

최 종
연구보고서

콜레스테롤 합성 메카니즘 구명 및 이를 이용한 저콜레스테롤 한우육 생산기술 개발

Understanding mechanisms of de novo synthesis of
cholesterol and development of technologies to produce
low cholesterol beef in Hanwoo steers

영 남 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “콜레스테롤 합성 메카니즘 구명 및 이를 이용한 저콜레스테롤 한우육 생산기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007 년 5 월 일

주관연구기관명 : 영남대학교
총괄연구책임자 : 최 창 본
연 구 원 : 오 영 숙
연 구 원 : 허 정 아
연 구 원 : 이 재 인
연 구 원 : 최 상 석

요 약 문

I. 제 목

콜레스테롤 합성 메카니즘 구명 및 이를 이용한 저콜레스테롤 한우육 생산기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1992년 쇠고기 수입 및 2001년 생우 수입 자유화에 이어 2007년도에는 한.미 FTA가 전격적으로 타결됨으로써, 한우 산업은 그야말로 위기의 시대를 맞이하고 있다.

현재까지 한우에서 고급육을 생산하기 위해서는, 4-5개월령에 입식과 함께 거세-장기 비육이 권장.실시되고 있다. 그러나, 고급육을 생산하기 위해서는 근내지방도를 증가시켜야 하며, 이는 필연적으로 쇠고기내 과다한 지방의 축적을 수반하게 된다. 쇠고기내 과다한 지방, 특히 콜레스테롤,은 소비자, 즉 인간의 건강과 불가분의 관계를 지니며, 심장병과 고혈압을 비롯한 각종 대사성 질환의 주요 원인이다. 따라서, 소비자의 입장에서 “건강한” 먹거리로서의 쇠고기를 생산하여야 하며, 이에 따라 콜레스테롤 함량은 낮고 육질은 우수한 고품질의 쇠고기 생산 기술 개발이 절실하다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 한우, 앵거스, 및 화우 교잡종에 있어서 근내지방도와 콜레스테롤 함량의 상관관계 구명

한우 거세우의 경우 근내지방도가 “1”에서 “8”로 증가함에 따라 콜레스테롤 함량이 평균 42.76 mg/100g에서 51.43 mg/100g으로 증가하였다.

앵거스 거세우 역시, 근내지방도가 가장 낮은 “Practically Devoid”의 경우 60.79 mg/100g였으며, 가장 높은 “Abundant”의 경우 78.02 mg/100g을 나타내어, 근내지방도가 증가할 수록 콜레스테롤 함량이 증가하였다. 화우 교잡종 거세우의 경우, 60.28 - 75.42 mg/100g을 나타내어 전체적으로 앵거스 거세우와 비슷하였다. 앵거스와 화우 교잡종 거세우의 경우 한우 거세우 비하여 전체적으로 콜레스테롤 함량이 높았다. 이러한 육우 품종별 콜레스테롤 함량의 차이는, 한우가 국제 경쟁력을 확보할 수 있는 중요한 기초 자료로 판단된다.

2. 콜레스테롤 합성 메카니즘 구명 및 콜레스테롤 조절 물질 탐색

근내지방세포를 배양하면서 콜레스테롤과 에스테르 결합을 하는 지방산을 종류별로 조사한 결과, oleic acid가 콜레스테롤과 에스테르 결합을 이루고 있는 거의 유일한 지방산인 것으로 나타났다.

솔잎, 쑥, 감잎, 감초, 및 계피를 ethanol로 추출한 다음, 그 추출액을 한우 지방세포의 분화 과정 중 배양액에 첨가한 후, 한우 근내지방세포의 분화 관련 표지 인자, 즉, 형태학적 변화, GPDH 활성도, 중성지방 함량 및 ACAT 효소 유전자의 발현을 조사한 결과, 이들 식물 추출액은 한우 근내지방세포의 분화를 억제하는 효과가 뛰어나다는 것을 확인할 수 있었다.

3. 저콜레스테롤 한우육 생산

가. 천연물 첨가를 통한 저콜레스테롤 한우육 생산

솔잎, 쑥, 및 감잎 건조 분말의 첨가는 한우 거세우의 등심내 콜레스테롤 함량에 영향을 미치지 않았다.

나. 사료 내 섬유소 조절을 통한 저콜레스테롤 한우육 생산

한우 거세우의 사료 내 섬유소 함량을 증가시킬 경우, 등심 지방의 용점을 현저하게 저하시키는 효과가 있었다. 이는 시험구의 경우 불포화지방산대 포화지방산의 비율이 1.14로써, 대조구의 1.09에 비하여 증가한 것이 영향을 미쳤다고 판단된다. 한우 거세우의 사료 내 섬유소 함량의 증가는 등심 콜레스테롤 함량에는 큰 영향을 미치지 않았다. 한우 등심 내 개별 지방산과 지방의 용점 또는 콜레스테롤과의 상관관계를 살펴보면, 용점의 경우, 포화지방산들과는 정의 상관, 불포화지방산과는 부의 상관을 나타내었으나, 콜레스테롤의 경우, 반대의 결과를 나타내었다.

다. 사료 내 단백질 수준 조절을 통한 저콜레스테롤 한우육 생산

한우 거세우의 사료 내 단백질 수준을 달리할 경우 등심 지방의 용점에는 변화가 없었으나, 콜레스테롤 함량은 감소시켰다. 특히 한우 거세우의 사료 내 단백질을 증가시킬 경우, 등심 내 콜레스테롤 함량이 유의하게 감소함을 관찰함으로써, 이제까지 알려진 한우 고급육 생산과는 다른 측면에서 고급육을 해석하고, 새로운 의미의 사양 프로그램을 제시할 수 있다고 판단된다.

라. 사료 내 지방 및 지방산 조절을 통한 저콜레스테롤 한우육 생산

한우 거세우 사료 내 비육후기 90일 동안 extruded soybean과 DDGS를 첨가할 경우, 통계적인 유의성은 없었지만, 근내지방도가 다소 증가하는 경향이었으며, 등심에

서 추출한 지방의 용점은 현저히 저하하고, 콜레스테롤 함량은 증가하였다.

이러한 결과는, “사료내 섬유소 수준 조절”이 한우 거세우의 등심 용점과 콜레스테롤 함량에 미치는 효과와 유사한 것으로써, 한우에서 현행의 고급육 생산을 위한 사양 프로그램을 적용할 경우 근내지방도는 증가시키고, 불포화지방산 조성의 증가로 용점은 저하되지만, 콜레스테롤 함량은 증가하는 것으로 판단된다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 본 연구에서 얻은 자료들은 국내·외 저명학술지에 게재·발표한다.
2. 불포화지방산 함량을 증가시킨 고급육 생산 프로그램을 농가에 보급한다.
3. 기존의 고급육 개념에 쇠고기의 소비자인 사람의 건강을 고려한 새로운 개념의 고급육을 도입한다.
4. 배합사료업체와 연계하여 거세 한우에 대한 새로운 사료 개발을 유도한다.
5. 고급육 출현율 증가로 농가 소득 증대에 이바지한다.

SUMMARY

I. Title

Understanding mechanisms of de novo synthesis of cholesterol and development of technologies to produce low cholesterol beef in Hanwoo steers

II. Objectives and needs of the study

In Korea, Hanwoo industry is facing a critical situation ever since the beef market and live beef cattle market were opened in 1992 and 2001, respectively. Furthermore, agreement in FTA between United States signed in 2007 push it more difficult status.

Long-term feeding with castration at weanling is recommended to produce high quality beef in Hanwoo currently. The biggest issue to produce high quality beef in Hanwoo is the increase in marbling degree which inevitably cause excess accumulation of fat in body. Cholesterol which might coincide with the excess fat in animal body fat is a major cause for metabolic disease such as arteriosclerosis and high blood pressure and consumers, therefore, concern about high fat beef is increasing. Thus, it is necessary to develop some technologies to produce high quality beef with low cholesterol contents which might considered as "healthy" beef in Hanwoo.

III. Contents and Results of the present research

1. Studies to determine relationship between marbling degree and cholesterol contents in Hanwoo, Angus, and American Wagyu

Cholesterol contents in Hanwoo beef was increased from 42.76 mg/100g to 51.43 mg/100g as marbling degree according to Korean Standard increased from "1" to "8". Cholesterol contents in Angus steers also increased from 60.79 mg/100g in "Practically Devoid" to 78.02 mg/100g in "Abundant". Angus showed higher cholesterol contents than Hanwoo. Crossbred American Wagyu showed similar cholesterol contents with Angus which was from 60.28 to 75.42 mg/100g. Such a breed specific difference in cholesterol contents in longissimus muscle might be considered as a basic data to produce "healthier" beef in Hanwoo than other beef cattle breed.

2. Studies on the mechanisms for de novo synthesis of cholesterol and screening of plant resources to regulate cholesterol synthesis in Hanwoo

The results obtained by culturing intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers showed that oleic acid is the only major fatty acid which esterified with cholesterol.

Changes in morphology, GPDH activities, triglyceride contents, and the expression of ACAT genes by the addition of the extracts of pine needle, mugwort, persimmon leaves, licorice, and cinnamon revealed that these plant extracts inhibits lipid accumulation in bovine adipocytes.

3. Production of low cholesterol beef in Hanwoo

1) Production of low cholesterol beef in Hanwoo using plant resources

Feeding of powder of pine needle, mugwort, persimmon leaves, licorice, and cinnamon powder did not changed cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers

2) Production of low cholesterol beef in Hanwoo by modifying fiber contents in the diets

High level of ADF in the diet significantly decreased melting temperature of lipid extracted from longissimus muscle of Hanwoo steers. Higher ratio of 1.14 in treatment group than that of 1.09 in control group of unsaturated fatty acid to saturated fatty acid might affected the melting temperature. High fiber level did not affected cholesterol contents in Hanwoo steers. Saturated fatty acids showed positive(+) correlation while unsaturated fatty acids showed negative(-) correlation with melting point. The relationship of fatty acids and cholesterol showed vice versa.

3) Production of low cholesterol beef in Hanwoo by controlling protein levels in the concentrates

Increase in the level of crude protein in concentrates did not affect melting point of lipid extracted from longissimus muscle of Hanwoo whereas it significantly decreased cholesterol contents. This results indicate that fiber and protein may affect melting point and cholesterol via different biochemical pathways.

4) Production of low cholesterol beef in Hanwoo by addition of fatty acid calcium and

extruded soybean plus DDGS.

Feeding of fatty acid calcium and extruded soybean plus DDGS in the diet of finishing Hanwoo steers for 90 days caused increase in marbling degree with no statistical differences. They also dropped melting point and increased cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.

IV. Future plan for application of the results obtained

1. The data obtained in the present study will be published in the near future.
2. Feeding program to increase unsaturated fatty acid composition will be recommended to farmers.
3. New concepts bearing "healthy" beef for high quality beef will be defined.
4. New feeding program for Hanwoo steers will be produced in feed company.
5. The results may contribute increase in income for farmers raising Hanwoo beef cattle.

CONTENTS

| | |
|---|----|
| Chapter 1. Introduction | 18 |
| Part 1. Objectives and needs of the study | 18 |
| Chapter 2. Present status of technological development in domestic and abroad | 20 |
| Chapter 3. Contents and Results of the present research | 21 |
| Part 1. Studies to determine relationship between marbling degree and cholesterol contents | 21 |
| 1. Studies on the relationship between marbling degree and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo | 21 |
| a. Materials and Methods | 21 |
| b. Results and discussion | 23 |
| 2. Studies on the relationship between marbling degree and cholesterol contents in longissimus muscle of Angus and American Wagyu | 27 |
| a. Materials and Methods | 27 |
| b. Results and discussion | 28 |
| Part 2. Studies on the mechanisms for de novo synthesis of cholesterol and screening of plant resources to regulate cholesterol synthesis in Hanwoo | 33 |
| 1. Studies on the mechanisms for de novo synthesis of cholesterol in Hanwoo | 33 |
| a. Materials and Methods | 33 |
| b. Results and discussion | 33 |
| 2. Screening of plant resources to regulate cholesterol synthesis in Hanwoo | 35 |
| a. Materials and Methods | 35 |
| b. Results and discussion | 38 |
| Part 3. Production of low cholesterol beef in Hanwoo | 44 |

| | |
|---|----|
| 1. Production of low cholesterol beef in Hanwoo using plant resources ---- | 44 |
| a. Materials and Methods ----- | 44 |
| b. Results and discussion ----- | 44 |
| 2. Production of low cholesterol beef in Hanwoo by modifying fiber contents in the ration ----- | 45 |
| a. Materials and Methods ----- | 45 |
| b. Results and discussion ----- | 48 |
| 3. Production of low cholesterol beef in Hanwoo by controlling protein levels in the concentrates ----- | 65 |
| s. Materials and Methods ----- | 65 |
| b. Results and discussion ----- | 68 |
| 4. Production of low cholesterol beef in Hanwoo by addition of fatty acid calcium and extruded soybean plus DDGS ----- | 81 |
| a. Materials and Methods ----- | 81 |
| b. Results and discussion ----- | 82 |
| Chapter 4. Achievement and contribution of the study to related industry ----- | 95 |
| Part 1. Achievement of annual objectives ----- | 95 |
| Part 2. Contribution fo the study to related industry----- | 96 |
| Chapter 5. Future plan for application of the results obtained ----- | 97 |
| Chapter 6. New knowledges and information for the research topics ----- | 98 |
| Chapter 7. References ----- | 99 |

목 차

| | | |
|-------|--|----|
| 제 1 장 | 연구개발과제의 개요 ----- | 18 |
| 제 1절 | 연구개발의 목적 및 필요성 ----- | 18 |
| 제 2 장 | 국내외 기술개발 현황 ----- | 20 |
| 제 3 장 | 연구개발수행 내용 및 결과 ----- | 21 |
| 제 1 절 | 육우에 있어서 근내지방도와 콜레스테롤 함량의 상관관계 구명 -- | 21 |
| 1. | 한우의 등심내 콜레스테롤 함량과 근내지방도의 상관관계 구명 ----- | 21 |
| 가. | 재료 및 방법 ----- | 21 |
| 나. | 결과 및 고찰 ----- | 23 |
| 2. | 앵거스 및 화우의 등심내 콜레스테롤 함량과 근내지방도의 상관관계 구명--27 | 27 |
| 가. | 재료 및 방법 ----- | 27 |
| 나. | 결과 및 고찰 ----- | 28 |
| 제 2 절 | 콜레스테롤 축적에 대한 한우 고유의 생리적 메카니즘 구명 및 콜레스테롤 조절을 위한 물질 탐색 ----- | 33 |
| 1. | 한우에 있어서 콜레스테롤 de novo synthesis 메카니즘 구명 ----- | 33 |
| 가. | 재료 및 방법 ----- | 33 |
| 나. | 결과 및 고찰 ----- | 33 |
| 2. | 콜레스테롤 함량 조절을 위한 물질 탐색 ----- | 35 |
| 가. | 재료 및 방법 ----- | 35 |
| 나. | 결과 및 고찰 ----- | 38 |
| 제 3 절 | 저콜레스테롤 고품질 한우육 생산 ----- | 44 |
| 1. | 천연물 첨가를 통한 저콜레스테롤 한우육 생산 ----- | 44 |
| 가. | 재료 및 방법 ----- | 44 |

| | | |
|--------------------------------------|-------|----|
| 나. 결과 및 고찰 | ----- | 44 |
| 2. 사료내 섬유소 조절을 통한 저콜레스테롤 한우육 생산 | ----- | 45 |
| 가. 재료 및 방법 | ----- | 45 |
| 나. 결과 및 고찰 | ----- | 45 |
| 3. 사료내 단백질 수준 조절을 통한 저콜레스테롤 한우육 생산 | ----- | 65 |
| 가. 재료 및 방법 | ----- | 65 |
| 나. 결과 및 고찰 | ----- | 68 |
| 4. 사료내 지방 및 지방산 조절을 통한 저콜레스테롤 한우육 생산 | ----- | 81 |
| 가. 재료 및 방법 | ----- | 81 |
| 나. 결과 및 고찰 | ----- | 82 |
| 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 | ----- | 95 |
| 제 1 절 연차별 연구개발 목표의 달성도 | ----- | 95 |
| 제 2 절 관련분야에의 기여도 | ----- | 96 |
| 제 5 장 연구개발결과의 활용계획 | ----- | 97 |
| 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 | ----- | 98 |
| 제 7 장 참고문헌 | ----- | 99 |

List of Tables

- Table 1. Relationship between fat contents and marbling degree standard in Korea, Japan, and United States.
- Table 2. Number of samples for each marbling degree to analyze cholesterol contents in Hanwoo steers
- Table 3. Cholesterol contents in Hanwoo steers sampled from local meat packer.
- Table 4. Cholesterol contents depending on marbling degree in Hanwoo steers
- Table 5. Marbling degree standard used in United States
- Table 6. Cholesterol contents in longissimus muscle of Angus steers for each marbling degree.
- Table 7. Fatty acid composition in longissimus muscle of Angus steers.
- Table 8. Cholesterol contents in longissimus muscle of American Wagyu steers for each marbling degree.
- Table 9. Fatty acid composition in longissimus muscle of American Wagyu steers
- Table 10. Cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers fed natural products during fattening period.
- Table 11. Acid detergent fiber(ADF) contents in total ration used in the experiment.
- Table 12. Chemical composition of concentrates used for control group.
- Table 13. Chemical composition of concentrates used for treatment group.
- Table 14. Chemical composition of roughages used for both control and treatment group.
- Table 15. Effects of different ADF levels in the ration on performances of Hanwoo steers.
- Table 16. Effects of different ADF levels in the ration on ADF intake and ADF requirement during overall feeding period of Hanwoo steers.
- Table 17. Effects of different ADF levels in the ration on NDF intake and NDF requirements during overall feeding period of Hanwoo steers.
- Table 18. Effects of different ADF levels in the ration on carcass characteristics of Hanwoo steers.
- Table 19. Effects of different ADF levels in the ration on physico-chemical characteristics of carcasses of Hanwoo steers.
- Table 20. Effects of different ADF levels in the ration on fatty acid composition in longissimus muscle of Hanwoo steers.

- Table 21. Effects of different ADF levels in the ration on melting point and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Table 22. Crude fat contents in longissimus muscle and marbling degree in Hanwoo steers used in the experiment.
- Table 23. Chemical composition of concentrates used for control group.
- Table 24. Chemical composition of concentrates used for treatment group.
- Table 25. Chemical composition of roughages used for both control and treatment group.
- Table 26. Effects of different protein levels in the concentrates on the performances of Hanwoo steers during overall feeding period.
- Table 27. Effects of different protein levels in the concentrates on crude protein intake of Hanwoo steers during overall feeding period.
- Table 28. Effects of different protein levels in the concentrates on TDN intake of Hanwoo steers during overall feeding period.
- Table 29. Effects of different protein levels in the concentrates on carcass characteristics of Hanwoo steers.
- Table 30. Effects of different protein levels in the concentrates on physicochemical characteristics of Hanwoo steers.
- Table 31. Effects of different protein levels in the concentrates on fatty acid composition of longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Table 32. Effects of different protein levels in the concentrates on melting point and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Table 33. Crude fat contents in longissimus muscle and marbling degree in Hanwoo steers used in the experiment.
- Table 34. Marbling degree, chemical composition, melting point, and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers
- Table 35. Marbling degree and crude fat contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Table 36. Fatty acid composition of longissimus muscle in Hanwoo steers.

List of Figures

- Fig. 1. A representative chromatogram for the analysis of cholesterol in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 2. Cholesterol contents depending on marbling degree in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 3. Relationship between marbling degree and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 4. Correlation between marbling degree and cholesterol contents in longissimus muscle of Angus steers.
- Fig. 5. Relationship between marbling degree and cholesterol contents in longissimus muscle of American Wagyu steers.
- Fig. 6. Radioisotope activity from labeled fatty acids which esterified with cholesterol in cultured intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers.
- Fig. 7. Morphological changes in intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers and cultured with extracts from pine needle, mugwort, persimmon leave, licorice, and cinnamome.
- Fig. 8. Effects of plant extracts on the activities of glycerol-3-phosphate dehydrogenase (GPDH) in cultured intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers.
- Fig. 9. Effects of plant extracts on triglyceride contents in cultured intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers.
- Fig. 10. Effects of plant extracts on the expression of acyl-CoA:cholesterol acyltransferase(ACAT) gene in cultured intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers.
- Fig. 11. Cytotoxicity of natural extracts on intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers determined by MTT assay.
- Fig. 12. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of palmitic acid(C16:0) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 13. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of palmitoleic acid(C16:1) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 14. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of stearic acid(C18:0) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers.

- Fig. 15. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of oleic acid(C18:1) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 16. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of palmitic acid(C16:0) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 17. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of palmitoleic acid(C16:1) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 18. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of stearic acid(C18:0) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 19. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of oleic acid(C18:1) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 20. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of palmitic acid(C16:0) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 21. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of palmitoleic acid(C16:1) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 22. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of stearic acid(C18:0) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 23. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of oleic acid(C18:1) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 24. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of palmitic acid(C16:0) contents and cholesterol in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 25. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of palmitoleic acid(C16:1) contents and cholesterol in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 26. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of stearic acid(C18:0) contents and cholesterol in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 27. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of oleic acid(C18:1) contents and cholesterol in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 28. Relationship between crude fat and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 29. Relationship of palmitic acid(C16:0) and melting point of fat extracted from longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 30. Relationship of palmitoleic acid(C16:1) and melting point of fat extracted from longissimus muscle of Hanwoo steers.

- Fig. 31. Relationship of stearic acid(C18:0) and melting point of fat extracted from longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 32. Relationship of oleic acid(C18:1) and melting point of fat extracted from longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 33. Relationship of palmitic acid(C16:0) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 34. Relationship of palmitoleic acid(C16:1) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 35. Relationship of stearic acid(C18:0) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 36. Relationship of oleic acid(C18:1) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.
- Fig. 37. Pathways for the synthesis of mevalonate from acetyl-CoA.
- Fig. 38. Pathways for the synthesis of squalene from mevalonate.
- Fig. 39. Pathways for the synthesis of cholesterol from squalene.

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발의 목적 및 필요성

1. 기술적 측면

1992년 쇠고기 수입 및 2001년 생우 수입 자유화에 이어 2007년도에는 한.미 FTA가 전격적으로 타결됨으로써, 한우 산업은 그야말로 위기의 시대를 맞이하고 있다.

그러나, 한우의 유전적, 생리적 특성을 잘 이용하여 고품질의 한우육을 생산한다면 한우는 국제 경쟁력이 있으며, 한우의 차별화에 산.학.관.연이 전력투구하여야 할 것이다.

현재까지 한우에서 고급육을 생산하기 위해서는, 4-5개월령에 입식과 함께 거세장기 비육이 권장.실시되고 있다. 그러나, 고급육을 생산하기 위해서는 근내지방도를 증가시켜야 하며, 이는 필연적으로 쇠고기내 과다한 지방의 축적을 수반하게 된다.

쇠고기내 과다한 지방, 특히 콜레스테롤,은 소비자, 즉 인간의 건강과 불가분의 관계를 지니며, 심장병과 고혈압을 비롯한 각종 대사성 질환의 주요 원인이다. 따라서, 소비자의 입장에서 “건강한” 먹거리로서의 쇠고기를 생산하여야 하며, 이에 따라 콜레스테롤 함량은 낮고 육질은 우수한 고품질의 쇠고기 생산 기술 개발이 절실하다.

현재 우리나라나 외국의 저콜레스테롤 축산물 생산을 위한 연구는 대부분 우유나 계란에 한정되어 있으며, 한우 쇠고기내 콜레스테롤 함량에 관한 기초자료나 근내지방도와 콜레스테롤의 관계에 대한 자료는 매우 제한되어 있다.

2. 경제·산업적 측면

농촌경제연구원이 예측한 올해 쇠고기 공급량은 생산량 및 수입량 증가로 2006년 보다 13.6% 증가한 409,000톤으로 전망되며, 쇠고기 소비 역시 2006년 보다 16.3% 증가한 384,000톤으로 전망된다. 이와 함께 올해는 미국산 쇠고기 수입이 부분적으로 이루어질 것으로 보이고 국제 쇠고기 가격 하락과 환율하락으로 국내 수입가격 또한 하락할 것으로 보여 호주산을 비롯한 쇠고기 수입량은 2006년 보다 19.9% 증가한 211,000톤으로 전망된다. 국내 쇠고기 생산량도 도축물량 증가로 2006년 보다 7.7% 증가한 168,000톤으로 예상된다.

2007년 1인당 쇠고기 소비량은 소득증가와 쇠고기 가격 하락으로 2006년 보다 16.2% 증가한 7.9kg으로 전망되고, 쇠고기 수입량이 증가하면서 쇠고기 자급율은 43.7%로 하락할 것으로 보인다.

3. 사회·문화적 측면

한우는 우리 고유의 유전자원으로서, 타 축종(젓소, 돼지)은 대부분 외국의 기술과 자본으로 개량된 품종을 국내에 도입되었으나, 한우는 우리의 기술과 자본으로 연구하고, 우리 고유의 유전자원으로 보존하여야 한다. 특히 수입개방화 시대에 살아남기 위해서는 차별화 전략이 절대적으로 필요하며, 이러한 기술이 농가에 보급·확산된다면, 고생을 하더라도 한우를 사육하면 그만큼 보상이 반드시 뒤따른다는 인식이 확산되고, 어떠한 난관이 닥치더라도 한우산업은 굳건히 유지가 될 것이다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

전술한 바와 같이 우리나라의 경우 고급육 생산으로 한우의 국제경쟁력을 제고하기 위하여 노력하고 있다. 그러나 거세에 이은 장기비육은 성장 지연 및 과도한 지방의 침착으로 생산자 및 일부 소비자들로부터 충분한 인식을 얻지 못하고 있다.

성인 일일 에너지 섭취량의 30-40%를 식육으로부터 얻고 있는 미국이나 서구의 경우, 쇠고기내 가급적 지방이 적은 것을 선호한다(Table 1). 나아가서 최근에는 인체에 유익한 성분을 함유한 쇠고기 즉 “건강한 쇠고기”의 생산에 대한 요구가 높아져 가고 있으며, 실제 이를 이용한 브랜드들이 증가하고 있는 추세이다.

우리나라와 여러 측면에서 유사한 상황을 지니고 있는 이웃 일본의 경우, 단순한 근내지방도의 증가 뿐만 아니라 소비자의 소비 패턴에 맞춘 다양한 지방함량을 지닌 쇠고기를 생산하고 있으며, 특히 일본 화우가 지닌 장점을 인체에 유익한 쇠고기 생산과 연결시키려는 시도가 이루어지고 있다.

Table 1. Relationship between fat contents in longissimus muscle and marbling degree standard in Korea, Japan, and United States.

| Fat, % | Marbling degree standard | | |
|--------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| | Korea ¹⁾ | Japan ²⁾ | United States ³⁾ |
| 0-1 | | | Practically devoid |
| 2-3 | | | Traces |
| 3-4 | | 1 | Slight |
| 4-5 | | | Small |
| 6-7 | | 2 | Modest |
| 7-8 | 1 | 3 | |
| 8-9 | 2 | 4 | Moderate |
| 9-10 | 3 | 5 | Slightly abundant |
| 11-12 | 4 | 6 | Moderately abundant |
| 12-15 | 5 | 7 | Abundant |
| 15-17 | 6 | 8 | |
| 17-19 | 7 | 9 | |
| 19-21 | 8 | 10 | |
| 21-23 | 9 | 11 | |
| 23- | | 12 | |

¹⁾ Longissimus muscle between 13th thoracic vertebrae and 1st lumbar vertebrae.

²⁾ Longissimus muscle between 6th and 7th thoracic vertebrae.

³⁾ Longissimus muscle between 12th and 13th thoracic vertebrae.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 육우에 있어서 근내지방도와 콜레스테롤 함량의 상관관계 구명

1. 한우의 등심내 콜레스테롤 함량과 근내지방도의 상관관계 구명

가. 재료 및 방법

1) 공시동물

인근 도축장에서 도축된 한우 도체를 대상으로 한우 근내지방도 단계별로 총 61두에 대하여 등심 샘플을 채취하였다(Table 2). 그러나, 현행 축산물등급판정세부기준에 따른 최고 근내지방도인 "9"는 출하축이 없었던 관계로 샘플을 구할 수 없었다.

Table 2. Number of samples for each marbling degree to analyze cholesterol contents in Hanwoo steers.

| Marbling degree | No. of samples |
|-----------------|----------------|
| 1 | 10 |
| 2 | 10 |
| 3 | 9 |
| 4 | 9 |
| 5 | 6 |
| 6 | 7 |
| 7 | 6 |
| 8 | 4 |
| 9 | - |
| Total | 61 |

2) 조사항목

가) 근내지방도

도체는 24시간 냉장 후 “축산물등급판정세부기준” (농림부고시 제2004-10호; 2004.3.19)에 따라 육량형질(냉도체중, 등지방두께, 등심면적)과 육질형질(근내지방도,

육색, 지방색, 조직감, 성숙도)를 측정하였다.

나) 콜레스테롤 함량 분석

기본적으로는 Rule 등(2002)의 방법에 따라 실시하였다.

근내지방도 단계별로 채취한 한우 등심 샘플을 냉동건조 시킨 후, 3ml의 ethanol 과 1ml의 33% KOH를 첨가하였다. 85°C water bath에서 60분 동안 중탕한 후 흐르는 물에 약 10분 동안 냉각시켰다. 3ml의 증류수, 2ml의 hexane, 1ml의 stigmasterol을 함유한 hexane을 첨가하였다. Stigmasterol이 함유된 hexane 첨가 시, 각 sample에 첨가하는 hexane의 무게를 기록하였다. 상층액을 pasteur pipette을 이용하여 gas chromatograph(GC)용 vial에 옮긴 후, TMS 유도체 반응을 실시하였으며, 이후 GC vial에 증류수 400 μ l를 첨가시켜 TMS 유도체화 과정에서 남아있는 물질들을 증류수에 녹였다. 분리된 상층액을 pasteur pipette을 이용하여 깨끗한 GC vial에 담은 다음, GC로 분석하였다(Fig. 1).

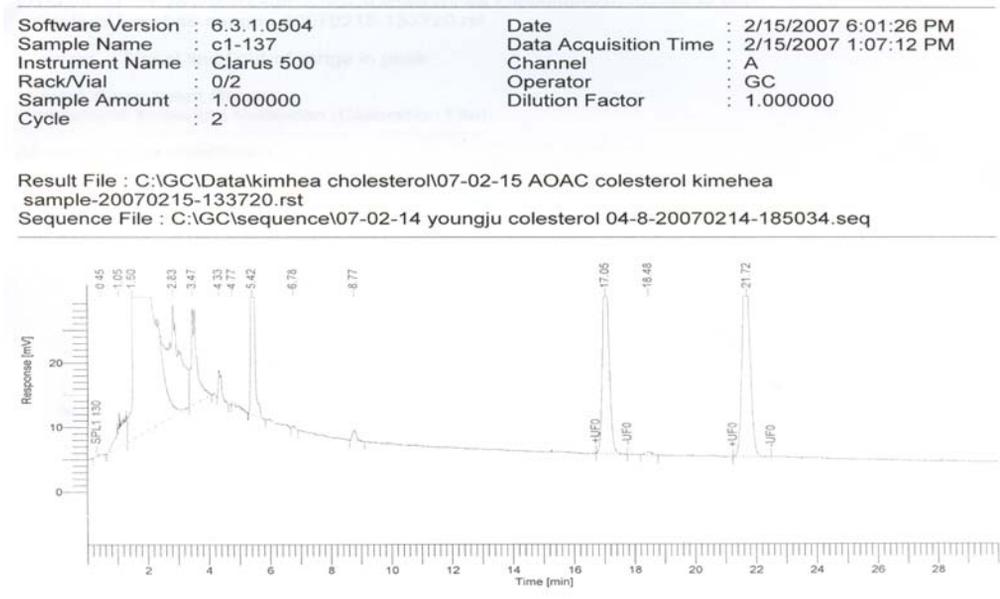


Fig. 1. A representative chromatogram for the analysis of cholesterol in longissimus muscle of Hanwoo steers. (The peak at 17.05 min retention time was identified as "Cholesterol" and the one at 21.72 min was identified as "Stigmasterol" used for negative control)

나. 결과 및 고찰

1) 한우의 등심내 콜레스테롤 함량

지역의 도축장으로부터 채취한 61두의 한우 거세우 등심내 콜레스테롤의 함량은 Table 3에 나타난 바와 같이, 32.36 mg/100g부터 75.42 mg/100g까지 개체별로 광범위한 분포를 나타내었다.

Table 3. Cholesterol contents in Hanwoo steers sampled from local meat packer.

| Animal ID | Marbling degree | Cholesterol, mg/100g | Animal ID | Marbling degree | Cholesterol, mg/100g |
|-----------|-----------------|----------------------|-----------|-----------------|----------------------|
| 1 | 1 | 45.33 | 32 | 3 | 56.46 |
| 2 | 8 | 53.26 | 33 | 3 | 48.28 |
| 3 | 1 | 41.67 | 34 | 5 | 49.39 |
| 4 | 2 | 50.20 | 35 | 6 | 41.85 |
| 5 | 3 | 51.68 | 36 | 3 | 51.67 |
| 6 | 1 | 37.66 | 37 | 4 | 45.40 |
| 7 | 2 | 44.23 | 38 | 8 | 42.35 |
| 8 | 1 | 43.16 | 39 | 6 | 49.23 |
| 9 | 1 | 43.25 | 40 | 8 | 42.06 |
| 10 | 1 | 46.30 | 41 | 5 | 58.17 |
| 11 | 1 | 32.63 | 42 | 5 | 61.68 |
| 12 | 5 | 53.12 | 43 | 7 | 60.09 |
| 13 | 2 | 40.08 | 44 | 7 | 67.84 |
| 14 | 7 | 56.28 | 45 | 4 | 57.57 |
| 15 | 1 | 45.96 | 46 | 3 | 57.37 |
| 16 | 2 | 48.12 | 47 | 3 | 49.49 |
| 17 | 4 | 48.87 | 48 | 6 | 75.42 |
| 18 | 6 | 53.59 | 49 | 4 | 41.31 |
| 19 | 1 | 45.80 | 50 | 5 | 52.83 |
| 20 | 5 | 53.26 | 51 | 4 | 50.23 |
| 21 | 2 | 50.67 | 52 | 6 | 45.77 |
| 22 | 1 | 45.86 | 53 | 4 | 60.09 |
| 23 | 2 | 44.72 | 54 | 6 | 59.72 |
| 24 | 2 | 43.01 | 55 | 3 | 48.25 |
| 25 | 2 | 46.47 | 56 | 3 | 51.81 |
| 26 | 4 | 44.07 | 57 | 3 | 50.65 |
| 27 | 4 | 52.63 | 58 | 6 | 56.30 |
| 28 | 7 | 60.95 | 59 | 7 | 54.29 |
| 29 | 2 | 44.69 | 60 | 7 | 52.39 |
| 30 | 8 | 68.05 | 61 | 4 | 51.26 |
| 31 | 2 | 41.70 | Mean ± SE | 3.92 ± 0.28 | 50.42 ± 0.98 |

2) 한우의 근내지방도와 콜레스테롤의 상관관계

전술한 Table 3의 자료를 근내지방도별로 다시 정리해 보면 Table 4와 같다.

Table 4에 나타난 바와 같이, 한우 거세우의 경우 근내지방도가 “1”에서 “8”로 증가함에 따라 콜레스테롤 함량이 각 등급별 평균 42.76 mg/100g에서 51.43 mg/100g으로 증가함을 알 수 있었다.

Fig. 2는 위 Table 3을 다시 근내지방도별로 막대그래프로 나타낸 것으로써, 근내지방도별 콜레스테롤 함량을 보다 명확하게 알 수 있다. 전체적으로 한우 거세우의 근내지방도가 증가할수록 등심 내 콜레스테롤 함량이 증가하는 경향이었으며, 특히 근내지방도 7의 경우 평균 콜레스테롤 함량이 58.64를 나타내어 가장 높은 콜레스테롤 수치를 보였다.

Fig. 3은 위 자료들을 종합하여, 근내지방도와 콜레스테롤의 상관관계를 수식으로 나타낸 것으로써,

$$y = 1.887x + 43.024(R^2 = 0.2957)$$

y = 콜레스테롤 함량, x = 근내지방도

비록 높은 상관관계는 아니지만($R^2 = 0.2957$) 한우 거세우에 있어서 근내지방도와 콜레스테롤 함량 간에는 정(+)의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

Table 4. Cholesterol contents depending on marbling degree in Hanwoo steers

| Marbling degree | Cholesterol, mg/100g | Marbling degree | Cholesterol, mg/100g |
|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| 1 | 45.33 | 4 | 45.40 |
| 1 | 41.67 | 4 | 57.57 |
| 1 | 37.66 | 4 | 41.31 |
| 1 | 43.16 | 4 | 50.23 |
| 1 | 43.25 | 4 | 60.09 |
| 1 | 46.30 | 4 | 51.26 |
| 1 | 32.63 | Mean ± SE | 50.16 ± 2.04 |
| 1 | 45.96 | 5 | 53.12 |
| 1 | 45.80 | 5 | 53.26 |
| 1 | 45.86 | 5 | 49.39 |
| Mean ± SE | 42.76 ± 1.41 | 5 | 58.17 |
| 2 | 50.20 | 5 | 61.68 |
| 2 | 44.23 | 5 | 52.83 |
| 2 | 40.08 | Mean ± SE | 54.74 ± 1.47 |
| 2 | 48.12 | 6 | 53.59 |
| 2 | 50.67 | 6 | 41.85 |
| 2 | 44.72 | 6 | 49.23 |
| 2 | 43.01 | 6 | 75.42 |
| 2 | 46.47 | 6 | 45.77 |
| 2 | 44.69 | 6 | 59.72 |
| 2 | 41.70 | 6 | 56.30 |
| Mean ± SE | 45.39 ± 1.10 | Mean ± SE | 54.55 ± 4.18 |
| 3 | 51.68 | 7 | 56.28 |
| 3 | 56.46 | 7 | 60.95 |
| 3 | 48.28 | 7 | 60.09 |
| 3 | 51.67 | 7 | 67.84 |
| 3 | 57.37 | 7 | 54.29 |
| 3 | 49.49 | 7 | 52.39 |
| 3 | 48.25 | Mean ± SE | 58.64 ± 2.28 |
| 3 | 51.81 | 8 | 53.26 |
| 3 | 50.65 | 8 | 68.05 |
| Mean ± SE | 51.74 ± 1.08 | 8 | 42.35 |
| 4 | 48.87 | 8 | 42.06 |
| 4 | 44.07 | Mean ± SE | 51.43 ± 6.12 |
| 4 | 52.63 | | |

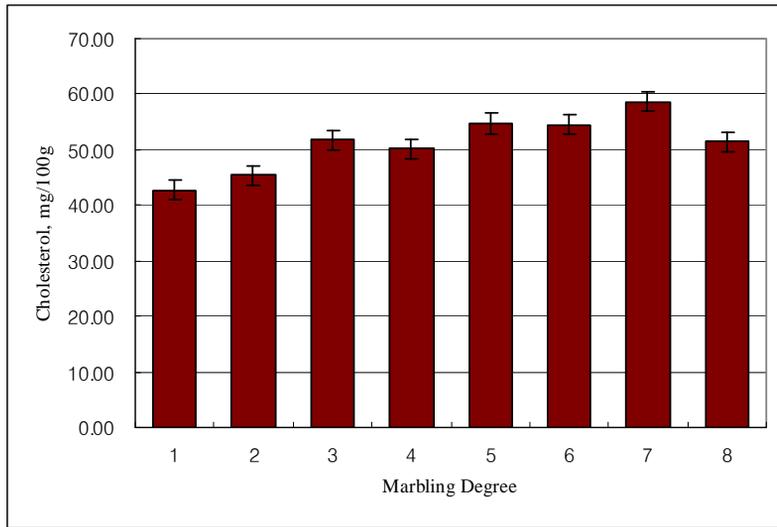


Fig. 2. Cholesterol contents depending on marbling degree in longissimus muscle of Hanwoo steers.

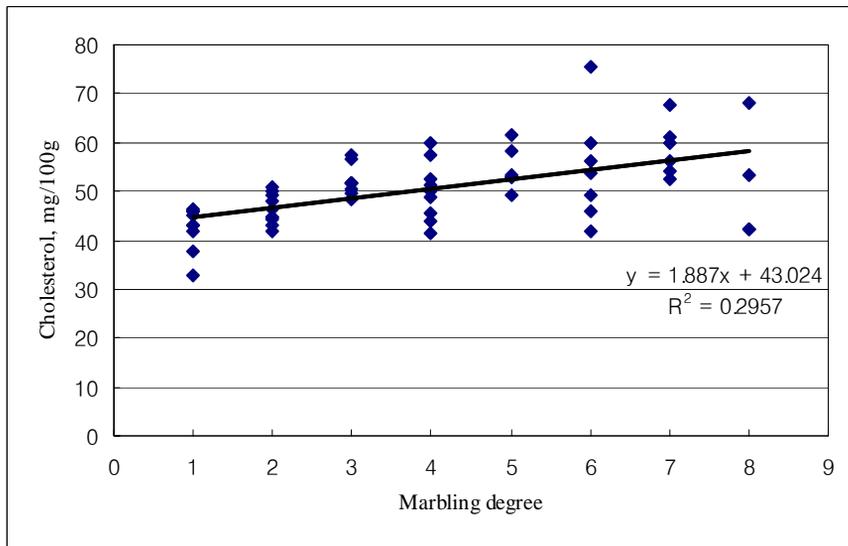


Fig. 3. Relationship between marbling degree and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.

2. 앵거스 및 화우의 등심내 콜레스테롤 함량과 근내지방도의 상관관계 구명

가. 재료 및 방법

1) 공시동물

Texas A & M 대학 부속 목장(McGregor Center, Waco, Texas, USA)에서 비육한 앵거스 45두 및 화우 46두에 대하여 등심 샘플을 채취하였다. 단, 샘플 채취는 미국 육류등급 판정을 위한 절개 부위인 12번과 13번 늑골 사이에서 실시하였다.

2) 조사항목

가) 근내지방도

미국의 경우, 근내지방도 단계는 전술한 Table 1에서와 같이 아래의 “9단계”로 나누어서 판정을 하게 되는데(Table 5), 근내지방도별 지방함량은 우리와는 비교가 되지 않을 정도로 적기 때문에 가장 낮은 근내지방도인 *practically devoid*의 경우 지방함량은 0-1%로써 거의 육안으로 식별이 되지 않을 정도로 낮은 지방 함량을 지니고 있다.

이러한 근내지방도와 실제 등급 판정과의 관계를 고찰해 보면, *slightly abundant* 이상이면 “Prime”, *modest* 이상이면 “Choice”, *slight* 이상이면 “Good”, *practically devoid* 정도면 “Standard” 정도의 육질 판정을 받게 된다.

Table 5. Marbling degree standard used in United States.

| Marbling Degree |
|---------------------|
| Practically Devoid |
| Traces |
| Slight |
| Small |
| Modest |
| Moderate |
| Slightly abundant |
| Moderately abundant |
| Abundant |

나) 콜레스테롤 함량 분석

전술한 한우에서의 분석 방법과 동일한 방법으로 분석하였다.

나. 결과 및 고찰

Table 6은 앵거스 거세우의 근내지방도별 콜레스테롤 함량을 나타낸 것으로써, 근내지방도가 가장 낮은 “Practically Devoid”의 경우 60.79 ± 4.52 mg/100g, 근내지방도가 가장 높은 “Abundant”의 경우 78.02 ± 3.52 mg/100을 나타내어, 근내지방도가 증가할수록 콜레스테롤 함량이 증가함을 알 수 있었다.

또한, 앵거스 거세우의 경우 한우 거세우 비하여 전체적으로 콜레스테롤 함량이 높은 것으로 판단되며, 특히 한우의 경우, Table 4에 나타낸 바와 같이, 조사 대상우 중 가장 높은 근내지방도인 “7”의 콜레스테롤 함량이 평균 58.64 ± 2.28 mg/100g을 나타낸 반면, 앵거스의 경우 근내지방도가 가장 낮은 “Practically Devoid”가 60.79 ± 4.52 mg/100g을 나타냄으로써, 육우의 품종별 콜레스테롤 함량에 차이를 나타내었다.

이러한 콜레스테롤 함량의 차이는, 한우가 차별화된 품질로 국제 경쟁력을 확보할 수 있는 중요한 연구 결과로 판단된다.

Table 6. Cholesterol contents in longissimus muscle of Angus steers for each marbling degree.

| Marbling Degree | Cholesterol, mg/100g |
|---------------------|----------------------|
| Practically Devoid | 60.79 ± 4.52 |
| Traces | 62.55 ± 3.52 |
| Slight | 65.88 ± 2.85 |
| Small | 68.54 ± 1.45 |
| Modest | 67.23 ± 3.52 |
| Moderate | 68.85 ± 4.55 |
| Slightly abundant | 73.22 ± 2.73 |
| Moderately abundant | 75.66 ± 2.44 |
| Abundant | 78.02 ± 3.52 |

Fig. 4는 앵거스 거세우의 근내지방도와 콜레스테롤 함량간의 상관관계를 나타낸 것으로써, 전체적으로 근내지방도가 증가할수록 콜레스테롤 함량이 증가한다는 측면에서는 전술한 한우 거세우의 경우와 유사하나, 기울기가 한우의 경우 보다 급박하여($R^2=0.3424$) 근내지방도와 콜레스테롤 함량간의 상관관계가 한우에서 보다 더욱 확실한 것으로 나타났다.

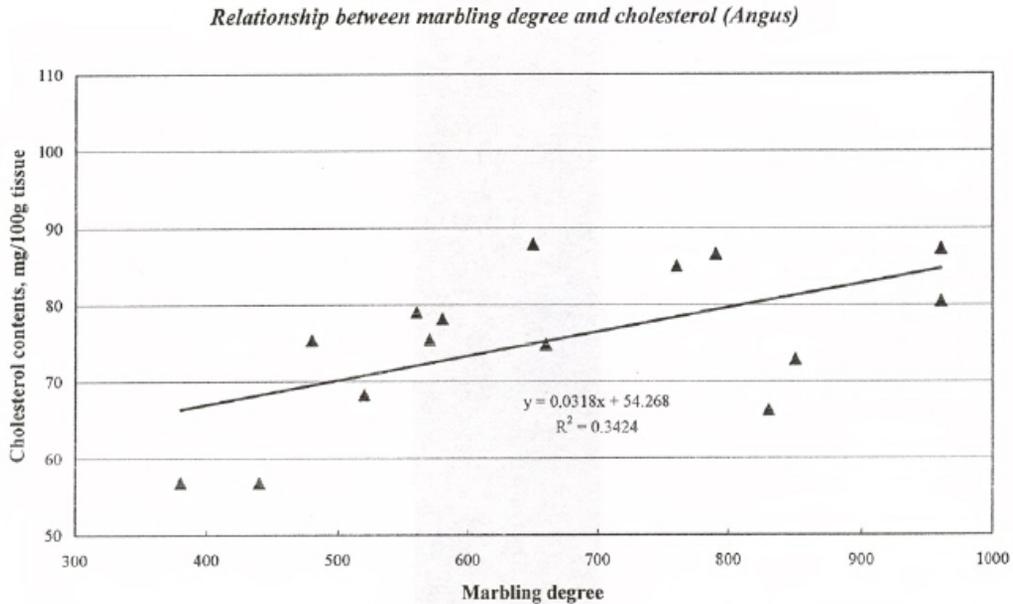


Fig. 4. Relationship between marbling degree and cholesterol contents in longissimus muscle of Angus steers.

Table 7은 앵거스 거세우의 등심내 지방산 조성을 나타낸 것으로써, 주요 포화지방산인 palmitic acid(C16:0)와 stearic acid(C18:0)가 각각 27.18 및 13.04%를 차지하였으며, 주요 불포화지방산인 palmitoleic acid(C16:1)와 oleic acid(C18:1)가 각각 4.51과 37.82%를 차지하여 단일불포화지방산대 포화지방산의 비율이 1.03을 나타내었다.

이러한 앵거스 거세우의 등심내 지방산의 비율은 May 등(1993)이 발표한 자료와 유사한 결과를 나타내었다.

Table 7. Fatty acid composition in longissimus muscle of Angus steers.

| Fatty acids | % |
|--------------------|--------------|
| C _{14:0} | 3.51 ± 0.14 |
| C _{14:1} | 1.60 ± 0.20 |
| C _{15:0} | 0.33 ± 0.02 |
| C _{16:0} | 27.18 ± 0.44 |
| C _{16:1} | 4.51 ± 0.54 |
| C _{17:0} | 0.50 ± 0.03 |
| C _{18:0} | 13.04 ± 1.52 |
| C _{18:1} | 37.82 ± 1.14 |
| C _{18:2} | 2.03 ± 0.13 |
| C _{18:3} | 0.11 ± 0.02 |
| C _{20:0} | 0.42 ± 0.03 |
| C _{20:1} | 0.18 ± 0.03 |
| SFA ¹⁾ | 44.24 ± 1.87 |
| UFA ²⁾ | 48.35 ± 1.59 |
| MUFA ³⁾ | 45.60 ± 0.12 |
| UFA : SFA | 1.08 ± 0.08 |
| MUFA : SFA | 1.03 ± 0.07 |

¹⁾ Saturated fatty acid

²⁾ Unsaturated fatty acid

³⁾ Mono-unsaturated fatty acid

Table 8은 동일한 시기에 Texas A & M 대학에서 사육한 Crossbred Wagyu(3/4 및 7/8), 즉, Amerian Wagyu, 거세우의 근내지방도와 콜레스테롤 함량을 나타낸 것이다.

Wagyu 거세우의 근내지방도 단계별 콜레스테롤 함량은, "Practically Devoid"의 경우 60.28 ± 6.29 mg/100g, "Abundant"의 경우 75.42 ± 3.32 mg/100g을 나타내어 전체적으로 앵거스 거세우와 비슷하였으나, 역시 한우 보다는 각 근내지방도 등급별 콜레스테롤 함량이 높게 나타났다.

Fig. 5는 Wagyu 거세우에서 근내지방도와 콜레스테롤 함량의 상관관계를 나타낸 것으로써, 근내지방도가 증가할 수록 콜레스테롤 함량이 증가하는 경향이었으나, 상관관계가 크지는 않았다(R²=0.2114).

Table 8. Cholesterol contents in longissimus muscle of American Wagyu steers for each marbling degree.

| Marbling Degree | Cholesterol, mg/100g tissue |
|---------------------|-----------------------------|
| Practically devoid | 62.66 ± 2.35 |
| Traces | 60.28 ± 6.29 |
| Slight | 64.88 ± 3.22 |
| Small | 63.98 ± 2.23 |
| Modest | 66.75 ± 1.30 |
| Moderate | 67.53 ± 5.37 |
| Slightly abundant | 65.85 ± 3.17 |
| Moderately abundant | 73.23 ± 1.35 |
| Abundant | 75.42 ± 3.32 |

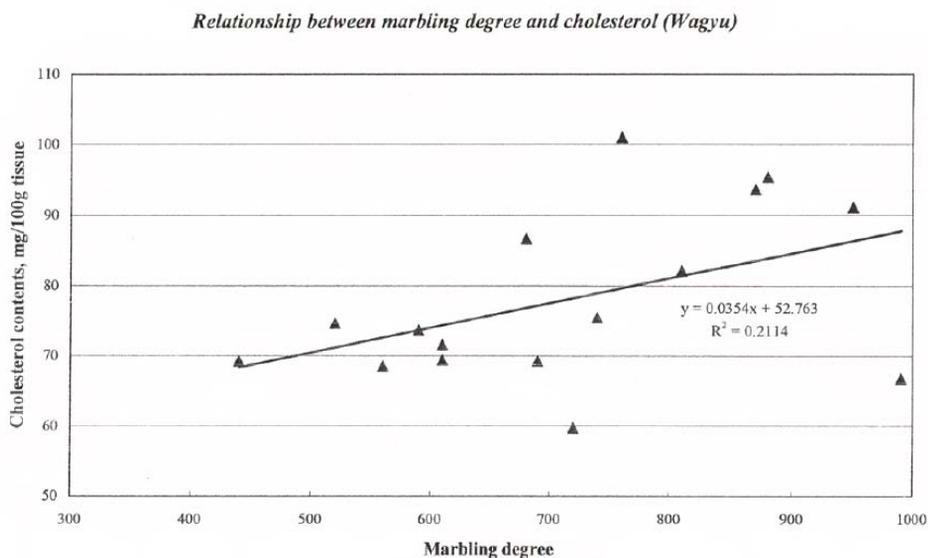


Fig. 5. Relationship between marbling degree and cholesterol contents in longissimus muscle of American Wagyu steers.

Table 9는 Crossbred Wagyu 거세우 등심내 지방산 조성을 나타낸 것으로써, 주요 포화지방산인 palmitate와 stearate가 각각 25.58 및 14.61%를 차지하였으며, 주요 불포화지방산인 palmitooleic acid와 oleic acid가 각각 4.49과 40.24%를 차지하여 단일불포화지방산대 포화지방산의 비율이 1.10을 나타내었다.

Table 9. Fatty acid composition in longissimus muscle of American Wagyu steers.

| Fatty acid | % |
|--------------------|--------------|
| C _{14:0} | 2.92 ± 0.14 |
| C _{14:1} | 1.51 ± 0.17 |
| C _{15:0} | 0.42 ± 0.05 |
| C _{16:0} | 25.58 ± 0.44 |
| C _{16:1} | 4.49 ± 0.53 |
| C _{17:0} | 0.55 ± 0.04 |
| C _{18:0} | 14.61 ± 2.73 |
| C _{18:1} | 40.24 ± 1.32 |
| C _{18:2} | 2.29 ± 0.11 |
| C _{18:3} | 0.18 ± 0.04 |
| C _{20:0} | 0.42 ± 0.05 |
| C _{20:1} | 0.29 ± 0.04 |
| SFA ¹⁾ | 43.67 ± 2.64 |
| UFA ²⁾ | 51.89 ± 1.74 |
| MUFA ³⁾ | 47.87 ± 0.13 |
| UFA : SFA | 1.17 ± 0.09 |
| MUFA : SFA | 1.10 ± 0.06 |

¹⁾ Saturated fatty acid

²⁾ Unsaturated fatty acid

³⁾ Monounsaturated fatty acid

이러한 결과는 May 등(1993)이 Wagyu의 경우 MUFA/SFA가 1.17이라고 보고한 자료에 비해서는 다소 낮은 수치를 나타내었으나, 전체적으로 유사한 결과를 나타낸 것으로 판단되며, 특히 주요 불포화지방산이면서 쇠고기의 “맛” 또는 “풍미”와 관련이 있다고 알려진 oleic acid의 경우 앵거스 거세우에 비하여 Crossbred Wagyu에서 높은 함량을 나타내었다.

제 2 절 콜레스테롤 축적에 대한 한우 고유의 생리적 메카니즘 구명 및 콜레스테롤 조절을 위한 물질 탐색

1. 한우에 있어서 콜레스테롤 de novo synthesis 메카니즘 구명

가. 재료 및 방법

1) 지방조직

인근 도축장에서 도축한 한우의 온도체로부터 제13번 흉추와 제1번 요추 사이의 등심을 5cm 두께로 절단하여 채취한 등심을 42°C PBS 용액에 넣어 즉시 실험실로 운반하였다. 실험실로 운반한 등심으로부터 지방조직을 별도로 분리한 다음, 본 실험실 관행에 따라 세포배양을 실시하였다. 세포배양은 기본적으로 10% FBS를 함유한 DMEM을 이용하였다.

2) 조사항목

가) 콜레스테롤 합성을 위한 기질 지방산 조사

배양 중인 지방조직에 3 ml의 KRB buffer(pH 7.4), 5 mM sodium acetate, 5 mM glucose, 10 mM HEPES 및 1 uCi[U-¹⁴C] fatty acyl Co-A를 첨가하여 2시간 동안 배양하였다. 배양이 끝나면 3 ml의 5% trichloroacetic acid를 첨가하여 반응을 중지시켰다. 지방세포를 0.154 M NaCl과 Krebs-Henseleit bicarbonate buffer로 씻은 후, 콜레스테롤을 Folch 등(1957)의 방법으로 추출한 다음, 용매를 날려 보낸 후 10 ml scintillation cocktail을 첨가 후 방사성 동위원소의 활성을 scintillation counter를 이용해서 측정하였다. 결과는 콜레스테롤 에스테르에 유입된 ¹⁴C-labeled fatty acyl Co-A의 량을 2시간 /10⁵개의 지방세포 단위로 계산하였다.

나. 결과 및 고찰

Fig. 6은 한우 거세우로부터 추출한 근내지방세포를 배양하면서 콜레스테롤과 에스테르 결합을 하는 지방산을 종류별로 조사한 결과를 나타낸 것으로서, 콜레스테롤과 결합하는 지방산 중 myristic acid(C14:0), palmitic acid(C18:0), 및 stearic acid(C18:0)는 아무런 지방산을 첨가하지 않은 Control과 유사한 수준의 ester 결합을 나타내었으며, oleic acid(C18:1) 유래 방사성 동위원소가 높게 나타남으로써, oleic acid가 콜레스테롤과 에스테르 결합을 이루고 있는 거의 유일한 지방산인 것으로 나타났다.

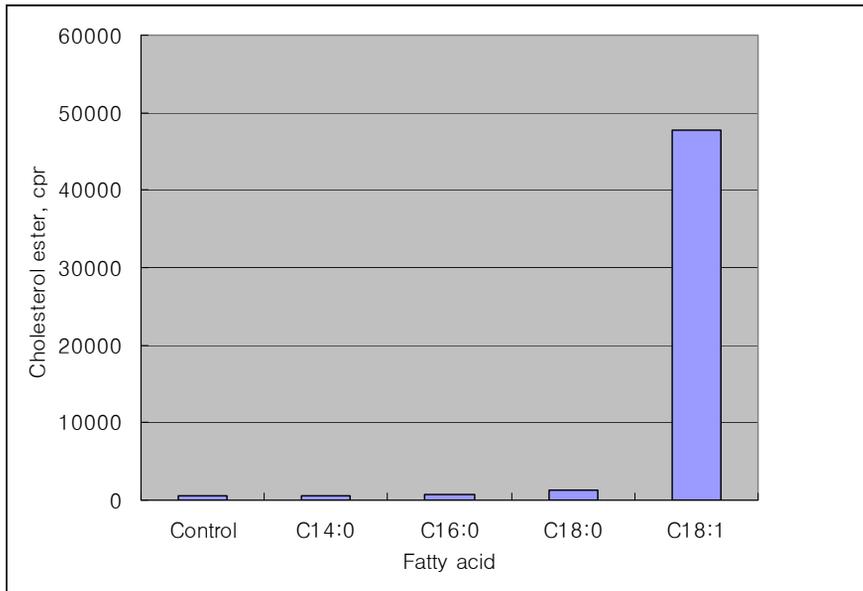


Fig. 6. Radioisotope activity from labeled fatty acids which esterified with cholesterol in cultured intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers. (unit; cpm)

이러한 결과는 Chen(2001)이 “스테롤 흡수의 분자생물학적 메카니즘”이라는 review 논문에서 밝힌 바와 같이 동물의 간장 또는 지방세포에 막 성분 이외에 저장 지방 형태로 존재하는 콜레스테롤의 경우 대부분이 oleic acid와 ester 결합을 하고 있다고 밝힌 바와도 같은 것으로써, 이는 단순하게 콜레스테롤과 지방산 ester 결합을 밝혔다는 차원을 넘어서 한우의 고급육 생산과 콜레스테롤의 관계에 대하여 여러 측면에서 다양한 해석을 하여야 할 것으로 생각된다.

즉, 한우의 고급육 특히 “맛”이나 “풍미”의 차별화로 이어지는 고급육의 생산을 위해서는 근내지방도의 증가 뿐만 아니라 그러한 표현형에 가장 큰 영향을 미치는 “oleic acid”의 함량을 증가시켜야 하는데, oleic acid는 콜레스테롤과 불가분의 관계를 가지고 육우의 체내 저장된다. 이는 앞선 결과에서 살펴보았듯이, 한우, 앵거스 및 Crossbred Wagyu 등 모든 비육우 품종에서 근내지방도와 콜레스테롤 함량 간에 크지는 않지만 정(+)의 상관관계가 있었고, 이는 모두 oleic acid 함량의 증가와 무관하지 않다.

이는 당초 한우에서는 타 품종의 육우와는 다른 생리적 메카니즘이 존재하여 oleic acid외에 다른 fatty acyl CoA를 콜레스테롤 ester 합성을 위해 이용할 수 있을 것이라는 개연성을 부정하는 결과로써, 향후 본 연구를 외부 물질을 이용한 콜레스테롤 합성 억제 보다는 각 지방산과 콜레스테롤의 상관관계 구명에 이어 현재 시행 중인 거세-장기비육의 큰 테두리 내에서 콜레스테롤 문제를 해결할 수 있는 방안으로 검토하는 근거를 제공하였다.

2. 콜레스테롤 합량 조절을 위한 물질 탐색

가. 재료 및 방법

1) 지방세포의 분리 및 배양

생후 24개월령 전후의 한우 거세우의 제13번 흉추와 제1번 요추 사이 등심을 5 cm 두께로 채취한 후, 42°C로 유지한 PBS(0.14M NaCl, 0.01M Na₂HPO₄, 2.68mM KCl, 1.76mM KH₂PO₄, pH 7.4) 200ml에 1% PS(Gibco BRL, USA)와 0.1% Fungizone(Gibco BRL, USA)을 250ml bottle에 넣고 실험실로 운반하였다. Clean bench에서 42°C를 유지하면서 collagenase(Sigma, USA) 40mg, BSA(Sigma, USA) 1.6g, KRB buffer(4ml/g tissue ; 0.77M NaCl, 0.77M KCl, 0.77M KH₂PO₄, 0.77M MgSO₄ · 7H₂O, 0.77M NaHCO₃, 0.275M CaCl₂ · 2H₂O, 0.3M glucose) 40ml로 구성된 collagenase digestion buffer를 첨가하여 세절하면서 혈관 및 결합조직을 제거하였다. Shaking water-bath에 90분간 42°C, 150rpm으로 digestion한 다음, 250µm nylon mesh에 여과한 후 42°C에서 5분간 정치시켜 상층부분을 걷어내고 미성숙 지방세포(immature preadipocyte)가 있는 하층부분만 취하여 상온에서 5분간, 2,000rpm으로 원심분리한 후 지방전구세포를 DMEM(Gibco BRL, USA), PS, Fungizone으로 구성된 washing media에 15ml씩 3회 washing하였다. 그 후 pellet에 DMEM/F-12 medium(Gibco BRL, USA), 10% FBS(HyClone[®], USA), 1% PS와 0.1% Fungizone으로 구성된 growth media를 첨가한 후 T-25 flask(25cm²)에 5% CO₂, 95% air, 37°C에서 culture하였다.

2) 콜레스테롤 합성 조절 물질 탐색

본 실험실에서는 10여년 이상 한우의 체지방 발달과 관련한 기초 연구를 실시해 오고 있을 뿐만 아니라, 한우의 근내지방세포의 분화(지방입자 축적)에 영향을 미치는 각종 요인들(호르몬, 탄수화물, 단백질, 지방, 광물질, 비타민 등)을 구명해오고 있다. 이러한 실험실의 연구 배경과 함께 최근에 대두되고 있는 천연물로부터 여러 가지 생리활성을 지닌 물질의 탐색이라는 주제를 아울러서, 지금까지 본 연구실에서 지방의 대사에 영향을 미친다고 판단된 천연물질을 한우 거세우의 체내 콜레스테롤 합성에 미치는 영향을 구명하고자 시험을 실시 하였다.

3) 조사항목

가) 형태학적 변화

지방세포의 분화는 Oil-red O와 hematoxylin으로 염색함으로써 세포질에서 지질입자의 존재를 확인할 수 있다.

분화가 이루어진 지방세포에 배지를 제거한 후 10% neutral buffer formalin(30mM

NaH₂PO₄ · H₂O, 54.6mM NaHPO₄, 37-40% formalin)으로 10분간 지방세포를 고정시킨 후, 흐르는 물에 washing하였다. 고정된 지방세포에 100% propylene glycerol을 2분간 처리한 다음, 다시 흐르는 물에 washing한 후에, 0.5% Oil-red O solution(Sigma, USA ; 0.5% Oil-red O in 100% propylene glycol)을 이용해서 어두운 곳에서 30분간 washing, 60% propylene glycerol을 이용해서 1분간 반응시킨 후, Harris' haematoxylin을 이용해서 염색하였다. 그 후, 50% glycerol을 바닥이 덮힐 정도로만 처리하여 염색된 지방세포를 현미경으로 관찰하였다.

나) Glycerol-3-phosphate dehydrogenase(GPDH) 활성도

GPDH는 glucose로부터 중성지방을 합성하는 과정에 관여하는 효소로서, 일반적으로 지방세포의 분화 판단을 위한 생화학적 지표 효소이다.

지방세포 분화 처리 14일 후 GPDH 활성도를 측정하여 분화정도를 확인하였다. 먼저 배양된 지방세포의 media를 제거한 후 PBS buffer로 2번 washing하였다. 그 후 homogenizing buffer(0.25M sucrose, 1mM Na₂EDTA · 2H₂O, 5mM Tris-base, 1mM dithiothreitol, pH 7.4)를 각 well당 500 μ l씩 넣은 후 rubber policeman을 이용하여 cell을 scraping하였다. 획득한 cell suspension을 sonifier(Sonics & Materials INC., USA)를 이용하여 40 watts, 10초간 sonication시킨 후, 12,500g, 4 $^{\circ}$ C에서 10분간 원심분리하였다. 획득한 상층액 100 μ l를 triethanolamine- EDTA premix(0.02M triethanolamine, 0.5mM Na₂EDTA · 2H₂O, pH 7.5) 8ml에 0.1mM β -mercaptoethanol, 0.176mM NADH, ddH₂O 4.8ml이 혼합된 assay buffer 800 μ l와 0.8mM dihydroxyacetone phosphate lithium solution(substrate) 100 μ l을 첨가하여 최종 volume이 1ml이 되도록 하여 spectrophotometer(SHIMADZU, UV-1601, Japan) 340nm에서 흡광도를 측정하였다. 1 unit의 효소 활성도는 분당 NADH 1.0 nmol의 산화에 해당되므로, 3분간의 흡광도 값의 변화를 측정한다(Kozak과 Jensen, 1974). GPDH 측정시에는 6-well plate와 사용되는 모든 시약을 4 $^{\circ}$ C 상태를 유지하며, assay buffer는 spectrophotometer를 이용하여 흡광도를 측정하기 5분 전에 상온에 두어 측정하였다. 단백질은 protein assay kit (Bio-rad, USA)를 사용하여 dye binding method로 측정하였다(Lowry 등, 1951).

다) Cholesterol 함량

배양이 완료된 지방세포로부터 지질을 추출(Folch 등, 1957)한 후, 콜레스테롤 산화 생성물을 분리(Zubillaga 등, 1991; Park 등, 1985)하고 분리된 콜레스테롤 산화물을 GC(gas chromatography)를 사용하여 콜레스테롤 함량을 분석한다. 콜레스테롤 분석을 위한 GC column은 0.32mm I.D.×30m length×0.33 μ m film thickness(Supelcowax 10 column)를 사용하며, 검출기는 불꽃 이온화 검출기를, 컬럼온도와 주입기 온도는 각각 260-270 $^{\circ}$ C, 280-300 $^{\circ}$ C로 한다. 운반기체는 헬륨을 사용하고 유속은 1.6ml/min로 한다. 시료의 주입량은 0.5 μ l씩 하여 cholesterol 함량을 측정한다.

라) 지방산 조성

지방산 분석은, 50ml screw tefron tube에 배양이 완료된 지방세포와 Folch solution Methanol 20ml 및 standard로 lauric acid 2mg 첨가한 뒤 overnight시킨 후, 0.97% salt(5ml)를 추가로 주입하여 원심분리 시킨다. 그 후, 얻어진 하층액을 methylation하여 GC(gas chromatography)로 분석한다.

마) ACAT gene expression

① 지방세포로부터 RNA 추출

포유동물의 세포는 보통 한 세포당 약 $10^5 \mu\text{g}$ RNA를 포함하고 있으며 이중 80~85%가 리보솜 RNA, 15~20% RNA가 tRNA, 1~5%가 mRNA로 이루어져 있다. 리보솜 RNA나 tRNA 등은 일정한 크기의 염기서열을 가지고 있기 때문에 전기영동, 초원심분리 및 chromatography에 의해 순수하게 분리할 수 있는 반면에 mRNA는 크기도 다양하고 많은 종류가 혼합되어 있기 때문에 한 종류의 mRNA를 순수하게 분리하기가 쉽지 않다. 그러나 진핵세포의 mRNA는 3' 말단에 poly A를 가지고 있기 때문에 리보솜 RNA나 tRNA 등으로부터 분리해낼 수 있다(Sambrook 등, 1989). 순수하고 완전한 RNA를 분리하는 것은 유전자를 cloning하고 유전자 발현을 분석하는데 매우 중요하다. 따라서 세포로 분리된 RNA는 dsDNA로 복제되어 cDNA library를 제조하는데 이용되고 이로부터 원하는 cDNA clone을 분리해 낼 수 있다(Palmiter, 1987).

6-well의 지방세포가 분화되면 RNA를 추출하였다. 6-well의 배양액을 비워낸 후 RNazol B(TEL-TEST Inc, USA)를 0.7ml 첨가하여 붙어있는 cell을 파괴시킨 후 1.5ml tube에 분주하고, chloroform을 $100 \mu\text{l/ml}$ 첨가하여 흔들어 섞은 후 ice에 5분간 둔 다음, 14,000rpm, 20min, 4°C에서 원심분리하였다.

원심분리 후에 RNA가 있는 상층액만 분리해 낸 다음 새 tube로 옮긴 후, iso-propanol을 상층액과 같은 비율로 첨가하고 가볍게 흔든 뒤에 ice에 15분간 두었다가 같은 방법으로 원심분리해서 pellet을 확인한 뒤 상층액을 버렸다.

75% ethanol을 $500 \mu\text{l}$ 첨가하고 12,000rpm, 8min, 4°C에서 원심분리하여 상층액을 비워낸 후에 clean bench에서 pellet을 건조시켰다. DEPC(Sigma, USA) water $30 \mu\text{l}$ 를 넣어 tapping으로 용해한 후 spectrophotometer(SHIMADZU, UV-1601, Japan)를 이용하여 260nm에서 흡광도(Optical-Density)를 측정하였다. RNA 농도가 확인되면 RNA가 degradation되지 않는가를 확인하기 위하여 RNA $1 \mu\text{g}$ 의 농도로 EtBr로 염색된 1.2% agarose gel로 전기영동 실시한 후 명확한 band가 확인되면 RT-PCR을 실시하였다.

② Reverse Transcriptase-Polymerase Chain Reaction(RT-PCR)

RNA $2 \mu\text{g}$ 에 Oligo dT(Perkin-Elmer, USA)와 DEPC-water를 섞어 RNA mixture를 만

들고 90°C에 10분 동안 denaturation시킨 후 얼음에 두어 renaturation이 되는 것을 방지하였다. 10mM dNTP(Takara, Japan), 5X RT buffer, Ribonuclease inhibitor (MBI Fermentas, USA)와 M-MLV Reverse Transcriptase(R-Tase ; Promega, USA)를 섞어 RT mixture를 만든 후, 실온에서 10분 동안 정치시킨 후 42°C에서 1시간, 95°C에서 15분, 얼음에서 2분 동안 정치하고 RNase H(MBI Fermentas, USA)를 넣고 37°C에서 20분 동안 정치함으로써 cDNA를 합성하였다.

Primer를 PCR하여 반응을 시킨 후에 전기영동을 하면 ACAT gene primer는 402bp(Sundvold 등, 1997)에서 PCR products들을 확인하였다. 또한 β -actin primer는 PCR 반응의 질과 양적인 측면에서 DNA 조합의 대조구로 이용하며, 838bp위치에서 단일밴드패턴을 확인하였다(Ponte 등, 1984).

0.6 μ M primer와 1 μ l의 cDNA product에 0.2mM dNTP, 1.5mM MgCl₂를 포함한 10X buffer, 1unit Taq DNA polymerase(TaKaRa, Japan)를 혼합하여 total volume이 50 μ l이 되도록 멸균증류수를 첨가하여 PCR reaction을 만들고 94°C에서 3분간 1cycle, 94°C 30초, 58°C 30초, 72°C 1분의 조건으로 32cycle, 72°C 7분의 조건으로 1cycle을 PCR machine(Biometra[®] T-Gradient, Germany)을 이용하여 PCR반응을 시켰다. PCR product는 EtBr로 염색된 1.2% agarose gel에서 전기영동하여 발현양상을 확인하였다. 각 band의 darkness는 densitometer(VILBER LORMAT, France)를 이용하여 측정하였다.

나. 결과 및 고찰

본 연구실에서 예비시험 결과를 토대로 총 5가지의 식물성 원료에 대하여 지방 및 콜레스테롤 억제 효능에 대하여 검증하였다.

솔잎, 쑥, 감잎, 감초, 및 계피를 ethanol로 추출한 다음, 농축액을 한우 지방세포의 분화 과정 중 배양액에 첨가함으로써, 이들 식물로부터의 추출액이 한우 근내지방세포내 콜레스테롤 에스테르 합성 효소인 ACAT 효소 유전자의 발현과 지방의 축적에 미치는 영향을 조사하였다.

각 추출물들을 분화 유도된 지방세포에 첨가한 후 세포분화 및 지방축적 억제 효과를 형태학적 변화를 관찰한 결과, 식물 추출액 중에 솔잎, 쑥, 및 감잎의 효능이 우수함을 확인할 수 있었다(Fig. 7).

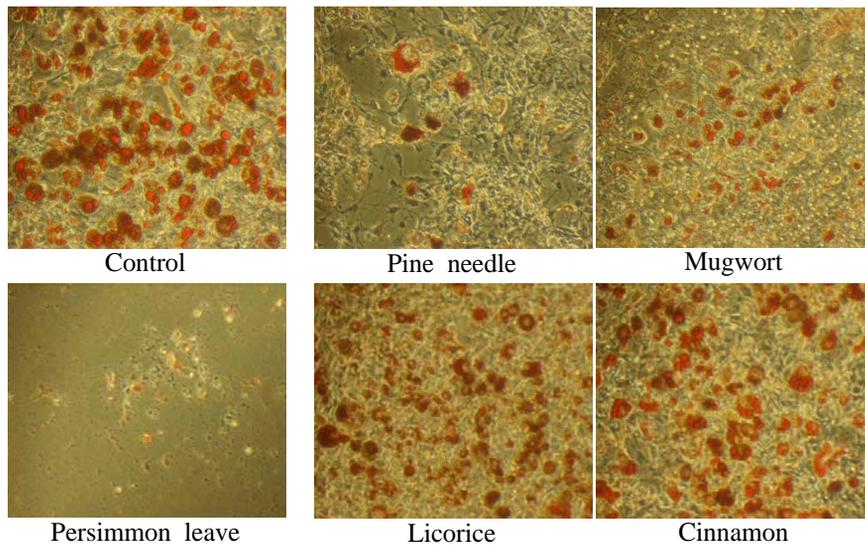


Fig. 7. Morphological changes in intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers and cultured with extracts from pine needle, mugwort, persimmon leaf, licorice, and cinnamone. (200×)

이들의 효능에 대한 구체적 평가를 위해 각 추출물의 농도를 더 낮은 농도인 1 μl , 2 μl , 3 μl , 4 μl , 5 μl 로 낮추어 지방세포 분화유도 4일 후부터 추출물을 처리하면서 10 일간 분화시켜 그 억제 양상을 Oil-red O로 염색하여 확인한 결과 솔잎, 쑥 및 감잎 추출물에서 농도 의존적으로 억제효과가 나타남을 확인할 수 있었다.

Oil-red O 염색을 통해 세포내 지방구의 억제가 확인된 추출물을 지방세포에 3 μl , 4 μl , 5 μl 의 농도로 첨가 후 배양을 완료한 다음에 지방세포 분화의 생화학적 지표인 GPDH 활성을 분석한 결과(Fig. 8), 형태학적 변화에서도 관찰하였듯이 3 μl 의 추출물처리 시부터 GPDH 활성이 대조구에 비해 감소하였으며, 농도 의존적임이 확인되었다. 그리고 4 μl 처리 후부터는 대조구 (11.869 nmol/mg protein/min)에 비해 처리구 대부분이 50% 이상의 GPDH 활성 억제효과를 나타냈다.

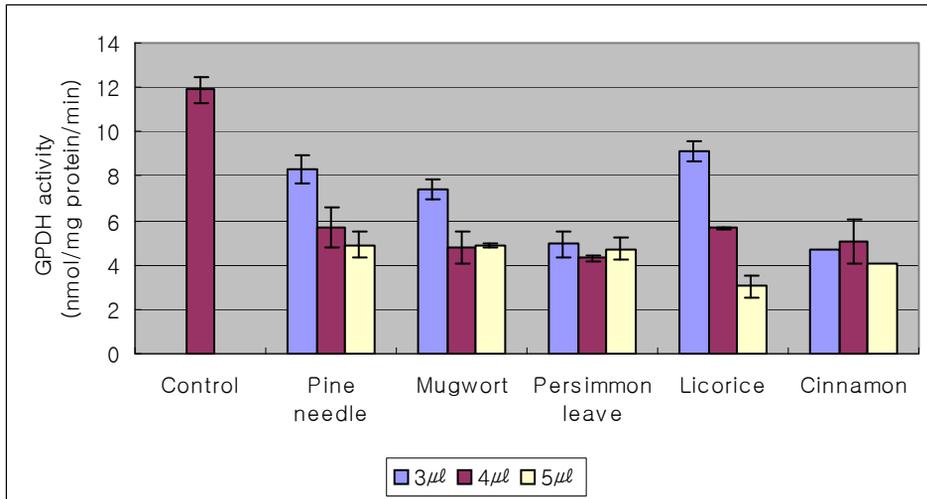


Fig. 8. Effects of plant extracts on the activities of glycerol-3-phosphate dehydrogenase (GPDH) in cultured intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers.

지방세포내 축적되는 주요 지방인 중성지방(triacylglycerol;TG) 함량에 대해 솔잎, 쑥, 감잎, 감초 및 계피 추출물 처리구와 대조구를 비교한 결과는 Fig. 9와 같다. 모든 처리구에서 대조구(90 mg/dl)에 비해 약 30mg/dl 정도의 TG 축적을 감소시키는 경향을 나타내었고, 특히 쑥과 감초 추출물이 중성지방의 축적 억제에 우수한 효과가 있음이 입증되었다.

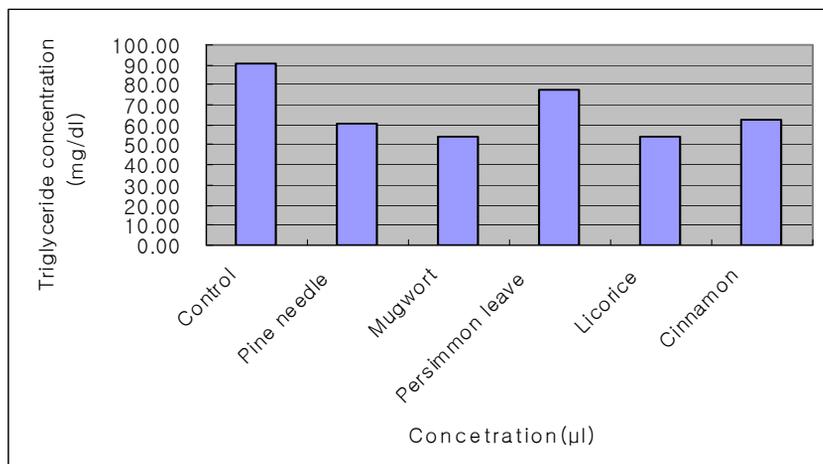


Fig. 9. Effects of plant extracts on triglyceride contents in cultured intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers.

한우 근내지방세포분화 시 acyl-CoA:cholesterol acyltransferase(ACAT) 유전자의 발현은 추출물 4 μ l를 배지에 첨가하고 10일간 분화시킨 후 분석하였다(Fig. 10).

솔잎의 경우 대조구와 유사하였고, 감잎 추출물은 ACAT 유전자의 발현을 현저하게 감소시켰다. 감초와 계피로부터 추출한 추출액은 ACAT 유전자의 발현을 유의하게 증가시키는 것으로 나타났다.

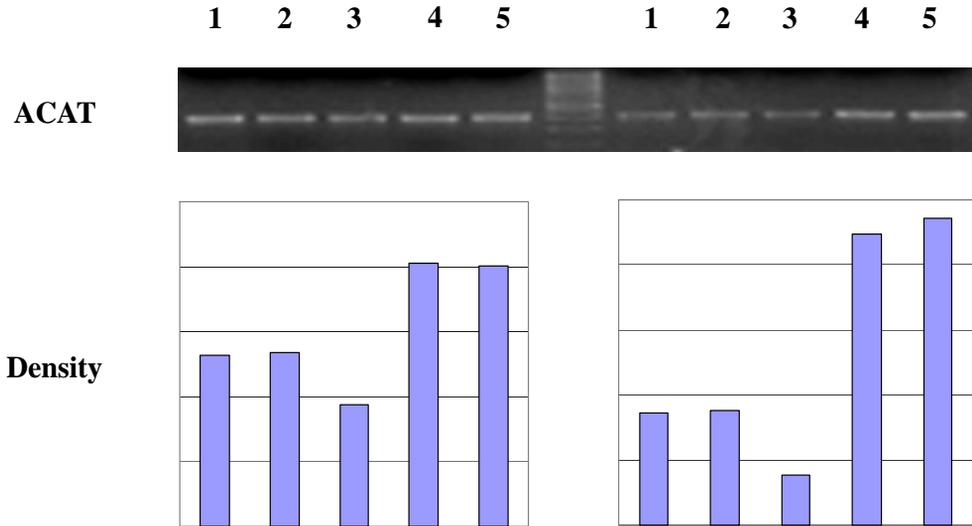


Fig. 10. Effects of plant extracts on the expression of acyl-CoA:cholesterol acyltransferase(ACAT) gene in cultured intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers. (1; Control, 2; Pine needle, 3; Persimmon leaf, 4; Licorice, 5; Cinnamon)

침엽수의 대표적인 수종의 하나인 소나무는 중국, 일본, 우리나라 전역에 자생한다. 해송은 중국, 일본 우리나라 서해안의 남양에서 동해안의 울진에 걸쳐 분포학, 리기다는 북아메리카 및 대서양 연안 등지에서 자라고, 우리나라에는 1906년 도입되어 널리 퍼져있는 수종 중의 하나이다. 이들은 모두 우리나라에 천연분포하는 향토 수종으로 대표적인 조림수종이다. 특히 소나무 잎은 약으로도 많이 쓰이는데, 부위별로 용도가 다양하다. 현대의학에서도 솔잎의 옥시팔미틴이라는 성분이 인체에 좋은 영향을 미친다고 알려져 있다. 또한 솔잎은 소염, 통증과 피를 멎게 하며, 마비를 풀어주는 작용이 있다 하여 탈모를 비롯한 여러 증상에 처방된다. 솔잎차는 피로할 때나 각종 성인병 예방에 이용되기도 한다(황병화 등, 2000).

솔잎 생물 100g당 polyphenol 함량은 열수 추출물과 70% acetone 추출물에서 각각 1,798 mg%, 3,837 mg% 이며, 솔잎은 catechin을 포함한 flavanol형 tannin의 함량이 총 polyphenol 중의 60% 이상으로 높고, 70% acetone 추출물의 경우 2,522 mg%로 열수

추출물에 비해 높다. 또한 솔잎의 70% acetone 추출물은 열수 추출물에 비해 leucoanthocyan의 함량이 761 mg%로 약 4.5배나 높다(강운한 등, 1995).

민간요법에 의하면 솔잎은 간장, 비뇨생식계, 위장 신경기계, 순환기계 및 피부질환 등에 효과가 있다고 하였으며, 또한 솔잎에 함유된 terpene, glucokin, rutin, apigenic acid, tannin 등의 여러 성분으로 인하여 고혈압, 신경통, 숙취, 니코틴의 해독, 성인병 예방 등에 효과가 인정되어 최근 건강보조식품의 원료로 많이 이용되고 있다.

쑥은 우리나라 전역에 걸쳐 자생하는 번식력이 강한 국화과에 속하는 다년생 초본류로, 약 400여 종의 artemisia속 식물 중 300여 종이 우리나라에 자생하는 것으로 추정되고 있으나 실제 보고된 것은 40종 내외이다. 쑥의 향기 성분이나 정유성분은 살충, 향균, 및 항종양 등의 여러 가지 생리적 활성이 있는 것으로 알려져 있으며, 그 주요 성분은 cineole, n-thujon, sesquiterpene, sesquiterpene alcohol, camper, terpinene-4-ol, coumarin, capilin, borneol 등이라는 보고가 있다. 특히 인진쑥의 에탄올 추출물은 고혈압, 비만, 뇌졸중 등 순환기계 질환의 치료 및 예방에 효과가 있으며, 간기능 보호효과, 항산화성 효과에 대한 보고가 있다. 예부터 한방에서 약용으로 소화, 만성위장염, 구충, 악취제거로 유효함이 알려져 왔다(조화영 등, 2006).

감잎은 예부터 일반 가정에서 널리 애용되어 왔으며, 비타민 C외에 여러 종류의 비타민과 무기성분을 함유하여, 혈압강하, 지혈 등에 효능이 있는 것으로 알려져 왔다. 감잎에 존재하는 탄닌은 감과실에 존재하는 탄닌과 동일하게 대부분 축합형 탄닌인 leucoanthocyanidin이며, 이외에 galliccatechin과 catechin이 존재하며 감과실에는 미량의 catechin이 함유되어 있는 것으로 보고되고 있다. Catechins는 축합형 탄닌의 전구체로써 그 자체는 탄닌이 아니지만 축합형 탄닌의 특징적 성질을 모두 지닌다. 녹차의 경우에는 탄닌물질의 대부분이 catechins이며, 최근에는 이들의 기능성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 감과실에 존재하는 catechin 함량에 관한 보고는 있으나, 감잎의 catechin과 epicatechin, epicatechin gallate, epigallocatechin 및 epigallocatechin gallate의 함량에 관한 연구는 거의 없다(정선화 등, 1994).

감잎의 성장에 따른 중량은 개화기인 5월 중순까지 빠른 증가를 보인 후 점진적으로 증가하였으며, 수분함량은 5월초에 79-81%를 보이다가 감소한다. 수용성 탄닌 함량은 5월 중순과 6월 초에 1.55-2.25%로 최고 함량을 나타낸 이후 7월 중순에는 증가하며, 그 이후 다시 감소한다. 축합형 탄닌의 전구체인 catechins의 함량은 5월 중순에 12-27 mg% 정도이며, 6월 중순에 17-34mg%로 최고 함량을 나타내고, 각 catechin의 함량은 (+)-catechin, (-)-epigallocatechingallate, (-)-epigallocatechin, (-)-epicatechingallate 순으로 낮다(정선화 등, 1994)

본 연구의 결과, 지방세포의 분화억제에 효과가 있는 물질이라고 하더라도 이들이 세포에 대한 독성을 나타내는 경우 생리활성 물질 소재로서의 활용에 제한을 줄 수 있을 뿐 아니라, 세포독성으로 인해 분화억제나 지방축적억제 효능이 정확하게 평가되기 어려운 측면이 있다. 이에 Oil-red O 염색을 통해 3 μ l, 4 μ l, 5 μ l 수준에서도 억제 효능이 확인된 각 추출물에 대한 세포독성을 대조구와 비교한 결과(Fig. 11), 솔잎, 쑥, 및 감잎의 경우 대조구에 비하여 세포독성이 다소 높게 나타났으며, 감초와 계피의 경우 대조구와 유사하거나 낮은 세포독성을 나타내었다.

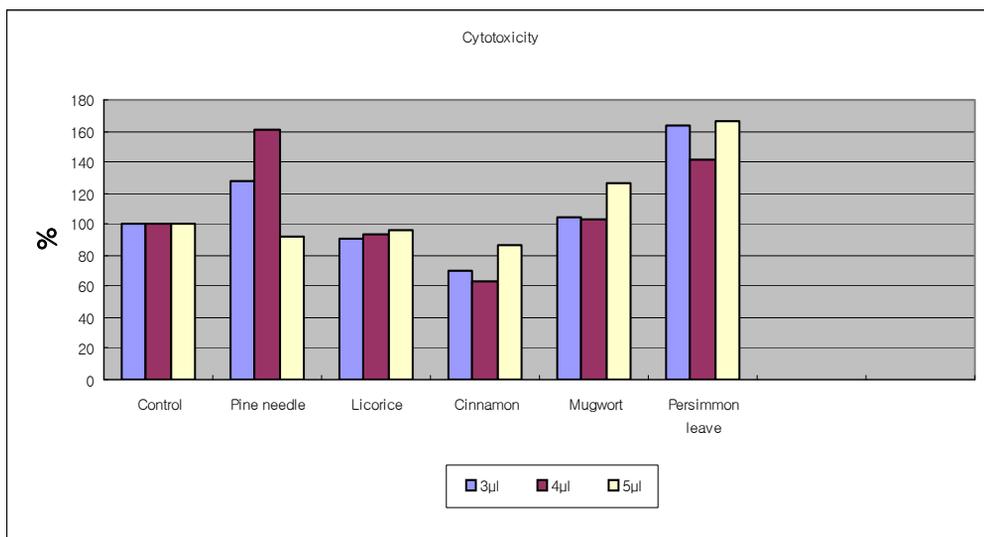


Fig. 11. Cytotoxicity of natural extracts on intramuscular adipocytes isolated from Hanwoo steers determined by MTT assay.

이러한 결과는 본 연구의 결과를 활용하는데 있어서 매우 중요하게 고려되어야 할 사항으로써, 비록 솔잎, 쑥, 및 감잎이 한우 근내지방세포내 지방 축적을 감소시키는 효과가 있다고 하더라도, 그 원인이 지방세포 합성 관련 경로에 어떤 영향을 미쳐서 그런 것이 아니고 세포에 독성을 나타내어서 그러한 결과가 나타났다고 가정한다면 실용적인 측면에서 매우 심각하게 고려되어야 할 사항이라고 판단되었다. 특히, 농가에서 사육중인 한우를 임대하여 실용화 시험을 계획하였던 본 연구진들로서는 심각하게 이 문제를 고려하지 않을 수 없었으며, 극소량의 추출물을 사료에 혼합하여 예비시험을 수행하되, 상황에 따라 비육우의 콜레스테롤 합성 메카니즘과 기존의 고급육 생산 프로그램 및 본 연구의 결과를 종합한 대안으로 콜레스테롤 함량이 적은 고품질 한우육을 생산하고자 하였다.

제 3 절 저콜레스테롤 고품질 한우육 생산

1. 천연물 첨가를 통한 저콜레스테롤 한우육 생산

가. 재료 및 방법

1) 공시동물

농가에서 사육중인 한우 거세우 32두를 대조구, 솔잎첨가구, 쭉첨가구, 감잎첨가구에 각각 8두씩 임의로 배치하였다.

2) 사양관리

농가 관행으로 사육하되, 배합사료 급여시에 건조 분말 솔잎, 쭉, 및 감잎을 일일 두당 50g 씩 급여하였다.

전술한 연구 결과를 참조하여, 천연물의 급여로 인하여 도체 등급에 나쁜 영향을 미칠 것을 사전 예방하는 차원에서 천연물의 급여는 비육전기 동안에만 급여하였다.

기타 사양관리는 농가 관행에 따랐다.

3) 조사항목

가) 근내지방도

도체는 24시간 냉장 후 축산물등급판정세부기준”(농림부고시 제2004-10호; 2004.3.19)에 따라 육량형질(냉도체중, 등지방두께, 등심면적)과 육질형질(근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도)를 측정하였다.

나) 콜레스테롤 함량 분석

전술한 1차년도에서 실시한 방법과 동일한 방법으로 분석하였다.

나. 결과 및 고찰

Table 10은 한우 거세우의 비육전기 동안 솔잎, 쭉, 및 감잎 건조 분말을 일일 두당 50g 씩 급여하였을 때, 등심내 콜레스테롤 함량을 나타낸 것이다.

솔잎, 쭉, 및 감잎 건조 분말의 일일 두당 50g 급여는 한우 거세우의 등심내 콜레스테롤 함량에 영향을 미치는 않은 것으로 판단된다.

Table 10. Cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers fed natural products during fattening period.

| | Treatments | | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | Control | Pine needle | Mugwort | Persimmon leave |
| Cholesterol, mg/100g | 52.42 ± 1.45 | 53.65 ± 2.33 | 51.71 ± 1.89 | 52.28 ± 1.69 |

이러한 결과는, 2차년도 기초 연구 결과, 이들 천연물이 지방세포내 지방의 축적을 억제할 뿐만 아니라 세포독성을 나타냄으로써, 콜레스테롤 함량을 낮추고자 하는 근본적인 취지와는 상관없는 부작용일 나타날 수 있음을 우려하여, 본 예비시험에서 사료내 첨가하는 천연물의 건조 분말을 소량 급여하였기 때문일 것으로 판단된다.

예비 사양시험 및 2차년도 기초 연구 결과를 토대로 정밀한 검토 결과, 콜레스테롤 합성 조절이 기존 고급육 사양에 부정적인 영향을 미쳐서는 안된다는 결론 아래, 기존의 한우 거세우 고급육 생산 프로그램과 본 연구의 선행 결과, 그리고 비육우에서 콜레스테롤 합성 메카니즘을 고려하여 콜레스테롤 함량을 조절하고자 시험을 실시하였다.

2. 사료내 섬유소 조절을 통한 저콜레스테롤 한우육 생산

가. 재료 및 방법

1) 공시동물

공시동물은 평균 7.8개월령, 평균체중 236kg 송아지 30두를 공시하였으며, 처리구는 시험구와 대조구로 나누고 월령과 체중을 고려하여 처리구당 세 우리로 하여 우리당 5두씩 배치하였다. 거세는 생후 5~6개월령에 Rompun(마취제)으로 송아지를 마취시킨 다음 외과적 수술법으로 실시하였다.

2) 시험기간 및 장소

본 시험은 2004년 7월 10일부터 2006년 6월 29일까지 총 715일 동안 실시하였다.

3) 시험사료

본 시험을 수행하기 위해 아래와 같이 총 사료중의 ADF 수준을 설정하였다.

농후사료의 경우 ADF와 NDF 수준을 고려한 목적에 부합하는 주문사료를 생산하여 이용하였고 비육후기에는 시판사료를 급여하였다. 조사료는 육성기부터 비육후기까지 비육단계에 따라 티머시, 톨페스큐 스트로우, 및 알팔파 베일을 급여하였다. 시험사료의 화학적 조성은 Table 11, 12, 13, 및 14에 나타난 바와 같다.

Table 11. Acid detergent fiber(ADF) contents in total ration used in the experiment.

| | Control | Treatment |
|-------------------------|---------|-----------|
| No. of Animals, head | 15 | 15 |
| ADF contents, % | | |
| Growing(6~13 months) | 18.0 | 20.0 |
| Fattening(14~22 months) | 15.0 | 17.0 |
| Finishing(23~30 months) | 13.0 | 13.0 |

Table 12. Chemical composition of concentrates used for control group.

| Composition | Growing | Fattening | Finishing |
|-------------------|---------------------|--------------|--------------|
| | - %, as fed basis - | | |
| Moisture | 11.67 ± 0.31 | 10.96 ± 0.11 | 11.83 ± 0.22 |
| Crude protein | 14.42 ± 0.38 | 14.15 ± 0.17 | 13.69 ± 0.36 |
| Crude fat | 3.50 ± 0.11 | 3.88 ± 0.10 | 3.89 ± 0.13 |
| Crude fiber | 5.71 ± 0.18 | 5.23 ± 0.20 | 5.91 ± 0.55 |
| Crude ash | 7.41 ± 0.38 | 6.42 ± 0.09 | 4.65 ± 0.14 |
| NFE | 57.29 ± 0.78 | 59.35 ± 0.03 | 60.04 ± 0.71 |
| Ca | 1.02 ± 0.02 | 0.79 ± 0.03 | 0.70 ± 0.01 |
| P | 0.75 ± 0.12 | 0.42 ± 0.01 | 0.48 ± 0.01 |
| ADF | 11.67 ± 0.52 | 10.88 ± 0.08 | 9.29 ± 0.24 |
| NDF | 19.64 ± 0.51 | 20.68 ± 0.32 | 16.13 ± 0.43 |
| TDN ¹⁾ | 68 | 70 | 72 |

¹⁾ Calculated.

Table 13. Chemical composition of concentrates used for treatment group.

| Composition | Growing | Fattening | Finishing |
|-------------------|---------------------|--------------|--------------|
| | — %, as fed basis — | | |
| Moisture | 11.67 ± 0.31 | 11.75 ± 0.42 | 11.83 ± 0.22 |
| Crude protein | 14.42 ± 0.38 | 14.75 ± 0.20 | 13.69 ± 0.36 |
| Crude fat | 3.50 ± 0.11 | 3.31 ± 0.02 | 3.89 ± 0.13 |
| Crude fiber | 5.71 ± 0.18 | 9.02 ± 0.05 | 5.91 ± 0.55 |
| Crude ash | 7.41 ± 0.38 | 4.59 ± 0.11 | 4.65 ± 0.14 |
| NFE | 57.29 ± 0.78 | 56.58 ± 0.04 | 60.04 ± 0.71 |
| Ca | 1.02 ± 0.02 | 0.90 ± 0.02 | 0.70 ± 0.01 |
| P | 0.75 ± 0.12 | 0.53 ± 0.01 | 0.48 ± 0.01 |
| ADF | 11.67 ± 0.51 | 14.06 ± 0.47 | 9.29 ± 0.24 |
| NDF | 19.64 ± 51 | 21.72 ± 0.43 | 16.13 ± 0.43 |
| TDN ¹⁾ | 68 | 70 | 72 |

¹⁾ Calculated.

Table 14. Chemical composition of roughages used for both control and treatment group.

| Composition | Timothy hay | Tall fescue straw | Alfalfa |
|-------------------|---------------------|-------------------|--------------|
| | - %, as fed basis - | | |
| Moisture | 8.46 ± 0.29 | 8.43 ± 0.13 | 9.66 ± 0.87 |
| Crude protein | 6.69 ± 0.16 | 4.12 ± 0.37 | 16.74 ± 0.57 |
| Crude fat | 2.45 ± 0.13 | 1.65 ± 0.07 | 2.01 ± 0.31 |
| Crude fiber | 28.19 ± 1.20 | 31.22 ± 0.81 | 23.84 ± 0.36 |
| Crude ash | 6.40 ± 0.27 | 5.70 ± 0.22 | 11.16 ± 0.93 |
| NFE | 47.83 ± 0.68 | 53.39 ± 0.47 | 37.45 ± 0.47 |
| Ca | 0.39 ± 0.01 | 0.26 ± 0.01 | 1.88 ± 0.05 |
| P | 0.36 ± 0.01 | 0.24 ± 0.01 | 0.27 ± 0.01 |
| ADF | 37.84 ± 0.44 | 39.40 ± 0.30 | 31.46 ± 1.22 |
| NDF | 63.41 ± 0.17 | 67.35 ± 1.64 | 41.36 ± 0.92 |
| TDN ¹⁾ | 50.76 | 36.59 | 51.47 |

¹⁾ Adapted from the Composition of Korean Feedstuffs(1988).

4) 사양관리

농후사료의 경우 육성기에는 제한급여, 그 이후에는 자유급이 하였다. 또한 조사료의 경우, 대조구는 톨페스큐 스트로우를 급여하였고, 시험구는 티머시건초, 알팔파베일을 자유채식 시키면서 사료 중의 ADF 및 NDF 수준을 고려하여 조절하였다. 그러나 비육후기부터는 양 구간 모두 동일하게 톨페스큐 스트로우를 급여하였다. 사료급여는 1일 2회 나누어 급여하였고, 물과 미네랄 블록은 자유로이 섭취토록 하였다. 체중 측정은 시험개시 시와 종료 시까지 30일 간격으로 일정 시각에 실시하였으며, 사료섭취량은 체중 측정 시에 잔량을 조사하여 기록하였다.

5) 도체특성

사양시험이 종료된 시험우는 24시간 절식시킨 후, 12시간 계류 후 도축하였다. 도체는 24시간 냉장실에서 냉각 시킨 후, 한국 도체등급판정기준(2006)에 따라 육량형질(냉도체중, 등지방두께, 등심면적)과 육질형질(근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도) 판정 항목을 바탕으로 육량등급과 육질등급을 판정하였다.

6) 지방산 조성

시험축의 등심내 지방산 조성을 분석하기 위하여 등심으로부터 Folch 등(1957)의 방법으로 지방을 추출한 다음, Lepage와 Roy(1986)의 방법에 따라 지방산을 methylation 시킨 후 gas chromatography로 분석하였다.

7) 콜레스테롤 함량

1차년도와 콜레스테롤 분석 방법과 동일한 방법으로 분석하였다.

8) 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SAS package의 GLM, 분석방법(2002)에 따라 T-test 검정을 실시하였다. 단, 사료섭취량과 사료요구율, ADF 섭취량과 요구율 및 NDF섭취량과 요구율의 결과는 군 사육으로 반복이 없기 때문에, 유의성 검정에서 제외하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 비육능력

Table 15는 공시축의 총 비육기간(715일간)의 증체량과 섭취량을 나타낸 것으로서, 육성기 개시체중은 양 구간에 거의 차이가 없었지만, 종료체중은 시험구(730.7kg)가 대조구(721.4kg)에 비하여 평균 10kg정도 더 높았으나 통계적인 유의차는 없었다($P > 0.7484$). 총증

체량에서도 시험구가 555.9kg으로 대조구 보다 9.20kg 더 높은 경향을 보였으며($P>0.8016$), 일당증체량도 시험구가 다소 높은 경향을 보였다.

Table 15. Effects of different ADF levels in the ration on performances of Hanwoo steers.

| Items | Control ¹⁾ | Treatment ²⁾ | Pr > t ³⁾ |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|
| No. of Heads | 15 | 15 | |
| Initial age, day(month) | 234(7.8)±39.2 ⁴⁾ | 237(7.9)±38.9 | 0.9575 |
| Final age, day(month) | 949(31.6)±13.0 | 952(31.7)±20.1 | 0.1918 |
| Period, day | 715(23.8) | 715(23.8) | |
| Body weight, kg/hd | | | |
| Initial weight | 174.7±40.2 | 174.83±30.3 | 0.1900 |
| Final weight | 721.4±25.7 | 730.73±8.5 | 0.7484 |
| Total weight gain | 546.8±16.6 | 555.90±29.7 | 0.8016 |
| Daily gain | 0.76±0.13 | 0.78±0.08 | 0.0580 |
| Feed intake, kg/hd | | | |
| Concentrate | 4,980.4 | 4,541.7 | |
| Afalfa | 221.7 | 60.0 | |
| Timothy hay | | 1,153.0 | |
| Tall fescue straw | 1,369.1 | 526.4 | |
| Sub-total | 1,590.8 | 1,739.5 | |
| Total | 6,571.2 | 6,281.1 | |
| Feed conversion, kg/kg | | | |
| Concentrate | 9.11 | 8.17 | |
| Roughage | 2.91 | 3.13 | |
| Total | 12.02 | 11.30 | |

1) ADF low group.

2) ADF high group.

3) Probability of the T test.

4) Mean ± standard error.

두당 총 농후사료섭취량은 시험구가 4,541.7kg 이었으나, 대조구는 4,980.4kg으로 대조구가 9.66%가 더 많이 섭취하였다. 그러나 두당 총 조사료섭취량은 대조구는 1,590.8kg 이었으나, 시험구는 1,739.5kg으로 시험구가 더 높은 경향을 보였는데, 이는

육성기때 농후사료는 제한하고 양질조사료를 다량 급여한 결과로 생각된다. 또한 두 당 총 사료섭취량은 대조구(6,571.2kg)가 시험구(6,281.1kg)에 비하여 4.62% 정도 높은 경향을 보였다. 사료요구율은 대조구(12.02kg)가 시험구(11.30kg)보다 더 높은 것으로 나타났다. 또한 비육단계별 종료체중을 살펴보면 대조구와 시험구의 육성기(13개월)는 각각 307.1kg, 319.0kg, 비육전기(22개월)는 각각 553.6kg, 577.8kg, 비육후기(30개월)는 각각 721.4kg, 730.7kg을 나타내었다.

총비육기간의 결과로 볼 때, 시험구의 경우 육성기에 양질조사료 급여로 총 증체량과 일당증체량이 약간 더 높은 경향을 보였다. 이것은 육성기에 다소 낮은 증체량을 보인 대조구가 비육전·후기에 보상성장을 하였음에도 불구하고, 최종 출하체중의 차이는 육성기에 성장발육과 증체량의 폭을 줄이지 못하는 한계로 판단된다.

따라서 고급육생산을 위해서는 육성기에 섬유소 함량이 높은 양질조사료를 급여할 경우 배통 만들기에 영향을 주어 건물을 최대한 섭취할 수 있고, 이는 성장과 증체량에 크게 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있었다.

축산연구소(2005)에서 발표한 한우 장기비육 사양시스템 개발보고서에 따르면, 13개월령 330.4kg, 22개월령 561.4kg, 30개월령 749.1kg으로, 비육단계별 종료체중이 본 시험과 약간 차이가 있었다. Shin 등(2002)이 한우 거세우의 사료섭취량에 대하여 연구한 결과, 육성기에 배합사료를 제한 급여할 경우 무제한 급여할 때 보다 벗짚섭취량이 육성기에는 2-3배 정도, 비육전기에는 2배 정도 많았으나, 비육후기에는 거의 차이가 없었다고 보고하여, 본 시험의 결과와 유사하였다.

Table 16은 ADF섭취량을 나타낸 것으로 두당 농후사료중의 ADF섭취량에서 대조구는 528.4kg였으나 시험구는 481.9kg로서 9.65%가 더 높았고, 조사료섭취량은 시험구가 662.6kg으로 대조구보다 8.77%가 더 높아 상반된 결과를 보였다. 또한 총 사료중의 ADF섭취율은 시험구(18.22%)가 대조구(17.30%)보다 다소 높은 경향이었고, ADF요구율은 양 구간에 2.08~2.06kg으로 차이가 없었다.

Table 17은 NDF섭취량을 나타낸 것으로 두당 농후사료중의 NDF섭취량은 대조구가 937.3kg였으나 시험구는 854.7kg로서 9.66%가 높았고, 두당 조사료중의 NDF섭취량은 대조구가 1,013.8kg였으나 시험구는 1,110.5kg로서 9.54%가 높았다. 그러나 두당 총 사료중의 NDF섭취량은 1,951.1~1,965.2kg으로 양 구간에 거의 차이가 없었다.

따라서 총 사료중의 NDF섭취율은 시험구(31.21%)가 대조구(29.71%)보다 다소 높은 경향이었으나, NDF요구율에서는 양 구간에 차이가 없었다.

이상의 본 시험의 결과로 볼 때, 한우비육 단계별에 따른 총 사료중의 ADF와 NDF섭취율은 육성기가 각각 25.00~27.00%, 41.00~45.00%정도, 비육전기는 각각 17.00~19.00%, 30.00~25.00%정도, 비육후기는 각각 13.00%, 23.00%정도가 적절하며, 비

육 총기간 동안의 총 사료중의 ADF와 NDF섭취율은 17~18%, 30~31% 정도로 판단된다. 이러한 결과는 이제까지 한우비육우에 대한 ADF와 NDF의 최적 섭취수준이 미흡한 부분을 본 시험을 통한 최초의 기초 자료를 확보한 데 큰 의미가 있으며, 향후 농가 자가사료 및 TMR사료제조에 기여할 것으로 생각된다.

Table 16. Effects of different ADF levels in the ration on ADF intake and ADF requirement during overall feeding period of Hanwoo steers.

| Item | Control ¹⁾ | Treatment ²⁾ |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| No.of heads | 15 | 15 |
| Period, days | 715 | 715 |
| ADF intake, kg/hd | | |
| Concentrate | 528.4 | 481.9 |
| Alfalfa | 69.7 | 18.9 |
| Tall fescue straw | 539.4 | 207.4 |
| Timothy hay | | 436.3 |
| Sub-total | 609.2 | 662.6 |
| Total | 1,137.6 | 1,144.5 |
| Total ADF intake rate,% | 17.30 | 18.22 |
| ADF conversion, kg/kg | | |
| Concentrate | 0.97 | 0.87 |
| Roughage | 1.11 | 1.19 |
| Total | 2.08 | 2.06 |

¹⁾ Low ADF group.

²⁾ High ADF group.

Table 17. Effects of different ADF levels in the ration on NDF intake and NDF requirements during overall feeding period of Hanwoo steers.

| Item | Control ¹⁾ | Treatment ²⁾ |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| No. of heads | 15 | 15 |
| Period, days | 715 | 715 |
| NDF intake, kg/hd | | |
| Concentrate | 937.3 | 854.7 |
| Alfalfa | 91.7 | 24.8 |
| Tall fescue straw | 922.1 | 354.6 |
| Timothy hay | | 731.1 |
| Sub-total | 1013.8 | 1110.5 |
| Total | 1951.1 | 1965.2 |
| Total NDF intake rate,% | 29.71 | 31.21 |
| NDF conversion, kg/kg | | |
| Concentrate | 1.71 | 1.54 |
| Roughage | 1.85 | 2.00 |
| Total | 3.56 | 3.54 |

¹⁾ Low ADF group.

²⁾ High ADF group.

2) 도체성적

Table 18은 본 시험에 이용한 시험우의 도체등급 판정결과이다.

출하체중은 대조구와 시험구가 각각 721.43kg와 730.73kg이었고, 도체중은 각각 409.53kg, 411.09kg(평균 410kg)이었다. 육량형질의 경우 등지방두께는 대조구가 17.53mm, 시험구가 14.23mm로서 시험구가 23%정도가 크게 얇아져 통계적인 유의차는 없었지만($P>0.3020$), 상당히 의미가 있는 것으로 판단된다. 그러나 배최장근 단면적에서는 88.87~88.63cm²로 양 구간에는 차이가 없었다. 육량지수에서 시험구가 61.94였으나 대조구는 60.92이었다. 육량등급(A등급:1, B등급:2, C등급:3)으로 환산하였을때 시험구는 2.50, 대조구는 2.60으로 시험구가 약간 개선된 경향을 보였다.

Table 18. Effects of different ADF levels in the ration on carcass characteristics of Hanwoo steers.

| Items | Control ¹⁾ | Treatment ²⁾ | Pr > t ³⁾ |
|---|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| No. of heads | 15 | 15 | |
| Marketing wt, kg | 721.4±25.7 ⁴⁾ | 730.73±8.5 | 0.7447 |
| Chiled carcass wt, kg | 409.5±19.3 | 411.1±10.1 | 0.9464 |
| Yield traits | | | |
| Backfat thickness,mm | 17.53±1.88 | 14.23±2.06 | 0.3020 |
| Longissimus muscle area,cm ² | 88.87±2.85 | 88.63±1.70 | 0.9388 |
| Yield index | 60.92±2.23 | 61.94±1.09 | 0.7042 |
| Yield grade ⁵⁾ | 2.60±0.33 | 2.50±0.15 | 0.6197 |
| Quality traits | | | |
| Marbling score ⁶⁾ | 5.13±0.37 | 5.50±0.29 | 0.4791 |
| Meat color ⁷⁾ | 5.00±0.00 | 5.00±0.00 | 1.0000 |
| Fat color ⁸⁾ | 3.00±0.00 | 3.00±0.00 | 1.0000 |
| Texture ⁹⁾ | 1.33±0.17 | 1.26±0.14 | 0.3930 |
| Maturity ¹⁰⁾ | 2.27±0.48 | 2.08±0.65 | 0.9673 |
| Quality grade ¹¹⁾ | 0.88±0.61 | 0.66±0.38 | 0.4526 |

¹⁾ Low ADF group.

²⁾ High ADF group.

³⁾ Probability of the T test.

⁴⁾ Mean± standard error.

⁵⁾ converted to numeric: grade A = 1, B = 2, and C= 3.

⁶⁾ 9 = the most abundant, 1 = devoid.

⁷⁾ 7 =dark red, 1 = bright.

⁸⁾ 7 = yellowish, 1 = white.

⁹⁾ 3 = Coarse, 1 = fine.

¹⁰⁾ 9 = mature, 1 = youthful.

¹¹⁾ converted to a numeric : grade 1⁺⁺ = 0.01, 1⁺ = 0.1, 1 = 1, 2 = 2.

한편 육질형질의 경우 근내지방도를 1-9단계로 구분할 때 시험구가 5.50, 대조구(5.13)보다 7.21%가 더 높아 통계적 유의차는 없었으나($P>0.4791$), 시험구의 육질이 상당히 개선된 것으로 볼 수 있다. 육색, 지방색은 양 구간에 차이가 없었지만 조직감은 시험구(1.26)으로 대조구(1.33)에 비하여 5.2%가 향상되었다. 또한 육질등급(1++등급:0.01, 1+등급:0.1, 1등급:1, 2등급:2)으로 환산하였을 때, 육질등급은 시험구가 0.66이었으나 대조구는 0.88로 통계적인 유의차는 없었으나($P>0.4526$) 큰 차이로 육질이 개선된 것으로 여겨진다.

Kang 등(2001)은 거세한우를 공시하여 6개월령 부터 24개월령까지 조사료를 23.3, 33.5 및 40.3% 비율로 비육시에 근내지방도는 40.3% 급여구가 가장 높았다는 보고와, Ahn 등(2002)은 육성기에 조사료를 44% 수준으로 급여할 때 배최장근 단면적(86.8 cm^2)과 등지방 두께(9.0 mm) 및 근내지방도가 다른 급여비율 보다 넓거나 얇아지고 근내지방도가 높아졌으며 조사료 수준간에는 유의차가 없었지만, 조사료 다급은 배최장근단면적을 넓게, 등지방 두께를 얇게, 근내지방도를 향상시킨다는 보고를 볼 때, 본 시험에서도 등지방두께, 및 근내지방도가 대조구에 비하여 통계적인 유의차는 없었지만 크게 개선된 결과를 나타내어 일치하는 경향이였다. 그러나 백 등(1993)은 조사료 종류에 따른 한우 비육우 시험에서 육성기에 목건초를 급여한 것과 벗짚을 급여한 것 간에는 근내지방도, 조직감 및 육질등급에서 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다는 상반된 보고도 있다.

이 외에도 육질관련 연구결과로서, 강 등(1995)은 비육전기에 농후사료를 체중의 1%로 급여시가 자유채식구보다 근내지방도와 육질등급이 높았다고 하였고, Chung 등(1994)은 배최장근 단면적은 농후사료를 가장 적게 섭취한 처리구가 가장 높게 나타났다고 하였다. 그리고 비육우의 육량 및 육질과 같은 생산성은 유전적인 요인에 따라 달라지지만 사양조건(환경적요인)과도 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 왔다(Crouse 등, 1989). 일반적으로 사양기간이 길수록 근내지방도(Harrison 등, 1978), 육질등급(Zinn 등, 1970b ; Campion 등, 1975)과 연도(Zinn 등, 1970b : Epley 등, 1968)가 증가한다고 보고한 바 있다(정 등, 2003). 하지만 비육기간을 연장시키는 것은 연장되는 만큼의 효율적인 도체형질의 개선효과를 기대하기 어려울 수도 있으며, 등지방 두께와 같은 일부형질은 오히려 불리해질 수도 있다(Duckett 등, 1993; May 등, 1992; Van Koevering 등, 1995). 따라서 비육기간 연장에 의한 효과를 얻기 위해서는 유전적 도체형질의 최대 발현시기를 파악하는 것이 매우 중요하다. 이와 같은 육질형질의 발현정도는 유전적 자질을 가진 개체라도 급여사료(특히 조사료)의 품질, 육성기 및 비육기의 비육단계별 사양방법 등에 따라 달라질 수 있다고 하였다.

西野(1976)는 흑모화우 거세우의 경우 월령이 증가할수록 도체중이 증가하고, 정 등(2003)도 도체의 특성은 출하월령에 의한 영향이 가장 크다고 하였으며, 특히 28개월령에서는 도체중의 증가와 함께 근내지방도와 육질등급이 크게 향상되어 출하월령을 연장하는 것이 유리하다고 하였다(Zinn 등, 1970b ; Field, 1971 ; Dolezal 등, 1982).

이상의 본 시험의 결과로 볼 때 육성기때 양질조사료의 다급과 비육단계별 섬유소, ADF와 NDF, 수준의 조절은 한우 거세우에서 건물섭취량을 최대로 증가시키는데 도움을 주어 등지방 두께를 얇게 하며, 육질등급을 상당히 개선시킬 수 있는 것으로 판단된다.

3) 도체의 이화학적 특성 및 지방산 조성

도체의 이화학적 특성은 Table 19에 나타난 바와 같다.

수분은 62.63~62.64%, 단백질은 19.69~19.23%, 지방은 16.58~16.66%, 회분은 0.83~0.81%으로서 처리구간에 차이가 없었다. 전단력은 시험구가 3.75이였으나 대조구는 3.97로 대조구가 다소 높은 경향이었고, 가열감량은 대조구와 시험구가 각각 22.90~22.41%이었다. 일반적으로 전단력가의 수치가 클수록 질기며, 가열감량은 클수록 감량이 많고, 보수력은 높을수록 좋다 것을 의미하는 바, 본 시험에서도 약간의 개선된 경향을 보였다. pH는 모든 처리구에서 5.59~5.60으로 비슷하였고, 보수력에서도 56.28~56.55%로서 양구간에 차이가 없었다. 또한 육색에서 명도를 나타내는 L값은 39.90~40.46이었고, 적색도를 나타내는 a값은 22.33~21.28이었고, 황색도를 나타내는 b값은 10.39~9.76의 범위로서 처리구간에 거의 차이가 없었다.

小堤 등(1985), Savell 등(1986) Cameron 등(1994) 및 이 등(2004)등의 연구결과에 따르면 도체의 이화학적 성분은 근내지방 함량이나 및 근내지방도는 육질등급과 밀접한 관계가 있으며, 근내지방 함량이나 근내지방도는 육질등급이 높을수록 조지방 함량은 증가하고 수분함량은 감소하며, 조단백질 함량도 감소한다는 보고가 있으나, 본 시험에서는 거의 차이가 없었다.

또 다른 연구결과에서 小堤(1994)는 CIE 값의 L값이 육질등급, 근내지방도간에는 정(+)의 상관성이 있고, 육질등급이 높은 것에서 높으며, 육질등급이 높을수록 가열감량이 적다고 하였다. 김 등(1996)도 20, 22 및 24개월 비육한 한우 거세우에서도 월령이 증가함에 따라 70.84%, 67.96% 및 67.26%로 수분함량은 감소하고, 조지방 함량은 20개월령에 6.81%, 22개월령 10.08%, 24개월령에 11.18%로 크게 증가하였으며 보수력과 연도 및 저작성은 좋아졌다고 보고하였다. 그리고 육색은 육색소인 myoglobin이 육색소내의 산소유무에 크게 영향을 받고, 육 조직 내 효소활동, 저장온도, 미생물 오염도 및 pH 등에 따라 다르다. 특히 육색소와 산소와의 반응 정도와 효소 활동이 육색변화에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있고(Lawrie, 1985), 또한 육색은 사료에도 영향을 받는다고 보고하였다(Dugan 등, 1999).

이상의 결과로 볼 때 ADF수준 차이는 고기의 이화학적 특성에는 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

Table 19. Effects of different ADF levels in the ration on physico-chemical characteristics of carcasses of Hanwoo steers.

| Items | Control ¹⁾ | Treatment ²⁾ | Pr > t ³⁾ |
|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| No. of carcasses | 15 | 15 | |
| Moisture, % | 62.63±0.54 ⁴⁾ | 62.64±0.37 | 0.9808 |
| Crude fat,% | 16.58±0.78 | 16.66±0.95 | 0.9297 |
| Crude protein, % | 19.69±0.41 | 19.23±0.49 | 0.4142 |
| Crude ash,% | 0.83±0.02 | 0.81±0.09 | 0.3603 |
| Shear force value | 3.97±0.50 | 3.75±0.59 | 0.7011 |
| Cooking loss,% | 22.90±1.77 | 22.41±2.18 | 0.8415 |
| WHC,% | 56.28±1.44 | 56.55±1.52 | 0.9060 |
| pH | 5.59±0.02 | 5.60±0.03 | 0.7247 |
| Hunter L ⁵⁾ | 39.90±0.19 | 40.46±0.61 | 0.0681 |
| a ⁵⁾ | 22.33±0.90 | 21.18±0.71 | 0.0620 |
| b ⁵⁾ | 10.39±0.76 | 9.76±0.60 | 0.0561 |

1) Low ADF group.

2) High ADF group.

3) Probabilty of the T test.

4) Mean ± standard error.

5) L = lightness, a = redness, b= yellowness.

Table 20은 등심의 지방산 비율을 나타낸 것으로서, 지방산 조성에서 C18:1(Oleic acid)이 44.07~44.63%로 가장 많았고, 그 다음으로 C16:0(Palmitic acid)가 30.00~29.09%이었다. C18:0(Stearic acid)는 11.56~11.59%으로 양 구간에 차이가 없었고, 이외에 C16:1(Palmitoleic acid)은 4.24~4.12%이었고, C18:2(Linoleic acid)은 3.27~3.94%, C20:0(Arachidonic acid)은 2.90~2.74%였으며, 로서 양 구간에 거의 차이는 없었다.

西野(1976)는 흑모화우의 가장 많이 함유된 지방산은 Oleic acid로서 34~45%를 차지하며 다음으로는 Palmitic acid, Stearic acid이며 이들 세 가지의 지방산이 전체의 약 80%를 정도라고 하였고, Song 등(2000)는 거세한우의 높은 지방산비율은 Palmitic acid(C_{16:0}), Stearic acid(C_{18:0}) 및 Oleic acid(C_{18:1})가 가장 많은 비율을 차지하였고, 그 다음으로 Palmitoleic acid(C_{16:1}), Myristic acid(C_{14:0}) 및 Linoleic acid(C_{18:2})의 순위로 낮았다는 보고와 본 시험의 결과와 거의 일치하였다.

전체 포화지방산(Saturated fatty acid, SFA)은 47.81~46.73% 범위였으나, 불포화지방산(Unsaturated fatty acid, UFA)은 52.19~53.27%이었다. 또한 MUFA(Monounsaturated fatty acid)는 시험구가 49.20%, 대조구는 48.79%이었고, UFA/SFA비율에서도 시험구가 1.14로서 약간 높은 경향을 보였다($P>0.8416$).

Table 20. Effects of different ADF levels in the ration on fatty acid composition in longissimus muscle of Hanwoo steers.

| Fatty acid, % | Control ¹⁾ | Treatment ²⁾ | Pr > t ³⁾ |
|--------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| C14:0 | 2.64 ± 0.15 | 2.53 ± 0.14 | 0.5813 |
| C14:1 | 0.48 ± 0.08 | 0.45 ± 0.06 | 0.6953 |
| C16:0 | 30.00 ± 0.61 | 29.09 ± 0.72 | 0.0659 |
| C16:1 | 4.24 ± 0.22 | 4.12 ± 0.21 | 0.8104 |
| C17:0 | 0.71 ± 0.02 | 0.78 ± 0.03 | 0.2110 |
| C18:0 | 11.56 ± 0.49 | 11.59 ± 0.47 | 0.9498 |
| C18:1 | 44.07 ± 0.99 | 44.63 ± 0.98 | 0.7970 |
| C18:2 | 3.27 ± 0.39 | 3.94 ± 0.29 | 0.2339 |
| C18:3 | 0.13 ± 0.02 | 0.13 ± 0.01 | 0.8149 |
| C20:0 | 2.90 ± 0.36 | 2.74 ± 0.30 | 0.4421 |
| SFA ⁵⁾ | 47.81 ± 1.19 | 46.73 ± 1.05 | 0.5793 |
| MUFA ⁶⁾ | 48.79 ± 1.17 | 49.20 ± 1.06 | 0.9246 |
| UFA ⁷⁾ | 52.19 ± 1.19 | 53.27 ± 1.05 | 0.4941 |
| M/S ⁸⁾ | 1.02 ± 0.05 | 1.05 ± 0.04 | 0.6158 |
| U/S ⁹⁾ | 1.09 ± 0.05 | 1.14 ± 0.05 | 0.8416 |

1) Low ADF group.

2) High ADF group

3) Probability of the T test.

4) Mean ± standard error.

5) Saturated fatty acids(C_{12:0}+C_{14:0}+C_{16:0}+C_{18:0}+C_{20:0})

6) Monounsaturated fatty acids(C_{16:1}+C_{18:1}+C_{20:1})

7) Unsaturated fatty acids.

8) Monounsaturated fatty acids / Saturated fatty acid.

9) Unsaturated fatty acid / Saturated fatty acid.

정 등(2003)은 거세한우에 대한 등심부위의 지방산조성의 경우 육질등급이 좋을 수록 올레인산(C18:1), 불포화지방산 및 단가 불포화지방산 비율이 높고, 등급이 낮을 수록 리놀산(C18:2), 다가불포화지방산 및 포화지방산 비율이 높았다는 보고와 본 시

험의 결과와 일치하였다.

일반적으로 쇠고기에 있어서 중성지방 내의 불포화 지방산 중에서 Oleic acid의 증가는 맛을 향상시키고 불포화 지방산의 비율은 맛과 비례한다고 하였으며 특히 Oleic acid는 비육이 진행됨에 따라 각 부위에서 공통적으로 증가한다고 하였고(常石 등, 1987), 등심부위의 지방산 조성 변화에 대한 연구에서 사료급여 형태(Sumida 등, 1972 ; Rumsey 등., 1972 ; Skelley 등., 1973)에 따라 달라진다고 하였고, Hornstein 등 (1967)은 출하월령이 늦어질수록 주요 불포화 지방산 비율이 증가한다고 하였으며, 포화 지방산의 비율은 감소하였다고 보고한 바 있다. 이외에도 Westerling 등(1979)은 관능검사 결과는 Stearic acid, Palmitic acid 및 포화 지방산의 비율과는 부(-)의 상관관계를 가지며, Oleic acid와는 정(+)의 상관관계가 있다고 설명하였다.

4) 등심내 융점 및 콜레스테롤 함량

Table 21은 섬유소 수준의 차이가 한우거세우의 등심에서 추출한 지방의 융점과 등심내 콜레스테롤 함량에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

Table 21. Effects of different ADF levels in the ration on melting point and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.

| Items | Control | Treatment | Pr > t |
|----------------------|--------------|--------------|----------|
| Melting point, °C | 27.08 ± 0.29 | 24.65 ± 0.30 | 0.0051 |
| Cholesterol, mg/100g | 55.36 ± 1.02 | 55.20 ± 1.70 | 0.9330 |

한우 거세우의 사료내 섬유소 함량을 증가시킬 경우 등심 지방의 융점을 현저하게($P < 0.0051$) 저하시키는 효과가 있었다. 이는 지방산 조성 중 불포화 지방산의 비율이 증가하였음을 시사하는 것으로 전술한 Table 19에 나타난 지방산의 조성에서 고찰하였듯이, 시험구의 경우 불포화지방산대 포화지방산의 비율이 1.14로써, 대조구의 1.09에 비하여 높은 것이 등심내 지방의 융점에 영향을 미쳤다고 판단된다.

한우 거세우의 사료내 섬유소 함량의 증가는 등심내 콜레스테롤 함량에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

Linder(1986)에 따르면 사람을 비롯한 동물의 식이내 섬유소 함량은 콜레스테롤의 침착을 유도하기 때문에 혈중 및 체내 축적되는 콜레스테롤 함량을 감소시키는 효과가 있다고 하였으나, 본 연구의 결과 ADF와 같은 난용성 섬유소 함량의 사료내 증가는 한우 거세우의 등심내 콜레스테롤 함량에 큰 영향이 없는 것으로 판단되며, 이는 섬유소의 종류, 반추동물의 특징 등이 원인으로 작용하였다고 생각된다.

Table 22는 한우 거세우의 근내지방도별 조지방 함량을 나타낸 것으로써, 많은 점들은 시사한다.

Table 22에 따르면 한우 거세우의 도체 판정시 근내지방도는 반드시 등심내 지방 함량의 증가와 일치하지 않는다는 사실을 알 수 있었다. 이는 일반적으로 근내지방도가 증가하면 당연히 지방함량이 증가한다는 지금까지의 보고와는 상반되는 것으로써, 특히 근내지방도 “7”의 경우 지방함량이 평균 14.09% 밖에 되지 않아, 근내지방도 “3”에서 나타난 16.44% 보다 오히려 지방함량이 낮게 나타났다. 이러한 원인에 대해서는 좀 더 과학적인 분석이 필요하겠지만, 우선은 지방함량의 분석 방법을 좀 더 면밀히 검토할 필요가 있는 것으로 판단된다.

Table 22. Crude fat contents in logissimus muscle and marbling degree in Hanwoo steers used in the experiment.

| Marbling degree | Crude fat | Marbling degree | Crude fat |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
| 3 | 10.31 | Mean ± SE | 16.10 ± 1.80 |
| 3 | 20.54 | 6 | 13.02 |
| 3 | 14.62 | 6 | 15.29 |
| 3 | 11.06 | 6 | 11.30 |
| 3 | 22.25 | 6 | 19.70 |
| 3 | 19.85 | Mean ± SE | 14.83 ± 0.91 |
| Mean ± SE | 16.44 ± 0.86 | 7 | 15.34 |
| 4 | 13.51 | 7 | 12.83 |
| 4 | 16.83 | Mean ± SE | 14.09 ± 0.89 |
| 4 | 14.81 | 8 | 17.97 |
| 4 | 19.80 | 8 | 14.81 |
| 4 | 11.38 | 8 | 19.80 |
| 4 | 15.47 | 8 | 11.38 |
| 4 | 20.24 | 8 | 15.47 |
| Mean ± SE | 16.01 ± 0.46 | 8 | 20.24 |
| 5 | 18.56 | Mean ± SE | 16.61 ± 0.56 |
| 5 | 13.46 | | |

본 연구에서 새롭게 시도한 것은, 한우 거세우의 등심에서 추출한 지방의 용점을 측정하는 것이다. 한우 거세우 등심 지방의 용점에 관한 자료는 거의 찾아볼 수 없기 때문에 본 연구에서 보고하는 용점 자료는 앞으로 한우 쇠고기의 맛의 차별화 등 국제경쟁력 제고를 위한 기술 개발의 기초 자료로 유익하게 활용이 될 수 있을 것이다.

전술한 Table 20과 21의 지방산과 용점에 관한 자료를 바탕으로 포화지방산 또는 불포화지방산과 용점과 관계를 살펴보았지만, 본 연구에서는 나아가서 각 지방산 별로 용점과의 상관관계를 구명함으로써, 향우 한우 고급육 생산을 위해서 어떠한 지방산의 비율을 높여야 하는지를 구명하고자 자료 분석을 하게 되었다.

Fig. 12는 한우 거세우 사료내 섬유소 수준을 달리하였을 때 한우 거세우의 등심내 palmitic acid(C16:0)와 용점과의 상관관계를 나타낸 것이다.

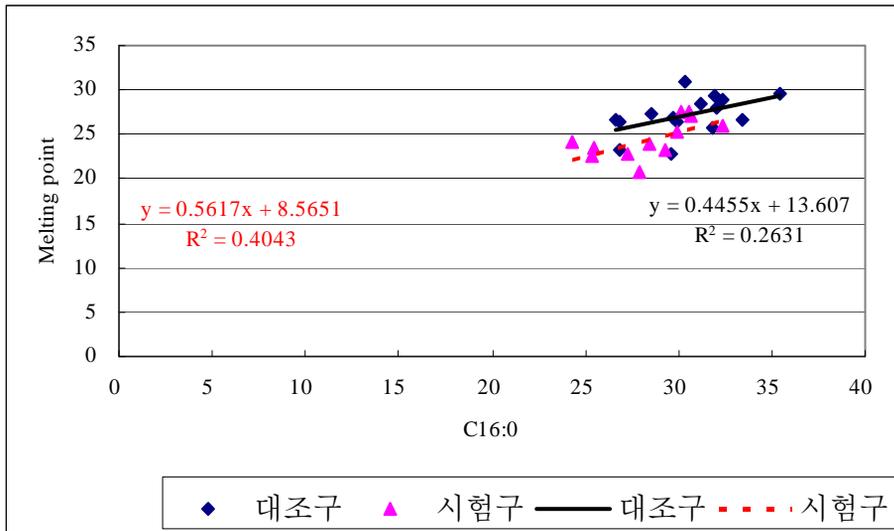


Fig. 12. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of palmitic acid(C16:0) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers. _____; Low ADF group, -----; High ADF group.

Fig. 12에 나타난 바와 같이, 한우 거세우의 등심 지방의 용점은 섬유소 수준에 관계없이, 장쇄포화지방산인 palmitic acid와 정(+)의 상관관계를 나타내었다. 이러한 용점과 palmitic acid의 정의 상관관계는 쇠고기 조리시 시간의 경과에 따라 지방이 쉽게 경화되어 소비자들로부터 거부감을 느끼게 할 뿐만 아니라, 저작시 치아에서 느끼는 끈적거림의 원인이 되기도 한다.

Fig. 13, 14, 및 15는 사료내 섬유소 수준을 달리하였을 때 한우 거세우의 등심내 palmitoleic acid(C16:1), stearic acid(C18:0), 및 oleic acid(C18:1)와 융점과의 상관관계를 각각 나타낸 것이다.

Palmitoleic acid와 stearic acid는 등심 지방의 융점에 뚜렷한 영향을 미치지 않았으나, oleic acid의 경우 palmitic acid와는 반대로 융점과 부(-)의 상관관계를 나타내었다. 즉, 등심내 oleic acid 함량이 증가할 수록 지방의 융점은 감소한다는 의미로써, 이는 한우 고급육 생산에서 매우 중요한 의미를 지니고 있다. 일반적으로 쇠고기내 oleic acid 함량이 증가하면 풍미를 증진시킨다고 알려져 있지만, 풍미 외에도 본 연구의 결과 나타난 바와 같이 지방의 융점을 저하시킴으로써, 저작시 이물감을 없애고, 조리시 장시간 실온에 두어도 지방이 응고가 되지 않음으로써, 한우 고유의 풍부한 맛을 느낄 수 있도록 해준다.

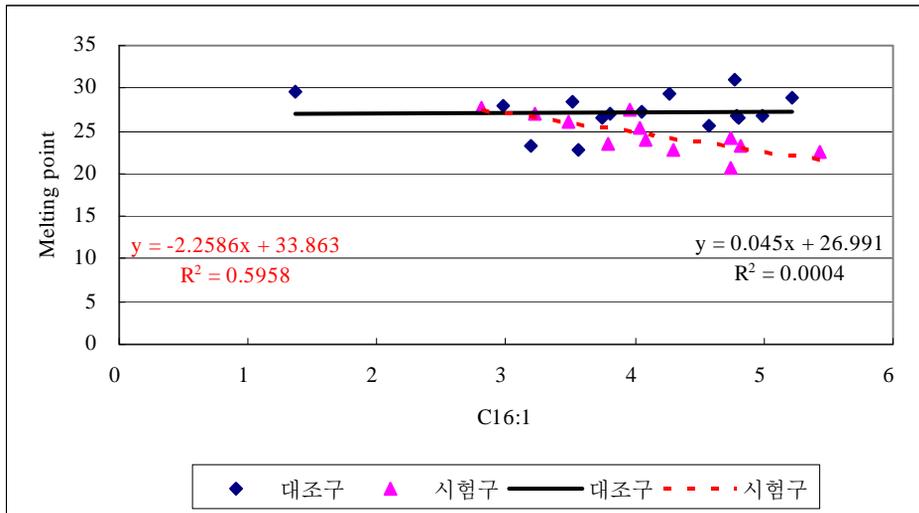


Fig. 13. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of palmitoleic acid(C16:1) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers. ———; Low ADF group, - - - - -; High ADF group.

이상의 한우 등심내 각 지방산들과 융점과의 관계를 정리해 보면, 한우 고급육 생산을 위해서는 등심의 지방산 조성중 palmitic acid의 함량은 감소시키고 oleic acid의 함량은 증가시킬 수 있는 사양 프로그램이 개발되어야 할 것으로 판단된다. 본 연구진들은 향후, 이러한 융점과 지방산들과의 관계에 영향을 미치는 종모우의 유전적 자질에 관해서도 계속 연구를 수행해 나갈 예정이다.

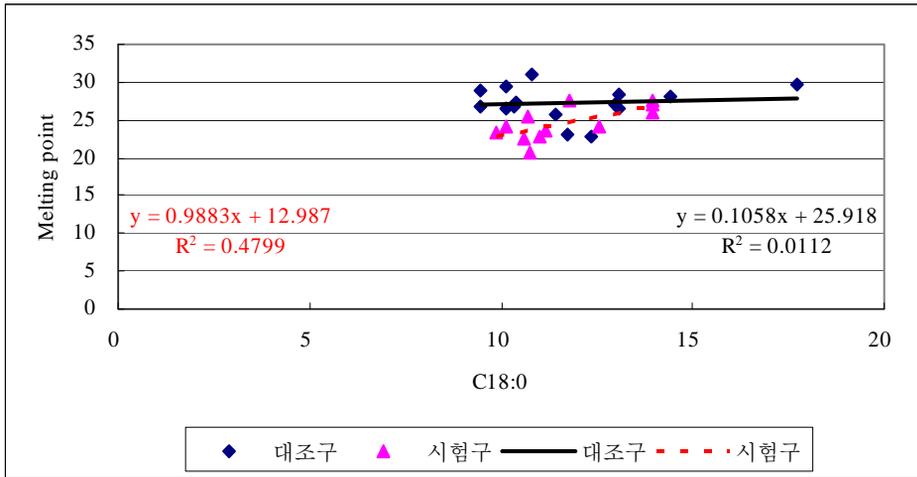


Fig. 14. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of stearic acid(C18:0) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers. _____; Low ADF group, -----; High ADF group.

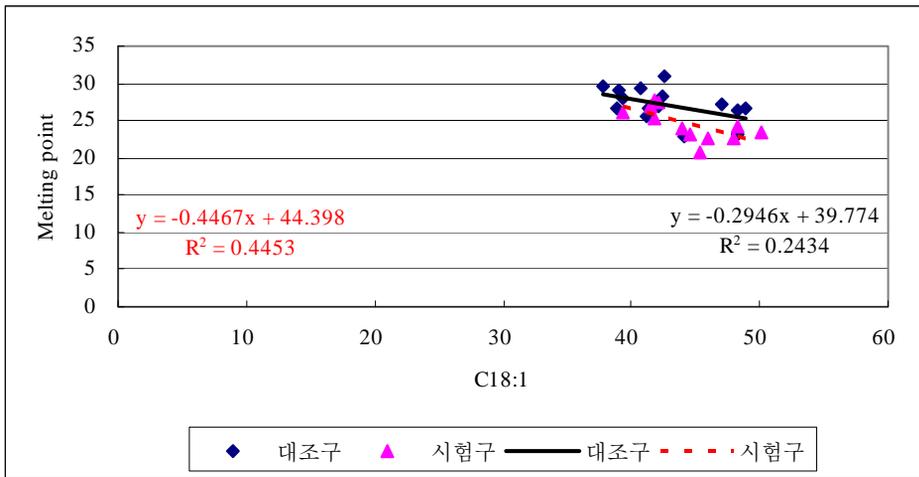


Fig. 15. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of oleic acid(C18:1) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers. _____; Low ADF group, -----; High ADF group.

Fig. 16, 17, 18, 및 19는 한우의 등심내 콜레스테롤 함량과 palmitic acid(C16:), palmitoleic acid(C16:1), stearic acid(C18:0), 및 oleic acid(C18:1)의 상관관계를 각각 나타낸 것이다.

한우 등심내 콜레스테롤과 지방산과의 관계를 살펴보면, 융점과 지방산과의 관계와는 전혀 다른 결과를 나타내었다. 즉, 융점의 경우, 포화지방산들과는 정의 상관을, 불포화지방산과는 부의 상관을 나타내었으나, 콜레스테롤의 경우, palmitic acid와 stearic acid와는 부(-)의 상관을, palmitoleic acid와 oleic acid와는 정(+의 상관)을 나타내었다.

이러한 결과는, 2차년도 연구 내용중 콜레스테롤과 ester 결합을 하는 지방산은 oleic acid가 절대적이라고 보고한 내용과 일치하는 것으로써, 등심내 oleic acid가 증가할 수록 콜레스테롤 함량이 증가한다고 판단된다.

이는 지금까지 한우 고급육 생산을 위하여 불포화 지방산 특히 oleic acid의 함량을 증가하여야 한다는 전제 조건과는 반대의 상황을 제시하는 것으로써, 향후 고급육의 생산을 위하여 어디에 초점을 두고 사양 프로그램을 개발하여야 하는 지 고민해 보아야 할 것으로 생각된다. 특히 쇠고기를 소비하는 소비자는 물론 생산하는 생산자 조차도 고급육의 개념이 정립 되어있지 않는 현재 우리나라 한우 산업에서 그나마 경쟁력 제고를 위해서 개발된 사양 프로그램이 “콜레스테롤”이라는 측면에서 보면 오히려 부정적인 영향으로 작용할 소지도 있기 때문이다.

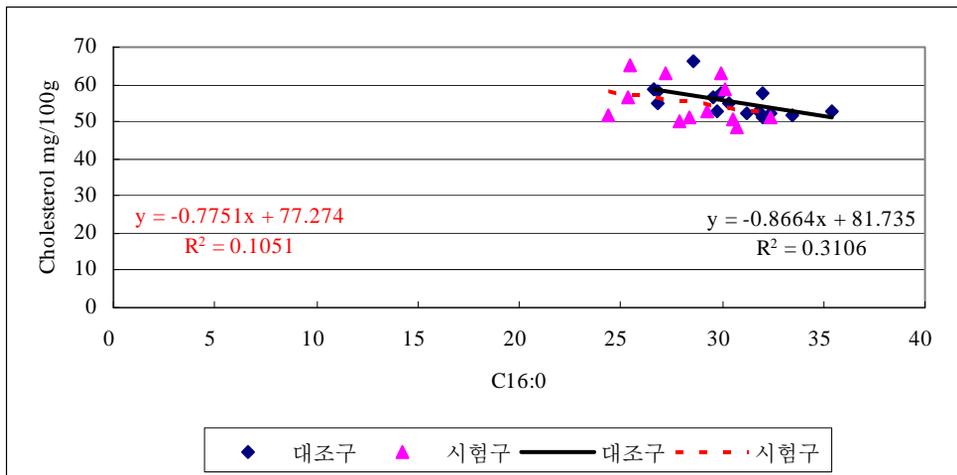


Fig. 16. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of palmitic acid(C16:0) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers. _____; Low ADF group, -----; High ADF group.

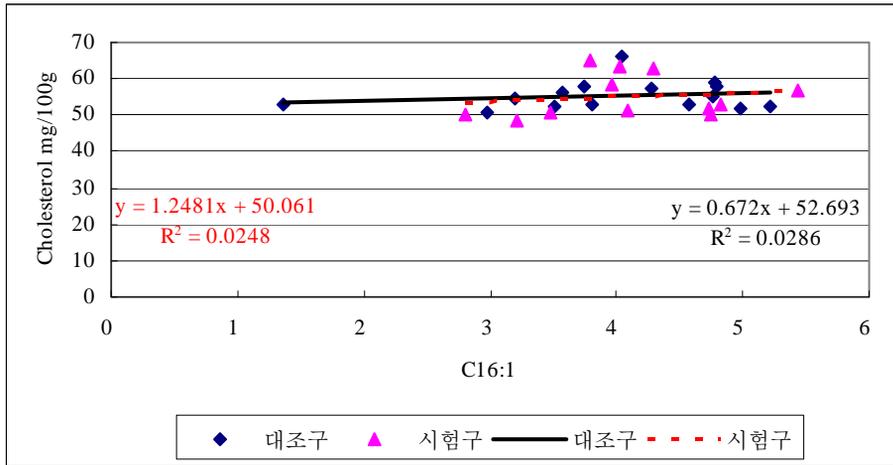


Fig. 17. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of palmitoleic acid(C16:1) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers. _____; Low ADF group, -----; High ADF group.

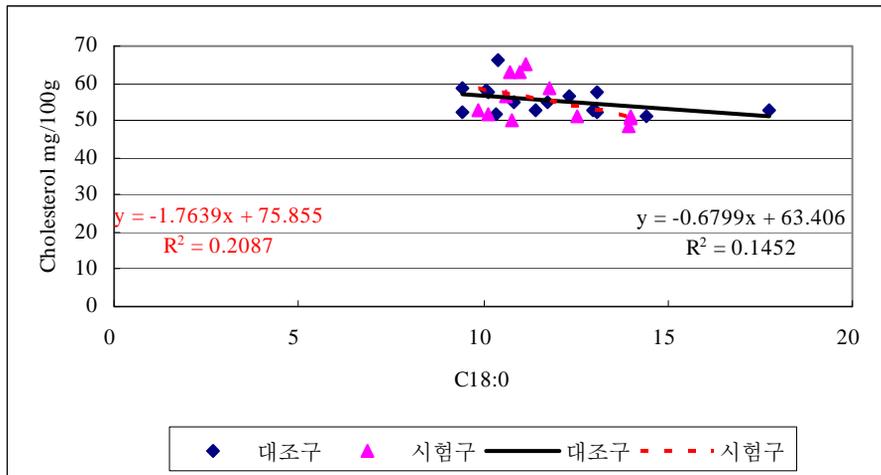


Fig. 18. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of stearic acid(C18:0) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers. _____; Low ADF group, -----; High ADF group.

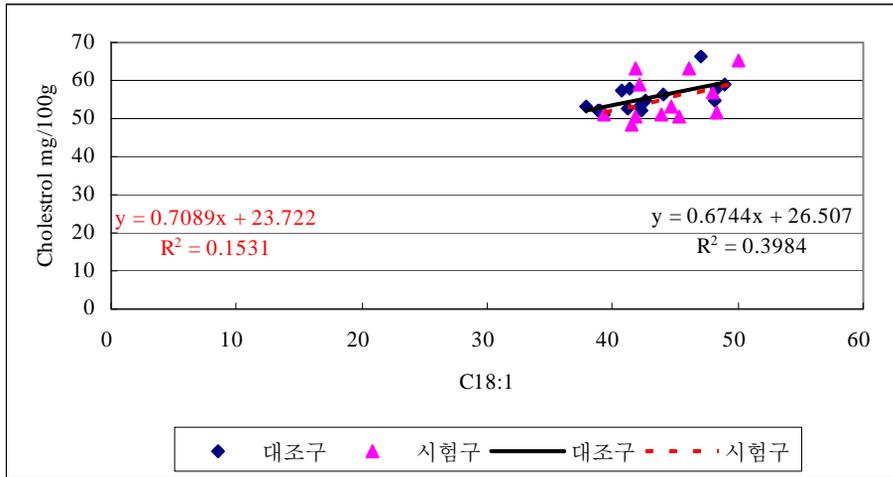


Fig. 19. Effects of different ADF levels in the ration on the relationship of oleic acid(C18:1) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers. ———; Low ADF group, -----; High ADF group.

3. 사료내 단백질 수준 조절을 통한 저콜레스테롤 한우육 생산

가. 재료 및 방법

1) 공시동물 및 거세

공시동물은 번식농가에서 자체 생산한 평균 5.3개월령(평균체중 135.6kg)의 송아지 30두를 공시하였으며, 처리구는 대조구와 시험구로 나누고 월령과 체중을 고려하여 각 처리구당 세우리로 하여 우리 당 5두씩 배치하였다. 수송아지의 거세는 입식시에 Rompun(마취제)으로 송아지를 마취시킨 다음 외과적 수술법으로 실시하였다.

2) 시험기간

본 시험은 2004년 6월 16일부터 2006년 11월 6일까지 총 773일 동안 실시하였다.

3) 시험사료

본 시험은 비육단계를 육성기(13개월령까지), 비육전기(14~22개월령) 및 비육후기(23~30개월령)로 구분하여, 농후사료는 대조구의 경우 일반 시판사료를 이용하였고, 시험구는 시험목적에 따른 비육단계별 단백질 수준(16-15-14%)에 부합하는 배합사료를 주문 생산하여 사용하였다. 단, TDN 수준은 비육단계별로 68, 70 및 72%로 처리

구간 동일하게 적용하였다. 조사료는 대조구 및 시험구 공히 티모시 건초, 톨페스큐 스트로우를 사용하였으며, 시험사료의 화학적 조성은 Table 23, 24 및 25에 나타난 바와 같다.

4) 사양관리

시험우는 9.0 × 4.5m 크기의 우리에 각 5두씩 수용하여 Group feeding하였다.

농후사료는 육성기, 비육전기 및 비육후기의 세 단계로 구분하여, 육성기는 1일 2회(아침과 저녁), 비육전기 와 비육후기는 1일 3회(아침, 점심, 저녁)로 나누어 급여하였고, 조사료는 농후사료와 혼합하여 급여하였다. 물과 미네랄 블록은 자유로이 섭취할 수 있게 하였고, 기타 관리사항은 농장의 관행에 따랐다. 체중측정은 시험개시 시와 시험개시 후 종료 시까지 30일 간격으로 일정 시각에 실시하였으며, 사료 섭취량은 체중 측정 시에 잔량을 조사하여 기록하였다.

5) 도체특성

시험이 종료된 시험우는 24시간 절식시킨 다음, 12시간 계류 시킨 후 도축하였다. 도체는 24시간 냉장실에서 냉각 시킨 후, 한국 쇠고기 등급 기준(2006)에 따라 냉도 체중 및 육량 형질(등지방 두께, 배최장근단면적)과 육질형질(근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도) 판정항목에 따라 육량등급과 육질등급을 판정하였다.

6) 이화학적 특성 및 지방산 조성

시료는 도체등급 판정 후에 제 13번째와 12번째 늑골의 등심부위 사이에서 일정량 채취하였고, 채취한 시료는 냉장상태(0~5℃)를 유지시켜 실험실로 운반한 후 즉시 육색과 가열감량을 측정하였다. 도체의 수분, 조지방과 조단백질 측정을 하기 위한 시료는 시료 주위의 지방 및 막을 제거 한 후, Hanil Mini Cooking Cutter(한일 전기 주식회사 HMC-150T)로 곱게 분쇄하여 분석 시까지 -80℃에서 냉동 보관하였다.

도체의 지방산은 도체 시료에서 Folch 등(1957)의 방법으로 지방을 추출한 다음, Lepage와 Roy(1986)의 방법에 따라 지방산을 methylation시킨 후 gas chromatography로 분석하였다.

7) 화학적 분석

사료의 일반 조성분, Ca와 P 및 도체의 수분, 조지방, 조단백질은 AOAC(1984)법으로 분석하였으며 도체시료의 수분함량은 105℃ 건조기에서 18시간 건조시켜 구했고 조지방 함량은 수분 측정이 끝난 시료를 Ethyl ether로 16시간 추출하여 측정하였다.

8) 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SAS(2002)통계 분석 Package의 GLM분석 방법에 따라 유의성 검정을 실시하였다. 단, 사료 섭취량과 사료 요구율, CP섭취량과 요구율 및 TDN 섭취량과 요구율의 결과는 군 사육으로 반복이 없기 때문에 유의성 검정에서 제외하였다.

Table 23. Chemical composition of concentrates used for control group.

| Composition | Concentrates | | |
|-------------------|----------------------------|--------------|--------------|
| | Growing | Fattening | Finishing |
| | %, as fed basis | | |
| Moisture | 11.88 ± 0.18 ¹⁾ | 11.81 ± 0.24 | 12.46 ± 0.17 |
| Crude protein | 15.31 ± 0.07 | 13.03 ± 0.16 | 12.29 ± 0.09 |
| Crude fat | 3.02 ± 0.04 | 3.13 ± 0.03 | 3.06 ± 0.04 |
| Crude fiber | 7.19 ± 0.21 | 6.21 ± 0.23 | 5.20 ± 0.06 |
| Crude ash | 5.43 ± 0.06 | 5.23 ± 0.16 | 5.56 ± 0.05 |
| NFE | 57.17 ± 0.10 | 60.19 ± 0.16 | 61.43 ± 0.23 |
| Ca | 0.97 ± 0.03 | 0.87 ± 0.03 | 0.69 ± 0.02 |
| P | 0.50 ± 0.00 | 0.42 ± 0.01 | 0.39 ± 0.01 |
| ADF | 11.90 ± 0.32 | 10.80 ± 0.10 | 8.75 ± 0.22 |
| NDF | 27.29 ± 0.80 | 23.87 ± 0.30 | 21.14 ± 0.29 |
| TDN ¹⁾ | 68 | 70 | 72 |

¹⁾ Mean ± standard error.

²⁾ Calculated.

Table 24. Chemical composition of concentrates used for treatment group.

| Composition | Concentrates | | |
|-------------------|----------------------------|--------------|--------------|
| | Growing | Fattening | Finishing |
| | %, as fed basis | | |
| Moisture | 12.04 ± 0.25 ¹⁾ | 12.37 ± 0.20 | 12.45 ± 0.12 |
| Crude protein | 16.33 ± 0.07 | 15.86 ± 0.18 | 14.69 ± 0.09 |
| Crude fat | 2.82 ± 0.09 | 2.87 ± 0.05 | 3.20 ± 0.04 |
| Crude fiber | 8.15 ± 0.23 | 7.56 ± 0.08 | 4.54 ± 0.13 |
| Crude ash | 6.23 ± 0.13 | 6.14 ± 0.07 | 4.89 ± 0.08 |
| NFE | 54.43 ± 0.52 | 55.20 ± 0.38 | 60.23 ± 0.17 |
| Ca | 1.07 ± 0.04 | 0.92 ± 0.01 | 0.68 ± 0.01 |
| P | 0.58 ± 0.01 | 0.54 ± 0.01 | 0.49 ± 0.01 |
| ADF | 12.40 ± 0.13 | 11.34 ± 0.45 | 6.93 ± 0.35 |
| NDF | 27.98 ± 0.21 | 25.71 ± 1.08 | 19.46 ± 0.16 |
| TDN ²⁾ | 68 | 70 | 72 |

¹⁾ Mean ± standard error.

²⁾ Calculated.

Table 25. Chemical composition of roughages used for both control and treatment group.

| Composition | Roughages | |
|-------------------|---------------------------|-------------------|
| | Timothy hay | Tall fescue straw |
| | %, as fed basis | |
| Moisture | 8.07 ± 1.07 ¹⁾ | 7.97 ± 1.60 |
| Crude protein | 7.00 ± 1.31 | 5.10 ± 0.63 |
| Crude fat | 1.53 ± 0.55 | 0.90 ± 0.19 |
| Crude fiber | 33.97 ± 2.19 | 35.97 ± 0.50 |
| Crude ash | 5.92 ± 1.33 | 5.57 ± 0.55 |
| NFE | 43.51 ± 2.02 | 44.49 ± 1.48 |
| Ca | 0.23 ± 0.04 | 0.23 ± 0.03 |
| P | 0.18 ± 0.05 | 0.13 ± 0.06 |
| ADF | 40.85 ± 0.51 | 39.96 ± 2.26 |
| NDF | 61.15 ± 0.07 | 61.11 ± 1.19 |
| TDN ²⁾ | 54.61 | 40.04 |

¹⁾ Mean ± standard error.

²⁾ Adapted from the Composition of Korean Feedstuffs(1988).

나. 결과 및 고찰

1) 비육능력

전 비육기간 773일간의 비육성적은 Table 26에 나타낸 바와 같다.

시험 종료 시 체중은 대조구와 시험구가 각각 715.3kg과 732.0kg으로서, 시험구가 16.7kg이 더 높았고, 시험개시 후 총 증체량에서도 대조구와 시험구에서 각각 577.1kg과 599.0kg으로 시험구에서 21.9kg이 더 증체 되었다. 일당 증체량은 대조구가 0.75kg, 시험구가 0.77kg이었다.

사료섭취량에 경우 농후사료의 두당 섭취량은 대조구가 5,072.3kg, 시험구가 5,148.9kg이었으며, 조사료섭취량은 대조구와 시험구가 각각 두당 1,377.5kg과 1,385.2kg으로 차이가 없었다. 두당 총 사료요구율에서 농후사료 및 조사료 경우 대

조구와 시험구가 각각 8.79와 2.39 및 8.60과 2.31로 차이를 보이지 않았고, 따라서 총 사료요구율에서도 대조구(11.18)와 시험구(10.91)가 비슷하게 나타났다.

Table 26. Effects of different protein levels in the concentrates on the performances of Hanwoo steers during overall feeding period.

| Items | Control ¹⁾ | Treatment ²⁾ | Pr > t ³⁾ |
|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------|
| No. of Heads | 15 | 15 | |
| Initial age, day(month) | 161.1(5.41)±28.14 ⁴⁾ | 157.5(5.3)±27.80 | 0.9319 |
| Final age, day(month) | 943.1(30.6)±23.33 | 930.5(30.5)±23.33 | 0.9319 |
| Period, day(month) | 773 | 773 | |
| Body weight, kg/hd | | | |
| Initial weight | 138.2±22.37 | 133.0±22.79 | 0.8786 |
| Final weight | 715.3±2.69 | 732.0±10.71 | 0.2042 |
| Total weight gain | 577.1±22.52 | 599.0±22.05 | 0.5248 |
| Daily gain | 0.75±0.03 | 0.77±0.03 | 0.6028 |
| Feed intake, kg/hd | | | |
| Concentrate | 5,072.3 | 5,148.9 | |
| Tall fescue straw | 576.5 | 572.7 | |
| Timothy hay | 801.0 | 812.5 | |
| Total | 6,449.8 | 6,534.1 | |
| Feed conversion kg/kg | | | |
| Concentrate | 8.79 | 8.60 | |
| Roughage | 2.39 | 2.31 | |
| Total | 11.18 | 10.91 | |

¹⁾ Low CP group.

²⁾ High CP group.

³⁾ Probability of the T test.

⁴⁾ Mean ± standard error.

또한 조단백질 섭취량을 보면(Table 27), 대조구는 두당 754.0kg, 시험구가 882.1kg으로, 시험구가 17% 더 많이 섭취하였다. 이러한 차이는 농후사료의 조단백질 수준차이에 의해 온 것으로 농후사료로부터 두당 조단백질섭취량은 대조구와 시험구가 각각 666.5kg과 796.0kg으로 시험구에서 19.4%가 더 많았다. 조사료로부터의 조단백

질 섭취량은 양 구간에 차이가 없었다.

총 조단백질 요구율은 시험구에서 1.47로 대조구의 1.30보다 13.1%가 더 나뉘었으나 조사료의 조단백질 요구율에서는 시험구(0.14)가 대조구(0.15)보다 6.7%가 더 좋은 것으로 나타났다.

Table 27. Effects of different protein levels in the concentrates on crude protein intake of Hanwoo steers during overall feeding period.

| Item | Control ¹⁾ | Treatment ²⁾ |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| No. of heads | 15 | 15 |
| Period, days | 773 | 773 |
| CP intake, kg/hd | | |
| Concentrate | 666.5 | 796.0 |
| Tall fescue straw | 29.4 | 29.2 |
| Timothy hay | 56.1 | 56.9 |
| sub-total | 85.5 | 86.1 |
| Total | 754.0 | 882.1 |
| CP conversion, kg/kg | | |
| Concentrate | 1.15 | 1.33 |
| Roughage | 0.15 | 0.14 |
| Total | 1.30 | 1.47 |

¹⁾ Low CP group.

²⁾ High CP group.

TDN 섭취량(Table 28)은 농후사료로부터 섭취한 TDN이 대조구가 3,573.8kg, 시험구는 3,585.7kg으로 차이를 보이지 않았으며, 조사료로부터의 TDN섭취량도 대조구 및 시험구가 각각 437.4kg 및 443.7kg로 차이가 없었다. 이는 양 구간 사용한 농후사료의 TDN이 수준이 동일하였기 때문인 것으로 보인다. 또한 TDN 요구율은 농후사료 및 조사료에서는 대조구와 시험구가 각각 6.19와 1.15 및 5.99와 1.12로 비슷한 경향을 나타내었으며, 따라서 총 TDN요구율은 대조구가 7.34, 시험구가 7.1로 양 구간 차이를 나타내지 않았다.

이는 오 등 (2004)이 거세한우의 비육단계별로 적정단백질 수준에 의한 육성기 (16-15-14%), 비육전기 (15-14-13%), 비육중기 (14-13-12%), 비육후기 (13-12-11%)로 달리한 비교시험에서도 일당증체량 및 사료섭취량은 사료의 조단백질 수준에 의한 영향이 나타나지 않았다고 보고한 연구결과와 비슷한 결과였다.

Table 28. Effects of different protein levels in the concentrates on TDN intake of Hanwoo steers during overall feeding period.

| Item | Control ¹⁾ | Treatment ²⁾ |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| No.of heads | 15 | 15 |
| Period, days | 773 | 773 |
| TDN intake, kg/hd | | |
| Concentrate | 3,573.8 | 3,585.7 |
| Tall fescue straw | 230.8 | 229.3 |
| Timothy hay | 437.4 | 443.7 |
| Total | 4,242.1 | 4,258.8 |
| TDN conversion, kg/kg | | |
| Concentrate | 6.19 | 5.99 |
| Roughage | 1.15 | 1.12 |
| Total | 7.34 | 7.11 |

¹⁾ Low CP group.

²⁾ High CP group.

본 연구결과를 종합해 보면, 비육전기 및 비육후기에는 조단백질수준에 의한 영향은 없었으나 육성기에는 증체량 및 사료요구율이 개선되는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 결과를 바탕으로 하여 더 많은 점검 및 연구가 진행되어야 할 것으로 생각되지만 본 시험의 결과만으로 볼 때 비육단계별 농후사료의 조단백질 수준은 육성기, 비육전기 및 비육후기에서 각각 16%, 14%, 12%가 적절한 수준인 것으로 판단되었다.

2) 도체특성

도체특성에 관한 결과는 Table 29에 나타낸 바와 같다.

Table 29. Effects of different protein levels in the concentrates on carcass characteristics of Hanwoo steers.

| Items | Control ¹⁾ | Treatment ²⁾ | Pr > t ³⁾ |
|---|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| No. of heads | 15 | 15 | |
| Marketing wt.,kg | 715.3±2.69 ⁴⁾ | 732.0±10.71 | 0.2042 |
| Chiled carcass wt.,kg | 411.9±7.66 | 419.9±7.54 | 0.4666 |
| Yield traits: | | | |
| Backfat thickness,mm | 9.4±0.68 | 11.1±0.98 | 0.1577 |
| Longissimus muscle area,cm ² | 83.4±1.55 | 82.1±1.58 | 0.5517 |
| Yield index | 66.5±0.56 | 65.0±0.75 | 0.1335 |
| Yield grade ⁵⁾ | 1.67±0.13 | 2.00±0.14 | 0.0853 |
| Quality traits | | | |
| Marbling score ⁶⁾ | 6.13±0.31 | 5.93±0.33 | 0.6607 |
| Meat color ⁷⁾ | 4.67±0.13 | 4.47±0.13 | 0.2849 |
| Fat color ⁸⁾ | 2.47±0.13 | 2.53±0.13 | 0.7263 |
| Texture ⁹⁾ | 1.00±0.00 | 1.00±0.00 | 1.0000 |
| Maturity ¹⁰⁾ | 2.07±0.07 | 2.07±0.07 | 1.0000 |
| Quality grade ¹¹⁾ | 0.39±0.12 | 0.33±0.11 | 0.7085 |

¹⁾ Low CP group.

²⁾ High CP group.

³⁾ Probabilty of the T test.

⁴⁾ Mean± standard error.

⁵⁾ converted to numeric: grade A = 1, B = 2, and C= 3.

⁶⁾ 9 = the most abundant, 1 = devoid.

⁷⁾ 7 =dark red, 1 = bright.

⁸⁾ 7 = yellowish, 1 = white.

⁹⁾ 3 = Coarse, 1 = fine.

¹⁰⁾ 9 = mature, 1 = youthful.

¹¹⁾ converted to a numeric : grade 1⁺⁺ = 0.01, 1⁺ = 0.1, 1 = 1, 2 = 2.

대조구와 시험구의 냉도체중은 각각 411.9kg과 419.9kg으로 시험구에서 8kg이 더 높았다.

육량형질의 경우, 등지방두께는 대조구가 9.4mm, 시험구가 11.1mm로 시험구에서 1.7mm가 더 두꺼웠으며, 배최장근단면적은 대조구와 시험구가 각각 83.4cm²와 82.1cm²

로 대조구가 1.3cm² 더 넓었다. 따라서 육량지수는 시험구와 대조구가 각각 65.0와 66.5로 시험구에서 육량등급이 불리해지는 경향이였다(P>0.0853). 이를 육량등급(A=1, B=2, C=3)으로 환산하였을 때 .대조구와 시험구는 각각 1.67과 2.00이였다.

육질형질의 경우는 근내지방도, 육색, 지방색, 조직감 및 성숙도에서 대조구가 6.13, 4.67, 2.47, 1.00 및 2.07과 시험구 5.93, 4.47, 2.53, 1.00, 및 2.07로 양 구간에 유의한 차이는 나타내지 않았다. 그러나 육질등급은 1⁺⁺ = 0.01, 1⁺ = 0.1, 1 = 1 및 2 = 2로 환산하였을 때. 시험구가 0.33으로 대조구 0.39보다 시험구에서 15.4% 더 좋아지는 것으로 나타났다. 또한 육질등급의 경우, Table 28에는 제시하지 않았으나, 대조구에서는 1⁺⁺등급이 13.3%(2두), 1⁺등급이 53.3%(8두), 1등급이 34.0%(5두)로 1등급 이상 출현율이 100%였고 시험구도 1⁺⁺가 13.3%(2두), 1⁺가 60%(9두), 1등급이 26.7%(4두)로 양 구간에 1등급이상 출현율이 100%였다.

이와 같은 본 시험의 결과는 농후사료의 조단백질수준이 육량 및 육질등급에 뚜렷한 영향을 미치는 않는 것으로 나타났다. 또한 이 결과는 오 등(2004)이 비육단계 별로 조단백질수준을 달리한 한우거세우 시험에서 조단백질 수준의 차이가 도체특성에 영향을 미치지 않았다고 한 보고와 일치한다.

한편 농후사료의 조단백질수준을 높이면 배최장근단면적이 넓어지고, 등지방두께가 감소하며 근내지방도가 높아진다는 보고도 있다(丸山 등,1994. 增山, 1997).

3) 이화학적 특성 및 지방산 조성

도체의 이화학적 특성과 지방산 조성에 대한 결과는 Table 30와 31에 나타낸 바와 같다.

Table 30. Effects of different protein levels in the concentrates on physicochemical characteristics of Hanwoo steers.

| Items | Control ¹⁾ | Treatment ²⁾ | Pr > t ³⁾ |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Moisture, % | 64.5±0.66 ⁴⁾ | 64.8±0.61 | 0.8081 |
| Crude fat, % | 14.9±0.90 | 14.5±0.83 | 0.7205 |
| Crude protein,% | 19.3±0.27 | 19.6±0.25 | 0.3996 |

1) Low CP group.

2) Hig CP group.

3) Probabilty of the T test.

4) Mean ± standard error.

도체의 수분, 조지방 및 조단백질 함량은 대조구가 64.5, 14.9 및 19.3%, 시험구의 64.8, 14.5 및 19.6%로 양 구간에 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다.

도체의 이화학적 성분은 근내지방함량 및 근내지방도 또는 육질등급과 밀접한 관계가 있으며 육질등급이 높을수록 조지방 함량은 증가하고 수분 함량이 감소하며, 조단백질 함량도 감소하는 것으로 알려져 있다(McBee와 Wiles, 1967; Kelly 등, 1968; Savell 등, 1986; Cameron 등, 1994; 이 등, 2004).

이와 같이 본 시험의 이화학적 특성에서 농후사료의 조단백질 수준에 의한 차이가 나타내지 않았던 것도, 본 시험의 도체특성(Table 28)에서 특히, 근내지방도 및 육질등급의 차이가 없었던 때문으로 여겨진다.

Table 31. Effects of different protein levels in the concentrates on fatty acid composition of longissimus muscle of Hanwoo steers.

| Fatty acid, % | Control ¹⁾ | Treatment ²⁾ | Pr > t ³⁾ |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | 15 | 15 | |
| C14:0 | 3.49 ± 0.15 ⁴⁾ | 2.93 ± 0.18 | 0.1783 |
| C14:1 | 0.47 ± 0.06 | 0.34 ± 0.04 | 0.3718 |
| C16:0 | 33.43 ± 0.89 | 34.60 ± 0.93 | 0.4793 |
| C16:1 | 4.06 ± 0.29 | 3.75 ± 0.18 | 0.4229 |
| C17:0 | 0.51 ± 0.13 | 0.33 ± 0.05 | 0.3478 |
| C18:0 | 10.18 ± 0.76 | 11.30 ± 0.42 | 0.0901 |
| C18:1 | 43.03 ± 0.63 | 43.43 ± 0.98 | 0.7845 |
| C18:2 | 1.87 ± 0.49 | 1.49 ± 0.28 | 0.5840 |
| C18:3 | 0.02 ± 0.01 | 0.03 ± 0.00 | 0.3333 |
| C20:0 | 2.78 ± 0.27 | 2.95 ± 0.41 | 0.8725 |
| SFA ⁵⁾ | 50.36 ± 0.91 | 51.33 ± 1.05 | 0.5708 |
| UFA ⁶⁾ | 49.44 ± 0.92 | 48.64 ± 1.05 | 0.6366 |
| MUFA ⁷⁾ | 47.57 ± 0.69 | 47.25 ± 0.94 | 0.8067 |
| U/S ⁸⁾ | 0.99 ± 0.04 | 0.96 ± 0.04 | 0.5970 |

1) Low ADF group.

2) High ADF group

3) Probability of the T test.

4) Mean ± standard error.

5) Saturated fatty acids(C_{12:0}+C_{14:0}+C_{16:0}+C_{18:0}+C_{20:0})

6) Monounsaturated fatty acids(C_{16:1}+C_{18:1}+C_{20:1})

7) Unsaturated fatty acids.

8) Monounsaturated fatty acids / Saturated fatty acid.

9) Unsaturated fatty acid / Saturated fatty acid.

한편 도체의 지방산 조성은 Table 30에 나타난 바와 같이, 개별 지방산(C18:1, C16:0 C18:0, C16:1, C18:2, C20:0) 및 포화지방산, 불포화지방산, 단가불포화지방산 비율은 대조구와 시험구간에 특별한 차이를 나타내지 않았다.

지방산 조성은 도체의 부위(송 등, 2000), 품종(Zembayashi 등, 1995), 성(Yoshimura 와 Namikawa, 1983), 계절(Link 등 1970a, b), 사료(Westerliing과 Hedrick, 1979), 비육 기간(정 등, 2003)에 따라 다르고, 지방산 조성에 미치는 영향도 근육조직에서 보다 지방조직에서 더 뚜렷하고 또한 지방산 조성은 육질등급에 의해서도 영향을 받는 것으로 알려지고 있다(정 등, 2003).

본 시험에서 지방산 조성의 결과는 등심지방의 것으로 육질등급(Table 28)의 차이가 없었던 것이 지방산 조성에 영향을 미치지 않았던 것으로 보이며, 또한 지방산 조성은 조단백질 수준 차이에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다

4) 등심내 용점 및 콜레스테롤 함량

Table 32에는 한우 거세우 농후사료내 단백질 수준을 달리하였을 때, 한우 등심에서 추출한 지방의 용점과 등심내 콜레스테롤의 함량을 나타낸 것이다.

흥미로운 사실은, 섬유소 수준을 달리하였을 때와는 상이하게, 사료내 단백질 수준을 달리할 경우 등심 지방의 용점에는 변화가 없었으나, 콜레스테롤 함량은 감소함을 나타내었다.

이러한 사실은 한우 거세우 사료내 섬유소와 단백질 수준의 조절은 한우의 체내 지방 대사에 전혀 다른 메카니즘으로 작용함으로써, 지방산의 조성과 관련이 있다고 알려진 용점과 콜레스테롤에 서로 다른 결과를 나타내었다. 특히 한우 거세우의 사료내 단백질 수준을 증가할 경우, 등심내 콜레스테롤 함량이 유의하게 감소함으로써, 전술한 바와 같이 이제까지 한우 고급육 생산과는 다른 측면에서 고급육을 해석하고, 새로운 의미의 사양 프로그램을 제시할 수 있다고 판단된다.

Table 32. Effects of different protein levels in the concentrates on melting point and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.

| Items | Control | Treatment | Pr > t |
|----------------------|--------------|--------------|----------|
| Melting point, °C | 27.60 ± 0.97 | 27.70 ± 0.81 | 0.9457 |
| Cholesterol, mg/100g | 57.67 ± 1.40 | 55.68 ± 1.04 | 0.2648 |

Table 33은 한우의 근내지방도별 조지방 함량을 나타낸 것으로써, 전술한 섬유소 수준을 달리하였을 경우의 결과와 마찬가지로 근내지방도와 등심내 조지방 함량간에는 상당한 변이를 지니고 있는 것으로 판단되며, 이는 면밀한 추가 시험이 뒤따라야 할 것으로 생각된다.

Table 33. Crude fat contents in longissimus muscle and marbling degree in Hanwoo steers used in the experiment.

| Marbling degree | Crude fat | Marbling degree | Crude fat |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
| 4 | 13.31 | 6 | 11.95 |
| 4 | 16.54 | 6 | 12.42 |
| 4 | 18.22 | 6 | 11.59 |
| 4 | 18.09 | 6 | 12.85 |
| Mean ± SE | 16.54 ± 1.14 | Mean ± SE | 13.13 ± 0.66 |
| 5 | 12.04 | 7 | 19.01 |
| 5 | 10.84 | 7 | 10.36 |
| 5 | 13.80 | 7 | 16.19 |
| 5 | 16.63 | 7 | 13.66 |
| 5 | 13.53 | 7 | 21.14 |
| Mean ± SE | 13.37 ± 0.97 | 7 | 10.15 |
| 6 | 13.88 | Mean ± SE | 15.09 ± 1.84 |
| 6 | 15.67 | 8 | 22.24 |
| 6 | 17.33 | 8 | 17.00 |
| 6 | 15.62 | 8 | 14.59 |
| 6 | 11.37 | 8 | 18.93 |
| 6 | 11.05 | Mean ± SE | 18.19 ± 1.62 |
| 6 | 10.71 | | |

Fig. 20, 21, 22, 및 23은 농후사료내 단백질 수준을 달리하였을 때 한우 거세우의 등심에서 추출한 지방의 용점과 palmitic acid(C16:0), palmitoleic acid(C16:1), stearic acid(C18:0), 및 oleic acid(C18:1) 각각 지방산과의 상관관계를 나타낸 것이다.

등심내 각 지방산과 용점과의 상관관계를 분석해 보면, 비록 Table 32에서 농후사료내 단백질 수준을 달리하더라도 용점에는 큰 영향이 없었지만, 개별 지방산별로는 용점에 뚜렷한 영향을 미치는 것으로 판단된다. 즉, palmitic acid의 경우에는 용점과 정(+)의 상관, oleic acid는 부(-)의 상관을 나타내었다.

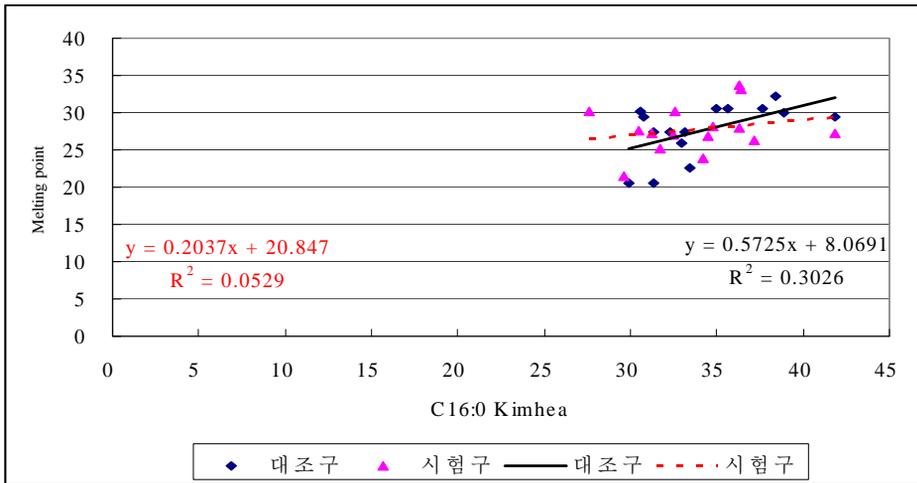


Fig. 20. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of palmitic acid(C16:0) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers. _____; Low protein group, -----; High protein group.

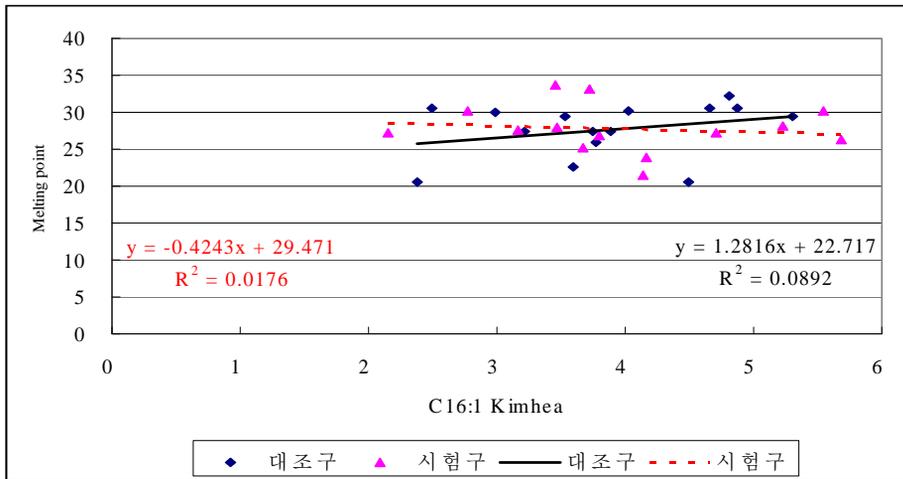


Fig. 21. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of palmitoleic acid(C16:1) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers. _____; Low protein group, -----; High protein group.

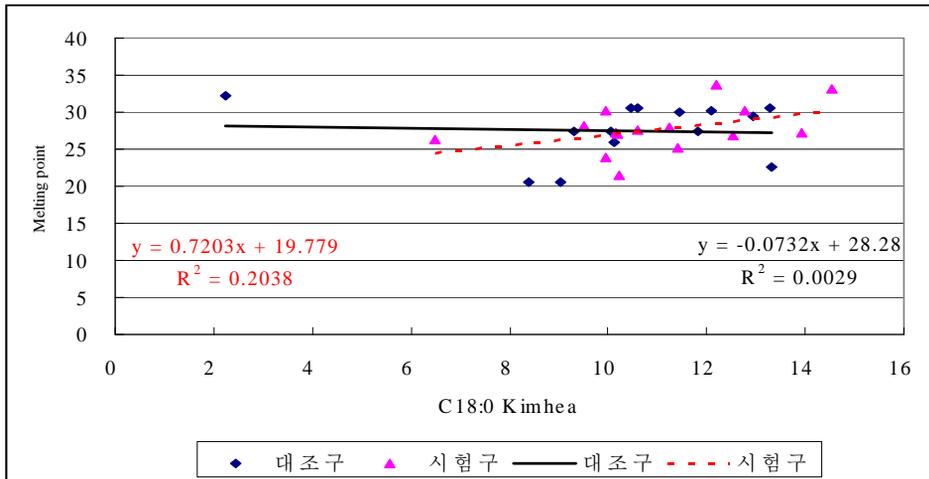


Fig. 22. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of stearic acid(C18:0) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers. —; Low protein group, - - - - -; High protein group.

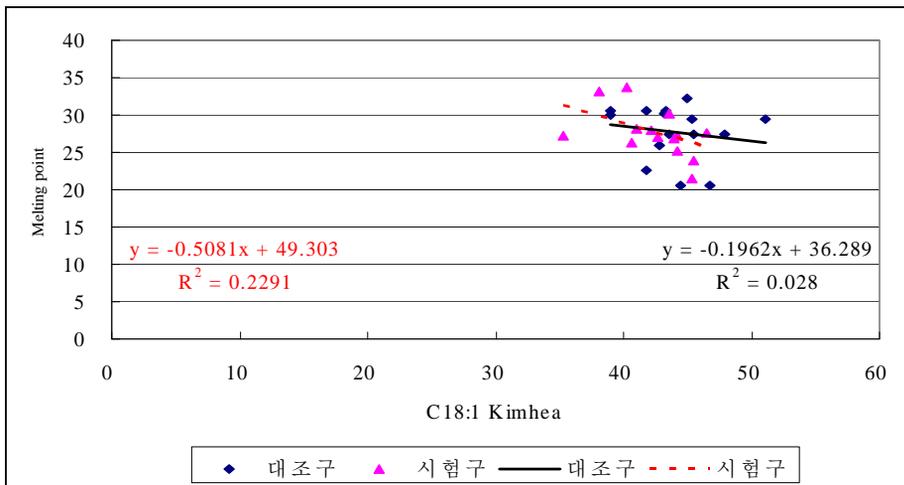


Fig. 23. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of oleic acid(C18:1) contents and melting point in longissimus muscle of Hanwoo steers. —; Low protein group, - - - - -; High protein group.

Fig. 24, 25, 26, 및 27은 농후사료내 단백질 수준을 달리하였을 때 한우 거세우의 등심내 콜레스테롤과 palmitic acid(C16:0), palmitoleic acid(C16:1), stearic acid(C18:0), 및 oleic acid(C18:1) 각각 지방산과의 상관관계를 나타낸 것이다.

사료내 단백질 수준을 달리 하였을 때, 한우 거세우의 등심내 콜레스테롤 함량에 영향을 미치는 각 지방산의 효과는 뚜렷하게 나타난 것은 아니지만, 단백질 수준을 높여 급여한 처리구의 경우, palmitoleic acid와 oleic acid와 같은 주요 단가불포화지방산이 콜레스테롤 함량과 부(-)의 상관관계를 나타냄으로써, 전체적으로 단백질 수준이 증가함에 따라 콜레스테롤 함량이 감소하는 효과를 나타내었다.

이는 전술한 용점에서 고찰한 바와 같이 콜레스테롤 함량에 초점을 둔 고급육의 생산이라는 측면에서 중요하게 고려하여야 할 사항인 것으로 판단된다.

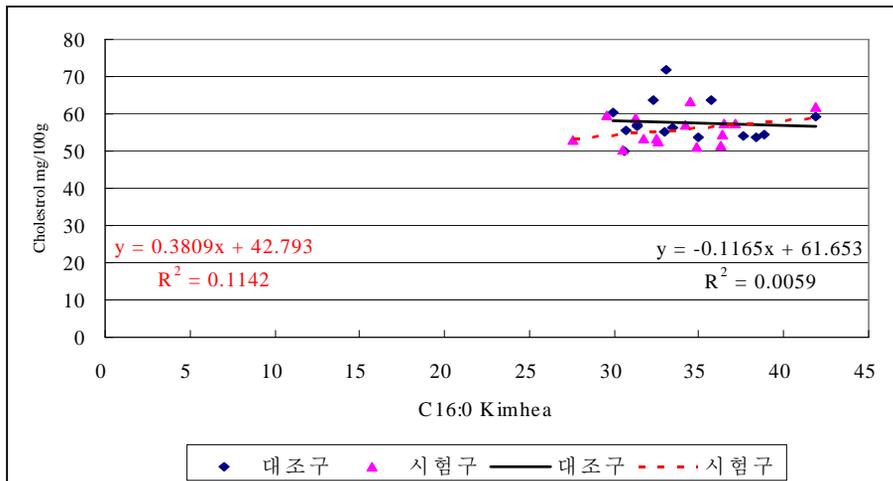


Fig. 24. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of palmitic acid(C16:0) contents and cholesterol in longissimus muscle of Hanwoo steers. —; Low protein group, - - - - -; High protein group.

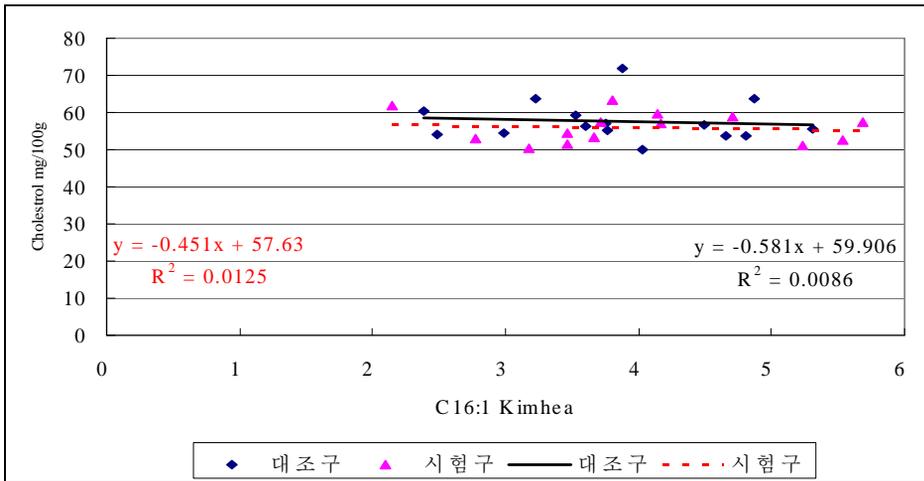


Fig. 25. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of palmitoleic acid(C16:1) contents and cholesterol in longissimus muscle of Hanwoo steers. _____; Low protein group, -----; High protein group.

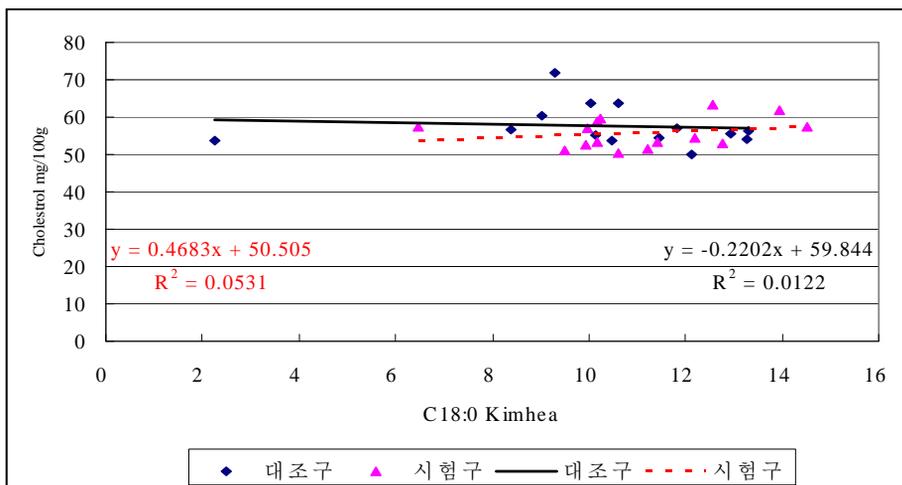


Fig. 26. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of stearic acid(C18:0) contents and cholesterol in longissimus muscle of Hanwoo steers. _____; Low protein group, -----; High protein group.

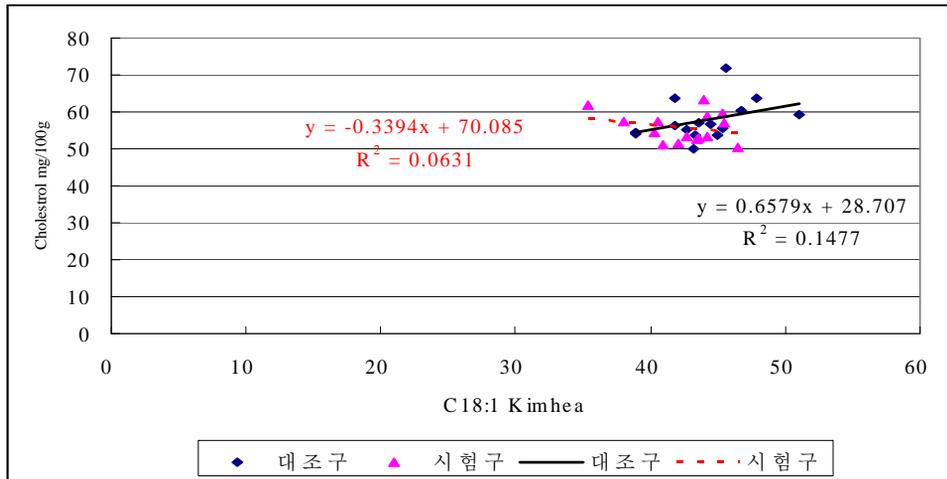


Fig. 27. Effects of different protein levels in the concentrates on the relationship of oleic acid(C18:1) contents and cholesterol in longissimus muscle of Hanwoo steers. —; Low protein group, -----; High protein group.

4. 사료내 지방 및 지방산 조절을 통한 저콜레스테롤 한우육 생산

가. 재료 및 방법

1) 공시동물

평균 27 개월령의 비육후기 한우 거세우 45두를 세 처리구에 각각 15두씩 배치하여 30 개월령까지 90일 동안 사육하였다.

2) 시험사료

대조구는 일반 비육후기사료를 급여하였으며, 시험1구는 대조구에 사용한 비육후기 사료에 지방산 칼슘을 3.95% 첨가하였으며, 시험2구는 비육후기 사료에 extruded soybean 12%와 Distillers Dried Grains with Solubles(DDGS) 8%를 첨가하였다. 조사료는 각 처리구에 볏짚을 제한급여하였다.

3) 도체특성

사양시험 종료된 시험우는 24시간 절식시킨 후, 12시간 계류 시킨 후 도축하였다. 그리고 도축된 소는 24시간 냉장실에서 냉각 시킨 후, 한국 도체등급판정기준(2006)에 따라 육량형질(냉도체중, 등지방두께, 등심면적)과 육질형질(근내지방도, 육색, 지방색,

조직감, 성숙도) 판정 항목을 바탕으로 육량등급과 육질등급을 판정하였다.

4) 지방산 조성

도체의 지방산은 도체 시료에서 Folch 등(1957)의 방법으로 지방을 추출한 다음, Lepage와 Roy(1986)의 방법에 따라 지방산을 methylation시킨 후 gas chromatography로 분석하였다.

5) 콜레스테롤 함량

1차년도의 콜레스테롤 분석 방법과 동일한 방법으로 분석하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 등심의 이화학적 특성 및 콜레스테롤 함량

Table 34은 시험우의 근내지방도, 화학적 조성, 용점, 및 콜레스테롤 함량을 나타내었다.

한우 거세우 사료내 비육후기 90일 동안 extruded soybean과 DDGS를 첨가할 경우, 통계적인 유의성은 없었지만 근내지방도가 다소 증가하는 경향이었으며, 등심에서 추출한 지방의 용점은 현저히 저하하고, 등심내 콜레스테롤 함량은 증가하였다.

이러한 결과는, 시험1의 “사료내 섬유소 수준 조절”이 한우 거세우의 등심내 용점과 콜레스테롤 함량에 미치는 효과와 유사한 것으로써, 한우에서 현행의 고급육 생산을 위한 사양 프로그램을 적용할 경우 근내지방도는 증가시키고, 불포화지방산 조성의 증가로 용점은 저하되지만, 등심내 콜레스테롤 함량은 증가하는 것으로 판단된다.

Table 34. Marbling degree, chemical composition, melting point, and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.

| Items | Control | Treatment 1 | Treatment 2 |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| Marbling degree | 6.17 ± 0.65 | 6.18 ± 0.56 | 6.33 ± 0.46 |
| Moisture, % | 63.60 ± 1.33 | 64.04 ± 1.24 | 63.33 ± 0.60 |
| Crude protein, % | 19.72 ± 0.30 | 20.01 ± 0.40 | 19.51 ± 0.30 |
| Crude fat, % | 14.68 ± 1.25 | 14.51 ± 1.57 | 15.64 ± 0.86 |
| Melting point, °C | 26.01 ± 0.47 | 26.93 ± 0.41 | 24.75 ± 0.48 |
| Cholesterol, mg/100g | 50.62 ± 1.59 | 54.93 ± 2.63 | 55.67 ± 2.41 |

Table 35는 사료내 지방산 조절을 위한 원료 첨가시 한우 거세우의 근내지방도별 조지방 함량을 나타낸 것으로써, 근내지방도가 증가함에 따라 등심내 조지방 함량이 분명하게 증가한다. 이는 앞선 두 시험에서 근내지방도와 등심내 조지방 함량간에 일정한 상관관계가 없는 것으로 나타난 결과와는 상이한 것으로서, 역시 조지방 함량의 분석 방법이 매우 중요한 것으로 판단된다.

한우의 근내지방도에 따른 등심내 조지방 함량에 대하여 자세히 검토해 보면, 근내지방도 “1”의 경우 약 7.79%를 나타내었으며, 최고의 근내지방도인 “9”의 경우 20.24%를 나타내었다. 이는 일본 화우의 근내지방도 “11”에 상응하는 것으로서(Table 1) 한우를 거세-장기 비육할 경우 근내지방도가 증가하고 이에 따라 조지방 함량이 현저히 증가한다는 사실을 뒷받침한다. 그러나, 본 시험에서도 근내지방도 “5”의 경우 오히려 “4” 보다 조지방 함량이 낮은 수치를 나타내고 있어 등심내 조지방 함량 분석시 샘플 채취나 분쇄, 지방 추출 등 세심한 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다.

Fig. 28은 사료내 지방산 조절을 위한 원료 첨가시 한우 거세우 등심내 조지방 함량과 콜레스테롤 함량간의 상관관계를 나타낸 것으로써, 조지방 함량과 콜레스테롤 간에는 직접적인 상관관계를 나타내지 않는 것으로 판단된다. 이는 앞선 두 시험에서 나타난 결과와도 일치하는 것으로써, 종합해 보면, 한우 거세우의 경우 조지방 함량은 등심내 콜레스테롤 함량과 관련이 없는 것으로 생각되며, 조지방 함량 자체 보다는 개별 지방산과의 관계를 고려할 때 지방산의 조성이 더 중요할 것으로 생각된다.

Table 36은 사료내 지방산 조절을 위한 원료 첨가시 한우 거세우의 등심내 지방산 조성을 나타낸 것으로써, 시험1구와 시험2구 모두 대조구에 비하여 불포화지방산 특히 palmitoleic acid(C16:1)와 oleic acid(C18:1)과 같은 단가불포화지방산의 비율이 증가하였다.

이러한 결과는, 본 연구에서 시도한 지방산 칼슘이나 extruded soybean+DDGS의 비육후기 사료내 첨가는 한우의 등심내 불포화지방산 특히 단가불포화지방산의 증가 측면에서 볼 때, 대단히 고무적인 결과로 판단되며, 본 연구의 결과를 토대로 기존의 새로운 한우 고급육 사양 프로그램의 보급이 가능할 것으로 생각된다.

Table 35. Marbling degree and crude fat contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.

| Marbling degree | Crude fat | Marbling degree | Crude fat |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
| 1 | 7.79 | 6 | 15.40 |
| Mean ± SE | 7.79 ± 0.00 | Mean ± SE | 15.15 ± 0.88 |
| 3 | 8.36 | 7 | 17.50 |
| 3 | 10.21 | 7 | 19.00 |
| 3 | 8.82 | 7 | 14.68 |
| Mean ± SE | 9.13 ± 0.56 | 7 | 11.65 |
| 4 | 8.95 | 7 | 16.14 |
| 4 | 14.29 | 7 | 16.17 |
| 4 | 9.31 | Mean ± SE | 15.86 ± 1.03 |
| Mean ± SE | 10.85 ± 1.72 | 8 | 15.84 |
| 5 | 10.49 | 8 | 19.00 |
| 5 | 10.19 | 8 | 30.10 |
| 5 | 13.08 | 8 | 15.54 |
| 5 | 7.38 | 8 | 16.87 |
| 5 | 7.56 | 8 | 19.95 |
| Mean ± SE | 9.74 ± 1.05 | Mean ± SE | 19.55 ± 2.23 |
| 6 | 14.88 | 9 | 19.13 |
| 6 | 13.13 | 9 | 23.20 |
| 6 | 15.63 | 9 | 25.84 |
| 6 | 14.74 | 9 | 18.19 |
| 6 | 13.16 | 9 | 15.95 |
| 6 | 12.21 | 9 | 18.70 |
| 6 | 14.33 | 9 | 20.68 |
| 6 | 22.36 | Mean ± SE | 20.24 ± 1.26 |
| 6 | 15.70 | | |

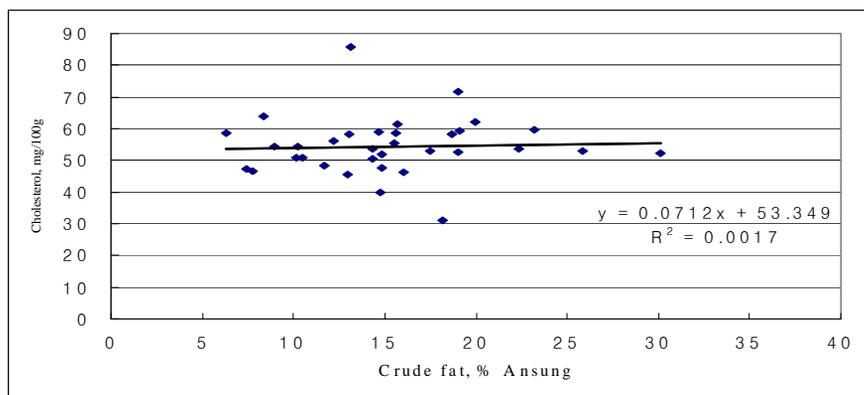


Fig. 28. Relationship between crude fat and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers.

Table 36. Fatty acid composition of longissimus muscle in Hanwoo steers.

| Fatty acids | Control | Treatment 1 | Treatment 2 | P > t |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|--------|
| | - % - | | | |
| C _{14:0} | 2.95 ± 0.18 ¹⁾ | 3.33 ± 0.20 | 3.21 ± 0.24 | 0.3870 |
| C _{14:1} | 0.28 ± 0.11 | 0.46 ± 0.10 | 0.37 ± 0.13 | 0.4153 |
| C _{15:0} | 0.30 ± 0.06 | 0.90 ± 0.22 | 0.42 ± 0.07 | 0.0133 |
| C _{15:1} | 0.10 ± 0.01 | 0.11 ± 0.01 | 0.12 ± 0.02 | 0.2088 |
| C _{16:0} | 31.94 ± 0.62 | 31.07 ± 1.00 | 30.07 ± 0.97 | 0.4126 |
| C _{16:1} | 4.07 ± 0.48 | 4.30 ± 0.48 | 4.98 ± 0.24 | 0.3256 |
| C _{17:0} | 0.66 ± 0.24 | 0.73 ± 0.08 | 0.47 ± 0.05 | 0.3221 |
| C _{17:1} | 0.49 ± 0.10 | 0.61 ± 0.08 | 0.43 ± 0.07 | 0.5669 |
| C _{18:0} | 12.06 ± 0.84 | 10.71 ± 0.75 | 10.63 ± 0.47 | 0.1840 |
| C _{18:1} | 43.09 ± 1.22 | 45.52 ± 0.99 | 46.10 ± 1.19 | 0.1374 |
| C _{18:2} | 3.38 ± 0.55 | 2.61 ± 0.40 | 2.07 ± 0.33 | 0.0142 |
| C _{18:3} | 2.53 ± 0.44 | 2.57 ± 0.51 | 2.29 ± 0.25 | 0.7227 |
| C _{20:0} | 1.83 ± 0.57 | 0.69 ± 0.26 | 0.61 ± 0.37 | 0.0587 |
| SFA ²⁾ | 49.39 ± 1.46 | 46.48 ± 1.36 | 45.18 ± 1.39 | 0.1087 |
| UFA ³⁾ | 50.61 ± 1.46 | 53.33 ± 1.36 | 54.82 ± 1.39 | 0.1079 |
| MUFA ⁴⁾ | 47.73 ± 1.55 | 50.65 ± 1.25 | 51.86 ± 1.34 | 0.0971 |
| PUFA ⁵⁾ | 2.96 ± 0.42 | 3.09 ± 0.02 | 1.95 ± 0.35 | 0.5829 |
| C _{16:1} : C _{18:0} | 0.37 ± 0.06 | 0.45 ± 0.06 | 0.49 ± 0.04 | 0.3292 |
| MUFA : SFA | 0.99 ± 0.06 | 1.11 ± 0.05 | 1.17 ± 0.06 | 0.0686 |

¹⁾ Mean ± standard error

²⁾ Saturated fatty acids(C_{12:0}+C_{14:0}+C_{16:0}+C_{18:0}+C_{20:0})

³⁾ Unsaturated fatty acids.

⁴⁾ Monounsaturated fatty acids(C_{16:1}+C_{18:1}+C_{20:1})

⁵⁾ Polyunsaturated fatty acids.

Fig. 29, 30, 31, 및 32는 사료내 지방산 조절을 위한 원료 첨가시 한우 거세우 등심내 palmitic acid(C16:0), palmitoleic acid(C16:1), stearic acid(C18:0), 및 oleic acid(C18:1)와 융점과의 상관관계를 나타낸 것으로써, 어떤 지방산 보다 등심 지방의 융점에 큰 영향을 미치는 것은 oleic acid인 것으로 판단된다.

이러한 결과는, 앞선 두 시험에서도 확인이 된 바 있어, 한우 거세우의 등심내 단가불포화지방산인 oleic acid의 함량이 증가할 수록 융점은 낮아진다.

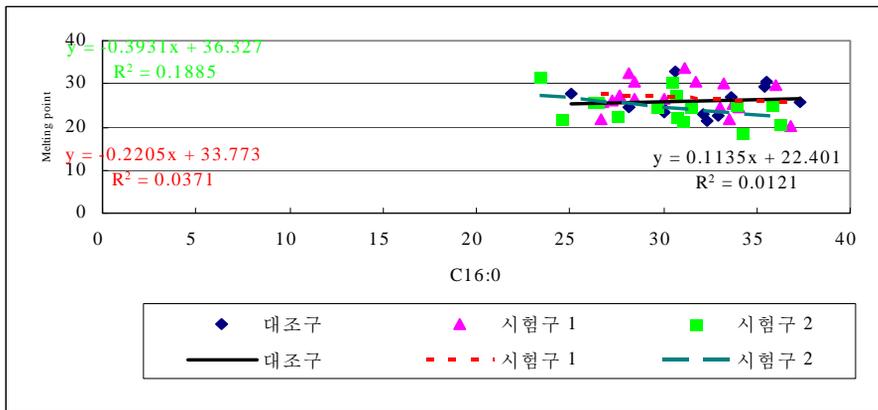


Fig. 29. Relationship of palmitic acid(C16:0) and melting point of fat extracted from longissimus muscle of Hanwoo steers. — ; Control, ; Treatment 1, ; Treatment 2.

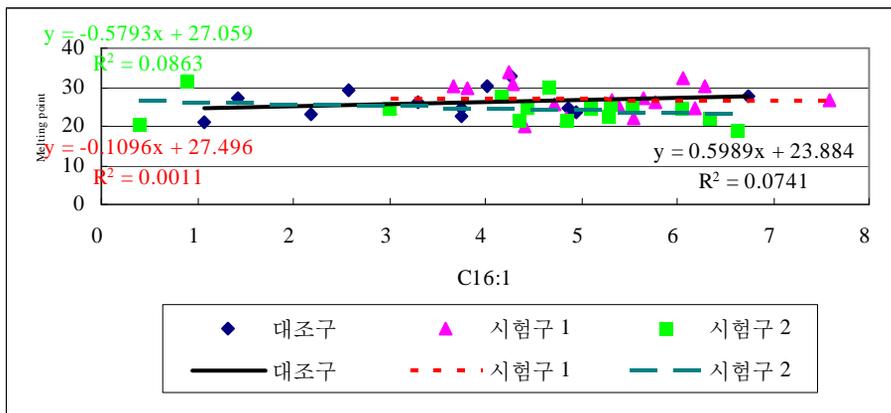


Fig. 30. Relationship of palmitoleic acid(C16:1) and melting point of fat extracted from longissimus muscle of Hanwoo steers. — ; Control, ; Treatment 1, ; Treatment 2.

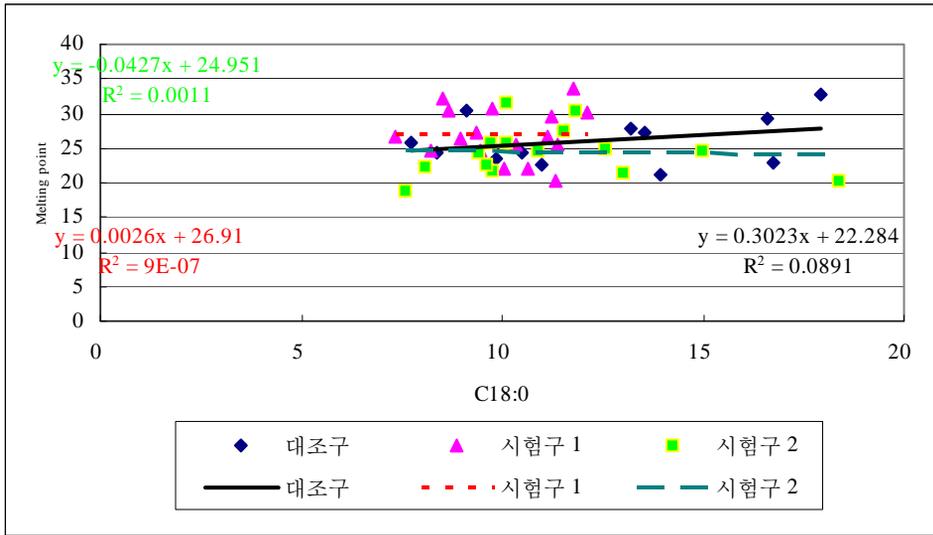


Fig. 31. Relationship of stearic acid(C18:0) and melting point of fat extracted from longissimus muscle of Hanwoo steers. — ; Control, ; Treatment 1, ; Treatment 2.

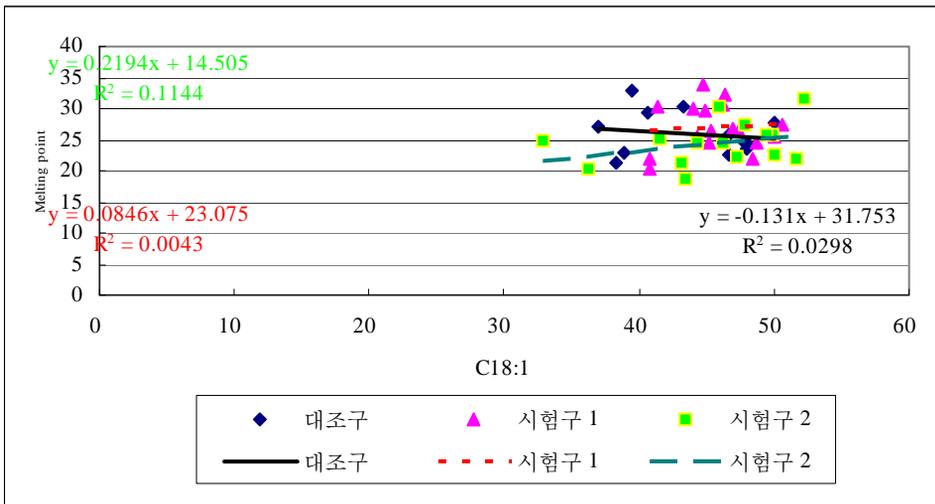


Fig. 32. Relationship of oleic acid(C18:1) and melting point of fat extracted from longissimus muscle of Hanwoo steers. — ; Control, ; Treatment 1, ; Treatment 2.

Fig. 33, 34, 35, 및 36은 사료내 지방산 조절을 위한 원료 첨가시, 한우 거세우 등심내 palmitic acid(C16:0), palmitoleic acid(C16:1), stearic acid(C18:0), 및 oleic acid(C18:1)와 콜레스테롤 함량간의 상관관계를 나타낸 것이다.

한우 등심내 주요 지방산과 콜레스테롤 함량간에는 특별한 상관관계를 확인할 수 없었다. 특히 앞선 두 시험에서 고급육의 생산에 따른 근내지방도 증가 그리고 불포화지방산인 oleic acid의 증가는 등심내 콜레스테롤의 함량과 정(+)의 상관을 나타내었으나, 본 시험의 경우 사료내 지방산 원료의 첨가로 근내지방도가 증가하고, oleic acid 등 단가불포화지방산의 비율이 증가하였으나, 이러한 변화가 등심내 콜레스테롤의 함량과는 상관관계를 나타내지 않았다.

이러한 결과는, 한우 거세우 사료내 섬유소와 단백질 수준의 조절로 인한 고급육 생산 시험에서 oleic acid 비율의 증가는 필연적으로 콜레스테롤 함량의 증가로 이어진다는 우려를 불식시키는 것으로써, 근내지방도 및 지방산 조성 변화, 그리고 융점과 콜레스테롤 함량 등을 종합적으로 고찰해 볼 때, 비육후기 한우 거세우 사료내 지방산 칼슘이나 extruded soybean+DDGS의 첨가는 매우 유익한 것으로 판단된다.

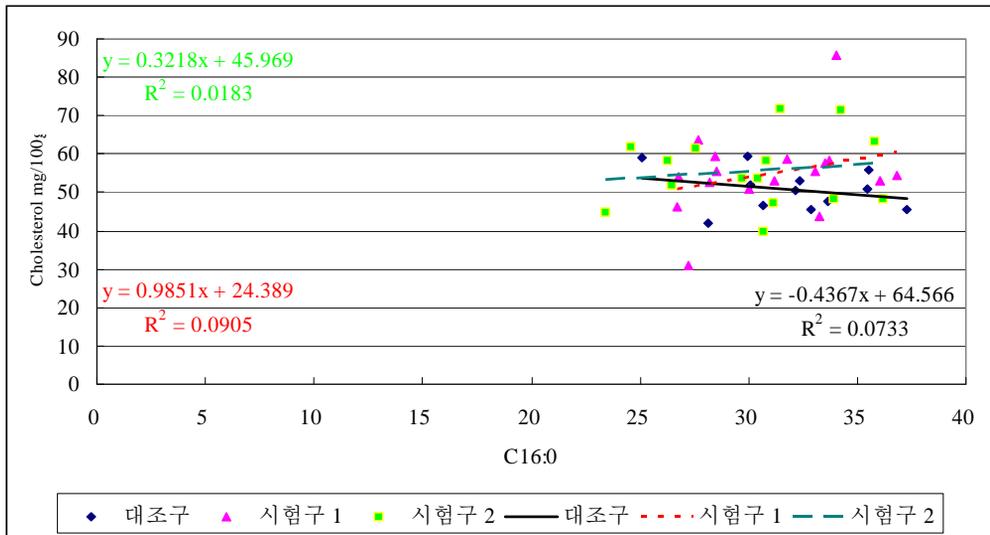


Fig. 33. Relationship of palmitic acid(C16:0) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers. — ; Control, ; Treatment 1, - - - - ; Treatment 2.

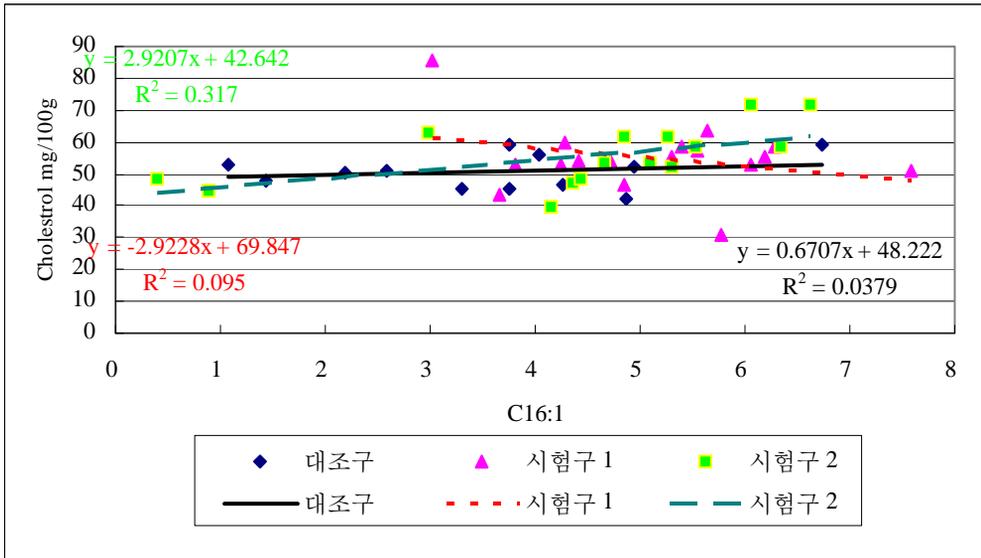


Fig. 34. Relationship of palmitoleic acid(C16:1) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers. — ; Control, ; Treatment 1, - - - ; Treatment 2.

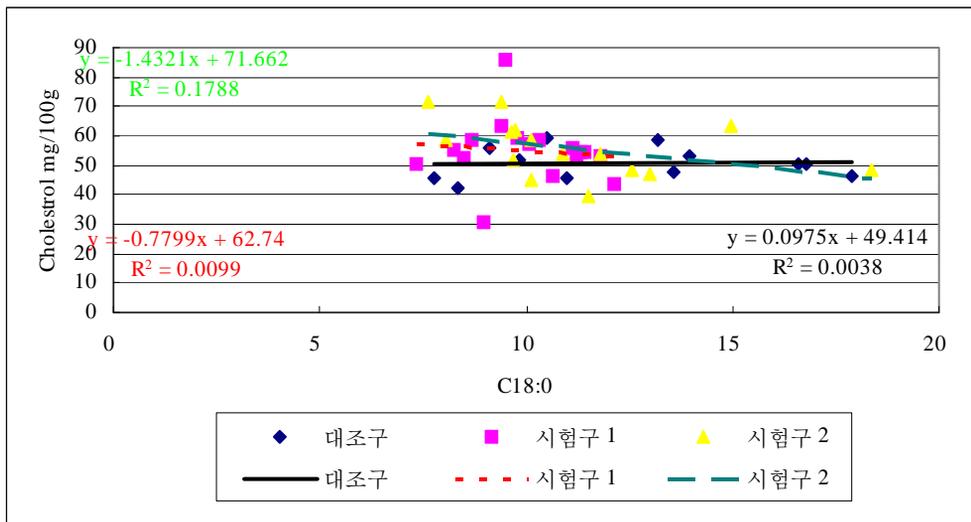


Fig. 35. Relationship of stearic acid(C18:0) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers. — ; Control, ; Treatment 1, - - - ; Treatment 2.

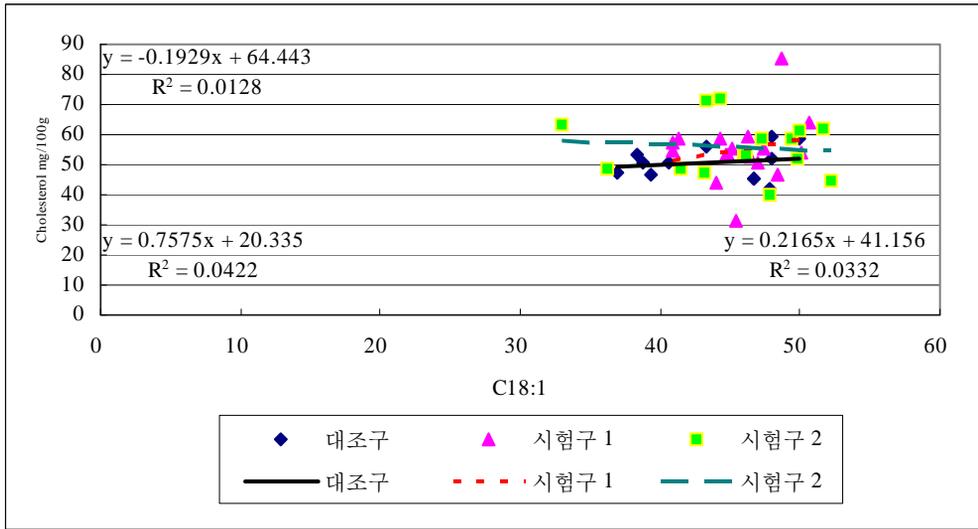


Fig. 36. Relationship of oleic acid(C18:1) and cholesterol contents in longissimus muscle of Hanwoo steers. _____ ; Control, ; Treatment 1, - - - - - ; Treatment 2.

동물(육우) 체내 축적되는 콜레스테롤은 유리된 형태 이거나, 지방산과 ester 결합을 형성하고 있다. 일반적으로 동물의 체내 콜레스테롤의 75% 정도는 합성된 것이며, 25% 정도가 식이에서 유래된다.

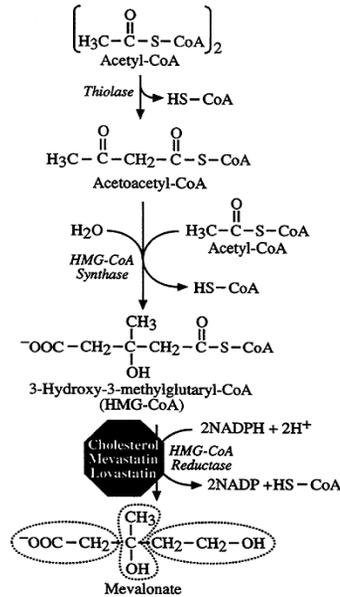


Fig. 37. Pathways for the synthesis of mevalonate from acetyl-CoA.

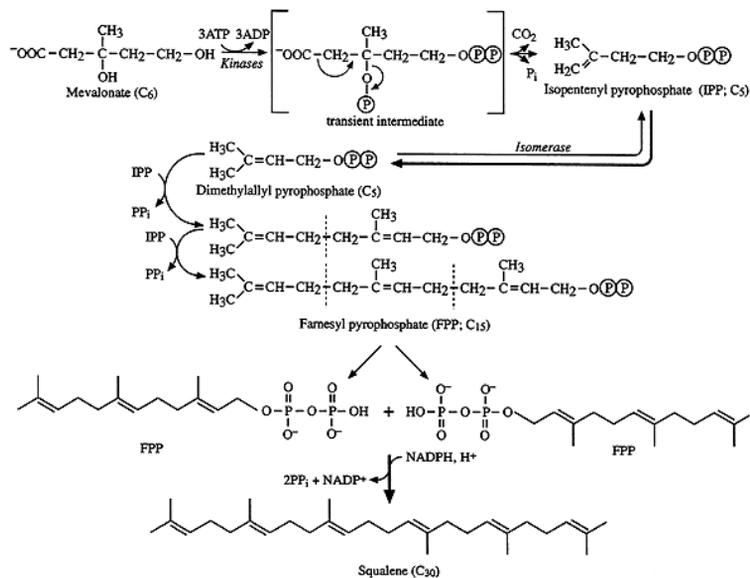


Fig. 38. Pathways for the synthesis of squalene from mevalonate.

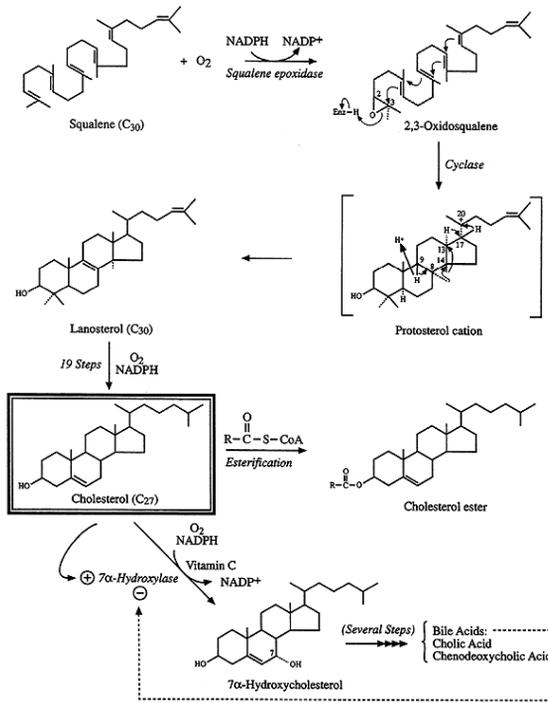


Fig. 39. Pathways for the synthesis of cholesterol from squalene. (The enzyme responsible for the esterification cholesterol with fatty acid at carbon 3 is acyl-CoA : cholesterol acyltransferase ; ACAT)

지방의 세가지 중요한 유형은, 1) 중성지방; 식품과 조직에 가장 많으며 에너지의 저장 역할, 2) 인지질, 및 3) 콜레스테롤을 비롯한 스테롤이다. 중성지방은 섭취하는 지방의 95-98%를 차지하며, 동물체지방의 조성도 이와 유사하다. 인지질과 콜레스테롤은 소량 섭취가 되며, 주로 세포막과 myelin 수초를 구성하는 주요 성분이다. 콜레스테롤은 식물세포막이 콜레스테롤을 함유하고 있지 않기 때문에 식물류에서는 발견되지 않는다. 식물에는 소량의 phytosterol이 함유되어 있지만 거의 흡수가 되지 않으며 콜레스테롤의 흡수를 억제한다.

간장세포내로 들어온 식이 유래 콜레스테롤은 잔류물의 소화가 진행 동안에 유리된다. 세포질내에서 운반체에 결합하여 세가지 대사에 영향을 미친다. 1) 콜레스테롤 생합성을 위한 속도 조절 효소인 HMG-CoA reductase를 직접 저해, 2) 이 효소의 유전자 전사를 감소함으로써 합성 속도를 감소, 3) 간장의 LDL 수용체 유전자의 전사 감소. 따라서 생체내에서 주로 간장에서 합성되는 콜레스테롤은 식이나 사료로 섭취하는 량과 관계가 있다. 즉, 더 많은 량을 섭취하면 더 적은 량을 합성하고, 또 반대의 현상이 지속된다. 이러한 “되먹이기” 기작은 혈액내 VLDL과 LDL 콜레스테롤의

변동을 방지하기 위하여 조절되며, 말초 세포에서 이용되는 기질을 일정하게 공급하도록 해 준다. 말단 세포에서의 콜레스테롤 합성은 식세포 작용으로 흡수된 LDL로부터 유리된 콜레스테롤에 의해 유사하게 조절된다. 따라서 말단세포는 콜레스테롤을 흡수와 생체내 합성을 통해서 필요에 따라 조절한다.

궁극적으로 스테로이드 호르몬과 비타민 D를 합성하는데 이용되는 것을 제외하고는 모든 콜레스테롤은 배설을 위해서 간장으로 되돌아와야 한다. HDL은 이러한 작용을 담당하는 지단백이며, 콜레스테롤은 궁극적으로 유리 콜레스테롤과 담즙산의 형태로 담즙으로 유리된다. 담즙산은 간장세포에서 형성되며, 일시적으로 담낭에 저장된다. 십이지장에서 지방의 소화를 도우는 담즙 내용물은 최소한 어느 정도 재활용이 된다. 이 “간장내부” 재활용은 특히 담즙염의 생성에 효율적이다. 다른 종류의 지방과는 달리 콜레스테롤은 이산화탄소와 물로 산화되지 않고, 큰 변화가 없이 배설되거나 담즙산 유도체로 배설된다. 식이내 섬유소는 콜레스테롤과 결합하거나 콜레스테롤을 희석하거나, 콜레스테롤과 담즙산을 소장과 대장으로 전이를 촉진시킴으로써 콜레스테롤의 배설을 촉진시킨다.

담즙산과 콜레스테롤의 장벽을 통한 재흡수는 식이섬유의 결합도와 관련이 있다. 펙틴, carrageenan, 및 수용성 섬유소 (셀룰로오스, 리그닌은 제외)는 담즙산 및 콜레스테롤과 결합하여 분으로 배설을 촉진한다. 다른 섬유소도 소장에서 식이의 통과시간을 늘임으로서 분으로 스테롤의 배설을 촉진한다. 분으로 배설되는 담즙산과 콜레스테롤이 증가하면 혈중 콜레스테롤 수준이 감소한다. 섬유소 역시 하부 소장에서 박테리아에 의한 propionate의 생성을 촉진시켜 간장내 콜레스테롤 합성을 저해한다.

유전적인 요인과 식이내 섬유소 외에 혈중 콜레스테롤에 영향을 미치는 주요 인자로는 식이내 지방의 종류와 양이다. 일반적으로 지방 섭취량의 증가는 혈중 콜레스테롤 수준을 증가시킨다. 특히 포화지방산을 많이, 불포화지방산을 적게 섭취할 경우 고콜레스테롤증과 상관이 있다. 실제 섭취하는 지방산의 종류 역시 중요하다. 식이내 지방의 종류는 다음 세 부류로 고려해 볼 수 있는데, 1) stearate(C18:0)와 oleate(18:1) 함량이 높으면 palmitate (C16:0) 또는 단쇄 포화지방산(laurate(C12:0) 또는 myristate(C14:0))가 높은 경우보다 혈중 콜레스테롤 수준이 낮아진다. 2) stearate와 oleate는 다가불포화 어유보다 효율적이지 못하다. 3) linoleic acid(C18:3) 함량이 높은 지방은 중간 정도이거나 어유와 같은 효과를 나타낸다.

또한 콜레스테롤의 흡수는 섭취하는 지방의 양에 상관이 있다. 즉, 지방섭취량이 증가하면 콜레스테롤 흡수량도 증가한다. 포화지방(최소한 코코넛 오일) 섭취량의 증가는 콜레스테롤과 LDL의 생성을 증가시키고 LDL의 흡수를 감소시킨다.

미량원소 및 미량영양소 역시 콜레스테롤 수준을 결정 짓는데 중요한 역할을 한다. 특히 Cu와 chromium 결핍은 메카니즘을 알려져 있지 않지만, 고지혈증과 고콜레스테롤증을 유발한다. 바나디움(vanadium)과 chromium은 생체내 콜레스테롤 합성을 감소시키는데, 아마 스쿠알렌 합성 효소에 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다.

Niacin을 급여할 경우 VLDL의 합성 감소를 통하여 혈중 콜레스테롤을 감소시킨다. Niacin은 또한 HDL의 합성을 증가시킨다. 또한 보리에서 처음 추출되었으며, 다른 식물에도 존재하는 tocotrienols도 관심을 받고 있다. 이 역시 콜레스테롤 합성을 억제하는 것으로 알려져 있다. Tocotrienols은 vitamin E와 구조적으로 거의 유사하다.

결론적으로, 콜레스테롤의 생합성, 분배, 및 체외 배설은 유전적인 요인과 함께 식이 요인의 영향 등 많은 요인에 영향을 받는다. 콜레스테롤 대사의 어느 한 측면에 변화가 생길 경우 고콜레스테롤증에 걸리게 되며, 이는 동맥경화증과 관련이 있다. 식이내 콜레스테롤 함량의 조절은 특정 섬유소나 담즙산 흡수 resins과 병행하지 않을 경우, 혈중 콜레스테롤에 최소한의 영향을 미칠 뿐이다. 특정 미량 원소, 오메가-3 지방산, 식물 스테롤, tocotrienols, 및 niacin 등의 효과에 대해서는 더 상세한 연구가 필요하다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절 연차별 연구개발 목표의 달성도

본 연구는 한우를 비롯한 앵거스와 화우에 있어서 근내지방도와 콜레스테롤의 상관관계를 구명하고, 콜레스테롤 합성 메카니즘 구명 및 조절 물질을 이용하여 저콜레스테롤 고품질 한우육을 생산하고자 아래와 같이 연도별 연구목표에 따라 연구를 수행하였으며, 각 항목별로 100% 목표를 달성하였다.

| 구분 | 연구목표 | 평가항목 | 달성도, % |
|-------|---|---|--------|
| 1차 연도 | 육우에 있어서 근내지방도와 콜레스테롤 함량의 상관관계 구명 | 육우 품종별, 근내지방도별 콜레스테롤 함량 분석 | 100 |
| | | 근내지방도와 콜레스테롤 함량의 상관관계 분석 | 100 |
| 2차 연도 | 콜레스테롤 합성 메카니즘 구명 및 콜레스테롤 조절 물질 탐색 | 한우에 있어서 콜레스테롤 합성 메카니즘 구명 | 100 |
| | | 콜레스테롤 조절을 위한 물질 탐색 | 100 |
| 3차 연도 | 저콜레스테롤 한우육 생산 | 한우의 유전적, 생리적 특성과 영양소 조절을 통한 저콜레스테롤 고품질 한우육 생산 | 100 |
| 최종 평가 | 콜레스테롤 합성 메카니즘 구명과 이를 이용한 저콜레스테롤 한우육 생산기술 개발 | 콜레스테롤 합성 메카니즘 구명과 이를 이용한 저콜레스테롤 한우육 생산기술 개발 | 100 |

제 2 절 관련분야에 기여도

본 연구는 한우의 등심내 콜레스테롤 함량에 관한 기초자료를 정리한 유일한 자료로 자체 평가된다.

1992년 쇠고기 수입개방화에 이어 2007년도에 미국과의 FTA 타결 등으로 우리 고유의 유전자원인 한우 산업이 풍전등화와도 같은 현실 속에서 수입개방을 전후한 한우의 경쟁력 제고를 위한 노력은 십 수년을 이어오고 있지만, 정작 한우의 차별화를 주장할 수 있는 유전적 환경.생리적 특성에 대해서는 누구도 자신있게 제시하지 못하는 것 또한 현실이다. 본 연구는 현재 거세에 이은 장기비육의 가장 큰 문제점인 지방함량의 증가 나아가서 일반적으로 막연하게 추정하고 있는 콜레스테롤 문제를 근본적으로 정리하고, 새로운 개념의 고급육을 도입하고자 실시되었다. 특히, 콜레스테롤 뿐만 아니라, 등심에서 추출한 지방의 융점, 각 지방산 조성과 융점, 콜레스테롤간의 상관관계 등에 대해서는 국내에서 거의 처음으로 보고되는 귀중한 자료로 판단된다.

나아가서, 본 연구의 결과를 토대로 근내지방도의 증가 뿐만 아니라 한우 고유의 맛과 풍미를 지님과 동시에 건강에도 해롭지 않은 새로운 개념의 고급육 생산 프로그램의 개발에도 활용될 수 있으리라 생각된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구에서 얻어진 결과들은 다음과 같은 분야에서 활용하고자 한다.

1. 기초자료들은 국내,외 저명학술지에 게재,발표한다.
2. 불포화지방산 함량을 증가시킨 고급육 생산 프로그램을 농가에 보급한다.
3. 기존의 고급육 개념에 쇠고기의 소비자인 사람의 건강을 고려한 새로운 개념의 고급육을 도입한다.
4. 배합사료업체와 연계하여 거세 한우에 대한 새로운 사료 개발을 유도한다.
5. 고급육 출현율 증가로 농가 소득 증대에 이바지한다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

한미 FTA체결 등으로 축산물 수입개방과 함께 밀려오는 세계시장에 대응하기 위해서 한우산업은 고품질육 생산만이 유일한 수단임이 이미 널리 알려진 바이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 보다 부가가치가 높고 보존성이 있으며 맛있는 고품질육을 생산하지 않으면 안된다. 또한 소비자로서 하여금 건강에 유익하며, 안심하고 선택할 수 있는 안전성이 보증되는 고품질육 생산이 필요하다. 그러므로 한우산업은 지속적인 연구를 통하여 새로운 사육기술을 농가에 보급하고 차별화된 한우사육농가에 소득증대로 연계되어 활성화될 것으로 전망된다.

본 연구개발과정에서 미국이나 이웃 일본에서 특별하게 본 연구의 내용과 관련해서 발표된 내용은 없었다. 그러나, 일본은 우리와 유사한 환경을 지니고 있기 때문에 일본의 차별화 전략을 우리도 적극적으로 **bench marking** 할 필요가 있다. 더구나, 현재 일본에서는 전세계적으로 조직을 갖춘 “Wagyu Association”을 기초로 일본 화우를 국제특허화 하려는 움직임을 보이고 있다. 이에 본 연구진은 일본은 물론 미국의 관련 연구자들과 활발한 정보교류 및 수집, 국제 공동 세미나에 이은 공동연구 등 다양한 경로를 통하여 앞선 정보와 기술을 한우의 경쟁력 제고를 위하여 적용하고자 한다.

제 7 장 참고문헌

1. Accad, M., Smith, S.J., Newland, D. L., Sanan, D. A., King Jr. L. E., Linton, M. F., Fazio, S. and Farese Jr. R. V. 2000. Massive xanthomatosis and altered composition of atherosclerotic lesions in hyperlipidemic mice lacking acyl CoA:cholesterol acyltransferase 1, *J. Clin. Invest.* 105:711-719.
2. Anderson, R. A., Joyce, C., Davis, M., Reagan, J. W., Clark, M., Shelness, G. S. and Rudel, L. L. 1998. Identification of a form of acyl-CoA:cholesterol acyltransferase specific to liver and intestine in nonhuman primates, *J. Biol. Chem.* 273:26747-26754.
3. Brecher, P. and Chan, C. T. 1980. Properties of acyl-CoA:cholesterol Oacyltransferase in aortic microsomes from atherosclerotic rabbits, *Biochim. Biophys. Acta* 617:458-471.
4. Buhman, K. K., Accad, M., Novak, S., Choi, R.S., Wong, J.S., Hamilton, R.L., Turley, S. and Farese Jr. R.V. 2000. Resistance to diet-induced hypercholesterolemia and gallstone formation in ACAT2-deficient mice, *Nature Med.* 6:1341-1347.
5. Cadigan, K. M., Heider, J. G. and Chang, T. Y. 1988. Isolation and characterization of Chinese hamster ovary cell mutants deficient in acylcoenzyme A:cholesterol acyltransferase activity, *J. Biol. Chem.* 263:274-282.
6. Cases, S., Novak, S., Zheng, Y.W., Myers, H.M., Lear, S.R., Sande, E., Welch, C. B., Lusis, A. J., Spencer, T.A., Krause, B.R., Erickson, S.K. and Farese Jr. R.V. 1998. ACAT-2, a second mammalian acyl-CoA:cholesterol acyltransferase, *J. Biol. Chem.* 273:26755-26764.6.
7. Chang, C. C. Y., Chen, J., Thomas, M. A., Cheng, D., Del Priore, V. A., Newton, R. S., Pape, M. E. and Chang, T. Y. 1995. Regulation and immunolocalization of acyl-coenzyme A: cholesterol acyltransferase in mammalian cells as studied with specific antibodies, *J. Biol. Chem.* 270:29532-29540.
8. Chang, C. C. Y., Lee, C. Y. G., Chang, E. T., Cruz, J. C., Levesque, M. C. and Chang, T. Y. 1998. Recombinant acyl-CoA:cholesterol acyltransferase-1 (ACAT-1) purified to essential homogeneity utilizes cholesterol in mixed micelles or in vesicles in a highly cooperative manner, *J. Biol. Chem.* 273 :35132-35141.
9. Chang, C. C. Y., Sakashita, N., Ornvold, K., Lee, O., Chang, E. T., Dong, R., Lin, S., Lee, C. Y. G., Strom, S. C., Kashyap, R., Fung, J. J., Farese Jr., R. V., Patoiseau, J. F., Delhon, A. and Chang, T. Y. 2000. Immunological quantitation and localization of ACAT-1 and ACAT-2 in human liver and small intestine, *J. Biol. Chem.* 275:28083-28092.
10. Chang, C. C., Huh, H. Y., Cadigan, K. M. and Chang, T. Y. 1993. Molecular

- cloning and functional expression of human acyl-coenzyme A: cholesterol acyltransferase cDNA in mutant Chinese hamster ovary cells, *J. Biol. Chem.* 268:20747-20755.
11. Chang, T. Y., Chang, C. C. Y. and Cheng, D. 1997. Acyl-coenzyme A: cholesterol acyltransferase, *Annu. Rev. Biochem.* 66:613-638.
 12. Cheng, D., Chang, C. C. Y., Qu, X. and Chang, T. Y. 1995. Activation of acylcoenzyme A: cholesterol acyltransferase by cholesterol or by oxysterol in a cell-free system, *J. Biol. Chem.* 270 :685-695.
 13. Folch, J., Lees, M. and Solan-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Bio. Chem.* 226:497.
 14. Guo, Z., Cromley, D., Billheimer, J. T. and Sturley, S. L. 2001. Identification of potential substrate-binding sites in yeast and human acyl-CoA sterol acyltransferases by mutagenesis of conserved sequences, *J. Lipid. Res.* 42:1282-1291.
 15. Jarvis, D. L. and Garcia Jr., A. 1994. Long-term stability of baculoviruses stored under various conditions, *BioTechniques* 16:508-513.
 16. Joyce, C. W., Shelness, G. S., Davis, M .A., Lee, R. G., Skinner, K., Anderson, R. A. and Rudel, L. L. 2000. ACAT1 and ACAT2 membrane topology segregates a serine residue essential for activity to opposite sides of the endoplasmic reticulum membrane, *Mol. Biol. Cell* 11:3675-3687.
 17. Kauffman, J. M., Westerman, P. W. and Carey, M. C. 2000. Fluorocholesterols, in contrast to hydroxycholesterols, exhibit interfacial properties similar to cholesterol, *J. Lipid Res.* 41:991-1003.
 18. Kawasaki, T., Miyazaki, A., Hakamata, H., Matsuda, H. and Horiuchi, S. 1998. Biochemical evidence for oligomerization of rat adrenal acyl-coenzyme A:cholesterol acyltransferase, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 244:347-352.
 19. Kim, Y. K., Tomoda, H., Nishida, H., Sunazuka, T., Obata, R. and Omura, S. 1994. Pyripyropenes, novel inhibitors of acyl-CoA:cholesterol acyltransferase produced by *Aspergillus fumigatus* II. Structure elucidation of pyripyropenes A, B, C, and D, *J. Antibiot. (Tokyo)* 47:154-162.
 20. Kinnunen, P. M., DeMichele, A. and Lannge, L. G. 1998. Chemical modification of acyl-CoA:cholesterol O-acyltransferase. 1. Identification of acyl-CoA:cholesterol O-acyltransferase subtypes by differential diethyl pyrocarbonate sensitivity, *Biochemistry* 27:7344-7350.
 21. Kozak, L. P. and Jensen, J. T. 1974. Genetic and Developmental Control of Multiple Forms of L-Glycerol 3-Phosphate Dehydrogenase. *J. Bio. Chem.* 249(24) : 7775-7781.

22. Lee, C. H., Jeong, T. S., Choi, Y. K., Hyun, B. W., Oh, G. T., Kim, E. H., Kim, J. R., Han, J. I. and Bok, S. H. 2001. Anti-atherogenic effect of citrus flavonoids, naringin and naringenin, associated with hepatic ACAT and aortic VCAM-1 and MCP-1 in high cholesterol-fed rabbits, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 284:681-688.
23. Lee, R. G., Willingham, M. C., Davis, M. A., Skinner, K. A. and Rudel, L. L. 2000. Differential expression of ACAT1 and ACAT2 among cells within liver, intestine, kidney, and adrenal of nonhuman primates, *J. Lipid Res.* 41:1991-2001.
24. Lin, S., Cheng, D., Liu, M. S., Chen, J. and Chang, T. -Y. 1999. Human acyl-CoA:cholesterol acyltransferase-1 in the endoplasmic reticulum contains seven transmembrane domains, *J. Biol. Chem.* 274:23276-23285.
25. Markwell, M. A. K., Haas, S. M., Bieber, L. L. and Tolbert, N. E. 1978. A modification of the Lowry procedure to simplify protein determination in membrane and lipoprotein samples, *Anal. Biochem.* 87:206-210.
26. Oelkers, P., Behari, A., Cromley, D., Billheimer, J. T. and Sturley, S. L. 1998. Characterization of two human genes encoding acyl Coenzyme A:cholesterol acyltransferase-related enzymes, *J. Biol. Chem.* 273:26765-26771.
27. Park, S. W. and Addis, P. B. 1985. HPLC determination of C-7 oxidized cholesterol oxidation derivatives in foods. *J. Food Sci.* 50:1437.
28. Ponte, P., Ng, S. Y., Engel, J., Gunning, P. and Kedes, L. 1984. Evolutionary Conservation in the Untranslated Regions of Action mRNAs:DNA Sequence of a Human Beta-actin cDNA. *Nucleic. Acid. Res.* 12(3):1687-1696.
29. Puglielli, L., Konopka, G., Pack-Chung, E., Ingano, L. A. M., Berezovska, O., Hyman, B. T., Chang, T.Y., Tanzi, R. E. and Kovacs, D.M. 2001. Acyl-coenzyme A: cholesterol acyltransferase modulates the generation of the amyloid b-peptide, *Nature Cell. Biol.* 3:905-912.
30. Roark, W. H., Roth, B. D., Holmes, A., Trivedi, B. K., Kieft, K. A., Essenburg, A. D., Krause, B. R. and Stanfield, R. L. 1993. Inhibitors of acyl-CoA:cholesterol acyltransferase (ACAT). 2. Modification of fatty acid anilide ACAT inhibitors: bioisosteric replacement of the amide bond, *J. Med. Chem.* 36 :1662-1668.
31. Roth, B. D., Blankley, C. J., Hoefle, M. L., Holmes, A., Roark, W. H., Trivedi, B. K., Essenburg, A. D., Kieft, K. A., Krause, B. R. and Stanfield, R. L. 1992. Inhibitors of acyl- CoA:cholesterol acyltransferase. 1. Identification and structure-activity relationships of a novel series of fatty acid anilide hypocholesterolemic agents, *J. Med. Chem.* 35:1609-1617.
32. Rudel, L. L., Lee, R. G. and Cockman, T. L. 2001. Acyl coenzyme A:cholesterol

- acyltransferase types 1 and 2: structure and function in atherosclerosis, *Curr. Opin. Lipidol.* 12:121-127.
33. Sambrook, J., Fritsch, E. F. and Maniatis, T. 1989. *Molecular cloning: A laboratory manual*, second ed., Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, New York.
 34. Sliskovic, D. R. and Trivedi, B. K. 1994. ACAT inhibitors: potential antiatherosclerotic agents, *Curr. Med. Chem.* 1:204.225.
 35. Suckling, K. E. and Stange, E.F. 1985. Role of acyl-CoA:cholesterol acyltransferase in cellular cholesterol metabolism, *J. Lipid Res.* 26:647-671.
 36. Sundvold, H., Brzozowska, A. and Lien, S. 1997. Characterisation of Bovine Peroxisome Proliferator-Activated Receptor γ 1 and γ 2: Genetic Mapping and Differential Expression of the Two Isoforms. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 239:857-861.
 37. Willner, E. L., Tow, B., Buhman, K. K., Wilson, M., Sanan, D.A., Rudel, L. L. and Farese Jr. R.V. 2003. Deficiency of acyl-CoA: cholesterol acyltransferase 2 prevents atherosclerosis in apolipoprotein E deficient mice, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 100:1262-1267.
 38. Yagyu, H., Kitamine, T., Osuga, J., Tozawa, R., Chen, Z., Kaji, Y., Oka, T., Perrey, S., Tamura, Y., Ohashi, K., Okazaki, H., Yahagi, N., Shionoiri, F., Iizuka, Y., Harada, K., Shimano, H., Yamashita, H., Gotoda, T., Yamada, N. and Ishibashi, S. 2000. Absence of ACAT-1 attenuates atherosclerosis but causes dry eye and cutaneous xanthomatosis in mice with congenital hyperlipidemia, *J. Biol. Chem.* 275:21324-21330.
 39. Yu, C., Chen, J., Lin, S., Liu, J., Chang, C. C. Y. and Chang, T. Y. 1999. Human acyl-CoA:cholesterol acyltransferase-1 is a homotetrameric enzyme in intact cells and in vitro, *J. Biol. Chem.* 274:36139-36145.
 40. Zhang, Y., Yu, C., Liu, J., Spencer, T. A., Chang, C. C. Y. and Chang, T. Y. 2003. Cholesterol is superior to 7-ketocholesterol or 7 α -hydroxycholesterol as an allosteric activator for acyl-coenzyme A:cholesterol acyltransferase 1, *J. Biol. Chem.* 278:11642-11647.
 41. Zubillaga, M. P. and Maerker, G. 1991. Quantification of three cholesterol oxidation products in raw meat and chicken. *J. Food. Sci.* 56:1194.
 44. Abdalla, H.O., D.G. Fox and M.L. Thonney. 1988. Compensatory gain by Holstein calves after underfeeding protein. *J. Anim. Sci.* 66, 2687~2695.
 45. Adams, N. J., Smith, G. C., and Carpenter, Z. L. 1977. Carcass and palatability characteristics of Hereford and crossbred steer. *J. Anim. Sci.* 56, 438~441.
 46. Ahn, B. H., S. C. Song., and J. S. Lyu. 2002. Effects of proportion of

- roughages and concentrates on growth and carcass characteristics of hanwoo steers. *J. Anim. Sci. & Technol (Kor)*. 44, 747~756.
47. A. O. A. C. (1998) Official Methods of Analysis 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C. p. 931.
 48. Cameron, P.J., Zembayashi, D.K. Lunt, T. Mitsuhashi, M. Mitsumoto, S. Dzawa and S. B. Smith. 1994. Relationship between Japanese Beef Marbling Standard and intramuscular lipid in the m. longissimus thoracis of Japanese Black and American Wagyu cattle. *Meat Sci*. 38, 361~364.
 49. Campion, D.R., J.D. Crouse and M.E. Dikeman. 1975. Predictive value of USDA beef quality grade factors for cooked meat. *J. Food Sci*. 40, 1225.
 50. Coleman, S.W. and B.C. Evans. 1986. Effect of nutrition age and size on compensatory growth in two breeds of steers. *J. Anim. Sci*. 63, 1968~1982.
 51. Crouse, J.D., Cundiff, R.M. Koch, M.Koohmaraie and S.C. Seideman. 1989. Comparisons of bos indicus and bos Taurus inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *J. Anim. Sci*. 67, 2661
 52. Chung, T. Y., Kim. C .M., Lee, W. Y., Sunwoo. H. H. 1994. Effects of roughage and feeding level on beef performance and carcass composition of korean native bulls. *Kor. J. Anim. nutr. feed*. 18, 67~76.
 53. Dolezal, H.G., Smith, G.C., Savell, J.W., and Carpenter, Z.L. 1982. Effect of time-on-feed on the palatability of rib steaks from steers and heifer. *J. Food Sci*. 47, 368~370.
 54. Dugan, M. E. R., Aalhus, J. L., Jeremiah, L. E., Kramer, J. K. G., and Schaefer, A. A. 1999. The effect of feeding conjugated linoleic acid on subsequent pork quality. *Can J. Anim. Sci*. 79, 45~51.
 55. Drouillaid, J.S., C.L. Ferrell, T.J. Klopfenstein and R.A. Britton. 1991. Compensatory growth following metabolizable protein or energy restrictions in beef steers. *J. Anim. Sci*. 69, 811~818.
 56. Duckett, S. K., D. G. Wagner, L. D. Yates, H. G. Dolezal and S. g. May. 1933. Effect of time on feed on beef nutrient composition. *J. Anom. Sci*. 71, 2079~2088.
 57. Field, R.A. 1971 Effect of castration on meat quality and quantity. *J. Anim. Sci*. 32, 849~858.
 58. Folch, J., M. Lee and G.H. Sloan-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem*. 226, 497~

504.

59. Fox, D.G., J.R. Black. 1984. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. *J. Anim. Sci.* 58, 725~739.
60. Harrison, A. R., Smith, M. E., Allen, D.M., Hunt, M. C., Kastner, C.L., and Kropf, D. H. 1978. Nutritional regime effects on quality and yield characteristics of beef. *J. Anim. Sci.* 47, 383~387.
61. Hicks, R.B., F.N. Owens, D.R. Gill, J.W. Oltjen and R.P Lake. 1990. Dry matter intake by feedlot beef steers : Influence of initial weight, time on feed and season of year received in yard. *J. Anim. Sci.* 68, 254~265.
62. Hornstein, I., Crowe, P. F. and Hiner, R. 1967, Composition of lipids in some beef muscle. *J. Food Sci.* 32, 650~658.
63. Hyer, J.C., J.W. Oltjen and F.N. Owens. 1986. The relationship of body composition and feed intake of beef steers. *Oklahoma Agric. Exp. Sta. Res. Rep. MP.* 118, 96.
64. Johson, D. D., Lunt., D. K., Savell, J. W., and Smith, G. C. 1988. Factors affecting carcass characteristics and palatability of young bulls. *J. Anim. Sci.* 66, 2568~2572.
65. Kang, S. W., Lim, S. K., Woo, J. S., Jeong, J. W., and Son, Y. S. 2001. Effect of pasture grazing concentrate feeding levels for 6 months of growing steers on growth performance and carcass characteristics on autumn born hanwoo steers. *J. Anim. Sci. & Technol.(Kor)* 43, 681~689.
66. Lepage, G. and C.C. Roy. 1986. Direct transesterification of all classes of lipid in a one-step reaction. *J. Lipid Reseach.* 27 114~120.
67. Lawrie, R. 1985. Development in meat science : Packaging Fresh Meat (A. A. Taylor(Eds). Elsevier Applied Science Publishers. p. 89~95.
68. Martin, T.G., T.W.Perry, M.T.Mohler and F.H. Owens. 1979 Comparison of four levels of protein supplementation with and without oral diethylstilbestrol on daily gain, feed conversion and carcass traits of bulls. *J.Anim.Sci.* 48, 1026~1032.
69. May, S. G., H. G. Dolezal, D.R.Gill, F. K, Ray and D.S. Buchanan. 1992. Effects of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. *J. Anim. Sci.* 70, 444~453.
70. Rossi. J. E S.C. Loerch and F. L.Fluhart. 2000. Effects of crudeprotein concentration on diets feedlot sterrs fed to achieve stepwise increases in rate of gain. *J.Anim.Sci.* 78, 3036~3044.
71. Rumsey, T. S., Oltjen, R. R., Bovard, K. P., and Priode, B. M. 1972.

- Influence of widely diverse finishing regimens and breeding on depot fat composition in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 35, 1069~1075.
72. SAS. SAS/STAT. 2002. User's guide : Statics SAS Institute., Inc. Cary, NC. USA.
73. Savell, J.W., H.R. Cross and G.C. Smith. 1986. Percentage ether extractable fat and moisture content of beef longissimus muscle as related to USDA marbling score. *J. Food Sci.* 51, 838~840.
74. Shin, K. J., Oh, Y. G., Lee, S. S., Kim, K. H., Kim, C. H., and Paik, B. H. 2002. Feed intake Evaluation of korean cattle(hanwoo) fed diets containing different levels compound feed in the growing and fattening periods. *J. Anim. Sci.& Technol.(Kor)* 44, 95~104.
75. Skelley, G. C., Stanford, W. C., and Edwares, R. L. 1973. Bovine fat composition and its relation to animal diet and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 36, 573~580.
76. Song, M. K., Chung. N. S., Won. Y. I. , Chung. J. K. , and Choi. S. H., 2000. Effect of feeding levels of concentrates on the growth performance and fatty acid composition of adipose tissues at various locations in hanwoo steers. *J. Anim. Sci. & Technol (Kor)*. 42, 859~870.
77. Sumida, D. M., Vogt, D.W., Cobb, E. H., Iwanaga, I. I., and Reimer, D. 1972. Effect of breed type and feeding regime on fatty acid composition of certain bovine tissues. *J. Anim. Sci.* 35, 1058~1063.
78. Turgeon, A., D. Brink, S. Bartle, T. Klopfenstein and C. Ferrell. 1985. Compensatory growth. Beef cattle report. MP48. pp. 38~41. *Agr. Exp. Sta. Univ. of Nebraska*.
79. Westerling, D.B., H.B. Hedrick. 1979. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *J. Anim, Sci.* 68, 3677.
80. Van Koevinger, .M.T, D.R, Gill, F. N. Owens, h. G. Dalezal and C. A. Strasis. 1995. Effects of time on feed on performance of feedlot steers, carcass characteristics, and tenderness and composition of longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 73. 21~28.
81. 丸山 新. 森木 久. 三浦康宏 森井良三, 1994. 飼料の組蛋白質水準が 黒毛和種去勢牛の 發育および 肉質におす影響. *肉用牛研究會報*.58, 10~11.
82. 丸山 新.坂口愼一.古田 淳.中丸輝彦. 1998. 黒毛和種去勢牛の 早期からの 肥育における 組飼料比が 發育および肉質におよぼす影響. *肉用牛研究會報*. 64, 27~28.
83. 小堤恭平. 1994. 食肉の品質評價技術. *農林水産技術研究ジャーナル* 17, 19~26.
84. 嶺山秀人. 岩倉直行. 笠井勝美. 生井和夫 等. 1997. 黒毛和種 去勢牛における肥育

- 期別 濃厚飼料中の 組蛋白質水準の違いが 産育性に及ぼす影響. 肉用牛研究會報. 62, 1~3.
85. 中西直人, 相川勝弘, 村元隆行, 三津本. 1997. 黒毛和種去勢子牛への 組飼料多級が 産育性に及ぼす影響. 肉用牛研究會報. 7~9.
86. 西野武藏. 1976. 若齡肥肉牛の枝肉特性に關する研究. 京都大學校, 博士學位論文.
87. 杉本昌仁, 佐藤辛信, 寒河江洋一良. 1998. 濃厚飼料給與水準の 違いが育成牛の 飼料攝取量および 發育に及ぼす影響. 肉用牛研究會報. 66 : 20~32.
88. 강수원, 장선식, 정연후, 신기준, 손용석. 1995. 성장 단계별 농후사료 급여수준이 육성비육우의 사료효율, 산육능력 및 육질에 미치는 영향. 한국영양사료학회지. 19, 495~506.
89. 김대곤, 정근기, 성산경, 최창본, 김성경, 김덕영, 최봉재. 1996. 거세가 한우 및 홀스타인 비육우의 도체의 이화학적 특성에 미치는 영향. 한국축산학회지. 38(3), 239~248.
90. 김 등, 2006. 조사료원에 따른 한우고급육 생산프로그램 개발에 관한 연구. 석사학위 논문.
91. 국길, 김광현. 2003. 죽초액의 첨가수준이 비육 한우암소의 육생산성, 혈액성상 및 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 45(1). 57~68.
92. 박노형, 최창본 등, 2003. 한우의 경제적인 거세시기 규명. 농협중앙회축산연구소.
93. 백봉현, 신기준, 김강식, 1986. 양질조사료 다급이 한우의 성장 및 육생산에 미치는 영향. 축산시험장 사어보고서. p78.
94. 백봉현, 조원모, 김용곤, 서기상, 조병대. 1993. 고급 한우쇠고기 생산기술 개발 연구. 한우 비육시 조사료의 종류가 육질 및 육생산에 미치는 영향. 축산시험연구보고서. p29~38. 농촌진흥청 축산시험장.
95. 이 등, 2006. 사양프로그램에 따른 거세한우의 비육능력과 도체특성 비교연구. 석사학위 논문.
96. 이종문, 박범영, 조수현, 김진형, 유영모, 채현석, 최양일. 2004. 한우 도체등급 요인 분석과 육질등급에 따른 이화학 및 관능특성. 한국동물자원과학회지. 46, 833~840.
97. 임상선, 이종호. 1997. 썩 수용성 추출물의 심혈관 및 혈압에 대한 활성연구 한국영양학회지. 30(6). 634~638.
98. 정근기 등 2005. 한우, 전국한우연구회. p195.
99. 정 등, 2003. 한우 경쟁력 제고기술개발, 298~302
100. 정근기. 2002. 한우고급육 생산을 위한 비육기술 개발 및 능력개발. 늘원문화재단보고서.
101. 축산물등급판정소. 2006. 축산물등급 판정기준.
102. 축산연구소. 2005. 거세한우 장기비육 사양시스템 개발보고서. 농촌진흥청
103. 한국한우표준사양. 2002. 농림부, 농촌진흥청, 축산연구소

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.