들에 의하면 제주마는 5 ~ 6 세에 성장이 완료되는 것으로 조사된 바 있다.

사양시험 개시시점에서 암수간에 비슷했던 체중차이가 다소 벌어져 암말이 수말보다 체중이 다소 높은 것으로 나타났으나 통계적 유의차(p)0.05)는 없었다(Fig 1). 양 등(1996)의 제주마의 성장능력에 의하면 만 3세까지의 체중은 암수간에 서로 비슷한 것으로 보고된 바 있다.

Table 1. Means and standard errors of body weight in each feeding period of month.

Item	Female	Male	Overall
Body weight(kg)			
at start	245.2±9.7	242.5±4.4	243.8±5.3
1st month	268.8±9.1	258.1±5.1	263.5±5.2
2nd month	285.3±9.8	269.3±5.3	277.3±5.7
3rd month	308.7±11.1	94.1±5.5	301.4±6.2
4th month	319.5±10.6	310.2±5.4	315.0±6.0
5th month	332.7±11.2	324.2± 5.8	328.6±6.4

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Table 2. Means and standard errors of body weight gains, feed efficiency and feed consumption by age.

Age(yr.)	n	BDWG	ADG	FCH	FCC	FEH	FEC
≤2	12	77.5±4.7	0.52±0.03	5.1±0.2	3.8±0.1	10.6±0.9	7.8±0.6
3 - 4	8	96.6±7.6	0.65±0.05	5.9±0.6	4.1±0.2	9.2±0.7	6.4±0.3
5 - 6	5	86.2±13.8	0.58±0.09	6.2±0.9	4.3±0.2	11.2±1.2	8.1±1.1
≥7	6	77.8±9.1	0.52±0.06	6.0±0.5	4.4±0.2	12.3±1.8	9.1±1.2
Overall	31	83.9±3.9	0.56±0.03	5.7±0.2	4.1±0.1	10.7±0.6	7.7±0.4

BDWG, body weight gain(kg); ADG, body weight daily gain(kg); FEH and FEC, daily feed consumption(kg) for hay and concentrate; FEH and FEC, feed efficiency (feed consumption/body weight gain) for hay and concentrate

Table 3. Body weight gains and average daily gains by sex.

Item	Period of month					Total
	1st	2nd	3rd	4th	5th	
Body weight gain(kg)						
female	23.6±3.1	16.4±1.8	23.4±2.7	10.8±3.2	13.2±1.9	87.5±6.8
male	15.6±3.2	11.1±2.3	24.9±2.6	14.3±1.2	14.0±1.7	80.1±3.7
overall	19.6±2.3	13.8±1.5	24.2±1.8	12.5±1.8	13.6±1.3	83.9±3.9
Body weight daily gain(kg)						
female	0.79±0.10	0.55±0.06	0.78±0.09	0.36±0.11	0.44±0.06	0.58±0.05
male	0.52±0.11	0.37±0.08	0.83±0.09	0.48±0.04	0.47±0.06	0.53±0.02
overall	0.65±0.08	0.46±0.05	0.81±0.06	0.42±0.06	0.45±0.04	0.56±0.03

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

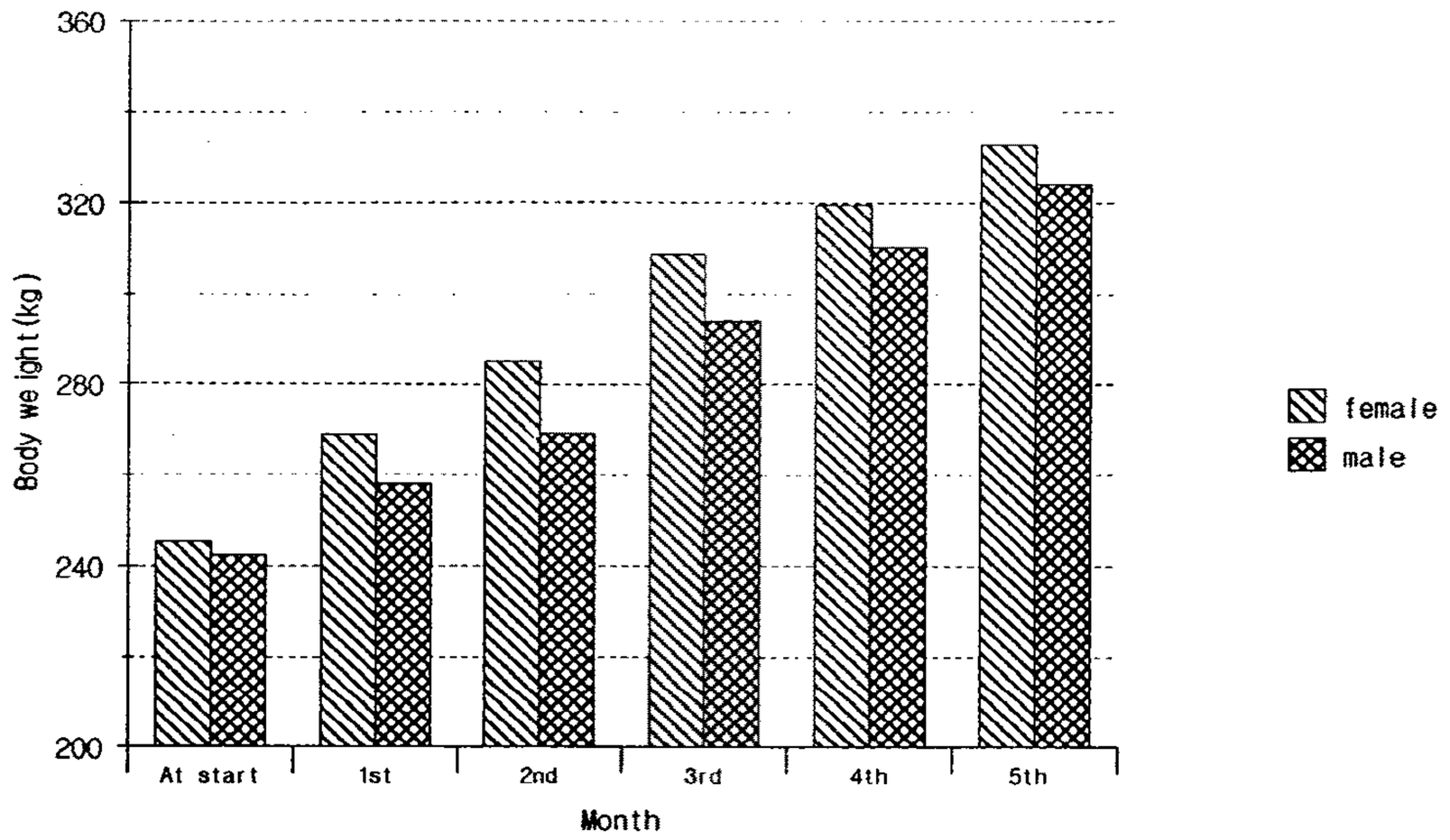


Fig 1. Average body weight in each feeding period of month.

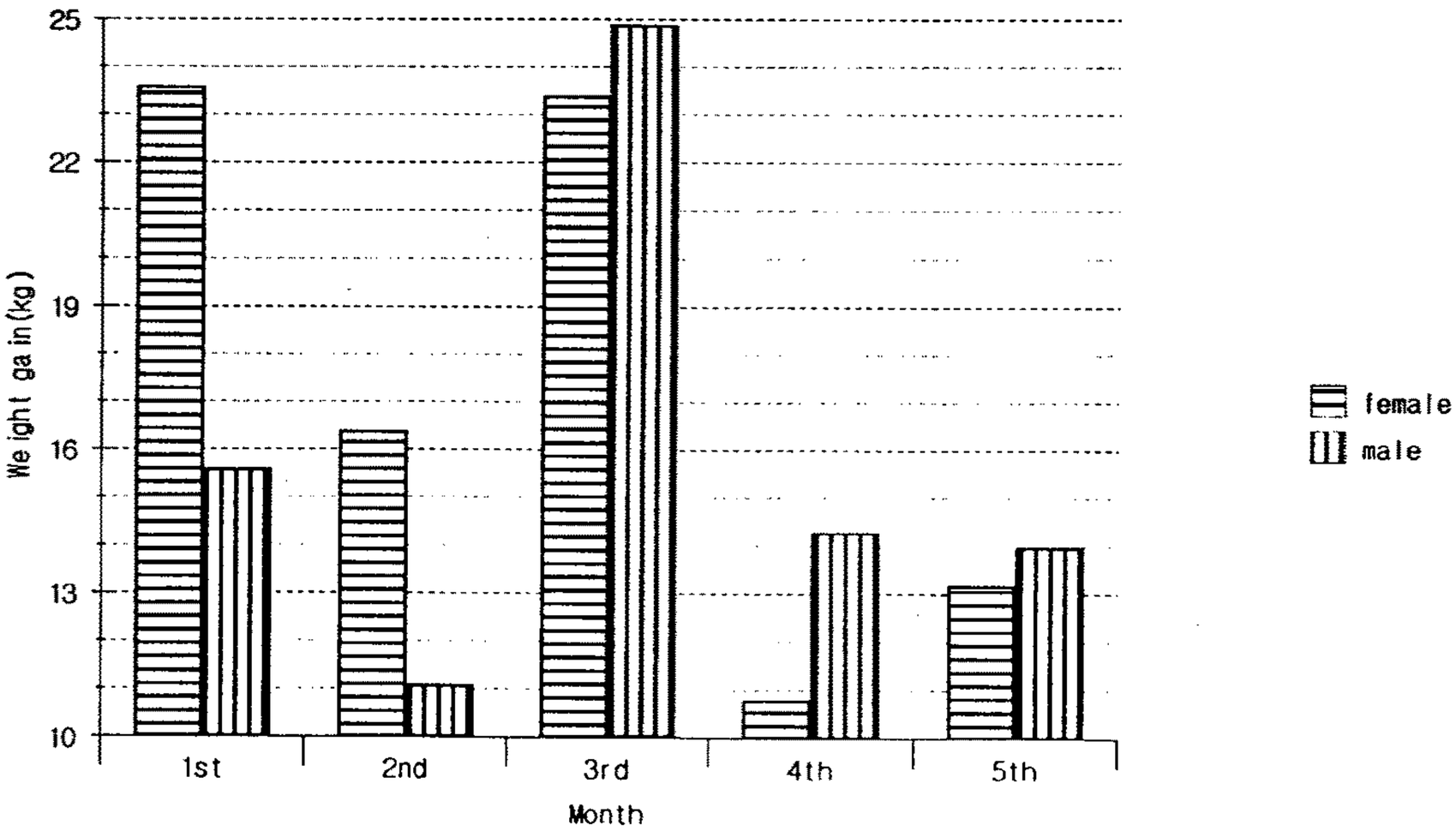


Fig. 2. Average body weight gain in each feeding period of month.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Table 4. Average feed daily consumption and feed efficiency per head during the 5-month feeding period.

Item		Mean ±S.E	Max.	Min.	C.V
Feed consumption(kg)					
Concentrate:	female	4.16 ±0.14	4.95	3.24	13.69
	male	3.94 ±1.03	4.68	2.74	10.51
	overall	4.05 ±0.09	4.94	2.74	12.42
Hay:	female	6.30 ±0.37	9.24	4.68	23.69
	male	5.02 ±0.19	5.82	3.42	14.96
	overall	5.66 ±0.24	9.24	3.42	23.51
Feed efficiency					
Concentrate:	female	7.82 ±0.71	13.14	5.08	36.20
	male	7.68 ±0.34	10.50	6.01	17.07
	overall	7.75 ±0.39	13.14	5.08	28.30
Hay:	female	11.51 ±0.96	21.08	6.97	33.31
	male	9.77 ±0.48	13.98	7.77	18.91
	overall	10.67 ±0.56	21.08	6.97	29.24

Feed efficiency = Feed consumption / body weight gain

비육기 5개월간 사양기(월)별 증체량은 19.6 kg(6월), 13.8(7월), 24.2(8월), 12.5(9월), 13.6 kg(10월) 으로 다소 심한 기복을 보이며 비육 말기로 갈수록 월별 증체량은 낮아졌는데, 기복이 심한 원인은 날씨와 기온의 영향인 것으로 생각되었다.

성별로는 암말은 비육 전반기에 증체효과가 높았으며 수말은 비육 후반기의 증체가 암말보다 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 말의 번식 생리적으로 집중적인 번식기가 4월부터 6월까지인 점을 감안해 볼 때, 마방으로 암수간에 구획 되었으나 같은 축사에서 비육시험이 진행된 노출된 환경에서 수말의 증체효과는 번식기와 무관하지 않을 것이라는 추정도 되지만(제주도, 2002; Hafez, 1980), 확실한 원인은 좀더 검토를 해야 할 것으로 사료되었다.

비육기간동안 일일 평균 사료섭취량은 농후사료는 4.05 kg, 조사료(건초)는 5.66 kg이 섭취된 것으로 조사되었다. 성별로는 농후사료는 암말이 4.16 kg, 수말이 3.94 kg를 섭취하였으며, 조사료는 암말이 6.30 kg, 수말이 5.02 kg의 건초를 섭취하였다. 전체 사양기의 사료효율(사료섭취량/증체량)은 농후사료가 7.75 이였으며, 자유채식한 조사료(건초)는 10.67 이었다. 암말보다 수말이 사료효율이 좋은 경향을 보였으나 통계적 유의차는 없었다($p>0.05$).

요 약

마육생산을 위한 사양프로그램 기술개발에 대한 기초자료를 얻고자 제주마 생산농가로부터 수집된 육성마로 체중이 250 kg 내외인 제주산마 암말 16두와 수말 16두를 사양시험에 공시한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

농후사료 급여량은 최초 체중의 1%(1개월)로 시작하여 1.3%(2개월), 1.5%(3개월), 1.7%(4개월), 1.7%(5개월째)로 5개월간 단기 비육이 가능한 것으로

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

평가되었다. 제주산마 비육에 있어서 농후사료 급여량은 비육초기는 가급적 적은 량(체중의 1% 이하)으로 출발하고, 단계적으로 증가시켜 체중의 1.5 ~ 1.7% 까지가 급여가 가능한 것으로 조사되었다.

150일 비육기간동안 평균 증체량은 83.9±3.9 kg으로 조사되었고, 일당 증체량은 0.56±0.03 kg으로 나타났다. 성에 따른 증체량에는 유의차가 없었다($p>0.05$)

비육기간동안 평균 일일 사료섭취량은 농후사료가 4.05±0.09 kg, 조사료(건초)가 5.66±0.24 kg이었으며, 전체 사양기의 사료효율(사료섭취량/증체량)은 농후사료는 7.75, 자유 채식된 조사료(건초)는 10.67로 조사되었다. 암수간에 사료효율에 통계적 유의차는 없었다($p>0.05$).

사 사

본 연구는 2004년 농촌진흥청 농업특정연구사업 과제인 "제주말(馬)의 이용가치 증진을 위한 사양프로그램 및 기능성 식육자원화 기술개발"의 지원에 의해 이루어진 것으로 농촌진흥청 농업특정연구사업 관계자들에게 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

Hafez E. S. E., 1980. Reproduction in farm animals, III. Reproductive cycles. 4th ed. Lea & Febiger, U.S.A.

SAS, 2004. SAS Institute Inc. Release 8.1

김문철, 장덕지, 2003. 말(馬)과 여가생활, 제10장 말의 사료(飼料). 제주대학교 출판부.

남도영, 2003. 마문화연구총서 V. 제주도목장사, 제 3 편 제주마의 용도. 한국마사회 마사박물관.

농촌진흥청, 2003. 말(馬), 표준영농교본-134.

양영훈, 2002. Gompertz 성장곡선에 의한 제주마의 발육표준. 제주대학교 아열대농업생명과학연구지 18(2):53-60.

양영훈, 김준, 조덕준, 1996. 제주재래마 성장능력 추정. 제주대학교 동물과학논총 11:9-28.

제주도, 2002. 제주도 제주마, 제 IV. 제주마의 번식. 제주도문화예술과.

제주도, 2004. 축산사업추진계획. 제주도.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

濟州大亞農生誌(J. Subtropical Agri. & Biotech., Cheju Nat'l Univ). 22(1) : 59-64(2006)

제주산 비육마의 도체 및 정육 수율분석

양영훈*[1], 김충남[1], 김 훈[1], 오성철[2], 고양남[2], 정창조[1], 김규일[1]
[1]제주대학교 생명자원과학대학; [2]제주동물테마파크

Analysis of Carcass Traits of Jeju Fattening Horses for Meat Production

Young-Hoon Yang[1], Chung-Nam Kim[1], Hoon Kim[1], Seong-Chul Oh[2], Yang-Nam Ko[2], Chang-Jo Jung[1], Kyu-Il Kim[1]
[1]College of Applied Life Sciences, Cheju National University; [2]Jeju Animal Thema Park

ABSTRACT

Use of Jeju horses for meat production has steadily increased in recent years, as the number of horses raised on Jeju island has increased since 1990 when Jeju horse race track was opened. In this study their meat production trait was evaluated using data from 13 Jeju fattening horses slaughtered at 40 months of age on the average. Their mean live weight was 341 kg. The whole carcass was divided into 13 parts: loin, tender loin, shoulder loin, chuck crest, rear legs, skirt, ribs, fore legs, brisket navel end, shin, other meat, trimmed fat, and bones. The total weight of retail cuts, total weight of removed bones and trimmed fat and residue were recorded. The dressing percentage (carcass weight / live body weight), retail yield (saleable cuts / carcass weight), and cutability (saleable cuts / live body weight) were 61.0%, 70.4%, and 43.0%, respectively. The correlation coefficient between live body weight and carcass weight, and between cutability value (%) and shoulder loin weight (kg) were 0.98 ($p<0.01$), and 0.71($p<0.01$), indicating that either carcass weight or shoulder loin weight is a reasonable indicator of economic trait of horse meat production.

Key words : carcass yield, cutability, Jeju fattening horse)

서 론

최근에 마육에 대한 소비시장의 확대로 마육생산에 대한 관심이 고조되고 있다. 제주도에 있어서 마육의 소비시장은 도내 제주산 말의 사육두수가 급격히 증가됨과 함께 빠르게 확대되고 있다고 할 수 있다(제주도, 2005). 이에 따라서 제주도는 마산진흥과 제주산말의 활용방안을 모색하는 한편, 학계와 유관 연구기관에서는 제주말의 이용가치 증진을 위하여 다각도로 검토 연구하고 있는 실정이다(양 등, 2005; Yang 등, 2005; 농촌진흥청 난지농업연구소, 2005).

Corresponding author : Young-Hoon Yang, Department of Animal Biotechnology, College of Applied Life Sciences, Cheju National University.(e-mail:yhyang@cheju.ac.kr)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

현재 대부분의 농가에서는 체계적인 비육기술의 부재와 표준 비육성적에 대한 지표가 없는 상태로 구전되어오고 있는 관행적인 방법으로 마육을 생산하고 있다. 이에 따라 농가들은 마육생산을 위한 비육을 다양한 방법으로 수행하고 있으나 비육기술을 비교 평가할 수 있는 지표자료가 매우 미흡하여 자가 비육기술수준에 대한 평가가 어려운 실정이다. 말의 도체율과 정육율 등 생산수율에 대한 자료는 말의 비육기술 개발과 함께 마육생산에 중요한 지표역할을 하게 된다. 일반적으로 도체의 품질은 측정의 용이성으로 도체중과 등심단면적의 측정형질로부터 평가하게 된다. 하지만 이 것만으로는 도체구성 즉 도체품질을 정확하게 반영되어 평가되는 것으로 보기는 어렵다. 소에 있어서도 도체의 구성 성분에 체조직 즉 살코기의 비육과 분포가 중요하게 여겨지고 있다(Mukai 등, 2004). 물론 동물의 성장에 있어서 근조직의 발달은 사양수준, 비육단계, 품종 등 많은 요인에 영향을 받게 되는 것은 이미 잘 알려진 사실이다(Waldman 등, 1971; Berg와 Butterfield, 1976; Broadbent 등, 1976; Drake, 2004). 하지만 일반 식육자원으로 이용되는 소와 돼지에 비해 마육생산을 위한 비육마의 도체에 대한 연구는 찾아보기가 어렵다.

본 연구는 건강보조식품으로서 급속하게 소비량이 증가되고 있는 마육의 생산기술 개발을 위한 기초적 자료를 얻기 위하여 제주산 비육마 집단으로부터 마육의 생산 수율과 관련된 도체율 및 정육율에 대한 평가와 이 항목을 구성하고 있는 형질들 간의 관계를 분석함을 목적으로 하고 있다.

재료 및 방법

도체성적 분석에는 5개월간 마육생산을 위한 비육프로그램에 의하여 비육된 제주산마 13두가 이용되었다. 이 집단의 비육종료시 체중은 276.0 ~398.0 kg 범위로 평균 340.5±8.7 kg 이었고 나이는 2~5(평균 3.3)세에 달했다. 비육마들은 마지막 사료가 급여된 후 도살 직전까지 15~17시간의 절식되어 도축되었다.

도체는 지육(carcass), 내장(guts), 심장과 폐(heart, lungs), 간(liver), 비장과 신장(spleen, kidneys), 머리(head), 사족과 꼬리(feet, tail), 및 기타 부산물(others)로 구분되어 중량(kg)이 측정되었다. 또한 지육은 등심(loin), 안심(tender loin), 어깨등심(shoulder loin), 제비추리(chuck crest), 뒷다리(rear legs), 안창(skirt), 갈비(ribs), 앞다리(fore legs), 양지(brisket navel end), 사태(shin), 기타 잡육(other meat), 지방(trimmed fat), 및 뼈(bone)로 재차 분할하여 측정되었다.

수율은 도체율(dressing percentage), 도체중 대비 정육율(retail yield) 및 생체중 대비 정육율(cutability)로 다음과 같이 계산되었다.

Dressing percentage
= (carcass weight / live body weight)×100,
Retail yield (%)
= (saleable cuts / carcass weight)×100,
Cutability(%)
= (saleable cuts / live body weight)×100

도체 부위별 또는 수율별 상호관계는 SAS의 correlation을 이용하여 분석되었으며, 상관계수는 변량형질들 간에 단순상관 계수(simple correlation coefficient)와 생체중의 영향력을 고려하여 생체중으로 보정이 된 편상관계수(partial correlation coefficient)로 분석되었다.

결과 및 고찰

가축을 이용하여 식육자원을 생산함에 있어서 가축도체로부터 얻어지는 식육의 생산수율은 생산자에게 중요한 정보를 제공하게 된다. 도체의 구성은 축종, 나이, 성별, 사양관리의 형태, 도살전처리 등의 상태에 따라 다양하게 달라질 수 있으나, 도체율과 정육율 등의 고기수율은 식육의 생산 효율과 소득과 관련된 일차적 지표로 작용하게 되는 것이 일반적이다. 건강보조식품으로서 마육이 식육자원으로 소비의 단력을 받고 있는 제주도의 현실에서 비육마의 산육능력은 중요한 관심사가 되고 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Table 1. Means and standard errors of body components of slaughtered horses.

Item	n	Mean±SE	Max.	Min.	C.V
Live body weight(kg)	13	340.5±8.7	398.0	276.0	9.21
Carcass weight(kg)	13	208.2±6.2	252.0	169.0	10.51
Loin	13	18.5±0.7	21.9	12.8	13.13
Tender loin	13	4.3±0.1	5.4	3.4	11.79
Shoulder loin	13	11.1±0.7	16.5	7.3	23.71
Chuck crest	10	1.2±0.3	2.9	0.2	70.38
Rear legs	13	41.4±1.3	50.7	34.5	11.34
Skirt	13	1.6±0.1	3.0	1.1	29.96
Ribs	13	22.4±0.8	26.5	16.6	12.36
Fore legs	13	19.1±1.9	28.3	7.3	35.83
Brisket navel end	13	14.1±1.5	22.3	6.3	38.04
Shin	13	10.1±0.3	12.7	7.8	11.38
Residual meat	13	2.9±0.5	5.8	1.0	56.51
Trimmed fat	13	34.9±2.5	53.4	22.0	25.41
Bone	13	26.6±0.6	31.2	23.1	8.57
Guts(kg)	12	23.6±0.6	28.5	20.3	8.98
Heart, lungs(kg)	12	6.4±0.5	9.1	4.5	25.29
Liver(kg)	12	4.4±0.2	5.6	3.1	16.08
Spleen, kidneys(kg)	8	2.9±0.3	4.2	1.8	25.33
Head(kg)	12	13.0±0.3	15.3	10.9	7.75
Feet, Tail(kg)	12	6.1±0.2	7.9	5.2	12.37
Others(kg)	12	76.8±2.2	84.4	60.1	9.72
Dressing percentage	13	61.1±0.4	63.6	59.1	2.21
Retail yield(%)	13	70.4±0.8	73.8	64.8	4.01
Cutability(%)	13	43.0±0.5	45.3	40.4	3.99

제주산 비육마의 평균 도체중(carcass weight)은 208.2 kg으로 생체중(340.5 kg) 대비 도체율은 61.1±0.4%인 것으로 나타났다(Table 1). 이는 이 등(2005)이 만 2세의 제주말을 이용하여 380일간 비육시험에서 보고한 55.8~56.4보다 높은 것으로 조사되었다. 도체중은 도살 후 피부, 내장, 머리, 꼬리, 내부 장기를 제거한 무게로 생산성과 가장 관련이 깊은 형질로 취급되고 있다. 도체에서 도체중 대비 뼈의 비율은 12.8%이었으며, 지방(trimmed fat)의 비율은 16.8%에 달했다. 직접적으로 비교하기는 곤란하지만 도체중이 350~499 kg인 비육우에서는 도체율은 69.5~73.3% 내외로, 뼈의 비율은 13.2~16.5%, 지방의 비율은 11.7~12.2%로 보고된 바 있으며(Mukai 등, 2004), 한우의 암수 평균 도체율은 58.8~61.6%인 것으로 알려지고 있다(농림부 등, 2002, 1994).

지육(carcass)을 다시 세분하여 도체중 대비 마육의 살코기 수율을 비교해보면 후지(rear legs) 19.9%, 갈비(ribs) 10.8, 전지(fore legs) 9.2, 등심(loin) 8.9, 양지(brisket navel end) 6.8, 어깨등심(shoulder loin) 5.3, 사태(shin) 4.9, 안심(tender loin) 2.1, 기타 잔여육(residual meat) 1.4%의 순으로 조사되었다(Fig 1, Fig 2). 도체에서 정육 수율(retail yield)은 도체중 대비 70.4%에 이르고 있었으며, 생체중 대비 정육 수율(cutability)은 43.0%로 조사 되었다.

상관분석에서 생체중과 도체중의 단순상관계수는 0.98이었으며($p<0.01$), 생산자의 소득과 직결되

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

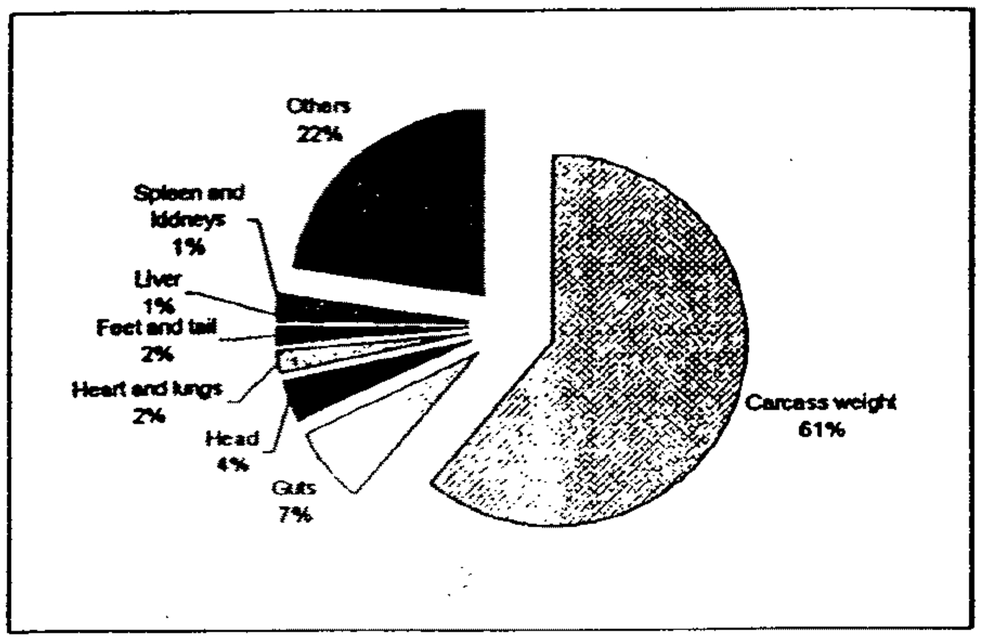


Fig. 1. Percent body composition of slaughtered horse.

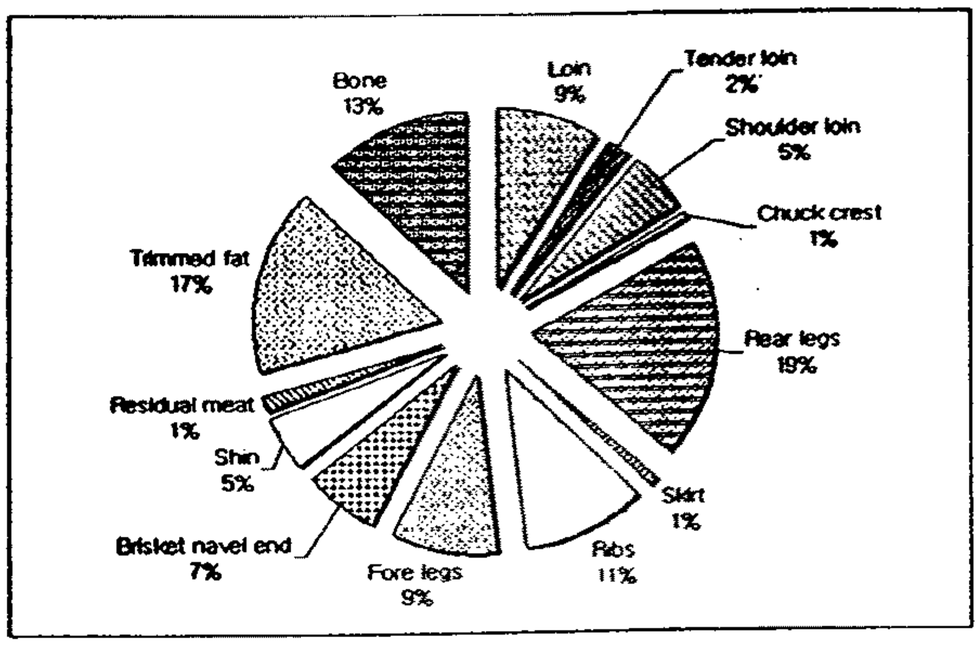


Fig. 2. Carcass cut yield.

는 정육수율(cutability, retail yield)과 가장 밀접한 상관반응을 보이는 형질은 어깨등심(shoulder loin)으로 상관계수가 0.71 로 분석되었다($p<0.01$). 동일한 생체중에서 정육수율은 후지($r=0.93$, $p<0.01$)와 안심($r=0.94$, $p<0.01$)과 높은 정의 상관관계를 보이고 있었다. 이는 일차적으로 정육수율은 도체중과 관계가 깊으나 도체성분 가운데 어깨등심과 밀접한 관계를 보이고 있으며, 생체중이 동일한 경우에는 정육수율은 도체성분 가운데 후지 및 안심과 긴밀한 상관관계를 보인다고 하겠다. 안심(tender loin)과 후지(rear legs)의 단순상관계수는 0.60($p<0.05$)이었으며, 동일 생체중으로 보정하였을 경우(편상관, partial correlation) 안심은 어깨등심과 0.83($p<0.05$), 후지와 0.91($p<0.05$), 생체중대비 정육수율과 0.94($p<0.01$)로 높은 정의 상관관계를 보여주고 있었다(Table 2, Table 3). 이상의 상관관계로 미루어 본다면 마육 생산에 있어서 정육수율이 높은 개체의 판단은 생체중, 도체중, 어깨등심, 후구의 비육상태이 순으로 관심을 두어야 할 것이다.

적 요

마육 생산을 위한 비육마의 도체 및 정육 수율과 도체구성 부위간 상관에 대한 기초자료를 얻고자 제주산 비육마 13두의 도체 성적을 분석하였다. 공시된 비육마의 평균 생시체중은 340.5 kg 이었

Table 2. Simple correlation coefficients between carcass traits.

	LBW	CW	Loin	TL	SL	FL	RL	DP	RY
CW	0.98**								
Loin	0.24	0.30							
TL	0.65*	0.64*	0.03						
SL	-0.24	-0.21	0.34	0.27					
FL	0.48	0.44	-0.21	0.25	-0.49				
RL	0.45	0.52	0.04	0.60*	0.11	0.03			
DP	0.54	0.69**	0.45	0.36	-0.03	0.08	0.60		
RY	-0.51	-0.51	0.18	-0.11	0.71**	-0.55	0.11	-0.32	
Cut	-0.23	-0.15	0.44	0.08	0.71**	-0.52	0.45	0.23	0.85**

LBW, live body weight; CW, carcass weight; TL, tender loin; SL, shoulder loin; FL, fore legs; RL, rear legs; DP, dressing percentage; RY, retail yield(%); Cut, cutability(%).

*, $p<0.05$; **, $p<0.01$

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Table 3. Partial correlation coefficients between carcass traits for fixed live body weight

	CW	Loin	TL	SL	FL	RL	DP	RY
Loin	0.67							
TL	0.40	0.64						
SL	0.25	0.81	0.83*					
FL	-0.07	-0.39	-0.79	-0.64				
RL	0.60	0.53	0.91*	0.56	-0.69			
DP	1.00**	0.67	0.38	0.23	-0.06	0.58		
RY	-0.03	0.45	0.87*	0.78	-0.88*	0.69	-0.04	
Cut	0.61	0.77	0.94**	0.76	-0.76	0.93**	0.60	0.77

LBW, live body weight; CW, carcass weight; TL, tender loin; SL, shoulder loin; FL, fore legs; RL, rear legs; DP, dressing percentage; RY, retail yield(%); Cut, cutability(%).

*, $p<0.05$; **, $p<0.01$

고, 평균 나이는 40개월령 이였다. 도체는 지육, 내장, 심장과 폐, 간, 비장과 신장, 머리, 사족과 꼬리, 및 기타 부산물로 분리되었고, 지육은 등심, 안심, 어깨등심, 제비추리, 뒷다리, 안창, 갈비, 앞다리, 양지, 사태, 기타 잡육, 지방, 및 뼈로 13개 부위로 재차 분할되어 중량(kg)이 측정되었다.

비육마의 도체율(dressing percentage), 도체중 대비 정육율(retail yield), 및 생체중 대비 정육율(cutability)은 각각 61.1%, 70.4%, 및 43.0%으로 나타났다.

상관분석에서 생체중과 도체중의 단순상관계수는 0.98로($p<0.01$), 정육수율(cutability, retail yield)과 어깨등심(shoulder loin)은 상관계수가 0.71($p<0.01$)로 분석되었다. 동일 생체중을 기준으로 하였을 때(partial correlation for fixed live body weight) 정육수율은 후지($r=0.93$, $p<0.01$)와 안심($r=0.94$, $p<0.01$)과 높은 정의 상관관계를 보였다. 도체형질에서 도체중과 어깨등심은 마육생산에 있어서 중요한 경제형질인 것으로 분석되었다.

사 사

본 연구는 2005년 농촌진흥청 농업특정연구사업인 "제주말(馬)의 이용가치 증진을 위한 사양프로그램 및 기능성 식육자원화 기술개발"의 공동연구 과제로 이루어진 것으로 연구사업 지원 관계자등에게 깊은 감사를 드립니다.

인 용 문 헌

Berg R.T. and R.M. Butterfield, 1976. New concepts of animal growth. sydney University Press, Stdney.

Broadbent P.J., C. Ball, and T.L. Dodsworth, 1976. Growth and carcass characteristics of purebred and crossbred cattle with special reference to their carcass lean:bone ratios. Animal Production 23, 341-348.

Drake D.J., 2004. Understanding and improving beef cattle carcass quality. ANR Publication 8130, the Regents of the University of California, Division of Agriculture and National Resources.

Lee C.E., P.N. Seong, W.Y. Oh and K.I. Kim, 2005. Effects of castration on growth and meat quality in finishing male Jeju horses. Journal of Animal Science and Technology (Kor.) 47(3):391-396

Mukai, F., M. Sadahira, and Yoshimura, T., 2004. Comparison of carcass composition among Japanese Black, Holstein and their crossbred steers fattening on farm. Animal Science Journal 75:393-399.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Yang, Y. H., C. N. Kim, J.E. Lee, M.S. Ko, C.J. Jung, and K.I. Kim, 2005. Effect of feeding diet containg canolar oil on fatty acid profile of longissimus muscle in fattening horses. Proceedings of the 2005 Annual Congress, Proceedings vol. II. p127, Korean Society of Animal Science and Technology.

Waldman R.C., W.J. Taylor, and V.H. Brugardt, 1971. Changes in the carcass composition of Holstein steers associated with ration energy levels and growth. Journal of Animal Science 32, 611-619.

농림부, 축산기술연구소, 농협중앙회, 2002. 한우사육 길잡이

농림수산부, 농촌진흥청 축산기술연구소, 축협중앙회, 1994. 한우고급육 생산기술

농촌진흥청 난지농업연구소, 2005. 고부가 제주마 산업육성과 대응전략. 축산연구센터 준공기념 한·중·일 국제심포지엄, 농촌진흥청 난지농업연구소.

양영훈, 김규일, 정창조, 2005. 마육생산을 위한 사양프로그램 개발에 관한 연구. 제주대학교아열대농업생명과학연구지 21(1):35-41.

제주도, 2005. 축산사업추진계획. 제주도.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Nutritional Sciences 9(2), May, 2006, pp.92-96
ⓒ 2006 The Korean Nutrition Society

Effects of Dietary Canola Oil on Growth, Feed Efficiency, and Fatty Acid Profile of Bacon in Finishing Pigs and of Longissimus Muscle in Fattening Horses*

Eun Sook Joo, Young Hoon Yang, Seung Chul Lee, Chong Eon Lee[1], Chang Cho Cheoung and Kyu Il Kim§

Department of Animal Biotechnology, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea
[1]Subtropical Agricultural Research Institute, RDA, Jeju 441-706, Korea

Studies were carried out to determine the effect of feeding diet containing 5% canola oil on growth, feed efficiency, and fatty acid profile of bacon in finishing pigs and of longissimus muscle in horses fattening for meat production. In experiment 1, twenty cross-bred barrows and twenty cross-bred gilts (average weight, 80 kg) were blocked by sex and weight, and five barrows or five gilts were allotted to one of eight pens (6.25 m^2/pen), respectively. Four pens (two with barrows and two with gilts) randomly selected were assigned to a control diet containing 5% tallow and the remaining four pens to a diet containing 5% canola oil. The average daily weight gain, daily feed intake and feed efficiency over a 6-wk feeding period were not different ($p>0.05$) between the two diets, nor was backfat thickness. Fatty acid profile in bacon fat showed that the n-3 fatty acid (α-linolenic acid) content in pigs fed diet containing 5% canola oil was approximately three times ($P<0.01$) as much as in pigs fed tallow. In experiment 2, thirty-two Jeju horses (average weight±SE, 244±5 kg) were blocked by sex and weight, and two horses of the same sex and similar body weight were allotted to one (15 m^2/pen) of eight pens. Eight pens (four with males and four with females) selected randomly were assigned to a control diet containing 5% tallow and the remaining eight pens to a diet containing 5% canola oil. The average daily weight gain, daily feed intake and feed efficiency for concentrates without roughages over a 5-month feeding period were not different ($P>0.05$) between the two diet groups. Fatty acid profile in the muscle fat showed that the n-3 fatty acid (α-linolenic acid) content in horses fed diet containing 5% canola oil was approximately two times ($P<0.01$) that in horses fed tallow. The increased ($P<0.01$) n-3 fatty acid content in pigs and horses fed canola oil decreased the ratio of n-6 to n-3 fatty acids compared to the control, indicating a significant improvement in pork and horsemeat fatty acid profile for health benefit. Our study demonstrated that feeding diet containing 5% canola oil may help produce pork and horsemeat with more health benefit, increasing their α-linolenic acid content without deleterious effects on growth of pigs and horses.

Key words: Pigs, Horses, Canola oil, Fatty acid profile, α-linolenic acid

Received March 24, 2006; Revised May 7, 2006; Accepted May 16, 2006

INTRODUCTION

Cardiovascular disease is the primary cause of death in developed countries and also a leading cause of death worldwide. The relationships between diet and cardiovascular disease have been widely studied for the last century. In 1908, Ignatowski reported that feeding rabbits diets containing a high level of saturated fatty acids or cholesterol resulted in artherosclerosis.[1] In the early 1950's, studies also found that serum cholesterol level was increased by dietary saturated fatty acids and to a less extent by dietary cholesterol in humans.[2] In the meantime, epidemiological studies showed that cardiovascular disease increases proportionately with increasing serum cholesterol levels.

These findings led to a traditional diet-heart hypothesis, speculating the primary role of dietary saturated fatty acids and cholesterol in the cause of atherosclerosis and cardiovascular disease. Understanding of nutrients and diets that improve health has increased for the last few decades through: 1) studies on the mechanism of atherosclerosis at a molecular level and metabolic effects of various nutrients and diets, 2) large-scale group studies, and 3) dietary experiments. Among these nutrients or dietary components, n-3 (or ω-3) fatty acids are classified as essential fatty acids because they are not synthesized in animal's body and thus must be provided through diet. Canola, perilla,

* This work was partly supported by grants from the Rural Development Administration and CNU Small and Medium Business Center.
§ To whom correspondence should be addressed.
(E-mail : kikim@cheju.ac.kr)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

soybean and linseed are good sources of n-3 fatty acid.

Many health-conscious consumers tend to avoid red meat because of the public perception of the adverse effects of saturated fatty acids that are linked to coronary heart disease. Therefore, it is desirable to modify animal products so that they have a higher ratio of polyunsaturated to saturated fatty acids.[3] As a consequence many studies have been done to increase n-3 fatty acids in pork.[4,5] Different from beef, meats of nonruminants including pork, horsemeat and chicken high in unsaturated fatty acids can be produced by feeding diets high in unsaturated fatty acids such as those in vegetable oils. Canola oil contains high levels of the n-3 fatty acid α-linolenic acid and is ideal for human consumption compared with other vegetable oils because the ratio of α-linolenic acid to linoleic acid is 1:2.[6]

Health benefit is known to be an important factor in the selection of food items by consumers,[7] and thus it is important to develop diets that can effectively prevent or alleviate diet-related diseases, such as cardiovascular disease and cancer. Animal industry is interested in developing products that are supposed to be good for consumers' health and production of meat rich in unsaturated fatty acids is one of its concerns.[8] There are several extensive reviews of the biological effects of n-3 fatty acids and their roles in reducing coronary heart disease.[9-12] The popularity of horsemeat has recently been increasing due to its low fat content and delicacy, especially in Jeju where most inherent horses have been raised for meat as well as for draft and riding for a long time. We studied the effect of feeding a diet containing 5% canola oil on growth, feed efficiency and fatty aid profile of bacon in late finishing pigs and of longissimus muscle in fattening Jeju horses.

MATERIALS AND METHODS

1. Animals and Diets

In experiment 1, twenty cross-bred barrows and twenty cross-bred gilts (Yorkshire×Landrace×Duroc, average weight 80 kg) were blocked by sex and weight, and five barrows or five gilts were allotted to one of eight pens (experimental units, 6.25 m^2/pen covered with sawdust), respectively. Four pens (two with five barrows each and two with five gilts each) randomly selected were assigned to a control diet containing 5% tallow and the remaining four pens to a diet containing 5% canola oil. The diet containing 5% canola oil also contained 5% canola meal substituting for 3.7% soybean meal (on an isonitrogenous basis) and approximately mimicked a diet containing 10% canola seed. Additional 100 mg α-tocopheryl acetate per kg of diet (for both control and canola oil) was provided to increase oxidative stability of pork,[13] especially in pigs fed canola oil. Pigs were allowed to have free access to diets (Table 1) and water during the 6-wk feeding period and were fasted for 12 hours before slaughter (average weight, 116 kg). Backfat thickness was determined manually at the last rib, and about 500 g bacon samples were taken from 10 pigs randomly selected from each treatment, frozen in liquid nitrogen and stored at -20 ℃ for later analysis.

Table 1. Composition of diets used in experiment 1

(% as-fed basis)

Ingredient	Control	Canola
Corn	76.97	75.67
Soybean meal, 44% CP	15.8	12.1
Canola meal, 38% CP	-	5.0
Tallow[1]	5.0	-
Canola oil	-	5.0
Lysine	0.1	0.1
Limestone	0.6	0.6
Dicalcium-phosphate	1.0	1.0
Premix[2]	0.15	0.15
Salt	0.35	0.35
Alpha-tocopheryl acetate	0.011	0.011
Barox[3]	0.02	0.02

[1] Fatty acid profile of beef tallow and canola oil as weight percentages of total fatty acids was C14:0, 1.6 and 0.09; C16:0, 20.24 and 4.93; C16:1, 2.28 and 0.17; C18:0, 19.18 and 2.84; C18:1, 48.09 and 60.39; C18:2, 7.84 and 23.36; and C18:3, 0.77 and 8.22; respectively.

[2] Provided the following per kg of diet: Fe, 120 mg; Cu, 9 mg; Mn, 30 mg; Zn, 48 mg; I, 0.3 mg; Se, 0.15 mg; vitamin A, 7,500 IU; vitamin D3, 1,500 IU; vitamin E, 37.5 IU; vitamin K3, 22.5 mg; vitamin B1, 1.5 mg; vitamin B2, 3.0 mg; vitamin B6, 1.5 mg; vitamin B12, 0.015 mg; pantothenic acid, 7.5 mg; niacin, 30 mg; biotin, 0.075 mg; folic acid, 1.5 mg.

[3] BHA, 2%; BHT, 10%; ethoxyquin, 20%; lecithin, 10%; and vegetable oil, 58% (CTC Bio, Ltd, Seoul Korea).

In Experiment 2, thirty-two Jeju horses (average weight± SE, 244±5 kg) were blocked by sex and weight, and two horses were allotted to one of eight pens (experimental units, 15 m^2/pen covered with sawdust). Eight pens (four with two males each and four with two females each) were randomly selected and assigned to a control diet (Table 2) containing 5% tallow and the remaining eight pens to a diet containing 5% canola oil. The amounts of concentrates supplied during the 5-month feeding trial were 1.0 (1st one month of experimental period), 1.3 (2nd), 1.5 (3rd), 1.7 (4th) and 1.7% (5th) of their average body weight of each pen. Horses had free access to hay (Italian ryegrass) and water during the 5-month feeding period. After the feeding trial, horses were slaughtered at a commercial slaughter house after overnight fasting and about 500 g longissimus muscle samples were taken from each horse and stored at -20 ℃ for later analysis.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Table 2. Composition of concentrates used in experiment 2 (% as-fed basis)

Ingredient	Control	Canola
Corn	71.5	71.5
Soybean meal	18.1	18.1
Tallow[1]	5.0	-
Canola oil1	-	5.0
Molasses	3.0	3.0
Calcium phosphate	1.2	1.2
Limestone	0.6	0.6
Salt	0.45	0.45
Premix (vit & min)[2]	0.15	0.15

[1] The fatty acid profiles are the same as those in Table1.
[2] Provided the following per kg of diet: Fe, 120 mg; Cu, 9 mg; Mn, 30 mg; Zn, 48 mg; I, 0.3 mg; Se, 0.15 mg; vitamin A, 7,500 IU; vitamin D3, 1,500 IU; vitamin E, 37.5 IU; vitamin K3, 22.5 mg; vitamin B1, 1.5 mg; vitamin B2, 3.0 mg; vitamin B6, 1.5 mg; vitamin B12, 0.015 mg; pantothenic acid, 7.5 mg; niacin, 30 mg; biotin, 0.075 mg; folic acid, 1.5 mg.

2. Determination of Fatty Acid Profile

In experiment 1, about 2 g of frozen bacon samples was homogenized in a mixture of chloroform:methanol:water (1:2:8) using a polytron and lipid layer was extracted and dried under flowing nitrogen.[14] Extracted lipid was esterized using the AOCS standard procedure[15] and methyl ester was extracted into hexane and dried. Fatty acid profile was determined using a gas chromatography (Varian 3800, Varian, Inc., Walnutcreek, CA) equipped with flame ionization detector and Supelcowax 10 fused-silica capillary column (30 m×0.32 mm, i.d.) (Supelco, Bellefonte, PA). Temperature of oven, injection port and detector was 190 ℃, 240 ℃ and 260 ℃, respectively, and helium flow rate was 20 mL/min. Fatty acid profile was expressed as percentages of individual fatty acids detected.

In experiment 2, about 10 g of frozen longissimus muscle samples of horses was homogenized and treated for lipid layer extraction as described above. The procedure used for fatty acid profile was similar to that used in experiment 1

3. Statistical Analysis

Data were analyzed by the Student's unpaired t-test using SAS-PC software (The SAS System for Windows ver. 8.02). All data were presented as the mean±SE and statistical significance was considered at $p<0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

In the pig feeding trial, the average daily weight gain, daily feed intake and feed efficiency over the 6-wk feeding period were not different between the two diets (Table 3). Nor was backfat thickness (control, 25.7±1.3 mm vs canola oil, 27.9±1.1 mm, data not shown). These data

Table 3. Effects of dietary canola oil on daily weight gain, daily eed intake and feed efficiency in finishing pigs[1]

Item	Control	Canola	p[2]
Daily weight gain (g/day)			
0~3wk	0.96± 0.05	1.01± 0.06	0.2290
3~6wk	0.75± 0.04	0.79± 0.09	0.4969
0~6wk	0.85± 0.03	0.90± 0.05	0.3301
Daily feed intake (g/day)			
0~3wk	3.0 ± 0.05	3.1 ± 0.05	0.4860
3~6wk	3.7 ± 0.08	3.5 ± 0.03	0.0689
0~6wk	3.3 ± 0.06	3.3 ± 0.03	0.1304
Weight gain/feed intake (g/g)			
0~3wk	0.321±0.017	0.325±0.021	0.1936
3~6wk	0.204±0.009	0.226±0.026	0.1362
0~6wk	0.259±0.009	0.273±0.014	0.4837

[1] Values are means±SE of 4 groups of 5 pigs each.
[2] p-values are based on the student t-test.

Table 4. Effect of dietary canola oil on fatty acid profile of bacon fat in pigs[1]

Fatty acid	Control	Canola	p[2]
$C_{14:0}$	0.99±0.02	0.96±0.02	0.2831
$C_{16:0}$	19.76±0.21	18.70±0.22	0.0032
$C_{16:1}$	2.07±0.05	1.74±0.07	0.0016
$C_{18:0}$	13.12±0.31	12.02±0.34	0.0316
$C_{18:1}$	49.60±0.30	49.70±0.38	0.8770
$C_{18:2}$	13.75±0.53	15.03±0.30	0.0526
$C_{18:3}$	0.65±0.03	1.82±0.05	0.0001

[1] Values are means±SE of 10 pigs and expressed as percentages of total fatty acids determined.
[2] p-values are based on the student t-test.

indicate that substitution of canola oil for tallow does not adversely influence growth or backfat thickness in finishing pigs. Canola oil may be supplied with canola seed more economically than with refined oil because the canola oil diet also containing 5% canola meal did not adversely affect growth or feed efficiency compared to the control. In addition to canola oil, canola meal could have also contributed to the n-3 fatty acid content in pork although the amount might be insignificant because the fat content in canola meal is less than 5% (indicating fat supplied by canola meal is less than 0.25% of the diet).

Busboom *et al.* reported that a diet containing 20% canola seed did not show any deleterious effect on growth or carcass compared with a control containing no canola seed in finishing pigs.[16] Feeding pigs diets containing 5 or 10% canola oil increased growth rate and the concentration of linoleic and α-linolenic acids while decreasing that of arachidonic and docosadienoic acids in liver compared to a diet without added fat.[17] However, reduced fat firmness has been reported in pigs fed diets containing high levels of canola oil.[5,18,19]

Fatty acid profile in bacon (Table 4) showed that the

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

n-3 fatty acid, α-linolenic acid in pigs fed diet containing 5% canola oil was approximately three times (P<0.01) as much as that in pigs fed tallow. This decreased the ratio of n-6:n-3 fatty acids in pigs fed canola oil compared to the control (8 vs 21), indicating a significant improvement in pork fatty acid composition for health benefit. Most ideal ratio of these fatty acids have been known to be 4:1[20] or 2:1 - 1:1[21,22], but common American diets have 16.7 for the ratio.[22]

Dietary intake of n-3 fatty acid has been known to help reduce the prevalence rate of cardiovascular disease through preventing arrhythmia, reducing serum triacylglycerol level and thrombosis, and improving epithelial tissue of blood vessels.[23] Deterioration of pork quality (flavor, color, texture, and nutritive value) has been a concern when pigs are fed diets containing high levels of canola oil or unsaturated fatty acids. But supplementing diets with high levels of vitamin E improved oxidative stability of pork counteracting the effect of increased polyunsaturated fatty acid contents in the pork.[24-27] Our pig diet contained 100 mg vitamin E/kg in addition to that (37.5 mg/kg) in the basal premix.

In the horse feeding trial, the average daily weight gain, daily feed intake, and feed efficiency for concentrates excluding hay over the 5-month feeding period were not different (P>0.05) between the two diet groups (Table 5). Fatty acid profile in the longissimus muscle fat showed that the n-3 fatty acid, α-linolenic acid in horses fed diet containing 5% canola oil was approximately twice (P<0.01) as much as that in horses fed tallow (Table 6). This decreased the ratio of n-6:n-3 fatty acids in horses fed canola oil compared to the control (3 vs 6), indicating improvement in meat fatty acid profile for health benefit. Interestingly, the percentage of n-3 fatty acid (α-linolenic acid) is much higher in horse fat than in pig fat (1.94 vs 0.65 for the controls and 4.09 vs 1.82 for those fed 5% canola oil diets). This species difference in n-3 fatty acid content suggests that meat from hay-fed horses is a significant source of n-3 fatty acid compared to pork from grain-fed pigs. Grasses have been known to be a good source of n-3 fatty acids, while seeds (e.g., cereal grains) contain mainly the n-6 fatty acid linoleic acid.[3]

In conclusion, our study demonstrated that feeding diet containing 5% canola oil may help produce pork or horsemeat with more health benefit, increasing its α -linolenic acid content without deleterious effects on growth of animals.

Table 5. Effect of dietary canola oil on daily weight gain and feed efficiency during a 5-month feeding period in fattening horses[1]

Item	Control	Canola	p[2]
Daily weight gain (kg)	0.59± 0.04	0.54± 0.04	0.3059
Daily feed intake (kg)			
Concentrate	4.05± 0.12	4.14± 0.10	0.5647
Hay	5.34± 0.25	6.15± 0.37	0.0810
Weight gain/feed intake (kg/kg)			
Concentrate	0.138±0.010	0.121±0.009	0.1887
Hay	0.107±0.005	0.083±0.006	0.0100

[1] Values are mean±SE of 16 horses. Initial and final body weight of control animals and animals fed canola was 241±8.4, 329.3±9.6, 248.2±6.6, and 327.9±8.7 g, respectively
[2] p-values are based on the student t-test.

Table 6. Effect of dietary canola oil on fatty acid profile of longissimus muscle fat in horses[1]

Fatty acid	Control	Canola	p[2]
$C_{14:0}$	4.18±0.09	4.15±0.18	0.8884
$C_{16:0}$	31.18±0.43	31.13±0.39	0.9298
$C_{16:1}$	7.39±0.29	7.01±0.28	0.3615
$C_{18:0}$	4.44±0.16	4.65±0.18	0.3828
$C_{18:1}$	38.56±0.43	36.13±0.51	0.0010
$C_{18:2}$	12.31±0.60	12.84±0.65	0.5518
$C_{18:3}$	1.94±0.28	4.09±0.37	<0.0001

[1] Values are mean±SE of 16 horses.
[2] p-values are based on the student t-test.

Literature Cited

1) Anitschkow NN. A history of experimentation on arterial atherosclerosis in animals. In: Bleumenthal HT., ed. Cowdry's Arteriosclerosis: A Survey of the Problem. 2nd ed. Charles C. Thomas. Springfield, IL, 1967
2) McGill HC. The relationship of dietary cholesterol to serum cholesterol concentration and to atherosclerosis in man. *Am J Clin Nutr* 32:2664-2702, 1979
3) Cheeke PR. Contemporary Issues in Animal Agriculture (3rd ed.), pp.449, Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, USA, 2004
4) Harris WS. Wither ω-3 fatty acids? *J App Nutr* 44:45-46, 1992
5) Myer RO, Lamkey JW, Walker WR, Brendemuhl JH, Combs GE. Performance and carcass characteristics of swine when fed diets containing canola oil and added copper to alter the unsaturated:saturated ratio of pork fat. *J Anim Sci* 70:1417-1423, 1992
6) Phetteplace HW, Watkins BA. Effect of various n-3 lipid sources on fatty acid compositions in chicken tissues. *J Food Comps Anal* 2:104-117, 1989
7) NRC. DesignUing Foods. National Academy Press, Washington, DC, 1988
8) Mattson FH, Grundy SM. Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. *J Lipid Res* 26: 194-202, 1985

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

9) Budowski P. ω-3 Fatty acids in health and disease. *World Rev Nutr Diet* 57:214-274, 1988
10) Weaver BJ, Holub BJ. Health effects and metabolism of dietary eicosapentaenoic acid. *Progress in Food Nutr Sci* 12:111-150, 1988
11) Kinsella JE, Lokesh B, Stone RA. Dietary ω-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: Possible mechanism. *Am J Clin Nutr* 52:1-28, 1990
12) Nair SSD, Leitch J, Falconer J, Garg ML. Prevention of cardiac arrhythmia by dietary (ω-3) polyunsaturated fatty acids and their mechanism of action. *J Nutr* 127:383-393, 1997
13) Buckley DJ, Morrisey PA, Gray JI. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J Anim Sci* 73:3122-3130, 1995
14) Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37:911-917, 1959
15) AOCS (American Oil Chmeists' Society). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 4th edition, Champaign, IL, 1990
16) Busboom JR, Rule DC, Colin D, Heald T, Mazhar A. Growth, carcass characteristics, and lipid composition of adipose tissue and muscle of pigs fed canola. *J Anim Sci* 69:1101-1108, 1991
17) Soler-Velasquez MO, Bredemuhl JH, McDowell LR, Sheppard KA, Johnson DD, Williams SN. Effects of supplemental vitamin E and canola oil on tissue tocopherol and liver fatty acid profile of finishing swine. *J Anim Sci* 76:110-117, 1998
18) St. John LC, Young CR, Knabe DA, Thompson LD, Schelling GT, Grundy SM, Smith SB. Fatty acid profiles and sensory and carcass traits of tissues from steers and swine fed an elevated monounsaturated fat diet. *J Anim Sci* 64:1441-1447, 1987
19) Miller MF, Shackelford SD, Hayden KD, Reagan JO. Determination of the alteration in fatty acid profiles, sensory characteristics and carcass traits of swine fed elevated levels of monounsaturated fats in the diet. *J Anim Sci* 68:1624-1631, 1990
20) Wood JD, Enser M. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving pork quality. *Br J Nutr* 78:S49-S60, 1997
21) Cowing BE, Saker KE. Polyunsaturated fatty acids and epidermal growth factor receptor/mitogen-activated protein kinase signaling in mammary cancer. *J Nutr* 131:1125-1128, 2001
22) Simopoulos AP. The Mediterranean diets: What is so special about the diet of Greece? The Scientific evidence. *J Nutr* 131:3065S-3073S, 2001
23) Hu FB, Willett WC. Optimal diets for prevention of coronary heart disease. *J Am Med Assoc* 288:2569-2578, 2002
24) Cannon JE, Morgan JB, Schmidt GR, Delmore RJ, Sofos JN, Smith GC, Williams SN. Vacuum-packed pre-cooked pork from hogs fed supplemental vitamin E: Chemical, shelf life and sensory properties. *J Food Sci* 60:1179-1182, 1995
25) Cannon JE, Morgan JB, Schmidt GR, Tatum JD, Sofos JN, Smith GC, Delmore RJ, Williams SN. Growth and fresh meat quality characteristics of pigs supplemented with vitamin E. *J Anim Sci* 74:98-105, 1996
26) Dirinck P, Winne AD, Casyteels M, Frigg M. Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. *J Agr Food Chem* 44:65-68, 1996
27) Jensen C, Guidera J, Skovgaard IM, staun H, Skibsted LH, Jensen SK, Moller AJ, Buckley DJ, Bertelsen G. Effect of dietary α-tocopherol deposition in porcine m. psoas major and m. longissimus dorsi and on drip loss, color stability of porkmeat. *Meat Sci* 45:491-500, 1997

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Effects of very low carbohydrate (horsemeat- or beef-based) diets and restricted feeding on weight gain, feed and energy efficiency, and serum levels of cholesterol, triacylglycerol, glucose, insulin and ketone bodies in adult rats

Jae-Youn Kim[1], Young-Hoon Yang[1], Choong-Nam Kim[1], Chong-Eon Lee[2] and Kyu-Il Kim[1§]

[1]Department of Animal Biotechnology, Cheju National University, and [2]National Institute of Subtropical Agriculture, Jeju, Korea

Running Head: Rats fed a very low carbohydrate diet

학술지 게재예정 논문 원고임

[§]Corresponding author: Dr. K. I. Kim

Phone: 064-754-3335

Fax: 064-725-2403

Email: kikim@cheju.ac.kr

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Studies were carried out to determine the effect of very low carbohydrate (low-carb) diets and restricted feeding (70% ad lib intake) on weight gain, feed efficiency and serum levels of cholesterol, triacylglycerol (TAG), glucose, ketone bodies and insulin. Forty (mean initial weight±se, 251±1 g) and 30 rats (238±1 g) were used for exp. 1 and 2, respectively, and they were divided into groups of 10 rats each. In exp. 1 two groups were assigned to a conventional diet (AIN-93G) or low-carb diet containing 10% starch and 53% lyophilized ground horsemeat, and one of the two groups had free access to diet (ad lib intake) and the other pair-fed 70% of the ad lib intake (restricted feeding). In exp. 2 each of the three groups was assigned to a control (AIN-93G) or low-carb diets containing 10% starch and 53% beef or horsemeat, respectively. Rats were fed for 4 weeks or 26 days in exp. 1 and 2, with free access to water, respectively. Average daily body weight gain was not different between the two diet groups in exp. 1, whereas was lower in rats fed AIN-93G than in those fed low-carb diets in exp. 2. Rats under restricted feeding gained about 30% of those allowed ad lib intake in either diet (exp. 1). Feed intake was higher in rats fed AIN-93G than those fed low-carb diets ($p<0.01$) in both exp. Energy intake was not different between the two dietary groups in exp. 1, but was higher in rats fed low-carb diets than in those fed AIN-93G diet in exp. 2. Feeding low-carb diet reduced ($p<0.01$) serum TAG compared with AIN-93G diet and restricted feeding markedly reduced serum TAG, and also glucose and insulin levels with an interaction ($p<0.05$) between diet and intake level in exp. 1. Serum total cholesterol level was reduced by low-carb diet and LDL cholesterol level was increased by restricted feeding (exp. 1) or by low-carb diets (exp. 2). Body composition was not affected by diets, but protein content was increased with a concomitant decrease in fat content by restricted feeding. Serum ketone body level was higher in rats fed low-carb diets than in those fed AIN-93G. No differences in all the parameters determined were found between the horsemeat- and beef-based diets (exp. 2). Results indicate that feeding low-carb diets is beneficial for alleviating cardiovascular disease risk factors such as serum TAG level and restricted feeding is more effective in reducing serum TAG level than reducing carbohydrate in diets. Combination of both restricted feeding and low-carb diets has an additive effect on reducing serum TAG.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Key words : rats, low carbohydrate diets, restricted feeding, serum lipids.

INTRODUCTION

Most mainstream nutrition scientists and scientific societies including American Dietetic Association (1977) and American Heart Association (2003a,b) opposed the Atkin's low carbohydrate diets in "New Diet Evolution" first published in 1992 (Atkins, 1992) and continued to recommend people to take more complex carbohydrates and less fats because individuals who take low carbohydrate diets are at risk for compromised vitamin and mineral intake, as well as potential cardiac, renal, bone, and liver abnormalities overall (St. Jeor et al., 2001).

However, in recent years, a substantial number of papers have been published, indicating that lowering the intake of carbohydrates with high glycemic index including refined as well as whole grain favorably influences weight loss and cardiovascular disease risk factors (see Brand-Miller, 2005). Brand Miller (2005) indicated that normal concentrations of glycemia such as those encountered during a standard meal have been shown to acutely decrease plasma antioxidant capacity, which reflects a significant oxidative stress.

Supporters of low carbohydrate diets claim that the conventional low fat diet (with no consideration of the nature of the starch) is not the ideal diet for most of the population (Brand-Miller, 2005) and diets low in carbohydrate but high in protein increase metabolic rate in adipose tissues without deleterious effects because of lack of available glucose in the tissues, resulting in body weight loss (Atkins, 2002). Layman et al. (2003a,b) indicated that diets with a low ratio of carbohydrate to protein (a low carbohydrate diet) had positive effects on body composition, blood lipid level, blood glucose clearance, satiety and postprandial insulin response in women under weight control. More recently Pelkman et al. (2004) reported that a moderate-fat weight loss diet improved the cardiovascular disease risk profile in overweight and obese human subjects compared to a low-fat weight loss diet. Most studies done on the effect of low carbohydrate diets on risk factors of artherosclerosis were carried out with small number

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

of patients and the findings are variable (Westman et al., 1999, 2002; Kennedy et al., 2001; Hays et al., 2003).

The low carbohydrate, high protein, high fat diet (Atkins diet) has not been critically examined and most human studies have not been conducted under controlled environment but with freely moving individuals. A recent review paper indicated that not sufficient data are available to date to accept or reject the use of low carbohydrate diets (Bravata, 2003). We assessed the effect of horsemeat- or beef-based very low carbohydrate diet (vs AIN-93G) or restricted feeding (vs ad lib intake) on weight gain, body composition and serum levels of lipids, glucose, ketone bodies and insulin in adult rats raised under controlled environments (diet, temperature, light, limited movement, etc.).

MATERIALS AND METHODS

1. Animals and diets

Forty (Exp. 1) or thirty (exp. 2) male Sprague Dawley rats (Daehan Biolink, Eumsung, Korea) were individually housed in suspended wire cages in a room maintained at 23℃ with a 12-h light (0700 to 1900) and 12-h dark (1900 to 0700) cycle. After 7-day adaptation to the experimental conditions, rats were blocked by weight and divided into groups of 10 rats each. Mean initial weight±se was 251±1 and 238±1 g for rats used in exp. 1 and 2, respectively. In exp. 1 two groups were assigned to a conventional diet (AIN-93G) or very low carbohydrate (low-carb) diet containing 10% starch and 53% lyophilized ground horsemeat, and one of the two groups had free access to diet (ad lib intake) and the other pair-fed 70% of the ad lib intake (restricted feeding). In exp. 2 each of the three groups was assigned to a control (AIN-93G) or low-carb diets containing 10% starch and 53% beef or horsemeat., and each group was assigned to a conventional high carbohydrate diet (AIN-93G) or low-carb diets containing 53% freeze-dried ground horsemeat or beef (Table 1) and fed diet for four weeks (exp. 1) or 26 days (exp. 2). Animals had free access to water throughout the experimental period. Feed consumption and body weight was recorded every two days during feeding period. At the end of the feeding experiments, rats were killed after an

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

overnight fasting and blood samples collected and centrifuged to collect sera.

2. Analysis of cholesterol, triacylglycerol, glucose, ketone bodies and insulin in serum

Total cholesterol, triacylglycerol (TAG) and glucose concentrations in serum were determined using their respective assay kits (SICDIAL kits, Shin-Yang Chemical, Seoul, Korea) and an autoanalyzer (TBA200FR, Toshiba, Tokyo, Japan). Total ketone body was the sum of acetoacetate and β-hydroxybutyrate, the concentrations of which were determined using a commercial assay kit (Kainos, Tokyo, Japan) and autoanalyzer (JCA-BM1250, Jeol, Tokyo, Japan). Insulin concentration was determined using a radioimmunoassay kit (Diagnostic Products Corp., Los Angeles, CA) and a γ-counter (COBRA II, Packard, Meridan, MD).

3. Proximate analysis of feed and carcass samples

Carcass including emptied GI tract, skin and hair was cut into small pieces and dried in a air-forced drying oven at 80℃ for 24 hours. Dried carcass was frozen in liquid nitrogen and ground in a blender (model # 852-28, Sunbeam, Inc., Boca Raton, Florida, USA). Representative samples were taken from the ground carcass and used for proximate analysis. Crude protein, crude fat, crude fiber and ash contents in feed and carcass were analyzed using Kjeldahl (model # 1030, Foss Tecator, Hoganas, Sweden), Soxtec (#2050), Fibertec (#1017) systems and an electric muffle furnace (HY8000, Dae-Han, Inc., Seoul, Korea), respectively, on the basis of AOAC[17].

4. Statistical analysis

Data were subjected to two-way (exp.1) or one-way (exp. 2) ANOVA, and when the differences are significant ($P<0.05$), Duncan's multiple range test was used to compare means of treatments (SAS, 1988).

RESULTS

Experiment 1. Average daily gain was not different between the two dietary

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

treatments, whereas that found in rats fed 70% (based on the metabolic body size) of ad lib intake was less than a half ($p<0.01$) that obtained in rats having ad lib intake. Feed efficiency was lower in rats fed AIN-93G than in those fed the low-carb diet, whereas energy efficiency was the same. Both feed and energy efficiency were much lower ($p<0.01$) in rats having restricted intake than in rats having free access to diet. (Table 2).

Body protein content was increased by restricted intake ($p<0.05$) with a concomitant decrease in body fat content ($p<0.01$), but the dietary regime did not influence the body protein or fat content (Table 3). Body ash content was increased by restricted diet intake ($p<0.01$) but not by dietary regime.

Serum TAG level was influenced ($p<0.01$) by diet and much more by intake level (Table 4). Feeding low-carb diet (vs AIN-93G) or restricted feeding (vs ad lib feeding) reduced the serum TAG level to less than a half that found in their counterpart. Serum cholesterol level was reduced by feeding low-carb diet ($p<0.05$), whereas it was not influenced by restricted feeding ($p>0.05$). Serum glucose and insulin levels were influenced by diet and restricted feeding ($p<0.05$) with an interaction ($p<0.05$) between diet and intake level..

Experiment 2. Average daily gain was lower in the control than in rats fed beef- or horsemeat-based diet ($p<0.01$) mainly due to the lower energy intake of in the control, resulting in no differences in feed or energy efficiency between diets. Serum concentrations of total cholesterol, HDL-cholesterol, glucose and insulin were not different among diets (Table 6). LDL-cholesterol concentration in serum of the control rats was lower ($p<0.01$), although non-HDL/HDL-cholesterol ratio was not different ($p>0.05$). Serum concentration of TAG in rats fed low-carb diets was about 30% lower than in those fed AIN-93G, although statistical significance in the difference was at the border ($p=0.06$) due to large variations among individuals. Serum concentration of ketone bodies in the beef- or horsemeat-based diet was twice as much as that in the control.

DISCUSSION

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

The popularity of very low carbohydrate (low-carb) diets has dramatically increased in recent years despite warnings against their use by most professional organizations because low-carb diets contradict low-fat diets (see the review by Freedman et al., 2001). Low-carb diets may be defined <50 g/d or <10% of total energy intake (Volek and Westman, 2002). Most low-carb studies in humans have been carried out in a free-living condition and thus actual diets can vary dramatically among different subjects as well as different studies. Our study was done to compare the effect of low-carb diet and restricted feeding of diet (or energy) on various cardiovascular risk factors with that of a conventional high-carb diet (AIN 93G) and ad lib intake (exp. 1), respectively, and also compare the effect of beef-based with horsemeat-based diet on those factors using rats as a model animal fed well-defined diets in a controlled environment. The low-carb diets used in the present study contained approximately 50% protein (including that from casein), 23% fat and 10% starch and the former two sources provided more than 90% of the daily energy intake. The diets supported good growth and health over the feeding period.

As expected, restricted feeding (70% of the ad lib intake on a metabolic body size basis) of either the control or the low-carb diet reduced ($p<0.01$) fat deposition with a concurrent increase in protein and ash contents in the body, compared rats fed ad lib (Table 3). Based on the data found in exp. 1, serum TAG level was reduced by feeding the low-carb diet (157 vs 75 mg/100 mL) and further reduced by restricted feeding (157 vs 55 in rats fed AIN-93G and 75 vs 36 in rats fed low-carb diet) (Table 4). In addition, body fat content (39 vs 29%) and daily weight gain (6.1 vs 2.5 g) was markedly reduced by restricted feeding, although they were similar in the two diet groups (Tables 3 and 2, respectively). Considering these three factors directly related to human health, especially cardiovascular disease, moderate restriction of diet or energy intake is considered more efficient way than dietary regime in preventing cardiovascular disease.

A majority of studies reported that serum total cholesterol levels remained unchanged as compared to baseline values, whereas both HDL- and LDL-cholesterol increased, and TAG dramatically decreased by low-carb diets (See the review by Volek et al., 2005). Low-fat or high-carb diets showed by and large opposite effects, respectively, with total cholesterol levels reduced. Low-carb diets have been found to be more efficient for weight control in obese patients (Samaha et al., 2003; Foster et al.., 2003). A high

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

saturated fat-no starch diet fed patients with atherosclerotic cardiovascular disease resulted in weight loss, and reduced body fat percentage and serum levels of glucose, insulin and TAG after 6 weeks over a baseline, and further weight loss with a lipid-neutral effect persisted for up to 52 weeks (Hays et al., 2003).

Similar to our findings, Volek et al. (2005) concluded, from reviewing over 30 published papers, that the most consistent and predictable lipid change with consumption of low-carb diets is a reduction in TAG. In a study done with overweight men, Sharman et al. (2004) showed that a short-term hypoenergetic low-fat diet was more effective at lowering serum LDL-cholesterol, but a low-carb diet was more effective at improving characteristics of the metabolic syndrome – decrease in fasting serum TAG, the TAG/HDL-cholesterol ratio, postprandial lipemia, serum glucose, and increase in LDL particle size and weight loss.

Interestingly, fasting serum glucose level was increased by feeding low-carb diets (significantly only in exp. 1, $p<0.01$), but decreased by restricted feeding, whereas insulin level was decreased ($p<0.01$) by feeding low-carb diets or restricted feeding (only in exp. 1), when compared to the control (Table 3). The glucose level was measured in serum samples taken after overnight fasting and should have been much higher at a fed state in rats fed the AIN-93G containing 53% readily digestible carbohydrate. Diets with a high glycemic index, such as those used in the present study, high in refined grains or sugars produce a rapid increase in postprandial blood glucose levels and evoke an equally intensive response of insulin that leads to a hypoglycemic period and in turn increased hunger (Cryer, 1999; Ludwig et al., 2000; Roberts, 2000). This hypoglycemic effect occurs about 2 hours after a meal (Roberts., 2000).

As expected, fasting serum ketone body levels was more than doubled ($p<0.01$) with low-carb diets, compared to the control. Because serum samples were taken 12 hours after the last feeding, the serum ketone body levels may have been lower at a fed state (Nelson et al., 2000). The ketone body levels in rats fed low-carb diet (367 or 340 μmol/L for beef or horsemeat-based diet, respectively) appeared just above the normal (about 200 μmol/L) and ketoacidosis was known to occur at above 7,000 μmol/L (http://www.bellaonline.com/articles/art18495.asp). Increased blood ketone body levels may be concerning for unintended ketosis that can be in check by monitoring

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

urinary ketone body levels (Hays et al., 2003).

Urinary ketone body excretion was markedly higher in obese human subject fed a low-carb, high-protein, high-fat diet (Atkins diet) than those fed a high-carb diet until 12 weeks after the initiation of feeding the trial diets, but the differences became insignificant after 12 weeks (Foster et al., 2003). Increase in blood ketone body level suppresses not only diet intake (Atkins, 2002), but also the efficiency of dietary energy use and thus possibly results in reduction in weight gain. In addition to the increased ketone body production, dietary lipid itself increases satiety by slowing down gastric emptying (Sidery et al., 1994) and increasing blood free fatty acid levels that reduce hunger (Ludwig et al., 1999). Sharman et al. (2002) indicated that feeding a ketogenic (low-carb) diet favorably affected biomarkers for cardiovascular disease in normal-weight men, showing that the ketogenic diet decreased fasting serum TAG (-33%), insulin (-34%), while increasing ß-hydroxybutyric acid (250%) after 6-week feeding, compared to the baseline levels.

Layman et al. (2003a,b) found that a diet with a low ratio of carbohydrate to protein (low-carb diet) had positive effects on body composition, blood lipid level, blood glucose clearance, satiety and postprandial insulin response in women under weight control. More recently, Pelkman et al.(2004) reported that a moderate-fat weight loss diet (fat providing 33% of energy) improved the cardiovascular disease risk profile (serum TAG level and total and non-HDL- to HDL-cholesterol ratio), compared to a low-fat weight loss diet (fat providing 18% of energy) over a 6-week feeding period in overweight and obese human subjects. Unfortunately, Pelkman et al. (2004) did not include a high-fat diet group in their study, which could have shown a more pronounced effect on serum lipids. (Note that fat in low-carb diet used in the present study provided 46% energy.)

By contrast to our findings and the most published data, Axen et al. (2003) suggested that in the absence of weight loss, a high fat, low-carb diet not only may be ineffective in decreasing risk factors for cardiovascular disease and type 2 diabetes but may promote the development of disease in previously lower risk, non-obese individuals. They used 33% hydrogenated oil containing 17% trans fatty acids and 25% protein for the low carbohydrate diet and powdered Purina 5001 for a control. Although some differences exist among studies, our rat study along with most studies done with humans

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

and animals suggests that feeding low-carb diets and more importantly restricting daily energy intake alleviate blood risk factors such as blood TAG level that has been known to be an independent risk factor for cardiovascular disease (Assman et al., 1998; Austin et al., 1998) and thus have health benefits. Our data shed light on a recent debate between Westman et al. and Krauss et al. (Westman et al., 2006) regarding whether low-carb diets or weight control (or energy intake restriction) in humans is more effective in reducing blood lipid risk factors.

In our experimental setting, energy intake restriction was more effective in reducing serum TAG than lowering carbohydrate in diets, and combination of energy intake restriction and feeding low-carb diets had an additive effect on reducing serum TAG levels. We consider that energy intake restriction (70% of the ad lib intake) used in our study was rather mild because rats in the intake-restricted group gained (none lost weight) approximately one-third of rats having free access to diets. Low-carb diets can be prepared by substituting the protein, fat or both for readily digestible carbohydrate. Based on findings of our work and many others,' we suggest to avoid readily digestible carbohydrates including sugar and starch; to include more animal and plant proteins, fruits and vegetables in diets; and to reduce total energy intake to remain diet-healthy.

Literature cited

American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. J. Am. Diet. Assoc. 97:1317-1321. 1997

American Heart Association Statement on High Protein, Low Carbohydrate Diet Study. Presented at: Scientific Sessions for the American Heart Association; November 19, 2002; Chicago, IL. Available at http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=3006728. Accessed March 6, 2003.

American Heart Association. High-protein diets: AHA recommendation. Available at http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=11234. Accessed March 6, 2003

AOAC. Official Methods of Analysis. 16th ed. *Assoc Offic Anal Chem*, Arlington, VA,

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

1996

American Institute of Nutrition. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 123: 1939-1951, 1993.

Atkins, RC. Dr Atkins' New Diet Revolution: New York, NY: Avon Books, 1992

Akins, RC. Dr Atkins' New Diet Revolution (updated new ed.): New York, NY: Avon Books, 2002

Assman, G, Schulte, H, Funke, H, von Eckardstein, A. The emergence of triglycerides as a significant independent risk factor in coronary artery diease. Eur Heart J 10 (suppl M):M8-M14, 1998

Austin, MA, Hokanson, JE Edwards, KL. Hypertriglyceridemia as a cardiovascular risk factor. Am J Cardiol 81:7B-12B, 1998

Axen, KV, Dikeakos, A, Sclafani, A. High dietary fat promotes syndrome X in nonobese rats. *J Nutr* 133: 2244-2249, 2003

Brand-Miller, J. Optimizing the cardiovascular outcomes of weight loss. *Am J Clin Nutr* 81:949-950, 2005

Bravata, DM, Sanders, L, Huang, J, Krumholz, HM. Efficacy and safety of low-carbohydrate diets: A systematic review. *J Am Med Assoc* 289: 1837-1850, 2003

Cryer, PE. Symptoms of hypoglycemia thresholds for their occurrence, and hypoglycemia unawareness. *Endocrinol Metab Clin N Am* 28:495-500, 1999

Foster, GD, Wyatt, HR, Hill, JO, McGuckin, BG, Mohammed, BS, Szapary, PO, Rader, DJ, Edman, JS, Klein, S. A randomized trial of a low-carbohydrate diet for obesity. *New Engl J Med* 348: 2082-2090, 2003

Freedman, MR, King, J, Kennedy, E. Popular diets: a scientific review. *Obes Res* 9 (suppl. 1): 1S-40S, 2001

Hays, JH, DiSabatino, A, Gorman, RT, Vincent, S, Stillabower, ME. Effect of a high saturated fat and no-starch diet on serum lipid subfractions in patients with documented atherosclerotic cardiovascular disease. *Mayo Clin Proc* 78: 1331-1336, 2003

Kennedy, ET, Bowman, SA, Spence, JT, Freedman, M, King, J. Popular diets: correlation to health, nutrition, and obesity. *Am J Diet Assoc* 101: 411-420, 2001

Layman, DK, Shiue, H, Sather, C, Erickson, DJ, Baum, J. Increased dietary protein

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

modifies glucose and insulin homeostasis in adult women during weight loss. *J Nutr* 133: 405-410, 2003a

Layman, DK, Boileau, RA, Erickson, DJ, Painter, JE, Shiue, H, Sather, C, Christou, DD. A reduced ratio of dietary carbohydrate to protein improves body composition and blood lipid profiles during weight loss in adult women. *J Nutr* 133: 411-417, 2003b

Ludwig, DS, Mazoub, JA, Al-Zahrani, A, Dallal, GE, Blanco, I, Roberts, SB. High glycemic index foods, overeating, and obesity. *Pediatrics* 103: E261-E266, 1999

Pelkman, CL, Fishell, VK, Maddox, DH, Pearson, TA, Mauger, DT, Kris-Etherton, PM. Effects of moderate-fat (from monounsaturated fat) and low-fat weight-loss diets on the serum lipid profile in overweight and obese men and women. *Am J Clin Nutr* 79: 204-212, 2004.

Roberts, SB. High glycemic index foods, hunger, and obesity: is there a connection? *Nutr Rev* 58:163-169, 2000

Samaha, FF, Iqbal, N, Seshadri, P, Chicano, KL, Daily, DA, McGrory, J, Williams, T, Williams, M, Gracely, EJ, Stern, L. A low-carbohydrate as compared with a low-fat diet in severe obesity. *New Engl J Med* 348: 2074-2081, 2003

SAS. SAS/STATR: User's Guide (Release 6.03). SAS Inst. Inc., Gary, NC, 1988

Sharman, MJ, Kraemer, WJ, Love, DM, Avery, NG, Gomez, AL, Scheett, TP, Volek, JS. A Ketogenic diet favorably affects serum biomarkers for cardiovascular disease in normal-weight men. *J Nutr* 132: 1879-1885, 2002

Sharman, MJ, Gomez, AL, Kraemer, WJ, Volek, JS. Very low-carbohydrate and low-fat diets affect fasting lipids and postprandial lipemia differently in overweight men. J Nutr 134:880-885, 2004

Sidery, MB, McDonald, IA, Blackshaw, PE. Superior mesenteric artery blood flow and gastric emptying in humans and differential effects of high fat and high carbohydrate meals. *Gut* 35: 186-190, 1994

St. Jeor, ST, Howard, BV, Prewitt, TE, Bovee, V, Bazzarre, T, Eckel, RH. Dietary protein and weight reduction: a statement for healthcare professionals from Nutrition Committee of the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism of the American Heart Association. *Circulation* 104: 1869-1874, 2001

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Volek, JS, Sharman, MJ, Forsythe, CE. Modification of lipoproteins by very low-carbohydrate diets. *J Nutr* 135:1399-1342, 2005

Volek, JS, Westman, EC. Very carbohydrate weight loss diets revisited. *Clev Clin J Med* 69:849-862, 2002

Westman, EC. A review of very low carbohydrate diets for weight loss. *J Clin Outcomes Manage* 6(7): 36-40, 1999

Westman, EC, Volek. JS, Feinman, RD. Carbohydrate restriction is effective in improving atherogenic dyslipidemia even in the absence of weight loss (letter) *Am J Clin Nutr* 84:1549

Westman EC, Yancy, WS, Edman, JS, Tomlin, KF, Perkins, CE. Effect of 6-month adherence to a very low carbohydrate diet program. *Am J Med* 113: 30-36, 2002

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Table 1. Composition of diets (exp. 1 and 2)

Ingredient	Control (AIN-93G)l[1]	Low carb[2]
Casein (vit-free)	20	20
L-Cysteine	0.3	0.3
Corn starch	39.8	10.0
Dextrin	13.2	-
Sucrose	10	-
Soybean oil	7	7
Horsemeat or beef[3]	-	53.0
Powdered cellulose	5	5
Vitamin mix[4]	1.0	1.0
Mineral mix[4]	3.5	3.5
Choline bitartrate	0.25	0.25
t-Butylhydroquinone	0.0015	0.0015
Total	100	100

[1]AIN 93 mix (AIN, 1993), Hanllive, Yeo-Joo, Korea

[2]Lowcarbohydrate diet.

[3]Horsemeat and beef were prepared with loin eye purchased from meat market, ground and lyophylized. Analyzed composition of horsemeat and beef was 60.0 and 58.1, 31.1 and 34.6, 5.7 and 4.3, and 0.65 and 1.60% for crude protein, ether extract, ash and moisture, respectively.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Table 2. Effect of feeding a very low carbohydrate (horsemeat-based) diet and restricted feeding on average daily gain, feed and energy efficiency in adult rats[1] – exp. 1

	AIN-93G		Low Carb		P value		
Item	Ad lib	70% Ad lib[2]	Ad lib	70% Ad lib	Diet	Intake[3]	Diet × Int[4]
Initial body wt, g	239±2.3	239±2.2	238±2.2	237±2.1			
Final body wt, g	410±5.9	308±3.9	409±9.9	312±5.2			
Average daily gain,[4] g	6.1±0.2[a]	2.5±0.1[b]	6.1±0.3[a]	2.7±0.1[b]	0.6778	<.0001	0.6778
Average daily feed intake,[4] g	22.8±0.4[a]	14.9±0.2[c]	17.3±0.5[b]	12.0±0.3[d]	<.0001	<.0001	0.0018
Daily energy intake,[4] kcal	84.7±1.5[a]	55.3±0.9[b]	83.7±2.6[a]	57.8±1.4[b]	0.6645	<.0001	0.2976
Gain/Feed,[4] g/g	0.27±0.0[b]	0.17±0.0[d]	0.35±0.0[a]	0.22±0.0[c]	<.0001	<.0001	0.0980
Gain/energy intake,[4] g/kcal	0.072±0.006[a]	0.045±0.002[b]	0.073±0.002[a]	0.046±0.002[b]	0.6415	<.0001	0.9175

[1]Values are means ±SE of 10 rats.

[2]Rats were pair-fed at 70% lavel of intake (calculated on the basis of metabolic body size, $g^{0.75}$) of their counterparts fed ad lib.

[3]Level of intake.

[4]Interaction between diet × Intake level.

[5]Means in the same row not sharing the same superscript letters differ ($P<0.05$).

[4]Energy intake was calculated by multiplying protein, fat and nitrogen-free intake by 4, 9 and 4 kcal/g, respectively.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Table 3. Effect of feeding a very low carbohydrate (horsemeat-based) diet and restricted feeding on body composition[1] – exp. 1

	AIN-93G		Low Carb		P-value		
Item	Ad lib	70% Ad lib	Ad lib	70% Ad lib	Diet	Intake	Diet × Int
Crude protein[3]	47.3±2.18^{bc}	54.8±3.23^{a}	49.2±1.86^{c}	56.8±1.74^{ab}	0.4074	0.0025	0.9966
Crude fat[3]	39.4±2.07^{a}	29.5±2.70^{b}	38.3±1.39^{a}	29.0±1.35^{b}	0.6985	<.0001	0.8972
Crude ash[3]	9.8±0.52^{c}	11.7±0.73^{ab}	9.0±0.58^{bc}	11.3±0.46^{a}	0.3509	0.0013	0.8645

[1]Values are means ±SE of 10 rats.

[2]Rats were pair-fed at 70% level of intake (calculated on the basis of metabolic body size, $g^{0.75}$) of their counterparts fed ad lib.

[3]Means in the same row not sharing the same superscript letters differ ($P<0.05$).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Table 4. Effect of feeding a very low carbohydrate (horsemeat-based) diet and restricted feeding on serum levels of cholesterol, triacylglycerol, glucose, insulin and ketone bodies in adult rats[1] – exp. 1

	AIN-93G		Low Carb		P-value		
Item	Ad lib	70% Ad lib[2]	Ad lib	70% Ad lib	Diet	Intake[3]	Diet × Int[4]
Total cholesterol,[4] mg/100mL	91±5.7[a]	90±3.1[a]	74±3.9[b]	85±3.3[ab]	0.0101	0.2548	0.1559
HDL cholesterol,[4] mg/100mL	57±3.3[a]	55±2.8[a]	46±2.6[b]	52±1.8[ab]	0.0170	0.4563	0.1521
LDL cholesterol,[4] mg/100mL	9±0.6[b]	18±0.9[a]	12±0.7[b]	18±1.2[a]	0.1656	<.0001	0.2893
Non-HDL/HDL	0.605±0.03	0.650±0.03	0.605±0.02	0.622±0.22	0.6711	0.1792	0.4977
Triacylglycerol,[4] mg/100mL	157±21.3[a]	55±6.1[b]	75±5.6[b]	36±3.3[c]	0.0001	<.0001	0.0093
Glucose,[4] mg/100mL	123±2.6[b]	113±2.1[c]	138±2.4[a]	118±2.5[bc]	0.0002	<.0001	0.0437
Insulin,[4] μ IU/mL	3.1±0.4[a]	1.4±0.1[b]	1.5±0.2[b]	1.3±0.1[b]	0.0008	0.0002	0.0026

[1]Values are means ±SE of 10 rats.

[2]Rats were pair-fed at 70% level of intake (calculated on the basis of metabolic body size, $g^{0.75}$) of their counterparts fed ad lib.

[3]Level of intake

[4]Interation between diets × Intake level.

[5]Means in the same row not sharing the same superscript letters differ ($P<0.05$).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Table 5. Effect of feeding very high-protein diets (horsemeat- or beef- based) on average daily gain, feed intake and feed and energy efficiency in adult rats[1] – exp. 2

Item	Control[2]	Beef[3]	Horsemeat[4]	P-value
Initial body weight, g	250.9±7.0	251.0±4.2	251.1±4.2	
Final body weight, g	350.1±21.0	367.9±14.9	376.4±16.9	
Average daily gain,[5] g	3.8±0.6[b]	4.5±0.6[a]	4.8±0.6[a]	0.0026
Daily feed intake,[5] g	19.8±1.4[a]	15.93±9.3[b]	16.61±0.89[b]	<.0001
Daily energy intake,[5] kcal	70.8±1.7[b]	76.9±1.3[a]	80.2±1.4[a]	0.0004
Gain/Feed, g/g	0.15±0.22	0.17±0.27	0.17±0.25	0.9758
Gain/energy intake, g/kcal	0.054±0.02	0.059±0.02	0.060±0.02	0.9669

[1]Values are means ±SE of 10 rats.

[2]AIN-93G containing 63% carbohydrate.

[3]Low carbohydrate containing 10% carbohydrate and 53% lyophilized ground beef.

[4]Low-carbohydrate containing 10% carbohydrate and 53% lyophilized ground horsemeat.

[5]Means in the same row not sharing the same superscript letters differ (P<0.05).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

Table 6. Effect of feeding a very low carbohydrate (horsemeat-based) diet on serum cholesterol, triacylglycerol, glucose, insulin and ketone body levels in adult rats[1] – exp. 2

Item	Control[2]	Beef[3]	Horsemeat[4]	P-value
Total cholesterol,[4] mg/100mL	104.80±5.5	118.30±3.1	118.30±6.1	0.1256
HDL cholesterol,[4] mg/100mL	63.06±3.5	69.18±2.4	66.42±2.6	0.3342
LDL cholesterol,[4] mg/100mL	15.80±1.0[b]	23.50±0.8[a]	26.50±2.3[a]	0.0001
non-HDL/HDL	0.665±0.02	0.716±0.03	0.764±0.04	0.0832
Triacylglycerol,[4] mg/100mL	111.40±9.6[a]	77.30±9.0[b]	79.50±13.4[b]	0.0615
Glucose,[4] mg/100mL	154.90±3.3	170.60±6.4	167.70±5.5	0.0979
Insulin,[4] μ IU/mL	9.04±0.8	9.99±1.3	8.55±0.8	0.6075
Total ketone body,[4] μ mol/L	141.00±27.5[b]	367.50±17.5[a]	340.10±32.1[a]	<.0001
5-Hydroxy Butyric Acid[4] μ mol/L	105.10±8.2[b]	301.40±5.7[a]	270.30±10.4[a]	<.0001
Acetoacetic Acid[4] μ mol/L	35.90±21.2[b]	67.00±12.2[a]	62.80±25.2[a]	0.0278

[1]Values are means ±SE of 10 rats.

[2]AIN-93G containing 63% carbohydrate.

[3]Low carbohydrate containing 10% carbohydrate and 53% lyophilized ground beef.

[4]Low-carbohydrate containing 10% carbohydrate and 53% lyophilized ground horsemeat.

[5]Means in the same row not sharing the same superscript letters differ (P<0.05

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22

주 의

1. 이 보고서는 농촌진흥청에서 시행한 농업특정연구사업의 연구보고서 입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농촌진흥청에서 시행한 농업특정연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-02 17:43:22