

(옆면)

(앞면)

118073-03

한우 조성  
근대 및  
풍미 반추가축  
증진을 사료  
위한 첨가제 개발  
유용 아미노산

2021

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )발간등록번호( O )

### 농생명산업기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003575-01

### 한우 근대 풍미 증진을 위한 유용 아미노산 조성 및 반추가축 사료 및 첨가제 개발

2021. 6. 21.

주관연구기관 / 한경대학교 산학협력단  
협동연구기관 / 중앙대학교 산학협력단  
경북대학교 산학협력단

농림축산식품부  
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “한우 근내 풍미 증진을 위한 유용 아미노산 조성 및 반추가축 사료 및 첨가제 개발”(개발기간 : 2018. 7. 31 ~ 2020. 12. 31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 6. 21.

주관연구기관명 : 한경대학교 산학협력단 정명규  
협동연구기관명 : 중앙대학교 산학협력단 고중혁  
경북대학교 산학협력단 김지현

주관연구책임자 : 김창현  
협동연구책임자 : 장문백  
김은중



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	118073-03	해 당 단 계 연 구 기 간	2018. 07. 31. ~2020. 12. 31.	단 계 구 분	3 / 3
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농생명산업기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	한우 근내 풍미 증진을 위한 유용 아미노산 조성 및 반추가축 사료 및 첨가제 개발			
연구책임자	김 창 현	해당단계 참여연구원 수	총: 21 명 내부: 21 명 외부: 0 명	해당단계 연구개발비	정부: 300,000천원 민간: 100,000천원 계: 400,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 53명 내부: 53명 외부: 0 명	총 연구개발비	정부: 750,000천원 민간: 250,000천원 계: 1,000,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한경대학교 산학협력단 중앙대학교 산학협력단 경북대학교 산학협력단			참여기업명 농업회사법인 주식회사 대산 주식회사 더키움바이오	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반
-------------------------	----

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	2										

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

- |  |                     |
|--|---------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>연구목적:</b> 소고기의 육량과 풍미를 증진할 수 있는 사료 배합비 및 사료첨가제 개발</li> <li>○ <b>핵심연구내용 및 성과:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우육의 단백질 및 아미노산 조성, 원료사료에 따른 한우 반추위 내 미생물체 단백질의 아미노산 조성 및 반추위 미분해 사료단백질의 통과율과 그 아미노산 조성을 규명하여 국내 최초 한우의 대사단백질 공급체계를 개발</li> <li>- 제1 제한 아미노산 공급용 사료배합비 개발 및 개발된 사료를 급여하는 한우 비육말기 사양실험을 통해 등심면적이 증가하였음.</li> <li>- 개발사료를 급여한 한우 등심의 풍미 증진에 관여하는 glutamic acid와 alanine이 대조구에 비해 함량이 증가하였음.</li> <li>- 전자혀와 관능평가를 통해 개발된 사료배합비를 적용한 한우육에서 umami, tenderness, flavour, juiciness, overall acceptability 점수가 더 높았음.</li> <li>- 풍미(특히 감칠맛)를 증진하는 아미노산(glutaminate, alanine)을 반추위에서 분해되지 않도록 물리적으로 보호하여 사료첨가제의 시제품 개발하였으며, 반추위 내 보호율 약 65% 이상 달성함.</li> <li>- 개발된 반추위보호 아미노산을 비육말기 거세우에 급여하여 도축 후 관능평가를 수행한 결과, 대조구에 비하여 소고기의 감칠맛이 증가하였음.</li> </ul> </li> </ul> | <p>보고서 면수: 225쪽</p> |
|--|---------------------|

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p><b>연구의 목적</b> ○ 소고기의 육량과 풍미를 증진할 수 있는 사료 배합비 및 사료첨가제 개발</p> <p><b>연구의 내용</b> ○ 비육말기 거세한우 근육단백질 함량 증진을 위한 균형 아미노산 공급 체계 규명 및 균형대사단백질(MP) 공급 사료개발 ○ 한우 근내 풍미 증진 유리 아미노산 극대화 기술 개발 ○ 한우 근내 풍미 증진 아미노산 극대화를 위한 보호 아미노산 개발</p>
<p>연구개발성과</p>	<p><b>연구개발주요결과</b> ○ 한우 등심육 등 4개 부위의 단백질 및 아미노산 조성, 원료사료에 따른 한우 반추위 내 미생물체 단백질의 아미노산 조성 및 반추위 미분해 사료단백질의 통과율과 그 아미노산 조성을 규명하여 국내 최초 한우 비육말기의 대사단백질 공급체계를 개발 ○ 한우 비육말기 육량 및 풍미 증진을 위한 제1 제한 아미노산과 풍미관련 아미노산 공급용 사료배합비 개발 및 개발된 사료를 급여하는 한우 비육말기 사양실험을 통해 육량 (등심면적)과 고기 내 풍미 (감칠맛)가 증가하였음. ○ 사양실험 진행 후 도축한 한우의 등심을 회수하여 아미노산 분석을 진행한 결과, 대조구에 비해 한우의 풍미 증진에 관여하는 glutamic acid 와 alanine함량이 높은 한우육 개발 ○ 전자혀 분석 결과 개발된 사료배합비를 적용하였을 때 한우육의 감칠맛 (umami)이 더 높았으며, 관능평가 결과 처리구 한우육의 umami, tenderness, flavour, juiciness, overall acceptability 점수가 더 높게 나타남. ○ 소고기의 풍미 (특히 감칠맛)를 증진시키는 아미노산 (glutamate, alanine)을 물리적으로 보호하여 반추위 내에서 분해되지 않고 소장에서 흡수될 수 있도록 하는 사료첨가제의 시제품 개발 - <i>In situ</i> 방법에 따라 평가 시, 반추위 내 보호율 약 65% 이상 달성 ○ 개발된 반추위보호 아미노산을 비육말기 거세우에 급여하여 관능평가를 수행한 결과, 대조구에 비하여 소고기의 감칠맛이 증가하였음</p> <p><b>대표성과</b> ○ 반추위 내 미생물 합성량 (Microbial protein synthesis)을 활용해 SCI급 논문을 게재함 (ISSN: 1011-2367) ○ 육량 및 풍미 강화용 한우 비육 말기 사료 조성물 (특허출원번호: 10-2020-0175990) ○ 해당 과제에서 습득한 노하우를 적용해 가축사양관리 교육을 실시함 ○ 국내 최초 반추위보호 비필수 아미노산 사료첨가제 개발 (특허 출원번호: 10-2021-0010212, 시제품개발) ○ 반추위보호 비필수 아미노산의 첨가 방법에 따른 생산성 향상기술 (기술실시 2건)</p>
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>○ 기술적 측면: 균형된 아미노산을 공급할 수 있는 대사단백질 시스템을 적용한 사료의 급여로 육량을 개선하고 풍미 관련 반추위보호 아미노산의 급여를 통해 풍미가 향상된 소고기 생산. 한우 사양표준 개정에 필요한 기초자료로 제공하며 향후 한우 근육 내 감칠맛을 사양관리시</p>

	<p>스텝에 의해 조절 가능해짐. 특히 감칠맛을 유발하는 반추위보호 비필수 아미노산 첨가제는 아직 국내에서 개발되거나 연구된바 없는 새로운 형태로서 소고기의 풍미 증진과 관련하여 상대적으로 기술적 우위를 선점할 수 있음</p> <p>○ 경제적·산업적 측면: 균형아미노산 공급체계 개발을 통해 단백질 사료의 손실을 줄임과 동시에 비육기 사양관리기간의 단축으로 사료비를 절감하여 농가소득 향상. 소비자들의 소고기에 대한 선호도가 변화되고 있어 한우의 근내 풍미증진에 관여하는 최초 사료급여프로그램으로 산업적 활용도가 높음. 또한 개발된 반추위보호 아미노산은 기존에 상용화된 필수아미노산과 함께 축산업 현장에 적용할 수 있고, 아시아 및 축산 선진국에 수출을 기대할 수 있을 것으로 판단됨.</p> <p>○ 사회적 측면: 정밀 사료 급여체계를 통해 생산된 육량 및 풍미가 높은 소고기를 섭취하여 지방의 과잉섭취를 예방함으로써 소비자의 건강을 증진하고, 지방에 의한 한우 풍미와 더불어 근내 풍미가 증가한 소고기에 대한 소비자 선호도를 충족하며 가축의 질소과잉배출을 방지하여 환경을 개선함.</p>				
국문핵심어 (5개 이내)	한우	풍미	유리아미노산	사료	사료첨가제
영문핵심어 (5개 이내)	Hanwoo	Flavor	Free amino acid	Feeds	Feed additives

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....	7
2. 연구수행 내용 및 결과 .....	14
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	179
4. 연구결과의 활용 계획 등 .....	193
붙임. 참고 문헌 .....	194

<별첨1> 연구개발보고서 초록

<별첨2> 자체평가의견서

<별첨3> 연구성과 활용계획서

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1-1. 연구개발 목적

- 원료사료의 사료 배합비를 조절하여 대사단백질 (metabolizable protein, MP) 내 풍미증진 아미노산 및 제한아미노산의 공급량을 증가하도록 유도하거나, 아미노산을 사료첨가제의 형태로 추가 공급하여 근육 내 침착을 유도하여 소고기의 풍미와 육량을 증대시키는데 그 목적이 있음.

## 1-2. 연구개발의 필요성

- 소고기에 대한 소비자의 선호도 변화
  - 국내 소비자들이 한우고기 구입 시 고려하는 조건은 등급 (61.8%), 가격 (57.0%), 원산지 (43.6%)순으로 나타났음 (국립축산과학원 축산물이용과 보도자료).
  - 쇠고기의 맛을 좌우하는 중요한 요소인 등급을 중요하게 생각하는 한편, 소비자 선호도 조사 대상 응답자의 66.6% 이상이 현재의 소고기 육질 등급의 보완을 요구함.
  - 이러한 육질등급 보완에 대한 가장 큰 원인은 마블링 위주의 육류등급제, 즉 마블링이 높을수록 고기가 건강에 해롭다거나 (10.8%), 마블링이 많다고 고기가 맛있다고 (7.5%), 혹은 마블링만으로 평가하는 것은 불합리하다 (5.4%)고 조사되었으며, 지방이 많이 포함된 고기가 건강에 해로울 것이라는 인식이 강함. 현재 소고기의 맛은 tenderness (연도), flavor likeness (풍미), juiciness (다즙성)에 의해 결정되고 있으나, 국내에서 현재까지 소고기 특히, 한우의 맛을 결정하는 주요 요인으로 근내지방도를 위주로 결정되고 있음.
  - 최근 한우육의 지방은 줄이고 풍미를 증진시키기 위한 dry aging (건조숙성)이 소비자에게 인기를 얻고 있는데, 이는 기존 근내 지방 함량 증가에 의한 풍미 증진과는 다르게, 숙성과정에서 발생하는 유리 아미노산을 통한 풍미를 선호하고 더불어 육질이 부드러운 단백질 섭취로 취향이 바뀌고 있으며, 한 대형마트의 경우 2017년 12월 기준 숙성한우 등심의 매출의 50%이상 증가하여 이러한 소비자의 선호도 변화를 뚜렷이 보여주고 있음.
  - 따라서, 소고기의 풍미 증진과 동시에 단백질 공급원으로서 소비자 요구의 변화에 대응하는 기술이 필요
- 소고기의 풍미에 아미노산의 영향
  - 육류의 풍미에 영향을 미치는 요인들은 다양함(Fig. 1)

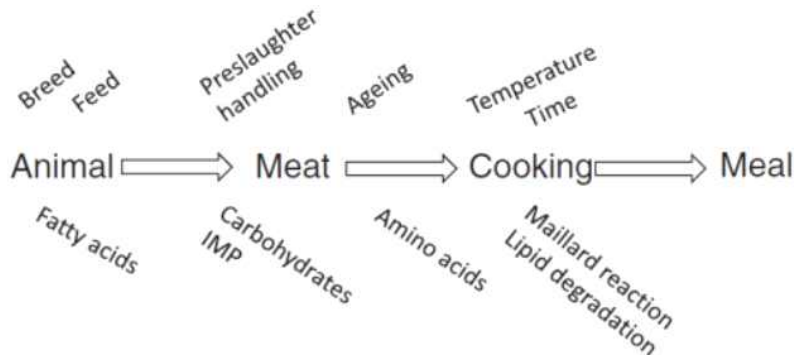


Fig. 1. Factors related to meat flavor (adopted from Aaslyng and Meinert, 2017)



- 육류의 조리과정 중 근육 내 유리아미노산과 탄수화물이 결합하는 Maillard 반응과 동시에 지방 및 불포화 지방산이 분해되며 고기의 풍미를 제공함
- Maillard 반응에 있어서 함황아미노산인 cysteine의 함량에 따라서 고기의 풍미가 많이 좌우되는 것으로 알려져 있으며 (Fig. 2), 또한 glycine, valine, isoleucine, leucine, glutamine 등의 아미노산이 고기의 풍미에 영향을 미치는 것으로 알려져 있음

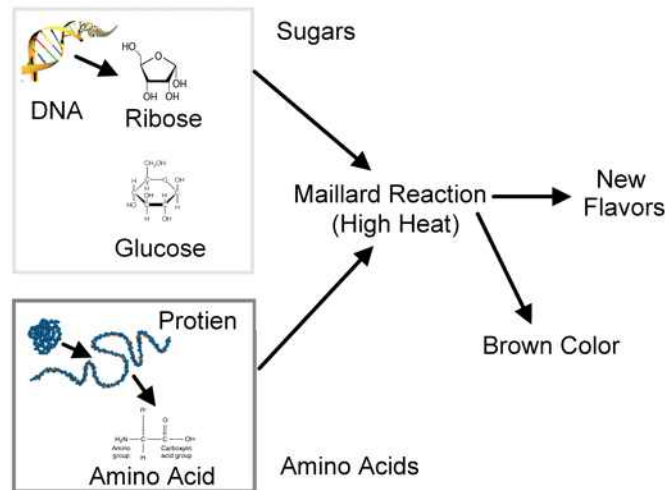


Fig. 2. Maillard reaction

- 또한 최근 일부 소비자들을 중심으로 숙성 (aging) 과정을 거친 쇠고기의 선호도가 증가하는 것으로 나타났는데, 근육 내 펩타이드와 유리아미노산이 aging 과정 중 분해되어 고기의 풍미를 증진시킴.
- 육우의 근내 풍미에 관련된 물질에 관한 연구는 단맛, 쓴맛, 신맛 등을 구별하여 연관된 근내 구성물질들에 대한 연구가 지속적으로 이루어져 왔음. 이러한 (유리)아미노산 특히 비필수아미노산인 glutamate는 감칠맛 (umami)을 더하는 아미노산으로, 그리고 alanine, glycine, proline 등은 고기에 단맛 (sweet)을 제공하는데 기여함 (Fig. 3).

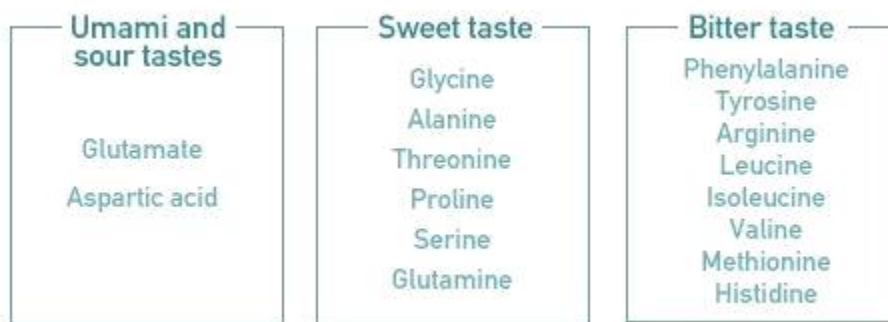


Fig. 3. Amino acid groups in muscle tissue related to flavor

- 감칠맛 (umami)은 MSG (monosodium glutamate), IMP (5-nucleotides, 5'-inosine monophosphate) 및 GMP (5'-guanosine monophosphate)와 같은 풍미 증강 화합물에 의해 생성되며, 감칠맛은 풍미의 시간차 인지와 겹쳐 맛을 느끼게 하여 풍부한 맛을 느끼게

함 (Marcus, 2005). 또한 8 종류의 아미노산으로 구성된 “Beefy Meaty Peptide” (BMP; Lys-Gly-Asp-Glu-Glu-Ser-Leu-Ala)는 감칠맛의 특성을 나타냄 (Yamasaki과 Maekawa, 1978). 이러한 펩타이드는 육류에서 유리아미노산의 형태로 존재하며 짠맛이 없이 MSG 특유의 풍미를 갖게 함 (Spanier 등, 1995).

- 근대 유리아미노산 형태로 존재하는 glutamate와 alanine의 경우 한우 고기의 풍미를 유발 물질로써 중요한 역할을 하고 있으며, 부위에 따라 각각 94.33 ~ 216.36, 154.88 ~ 200.31 mg/100g 수준 존재함.
  - Glutamine과 glutamate는 동물의 신체 내에서 단백질들의 building blocks으로써 작용을 하며, 비필수아미노산으로써 혈액 및 체액에 가장 많이 존재하는 아미노산으로 신체에서 요구되어지는 양이 체내에서 생산량 보다 큰 경우가 있어 (Lacey와 Wilmore, 1990), 체내 조건에 따라 필수아미노산으로 간주되기도 하며, 특히 외상 및 질병과 같은 조건하에서 외부에서 필수적으로 공급 되어져야 하며, 체내 면역계와 소장 건강에 많은 영향을 미치는 것으로 알려짐 (Kim, 2011).
  - 미국 USDA에서 쇠고기의 숙성기술 및 풍미개선효과에 유리아미노산의 역할에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있으나, 급여사료 및 첨가제를 이용한 연구는 전무함.
  - 일본 Ajinomoto사에서는 단맛, 쓴맛과 특히 감칠맛에 대한 아미노산 첨가제에 대한 제품 개발이 이루어지고 있으나 아직까지 식품첨가제에 및 단위동물의 사료첨가제로 국한 되어 있음.
  - National Cattlemen’s Beef Association’s (NCBA)에서는 쇠고기 근대 glutamate nucleotides의 함량을 증진 시킬 수 있는 방안을 모색중임.
  - 따라서 비육우에 사료 및 첨가제를 통해 풍미와 관련된 아미노산의 급여에 의해 풍미를 향상시킬 수 있는 근대 유리아미노산들을 축적시키면 고기의 요리 및 숙성과정 이전에 고기의 풍미에 좋은 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단됨.
- 비육우에 대한 사료를 통한 아미노산과 대사단백질 공급 연구 현황
- 반추동물은 섭취 사료의 영양성분과 생산물의 영양성분이 매우 다른데 이러한 이유는 섭취한 사료의 영양성분이 반추위 내에서 미생물에 의하여 전변되어 가축에게 이용되기 때문임 (Fig. 4).
  - 반추동물이 이용할 수 있는 아미노산은 반추위 내에서 합성되는 미생물체 단백질 (microbial crude protein, MCP), 반추위 내에서 분해되지 않고 소장으로 유입되어 소화되는 사료 단백질, 그리고 내인성 단백질로 구분이 되는데 반추위 내 미생물체 단백질의 합성량은 반추위 분해단백질과 발효가능한 탄수화물의 공급에 의해 결정되며 특히, 비육말기에 에너지 공급량을 증가시키기 위해 가용성 탄수화물 공급을 증가시킴으로서 미생물의 서식환경의 악화로 미생물체 단백질을 통한 단백질 공급량의 증가는 한계가 있기에, 반추동물에게 체내 흡수되는 아미노산의 공급량 (대사단백질 양)을 증가시키기 위해서는 반추위 내 미분해 단백질의 증가를 통하여 필요한 단백질을 추가로 공급할 수 있음.

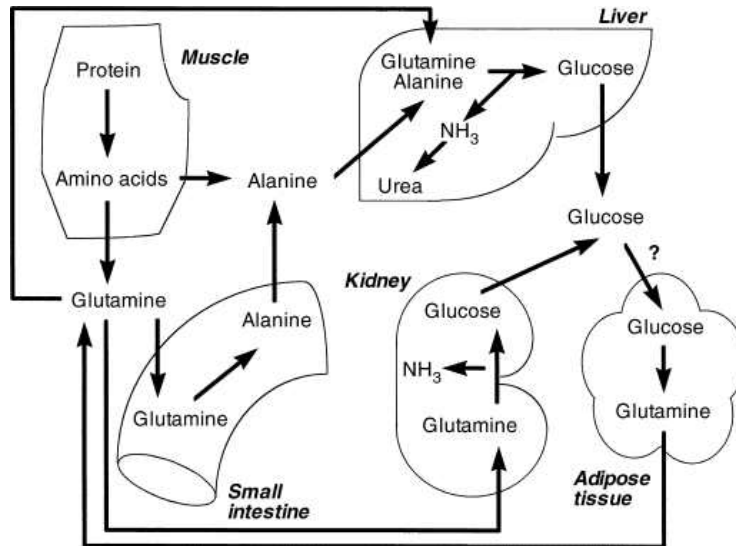


Fig 4. Amino acid metabolism in organs of ruminants

- 이와 같이 소고기 생산을 위해 비육우의 근내 체단백질을 증가시키고 고기에 풍미를 증가시킬 수 있는 아미노산을 축적시키기 위해서는 사료 또는 아미노산 첨가제 공급이 필요하며, 이러한 기술을 적용하기 위해서는 비육우의 체내에 공급되는 아미노산량 즉, 대사단백질량을 정확히 알아야함. 그러나, 한국젖소사양표준 (RDANIAS, 2017a)과 미국의 CNCPS (Lanzas 등, 2007) 경우 대사단백질 내 아미노산 요구량이 제시되어있으나, 현재 이용되는 한우사양표준 (RDANIAS, 2017b)에는 사료배합 시 가소화영양소총량 및 조단백질을 기준으로 가축의 유지, 성장, 번식 및 비육에 필요한 영양소 함량을 제시하고 있고, 대사단백질의 요구량을 제시하고 있으나, 출처가 불분명하며 특히 아미노산의 요구량을 알 수가 없음.
- 비육우의 풍미증진을 위한 비필수 아미노산 첨가제 연구 현황
  - 반추동물에게 아미노산 첨가제를 급여하게 되면 반추위 내 미생물에 아미노산은 바로 분해가 되어 직접 가축의 체내로 전달되지 못함. 이러한 이유로 아미노산 첨가제를 미생물에 의한 분해로부터 보호하는 기술을 적용하여 개발한 반추위 보호아미노산이 국내외에서 개발되었음. 국내에서 반추위 보호아미노산을 생산하는 기업은 (주)CJ제일제당, (주)대상 등으로 파악됨. 반추위 보호아미노산을 공급하는 사양프로그램이 일부 연구 및 현장에서 제시되고 있는데, 이러한 반추위 보호아미노산의 경우 대부분 체내에서 합성되지 않는 필수아미노산의 공급에 초점이 맞추어져 있으며, 따라서 성장 및 육량의 증대에 목적을 두고 있음. 대부분의 반추위 보호아미노산은 필수 및 제한아미노산으로 한정되어 있으며 특히 lysine, methionine에 집중되어 있음.
  - 2014년 농림축산식품부의 연구지원으로 (주)누보비엔티에서 반추위 보호아미노산 및 콜린을 이용한 유단백증가용 사료첨가제 개발 과제를 수행하였음. 이 연구보고서에서도 methionine과 lysine에 대한 연구결과를 보고하였음. 또한 한우 등의 비육우에 급여하는 첨가제가 아니라 착유우에 이용하여 유단백질의 함량을 높이고자 하는 목적으로 개발된 사료첨가제임.
  - 국내에서는 반추위 보호 비필수아미노산의 생산 등에 관해선 보고된 바 없으나 2008년 축

산과학원의 연구팀이 “아미노산 강화 반추위 보호지방 사료첨가제”를 개발한 바 있음 (특허: 출원번호 10-2006-0127233).

- 국내에서 한우 근내 유리아미노산함량을 증가시키기 위한 반추가축 사료 및 첨가제 공급에 의한 근내 유리아미노산 총량을 증가시키기 위한 연구는 전무한 상태임. 따라서, 반추가축 사료 및 반추위 보호 비필수아미노산 첨가제 급여에 의한 소고기의 풍미를 증진시킬 수 있는 근내 glutamate와 alanine 함량을 높일 수 있는 사양관리체계 개발이 필요함.

### 1-3. 연구개발 범위

#### 가. 최종 목표

- 한우 소고기에 대한 소비자 기호도가 다변화됨에 따라 소고기의 단백질 함량 및 아미노산 조성 등 풍미를 증진할 수 있는 사료 배합 설계 및 첨가제를 개발

#### 나. 세부목표

- 비육말기 비육우 근육단백질 함량 증진을 위한 균형 아미노산 공급 체계 규명 및 대사단백질 (MP) 공급 사료개발
- 한우 근내 풍미 증진 유리 아미노산 극대화 기술 개발
- 한우 근내 풍미 증진 아미노산 극대화를 위한 보호 아미노산 개발

#### 다. 개발 내용 및 범위

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용 및 범위
1차 년도	2018	<제1세부> 한경대학교 한우 근육단백질합성량 증진을 위한 균형아미노산 대사단백질 (MP) 공급체계분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우의 MP시스템 적용을 위한 국내·외 자료 분석</li> <li>• 한우 등급 및 부위별 근육조직 단백질 아미노산 조성 분석</li> <li>• 한우의 MP시스템 적용을 위한 최대 반추위 내 미생물단백질 합성량 및 미분해 사료단백질 내 아미노산 조성에 대한 국내·외 자료 분석</li> </ul>
		한우의 균형 아미노산 공급용 최적 사료배합비 유형 선정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제1협동 제공 단백질 원료사료의 아미노산 조성 분석</li> <li>• 근육단백질합성을 위한 MP시스템을 적용한 아미노산요구량 산정</li> <li>• 아미노산 요구량을 기초로한 사료원료별 제한아미노산 추정</li> <li>• 한우의 MP 내 균형아미노산공급이 가능한 사료 배합유형 선정</li> </ul>
		<제1협동>중앙대학교 Cannulae장착 한우를 이용한 주요단백질 사료원의 단백질 및 아미노산 by-pass수준 데이터 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 급여사료 중 주요 단백질 사료원에 대한 단백질 및 아미노산 반추위 내 by-pass율 데이터 확보 (<i>in situ</i>)</li> <li>• RUP함량이 50% 이상의 사료원에 대한 아미노산</li> </ul>

		현재 유통중인 한우 단백질 사료원의 가공방법에 따른 반추위 내 by-pass을 측정	<p>에 대한 by-pass을 측정 (<i>in situ</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 단백질 사료원의 가공방법 (프레이크, 익스트루전, 열처리 등)에 따른 RUP함량 측정</li> <li>• 단백질 사료원의 가공방법에 따른 glutamate 및 alanine의 by-pass을 극대화 사료원 선별</li> <li>• 한우의 급여 단백질 사료원 중 RUP 및 아미노산 by-pass율이 가장 높은 사료원에 대한 1세부과제와 정보 공유</li> </ul>
2차 년도	2019	<제1세부> 한경대학교 한우 근육단백질합성량 증진을 위한 균형아미노산 대사단백질 (MP) 공급체계분석 (1차년도 연계)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우의 MP시스템 적용을 위한 국내·외 자료 분석</li> <li>• 한우 등급 및 부위별 근육조직 단백질 아미노산 조성 분석</li> <li>• 한우의 MP시스템 적용을 위한 최대 반추위 내 미생물단백질 합성량 및 미분해 사료단백질 내 아미노산 조성에 대한 국내·외 자료 분석</li> </ul>
		한우의 균형 아미노산 공급용 최적 사료배합비 유형 선정 (1차년도 연계)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제1협동 제공 단백질 원료사료의 아미노산 조성 분석</li> <li>• 근육단백질합성을 위한 MP시스템을 적용한 아미노산요구량 산정</li> <li>• 아미노산 요구량을 기초로한 사료원료 별 제한아미노산 추정</li> <li>• 한우의 MP내 균형아미노산공급이 가능한 사료 배합유형 선정</li> </ul>
		원료사료별 <i>in vitro</i> 반추위 발효특성 및 반추위 내 미생물단백질 합성량 및 아미노산 조성 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1차년도 조사된 반추위 내 미생물단백질의 아미노산 조성 규명</li> <li>• 소장에 공급되는 반추위 내 미생물단백질 유래 아미노산 공급량 산출</li> </ul>
		제1협동 1차년도 결과인 원료사료별 RUP에 대한 아미노산 함량 자료를 이용한 MP 내 개별 아미노산 흡수량 및 근육조직 내 단백질합성량 수식 산정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 비육말기 원료 사료별 RUP 및 아미노산 공급량 자료를 이용한 MP 내 개별 아미노산 최종 흡수량 결정</li> <li>• 원료사료별 반추위 내 미생물단백질 및 RUP 공급량에 따른 MP 내 아미노산 공급량 산출</li> <li>• 원료사료별 MP로부터 근육단백질로의 전환율을 적용한 근육합성량 규명</li> </ul>
		<제1협동> 중앙대학교 Cannulae장착 한우를 이용한 단백질 사료원의 주요단백질 사료원의 단백질 및 아미노산 by-pass수준 데이터 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 급여사료 중 주요 단백질 사료원에 대한 단백질 및 아미노산 반추위 내 by-pass을 데이터 확보 (<i>in situ</i>)</li> <li>• RUP함량이 50% 이상의 사료원에 대한 아미노산에 대한 by-pass을 측정 (<i>in situ</i>)</li> </ul>

3차 년도	2020	<i>In situ</i> 시험 데이터를 기반으로 풍미증진 아미노산 (glutamate, alanine)의 흡수 및 유리 수준 규명	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1세부와 연계하여 한우 근내 풍미증진 사료 및 첨가제의 NRC사양표준 영양소 요구량과 비료 분석</li> <li>• 개발사료 및 첨가제의 근내 유리아미노산 공급효율 검정</li> </ul>
		<제2협동> 경북대학교 한우풍미 증진 근내 아미노산 증진 아미노산의 개발 및 문헌조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문헌조사 및 상업용 제품 탐색 (보호 glutamate 및 asparagine 위주)</li> <li>• 문헌조사 및 상업용 제품 탐색 (보호 alanine, glycine, proline 위주)</li> <li>• 각 보호아미노산 첨가에 따른 <i>in vitro</i> 반추위 내 미생물 발효특성 규명</li> </ul>
		반추위 내 보호 아미노산 제조 기술 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lignosulfonate를 이용한 보호아미노산 제조 및 효과 규명 (보호 glutamate, alanine, glycine, proline 및 asparagine 위주)</li> <li>• 상기 보호 아미노산 제조 및 반추위 내 by-pass율 규명</li> <li>• 각 개발 아미노산에 대한 <i>in vitro</i> 또는 <i>in situ</i> 실험을 통한 실험 진행</li> </ul>
	2020	<제1세부> 한경대학교 비육말기 거세한우의 근육 단백질합성량 극대화를 위한 균형아미노산 공급용 사료배합비 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2차년도 결정된 원료사료 MP 내 아미노산 공급과 제한아미노산의 자료를 활용한 한우비육말기 균형아미노산 공급용 사료배합비 확보</li> <li>• 한우비육말기 개발 사료배합비를 이용한 사료의 급여기간에 따른 증체 및 근육합성량, 육질 및 풍미증진에 대한효과 규명</li> </ul>
		<제2협동> 중앙대학교 사료 원료별 아미노산 by-pass 수준 데이터 1세부과제와 공유를 통한 사료 및 첨가제의 산업화를 위한 데이터 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개발사료에 대한 <i>in vitro</i> 시험 시행</li> <li>• <i>In vitro</i> 시험을 통한 반추위 내 미생물 군집변화 검정</li> </ul>
		개발 사료 및 첨가제 급여에 따른 육질분석 및 관능평가 실시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 육질분석 및 glutamate 및 alanine 증가 수준 검정</li> <li>• 맛인식장치 (testing sensor) 및 관능평가를 이용한 한우 근내 풍미증진 기초 데이터 확보</li> <li>• 개발사료배합비 및 풍미증진 아미노산의 산업화 실시</li> </ul>
		<제2협동> 경북대학교 한우육 내 감칠맛, 단맛 유발 보호 아미노산 조합 및 첨가제를 활용한 혈액 내 유리아미노산함량 규명 개발 보호아미노산 첨가에 따른 경제성 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비육말기 육우를 이용한 보호아미노산의 효과 규명</li> <li>• 도축 후 도체성분 분석(육색, 전단력, 보수력 등)</li> <li>• 육질평가, 관능평가 및 아미노산 함량 측정</li> <li>• 한우 혈액을 채취하여 유리 아미노산 함량 측정</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보호아미노산 첨가에 따른 비육말기 한우의 경제성 분석</li> </ul>

## 2. 연구수행 내용 및 결과

### 2-1. 연구개발 추진전략 및 방법

#### 가. 1차년도

##### ○ 연구개발 목표

- 세부연구기관 (한경대학교) : 근육단백질 합성량을 증가할 수 있는 균형아미노산공급을 위한 대사단백질 (MP) 공급체계분석 및 최적 균형아미노산공급용 사료배합비유형 선정
- 제1 협동연구기관 (중앙대학교) : NRC 사양표준에서 제시한 대표적 사료 원료의 사료 원료별 아미노산 by-pass을 측정 및 비교 분석

##### ○ 추진전략 및 방법

##### • 세부연구기관 (한경대학교)

- ① MP시스템 적용을 위한 육우 근육단백질의 아미노산 조성에 대한 국내·외 자료분석: 한우 근육단백질 합성을 위한 MP요구량 산정을 위한 육우 근육단백질의 구성 아미노산 조성 관련 논문조사 및 통계분석
- ② 한우 등급별 및 부위별 근육조직단백질 아미노산 조성 분석: 한우 근육단백질 합성에 필요한 MP요구량 산정을 위한 국내 시판되는 한우육 단백질 내 구성 아미노산 조성의 등급(육질 등급별)과 부위(등심 등)에 따른 차이분석 및 비교
- ③ 사료원료별 MP시스템 적용을 위한 최대 반추위 미생물체 단백질 합성량 및 미분해사료 단백질 내 아미노산 조성에 대한 국내·외 자료분석
  - NRC, CNCPS 등 국내외 사양표준 및 논문에서 미생물단백질합성량 산정근거 및 산정 방법 비교 분석을 통한 최종 비육말기 한우 MP시스템에서 반추위미생물단백질 합성량 산정 시 결정
  - 반추위 미생물 단백질의 아미노산 조성 자료 분석
  - 단백질 사료원 및 가공방법 등에 따른 RUP 내 아미노산 조성변화에 대한 자료 분석
- ④ 원료사료별 아미노산 조성분석
  - 제1협동연구기관에서 제공되는 단백질 원료사료의 아미노산 조성 분석
  - NRC와 CNCPS 및 논문 등의 자료로부터 단백질원료사료의 아미노산 조성 비교 분석
- ⑤ 근육단백질합성을 위한 MP시스템을 적용한 아미노산 요구량산정 및 이에 따른 사료원료별 제한아미노산 추정
  - 소장에서 흡수되는 반추위 미생물체 단백질과 RUP 내 아미노산을 통한 MP공급량 산출
  - 사료원료별 MP 내 아미노산 공급량과 한우 근육단백질 합성을 위한 MP요구량 비교를 통한 제한아미노산 선정
- ⑥ MP 내 균형아미노산 공급이 가능한 사료배합유형 선정
  - 참여기업 (주)대산에서 현재 공급하고 있는 사료원에 대한 사료가치분석 및 아미노산합량 측정
  - 기존 사료원에 대한 아미노산 조성에 대한 자료 확보 및 균형아미노산 조성 조사

- 제1 협동연구기관(중앙대학교)

- ① NRC 사양표준의 각 단백질 사료 원료별 및 가공방법에 따른 단백질 분획의 함량 분석 표에서 비분해성단백질 (UIP; RUP)의 함량이 조단백질 중 평균 50% 이상의 시험 사료의 아미노산 by-pass을 측정

<사료명>

- alfalfa (artificial hay)
- dried clover
- alfalfa pellet
- corn
- sorghum
- unpolished rice
- heated soybean

- ② NRC 사양표준에서 제시한 대표적 단백질원 사료 원료 중 사료 업계에서 주로 이용되고 있는 사료 원료 12종에 대하여 단백질 및 17종의 아미노산 분석 실시
- ③ Cannulae 장착 한우 암소 3두를 대상으로 *in situ* 시험을 통한 사료 원료별 반추위 내

## 나. 2차년도

### ○ 연구개발 목표

- 세부연구기관 (한경대학교) : 비육말기 거세한우 급여사료원료별 MP공급량 분석 및 사료별 제한아미노산 규명
- 제1 협동연구기관 (중앙대학교) : 1차년도와 연계하여 *in situ* 시험으로 대표적 사료 원료의 아미노산 by-pass을 측정 및 glutamine, alanine 흡수, 유리 증가 수준 규명
- 제2 협동연구기관 (경북대학교) : 소고기의 풍미와 관련된 보호아미노산 탐색 (감칠맛 및 단맛 중심)

### ○ 추진전략 및 방법

- 세부연구기관 (한경대학교)

- ① 한우 등급별 및 부위별 아미노산 조성 분석 (1차년도 계속)
- ② 원료사료별 아미노산 조성분석 (1차년도 계속)
- ③ 원료사료별 *in vitro* 발효를 통한 반추위 미생물체 단백질 합성량 및 아미노산 조성분석
  - 시험설계 (참여업체 (주)대산 농장이용)
    - 공시동물 : Cannulae 장착 한우 암소 3두
    - 시험사료 : 단백질 원료 사료
    - 시험처리 : 아침 사료 급여 2시간 전 반추위액 샘플 확보 및 각 처리구당 3반복 시험 실시, 배양 후 0, 2, 4, 8, 12, 24, 36시간대의 샘플 분석
    - 분석항목 : VFA, pH, NH<sub>3</sub>-N, 미생물체 단백질 합성량 (MPS), 미생물체 단백질 아미노산 조성
  - 1차년도 조사된 미생물체 단백질의 아미노산 조성과 국내 한우 비육말기 사료에 이용되는 단백질 사료원료별 반추위 미생물 단백질 아미노산 조성과 비교 및 최종 한우반추



위 내 미생물체 단백질 합성량 및 소장에 공급되는 미생물체 단백질 유래 아미노산 공급량 산출

- ④ 제1협동과제에서 조사된 원료사료별 반추위미분해단백질 (RUP) 아미노산 조성자료를 이용한 MP내 개별 아미노산 흡수량 및 근육조직 내 단백질 합성량 산정
  - 국내 이용되는 한우 비육말기 원료사료별 RUP 공급량 및 아미노산 공급량 자료를 이용한 MP내 개별 아미노산 최종 흡수량 결정
  - 원료사료별 미생물체 단백질 및 RUP 공급량에 따른 MP내 아미노산 공급량 산출
  - 원료사료별 MP로부터 근육단백질로 전환율을 적용한 근육단백질 합성량 결정
  - 참여업체 (주)대산에서 현재 사육중인 비육말기 한우의 사료공급원과 비교
  - 참여업체 (주)대산에서 현재 사육중인 한우의 아미노산 균형사료배합비 비교

• 협동연구기관 (중앙대학교)

- ① *In situ* 시험을 통한 각 사료 원료별 반추위 내 단백질 및 아미노산 by-pass 수준 데이터 확보 및 비교 실시
- ② 제1세부 과제에서 수행한 단백질원 사료 원료별 반추위 내 발효 양상 규명 및 미생물체 아미노산 조성 분석을 위한 *in vitro* 실험과 연계하여 반추위 내 미생물 균집 양상 규명을 위한 denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) 분석 실시

• 협동연구기관 (경북대학교)

- ① 문헌조사 및 상업용 제품 탐색 (rumen-protected glutamate and asparagine 중심)
- ② 문헌조사 및 상업용 제품 탐색 (rumen-protected alanine, glycine, proline 중심)
  - 상기 ①, ② 항목에서 기술한 아미노산은 비필수아미노산으로 반추동물산업에서 상업적으로 이용된 바가 거의 없어 상세한 문헌조사가 필요함. 또한 일부 비필수아미노산은 풍미가 아닌 면역기능 증진 등의 목적으로 사용되고 있으므로 이에 대한 상세한 조사가 필요함.

- ③ 반추위-보호 아미노산 첨가 시 *in vitro* 반추위 발효특성 및 건물 소화율 구명, 반추위 내 보호율 측정

- 연구목적에 부합하는 시판 아미노산이 존재하는 경우 이 제품을 대상으로 *in vitro* 실험 수행

- *in vitro* 반추위 모델 발효 실험

·실험 목적 : *in vitro* 반추위 모델 발효 실험을 통해 상업적으로 시판되는 풍미 증진 비필수아미노산 첨가 효과를 구명하고자 함.

·실험 재료 및 설계

대조구 : TMR 또는 농후사료 위주 무첨가구

처리구 : 상업용 반추위 보호 비필수아미노산 제제

Rumen stomach tube를 이용하여 채취한 위액 및 버퍼 혼합 배양

0, 3, 6, 12, 24 시간 배양

각 실험구별 3반복

·측정 항목

pH, 가스발생량, 건물분해율, 암모니아 발생량, 휘발성 지방산 생성량

배양병 내 미생물 균집변화

#### ④ Rumen-protection method 개발 탐색

- 연구목적에 부합하는 시판 아미노산이 존재하지 않는 경우 한우육 내 풍미 증진 아미노산 (예, glutamate, alanine)을 소장 내로 공급하기 위하여 반추위 보호 방법을 탐색
  - 1차적으로, 1협동연구기관 (중앙대)에서 보유한 반추위 보호 단백질 제조 기술의 적용: 1협동의 선행 연구 결과에 따르면 리그노설포산염 (lignosulfonate)을 이용, 대두박을 코팅하여 반추위 내 보호율을 증가시키는 기술을 개발한 바 있음 (공개특허 10-2011-0128101). 따라서 1협동과의 공동연구를 통하여 반추위 보호 단백질 코팅 기술을 적용, 풍미 증진 아미노산을 개발, 이후 *in vitro* 방법을 적용하여 반추위 보호율 구명.
  - 2차적으로 화학적 방법을 통하여 풍미 증진 아미노산에 유기산을 결합하여 반추위 보호율을 증진시키는 방법을 적용: 국내 기업에서 주요 필수아미노산을 대상으로 기술이 개발된 바 있어 이를 풍미증진 아미노산에 적용하고 그 가능성 탐색
  - 상기 방법으로 제조된 풍미 증진용 반추위 보호 아미노산의 반추위 bypass율을 측정하기 위하여 *in vitro* 또는 *in situ* 방법을 적용, 개발된 보호아미노산의 반추위 보호율을 측정할 계획임.
  - *In vitro* 반추위 모델 실험은 위에서 설명한 방법과 동일한 방법으로 진행하되 대조구로 시판 보호 아미노산을 사용하여 보호율 비교 측정
  - *In situ* 실험은 cannulae가 장착된 한우(1 협동과 연계) 3두를 이용, 나일론백을 이용하여 24시간 반추위 보호율 측정

#### 다. 3차년도

##### ○ 연구개발 목표

- 세부연구기관 (한경대학교) : 비육말기 거세한우의 근육단백질 합성량이 증가되는 균형아미노산 공급용 사료개발 및 산업화
- 제1 협동연구기관 (중앙대학교) : 사료 원료별 아미노산 by-pass 수준 데이터 공유를 통한 한우 근내 풍미 증진 사료첨가제 및 신제품 사료 안전성 및 효율 검정, 급여 최적 조건 확립
- 제2 협동연구기관 (경북대학교) : 반추위 보호 아미노산의 첨가 급여 시 성장, 혈액 및 한우육의 풍미 증진에 미치는 영향 연구(실증 실험)

##### ○ 추진전략 및 방법

##### ● 주관연구기관 (한경대학교)

- ① 균형아미노산 공급용 사료배합비 개발
- ② 2차년도에서 결정된 각 원료사료별 MP 내 아미노산 공급과 제한아미노산 자료를 통한 근육단백질 최대합성을 위한 제한아미노산이 발생되지 않는 한우 비육말기 최적 균형아미노산 공급용 사료배합비 결정
- ③ 비육말기 균형아미노산 공급 사료 비육우의 증체 및 근육합성량, 육질과 풍미증진에 대한 효과구명 (㈜대산 농장 및 비육말기 한우 이용)

##### □ 시험설계

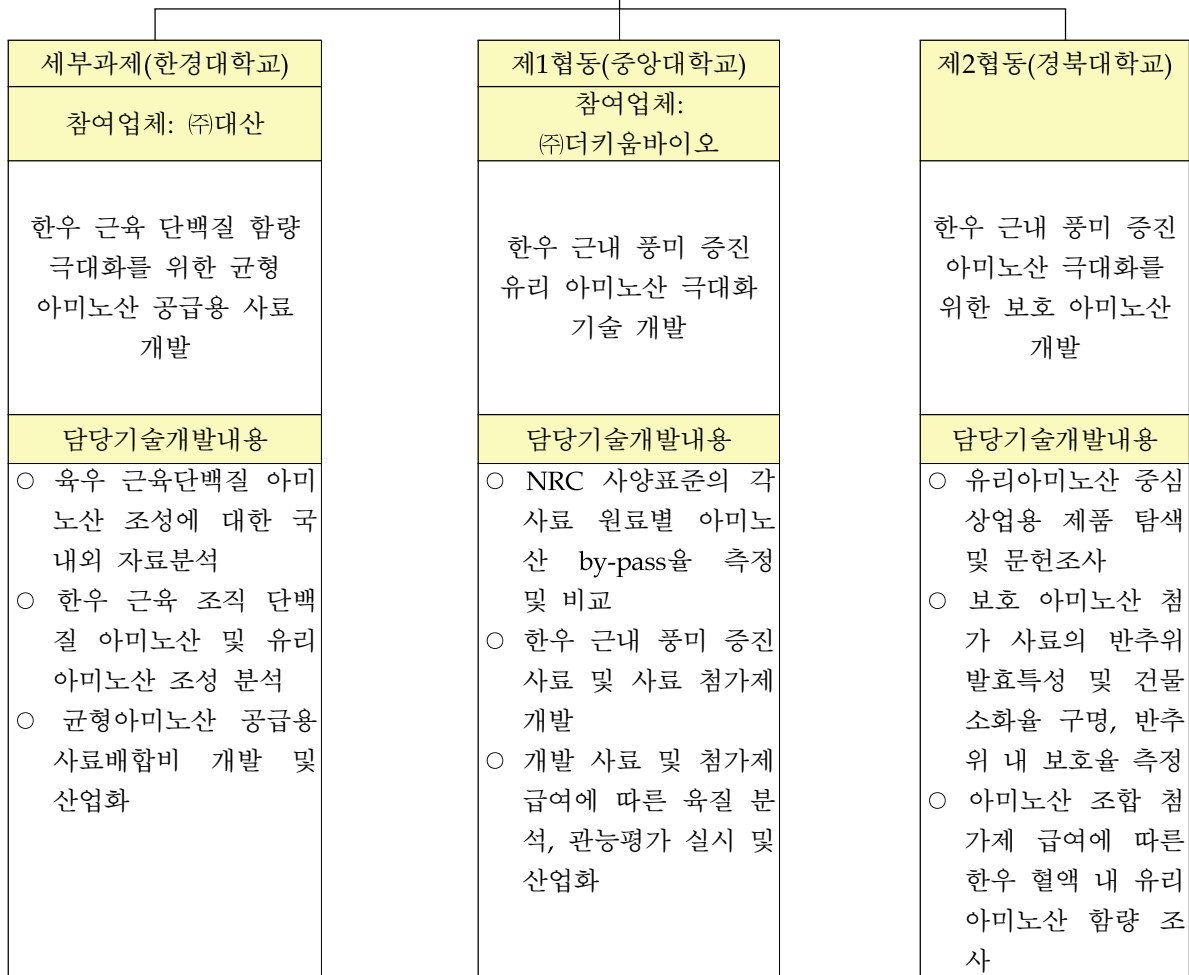
- 공시동물 : 비육말기 한우거세우

- 시험사료 : 균형아미노산 공급용 개발 사료
  - 시험기간 : 출하 3개월전
  - 시험방법 : 대조구, 균형아미노산 사료, 균형아미노산+풍미 증진 사료원 (3처리)
  - 분석항목 : 사료섭취량, 일당증체량, 도체 및 육질분석
- ④ 한우거세우 비육말기 균형아미노산 공급용 원료사료 조성물 및 그 배합비의 산업화: 최종사양시험을 통해 검증된 사료에 대한 특허출원 및 이에 대한 기술이전
- 협동연구기관 (중앙대학교)
    - ① 사료 원료별 아미노산 by-pass 수준 데이터 공유를 통한 한우 근내 풍미 증진 사료첨가제 및 신제품 사료 안전성 및 효율 검정을 위한 한우육 일반성분 분석, 아미노산 분석, 혈액 분석
    - ② 육질 분석에 따른 glutamine, alanine 증가 수준 검정 및 관능검사
  - 협동연구기관 (경북대학교)
    - ① 근육 감칠맛, 단맛 유발 아미노산의 조합, 첨가제를 한우 또는 비육우에게 첨가, 급여하여 혈액 내 유리아미노산 함량 조사
      - 실험설계
        - 실험목적: 반추위 보호아미노산의 첨가 급여 시 소고기의 풍미 증진에 미치는 영향 평가
        - 공시동물: 비육말기 한우 또는 비육우 거세우 30두
        - 실험구: 무처리구, 보호아미노산 A와B 혼합첨가구
        - 실험기간: 비육말기 최소 3개월 동안 급여 (출하 시까지 급여)
        - 측정항목: 증체량, 도축성적, 혈액성상(특히 첨가 아미노산 함량)
    - ② 도축 후 도체 성분 분석
      - 측정항목: 육색, 전단력, 보수력 등 육질평가, 관능평가, 아미노산 함량 측정

## 2-2. 연구개발 추진체계

연구개발과제		총참여연구원
과제명	한우 근내 풍미 증진을 위한 유용 아미노산 조성 반추가축 사료 및 첨가제 개발	주관연구책임자 김창현외 총 52명

기관별 참여현황		
구 분	연구기관수	참여연구원수
중소기업	2	
	(주)대산, (주)더키움바이오	
대 학	3	54



### 2-3. 연구개발 추진일정

1차년도															연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)		
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
1	근육단백질 아미노산 및 유리아미노산 조성에 대한 자료조사														62,000	김창현 (한경대학교)		
2	사료원료별 아미노산 조성 분석																	
3	MP내 균형아미노산 공급 가능한 사료배합 유형 선정																	
4	<i>In situ</i> 시험을 통한 사료원료별 아미노산 by-pass율 측정														93,000	장문백 (중앙대학교)		
2차년도															94,000	김창현 (한경대학교)		
1	한우 등급별 및 부위별 아미노산 조성 분석																	
2	원료사료별 반추위 미생물 단백질 합성량 및 아미노산 조성 분석																	
3	MP내 개별 아미노산 흡수량 및 근육조직 내 단백질 합성량 산정																	
4	원료사료별, MP내 아미노산 공급량 산정 및 제한아미노산 규명																	
5	<i>In situ</i> 시험을 통한 사료원료별 아미노산 by-pass율 측정																146,000	장문백 (중앙대학교)
6	한우 근내 풍미 증진 사료 첨가제 및 신제품 사료 개발																	
7	아미노산 중심 문헌조사 및 상업용 제품 탐색																	
8	반추위 보호 아미노산 첨가 시 <i>in vitro</i> 반추위 발효특성 및 건물 소화율 구명, 반추위 내 보호율 측정																70,000	김은중 (경북대학교)
9	Rumen-protection method 개발 탐색																	
3차년도															연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)		
일련 번호	연구내용	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
1	균형아미노산 공급용 사료배합비 개발														105,000	김창현 (한경대학교)		

2	비육말기 사육기간별 균형아미노산의 증체, 근육합성량, 육질, 풍미증진 효과 규명																	
3	한우거세우 비육말기 균형아미노산 공급용 원료사료 조성물 및 배합비 산업화																	
4	개발사료, 첨가제에 대한 안전성, 효율 검증 및 급여 최적 조건 확립																	
5	개발 사료 및 첨가제 급여에 따른 육질 분석 및 관능평가 실시																	
6	개발 사료 및 첨가제의 산업화																	
7	감칠맛, 단맛 유발 아미노산 첨가제 급여에 따른 혈액 내 유리아미노산 함량 조사																	
8	도축 후 도체 성분 분석																	
													105,000	장문백 (중앙대학교)				
													100,000	김은중 (경북대학교)				

## 2.4. 연구결과

### 2-4-1. 비육말기 비육우 근육단백질 함량증진을 위한 아미노산 공급체계 규명 및 대사단백질 (MP) 공급 사료개발 (제1 세부연구기관: 한경대학교)

가. 근육단백질 함성량을 증가할 수 있는 균형아미노산공급을 위한 대사단백질 (MP) 공급체계 분석 및 최적 아미노산 공급용 사료배합비유형 선정 (1차년도)

#### 1. 한우 근육단백질 함성량 증진을 위한 균형아미노산 대사단백질 (MP) 공급체계 분석

##### (1) 연구방법

- 한우의 MP시스템 적용을 위한 국내·외 자료 분석: 문헌조사를 통해 한우 및 국외 소고기의 아미노산 조성을 비교
- 한우 등급 및 부위별 근육조직 단백질 아미노산 조성 분석
  - 공시재료: 국내 시판되는 한우의 등심 (loin), 안심 (tender loin), 갈비 (rib) 및 양지 (brisket) 총 4부위를 선정하여 총 24회에 걸쳐 육질등급 1<sup>++</sup>, 1<sup>+</sup> 및 1의 한우 거세우육 및 암소육을 약 600 g 씩 구입하여 일반성분 및 아미노산 분석용으로 사용하였음.
  - 분석방법:
    - 일반성분분석법: 공시재료를 분쇄기 (HMC-150T, Hanil Co., Korea)로 분쇄한 후 수분 (934.01 method), 조지방 (920.39 method), 조단백질 (990.03 method) 및 회분 (934.01 method)의 분석은 Horwitz and Latimer (2005)에 의한 방법으로 분석함.
    - 아미노산 분석법: 고기시료 5 g와 6 N HCl 40 mL를 둥근 플라스크에 넣고 혼합한 다음 110°C에서 24시간 동안 질소가스를 주입하여 가수분해하였음. 염산을 50°C에서 증발 농축시킨 다음 농축시료는 0.2 N sodium citrate buffer(pH 2.2) 50 mL를 넣어 희석시키고 여과지(0.45 μm)로 여과하였음. 여과한 시료 30 μL)는 아미노산 분석기 (Model 835, Hitachi, Japan)를 이용하여 총아미노산 및 17종의 아미노산을 분석함.
  - 연구에 이용된 한우 소고기 정보



















	구입 일자	이력번호	출생	사육지	도축장	도축일자	도체중 (kg)	육질 등급	근내 지방도	육량 (육량지수)
1	18.10.4	002 105 198 821	16.03.14 (31개월령)	경기도 안성시 공도읍 농협사료 경기지사 안성목장(113810)	농협 부천축산물공 관장	18.10.01	500	1++	9	C (62.77)
2	18.10.1 2	002 106 612 320	16.04.25 (30개월령)	인천시 강화군 길상면 길상로(110411)	농협 부천축산물공 관장	18.10.10	493	1++	-	B (64.61)
3	18.10.1 9	002 106 651 664	16.04.28 (30개월령)	강원도 평창군 평창읍(216039)	농협 부천축산물공 관장	18.10.16	509	1++	9	B (65.6)
4	18.11.0 1	002 106 425 097	16.03.01 (32개월령)	인천시 강화군 내가면 고비고개로(110524)	농협 부천축산물공 관장	18.10.30	495	1++	9	C (61.95)
5	18.11.2 1	002 108 710 240	16.05.10 (31개월령)	전남 해남군 산이면 비석길(696366)	농협 부천축산물공 관장	18.11.19	503	1++	9	B (67.13)

	구입 일자	이력번호	출생	사육지	도축장	도축일자	도체중 (kg)	육질 등급	근내 지방도	육량 (육량지수)
6	18.12.1 4	002 111 624 816	16.07.30 (29개월령)	충남 예산군 오가면(405235)	농협 부천축산물공 관장	18.12.12	456	1++	9	B (64.8)
7	19.04.0 3	002 112 343 869	16.11.16 (29개월령)	전북 고창군 신림면 관은정길(521995)	농협 부천축산물공 관장	19.04.01	472	1++	8	C (62.74)
8	19.04.1 2	002 113 559 589	17.01.04 (28개월령)	전남 무안군 몽탄면 삼산로(631859)	농협 부천축산물공 관장	19.04.10	450	1++	8	B (66.26)
9	19.04.2 5	002 113 051 571	16.12.08 (29개월령)	인천 강화군 불은면(110262)	농협 부천축산물공 관장	19.04.23	486	1++	9	C (62.64)
10	19.05.0 9	002 114 868 848	17.02.10 (27개월령)	인천 강화군 불은면 강화동로 549번길(110272)	농협 부천축산물공 관장	19.05.07	515	1++	9	B (65.64)
1	18.11.0 7	002 109 586 792	16.06.24 (29개월령)	전북 고창군 공음면 청보리로 고창부안축협(521080)	농협 부천축산물공 관장	18.11.05	446	1+	-	B (64.54)
2	18.11.0 8	002 109 143 258	16.05.13 (30개월령)	경북 예천군 유천면 (742184)	도드람LPC	18.11.06	373	1+	-	B (67.05)
3	18.11.1 5	002 107 053 721	16.04.27 (31개월령)	전남 곡성군 석곡면 (608866)	도드람LPC	18.11.13	386	1+	-	A (69.5)
4	18.11.2 2	002 108 071 964	16.05.18 (31개월령)	충북 제천시 청풍면 청풍호로 59길(300912)	도드람LPC	18.11.20	298	1+	-	B (64.92)
5	18.11.2 8	002 107 764 606	16.04.29 (31개월령)	경기도 안성시 일죽면 고목남길(114773)	도드람LPC	18.11.27	485	1+	-	B (65.34)
6	18.12.0 6	002 108 108 188	16.05.30 (31개월령)	세종시 부강면(410328)	농협음성 축산물공관장	18.12.05	433	1+	-	B (66.36)
1	18.11.0 8	002 093 052 116 (한우 압소)	14.08.12 (51개월령)	충북 옥천군 안내면 (315139)	도드람LPC	18.11.06	409	1	-	B (64.13)
2	18.11.1 5	002 111 976 612	16.09.07 (27개월령)	충북 괴산군 연풍면 연풍로갈금 1길 (317063)	도드람LPC	18.11.14	395	1	-	B (66.02)
3	18.11.2 2	002 098 220 785 (한우 압소)	15.04.18 (44개월령)	경기도 이천시 마장면 덕이로 100번길(113395)	도드람LPC	18.11.20	338	1	-	A (67.55)
4	18.11.2 8	002 112 212 871 (한우 압소)	16.10.10 (26개월령)	충남 청양군 목면 청양축협(402631)	도드람LPC	18.11.28	354	1	-	C (60.37)
5	18.12.0 6	002 108 079 436	16.06.23 (30개월령)	충북 제천시 금성면 청풍호로(313268)	농협음성 축산물공관장	18.12.05	375	1	-	B (64.03)
6	19.06.1 1	002 108 155 111 (한우 압소)	16.05.06 (38개월령)	충남 논산시 연산면 임2길(417591)	화정식품	19.06.10	373	1	-	B (63.61)
7	19.06.1 9	002 098 353 746 (한우 압소)	15.05.18 (50개월령)	충남 청양군 화성면(422970)	화정식품	19.06.18	367	1	-	B (64.1)
8	19.07.1 1	002 105 821 108 (한우 압소)	15.12.05 (44개월령)	충남 공주시 이인면(412488)	화정식품	19.07.11	373	1	-	C (62.44)



• 연구에 이용된 한우 소고기의 등급 및 부위별 사진

부위	등급	1차	2차	3차	4차	5차
갈비	1					
	1+					
	1++					
양지	1					
	1+					
	1++					

부위	등급	6차	7차	8차	9차	10차
등심	1					
	1+					
	1++					
안심	1					
	1+					
	1++					

부위	등급	6차	7차	8차	9차	10차
갈비	1					
	1+					
	1++					
양지	1					
	1+					
	1++					

- 한우의 MP시스템 적용을 위한 최대 반추위 내 미생물단백질 합성량 및 미분해 사료단백질 내 아미노산 조성에 대한 국내·외 자료를 분석함.

## (2) 연구결과

- (가) 한우의 MP시스템 적용을 위한 국내외 자료분석: 비육우 근육단백질의 아미노산 조성 및 반추위 미생물 단백질의 아미노산 조성

- Table 1에서 기존의 연구자료를 통해 한우와 앵거스의 등심조직의 아미노산과 반추위미생물 단백질의 아미노산을 비교하였음. 사료 및 첨가제 급여를 통한 풍미증진에 효과가 있으면서, 근육단백질의 합성량을 증가시킬 수 있는 아미노산과 MP시스템을 한우사육에 적용하기 위한 초기단계에서 우선 중요한 반추위 미생물체 단백질 내 아미노산의 조성과 비교를 하여 반추위 미생물보다 소고기를 구성하는 아미노산 중 결핍 또는 과잉의 아미노산이 어떤 것들이 있는지를 비교하고자 기존의 자료를 분석하였음.

- 한우 근육단백질의 아미노산 조성 및 육질등급간 아미노산 조성의 차이 비교
  - 한우 1, 1+ 및 1++의 등급별 등심 근육조직의 아미노산 조성은 등급 간에 약간의 차이는 있으나, 비교적 큰 차이는 없는 것으로 판단됨.
  - 조사된 17종의 근육 내 아미노산 중 glutamine의 함량이 가장 높은 것으로 조사되었음

- 며, cysteine methionine의 함량이 다른 아미노산과 비교하여 함량이 낮은 것으로 조사됨.
- Arginine과 lysine은 등급이 높을수록 함량이 뚜렷하게 증가하였으나, 다른 아미노산들은 등급 간에 차이가 뚜렷하지 않았음.
  - 풍미와 관련된 아미노산 후보 중 하나인 glutamine의 경우 등급이 높아질수록 함량이 감소하는 경향이 있어 사료 및 사료첨가제 조절공급을 통한 glutamine의 함량을 높일 수 있어야 할 것으로 판단되었음.

Table 1. Amino acid composition (% , total amino acids) in loin meat from Hanwoo and Angus beef cattle, and rumen bacteria

Amino acid	Beef quality grade of Hanwoo			Anugus <sup>b</sup>	Rumen bacteria <sup>d</sup>
	1 <sup>a</sup>	1 <sup>+b</sup>	1 <sup>++c</sup>		
Alanine (Ala)	6.35	6.37	6.37	6.19	6.40
Arginine (Arg)	6.05	6.26	6.61	6.10	4.60
Aspartic acid (Asp)	10.02	10.17	9.74	9.79	11.63
Cystein (Cys)	1.30	1.17	1.22	1.13	1.94
Glutamine (Gln)	17.08	16.93	15.86	16.22	13.02
Glycine (Gly)	4.69	4.64	4.84	4.40	5.37
Histidine (His)	3.86	4.19	3.61	4.59	1.81
Isoleucine (Ile)	9.31	9.27	10.41	9.22	6.04
Leucine (Leu)	4.03	3.85	4.35	4.26	8.02
Lysine (Lys)	9.02	9.44	9.49	9.65	8.15
Methionine (Met)	2.85	2.57	2.76	2.36	2.27
Phenylalanine (Phe)	3.80	4.02	3.74	4.82	5.59
Proline (Pro)	4.51	4.19	4.29	4.26	3.70
Serine (Ser)	4.33	4.41	4.23	4.21	4.73
Threonine (Thr)	4.98	5.08	4.90	4.96	5.47
Tyrosine (Tyr)	3.02	3.13	2.76	3.50	5.26
Valine (Val)	4.80	4.30	4.84	4.35	6.00

Data are from <sup>a</sup>Cho et al. (2013); <sup>b</sup>Cho et al. (2011); <sup>c</sup>Cho et al. (2008); and <sup>d</sup>Sok et al. (2017).

- 한우 근육단백질 내 아미노산 조성과의 비교
  - 조사 결과 품종 간에 큰 차이는 없는 것으로 발견됨. 하지만, arginine의 경우 한우 1<sup>++</sup>과 앵거스의 조성이 6.61과 6.10으로 나타나 풍미와 관련된 아미노산 중의 하나인 arginine의 함량이 한우에서 더 높게 나타나고 있었음.
  - Histidine의 경우 앵거스의 근육 단백질 내 조성이 더 높은 것으로 나타나 한우의 경우 제한 아미노산 중의 하나인 histidine의 요구량이 앵거스보다는 낮을 것으로 추정되었음.
- 반추위 미생물 단백질의 아미노산 조성과의 비교
  - 대사단백질 공급원 중 중요한 구성요소로 작용하는 반추위 미생물 단백질의 아미노산 조

성은 일부 아미노산에서는 근육단백질의 아미노산의 함량과 비슷하나, 많은 아미노산이 차이를 나타내었음.

- Glutamine과 proline과 같은 풍미(단맛)에 영향을 미치는 아미노산의 경우 반추위미생물 단백질 내 함량이 근육단백질보다 낮게 조사되어 이들 아미노산의 경우 사료를 통한 대사단백질 내 아미노산 공급량이 증가해야 할 것으로 판단됨.
- Histidine의 경우 반추동물의 단백질 합성에 중요한 제한 아미노산 중의 하나로 반추위 미생물단백질 내 함량이 근육단백질과 비교하여 극히 낮은 것으로 조사되어 근육단백질의 합성을 최대화하기 위해서는 본 아미노산의 대사단백질 공급량을 극대화할 필요가 있을 것으로 판단됨. Isoleucine과 lysine도 필수아미노산으로 미생물단백질의 아미노산 조성이 근육단백질과 비교하여 낮은 것으로 조사되어 이들 아미노산 또한 근육단백질 합성에 관련된 후보 제한아미노산으로 사료를 통한 공급이 필요할 것으로 판단됨.
- 일반적으로 육우사양에 있어 제한아미노산으로 알려져 있는 methionine은 반추위미생물 단백질과 근육단백질을 비교하였을 앵거스의 근육단백질과 비교하여서는 큰 차이가 없으나 한우의 근육단백질과의 차이는 앵거스보다 상대적으로 차이가 있어 methionine에 대한 대사단백질 공급도 필요할 것으로 판단됨.

○ 한우 등심부위의 아미노산 분석 결과의 비교 (Table 2).

Table 2. Amino acid composition (% , total amino acids) in loin meat from Hanwoo beef cattle

Amino acid	1 <sup>++a</sup>	1 <sup>b</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>d</sup>	AVG	SD
Ala	6.37	6.35	5.71	5.76	5.54	0.39
Arg	6.61	6.05	7.98	7.66	8.23	0.93
Asp	9.74	10.02	9.49	9.42	9.34	0.28
Cys	1.22	1.30	0.96	0.91	1.11	0.17
Gln	15.86	17.08	16.16	16.37	15.43	0.62
Gly	4.84	4.69	4.75	6.89	4.59	0.98
His	3.61	3.86	5.23	4.85	5.38	0.80
Ile	10.40	9.31	9.00	8.92	8.67	9.26
Leu	4.35	4.03	5.56	5.76	5.48	5.03
Lys	9.49	9.02	7.02	6.61	7.12	1.31
Met	2.76	2.85	2.13	1.97	2.14	0.40
Phe	3.74	3.80	4.61	4.36	3.72	0.41
Pro	4.29	4.51	4.06	3.65	4.11	0.32
Ser	4.23	4.33	3.85	3.87	3.80	0.24
Thr	4.90	4.98	4.75	4.78	4.91	0.10
Tyr	2.76	3.02	3.71	3.65	4.98	0.86
Val	4.84	4.80	5.02	4.92	4.91	0.08

AVG: average.

SD: standard deviation.

<sup>a</sup>Cho et al.(2008) <sup>b</sup>Cho et al. (2013); <sup>c</sup>Moon et al. (2011); and <sup>d</sup>Park et al. (2014).

- 등급 및 개체간에 glutamine 함량이 평균 16.18%로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 aspartic acid와 isoleucine 함량이 평균 9.60, 8.95%로 높은 수치임. Leucine과 lysine 함량은 1<sup>++</sup>과 1등급의 함량이 각각 4.35, 4.03와 9.49, 9.02%로 등급이 낮을수록 함량이 낮은 결과를 보임.

(나) 한우 등급 및 부위별 근육조직 단백질 아미노산 조성 분석

Table 3. Chemical characteristics of Hanwoo beef meat with different quality grades

Meat	Quality grade	Dry matter (%)	Crude ash (% DM)	Ether extract (% DM)	Crude protein (% DM)
Loin	1	45.99±4.31 <sup>1</sup>	0.97±0.24	22.98±4.07	16.30±2.04
	1 <sup>+</sup>	43.89±4.13	1.21±0.12	22.27±4.87	18.18±0.75
	1 <sup>++</sup>	53.77±4.93	0.76±0.15	31.60±7.45	15.17±1.74
Tender loin	1	34.18±6.04	1.57±0.21	9.71±5.35	19.68±1.66
	1 <sup>+</sup>	40.94±1.73	1.24±0.24	21.19±3.10	18.25±0.91
	1 <sup>++</sup>	49.82±4.24	0.85±0.12	34.40±7.10	15.31±2.28
Rib	1	47.12±5.86	0.89±0.09	26.61±7.56	17.15±2.03
	1 <sup>+</sup>	47.34±3.41	0.92±0.17	26.29±5.581	16.03±1.48
	1 <sup>++</sup>	55.10±5.02	0.70±0.15	39.38±5.22	14.79±2.18
Brisket	1	37.98±4.45	1.12±0.11	15.20±7.67	18.49±1.04
	1 <sup>+</sup>	38.55±1.13	1.25±0.09	15.12±3.45	18.73±0.78
	1 <sup>++</sup>	40.01±3.66	1.22±0.47	18.84±4.80	17.80±1.56

<sup>1</sup>Mean±standard deviation.

- 도축장으로부터 총 24회에 걸쳐 한우 거세우 및 암소의 등심, 안심, 갈비 및 양지 고기에 대한 일반성분분석결과를 Table 3에 나타내었음. DM의 경우 부위와 관계없이 육질등급이 증가할수록 높아졌으며, 조지방 함량도 유사한 경향을 나타내었음. 반대로 단백질함량은 등급이 증가할수록 감소하였음. 육질등급이 높을수록 고형물의 함량이 증가하며, 근내 지방도 증가에 따른 지방함량이 증가하였고, 반대로 단백질은 비례적으로 낮아진다는 것을 알 수 있음.
- Table 4, 5, 6 및 7에서 1, 1<sup>+</sup> 및 1<sup>++</sup> 육질등급의 한우 등심, 안심, 갈비 및 양지육에 대한 DM 내 아미노산의 함량을 제시하였음.
- 한우 등심육 DM 내 아미노산 조성 (%)을 Table 4에 제시하였음. DM 내 1<sup>++</sup> 등급 등심육에서 총아미노산의 함량과 개별 아미노산의 함량이 등급이 낮은 등심육에 비하여 감소하는 것으로 나타남. 이는 Table 3에서와 같이 등급이 높아질수록 단백질함량의 감소에 따라 총아미노산의 함량도 감소한 것으로 판단됨. 특히, 가장 함량이 높은 Glu

(glutamate)에서 차이가 가장 큰 것으로 나타남.

Table 4. Amino acid composition (% DM) of loin meat of Hanwoo cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	0.18±0.010	0.18±0.015	0.15±0.025	0.17±0.024
Met	0.35±0.065	0.37±0.030	0.30±0.051	0.33±0.051
Asp	1.37±0.266	1.43±0.137	1.13±0.182	1.26±0.258
Thr	0.69±0.131	0.72±0.069	0.56±0.090	0.65±0.106
Ser	0.62±0.110	0.63±0.054	0.51±0.078	0.58±0.089
Glu	2.30±0.426	2.35±0.197	1.84±0.312	2.16±0.369
Gly	0.73±0.139	0.73±0.094	0.64±0.224	0.68±0.155
Ala	0.91±0.150	0.94±0.088	0.76±0.135	0.86±0.134
Val	0.71±0.117	0.75±0.075	0.59±0.093	0.68±0.106
Ile	0.65±0.117	0.70±0.075	0.53±0.094	0.62±0.110
Leu	1.30±0.233	1.36±0.134	1.05±0.182	1.23±0.214
Tyr	0.50±0.102	0.51±0.047	0.39±0.075	0.46±0.082
Phe	0.63±0.114	0.65±0.057	0.51±0.085	0.59±0.097
Lys	1.40±0.242	1.46±0.141	1.13±0.182	1.32±0.221
His	0.55±0.111	0.62±0.082	0.45±0.059	0.54±0.102
Arg	0.96±0.165	1.00±0.093	0.79±0.138	0.90±0.146
Pro	0.65±0.090	0.66±0.063	0.57±0.094	0.61±0.080
Total	14.45±2.466	15.05±1.360	11.88±1.930	13.62±2.151

Cys: cystein; Met: methionine; Asp: aspartic acid; Thr: threonine; Ser: serine; Glu: glutamate; Gyl: glycine; Ala: alanine; Val: valine; Ile: isoleucine; Leu: leucine; Tyr: tyrosine; Phe: phenylalanine; Lys: lysine; His: histidine; Arg: arginine; Pro: proline; and Tota: total amino acids.

- 한우 안심육의 DM 내 아미노산 조성 (%)을 Table 5에 제시하였음. DM 내 1<sup>++</sup> 등급의 등심육과 유사하게 안심육에서도 총아미노산의 함량과 개별 아미노산의 함량이 낮은 등급의 등심육에 비하여 감소하는 것으로 나타남.

Table 5. Amino acid composition (% DM) of tender loin meat of Hanwoo cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	0.19±0.020	0.17±0.020	0.17±0.023	0.18±0.021
Met	0.41±0.088	0.36±0.039	0.35±0.045	0.38±0.065
Asp	1.66±0.228	1.36±0.162	1.28±0.167	1.45±0.234
Thr	0.84±0.123	0.68±0.079	0.64±0.084	0.73±0.122
Ser	0.73±0.101	0.60±0.069	0.57±0.071	0.64±0.101
Glu	2.77±0.373	2.23±0.281	2.09±0.274	2.40±0.407
Gly	0.77±0.089	0.68±0.077	0.68±0.103	0.72±0.093
Ala	1.05±0.135	0.89±0.099	0.85±0.101	0.94±0.133
Val	0.83±0.120	0.71±0.081	0.67±0.086	0.75±0.114
Ile	0.78±0.111	0.65±0.084	0.61±0.088	0.69±0.113
Leu	1.57±0.220	1.30±0.161	1.20±0.162	1.38±0.229
Tyr	0.60±0.107	0.48±0.069	0.45±0.072	0.52±0.099
Phe	0.75±0.111	0.62±0.079	0.58±0.082	0.66±0.113
Lys	1.66±0.223	1.39±0.157	1.29±0.160	1.47±0.231
His	0.63±0.106	0.54±0.069	0.51±0.077	0.57±0.096
Arg	1.12±0.142	0.94±0.108	0.89±0.105	1.00±0.146
Pro	0.70±0.075	0.64±0.077	0.61±0.093	0.65±0.084
Total	16.99±2.275	14.26±1.667	13.43±1.728	15.08±2.315



- 한우 갈비육의 DM 내 아미노산 조성 (%)을 Table 6에 제시하였음. DM 내 1<sup>++</sup> 등급의 등심육과 유사하게 갈비육에서도 총아미노산의 함량과 개별 아미노산의 함량이 낮은 등급의 등심육에 비하여 감소하는 것으로 나타남.

Table 6. Amino acid composition (% DM) of rib meat with of Hanwoo cattle different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1 <sup>+</sup>	1 <sup>++</sup>	
Cys	0.15±0.018	0.16±0.017	0.14±0.016	0.15±0.018
Met	0.35±0.103	0.32±0.045	0.28±0.026	0.31±0.069
Asp	1.42±0.333	1.31±0.185	1.10±0.160	1.26±0.269
Thr	0.72±0.187	0.65±0.092	0.55±0.082	0.63±0.145
Ser	0.64±0.158	0.58±0.078	0.50±0.075	0.57±0.123
Glu	2.38±0.539	2.21±0.288	1.84±0.288	2.11±0.446
Gly	0.75±0.130	0.73±0.135	0.62±0.103	0.69±0.131
Ala	0.92±0.179	0.88±0.124	0.73±0.093	0.83±0.156
Val	0.71±0.133	0.69±0.095	0.57±0.068	0.64±0.117
Ile	0.65±0.123	0.64±0.095	0.50±0.073	0.58±0.118
Leu	1.32±0.267	1.27±0.174	1.03±0.148	1.18±0.236
Tyr	0.53±0.153	0.47±0.063	0.39±0.074	0.46±0.119
Phe	0.64±0.145	0.61±0.079	0.50±0.075	0.57±0.120
Lys	1.41±0.290	1.34±0.191	1.11±0.139	1.27±0.245
His	0.58±0.167	0.53±0.098	0.41±0.050	0.50±0.132
Arg	0.96±0.176	0.88±0.199	0.78±0.106	0.87±0.171
Pro	0.65±0.070	0.66±0.069	0.55±0.055	0.61±0.080
Total	14.73±3.003	13.92±1.928	11.57±1.501	13.21±2.556



- 한우 양지육의 DM 내 아미노산 조성 (%)을 Table 7에 제시하였음. DM 내 1<sup>++</sup> 등급의 양지육 총아미노산의 함량과 개별 아미노산의 함량은 1등급 보다는 감소하였으나, 1+ 등급의 양지육과는 유사한 함량을 나타내었음. 이는 양지육의 조지방 함량이 다른 부위보다는 낮았고 조단백질 함량의 차이가 적은 것에 의한 결과로 판단됨.

Table 7. Amino acid composition (% DM) of brisket meat of Hanwoo cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1 <sup>++</sup>	
Cys	0.17±0.024	0.18±0.015	0.19±0.022	0.18±0.022
Met	0.37±0.057	0.37±0.026	0.40±0.050	0.38±0.049
Asp	1.57±0.281	1.46±0.093	1.51±0.202	1.52±0.209
Thr	0.80±0.148	0.73±0.046	0.75±0.100	0.76±0.109
Ser	0.70±0.134	0.65±0.036	0.67±0.087	0.67±0.096
Glu	2.62±0.477	2.46±0.155	2.50±0.344	2.53±0.354
Gly	0.83±0.160	0.82±0.099	0.82±0.127	0.82±0.128
Ala	1.02±0.163	0.98±0.051	0.99±0.126	1.00±0.123
Val	0.79±0.109	0.77±0.037	0.77±0.093	0.77±0.086
Ile	0.73±0.097	0.71±0.044	0.71±0.091	0.72±0.082
Leu	1.46±0.227	1.40±0.075	1.40±0.177	1.42±0.173
Tyr	0.57±0.113	0.52±0.029	0.53±0.079	0.54±0.083
Phe	0.70±0.126	0.67±0.034	0.67±0.087	0.68±0.091
Lys	1.57±0.236	1.49±0.095	1.51±0.190	1.53±0.185
His	0.64±0.112	0.60±0.036	0.58±0.079	0.61±0.084
Arg	1.08±0.159	1.04±0.067	1.05±0.136	1.06±0.127
Pro	0.71±0.102	0.72±0.055	0.69±0.095	0.70±0.087
Total	16.28±2.572	15.56±0.863	15.73±1.966	15.87±1.944

- 본 연구에서 조사한 한우 등급에 따라 등심, 안심, 갈비 및 양지육, 4개 부위의 DM 내 평균 아미노산 조성 (%)을 Table 8에 제시함.

Table 8. Average amino acid composition (% DM) of loin, tender loin, rib, and brisket meats with different quality grades of Hanwoo cattle

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	0.17±0.023	0.18±0.017	0.16±0.028	0.17±0.024
Met	0.37±0.078	0.36±0.037	0.33±0.064	0.35±0.065
Asp	1.49±0.312	1.42±0.138	1.25±0.239	1.37±0.266
Thr	0.77±0.140	0.71±0.069	0.63±0.118	0.69±0.131
Ser	0.68±0.119	0.62±0.056	0.56±0.101	0.62±0.110
Glu	2.55±0.428	2.36±0.215	2.07±0.401	2.30±0.426
Gly	0.76±0.120	0.74±0.103	0.69±0.163	0.73±0.139
Ala	0.98±0.147	0.94±0.086	0.83±0.151	0.91±0.150
Val	0.77±0.115	0.74±0.070	0.65±0.115	0.71±0.117
Ile	0.71±0.109	0.69±0.070	0.59±0.116	0.65±0.117
Leu	1.42±0.228	1.36±0.129	1.17±0.222	1.30±0.233
Tyr	0.56±0.109	0.51±0.046	0.44±0.093	0.50±0.102
Phe	0.69±0.117	0.65±0.058	0.56±0.106	0.63±0.114
Lys	1.52±0.240	1.45±0.141	1.26±0.229	1.40±0.242
His	0.61±0.117	0.58±0.074	0.49±0.092	0.55±0.111
Arg	1.04±0.153	0.98±0.125	0.88±0.163	0.96±0.165
Pro	0.67±0.080	0.67±0.060	0.61±0.097	0.65±0.090
Total	15.68±2.459	14.95±1.389	13.15±2.396	14.45±2.466

- 총 아미노산의 함량은 등급이 높아질수록 감소하는 것으로 나타남. 이는 등급이 증가함에 따라 지방의 함량이 높아지는 반면 조단백질의 함량이 감소한 결과로 판단됨.
- 한우 등심, 안심, 갈비 및 양지육, 각 부위의 총아미노산 내 개별 아미노산 조성 (% of total amino acids)을 Table 9, 10, 11 및 12에 제시하였음.
- DM 내 개별 아미노산과 총 아미노산의 함량을 분석하는 것과 함께 총 아미노산 내 개

별 아미노산의 함량을 분석하는 것은 MP시스템 적용을 위해 필요하기 때문임.

- DM 내 아미노산 조성이 등급 간 차이가 있었던 것과 달리 총 아미노산 내 개별 아미노산의 등급 간 차이는 유의적이지 못한 것으로 나타남. 모든 부위와 등급에서 개별 아미노산 중 Glu가 가장 함량이 높았으며, 필수아미노산 중 Met (methionine)이 가장 낮은 것으로 나타남.
- 기존의 연구자료 (Table 2)와 비교하였을 때 Table 9의 한우 등심부위의 아미노산 조성과 Cho 등 (2008, 2013)의 결과와 유사성이 높았으며, 다른 연구자의 결과와는 약간의 차이가 있었으나 개별 아미노산 함량의 차이는 있으나, 개별 아미노산의 구성비율은 큰 차이가 없는 것으로 나타남. 결국, 근육단백질을 구성하는 아미노산의 조성은 유전적 특성이기에 차이가 없다고 생각되며, 사료나 첨가제 급여를 통해 품미증진에 영향을 주는 유리아미노산이 축적되도록 해야하며, 또한, MP시스템을 적용한 사양관리로 부족한 아미노산을 균형되게 공급하여 근육단백질 합성에 필요한 아미노산 공급을 극대화 시켜야 할 것으로 생각됨.

Table 9. Amino acid composition (% of total amino acids) in the loin meat of Hanwoo beef cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	1.15±0.055	1.21±0.137	1.26±0.063	1.22±0.097
Met	2.43±0.201	2.46±0.181	2.50±0.179	2.42±0.203
Asp	9.48±0.593	9.51±0.094	9.48±0.114	9.28±1.112
Thr	4.80±0.176	4.75±0.057	4.76±0.121	4.81±0.169
Ser	4.26±0.149	4.19±0.045	4.27±0.070	4.27±0.152
Glu	15.88±0.536	15.64±0.362	15.46±0.378	15.81±0.748
Gly	5.06±0.701	4.83±0.520	5.34±1.422	5.03±1.005
Ala	6.29±0.162	6.25±0.113	6.37±0.290	6.32±0.217
Val	4.93±0.123	4.96±0.089	4.99±0.154	4.98±0.119
Ile	4.51±0.169	4.62±0.097	4.48±0.212	4.55±0.176
Leu	9.00±0.264	9.06±0.126	8.80±0.407	9.00±0.370
Tyr	3.41±0.204	3.39±0.055	3.30±0.215	3.40±0.185
Phe	4.33±0.118	4.31±0.066	4.28±0.142	4.33±0.149
Lys	9.66±0.244	9.70±0.134	9.57±0.410	9.69±0.339
His	3.81±0.247	4.13±0.194	3.82±0.249	3.93±0.254
Arg	6.63±0.263	6.63±0.121	6.63±0.206	6.64±0.148
Pro	4.51±0.434	4.37±0.281	4.82±0.365	4.54±0.383

Table 10. Amino acid composition (% of total amino acids) in the tender loin meat of Hanwoo beef cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	1.14±0.069	1.20±0.083	1.24±0.070	1.18±0.083
Met	2.43±0.252	2.53±0.174	2.60±0.167	2.50±0.201
Asp	9.74±0.169	9.56±0.093	9.56±0.114	9.62±0.148
Thr	4.92±0.218	4.78±0.054	4.78±0.066	4.83±0.146
Ser	4.29±0.166	4.21±0.052	4.25±0.071	4.24±0.112
Glu	16.28±0.326	15.63±0.274	15.56±0.257	15.86±0.417
Gly	4.57±0.152	4.76±0.271	5.10±0.676	4.79±0.509
Ala	6.16±0.074	6.25±0.091	6.32±0.180	6.24±0.142
Val	4.90±0.082	5.00±0.089	4.98±0.125	4.96±0.102
Ile	4.57±0.074	4.59±0.119	4.52±0.161	4.57±0.124
Leu	9.21±0.230	9.11±0.162	8.95±0.202	9.12±0.231
Tyr	3.51±0.210	3.37±0.133	3.35±0.163	3.42±0.171
Phe	4.43±0.081	4.33±0.081	4.30±0.083	4.36±0.096
Lys	9.79±0.127	9.76±0.174	9.64±0.259	9.74±0.204
His	3.72±0.301	3.81±0.177	3.76±0.185	3.76±0.232
Arg	6.60±0.184	6.63±0.066	6.66±0.154	6.64±0.145
Pro	4.15±0.309	4.48±0.244	4.56±0.245	4.37±0.300

Table 11. Amino acid composition (% of total amino acids) in the rib meat of Hanwoo beef cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	1.15±0.069	1.18±0.090	1.27±0.086	1.21±0.095
Met	2.35±0.230	2.32±0.105	2.46±0.228	2.38±0.207
Asp	9.58±0.328	9.40±0.218	9.45±0.217	9.48±0.259
Thr	4.86±0.302	4.67±0.123	4.73±0.140	4.76±0.211
Ser	4.33±0.202	4.18±0.122	4.32±0.146	4.29±0.167
Glu	16.12±0.453	15.88±0.572	15.85±0.476	15.95±0.488
Gly	5.13±0.803	5.20±0.593	5.33±0.594	5.23±0.647
Ala	6.27±0.154	6.34±0.178	6.34±0.107	6.32±0.141
Val	4.82±0.171	4.94±0.103	4.90±0.127	4.88±0.141
Ile	4.44±0.188	4.56±0.130	4.33±0.209	4.42±0.201
Leu	8.94±0.204	9.09±0.117	8.86±0.262	8.94±0.226
Tyr	3.58±0.310	3.38±0.067	3.33±0.245	3.43±0.258
Phe	4.36±0.094	4.35±0.108	4.29±0.125	4.33±0.112
Lys	9.57±0.239	9.63±0.222	9.61±0.255	9.60±0.233
His	3.88±0.362	3.77±0.231	3.56±0.162	3.72±0.287
Arg	6.57±0.195	6.32±0.884	6.70±0.162	6.56±0.464
Pro	4.49±0.657	4.78±0.317	4.82±0.593	4.70±0.561

Table 12. Amino acid composition (% of total amino acids) in the brisket meat of Hanwoo beef cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	1.13±0.060	1.17±0.048	1.24±0.095	1.19±0.086
Met	2.29±0.112	2.36±0.077	2.57±0.182	2.42±0.188
Asp	9.62±0.299	9.41±0.155	9.60±0.203	9.56±0.238
Thr	4.89±0.229	4.70±0.107	4.78±0.126	4.80±0.174
Ser	4.29±0.221	4.15±0.075	4.24±0.136	4.24±0.163
Glu	16.06±0.645	15.78±0.222	15.86±0.368	15.91±0.451
Gly	5.12±0.499	5.25±0.595	5.19±0.399	5.18±0.467
Ala	6.27±0.126	6.32±0.175	6.30±0.124	6.30±0.134
Val	4.85±0.122	4.93±0.077	4.88±0.097	4.88±0.103
Ile	4.53±0.171	4.53±0.079	4.49±0.131	4.51±0.131
Leu	8.95±0.120	8.99±0.123	8.92±0.206	8.95±0.158
Tyr	3.49±0.215	3.34±0.049	3.39±0.243	3.41±0.204
Phe	4.31±0.133	4.32±0.072	4.28±0.111	4.30±0.108
Lys	9.68±0.153	9.60±0.156	9.60±0.149	9.62±0.150
His	3.90±0.195	3.87±0.107	3.70±0.105	3.81±0.164
Arg	6.65±0.217	6.66±0.107	6.69±0.099	6.67±0.145
Pro	4.39±0.350	4.62±0.307	4.38±0.490	4.44±0.404

- 본 연구에서 조사한 한우 등심, 안심, 갈비 및 양지육의 등급별 총아미노산 대비 개별 아미노산 조성 (% of total amino acids)의 4개 부위 총평균값을 Table 13에 제시하였음.
- 개별 부위육에서도 언급하였듯이 등급에 따라 개별아미노산의 함량은 차이가 없는 것으로 나타났음. 특히 Glu가 평균 15.88%로 가장 함량이 높았으며, 필수아미노산 중 Met이 2.43%로 가장 낮았고 그 다음으로 His (histidine)이 3.81%로 낮았음.

Table 13. Average amino acid composition (% of total amino acids) in the loin, tender loin, rib and brisket meats of Hanwoo beef cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	1.14±0.059	1.18±0.089	1.25±0.077	1.20±0.089
Met	2.34±0.203	2.39±0.127	2.53±0.192	2.43±0.200
Asp	9.45±1.009	9.47±0.152	9.52±0.174	9.48±0.593
Thr	4.90±0.236	4.72±0.093	4.76±0.114	4.80±0.175
Ser	4.31±0.199	4.18±0.075	4.27±0.111	4.26±0.149
Glu	16.21±0.636	15.78±0.364	15.68±0.404	15.88±0.535
Gly	4.91±0.574	4.96±0.543	5.24±0.837	5.06±0.700
Ala	6.25±0.137	6.28±0.141	6.34±0.184	6.29±0.162
Val	4.89±0.134	4.96±0.079	4.94±0.131	4.93±0.123
Ile	4.53±0.157	4.59±0.100	4.45±0.189	4.51±0.168
Leu	9.07±0.265	9.10±0.146	8.88±0.277	9.00±0.264
Tyr	3.53±0.218	3.38±0.056	3.34±0.212	3.41±0.204
Phe	4.38±0.128	4.34±0.078	4.29±0.113	4.33±0.118
Lys	9.72±0.237	9.70±0.177	9.60±0.273	9.66±0.244
His	3.85±0.276	3.90±0.231	3.71±0.199	3.81±0.247
Arg	6.62±0.172	6.56±0.444	6.67±0.155	6.63±0.263
Pro	4.34±0.418	4.53±0.317	4.64±0.466	4.51±0.434

- Table 14, 15, 16 및 17에서 한우 등심, 안심, 갈비 및 양지육 각각의 조단백질 내 개별 아미노산의 조성에 대한 결과를 제시하였으며, Table 18에 조사된 모든 부위에 대한 평균 아미노산 조성을 나타내었음.
- 각 부위별 조단백질 함량 대비 각각의 아미노산 조성이 등급이 증가할수록 감소하는 경향이 있지만 유의성은 없는 것으로 판단됨.

Table 14. Amino acid composition (% of crude protein) in the loin meat of Hanwoo beef cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	1.02±0.171	0.99±0.084	0.97±0.167	0.99±0.142
Met	2.02±0.391	2.02±0.136	1.95±0.358	2.00±0.306
Asp	7.91±1.503	7.81±0.567	7.37±1.070	7.65±1.280
Thr	4.01±0.759	3.90±0.281	3.70±0.537	3.98±0.575
Ser	3.56±0.670	3.44±0.230	3.32±0.467	3.54±0.495
Glu	13.27±2.455	12.85±0.898	12.01±1.704	13.11±1.987
Gly	4.23±0.992	3.96±0.452	4.19±1.506	4.18±1.070
Ala	5.25±0.954	5.13±0.351	4.96±0.831	5.23±0.743
Val	4.11±0.725	4.07±0.279	3.88±0.579	4.13±0.566
Ile	3.77±0.673	3.80±0.293	3.48±0.534	3.77±0.552
Leu	7.51±1.341	7.45±0.552	6.84±0.999	7.46±1.102
Tyr	2.86±0.585	2.78±0.189	2.57±0.408	2.82±0.455
Phe	3.62±0.668	3.54±0.236	3.32±0.481	3.59±0.519
Lys	8.06±1.406	7.97±0.570	7.43±1.044	8.03±1.125
His	3.18±0.594	3.40±0.345	2.96±0.425	3.25±0.460
Arg	5.53±0.992	5.44±0.356	5.16±0.811	5.50±0.765
Pro	3.75±0.740	3.58±0.246	3.75±0.675	3.75±0.547

Table 15. Amino acid composition (% of crude protein) in the tender loin meat of Hanwoo beef cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	0.93±0.101	1.00±0.249	1.03±0.318	0.98±0.221
Met	2.12±0.384	2.10±0.490	2.18±0.593	2.11±.437
Asp	8.49±1.086	7.92±1.830	8.01±2.268	8.13±1.574
Thr	4.30±0.644	3.97±0.923	4.01±1.142	4.08±0.819
Ser	3.74±0.527	3.49±0.829	3.57±1.028	3.59±0.721
Glu	14.20±1.813	12.95±2.922	13.04±3.618	13.40±2.562
Gly	3.97±0.388	3.95±0.966	4.28±1.320	4.04±0.887
Ala	5.36±0.581	5.19±1.268	5.32±1.579	5.28±1.051
Val	4.27±0.525	4.15±1.001	4.19±1.241	4.19±0.835
Ile	3.98±0.479	3.81±0.916	3.80±1.135	3.86±0.767
Leu	8.02±0.867	7.56±1.781	7.52±2.210	7.70±1.487
Tyr	3.07±0.515	2.80±0.703	2.82±0.875	2.90±0.632
Phe	3.87±0.503	3.59±0.874	3.61±1.083	3.69±0.747
Lys	8.52±0.951	8.08±1.831	8.08±2.269	8.22±1.538
His	3.25±0.570	3.14±0.670	3.13±0.819	3.17±0.614
Arg	5.74±0.550	5.49±1.257	5.58±1.569	5.60±1.039
Pro	3.61±0.380	3.75±1.070	3.87±1.313	3.70±0.864



Table 16. Amino acid composition (% of crude protein) in the rib meat of Hanwoo beef cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	0.93±0.097	0.99±0.096	0.84±0.349	0.91±0.244
Met	2.06±0.404	1.94±0.160	1.70±0.657	1.88±0.501
Asp	8.37±1.264	7.86±0.593	6.68±2.714	7.54±2.010
Thr	4.25±0.747	3.90±0.282	3.35±1.371	3.79±1.043
Ser	3.80±0.638	3.50±0.296	3.06±1.264	3.42±0.936
Glu	14.09±2.067	13.29±1.039	11.24±4.620	12.70±3.403
Gly	4.47±0.871	4.38±0.848	3.80±1.706	4.17±1.276
Ala	5.47±0.686	5.32±0.613	4.48±1.814	5.02±1.317
Val	4.19±0.405	4.14±0.412	3.45±1.372	3.87±0.978
Ile	3.86±0.354	3.81±0.286	3.08±1.247	3.52±0.900
Leu	7.78±0.877	7.61±0.630	6.26±2.508	7.11±1.820
Tyr	3.15±0.628	2.82±0.217	2.39±1.018	2.75±0.804
Phe	3.81±0.534	3.64±0.308	3.05±1.234	3.45±0.910
Lys	8.33±0.963	8.06±0.589	6.75±2.682	7.60±1.931
His	3.40±0.644	3.16±0.267	2.49±0.985	2.96±0.832
Arg	5.72±0.664	5.31±0.961	4.73±1.934	5.20±1.411
Pro	3.89±0.598	4.02±0.596	3.38±1.380	3.71±1.008

Table 17. Amino acid composition (% of crude protein) in the brisket meat of Hanwoo beef cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	0.90±0.084	0.99±0.058	1.09±0.092	1.01±0.113
Met	1.97±0.236	1.99±0.076	2.30±0.186	2.11±0.240
Asp	8.31±1.315	7.95±0.381	8.58±0.518	8.33±0.852
Thr	4.23±0.704	3.97±0.173	4.27±0.269	4.18±0.448
Ser	3.71±0.648	3.51±0.170	3.79±0.253	3.69±0.415
Glu	13.87±2.267	13.34±0.690	14.16±0.842	13.86±1.434
Gly	4.41±0.701	4.46±0.773	4.64±0.467	4.52±0.613
Ala	5.40±0.709	5.36±0.468	5.63±0.331	5.48±0.509
Val	4.16±0.464	4.17±0.288	4.36±0.209	4.25±0.332
Ile	3.88±0.372	3.83±0.199	4.01±0.192	3.92±0.267
Leu	7.70±0.983	7.60±0.382	7.96±0.344	7.78±0.630
Tyr	3.02±0.509	2.82±0.137	3.03±0.312	2.97±0.359
Phe	3.72±0.586	3.65±0.207	3.82±0.210	3.74±0.368
Lys	8.32±1.029	8.12±0.386	8.57±0.424	8.37±0.678
His	3.36±0.506	3.27±0.147	3.31±0.209	3.32±0.317
Arg	5.71±0.647	5.63±0.362	5.97±0.307	5.80±0.465
Pro	3.76±0.433	3.92±0.504	3.90±0.412	3.86±0.429

Table 18. Average amino acid composition (% of crude protein) in the loin, tender loin, rib and brisket meats of Hanwoo beef cattle with different quality grades

Amino acid	Quality grade			Mean
	1	1+	1++	
Cys	0.94±0.119	0.98±0.077	0.99±0.261	0.97±0.189
Met	2.05±0.337	1.98±0.119	2.03±0.522	2.02±0.391
Asp	8.27±1.363	7.87±0.459	7.66±1.931	7.91±1.503
Thr	4.30±0.641	3.92±0.222	3.83±0.970	4.01±0.759
Ser	3.79±0.561	3.47±0.212	3.43±0.868	3.56±0.670
Glu	14.21±1.968	13.11±0.819	12.61±3.166	13.27±2.455
Gly	4.29±0.706	4.14±0.657	4.23±1.318	4.23±0.992
Ala	5.47±0.654	5.22±0.428	5.10±1.307	5.25±0.954
Val	4.27±0.489	4.12±0.283	3.97±1.000	4.11±0.725
Ile	3.96±0.439	3.81±0.228	3.59±0.926	3.77±0.673
Leu	7.94±0.942	7.56±0.457	7.15±1.807	7.51±1.341
Tyr	3.10±0.510	2.81±0.161	2.70±0.733	2.86±0.585
Phe	3.84±0.520	3.60±0.224	3.45±0.879	3.62±0.668
Lys	8.50±0.993	8.05±0.458	7.71±1.903	8.06±1.406
His	3.38±0.520	3.24±0.265	2.97±0.724	3.18±0.594
Arg	5.78±0.635	5.46±0.531	5.36±1.351	5.53±0.992
Pro	3.78±0.490	3.77±0.443	3.72±1.013	3.75±0.740

- 기존의 연구자료와 본 연구에서 조사된 한우 등심부위육의 총아미노산 대비 개별 아미노산의 조성에 대하여 비교 (Table 19)

Table 19. Comparison of amino acid composition(% of total amino acid) of the loin meat of Hanwoo cattle between the present and previous studies

AA	Quality grade of Hanwoo						Average	SD	Anugus <sup>b</sup>
	1		1 <sup>+</sup>		1 <sup>++</sup>				
	Present	Pervious <sup>a</sup>	Present	Previous <sup>b</sup>	Present	Previous <sup>c</sup>			
Ala	6.29	6.35	6.25	6.37	6.37	6.37	6.33	0.051	6.19
Arg	6.63	6.05	6.63	6.26	6.63	6.61	6.47	0.252	6.10
Asp	9.48	10.02	9.51	10.17	9.48	9.74	9.73	0.300	9.79
Cys	1.15	1.30	1.21	1.17	1.26	1.22	1.22	0.056	1.13
Glu	15.88	17.08	15.64	16.93	15.46	15.86	16.14	0.688	16.22
Gly	5.06	4.69	4.83	4.64	5.34	4.84	4.90	0.261	4.40
His	3.81	3.86	4.13	4.19	3.82	3.61	3.90	0.218	4.59
Ile	4.51	4.03	4.62	3.85	4.48	4.35	4.31	0.302	4.26
Leu	9.00	9.31	9.06	9.27	8.80	10.41	9.31	0.571	9.22
Lys	9.66	9.02	9.70	9.44	9.57	9.49	9.48	0.246	9.65
Met	2.43	2.85	2.46	2.57	2.50	2.76	2.60	0.172	2.36
Phe	4.33	3.80	4.31	4.02	4.28	3.74	4.08	0.266	4.82
Pro	4.51	4.51	4.37	4.19	4.82	4.29	4.45	0.221	4.26
Ser	4.26	4.33	4.19	4.41	4.27	4.23	4.28	0.078	4.21
Thr	4.80	4.98	4.75	5.08	4.76	4.90	4.88	0.133	4.96
Tyr	3.41	3.02	3.39	3.13	3.30	2.76	3.17	0.251	3.50
Val	4.93	4.80	4.96	4.30	4.99	4.84	4.80	0.257	4.35

<sup>a</sup>Cho et al. (2013); <sup>b</sup>Cho et al. (2011); <sup>c</sup>Cho et al. (2008).

- 한우 근육단백질의 아미노산 조성 및 육질등급간 아미노산 조성의 차이비교
  - 한우 1, 1<sup>+</sup> 및 1<sup>++</sup>의 등급별 등심근육단백질의 아미노산 조성은 등급 간에 약간의 차이는 있으나, 유의적인 차이는 없는 것으로 판단됨.
  - 조사된 17종의 근육단백질 내 아미노산 중 Glu의 함량이 가장 높은 것으로 조사되었으며, Cys과 Met의 함량이 다른 아미노산과 비교하여 함량이 낮은 것으로 조사됨. 기존의 연구에서는 등급이 높아질수록 Glu가 감소하는 경향이 컸으나, 본 연구결과에는 등급 간 차이가 크지 않았음. 감칠맛을 내는 또 다른 아미노산인 Asp의 경우 기존의 연구결과와 현재 결과값이 유사하였으며, 육질등급에 따른 차이는 없었음.

- Gly의 경우 1<sup>+</sup> 등급에서 기존의 연구결과에서는 등급간 차이가 없었지만, 현재의 연구에서는 차이가 있는 경향을 나타내었음. Pro, Ser, Thr은 기존의 연구결과와 현재의 결과간에 큰 차이가 없었으며, 등급 간에도 차이가 크지 않았음.
- 기존의 연구결과 Arg과 Lys은 등급이 높을수록 함량이 뚜렷하게 증가하였으나, 본 연구에서는 등급 간에 차이가 뚜렷하지 않았음.
- 결론적으로 육질등급은 마블링을 위주로 평가하고 있어 감칠맛 등 아미노산에 의한 풍미와 평가가 이루어지지 않았기에 현재 조사한 결과에서처럼 육질등급간에 차이가 뚜렷하지 않는 것으로 판단됨.
- 한우 근육단백질 내 아미노산 조성 and 앵거스 근육단백질의 아미노산 조성을 비교
  - 품종 간에 수치적인 일부 차이는 있지만 유의적 차이는 없는 것으로 발견됨. Arg의 경우 한우 1<sup>+</sup>과 앵거스의 조성이 6.61~6.63과 6.10으로 나타남. 반면에 Glu는 앵거스가 16.22로 한우 1<sup>+</sup>에서 15.46~15.86으로 낮게 나타나, 앵거스 품종의 고기 등급에 대한 정보가 없기에 등급에 따른 외국품종의 조사는 추가로 필요하겠지만, 풍미와 관련된 아미노산이 앵거스 품종이 더 높은 것으로 생각되어, 소비자의 수입산 소고기에 대한 선호도가 증가하고 있는 이유라고 생각됨.
  - His의 경우 앵거스의 근육 단백질 내 조성이 더 높은 것으로 나타나 한우의 경우 제한 아미노산 중의 하나인 His 요구량이 앵거스보다는 낮을 것으로 추정되었음.

(다) 한우의 MP시스템 적용을 위한 반추위 내 미생물단백질 및 미분해 사료단백질 내 아미노산 조성에 대한 국내·외 자료 분석

○ 반추위 미생물 단백질 아미노산 조성

- 반추위 미생물 단백질 (MCP)은 소장으로 전달되는 전체 단백질 (아미노산)인 MCP, RUP 및 내생단백질 중 약 50% 이상을 차지한다고 알려져 있음 (Clark et al., 1992). 소장으로 전달되는 각 단백질 분획별 양을 정확하게 예측하는 것이 소장 내 아미노산량을 예측하고 MP시스템을 적용하기 위한 중요한 요인임.
- 현재까지 가장 많이 인용되고 있는 반추위 미생물 (박테리아)에 대한 아미노산 조성 and 관련된 논문은 Clark 등 (1992)의 것으로 Table 20에 아미노산 조성을 나타내었음. 총 32개의 실험과 61개의 사료에 대한 결과로 각 아미노산별 차이가 크게 나타남. 반추위 박테리아의 아미노산 조성은 사료와 실험방법에 따라 변화한다는 것을 알 수 있음. 양적인 측면에서 반추위 미생물 아미노산 중 Glu가 가장 함량이 높았으며, His이 가장 낮은 것으로 나타남.
- 그러나, Sok 등 (2017)은 Clark 등 (1992)의 반추위 미생물 아미노산 조성결과 (Table 20)에 대하여 Table 21과 같이 fluid-associated bacteria (FAB)와 particle-associated bacteria (PAB)로 박테리아 반추위 내 서식위치 (compartments)에 따른 2개 그룹의 박테리아로 구분하여 각각의 아미노산 조성을 보고하였고, 더 나아가 소장에 도달하는 MCP 중 protozoa가 10~30%를 차지한다 (Sylvester 등, 2005)라고 하여 protozoa의 아미노산 조성에 대하여 보고하였음.

Table 20. Amino acid composition (% of total AA) of rumen bacteria

Amino acid	Mean	Minimum	Maximum	SD	CV
Arg	5.1	3.8	6.8	0.7	13.2
His	2.0	1.2	3.6	0.4	21.3
Ile	5.7	4.6	6.7	0.4	7.4
Leu	8.1	5.3	9.7	0.8	10.3
Lys	7.9	4.9	9.5	0.9	11.9
Met	2.6	1.1	4.9	0.7	25.6
Phe	5.1	4.4	6.3	0.3	6.4
Thr	5.8	5.0	7.8	0.5	8.9
Val	6.2	4.7	7.6	0.6	10.1
Ala	7.5	5.0	8.6	0.6	7.3
Asp	12.2	10.9	13.5	0.6	4.8
Glu	13.1	11.6	14.4	0.7	5.3
Gly	5.8	5.0	7.6	0.5	8.2
Pro	3.7	2.4	5.3	0.5	13.2
Ser	4.6	3.4	5.4	0.4	8.9
Tyr	4.9	3.9	7.7	0.6	13.2

- Table 21에서 보듯이 각 미생물 분획별 차이가 있음을 알 수 있으며, Clark 등 (1992)의 결과와 같이 Glu가 가장 함량이 높았으며, Trp를 제외하고 His이 가장 낮은 결과를 보였음. 결론적으로, 본 연구에서는 한우의 반추위 내 미생물 아미노산의 조성을 미생물의 종류와 compartment별로 구분하여 조사하면 좋겠으나, 국내에서는 반추위 미생물의 아미노산 조성에 대한 연구가 전무하기에 우선 Clark et al.(1992)의 결과와 비교분석하고 자 함.

Table 21. Variation in amino acid (AA) composition of rumen bacteria and protozoa (g of AA/100 g of AA) in cattle<sup>1</sup>

AA	Fluid-associated bacteria				
	Mean	Minimum	Maximum	CV	N <sup>2</sup>
Ala	7.16	5.55	8.03	8.3	22
Arg	4.61	3.91	5.24	7.3	20
Asp	11.97	11.15	12.66	3.5	21
Cys	1.56	1.20	2.82	34.3	9

Glu	12.83	11.31	14.60	6.8	22
Gly	5.55	4.88	6.47	6.6	20
His	1.87	1.47	2.49	15.4	19
Ile	5.54	4.85	6.33	6.5	22
Leu	7.62	7.15	8.33	4.9	21
Lys	7.72	6.05	9.09	10.6	22
Met	2.38	1.76	3.00	16.4	14
Phe	5.12	4.40	6.07	7.4	22
Pro	3.60	2.84	4.24	8.9	22
Ser	4.50	3.73	5.36	9.6	21
Thr	5.62	5.07	6.32	5.8	22
Trp	1.27	1.00	1.63	25.6	3
Tyr	5.21	4.37	6.57	10.7	22
Val	5.91	5.11	6.67	7.9	22

---

Particle-associated bacteria

---

AA	Mean	Minimum	Maximum	CV	N
Ala	6.52	5.40	7.59	11.6	6
Arg	5.01	4.42	5.79	9.3	6
Asp	11.53	10.89	12.11	4.2	7
Cys	1.50	1.16	2.28	35.2	4
Glu	13.11	12.15	14.30	6.9	7
Gly	5.36	4.57	5.86	8.5	6
His	2.01	1.62	2.28	13.1	7
Ile	5.68	5.14	6.07	7.0	7
Leu	8.14	7.93	8.32	1.8	7
Lys	7.43	6.45	8.52	12.2	7
Met	2.33	1.98	2.58	11.5	4
Phe	5.60	4.52	6.42	10.5	7
Pro	3.84	3.24	4.21	8.1	7
Ser	4.30	3.58	4.70	9.6	7
Thr	5.40	5.07	5.81	6.3	6
Trp	1.28	1.10	1.47	20.6	2

Tyr	5.27	4.17	6.25	14.1	7
Val	5.83	5.18	6.44	8.5	7
Protozoa					
AA	Mean	Minimum	Maximum	CV	N
Ala	4.29	3.42	5.20	12.9	8
Arg	4.54	4.09	5.09	6.1	8
Asp	13.18	12.60	14.59	4.9	7
Cys	1.49	1.19	1.73	15.0	4
Glu	14.36	13.33	15.47	4.6	8
Gly	4.38	3.69	4.91	8.4	8
His	1.83	1.55	2.10	10.9	8
Ile	6.49	5.88	7.04	6.1	8
Leu	7.80	7.14	8.23	4.5	7
Lys	10.78	9.17	11.61	8.7	8
Met	2.16	1.81	2.40	9.5	7
Phe	5.63	5.14	6.36	8.2	7
Pro	3.55	3.26	3.95	7.5	7
Ser	4.25	4.09	4.47	2.8	7
Thr	4.97	4.19	5.75	10.3	8
Trp	-	-	-	-	-
Tyr	4.75	4.20	5.36	9.2	6
Val	5.16	4.62	5.65	6.7	8

<sup>1</sup>Sok et al. (2017)

<sup>2</sup>Number of studies.

○ 미분해 사료단백질의 아미노산 조성에 대한 기존자료와의 비교 분석

- 옥수수의 RUP함량은 40.31% DM로 (Putri 등, 2019), 제1 협동연구기관(중앙대)에서 실시한 실험 결과 남미산 옥수수가 34.67% 및 우크라이나산 옥수수가 29.97%의 결과를 보였음.
- 단백질의 경우, Clark 등 (1987)은 소장으로 by-pass되는 단백질은 23.86% 라고 하였으며, 제1 협동연구기관에서 실시한 실험에서의 by-pass율은 국산 단백질이 12.37%, 중국산 단백질(1)이 11.84%, 중국산 단백질(2)이 10.18% 였음.
- 대두박의 사료 내 CP 수준이 11.0%, 14.5%씩 일 때, 십이지장으로 by-pass되는 미생물 단백질 양은 68.8%, 72.7% 이었음. 사료의 CP가 높아질수록 미생물의 by-pass 단백질의 양은 증가한다고 볼 수 있음. 사료 내 CP 수준이 14.5% 일 때 Lys의 십이지장



by-pass율이 가장 크게 증가하였음 (Klusmeyer 등, 1990).

- DDGS의 경우, Klopfenstein 등 (1985)은 소장으로 by-pass 되는 CP의 양이 48.6%이었으며, 본 연구에서 by-pass율은 41.6% 이었음.
- 팜박의 경우, Putri 등 (2019)은 RUP의 양이 61.01%이었으며, 본 연구에서, 팜박의 by-pass율은 41.01%로 조사되어 실험조건과 이용된 시료에 따라 차이가 크게 나타났음.
- 채종박의 RUP함량은 32%로 (Putri 등, 2019), 본 연구에서 시행한 실험에서의 by-pass량은 37.28%이었음.
- 루핀 원두의 경우, Singh 등 (1995)의 연구에서 소장으로 by-pass 되는 CP의 양이 21.1%이었고 본 연구에서는 22.88%로 유사하였음. 본 연구에서 반추위 내 루핀 원두의 CP 분해 속도가 대두박에 비해 느렸는데, 이는 루핀 원두가 대두박 보다 굵은 입자로 분쇄되었기 때문으로 판단되며, 이는 아미노산을 지속적으로 방출시켜 미생물이 합성되기 위한 영양소 공급에 더 유리할 수 있다고 알려져 있음.
- 미강의 경우, Chiou 등 (1995)의 보고에서 RUP의 양은 21.4%이었고 본 연구에서는, 미강의 by-pass율은 23.28% 이었음.
- 주정박의 경우 RUP의 양은 54.3% (Klopfenstein 등, 1985)로 본 연구에서의 by-pass율이 41.99% 이었음.
- 타피오카의 경우, RUP의 양은 36.13% (Zinn 등, 1997)이었으며, 본 연구에서의 by-pass율은 59.98%로 큰 차이가 있었음.

## 2. 한우의 균형 아미노산 공급용 최적 사료배합비 유형 선정

### (1) 연구방법

- 단백질 원료사료의 아미노산 조성분석
  - 제1 협동연구기관에서 15 종류의 사료원료 (옥수수, 단백질, 대두박, DDGS, 팜박, 채종박, 루핀종실, 미강, 주정박 및 타피오카)에서 아미노산 조성을 분석하였고 MP시스템을 적용한 균형 아미노산 공급을 위한 기초자료로 활용하기 위해 사료의 아미노산의 조성을 조단백질 및 총아미노산 기준으로 재분석하여 제시하였음.
- 아미노산 요구량을 기초로한 사료원료별 제한아미노산 추정
  - 사료원료의 조단백질 내 개별 아미노산의 조성과 한우 등심육 조단백질 내 아미노산 조성의 평균값 (Table 14)을 비교하여 제시하였음.
  - 사료원료의 총아미노산 내 개별 아미노산의 조성과 한우 등심육 총아미노산 내 아미노산 조성의 평균값 (Table 9)을 비교하여 제시하였음.
- 근육단백질합성을 위한 MP시스템을 적용한 아미노산요구량 산정은 3차년도 연구내용인 “사료배합비 개발”에서 방법 및 결과를 제시하였음.
- 한우의 MP 내 균형아미노산공급이 가능한 사료 배합유형 선정: 한우 비육용 사료원료의 미분해 단백질 (RUP)의 아미노산 조성 (제1 협동연구기관 제공), 한우 반추위 미생물 단백질 아미노산의 조성 (Table 34)과, 근육 (등심) 단백질의 아미노산 조성 (Table 9)을 비교하여 한우의 MP 내 균형아미노산 공급이 가능한 원료사료의 선정에 이용하였음. 그 결과는 Table 36에 제시하였음.

## (2) 연구결과

### (가) 단백질 원료사료의 아미노산 조성 분석

- Table 22에서 제1 협동연구기관인 중앙대에서 조사된 한우비육에 주로 이용되는 옥수수, 단백질, 대두박, DDGS, 팜박, 채종박, 루핀종실, 미강, 주정박 및 타피오카 등 15종류의 원료사료들에 대한 아미노산 조성을 조단백질 기준으로 제시하였음.
- Table 22에 사료 조단백질 함량 대비 아미노산의 비율을 분석한 결과를 나타내었음. 옥수수 (corn grain)는 남미산 및 우크라이나산 2종류를 분석하였으며, 남미산과 우크라이나산의 조단백질 함량은 8.35% 및 8.49%로 큰 차이가 없으며, 17개 아미노산에 대한 총아미노산의 함량은 59.9% 및 71.5%로 조단백질에 비해 차이가 높은 것으로 나타남. 각 개별아미노산의 성분은 Glu가 약 2.5% CP로 우크라이나산에서 높았으며 다른 아미노산들은 큰 차이가 없는 것으로 조사됨.
- 옥수수 단백질 (corn gluten meal)은 국산, 중국산 2종 총 3종을 조사하였으며, 중국산 2종의 단백질함량에는 차이가 없으나, 한국산과 비교시 국산의 조단백질 함량이 약 2% 낮은 것으로 나타났음. 반대로 총아미노산은 국산이 10% CP 이상 높은 것으로 조사되었으며, 그에 따라 개별 아미노산도 국산에서 높은 함량이었음. 단백질의 아미노산 중 Glu가 가장 높았으며, Met이 가장 낮은 함량을 나타내었음.
- 대두박 (soybean meal)은 국산, 미국산 및 브라질산 3종을 조사하였으며, 조단백질함량은 51.51 ~ 56.02%로 미국산이 가장 낮았고 국내산이 높은 것으로 조사되었음. 단백질 내 총아미노산의 함량은 70.42~74.12% CP로 미국산이 가장 높았고 국내산이 가장 낮았으며, 개별 아미노산의 함량은 총아미노산 함량에 비례적으로 약간의 차이가 있으나, 같은 원료이기에 개별 아미노산의 함량에는 큰 차이가 없었음. 대두박에서도 Glu가 가장 함량이 높았으며, Met이 가장 함량이 낮은 것으로 조사됨.
- DDGS는 1종이 조사되었으며 조단백질 함량은 34.24% DM 이었으며, 조단백질 내 총아미노산의 함량은 61.89% CP로 대두박보다는 아미노산함량이 낮았음. Glu의 함량이 가장 높았고 Cys이 가장 낮았으나, Met과 Gly 또한 유사한 수준에서 낮은 것으로 조사되었음.
- 팜박 (palm kernel meal)은 1종이 조사되었으며, 조단백질함량은 19.63% DM이었으며, 조단백질 내 총아미노산은 43.76% CP로 다른 사료와 비교하여 낮은 것으로 나타남. 이러한 이유로 대부분의 개별 아미노산의 함량 또한 다른 사료와 비교하여 함량이 낮게 조사됨. 팜박의 경우 조단백질의 공급량은 높을 수 있으나, 반추위 내에서 분해되어 소장에 전달되는 RUP 내 총아미노산의 함량이 낮을 것으로 판단됨.
- 채종박 (rapeseed meal), 루핀종실 (lupin seed), 미강 (rice bran), 주정박 (distillers grain)의 조단백질함량은 각각 43.25%, 35.80%, 14.70% 및 34.14% DM로 사료별 차이가 있으나, 조단백질 내 총아미노산의 함량은 63.80~68.90% CP로 큰 차이는 없는 것으로 조사되었음. 4종의 사료에서도 Glu가 가장 높은 함량을 나타내었으며, 채종박과 루핀은 Glu의 함량이 유사하나, 미강은 3.5% 정도 낮았음. Ala은 미강이 반대로 2~3% 높은 것으로 조사됨. 원료사료별 개별아미노산의 함량에는 차이가 있는 것으로 나타났

으며, 채종박과 루핀은 Met이 가장 함량이 낮았지만, 미강과 주정박은 Tyr와 His의 함량이 가장 낮은 것으로 조사되었음.

- 타피오카 (tapioca)는 에너지사료로 주로 이용되기에 조단백질의 함량이 3.12%로 다른 사료들과 비교하여 극히 낮았으며, 단백질 내 총아미노산의 비율도 팜박 보다는 높은 편이지만 낮은 함량을 가지고 있었음. 이러한 이유로 개별아미노산의 조단백질 대비 다른 사료와 비교하여 낮은 함량을 나타내었음.

Table 22. Amino acid composition(% of crude protein) of feed sources in the diet of Hanwoo steers

Amino acid	Corn grain <sup>1</sup>	Corn grain <sup>2</sup>	Corn gluten <sup>3</sup>	Corn gluten <sup>4</sup>	Corn gluten <sup>5</sup>
Asp	3.83	4.95	5.26	4.31	4.20
Thr	2.04	2.83	2.98	2.49	2.43
Ser	3.35	3.77	3.67	3.04	2.97
Glu	11.98	15.20	12.08	10.39	10.13
Gly	2.28	2.83	3.62	2.96	2.89
Ala	5.15	5.54	5.52	4.70	4.58
Val	2.28	3.30	2.89	2.45	2.39
Ile	1.32	1.88	1.60	1.34	1.31
Leu	7.31	8.01	6.73	5.49	5.35
Tyr	1.20	1.53	1.98	1.62	1.58
Phe	3.11	3.53	2.59	2.21	2.16
Lys	1.68	2.36	2.72	2.13	2.08
His	1.44	1.88	2.46	1.98	1.93
Arg	2.64	2.95	4.36	3.52	3.43
Pro	6.59	7.78	7.77	6.48	6.32
Cys	2.16	1.88	2.59	1.94	1.89
Met	1.56	1.53	1.34	1.19	1.16
Total AA	59.90	71.75	70.16	58.26	56.77
Amino acid	Soybean meal <sup>6</sup>	Soybean meal <sup>7</sup>	Soybean meal <sup>8</sup>	DDGS	Palm kernel meal
Asp	8.55	9.07	8.54	4.26	4.13
Thr	3.00	3.16	3.08	2.48	1.58
Ser	4.07	4.31	4.03	3.50	2.50
Glu	14.07	14.71	15.41	11.30	10.34
Gly	3.11	3.30	3.14	2.66	2.39
Ala	3.43	3.63	3.37	5.20	2.34
Val	2.28	2.43	2.65	2.31	1.88
Ile	2.21	2.35	2.55	1.69	1.17
Leu	5.50	5.82	5.66	7.65	3.01
Tyr	2.39	2.48	2.30	2.31	0.61
Phe	3.75	4.02	3.85	3.24	2.04
Lys	4.53	4.70	4.56	2.02	0.97
His	1.87	1.98	1.86	1.58	0.82
Arg	5.55	5.75	5.36	2.83	5.60
Pro	3.89	4.13	4.10	5.72	2.24
Cys	1.20	1.22	1.04	1.55	0.92
Met	1.02	1.05	0.93	1.58	1.22

Total AA	70.42	74.12	72.44	61.89	43.76
Amino acid	Rapeseed meal	Lupin seeds	Rice bran	Distillers grain	Tapioca
Asp	5.22	6.98	7.21	4.39	5.13
Thr	3.17	2.54	2.99	2.55	2.89
Ser	3.54	3.60	3.67	3.60	3.53
Glu	14.82	14.80	11.09	12.92	9.31
Gly	4.00	2.99	4.08	2.87	2.57
Ala	3.54	2.68	5.03	5.54	3.85
Val	2.47	1.82	3.47	2.69	3.85
Ile	1.94	1.76	2.24	1.93	1.93
Leu	5.11	4.52	5.10	8.52	4.81
Tyr	1.73	2.07	1.43	2.49	1.28
Phe	3.31	2.65	3.13	3.54	4.17
Lys	3.19	3.30	4.08	2.14	2.25
His	1.94	1.73	1.97	1.73	0.64
Arg	4.90	7.54	5.24	2.99	1.28
Pro	5.06	3.18	4.49	6.15	8.66
Cys	2.29	1.09	2.11	1.85	1.60
Met	1.55	0.53	1.56	2.43	0.64
Total AA	67.79	63.80	68.90	68.34	58.40

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraina, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA, <sup>8</sup>Brazil.

- Table 23에 제1 협동연구기관에서 조사한 한우비육에 주로 이용되는 옥수수, 단백질, 대두박, DDGS, 팜박, 채종박, 루핀종실, 미강, 주정박 및 타피오카 등 15종류의 원료사료들에 대한 아미노산 조성을 총아미노산 기준으로 제시하였음.
- 사료의 종류에 따라 개별 아미노산의 조성이 약간의 차이가 있었으며, 전반적으로 Glu가 함량이 가장 높았고, Met이 대부분 사료에서 가장 함량이 낮은 것으로 조사되었음. 같은 종류의 원료사료 간에는 총아미노산 및 개별 아미노산의 함량은 크게 다르지 않았음.
- 대두박의 경우 Glu의 함량이 가장 높았지만 다른 사료에 비해 낮은 함량이었으며, 반면에 Asp가 11%이상, Lys 6% 이상으로 높은 함량을 차지하였음. 팜박은 Arg가 다른 사료에 비해 함량이 높게 나타났음. 루핀은 Arg가 다른 사료에 비해 함량이 높고 Cys와 Met이 낮은 것으로 조사됨.

Table 23. Amino acid composition (% of total amino acids) of feed sources in the diet of Hanwoo steers

Amino acid	Corn grain <sup>1</sup>	Corn grain <sup>2</sup>	Corn gluten <sup>3</sup>	Corn gluten <sup>4</sup>	Corn gluten <sup>5</sup>
Asp	6.40	6.90	7.50	7.39	7.39
Thr	3.40	3.94	4.24	4.27	4.27
Ser	5.60	5.25	5.23	5.22	5.22
Glu	20.00	21.18	17.22	17.84	17.84
Gly	3.80	3.94	5.17	5.09	5.09
Ala	8.60	7.72	7.87	8.07	8.07
Val	3.80	4.60	4.12	4.21	4.21
Ile	2.20	2.63	2.28	2.31	2.31
Leu	12.20	11.17	9.59	9.43	9.43
Tyr	2.00	2.13	2.83	2.78	2.78
Phe	5.20	4.93	3.69	3.80	3.80
Lys	2.80	3.28	3.87	3.66	3.66
His	2.40	2.63	3.51	3.39	3.39
Arg	4.40	4.11	6.21	6.04	6.04
Pro	11.00	10.84	11.07	11.13	11.13
Cys	3.60	2.63	3.69	3.32	3.32
Met	2.60	2.13	1.91	2.04	2.04

Amino acid	Soybean meal <sup>6</sup>	Soybean meal <sup>7</sup>	Soybean meal <sup>8</sup>	DDGS	Palm kernel meal
Asp	12.14	12.23	11.79	6.89	9.43
Thr	4.26	4.27	4.26	4.01	3.61
Ser	5.78	5.81	5.57	5.66	5.70
Glu	19.97	19.85	21.28	18.26	23.63
Gly	4.41	4.45	4.33	4.29	5.47
Ala	4.87	4.90	4.66	8.40	5.36
Val	3.24	3.27	3.65	3.73	4.31
Ile	3.14	3.17	3.53	2.74	2.68
Leu	7.81	7.86	7.81	12.36	6.87
Tyr	3.40	3.35	3.17	3.73	1.40
Phe	5.32	5.42	5.31	5.24	4.66
Lys	6.44	6.34	6.30	3.26	2.21
His	2.66	2.67	2.57	2.55	1.86
Arg	7.88	7.75	7.40	4.58	12.81
Pro	5.53	5.58	5.67	9.25	5.12
Cys	1.70	1.65	1.44	2.50	2.10

Met	1.44	1.41	1.28	2.55	2.79
Amino acid	Rapeseed meal	Lupin seeds	Rice bran	Distillers grain	Tapioca
Asp	7.71	10.95	10.46	6.43	8.79
Thr	4.67	3.98	4.34	3.73	4.95
Ser	5.22	5.65	5.33	5.27	6.04
Glu	21.86	23.20	16.09	18.90	15.93
Gly	5.90	4.68	5.92	4.20	4.40
Ala	5.22	4.20	7.31	8.10	6.59
Val	3.65	2.85	5.03	3.94	6.59
Ile	2.86	2.76	3.26	2.83	3.30
Leu	7.54	7.09	7.40	12.47	8.24
Tyr	2.56	3.24	2.07	3.64	2.20
Phe	4.88	4.16	4.54	5.19	7.14
Lys	4.71	5.17	5.92	3.13	3.85
His	2.86	2.71	2.86	2.53	1.10
Arg	7.23	11.82	7.60	4.37	2.20
Pro	7.47	4.99	6.52	9.00	14.84
Cys	3.38	1.71	3.06	2.70	2.75
Met	2.29	0.83	2.27	3.56	1.10

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraine, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA, <sup>8</sup>Brazil.

(나) 근육단백질 합성에 필요한 아미노산 요구량을 기초로한 사료원료별 제한아미노산 추정

○ Table 24에서 사료원료의 조단백질 내 총아미노산 및 개별 아미노산의 조성과 Table 14에서 제시된 한우 등심육 아미노산 함량 평균값을 비교하였음. 식물성 사료원료와 동물성 단백질의 아미노산 조성은 뚜렷한 차이를 나타냄. 특히, Asp, Thr, Gly, Val, Ile, Leu, Lys 및 His은 동물성 단백질에서 뚜렷하게 높은 것으로 조사됨. 특히 Lys, Leu 및 His의 함량이 등심육에 높게 나타나, 사료를 통해 근육단백질 합성을 위해 충분한 공급이 필요할 것으로 판단됨.

Table 24. Comparison of amino acids composition (% of crude protein) between Hanwoo loin meat and feed sources for protein supply for Hanwoo cattle

Amino acid	Corn grain <sup>1</sup>	Corn gluten <sup>2</sup>	Soybean meal <sup>3</sup>	DDGS	Palm kernel meal	Hanwoo loin <sup>4</sup>
Asp	4.39	4.59	9.20	4.26	4.13	7.65
Thr	2.43	2.63	3.25	2.48	1.58	3.98
Ser	3.56	3.23	4.37	3.50	2.50	3.54
Glu	13.59	10.87	15.54	11.30	10.34	13.11
Gly	2.55	3.16	3.36	2.66	2.39	4.18
Ala	5.34	4.94	3.67	5.20	2.34	5.23
Val	2.79	2.58	2.58	2.31	1.88	4.13
Ile	1.60	1.42	2.50	1.69	1.17	3.77
Leu	7.66	5.86	5.97	7.65	3.01	7.46
Tyr	1.36	1.73	2.53	2.31	0.61	2.82
Phe	3.32	2.32	4.09	3.24	2.04	3.59
Lys	2.02	2.31	4.85	2.02	0.97	8.03
His	1.66	2.12	2.01	1.58	0.82	3.25
Arg	2.79	3.77	5.86	2.83	5.60	5.50
Pro	7.18	6.85	4.27	5.72	2.24	3.75
Cys	2.02	2.14	1.22	1.55	0.92	0.99
Met	1.54	1.23	1.05	1.58	1.22	2.00
Total AA	65.82	61.73	72.33	61.89	43.76	82.98
Amino acid	Rapeseed meal	Lupin seed	Rice bran	Distillers grain	Tapioca	Hanwoo loin <sup>4</sup>
Asp	5.22	6.98	7.21	4.39	5.13	7.65
Thr	3.17	2.54	2.99	2.55	2.89	3.98
Ser	3.54	3.60	3.67	3.60	3.53	3.54
Glu	14.82	14.80	11.09	12.92	9.31	13.11
Gly	4.00	2.99	4.08	2.87	2.57	4.18
Ala	3.54	2.68	5.03	5.54	3.85	5.23
Val	2.47	1.82	3.47	2.69	3.85	4.13
Ile	1.94	1.76	2.24	1.93	1.93	3.77
Leu	5.11	4.52	5.10	8.52	4.81	7.46
Tyr	1.73	2.07	1.43	2.49	1.28	2.82
Phe	3.31	2.65	3.13	3.54	4.17	3.59
Lys	3.19	3.30	4.08	2.14	2.25	8.03
His	1.94	1.73	1.97	1.73	0.64	3.25
Arg	4.90	7.54	5.24	2.99	1.28	5.50
Pro	5.06	3.18	4.49	6.15	8.66	3.75
Cys	2.29	1.09	2.11	1.85	1.60	0.99
Met	1.55	0.53	1.56	2.43	0.64	2.00
Total AA	67.79	63.80	68.90	68.34	58.40	82.98

<sup>1</sup>The mean value of corn grains; <sup>2</sup>mean value of corn gluten meals; and <sup>3</sup>mean value of soybean meal in Table 22.

<sup>4</sup>The mean values from the Hanwoo loin meat in Table 14.

- Table 25에서 사료원료의 총아미노산 내 개별 아미노산의 조성과 Table 9에서 제시된 한우 등심육 아미노산 함량 평균값을 비교하였음. 조단백질 함량기준과 비교하여 총아미노산 기준의 조성도 식물성 사료원료와 동물성 단백질의 아미노산 조성은 뚜렷한 차이를 나타냄. 특히, Asp는 대두박을 제외하고 함량이 등심에서 높았으며, Glu은 함량이 등심이 낮아 사료를 통해 충분히 공급되는 것으로 판단됨. 하지만, Ile, Lys 및 His는 등심육에서 함량이 높아 사료 아미노산과 불균형이 발생하였음. Lys은 주정박을 제외하고 비교된 사료들에 비하여 등심육의 Lys이 낮게 조사됨.

Table 25. Comparison of amino acids composition (% of total amino acids) between Hanwoo loin meat and feed sources for protein supply for Hanwoo cattle

Amino acid	Corn grain <sup>1</sup>	Corn gluten <sup>2</sup>	Soybean meal <sup>3</sup>	DDGS	Palm kernel meal	Hanwoo loin <sup>4</sup>
Asp	6.65	7.43	12.05	6.89	9.43	9.28
Thr	3.67	4.26	4.26	4.01	3.61	4.81
Ser	5.43	5.23	5.72	5.66	5.70	4.27
Glu	20.59	17.64	20.37	18.26	23.63	15.81
Gly	3.87	5.11	4.40	4.29	5.47	5.03
Ala	8.16	8.01	4.81	8.40	5.36	6.32
Val	4.20	4.18	3.39	3.73	4.31	4.98
Ile	2.41	2.30	3.28	2.74	2.68	4.55
Leu	11.68	9.48	7.82	12.36	6.87	9.00
Tyr	2.07	2.80	3.31	3.73	1.40	3.40
Phe	5.06	3.76	5.35	5.24	4.66	4.33
Lys	3.04	3.73	6.36	3.26	2.21	9.69
His	2.51	3.43	2.63	2.55	1.86	3.93
Arg	4.25	6.10	7.68	4.58	12.81	6.64
Pro	10.92	11.11	5.59	9.25	5.12	4.54
Cys	3.11	3.45	1.59	2.50	2.10	1.22
Met	2.37	1.99	1.38	2.55	2.79	2.42
Amino acid	Rapeseed meal	Lupin seed	Rice bran	Distillers grain	Tapioca	Hanwoo loin <sup>4</sup>
Asp	7.71	10.95	10.46	6.43	8.79	9.28
Thr	4.67	3.98	4.34	3.73	4.95	4.81



Ser	5.22	5.65	5.33	5.27	6.04	4.27
Glu	21.86	23.20	16.09	18.90	15.93	15.81
Gly	5.90	4.68	5.92	4.20	4.40	5.03
Ala	5.22	4.20	7.31	8.10	6.59	6.32
Val	3.65	2.85	5.03	3.94	6.59	4.98
Ile	2.86	2.76	3.26	2.83	3.30	4.55
Leu	7.54	7.09	7.40	12.47	8.24	9.00
Tyr	2.56	3.24	2.07	3.64	2.20	3.40
Phe	4.88	4.16	4.54	5.19	7.14	4.33
Lys	4.71	5.17	5.92	3.13	3.85	9.69
His	2.86	2.71	2.86	2.53	1.10	3.93
Arg	7.23	11.82	7.60	4.37	2.20	6.64
Pro	7.47	4.99	6.52	9.00	14.84	4.54
Cys	3.38	1.71	3.06	2.70	2.75	1.22
Met	2.29	0.83	2.27	3.56	1.10	2.42

<sup>1</sup>The mean value of corn grains; <sup>2</sup>mean value of corn gluten meals; and <sup>3</sup>mean value of soybean meal in Table 23.

<sup>4</sup>The mean values from the Hanwoo loin meat in Table 9.

#### 나. 비육말기 거세한우 급여사료원료별 MP공급량 분석 및 사료별 제한아미노산 규명(2차년도)

##### 1. 원료사료별 *in vitro* 반추위 발효특성 및 반추위 내 미생물단백질 합성량 및 아미노산 조성분석

###### (1) 연구방법

- 한우비육용 사료에 사용되고 있는 원료사료 중 제1 협동기관에서 단백질 및 아미노산 by-pass을 측정을 진행한 15종(남미산 옥수수, 우크라이나산 옥수수, 국산 단백질, 중국산 단백질(1), 중국산 단백질(2), 국산 대두박, 미산 대두박, 브라질산 대두박, DDGS, 팜박, 채종박, 루핀종실, 미강, 주정박, 타피오카)을 확보하여 *in vitro* 시험을 실시
- *In vitro* 발효시험을 위한 반추위 미생물 접종액 준비
  - 15종의 원료사료별 반추위 내 발효특성 및 미생물체 아미노산 분석을 위한 *in vitro* 시험의 접종액 제조는 cannula가 장착된 한우 암소 (3산차)의 반추위 내에서 채취한 내용물을 4겹의 거즈로 걸어서 보온용기에 담아 혐기상태를 유지하며 1시간 안에 실험실로 운반하였음.
  - 반추위 미생물체를 확보하기 위해 대량배양이 요구되어 15종의 시료를 동시에 실행할 수 있는 여건이 되지 않아, 채취된 반추위액을 접종제로 *in vitro*의 발효실험의 동일조건을 제공하기 위해 강화배양 (enrichment culture)을 실시하였음. 채취된 반추위액은 artificial saliva (McDougall, 1948; Table 26)와 1:1 비율로 희석하여 미생물 혼합액을 제조하였으며, 혐기상태를 유지하기 위해 O<sub>2</sub>-free CO<sub>2</sub> gas를 주입하였고, 반추위 내 미

생물 발효 효율을 극대화하기 위해 미생물 혼합액에는 60°C에서 24 h 동안 건조시킨 공시농후사료(분쇄옥수수, 12 g)와 벧짚(18 g)을 첨가하여 17시간 동안 39°C incubator에서 배양을 실시하였음. 배양이 끝난 후 미생물혼합액은 8겹의 거즈로 여과하여 사료 particle을 제거하였음. 이후 강화배양액 170 mL를 artificial saliva 680 mL와 혼합하여 *in vitro* 발효를 실시하였음.

Table 26. Rumen buffer solution (artificial saliva)<sup>1</sup>

Ingredient	Amount (g/L)
NaHCO <sub>3</sub>	9.8 g
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	3.69 g
KCl	0.57 g
NaCl	0.47 g
MgSO <sub>4</sub>	0.12 g
CaCl <sub>2</sub>	0.16 g

<sup>1</sup>McDougall (1948).

○ *In vitro* 배양방법

- 본 실험에서 반추위 내 미생물 발효 특성에 대한 *in vitro* 배양 조건은 serum bottle (1 L)을 이용하여 60°C dry oven에 약 2일간 건조시킨 총 15종의 시험사료 8.5 g (1%)과 artificial saliva (680 mL)를 혐기적 조건에서 주입한 후 강화배양된 반추위미생물 접종제 (170 mL)를 접종하여 O<sub>2</sub>-free CO<sub>2</sub> gas를 이용하여 head space를 채워 혐기상태를 유지하면서 rubber stopper와 aluminium cap을 이용하여 입구를 봉하였음.
- 모든 배양 조건은 혐기상태를 유지하면서 실시되었으며, 접종이 끝난 후 즉시 39°C incubator에서 배양을 실시하였음. 반추위 내 발효 양상 조사를 위해 배양 0, 3, 6, 9, 12, 24시간대에 배양액을 10 mL씩 채취하였으며, 채취 즉시 pH meter (SevenCompact S220, Switzerland)를 이용하여 pH를 측정하였으며, 원심분리 (3,000 rpm × 15 min)하여 얻은 상층액을 이용하여 microbial protein synthesis (MPS), NH<sub>3</sub>-N, volatile fatty acid (VFA) 측정을 하였음.

○ 미생물체 단백질의 아미노산 분석

- 미생물 아미노산 분석을 위해 배양 후 24시간대에 남은 배양액 (790 mL) 중 시험사료 particle 및 protozoa 제거를 위해 원심분리 (1,000 g × 10 min)하여 상층액을 채취하였고, 다시 채취된 상층액을 원심분리 (20,000 g × 20 min)하여 상층액은 제거하고 가라앉은 축적물(pellet)을 동결건조하여 미생물 전체를 채취하였음. 건조 후 미생물의 무게를 측정하였고, 17종의 아미노산 분석은 앞에서 적용한 근육아미노산 분석법과 동일한 방법을 적용하여 실시함.

- 소장에 공급되는 반추위 내 미생물 단백질 유래 아미노산 공급량 산출: 반추위 내 미생물 단백질 유래 아미노산의 소장 내 흡수량과 공급량 산출 방법은 “라. MP 내 개별 아미노산 흡수량 및 근육조직 내 단백질 합성량 수식 산정”에서 제시하였으며, 산출식에 근거한 공급량은 “마. 비육말기 거세한우의 근육 단백질합성량 극대화를 위한 균형 아미노산 공급용 사료배합비 개발”에서 구체적인 방법 및 결과를 제시하였음.

## (2) 연구결과

- *In vitro* 실험 결과, pH는 접종 0시간에 남미산 옥수수가 가장 높았고 ( $p < 0.0001$ ) DDGS가 가장 낮았으며 ( $p < 0.0001$ ) 대부분 배양시작 전 pH 7.0 이상이었음. 배양 3시간에 pH는 채종박이 가장 높았고 ( $p < 0.0001$ ) 국산 단백질이 가장 낮았으나 ( $p < 0.0001$ ) 채종박은 배양 0시간에도 pH가 가장 높아 3시간 배양동안 pH가 감소하여 정상적인 발효가 진행되었다고 판단됨. 배양 6시간에는 채종박이 가장 높았고 ( $p < 0.0001$ ) 국산 단백질이 가장 낮았음 ( $p < 0.0001$ ). 배양 9시간에는 미산 대두박이 가장 높았고 ( $p < 0.0001$ ) 국산 단백질이 가장 낮았으며 ( $p < 0.0001$ ), 배양 12시간에는 타피오카가 가장 높았고 ( $p < 0.0001$ ) 우크라이나 옥수수가 가장 낮았음 ( $p < 0.0001$ ). 배양 24시간에는 채종박이 가장 높았고 ( $p < 0.0001$ ) 우크라이나산 옥수수가 가장 낮았음 ( $p < 0.0001$ ). 기존의 *in vitro* 발효시험에서 보는 것과 같이 전체적으로 배양시간이 경과할수록 발효에 따른 pH가 감소하는 경향을 나타내었으며, 배양 24시간대에도 반추위 내 적정 pH인 5.5 ~ 7.0 수준으로 유지되었음. 미산 대두박, DDGS, 주정박, 타피오카의 경우 접종 후 9시간에 pH가 급격히 증가하였지만, 이후 안정화 되는 양상을 보였음. 2종의 옥수수와 3종의 단백질에 대하여 동일 사료 간에 배양에 따른 pH차이는 크지 않았으나, 대부분의 경우 미국산 대두박이 배양 9시간에 pH가 상승하였다가 다시 감소하는 특이점이 발견되었음 (Table 27; Fig. 5).
- 미생물 단백질 합성량 (MPS)은 배양시작부터 사료 간에 큰 차이가 있었으며, 배양 0시간부터 24시간대까지 국산 단백질이 가장 높았고 타피오카가 가장 낮았음. 하지만 조단백질 함량이 높은 사료들에서 배양 0시간대부터 MPS가 높은 것으로 조사되어 본 실험에서 이용된 MPS 분석법을 통해서도 배양액내 수용성 단백질이 영향을 미치는 것으로 판단됨. 반면에 대두박은 초기 MPS가 낮았지만, 배양시간이 증가할수록 MPS가 다른 사료에 비해 가장 많이 증가하여 미생물단백질 합성에 가장 영향력이 높은 것으로 판단됨. 미국산 단백질을 제외한 모든 사료가 배양 0시간대보다 배양 24시간대의 합성량이 높았음. 단백질의 경우, 중국 내 지역에 따른 품질 차이가 큰 것으로 보이며, 모든 배양 시간대에서 유의적인 차이를 보였음. 타피오카는 모든 시간대에서 가장 낮은 미생물 단백질 합성량을 보였으며, 타피오카의 낮은 조단백질 함량 (3.12% DM) 때문으로 판단됨. 특히 팜박, 미강, 주정박 및 타피오카의 경우 MPS가 낮았고 배양시간에 따른 증가폭이 적었던 것은 Table 28에서 보듯 NH<sub>3</sub>-N의 발생량이 부족하여 미생물합성에 필요한 N의 공급을 제대로 받지 못한 것으로 판단됨 (Table 28; Fig. 6).

Table 27. Effect of pH on ruminal fermentation *in vitro* with different feed sources for 24 h incubation (n=3)

Feed	Incubation time (h)					
	0	3	6	9	12	24
Corn grain <sup>1</sup>	7.40 <sup>ab</sup>	6.97 <sup>de</sup>	6.79 <sup>g</sup>	6.77 <sup>efg</sup>	6.78 <sup>hi</sup>	6.61 <sup>g</sup>
Corn grain <sup>2</sup>	7.38 <sup>bc</sup>	6.94 <sup>e</sup>	6.76 <sup>gh</sup>	6.69 <sup>g</sup>	6.74 <sup>i</sup>	6.58 <sup>g</sup>
Corn gluten feed <sup>3</sup>	7.23 <sup>cdefg</sup>	6.79 <sup>f</sup>	6.73 <sup>h</sup>	6.76 <sup>fg</sup>	6.80 <sup>gh</sup>	6.72 <sup>f</sup>
Corn gluten feed <sup>4</sup>	7.19 <sup>cdefg</sup>	6.80 <sup>f</sup>	6.77 <sup>gh</sup>	6.79 <sup>cdef</sup>	6.85 <sup>defg</sup>	6.73 <sup>f</sup>
Corn gluten feed <sup>5</sup>	7.2 <sup>defg</sup>	6.94 <sup>e</sup>	6.9 <sup>ef</sup>	6.85 <sup>cde</sup>	6.89 <sup>cde</sup>	6.72 <sup>f</sup>
Soybean meal <sup>6</sup>	7.28 <sup>bcde</sup>	6.99 <sup>de</sup>	6.88 <sup>f</sup>	6.84 <sup>cdef</sup>	6.88 <sup>cdef</sup>	6.93 <sup>ab</sup>
Soybean meal <sup>7</sup>	7.32 <sup>bcd</sup>	7.15 <sup>ab</sup>	6.99 <sup>c</sup>	7.34 <sup>a</sup>	7.02 <sup>a</sup>	6.89 <sup>bc</sup>
Soybean meal <sup>8</sup>	7.27 <sup>bcdef</sup>	7.04 <sup>cde</sup>	6.87 <sup>f</sup>	6.85 <sup>cdef</sup>	6.87 <sup>cdef</sup>	6.95 <sup>ab</sup>
DDGS	7.1 <sup>g</sup>	6.94 <sup>e</sup>	6.95 <sup>cd</sup>	7.14 <sup>b</sup>	6.9 <sup>cd</sup>	6.76 <sup>ef</sup>
Palm kernel expeller	7.12 <sup>fg</sup>	7.01 <sup>de</sup>	6.9 <sup>ef</sup>	6.87 <sup>cd</sup>	6.88 <sup>cde</sup>	6.81 <sup>de</sup>
Rapeseed meal	7.54 <sup>a</sup>	7.22 <sup>a</sup>	7.15 <sup>a</sup>	6.85 <sup>cde</sup>	6.85 <sup>cdef</sup>	6.99 <sup>a</sup>
Lupin seed	7.34 <sup>bcd</sup>	7.06 <sup>bcd</sup>	7.1 <sup>b</sup>	6.79 <sup>cdef</sup>	6.84 <sup>efg</sup>	6.89 <sup>bc</sup>
Rice bran	7.32 <sup>bcd</sup>	7.15 <sup>abc</sup>	6.94 <sup>de</sup>	6.77 <sup>defg</sup>	6.83 <sup>fg</sup>	6.89 <sup>bc</sup>
Distillers dried grain	7.2 <sup>defg</sup>	7.06 <sup>bcd</sup>	7.09 <sup>b</sup>	6.88 <sup>c</sup>	6.9 <sup>c</sup>	6.93 <sup>ab</sup>
Tapioca	7.16 <sup>efg</sup>	6.97 <sup>de</sup>	6.98 <sup>cd</sup>	7.19 <sup>b</sup>	6.97 <sup>b</sup>	6.85 <sup>cd</sup>
SEM	0.054	0.037	0.018	0.033	0.017	0.219
p-value	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraina, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA and <sup>8</sup>Brazil.  
<sup>a,b,c,d,e,f,g,h,i</sup>Mean with different letter differ significantly between treatments (p < 0.05).

SEM = standard error of the mean.

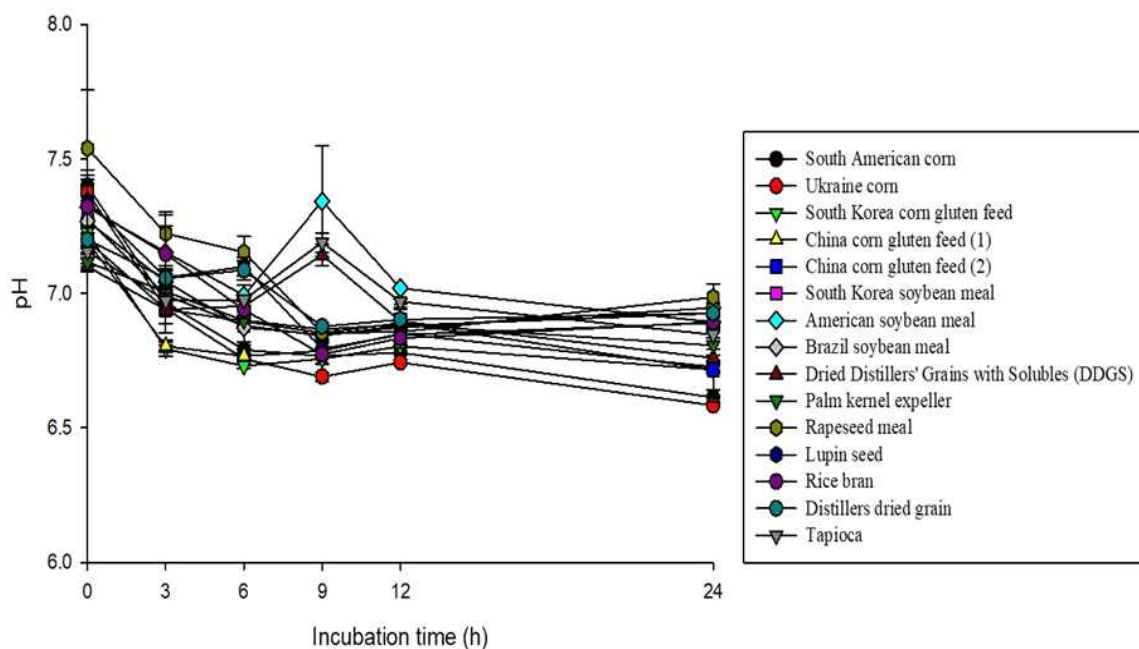


Fig. 5. Change of pH on ruminal fermentation *in vitro* with different feed sources for 24 h incubation (n=3).

Table 28. Effect of microbial protein synthesis(mg/100 mL) on ruminal fermentation *in vitro* with different feed sources for 24 h incubation (n=3)

Feed	Incubation time (h)					
	0	3	6	9	12	24
Corn grain <sup>1</sup>	87.03 <sup>hi</sup>	77.43 <sup>i</sup>	116.62 <sup>f</sup>	98.98 <sup>i</sup>	101.66 <sup>i</sup>	114.61 <sup>hi</sup>
Corn grain <sup>2</sup>	105.12 <sup>fg</sup>	78.43 <sup>i</sup>	103.22 <sup>f</sup>	105.90 <sup>i</sup>	120.42 <sup>h</sup>	134.71 <sup>gh</sup>
Corn gluten feed <sup>3</sup>	358.91 <sup>a</sup>	352.22 <sup>a</sup>	344.40 <sup>a</sup>	310.90 <sup>a</sup>	309.79 <sup>a</sup>	326.53 <sup>a</sup>
Corn gluten feed <sup>4</sup>	297.50 <sup>b</sup>	308.67 <sup>b</sup>	280.76 <sup>b</sup>	260.66 <sup>c</sup>	266.80 <sup>c</sup>	305.32 <sup>b</sup>
Corn gluten feed <sup>5</sup>	178.09 <sup>d</sup>	195.89 <sup>ef</sup>	181.04 <sup>d</sup>	179.6 <sup>f</sup>	183.83 <sup>ef</sup>	211.95 <sup>d</sup>
Soybean meal <sup>6</sup>	75.65 <sup>ij</sup>	206.93 <sup>e</sup>	227.74 <sup>c</sup>	234.19 <sup>d</sup>	239.21 <sup>d</sup>	211.95 <sup>d</sup>
Soybean meal <sup>7</sup>	90.73 <sup>h</sup>	186.35 <sup>f</sup>	214.6 <sup>c</sup>	218.95 <sup>e</sup>	233.79 <sup>d</sup>	215.77 <sup>d</sup>
Soybean meal <sup>8</sup>	73.22 <sup>j</sup>	136.13 <sup>h</sup>	168.48 <sup>d</sup>	187.13 <sup>f</sup>	189.86 <sup>e</sup>	207.94 <sup>d</sup>
DDGS	99.11 <sup>gh</sup>	142.27 <sup>h</sup>	132.63 <sup>e</sup>	128.02 <sup>h</sup>	146.04 <sup>g</sup>	158.11 <sup>ef</sup>
Palm kernel expeller	68.91 <sup>j</sup>	70.06 <sup>i</sup>	75.8 <sup>g</sup>	75.44 <sup>j</sup>	78.02 <sup>j</sup>	103.63 <sup>i</sup>
Rapeseed meal	195.9 <sup>c</sup>	278.17 <sup>c</sup>	289.9 <sup>b</sup>	289.9 <sup>b</sup>	286.78 <sup>b</sup>	268.01 <sup>c</sup>
Lupin seed	151.72 <sup>e</sup>	236.65 <sup>d</sup>	218.5 <sup>c</sup>	232.82 <sup>d</sup>	231.17 <sup>d</sup>	178.23 <sup>e</sup>
Rice bran	149.22 <sup>e</sup>	161.42 <sup>g</sup>	180.26 <sup>d</sup>	179.01 <sup>f</sup>	172.68 <sup>f</sup>	178.93 <sup>e</sup>
Distillers dried grain	118.01 <sup>f</sup>	136.55 <sup>h</sup>	134.2 <sup>e</sup>	142.57 <sup>g</sup>	142.26 <sup>g</sup>	153.44 <sup>fg</sup>
Tapioca	47.48 <sup>k</sup>	51.17 <sup>j</sup>	58.97 <sup>h</sup>	52.68 <sup>k</sup>	59.3 <sup>k</sup>	68.52 <sup>j</sup>
SEM.	4.626	4.418	5.156	4.269	5.926	7.338
p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraina, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA and <sup>8</sup>Brazil. a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k Mean with different letter differ significantly between treatments (p < 0.05).

SEM = standard error of the mean.

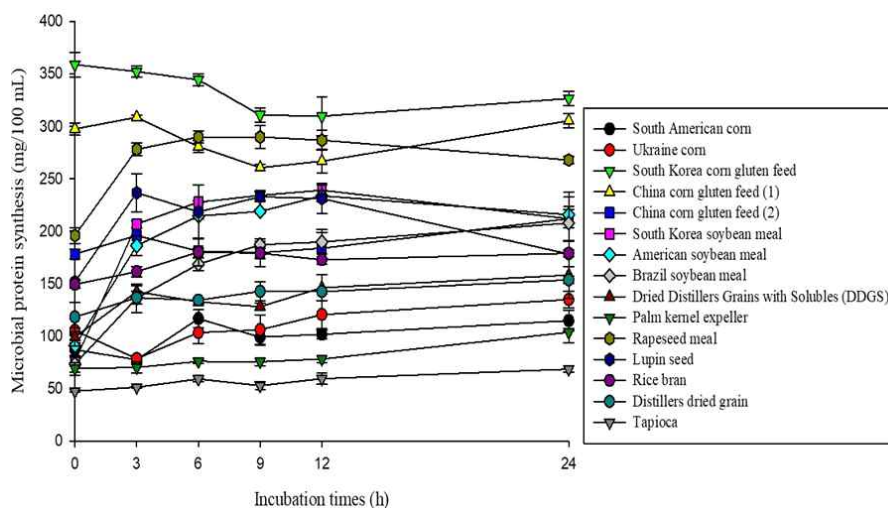


Fig. 6. Change of microbial protein synthesis on ruminal fermentation *in vitro* with different feed sources for 24 h incubation (n=3).

- NH<sub>3</sub>-N 농도는 배양 0시간에 중국산 단백질 (9333)가 가장 높았고 국산 대두박과 브라질산 대두박이 가장 낮았음. 배양 3시간에는 중국산 단백질 (9333)가 가장 높았고 국산 대두박이 가장 낮았음. 배양 6시간에는 중국산 단백질 (9333)가 가장 높았고 타피오카가 가장 낮았음. 배양 9시간에는 중국산 단백질 (933)가 가장 높았고 채종박이 가장 낮았음. 배양 12시간 과 24시간에는 중국산 단백질 (9333)가 가장 높았고 팜박이 가장 낮았음. 남미산 옥수수, 우크라이나산 옥수수, 팜박, 주정박, 타피오카를 제외한 시료들의 NH<sub>3</sub>-N 농도는 배양 시간 전체에 걸쳐서 증가하는 경향을 보였음. 옥수수(남미산 옥수수, 우크라이나산 옥수수), 단백질 (국산 단백질, 중국산 단백질(9333), 그리고 중국산 단백질 (4802)), 대두박(국산 대두박, 브라질산 대두박, 미산 대두박)은 다른 원산지임에도 비슷한 경향을 나타내었음 (Table 29; Fig. 7). NH<sub>3</sub>-N 발생량에서의 차이는 각 사료별 반추위내 분해도와 조단백질 함량의 차이에 기인하는 것으로 판단됨. 단백질의 경우 동일한 사료이더라도 생산지에 따른 암모니아 발생량에 큰 차이가 있었음. DDGS, 팜박, 미강, 주정박 및 타피오카는 배양 24시간에서도 *in vitro* 미생물합성에 필요한 최소요구량이 5 mg/100 mL이 발생되지 않아 이들 사료만으로는 반추위 발효 및 미생물 합성을 위해서는 암모니아 발생이 높은 사료와 혼합급여가 필요할 것으로 판단됨.
  
- Total VFA는 배양 0시간에 미산 대두박이 가장 높았고 국산 대두박이 가장 낮았음. 배양 3시간에는 중국산 단백질 (9333)가 가장 높았고 주정박이 가장 낮았음. 배양 6시간에는 국산 단백질이 가장 높았고 주정박이 가장 낮았음. 배양 9시간과 12시간에는 중국산 단백질 (9333)가 가장 높았고 채종박이 가장 낮았음. 배양 24시간에는 우크라이나산 옥수수가 가장 높았고 주정박이 가장 낮았음. 모든 시료가 배양 0시간대에 비해 24시간대의 total VFA가 높아지는 경향을 보였음. 이러한 경향은 *in vitro* 실험이 진행되는 동안 미생물 발효가 정상적으로 진행되었다고 판단되나 옥수수와 단백질을 제외하고 단일 사료를 이용할 경우 반추위내 total VFA생성량에 도달하지 못하는 것으로 나타남 (Table 30; Fig. 8).
  
- Acetic acid/propionic acid (A/P) ratio는 배양 0시간에 국산 단백질이 가장 높았고 미국산 대두박이 가장 낮았음. 배양 3시간에는 국산 대두박이 가장 높았고 남미산 옥수수가 가장 낮았음. 배양 6시간에는 브라질산 대두박이 가장 높았고 DDGS가 가장 낮았음. 배양 9시간에는 팜박이 가장 높았고 국산 단백질이 가장 낮았음. 배양 12시간에는 팜박이 가장 높았고 미강이 가장 낮았음. 배양 24시간에는 팜박이 가장 높았고 주정박이 가장 낮았음. 모든 시료가 total VFA와는 반대로 배양 0시간대에 비해 24시간대의 A/P ratio가 낮아지는 경향을 보였는데 이것은 농후사료의 일반적인 특성으로 발효가 진행됨에 따라 propionate가 증가하는 미생물 발효가 진행된 것으로 판단됨 (Table 31; Fig. 9).

Table 29. Effect of NH<sub>3</sub>-N concentration (mg/100 mL) on ruminal fermentation *in vitro* with different feed sources for 24 h incubation (n=3)

Feed	Incubation time (h)					
	0	3	6	9	12	24
Corn grain <sup>1</sup>	7.54 <sup>c</sup>	12.40 <sup>b</sup>	4.40 <sup>c</sup>	4.65 <sup>de</sup>	4.16 <sup>ef</sup>	6.86 <sup>f</sup>
Corn grain <sup>2</sup>	8.40 <sup>bc</sup>	12.03 <sup>b</sup>	3.91 <sup>cd</sup>	3.42 <sup>fg</sup>	2.25 <sup>fgh</sup>	6.55 <sup>f</sup>
Corn gluten feed <sup>3</sup>	8.83 <sup>b</sup>	14.43 <sup>a</sup>	11.47 <sup>b</sup>	17.20 <sup>b</sup>	19.90 <sup>b</sup>	35.53 <sup>c</sup>
Corn gluten feed <sup>4</sup>	10.06 <sup>a</sup>	15.53 <sup>a</sup>	14.06 <sup>a</sup>	24.39 <sup>a</sup>	33.68 <sup>a</sup>	48.20 <sup>a</sup>
Corn gluten feed <sup>5</sup>	3.07 <sup>d</sup>	3.2 <sup>d<sup>ef</sup></sup>	3.03 <sup>c<sup>def</sup></sup>	4.78 <sup>de</sup>	5.93 <sup>de</sup>	12.42 <sup>e</sup>
Soybean meal <sup>6</sup>	1.12 <sup>e</sup>	1.71 <sup>g</sup>	3.72 <sup>c<sup>de</sup></sup>	5.06 <sup>d</sup>	9.48 <sup>c</sup>	38.1 <sup>bc</sup>
Soybean meal <sup>7</sup>	2.75 <sup>d</sup>	3.5 <sup>c<sup>de</sup></sup>	3.43 <sup>c<sup>de</sup></sup>	6.42 <sup>c</sup>	8.97 <sup>c</sup>	37.32 <sup>bc</sup>
Soybean meal <sup>8</sup>	1.12 <sup>e</sup>	1.99 <sup>fg</sup>	3.2 <sup>c<sup>def</sup></sup>	4.44 <sup>def</sup>	7.6 <sup>cd</sup>	39.69 <sup>b</sup>
DDGS	3.5 <sup>d</sup>	3.75 <sup>cd</sup>	3.41 <sup>c<sup>de</sup></sup>	3.73 <sup>ef</sup>	2.82 <sup>fg</sup>	6.63 <sup>f</sup>
Palm kernel expeller	1.35 <sup>e</sup>	1.95 <sup>fg</sup>	2.12 <sup>ef</sup>	1.01 <sup>ij</sup>	0.21 <sup>h</sup>	0.27 <sup>h</sup>
Rapeseed meal	2.77 <sup>d</sup>	3.32 <sup>c<sup>de</sup></sup>	2.52 <sup>def</sup>	0.32 <sup>j</sup>	2.94 <sup>fg</sup>	11.88 <sup>e</sup>
Lupin seed	2.96 <sup>d</sup>	4.57 <sup>c</sup>	4.28 <sup>c</sup>	4.47 <sup>def</sup>	8.62 <sup>c</sup>	23.69 <sup>d</sup>
Rice bran	1.48 <sup>e</sup>	2.86 <sup>defg</sup>	2.35 <sup>def</sup>	2.2 <sup>h</sup>	1.91 <sup>fgh</sup>	4.23 <sup>fg</sup>
Distillers dried grain	3.24 <sup>d</sup>	3.81 <sup>cd</sup>	2.31 <sup>def</sup>	2.48 <sup>gh</sup>	2.56 <sup>fgh</sup>	2.71 <sup>gh</sup>
Tapioca	3.07 <sup>d</sup>	2.45 <sup>efg</sup>	1.69 <sup>f</sup>	1.62 <sup>hi</sup>	1.43 <sup>gh</sup>	1.39 <sup>gh</sup>
SEM	0.409	0.451	0.578	0.408	0.876	1.261
p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraine, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA and <sup>8</sup>Brazil. a,b,c,d,e,f,g,h,i Mean with different letter differ significantly between treatments (p < 0.05).

SEM = standard error of the mean.

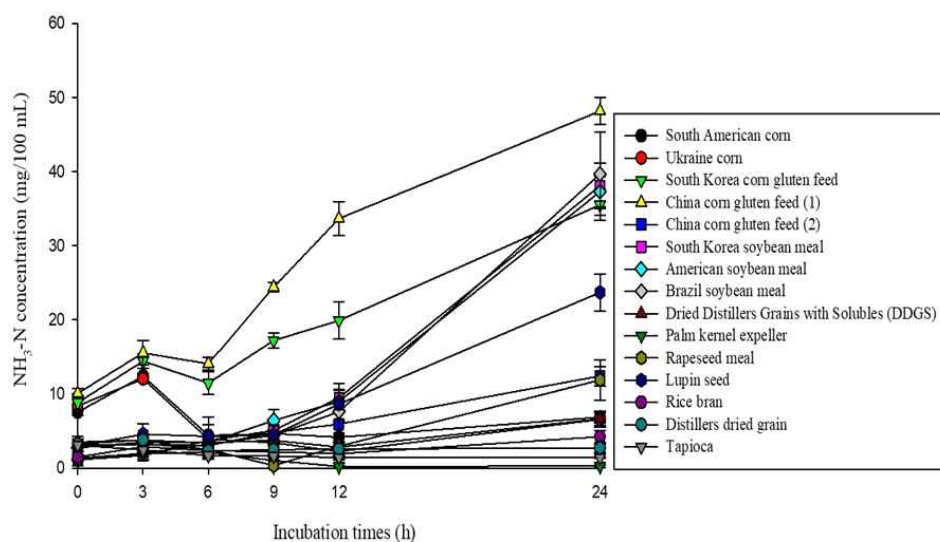


Fig. 7. Change of NH<sub>3</sub>-N concentration (mg/100 mL) on ruminal fermentation *in vitro* with different feed sources for 24 h incubation (n=3).

Table 30. Effect of total VFA concentration (mM) on ruminal fermentation *in vitro* with different feed sources for 24 h incubation (n=3)

Feed	Incubation time (h)					
	0	3	6	9	12	24
Corn grain <sup>1</sup>	30.35 <sup>bcd</sup>	37.28 <sup>bc</sup>	44.42 <sup>b</sup>	56.38 <sup>b</sup>	62.47 <sup>abc</sup>	91.3 <sup>a</sup>
Corn grain <sup>2</sup>	42.94 <sup>a</sup>	33.88 <sup>cd</sup>	43.57 <sup>bc</sup>	55.03 <sup>b</sup>	63.72 <sup>ab</sup>	97.92 <sup>a</sup>
Corn gluten feed <sup>3</sup>	29.91 <sup>cd</sup>	39.92 <sup>ab</sup>	50.16 <sup>a</sup>	64.21 <sup>a</sup>	67.89 <sup>a</sup>	74.99 <sup>b</sup>
Corn gluten feed <sup>4</sup>	28.51 <sup>d</sup>	43.44 <sup>a</sup>	43.22 <sup>bcd</sup>	65.17 <sup>a</sup>	68.28 <sup>a</sup>	70.94 <sup>bc</sup>
Corn gluten feed <sup>5</sup>	25.73 <sup>e</sup>	28.09 <sup>fg</sup>	35.17 <sup>ef</sup>	44.02 <sup>cde</sup>	53.98 <sup>de</sup>	72.48 <sup>bc</sup>
Soybean meal <sup>6</sup>	12.54 <sup>hi</sup>	26.90 <sup>g</sup>	38.77 <sup>cde</sup>	48.52 <sup>c</sup>	58.91 <sup>bcd</sup>	58.49 <sup>de</sup>
Soybean meal <sup>7</sup>	32.7 <sup>b</sup>	34.32 <sup>cd</sup>	37.72 <sup>def</sup>	47.12 <sup>cd</sup>	55.15 <sup>cde</sup>	59.25 <sup>de</sup>
Soybean meal <sup>8</sup>	13.23 <sup>ghi</sup>	30.52 <sup>defg</sup>	36.8 <sup>ef</sup>	42.43 <sup>def</sup>	54.11 <sup>de</sup>	64.65 <sup>cd</sup>
DDGS	30.76 <sup>bcd</sup>	33.11 <sup>cde</sup>	38.95 <sup>bcde</sup>	43.27 <sup>def</sup>	53.73 <sup>de</sup>	52.88 <sup>ef</sup>
Palm kernel expeller	12.14 <sup>i</sup>	28.62 <sup>efg</sup>	32.21 <sup>f</sup>	38.52 <sup>f</sup>	41.98 <sup>fg</sup>	64.55 <sup>cd</sup>
Rapeseed meal	16 <sup>f</sup>	15.56 <sup>h</sup>	16.76 <sup>g</sup>	17.95 <sup>i</sup>	21.86 <sup>h</sup>	41.87 <sup>g</sup>
Lupin seed	15.01 <sup>fg</sup>	15.75 <sup>h</sup>	19.69 <sup>g</sup>	26.53 <sup>g</sup>	38.85 <sup>g</sup>	61.27 <sup>de</sup>
Rice bran	14.73 <sup>fgh</sup>	15.48 <sup>h</sup>	21.1 <sup>g</sup>	24.67 <sup>gh</sup>	34.7 <sup>g</sup>	46.3 <sup>fg</sup>
Distillers dried grain	15.28 <sup>fg</sup>	15.31 <sup>h</sup>	16.52 <sup>g</sup>	19.55 <sup>hi</sup>	23.84 <sup>h</sup>	37.87 <sup>g</sup>
Tapioca	31.3 <sup>bc</sup>	32.78 <sup>cdef</sup>	38.53 <sup>cde</sup>	41.96 <sup>ef</sup>	47.52 <sup>ef</sup>	58.38 <sup>de</sup>
SEM	0.832	1.722	1.912	1.773	2.886	3.211
p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraina, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA and <sup>8</sup>Brazil. a,b,c,d,e,f,g,h,i Mean with different letter differ significantly between treatments (p < 0.05).

SEM= standard error of the mean.

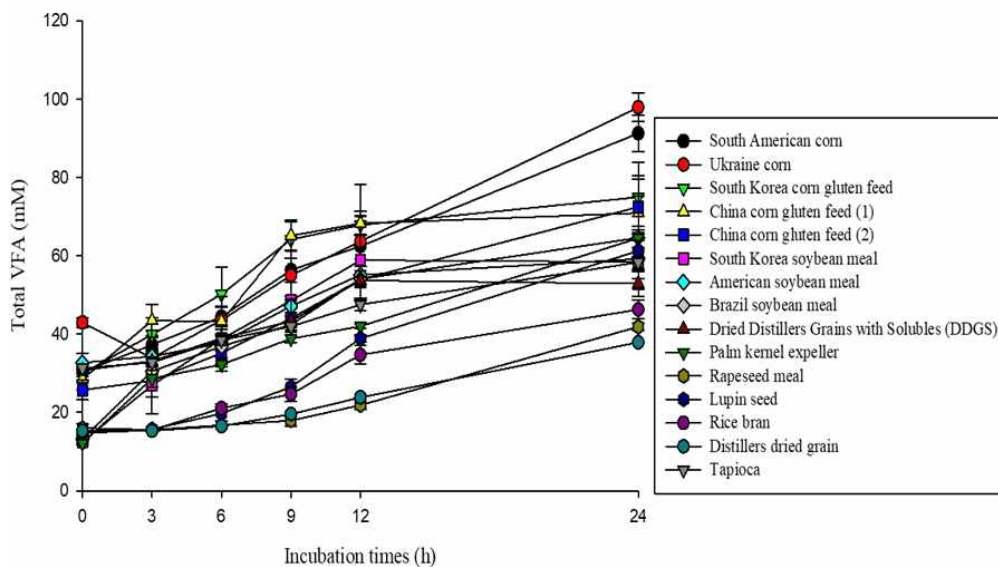


Fig. 8. Change of total VFA concentration (mM) on ruminal fermentation *in vitro* with different feed sources for 24 h incubation (n=3).



Table 31. Effect of A/P (acetic acid/propionic acid) ratio on ruminal fermentation *in vitro* with different feed sources for 24 h incubation (n=3)

Feed	Incubation time (h)					
	0	3	6	9	12	24
Corn grain <sup>1</sup>	4.10 <sup>ab</sup>	3.54 <sup>k</sup>	3.29 <sup>f</sup>	2.83 <sup>efg</sup>	2.45 <sup>def</sup>	1.82 <sup>h</sup>
Corn grain <sup>2</sup>	4.17 <sup>ab</sup>	3.59 <sup>jk</sup>	3.33 <sup>f</sup>	2.84 <sup>efg</sup>	2.45 <sup>def</sup>	1.85 <sup>h</sup>
Corn gluten feed <sup>3</sup>	4.38 <sup>a</sup>	3.67 <sup>hij</sup>	2.91 <sup>h</sup>	2.32 <sup>i</sup>	2.31 <sup>def</sup>	2.29 <sup>de</sup>
Corn gluten feed <sup>4</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	3.61 <sup>ijk</sup>	2.95 <sup>gh</sup>	2.51 <sup>h</sup>	2.3 <sup>ef</sup>	2.44 <sup>cd</sup>
Corn gluten feed <sup>5</sup>	3.95 <sup>ab</sup>	3.62 <sup>ijk</sup>	3.06 <sup>g</sup>	2.75 <sup>fg</sup>	2.53 <sup>d</sup>	2.51 <sup>bc</sup>
Soybean meal <sup>6</sup>	3.99 <sup>ab</sup>	4.86 <sup>a</sup>	4 <sup>ab</sup>	3.31 <sup>c</sup>	2.81 <sup>c</sup>	2.7 <sup>b</sup>
Soybean meal <sup>7</sup>	3.33 <sup>c</sup>	4.07 <sup>c</sup>	3.71 <sup>d</sup>	3d <sup>e</sup>	2.31 <sup>ef</sup>	2.19 <sup>ef</sup>
Soybean meal <sup>8</sup>	4.04 <sup>ab</sup>	4.24 <sup>b</sup>	4.09 <sup>a</sup>	3.36 <sup>c</sup>	2.76 <sup>c</sup>	2.63 <sup>b</sup>
DDGS	4.03 <sup>ab</sup>	3.72 <sup>fgh</sup>	2.88 <sup>h</sup>	2.34 <sup>hi</sup>	2 <sup>g</sup>	1.8 <sup>h</sup>
Palm kernel expeller	3.93 <sup>ab</sup>	3.87 <sup>de</sup>	3.82 <sup>cd</sup>	3.94 <sup>a</sup>	3.95 <sup>a</sup>	3.92 <sup>a</sup>
Rapeseed meal	3.83 <sup>b</sup>	3.93 <sup>d</sup>	3.91 <sup>bc</sup>	3.7 <sup>b</sup>	3.14 <sup>b</sup>	1.92 <sup>gh</sup>
Lupin seed	3.77 <sup>bc</sup>	3.81 <sup>ef</sup>	3.52 <sup>e</sup>	2.76 <sup>fg</sup>	2.25 <sup>f</sup>	2.05 <sup>fg</sup>
Rice bran	3.84 <sup>b</sup>	3.77 <sup>fg</sup>	3.57 <sup>e</sup>	2.73 <sup>g</sup>	1.96 <sup>g</sup>	1.59 <sup>i</sup>
Distillers dried grain	3.9 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>ghi</sup>	3.51 <sup>e</sup>	3.03 <sup>d</sup>	2.36 <sup>def</sup>	1.5 <sup>i</sup>
Tapioca	4.00 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>ef</sup>	3.52 <sup>e</sup>	2.93 <sup>def</sup>	2.51 <sup>de</sup>	2.12 <sup>ef</sup>
SEM	0.17	0.032	0.046	0.065	0.075	0.067
p-value	0.061	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraine, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA and <sup>8</sup>Brazil. a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k Mean with different letter differ significantly between treatments (p < 0.05).

SEM= standard error of the mean.

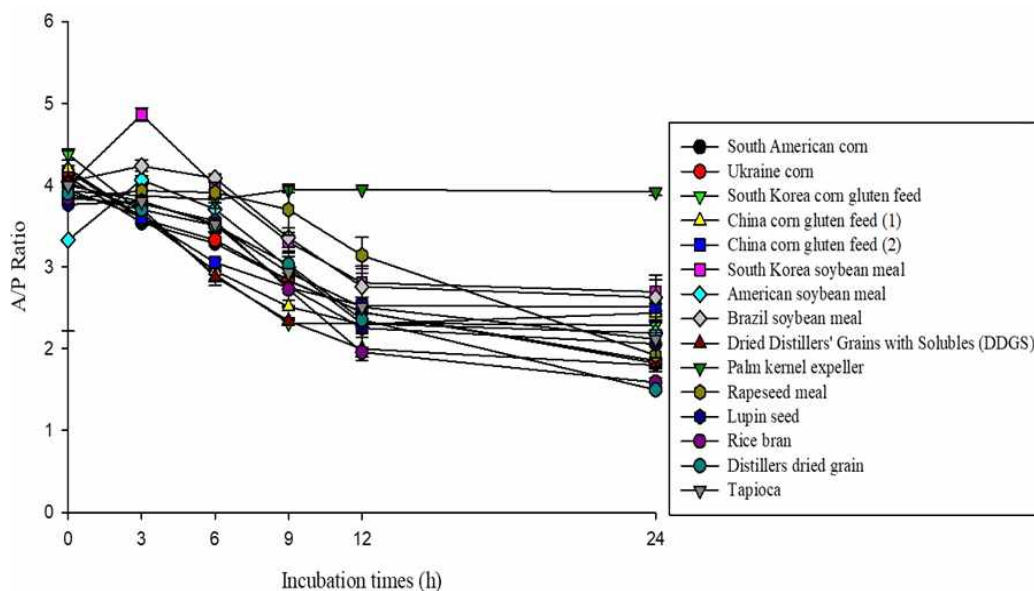


Fig. 9. Change of A/P ratio on ruminal fermentation *in vitro* with different feed sources for 24 h incubation (n=3).

- 총 15 시료에 대한 24시간 배양 후 시료 당 3반복으로 배양실험을 진행하고 3반복 배양액 샘플을 모아 2,370 mL의 배양액에서 원심분리를 통해 반추위미생물만을 수거하였으며, 이를 동결건조 시킨 후 미생물 내 아미노산을 분석하였음. 15가지의 원료사료 중 타피오카는 앞에서 *in vitro* 발효시험에서 보았듯이 미생물 단백질합성량이 극히 부족하여 아미노산 분석을 진행하지 못하여 미생물체 아미노산조성 결과를 얻지 못하였음. Table 32에 원료사료별 배양 후 배양액 내 미생물 DM기준 총아미노산 및 개별아미노산의 조성 (% DM)을 제시하였으며, Table 33에 미생물체 총아미노산 기준 개별아미노산의 조성(% total amino acids)을 제시하였음. 미생물체 내 총아미노산의 함량은 미강이 29.78%으로 가장 낮았으며, 대두박이 전반적으로 높았으며, 특히 미국산 대두박이 52.07%로 가장 높은 함량을 나타내었음. 각 미생물체 내 총아미노산의 함량이 차이가 있어 개별 아미노산 또한 사료별 약간의 차이가 있으나, 큰 차이를 나타내지는 않았음. 개별 아미노산 중에는 모든 사료에서 미생물체내 Cys와 His이 가장 함량이 낮았으며, 반대로 Glu이 가장 높은 함량을 나타내었음. 원료사료별 반추위 *in vitro* 발효시험을 통해 미생물단백질 내 총아미노산의 조성에 차이가 있는 것으로 조사되어 사료원료에 따른 미생물 군총의 변화에 따른 우점 미생물에 따라 미생물체 내 총아미노산의 함량에 변화가 있을 것으로 판단되나, 이러한 판단은 반추위 박테리아 종별 세포의 화학적 구조에 따라 총아미노산 또는 단백질 함량의 차이가 있는 지에 대한 연구가 더 필요하다고 판단됨. 만약, 본 연구의 결과로 본다면, 원료사료에 따라 소장으로 전달되는 반추위미생물 단백질의 총아미노산량에 차이가 있을 것으로 판단됨. 하지만, 원료사료에 따른 총아미노산의 차이에도 불구하고, 개별 아미노산의 조성은 원료사료에 따라 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 특히, Table 33에서 분석된 개별아미노산의 합인 **총아미노산 내 개별 아미노산의 조성은 원료사료간에 차이가 크지 않는 것으로 나타났음.**

Table 32. Amino acid composition(% of DM) of rumen microorganisms after 24 incubation with different feed sources

Amino acid	Corn grain <sup>1</sup>	Corn grain <sup>2</sup>	Corn gluten <sup>3</sup>	Corn gluten <sup>4</sup>	Corn gluten <sup>5</sup>
Asp	4.06	4.42	5.50	5.50	5.42
Thr	1.95	2.08	2.60	2.64	2.48
Ser	1.61	1.70	2.08	2.08	2.02
Glu	5.02	5.17	6.37	6.56	6.55
Gly	1.76	1.87	2.32	2.33	2.33
Ala	2.52	2.67	3.42	3.45	3.42
Val	1.70	1.82	2.21	2.21	1.79
Ile	1.65	1.78	2.14	2.16	1.78
Leu	2.76	2.88	3.55	3.56	3.30
Tyr	1.66	1.79	2.23	2.31	2.23
Phe	1.80	1.93	2.35	2.38	2.38
Lys	2.93	3.28	3.99	3.94	3.56
His	0.60	0.63	0.80	0.78	0.78
Arg	1.73	0.71	2.34	1.07	2.29
Pro	1.34	1.39	1.69	0.81	1.66
Cys	0.65	0.64	0.73	0.79	0.62
Met	1.04	1.11	1.41	1.52	1.05
Total AA	34.78	37.02	45.73	46.25	43.66
Amino acid	Soybean meal <sup>6</sup>	Soybean meal <sup>7</sup>	Soybean meal <sup>8</sup>	DDGS	Palm kernel meal
Asp	5.98	6.45	6.01	5.47	4.70
Thr	2.79	3.01	2.83	2.64	2.25
Ser	2.27	2.45	2.29	2.16	1.76
Glu	7.43	7.74	7.37	6.59	5.93
Gly	2.53	2.75	2.55	2.39	2.09
Ala	3.72	3.96	3.73	3.50	2.80
Val	2.06	2.28	2.17	2.05	1.74
Ile	2.06	2.26	2.18	2.01	1.73
Leu	3.68	3.92	3.77	3.55	2.87
Tyr	2.47	2.58	2.48	2.21	1.90
Phe	2.60	2.73	2.60	2.34	2.03
Lys	3.95	4.33	4.06	3.75	3.04
His	0.85	0.92	0.85	0.81	0.65
Arg	2.65	2.85	2.71	2.48	2.13
Pro	1.78	1.83	1.76	1.66	1.46
Cys	0.72	0.78	0.58	0.60	0.94
Met	1.23	1.23	1.23	1.29	1.18
Total AA	48.77	52.07	49.17	45.50	39.20

Amino acid	Rapeseed meal	Lupin seeds	Rice bran	Distillers grain	Tapioca
Asp	5.18	5.51	3.50	4.67	-
Thr	2.54	2.62	1.67	2.26	-
Ser	2.01	2.10	1.41	1.95	-
Glu	6.91	6.64	4.04	6.20	-
Gly	2.24	2.33	1.60	2.09	-
Ala	3.38	3.55	2.27	3.15	-
Val	2.02	2.09	1.36	1.96	-
Ile	1.95	2.06	1.27	1.84	-
Leu	3.36	3.49	2.23	3.44	-
Tyr	2.07	2.22	1.33	1.92	-
Phe	2.19	2.35	1.50	2.14	-
Lys	3.77	4.01	2.50	1.39	-
His	0.75	0.81	0.54	0.78	-
Arg	2.38	2.56	1.71	2.31	-
Pro	1.60	1.60	1.11	1.72	-
Cys	1.13	0.85	0.73	0.87	-
Met	1.57	1.59	1.10	1.38	-
Total AA	45.05	46.38	29.87	41.89	-

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraina, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA and <sup>8</sup>Brazil.

Table 33. Amino acid composition(% of total amino acids) of rumen microorganisms after 24 incubation with different feed sources

Amino acid	Corn grain <sup>1</sup>	Corn grain <sup>2</sup>	Corn gluten <sup>3</sup>	Corn gluten <sup>4</sup>	Corn gluten <sup>5</sup>
Asp	11.67	11.94	12.03	11.89	12.41
Thr	5.61	5.62	5.69	5.71	5.68
Ser	4.63	4.59	4.55	4.50	4.63
Glu	14.43	13.97	13.93	14.18	15.00
Gly	5.06	5.05	5.07	5.04	5.34
Ala	7.25	7.21	7.48	7.46	7.83
Val	4.89	4.92	4.83	4.78	4.10
Ile	4.74	4.81	4.68	4.67	4.08
Leu	7.94	7.78	7.76	7.70	7.56
Tyr	4.77	4.84	4.88	4.99	5.11
Phe	5.18	5.21	5.14	5.15	5.45
Lys	8.42	8.86	8.73	8.52	8.15
His	1.73	1.70	1.75	1.69	1.79
Arg	4.97	1.93	5.12	2.31	5.25
Pro	3.85	3.75	3.70	1.75	3.80
Cys	1.87	1.73	1.60	1.71	1.42
Met	2.99	3.00	3.08	3.29	2.40

Amino acid	Soybean meal <sup>6</sup>	Soybean meal <sup>7</sup>	Soybean meal <sup>8</sup>	DDGS	Palm kernel meal
Asp	12.26	12.39	12.22	12.02	11.99
Thr	5.72	5.78	5.76	5.80	5.74
Ser	4.65	4.71	4.66	4.75	4.49
Glu	15.23	14.86	14.99	14.48	15.13
Gly	5.19	5.28	5.19	5.25	5.33
Ala	7.63	7.61	7.59	7.69	7.14
Val	4.22	4.38	4.41	4.51	4.44
Ile	4.22	4.34	4.43	4.42	4.41
Leu	7.55	7.53	7.67	7.80	7.32
Tyr	5.06	4.95	5.04	4.86	4.85
Phe	5.33	5.24	5.29	5.14	5.18
Lys	8.10	8.32	8.26	8.24	7.76
His	1.74	1.77	1.73	1.78	1.66
Arg	5.43	5.47	5.51	5.45	5.43
Pro	3.65	3.51	3.58	3.65	3.72
Cys	1.48	1.50	1.18	1.32	2.40
Met	2.52	2.36	2.50	2.84	3.01

Amino acid	Rapeseed meal	Lupin seeds	Rice bran	Distillers grain	Tapioca
Asp	11.50	11.88	11.72	11.15	-
Thr	5.64	5.65	5.59	5.40	-
Ser	4.46	4.53	4.72	4.66	-
Glu	15.34	14.32	13.53	14.80	-
Gly	4.97	5.02	5.36	4.99	-
Ala	7.50	7.65	7.60	7.52	-
Val	4.48	4.51	4.55	4.68	-
Ile	4.33	4.44	4.25	4.39	-
Leu	7.46	7.52	7.47	8.21	-
Tyr	4.59	4.79	4.45	4.58	-
Phe	4.86	5.07	5.02	5.11	-
Lys	8.37	8.65	8.37	3.31	-
His	1.66	1.75	1.81	1.86	-
Arg	5.28	5.52	5.72	5.51	-
Pro	3.55	3.45	3.72	4.11	-
Cys	2.51	1.83	2.44	2.08	-
Met	3.49	3.43	3.68	3.29	-

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraina, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA and <sup>8</sup>Brazil.

○ Table 34는 기존에 발표된 대표적인 반추위 미생물 (박테리아)의 아미노산 조성과 본 연구에서 *in vitro* 발효실험을 통해 분석된 총 14개의 시료로부터 얻어진 미생물체 아

미노산 평균값을 비교하였음. 총아미노산 기준 개별 아미노산의 조성은 본 연구에서 조사된 것과 기존의 연구결과, branched-chain amino acid인 Ile과 Val이 본 연구결과에서 약 2% 높게 조사된 것을 제외하고 다른 아미노산의 조성은 매우 유사한 것으로 나타나, 반추위 내 미생물체 아미노산은 반추동물의 종, 품종, 사양조건 등에 차이가 있음에도 큰 차이가 나지 않는다는 것을 알 수 있음. 하지만, 사용된 사료들이 주로 단백질 원료사료이기에 같은 동물에서 에너지 원료사료 등 사료를 좀 더 다양화 하여 추가 연구가 필요할 것으로 판단됨.

Table 34. Average amino acid composition (% of total amino acids) of rumen microorganisms after 24 incubation with different feed sources in the present study compared with the amino acid composition (% of total amino acids) of rumen bacteria from previous studies

Amino acid	Present study		Previous study <sup>1</sup>	
	Mean	SD	Mean	SD
Asp	11.9	0.3	12.2	0.6
Thr	5.7	0.1	5.8	0.5
Ser	4.6	0.1	4.6	0.4
Glu	14.6	0.6	13.1	0.7
Gly	5.2	0.1	5.8	0.5
Ala	7.5	0.2	7.5	0.6
Val	4.5	0.2	6.2	0.6
Ile	4.4	0.2	5.7	0.4
Leu	7.7	0.2	8.1	0.8
Tyr	4.8	0.2	4.9	0.6
Phe	5.2	0.1	5.1	0.3
Lys	8.0	1.4	7.9	0.9
His	1.7	0.1	2.0	0.4
Arg	4.9	1.2	5.1	0.7
Pro	3.6	0.5	3.7	0.5
Cys	1.8	0.4	-	-
Met	3.0	0.4	2.6	0.7

<sup>1</sup>Average composition of 441 bacterial samples from animals fed 61 dietary treatments in 35 experiments (Clark et al. 1992).

- 반추위 미생물 단백질의 아미노산 조성과 근육단백질 아미노산 조성의 비교 (Table 35)
  - 대사단백질 공급원 중 중요한 구성요소로 작용하는 반추위 미생물 단백질의 아미노산 조성은 일부 아미노산은 근육단백질의 아미노산의 함량과 비슷하지만 대부분의 아미노산들에서 차이를 나타내었음.
  - Arg와 Glu과 같은 풍미에 영향을 미치는 아미노산의 경우 반추위 미생물단백질 내 함량이 근육단백질보다 낮게 조사되어 이들 아미노산의 경우 사료를 통한 대사단백질 내 아미노산 공급량이 증가해야 할 것으로 판단됨.
  - His의 경우 반추동물의 단백질 합성에 중요한 제한아미노산 중의 하나로 반추위 미생물 단백질 내 함량이 근육단백질과 비교하여 극히 낮은 것으로 조사되어 근육단백질의 합성을 극대화시키기 위해서는 사료원료의 종류 및 공급량 조절 등을 통해 본 아미노산의 대사단백질 공급량을 증가시켜야 할 필요가 있을 것으로 판단됨. Lys, Leu 및 Val도 필수아미노산으로 미생물 단백질의 아미노산 조성이 근육단백질과 비교하여 낮은 것으로 조사되어 이들 아미노산 또한 근육단백질 합성에 관련된 후보 제한아미노산으로 사료를 통한 공급이 필요할 것으로 판단됨.
  - 일반적으로 육우사양에 있어 제한아미노산으로 알려져 있는 Met은 반추위 미생물단백질과 근육단백질을 비교하였을 앵거스의 근육단백질과 비교하여서는 큰 차이가 없으나 한우의 근육단백질과의 차이는 앵거스보다 상대적으로 차이가 있어 Met에 대한 대사단백질 공급도 필요할 것으로 판단됨.

Table 35. Amino acid composition (% of total amino acids) of Hanwoo loin meat and rumen microorganisms in the present study

Amino acid	Beef quality grade of Hanwoo cattle			Rumen microorganisms
	1	1 <sup>+</sup>	1 <sup>++</sup>	
Asp	9.48	9.51	9.48	11.93
Thr	4.80	4.75	4.76	5.67
Ser	4.26	4.19	4.27	4.61
Glu	15.88	15.64	15.46	14.59
Gly	5.06	4.83	5.34	5.15
Ala	6.29	6.25	6.37	7.51
Val	4.93	4.96	4.99	4.55
Ile	4.51	4.62	4.48	4.44
Leu	9.00	9.06	8.80	7.66
Tyr	3.41	3.39	3.30	4.84
Phe	4.33	4.31	4.28	5.17
Lys	9.66	9.70	9.57	8.00
His	3.81	4.13	3.82	1.74
Arg	6.63	6.63	6.63	4.92
Pro	4.51	4.37	4.82	3.56
Cys	1.15	1.21	1.26	1.79
Met	2.43	2.46	2.50	2.99

- 한우의 MP 내 균형 아미노산 공급이 가능한 사료 배합유형 선정을 위한 RUP, MCP 및 한우 근육단백질 아미노산 조성의 비교 (Table 36)
- MP에 포함되는 RUP와 MCP의 필수아미노산 조성과 한우 등심육의 필수아미노산을 비교함. 원료사료에 따라 미분해 단백질의 아미노산 조성에는 차이가 일부 있는 것으로 조사되었음. Thr의 경우 옥수수 미분해단백질의 함량이 다른 사료에 비해 가장 낮았으며, 대부분의 사료 내 Thr이 반추위 미생물체 내 Thr보다 낮았으나, 한우근육조직 내 Thr의 함량이 미생물체 Thr보다는 낮아 각 사료공급과 미생물체 단백질의 적절한 공급이 된다면 한우근육조직합성에 부족하지 않을 것으로 판단되나, 한우비육말기 농후사료위주 공급에 따른 미생물 단백질 공급량이 부족할 경우 근육단백질 합성을 위한 Thr의 부족도 고려되어야 할 것으로 판단됨.
- Val은 큰 차이는 없지만, 옥수수단백질, 단백질, 대두박, DDGS, 루핀종실, 주정박 등의 미분해단백질내 함량이 근육단백질의 함량보다 낮았고, 이에 더해 미생물체 내 Val의 함량도 낮아 근육단백질합성을 위해서는 팜박과 미강의 단백질 공급이 추가된다면 부족현상이 해소될 수 있을 것으로 판단됨. Ile의 경우 모든 미분해사료단백질과 미생물체단백질의 Ile함량이 근육단백질의 4.55%보다 다소 낮은 것으로 조사되었음. Leu의 경우 대부분 미분해사료단백질의 함량이 근육단백질 내의 함량보다 높거나 유사하였고, 팜박을 제외하고 미생물체내 함량보다는 높은 것으로 조사되어 사료공급만으로도 부족하지 않을 것으로 판단됨.
- Phe의 경우 모든 미분해 사료단백질과 미생물체 단백질에서 근육단백질 내의 함량보다 높아 충분히 요구량을 충족할 수 있을 것으로 판단됨.
- 본 연구의 결과 **Lys과 His이 가장 근육단백질합성을 제한하는 아미노산으로 판단됨.** Lys의 경우 미생물체 내 조성은 8.0%로 근육단백질내 함량인 9.69%에 조금 부족하지만, 미분해사료단백질의 경우 조사된 모든 사료에서 극히 낮은 함량을 나타내어 농후사료 위주 사양인 비육말기에 Lys의 부족현상이 뚜렷할 것으로 판단되어 사료배합비 조절만으로 부족현상을 막기에는 어려울 것으로 판단되어 반추위 보호 Lys 등과 같은 아미노산첨가제의 공급이 필요할 것으로 판단됨. His은 Lys과 유사하게 사료와 미생물체 내 함량이 근육단백질 내의 함량에 비해 낮았으며, 특히 미생물체 단백질의 함량이 사료에 비해 더 낮은 것으로 조사됨. 농후사료위주의 공급을 하는 비육말기에 미생물 합성량이 낮더라도 사료공급만으로는 근육단백질 합성을 위한 His공급량이 부족할 것으로 판단되어 이를 해결하기 위한 첨가제나 미생물 단백질 합성량을 증가시킬 수 있는 사료조건을 갖추어야 할 것으로 판단됨.
- Arg은 팜박과 루핀종실을 제외하고 근육단백질 내 함량보다 낮았으며, 미생물체 단백질 내 함량도 낮아 이를 사료의 배합조건에 따라 근육단백질 합성을 위한 요구량에 부족할 것으로 판단됨.
- Met의 경우 흔히 제1 제한 아미노산으로 알려져 있으나, 본 연구의 결과 대두박, 단백질 및 루핀종실에서 한우근육 내 함량보다 낮게 조사되었으며, 반추위 미생물 내 Met의 함량은 높은 것으로 나타남. 농후사료 내 대두박과 단백질 위주로 공급한다면 Met



또한 근육단백질 합성을 제한할 수 있을 것으로 판단되어, 대두박과 단백질 이외의 Met함량이 높은 원료사료를 추가해야 할 것으로 판단됨.

- 한우의 풍미와 관련된 Glu은 미강이 다소 함량이 낮았으며, 미생물체 내 함량도 낮았으나, 다른 사료들은 함량이 높아 Glu의 함량을 증가시키기에는 사료공급으로 충분할 것으로 판단됨. 하지만 Ala은 대두박, 팜박, 채종박, 루핀종실 등이 한우 근육단백질 내 함량에 비해 낮았고 반대로 미생물체 내에서는 높은 함량을 나타내어 대두박 및 채종박 위주의 원료사료 공급시 풍미에 큰 영향을 미치지 못할 것으로 판단됨.

Table 36. Comparison of amino acids composition (% of total amino acids) between Hanwoo loin meat, rumen microbial protein and rumen undegradable protein (RUP) of different feed sources for protein supply for Hanwoo cattle in the study

Amino acid	RUP <sup>1</sup>					Rumen microorg anisms <sup>2</sup>	Hanwoo loin <sup>3</sup>
	Corn grain	Corn gluten	Soybean meal	DDGS	Palm kernel meal		
Asp	5.76	6.16	11.19	6.14	8.82	11.93	9.28
Thr	3.61	5.28	4.75	3.80	3.63	5.67	4.81
Ser	5.29	5.27	5.66	5.07	4.86	4.61	4.27
Glu	22.15	19.21	17.32	21.04	22.84	14.59	15.81
Gly	2.95	4.55	4.46	3.09	4.86	5.15	5.03
Ala	8.23	7.10	5.13	7.95	4.78	7.51	6.32
Val	4.35	4.91	4.64	4.33	5.44	4.55	4.98
Ile	3.41	2.82	4.42	3.58	3.63	4.44	4.55
Leu	14.53	10.85	8.77	14.30	7.25	7.66	9.00
Tyr	3.01	2.40	3.91	3.83	1.98	4.84	3.40
Phe	5.22	4.70	5.44	5.46	4.70	5.17	4.33
Lys	1.94	3.29	5.84	2.31	2.72	8.00	9.69
His	1.87	2.77	2.46	2.02	1.81	1.74	3.93
Arg	2.68	3.03	6.50	3.30	12.70	4.92	6.64
Pro	9.64	11.38	5.03	8.23	4.53	3.56	4.54
Cys	2.74	4.24	2.58	2.84	2.39	1.79	1.22
Met	2.61	2.04	1.89	2.70	3.05	2.99	2.42

Amino acid	RUP <sup>1</sup>					Rumen microorganisms <sup>2</sup>	Hanwoo loin <sup>3</sup>
	Rapeseed meal	Lupin seed	Rice bran	Distillers grain	Tapioca		
Asp	8.38	11.27	11.40	6.14	9.79	11.93	9.28
Thr	5.53	4.10	4.85	3.71	5.50	5.67	4.81
Ser	5.35	5.56	5.42	5.15	6.12	4.61	4.27
Glu	18.09	21.30	11.51	21.17	15.60	14.59	15.81
Gly	5.56	4.17	5.76	3.14	4.89	5.15	5.03
Ala	5.32	4.25	6.88	8.00	6.73	7.51	6.32
Val	5.60	4.54	6.66	3.95	6.42	4.55	4.98
Ile	4.36	4.54	4.40	3.14	3.98	4.44	4.55
Leu	8.03	8.20	9.59	14.32	7.95	7.66	9.00
Tyr	3.10	2.71	1.92	4.13	2.14	4.84	3.40
Phe	4.75	4.61	6.32	5.51	4.89	5.17	4.33
Lys	4.86	4.98	4.85	2.04	5.50	8.00	9.69
His	2.53	2.49	1.92	2.04	2.14	1.74	3.93
Arg	6.34	8.64	4.97	3.35	3.67	4.92	6.64
Pro	6.55	5.64	7.56	8.33	8.87	3.56	4.54
Cys	3.20	2.05	3.39	3.08	3.67	1.79	1.22
Met	2.46	0.95	2.60	2.79	2.14	2.99	2.42

Data are from <sup>1</sup>the 1<sup>st</sup> cooperative institute, <sup>2</sup>Table 9 and <sup>3</sup>Table 34.

## 2. MP 내 개별 아미노산 흡수량 및 근육조직 내 단백질합성량 산정

### ○ 한우 근육단백질 합성을 위한 대사단백질 (MP) 시스템

- 대사단백질이란 제4위 이후에서 소화되어 소장에서 흡수되는 순단백질로 정의되며, 반추위 내에서 합성된 미생물단백질 (MCP), 비분해성사료단백질 (RUP), 그리고 소량이지만 내인성단백질 (endogenous crude protein; ECP) 등을 포함함. 이들 단백질들은 소장에 도달하여 소화효소들에 의해 최종 아미노산으로 소화되며, 소장의 점막상피세포를 통해 흡수되게 됨.
- 소장에서 흡수된 아미노산은 동물체 내 단백질합성을 위한 주원료로 이용되므로, 동물체의 유지, 성장, 번식 및 비유에 필요함. 따라서 흡수되는 아미노산의 조성이 얼마나 이상적이냐 하는 것은 이러한 생리적 기능상 중요한 의미를 가짐. 미국에서 출간된 가금영양소 요구량과 돼지영양소 요구량)에 의하면, 가축의 생리 상태에 필요한 대사단백질에 대하여 최적의 아미노산 조성이 존재한다고 하였는바, 이는 한우에 대해서도 동일하게 적용될 수 있을 것으로 해석됨. 현재 유럽과 미국의 사양표준에서는 반추동물이 정미 이용(흡수)가능한 단백질의 요구량 또는 공급량을 추정하는 대사단백질 시스템이 채택되고 있음. 이 시스템은 사료단백질의 분해성, 반추위 내 미생물단백질의 합성량, 소장에서의

단백질 소화율 등을 바탕으로 한 대사단백질 공급량 추정시스템과, 체내 아미노산 이용 효율 등을 바탕으로 한 동물의 대사단백질 요구량 추정시스템을 유기적으로 연결한 것임. 대표적인 대사단백질 시스템인 영국, 프랑스, 미국 등 3국의 시스템 간에는 특히 단백질의 유지요구량에 있어서 대사성 분질소에 대한 개념상에 차이가 있어서 얻어진 수치 간에 커다란 차이를 보이고 있으나, 이들 3국의 시스템 간에 미생물합성효율 그 자체에는 어느 정도 차이가 있을지라도, 반추위 내 미생물단백질 합성에 필요한 분해성 단백질 량에 있어서는 비교적 유사함.

- 본 연구에서는 **한우에 대한 MP시스템이 국내에서는 개발되어 있지 않았고**, 앞의 연구결과에서 미생물 단백질 내 아미노산의 조성이 기존 연구결과들과 큰 차이가 없음이 발견되어 **최근 발간된 미국의 육우사양표준 NRC (2016)을 기초로 한우의 근육조직 단백질의 합성을 위한 단백질공급시스템에 적용하여 개발함.**

○ 한우 비육말기 원료 사료별 RUP와 미생물체단백질 및 아미노산 조성 자료를 이용한 MP 내 개별 아미노산 최종 흡수량 결정

- MP의 공급량은 소화된 RUP와 소화된 미생물순단백질 (microbial true protein, MTP, g/d)의 합으로 계산됨. RUP의 소화율은 농후사료 (사료 DM 내 100% 조사료 이하의 사료) 대하여 80% 또는 조사료 (사료 DM 내 100% 조사료가 포함된 사료)에 대하여 60%를 적용함. MCP (microbial crude protein)은 순단백질을 80% 포함하며, 소장 내 소화율은 80%로 적용하기에 박테리아로부터의 MP는  $MCP \times 0.80 \times 0.80$ 으로 아래와 같이 계산할 수 있음:

$$MP_j = MP_{feedj} + MP_{mtpj}$$

$$MP_{feedj} = RUP_j \times 0.80, \text{ Forage} < 100\% \text{ DM (concentrates) or,} \\ = RUP_j \times 0.6, \text{ Forage} = 100\% \text{ DM (forages)}$$

$$RUP_j = (CP_j/100) \times ([RUP_j]/100) \times DMI_j$$

$$MP_{mtpj} = MCP_j \times 0.8 \times 0.8$$

$$MCP_j = (42.73 + 0.87 \times TDN_j \times DMI_j)/1,000, \text{ EE} < 3.9\% \text{ or,} \\ = (53.33 + 0.96 \times FFTDN_j \times DMI_j)/1,000, \text{ EE} \geq 3.9\%$$

$$FFTDN_j = TDN_j - 2.225 \times EE_j$$

where

CP<sub>j</sub> is the crude protein content of the Jth feedstuff, % DM;

DMI<sub>j</sub> is the dry matter intake of the Jth feedstuff, kg/d;

FFTDN is the fat-free total digestible nutreinte content of the jth feedstuff(adjusted for EE, not digestible EE), % DM;

MCP<sub>j</sub> is the microbial crude prtein supplied by the Jth feedstuff, kg/d;

MP<sub>feedj</sub> is the metabolizable protein supplied by the jth feedstuff, kg/d;

MP<sub>j</sub> is the metabolizable protein of the jth feedstuff, kg/d;

MP<sub>mtpj</sub> is the bacterial metabolizable protein supplied by the jth feedstuff, kg/d;

MTP is microbial true protein of the diet, g/d;

RUP<sub>j</sub> is the ruminally undegradable protein of the jth feedstuff, kg/d;

[RUP]<sub>j</sub> is the concentration of ruminally undegradable protein of the jth feedstuff, % CP; and

TDN<sub>j</sub> is the total digestible nutrient of the jth feedstuff, % DM.

- MP공급량 중 사료로부터 개별 아미노산 흡수량 (공급량)을 산출하기 위해서는 각 사료 내 미분해 단백질의 아미노산의 조성 (제1 협동연구기관의 자료)이 이용됨. MP공급량 중 박테리아로부터의 아미노산 공급량을 산출하기 위해서는 박테리아의 아미노산 조성이 이용됨. NRC (2016)는 Clark 등 (1992)이 발표한 bacterial AA의 함량 (Table 20)이 이용되었고, 본 연구에서는 다양한 원료사료를 이용하여 수행한 *in vitro* 발효실험에서 조사된 미생물 단백질 내 각 아미노산의 평균값을 이용함 (Table 34).

$$\text{DIGFAA}_{j,i} = (\text{FAA}_{j,i}/100) \times \text{MPfeed}_j$$

$$\text{DIGBAA}_{j,i} = (\text{BAA}_i/100) \times \text{MPmtp}_j$$

$$\text{DIGAA}_{j,i} = \text{DIGFAA}_{j,i} + \text{DIGBAA}_{j,i}$$

where

BAA<sub>i</sub> is the i<sup>th</sup> bacterial amino acid content, % MP;

DIGAA<sub>j,i</sub> is the i<sup>th</sup> absorbed amino acid supplied by the jth feedstuff(RUP) and the bacteria of the jth feedstuff, kg/d;

DIGBAA<sub>j,i</sub> is the i<sup>th</sup> absorbed amino acid supplied by the bacteria of the jth feedstuff, kg/d;

DIGFAA<sub>j,i</sub> is the i<sup>th</sup> absorbed amino acid supplied by the RUP of the jth feedstuff, kg/d; and

FAA<sub>j,i</sub> is the i<sup>th</sup> amino acid content of the jth feedstuff, % MP.

- 사료유래 MP량 (MPfeed)과 각 개별 아미노산의 MP 내 공급량 (DIGFAA)은 아래의 산출식을 적용하여 협동연구기관에서 분석된 각 원료사료별 RUP 및 아미노산 조성자료에 근거하여 소장으로 흡수되는 사료유래 아미노산의 흡수량 즉, MP공급량을 산출하였음 (Table 37).

$$\text{MPfeed}_j = \text{RUP}_j \times 0.80, \text{ Forage} < 100\% \text{ DM (concentrates)}$$

$$\text{DIGFAA}_{j,i} = (\text{FAA}_{j,i}/100) \times \text{MPfeed}_j$$

- Table 37의 결과 RUP공급량은 18.69 ~ 218.25 g/kg DM으로 사료별 큰 차이를 보였으며, 타피오카의 RUP공급량이 가장 낮았고 반대로 대두박의 공급량이 가장 높았으며, 특히 브라질산 대두박에서 가장 공급량이 높았음. RUP의 공급량을 기준으로 소장내 소화율(흡수율) 80%를 적용하여 MPfeed를 구하였음. 동일한 소화율을 적용하였기에 RUP의 공급량과 유사한 사료별 차이를 보였음. 사료를 통해 공급되는 MPfeed는 14.95 ~ 174.60 g/kg DM으로 대두박에서 가장 높은 MP공급량을 나타내었음.

Table 37. Predicted amino acid supply(AA g/kg DM of feed) from rumen underadable protein (RUP) to the metabolizable protein (MP) in Hanwoo cattle fed different feed sources in the study

	Corn grain <sup>1</sup>	Corn grain <sup>2</sup>	Corn gluten <sup>3</sup>	Corn gluten <sup>4</sup>	Corn gluten <sup>5</sup>
CP	83.47	84.88	231.77	253.02	259.65
RUP	28.94	25.44	28.66	29.96	26.43
MPfeed <sup>9</sup>	23.15	20.35	22.93	23.96	21.14
Asp	1.17	1.10	1.27	1.18	1.11
Thr	0.74	0.69	1.08	1.05	0.92
Ser	1.09	1.00	1.05	1.05	0.95
Glu	4.56	4.21	3.65	3.93	3.52
Gly	0.60	0.57	0.95	0.89	0.78
Ala	1.69	1.57	1.39	1.40	1.30
Val	0.87	0.85	0.98	0.99	0.87
Ile	0.63	0.72	0.57	0.54	0.51
Leu	2.95	2.80	2.06	2.17	2.03
Tyr	0.60	0.59	0.48	0.48	0.43
Phe	1.07	1.00	0.92	0.93	0.87
Lys	0.38	0.39	0.67	0.64	0.59
His	0.38	0.36	0.54	0.57	0.49
Arg	0.55	0.51	0.63	0.61	0.51
Pro	2.05	1.77	2.22	2.33	2.03
Cys	0.57	0.51	0.82	0.93	0.70
Met	0.55	0.49	0.41	0.41	0.35
	Soybean meal <sup>6</sup>	Soybean meal <sup>7</sup>	Soybean meal <sup>8</sup>	DDGS	Palm kernel meal
CP	560.19	515.12	548.18	342.40	196.30
RUP	153.60	139.46	218.25	142.43	80.51
MPfeed <sup>9</sup>	122.88	111.57	174.60	113.94	64.41
Asp	12.18	11.09	17.75	5.91	4.68
Thr	5.39	4.72	7.21	3.65	1.93
Ser	6.28	5.66	8.72	4.88	2.58
Glu	18.27	17.07	28.46	20.25	12.13
Gly	4.89	4.51	6.87	2.97	2.58
Ala	5.82	5.11	7.75	7.65	2.54

Val	5.08	4.47	7.52	4.17	2.89
Ile	4.78	4.24	7.27	3.45	1.93
Leu	9.69	8.63	13.79	13.76	3.85
Tyr	4.34	3.93	6.01	3.69	1.05
Phe	5.90	5.39	8.66	5.26	2.50
Lys	6.49	5.71	9.17	2.22	1.44
His	2.74	2.41	3.88	1.95	0.96
Arg	6.93	6.38	10.63	3.18	6.74
Pro	5.46	5.00	7.98	7.92	2.41
Cys	3.03	2.53	3.82	2.73	1.27
Met	2.25	1.82	2.82	2.60	1.62

	Rape seed meal	Lupin seeds	Rice bran	Distillers grain	Tapioca
CP	432.54	358.02	147.03	341.40	31.16
RUP	161.70	50.14	34.23	141.99	18.69
MPfeed <sup>9</sup>	129.36	40.11	27.38	113.60	14.95
Asp	8.44	4.12	2.67	6.27	1.12
Thr	5.56	1.50	1.14	3.79	0.63
Ser	5.39	2.03	1.27	5.26	0.70
Glu	18.22	7.78	2.70	21.63	1.79
Gly	5.60	1.52	1.35	3.21	0.56
Ala	5.35	1.55	1.61	8.17	0.77
Val	5.64	1.66	1.56	4.04	0.74
Ile	4.39	1.66	1.03	3.21	0.46
Leu	8.08	3.00	2.25	14.63	0.91
Tyr	3.12	0.99	0.45	4.22	0.25
Phe	4.78	1.69	1.48	5.63	0.56
Lys	4.89	1.82	1.14	2.08	0.63
His	2.55	0.91	0.45	2.08	0.25
Arg	6.38	3.16	1.16	3.43	0.42
Pro	6.59	2.06	1.77	8.51	1.02
Cys	3.23	0.75	0.79	3.15	0.42
Met	2.48	0.35	0.61	2.85	0.25

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraina, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA, <sup>8</sup>Brazil.

<sup>9</sup>MPfeed is the metabolizable protein supplied by feedstuff.

- 각 원료사료를 섭취하여 한우의 반추위 내 미생물 단백질 합성을 위한 사료의 반추위 분해단백질 (rumen degradable protein, RDP)의 요구량은 반추위 미생물에 의한 RDP 이용율을 100%로 하여 계산할 수 있음. RDP 공급량은 반추위 재순환 N를 포함하지 않음. 만약 RDP가 MCP 합성량 보다 더 공급된다면 잉여 RDP는 암모니아로 전환되어 체내로 흡수된다고 가정함. 한우비육의 경우 농후사료를 충분히 공급하기에 미생물 단백질합성을 위한 RDP가 부족하지 않으리라고 가정하여 산출함. 제1 협동연구기관에서 조사된바와 같이 RDP의 평균값은 전체사료의 70%로 이들이 모두 반추위에서 이용될 경우 MCP에 모두 사용되기에 충분할 것으로 판단됨. 또한 농후사료공급이 충분하기에 미생물단백질합성을 위한 에너지도 충분히 공급될 수 있다고 가정하여 MCP를 결정함.
- 미생물 단백질로부터 한우비육우에 대한 대사단백질 (MPtmp) 내 공급량을 산출하기 위해서는 위에서 제시한 원료사료별 미생물단백질 (MCP)의 합성량 (공급량)을 먼저 산출해야함. 이를 위해 한우에 대한 MCP산출식이 존재하지 않기에 NRC (2016)의 다양한 육우품종에 대한 평균 MCP 계산방식을 적용하여, MCP의 true protein 함량을 80%, 즉 총아미노산의 함량을 80%로 하였으며, 여기에 소화율 80%를 적용하여 원료사료별 개별 아미노산의 MP 공급량을 산출하였음. 원료사료별 MCP를 산출하기 위해 사료 내 조지방 (EE)의 함량이 3.9% 이하인 경우와 3.9%이상의 경우에는 아래에 제안된 수식에 의해 달리 적용하여 산출하였으며, 조지방의 함량이 3.9% 이상인 경우에는 FFTDN값 (fat free TDN)을 아래와 같이 산출하여 적용하였으며, TDN값은 본 연구에서 조사하지 못하여 한우사양표준 (2017), 한국표준사료성분표와 NRC의 사료성분표를 참고하여 적용하였음 (Table 38). 미생물체를 통한 MP공급량은 채종박이 65.52 g/kg DM feed로 가장 낮았으며, 85.06 g/kg DM feed로 루핀종실이 가장 높았음.

$$MPtmp_j = MCP_j \times 0.8 \times 0.8$$

$$MCP_j = (42.73 + 0.87 \times TDN_j \times DM_i) / 1,000, EE < 3.9\% \text{ or,}$$

$$= (53.33 + 0.96 \times FFTDN_j \times DM_i) / 1,000, EE \geq 3.9\%$$

$$FFTDN_j = TDN_j - 2.225 \times EE_j$$

Table 38. Predicted amino acid supply(AA g/kg DM of feed) of metabolizable protein(MP) from rumen microbial protein(MCP) in Hanwoo cattle fed different feed sources in the study

	Corn grain <sup>1</sup>	Corn grain <sup>2</sup>	Corn gluten <sup>3</sup>	Corn gluten <sup>4</sup>	Corn gluten <sup>5</sup>
MCP <sup>9</sup>	130.32	130.63	111.82	111.82	111.82
MTP <sup>10</sup>	104.25	104.50	89.45	89.45	89.45
MPtmp <sup>11</sup>	83.40	83.60	71.56	71.56	71.56
Asp	9.74	9.98	8.61	8.51	8.88
Thr	4.68	4.70	4.07	4.08	4.06
Ser	3.86	3.84	3.25	3.22	3.31

Glu	12.04	11.68	9.97	10.15	10.74
Gly	4.22	4.22	3.63	3.61	3.82
Ala	6.04	6.03	5.35	5.34	5.61
Val	4.08	4.11	3.46	3.42	2.93
Ile	3.96	4.02	3.35	3.34	2.92
Leu	6.62	6.50	5.56	5.51	5.41
Tyr	3.98	4.04	3.49	3.57	3.66
Phe	4.32	4.36	3.68	3.68	3.90
Lys	7.03	7.41	6.24	6.10	5.84
His	1.44	1.42	1.25	1.21	1.28
Arg	4.15	1.61	3.66	1.65	3.75
Pro	3.21	3.14	2.64	1.25	2.72
Cys	1.56	1.45	1.14	1.22	1.02
Met	2.49	2.51	2.21	2.35	1.72

	Soybean meal <sup>6</sup>	Soybean meal <sup>7</sup>	Soybean meal <sup>8</sup>	DDGS	Palm kernel meal
MCP <sup>9</sup>	118.18	118.18	118.38	125.51	109.51
MTP <sup>10</sup>	94.54	94.54	94.70	100.41	87.61
MPmtp <sup>11</sup>	75.63	75.63	75.76	80.33	70.09
Asp	9.27	9.37	9.26	9.66	8.40
Thr	4.33	4.37	4.36	4.66	4.02
Ser	3.52	3.56	3.53	3.81	3.15
Glu	11.52	11.24	11.36	11.63	10.60
Gly	3.92	3.99	3.93	4.22	3.74
Ala	5.77	5.75	5.75	6.18	5.01
Val	3.19	3.31	3.34	3.62	3.11
Ile	3.19	3.28	3.36	3.55	3.09
Leu	5.71	5.69	5.81	6.27	5.13
Tyr	3.83	3.75	3.82	3.90	3.40
Phe	4.03	3.97	4.01	4.13	3.63
Lys	6.13	6.29	6.26	6.62	5.44



His	1.32	1.34	1.31	1.43	1.16
Arg	4.11	4.14	4.18	4.38	3.81
Pro	2.76	2.66	2.71	2.93	2.61
Cys	1.12	1.13	0.89	1.06	1.68
Met	1.91	1.79	1.90	2.28	2.11
	Rapeseed meal	Lupin seeds	Rice bran	Distillers grain	Tapioca
MCP <sup>9</sup>	101.90	132.91	105.86	105.09	-
MTP <sup>10</sup>	81.52	106.32	84.69	84.07	-
MPmtp <sup>11</sup>	65.22	85.06	67.75	67.26	-
Asp	7.50	10.11	7.94	7.50	-
Thr	3.68	4.80	3.79	3.63	-
Ser	2.91	3.85	3.20	3.13	-
Glu	10.00	12.18	9.16	9.95	-
Gly	3.24	4.27	3.63	3.36	-
Ala	4.89	6.51	5.15	5.06	-
Val	2.92	3.83	3.08	3.15	-
Ile	2.82	3.78	2.88	2.95	-
Leu	4.86	6.40	5.06	5.52	-
Tyr	3.00	4.07	3.02	3.08	-
Phe	3.17	4.31	3.40	3.44	-
Lys	5.46	7.35	5.67	2.23	-
His	1.09	1.49	1.22	1.25	-
Arg	3.45	4.69	3.88	3.71	-
Pro	2.32	2.93	2.52	2.76	-
Cys	1.64	1.56	1.66	1.40	-
Met	2.27	2.92	2.50	2.22	-

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraina, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA, <sup>8</sup>Brazil.

<sup>9</sup>MCP is the microbial crude protein supplied by feedstuff

<sup>10</sup>MTP is the true protein in the microbial crude protein supplied by feedstuff.

<sup>11</sup>MPmtp is the bacterial metabolizable protein supplied by feedstuff.

- 원료사료별 반추위 내 미생물단백질 및 RUP 공급량에 따른 MP 내 아미노산 공급량 산출
  - 원료사료를 한우에 급여하였을 때 RUP와 MCP로부터 공급되는 MPfeed와 MPmtp의 합으로 MP공급량이 산출되었으며, 사료 RUP와 미생물체단백질 내 개별 아미노산을 적용하여 결정된 DIGFAA와 DIGBAA의 합으로 MP로부터 공급되는 개별 아미노산의 공급량 (metabolizable amino acids, MAA)이 산출되었음(Table 39). 전체 조사된 사료를 통해 MP 공급량은 대두박이 250.36 g/kg feed DM로 가장 높았고 92.71 g/kg feed DM로 단백피가 가장 낮았으며, 사료간에 큰 차이가 있었음.

$$MP_j = MP_{feedj} + MP_{mtpj}$$

$$DIGFAA_{j,i} = (FAA_{j,i}/100) \times MP_{feedj}$$

$$DIGBAA_{j,i} = (BAA_{j,i}/100) \times MP_{mtpj}$$

$$DIGAA_{j,i} = DIGFAA_{j,i} + DIGBAA_{j,i}$$

Table 39. Predicted metabolizable protein(MP) and metabolizable amino acid supply (g/kg DM of feed) for Hanwoo steers fed different feed sources in the study

	Corn grain <sup>1</sup>	Corn grain <sup>2</sup>	Corn gluten <sup>3</sup>	Corn gluten <sup>4</sup>	Corn gluten <sup>5</sup>
MP	106.55	103.96	94.49	95.53	92.71
Asp	10.91	11.09	9.88	9.69	9.99
Thr	5.41	5.39	5.15	5.14	4.98
Ser	4.95	4.84	4.30	4.27	4.26
Glu	16.60	15.89	13.61	14.08	14.25
Gly	4.82	4.79	4.58	4.50	4.60
Ala	7.74	7.60	6.75	6.74	6.90
Val	4.95	4.96	4.44	4.41	3.80
Ile	4.59	4.74	3.92	3.88	3.43
Leu	9.57	9.30	7.62	7.68	7.44
Tyr	4.58	4.63	3.97	4.05	4.09
Phe	5.38	5.36	4.60	4.61	4.77
Lys	7.41	7.79	6.91	6.73	6.43
His	1.82	1.78	1.79	1.78	1.77
Arg	4.69	2.13	4.30	2.26	4.27
Pro	5.26	4.91	4.86	3.58	4.75
Cys	2.13	1.96	1.97	2.15	1.72
Met	3.04	2.99	2.62	2.77	2.07

	Soybean meal <sup>6</sup>	Soybean meal <sup>7</sup>	Soybean meal <sup>8</sup>	DDGS	Palm kernel meal
MP	198.51	187.20	250.36	194.27	134.49
Asp	21.45	20.46	27.01	15.56	13.09
Thr	9.71	9.09	11.57	8.31	5.95
Ser	9.80	9.22	12.25	8.70	5.73
Glu	29.79	28.31	39.82	31.88	22.73
Gly	8.81	8.50	10.80	7.19	6.32
Ala	11.59	10.86	13.50	13.83	7.55
Val	8.28	7.79	10.87	7.79	6.00
Ile	7.97	7.53	10.62	7.00	5.02
Leu	15.39	14.32	19.60	20.03	8.98
Tyr	8.17	7.67	9.83	7.59	4.45
Phe	9.93	9.36	12.67	9.39	6.12
Lys	12.62	12.00	15.43	8.84	6.88
His	4.06	3.74	5.18	3.38	2.13
Arg	11.04	10.52	14.80	7.55	10.55
Pro	8.22	7.66	10.69	10.85	5.02
Cys	4.14	3.66	4.71	3.79	2.95
Met	4.15	3.61	4.72	4.87	3.73

Amino acid	Rape seed meal	Lupin seeds	Rice bran	Distillers grain	Tapioca
MP	194.57	125.17	95.13	180.85	-
Asp	15.93	14.22	10.61	13.77	-
Thr	9.24	6.30	4.92	7.42	-
Ser	8.30	5.88	4.47	8.39	-
Glu	28.22	19.96	11.86	31.59	-
Gly	8.84	5.80	4.98	6.57	-
Ala	10.24	8.06	6.76	13.23	-
Val	8.56	5.49	4.64	7.19	-
Ile	7.22	5.44	3.91	6.17	-
Leu	12.94	9.40	7.30	20.15	-
Tyr	6.12	5.06	3.47	7.31	-
Phe	7.96	5.99	4.88	9.07	-
Lys	10.35	9.17	6.81	4.31	-
His	3.64	2.39	1.67	3.33	-
Arg	9.83	7.85	5.04	7.14	-
Pro	8.91	4.99	4.29	11.27	-
Cys	4.86	2.31	2.45	4.55	-
Met	4.75	3.26	3.10	5.06	-

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraine, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA, <sup>8</sup>Brazil.

- 원료사료별 MP로부터 근육단백질로의 전환율을 적용한 근육합성량 규명
  - 한우의 근육단백질합성을 산출하기 위해 MP (Table 39)로부터 근육단백질합성을 위한 NP (net protein)로의 이용효율 (전환율)을 적용해야함. 본 연구에서는 NRC (2016)에서 적용하는 MP로부터 NP로 전환율 30%로 적용하였으며, 근육합성량에 필요한 NAA (net amino acids)은 Table 39의 개별 MAA (metabolizable amino acids)에 전환율 30%를 적용하여 NAA의 공급량을 산출하였음 (Table 40).

MP to NP efficiency, % =  $30 + 10,493 \times e^{-0.0486 \times BW}$ , RMSE = 13.2,  
 where e is the base of the natural (Naperian) logarithm (i.e., 2.718).

Table 40. Predicted muscle tissue protein synthesis and amino acid production (g/kg DM of feed) of Hanwoo steers calculated from MP (g/kg of feed) supplied by different feed sources in the study

	Corn grain <sup>1</sup>	Corn grain <sup>2</sup>	Corn gluten <sup>3</sup>	Corn gluten <sup>4</sup>	Corn gluten <sup>5</sup>
Tissue protein	31.97	31.19	28.35	28.66	27.81
Asp	3.27	3.33	2.96	2.91	3.00
Thr	1.62	1.62	1.54	1.54	1.50
Ser	1.49	1.45	1.29	1.28	1.28
Glu	4.98	4.77	4.08	4.22	4.28
Gly	1.45	1.44	1.37	1.35	1.38
Ala	2.32	2.28	2.02	2.02	2.07
Val	1.49	1.49	1.33	1.32	1.14
Ile	1.38	1.42	1.18	1.17	1.03
Leu	2.87	2.79	2.28	2.30	2.23
Tyr	1.37	1.39	1.19	1.22	1.23
Phe	1.61	1.61	1.38	1.38	1.43
Lys	2.22	2.34	2.07	2.02	1.93
His	0.55	0.53	0.54	0.53	0.53
Arg	1.41	0.64	1.29	0.68	1.28
Pro	1.58	1.47	1.46	1.07	1.42
Cys	0.64	0.59	0.59	0.64	0.52
Met	0.91	0.90	0.79	0.83	0.62

	Soybean meal <sup>6</sup>	Soybean meal <sup>7</sup>	Soybean meal <sup>8</sup>	DDGS	Palm kernel meal
Tissue protein	59.55	56.16	75.11	58.28	40.35
Asp	6.44	6.14	8.10	4.67	3.93
Thr	2.91	2.73	3.47	2.49	1.78
Ser	2.94	2.77	3.67	2.61	1.72
Glu	8.94	8.49	11.95	9.57	6.82
Gly	2.64	2.55	3.24	2.16	1.90
Ala	3.48	3.26	4.05	4.15	2.26
Val	2.48	2.34	3.26	2.34	1.80
Ile	2.39	2.26	3.19	2.10	1.51
Leu	4.62	4.30	5.88	6.01	2.70
Tyr	2.45	2.30	2.95	2.28	1.33
Phe	2.98	2.81	3.80	2.82	1.84
Lys	3.78	3.60	4.63	2.65	2.06
His	1.22	1.12	1.56	1.01	0.64
Arg	3.31	3.16	4.44	2.27	3.16
Pro	2.47	2.30	3.21	3.26	1.51
Cys	1.24	1.10	1.41	1.14	0.89
Met	1.25	1.08	1.41	1.46	1.12
	Rape seed meal	Lupin seeds	Rice bran	Distillers grain	Tapioca
Tissue protein	58.37	37.55	28.54	54.26	-
Asp	4.78	4.27	3.18	4.13	-
Thr	2.77	1.89	1.48	2.23	-
Ser	2.49	1.77	1.34	2.52	-
Glu	8.47	5.99	3.56	9.48	-
Gly	2.65	1.74	1.49	1.97	-
Ala	3.07	2.42	2.03	3.97	-
Val	2.57	1.65	1.39	2.16	-
Ile	2.17	1.63	1.17	1.85	-
Leu	3.88	2.82	2.19	6.04	-
Tyr	1.83	1.52	1.04	2.19	-
Phe	2.39	1.80	1.46	2.72	-
Lys	3.10	2.75	2.04	1.29	-
His	1.09	0.72	0.50	1.00	-
Arg	2.95	2.36	1.51	2.14	-
Pro	2.67	1.50	1.29	3.38	-
Cys	1.46	0.69	0.73	1.36	-
Met	1.43	0.98	0.93	1.52	-

Feeds are originally from <sup>1</sup>South America, <sup>2</sup>Ukraine, <sup>3</sup>Korea, <sup>4</sup>China(9333), <sup>5</sup>China(4802), <sup>6</sup>Korea, <sup>7</sup>USA, <sup>8</sup>Brazil.

다. 비육말기 거세한우의 근육 단백질합성량 극대화 및 풍미 증진을 위한 균형아미노산 공급용 사료배합비 개발 및 산업화 (3차년도)

(1) 연구방법

○ 한우 비육말기 균형아미노산 공급용 사료배합비

- 한우 사료배합비를 개발하기 위해 기존에 이용되는 TMR사료용 원료사료 및 이를 이용한 배합비를 활용함. Table 41과 같이 기존에 사용되는 원료사료에는 연맥건초, 애뉴얼그래스 건초, 톨페스큐 건초, 파옥쇄, 옥수수플레이크, 대부박, 단백질, 대두피, 밀기울, DDGS, 전지면실, 장유박, 비트펄프, 당밀, 에너지첨가제, 중조, 식염, 석회석, 비타민과 미네랄 첨가제와 수분조절용 물로 구성이 됨. 이들 원료사료의 배합비는 Table 41에 제시함. 기초사료를 이용하여 육량 및 풍미를 증진하기 위한 MP공급량과 아미노산의 공급량을 산출하고 여기에서 부족 및 풍미를 위해 추가할 수 있는 사료의 배합비를 도출하였음.

Table 41. Ingredient composition (as fed basis) of total mixed ration (TMR) as a basal diet used in the study

Feed	Ratio (% , as fed-basis)	Ratio (% , DM)
Oat hay	3.5	5.4
Annual ryegrass hay	5.9	8.8
Tall fescue hay	2.6	3.9
Corn grain, ground	9.8	13.7
Corn grain, flaked	9.0	12.3
Soybean meal	2.5	3.6
Corn gluten feed	7.3	11.2
Soybean hull	2.0	3.1
Wheat bran	16.1	15.6
DDGS	1.5	2.3
Cotton seed, whole	4.5	6.9
Soy sauce cake	2.0	2.3
Beet pulp	1.5	2.3
Molasses	3.0	3.3
Energy supplement <sup>1</sup>	9.7	3.5
NaHCO <sub>3</sub>	0.1	0.2
Salts	0.3	0.5
Limestone	0.3	0.5
Vitamin mixture	0.2	0.3
Mineral mixture	0.2	0.3
Water	18	0

<sup>1</sup>Energy supplement (Energy Gold) was supplied from a TMR company and commercially available.

- 한우에 일일 MP공급량을 산출하기 위해 필요한 요인인 건물, 조단백질, RDP, RUP, 조지방 및 TDN 함량과 RUP소화율에 대한 값은 NRC (1996, 2001, 2016), 프랑스 사료성분표 (Sauvant 등, 2002), 한국표준사료성분표 (축산과학원, 2017) 및 본 연구에서 분석한 자료를 기초로 하였음 (Table 42).

Table 42. The compositions of dry matter, crude protein, rumen-degradable protein (RDP), rumen-undegradable protein (RUP), ether extracts (EE) and total digestible nutrients (TDN) and RUP digestibilities in the small intestine of Hanwoo cattle in individual feeds consisting of the basal diet

Feed	DM (%)	CP (% DM)	RDP (% CP)	RUP (% CP)	RUP digest. (%)	EE (% DM)	TDN (%)	Ref.
Oat hay	91.9	9.1	62.9	37.1	70.0	2.2	55.9	2
Annual ryegrass hay	88.0	8.6	65.0	35.0	65.0	0.66	64.0	1
Tall fescue hay	89.0	10.2	70.1	29.9	65.0	2.2	55.0	1
Corn grain, ground	82.8	8.4	34.6	65.31	90.0	4.3	88.0	3, 5
Corn, flaked	80.7	8.5	29.5	70.4	90.0	3.19	95.0	3
Soybean meal	85.2	51.5	72.9	27.1	93.0	1.0	79.5	3, 5
Corn gluten feed	90.2	19.3	63.7	37.1	85.0	2.5	80.0	3, 4, 5
Soybean hull	90.4	12.4	46.8	53.1	70.0	2.28	62.6	3
Wheat bran	86.6	14.6	64.4	35.7	75.0	4.3	71.5	2, 3, 4
DDGS	88.89	34.2	58.4	41.6	85.0	5.3	88.0	1, 5
Cotton seed, whole	90.1	21.2	82.3	17.7	80.0	19.1	77.2	2, 4
Soy sauce cake	66.6	31.8	70.0	30.0	80.0	9.9	67.9	6
Beet pulp	91.5	8.1	46.7	53.2	80.0	1.14	66.6	3
Molasses	64.4	8.2	100.0	0	0	0.17	86.0	1, 3
Energy supplement	21.3	21.7	100.0	0	0	5.6	79.5	5

Data were obtained and modified from <sup>1</sup>NRC (1996), <sup>2</sup>NRC (2001), <sup>3</sup>NRC (2016), <sup>4</sup>Sauvant et al. (2002), <sup>5</sup>present study, and <sup>6</sup>KFCS (Korean feed composition standards, 2017).

RUP digest.: Digestibility of RUP in the small intestine.

- Table 43에 사료의 RUP로부터 공급되는 사료유래 MP의 양을 산출하기 위한 기초자료로 각 원료사료의 필수아미노산 (Trp은 제외) 및 풍미 관련 아미노산인 Glu에 대한 RUP 내에서의 함량을 나타내었음. Table 42와 같이 일부의 자료는 본 연구에서 도출된 RUP 내 원료사료의 아미노산 함량을 이용하였으나, 본 연구에서 분석되지 않은 원료사료에 대한 함량은 기존의 발표된 자료를 활용하였음. 또한 Glu의 경우 기존의 연구자료에서도 찾지 못한 것은 NA (not available)로 표시하였음. 에너지보충제와 당밀의 경우 대부분의 단백질이 반추위에서 분해되기에 RUP 내 아미노산은 존재하지 않는 것으로 판단하였음.

Table 43. The compositions (%) of essential amino acids and glutamic acid in the RUP of feeds in the basal diet for Hanwoo cattle

Feed	Arg	His	Ile	Leu	Lys
Oat hay	2.15	1.94	5.50	6.65	3.56
Annual ryegrass hay	1.04	1.21	3.45	4.88	2.35
Tall fescue hay	2.83	1.00	2.83	5.49	2.83
Corn grain, ground	2.53	2.40	2.26	9.06	2.66
Corn, flaked	2.36	1.65	2.71	12.75	1.65
Soybean meal	5.72	2.16	3.80	7.74	5.12
Corn gluten feed	2.53	2.40	2.26	9.06	2.66
Soybean hull	4.72	1.84	2.46	4.86	4.54
Wheat bran	6.84	2.82	3.15	6.16	4.05
DDGS	2.79	1.71	3.03	12.08	1.95
Cotton seed, whole	10.40	3.14	3.77	6.33	3.85
Soy sauce cake	5.31	2.95	3.58	7.17	3.32
Beet pulp	4.43	1.87	2.69	4.61	3.00
Molasses	0	0	0	0	0
Energy supplement	0	0	0	0	0
Ingredient	Met	Phe	Thr	Val	Glu
Oat hay	1.87	4.70	4.13	4.13	NA
Annual ryegrass hay	1.16	3.42	2.51	4.80	NA
Tall fescue hay	0.67	3.50	2.83	3.83	NA
Corn grain, ground	1.73	3.86	4.40	4.13	18.90
Corn, flaked	2.36	4.60	3.19	3.78	18.90
Soybean meal	1.63	4.83	4.23	4.01	17.80
Corn gluten feed	1.73	3.86	4.40	4.13	14.20
Soybean hull	0.47	2.99	2.74	3.30	11.80
Wheat bran	1.57	3.97	3.26	4.50	20.20
DDGS	2.28	4.62	3.21	3.66	17.70
Cotton seed, whole	0.63	5.85	3.45	5.27	17.30
Soy sauce cake	1.36	4.49	0.91	4.05	NA
Beet pulp	0.65	2.80	3.17	4.50	10.20
Molasses	0	0	0	0	0
Energy supplement	0	0	0	0	0

NA: not available.



- Table 42와 43을 기초로하여 사료원료별 MP 공급량 (MPfeed, g/kg feed DM)과 사료유래 소장에서 흡수되는 필수아미노산과 Glu의 공급양 (DIGFAA)을 계산하여 Table 44에 나타내었음. 사료유래 MP량 (MPfeed)와 각 개별 아미노산의 MP 내 공급량 (DIGFAA)은 아래의 산출식을 적용하였음.

$$\text{MPfeed}_j = \text{RUP}_j \times 0.80, \text{ Forage} < 100\% \text{ DM (concentrates)}$$

$$\text{DIGFAA}_{j,i} = (\text{FAA}_{j,i}/100) \times \text{MPfeed}_j$$

즉, 개별 사료의 MPfeed의 양은 개별사료의 RUP (Table 42)에 소화흡수율 0.80을 곱하여 계산하였으며, 사료유래 소화흡수된 MP 내 개별 아미노산의 양 (DIGFAA)은 RUP 내 함량 (Table 43)에서 MPfeed를 곱하여 산출하였음.

Table 44. The amount (g/kg feed DM) of metabolizable protein supplied from the individual feed (MPfeed, g/kg feed DM) used in the basal diet and the amounts of essential amino acids and glutamic acid in MPfeed

	Oat hay	Annual ryegrass hay	Tall fescue hay	Corn grain, ground	Corn, flaked	Soybean meal	Corn gluten feed
MPfeed	23.6	19.6	19.8	49.1	53.8	129.7	60.9
Arg	0.51	0.20	0.56	.24	1.27	7.42	1.54
His	0.46	0.24	0.20	1.18	0.89	2.80	1.46
Ile	1.30	0.68	0.56	1.11	1.46	4.93	1.38
Leu	1.57	0.96	1.09	4.45	6.86	10.04	5.51
Lys	0.84	0.46	0.56	1.31	0.89	6.64	1.62
Met	0.44	0.23	0.13	0.85	1.27	2.11	1.05
Phe	1.11	0.67	0.69	1.90	2.48	6.26	2.35
Thr	0.98	0.49	0.56	2.16	1.72	5.49	2.68
Val	0.98	0.94	0.76	2.03	2.04	5.20	2.51
TEAA	8.18	4.86	5.12	16.21	18.87	50.89	20.10
Glu	NA	NA	NA	9.28	10.17	23.08	8.64
	Soybean hull	Wheat bran	DDGS	Cotton seed, whole	Soy sauce cake	Beet pulp	
MPfeed	46.0	39.0	121.1	30.0	76.4	34.4	
Arg	2.17	2.67	3.38	3.12	4.06	1.53	
His	0.85	1.10	2.07	0.94	2.25	0.64	
Ile	1.13	1.23	3.67	1.13	2.73	0.93	
Leu	2.24	2.41	14.63	1.90	5.48	1.59	
Lys	2.09	1.58	2.36	1.16	2.54	1.03	
Met	0.22	0.61	2.76	0.19	1.04	0.22	
Phe	1.38	1.55	5.59	1.76	3.43	0.96	
Thr	1.26	1.27	3.89	1.04	0.70	1.09	
Val	1.52	1.76	4.43	1.58	3.09	1.55	
TEAA	12.84	14.18	42.78	12.86	25.31	9.55	
Glu	5.43	7.89	21.43	5.19	NA	3.51	

NA: not available.

- Table 44에 제시된 원료사료별 사료유래 MP공급량 (MPfeed)을 Table 41에 제시된 기초 사료 배합비에 적용하여 기초사료 (TMR)로부터 공급되는 MPfeed (g/kg TMR DM) 및 각각의 필수아미노산과 Glu의 공급량을 Table 45에 나타냄. 본 연구에서 이용하는 한우 거세우 비육말기 TMR사료를 통해 공급될 수 있는 MPfeed는 43.77 g/kg TMR DM으로 예측되었으며, TEAA (total essential amino acids) 14.63 g/kg이 소장을 통해 체내로 흡수될 수 있는 양으로 예측되었음.

Table 45. The amounts (g/kg TMR DM) of metabolizable protein and essential amino acids and glutamic acid in MPfeed supplied from each ingredient according to its composition (Table 41) in the basal diet

	Oat hay	Annual ryegrass hay	Tall fescue hay	Corn grain, ground	Corn, flaked	Soybean meal	Corn gluten feed
MPfeed	1.29	1.72	0.78	6.76	6.64	4.68	6.65
Arg	0.028	0.018	0.022	0.171	0.157	0.268	0.168
His	0.025	0.021	0.008	0.162	0.110	0.101	0.160
Ile	0.071	0.059	0.022	0.153	0.180	0.178	0.150
Leu	0.086	0.084	0.043	0.612	0.846	0.362	0.602
Lys	0.046	0.040	0.022	0.180	0.110	0.240	0.177
Met	0.024	0.020	0.005	0.117	0.157	0.076	0.115
Phe	0.061	0.059	0.027	0.261	0.305	0.226	0.257
Thr	0.053	0.043	0.022	0.297	0.212	0.198	0.293
Val	0.053	0.083	0.030	0.279	0.251	0.188	0.275
TEAA	0.446	0.427	0.201	2.232	2.326	1.835	2.196
Glu	NA	NA	NA	1.277	1.254	0.833	0.944

	Soybean hull	Wheat bran	DDGS	Cotton seed, whole	Soy sauce cake	Beet pulp	Total
MPfeed	1.51	6.43	2.74	2.06	1.72	0.80	43.77
Arg	0.071	0.291	0.076	0.215	0.092	0.036	1.611
His	0.028	0.141	0.047	0.065	0.051	0.015	0.932
Ile	0.037	0.168	0.083	0.078	0.062	0.022	1.252
Leu	0.073	0.342	0.330	0.131	0.124	0.037	3.672
Lys	0.069	0.227	0.053	0.079	0.057	0.024	1.314
Met	0.007	0.094	0.062	0.013	0.023	0.005	0.719
Phe	0.045	0.226	0.126	0.121	0.077	0.023	1.803
Thr	0.041	0.219	0.088	0.071	0.016	0.026	1.568
Val	0.050	0.247	0.100	0.109	0.070	0.036	1.759
TEAA	0.422	1.915	0.966	0.880	0.571	0.223	14.631
Glu	0.178	0.847	0.484	0.357	NA	0.082	NA

NA: not available.

- Table 45에서 기초사료로부터 유래되는 MPfeed의 양이 결정되었으며, 여기에서 일일 두 당 15 kg (원물) 또는 10.27 kg (DM)을 비육말기 거세한우에 TMR을 급여한다고 가정하였을 때 Table 46에 일일 공급될 수 있는 사료로부터의 MPfeed (g/day feed, DM)을 예측하여 나타내었음.

Table 46. The daily supply (g/day, DM) of metabolizable protein and essential amino acids and glutamic acid in MPfeed based on the ingredient compositions (Table 41) of the basal diet

	Oat hay	Annual ryegrass hay	Tall fescue hay	Corn grain, ground	Corn, flaked	Soybean meal	Corn gluten feed
MPfeed	13.23	17.68	7.98	69.38	68.16	48.04	68.28
Arg	0.2844	0.1838	0.2259	1.7554	1.6087	2.7478	1.7274
His	0.2566	0.2139	0.0798	1.6652	1.1247	1.0376	1.6386
Ile	0.7275	0.6099	0.2259	1.5681	1.8473	1.8254	1.5430
Leu	0.8797	0.8626	0.4382	6.2861	8.6910	3.7181	6.1858
Lys	0.4709	0.4154	0.2259	1.8456	1.1247	2.4595	1.8162
Met	0.2474	0.2051	0.0535	1.2003	1.6087	0.7830	1.1812
Phe	0.6217	0.6046	0.2794	2.6782	3.1356	2.3202	2.6355
Thr	0.5463	0.4437	0.2259	3.0528	2.1745	2.0320	3.0042
Val	0.5463	0.8485	0.3057	2.8655	2.5766	1.9263	2.8198
TEAA	4.5808	4.3874	2.0603	22.9172	23.8918	18.8500	22.5517
Glu	NA	NA	NA	13.1134	12.8832	8.5507	9.6952
	Soybean hull	Wheat bran	DDGS	Cotton seed, whole	Soy sauce cake	Beet pulp	Total
MPfeed	15.52	66.05	28.09	21.18	17.69	8.25	449.5
Arg	0.7324	2.987	0.7838	2.2027	0.9395	0.3653	16.54
His	0.2855	1.450	0.4804	0.6651	0.5220	0.1542	9.57
Ile	0.3817	1.626	0.8512	0.7985	0.6334	0.2218	12.86
Leu	0.7541	3.516	3.3935	1.3407	1.2686	0.3802	37.71
Lys	0.7045	2.233	0.5478	0.8154	0.5874	0.2474	13.49
Met	0.0729	0.960	0.6405	0.1334	0.2406	0.0536	7.38
Phe	0.4640	2.214	1.2979	1.2390	0.7944	0.2309	18.52
Thr	0.4252	2.145	0.9018	0.7307	0.1610	0.2614	16.10
Val	0.5121	2.437	1.0282	1.1162	0.7166	0.3711	18.07
TEAA	4.3324	19.568	9.9249	9.0418	5.8636	2.2860	150.26
Glu	1.8310	8.593	4.9723	3.6642	NA	0.8412	NA

The daily supply of MPfeed and amino acids in MPfeed was calculated, being based on that Hanwoo cattle in the present study consume 15.0 kg (as-fed basis) or 10.27 kg (DM) of the basal diet.

NA: Not available.

- MP시스템은 소화된 RUP 즉, MPfeed와 함께 반추위 내에서 합성된 후 소장에서 소화된 미생물순단백질 (microbial true protein, MTP, g/d)의 합으로 계산됨.  
 즉, MP = MPfeed + MPmtp로 계산되며, MCP는 EE (조지방)의 함량이 3.9% 미만의 사료를 급여한 경우  $MCP = (42.73 + 0.87 \times TDN \times DMI)/1,000$ 로 계산할 수 있으며, 3.9% 이상의 경우에는  $MCP = (53.33 + 0.96 \times FFTDN \times DMI)/1,000$ 로 산정할 수 있음을 앞에서 설명하였음. 여기서 FFTDN는 지방을 제외한 가소화영양소 함량을 뜻하며 계산방법은  $FFTDN = TDN - 2.225 \times EE$  임. 이와 같이 계산된 MCP로부터 MCP 내 순단백질 함량을 80%, 적용하고, 여기에서 소장 내 소화율 80%로 적용하여  $MPmtp = MCP \times 0.8 \times 0.8$ 로 최종 MP 공급량 중 미생물로부터 공급되는 양을 산정할 수 있음. Table 47에 기초사료인 TMR사료를 구성하는 원료사료 각각의 MPmtp와 MPmtp를 구성하는 필수아미노산(EAA)와 풍미와 관련된 Glu의 공급량을 계산하여 나타내었음. 각 원료사료의 EE와 TDN값은 Table 42에 제시된 것을 기초로 하여 계산하였음. 미생물체 내 아미노산의 조성은 *in vitro* 실험을 통해 나온 결과를 적용하였음.

Table 47. The amount (g/kg feed DM) of microbial true protein (MPmtp) supplied from the individual feed (MPfeed, g/kg feed DM) used in the basal diet and the amounts of essential amino acids and glutamic acid in MPmtp

	Oat hay	Annual ryegrass hay	Tall fescue hay	Corn grain, ground	Corn, flaked	Soybean meal	Corn gluten feed
MPmtp	58.47	62.98	57.97	82.31	80.24	71.61	71.89
Arg	2.92	3.14	2.89	4.10	4.00	3.57	3.58
His	1.03	1.11	1.02	1.45	1.41	1.26	1.26
Ile	2.62	2.82	2.60	3.68	3.59	3.21	3.22
Leu	4.52	4.86	4.48	6.36	6.20	5.53	5.55
Lys	4.72	5.09	4.68	6.65	6.48	5.79	5.81
Met	1.75	1.88	1.73	2.46	2.40	2.14	2.15
Phe	3.05	3.29	3.03	4.29	4.19	3.74	3.75
Thr	3.35	3.61	3.32	4.71	4.59	4.10	4.12
Val	2.68	2.88	2.65	3.77	3.67	3.28	3.29
TEAA	26.62	28.68	26.39	37.47	36.53	32.60	32.73
Glu	8.54	9.20	8.46	12.02	11.72	10.46	10.50

	Soybean hull	Wheat bran	DDGS	Cotton seed, whole	Soy sauce cake	Beet pulp	Energy supplement
MPmtp	62.20	72.18	80.94	55.45	62.37	64.43	75.40
Arg	3.10	3.60	4.04	2.76	3.11	3.21	3.76
His	1.09	1.27	1.42	0.97	1.10	1.13	1.33
Ile	2.78	3.23	3.62	2.48	2.79	2.88	3.38
Leu	4.80	5.58	6.25	4.28	4.82	4.98	5.82
Lys	5.03	5.83	6.54	4.48	5.04	5.21	6.09
Met	1.86	2.16	2.42	1.66	1.86	1.92	2.25
Phe	3.25	3.77	4.22	2.89	3.25	3.36	3.93
Thr	3.56	4.13	4.63	3.17	3.57	3.69	4.32
Val	2.85	3.30	3.70	2.54	2.85	2.95	3.45
TEAA	28.32	32.86	36.85	25.25	28.40	29.33	34.33
Glu	9.08	10.54	11.82	8.10	9.11	9.41	11.01

- Table 47에 제시된 원료사료별 MPtmp와 Table 41에 제시된 기초사료 배합비에 적용하여 기초사료 (TMR)로부터 공급되는 MPtmp (g/kg TMR DM) 및 각각의 필수아미노산과 Glu의 공급량을 Table 48에 나타내었음. 본 연구에서 이용하는 한우 거세우 비육말기 TMR사료 (1 kg DM)를 통해 공급될 수 있는 총 MPtmp는 67.96 g/kg TMR DM으로 예측되었으며, TEAA(total essential amino acids) 30.94 g/kg이 소장을 통해 체내로 흡수될 수 있는 양으로 예측되었음.

Table 48. The amount (g/kg TMR DM) of microbial true protein (MPmtp) and essential amino acids and glutamic acid in MPmtp produced from each ingredient according to its composition (Table 41) in the basal diet

	Oat hay	Annual ryegrass hay	Tall fescue hay	Corn grain, ground	Corn, flaked	Soybean meal	Corn gluten feed
MPmtp	3.19	5.54	2.27	11.31	9.88	2.58	8.02
Arg	0.16	0.28	0.11	0.56	0.49	0.13	0.40
His	0.06	0.10	0.04	0.20	0.17	0.05	0.14
Ile	0.14	0.25	0.10	0.51	0.44	0.12	0.36
Leu	0.25	0.43	0.18	0.87	0.76	0.20	0.62
Lys	0.26	0.45	0.18	0.91	0.80	0.21	0.65
Met	0.10	0.17	0.07	0.34	0.30	0.08	0.24
Phe	0.17	0.29	0.12	0.59	0.52	0.14	0.42
Thr	0.18	0.32	0.13	0.65	0.57	0.15	0.46
Val	0.15	0.25	0.10	0.52	0.45	0.12	0.37
TEAA	1.45	2.52	1.03	5.15	4.50	1.18	3.65
Glu	0.47	0.81	0.33	1.65	1.44	0.38	1.17

	Soybean hull	Wheat bran	DDGS	Cotton seed, whole	Soy sauce cake	Beet pulp	Energy supplement	Total
MPmtp	1.91	9.62	1.83	3.81	1.41	1.50	2.63	67.96
Arg	0.10	0.48	0.09	0.19	0.07	0.07	0.1313	3.39
His	0.03	0.17	0.03	0.07	0.02	0.03	0.0463	1.19
Ile	0.09	0.43	0.08	0.17	0.06	0.07	0.1179	3.04
Leu	0.15	0.74	0.14	0.29	0.11	0.12	0.2034	5.25
Lys	0.15	0.78	0.15	0.31	0.11	0.12	0.2128	5.49
Met	0.06	0.29	0.05	0.11	0.04	0.04	0.0787	2.03
Phe	0.10	0.50	0.10	0.20	0.07	0.08	0.1374	3.55
Thr	0.11	0.55	0.10	0.22	0.08	0.09	0.1508	3.89
Val	0.09	0.44	0.08	0.17	0.06	0.07	0.1205	3.11
TEAA	0.87	4.38	0.83	1.73	0.64	0.68	1.1990	30.94
Glu	0.28	1.40	0.27	0.56	0.21	0.22	0.3845	9.92

- Table 48에서 기초사료로부터 유래되는 MPmtp의 양이 결정되었으며, 여기에서 일일 두당 15 kg (원물) 또는 10.27 kg (DM)을 비육말기 거세한우에 TMR을 급여한다고 가정하였을 때 Table 49에 일일 공급될 수 있는 사료로부터의 MPmtp (g/day feed, DM)을 예측하여 나타내었음.

Table 49. The daily supply (g/day, DM) of microbial true protein (MPmtp) and essential amino acids and glutamic acid in MPmtp produced from the basal diet

	Oat hay	Annual ryegrass hay	Tall fescue hay	Corn grain, ground	Corn, flaked	Soybean meal	Corn gluten feed
MPmtp	32.73	56.90	23.34	116.19	101.42	26.53	82.40
Arg	1.63	2.84	1.16	5.79	5.06	1.32	4.11
His	0.58	1.00	0.41	2.04	1.78	0.47	1.45
Ile	1.47	2.55	1.05	5.20	4.54	1.19	3.69
Leu	2.53	4.40	1.80	8.97	7.83	2.05	6.36
Lys	2.64	4.60	1.89	9.39	8.19	2.14	6.66
Met	0.98	1.70	0.70	3.47	3.03	0.79	2.46
Phe	1.71	2.97	1.22	6.06	5.29	1.38	4.30
Thr	1.87	3.26	1.34	6.65	5.81	1.52	4.72
Val	1.50	2.60	1.07	5.32	4.64	1.21	3.77
TEAA	14.90	25.91	10.63	52.90	46.18	12.08	37.52
Glu	4.78	8.31	3.41	16.96	14.81	3.87	12.03

	Soybean hull	Wheat bran	DDGS	Cotton seed, whole	Soy sauce cake	Beet pulp	Energy supplement	Total
MPtmp	19.57	98.79	18.78	39.12	14.45	15.39	27.05	697.94
Arg	0.98	4.93	0.94	1.95	0.72	0.77	1.35	34.80
His	0.34	1.74	0.33	0.69	0.25	0.27	0.48	12.27
Ile	0.88	4.42	0.84	1.75	0.65	0.69	1.21	31.25
Leu	1.51	7.63	1.45	3.02	1.12	1.19	2.09	53.91
Lys	1.58	7.98	1.52	3.16	1.17	1.24	2.19	56.39
Met	0.58	2.95	0.56	1.17	0.43	0.46	0.81	20.85
Phe	1.02	5.15	0.98	2.04	0.75	0.80	1.41	36.42
Thr	1.12	5.66	1.08	2.24	0.83	0.88	1.55	39.95
Val	0.90	4.52	0.86	1.79	0.66	0.70	1.24	31.93
TEAA	8.91	44.98	8.55	17.81	6.58	7.01	12.31	317.77
Glu	2.86	14.42	2.74	5.71	2.11	2.25	3.95	101.90

The daily supply of MPtmp and amino acids was calculated, being based on that Hanwoo cattle in the present study consume 15.0 kg (as-fed basis), or 10.27 kg (DM) of the basal diet.

- 기초사료의 원료사료별 배합비와 일일 급여량을 기초로 Table 46과 Table 49에 MPfeed와 MPtmp의 일일 공급량을 각각 449.57 g/kg과 697.94 g/kg으로 산정하였음. 결과적으로 본 연구에서 이용하는 기초사료인 TMR사료의 경우 반추위를 통과하여 소장에서 흡수되는 사료단백질의 공급량이 반추위 내 미생물 단백질 공급량보다는 적을 것으로 예측되었음. 현재까지의 예측방법을 통해 기초사료의 MP공급량과 필수아미노산 및 Glu의 공급량을 도출할 수 있었으며, MP공급량에 대한 예측 결과는 연구결과 부분에 제시하였음.
- 한우 비육말기 개발 사료의 급여를 통한 한우의 증체 및 육량, 육질 및 풍미증진에 대한 효과 규명
  - 시험동물 및 사양관리: 공시축은 생후 29개월령의 거세우 12두를 공시하여 총 86일간 참여기업인 농업법인 주식회사 대산이 운영하는 S 농장에서 실시하였음. 공시축의 배치는 대조구와 2개의 처리구로 나누어 동일 월령과 체중을 고려하여 한 우사당 (5.0 x 10 m) 4두씩 배치 (group feeding)하였고, 처리하였음. 시험에 이용된 기초사료는 TMR로 R 사료회사에서 원료사료를 배합하여 생산하였고, 기초사료를 대조구 사료로 사용하였음. 첫 번째 처리구 (T1)는 대두박을 1일 400 g (원물)/head을 추가로 공급하여 MP 내 4.4 g의 Lys을 추가공급하는 처리구로 하였음. 두 번째 처리구 (T2)는 대두박과 DDGS를 원물기준 100 g과 400g을 공급하여 MP 내 Lys을 4.3 g 및 Glu을 15.0 g을 추가로 공급할 수 있는 처리구로 하였음. 물과 무기물은 항상 섭취할 수 있도록 하였음. 기초사료의 배합비는 Table 41에 나타내었으며, 일반성분과 아미노산 조성을 Table 50과 Table 51에 각각 제시하였음. 기초사료와 보충사료인 대두박과 DDGS의 급여는 1일 4회 (07:00, 11:00, 15:00, 19:00)로 나누어 동일하게 급여하였으며, 급여량은 두 당 15 kg (원물)으로 하였음.

사료섭취량은 07:00에 사료급여전에 남아있는 잔량을 수거하여 무게를 측정하여 급여량에서 감하여 사료섭취량을 계산하였음. 체중은 시험직전 사료급여 전과 도축을 위한 출하 전에 측정하여 증체량을 계산하였음. 혈액성분분석을 위하여 시험종료 10일 전에 공시축의 경정맥으로부터 혈액응고제가 포함된 Vacutainer tube (BD, USA)에 혈액을 채취하여 냉장보관하여 실험실로 이송하여 3,000 rpm 및 4°C에서 15분간 원심분리 후 상층액인 혈장 수거하여 분석에 이용하였음.

Table 50. Chemical characteristics of TMR as a basal diet, soybean meal and DDGS used in the experiment

Item	TMR	Soybean meal	DDGS
Dry matter (%)	53.22±8.876	88.87±0.318	89.31±0.856
Crude protein (% DM)	15.93±0.557	52.36±0.140	32.14±0.205
Eether extract (% DM)	4.84±0.908	1.50±0.117	8.87±0.639
Crude fiber (% DM)	19.94±0.773	5.21±0.113	8.05±0.120
Crude ash (% DM)	7.53±1.247	6.95±0.208	5.71±0.349
Neutral detergent fiber (% DM)	29.02±4.499	16.96±8.782	40.56±1.301
Acid detergent fiber (% DM)	14.74±3.406	6.38±1.280	13.47±0.226
Ca (% DM)	0.58±0.099	0.27±0.096	0.02±0.008
P (% DM)	0.54±0.042	0.66±0.002	0.97±0.009

Table 51. Amino acid composition of TMR, soybean meal and DDGS used in the experiment

Amino acid	TMR		Soybean meal		DDGS	
	%, DM	%, CP	%, DM	%, CP	%, DM	%, CP
Asp	1.19±0.200	7.36±1.057	5.49±0.123	10.48±0.207	1.79±0.073	5.56±0.190
Thr	0.58±0.054	3.63±0.239	2.01±0.007	3.85±0.004	1.08±0.018	3.36±0.035
Ser	0.72±0.069	4.48±0.30.	2.53±0.081	4.82±0.141	1.41±0.053	4.37±0.137
Glu	2.37±0.252	14.73±1.145	8.59±0.222	16.40±0.380	4.57±0.020	14.21±0.152
Gly	0.66±0.067	4.12±0.285	2.04±0.015	3.90±0.019	1.13±0.027	3.52±0.061
Ala	1.18±0.046	7.31±0.048	2.43±0.399	4.63±0.749	2.35±0.371	7.32±1.107
Val	0.60±0.057	3.75±0.249	1.79±0.097	3.43±0.194	1.15±0.068	3.59±0.235
Ile	0.43±0.047	2.70±0.207	1.85±0.192	3.54±0.377	0.88±0.134	2.75±0.435
Leu	1.14±0.135	7.10±0.637	3.72±0.098	7.11±0.206	3.40±0.173	10.59±0.607
Tyr	0.37±0.067	2.30±0.348	1.54±0.018	2.93±0.043	0.93±0.078	2.91±0.262
Phe	0.61±0.090	3.76±0.453	2.74±0.436	5.24±0.846	1.45±0.224	4.53±0.725
Lys	0.61±0.090	3.76±0.453	2.97±0.050	5.66±0.081	0.91±0.032	2.84±0.083
His	0.38±0.057	2.33±0.284	1.22±0.028	2.33±0.048	0.74±0.009	2.30±0.042
Arg	0.75±0.075	4.64±0.351	3.52±0.021	6.72±0.021	1.23±0.012	3.81±0.062
Pro	0.90±0.089	5.59±0.389	2.10±0.047	4.01±0.080	2.17±0.027	6.76±0.126
Cys	0.40±0.031	2.48±0.120	1.00±0.020	1.90±0.044	0.85±0.005	2.65±0.189
Met	0.28±0.043	1.71±0.232	0.74±0.019	1.42±0.032	1.06±0.319	3.29±0.971
Total AA	13.18±1.460	81.78±6.769	46.27±0.150	88.37±0.050	27.12±0.094	84.36±0.247



- 도체특성 조사: 시험이 종료된 공시축은 출하를 위해 B 축산물 공판장으로 운반 후 도축 하였음. 이후 축산물품질평가원의 등급판정기준에 따라 도축한 후, 0 °C에서 18~24 시간 동안 도체를 현수시킨 후 육량관정요인 (도체중, 등지방두께, 배최장근단면적)과 육질관정요인 (근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도)을 판정받고 데이터를 수집하였음. 또한, 도체성적 중 처리구간의 육질성적의 개체별 분포와 출현율의 차이를 제시하기 위하여 육량등급은 A(3):B(2):C(1)으로 환산하여 제시하였음. 육질의 특성과 풍미를 분석하기 위하여 13번째 흉추와 1번 요추 사이의 등심부위에서 일정량 채취하였고, 채취한 시료는 냉장상태(0~5°C)를 유지시켜 제1 협동연구기관의 실험실로 운반한 후 분석하였음. 도체의 수분, 조지방, 조단백질, 아미노산 분석을 위한 시료는 시료 주위의 과도한 지방 및 막을 제거 한 후, 분쇄기 (HMC-150T, Hanil Co., Korea)로 곱게 분쇄하여 분석시까지 - 80°C 에서 냉동 보관하였음.
- 시료의 분석:
  - 일반성분분석법: 급여사료와 고기의 수분, 조지방, 조단백질 및 회분의 분석은 Horwitz 와 Latimer (2005)의 AOAC 방법으로 분석함.
  - 아미노산 분석법: 사료와 고기시료 5 g과 6 N HCl 40 mL를 등근 플라스크에 넣고 혼합한 다음 110°C에서 24시간 동안 질소가스를 주입하여 가수분해하였음. 염산을 50°C에서 증발 농축시킨 다음 농축시료는 0.2 N sodium citrate buffer (pH 2.2) 50 mL를 넣어 희석시키고 여과지(0.45 μm)로 여과하였음. 여과한 시료 (30 μL)는 아미노산 분석기 (Model 835, Hitachi, Japan)를 이용하여 총아미노산 및 17종의 아미노산을 분석함.
  - 혈액분석: 혈장 내 유리아미노산의 분석은 앞의 아미노산 분석법에서 구성아미노산을 유리아미노산으로 전환하는 과정을 제외하고 아미노산 분석기로 동일하게 분석하였음. 총단백질 (total protein), 혈당 (glucose), 총콜레스테롤, albumin 및 BUN (blood urea nitrogen)은 생화학 자동분석기 (Hitachi 7020 automatic analyzer, Japan)으로 분석하였음.
- 통계처리: 본 시험에서 얻어진 결과는 SAS package (2002)의 GLM 분석방법에 따라 분석하였으며, 각 처리구별 유의성은 Duncan의 다중검정법으로 5% 수준에서 검정을 실시 하였음.

## (2) 연구결과

### ○ 한우비육말기 균형아미노산 공급용 사료배합비

- 연구방법에서 제시한 MPfeed와 MPtmp 산출방법을 기초로 한우 비육말기 TMR 기초사료의 MP 공급량과 MP 내 개별 필수아미노산의 공급량을 제시함 (Table 52). Glutamic acid의 MP에서의 공급량은 일부 원료사료에서 제시되지 않아 MP공급량에서는 제외하였음.

$$\text{MP공급량} = \text{MPfeed} + \text{MPtmp}.$$

- 원료사료 kg (DM) 당 MP공급량이 가장 높은 것은 대두박으로 예측되었음 (201.29 g MP/kg feed DM). 대두박을 급여할 경우 필수 아미노산 중에는 Leu의 공급량이 가장 많은 것으로 예측되었으며, His이 가장 공급량이 적었음 (Table 52).

Table 52. The amount (g/kg feed DM) of metabolizable protein (MP) calculated from metabolizable feed protein (MPfeed) and microbial true protein (MPmtp) and the amounts of essential amino acids supplied from the individual feed used in the basal diet

	Oat hay	Annual ryegrass hay	Tall fescue hay	Corn grain, ground	Corn, flaked	Soybean meal	Corn gluten feed
MP	82.11	82.55	77.79	131.39	134.07	201.29	132.75
Arg	3.42	3.34	3.45	5.35	5.27	10.99	5.12
His	1.49	1.34	1.22	2.62	2.30	4.06	2.72
Ile	3.92	3.49	3.16	4.79	5.05	8.13	4.59
Leu	6.09	5.82	5.57	10.80	13.06	15.57	11.07
Lys	5.57	5.55	5.25	7.96	7.37	12.43	7.43
Met	2.19	2.11	1.86	3.31	3.67	4.25	3.20
Phe	4.16	3.96	3.72	6.19	6.66	10.00	6.10
Thr	4.32	4.10	3.88	6.87	6.31	9.58	6.79
Val	3.65	3.82	3.41	5.79	5.71	8.48	5.80
TEAA	34.81	33.53	31.51	53.68	55.40	83.49	52.83
	Soybean hull	Wheat bran	DDGS	Cotton seed, whole	Soy sauce cake	Beet pulp	Energy supplement
MP	108.18	111.22	202.01	85.47	138.74	98.87	75.40
Arg	5.27	6.27	7.41	5.89	7.16	4.74	3.76
His	1.94	2.37	3.49	1.92	3.35	1.78	1.33
Ile	3.92	4.46	7.29	3.61	5.53	3.81	3.38
Leu	7.04	7.98	20.88	6.18	10.29	6.56	5.82
Lys	7.11	7.41	8.90	5.64	7.57	6.24	6.09
Met	2.07	2.77	5.18	1.85	2.90	2.15	2.25
Phe	4.62	5.32	9.82	4.65	6.68	4.33	3.93
Thr	4.82	5.40	8.52	4.21	4.27	4.78	4.32
Val	4.36	5.06	8.13	4.12	5.95	4.50	3.45
TEAA	41.16	47.04	79.63	38.06	53.70	38.88	34.33

- 원료사료를 배합비에 따라 급여하였을 때 공급될 수 있는 MP량을 산정하여 Table 53에 나타내었음. 기초사료 TMR 1 kg (DM)을 급여하면 총 MP공급량은 111.75 g/kg DM으로 산출되었음.

Table 53. The amount (g/kg TMR DM) of metabolizable protein (MP) calculated from metabolizable feed protein (MPfeed), microbial true protein (MPmtp) and essential amino acids in MP supplied from each ingredient feed according to its composition (Table 41) in the basal diet

	Oat hay	Annual ryegrass hay	Tall fescue hay	Corn grain, ground	Corn, flaked	Soybean meal	Corn gluten feed	
MP	4.47	7.26	3.05	18.06	16.50	7.26	14.82	
Arg	0.19	0.29	0.14	0.73	0.65	0.40	0.57	
His	0.08	0.12	0.05	0.36	0.28	0.15	0.30	
Ile	0.21	0.31	0.12	0.66	0.62	0.29	0.51	
Leu	0.33	0.51	0.22	1.49	1.61	0.56	1.24	
Lys	0.30	0.49	0.21	1.09	0.91	0.45	0.83	
Met	0.12	0.19	0.07	0.45	0.45	0.15	0.36	
Phe	0.23	0.35	0.15	0.85	0.82	0.36	0.68	
Thr	0.24	0.36	0.15	0.94	0.78	0.35	0.76	
Val	0.20	0.34	0.13	0.80	0.70	0.31	0.65	
TEAA	1.90	2.95	1.24	7.38	6.82	3.01	5.90	

	Soybean hull	Wheat bran	DDGS	Cotton seed, whole	Soy sauce cake	Beet pulp	Energy supplement	Total
MP	3.31	16.05	4.56	5.87	3.13	2.30	2.63	111.75
Arg	0.16	0.77	0.17	0.40	0.16	0.11	0.13	5.00
His	0.06	0.31	0.08	0.13	0.08	0.04	0.05	2.13
Ile	0.12	0.59	0.16	0.25	0.12	0.09	0.12	4.29
Leu	0.22	1.09	0.47	0.42	0.23	0.15	0.20	8.93
Lys	0.22	0.99	0.20	0.39	0.17	0.15	0.21	6.80
Met	0.06	0.38	0.12	0.13	0.07	0.05	0.08	2.75
Phe	0.14	0.72	0.22	0.32	0.15	0.10	0.14	5.35
Thr	0.15	0.76	0.19	0.29	0.10	0.11	0.15	5.46
Val	0.13	0.68	0.18	0.28	0.13	0.10	0.12	4.87
TEAA	1.26	6.28	1.80	2.61	1.21	0.90	1.20	45.58

- 일일 두당 15 kg (원물) 또는 10.27 kg (DM)을 비육말기 거세한우에 TMR을 급여한다고 가정하였을 때 Table 54에 일일 공급될 수 있는 사료로부터의 MP (g/day feed, DM)를 예측한 결과를 나타내었음. 일일 사료공급량 약 10 kg (DM)을 공급할 경우 사용된 원료 사료를 기준으로 1147.7 g/day (DM)의 대사단백질을 공급받을 것으로 예측되었음. 총 필수아미노산 (Trp 제외)는 468 g/day를 공급하는 것으로 예측되었으며, Leu의 공급량이 가장 많았고, 반면에 His과 Met의 공급량이 다른 필수아미노산과 비교하여 낮은 것으로 나타났음.

Table 54. The daily supply (g/day, DM) of metabolizable protein (MP) calculated from metabolizable feed protein (MPfeed), microbial true protein (MPmtp) and the daily supply (g/day, DM) of essential amino acids in the MP of the basal diet

	Oat hay	Annual ryegrass hay	Tall fescue hay	Corn grain, ground	Corn, flaked	Soybean meal	Corn gluten feed	
MP	45.96	74.58	31.33	185.48	169.45	74.57	152.16	
Arg	1.92	3.02	1.39	7.55	6.66	4.07	5.87	
His	0.83	1.21	0.49	3.71	2.91	1.50	3.12	
Ile	2.19	3.16	1.27	6.77	6.38	3.01	5.27	
Leu	3.41	5.26	2.24	15.25	16.51	5.77	12.69	
Lys	3.12	5.01	2.11	11.23	9.32	4.60	8.51	
Met	1.23	1.90	0.75	4.67	4.64	1.58	3.67	
Phe	2.33	3.57	1.50	8.74	8.42	3.70	6.99	
Thr	2.42	3.70	1.56	9.70	7.98	3.55	7.79	
Val	2.04	3.45	1.37	8.18	7.21	3.14	6.65	
TEAA	19.48	30.30	12.69	75.79	70.02	30.93	60.56	
	Soybean hull	Wheat bran	DDGS	Cotton seed, whole	Soy sauce cake	Beet pulp	Energy supplement	Total
MP	34.04	164.84	46.87	60.30	32.14	23.61	27.05	1147.65
Arg	1.66	7.91	1.72	4.15	1.66	1.13	1.35	51.32
His	0.61	3.19	0.81	1.35	0.78	0.42	0.48	21.85
Ile	1.23	6.05	1.69	2.55	1.28	0.91	1.21	44.11
Leu	2.21	11.15	4.84	4.36	2.38	1.57	2.09	91.68
Lys	2.24	10.21	2.07	3.98	1.75	1.49	2.19	69.87
Met	0.65	3.91	1.20	1.30	0.67	0.51	0.81	28.25
Phe	1.45	7.37	2.28	3.28	1.55	1.03	1.41	54.95
Thr	1.52	7.80	1.98	2.97	0.99	1.14	1.55	56.09
Val	1.37	6.96	1.89	2.91	1.38	1.07	1.24	50.02
TEAA	12.95	64.54	18.48	26.86	12.44	9.29	12.31	468.14

The daily supply of MPfeed and amino acids in MPfeed was calculated, being based on that Hanwoo cattle in the present study consume 15.0 kg (as-fed basis) or 10.27 kg (DM) of the basal diet.

- Table 55는 현재 사용되는 한국한우사양표준 (2017)에 제시된 거세우 육성 및 비육에 필요한 영양소 요구량을 제시하였음. 본 Table에서 체중 650 kg의 한우에 대하여 일당증체량이 0.8 kg/day인 경우 요구되는 MP는 589 g/day로 제시되어 있음. 또한, 체중 450 kg ~ 700 kg의 한우에 요구되는 MP요구량의 범위는 510 ~ 632 g/day로 제시되고 있음. Table 54에서 제시된 약 10 kg (DM)의 사료공급시 MP공급량이 1148 g과 비교하여 지나치게 낮은 요구량을 나타내고 있음. 이러한 차이점은 Table 46에 제시된 기초사료 TMR 10 kg/day을 섭취할 경우 사료로부터 공급되는 MPfeed가 500 g/day로 제시되고 있는 점과 비교하였을 때 유사성이 있어, 한국한우사양표준 (2017)에서 제시하는 MP값은 MPtmp를 고려하지 않은 것으로 추정됨.

Table 55. Daily requirements of nutrients for growing and fattening of Hanwoo steers

BW	DG	DMI	CP	TDN	ME	DE	TDN	MP	CP
(kg)	(kg/day)	(kg)	(%)	(%)	(Mcal)	(Mcal)	(kg)	(g)	(g)
450	0.8	8.6	12	71	22.03	26.87	6.09	510	988
	1	9.3	12	72	24.19	29.5	6.69	537	1065
	1.2	9.9	12	73	26.24	32	7.26	566	1135
	1.4	10.5	12	74	28.2	34.39	7.8	599	1200
500	0.8	8.9	12	72	23.25	28.36	6.43	523	1055
	1	9.5	12	74	25.45	31.04	7.04	546	1121
	1.2	10	12	76	27.55	33.6	7.62	572	1180
	1.4	10.5	12	78	29.55	36.04	8.17	601	1232
550	0.6	8.2	12	74	22	26.82	6.08	537	995
	0.8	8.9	12	76	24.34	29.68	6.73	548	1073
	1	9.4	12	78	26.56	32.39	7.35	563	1143
	1.2	9.9	12	80	28.68	34.98	7.93	583	1204
600	0.4	7.6	12	75	20.49	24.99	5.67	573	929
	0.6	8.1	12	78	22.96	27.99	6.35	572	1007
	0.8	8.6	12	81	25.3	30.85	7	579	1075
	1	9.1	12	84	27.52	33.56	7.61	591	1133
650	0.4	7.9	12	75	21.38	26.07	5.91	597	986
	0.6	8.4	12	78	23.82	29.05	6.59	589	1070
	0.8	8.9	12	81	26.14	31.87	7.23	589	1141
	1	9.3	12	84	28.34	34.56	7.84	594	1203
700	0.4	8	12	77	22.2	27.07	6.14	632	1015
	0.6	8.6	12	79	24.59	29.99	6.8	611	1117
	0.8	9.2	12	81	26.87	32.76	7.43	599	1207

Source: Korean Hanwoo Feeding Standards (2017).

- 지금까지의 연구결과를 기초로 육량 및 풍미증진이 가능한 아미노산 공급용 사료를 개발하기 위해 먼저 기초사료 1 kg이 공급할 수 있는 필수아미노산의 MP 내 공급량 (g/kg MP) 과 한우 등심부위 1 kg 단백질 내의 필수아미노산 함량 (g/kg total amino acid; Table 9 참고)을 단순비교하여 부족한 아미노산을 우선 선정하였음 (Table 56). 양적인 비교를 하였을 때 Lys의 양이 사료로부터 가장 부족한 것으로 나타났으며 다음으로 His이 부족하였음. 결론적으로 본 TMR 기초사료를 한우 비육말기에 급여할 경우 Lys 공급부족으로 근육 단백질 합성에 제한을 받을 것으로 추정하여, Lys을 제1 제한 아미노산으로 공급할 수 있는 원료사료로 Table 52에서 보는 것과 같이 기초사료의 원료사료들 중에서 대두박이 12.43 g Lys/kg (DM)을 MP 내에서 공급할 수 있는 것으로 평가되어 육량을 증가시키기 위해 대두박을 기초사료에 추가로 공급하는 것으로 결정하였음. 풍미를 증가시킬 수 있는 Glu가 근육에 축적될 수 있기 위해 사료공급원으로써 대두박, 밀기울, 옥수수 및 DDGS의 RUP 내 Glu의 함량이 높았으나 (Table 43), 밀기울과 옥수수는 대두박과 DDGS에 비하여 단백질 함량이 낮기에 실제 MPfeed로부터 공급될 수 있는 Glu의 양이 적었음 (Table 44 참고). Table 44에서 MPfeed에서 공급될 수 있는 Glu의 양은 대두박이 23.08 g/kg MPfeed이며, DDGS가 21.43 g/kg MPfeed로 나타났음. Table 47에서 원료사료별로 MP로 공급될 수 있는 미생물 단백질 공급량 (MPtmp)을 보면 대두박을 통해 10.46 g/kg, DDGS는 11.82 g/kg 을 공급할 수 있는 것으로 평가됨. 결국, 풍미를 증진시키기 위해 대두박만을 적용할 수는 있으나, 대두박의 경우 사료섭취량에 영향을 줄 수도 있기에 그 급여량에 한계가 있어 균형아미노산을 공급하면서도 Glu를 추가로 공급할 수 있는 사료로 DDGS를 선정하였음.

Table 56. The comparison between essential amino acid contents in the metabolizable protein (g/kg MP) supplied from the basal diet and in loin meat (g/kg total amino acid) of Hanwoo cattle

EAA	MP from the basal diet	Loin meat	MP/Loin	MP-Loin
Arg	5.00	6.64	0.75	-1.64
His	2.13	3.93	0.54	-1.8
Ile	4.29	4.55	0.94	-0.26
Leu	8.93	9.0	0.99	-0.07
Lys	6.80	9.69	0.70	-2.89
Met	2.75	2.42	1.14	0.33
Phe	5.35	4.33	1.24	1.02
Thr	5.46	4.81	1.14	0.65
Val	4.87	4.98	0.98	-0.11

- 결론적으로 기초사료에 추가로 Lys과 Glu를 공급할 수 있는 원료사료가 포함된 배합비를 Table 57에 제시하였음.

Table 57. Suggested diet formulation (as-fed basis) of total mixed ration (TMR) to improve meat quantity and flavor in meat fed for Hanwoo steers in the late-fattening period

Feed	Basal diet	Diet for meat quantity	Diet for meat quantity and flavor
Oat hay	3.5	3.5	3.5
Annual ryegrass hay	5.9	5.9	5.9
Tall fescue hay	2.6	2.6	2.6
Corn grain, ground	9.8	9.8	9.8
Corn grain, flaked	9.0	9.0	9.0
Soybean meal	2.5	3.7	3.0
Corn gluten feed	7.3	7.2	7.2
Soybean hull	2.0	1.6	1.6
Wheat bran	16.1	15.9	15.9
DDGS	1.5	1.5	3.9
Cotton seed, whole	4.5	4.5	4.5
Soy sauce cake	2.0	1.5	1.0
Beet pulp	1.5	1.5	1.0
Molasses	3.0	3.0	3.0
Energy supplement	9.7	9.7	9.0
NaHCO <sub>3</sub>	0.1	0.1	0.1
Salts	0.3	0.3	0.3
Limestone	0.3	0.3	0.3
Vitamin mixture	0.2	0.2	0.2
Mineral mixture	0.2	0.2	0.2
Water	18	18	18

- 한우비육말기 개발 사료의 급여를 통한 한우의 증체 및 육량, 육질 및 풍미증진에 대한 효과 규명
- 출하 전 약 3개월 동안 12두의 한우 거세우에 대하여 기초사료인 TMR에 육량을 증가시키기 위한 제1 제한 아미노산인 Lys의 MP 공급량을 증가시키기 위해 대두박을 1일 400 g씩 추가로 급여한 그룹 (T1)과 육량 및 풍미를 함께 증가시킬 수 있도록 대두박과 DDGS를 100 g 및 400 g 공급 (T2)하였을 때 최종 체중과 건물섭취량 (DMI)에 대하여 Table 58에 제시하였음. 시험 시작 전의 체중에 대한 자료는 시험 당시의 결과를 체중계의 문제로 제시하지 못하였기에 시작 전과 시작 후의 체중변화에 대하여 비교할 수는 없

지만, 최종 체중에 대한 처리간 유의적인 차이는 없었음. 하지만, 수치적으로 T1과 T2가 증가하는 것으로 나타남. 사료섭취량은 전반적으로 차이가 없으나, 7.4 ~ 7.9 kg DM/day로 나타나, 일반적인 사양관리시 비육말기 한우의 사료섭취량은 10 kg DM/day 내외인데 (Choi et al. 2021) 본 시험에서 비육말기에 사료섭취량이 낮은 것은 급여한 기초사료인 TMR의 건물함량이 53%로 지나치게 낮아 (Table 50) 시험동물들의 DMI가 낮았던 것으로 판단됨.

Table 58. Final body weight and feed intake of Hanwoo steers in the late-fattening period fed experimental diets

Items	Con	T1	T2	SEM	p-value
Final body weight (kg)	745.0	749.0	785.5	23.17	0.7706
Dry matter intake (kg/day)	7.6±0.50 <sup>1</sup>	7.4±0.76	7.9±0.34	-	-

<sup>1</sup>Mean±SD.

Con: basal diet; T1: basal diet + 400 g/day soybean meal; and T2: basal diet + 100 g/day soybean meal and 400 g/day DDGS.

SEM: Standard error of the mean.

- Table 59에 비육말기 한우 거세우의 처리구별 도체특성을 나타내었음. 도체중, 등지방두께, 배최장근단면적 (*longissimus* muscle area) 및 육량지수에 대한 육량특성은 전반적으로 처리간 유의적인 차이가 없었음. 하지만, **도체중은 대조구에 비해 T1 및 T2 모두 수치적으로 증가하였음.** 본 연구에서 이용된 한우의 도체중은 평균 452 kg이었는데, 2019년 평균 도체중량은 406.9 kg으로 본 연구의 결과가 전국평균치보다 높은 것으로 나타나 (2019축산물등급판정 통계연보, 2019) 본 연구에서 이용한 기초사료 TMR이 비육말기 한우의 육량을 높이는 효과가 높은 사료이기에 처리구에 의한 유효한 차이를 끌어내지 못한 것으로 생각됨. 도체중과 더불어 배최장근단면적의 경우 대두박을 추가급여한 그룹 (T1)에서만 수치적으로 증가하여 유의성은 없지만 **대두박을 추가급여함으로써 제1제한 아미노산의 추가공급이 어느 정도 효과를 준 것으로 판단되며,** T2는 대두박을 적게 공급함으로 DDGS를 추가공급한 것은 등심면적을 증가시키지는 못한 것으로 판단됨. 육질특성인 에서는 제일 영향을 많이 미치는 근내지방도가 처리구간에 차이가 없는 것으로 나타나 MP시스템을 적용하여 균형아미노산 공급을 하더라도 육질의 개선은 나타나지 않은 것으로 생각되었음. 다만, 조직감이 T1에서 다른 처리구에 비해 유의적인 증가 ( $p=0.0002$ )가 있었으나, 큰 의미를 부여할 수는 없는 것으로 판단되었음. 육질등급은 대조구가 수치적으로 높았으나 유의성이 거의 없는 것으로 나타남. 결국 본 연구에서 급여한 사료에 의해 육질자체의 개선효과는 없는 것으로 판단되며, 풍미에 대한 연구결과가 중요할 것으로 판단됨.



Table 59. Carcass traits of Hanwoo steers in the late-fattening period fed the experimental diets

Items	Con	T1	T2	SEM	p-value
Yield traits					
Carcass weight (kg)	440.5	450.8	467.5	15.04	0.7947
Bacfat thickness (mm)	7.8	12.3	10.5	0.95	0.1518
<i>Longissimus</i> muscle area (cm <sup>2</sup> )	90.3	97.5	90.0	3.03	0.5556
Yield index	63.4	62.0	61.9	0.43	0.2843
Quality traits					
Marbling score	5.2	5.2	4.8	0.51	0.9169
Meat color	5.0	5.0	4.8	0.083	0.4053
Fat color	3.0	3.0	3.0	0	-
Texture	0.0 <sup>b</sup>	1.3 <sup>a</sup>	0.0 <sup>b</sup>	0.19	0.0002
Maturity	2.0	2.3	2.0	0.083	0.4053
Quality grade	2.7	2.5	2.3	0.31	0.8382

Con: basal diet; T1: basal diet + 400 g/day soybean meal; and T2: basal diet + 100 g/day soybean meal and 400 g/day DDGS.

<sup>a,b</sup>Means in the same row with different superscript differ significantly ( $p < 0.05$ ).

SEM: Standard error of the mean.

- Table 60에 비육말기 한우 거세우의 처리구별 혈장 내 대사물질과 유리아미노산의 농도 변화에 대하여 나타내었음. 혈액 내 총단백질과 알부민의 함량이 대조구에서 가장 높은 것으로 나타났음. Glucose, 콜레스테롤 및 BUN은 처리간 유의적 차이가 나지 않았음. 특히, BUN의 경우 유의적인 차이가 없어 체내 흡수된 아미노산의 이용에 큰 차이가 없는 것으로 판단되었지만, 수치적으로 T1에서 더 낮아짐으로 MP의 이용율이 다른 처리보다 높은 것으로 생각되며, 이것은 결국 아미노산의 균형이 이루어진 효과로 판단됨. BUN의 농도는 신장과 간 조직에 의한 요소합성량과 관련된 반추위와 소장에서 흡수된 질소의 양을 반영하기 때문임 (Lewis, 1957; Owns and Bergen, 1983). 혈액 내 Lys은 처리간에 유의적인 차이가 없었으나 T2에서 증가하는 경향( $p < 0.1$ )을 나타내었음. 특히, **혈액 내 유리아미노산 중 Glu가 T1 및 T2에서 모두 대조구에 비해 유의적으로 높았음** ( $p < 0.05$ ). Glu는 풍미 중 감칠맛과 관련된 아미노산이기에 소고기 내 감칠맛을 높일 수 있을 것으로 기대가 됨. 반대로 Val은 T1에서 대조구에 비해 유의적으로 낮았으며 ( $p < 0.05$ ), T2도 낮은 경향이기에 쓴맛을 내는 아미노산이 혈액에서 감소하였다는 근육조직 내 유리 valine의 함량도 감소하여 맛을 좋게하는데 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대가 되었음. 쓴맛과 관련된 Arg의 경우 T1이 대조구와 T2에 비교하여 유의적으로 높은 함량이었기에 ( $p < 0.05$ ) T1과 T2중 T2가 더 풍미가 높을 것으로 기대가 되었음.

Table 60. Blood parameters of Hanwoo steers in the late-fattening period fed the experimental diets

Items	Con	T1	T2	SEM	p-value
Total protein (g/dL)	7.6 <sup>a</sup>	7.1 <sup>ab</sup>	6.4 <sup>b</sup>	0.21	0.0323
Glucose (mg/dL)	85.7	83.3	82.0	1.12	0.4572
Albumin (g/dL)	4.67 <sup>a</sup>	4.30 <sup>a</sup>	4.13 <sup>b</sup>	0.037	0.0024
Cholesterol (mg/dL)	123.3	143.7	144.0	5.83	0.2831
Blood urea nitrogen (mg/dL)	13.3	11.0	13.3	0.60	0.1999
Amino acid (% total AA)					
Asp	9.59	9.8	9.62	0.0512	0.2110
Thr	6.31	6.25	6.12	0.0559	0.4219
Ser	6.35	6.29	5.92	0.1009	0.1692
Glu	13.25 <sup>b</sup>	13.72 <sup>a</sup>	13.67 <sup>a</sup>	0.0934	0.0464
Gly	2.96	3.06	2.96	0.0341	0.4698
Ala	4.9	4.99	4.99	0.0429	0.6962
Val	5.59 <sup>a</sup>	5.3 <sup>b</sup>	5.43 <sup>ab</sup>	0.0491	0.0239
Ile	2.23	2.2	2.27	0.0259	0.5779
Leu	9.55	9.67	9.77	0.0540	0.2665
Tyr	3.56	3.55	3.35	0.0532	0.2091
Phe	8.49	7.11	8.1	0.2845	0.1090
Lys	8.86	8.86	9.18	0.0728	0.0922
His	3.27	3.15	3.31	0.0369	0.1854
Arg	5.37 <sup>b</sup>	5.53 <sup>a</sup>	5.33 <sup>b</sup>	0.0366	0.0298
Pro	4.08	4.31	4.24	0.0949	0.6435
Cys	4.65	5.23	4.74	0.1875	0.4527
Met	0.99	0.99	0.99	0.0166	1.0000
Total AA (%)	7.77 <sup>a</sup>	7.41 <sup>ab</sup>	6.75 <sup>b</sup>	0.176	0.0261

Con: basal diet; T1: basal diet + 400 g/day soybean meal; and T2: basal diet + 100 g/day soybean meal and 400 g/day DDGS.

<sup>a,b</sup>Means in the same row with different superscript differ significantly ( $p < 0.05$ ).

SEM: Standard error of the mean.

2-4-2. 사료원의 단백질 및 아미노산 공급 및 by-pass율 규명 분석 및 풍미관련 아미노산의 공급수준 규명 및 소고기의 육질 및 관능평가 (제1 협동연구기관: 중앙대학교)

가. NRC 사양표준에서 제시한 대표적 단백질원 사료원료 중 사료 업계에서 주로 이용되고 있는 사료원료 15종에 대하여 *in situ* 시험을 통한 단백질 및 아미노산 by-pass율 측정 (1차 및 2차년도)

(1) 연구방법

- 충북 천안시 성환읍에 위치한 새삼목장에서 *cannula* 장착 한우 암소(3산차)를 대상으로 Nylon bag technique (Orskov et al., 1980)를 이용하여 *in situ* 시험을 실시함. 각 사료원료는 1.0 mm로 screening한 후 1.5g씩 15개의 dacron bag (ANKOM Technology, USA, pore size 50  $\mu$ m)에 담아 입구를 봉하였음. 준비된 dacron bag은 pore size가 큰 세탁망에 넣어 공시축의 *cannula*를 통하여 반추위에 넣어 24시간 동안 발효시켰음 (Fig. 10 참조). 이후 dacron bag 회수 즉시 농장에서 흐르는 물을 이용하여 1차 세척을 진행하였으며, 실험실에서 흐르는 증류수를 이용하여 2차 세척을 실시하고 60°C dry oven에서 72시간 동안 건조하였음. 건조가 완료된 sample의 단백질 및 아미노산 함량 분석을 실시하였음. 단백질은 Foss사의 자동 켈달 분석기(2200 Kjeltac Auto Distillation, Switzerland)를 이용하여 분석하였으며, 아미노산 분석은 농협 축산연구원에 의뢰하여 분석하였음.



Fig. 10. *In situ* 시험 준비

## (2) 연구결과

### ○ 시험사료 건물 by-pass율

- 원료사료별 단백질 및 아미노산 by-pass율 측정을 위한 *in situ* 시험 결과, 건물의 by-pass율 경우, 팜박이 51.01%로 가장 높았으며, 타피오카, 채종박, 중국산 단백질 (1), 루핀원두, 주정박, DDGS, 국산 단백질, 브라질산 대두박, 중국산 단백질 (2), 미강, 우크라이나산 옥수수, 남미산 옥수수, 국산 대두박, 미산 대두박 순으로 높았음.

### ○ 시험사료 단백질 by-pass율

- 단백질 by-pass율의 경우, 타피오카가 59.98%로 가장 높았으며, DDGS, 주정박, 팜박, 브라질산 대두박, 채종박, 남미산 옥수수, 우크라이나산 옥수수, 국산 대두박, 미산 대두박, 미강, 루핀 원두, 국산 단백질, 중국산 단백질 (1), 중국산 단백질 (2) 순으로 높았음 (Table 61, 62, 63).

### ○ 시험사료 아미노산 by-pass율

- Total amino acid의 by-pass율의 경우, 타피오카가 73.73%로 가장 높았으며, 팜박 (70.76%), 주정박(51.60%), DDGS (48.28%), 브라질산 대두박(47.36%), 남미산 옥수수 (44.44%), 채종박(38.63%), 우크라이나산 옥수수(36.43%), 국산 대두박(30.93%), 미산 대두박(29.85%), 미강(27.07%), 루핀 원두(22.21%), 중국산 단백질 (1) (16.11%), 중국산 단백질 (2) (14.20%), 그리고 국산 단백질(13.76%) 순으로 높았음.
- 한우 근내 풍미 증진에 관여하는 glutamic acid의 by-pass율의 경우, 타피오카가 72.17%로 가장 높았으며, 팜박(68.38%), 주정박 (57.80%), DDGS (55.63%), 남미산 옥수수(49.54%), 브라질산 옥수수(40.02%), 우크라이나산 옥수수(37.86%), 채종박(31.97%), 미산 대두박(26.01%), 국산 대두박(25.83%), 루핀 원두(20.39%), 미강(19.37%), 중국산 단백질 (1) (17.62%), 중국산 단백질 (2) (15.58%), 국산 단백질(14.79%) 순으로 높았다. 또한, 한우 근내 풍미 증진에 관여하는 alanine의 경우, 타피오카가 75.23%로 가장 높았으며, 팜박(63.18%), 주정박(50.93%), 브라질산 대두박(49.77%), DDGS (45.68%), 남미산 옥수수(42.78%), 채종박(39.35%), 우크라이나산 옥수수(38.65%), 국산 대두박 (33.79%), 미산 대두박(31.57%), 미강(25.52%), 루핀 원두(22.44%), 중국산 단백질 (1) (13.93%), 중국산 단백질 (2) (12.71%), 국산 단백질(12.38%) 순으로 높았음 (Table 61, 62, 63).

Table 61. 단백질원 사료원료별 *in situ* 시험을 통한 단백질 및 아미노산 by-pass율

Feedstuff	남미산 옥수수	우크라이나산 옥수수	국산 단백질	(% of content, DM)	
				중국산 단백피 (9333)	중국산 단백피 (4802)
DM	30.52	30.60	37.47	39.72	32.65
Crude Protein	34.67	29.97	12.37	11.84	10.18
Total Amino acid	44.44	36.43	13.76	16.11	14.20
ASP	39.86	30.49	11.81	12.79	11.86
THR	47.12	33.51	17.75	19.74	17.01
SER	42.38	36.30	13.98	16.15	14.33
GLU	49.54	37.86	14.79	17.62	15.58
GLY	34.35	27.30	12.86	14.07	12.19
ALA	42.78	38.65	12.38	13.93	12.71
VAL	49.97	35.10	16.67	18.84	16.27
ILE	62.03	52.12	17.52	18.84	17.61
LEU	52.53	47.74	15.01	18.43	17.01
TYR	65.27	52.69	11.75	13.79	12.30
PHE	44.50	38.72	17.41	19.51	18.01
LYS	29.67	22.34	12.01	13.96	12.84
HIS	34.61	26.06	10.74	13.57	11.35
ARG	26.97	23.83	7.13	8.04	6.73
PRO	40.45	31.14	14.01	16.77	14.41
CYS	34.61	37.23	15.61	22.30	16.72
MET	45.64	43.53	15.11	16.33	13.66

Table 62. 단백질원 사료원료별 *in situ* 시험을 통한 단백질 및 아미노산 by-pass율

Feedstuff	(% of content, DM)				
	국산 대두박	미산 대두박	브라질산 대두박	DDGS	팜박
DM	21.81	21.13	34.59	37.95	51.01
Crude Protein	27.42	27.07	39.81	41.60	41.01
Total Amino acid	30.93	29.85	47.36	48.28	70.76
ASP	28.33	27.43	45.06	43.02	66.20
THR	35.72	33.46	50.67	45.70	71.13
SER	30.69	29.44	46.87	43.26	60.34
GLU	25.83	26.01	40.02	55.63	68.38
GLY	31.32	30.64	47.43	34.71	62.91
ALA	33.79	31.57	49.77	45.68	63.18
VAL	44.23	41.34	61.63	56.06	89.39
ILE	42.92	40.52	61.65	63.22	95.86
LEU	35.04	33.23	52.85	55.84	74.74
TYR	36.08	35.43	56.68	49.63	96.69
PHE	31.30	30.10	48.77	50.37	71.41
LYS	28.47	27.26	43.60	34.20	87.04
HIS	29.08	27.24	45.13	38.32	68.90
ARG	24.82	24.91	42.95	34.81	70.16
PRO	27.91	27.14	42.12	42.97	62.64
CYS	50.32	46.37	79.58	54.80	80.73
MET	43.90	38.96	65.71	51.09	77.25

Table 63. 단백질원 사료원료별 *in situ* 시험을 통한 단백질 및 아미노산 by-pass율

Feedstuff	(% of content, DM)				
	채종박	루핀 원두	미강	주정박	타피오카
DM	41.32	38.94	32.24	38.07	42.51
Crude Protein	37.38	14.00	23.28	41.59	59.98
Total Amino acid	38.63	22.21	27.07	51.60	73.73
ASP	41.99	22.88	29.50	49.27	82.07
THR	45.69	22.86	30.25	51.39	82.07
SER	39.61	21.88	27.52	50.41	74.61
GLU	31.97	20.39	19.37	57.80	72.17
GLY	36.42	19.79	26.31	38.63	82.07
ALA	39.35	22.44	25.52	50.93	75.23
VAL	59.25	35.43	35.81	51.73	71.81
ILE	58.86	36.55	36.58	57.36	88.91
LEU	41.14	25.68	35.08	59.22	71.13
TYR	46.78	18.57	25.06	58.53	71.81
PHE	37.64	24.63	37.69	54.82	50.50
LYS	39.87	21.40	22.18	33.58	89.25
HIS	34.18	20.37	18.15	41.55	95.41
ARG	33.85	16.23	17.69	39.59	91.71
PRO	33.86	25.09	31.42	47.73	44.07
CYS	36.65	26.67	29.96	58.94	98.48
MET	41.66	25.41	30.96	40.40	94.86

나. 사료 업계에서 주로 이용되고 있는 단백질원 사료원료 15종 급여에 따른 반추위 내 미생물 균집 분석을 위한 denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) 실시(2차년도)

(1) 연구방법

○ *In vitro* 시험 준비

- 제1세부과제에서 수행한 사료업계에서 주로 사용되고 있는 사료원료 총 15종(남미산 옥수수, 우크라이나산 옥수수, 국산 단백질(1), 중국산 단백질(2), 국산 대두박, 미산 대두박, 브라질산 대두박, DDGS, 팜박, 채종박, 루핀 원두, 미강, 주정박, 타피오카)에 대

한 *in vitro* 시험 이후 반추위 미생물 균집 분석을 위한 denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) 분석을 실시하였음.

- 초기 미생물 균총을 같게 하기 위하여 *cannula* 장착 한우 암소(3산차)의 반추위 내에서 채취한 내용물을 4겹의 cheese cloth에 걸러서 보온용기에 담아 1시간 안에 실험실로 운반한 뒤, artificial saliva (McDougall, 1948; 표 1)와 1:1 비율로 희석하여 3 L의 미생물 혼합액을 제조하였으며, 60°C에서 24 h 동안 건조시킨 공시 농후사료(12 g)와 볏짚(18 g)을 첨가하여 17시간동안 39°C incubation에서 강화배양을 실시하였음.
- 미생물 발효 특성에 대한 *in vitro* 배양 조건은 60°C dry oven에 2일간 건조시킨 총 15종(남미산 옥수수, 우크라이나산 옥수수, 국산 단백질, 중국산 단백질(1), 중국산 단백질(2), 국산 대두박, 미산 대두박, 브라질산 대두박, DDGS, 팜박, 채종박, 루핀 원두, 미강, 주정박, 타피오카)의 시험사료 1 g (1%)과 artificial saliva (80 mL)를 주입한 후 inoculum (20 mL)을 접종하였고 혐기상태 유지를 위해 O<sub>2</sub>-free CO<sub>2</sub> gas 분주하였으며, rubber stopper와 알루미늄 뚜껑을 이용하여 입구를 봉하였음. 접종이 끝난 후 39°C incubator에서 배양을 실시하였으며(Van Soest et al., 1967), 반추위 내 미생물 균총 변화 양상 규명을 위해 24시간대에 -60°C의 초저온냉동고에 overnight 시킨 후 동결건조하였음.

○ *In vitro* 배양액 DNA 추출

- Zironia/silica beads 0.7 g을 bead beating vial에 담아 autoclave (121°C/30 min)에 멸균시킨 뒤 동결건조된 sample을 0.05 g씩 담았음. 이후 20% sodium dodecyl sulfate 용액을 200 µL씩 넣어준 뒤 buffer A (NaCl: 200 mM, Tris: 200 mM, EDTA: 20 mM) 시약을 282 µL, buffer PB (QIAquick<sup>®</sup> PCR Purification Kit, Germany) 268 µL, Phenol/chloroform/Isoamylalcohol (25:24:1) 550 µL를 첨가하였으며, bead beater를 이용하여 full seed (2,000 strokes × 4 min)로 세포를 파쇄시켰음. 이후 bead beating vial을 원심분리(16,000 g × 20 min)한 뒤 상층액 500 µL를 microtube에 넣어 buffer PB 650 µL를 첨가하였음. DNA 추출을 완료한 뒤, QIAquick PCR purification kit를 이용하여 DNA를 정제한 뒤 정제가 완료된 샘플은 -20°C에 냉동보관 하였음.

○ DNA polymerase chain reaction (PCR)

- 추출 및 정제가 완료된 샘플은 DNA 증폭을 위하여 PCR을 실시하였음. TaKaRa의 PCR 기기(TaKaRa PCR thermal Cycler Dice<sup>®</sup> Gradient, Japan)를 사용하여 PCR을 진행하였으며, PCR에 사용된 primer는 341f-GC, 534r이다. PCR 조건은 94°C에서 5분 이후 94°C에서 30 sec, 62°C에서 30 sec, 72°C에서 30 sec 로 30 cycle동안 진행하였음. 마지막으로 72°C에서 7 min 이후 4°C로 온도를 낮춰주었음. 이후 DNA 농도를 pmol 단위로 맞춰주기 위하여 QIAquick PCR Purification kit를 이용하여 위와 동일한 조건으로 2차 정제를 실시하였음.

○ Denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE)를 통한 미생물 균집 분석

- *In vitro* 배양액에서 추출 및 증폭된 DNA PCR products를 이용하여 DGGE를 통하여 미생물 균집 분석을 실시하였음. PCR product는 35-45%의 농도구배를 갖춘 8%



acrylamide gel에 동일한 농도로 로딩하였다. 다음으로 gel은 D-code system (Bio-Rad Laboratories, Inc., Hercules, CA, USA)을 이용하여 전기영동을 16시간동안 실시하였음. 전기영동을 마친 gel은 straining을 한 후 Gel Doc XR+ (Bio-Rad Laboratories, Inc., Hercules, CA, USA)을 이용하여 촬영하였다. 촬영된 사진은 미생물 군집 분석에 이용되었음.

(2) 연구결과

○ *In vitro* 실험 및 반추위 내 미생물 군집

- *In vitro* 배양액에서 추출된 DNA를 이용하여 PCR-DGGE를 실시한 결과는 Fig. 11과 같음. 배양 후 24시간대에 처리구 간 band pattern 유사도를 확인하기 위한 dendrogram은 Fig. 12와 같다. 배양 후 24시간대의 미생물 군집 양상은 남미산 옥수수 와 우크라이나산 옥수수 처리구가 48%, 루핀 원두와 미강은 약 88%, 주정박과 타피오카는 약 58%, 중국산 단백질(2)와 국산 대두박은 약 67%, 브라질산 대두박과 DDGS는 약 58%, 국산 단백질과 중국산 단백질(1)은 약 60%의 유사도를 나타내었음(Fig. 11). 사료 원료별 미생물 군집 양상의 유사도가 전체적으로 낮은 경향을 보였으며, 육안상 차이가 큰 42개의 band를 추출하여 시퀀싱을 진행하였음(Table 64).

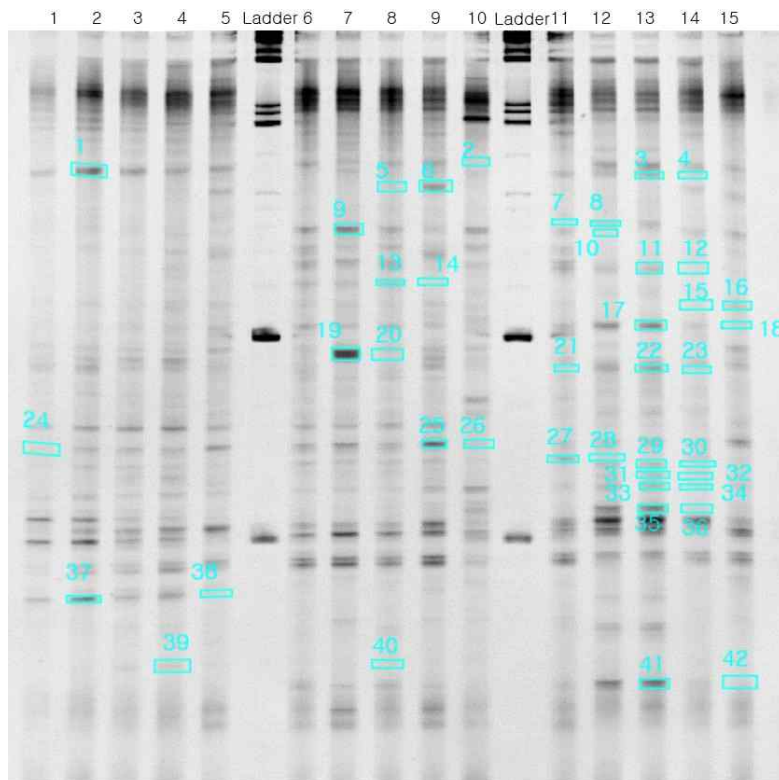


Fig. 11. Denaturing gradient gel electrophoresis 결과 (1 = 남미산 옥수수; 2 = 우크라이나산 옥수수; 3 = 국산 단백질; 4 = 중국산 단백질(1); 5 = 중국산 단백질(2); 6 = 국산 대두박; 7 = 미산 대두박; 8 = 브라질산 대두박; 9 = DDGS; 10 = 팜박; 11 = 채종박; 12 = 루핀 원두; 13 = 미강; 14 = 주정박; 15 = 타피오카; Ladder = 100bp DNA ladder).

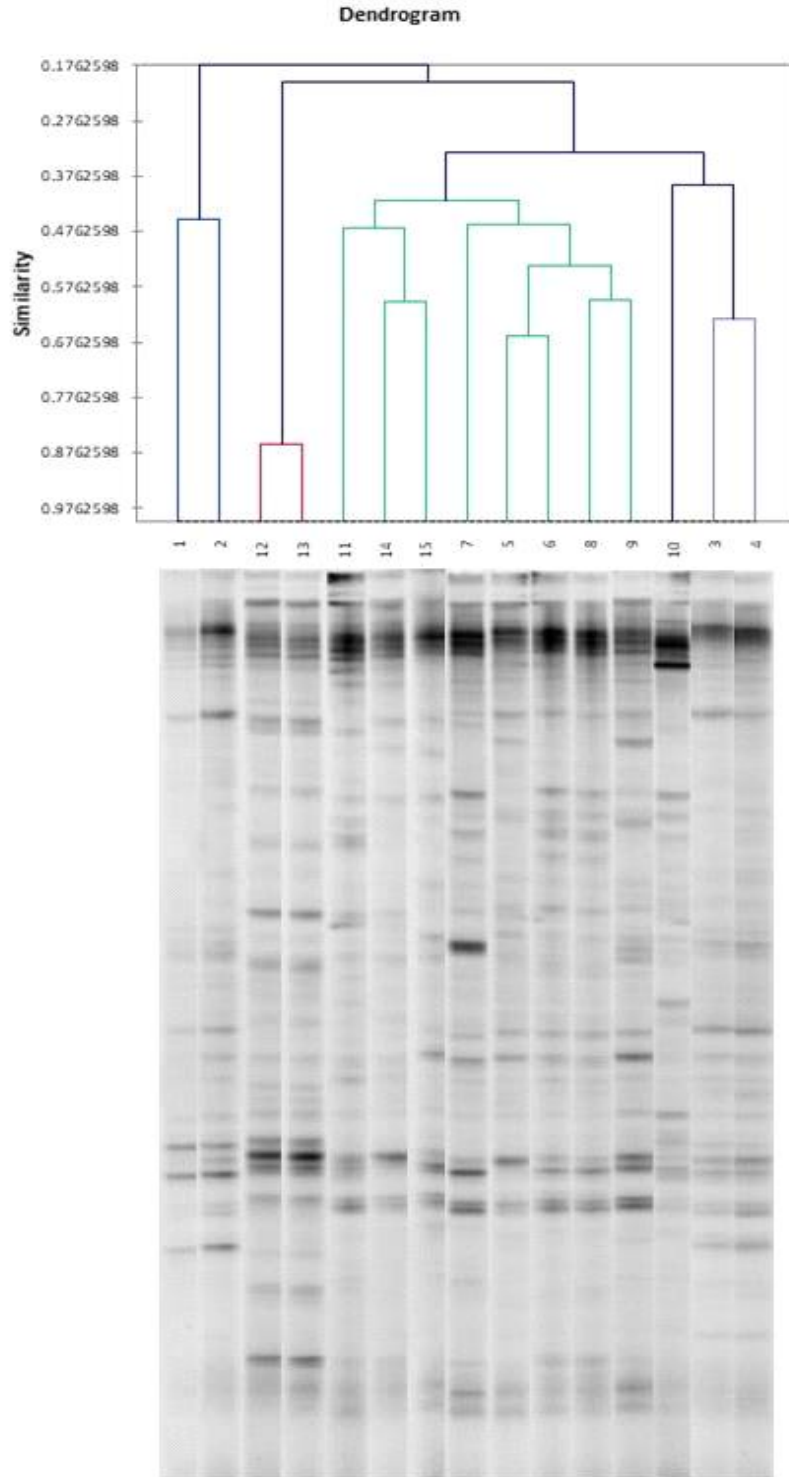


Fig. 12. DGGE gel 분석을 통한 dendrogram (1 = 남미산 옥수수; 2 = 우크라이나산 옥수수; 3 = 국산 단백질; 4 = 중국산 단백질(1); 5 = 중국산 단백질(2); 6 = 국산 대두박; 7 = 미산 대두박; 8 = 브라질산 대두박; 9 = DDGS; 10 = 팜박; 11 = 채종박; 12 = 루핀 원두; 13 = 미강; 14 = 주정박; 15 = 타피오카; Ladder = 100bp DNA ladder).

Table 64. 시퀀싱 결과

	Description	Max. score	Total score	Query cover	E value	Per. Ident
Band 1	Spiroplasma litorale strain TN-1, complete genome	67.6	67.6	21%	2.00E-08	93.48%
	Haloplasma contractile SSD-17B Contig27, whole genome shotgun sequence	62.1	62.1	20%	9.00E-07	93.02%
Band 2	Thermosulfurimonas dismutans strain S95 contig00001, whole genome shotgun sequence	82.4	82.4	24%	6.00E-13	96.00%
	Desulfurobacterium thermolithotrophum DSM 11699, complete genome	82.4	164	24%	6.00E-13	96.00%
	Thermovibrio ammonificans HB-1, complete genome	82.4	247	24%	6.00E-13	96.00%
Band 3	No significant Desulfotomaculum copahuensis strain LMa1					
Band 4	LMA27_trimmed_contig_9. whole genome shotgun sequence	80.5	80.5	22%	2.00E-12	97.83%
	Anaerovibrio lipolyticus DSM 3074, whole genome shotgun sequence	80.5	80.5	22%	2.00E-12	97.83%
	Halarsenatibacter silvermanii strain SLAS-1, whole genome shotgun sequence	80.5	80.5	22%	2.00E-12	97.83%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld2, whole genome shotgun sequence	80.5	80.5	22%	2.00E-12	97.83%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld1, whole genome shotgun sequence	80.5	80.5	22%	2.00E-12	97.83%
	Desulfotomaculum gibsoniae DSM 7213, complete genome	80.5	644	22%	2.00E-12	97.83%
	Dehalobacterium formicoaceticum strain DMC, complete genome	80.5	402	22%	2.00E-12	97.83%
	Centipeda periodontii DSM 2778 SCAFFOLD1, whole genome shotgun sequence	80.5	161	22%	2.00E-12	97.83%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld0, whole genome shotgun sequence	80.5	241	22%	2.00E-12	97.83%

Band 5	No significant					
	Ketogulonicigenium					
	robustum strain					
Band 6	SPU_B003, complete	67.6	405	21%	2.00E-08	95.24%
	genome					
	Oceanicola granulosis					
	HTCC2516					
	scf_1099521380027,	67.6	135	20%	2.00E-08	95.24%
	whole genome					
	shotgun sequence					
	Sulfitobacter geojensis					
	strain MM-124					
	MM124_contig5,	67.6	135	20%	2.00E-08	95.24%
	whole genome					
	shotgun sequence					
	Sulfitobacter					
	noctilucicola strain					
	NB-77 NB77_contig8,	67.6	135	20%	2.00E-08	95.24%
	whole genome					
	shotgun sequence					
	Sulfitobacter guttiformis					
	KCTC 32187					
	KCTC32187_contig4,	67.6	135	20%	2.00E-08	95.24%
	whole genome					
	shotgun sequence					
Band 7	No significant					
	Dehalobacterium					
	formicoaceticum					
Band 8	strain DMC,	113	568	31%	2.00E-22	98.44%
	complete genome					
	Jannaschia pohangensis					
Band 9	strain DSM 19073, whole	73.1	73.1	26%	4.00E-10	91.07%
	genome shotgun sequence					
	Roseivivax roseus					
	strain DSM 23042,	73.1	73.1	26%	4.00E-10	91.07%
	whole genome					
	shotgun sequenc					
	Jannaschia faecimaris					
	strain DSM 100420,	73.1	73.1	26%	4.00E-10	91.07%
	whole genome					
	shotgun sequence					
	Halocynthiibacter					
	arcticus strain PAMC					
	20958, complete	73.1	219	26%	4.00E-10	91.07%
	genome					
	Xuhuaishuia					
	manganoxidans strain					
	DY6-4 genome	73.1	73.1	26%	4.00E-10	91.07%
	Pelagibaca abyssi strain					
	JLT2014, complete	73.1	146	26%	4.00E-10	91.07%
	genome					
	Dolosicoccus					
	paucivorans strain					
Band 10	DSM 15742, whole	84.2	84.2	23%	2.00E-13	97.92%
	genome shotgun					
	sequence					
Band 11	Gracilimonas tropica DSM	63.9	63.9	16%	3.00E-07	97.30%
	19535					

	B151DRAFT_scaffold_21.22 _C, whole genome shotgun sequence Gracilimonas tropica DSM 19535					
	B151DRAFT_scaffold_11. 12_C, whole genome shotgun sequence	63.9	63.9	16%	3.00E-07	97.30%
Band 12	No significant					
Band 13	No significant					
Band 14	No significant					
Band 15	No significant					
Band 16	No significant					
Band 17	No significant					
Band 18	No significant					
Band 19	No significant					
Band 20	Acidobacterium capsulatum ATCC 51196, complete genome	102	102	20%	2.00E-18	76.84%
Band 21	No significant					
Band 22	No significant					
Band 23	No significant					
Band 24	Desulfotomaculum gibsoniae DSM 7213, complete genome	69.4	555	21%	5.00E-09	93.62%
	Dehalobacterium formicoaceticum strain DMC, complete genome	69.4	347	21%	5.00E-09	93.62%
	Ketogulonigenium vulgarum WSH-001 chromosome, complete genome	69.4	277	21%	5.00E-09	93.62%
	Thermovibrio ammonificans HB-1, complete genome	69.4	208	21%	5.00E-09	93.62%
	Halocynthiibacter arcticus strain PAMC 20958, complete genome	69.4	208	21%	5.00E-09	93.62%
	Pelagibaca abyssi strain JLT2014, complete genome	69.4	138	21%	5.00E-09	93.62%
	Desulfurobacterium thermolithotrophum DSM 11699, complete genome	69.4	138	21%	5.00E-09	93.62%
	Celeribacter marinus strain IMCC 12053, complete genome	69.4	138	21%	5.00E-09	93.62%
	Roseovarius mucosus strain SMR3, complete genome	69.4	138	21%	5.00E-09	93.62%

	Centipeda periodontii DSM 2778 SCAFFOLD1, whole genome shotgun sequence	69.4	138	21%	5.00E-09	93.62%
Band 25	Desulfotomaculum gibsoniae DSM 7213, complete genome	87.9	703	29%	1.00E-14	93.22%
	Dehalobacterium formicoaceticum strain DMC, complete genome	87.9	439	29%	1.00E-14	93.22%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld0, whole genome shotgun sequence	87.9	263	29%	1.00E-14	93.22%
	Anaerovibrio lipolyticus DSM 3074, whole genome shotgun sequence	87.9	87.9	28%	1.00E-14	93.22%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld2, whole genome shotgun sequence	87.9	87.9	28%	1.00E-14	93.22%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld1, whole genome shotgun sequence	87.9	87.9	28%	1.00E-14	93.22%
Band 26	No significant					
Band 27	Desulfotomaculum gibsoniae DSM 7213, complete genome	75	599	20%	1.00E-10	97.67%
	Dehalobacterium formicoaceticum strain DMC, complete genome	75	374	20%	1.00E-10	97.67%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld0, whole genome shotgun sequence	75	224	20%	1.00E-10	97.67%
	Halarsenatibacter silvermanii strain SLAS-1, whole genome shotgun sequence	75	75	20%	1.00E-10	97.67%
	Anaerovibrio lipolyticus DSM 3074, whole genome shotgun sequence	75	75	20%	1.00E-10	97.67%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld2, whole genome shotgun sequence	75	75	20%	1.00E-10	97.67%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld1, whole genome shotgun sequence	75	75	20%	1.00E-10	97.67%
Band 28	No significant					
Band 29	No significant					

Band 30	No significant					
	Desulfotomaculumgibsonia					
Band 31	eDSM7213,completegenome	80.5	644	21%	2.00E-12	97.83%
	Dehalobacterium formicoaceticum strain DMC, complete genome	80.5	402	21%	2.00E-12	97.83%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld0, whole genome shotgun sequence	80.5	241	21%	2.00E-12	97.83%
	Centipeda periodontii DSM 2778 SCAFFOLD1, whole genome shotgun sequence	80.5	161	21%	2.00E-12	97.83%
	Halarsenatibacter silvermanii strain SLAS-1, whole genome	80.5	80.5	21%	2.00E-12	97.83%
	Anaerovibrio lipolyticus DSM 3074, whole genome shotgun sequence	80.5	80.5	21%	2.00E-12	97.83%
	Desulfotomaculum copahuensis strain LMa1	80.5	80.5	21%	2.00E-12	97.83%
	LMA27_trimmed_cont ig					
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld2, whole genome shotgun sequence	80.5	80.5	21%	2.00E-12	97.83%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld1, whole genome shotgun sequence	80.5	80.5	21%	2.00E-12	97.83%
Band 32	No significant					
	Halarsenatibacter silvermanii strain SLAS-1, whole genome shotgun sequence	78.7	78.7	20%	1.00E-11	95.83%
Band 34	No significant					
	Desulfotomaculumgibsonia					
Band 35	eDSM7213,completegenome	97.1	777	26%	2.00E-17	96.55%
	Dehalobacterium formicoaceticum strain DMC, complete genome	97.1	485	26%	2.00E-17	96.55%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld0, whole genome shotgun sequence	97.1	291	26%	2.00E-17	96.55%
	Centipeda periodontii	97.1	194	26%	2.00E-17	96.55%

	DSM 2778 SCAFFOLD1, whole genome shotgun sequence					
	Anaerovibrio lipolyticus DSM 3074, whole genome shotgun sequence	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
	Desulfotomaculum copahuensis strain LMA1	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
	LMA27_trimmed_cont ig,whole genome shotgun sequence	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld2, whole genome shotgun sequence	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld1, whole genome shotgun sequence	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
Band 36	No significant					
	Desulfotomaculumgibsonia					
Band 37	eDSM7213,completegenome	97.1	777	26%	2.00E-17	96.55%
	Dehalobacterium formicoaceticum strain DMC, complete genome	97.1	485	26%	2.00E-17	96.55%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld0, whole genome shotgun sequence	97.1	291	26%	2.00E-17	96.55%
	Centipeda periodontii DSM 2778 SCAFFOLD1, whole genome shotgun sequence	97.1	194	26%	2.00E-17	96.55%
	Anaerovibrio lipolyticus DSM 3074, whole genome shotgun sequence	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
	Desulfotomaculum copahuensis strain LMA1	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
	LMA27_trimmed_cont ig,whole genome shotgun sequence	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld2, whole genome shotgun sequence	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld1, whole genome shotgun sequence	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
Band 38	Desulfotomaculum gibsoniae DSM 7213,	87.9	703	21%	1.00E-14	100%



	complete genome Dehalobacterium formicoaceticum strain DMC, complete genome	87.9	439	21%	1.00E-14	100%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld0, whole genome shotgun sequence	87.9	263	21%	1.00E-14	100%
	Centipeda periodontii DSM 2778 SCAFFOLD1, whole genome shotgun sequence	87.9	175	21%	1.00E-14	100%
	Halarsenatibacter silvermanii strain SLAS-1, whole genome shotgun sequence	87.9	87.9	21%	1.00E-14	100%
	Anaerovibrio lipolyticus DSM 3074, whole genome shotgun sequence	87.9	87.9	21%	1.00E-14	100%
	Desulfotomaculum copahuensis strain LMA1 LMA27_trimmed_cont ig_9, whole genome shotgun sequence	87.9	87.9	21%	1.00E-14	100%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld2, whole genome shotgun sequence	87.9	87.9	21%	1.00E-14	100%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld1, whole genome shotgun sequence	87.9	87.9	21%	1.00E-14	100%
Band 39	No significant					
Band 40	No significant					
Band 41	Desulfotomaculumgibsonia eDSM7213,completegenome	97.1	777	26%	2.00E-17	96.55%
	Dehalobacterium formicoaceticum strain DMC, complete genome	97.1	485	26%	2.00E-17	96.55%
	Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld0, whole genome shotgun sequence	97.1	291	26%	2.00E-17	96.55%
	Centipeda periodontii DSM 2778 SCAFFOLD1, whole genome shotgun sequence	97.1	194	26%	2.00E-17	96.55%
	Anaerovibrio lipolyticus DSM 3074, whole genome	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%

shotgun sequence Desulfotomaculum copahuensis strain LMA1	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
LMA27_trimmed_cont ig,whole genome shotgun sequence Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld2, whole genome shotgun sequence	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
Mitsuokella multacida DSM 20544 Scfld1, whole genome shotgun sequence	97.1	97.1	26%	2.00E-17	96.55%
Band 42	No significant				

다. 사료 원료별 아미노산 by-pass 수준 데이터를 통한 한우 근내 풍미 증진 사료첨가제 및 신제품 사료 안전성 및 효율 검정, 급여 최적 조건 확립 (3차년도)

#### (1) 연구방법

##### ○ 한우육의 성분 및 혈액분석

- 제1 세부연구기관(한경대학교)에서 진행한 사양실험 대상 한우들이 도축된 후, 대조구와 각 처리구 별 1<sup>++</sup>등급의 아랫등심을 회수하였음. 각 아랫등심은 아이스팩에 밀봉해 냉동 상태를 유지하였음. 각 아랫등심은 회수 후 동결건조를 진행하였음. 동결건조가 완료된 한우육의 일반성분분석은 (주)씨티케이에 의뢰를 진행하였으며, 아미노산 분석은 서울대학교 공동기기원에 의뢰하여 분석을 진행하였음. 일반성분 분석과 아미노산 분석은 각각 2 회씩 진행되었음.
- 혈액 분석을 위한 채혈은 아침 사료 급여 전인 오전 06시에 진행되었음. 채혈 시 사양실험 대상 한우들의 경정맥을 통해 채혈이 진행되었음. 알코올 솜으로 소독을 진행 후 EDTA 튜브(BD Vacutaner<sup>®</sup> blood collection tubes, USA)와 채혈용 바늘(BD Eclipse<sup>™</sup> Blood Collection Needle, USA)을 사용하여 대조구와 각 처리구 별 3두, 총 9두를 채혈 하였음. 채혈한 혈액은 얼음을 채운 아이스 박스에 즉시 보관하여 약 2℃를 유지해 30분 내에 실험실로 운반하였음. 혈청 분석은 KPC에 의뢰를 진행하였으며, 혈액 아미노산 분석은 농협 축산연구원에 의뢰하여 분석을 진행하였음.

##### ○ 육질 분석에 따른 glutamate, alanine 증가 수준 검정 및 관능검사

- 한우 고기의 크기를 큐브모양(10 X 10 X 5 mm)으로 자른 뒤, 80℃에서 10분 굽는 형태로 조리한 후, 관능평가 패널 총 9인에게 제공하기 직전에 식었던 풍미를 대용으로 써 풍미를 다시 느끼게 하기 위해 전자렌지에 10초 동안 조리하였음. 그 후 난수표(무작위 숫자)를 이용해서 패널들에게 대조구와 Glu 처리구, 그리고 Lys 처리구 샘플을 하나씩 제공하였음. Umami, Tenderness, Flavour, Juiciness, Overall acceptability 5가

지 항목을 9점 척도법(0~9점의 척도로 표현해 높은 것을 9점, 낮은 것을 0점으로 평가하는 방법)을 사용해 평가를 진행하였음. (Tenderness : 얼마나 부드러운지, Flavour : 향의 강도, Juiciness : 육즙을 얼마나 많이 포함하고 있는지, Overall acceptability : 종합적인 선호도).

- 맛 인식 장치 (electronic tongue, tasting sensor)를 이용한 시험시료의 맛 분석
  - 소고기의 지방부분을 제거하고 살코기 부분만을 사용하여, 1 cm 큐브모양으로 잘라 100 g을 계량 후 증류수 150 g을 넣음. 비닐랩을 비커에 씌우고, 바닥을 호일로 감싼 냄비에 넣는다. 끓을 때까지 높은 불로 유지하고 끓기 시작하면 중불로 1시간 끓여냄. 상층에 떠 있는 불순물을 없애주고, 불을 끈 뒤 재빨리 열을 상온까지 식힌다. 마지막으로 필터페이퍼를 통해 순수액만 걸러내었음.
  - 전자혀의 센서들을 하루 전날에 컨디셔닝을 시켜 24시간 대기시킴. 이 때 Taste sensor 들은 Internal solution을 채워주고 reference solution (Internal Solution for Reference Electrode Type 300, HORIBA Advanced Techno Co., Ltd, Japan)에 넣어 24시간 컨디셔닝을 진행하고, Reference electrode들은 Internal solution을 채워주고 3.33M KCl solution에 넣어 24시간 컨디셔닝 시켜줌. 컨디셔닝한 센서들을 기계에 장착시킨 후 4 반복으로 측정 설정해주고 1반복의 값은 기계 적응값으로 사용하지 않고 뒤에 3반복의 값만 사용하였음.

## (2) 연구결과

- 한우육의 성분 및 혈액분석
  - 일반성분 분석 결과, 1차 성분분석에서 수분은 대조구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 Glu 처리구에서 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 회분은 대조구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 모든 처리구와 대조구가 다른 경향을 보였음 ( $p < 0.05$ ). 조섬유는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 모든 처리구와 대조구가 비슷한 경향을 보였음 ( $p < 0.05$ ). 조단백질은 대조구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았으며, 처리구 간에는 비슷한 경향을 보였음 ( $p < 0.05$ ). 조지방은 Lys 처리구가 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 모든 처리구와 대조구가 다른 경향을 보였음 ( $p < 0.05$ ). Lys 처리구에서 조지방이 가장 높은 결과를 보여 마블링 위주의 등급 판정인 국내에서 강점을 보일 것으로 사료됨(Table 65, 66).
  - 2차 성분분석에선 수분은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았다. 대조구와 Glu 처리구가 비슷한 경향을 보였음 ( $p < 0.05$ ). 회분은 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구와 Lys 처리구가 같은 값으로 가장 낮았음. 대조구와 Lys 처리구가 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 조섬유는 Lys 처리구가 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 처리구끼리 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 조단백질은 Lys 처리구가 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음. 대조구와 Lys 처리구가 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 조지방은 대조구가 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음. 모든 처리구와 대조구가 비슷한 경향을 보였음 ( $p < 0.05$ ). Glu 처리구에서 가장 높은 조단백질 함량을 보였는데, 이는 해당 과제의 목표인 근내에 아미노산이 다량 축적되어 조단백질 함량이 상

승한 것이라고 판단할 수 있음. 하지만 1차 분석과 2차 분석시 결과값이 다소 다르므로, 지속적인 연구가 필요함.

Table 65. 한우육 일반성분분석 결과 (1차)

Items					
Chemical composition	Moisture (%)	Crude ash (%)	Crude fiber (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)
Control	47.26 <sup>a</sup>	0.86 <sup>a</sup>	15.45 <sup>a</sup>	18.96 <sup>a</sup>	17.48 <sup>c</sup>
T1 (Glu)	46.09 <sup>a</sup>	0.81 <sup>b</sup>	16.37 <sup>a</sup>	17.72 <sup>b</sup>	19.01 <sup>b</sup>
T2 (Lys)	41.92 <sup>b</sup>	0.76 <sup>c</sup>	15.15 <sup>a</sup>	17.45 <sup>b</sup>	24.72 <sup>a</sup>
S.E.M.	0.492	0.006	0.540	0.163	0.250
p value	0.0006	< 0.0001	0.3205	0.0013	< 0.0001

<sup>a,b,c</sup>Mean with different letter differ significantly between treatments ( $p < 0.05$ ).  
S.E.M. = standard error of the mean

Table 66. 한우육 일반성분분석 결과 (2차)

Items					
Chemical composition	Moisture (%)	Crude ash (%)	Crude fiber (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)
Control	40.61 <sup>a</sup>	0.66 <sup>b</sup>	12.45 <sup>b</sup>	15.87 <sup>a</sup>	30.4 <sup>a</sup>
T1 (Glu)	32.93 <sup>b</sup>	0.66 <sup>b</sup>	20.24 <sup>a</sup>	16.24 <sup>a</sup>	29.93 <sup>a</sup>
T2 (Lys)	40.41 <sup>a</sup>	0.74 <sup>a</sup>	18.96 <sup>a</sup>	15.45 <sup>b</sup>	24.42 <sup>a</sup>
S.E.M.	0.335	0.004	0.414	0.114	0.356
p value	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

<sup>a,b,c</sup>Mean with different letter differ significantly between treatments ( $p < 0.05$ ).  
S.E.M. = standard error of the mean

● 구성 아미노산 분석 결과

- 구성 아미노산은 Aspartic acid (Asp), Glutamic acid (Glu), Serine (Ser), Histidine (His), Glycine (Gly), Threonine (Thr), Arginine (Arg), Alanine (Ala), Tyrosine (Tyr), Valine (Val), Methionine (Met), Phenylalanine (Phe), Isoleucine (Ile), Ornithine (Orn), Leucine (Leu), Lysine (Lys), Proline (Pro) 의 총 17종을 분석하였음.
- 1차 분석에서 Asp는 Lys 처리구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 Lys 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 풍미에 영향을 끼치는 Glu는

대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 Lys 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Ser은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구와 Glu 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 Glu 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). His는 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 처리구들의 경향은 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Gly는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 Lys 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Thr은 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Arg는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 풍미에 영향을 끼치는 Ala는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 Lys 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Tyr은 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 Lys 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Val은 대조구가 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음 ( $p < 0.05$ ). Met은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Phe는 대조구가 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음. 대조구와 Lys 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Ile은 대조구가 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음. Orn은 대조구가 가장 높았으며 Glu가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Leu는 대조구가 가장 높았으며 Glu가 가장 낮은 값을 나타내었음. 대조구와 Lys은 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 제한 아미노산인 Lys은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았다 ( $p < 0.05$ ). Pro는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음 ( $p < 0.05$ ).

- 2차 분석에선 Asp는 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 풍미에 영향을 끼치는 Glu는 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구에서 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Ser은 대조구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). His는 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. 처리구끼리 경향은 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Gly는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 Lys 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음. Thr은 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. 처리구끼리 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Arg는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 풍미에 영향을 끼치는 Ala는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 Lys 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Tyr은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Val은 대조구가 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Met은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 처리구끼리 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Phe는 대조구가 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음 ( $p < 0.05$ ). Ile은 Lys 처리구가 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음. 대조구와 모든

처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Orn은 Glu 처리구가 가장 높았으며 대조구와 Lys 처리구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Leu는 대조구가 가장 높았으며 Glu가 가장 낮은 값을 나타내었음. 대조구와 Lys은 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 제한 아미노산인 Lys은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Pro는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 해당 아미노산 분석 결과에서 Glu 함량은 Glu 처리구에서 제일 낮고, Lys 함량은 Lys 처리구에서 가장 높은 것을 확인할 수 있었음. 이는 Lys의 축적이 더 활발하게 일어나는 것으로 볼 수 있으며 사료 원료를 이용한 아미노산 공급이 아닌, 보호 아미노산 첨가제를 이용하면 축적률을 더욱 높일 수 있을 것으로 사료됨 (Table 67, 68).

Table 67. 한우육 구성아미노산 분석 결과 (1차)

Constitutive amino acids (구성아미노산)	Control	T1 (Glu)	T2 (Lys)	S.E.M.	p value
Asp	9.57 <sup>a</sup>	9.32 <sup>b</sup>	9.66 <sup>a</sup>	0.064	0.0209
Glu	17.63 <sup>a</sup>	17.17 <sup>b</sup>	17.57 <sup>a</sup>	0.060	0.0031
Ser	4.21 <sup>a</sup>	4.21 <sup>a</sup>	4.24 <sup>a</sup>	0.023	0.5615
His	4.66 <sup>a</sup>	4.53 <sup>a</sup>	4.65 <sup>a</sup>	0.057	0.2900
Gly	4.52 <sup>b</sup>	6.34 <sup>a</sup>	4.78 <sup>b</sup>	0.188	0.0009
Thr	4.90 <sup>a</sup>	4.77 <sup>a</sup>	4.86 <sup>a</sup>	0.051	0.2549
Arg	6.86 <sup>a</sup>	7.03 <sup>a</sup>	6.87 <sup>a</sup>	0.092	0.3768
Ala	6.10 <sup>b</sup>	6.47 <sup>a</sup>	6.14 <sup>b</sup>	0.040	0.0011
Tyr	3.59 <sup>a</sup>	3.36 <sup>b</sup>	3.58 <sup>a</sup>	0.049	0.0286
Val	5.07 <sup>a</sup>	4.93 <sup>b</sup>	5.00 <sup>ab</sup>	0.035	0.0833
Met	2.71 <sup>a</sup>	2.57 <sup>a</sup>	2.75 <sup>a</sup>	0.062	0.1648
Phe	4.32 <sup>a</sup>	4.18 <sup>b</sup>	4.26 <sup>a</sup>	0.019	0.0065
Ile	4.87 <sup>a</sup>	4.69 <sup>b</sup>	4.81 <sup>ab</sup>	0.043	0.0636
Orn	0.36 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.24 <sup>a</sup>	0.069	0.4984
Leu	8.54 <sup>a</sup>	8.16 <sup>b</sup>	8.40 <sup>a</sup>	0.050	0.0048
Lys	9.11 <sup>ab</sup>	8.74 <sup>b</sup>	9.44 <sup>a</sup>	0.136	0.0304
Pro	3.10 <sup>ab</sup>	3.23 <sup>a</sup>	2.95 <sup>b</sup>	0.050	0.0213

<sup>a,b</sup>Mean with different letter differ significantly between treatments ( $p < 0.05$ ).  
S.E.M. = standard error of the mean

Table 68. 한우육 구성아미노산 분석 결과 (2차)

Constitutive amino acids (구성아미노산)	Control	T1 (Glu)	T2 (Lys)	S.E.M.	p value
Asp	9.45 <sup>a</sup>	9.36 <sup>a</sup>	9.01 <sup>a</sup>	0.245	0.4503
Glu	18.20 <sup>a</sup>	17.92 <sup>b</sup>	17.54 <sup>c</sup>	0.070	0.0017
Ser	4.15 <sup>a</sup>	4.07 <sup>a</sup>	4.10 <sup>a</sup>	0.051	0.6087
His	4.30 <sup>a</sup>	4.11 <sup>b</sup>	4.03 <sup>b</sup>	0.040	0.0089
Gly	4.44 <sup>b</sup>	4.46 <sup>b</sup>	6.06 <sup>a</sup>	0.238	0.0044
Thr	5.22 <sup>a</sup>	4.97 <sup>b</sup>	4.78 <sup>b</sup>	0.070	0.0132
Arg	6.83 <sup>a</sup>	6.88 <sup>a</sup>	7.26 <sup>a</sup>	0.152	0.1719
Ala	6.19 <sup>b</sup>	6.12 <sup>b</sup>	6.52 <sup>a</sup>	0.080	0.0250
Tyr	3.48 <sup>a</sup>	3.60 <sup>a</sup>	3.49 <sup>a</sup>	0.046	0.1996
Val	5.31 <sup>a</sup>	5.28 <sup>a</sup>	5.15 <sup>a</sup>	0.053	0.1724
Met	2.23 <sup>b</sup>	2.64 <sup>a</sup>	2.57 <sup>a</sup>	0.063	0.0081
Phe	4.42 <sup>a</sup>	4.37 <sup>ab</sup>	4.27 <sup>b</sup>	0.033	0.0440
Ile	5.11 <sup>a</sup>	5.13 <sup>a</sup>	4.94 <sup>a</sup>	0.063	0.1340
Orn	0.15 <sup>a</sup>	0.15 <sup>a</sup>	0.23 <sup>a</sup>	0.046	0.4337
Leu	8.68 <sup>a</sup>	8.55 <sup>a</sup>	8.31 <sup>b</sup>	0.057	0.0109
Lys	8.62 <sup>a</sup>	8.98 <sup>a</sup>	8.22 <sup>a</sup>	0.468	0.5502
Pro	3.21 <sup>a</sup>	3.42 <sup>a</sup>	3.49 <sup>a</sup>	0.506	0.9288

<sup>a,b</sup>Mean with different letter differ significantly between treatments ( $p < 0.05$ ).  
S.E.M. = standard error of the mean

• 유리 아미노산 분석 결과

- 유리 아미노산은 Aspartic acid (Asp), Glutamic acid (Glu), Asparagine (Asn), Serine (Ser), Glutamine(Gln), Histidine (His), Glycine (Gly), Threonine (Thr), Citrulline(Cit), Arginine (Arg), Alanine (Ala), Tyrosine (Tyr), Valine (Val), Methionine (Met), Phenylalanine (Phe), Isoleucine (Ile), Ornithine (Orn), Leucine (Leu), Lysine (Lys), Proline (Pro) 의 총 20종을 분석하였으며, 2차 분석시에는 Tryptophan (Trp)을 추가 분석하여 총 21종을 분석하였다 (Table 69, 70).
- 1차 분석에서 Asp는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구에서 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 풍미에 영향을 끼치는 Glu

는 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구에서 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Asn은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구에서 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Ser은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구에서 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Gln은 대조구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구에서 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). His는 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 Glu 처리구의 경향은 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Gly는 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Thr은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Cit는 대조구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Arg는 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). 풍미에 영향을 끼치는 Ala는 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았으며, 처리구끼리 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Tyr은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Val은 Lys 처리구가 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Met은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Phe는 Lys 처리구가 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Ile은 Lys 처리구가 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Orn은 대조구가 가장 높았으며 Glu가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 같은 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Leu는 Lys 처리구가 가장 높았으며 대조구가 가장 낮은 값을 나타내었음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). 제한 아미노산인 Lys은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Pro는 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음 ( $p<0.05$ ).

- 2차 분석에서는, Asp는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구에서 같은 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). 풍미에 영향을 끼치는 Glu는 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구에서 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Asn은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구에서 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Ser은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구에서 다른 경향을 나타내었음 ( $p<0.05$ ). Gln은 대조구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장



낮았음. 대조구와 모든 처리구에서 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). His는 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 Glu 처리구의 경향은 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Gly는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Thr은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Cit는 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 같은 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Arg는 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 풍미에 영향을 끼치는 Ala는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 대조군이 각각의 처리구와 비슷한 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Tyr은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Val은 Lys 처리구가 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Met은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Phe는 Lys 처리구가 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Ile은 Lys 처리구가 가장 높았으며 대조구가 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Orn은 대조구가 가장 높았으며 Glu가 가장 낮았음. Lys 처리구가 Glu 처리구와 대조구와 각각 같은 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Leu는 Lys 처리구가 가장 높았으며 대조구가 가장 낮은 값을 나타내었음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). 제한 아미노산인 Lys은 Lys 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Pro는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. Glu 처리구가 Lys 처리구와 대조구와 각각 같은 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ). Trp는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았다. 대조구와 모든 처리구는 다른 경향을 나타내었음 ( $p < 0.05$ ).

- 1차 분석에서 풍미에 영향을 끼치는 아미노산인 Glu와 Ala는 Lys 처리구가 가장 높았으며, 2차 분석에서도 Glu는 Lys 처리구에서 가장 높고 Ala는 Glu 처리구에서 가장 높았음. 전체적으로 Lys 처리구가 아미노산 분석 결과에서 우수한 결과를 보였으며 이는 보호 아미노산 첨가제를 사용하면 더욱 우수한 결과를 도출할 수 있을 것으로 사료됨.

Table 69. 한우육 유리아미노산 분석 결과 (1차)

Free amino acids (유리아미노산)	Control	T1 (Glu)	T2 (Lys)	S.E.M.	p value
Asp	0.15 <sup>b</sup>	0.17 <sup>a</sup>	0.13 <sup>c</sup>	0.004	0.0010
Glu	1.58 <sup>c</sup>	2.75 <sup>b</sup>	3.4 <sup>a</sup>	0.038	< 0.0001
Asn	0.76 <sup>c</sup>	1.30 <sup>b</sup>	1.45 <sup>a</sup>	0.013	< 0.0001
Ser	1.87 <sup>c</sup>	2.38 <sup>b</sup>	3.21 <sup>a</sup>	0.020	< 0.0001
Gln	57.53 <sup>a</sup>	41.95 <sup>b</sup>	34.09 <sup>c</sup>	0.126	< 0.0001
His	1.39 <sup>b</sup>	1.48 <sup>b</sup>	1.85 <sup>a</sup>	0.035	0.0002
Gly	2.58 <sup>a</sup>	2.73 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>	0.591	0.8824
Thr	1.36 <sup>c</sup>	2.10 <sup>b</sup>	2.54 <sup>a</sup>	0.022	< 0.0001
Cit	0.54 <sup>a</sup>	0.49 <sup>b</sup>	0.44 <sup>c</sup>	0.009	0.0006
Arg	2.34 <sup>c</sup>	3.15 <sup>b</sup>	4.16 <sup>a</sup>	0.025	< 0.0001
Ala	16.02 <sup>b</sup>	17.93 <sup>a</sup>	18.18 <sup>a</sup>	0.172	0.0002
Tyr	2.09 <sup>c</sup>	3.24 <sup>b</sup>	3.98 <sup>a</sup>	0.030	< 0.0001
Val	1.79 <sup>c</sup>	3.31 <sup>b</sup>	3.46 <sup>a</sup>	0.042	< 0.0001
Met	0.83 <sup>c</sup>	1.30 <sup>b</sup>	2.37 <sup>a</sup>	0.012	< 0.0001
Phe	1.58 <sup>c</sup>	2.61 <sup>b</sup>	3.28 <sup>a</sup>	0.017	< 0.0001
Ile	1.22 <sup>c</sup>	2.21 <sup>b</sup>	2.61 <sup>a</sup>	0.019	< 0.0001
Orn	1.51 <sup>a</sup>	1.23 <sup>a</sup>	1.47 <sup>a</sup>	0.121	0.2759
Leu	2.40 <sup>c</sup>	4.16 <sup>b</sup>	5.19 <sup>a</sup>	0.051	< 0.0001
Lys	1.48 <sup>c</sup>	2.95 <sup>b</sup>	3.21 <sup>a</sup>	0.068	< 0.0001
Pro	0.97 <sup>b</sup>	1.56 <sup>ab</sup>	1.96 <sup>a</sup>	0.177	0.0204

<sup>a,b,c</sup>Mean with different letter differ significantly between treatments ( $p < 0.05$ ).  
S.E.M. = standard error of the mean

Table 70. 한우육 유리아미노산 분석 결과 (2차)

Free amino acids (유리아미노산)	Control	T1 (Glu)	T2 (Lys)	S.E.M.	p value
Asp	0.22 <sup>a</sup>	0.24 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.026	0.6193
Glu	1.80 <sup>c</sup>	3.07 <sup>b</sup>	3.87 <sup>a</sup>	0.140	0.0001
Asn	0.78 <sup>c</sup>	1.30 <sup>b</sup>	1.54 <sup>a</sup>	0.030	< 0.0001
Ser	1.97 <sup>c</sup>	2.44 <sup>b</sup>	3.46 <sup>a</sup>	0.057	< 0.0001
Gln	54.08 <sup>a</sup>	38.94 <sup>b</sup>	32.49 <sup>c</sup>	0.259	< 0.0001
His	1.49 <sup>c</sup>	1.64 <sup>b</sup>	2.12 <sup>a</sup>	0.019	< 0.0001
Gly	2.58 <sup>c</sup>	3.66 <sup>a</sup>	3.26 <sup>b</sup>	0.034	< 0.0001
Thr	1.45 <sup>c</sup>	2.15 <sup>b</sup>	2.73 <sup>a</sup>	0.052	< 0.0001
Cit	0.49 <sup>a</sup>	0.41 <sup>a</sup>	0.46 <sup>a</sup>	0.042	0.4151
Arg	2.46 <sup>c</sup>	3.22 <sup>b</sup>	4.46 <sup>a</sup>	0.052	< 0.0001
Ala	16.60 <sup>ab</sup>	17.94 <sup>a</sup>	15.69 <sup>b</sup>	0.430	0.0273
Tyr	1.88 <sup>c</sup>	2.93 <sup>b</sup>	3.97 <sup>a</sup>	0.250	0.0031
Val	1.80 <sup>c</sup>	3.26 <sup>b</sup>	3.38 <sup>a</sup>	0.013	< 0.0001
Met	0.81 <sup>c</sup>	1.26 <sup>b</sup>	2.35 <sup>a</sup>	0.018	< 0.0001
Phe	1.46 <sup>c</sup>	2.49 <sup>b</sup>	3.18 <sup>a</sup>	0.025	< 0.0001
Ile	1.16 <sup>c</sup>	2.13 <sup>b</sup>	2.54 <sup>a</sup>	0.012	< 0.0001
Orn	1.67 <sup>a</sup>	1.40 <sup>b</sup>	1.52 <sup>ab</sup>	0.065	0.0700
Leu	2.49 <sup>c</sup>	4.23 <sup>b</sup>	5.35 <sup>a</sup>	0.016	< 0.0001
Lys	1.64 <sup>c</sup>	3.07 <sup>b</sup>	3.66 <sup>a</sup>	0.040	< 0.0001
Pro	1.39 <sup>b</sup>	1.88 <sup>a</sup>	1.69 <sup>ab</sup>	0.106	0.0440
Trp	1.77 <sup>c</sup>	2.33 <sup>a</sup>	2.07 <sup>b</sup>	0.075	0.0055

<sup>a,b,c</sup>Mean with different letter differ significantly between treatments ( $p < 0.05$ ).  
S.E.M. = standard error of the mean

- 혈액 분석 결과
  - 혈청 분석 항목은 Total protein (TP), Glucose (GLU), Cholesterol (CHOL), Albumin (ALB), Phosphorus (PHOS), Blood urea nitrogen (BUN) 으로 총 6항목이었음.
  - TP는 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. GLU는 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. CHOL은 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. ALB는 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. PHOS는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. BUN은 Glu 처리구와 대조구가 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음.
  - 혈액 아미노산 분석 항목은 총 아미노산 (Total AA)과 Aspartic acid (Asp), Threonine (Thr), Serine (Ser), Glutamic acid (Glu), Glycine (Gly), Alanine (Ala), Valine (Val), Isoleucine (Ile), Leucine (Leu), Tyrosine (Tyr), Phenylalanine (Phe), Lysine (Lys), Histidine (His), Arginine (Arg), Proline (Pro), Cysteine (Cys), Methionine (Met) 의 총 17종. Asp, Thr, Ser, Glu, Gly, Ala, Val, Ile, Leu, Tyr, Phe, Lys, His, Arg, Met은 대조군이 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음. Pro와 Cys는 Lys 처리구가 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음 (Table 71, 72).

Table 71. 한우 혈액 혈청분석 결과

개체번호	Control				T1 (Glu)				T2 (Lys)			
	6147-6	6146-8	7625-1	average	7382-5	7624-3	7381-7	average	5908-3	6142-5	8025	average
TP (g/dL)	8.10	7.70	6.90	7.56	6.20	6.40	6.60	6.40	7.20	7.30	6.80	7.10
GLU (mg/dL)	83.00	91.00	83.00	85.66	80.00	83.00	83.00	82.00	87.00	81.00	82.00	83.33
CHOL (mg/dL)	131.00	138.00	101.00	123.33	131.00	141.00	160.00	144.00	135.00	160.00	136.00	143.66
ALB (g/dL)	4.40	4.40	4.30	4.36	4.10	4.10	4.20	4.13	4.30	4.30	4.30	4.30
PHOS (mg/dL)	6.90	4.38	5.76	5.68	6.44	5.76	6.84	6.35	5.68	5.68	6.21	5.86
BUN (mg/dL)	13.00	15.00	12.00	13.33	12.00	16.00	12.00	13.33	11.00	11.00	11.00	11.00

Table 72. 한우 혈액 아미노산 분석 결과

개체 번호	Control				T1 (Glu)				T2 (Lys)			
	6147-6	6146-8	7625-1	average	7382-5	7624-3	7381-7	average	5908-3	6142-5	8025	average
Total												
AA (%)	8.24	7.81	7.22	7.76	6.68	6.93	6.65	6.75	7.33	7.65	7.26	7.41
Asp	0.79	0.74	0.7	0.74	0.65	0.67	0.63	0.65	0.73	0.75	0.7	0.73
THR	0.54	0.48	0.45	0.49	0.41	0.43	0.4	0.41	0.47	0.48	0.44	0.46
Ser	0.55	0.48	0.45	0.49	0.39	0.42	0.39	0.40	0.48	0.49	0.43	0.47
Glu	1.08	1.02	0.98	1.03	0.91	0.95	0.91	0.92	1.02	1.04	0.99	1.02
Gly	0.25	0.23	0.21	0.23	0.2	0.21	0.19	0.20	0.23	0.24	0.21	0.23
Ala	0.4	0.38	0.36	0.38	0.35	0.34	0.32	0.34	0.37	0.38	0.36	0.37
Val	0.46	0.43	0.41	0.43	0.36	0.37	0.37	0.37	0.39	0.41	0.38	0.39
Ile	0.18	0.18	0.16	0.17	0.15	0.15	0.16	0.15	0.16	0.17	0.16	0.16
Leu	0.78	0.74	0.7	0.74	0.67	0.67	0.64	0.66	0.71	0.74	0.7	0.72
Tyr	0.3	0.28	0.25	0.28	0.22	0.24	0.22	0.23	0.27	0.28	0.24	0.26
Phe	0.7	0.71	0.57	0.66	0.49	0.56	0.59	0.55	0.48	0.53	0.57	0.53
Lys	0.71	0.7	0.65	0.69	0.62	0.62	0.62	0.62	0.65	0.68	0.64	0.66
His	0.26	0.26	0.24	0.25	0.22	0.23	0.22	0.22	0.22	0.25	0.23	0.23
Arg	0.44	0.42	0.39	0.42	0.35	0.37	0.36	0.36	0.4	0.43	0.4	0.41
Pro	0.35	0.32	0.28	0.32	0.3	0.3	0.26	0.29	0.33	0.35	0.28	0.32
Cys	0.37	0.36	0.35	0.36	0.32	0.33	0.31	0.32	0.35	0.35	0.46	0.39
Met	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07

○ 육질 분석에 따른 glutamate, alanine 증가 수준 검정 및 관능검사

- 관능평가의 결과 처리구 한우육의 umami, tenderness, flavour, juiciness, overall acceptability 점수가 더 높게 나타남. Glu 처리구와 Lys 처리구 사이의 유의적 차이는 나타나지 않았음. 대조군과 처리군들을 비교했을 때, 대조군보다 처리군들에서 모든 항목 점수들이 유의적으로 높게 나타났음. 따라서 대조군 보다 처리구들이 가 더 부드럽고, 육즙이 많으며, 고기향기가 진하고, 감칠맛이 높으며, 전반적인 선호도가 높았음을 알 수 있었고, 결과값으로 보았을 때 처리군들 사이에서는 Lys 처리구보다 Glu 처

리구 한우의 모든 항목의 평가 점수가 비교적 높게 나타났음을 확인할 수 있었음 (Table 73, Fig. 13).

Table 73. 관능평가 분석 결과

	Control	T1 <sup>1)</sup>	T2 <sup>2)</sup>
Umami intensity	4.74±1.89 <sup>a</sup>	6.19±1.55 <sup>b</sup>	7.00±1.59 <sup>bc</sup>
Tenderness	5.00±1.78 <sup>a</sup>	6.33±1.69 <sup>b</sup>	6.48±1.85 <sup>bc</sup>
Juiciness	4.74±1.72 <sup>a</sup>	6.30±1.64 <sup>b</sup>	6.74±1.40 <sup>bc</sup>
Flavour	4.96±1.48 <sup>a</sup>	6.44±2.01 <sup>b</sup>	6.74±1.46 <sup>bc</sup>
Overall acceptability	4.70±1.38 <sup>a</sup>	6.48±1.70 <sup>b</sup>	6.74±1.61 <sup>bc</sup>

a, b, c within a row, different letters indicates significant difference at  $p < 0.05$ .

1) T1: Lys 처리구.

2) T2: Glu 처리구.

3) ns: not significantly different within a row.

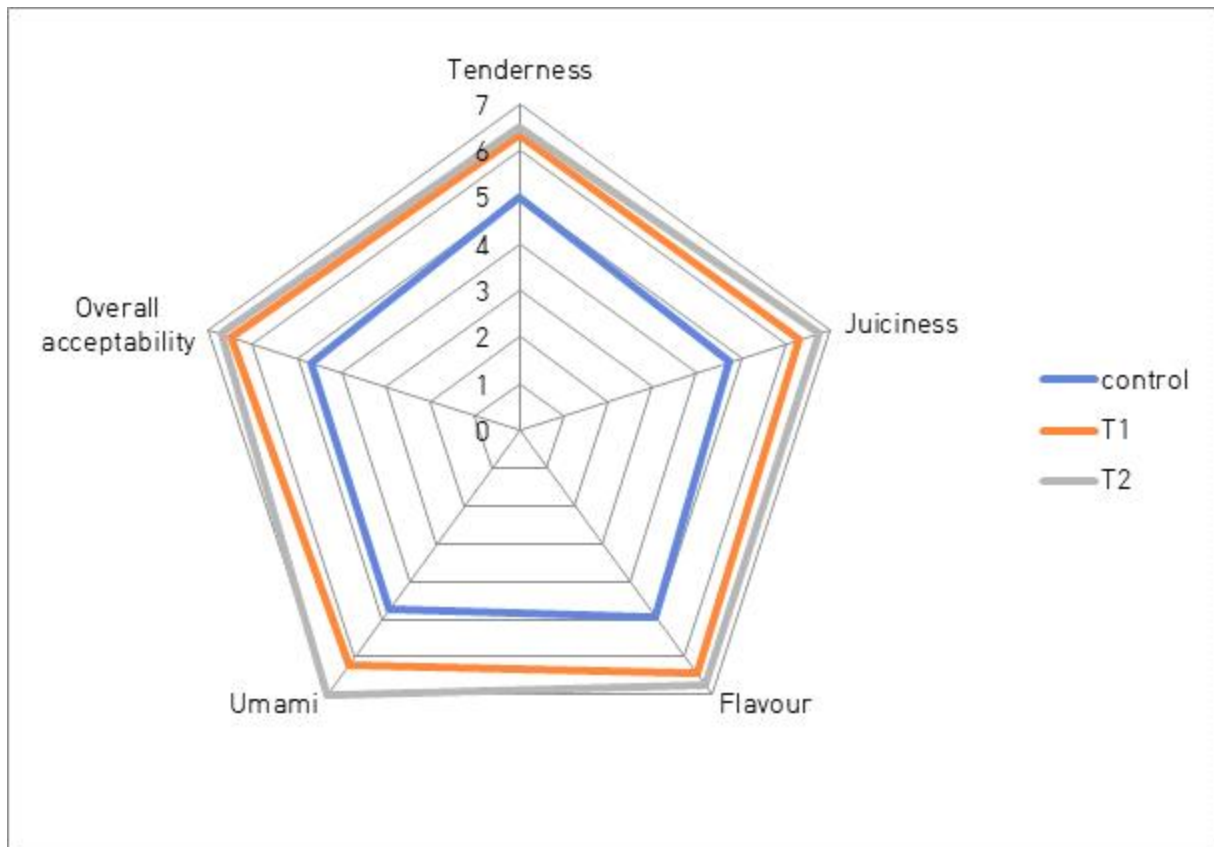


Fig. 13. 관능평가 분석 결과 (T1: Lys 처리구, T2: Glu 처리구).

- 맛 인식 장치(electronic tongue, tasting sensor)를 이용한 시험시료의 맛 분석
  - 전자혀 반응의 원리는 센서의 지질은 정전기 및 소수성 상호 작용을 통해 다양한 물질과 상호작용하여 지질막의 전위를 변화시키게 되는데, 이 변화는 기계에 의해 감지되며 센서의 응답은 mV값으로 얻어지게 됨. 통상적으로 결과 값이 1이상이 차이가 나면 사람들에게 차이를 인식시켜 줄 수 있는 값이라고 나와있음. 본 실험에서는 1이상의 값을 나타낸 것이 없으므로 사람들에게 차이를 인식시켜 줄 수 없을 것이라고 사료됨. 하지만 수치상으로 유의미한 차이가 있었는데, 감칠맛의 경우 Glu 처리구가 유의적으로 감칠맛이 가장 높았으며 다음으로 Lys 처리구, 대조군 순으로 나타났음. 쓴맛과 신맛의 경우 3개의 샘플 모두 유의적인 차이를 보이지 않았음. 짠맛의 경우 Glu 처리구가 유의적으로 가장 낮았으며, 대조군이 유의적으로 가장 높게 나타났음. 떫은맛은 처리구들보다 대조구가 유의적으로 가장 높은 값을 보였으며 처리구들 사이에서는 유의미한 차이를 보이지 않았음 (Table 74).
  - 관능평가와 전자혀 분석에서 감칠맛을 보면 Glu 처리구가 유의적으로 가장 높았고, 다음으로 Lys 처리구, 대조군 순으로 나타났다. 이로써 대조구와 처리구를 비교했을 때 Glu 처리구와 Lys 처리구의 한우의 풍미 증진이 더 높게 나타났으며 처리구들 사이에서는 Glu 처리구에서 가장 높은 값이 나타났음을 알 수 있다(Fig. 14, 15).

Table 74. 전자혀 분석 결과

	Control	T1 <sup>1)</sup>	T2 <sup>2)</sup>
Umami	11.07±0.02 <sup>a</sup>	11.18±0.04 <sup>b</sup>	11.32±0.03 <sup>c</sup>
Saltiness (-)	7.27±0.02 <sup>a</sup>	7.63±0.11 <sup>b</sup>	7.99±0.03 <sup>c</sup>
Richness	6.37±0.03 <sup>a</sup>	6.44±0.10 <sup>ab</sup>	6.56±0.03 <sup>b</sup>
Sourness (-)	29.88±0.18 <sup>ns3)</sup>	30.09±0.29	30.00±0.07
Bitterness	7.02±0.12 <sup>ns</sup>	7.02±0.09	7.15±0.07
Astringency (-)	0.15±0.02 <sup>a</sup>	0.20±0.01 <sup>b</sup>	0.22±0.01 <sup>bc</sup>

a, b, c within a row, different letters indicates significant difference at  $p < 0.05$ .

1) T1: Lys 처리구.

2) T2: Glu 처리구.

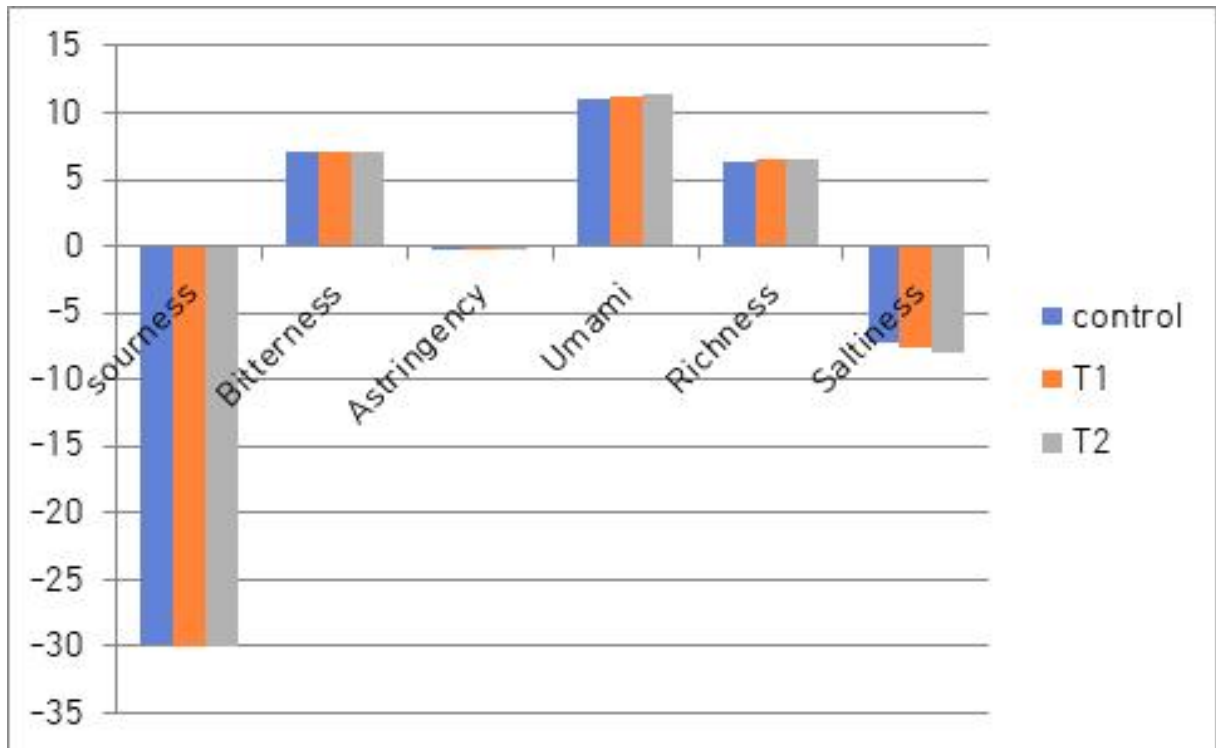


Fig. 14. 전자혀 분석 결과 (T1: Lys 처리구, T2: Glu 처리구)

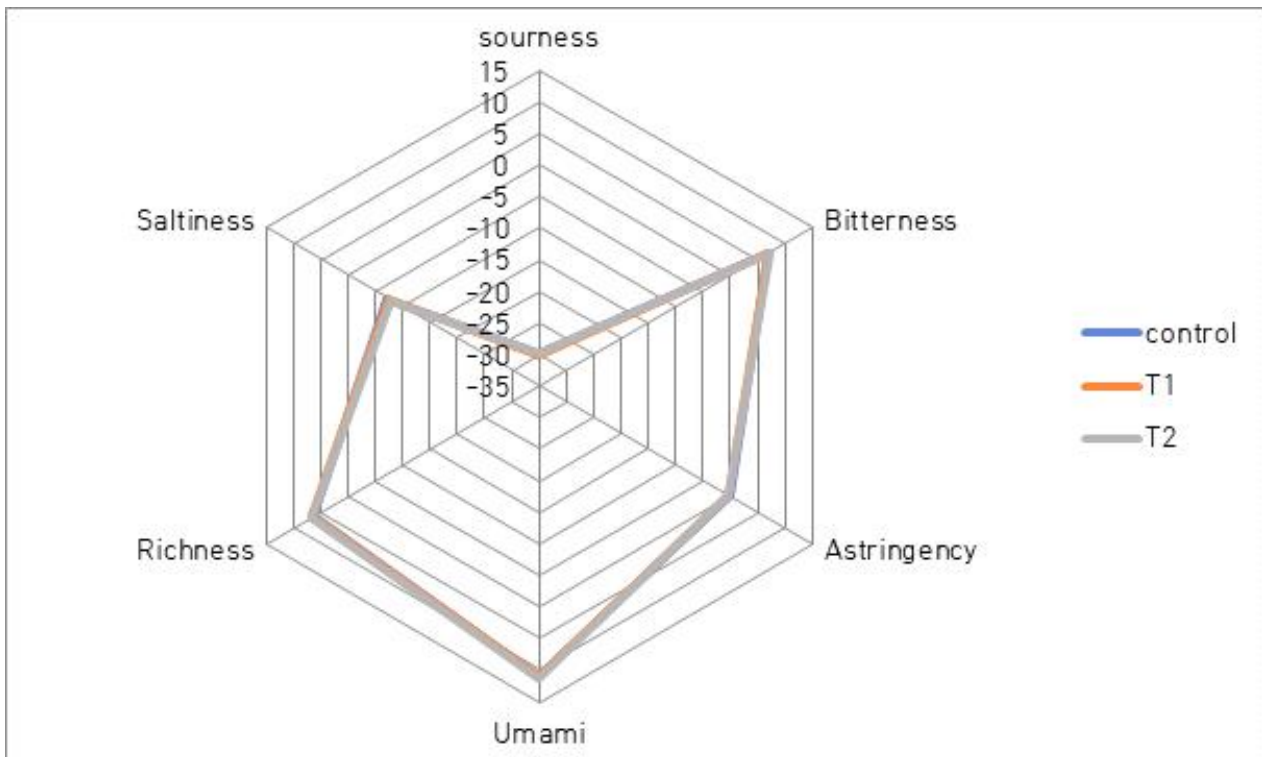


Fig. 15. 전자혀 분석 결과 (T1: Lys 처리구, T2: Glu 처리구)



### 2-4-3. 한우 근내 풍미 증진 아미노산 극대화를 위한 보호 아미노산 개발 (제2 협동연구기관: 경북대학교)

#### 가. 소고기의 풍미와 관련된 보호아미노산 탐색 (2차년도)

##### 1. 아미노산 중심 문헌 조사 및 상업용 제품 탐색

###### (1) 문헌조사

- 오늘날 육류는 우리 식단에서 중요한 부분을 차지함. 2014년 OECD, 농림축산식품부의 조사에 따르면, 미국의 육류소비량은 1인당 89.7 kg이며 뒤를 이어 아르헨티나, 이스라엘, 브라질, 우루과이, 캐나다 등의 순서대로 육류를 소비한다고 하였음. 캐나다의 뒤를 이어 한국은 1인당 51.4 kg로 OECD국가 중 동북아시아에서 가장 육류를 많이 소비하는 국가가 되었음. 단백질은 인간에게 있어 단지 단백질 공급원의 측면이 아닌 맛이라는 측면을 충족시키는 것 (Van den Ouweland et al., 1978) 또한 중요한 요인 중 하나로 자리 잡고 있음.
- 고기의 풍미를 향상하기 위한 여러 방법이 있는데 그 가운데 조리를 제외한 과정 중 숙성(Aging)이 가장 대표적인 방법임. 고기에 있어서 숙성이란 저온 상태에서 건식 및 습식으로 일정 기간 처리하는 방법이며, 고기를 숙성시켰을 시 고기의 연도와 풍미가 증가한다는 사실이 Wilson (1960)과 Monsón et al. (2005)을 통하여 밝혀진 바 있음. Fujimaki et al. (1965)의 연구에 따르면 숙성 시 단백질 분해 작용 때문에 근육 내 myosin과 근장 단백질이 파괴되어 펩타이드와 유리 아미노산으로 분해되면서 고기의 연도와 풍미가 증가하는 것으로 밝혀졌고, Koutsidis et al. (2008)의 연구에 의하면 긴 숙성시간과 높은 농도의 단백질 분해 효소를 처리하였을 때 분해된 유리 아미노산이 소고기의 감칠맛과 버터와 유사한 풍미를 증진한다고 하였으며 고기 내 유리 아미노산 중 감칠맛을 내는 아미노산이 숙성기간이 길어질수록 증가하였다고 보고한 바 있음. 이를 통해서 고기 근내의 유리 아미노산 함량의 증가가 풍미에 영향을 미친다고 볼 수 있음.
- 단위동물에게 있어 유리 아미노산의 첨가급여는 몇 차례 연구가 진행된 바가 있음. Hu et al. (2016)은 식이 glutamine과 glucose가 극심한 열 스트레스를 받는 육계의 주요 고기 품질에 미치는 영향을 평가했고, 그 결과 drip loss와 lightness value를 감소시킨 반면 보수력, pH, redness와 yellowness value를 증가시켰다고 하였음.
- 돼지의 경우 glutamic acid, L-alanine의 추가급여를 통해 평균 등지방 두께와 평균 일당 섭취량이 감소하였고, L-arginine, glutamic acid의 추가급여를 통해 평균 일당섭취량, 평균 등지방두께, 등지방 및 배최장근 내 saturated fatty acid (%) 함량이 감소하였고, 배최장근 및 상완이두근의 근내지방도가 대조군보다 증가하였음 (Hu et al., 2017).
- 이와 다르게 반추동물에게 있어서 비필수아미노산 첨가급여에 대한 실험은 국내 및 해외에서 전무한 실정임. 따라서 본 연구에서는 풍미와 관련이 있는 아미노산을 조사하고, 해당 아미노산의 첨가급여가 육류의 풍미에 미치는 영향에 관한 문헌들을 조사하였음. 또

한, 보호 급여 방법을 통해 반추위 내 특정 아미노산을 보호하여 유리 아미노산을 증진할 방안을 조사하였음.

(가) Glutamate, Glutamine

- Glutamic acid, aspartic acid, monosodium L-glutamate (MSG)에 의해 감칠맛이 나타나며 그 외 Inosine 5-monophosphate (IMP), Guanosine 5-monophosphate (GMP), Hypoxanthine (Hx), 그리고 5'-ribonucleotides에 의해 감칠맛이 증가함(Mateo et al., 1996; Yamamoto et al., 2009).
- Glu-Asp, Glu-Glu, Asp-Glu-Ser, Asp-Asp-Asp-Asp 같은 극성 결사슬기를 포함한 친수성 di-, tri-, tetrapeptide (Arai et al., 1972; Noguchi et al., 1975; Matsushita, 1994)와 N-lactoyl-L-glutamate, lactic acid와 Glutamic acid가 응축된 생성물(Frérôt et al., 1997)과 Glutamate glycoconjugates N-(D-glucos-1-yl)-L-glutamate, N-(1-deoxy-D-fructos-1-yl)-L-glutamate (Beksan et al., 2003)는 Umami의 풍미를 생성하며 이를 향상한다고 보고하였음.
- Sifa et al. (2018)의 연구에서도 glutamine은 열 스트레스 환경에 있는 육계(Broiler)의 항산화 능력을 증진했고 골격근의 glutamine 대사 작용에 긍정적인 영향을 주어 조직감과 육질이 향상되었음.
- Hong et al. (2012)에 의하면 glutamate, cysteine, glycine의 합성으로 생성되는 tri-peptide의 일종인 glutathione과 xylose의 Maillard 반응물(GX)은 쇠고기의 맛(Beef Flavor)을 현저하게 증가시켰고 짠맛은 다소 증가하였음. GX 반응물에 MSG를 첨가했을 시 소비자들의 선호도가 눈에 띄게 증가하는 현상을 발견하였음.
- Chun et al. (2014)는 육류 제품(Pork legs)에 NaCl/MSG 복합체와 단일 MSG를 사용하였을 때 나타나는 품질 및 관능 특성을 비교 및 조사하기 위해 실험을 진행하였는데 실험결과 NaCl/MSG 복합체를 사용할 때보다 단일 MSG를 첨가하였을 때 짠맛이 증가하였고 이를 통해 MSG가 NaCl 일부를 대체할 수 있다고 주장하였음.
- Imanari et al. (2007)은 leucine, isoleucine 및 valine을 포함한 branched-chain amino acids (BCAA) 첨가제가 육류(Broiler)의 풍미 활성 성분 중 glutamate에 미치는 영향을 조사하였으며, 실험결과 glutamate의 함량은 BCAA가 첨가됨에 따라 매우 증가하였다고 하였음. 대조군과 비교하여, high ile + val 군에서 glutamate의 함량이 30% 증가하였다고 보고하였음. 이는 BCAA 첨가가 육계 내 glutamate의 함량을 조절함을 시사하며 이는 육류의 맛을 개선하여 소비자의 식욕 선호도를 높일 수 있다고 하였음.
- Kato et al. (1989)에 따르면 유리 아미노산과 펩타이드는 식품의 맛에 큰 관여를 한다고 주장함. 특히 1908년 Ikeda에 의해 규명된 감칠맛은 glutamate에 의해 유래되었다고 하며, 이 외, 유리 아미노산들 역시 식품에서 단맛, 쓴맛, 신맛 그리고 감칠맛과 같은 여러 맛을 낸다고 함. 각각의 비필수 아미노산들이 나타내는 맛은 Table 75와 같음.

Table 75. Taste of nonessential amino acids

Amino acid	Taste	Threshold value (mg/dl)	References
Alanine (Ala)	Sweet	60	Fibroin (1875)
Arginine (Arg)	Bitter	50	Casein (1895)
Asparagine (Asn)	Sour	100	Asparagus (1806)
Aspartic acid (Asp)	Sour	3	Asparagine (1827)
Cysteine (Cys)		ND	Cystine (1884)
Glycine (Gly)	Sweet	130	Gelatin (1820)
Glutamic acid (Glu)	Sour	5	Gluten (1886)
Glutamine (Gln)	Flat		Beet (1883)
Proline (Pro)	Sweet and bitter	300	Casein (1901)
Serine (Ser)	Sweet	150	Sericin (1865)
Tyrosine (Tyr)	Bitter	ND	Casein (1846)
Glutamic acid + Na	Umami	30	Sea tangle (1908)
Asparatic acid + Na	Umami	100	Unknown

## (나) Alanine, Glycine, Proline, Cysteine

- Zhao et al. (2019)에 따르면 cysteine에 의한 고기의 풍미 생성은 주로 단일 환원당 (xylose)과 아미노산의 Maillard reaction에 기초하여 이루어진다고 하였으며, 고기의 풍미에 황-함유 화합물과 glycine이 어떠한 영향을 끼치는지 실험을 수행하였음. 실험결과 glycine을 첨가하면 고기의 풍미를 결정하는 주요 물질인 2-furanthiol을 생성하였음.
- Cao et al. (2017)은 고기의 풍미 증진을 위해 cysteine-xylose의 Maillard reaction에 대해 glycine이 어떠한 영향을 미치는지에 대해 평가하였으며, 실험결과 glycine의 보충이 cysteine-xylose의 Maillard reaction의 특성에 대해 정(+)의 상관관계를 나타냄을 확인할 수 있었음. 또한, 과도한 glycine의 첨가는 Maillard reaction의 속도를 촉진할 수 있으나, 일정 수준을 초과하면 풍미와 관련된 화합물을 형성하지 않았다고 하였음.
- Winiarska-Mieczan and Kwiecień (2015)은 닭의 성장촉진을 유도하고 산화 안정성을 부여하지만, 환경오염을 일으킬 수 있는 copper sulfates (S-CU)의 대안으로 glycine-cu chelates를 사용하였을 시, 닭고기의 일반성분 및 관능 특성을 조사하기 위해 실험을 수행하였음. gly-cu chelates의 첨가는 닭고기의 영양 조성분과 지방산 조성에 미치는 영향은 없다고 보고하였고, 콜레스테롤의 함량이 S-CU보다 낮은 것으로 나타남.
- Gunlu and Gunlu (2014)는 송어(Mountain Trout) 근내의 독특한 맛과 풍미에 대한 원인을 조사하기 위해 연구를 수행했으며, 연구결과 glycine이 송어의 근내 아미노산 조성 중 높은 함량을 차지한다는 것을 알 수 있었으며 methionine, proline 및 glutamate 순으로 아미노산 조성을 차지한다고 보고하였음. 또한, glutamate, methionine, glycine이 고기의 풍미를 결정하는 아미노산이라고 보고하였음.

- Wu et al. (2012)는 비육돈에게 arginine의 첨가가 육질을 향상할 수 있다는 가설을 설정하고 실험을 수행하였는데 실험결과 arginine의 첨가는 비육돈의 사양성적 및 도체특성에 영향을 미치지 않았다고 보고하였음. 그러나 1%의 arginine 첨가는 비육돈의 도축 48시간 후에 근육의 육즙 손실을 감소시켰으며, 이로 인해 근내 지방 함량을 증가시켰다고 보고하였음.
- Wu et al. (2012)는 Huanjiang mini-pigs에게 arginine과 alanine을 급여하였을 시 나타나는 도체특성, 아미노산 조성 및 항산화 작용을 검증하기 위해 실험을 수행하였으며, 실험결과 alanine을 급여한 그룹에 비해 arginine을 급여한 그룹에서 살코기의 비율 및 항산화 능력이 향상된 것으로 나타남. 이는 적절한 수준의 arginine 첨가는 살코기 비율과 항산화 능력을 증가시켜 고기의 품질을 향상할 수 있다는 것을 시사하고 있음.
- Wong et al. (2008)은 단백질을 산성 가수분해하였을 때 형성되는 맛과 관련하여 아미노산의 단독사용과 기타 아미노산의 조합으로 나타나는 다양한 향을 비교하였으며 proline은 달콤 (sweet)하고 꽃향기 (flowery)를 풍겼음. Alanine은 과일향 (fruity)과 꽃향기 (flowery)를, glycine은 캐러멜 (caramel-like)과 같은 기분 좋은 향을 풍긴다고 하였음.
- Proline은 열처리된 고기의 보수력을 향상하는 데 이용됨. 사람들이 선호하는 고기 맛의 수용성 전구체는 Maillard reaction에 적합하며 N-nitrosamine 형성의 전구체로 확인되었으며 염지된 고기에서 *Listeria monocytogenes* 같은 bacteria 성장을 감소시켰음 (Drabik-Markiewicz et al., 2010).
- Glycine은 식품에 존재하는 가장 간단한 아미노산이며 cysteine과 환원당 사이의 반응을 가속화하여 고기와 같은 맛을 낼 수 있음. 그러나 과도한 glycine을 첨가하면 높은 browning rate를 얻을 수 있었지만, 고기 맛을 내는 화합물의 형성에 이로운 것은 아닌 것으로 나타남 (Cao et al., 2017).
- 쇠고기 스톡에서 alanine과 포도당의 합성물인 alapyridaine (1-(1-carboxyethyl)-5-hydroxy-2-(hydroxymethyl)-pyridinium)이라는 물질이 발견되었는데, 이것은 설탕, 아미노산, 인공 감미료인 aspartame의 단맛을 강화하는 물질로 밝혀짐 (Ottinger and Hofmann, 2003).
- 풍미를 증가시키는 것으로 알려진 MSG, guanosine-59-monophosphate 또는 maltol은 단일 풍미 계통만을 증가시키는 것으로 알려졌지만, alapyridaine은 사람의 단맛, 감칠맛, 짠맛의 임계점을 낮추어 복합적인 풍미를 더 많이 느끼게 하는 것으로 보고됨 (Soldo et al., 2003; Villard et al., 2003).
- Qi et al. (2018)은  $\beta$ -alanine 첨가 급여가 육계의 육질에 미치는 영향을 조사했을 때 총양계 540마리를 실험 개체로 사용했으며, 사료 1 kg당 0, 250, 500, 1000 및 2000 mg의  $\beta$ -alanine이 대조구 및 4개의 처리구에 무작위로 할당함.  $\beta$ -alanine의 첨가급여는 42일째에 고기의 적색도를 증가시켰으며 전단력 또한 감소하였음. 육질의 이러한 개선은 carnosine의 농도 증가 및 관련 효소를 암호화하는 유전자의 mRNA 발현도 향상의 원인이 될 수 있다고 보고됨.

#### (다) 반추위 내 보호 방법

- 사료 중 반추위 분해 단백질 (Rumen Degradable Protein)이 많을수록 ammonia의 생성이 많아지고 이는 곧 urea의 증가로 이어져 urine을 통해 배출됨. 또한, 해당 체내대사

중간에서 ammonia의 urea 전환과정에 많은 에너지 소모가 일어나므로 에너지가 비효율적으로 이용됨. 소장으로 유입되어 소화효소에 의해 아미노산으로 분해 및 흡수될 수 있는 가용성단백질 (Digestible Undegradable Protein)이 주목을 받았으며 인위적으로 소장 내 흡수를 증가시켜 체내에서 활용할 수 있는 아미노산의 보호급여 방법의 필요성이 대두되었음. 보호 급여 방법에는 열이나 압착과 같은 물리적인 방법을 사용하거나 formaldehyde와 같은 약품을 이용한 화학적인 방법 혹은 물리적-화학적 특성을 모두 사용한 복합이용방법이 있음.

○ 세부적인 보호 급여 방법에 대한 문헌 조사는 다음과 같음.

- Wina and Abdurohman (2005)의 연구에 의하면 Calliandra calothyrsus 잎에서 추출한 tannin과 formaldehyde를 이용하여 대두박, 카제인 (casein), Gliricidia sepium 잎을 코팅하였음. 이를 이용하여 반추위액을 이용한 in vitro 실험을 진행한 결과 세 가지 비교군 모두 formaldehyde를 이용하여 코팅한 실험구에서 ruminal bypass protein이 더 많음을 확인할 수 있었음.
- Batistel et al. (2017)은 Ethyl-cellulose를 이용하여 코팅한 methionine을 분만 근처 주기의 착유우 (Holstein)에 급여하였음. 비유초기와 유량이 가장 많은 시기 동안 methionine을 추가 급여한 착유우에서 더 많은 유량 생성과 해당 우유에서 지방과 단백질의 함량이 유의성 있게 높아졌음.
- Windschitl and Stern (1988)의 연구에 의하면 4두의 착유우(Holstein)의 반추위, 십이지장, 회장에 캐놀라를 설치하여 3종류의 보호단백질 처리구를 비교한 실험을 하였음. 대두박을 사용하여 실험을 진행하였으며 대조구 및 각각 열처리 후 물과 함께 급여, calcium lignosulfonate와 함께 급여, xylose와 함께 급여한 처리구로 구성하였음. 반추위 내 단백질 분해율은 대조구부터 차례로 70.6%, 69.6%, 55.8%, 53.7%였으며 이 중 열처리 후 xylose 및 calcium lignosulfonate 처리구가 보호단백질 효과가 나타남.
- Chalupa (1975)는 반추위 내 아미노산 및 단백질 분해의 감소방법은 열처리, 화학적처리, 캡슐화, 아미노산의 구조 유사체 사용 및 선택적 반추위 내 대사균형 조작 등이 있다고 하였으며 이러한 방법들은 반추위 내 미생물의 소화 및 분해 과정에 간섭을 받지 않고 진위 및 소장으로 단백질 및 아미노산이 운반되는 과정에 중요한 역할을 한다고 조사된 바 있음.
- Waltz and Stern (1989)는 이중 연속류배양(continuous culture) 시스템을 통해 반추위 박테리아에 의해 대두박의 단백질 분해를 보호하는 방법의 효과를 평가했음. 보호 방법은 수산화나트륨, formaldehyde, propionic acid, calcium lignosulfonates 및 에탄올 처리된 콩 플레이크 등이 있음. 반추위 미생물로부터 단백질 분해에 대한 보호율을 알아내기 위해 단백질 분해 속도(%) 및 질소 손실 정도를 측정하였음. 이 실험에서 formaldehyde, 압출법, calcium lignosulfonate, propionic acid는 반추위 미생물에 의한 단백질 분해율을 감소시켰음. 본 연구에서는 formaldehyde가 가장 효과적인 것으로 나타났으며 그 후에는 calcium lignosulfonate 처리가 효과적인 것으로 나타남.

## (2) 문헌조사 결론

○ 단위동물에서는 glutamine이나 glutamate를 첨가한 연구는 많이 진행되었으나 (Dai et

al., 2009; Manso et al., 2012; Cabrera et al., 2013; de Aquino et al., 2014; Kriseldi et al., 2017) 반추동물에서는 이러한 비필수 아미노산을 첨가하는 실험은 매우 제한적임.

- 현재 시판되고 있는 반추동물용 아미노산 첨가제의 경우 필수아미노산의 일종인 methionine, lysine 첨가제가 대부분임.
- 단위동물에 있어서는 Ajinomoto사의 돼지의 영양소 보충을 목적으로 하는 Aminogut (glutamic acid + glutamine)으로 한정되어 있음.
- 따라서 고기의 풍미 증진을 위한 비필수 아미노산에 관한 연구 추진과 보호 급여 방법의 선별이 필요한 실정임. 이를 바탕으로 비육 후기에 급여 후 도체에 미치는 효과를 규명하고 최적의 첨가제를 선별하여 사양프로그램에 활용할 수 있을 것으로 사료됨.

## 2. 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제 개발 및 보호율 측정

### (1) 서론

- 위에서 언급하였던 비필수 아미노산 중심의 반추동물 급여 실험 연구자료의 조사 및 반추위 보호 아미노산 제품 탐색을 통하여 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제를 제조할 필요성이 대두됨.
- 모든 동물은 최적의 성장, 번식, 수유 및 생존에 필요한 단백질의 구성요소인 아미노산을 필요로 하지만, 반추동물의 경우 사료급여 시 반추위 내 미생물 분해에 먼저 노출되어 동물이 흡수되는 아미노산의 품질과 양을 예측하기 어려움 (Kung Jr and Rode, 1996).
- 반추위의 미생물 분해로부터 섭취 단백질을 보호하게 되면 소장으로 직접 아미노산이 공급되기 때문에 에너지 효율이 높은 흡수성 아미노산을 공급할 수 있음 (Ayyat et al., 2019).
- 반추위 내 보호를 위해 열처리를 통한 첨가제 보호의 경우, 가열 시 당의 carbonyl group이 maillard 반응으로 인하여 단백질의 free amino group과 결합하지만 (Van Boekel, 2006), 일부 아미노산의 경우 과도한 열이 아미노산을 광범위하게 손상하기 때문에 단백질을 열처리할 때 예방 조치가 필요함 (Kung Jr and Rode, 1996).
- 반추동물 내 보호 아미노산을 lignosulfonate 및 지방을 코팅하여 급여하는 방법은 실질적으로 에너지 밀도 증가 및 가축사료의 안전성을 개선하는 효과가 있음. 분자구조 중 sulfonate group은 다른 분자들이 chelation될 수 있는 특징을 가지기 때문에 열에 안정성을 갖는 복합물을 제조할 때 사용되는데 lignosulfonate는 열에 안정성을 지니고 있고, 보호막 기능을 지니고 있어 사료제조 공정에서 단백질 침전이나 pellet 사료 결착제로 사용되고 있지만 (Marchi et al., 2013), lignosulfonate 자체는 가축에 영양학적 가치는 거의 없는 것으로 알려져 있음 (Lee et al., 2010).
- 또한, 지질로 첨가제를 보호할 경우 에너지 밀도를 효율적으로 증진함과 동시에 pH 6.5~7 사이의 반추위에서는 불용성을 지님과 동시에 반추위 내 미생물에 의한 분해를 차단할 수 있으며, 4위와 소장에서 용해되어 사용할 수 있으므로 반추위 미생물에 의한 에너지 손실을 예방할 수 있으므로 경제성이 뛰어나.
- 코팅에 사용되는 지질은 일반적으로 glycerides이며 glycerol 및 fatty acids의 성질 및 esterification 정도에 따라 lipase에 의하여 소화되는 정도가 다름 (N'Goma et al., 2012).
- Jannin and Cuppok (2013)에 의하면 hot-melt coating에 사용되는 지질 부형제의 종류는 waxes, vegetables oils, polyoxylglycerides, fatty acids, partial glycerides, animal fat이

있으며 공통적으로 용출을 지연할 수 있는 특징이 있음. 특히 fatty acid의 일종인 palmitic acid 및 stearic acid의 경우 착유우의 에너지원으로 많이 사용됨 (Sahraei Belverdy et al., 2019).

- 이러한 기능 부여를 위한 코팅의 방법은 '건식 코팅'과 '습식 코팅'으로 나눌 수 있는데, 이 중 습식 코팅은 광범위한 공업 분야에서 일반적으로 이용되며 도포에 큰 영향을 미침. 기능 부여를 위한 물질을 용매에 용해 또는 분산 처리하여 액체화한 후 그 액체를 기재에 균일하게 도포하고 건조 또는 경화를 통해 고체 박막화시키는 기술임 (Maenosono et al., 2003). 이러한 코팅기술이 중요한 까닭은 반추위 내 첨가제가 투입되었을 경우 코팅 내 틈이 발생하면 쉽게 용출이 발생하여 미생물에 의한 접착이 가능하고 bypass의 기능을 수행하지 못하기 때문임. 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제를 제작하기 위하여 결합제 및 코팅물질, 비필수 아미노산의 성질 및 생화학적 대사의 사전 연구를 통하여 첨가제를 제조하였음.

## (2) 연구방법

### (가) 실험 1. Multi-layered dip coating 방법을 이용한 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제 개발

#### ○ 펠릿 가공화 및 multi-layered dip coating 단계

- 반추위 보호 아미노산 제제의 펠릿화는 고성능 자동제환기 (PT6015B, PM TECH, Korea)의 제품을 이용하여 비필수 아미노산 제제를 제환하여 진행하였음.
- 실험에서 사용된 아미노산은 L-Glutamine, L-Asparagine을 사용하여 제형을 만들며 결합제로 Ca-Lignosulfonate, 분쇄 대두박이 첨가되었음.
- 제환기를 사용하는 펠릿화 방법의 경우 시료들에 일정한 점성도 (Viscosity)가 존재해야 하지만 본 시료들의 경우 점성도가 없거나 미약하므로 찰쌀전분 (Glutinous rice starch)를 이용하여 점성을 높여주었음.
- 아미노산 및 결합제를 5분간 혼합한 후 고성능 자동 제환기를 이용하여 펠릿의 형태로 가공하였으며 혼합된 시료를 제환기 상단부에 넣은 후 압출가공을 위하여 스크류로 넣어준 후 60Ø 실린더를 통과하여 2Ø 크기의 롤러에서 압축시켜 가공하였음.
- 가공된 펠릿들은 서로 붙지 않도록 메쉬망에 올려, 가공 즉시 60°C에서 6시간 이상 건조하여 가공을 완료하였으며 가공이 끝난 펠릿은 반추위 내 미생물에 저항성을 갖도록 하기 위하여 지질 코팅을 시행하였음.
- 본 실험의 코팅은 용점이 각기 다른 지방산인 palmitic acid (C16:0)과 stearic acid (C18:0)를 사용하여 dip-coating 방법으로 펠릿에 도포하며 열을 간접적으로 가열해주는 중탕방식을 이용하였으며 각기 다른 용점을 가진 palmitic acid, stearic acid 30 g을 150 mL 비커에 넣고 항온수조(WD-23, Hanyang Scientific Equipment Co., Ltd, Korea)를 이용하여 69.5°C의 온도로 유지해주어 용해한 후 비필수 아미노산 펠릿을 stearic acid에 3분 동안 침지한 후 끌어올려 지방산이 흐르지 않도록 3분 동안 경화하였음.
- 이후 항온수조의 온도를 63°C로 내려 stearic acid가 코팅된 비필수 아미노산 펠릿을 palmitic acid에 침지한 후, 3분 후 끌어올려 경화한 후 코팅층이 도포된 펠릿은 24시간 이상 상온에 건조하였음.





Fig. 16. Manufacturing process of rumen-protected nonessential amino acid

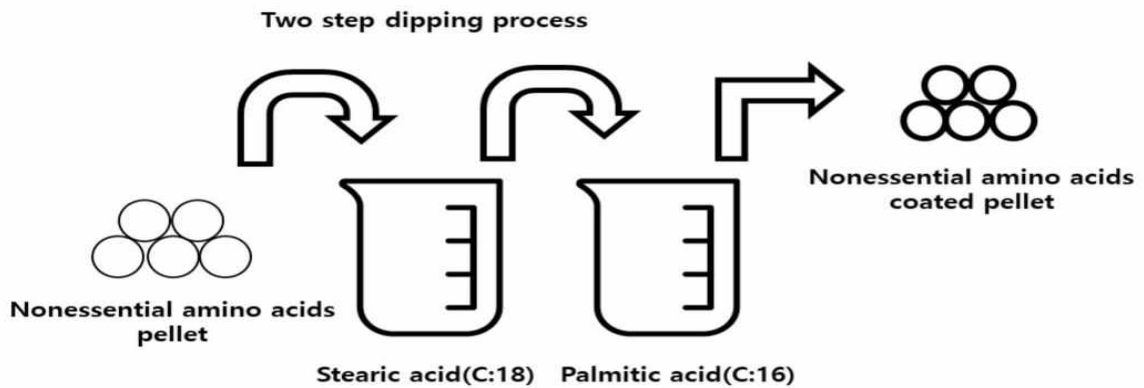


Fig. 17. The two-steps dipping process of rumen-protected nonessential amino acid

○ 용출 실험

- 반추위 보호 비필수 아미노산 펠릿 완성 이후 해당 시료의 용출테스트는 다음과 같이 진행하였음.
- pH는 반추위와 동일한 수준을 유지하기 위하여  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  및  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ 를 이용하여 pH 6.9를 유지하는 phosphate buffer (PB)를 제조하였으며 pH는 pH meter (METTER TOLEDO, SevenCompact™ S210, USA)를 이용하여 측정하였음.
- PB는 serum bottle에 50 mL씩 분주한 후, 제조한 비필수 아미노산 펠릿을 1 g씩 첨가하여 shaking incubator (HYSC, SI-300R, Korea)에서 39°C의 온도를 유지한 후 0, 3, 24시간 동안 용출도를 관찰하였으며 각 시간대별 용출도를 관찰한 후 육안상 비필수 아미노산 펠릿의 균열이 관찰되지 않으면 코팅층이 안정된 상태로 판단하여 PB내로 용출된 아미노산의 질소량을 확인하였음.
- 질소 함량을 분석하기 위해 3, 24시간대의 시료병에서 1 mL의 PB를 1 mL syringe 및



0.45 μm (Rephile, RjN1345NH, China) syringe filter를 이용하여 흡입 및 1.5 mL eppendorf tube에 분주하였음.

- 1 mL의 PB를 digestion tube에 담은 후 sulfuric acid 12 mL과 Kjeltab (Kjeltabs S-3.5, FOSS, United Kingdom) 2알을 사용하여 분해를 촉진하며 분해 후 시료를 충분히 식혀 분해된 시료를 Kjeldahl 8400 analyzer unit (FOSS, Denmark)으로 질소 함량을 측정하였음.

$$Elution\ rate(\%) = \frac{(At - Bt) \times (Bw + M)}{P \times Wt} \times 100$$

At: 검액 중 질소 함량 (%)

Bt: 완충액의 기본 질소 함량 (%)

Bw: 검체에 사용된 완충액 질량 (g)

M: 검체에 사용된 펠릿의 질량 (g)

P: 표준품의 질소 함량 (%)

Wt: 검체 취한 량 (g)

#### (나) 실험 2. 단일 지질 코팅방법을 이용한 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제 개발

##### ○ 펠릿 가공화 및 multi-layered dip coating 단계

- 본 실험에서는 풍미와 관련된 비필수 아미노산 6종 (L-Alanine, L-Asparagine, L-Glutamic acid, L-Glutamine, L-Glycine, L-Proline)을 각각 펠릿화 한 후 지방산을 이용하여 코팅 가공해주었음.
- 실험에서는 각기 다른 비필수 아미노산, Ca-Lignosulfonate, 분쇄 대두박을 5분간 건식 파쇄/분쇄기 (Roll Mill, SUNGCHANG MACHINERY, Korea)를 이용하여 분쇄 및 혼합하였으며, 혼합된 시료를 자동제환기 (KSJ I, KSJ, Korea) 상단부에 넣은 후 3 Ø크기의 롤러에서 압축하여 펠릿화 하였으며 입자크기가 3 mm 이하로 가공되게 하였음.
- 가공된 펠릿은 메쉬망 위에 올려두어 가공 즉시 48°C의 환경에서 최소 4시간 이상 건조하여 가공을 마쳤음.
- 코팅은 당의기 (KSJ COATING MACHINE-5, KSJ, Korea)에서 palmitic acid (C16:0)를 용점인 63°C 이상의 온도와 회전속도 20 rpm을 유지하여 녹여주었으며 녹은 지방산에 비필수 아미노산 펠릿을 넣어 3분 이상 당의기를 회전시켜 지방산이 도포되도록 한 후 24시간 이상 상온에 건조하였음.



Fig. 18. The pelleting process of rumen protected nonessential amino acids

○ 용출 실험

- 반추위 보호 비필수 아미노산 펠릿 완성 이후 해당 시료의 용출테스트는 다음과 같이 진행하였음.
- pH는 반추위와 동일한 수준을 유지하기 위하여 pH 6.9를  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  및  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ 를 이용하여 pH 6.9 phosphate buffer를 제작하며 pH는 pH meter (METTLER TOLEDO, SevenCompactTM S210, USA)를 통하여 측정하였음.
- PB는 serum bottle에 50 mL씩 분주한 후 만들어진 비필수 아미노산 펠릿을 1 g씩 첨가한 후 shaking incubator (HYSC, SI-300R, Korea)에서 39°C의 온도를 유지한 후 0, 8, 24 시간의 용출도를 관찰하였으며 각 시간대별 용출도를 관찰한 후 육안상 비필수 아미노산 펠릿의 크랙이 관찰되지 않으면 코팅층이 안정된 상태로 판단하여 PB내로 용출된 아미노산의 질소량을 확인하였음.
- 질소 함량을 분석하기 위해 8, 24 시간대의 위액병에서 1 mL의 PB를 1 mL syringe 및 0.45  $\mu\text{m}$  (Rephile, RjN1345NH, China) syringe filter를 이용하여 흡입 및 1.5 mL eppendorf tube에 분주하였음.
- 1 mL의 PB를 digestion tube에 담은 후 sulfuric acid 12 mL과 Kjeltab (Kjeltabs S-3.5, FOSS, United Kingdom) 2알을 사용하여 분해를 촉진하며 분해 후 시료를 충분히 식혀 분해된 시료를 Kjeldahl 8400 analyzer unit (FOSS, Denmark)로 질소 함량을 계산하였음. 용출된 질소의 계산식은 실험 (1)과 동일하게 사용하였음.

(다) 실험 3. Multi-layered spray coating 방법을 이용한 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제 개발

○ Multi-layered spray coating 단계

- 실험 1과 2에서 제작된 펠릿화된 아미노산 5종(Ala, Asn, Glu, Gln, Gly)을 회전드럼식 코팅기를 이용하여 다단계로 코팅하여 반추위 우회 비필수 아미노산을 제작하였음.
- 제조된 아미노산 펠릿을 분당 10~50 rpm으로 회전하는 회전드럼식 코팅기에 연속적으로 투입한 후 녹는점이 57°C 이상의 극도 경화유인 경화 팜스테아린유(palm stearin oil)를

스프레이 방식으로 분무코팅하여 피막을 형성하였음.

- 1차적으로 피막이 형성된 비필수 아미노산 펠릿은 펠릿 냉각기로 이동하여 40°C 이하로 냉각시켜 코팅막이 안정적으로 접착될 수 있게 하였음.
- 상기 제조된 1차 코팅된 아미노산 펠릿을 회전드럼식 코팅기에 재투여하여 녹는점이 57°C 이상인 경화 팜스테아린유를 스프레이 방식으로 분사하여 2차 피막을 형성한 후 펠릿 냉각기로 이동시켜 40°C 이하로 냉각시켜 다단계 코팅된 아미노산 펠릿을 제작하였음.

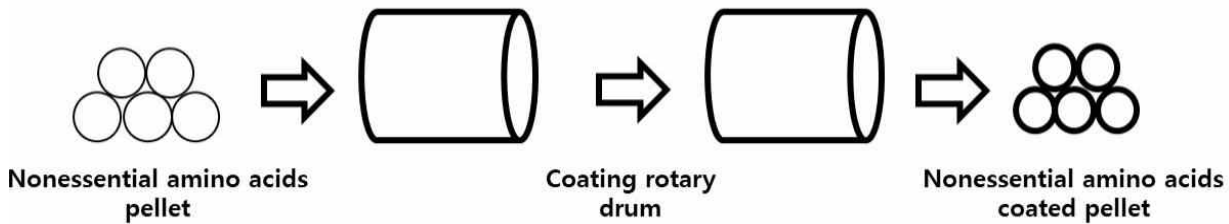


Fig. 19. The multi-layered coating process for rumen-protected nonessential amino acids

○ 용출 실험

- 반추위 보호 비필수 아미노산 펠릿 제조 후 해당 시료의 용출테스트는 다음과 같이 진행하였음.
- pH는 반추위와 동일한 수준을 유지하기 위하여 pH 6.9를 Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 및 NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>를 이용하여 pH 6.9 phosphate buffer를 제작하며 pH는 pH meter (METTLER TOLEDO, SevenCompact™ S210, USA)를 통하여 측정하였음.
- PB는 serum bottle에 50 mL씩 분주한 후 만들어진 비필수 아미노산 펠릿을 1 g씩 첨가한 후 shaking incubator (HYSC, SI-300R, Korea)에서 39°C의 온도를 유지한 후 0, 8, 24 시간의 용출도를 관찰하였으며 3반복으로 진행하였음.
- 각 시간대별 용출도를 관찰한 후 육안상 비필수 아미노산 펠릿의 크랙이 관찰되지 않으면 코팅층이 안정된 상태로 판단하여 PB내로 용출된 아미노산의 질소량을 확인하였음. 질소 함량을 분석하기 위해 8, 24 시간대의 위액병에서 1 mL의 PB를 1 mL syringe 및 0.45 μm (Rephile, RjN1345NH, China) syringe filter를 이용하여 흡입 및 1.5 mL eppendorf tube에 분주하였음.
- 1 mL의 PB를 digestion tube에 담은 후 sulfuric acid 12 mL과 Kjeltab (Kjeltabs S-3.5, FOSS, United Kingdom) 2알을 사용하여 분해를 촉진하며 분해 후 시료를 충분히 식혀 분해된 시료를 Kjeldahl 8400 analyzer unit (FOSS, Denmark)로 질소 함량을 계산하였음. 용출된 질소의 계산식은 실험 (1)과 동일하게 사용하였음.

○ 통계분석

- 효과에 관한 자료들은 일반선형모형 (general linear model)의 분산분석 (analysis of variance)을 통하여 가설검정을 수행하였으며, 실험구간의 비교로 Duncan 다중 비교 분석방법을 통하여 유의적 차이를 분석하였음. 모든 통계검정은 유의수준 95%로 수행하였

으며, SPSS (version 25, IBM, USA) 프로그램을 이용하여 수행하였음.

(3) 결과 및 고찰

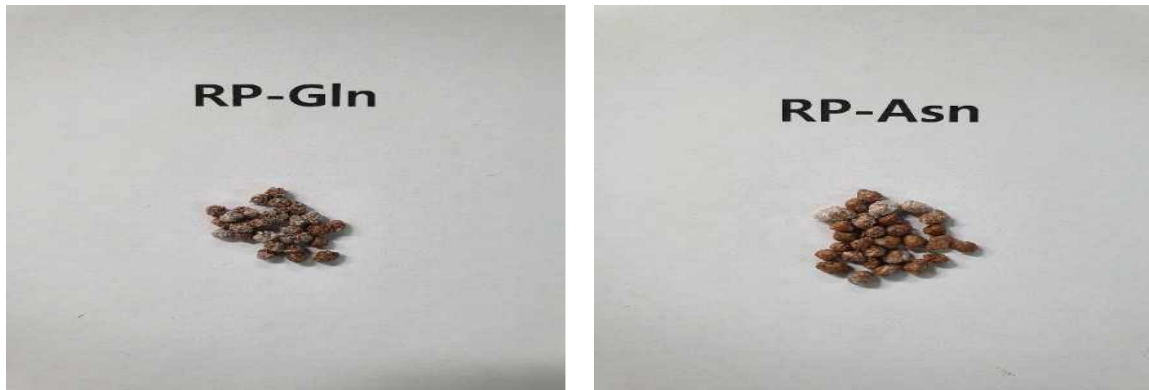


Fig. 20. The nonessential amino acids coated by palmitic and lauric acids (Experiment 1)



Fig. 21. The amino acids coated by lauric acid after 24 hours incubation on PB buffer (Experiment 1)



Fig. 22. Nonessential amino acids coated by palmitic acids (Experiment 2)



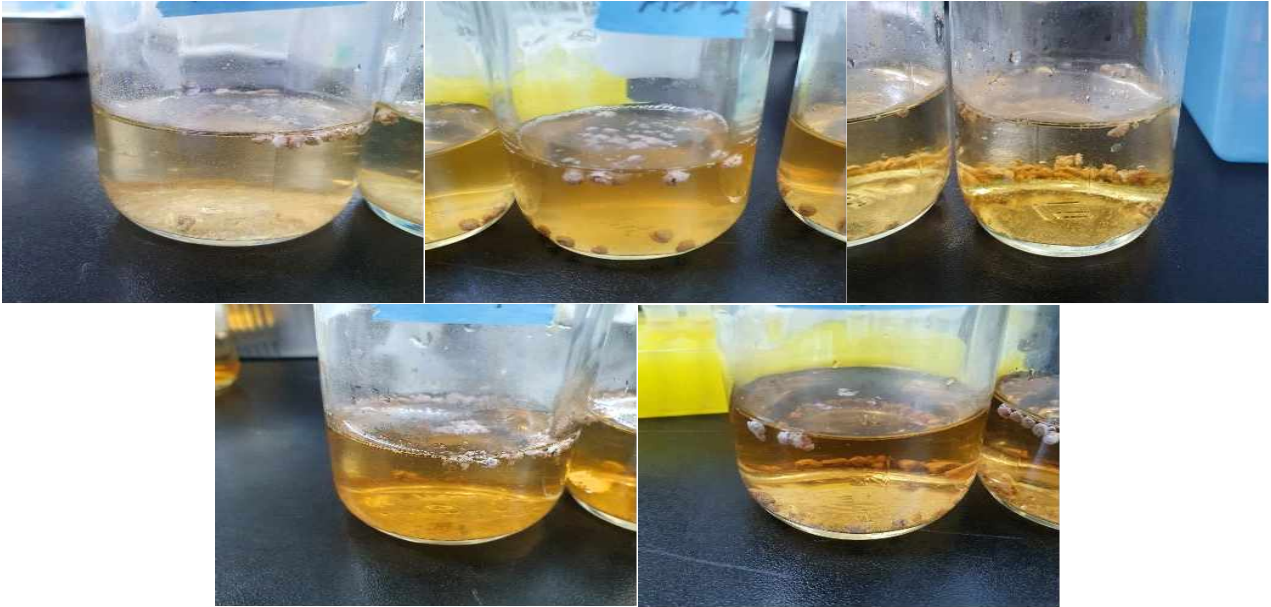


Fig. 23. The nonessential amino acids coated by palmitic acid after 8h incubation on PB buffer (Experiment 2)

○ 용출도 평가

- 실험 1에서 RPGLn, RPA<sub>sn</sub> 제작 후 용출 실험을 진행한 결과 24시간 발효의 경우 코팅에 크랙이 발생하여 첨가제의 아미노산 및 결합제로 사용한 Ca-lignosulfonate의 용출이 관찰되었음 (Fig. 21).
- 실험 2의 경우 Asn, Gln, Pro를 사용한 펠릿 제작은 실패하였으며, Asn, Gln 펠릿은 실험1의 펠릿을 사용하여 단일 지질 코팅을 실행하였음. 실험결과 8시간의 용출도 측정에서 모든 아미노산 첨가제에서 용출이 발생하였음 (Fig. 23).

○ Multi-layered spray coating으로 제작한 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제의 보호율은 Table 76과 같음.

- 8시간대의 보호율은 Asn, Gly, Ala, Glu, Gln 순으로 높았으나 유의차는 발생하지 않았으며, 24시간대의 보호율은 Gln의 경우 84.86%로 가장 많은 아미노산이 용출이 나타났으며 Ala, Gly는 각각 94.63%, 94.86%의 보호율을 보였음. Glu, Asn은 각각 99.86%, 99.74%의 보호율을 보였으며, 8시간대에 비해서 더 높은 보호율을 나타내었으나, 이는 개별 보호 아미노산의 편차로 발생한 것으로 사료됨.
- Zhong and Shah (2013)은 장내전달을 위하여 L-glutamine의 표면 코팅 실험을 진행하였으며 사용된 plasticizer의 농도, 종류에 따라 encapsulation efficiency 및 retention에서 차이가 있다는 것을 확인하였음.
- USP (United states patent)에 등록된 방법으로는 palmitic acid, oleic acid, stearic acid를 혼합 이용하여 encapsulation하는 방법이 있지만(Vinci et al., 1995; Lajoie and Cummings, 1999; Morikawa et al., 2001), 단일 지질을 이용하여 hot-melt coating 하는 방법 또한 존재하며(Patil et al., 2012), 단일 지질을 사용 시 coating composition이 전체 건물 기준 10% 이상이 포함되어야 산성 pH에 저항성 및 분해율에서 안정성이 증가한다

고 하였음.

- Coating막의 특성의 경우 막의 두께, 내부 구조 및 코팅물질의 성분 특성에 의하여 결정됨(Domnick et al., 2005). Khan et al. (2013)에 의하면 표적 표면의 구조는 코팅막의 특성에 강하게 영향을 미치는데, 다공성 물질의 표면이 코팅 물질에 의해 젖게 되면 코팅 물질을 모공으로 흡수하며, 습윤상태에 따라 코팅의 접착에 차이를 미칠 수 있음.
- 따라서 Gln의 보호율이 다른 아미노산 첨가제보다 낮은 이유는 내부 구조 및 코팅 물질의 성분 특성, 표면의 습윤상태와 같은 포괄적인 요인으로 인하여 낮은 것으로 판단되지만 모든 아미노산 첨가제에서 24시간대 보호율이 84~99%를 보였으므로 비필수 아미노산과 liginosulfonate를 결합제로 사용하여 펠릿화한 후 multi-layered spray coating 방법을 이용하여 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제의 제작이 가능할 것으로 판단됨.

Table 76. The protection rate (%) of rumen-protected amino acids during *in vitro* (Experiment 3)

Time	Treatments					SEM <sup>2</sup>	P-value
	Gln <sup>1</sup>	Glu	Ala	Gly	Asn		
8 hr	98.03	98.81	99.00	99.08	99.34	0.683	0.405
24 hr	84.86 <sup>a</sup>	99.86 <sup>c</sup>	94.63 <sup>b</sup>	94.86 <sup>b</sup>	99.74 <sup>c</sup>	1.402	0.000

<sup>1</sup>Gln: glutamine, Glu: glutamate, Ala: alanine, Gly: glycine, Asn: asparagine

<sup>2</sup>SEM: Standard error of the mean

<sup>a,b,c</sup> means with different superscripts within the row differ significantly (P<0.05).

### 3. 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제의 *in situ* 보호율 및 아미노산 함량 변화 측정

#### (1) 서론

- 반추위 내 microbial proteases 및 deaminases는 반추위 내에서 가축이 섭취한 단백질 및 아미노산을 빠르게 분해시키며, 이러한 단백질 및 아미노산의 분해를 감소시키는 방법에는 열처리, 화학적 처리, 캡슐화, 아미노산의 구조 유사체 이용과 반추위 아미노산 대사 경로를 선택적으로 조작하는 방법 등이 존재함 (Chalupa, 1975).
- 반추위 내 유리 아미노산의 농도가 낮으면 빠른 분해를 통한 활용이 가능하지만, 사료 급여 후 유리 아미노산의 농도가 높아지면 유리 아미노산의 활용보다 단백질의 분해가 더 빨리 일어나는 것을 의미함 (Leibholz, 1965).
- 사료 단백질의 경우 분해도가 높으면 아미노산 및 단백질을 활용하는 반추위 내 미생물의 합성률이 증가되지만, 사료 단백질의 효율적인 흡수이용은 저하되며 과잉 생산된 암모니아의 경우 간에서 요소로 전환되어 체외로 배출되며 따라서 영양의 손실이 발생함.
- 반추위 우회기술의 이러한 중요성으로 인하여 최근까지 많은 연구가 진행되었으나 (Zhou et al., 2016; Batistel et al., 2017a; Wang et al., 2020), Dijkstra et al. (2005)에 의하면 반추위 내 공급되는 성분의 입자 크기와 비중 등에 의하여 반추위 분해율과 용출도, 반추위 통과율에 영향을 미친다고 보고하였음.
- 따라서 본 실험은 해당 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제의 반추위 내 보호율 및 반추위 발효 이후 아미노산 잔존 함량을 측정하기 위하여 *in situ* 방법으로 수행함.

(2) 연구방법

○ 실험동물 및 실험사료

- 해당 실험은 충청남도 천안에 소재한 목장에서 cannula가 장착된 한우 암소 2두를 사용하여 진행하였음.
- 사료의 급여는 07:00시와 17:30시에 총 2회 이루어졌으며 물은 음용시설을 통하여 자유롭게 음용하도록 하였음.
- 실험사료는 관행 농후사료 2.5 kg, 조사료(alfalfa 50%, oat 25%, rice straw 25%)믹스 4 kg을 급여하였음.

Table 76. Chemical composition experimental diets (% of DM)

Items	Roughage mixture <sup>2)</sup>	Concentrate
DM <sup>1)</sup>	83.54	87.28
OM	91.69	91.62
CP	10.25	17.23
EE	1.18	4.27
NDF	53.76	21.92
ADF	36.69	8.48

Amino acid composition of experimental diets (% of DM)

Alanine	0.53	0.91
Arginine	0.41	0.92
Aspartic acid	1.07	1.08
Cysteine	0.12	0.32
Glutamic acid	0.93	2.69
Glycine	0.43	0.69
Histidine	0.19	0.42
Isoleucine	0.37	0.49
Leucine	0.66	1.23
Lysine	0.53	0.58
Methionine	0.13	0.26
Phenylalanine	0.42	0.6
Proline	0.55	1.11
Serine	0.42	0.67
Threonine	0.41	0.55
Tyrosine	0.23	0.37
Valine	0.49	0.75

<sup>1)</sup> DM = dry matter, OM = organic matter, CP = crude protein, EE = ether extract, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber

<sup>2)</sup> Contained alfalfa 50%; oat hay 25%; rice straw 25%

- 실험 사료는 사료표준분석방법을 준용하여 분석하였으며 일반성분인 dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE) 및 neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF)를 분석하였음. 아미노산은 ninhydrin법을 사용하여

분석하였으며 다음과 같은 공식으로 계산하였음.

$$Amino\ acid(\%) = C \times \frac{SA}{ST} \times D \times \frac{M}{W} \times 100$$

C: 표준아미노산의 농도( $\mu\text{m}/\text{mL}$ )

SA: 시료액의 아미노산 peak 면적

ST: 표준액의 아미노산 peak 면적

D: 희석량(mL)

M: 아미노산의 분자량

W: 시료의 중량( $\mu\text{g}$ )

○ 실험구

- 처리구는 RPAA (rumen-protected amino acids including glutamate and alanine), RPGLu (rumen-protected glutamate), RPAla (rumen-protected alanine), RPAAsn (rumen-protected asparagine)으로 구성되었음.
- 처리구의 반추위 내 발효시간은 각각 0, 6, 24시간으로 설정하였으며 각각 2반복으로 수행하였음.

○ 실험방법

- 실험은 De Boer et al. (1987)의 방법을 기본으로 하였음.
- 50  $\mu\text{m}$ 의 공극 크기인 R510 nylon bag (Ankom Technology Corp., NY, USA)에 순서대로 번호를 기입 후 105°C 의 drying oven에 넣고 24시간동안 건조하였음.
- 건조가 완료된 nylon bag은 desiccator로 이동한 후 30분간 방랭하여 무게를 측정하여 기록하였음.
- 이후 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제를 각각 15 g씩 R510 nylon bag에 담아 heat sealing (SK-210, Zhejiang Hongzhan Packing Machinery, China) 처리하여 밀봉해주었으며 각각 polyester mesh bag에 시간대별로 구분하여 넣어두었음.
- 실험에 사용된 2두의 cannula가 장착된 한우 암소는 07:00시에 사료 급여 직후 즉시 cannula를 통하여 반추위의 배낭 (ventral sac) 부분에 드리워지도록 현수하였으며, 반추위 내에서 각각 0, 6, 24시간동안 발효가 끝난 반추위 보호 비필수 아미노산이 담긴 polyester mesh bag을 꺼낸 후 distilled water를 이용하여 맑은 물이 나올 때까지 세척하였음.
- 세척된 nylon bag은 동결건조기를 사용하여 건조하였으며 동결건조 후 반추위 우회율은 다음과 같은 계산식으로 계산하였음.

$$Bypass\ ratio(\%) = 100 - \left[ \left( \frac{Aw \times M - Fw - B}{Aw \times M} \right) \times 100 \right]$$

Aw: 발효 전 반추위 보호 비필수 아미노산의 질량 (g)

M: 발효 전 반추위 보호 비필수 아미노산의 건물 (%)



Fw: 발효 후 동결건조 후 반추위 보호 비필수 아미노산의 질량 (g)

B: Blank의 평균 변화값 (g)



Fig. 24. Sample withdrawal after *in situ* rumen incubation

- 발효 후 첨가제의 아미노산 분석
  - 발효 후 첨가제의 아미노산 분석을 위해 이온교환크로마토그래피법 (Ninhydrin법)을 사용하여 분석하였음.
  - 50 mL 튜브에 100 mg의 시료를 취하고 6N-HCl 16.67 mL을 가한 후 N<sub>2</sub> gas를 충전하여 마개를 막고 110°C 에서 24시간 가수분해하였음.
  - 농축증발플라스크에 옮겨 rotary evaporator에 연결 후 50°C 이하에서 염산을 증발 건조하였음.
  - 플라스크에 Sodium citrate dihydrate 19.7 g을 증류수에 400 mL 용해하여 HCl 16.5 mL 과 caprylic acid 0.1 mL, β-Thiodiglycol 20 mL, Brij35 (30% w/v) 2.0 mL을 가한 후 증류수로 추가하여 1 L를 맞춘 시료희석용 완충액 (pH 2.2)을 가하여 아미노산을 용해 및 여과하여 50 mL로 정용하였으며, qualitative filter paper를 사용하여 0.2 μm로 여과하여 50 mL로 전처리를 실시하였음.
  - 황함유 아미노산인 cystein, methionine을 분석하기 위해 시료 100 mg에 performic acid 10 mL첨가 후 0°C ice bath에서 16시간 방치하였음.
  - 해당 시료를 evaporating flask에 넣어 증류수로 2-3회 세척한 후 증발건고 된 flask에 6N HCl을 16.5 mL을 넣어 용해시킨 후 전량을 test tube에 옮긴 후 시료희석용 완충액 (pH 2.2)을 가하여 아미노산을 용해 및 여과하여 50 mL로 정용하였으며, qualitative filter paper를 사용하여 0.2 μm로 여과하여 50 mL로 전처리를 실시하였음.
  - 아미노산 분석은 L-8800 amino acid analyzer (Hitachi, Tokyo, Japna)을 사용하여 분석하였으며 Column은 4.6 mm x 60 mm Hitachi Ion Exchange Column, 온도는 main column 57°C, reaction unit 130°C, Flow rate는 buffer의 경우 0.4 mL/min, ninhydrine 0.35 mL/min이었음.
  - 아미노산의 함량(%)는 다음과 같이 계산하였음.

$$Amino\ acid(\%) = C \times \frac{SA}{ST} \times D \times \frac{M}{W} \times 100$$

C: 표준아미노산의 농도( $\mu\text{m}/\text{mL}$ )

SA: 시료액의 아미노산 peak 면적

ST: 표준액의 아미노산 peak 면적

D: 희석량(mL)

M: 아미노산의 분자량

W: 시료의 중량( $\mu\text{g}$ )

○ 통계분석

- 효과에 관한 자료들은 일반선형모형 (general linear model)의 분산분석 (analysis of variance)을 통하여 가설검정을 수행하였으며, 실험구간의 비교로 Duncan의 다중 비교 분석방법을 통하여 유의적 차이를 분석하였음. 모든 통계검정은 유의수준 95%로 수행하였으며, SPSS (version 25, IBM, USA) 프로그램을 이용하여 수행하였음.

(3) 결과 및 고찰

○ 반추위 보호 비필수 아미노산의 반추위 보호율은 Table 77과 같음.

- 0시간대의 보호 아미노산의 반추위 보호율은 RPAA 처리구가 98.96%로 가장 낮게 나타났으며 Ala, Glu, Asn 처리구 순으로 보호율이 높게 나타났음( $P < 0.05$ ). 6시간대의 경우 RPAA 처리구에서 73.89%, Ala 처리구는 93.16%로 감소한 반면 상대적으로 Glu, Asn 처리구는 각각 98.15% 및 98.39%로 보호율을 유지하였음( $P < 0.05$ ). 24시간대의 경우 RPAA 처리구는 71.00%, Ala, Glu, Asn 처리구에서 각각 88.66%, 94.80%, 95.01%로 모두 보호율이 감소하였음( $P < 0.05$ ).
- Rossi et al. (2003)는 ethyl-cellulose, pH sensitive polymer, C<sub>16</sub> 및 C<sub>18</sub> calcium soaps, hydrogenated fatty acid, triglycerides를 coating matrix로 사용하여 반추위 분해율을 실험한 결과, 각 아미노산 (Met, Lys)마다 coating matrix마다 최적의 아미노산 보호율에서 차이가 존재함을 확인하였음. Kang et al. (1995)은 DDGS (dried distillers grain with solubles)의 경우 24시간 반추위 건물 소실율이 74.19%, SBM( soybean meal)의 경우 94.87%로 나타난 것에 비해 본 실험에서는 DDGS를 결착제로 사용한 RPAA 처리구에서 24시간 소실율이 가장 높게 나타났음.
- 본 실험에서 RPAA 및 RPAla, RPGLu, RPAAsn에서 동일한 코팅방법을 사용하였지만 분해율에서 차이가 보인 것은 해당 첨가제의 주요 성분인 아미노산의 차이로 보이며 결착제는 크게 영향을 미치지 않은 것으로 확인되었음.

Table 77. The protection rate (%) of rumen protected amino acids during *in situ* rumen fermentation

Time	Rumen protected amino acids				SEM <sup>2</sup>	P-value
	RPAla <sup>1</sup>	RPGlu	RPAsn	RPAA		
0 hr	99.86 <sup>c</sup>	99.85 <sup>c</sup>	99.38 <sup>b</sup>	98.96 <sup>a</sup>	0.058	0.001
6 hr	93.16 <sup>b</sup>	98.15 <sup>c</sup>	98.39 <sup>c</sup>	73.89 <sup>a</sup>	0.957	0.000
24 hr	88.66 <sup>b</sup>	94.80 <sup>b</sup>	95.01 <sup>b</sup>	71.00 <sup>a</sup>	1.946	0.003

<sup>1</sup>RPAla: rumen protected alanine, RPGlu: rumen protected glutamate, RPAsn: rumen protected asparagine, RPAA: rumen protected mixture between glutamate and alanine

<sup>2</sup> SEM: Standard error of the means.

<sup>a,b,c</sup> means with different superscripts within the row differ significantly (P<0.05).

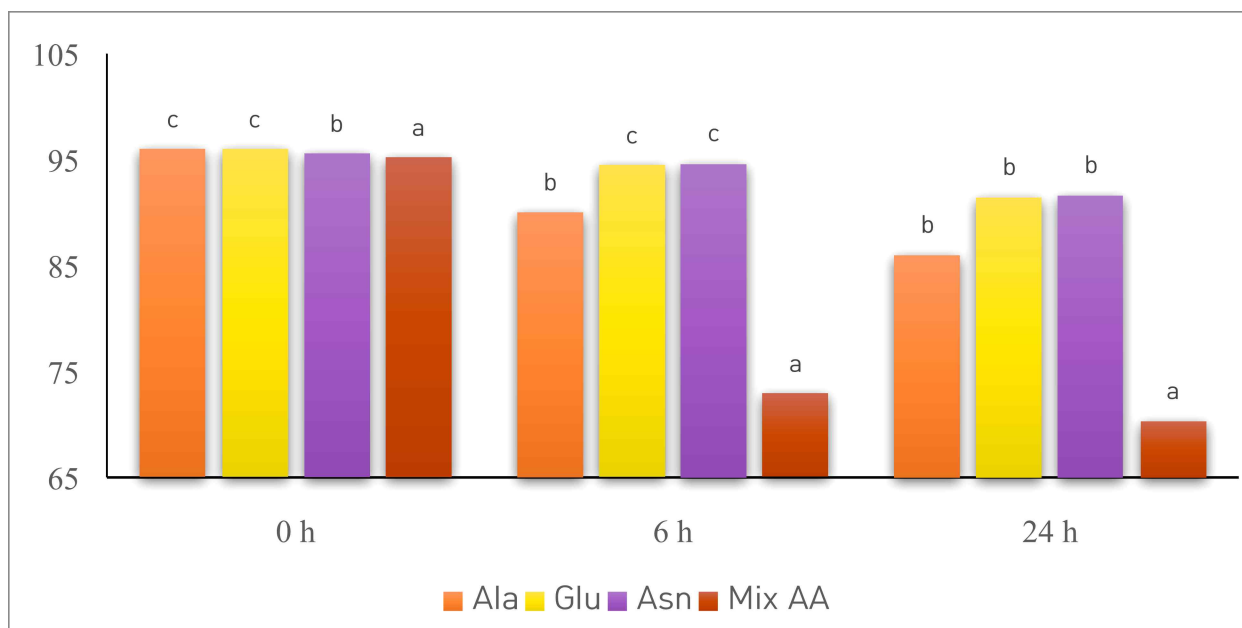


Fig. 25. The protection rate of rumen-protected amino acids during *in situ* rumen fermentation. Ala: alanine, Glu: glutamate, Asn: asparagine, Mix AA: the mixture between glutamate and alanine.

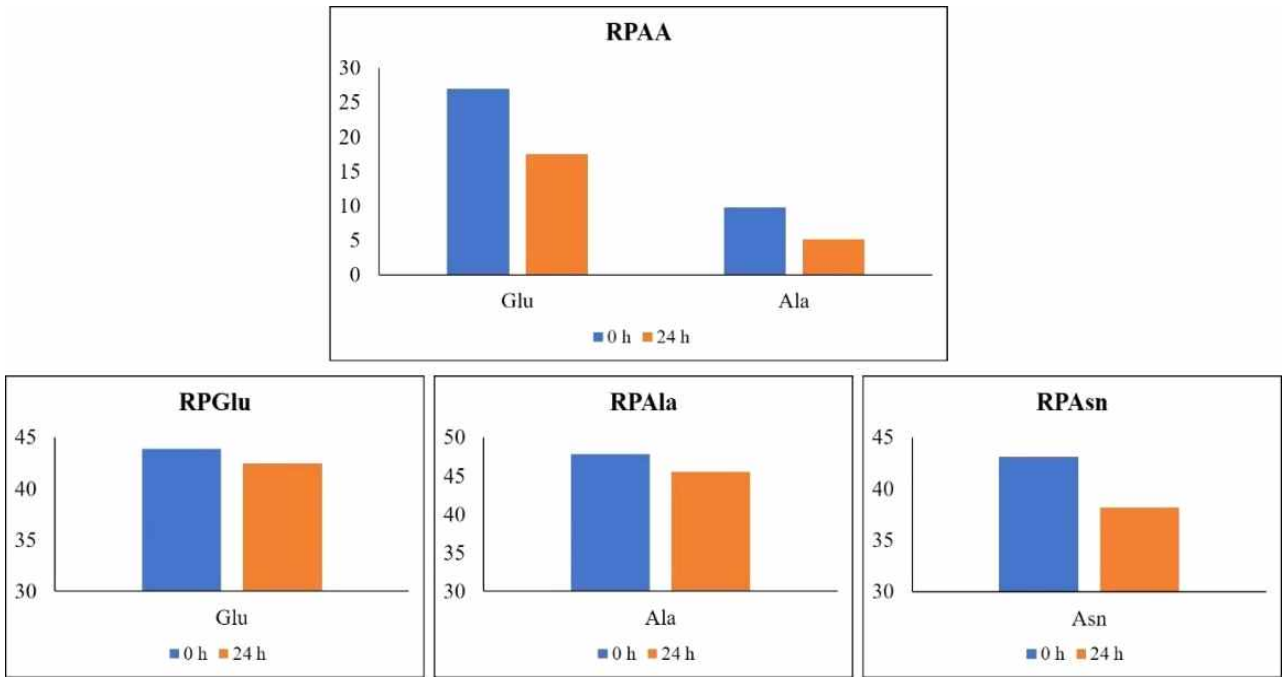


Fig. 26. The amino acid contents (%) of rumen-protected amino acids before and after 24 hr in situ rumen incubation. RPAA: rumen-protected glutamate and alanine mixed, RPGlu: rumen-protected glutamate, RPAla: rumen-protected alanine and RPAsn: rumen-protected asparagine.

- 반추위 보호 비필수 아미노산의 0시간대의 아미노산 함량은 Table 78과 같음.
- 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제의 0시간 *in situ* 발효 이후 아미노산의 함량의 차이의 경우 풍미와 관련이 있는 타겟 아미노산의 경우 Glu, Ala, Asn 모두 제작과정에서 첨가한 양 수준으로 유의차가 나타났음 ( $P < 0.05$ ). Gly의 경우 RPAA 처리구에서 0.17%로 가장 높았으며 RPAsn, RPGlu, RPAla 순으로 각각 0.15, 0.12, 0.09%로 유의적인 차이가 나타났음 ( $P < 0.05$ ). 타겟 아미노산이 아닌 Val, Leu, Lys, His에서도 유의적인 차이를 보였으며 특히 Lys의 경우 RPAA 처리구에서는 1.48%로 다른 RPAla, RPAsn, RPGlu 처리구에 비하여 월등하게 높게 나타났으며, Val, Leu, His 모두 RPAA 처리구에서 높게 나타났음 ( $P < 0.05$ ).

Table 78. The amino acid contents (%) of rumen-protected amino acids after 0 hours *in situ* incubation

	RPAA <sup>1</sup>	RPAla	RPAsn	RPGlu	SEM <sup>2</sup>	P-value
Alanine	9.73 <sup>b</sup>	47.83 <sup>c</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.56 <sup>a</sup>	0.198	0.000
Arginine	0.18	0.19	0.22	0.18	0.008	0.075
Asparagine	0.27 <sup>a</sup>	0.36 <sup>a</sup>	43.86 <sup>b</sup>	0.38 <sup>a</sup>	0.524	0.000
Glutamic acid	26.89 <sup>b</sup>	1.53 <sup>a</sup>	0.91 <sup>a</sup>	43.86 <sup>c</sup>	0.564	0.000
Glycine	0.17 <sup>d</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.15 <sup>c</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.006	0.002
Histidine	0.12 <sup>c</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.10 <sup>b</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.003	0.001
Isoleucine	0.14	0.15	0.15	0.13	0.01	0.495
Leucine	0.46 <sup>b</sup>	0.23 <sup>a</sup>	0.25 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a</sup>	0.033	0.020
Lysine	1.48 <sup>b</sup>	0.20 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.20 <sup>a</sup>	0.024	0.000
Phenylalanine	0.26	0.29	0.25	0.23	0.017	0.277
Proline	ND	0.08	ND	0.08	0.02	0.293
Serine	0.24	0.25	0.29	0.19	0.016	0.051
Threonine	0.18	0.17	0.19	0.14	0.009	0.076
Tyrosine	0.13	0.11	0.15	0.14	0.026	0.754
Valine	0.20 <sup>b</sup>	0.14 <sup>a</sup>	0.16 <sup>a</sup>	0.14 <sup>a</sup>	0.008	0.012

<sup>1</sup>RPAA: rumen-protected glutamate and alanine mixed, RPAla: rumen-protected alanine, RPAsn: rumen-protected asparagine, RPGlu: rumen-protected glutamate

<sup>2</sup>SEM: standard error of the mean

<sup>a,b,c</sup> means with different superscripts within the row differ significantly (P<0.05).

- 반추위 보호 비필수 아미노산의 24시간대의 아미노산 함량의 변화는 Table 79와 같음.
- 풍미와 관련이 있는 아미노산의 경우 RPAA 처리구에서는 Ala는 5.15%, Glu 17.43%로 감소하였으며 RPAla처리구에서는 Ala는 45.49%로 감소하였음. RPAsn 처리구의 경우 Asn 38.15%의 함량이 나타났으며 RPGlu 처리구에서는 42.45% Glu 함량이 확인되었음. 타겟 아미노산 중 Gly는 각 보호 아미노산 처리구마다 유의적인 차이를 보였으며 RPAA, RPAsn, RPGlu, RPAla 순으로 높게 나타났음 (P<0.05).
- 0시간대에 비하여 Ser, Arg에서 각 처리구마다 유의차가 발생하였으며 Ser의 경우 RPAla 처리구에서 0.29%로 가장 높게 나타났으며, RPAA 처리구에서는 타 처리구에 비하여 Arg가 0.13%로 가장 낮게 측정되었음(P<0.05). 타겟 아미노산이 아닌 아미노산 중 0시간대 및 24시간대 모두 타 처리구와 차이를 보인 아미노산은 Val, Leu, Lys가 있으며 Lys의 경우 0시간에 비해 모든 아미노산 처리구 함량이 감소하였으나 24시간대에도 RPAA 처리구에서 0.83%로 가장 높게 나타났음 (P<0.05). 착유우에 RPMet의 Met의 *in situ* 소실율을 확인한 결과 6시간에서 8.1%, 24시간에서 37.5%의 소실율을 보임 (Overton et al., 1996), 다양한 coating matrix를 사용한 실험에서도 Met의 경우 24시간 nitrogen rumen degradation은 2.1%~97.9%를 보였으며 Lys의 경우 69.5%~99.9%의 rumen degradation

ratio를 보였음 (Rossi et al., 2003).

Table 79. The amino acid contents (%) of rumen-protected amino acids after 24 hours in situ incubation

	RPAA <sup>1</sup>	RPAla	RPAsn	RPGlu	SEM <sup>2</sup>	P-value
Alanine	5.15 <sup>b</sup>	45.49 <sup>c</sup>	0.18 <sup>a</sup>	0.51 <sup>a</sup>	0.532	0.000
Arginine	0.13 <sup>a</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.18 <sup>b</sup>	0.005	0.004
Asparagine	0.24 <sup>a</sup>	0.37 <sup>a</sup>	38.15 <sup>b</sup>	0.32 <sup>a</sup>	1.066	0.000
Glutamic acid	17.43 <sup>b</sup>	1.42 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup>	42.45 <sup>c</sup>	0.382	0.000
Glycine	0.14 <sup>d</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.13 <sup>c</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.002	0.000
Histidine	0.1	0.08	0.09	0.06	0.005	0.134
Isoleucine	0.13	0.14	0.14	0.136	0.005	0.137
Leucine	0.44 <sup>b</sup>	0.24 <sup>a</sup>	0.24 <sup>a</sup>	0.23 <sup>a</sup>	0.011	0.000
Lysine	0.83 <sup>b</sup>	0.19 <sup>a</sup>	0.18 <sup>a</sup>	0.19 <sup>a</sup>	0.007	0.000
Phenylalanine	0.28	0.25	0.24	0.25	0.014	0.425
Proline	ND	ND	ND	0.02	-	-
Serine	0.23 <sup>ab</sup>	0.26 <sup>b</sup>	0.29 <sup>c</sup>	0.20 <sup>a</sup>	0.011	0.019
Threonine	0.18	0.17	0.2	0.15	0.01	0.092
Tyrosine	0.17	0.15	0.16	0.16	0.01	0.672
Valine	0.18 <sup>b</sup>	0.13 <sup>a</sup>	0.15 <sup>a</sup>	0.13 <sup>a</sup>	0.004	0.004

<sup>1</sup>RPAA: rumen-protected glutamate and alanine mixed, RPAla: rumen-protected alanine, RPAsn: rumen-protected asparagine, RPGlu: rumen-protected glutamate

<sup>2</sup>SEM: standard error of the mean

<sup>a,b,c</sup> means with different superscripts within the row differ significantly (P<0.05).

#### (4) 결론

- 반추동물에 추가적인 아미노산을 공급하기 위해 그동안 사용되었던 두가지 접근법은 첫 번째로 반추위에서 쉽게 분해되지 않고 소장으로 전달되는 급여원에 단백질 및 아미노산을 최대한 포함시킴으로 소장에 흡수되는 아미노산의 양을 증가시키는 방법과 두번째는 반추위 발효의 최적화를 통해 반추위 내에서 합성된 미생물체 단백질을 증가시킴으로 흡수에 이용 가능한 미생물 아미노산 양을 증가시키는 것임 (Clark and Davis, 1983).
- 본 실험에서는 소장으로 흡수시키는 아미노산의 양을 증진시키기 위하여 첨가제를 제작하였으며, 비필수 아미노산을 이용하여 첨가제를 제작하였을 경우 결착제로 lignosulfonate, 코팅 방법으로는 multi-layered spray coating을 사용하였을 경우 24시간의 RPAla, RPGlu, RPAsn 아미노산 처리구의 보호율은 각각 88.66, 94.80, 95.01%로 나타났다. DDGS를 결착제로 사용하여 multi-layered spray coating으로 제작한 RPAA 처리구에서도 71.00%의 보호율이 확인되었음.
- 이러한 실험 결과로 반추위 보호 비필수 아미노산의 경우 DDGS 및 lignosulfonate를 결착제를 하여 multi-layered spray coating 방법을 사용하여 제작한 비필수 아미노산의 급

여는 우수한 반추위 내 보호율을 제시하였으며 다만 저작 활동이 제한적이었으므로 이에 대한 실험이 진행되어야 할 것으로 판단됨.

#### 나. 반추위 보호 아미노산의 첨가 급여시 성장, 혈액 및 풍미증진에 미치는 영향 연구 (3차년도)

##### 1. 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제의 급여 시 한우 번식우의 *in vivo* 혈장 아미노산에 미치는 영향

###### (1) 서론

- Johns and Bergen (1976)에 의하면 반추동물에서 혈장 혹은 혈청의 유리 아미노산은 총 체내의 아미노산 풀 (Amino acid pool)의 비율 중 일부를 나타낸다고 하였음.
- 전체 아미노산의 흐름에 영향을 미치는 모든 요인, 즉 단백질 합성, 분해 및 조직의 흡수, 유출과 소장의 아미노산 이화작용 등은 plasma 내 아미노산의 농도에 의해 반영됨 (Bergen, 1979).
- 아미노산의 장내 대사는 영양과 건강에 지대한 영향을 미치는데 특히 glutamine, glutamate, aspartate의 이화 작용은 체내에 많은 ATP를 제공하며 장내 완전성과 기능에 영향을 미침(Watford, 2008).
- Koeln and Webb (1982)는 송아지의 체내에서 순환하는 아미노산의 2/3 이상이 portal plasma에 결합된 펩타이드이며, 특히 이들 아미노산 잔기가 5개 이하인 펩타이드와 관련이 있는 것으로 나타남 (Schlagheck and Webb, 1984).
- 현재까지 반추동물에게 비필수 아미노산을 반추위 보호처리하여 급여한 실험과 이에 따른 반추동물의 혈액 내 아미노산의 함량을 분석한 실험은 부족한 실정임.
- 따라서 본 실험에서 반추동물에 반추위 보호 비필수 아미노산을 한우 번식우에 급여하였을 때 급여 전과 이후의 혈장 아미노산의 농도의 변화를 확인하는 실험을 수행하였음.

###### (2) 재료 및 방법

- 실험동물 및 실험사료
  - 실험은 평균 61개월령의 번식우 3두를 이용하여 진행하였으며 경북대학교 상주캠퍼스 부속목장에서 실시하였음.
  - 급여한 사료는 관행 번식우 농후사료 3 kg, 볏짚 사일리지 8.7 kg을 급여하였으며 07:30 분 및 16:30분 2회에 걸쳐 급여하였음.
  - 첨가제는 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제인 RPAA를 사료 총 급여량의 건물기준으로 6%를 top dressing 하였으며 3일차까지 첨가 급여 수준을 50, 75, 100%수준으로 점진적으로 급여하였음.
  - 실험 사료는 사료표준분석방법을 준용하여 분석하였으며 일반성분인 DM, OM, CP, EE 및 NDF, ADF를 분석하였음. 아미노산은 ninhydrin법을 사용하여 분석되었으며 다음과 같은 공식으로 계산되었음.

$$Amino\ acid(\%) = C \times \frac{SA}{ST} \times D \times \frac{M}{W} \times 100$$

C: 표준아미노산의 농도( $\mu\text{m}/\text{mL}$ )  
 SA: 시료액의 아미노산 peak 면적  
 ST: 표준액의 아미노산 peak 면적  
 D: 희석량(mL)  
 M: 아미노산의 분자량  
 W: 시료의 중량( $\mu\text{g}$ )

Table 80. Chemical composition of experimental diets (% of DM)

Items	Rice straw	Concentrate
Nutritional characteristics <sup>1)</sup>		
DM	54.31	89.13
OM	88.96	93.08
CP	5.34	14.95
EE	1.62	3.83
NDF	59.83	21.34
ADF	36.43	7.61
Amino acid composition of experimental diets (% of DM)		
Alanine	3.29	7.21
Arginine	1.58	8.76
Aspartic acid	3.05	7.35
Glutamic acid	3.66	21.88
Glycine	1.24	3.55
Histidine	0.07	1.36
Isoleucine	1.41	3.54
Leucine	1.91	8.2
Lysine	0.03	1.23
Methionine	0.1	0.13
Phenylalanine	0.82	2.76
Proline	1.8	9
Serine	1.77	5.16
Threonine	0.96	3.23
Tyrosine	1.67	4.16
Valine	1.97	5.29

<sup>1)</sup> DM = dry matter, OM = organic matter, CP = crude protein, EE = ether extract, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber

○ 실험방법

- 실험은 총 8일 동안 진행하였으며 시작 1일째 사료 급여 (7시 30분) 3시간 후 한우 번식 우의 경정맥에서 10 mL의 혈액을 채취하였음.
- 채취한 혈액은 BD 진공채혈관 10 mL (Sodium Heparin, BD Vacutainer®, USA)에 담았



으며 4°C 이하로 유지하여 이동 후 즉시 5000 rpm, 4°C에서 20분간 원심분리하여 혈장을 분리한 후 혈장아미노산 분석 전까지 -20°C에 보관하였음.

- 실험 8일차 오전 사료 급여 3시간 후에 동일한 방법으로 혈액을 채취하여 위와 동일하게 혈장을 분리하였음.

○ 혈장 아미노산 분석

- 혈장 분리 후 sulphosalicylic acid 50 mg을 넣은 eppendorf tube에 1 mL의 혈장을 첨가하여 1시간동안 4°C에 정치하였음.
- 정치된 혈장은 5000 rpm, 4°C로 5분 동안 원심분리하여 상등액을 취하였으며 0.3 M lithium hydroxide (Sigma Aldrich, USA)를 이용하여 pH 2.2로 맞추었음.
- 해당 혈장은 PICO-tag를 이용하여 PITC labeling을 실시한 후 400 µL의 buffer에 녹인 후 10 µL를 취하여 HPLC로 분석하였음.
- HPLC는 Waters 510 HPLC pump, Waters 717 Automatic sampler, Waters Pico-tag column (3.93 mm, 4µm), 245 nm Waters 2487 UV detector를 사용하였으며 데이터 분석은 empower 2 software로 분석하였음.

○ 통계분석

- 효과에 관한 자료들은 paired t-test를 통하여 가설검정을 수행하였으며, 모든 통계검정은 유의수준 95%로 수행하였으며, SPSS (version 25, IBM, USA) 프로그램을 이용하여 수행하였음.

(3) 결과 및 고찰

- 한우 번식우에게 반추위 우회 비필수 아미노산 첨가제를 급여한 후 plasma amino acids의 변화는 Table 81과 같음.
- Ala의 경우 급여 전 125.46 µmol/L에서 136.83 µmol/L로 증가하였으며, Glu의 경우 47.18 µmol/L에서 49.01 µmol/L로 증가하였으나 모두 유의적인 차이는 발견되지 않았음. Asp, Gly, His, Phe, Tyr 및 Val의 경우 수치상으로 줄어들었으나 유의적인 차이는 발생하지 않았음.
- 단백질 합성 및 분해, 조직 흡수 및 유출과 같은 체내 총 아미노산 흐름에 영향을 미치는 모든 요인의 총합은 혈장 내 아미노산의 농도에 의하여 반영되며 사료급여로 인한 아미노산의 경우 비필수 아미노산보다 필수 아미노산이 더 쉽게 혈장에서 확인할 수 있는데 비필수 아미노산은 장벽, 간 및 근육 대사에서 발생할 수 있기 때문임 (Bergen, 1979). 또한, 반추동물에 급여된 사료의 에너지 공급에 따라 발생할 수 있는 portal blood flow의 변화는 아미노산의 동맥 공급과 사용에 관련하여 영향을 미침 (Seal and Reynolds, 1993). Leibholz (1965)에 의하면 양에서 채취한 blood plasma free amino acids의 경우 사료 급여 전과 비교하였을 때 1시간 내의 혈장 유리아미노산의 농도는 3~10배 사이로 증가하였으나 2시간 또는 3시간 이내에 사전 공급 농도로 되돌아갔음. 혈장과 반추위액에서 발견되는 아미노산은 소화 대사 조직에 영향을 받을 수 있으나, 반추동물의 plasma free amino acid의 경우 단위동물에서 발견되는 것보다 낮은 경향을 보이는 것이 일반적인 경향으로 판단하였음. 자돈 (piglet)을 이용한 실험결과 사료 급여에서 발생한 필수 아

미노산 및 비필수 아미노산이 소장에서 광범위하게 분해되며, 분해된 아미노산의 20%가 장내 점막 단백질 합성에 사용되었음 (Stoll and Burrin, 2006). 착유우를 대상으로 아미노산의 small intestinal disappearance와 net portal appearance를 비교한 실험에서 portal-drained viscera (PDV)에서 33%가 소실된 것으로 나타났음. 따라서 급여한 상당수의 아미노산이 plasma로 흡수되기 전 PDV에서 사용되었을 가능성도 존재함. 그러나 Fleming et al. (2019)의 연구에 의하면 필수 아미노산의 흐름을 PDV 및 LIVER 모델사용과 해당 모델의 결과 예측과 관련된 모수 유의성 및 RMSE (root mean square errors), CCC (concordance correlation coefficients)를 기반으로 분석한 결과 흡수된 필수 아미노산의 90% 이상이 portal vein으로 전달된다고 하였음. 이러한 결과는 흡수되기 전 상당량의 아미노산은 PDV에서 사용될 수 있으며 흡수된 아미노산은 대부분 혈액으로 전달될 것으로 예측은 가능하나 반추동물의 혈장 내 비필수 아미노산의 관한 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것으로 판단됨. Seal and Parker (1991)의 보고에 의하면 steer의 경우 portal의 free amino acids (FAA) 및 peptide bound amino acid (PBAA)를 분석한 결과 PBAA/FAA는 1.91로 나타났으며 carotid의 PBAA/FAA는 2.51로 나타났음.

- 이러한 결과는 차후 실험에 있어 plasma 분석 시 FAA뿐만 아닌 PBAA도 추가적으로 분석을 하여 전체적인 수준의 변화를 관찰함이 요구됨.

Table 81. Free amino contents ( $\mu\text{mol/L}$ ) of plasma from Hanwoo cows before and after RPNEAA feeding

Amino acids	Treatment		S.E.M.	P-value
	Before RPNEAA	After RPNEAA		
Alanine	125.46	136.83	9.790	0.365
Arginine	69.54	79.81	0.838	0.007
Aspartic acid	2.21	1.97	0.369	0.579
Glutamic acid	47.18	49.01	5.053	0.752
Glycine	186.4	176.23	8.685	0.362
Histidine	52.66	45.79	2.166	0.087
Isoleucine	74.55	69.11	1.385	0.059
Leucine	68.69	65.17	0.790	0.047
Lysine	67.88	63.74	0.663	0.025
Methionine	15.84	15.84	1.208	0.996
Phenylalanine	30.59	29.48	1.689	0.371
Proline	39.39	42.15	2.408	0.370
Serine	312.28	343.49	32.211	0.435
Threonine	57.31	51.68	1.710	0.081
Tyrosine	50.05	46.6	3.697	0.449
Valine	134.65	122.71	5.413	0.158

2. 비육말기 비육우(Holstein steer)에 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제 급여 시 도체성적, 등심의 이화학적, 관능적 특성 및 아미노산 조성에 미치는 영향

### (1) 서론

- 유리 아미노산과 펩타이드는 각 음식의 맛에서 중요한 역할을 함 (Nishimura and Kato, 1988).
- Wilson (1960)에 따르면 고기를 숙성 시 단백질이 분해되어 아미노산과 펩타이드는 증가하며 이는 풍미를 풍부하게 하는 원인임. L-Thr을 제외한 필수 아미노산은 일반적으로 쓴맛을 지니며 Thr은 단맛을 지님 (Mori et al., 1991). 산성화 아미노산인 L-Glu, L-Asp는 일반적으로 신맛을 나타내지만, sodium salt이 결합되면 umami라고 불리는 감칠맛을 냄(Ikeda, 1912; Zhang et al., 2008).
- 고기 내 유리 아미노산, 펩타이드와 같은 비 휘발성 물질들은 휘발성 물질들과 상호작용을 일으키는데, 스트레커 분해 (strecker degradation), 마이야르 반응 (maillard reactions)의 생성물들이 고기의 풍미에 영향을 미침.
- 사람의 미뢰(taste bud)는 이러한 풍미들을 짠맛, 신맛, 단맛, 쓴맛, 감칠맛으로 인지하며 특정 아미노산들은 사람이 선호하는 풍미들을 증진하는 효과를 야기함.
- Nelson et al. (2002)에 따르면 T1R1+T1R3 아미노산 수용체는 특정 아미노산(alanine, glutamine, glycine, serine, threonine)에서 단맛을 인지한다고 하였으며, Li et al. (2002)와 Zhao et al. (2003)에서도 위와 동일한 T1R1+T1R3 수용체에서 glutamate에서 감칠맛을 인지한다고 하였음.
- Solms (1969)에 따르면 alanine은 실제 단맛을 내는 유일한 거울상 이성질체(L-enantiomorph) 구조로 되어 있으며 glycine은 단맛과 관련이 있는 아미노산 중 상대적으로 가장 낮은 단맛을 낼 수 있음.
- 본 연구에서는 감칠맛과 단맛과 관련된 비필수 아미노산 2종 (Glu, Ala)를 이용하여 반추위 우회기술을 이용하여 비육 말기 Holstein steer에 첨가급여 하여 도체성적과 등심근의 이화학적 특성, 관능특성, 근내 유리 아미노산 및 구성 아미노산에 미치는 영향을 평가하였음.

### (2) 연구방법

- 실험장소 및 실험동물
  - 실험은 경상북도 상주시 낙동면에 소재한 농장에서 진행하였으며 실험에 사용된 비육우 (Hostein steer)는 총 24두를 공시하였음.
  - 대조구 12두는 평균 21.5개월령이었으며 RPNEAA 급여구는 평균 21개월령임.
- 실험구 및 실험기간
  - 6두씩 사육하는 우방 4개에 각각 2개의 우방으로 실험구 및 대조구 구성을 하였으며 대조구 12두와 RPNEAA 처리구 12두로 실험을 진행하였음.
  - 각 실험우방은 교차하여 배치하였으며 23개월령 출하를 목표로 하였음.

- 실험은 2020년 10월 12일부터 2020년 11월 24일까지 총 44일간 진행됨.

○ 실험사료의 급여 및 시료의 채취 및 분석

- 대조구는 관행 농후사료 11 kg, 톨페스큐 건초 믹스는 자유채식하였고, RPNEAA 급여구는 관행 농후사료 11 kg, 톨페스큐 믹스는 자유채식 시켰으며 RPNEAA는 농후사료의 6% (as-fed basis)로 농후사료에 top dressing 방법으로 첨가하였음.
- 모든 실험의 농후사료 및 첨가제는 08:00, 17:00에 1일 2회 균등 분할 급여하였으며 물은 자유롭게 음용할 수 있도록 하였음.
- 급여한 사료는 매일 오후 사료 급여 전 (17:00) 모든 사료 잔량을 수거하여 사료섭취량을 측정하였음.
- 조사료인 톨페스큐 믹스는 무게를 측정하여 각 우방단위로 급여하였으며 실험 종료 시 우방단위로 잔량을 수거하여 전체 섭취량을 계산하였음.
- 실험사료의 일반성분 및 아미노산 분석에 필요한 농후사료 및 조사료는 실험 전 사전 채취 및 14일마다 채취하여 -20℃에서 보관하였음.
- 실험 사료는 사료표준분석방법을 준용하여 분석하였으며 일반성분인 DM, OM, CP, EE 및 NDF, ADF를 분석하였음.
- 아미노산은 ninhydrin법을 사용하여 분석하였으며 다음과 같은 공식으로 계산함.

$$Amino\ acid(\%) = C \times \frac{SA}{ST} \times D \times \frac{M}{W} \times 100$$

C: 표준아미노산의 농도(μm/mL)

SA: 시료액의 아미노산 peak 면적

ST: 표준액의 아미노산 peak 면적

D: 희석량(mL)

M: 아미노산의 분자량

W: 시료의 중량(μg)

○ 실험동물의 도축 및 고기 시료의 채취

- 실험동물의 출하는 23개월령 목표로 이루어졌으며 평균 출생년월일이 빠른 대조구 8두가 실험 개시 후 29일 차에 출하되었으며 37일 차에 대조구 4두 및 RPNEAA첨가구를, 44일 차에는 모든 RPNEAA 첨가구를 출하하였음.
- 출하된 공시축은 대구광역시 북구에 위치한 도축장에서 24시간 계류 후 도축을 시행하였으며, 0℃에서 18시간 이상 현수한 도체에 축산물등급판정소 소 도체등급 세부기준에 의거하여 전문가가 등급판정을 실시하였음.
- 근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도에 따른 육질등급과 배최장근 단면적 및 등지방 두께에 따른 육량등급을 산정하여 최종 등급을 판정하였음.
- 고기는 흉추와 요추 사이를 절개한 등심쪽 절개면으로부터 경추 방향으로 15 cm의 등심근을 1.3 kg가량 채취하여 아이스팩을 사용, 저온 상태를 유지한 상태로 운반하였음.

○ 조사항목 및 분석방법

- 실험사료의 일반성분(DM, OM, CP, EE, NDF, ADF)과 아미노산 조성, 냉도체중, 실험 종료 후 육량(등심 단면적, 등지방 두께), 육질(근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도), 등심 내 아미노산 조성, 맛인식장치를 통한 맛 평가, 등심근 이화학적 특성(Muscle pH, Lightness ( $L^*$ ), Redness ( $a^*$ ), Yellowness ( $b^*$ ), drip loss, filter-paper fluid uptake (FFU), cooking loss, WBS) 및 고기의 숙성단계에 따른 관능평가(softness, initial tenderness, chewiness, rate of breakdown, Amount of perceptible residue, overall tenderness, juiciness, flavor intensity off-flavor intensity, umami, mouth coating, overall acceptability)를 분석하였음.

○ 도체등급

- 도체는 축산물등급판정 도체등급 세부기준에 따라 냉 도체중, 육질형질(근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도) 및 육량형질(등지방두께, 배최장근 단면적)을 기준으로 등급을 판정받고 해당 도체의 판정 데이터를 수집하였음. 또한, 실험구간의 육량 및 육질등급의 출현율과 개체별분포를 제시하기 위해 육량등급은 A(1): B(2): C(3점), 육질등급은 1<sup>++</sup>(1): 1<sup>+</sup>(2): 1(3): 2(4): 3(5점)으로 환산하여 제시하였음.

○ 등심의 구성 아미노산 및 유리 아미노산 분석

- 구성 아미노산은 염산가수분해법을 사용하여 전처리하였음.
- 균질화된 3 mg의 고체시료를 취하여 6N HCL 30 mL을 사용하여 130°C에서 24시간 동안 가수분해한 후 초순수로 희석한 후 0.45  $\mu$ m 수용성 syringe filter로 filtering하였음. 이후 가수분해된 시료를 중화하여 3차 증류수로 다시 희석한 후 HPLC로 분석하였음.
- 유리아미노산의 분석을 위해 시료를 1 g을 칭량하여 75% EtOH를 추출용매로 하여 1시간동안 초음파추출 (sonication)한 후 상온에서 다시 1시간 동안 혼합하였음. 이후 0.2  $\mu$ m syringe filter로 filtering 후 HPLC로 분석하였음.
- HPLC는 Ultimate3000 (Thermo dionex, USA), Ultimate 3000 RS pump, Ultimate 3000 RS autosampler, FL detector 1260FLD (Agilent, USA), 1차 아미노산 유도체 및 2차 아미노산 유도체화에 사용된 FL Detector는 Emission 450, Excitation 340 nm (OPA), Emission 305 nm, Excitation 266 nm (FMOC), Column은 4.6 mm  $\times$  150 mm, 5  $\mu$ m Inno C18 column (YoungJin biochrom, Korea), Injection volume은 1  $\mu$ l, column temperatue는 40°C, sample temperature는 20°C를 유지하였음. 이동상으로 A용매 (40 mM Sodium phosphate, pH 7)와 De-ionized water 10%, Acetonitrile 45%, Methanol 45%를 B용매로 사용하였음. 유속은 1.5 mL/min으로 일정하게 하였으며 이동상의 농도 구배조건은 B용매를 3분까지 5%로 유지하였으며 24분까지 55%, 25분부터 31분까지 80%로 증가시킨 후 34분부터 다시 5%로 감소시켰음. Amino acid standard는 Agilent 5061-3330 및 Agilent 5062-2478을 사용하였으며 Reagent A, Reagent B 및 Reagent C는 각각 Borate buffer(Agilent 5061-3339), OPA reagent (Agilent 5061-3335), FMOC solution (Agilent 5061-3337)을 사용하였음.

○ 등심근 이화학적 특성

- 등심근의 품질 및 이화학적 특성은 Kauffman et al. (1986); Honikel (1998); Dahham et al. (2015)의 방법에 따라 측정하였음.
  - 근육의 pH는 spear type pH meter (IQ-150 pH meter with PH77-SS probe, IQ Scientific Instrument, USA)를 사용하여 사후 24시간의 근육의 산도(pH24 h)를 측정하였음.
  - 육색은 사후 24시간에 측정하였으며 Minolta chromameter (CR400, Minolta Camera co., Japan)을 사용하였으며 백색 표준 plate ( $Y = 85.5$ ,  $x = 0.3162$ ,  $y = 0.3219$ )로 보정한 후 측정하였음. 특정된 값은 명도 (lightness)를 나타내는 CIE L\*값, 적색도(redness)를 나타내는 CIE a\*값 및 황색도 (yellowness)를 나타내는 CIE b\*값으로 표시하였음.
  - 보수력의 측정은 Drip loss 및 Cooking loss로 측정하였음. Drip loss는 사후 24시 등심근을 일정한 크기로 절단한 후 외부공기를 차단한 냉장실에 48시간 저장하고, 이후 시료의 처음 무게와 나중 무게를 비교하여 손실된 육즙을 측정하였으며 cooking loss는 시료의 심부온도가 약 71°C가 되도록 80°C의 water bath에서 가열한 후 냉각시키고, 이후 시료에서 유리되는 육즙의 양을 계산하여 가열 전후의 중량 차이를 백분율로 계산하였음.
  - WBS (Warner-Bratzer shear force)를 측정하기 위해 시료를 4°C에서 절단한 후 polyethylene bag에 넣어 80°C의 water bath에 담근 후, 시료의 심부온도가 71°C에 이를 때까지 정치하였음. 이후 육류 시료를 방랭 후 근섬유 방향에 따른 원통형 모양으로 직경1.27 cm의 core sample로 가공하였음. 가공된 core sample은 Instron Universal Testing Machine (Model 1011, Instron Corp., USA), WBS device (cross-head speed 200 mm/min; AMSA, 1995)를 사용하여 WBS를 측정하였음.
- Taste Sensing System을 이용한 등심근 맛 평가
- 도축 이후 가져온 고기는 1 cm의 정육면체로 절단하여 -20°C에서 냉동하여 보관하였음. 보관된 시료는 80 g으로 무게를 측정하여 비커에 담아 120 g deionized water를 첨가하여 wrapping 후 증탕하여 가열하였음. 가열 후 실온의 온도로 식혀준 뒤 filter paper (No. 131 filter paper, Advantec, Japan)로 잔사를 거른 후 맛 측정 시료액으로 사용하였음. 맛 측정 시료액은 Taste Sensing System (TS-5000Z, Insent Inc., Japan)을 이용하여 분석하였으며 센서는 SB2AC0, SB2AN0, SB2AAE, SB2CT0, SB2CA0 및 SB2AE1을 이용하여 bitter cationic substances, umami, saltiness, sourness, anionic substances, astringent substances를 분석하였음. 분석 과정에서 세척은 30% ethanol (w/w)이 첨가된 100 mM hydrochloric acid를 사용하여 음전하를 띤 센서를 세척하였으며 100 mM potassium chloride와 30% ethanol (w/w)이 첨가된 10 mM potassium hydroxide, 0.3 mM tartaric acid와 30 mM potassium chloride를 이용한 distilled water를 standard solution으로 양전하를 띤 센서를 세척하였음.
- 식육의 숙성
- 습식숙성(Wet aging)은 우육을 진공포장하여 저온에서 숙성하는 방법으로 본 실험에서는 육류 시료는 130 g씩 나누어 GOV-3040T (GAONPACK, Korea)를 이용하여 진공포장 하였으며 각각 포장된 시료를 4°C의 냉장 환경에서 14일, 28일 숙성하였음.
- 관능평가

- 관능특성의 평가는 숙성 전 고기시료와 14일 숙성 시료 및 28일 숙성 시료를 대상으로 진행하였음.
- 실험은 20~30대의 남녀를 대상으로 훈련된 패널 10명 이상을 패널로 관능특성을 평가하였으며 훈련은 6달 이상(주 1~2회에 회당 1시간) 진행하였음 (Stock and Board, 1995; Meilgaard, 1999).
- 식육의 가열은 180℃의 오븐을 이용하여 식육의 심부온도가 71℃에 도달하였을 때 꺼냈으며 관능평가 전까지 54℃의 water bath에 보관한 후 1,200 삼과장 조명 아래에서 관능평가를 실시하였음.
- 관능평가에 사용된 방법으로는 8점 척도법으로 평가되었으며 평가대상은 아래와 같음.

Table 82. Definition and score distribution of sensory evaluation parameters

Attributes	Definition	Anchor points	
		1	9
Softness	Tenderness when chewed once	Hard	Soft
Initial tenderness	Tenderness when chewed 3 times	Tough	Tender
Chewiness	Tenderness when chewed 9 times	Very chewy	Very tender
Rate of breakdown	Numbers of chews before swallowing	Very slow	Very fast
Amount of perceptible residue	Amount of residue after swallowing	Abundant	None
Overall tenderness	Overall level of feeling soft	Dislike extremely	Like extremely
Juiciness	Amount of meat juice in mouth after 5 times chewed	Not juicy	Extremely juicy
Flavor intensity	Meat-specific flavor levels after 8 times chewing	Very weak	Very strong
Umami	Umami level throughout the entire chewing process	Very weak	Very strong
Off-flavor intensity	Level of off-flavor (e.g., sour, bloody, livery, etc.)	Very strong	Very weak
Mouth coating	Amount of fat/oil felt in the mouth	None	Very high
Overall acceptability	Level of overall flavor satisfaction	Dislike extremely	Like extremely

\*adapted from Lee et al. (2018) and Huang et al. (2020)

- 1회 저작했을 때의 연도; softness (1 = 매우 질감, 9 = 매우 연함), 3회 저작했을 때의 연도; Initial tenderness (1 = 매우 질감, 9 = 매우 연함), 9회 저작했을 때의 연도; chewiness (1 = 매우 질감, 9 = 매우 연함), 목 넘김 전까지의 저작 횟수; rate of breakdown (1 = 매우 많음, 9 = 매우 적음), 목 넘김 이후의 잔여물 양; Amount of perceptible residue (1 = 매우 많음, 9 = 매우 적음), 전체적인 연도의 정도; overall tenderness (1 = 매우 질감, 9 = 매우 연함), 5회 저작 후 입안 육즙의 양; juiciness (1 =

매우 건조함, 9 = 매우 풍부함), 8회 저작 후 식육 특유의 풍미 정도; Flavor intensity (1 = 매우 약함, 9 = 매우 강함), 이상취의 정도; off-flavor intensity (1 = 매우 강함, 9 = 매우 적음), 감칠맛의 정도; umami (1 = 매우 약함, 9 = 매우 강함), 입안에서 느껴지는 지방/오일의 정도; mouth coating (1 = 매우 적음, 9 = 매우 많음), 전체적인 평가; overall acceptability (1 = 매우 나쁨, 9 = 매우 좋음)

○ 통계분석

- 도체등급, 등심근에 대한 아미노산 분석 및 등심근 이화학적 특성의 결과들은 student-*t* 검정을 통하여 가설검정을 수행하였으며, 모든 통계검정은 유의수준 95%로 수행하였고, SPSS (version 25, IBM, USA) 프로그램을 이용하여 수행하였음.

(3) 결과 및 고찰

- 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제를 급여한 후, 도체의 특성은 Table 83에 나타내었음.
  - 건물 섭취량의 경우 대조구는 7.63 kg, RPAA 처리구는 8.54 kg으로 나타났음 ( $P < 0.05$ ).
  - Matteri (2001); Williams et al. (2002)에 의하면 neuropeptide Y (NPY)와 그 수용체인 NPYRs와 연관이 있는데, 이는 소와 양과 같은 반추동물에서도 에너지 대사, 먹이 행동, 생식 조절에도 영향이 있다고 보고하였음. Karisa et al. (2014)는 NPTR 가운데 식욕 조절과 관련이 있는 NPY5R이 L-glutamic acid와 proinsulin 두 대사체와 관련이 있는 네트 워크 모듈을 만들었고, 이 두가지 대사체는 식욕의 시상하부 억제를 조절하여 식욕 조절과 관련이 있는 것으로 밝혀졌음 (Hermanussen et al., 2006).
  - 냉 도체중은 RPAA 처리구가 444.58 kg으로 대조구의 422.58 kg보다 높았으나 유의적인 차이는 없었으며, 등지방 두께, 등심 단면적 또한 차이가 발생하지 않았음.
  - 육량등급별 출현 두수의 경우 대조구는 A 등급 0두, B 등급 9두, C 등급 3두로 출현하였으며 RPAA 처리구는 A 등급 1두, B 등급 6두, C 등급 5두로 출현하였음.
  - 육질특성을 나타내는 지표 중 marbling score의 경우 RPAA 처리구가 3.08, 대조구는 2.33으로 나타났으나 유의적인 차이는 나타나지 않았으며. 다른 육질특성인 meat color, fat color, texture, maturity 또한 대조구와 RPAA 처리구간 차이는 나타나지 않았지만, 육질등급의 경우 대조구 4.25에 비하여 RPAA 첨가구는 3.58로 유의적인 차이가 발생하였음 ( $P < 0.05$ ). 대조구의 육질등급의 경우, 1등급 3두, 2등급 3두, 3등급 6두가 출현하였으나 RPAA 첨가구에서는 1등급 5두, 2등급 7두로 3등급은 출현하지 않았음.
  - Holstein steer를 대상으로 24개월령 비육후 도체특성을 분석한 결과 carcass weight  $461.1 \pm 47.5$  kg, back fat thickness는  $6.9 \pm 3.6$ , meat yield index  $67.2 \pm 2.0$  및 marbling score는  $4.0 \pm 1.8$ 으로 나타났으나(Kang et al., 2005), 본 실험과의 도체특성 영향의 차이에 가장 큰 요인을 미친 것은 도축 개월령으로 판단됨. 반추동물에서 gluconeogenesis는 매우 중요한 과정인데 사료로 급여되는 carbohydrate는 대부분 휘발성 지방산으로 발효되며 반추동물의 소화관으로부터 흡수되는 포도당은 요구량의 10% 미만임 (Bensadoun et al., 1962; Armstrong, 1965). 따라서 gluconeogenesis로 제공되는 glucose는 반추동물에게 필요한 포도당의 90%까지 제공되어야 하며 이러한 탄수화물의 소화 및 포도당의 흡수는 많은 요인에 의해 영향을 받을 수 있음 (Armstrong and Beaver, 1969; Waldo, 1973). Leng (1970)는 반추동물에 있어 아미노산이 포도당 신생합성에 중요한 역할을 한다고 하



였으며, Egan et al. (1970)의 젓먹이 염소의 portal vein에 labeled glutamate, valine, arginine을 주사한 결과 glutamate의  $^{14}\text{C}$ 가 가장 먼저 나타났으며 많은 양이 발견되었다고 보고하였음. Wolff and Bergman (1972)는 양을 대상으로 한 실험에서 U- $^{14}\text{C}$  labelled Alanine, aspartate, glutamate, glycine 및 serine을 대정맥에 주입 시 Ala가 glucose를 시간당 1.6 mM로 포도당을 생성할 수 있다는 것을 보고하였음.

Table 83. Effect of RPNEAA on carcass characteristics of Holstein steers

Items	Treatments		SEM	P-value
	Control	RPNEAA		
Dry matter intake (kg/d)	7.63	8.54	0.171	0.000
Cold carcass weight (kg)	422.58	444.58	14.983	0.156
Yield traits <sup>1)</sup>				
Back fat thickness (mm)	9.17	9.25	1.522	0.957
<i>Longissimus dorsi</i> area (cm <sup>2</sup> )	74.50	77.00	3.388	0.468
Yield index	60.62	60.45	0.427	0.697
Yield grade	1.67	1.67	0.236	1.000
A:B:C (head)	0:9:3	1:6:5	-	-
Quality traits <sup>2)</sup>				
Marbling score	2.33	3.08	0.637	0.252
Meat color	5.08	5.00	0.149	0.581
Fat color	3.00	3.00	0.000	1.000
Texture	2.92	2.83	0.223	0.713
Maturity	2.00	2.00	0.000	1.000
Meat quality grade	4.25	3.58	0.291	0.034
1:2:3 (head)	3:3:6	5:7:0	-	-

RPNEAA = rumen-protected nonessential amino acids, SEM = standard error of the mean,

<sup>1)</sup>Area was measured from *Longissimus dorsi* muscle taken at 13<sup>th</sup> rib and back fat thickness was also measured at 13<sup>th</sup> rib; yield index were calculated using the following equation: yield index =  $[7.21379 - (1.12857 \times \text{back fat thickness (mm)}) + (0.48798 \times \text{Longissimus dorsi area (cm}^2\text{)}) + (0.52725 \times \text{dress weight (kg)})] \div \text{dress weight} \times 100$ , yield grade (A = 1, B = 2, C = 3)

<sup>2)</sup>Grading range are 1 to 9 for marbling score with higher numbers for better quality (1 = devoid, 9 = the most abundant), meat color (1 = bright, 7 = dark red), fat color (1 = white, 7 = yellowish), texture (1 = soft, 5 = firm), maturity (1 = youthful, 9 = mature), meat quality grade (1<sup>++</sup> = 1, 1<sup>+</sup> = 2, 1 = 3, 2 = 4, 3 = 5)

- 반추동물의 근내 지방조직에서 요구되는 에너지의 50~75%를 glucose가 공급한다고 알려져 있음 (Smith and Crouse, 1984). Beef cattle을 대상으로 한 실험에서 Glu는 TCA cycle에서 가장 많은 유입이 일어났으며, Glu의 carbon skeleton은  $\alpha$ -ketoglutarate의 carbon skeleton의 4~63%를 차지하였음 (El-Kadi et al., 2009). 해당 실험에서 반추위 비

필수 아미노산의 첨가제를 급여한 기간이 짧으므로 Glu 및 Ala가 gluconeogenesis 및 glucose의 증가는 명확하게 설명이 불가능하지만, 장기급여 시 반추동물의 도체성적과 고기의 이화학적 특성에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

- 육우의 등심근 이화학적 특성을 분석한 결과 (Table 84), 24시간 pH, 숙성하지 않은 등심근의 WBS, 숙성 14일 및 28일의 WBS 및 고기의 육색에서도 대조구 및 RPNEAA 처리구에서 차이가 발생하지 않았음.

Table 84. Effect of rumen-protected nonessential amino acids (RPNEAA) on meat quality characteristics in *Longissimus dorsi* of Holstein steers

Items	Treatment		S.E.M. <sup>2</sup>	P-value
	Control	RPNEAA <sup>1</sup>		
Muscle pH 24h	5.58	5.62	0.035	0.338
WBS (N) <sup>3</sup>	80.16	77.51	4.770	0.555
WBS 14 days (N)	57.57	50.99	5.625	0.227
WBS 28 days (N)	52.42	54.95	3.931	0.528
Meat color				
Lightness ( <i>L</i> <sup>*</sup> )	33.07	33.36	0.886	0.745
Redness ( <i>a</i> <sup>*</sup> )	18.52	17.48	0.866	0.245
Yellowness ( <i>b</i> <sup>*</sup> )	8.62	7.96	0.517	0.212
Water holding capacity				
Drip loss (%)	0.68	0.70	0.141	0.903
Cooking loss (%)	21.27	19.59	1.217	0.182

<sup>1</sup>RPNEAA: rumen-protected non-essential amino acids

<sup>2</sup>S.E.M.: standard error of the mean

<sup>3</sup>WBS: Warner-Bratzler shear force, WBS 14 days: Warner-Bratzler shear force on meat aged for 14 days, WBS 28 days: Warner-Bratzler shear force on meat aged for 28 days

- 도축 후 24시간 후 육류의 pH가 6.0 이상으로 측정되는 것은 고기의 질에 문제가 있다는 것을 의미함 (Corstiaensen et al., 1981). 사후 glycolysis는 근내 pH를 감소시켜 더 밝고 습한 상태로 만들며(Swatland, 1989), 도축 전 상태, 도축 방법 및 oxygenation 및 숙성과정의 oxidation processes 등이 myoglobin에 직접 작용하거나 간접적으로 근내 pH에 영향을 끼침 (Renerre and Labas, 1987; Honikel, 1997). 또한, Glycogen의 농도 증가는 정상 pH (5.5~5.75)에서 쇠고기의 Juiciness를 증가 (Immonen et al., 2000).
- 본 실험에서 대조구의 pH는 5.58, RPNEAA 처리구는 5.62로서 적절한 수치로 판단됨. Scheffler et al. (2003)에 의하면 Holstein steer의 Longissimus muscle color를 측정된 결과 *L*<sup>\*</sup>,*a*<sup>\*</sup>,*b*<sup>\*</sup>의 값은 각각 36.8, 24.4, 12.3으로 보고하였으며 명도 및 적색도, 황색도 모두 본 연구보다 높게 나타났으며 이러한 차이의 경우 도축시점의 개월령의 차이가 고기의

명도에 영향을 미친다고 보고하였음 (Moon et al., 2006).

- 보수력을 측정하는 항목인 cooking loss에서는 대조구가 21.27%, RPNEAA 처리구는 19.59%로 나타났으나 유의적인 차이는 나타나지 않았음. 국내의 Holstein steer의 등심근을 이용하여 이화학적 특성을 비교한 결과, cooking loss에서 32.1~33.1%로 확인되었음 (Kang et al., 2005).
- 한편 Holstein 유래 소고기의 숙성 이후 cooking loss 및 shear force를 측정한 결과 cooking loss는 숙성 1일차에 28.54%, 14일 숙성 시 23.70%로 유의적으로 감소하였으나 28일 차에는 다시 28.81%로 증가하였으며, shear force는 1일차에는 10.61 kg/cm<sup>2</sup>이었으나 14일차 및 28일차에는 각각 5.87, 5.57 kg/cm<sup>2</sup>로 나타났으며 (Franco et al., 2009), 이러한 결과는 본 연구의 숙성결과와 유사하게 나타났음.

○ 숙성하지 않은 등심근의 관능평가 결과는 Table 85에 나타내었음.

Table 85. Effect of rumen protected nonessential amino acids on sensory quality characteristics of Holstein steers fresh *Longissimus dorsi*

Items	Treatments		S.E.M. <sup>2</sup>	P-value
	Control	RPNEAA <sup>1</sup>		
Softness	4.66	5.99	0.470	0.059
Initial tenderness	4.42	5.54	0.511	0.039
Chewiness	4.08	5.19	0.544	0.054
Rate of breakdown	4.28	5.30	0.530	0.068
Amounts of perceptible residue	4.60	5.22	0.454	0.187
Overall tenderness	4.28	5.42	0.549	0.049
Juiciness	4.61	5.33	0.370	0.063
Flavor intensity	5.80	6.28	0.170	0.009
Umami	5.19	6.65	0.169	0.000
Off-flavor intensity	6.83	6.95	0.173	0.512
Mouth coating	4.16	5.14	0.410	0.026
Overall acceptability	4.47	5.61	0.498	0.032

<sup>1</sup>RPNEAA: rumen-protected non-essential amino acids

<sup>2</sup>S.E.M.: standard error of the mean

- 대조구에 비해 RPNEAA 처리구의 경우 Softness 및 Chewiness는 각각 5.99, 5.19로 높은 점수를 받았으나 유의적인 차이는 없었으며 Initial tenderness의 경우 RPNEAA 처리구가 5.54로 유의적인 차이를 나타내었음 (P<0.05).
- 또한, Overall tenderness의 경우 대조구는 4.28을 받았지만 RPNEAA 처리구는 5.42를 받아 유의적인 차이를 보였고(P<0.05), 식육의 풍미를 나타낸 Flavor intensity, 감칠맛의 정도를 나타낸 Umami 또한 RPNEAA 처리구에서 유의적으로 높게 나타났음 (P<0.05).
- 입안에서 느껴지는 지방/오일의 정도를 나타낸 Mouth coating의 경우 RPNEAA 처리구에서 5.14를 기록하여 대조구의 4.16에 비하여 유의적으로 높게 나타났지만, 이는

RPNEAA 처리구가 더 높은 육질등급이 많이 출현하여 발생한 사유로 판단됨.

- 전체적인 평가면에서도 RPNEAA 처리구가 5.61로 대조구의 4.47에 비하여 유의적으로 높게 나왔으며( $P < 0.05$ ), 이러한 결과로 연도, 향미, 다즙성과 같은 고기 맛에 영향을 주는 다수의 요인에서 RPNEAA 처리구 고기의 기호도가 우수한 것으로 나타남.
- 14일 숙성한 육우 등심근의 관능평가를 진행한 결과는 Table 86에 나타내었음.
  - Softness, Initial tenderness, Chewiness, Rate of breakdown, Amount of perceptible residue 및 Overall tenderness의 점수는 모두 RPNEAA 처리구가 수치적으로 높았으나 유의적인 차이는 없었음.
  - 특히 숙성하지 않은 등심근에 비하여 전체적인 연도 점수가 향상된 것으로 확인되었음. 또한 향미를 나타내는 Flavor intensity, 다즙성을 나타내는 Juiciness 및 Mouth coating 모두 RPNEAA 처리구가 높은 점수를 보였지만 대조구와 차이는 발생하지 않았음.
  - Monsón et al. (2005)는 breed와 ageing time에 따라 Tenderness, Flavor acceptability, Overall acceptability 유의성 있게 차이가 발견되었다고 보고하였음.
  - 감칠맛을 나타내는 지표인 Umami에서는 대조구 5.49에 비하여 RPNEAA 처리구에서 5.88을 기록하여 유의적인 차이가 발생하였음 ( $P < 0.05$ ).

Table 86. Effect of rumen protected nonessential amino acids on sensory quality characteristics of Holstein steers *Longissimus dorsi* aged for 14 days

Items	Treatments		S.E.M. <sup>2</sup>	P-value
	Control	RPNEAA <sup>1</sup>		
Softness	6.44	6.72	0.373	0.474
Initial tenderness	6.31	6.70	0.387	0.325
Chewiness	6.12	6.64	0.425	0.242
Rate of breakdown	6.18	6.41	0.376	0.485
Amounts of perceptible residue	5.88	6.38	0.321	0.136
Overall tenderness	6.19	6.62	0.382	0.277
Juiciness	5.49	5.72	0.272	0.411
Flavor intensity	6.60	6.64	0.170	0.831
Umami	5.49	5.88	0.164	0.029
Off-flavor intensity	6.86	7.01	0.246	0.560
Mouth coating	4.94	5.25	0.276	0.278
Overall acceptability	5.86	6.42	0.323	0.099

<sup>1</sup>RPNEAA: rumen-protected non-essential amino acids

<sup>2</sup>S.E.M.: standard error of the means

- 28일 숙성한 육우 등심근의 관능평가 결과는 연도를 나타낸 Softness, Initial tenderness, Chewiness, Rate of breakdown, Amount of perceptible residue, Overall tenderness에서 모두 RPNEAA 처리구가 대조구보다 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었으며 향미 및 다즙성을 나타내는 Juiciness, Mouth coating 등도 비슷한 경향을 보였음(Table 87).

- 감칠맛을 나타내는 지표인 Umami 또한 RPNEAA 처리구가 5.86로 더 높게 나타났지만, 숙성 0일, 14일과는 다르게 유의적인 차이는 없었음. Tenderness와 관련된 특성, 즉 Softness, Initial tenderness, Chewiness, Rate of breakdown, Amount of perceptible residue 및 Overall tenderness의 경우 관능평가 시 마블링 점수와 관련성이 높은 쇠고기의 육질등급과 높은 상관관계가 있음 (Cho et al., 2010; Corbin et al., 2015). 이는 RPNEAA 처리구의 육우에서 높은 등급판정의 결과와 Tenderness 점수와 유사함. Holstein fresian breed의 경우 7~14일간의 숙성기간을 거치면 육류의 최적 질감을 얻을 수 있다고 하였음 (Franco et al., 2009).

Table 87. Effect of rumen protected nonessential amino acids on sensory quality characteristics of Holstein steers *Longissimus dorsi* aged for 28 days

Items	Treatments		S.E.M. <sup>2</sup>	P-value
	Control	RPNEAA <sup>1</sup>		
Softness	6.66	6.94	0.418	0.510
Initial tenderness	6.42	6.89	0.456	0.313
Chewiness	6.11	6.64	0.468	0.274
Rate of breakdown	6.18	6.57	0.368	0.298
Amounts of perceptible residue	6.03	6.18	0.294	0.603
Overall tenderness	6.26	6.70	0.465	0.358
Juiciness	5.43	5.71	0.293	0.351
Flavor intensity	6.53	6.62	0.182	0.609
Umami	5.59	5.86	0.225	0.239
Off-flavor intensity	6.67	6.71	0.150	0.793
Mouth coating	5.12	5.22	0.303	0.742
Overall acceptability	6.02	6.31	0.405	0.479

<sup>1</sup>RPNEAA: rumen-protected non-essential amino acid

<sup>2</sup>S.E.M.: standard error of the mean

- Taste sensing system으로 고기의 맛을 분석한 결과는 Table 88에 나타내었음.
  - 신맛을 나타내는 Sourness의 경우 대조구가 -31.21, RPNEAA 처리구에서 -31.61로 나타났고 쓴맛을 나타내는 Bitterness에서는 대조구에 비해 RPNEAA 처리구에서 9.12로 크게 나타났으나 모두 유의적인 차이가 없었음. 또한, 감칠맛을 나타내는 Umami는 대조구 11.72, RPNEAA 처리구는 11.75로 나타났으며 감칠맛의 후미, 즉 풍부함을 나타내는 Richness는 대조구 6.90으로 RPNEAA 처리구 5.77에 비해 높게 나타났지만, 유의차는 발생하지 않았음.
  - Zhang et al. (2015)의 연구에서는 Taste sensing system으로 분석한 결과 지방의 함량이 증가할수록 Sourness는 증가하였고 Umami 및 Saltiness는 감소하는 음의 상관관계를 확인하였으며 단백질이 많아질수록 Umami는 증가하였다고 보고하였음). 또한 핵산관련물질인 IMP의 함량은 taste sensing system에서 Umami 및 Richness를 증가시킨다고 보고

하였음(Hwang et al., 2018). Kim et al. (2017)에 의하면 wet aging 방법을 사용했을 시 glutamate의 함량은 약 6배 증가하였으며, 이러한 방법은 glutamate의 함량에 유의적인 영향을 미치는 것으로 확인되었음.

- 본 연구에서는 Tasting sensing system을 사용하여 분석한 고기의 경우 도축 직후 즉시 냉동한 고기를 사용하였음. 따라서 감칠맛에 영향을 주는 핵산관련 물질의 함량에 관한 추가 분석과 숙성 과정에서 맛의 변화를 관찰하는 것도 분석해야 할 것으로 판단됨.

Table 88. Taste sensor outputs (mV) of Holstein steers *Longissimus dorsi*

Items	Treatments		S.E.M. <sup>2</sup>	P-value
	Control	RPNEAA <sup>1</sup>		
Sourness	-31.21	-31.61	0.241	0.110
Bitterness	7.70	9.12	1.108	0.214
Astringency	-0.42	-0.45	0.025	0.265
Umami	11.72	11.75	0.157	0.896
Richness	6.90	5.77	0.646	0.097
Saltiness	-7.50	-7.60	0.161	0.562

<sup>1</sup>RPNEAA: rumen-protected non-essential amino acids

<sup>2</sup>S.E.M.: standard error of the mean

- 고기의 유리 아미노산의 함량은 Table 89에 나타내었음.
  - Free amino acid의 경우 맛에 긍정적인 영향을 미치는 물질인 Ala, Glu, Pro, Asn은 유의적인 차이가 없었으나, Asp 및 Gly는 각각 대조구에서 2.65, 20.49 mg/100 g로 RPNEAA 급여구보다 유의적으로 높게 나타났음 (P<0.05).
  - 또한 Arg, His, Orn, Phe, Trp, Tyr도 대조구에서 RPNEAA 처리구보다 높게 측정되었음 (P<0.05).
  - 구성아미노산의 경우 Glu, Ala에서 유의적인 차이는 없었으나 모두 대조구에서 더 높게 측정되었으며 유리아미노산에서 유의차를 보였던 Asp, Gly, Arg 등의 아미노산들도 유의차가 발생하지 않았음 (Table 90).
  - 다만 Tyr의 경우 대조구에서 2201.3 mg/100 g으로 RPNEAA 처리구보다 유의적으로 높게 나타났음(P<0.05).
  - Piao et al. (2015)에 따르면 한우의 등급이 높아질수록 단백질의 함량은 감소하며 지방의 함량은 증가하였음(P<0.05).
  - 한국과 비슷한 미국의 등급판정결과에 따른 고기의 일반성분을 분석한 결과 가장 높은 marbling level 8에서는 ether extract는 35.41%, 가장 낮은 marbling level 1에서는 6.92%로 나타났으며, marbling level이 높아질수록 수분과 단백질 함량이 낮아지는 결과를 보고하였음 (McBee Jr and Wiles, 1967).
  - Oh et al. (2016)는 고기의 육질등급이 총 아미노산의 함량에 영향을 미친다고 하였음. 이러한 결과로 구성 아미노산의 경우 RPNEAA 처리구에서 더 낮게 측정된 까닭은 등급에 따른 지방함량의 차이에 기인한 것으로 판단됨.

- 본 실험에서는 숙성 이후의 고기 아미노산의 분석은 하지 못하였지만 Nishimura et al. (1988)의 조사에 따르면 Holstein cattle에서 4~12일동안 숙성하면 free amino acid의 함량이 증가한다고 하였음.
- 한편 Holstein의 경우 14일의 숙성과정 이후 Tenderness 및 free amino acid는 증가하였으나 전반적인 맛은 증가하지 않았음 (Shimada et al., 1992). Sasaki et al. (2017)의 보고에서는 Free glutamate, Total free amino acid, Inosine monophosphate를 6종의 쇠고기에서 비교한 결과 종간의 차이가 유의성 있게 나타났음.
- 한우를 대상으로 한 연구에서 TMR사료와 농후사료를 함께 급여한 처리구에서 근내 아미노산이 단일 TMR 급여구보다 유의성 있게 높았으나 관능평가 시 Flavor, Tenderness, Juiciness의 결과 모두 TMR 급여구가 지표상 높게 나타났고 그러나 유의적인 차이는 발생하지 않았음 (Cho et al., 2019).
- 본 실험에서는 숙성이 전혀 이루어지지 않은 육우 등심근을 냉동 보관하여 아미노산을 분석하였으므로 소비자가 실제 고기를 소비하는 시간대의 유리 아미노산 함량에 미치지 못하는 상태를 고려하여 판단이 필요함. 추가적으로 RPNEAA 처리구 및 대조구의 등심근의 숙성 이후 유리 아미노산 함량 및 구성 아미노산의 분석이 차후 제시되어야 함.

Table 89. Effect of rumen-protected nonessential amino acid (RPNEAA) on free amino acid contents (mg/100 g) of *Longissimus dorsi* of Holstein steers

Items	Treatments		S.E.M. <sup>2</sup>	P-value
	Control	RPNEAA <sup>1</sup>		
Alanine	13.48	10.11	1.438	0.028
Arginine	5.93	4.96	0.581	0.112
Aspartic acid	61.14	49.08	6.345	0.07
Glutamic acid	2.65	1.24	0.63	0.036
Glycine	2.49	1.97	0.37	0.171
Histidine	5.54	5.17	0.614	0.549
Isoleucine	161.43	147.78	24.558	0.584
Leucine	20.49	14.82	1.956	0.008
Lysine	7.29	4.95	0.889	0.015
Methionine	7.95	6.67	0.876	0.157
Ornithine	14.23	11.84	1.571	0.143
Phenylalanine	12.1	10.01	1.352	0.137
Proline	4.58	3.02	0.696	0.036
Serine	5.76	4.36	0.694	0.056
Taurine	7.72	5.95	0.849	0.049
Threonine	7.9	6.8	0.898	0.23
Tyrosine	11.26	8.73	1.356	0.076
Valine	41.62	34.75	6.271	0.285

<sup>1</sup>RPNEAA: rumen-protected non-essential amino acids

<sup>2</sup>S.E.M.: standard error of the mean

Table 90. Effect of rumen-protected nonessential amino acid (RPNEAA) on total amino acid contents (mg/100 g) of *Longissimus dorsi* of Holstein steers

Items	Treatments		S.E.M. <sup>2</sup>	P-value
	Control	RPNEAA <sup>1</sup>		
Alanine	3688.9	3296.8	224.76	0.095
Arginine	4136.8	3720	255.07	0.116
Aspartic acid	5613.2	5065.9	365.96	0.149
Glutamic acid	10701.1	9609.7	662.13	0.113
Glycine	2776.3	2485.9	220.86	0.202
Histidine	2372.3	2109.7	178.6	0.156
Isoleucine	3055.1	2748.8	181.42	0.105
Leucine	5098.8	4567.6	301.33	0.092
Lysine	4819.3	4299	388.33	0.194
Methionine	1670.1	1435.2	104.57	0.035
Ornitnine	242	185.2	60.6	0.359
Phenylalanine	2585.3	2316.7	154.05	0.095
Proline	1657.5	1394.1	278.43	0.354
Serine	2465.9	2207.1	148.63	0.096
Taurine	44.7	37	6.04	0.219
Threonine	2920.5	2665.2	170.49	0.148
Tyrosine	2201.3	1930.2	128.57	0.047
Valine	3116.2	2815.2	184.17	0.116

<sup>1</sup>RPNEAA: rumen protected non-essential amino acids.

<sup>2</sup>S.E.M.: standard error of the means.

- 결론적으로 본 연구의 결과에 의하면 반추동물의 체 내에서 합성이 가능한 비필수 아미노산을, 반추위 내에서 분해되지 않도록 보호하여 급여 시, 육우에 추가로 질소를 급여하여 생산성의 향상을 기대할 수 있으며 또한 감칠맛을 증가시켜 지방함량의 증가와 무관하게 고기의 풍미 증진에 이바지할 수 있을 것으로 판단됨.
- 본 연구는 비육우를 이용하여 실험한 결과이므로 한우와 비교하여 육질 등의 차이가 있을 것으로 판단되므로 한우를 이용한 실험이 추가로 진행되어야 할 것으로 판단됨. 한우를 이용한 추가적인 연구에서 감칠맛 유발 사료첨가제의 효과가 증명된다면 마블링에 의한 맛 이외에 한우의 풍미를 증진할 기회가 되며, 적색육, 고지방 함량 등 소비자들의 부정적인 인식을 개선하는 기회가 되고 따라서 국내 한우 산업뿐만 아니라 수출 증대에 기여할 수 있을 것으로 판단됨.



## 2-5. 연구개발성과

### 2-5-1. 논문게재

게제 연도	논문명	저자명	학술지명	권/호	국내외	SCI여부
2019	Effects of short-term fasting on in vivo rumen microbiota and in vitro rumen fermentation characteristics	Jong Nam Kim, Jaeyong Song, Eun Joong Kim, Jongsoo Chang, Chang-Hyun Kim, Seongwon Seo, Moon Maek Chang, Gui-Seck Bae	Asian-Australian Journal of Animal Sciences	32/6	국내	SCIE
2020	Effects of supplementing limiting amino acids on milk production in dairy cows consuming a corn grain and soybean meal-based diet	Joong Kook Park, Joon-Mo Yeo, Gui-Seck Bae, Eun Joong Kim, Chang-Hyun Kim	Journal of Animal Science and Technology	62/4	국내	SCIE
2021 (개재 예정)	한우 급여 단백질 사료원의 반추위 내 미생물 발효에 따른 우회 단백질 과 반추위 미생물 아미노산 조성에 미치는 영향	배귀석, 나혜리, 김창현, 김은중, 장문백	Journal of Agriculture & Life science	2021년 4월 개재 예정	국내	비SCI

### 2-5-2. 지식재산권(특허)

출원 연도	특허명	출원인	출원국	출원번호
2020	육량 및 풍미 강화용 한우 비육말기 사료 조성물	한경대학교 산학협력단	대한민국	10-2020-0175990
2020	비필수 아미노산을 유효성분으로 포함하는 반추동물 육질 개선용 사료첨가제 조성물	경북대학교 산학협력단	대한민국	10-2021-0010212

2-5-3. 기술이전

연도	기술실시계약명	기술실시내용	유무 상여 부	실시기술 유형	기술실시 대상기관 명
2020	비육말기 거세한우 육량 및 풍미 강화용 사료 제조방법	일반시중에 유통되고 있는 사료가 비육말기에 미분해 사료단백질과 반추위미생물단백질의 아미노산 공급량을 고려하지 않고 공급되기에 원료사료의 공급을 통해 제1 제한 아미노산인 라이신을 공급하고, 풍미를 증진시키는 혈중 그루타민산을 공급하는 기술을 제공	무	노하우	농업법인 주식회사 대산
2020	반추위보호 비필수 아미노산의 첨가 방법에 따른 생산성 향상 기술	고기의 풍미와 관련된 아미노산 중 glutamate, glycine을 혼합, 보호하여 반추위에서 분해되지 않고 소장으로 유입되어 흡수될 수 있도록 고안하였으며 한육우에 급여함으로써 고기 풍미를 개선하는 기술	무	노하우	농업회사 법인 주식회사 디에프아 이
2020	반추위보호 비필수 아미노산의 첨가 방법에 따른 생산성 향상 기술	고기의 풍미와 관련된 아미노산 중 glutamate, glycine을 혼합, 보호하여 반추위에서 분해되지 않고 소장으로 유입되어 흡수될 수 있도록 고안하였으며 한육우에 급여함으로써 고기 풍미를 개선하는 기술	무	노하우	농업회사 법인 주식회사 가온

2-5-4. 학술대회발표

발표 연도	발표제목	발표자	학술회의명	권/호/페 이지	국내외
2019	한우육의 등급별 및 부위별 아미노산 조성에 대한 연구	유정숙	한국축산학회 학술발표회	2권/ 128페이지	국내
2019	가축분뇨 혐기소화조의 고농도 암모니아 순응 미생물 군집 특성	이만희	한국축산학회 학술발표회	2권/ 169페이지	국내
2019	한우의 산중독증(SARA) 예방을 위한 Pseudoramibacter boviskoreani K12의 효과	유성진	한국축산학회 학술발표회	2권/ 157페이지	국내
2019	Effect of supplementation of rumen-protected unsaturated fatty acids on rumen fermentation in vitro	박진현	The 12 <sup>th</sup> China-Japan-Korea a Joint Symposium on Rumen Metabolism and Physiology	1권/35페 이지	국외(중 국, 난징)

2020	한우육 등급별 아미노산 조성 및 사료에 따른 반추위 미생물체 아미노산과의 비교 연구	김상윤	한국축산학회 학술발표회	2권/ 129 페이지	국내
2020	한우 급여 단백질 사료원의 통과단백질 특성에 대한 연구	나혜리	한국축산학회 학술발표회	2권/ 127페이지	국내
2020	한우의 단백질 공급 체계를 위한 단백질 사료원의 반추위 내 미생물 발효 특성 분석	나혜리	한국축산학회 학술발표회	2권/ 41페이지	국내

2-5-5. 연구인력활용

전문 인력 양성														
번호	분류	기준 년도	현 황											
			학위별				성별		지역별					
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타	
1	한경대학교	2020			○		○		○					
2	한경대학교	2020			○		○		○					
3	중앙대학교	2020		○			○					○		
4	경북대학교	2019	○					○			○			
5	경북대학교	2020			○			○			○			

2-5-6. 제품화

연도	제품출시 유형	제품명	제품용도
2020	시제품	가칭: 알피남(RPNAAM) 영문: Rumen-Protected Nonessential Amino Acid Mixture	사료첨가제로서, 반추위 내에서 분해되지 않고 소장으로 이전되어 한우/육우가 섭취 후, 고기의 풍미(특히, 감칠맛)를 증진하는 용도로 사용하는 '반추위보호 비필수 아미노산 복합제'

2-5-7. 교육 및 컨설팅

번호	교육 내용	국명	소속기관	교육 일자	참석대상
1	고급축산물과 기능성 축산물	대한민국	경북대학교	2019.10.18.	축산전문경영자
2	한우 근내 풍미 증진을 위한 유용 아미노산 조성 반추가축 사료 및 첨가제 개발	대한민국	중앙대학교	2018.11.09.	한우연구회
3	도축검사원 정기교육	대한민국	중앙대학교	2020.07.06.	농협 도축검사원
4	도축검사원 정기교육	대한민국	중앙대학교	2020.07.22.	농협 도축검사원
	도축검사원 정기교육	대한민국	중앙대학교	2020.08.04.	농협 도축검사원

### 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 3-1. 목표

##### 3-1-1. 최종목표

- 한우 쇠고기에 대한 소비자 기호도가 다변화됨에 따라 쇠고기의 단백질 함량 및 아미노산 조성 등 풍미를 증진할 수 있는 사료 배합 설계 및 첨가제를 개발하여 향후 한우 소비 촉진에 기여

##### 3-1-2. 세부목표

- 비육말기 거세한우 근육단백질 함량 증진을 위한 균형 아미노산 공급 체계 규명 및 균형대사단백질(MP) 공급 사료개발
- 한우 근내 풍미 증진 유리 아미노산 극대화 기술 개발
- 한우 근내 풍미 증진 아미노산 극대화를 위한 보호 아미노산 개발

#### 3-2. 목표 달성여부

##### 3-2-1. 최종 성과목표 달성여부

성과목표	평가방법	달성도 (%)
한우의 근육내 단백질 극대화를 위한 균형아미노산 공급용 사료 배합비 개발	○ 한우육의 근육 단백질 아미노산 조성 규명, 주요 단백질 사료원료에 대한 RUP, 이들 사료로부터의 반추위 내 미생물체 아미노산의 조성을 규명하여 MP 공급량을 결정하여 사료배합비 개발	100
현장에서 이용중인 반추가축 사료원 중 단백질 사료원들에 대한 <i>in situ</i> 시험을 통한 통과단백질 (by-pass protien, RUP)함량 측정 및 데이터베이스 구축	○ 농가현장에서 사용되고 있는 한우 비육말기 단백질 사료원에 대한 단백질 및 아미노산 함량에 대한 데이터 확보 ○ 반추가축 급여 단백질 사료원의 <i>in situ</i> 실험을 통한 단백질 및 아미노산의 by-pass율의 기초 데이터 확보	100
한우 근육 내 유리아미노산 (glutamate, alanine)함량 극대화를 위한 보호아미노산 선별 및 효능 검증	○ 아미노산 중심 문헌조사 및 상업용 제품 탐색 • 국내외 데이터베이스 검색 (Web of Science, google patent, ScienceDirect, 국내 연구재단 등재지 등)을 통해 문헌조사 및 상업용 제품 탐색	100

<p>한우 근내 풍미 증진에 영향을 미치는 아미노산(glutamate, alanine) 강화 반추가축 사료 및 첨가제 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원료사료로부터 공급되는 MP공급량에 기초하여 부족한 제한아미노산 (lysine)과 풍미증진관련 아미노산 (glutamate)이 공급될 수 있는 사료배합비 개발</li> <li>○ Lignosulfonate, 주정박, 경화 팜유 등을 이용하여 펠릿의 형태로 제조 후 보호 아미노산 첨가제 완성</li> </ul>	<p>100</p>
<p>개발 사료 및 첨가제의 반추위 내 통과단백질(by-pass protien, RUP)함량 측정 시험 및 한우를 이용한 사양시험을 통한 효능 검증</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원료사료들에 대한 <i>in situ</i> 실험을 통해 by-pass rate을 규명한 후 개발 사료에 대한 RUP 공급량, 아미노산 공급량을 산정하여 MP공급량 결정에 적용함</li> <li>○ 반추위 pH와 동일한 phosphate buffer 용액을 이용하여 1차로 보호아미노산의 보호율을 평가한 후 (<i>in vitro</i>), 캐놀라가 장착된 한우 암소를 이용하여 반추위 내 아미노산 보호율을 평가(<i>in situ</i>)</li> </ul>	<p>100</p>
<p>개발사료 및 첨가제 급여 한우의 혈액 및 근육 내 유리아미노산 측정, 맛인식장치를 활용한(감칠맛을 포함한 5종 맛분석) 및 관능검사 측정</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비육말기 거세한우에 개발사료를 급여하여 혈액 내 풍미증진 아미노산의 증가를 확인</li> <li>○ 한우 번식우에서 반추위 보호 비필수 아미노산을 급여한 후 경정맥에서 채취한 혈액을 분리하여 혈장 내 유리 아미노산 분석</li> <li>○ 한우와 육우의 비육말기두에서 개발 사료와 반추위 보호 비필수 아미노산을 급여한 후 도체 특성, 관능평가, 등심근의 아미노산 조성, 맛 분석 기기를 통한 관능적 맛 특성 평가</li> </ul>	<p>100</p>
<p>한우 근내 유리아미노산 축적에 최적화된 사료 및 첨가제의 기술이전을 통한 산업화 실시</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 육량 및 풍미강화 사료제조법, 반추위보호 비필수 아미노산의 첨가방법에 대한 기술이전 실시</li> </ul>	<p>100</p>

3-2-2. 연차별 성과목표 달성여부

구분 (연도)	연차별 목표	평가방법	개발내용 및 범위	달성도 (%)
1차 년도 2019)	<주관 연 구기관 : 한경대학 >근육 단백질 합성량을 증가할 수 있는 균형아미 노산공급 을 위한 대사단백 질(MP) 공급체계 분석 및 최적 균 형아미노 산공급용 사료배합 비유형 선정	MP시스템 적용을 위한 육우 근육단 백질의 아미노산 조성에 대한 국내· 외 자료분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 근육단백질 합성을 위한 MP요구량 산정을 위한 육우 근육단백질의 구성 아미노산 조성 관 련 논문조사 및 통계분석</li> <li>● 한우 및 앵거스의 근육단백질의 아미노산 조성을 조사함</li> <li>● 품종간 아미노산의 조성에 큰차이는 없음</li> <li>● 풍미와 관련된 arginine과 glutamine이 차이가 있 음</li> </ul>	100
		한우 등급별 및 부위별 근육조직 단백질 아미노산 및 유리아미노산 조성 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 근육단백질 합성을 위한 MP요구량 산정을 위한 국내 시판되는 한우육의 단백질 내 구성 아 미노산 조성의 등급 (육량 및 육질 등급별)과 부 위 (등심 등)에 따른 차이분석 및 비교</li> <li>● 한우 등심, 갈비 및 양지부위의 등급별 아미노산 조성 및 일반성분 분석</li> </ul>	100
		사료원료별 MP시 스템 적용을 위한 최대 반추위미생 물단백질 합성량 및 미분해사료단 백질내 아미노산 조성에 대한 국내· 외 자료분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 반추위 미생물 단백질합성량 추정방법자료 검토</li> <li>● NRC, CNCPS, 한우사양표준의 자료를 검토하여 미생물단백질 추정방법 제시</li> </ul>	100
		근육단백질합성을 위한 MP시스템을 적용한 아미노산 요구량산정 및 이 에 따른 사료원료 별 제한아미노산 추정	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 소장에서 흡수되는 반추위미생물체 단백질과 RUP내 아미노산을 통한 MP공급량 산출</li> <li>● 대사단백질의 공급량 및 요구량 산출방법의 제 시</li> <li>● MP공급량은 근육내 아미노산의 조성 분석의 완 료후 최종 결정함</li> </ul>	100

<p>&lt;협동연구기관 : 중앙대학교&gt;NRC 사양표준에서 제시한 대표적 단백질 원사료원료 중 사료 업계에서 주로 이용되고 있는 사료 원료 15종에 대하여 <i>in situ</i> 실험을 통한 단백질 및 아미노산 by-pass율 측정</p>	<p>NRC 사양표준 제시 조단백질 중 평균 50% 이상의 시험 사료의 아미노산 by-pass율 측정</p>	<p>○ NRC 사양표준의 각 단백질 사료 원료별 및 가공 방법에 따른 단백질 분획의 함량 분석표에서 비분해성단백질 (UIP; RUP)의 함량이 조단백질 중 평균 50% 이상의 시험 사료원의 반추위 내 미생물을 이용한 <i>in vitro</i> 실험을 통해 단백질 및 아미노산의 by-pass율 측정 완료함</p>	<p>100</p>
<p>2차년도 (2019)</p> <p>&lt;주관 연구기관 : 환경대학교&gt; 한우 근육 단백질 함량 극대화를 위한 균형형 아미노산 공급용 사료 개발</p>	<p>한우 등급별 및 부위별 근육조직 단백질 아미노산 및 유리아미노산 조성 분석(1차년도 계속)</p>	<p>○ 한우 근육단백질 합성을 위한 MP요구량 산정을 위한 국내 시판되는 한우육의 단백질 내 구성 아미노산 조성의 등급 (육량 및 육질 등급별)과 부위 (등심 등)에 따른 차이분석 및 비교</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 한우 1, 1<sup>+</sup>, 1<sup>++</sup> 등급의 등심, 안심, 갈비 및 양지육 총 24개의 시료에 대한 일반성분 및 아미노산 분석</li> <li>● 한우 1, 1<sup>+</sup> 및 1<sup>++</sup>의 등급별 등심육 단백질의 아미노산 조성은 등급 간에 약간의 차이가 있음</li> <li>● 조사된 17종의 근육단백질 내 아미노산 중 Glu의 함량이 가장 높은 것으로 조사 되었으며, Cys과 Met의 함량이 다른 아미노산과 비교하여 함량이 낮았음</li> </ul>	<p>100</p>

		<p>원료사료별 아미노산 조성분석(1차년도 계속)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 단백질 원료사료의 아미노산 조성 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 한우비육용으로 주로 이용되는 옥수수, 단백질, 대두박, DDGS, 팜박, 채종박, 루핀원두, 미강, 주정박 및 타피오카 등 15종류의 원료사료들에 대한 아미노산 조성을 조단백질 및 총아미노산 기준으로 분석함</li> <li>● 원료사료의 조단백질 대비 개별 아미노산의 조성과 한우 등심육 아미노산 조성을 비교한 결과, 식물성 사료와 동물성 단백질의 아미노산 조성은 뚜렷한 차이를 나타냄. 특히, Asp, Thr, Gly, Val, Ile, Leu, Lys 및 His은 동물성 단백질에서 뚜렷하게 높았음</li> <li>● 원료사료의 총아미노산 기준 개별 아미노산의 조성과 한우 등심육 아미노산 조성을 비교하였음.</li> <li>● 조단백질 함량기준과 비교하여 총아미노산 기준의 조성도 식물성 사료원료와 동물성 단백질의 아미노산 조성은 뚜렷한 차이를 나타냄. 특히, Asp는 대두박을 제외하고 함량이 등심에서 높았으며, Glu은 함량이 등심이 낮았음. 하지만, Ile, Lys 및 His는 등심육에서 함량이 높았으며, Lys은 주정박을 제외하고 비교된 사료들에 비하여 등심육의 Lys이 낮게 조사됨.</li> </ul> </li> <li>○ 한우의 MP시스템 적용을 위한 최대 반추위 내 미생물단백질 및 미분해 사료단백질 내 아미노산 조성에 대한 국내·외 자료 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 현재까지 가장 많이 인용되고 있는 반추위 미생물(박테리아)에 대한 아미노산 조성과 관련된 논문은 Clark 등 (1992)이 발표한 것으로 총 32개의 실험과 61개의 사료에 대한 결과로 각 아미노산별 차이가 크게 나타남. 반추위 박테리아의 아미노산 조성은 사료와 실험방법에 따라 변화한다는 것을 알 수 있음. 양적인 측면에서 반추위 미생물 아미노산 중 Glu가 가장 함량이 높았으며, His이 가장 낮은 것으로 나타남.</li> <li>● 협동연구기관에서 조사된 반추위 미분해 사료단백질의 아미노산의 조성과 기존연구자료를 분석한 결과, 일부의 원료사료와 차이가 있었으며, 또한, 같은 종의 사료에서도 원산지에 따라 차이가 있었음.</li> </ul> </li> </ul>	<p>100</p>
--	--	---------------------------------	---	------------



		<p>원료사료별 <i>in vitro</i> 반추위 발효를 통한 반추위 미생물 단백질 합성량 및 아미노산 조성 분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원료사료 별 <i>in vitro</i> 반추위 발효 실험 및 발효특성 조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 15종의 원료사료에 대한 반추위 <i>in vitro</i> 발효 실험 완료</li> <li>● 원료사료별 VFA, 암모니아, pH, 미생물단백질합성의 분석결과 원료사료별 발효양상이 다르게 나타남. 미생물단백질합성량은 24시간 배양 동안 국산단백피에서 가장 높았으며, 타피오카에서 가장 낮았음</li> <li>● 한우의 반추위액 내 미생물을 24시간 <i>in vitro</i> 배양한 배양액내 미생물체 내 총아미노산의 함량은 미강이 건물 내 29.78% DM으로 가장 낮았으며, 대두박이 가장 높았으며, 특히 미국산 대두박이 52.07%로 가장 높은 총 아미노산 함량을 나타내었음.</li> </ul> </li> <li>○ 원료사료에 따른 <i>in vitro</i> 반추위 발효를 통해 소장에 공급되는 반추위 내 미생물단백질 아미노산 분석 및 유래 아미노산 공급량 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 미생물체 건물 내 개별 아미노산 또한 사료별 약간의 차이가 있으나, 큰 차이를 나타내지는 않았음. 개별 아미노산 중에는 모든 사료에서 미생물체 내 Cys와 His이 가장 함량이 낮았으며, 반대로 Glu이 가장 높은 함량을 나타내었음.</li> <li>● <i>In vitro</i> 발효실험을 통해 분석된 총 14개의 시료로부터 얻어진 아미노산 평균값을 비교하였음. 총아미노산 기준 개별 아미노산의 조성은 본 연구에서 조사된 것과 기존의 연구결과, branched-chain amino acid인 Ile과 Val이 본 연구결과에서 약 2% 높게 조사된 것을 제외하고 다른 아미노산의 조성은 매우 유사한 것으로 나타나, 반추위내 미생물체 아미노산은 반추동물의 종, 품종, 사양조건 등에 차이가 있음에도 큰 차이가 나지 않는다는 것을 알 수 있음.</li> <li>● 대사단백질 공급원 중 중요한 구성요소로 작용하는 반추위 미생물 단백질의 아미노산 조성은 일부 아미노산은 근육단백질의 아미노산의 함량과 비슷하나, 많은 아미노산이 차이를 나타내었음.</li> <li>● 반추위 미생물 단백질과 한우등심육의 아미노산 조성을 비교한 결과, Arg와 Glu과 같은 풍미에</li> </ul> </li> </ul>	100
--	--	--	---	-----

			<p>영향을 미치는 아미노산의 경우 반추위미생물단백질 내 함량이 근육단백질보다 낮은 것으로 나타남. His의 경우 반추동물의 단백질 합성에 중요한 제한아미노산 중의 하나로 반추위 미생물 단백질 내 함량이 근육단백질과 비교하여 극히 낮았음. Lys, Leu 및 Val도 필수 아미노산으로 미생물단백질의 아미노산 조성이 근육단백질 보다 낮은 함량을 나타내어 제한아미노산으로 사료를 통한 공급이 필요할 것으로 판단됨.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 반추위 미생물단백질, 사료유래 RUP내 아미노산 조성과 한우등식육의 아미노산 조성을 통해 MP를 통한 개별 아미노산의 요구량에 미치는 영향을 분석하였음. Lys과 His이 가장 근육단백질 합성을 제한하는 아미노산이었음. Lys의 경우 미생물내 조성은 8.0%로 근육단백질내 함량인 9.69%에 조금 부족하지만, 미분해 사료단백질의 경우 모든 조사된 사료에서 극히 낮은 함량을 나타내었음 His은 Lys과 유사하게 사료와 미생물체내 함량이 근육단백질 내의 함량에 비해 낮았으며, 특히 미생물체 단백질의 함량이 사료에 비해 더 낮은 것으로 조사됨.</li> </ul>	
		<p>MP 내 개별 아미노산 흡수량 및 근육조직 내 단백질합성량 산정</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 비육말기 원료 사료별 RUP 및 아미노산 공급량 자료를 이용한 MP 내 개별 아미노산 최종 흡수량 결정 <ul style="list-style-type: none"> <li>• RUP의 소장 내 흡수율은 80% 적용하며, 미생물 단백질 내 순단백질 80%와 소화율 80%를 적용하여 미생물단백질의 흡수율은 64%를 적용함.</li> </ul> </li> <li>○ 원료사료별 반추위 내 미생물단백질 및 RUP 공급량에 따른 MP 내 아미노산 공급량 산출 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 각 원료사료별 사료유래MP, 즉 MPfeed의 공급량은 대두박이 가장 높았으며, 단백질 함량이 낮은 타피오카가 가장 낮았음.</li> <li>• MCP의 true protein 함량을 80%, 즉 총아미노산의 함량을 80%로 하였으며, 여기에 소화율 80%를 적용하여 원료사료별 개별 아미노산의 MPtmp 공급량을 산출하였음. 미생물체를 통한 MP공급량은 65.52 g/kg DM feed로 가장 낮았으며, 85.06 g/kg DM feed로 루핀종실이 가장 높았음.</li> </ul> </li> </ul>	<p>100</p>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원료사료를 한우에 급여하였을 때 RUP와 MCP로부터 공급되는 MPfeed와 MPtmp의 합으로 MP공급량을 산출함. 전체 조사된 사료를 통해 MP 공급량은 대두박이 250.36 g/kg DM feed로 가장 높았고 92.71 g/kg DM feed로 단백질이 가장 낮았으며, 사료간에 큰 차이가 있었음.</li> <li>○ 원료사료별 MP로부터 근육단백질로의 전환율을 적용한 근육합성량 규명</li> <li>• 한우의 근육조직 단백질합성을 산출하기 위해 MP로부터 근육단백질합성을 위한 NP로의 이용 효율 (전환율)을 적용하였음. 대두박, DDGS, 채종박, 주정박 등이 다른 사료에 비해 높은 근육단백질합성량을 나타내었으며, 이들 사료는 전통적으로 단백질원 사료로 많이 적용되고 있음.</li> </ul>	
<p>&lt;협동 연구기관 : 중앙대학교&gt;</p> <p>NRC 사양표준에서 제시한 대표적 사료원료의 사료원료별 아미노산 by-pass을 측정 및 비교 분석</p>		<p>1차년도와 연계하여 <i>in situ</i> 시험으로 대표적 사료원료의 아미노산 by-pass을 측정 및 <i>glutamine</i>, <i>alanine</i> 흡수, 유리 증가 수준 규명</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>In situ</i> 시험을 통한 각 사료 원료별 반추위 내 단백질 및 아미노산 by-pass 수준 데이터 확보 및 비교 실시</li> <li>• 단백질은 Foss사의 자동 켈달 측정기를 이용하여 분석 진행</li> <li>• 17종의 아미노산 분석은 농협 축산연구원에 의뢰하여 분석 진행</li> <li>○ 제1세부 과제에서 수행한 단백질원 사료 원료별 반추위 내 발효 양상 규명 및 미생물체 아미노산 조성 분석을 위한 <i>in vitro</i> 실험과 연계하여 반추위 내 미생물 군집 양상 규명을 위한 denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) 분석 실시</li> <li>• TaKaRa 사의 PCR 기기를 이용하여 polymerase chain reaction (PCR) 진행</li> <li>• 35-45%의 농도구배를 갖춘 8% acrylamide gel에 동일한 농도로 로딩한 후 D-code system (Bio-Rad Laboratories, Inc., Herules, CA, USA)을 이용하여 전기영동 진행</li> </ul>	<p>100</p> <p>100</p>

<p>&lt;협동 연구기관 : 경북대학교&gt; 한우육의 풍미와 관련된 보호아미노산 탐색 (감칠맛 및 단맛 중심)</p>	<p>문헌 조사 및 상업용 제품 탐색 (rumen-protected glutamate and asparagine 중심)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 문헌 조사 대상으로써 국내·외 데이터베이스 검색</li> <li>○ 반추위 보호 아미노산 관련 특허 검색</li> <li>○ 아미노산의 반추위 보호 방법 검색</li> <li>○ 비필수 아미노산의 이용 효과 검색</li> <li>○ 이용한 데이터베이스는 Web of Science, ScienceDirect, 국내 연구재단 기록 등 참고</li> <li>● Glutamate와 기타 첨가된 아미노산 등이 고기의 풍미에 미치는 영향 탐색</li> <li>● 시판되는 보호 아미노산 중 풍미 증진을 위한 제품은 아직 개발된 바 없는 것으로 조사됨</li> </ul>	100
	<p>문헌 조사 및 상업용 제품 탐색 (rumen-protected alanine, glycine, proline 중심)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 특정 아미노산이 풍미에 영향을 미치는 원인에 관한 문헌 조사 및 상품화된 rumen-protected non-essential amino acid 첨가를 통한 풍미 증진 연구 추진</li> <li>● 특정 비필수 아미노산(Alanine, Glycine, Proline, Cysteine)과 풍미의 관련성을 조사</li> <li>● 시판되는 보호 아미노산 중 풍미 증진을 위한 제품은 아직 개발된 바 없는 것으로 조사됨</li> </ul>	100
	<p>반추위 보호 아미노산 첨가 시 <i>in vitro</i> 반추위 발효 특성 및 건물소화율 구명, 반추위 내 보호율 측정</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 앞선 문헌 조사에서 보호아미노산 제품이 시중에 판매되지 않는 것으로 판단되었음</li> <li>○ Lignosulfonates와 주정박으로 아미노산 펠릿 제작 후 경화 지질로 코팅하여 반추위 보호아미노산 제작</li> <li>● 반추위 pH와 동일한 phosphate buffer에서 보호율을 1차로 평가(<i>in vitro</i>)한 후</li> <li>● 캐놀라가 장착된 소에서 보호율 평가(<i>in situ</i>)했을 때 70% 이상으로 높은 보호율이 나타났음</li> </ul>	100
	<p>Rumen-protection method 개발 탐색</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lignosulfonates를 이용하여 감칠맛 유발 비필수 아미노산을 보호하여 반추위 보호율을 구명</li> <li>● Lignosulfonates, 주정박을 통해 펠릿 제작 후 지질코팅으로 보호아미노산 완성</li> </ul>	100

<p>3차 년도 (2020)</p>	<p>&lt;주관 연 구기관 : 한경대학 교&gt; 비육말기 거세한우 의 근육 단백질합 성량 극 대 화 를 위한 균 형아미노 산 공급 용 사료 배 합 비 개발</p>	<p>원료사료 MP 내 아미노산 공급과 제한아미노산의 자료를 활용한 한 우비육말기 균형 아미노산 공급용 사료배합비 확보</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 비육말기 균형아미노산 공급용 사료배합비 결정을 위한 MP 및 필수아미노산 공급량 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 원료사료에는 연맥건초, 애뉴얼그래스 건초, 톨페스큐 건초, 파옥쇄, 옥수수플레이크, 대두박, 단백질, 대두피, 밀기울, DDGS, 전지면실, 장유박, 비트펄프, 당밀, 에너지첨가제, 중조, 식염, 석회석, 비타민과 미네랄 첨가제와 수분조절용 물로 구성</li> <li>● 한우 거세우 비육말기 TMR사료를 통해 공급될 수 있는 사료유래 MP (MPfeed)는 43.77 g/kg TMR DM이며, TEAA (total essential amino acids) 14.63 g/kg으로 예측되었음.</li> <li>● 한우 거세우 비육말기 TMR사료를 통해 공급될 수 있는 반추위 미생물체단백질 MP (MPtmp)는 67.96 g/kg TMR DM이며, TEAA (total essential amino acids) 30.94 g/kg으로 예측되었음.</li> <li>● 일일 사료공급량 약 10 kg (DM)을 공급할 경우 사용된 원료사료를 기준으로 1147.7 g/day (DM)의 대사단백질을 공급받을 것으로 예측되었으며 총 필수아미노산 (Trp 제외)는 468 g/day를 공급하는 것으로 예측되었음.</li> </ul> </li> <li>○ 한우 비육말기 균형아미노산 공급용 사료배합비 결정 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 사료로 공급되는 아미노산과 한우 등심 단백질의 아미노산을 비교하여 Lys이 제1 제한 아미노산으로 결정됨</li> <li>● 원료사료들 중에서 대두박이 12.43 g Lys/kg (DM)을 MP 내에서 공급할 수 있는 것으로 평가됨.</li> <li>● 풍미를 증진을 위한 Glu를 추가로 공급할 수 있는 원료사료로 DDGS를 선정함.</li> <li>● 근육 단백질 합성량 증가와 풍미 증진을 위해 Lys 공급을 위한 대두박 3.7%와 Glu 공급을 위한 DDGS 3.9%를 공급하는 배합비를 확보함</li> </ul> </li> </ul>	<p>100</p>
-----------------------------	--	--	--	------------

		<p>한우비육말기 개발 사료배합비를 이용한 사료의 급여기간에 따른 증체 및 근육합성량, 육질 및 풍미증진에 대한효과 규명</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 비육말기 개발사료 급여에 따른 육량 및 육질증진 효과 규명 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 출하 전 약 3개월 동안 12두의 한우 거세우에 대하여 기초사료인 TMR에 대두박을 1일 400 g씩 추가로 급여한 그룹 (T1)과 육량 및 풍미를 함께 증가시킬 수 있도록 대두박과 DDGS를 100 g 및 400 g (T2) 급여함</li> <li>• 도체중은 대조구에 비해 통계적 유의성은 없으나 증가하는 경향이었음 (10 ~ 17 kg).</li> <li>• 배최장근단면적은 대두박을 추가급여한 그룹(T1)에서만 대조구 보다 증가함</li> </ul> </li> <li>○ 한우 비육말기 개발사료 급여에 따른 풍미증진 효과 규명 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 혈액 내 유리아미노산 중 Glu가 처리구 모두 대조구에 비해 유의적으로 높아 (<math>p&lt;0.05</math>) 소고기 내 감칠맛을 높일 수 있고, 반대로 쓴맛과 관련이 있는 Val과 Arg의 함량이 낮아 풍미 개선에 효과가 있다고 판단됨.</li> </ul> </li> </ul>	100
<p>&lt;협동연구기관 : 중앙대학교&gt; 한우 근내 풍미 증진 효능 검증</p>		<p>사료 원료별 아미노산 by-pass 수준 데이터 공유를 통한 한우 근내 풍미 증진 사료첨가제 및 신제품 사료 안전성 및 효율 검정을 위한 한우육 일반성분 분석, 아미노산 분석, 혈액 분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 일반성분 분석 결과, 1차 성분분석에서 수분은 대조구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 대조구와 Glu 처리구에서 비슷한 경향을 나타내었음 (<math>p&lt;0.05</math>). 회분은 대조구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 모든 처리구와 대조구가 다른 경향을 보였음 (<math>p&lt;0.05</math>). 조섬유는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음. 모든 처리구와 대조구가 비슷한 경향을 보였음 (<math>p&lt;0.05</math>). 조단백질은 대조구에서 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았으며, 처리구 간에는 비슷한 경향을 보였음 (<math>p&lt;0.05</math>). 조지방은 Lys 처리구가 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. 모든 처리구와 대조구가 다른 경향을 보였음 (<math>p&lt;0.05</math>). Lys 처리구에서 조지방이 가장 높은 결과를 보여 마블링 위주의 등급 판정인 국내에서 강점을 보일 것으로 사료됨</li> <li>○ 혈청 분석 항목은 Total protein (TP), Glucose (GLU), Cholesterol (CHOL), Albumin (ALB), Phosphorus (PHOS), Blood urea nitrogen (BUN) 으로 총 6항목이었음.</li> </ul>	100

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• TP는 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. GLU는 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. CHOL은 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. ALB는 대조구에서 가장 높았으며 Glu 처리구에서 가장 낮았음. PHOS는 Glu 처리구에서 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았음. BUN은 Glu 처리구와 대조구가 가장 높았으며 Lys 처리구에서 가장 낮았음.</li> <li>○ 혈액 아미노산 분석 항목은 총 아미노산 (Total AA)과 Aspartic acid (Asp), Threonine (Thr), Serine (Ser), Glutamic acid (Glu), Glycine (Gly), Alanine (Ala),Valine (Val), Isoleucine (Ile), Leucine (Leu), Tyrosine (Tyr), Phenylalanine (Phe), Lysine (Lys), Histidine (His), Arginine (Arg), Proline (Pro), Cysteine (Cys), Methionine (Met) 의 총 17종. Asp, Thr, Ser, Glu, Gly, Ala, Val, Ile, Leu, Tyr, Phe, Lys, His, Arg, Met은 대조군이 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음. Pro와 Cys는 Lys 처리구가 가장 높았으며 Glu 처리구가 가장 낮았음</li> </ul>	
		<p>육질 분석에 따른 glutamine, alanine 증가 수준 검정 및 관능검사</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전자혀 반응의 원리는 센서의 지질은 정전기 및 소수성 상호 작용을 통해 다양한 물질과 상호작용하여 지질막의 전위를 변화시키게 되는데, 이 변화는 기계에 의해 감지되며 센서의 응답은 mV값으로 얻어지게 됨. 통상적으로 결과 값이 1이상이 차이가 나면 사람들에게 차이를 인식시켜 줄 수 있는 값이라고 나와있음. 본 실험에서는 1이상의 값을 나타낸 것이 없으므로 사람들에게 차이를 인식시켜 줄 수 없을 것이라고 사료됨. 하지만 수치상으로 유의미한 차이가 있었는데, 감칠맛의 경우 Glu 처리구가 유의적으로 감칠맛이 가장 높았으며 다음으로 Lys 처리구, 대조군 순으로 나타났음. 쓴맛과 신맛의 경우 3개의 샘플 모두 유의적인 차이를 보이지 않았음. 짠맛의 경우 Glu 처리구가 유의적으로 가장 낮았으며, 대조군이 유의적으로 가장 높게 나타났음. 짹은맛은 처리구들보다 대조구가 유의적으로 가장 높은 값을 보였으며 처리구들 사이에</li> </ul>	100

			<p>서는 유의미한 차이를 보이지 않았음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 관능평가와 전자혀 분석에서 감칠맛을 보면 Glu 처리구가 유의적으로 가장 높았고, 다음으로 Lys 처리구, 대조구 순으로 나타났음. 이로써 대조구와 처리구를 비교했을 때 Glu 처리구와 Lys 처리구의 한우의 풍미 증진이 더 높게 나타났으며 처리구들 사이에서는 Glu 처리구에서 가장 높은 값이 나타났음을 알 수 있음.</li> </ul>	
<p>&lt;협동연구기관 : 경북대학교&gt; 반추위 보호 아미노산의 첨가 급여 시, 혈액 및 한우육의 풍미 증진에 미치는 영향 연구 (실증 실험)</p>	<p>감칠맛, 단맛 유발 아미노산 첨가제 급여에 따른 한우 혈액 내 유리아미노산 함량 조사</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 반추위 보호 비필수 아미노산 첨가제 급여 시 한우의 혈장 내 유리 아미노산에 미치는 영향 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 한우 번식우 3두를 이용하여 보호 비필수 아미노산을 기질사료(벧짚과 농후사료)의 건물기준 6%를 1주일간 첨가/급여하였음.</li> <li>● 단맛을 유발하는 alanine과 감칠맛을 유발하는 glutamate는 급여 전과 후의 유의적인 차이는 없었으나 수치적으로는 alanine이 125.46 <math>\mu\text{mol/L}</math>에서 136.83 <math>\mu\text{mol/L}</math>, glutamate는 47.18 <math>\mu\text{mol/L}</math>에서 49.01 <math>\mu\text{mol/L}</math>으로 증가하였음.</li> </ul> </li> </ul>	100	
	<p>도축 후 도체 성분 분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비육우에 반추위 보호 비필수 아미노산 급여 시도체 성분 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 출하 전 44일 동안 24두의 Holstein 비육우에게 기질사료(톨페스큐와 농후사료)의 급여기준 6%를 첨가하였음.</li> <li>● 육질등급은 대조구보다 처리구에서 높게 나타남</li> <li>● 관능평가 시, 고기의 맛 결정에 중요하게 작용하는 연도의 경우 대조구는 4.28, 처리구는 5.42로 유의적으로 높게 나타났음.</li> <li>● 고기의 풍미와 감칠맛의 정도 또한 대조구 5.19, 처리구 6.65로 유의적으로 높게 나타났음.</li> <li>● Taste sensing system에서 고기의 맛(특히 감칠맛)을 평가하였을 때는 유의적인 차이는 없었음</li> <li>● 고기의 구성 및 유리 아미노산을 분석하였을 때 glutamate와 alanine에서 유의적인 차이는 없었음.</li> <li>● 등심근을 14일간 숙성하여 관능평가를 수행하였을 때 감칠맛에 있어서 대조구는 5.49, 처리구는 5.88로 유의적으로 높게 나타났음.</li> </ul> </li> </ul>	100	



### 3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

- 해당사항 없음.

### 3-4. 관련분야 기여도

- 현재 국내 한우 생산을 위한 사양관리시스템에서 단백질공급체계는 조단백질을 기준으로 적용하고 있음. 특히, 거세한우 비육말기의 조단백질 공급기준은 전체사료 내 12%(건물)로 일괄 적용되어 있음 (한국한우사양표준, 2017). 조단백질공급체계는 반추동물의 영양생리적 특성을 고려하지 않고 특히, 사료원료 중 가격이 비싼 단백질 원료사료의 이용효율을 고려하지 않고 있는 것임. 반추동물에 대한 대사단백질 (MP) 공급체계는 이미 20년 이전부터 해외에서는 젖소와 비육우에 적용되고 있으며, 국내 한국젖소사양표준 (2017)도 MP시스템을 적용하고 있으나, 한우 사양에는 이를 이용하지 못하고 있음. 한우 사육 특히 고기 (근육조직)의 생산량을 증가시키기 위해서는 정밀한 단백질 (아미노산)의 체내 공급시스템인 MP시스템의 적용이 필요하며, 본 연구과제에서 개발된 성과는 한우 비육을 위한 단백질 공급에 MP시스템의 적용이 최초이며, 한국 한우생산업의 발전에 획기적인 기여를 할 것으로 기대함.
- 최근 한우사육기간이 30개월 이상으로 지나치게 길어 한우사육농가에 경제적 부담과 과잉의 지방섭취에 의한 국민건강이 우려되어 소고기에 대한 육등급제도가 수정되어 시행되고 있음. 제도의 개선은 이루어졌으나, 한우사육농가는 여전히 30개월 이상 사육을 하는 실정기에 제도의 정착에 필요한 사육기간 단축을 위한 새로운 사양관리체계를 도입 및 운영할 수 있도록 해야함. 이를 위해서는 무엇보다도 근육조직의 발달을 촉진시킬 수 있는 방법 중에 정밀한 단백질 공급시스템인 MP시스템의 적용이 절실함. 본 연구성과를 통해 MP시스템을 적용하면 30개월 이내로 사육기간을 단축하여 생산비의 50% 이상인 사료비를 절감할 수 있어 농가의 소득증진에 기여할 것으로 기대함.
- 현재까지 육질의 평가는 마블링 즉, 근육 내 지방침착도를 우선적으로 평가하고 있어, 국가의 한우 사육기간 단축을 위한 육질평가제도의 개선목적과 부합하지 않고 있으며, 결국 고지방육의 섭취로 소비자의 건강에도 좋지 않을 것으로 판단됨. 이와 더불어 한우와 비교하여 지방함량이 적으면서도 저렴한 수입육의 선호도가 높아지고 있어 단순히 마블링만으로 육질을 평가하는 제도는 한우 생산의 국가경쟁력을 낮출 것으로 판단됨. 지방 이외에도 고기 내 유리아미노산이 소고기의 맛 즉, 풍미에 영향을 미칠 수 있다는 것을 본 연구결과로 제시하여 소비자의 소고기 선호도 변화추이에 상응하는 육질평가제도의 개선에 본 연구성과가 기여할 것으로 기대하며, 또한, 풍미와 관련된 유리아미노산을 사료공급을 통해 조절할 수 있음을 밝힘으로 한우고기의 풍미개선이 가능한 현실적인 기술을 제공함.
- 한우육의 풍미를 근내 아미노산 조성 특히 glutamate와 alanine에 의해 감칠맛이 차이가 나며 아미노산 조성을 조절한 소고기의 관능평가과 맛인식장치(전자혀)를 이용하여 근내 풍미에 대한 객관적 데이터를 확보가 가능

#### 4. 연구결과의 활용 계획 등

- 제 4차 한우사양표준 개정 (2022년 예정)에 MP시스템 적용을 위한 기초자료로 활용. 2017년에 3차개정된 한우사양표준에는 한우 육성 및 비육단계에 따른 MP공급량이 제시되어 있으나, 현실적이지 못하며, 구체적인 산출근거가 제시되어 있지 않음. 본 연구결과를 이용하여 제 4차 개정에서 MP시스템을 최초로 적용할 수 있도록 함.
- 한우사육농가 및 한우사료생산업체에 대한 MP시스템을 적용한 사료생산기술지원
- 고기의 풍미를 개선하기 위해 사료배합기술을 적용하여 개선이 될 수 있지만 육질등급기준의 개선 즉, 제도의 개선이 없이는 개발된 기술의 활용이 어렵기에 제도개선에 본 연구결과가 활용되도록 함.
- 한육우의 관능검사에 의한 한육우의 맛평가를 맛인식 장치를 활용하여 한육우에 대한 소비자 요구에 대한 객관적 데이터 제시가 가능하며, 지방위주의 맛평가에서 아미노산 조성에 따른 맛평가는 한우의 비육말기 사양기간을 단축시켜 농가생산성 증대에 이바지 할 것임.
- 본 연구는 소고기의 풍미를 개선하기위한 연구에 집중되어 있어 비육말기의 동물을 대상으로 시행되었음. 소고기의 근육조직 단백질의 함성량을 증가시키기 위해서는 한우사육 전기간중 비육말기보다는 육성기와 비육초기에 단백질 공급방법이 더 중요함. 한우 사육기간 전체를 대상으로 MP시스템을 적용하여 육량과 풍미에 미치는 영향에 대한 추가적인 연구가 필요함.
- 한육우의 아미노산 조성에 의해 차이가 생기는 근내풍미에 대한 객관적 데이터를 맛인식장치를 활용하여 확보할 수 있으며, 향후 소비자의 한육우의 맛에 대한 인식변화에 대처할 수 있음.
- 본 연구를 통해서 개발된, 감칠맛 유발 반추위보호 아미노산은 국내에서 연구, 개발된 바가 없어서 추가적인 연구를 통하여 국내 시장뿐만 아니라 국외 축산업 시장에서도 그 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단됨.

## 붙임. 참고문헌

- Aaslyng M, Meinert L. Meat flavour in pork and beef-From animal to meal. *Meat Sci.* 2017;132:112-7. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.012>
- Arai S, Yamashita M, Fujimaki M. Glutamyl oligopeptides as factors responsible for tastes of a proteinase-modified soybean protein. *Agricultural and Biological Chemistry.* 1972; 36:1253-6.
- Armstrong D. Carbohydrate metabolism in ruminants and energy supply. *Physiology of Digestion in the Ruminant.* 1965;272-88.
- Armstrong D, Beever D. Post-abomasal digestion of carbohydrate in the adult ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society.* 1969;28:121-31.
- Ayyat MS, Al-Sagheer A, Noreldin AE, et al. Beneficial effects of rumen-protected methionine on nitrogen-use efficiency, histological parameters, productivity and reproductive performance of ruminants. *Animal Biotechnology.* 2019;1-16.
- Batistel F, Arroyo J, Bellingeri A, et al. Ethyl-cellulose rumen-protected methionine enhances performance during the periparturient period and early lactation in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 2017a;100:7455-67.
- Batistel F, Arroyo J, Bellingeri A, et al. Ethyl-cellulose rumen-protected methionine enhances performance during the periparturient period and early lactation in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 2017b;100:7455-67.
- Beksan E, Schieberle P, Robert F, et al. Synthesis and sensory characterization of novel umami-tasting glutamate glycoconjugates. *Journal of agricultural and food chemistry .* 2003;51:5428-36.
- Bensadoun A, Paladines O, Reid J. Effect of level of intake and physical form of the diet on plasma glucose concentration and volatile fatty acid absorption in ruminants. *Journal of Dairy Science.* 1962;45:1203-10.
- Bergen WG. Free amino acids in blood of ruminants—physiological and nutritional regulation. *Journal of Animal Science.* 1979;49:1577-89.
- Borgogno M, Saccà E, Corazzin M, et al. Eating quality prediction of beef from Italian Simmental cattle based on experts' steak assessment. *Meat Science.* 2016;118:1-7.
- Cabrera RA, Usry JL, Arrellano C, et al. Effects of creep feeding and supplemental glutamine or glutamine plus glutamate (Aminogut) on pre-and post-weaning growth performance and intestinal health of piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology.* 2013; 4:29.
- Cao C, Xie J, Hou L, et al. Effect of glycine on reaction of cysteine-xylose: Insights on initial Maillard stage intermediates to develop meat flavor. *Food Research International.* 2017; 99:444-53.
- Chalupa W. Rumen bypass and protection of proteins and amino acids. *Journal of Dairy Science.* 1975;58:1198-218.

- Chiou PWS, Chen KJ, Kuo KS, et al. Studies on the protein degradabilities of feedstuffs in Taiwan. *Anim Feed Sci Technol* 1995;55:215-26.
- Cho SH, Kim JH, Seong PN, et al. Physico-chemical metal quality properties and nutritonal composition of Hanwoo steer beef with 1<sup>++</sup> quality grade. *Korean J Food Sci. Ani. Resour* 2008;28:333-43. DOI : <http://dx.doi.org/10.5851/kosfa.2011.31.5.772>
- Cho S, Kim J, Park B, et al. Assessment of meat quality properties and development of a palatability prediction model for Korean Hanwoo steer beef. *Meat Science*. 2010; 86:236-42.
- Cho SH, Seong PN, Kang GH, et al. Meat quality and nutritional properties of Hanwoo and imported Australian beef. 2011;31:772-81.
- Cho SH, Kang SM, Kang GH, et al. Physicochemical meat quality, fatty acids and free amino acid composition of strip loin, chuck tender, and eye of round produced by different age groups of Hanwoo cow. *Korean J Food Sci. Ani. Resour* 2013;33:708-14. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2013.33.6.708>
- Cho W-K, Ki HJ, Kim BR, et al. Effects of supplemental concentrate during the late fattening phase on performance, carcass characteristics, biochemical composition and sensory test of loin in TMR feeding of Korean steers. *Annals of Animal Resource Sciences*. 2019;30:156-64.
- Choi Y, Lee S, Na Y. Effects of a pineapple (*Ananas comosus* L.) cannery by-product on growth performance and carcass characteristics in finishing Hanwoo steers. *Anim. Biosci.* 2021; 34:233-242. <https://doi.org/10.5713/ajas.20.0234>
- Chun J-Y, Kim B-S, Lee J-G, et al. Effect of NaCl/monosodium glutamate (MSG) mixture on the sensorial properties and quality characteristics of model meat products. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2014;34:576.
- Clark J, Davis C. Future improvement of milk production: potential for nutritional improvement. *Journal of Animal Science*. 1983;57:750-64.
- Clark JH, Murphy MR, Crooker BA. Supplying the protein needs of dairy cattle from by-product feeds. *J Dairy Sci* 1987;70:1092-109. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80116-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80116-9).
- Clark JH, Klusmeyer TH, Cameron MR. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *J Dairy Sci* 1992;75:2304-23.
- Corbin C, O'Quinn T, Garmyn A, et al. Sensory evaluation of tender beef strip loin steaks of varying marbling levels and quality treatments. *Meat Science*. 2015;100:24-31.
- Corstiaensen G, Van Logtestijn J, Romme A, et al. Dark, firm and dry meat in beef bulls I. Appearance and significance (author's transl). *Tijdschrift voor diergeneeskunde*. 1981;106:655-61.
- Dahham SS, Tabana YM, Iqbal MA, et al. The anticancer, antioxidant and antimicrobial properties of the sesquiterpene  $\beta$ -caryophyllene from the essential oil of *Aquilaria crassna*. *Molecules*. 2015;20:11808-29.
- Dai S, Wang L, Wen A, et al. Dietary glutamine supplementation improves growth

- performance, meat quality and colour stability of broilers under heat stress. *British Poultry Science*. 2009;50:333-40.
- de Aquino RS, Manso Filho WD, Kutschenko M, et al. Glutamine and glutamate (AminoGut) supplementation influences sow colostrum and mature milk composition. *Livestock Science*. 2014;169:112-7.
- De Boer G, Murphy J, Kennelly J. Mobile nylon bag for estimating intestinal availability of rumen undegradable protein. *Journal of Dairy Science*. 1987;70:977-82.
- Dijkstra J, Forbes JM, France J. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. 2005. Cabi.
- Domnick J, Scheibe A, Ye Q. The simulation of the electrostatic spray painting process with high speed rotary bell atomizers. Part I: Direct Charging. *Particle & Particle Systems Characterization*. 2005;22:141-50.
- Drabik-Markiewicz G, Dejaegher B, De Mey E, et al. Evaluation of the influence of proline, hydroxyproline or pyrrolidine in the presence of sodium nitrite on N-nitrosamine formation when heating cured meat. *Analytica Chimica Acta*. 2010;657:123-30.
- Egan A, Moller F, and Black A. Metabolism of glutamic acid, valine and arginine by the lactating goat. *The Journal of Nutrition*. 1970;100:419-28.
- El-Kadi SW, Baldwin RL, McLeod KR, et al. Glutamate is the major anaplerotic substrate in the tricarboxylic acid cycle of isolated rumen epithelial and duodenal mucosal cells from beef cattle. *The Journal of Nutrition*. 2009;139:869-75.
- Fleming A, Lapierre H, Martineau R, et al. Modeling portal-drained viscera and liver fluxes of essential amino acids in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2019;102:10964-82.
- Franco D, Bispo E, González L, et al. Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Holstein - Friesian cull cows. *Meat Science*. 2009;83:484-91.
- Frérot E, Escher S, Firmenich S. Flavoured products and method for preparing the same. WO. 1997;97:04667.
- Fujimaki M, Okitani A, Arakawa N. The changes of "myosin B" during storage of rabbit muscle. *Agricultural and Biological Chemistry*. 1965;29:581-8.
- Grunert KG, Bredahl L, Brunsø K. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector – a review. *Meat Science*. 2004;66:259-72.
- Gunlu A, Gunlu N. Taste activity value, free amino acid content and proximate composition of Mountain trout (*Salmo trutta macrostigma* Dumeril, 1858) muscles. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 2014;13:58-72.
- Hermanussen M, Garcia A, Sunder M, et al. Obesity, voracity, and short stature: the impact of glutamate on the regulation of appetite. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2006;60:25-31.
- Hong JH, Kwon KY, Kim KO. Sensory characteristics and consumer acceptability of beef stock containing the glutathione xylose Maillard reaction product and/or monosodium glutamate. *Journal of Food Science*. 2012;77:S233-S239.
- Honikel K-O. Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat

- products. *Food Chemistry*. 1997;59:573-82.
- Honikel KO. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*. 1998;49:447-57.
- Horwitz W, Latimer GW. Official methods of analysis of AOAC International. 18<sup>th</sup> ed. Washington, DC, USA:AOAC International; 2005.
- Hu C, Jiang Q, Zhang T, et al. Dietary supplementation with arginine and glutamic acid modifies growth performance, carcass traits, and meat quality in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 2017;95:2680-9.
- Hu H, Bai X, Wen A, et al. Assessment of interactions between glutamine and glucose on meat quality, AMPK, and glutamine concentrations in pectoralis major meat of broilers under acute heat stress. *Journal of Applied Poultry Research*. 2016;25:370-8.
- Huang C, Zheng M, Huang Y, et al. The effect of purine content on sensory quality of pork. *Meat Science*. 2020;172:108346.
- Hwang Y-H, Ismail I, Joo S-T. The relationship between muscle fiber composition and pork taste-traits assessed by electronic tongue system. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2018;38:1305.
- Hwang Y-H, Kim G-D, Jeong J-Y, et al. The relationship between muscle fiber characteristics and meat quality traits of highly marbled Hanwoo (Korean native cattle) steers. *Meat Science*. 2010;86:456-61.
- Ikeda K. On the taste of the salt of glutamic acid. In: 8th International Congress of Applied Chemistry. Washington and New York, 1912
- Imanari M, Kadowaki M, Fujimura S. Regulation of taste-active components of meat by dietary leucine. *British Poultry Science*. 2007;48:167-76.
- Immonen K, Ruusunen M, Puolanne E. Some effects of residual glycogen concentration on the physical and sensory quality of normal pH beef. *Meat Science*. 2000;55:33-8.
- Jannin V, Cuppok Y. Hot-melt coating with lipid excipients. *International Journal of Pharmaceutics*. 2013;457:480-7.
- Johns JT, Bergen WG. Growth in sheep. Pre-and post-weaning hormone changes and muscle and liver development. *Journal of Animal Science*. 1976;43:192-200.
- Kang H, Kim B, Lee S, et al. Nutrients degradabilities of feedstuffs in digestive tracts of dairy cow. *Korean Journal of Dairy Science*. 1995.
- Kang S, Ki K, Oh Y, et al. Effects of roughage feeding type during the growing and early-fattening periods on growth performance, feed efficiency and carcass characteristics in Holstein steers. *Journal of Animal Science and Technology*. 2005a;47:769-82.
- Kang S, Oh Y, Kim K, et al. Study on Comparison of Growth Performance, Feed Efficiency and Carcass Characteristics for Holstein and F1 (Holstein ♀ x Hanwoo ♂) Steers and Heifers. *Journal of Animal Science and Technology*. 2005b;47:593-606.
- Karisa B, Thomson J, Wang Z, et al. Plasma metabolites associated with residual feed intake and other productivity performance traits in beef cattle. *Livestock Science*. 2014;165:200-11.

- Kato H, Rhue MR, Nishimura T. Role of free amino acids and peptides in food taste. ACS Publications. 1989.
- Kauffman R, Eikelenboom G, Van der Wal P, et al. The use of filter paper to estimate drip loss of porcine musculature. *Meat Science*. 1986;18:191-200.
- Kerth CR, Miller RK. Beef flavor: a review from chemistry to consumer. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015;95:2783-98.
- Khan MKI, Mujawar LH, Schutyser MA, et al. Deposition of thin lipid films prepared by electrospraying. *Food and Bioprocess Technology*. 2013;6:3047-55.
- Kim H. Glutamine as an immunonutrient. *Yonsei Med J* 2011;52:892-7. doi: 10.3349/ymj.2011.52.6.892.
- Kim J-H, Kim D-H, Ji D-s, et al. Effect of aging process and time on physicochemical and sensory evaluation of raw beef top round and shank muscles using an electronic tongue. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2017;37:823.
- Klopfenstein T, Waller J, Merchen N, et al. Distillers grains as a naturally protected protein for ruminants. *Distillers Feed Conference Proceedings* 1978;33:38 - 46.
- Klusmeyer TH, McCarthy RD, Clark JH. et al. Effects of source and amount of protein on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *J Dairy Sci* 1990;73:3526-37. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(90)79052-2
- Koeln L, Webb K. Peptide, erythrocyte and plasma amino acid transport across the gastrointestinal-tract and liver of calves. In: *Federation Proceedings*. 1982. p 948-948.
- Koutsidis G, Elmore J, Oruna-Concha MJ, et al. Water-soluble precursors of beef flavour: I. Effect of diet and breed. *Meat Science*. 2008;79:124-30.
- Kriseldi R, Tillman P, Jiang Z, et al. Effects of glycine and glutamine supplementation to reduced crude protein diets on growth performance and carcass characteristics of male broilers during a 41-day production period. *Journal of Applied Poultry Research*. 2017;26:558-72.
- Kung Jr L, Rode LM. Amino acid metabolism in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 1996;59:167-72.
- Lacey JM, Wilmore DW. Is glutamine a conditionally essential amino acid? *Nutr Rev* 1990;48:297-309. DOI: 10.1111/j.1753-4887.1990.tb02967.x
- Lajoie MS, Cummings KR. 1999. Encapsulated dietary fatty acid salt products for ruminants. Google Patents.
- Lanzas C, Sniffen CJ, Seo S, Tedeschi LO, Fox DG. A revised <sup>추천</sup> feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. *Anim Feed Sci Technol*. 2007;136:167-90.
- Lee H, Lee S, Bae G, et al. Effects on the rumen microbial fermentation characteristics of lignosulfonate treated soybean meal. *Journal of Animal Science and Technology*. 2010; 52:413-26.
- Lee Y, Lee B, Kim H, et al. Sensory quality characteristics with different beef quality grades and surface texture features assessed by dented area and firmness, and the relation to

- muscle fiber and bundle characteristics. *Meat Science*. 2018;145:195-201.
- Leibholz J. The free amino acids occurring in the blood plasma and rumen liquor of the sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1965;16:973-9.
- Leng R. Glucose synthesis in ruminants. *Adv. Vet. Sci.* 1970;14:209-60.
- Lewis D. Blood-urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. *J Agric Sci* 1957;48:438-46. <https://doi.org/10.1017/S0021859600032962>
- Li X, Staszewski L, Xu H, et al. Human receptors for sweet and umami taste. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002;99:4692-6.
- Maenosono S, Okubo T, Yamaguchi Y. Overview of nanoparticle array formation by wet coating. *Journal of Nanoparticle Research*. 2003;5:5-15.
- Manso HEC, Manso Filho HC, de Carvalho LE, et al. Glutamine and glutamate supplementation raise milk glutamine concentrations in lactating gilts. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2012;3:1-7.
- Marchi FED, Figueiroa FJF, Santos GTD, et al. Intake, digestibility and ruminal parameters of dairy cows fed pelleted diets and treated with lignosulfonate-containing sunflower seeds. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2013;429:656-63.
- Marcus JB. Culinary applications of umami. *Food Technol* 2005;59:24-30.
- Mateo J, Domínguez MC, Aguirrezábal MM, et al. Taste compounds in chorizo and their changes during ripening. *Meat Science*. 1996;44:245-54.
- Matsushita I. Purification and sequence determination of tasty tetrapeptide (Asp-Asp-Asp-Asp) from beer yeast seasoning and its enzymatic synthesis. *Peptide Chem.* 1994.
- Matteri R. Overview of central targets for appetite regulation. *Journal of Animal Science*. 2001;79(suppl\_E):E148-E158.
- McBee Jr JL, Wiles JA. Influence of marbling and carcass grade on the physical and chemical characteristics of beef. *Journal of Animal Science*. 1967;26:701-4.
- McDougall E. Studies on ruminant saliva. The composition and output of sheep's saliva. *Biochem J* 1948;43:99-109. <https://doi.org/10.1042/bj0430099>
- Meilgaard M. Descriptive analysis techniques. *Sensory evaluation techniques*. 1999;161-172.
- Monsón F, Sañudo C, Sierra I. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*. 2005;71:471-9.
- Moon S, Yang H, Park G, et al. The relationship of physiological maturity and marbling judged according to Korean grading system to meat quality traits of Hanwoo beef females. *Meat Science*. 2006;74:516-21.
- Morales R, Aguiar A, Subiabre I, et al. Beef acceptability and consumer expectations associated with production systems and marbling. *Food Quality and Preference*. 2013; 29:166-73.
- Mori M, Kawada T, Ono T, et al. Taste preference and protein nutrition and L-amino acid homeostasis in male Sprague-Dawley rats. *Physiology & Behavior*. 1991;49:987-95.
- Morikawa T, Sasaoka S, Saito S, et al. Feed additives for ruminants. *Google Patents*. 2001.
- N'Goma J-CB, Amara S, Dridi K, et al. Understanding the lipid-digestion processes in the GI



- tract before designing lipid-based drug-delivery systems. *Therapeutic delivery*. 2012;3:105-24.
- National Research Council. Nutrient requirements of beef cattle. 7<sup>th</sup> ed. Washington, DC. USA. National Academy Press 1996.
- National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 7<sup>th</sup> ed. Washington, DC. USA. National Academy Press 2001.
- National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 8<sup>th</sup> ed. Washington, DC. USA. National Academy Press 2016.
- Nelson G, Chandrashekar J, Hoon MA, et al. An amino-acid taste receptor. *Nature*. 2002; 416:199-202.
- Nishimura T, Kato H. Taste of free amino acids and peptides. *Food Reviews International*. 1988;4:175-94.
- Nishimura T, Ra Rhue M, Okitani A, et al. Components contributing to the improvement of meat taste during storage. *Agricultural and Biological Chemistry*. 1988;52:2323-30.
- Noguchi M, Arai S, Yamashita M, et al. Isolation and identification of acidic oligopeptides occurring in a flavor potentiating fraction from a fish protein hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1975;23:49-53.
- Oh M, Kim E-K, Jeon B-T, et al. Chemical compositions, free amino acid contents and antioxidant activities of Hanwoo (*Bos taurus coreanae*) beef by cut. *Meat Science*. 2016; 119:16-21.
- Ottinger H, Hofmann T. Identification of the taste enhancer alapyridaine in beef broth and evaluation of its sensory impact by taste reconstitution experiments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003;51:6791-6.
- Overton TR, LaCount DW, Cicela TM, et al. Evaluation of a ruminally protected methionine product for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 1996;79:631-8.
- Owens FN, Bergen WG. Nitrogen metabolism of ruminant animals: historical perspective, current understanding and future implications. *J Anim Sci* 1983;57(Suppl 2):498-518. [https://doi.org/10.2527/animalsci1983.57Supplement\\_2498x](https://doi.org/10.2527/animalsci1983.57Supplement_2498x)
- Park KS, Park HS, Choi YJ, et al. Comparison of fatty acid and nutritive composition of Korean native black cattle and Hanwoo. 2014;30:556-63.
- Patil AT, Khobragade DS, Chafle SA, et al. Development and evaluation of a hot-melt coating technique for enteric coating. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2012; 48:69-77.
- Piao MY, Jo C, Kim HJ, et al. Comparison of carcass and sensory traits and free amino acid contents among quality grades in loin and rump of Korean cattle steer. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2015;28:1629.
- Polkinghorne RJ, Nishimura T, Neath KE, et al. Japanese consumer categorisation of beef into quality grades, based on Meat Standards Australia methodology. *Animal Science Journal*. 2011;82:325-33.
- Putri EM, Zain M, Warly L, et al. *In vitro* evaluation of ruminant feed from West Sumatera

- based on chemical composition and content of rumen degradable and rumen undegradable proteins. *Vet World* 2019;12:1478-83. doi: 10.14202/vetworld.2019.1478-1483.
- Qi B, Wang J, Ma Y-b, et al. Effect of dietary  $\beta$ -alanine supplementation on growth performance, meat quality, carnosine content, and gene expression of carnosine-related enzymes in broilers. *Poultry Science*. 2018;97:1220-8.
- Renerre M, Labas R. Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef muscles. *Meat Science*. 1987;19:151-65.
- Rossi F, Maurizio M, Francesco M, et al. Rumen degradation and intestinal digestibility of rumen protected amino acids: comparison between *in situ* and *in vitro* data. *Animal Feed Science and Technology*. 2003;108:223-9.
- Rural Development Administration National Institute of Animal Science. Korean feeding standard for dairy cow. Wanju, Korea: Rural Development Administration National Institute of Animal Science;2017a.
- Rural Development Administration National Institute of Animal Science. Korean feeding standard for Hanwoo. Wanju, Korea: Rural Development Administration National Institute of Animal Science;2017b. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12447>
- Sahraei Belverdy, M, Alamouti AA, Khadem AA, et al. Encapsulation of soybean meal with fats enriched in palmitic and stearic acids: effects on rumen-undegraded protein and *in vitro* intestinal digestibility. *Archives of Animal Nutrition*. 2019;73:158-69.
- Sasaki K, Ooi M, Nagura N, et al. Classification and characterization of Japanese consumers' beef preferences by external preference mapping. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2017;97:3453-62.
- Sauvant D, Perez JM, Tran G. Tables of composition and nutritioanl value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish. Wageningen and INRA editions, Versailles, France. Wageningen Academic Publisher 2002.
- Scheffler J, Buskirk D, Rust S, et al. Effect of repeated administration of combination trenbolone acetate and estradiol implants on growth, carcass traits, and beef quality of long-fed Holstein steers. *Journal of Animal Science*. 2003;81:2395-400.
- Schlagheck T, Webb K. Characterization of peptides from the gastrointestinal-tract of calves. In: *Federation Proceedings*. 1984; p 671-671.
- Seal C, Parker D. Isolation and characterization of circulating low molecular weight peptides in steer, sheep and rat portal and peripheral blood. *Comparative biochemistry and physiology. B, Comparative Biochemistry*. 1991;99:679.
- Seal C, Reynolds C. Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. *Nutrition Research Reviews*. 1993;6:185-208.
- Shimada A, Watanuki M, Tanisawa Y, et al. Changes in the taste of beef with aging. *Journal of Home Economics of Japan*. 1992;43:199-206.
- Sifa D, Bai X, Zhang D, et al. Dietary glutamine improves meat quality, skeletal muscle antioxidant capacity and glutamine metabolism in broilers under acute heat stress. *Journal of Applied Animal Research*. 2018;46:1412-7.

- Singh CK, Robinson PH, McNiven MA. Evaluation of raw and roasted lupin seeds as protein supplements for lactating cows. *Anim Feed Sci Technol* 1995;52:73-7. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)00707-G](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)00707-G)
- Smith SB, Crouse JD. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *The Journal of Nutrition*. 1984;114:792-800.
- Sok M, Ouellet DR, Firkins JL, et al. Amino acid composition of rumen bacteria and protozoa in cattle. 2017;100:5241-9.
- Soldo T, Blank I, Hofmann T. (+)-(S)-Alapyridaine – A general taste enhancer? *Chemical Senses*. 2003;28:371-9.
- Solms J. Taste of amino acids, peptides, and proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1969;17:686-8.
- Spanier AM, Bland JM, Miller JA, et al. BMP:a flavor enhancing peptide found naturally in beef. Its chemical synthesis, descriptive sensory analysis, and some factors affecting its usefulness. *Devl Food Sci* 1995;37:1365-78.
- Stock NL, Board M. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat. American Meat Science Association. 1995.
- Stoll B, Burrin D. Measuring splanchnic amino acid metabolism in vivo using stable isotopic tracers. *Journal of Animal Science*. 2006;84(suppl\_13):E60-E72.
- Swatland H. A review of meat spectrophotometry (300 to 800 nm). *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*. 1989;22:390-402.
- Sylverster JT, Karnati SKR, Yu Z, et al. Evaluation of a real-time PCR assay quantifying the ruminal pool size and duodenal flow of protozoa nitrogen. *J Dairy Sci* 2005;88:2083-95.
- Yamasaki Y, Maekawa K. A peptide with delicious taste. *Agr Bio Chem* 1978;42:1761-6. <https://doi.org/10.1080/00021369.1978.10863242>
- Van Boekel M. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. *Biotechnology Advances*. 2006;24:230-3.
- Van den Ouweland G, Olsman H, Peer H. Challenges in meat flavor research. 1978.
- Vinci A, Lajoie MS, Cummings KR, et al. Ruminant feed supplement product. United states Patents. 1995.
- Waldo D. Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminants. *Journal of Animal Science*. 1973;37:1062-74.
- Waltz D, Stern MD. Evaluation of various methods for protecting soya-bean protein from degradation by rumen bacteria. *Animal Feed Science and Technology*. 1989; 25:111-22.
- Wang Y, Cai M, Hua D, et al. Metabolomics reveals effects of rumen-protected glucose on metabolism of dairy cows in early lactation. *Animal Feed Science and Technology*. 2020;269:114620.
- Watford M. Glutamine metabolism and function in relation to proline synthesis and the safety of glutamine and proline supplementation. *The Journal of Nutrition*. 2008;138:2003S-7S.
- Williams G, Amstalden M, Garcia M, et al. Leptin and its role in the central regulation of

- reproduction in cattle. *Domestic Animal Endocrinology*. 2002;23:339-49.
- Wilson G. Factors influencing quality of fresh meats. *The Science of Meat and Meat Products*. 1960;266.
- Wina E, Abdurrohman D. The formation of 'ruminal bypass protein' (*in vitro*) by adding tannins isolated from *Calliandra calothyrsus* leaves or formaldehyde. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 2005;10:274-80.
- Windschitl P, Stern M. Evaluation of calcium lignosulfonate-treated soybean meal as a source of rumen protected protein for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 1988; 71:3310-22.
- Winiarska-Mieczan A, Kwiecień M. The effects of copper-glycine complexes on chemical composition and sensory attributes of raw, cooked and grilled chicken meat. *Journal of Food Science and Technology*. 2015;52:4226-35.
- Wolff J, Bergman E. Gluconeogenesis from plasma amino acids in fed sheep. *American Journal of Physiology-Legacy Content*. 1972;223:455-60.
- Wong KH, Abdul Aziz S, Mohamed S. Sensory aroma from Maillard reaction of individual and combinations of amino acids with glucose in acidic conditions. *International Journal of Food Science and Technology*. 2008;43:1512-9.
- Wu C, Liu J, Kong X, et al. Effects of dietary arginine and alanine on meat quality, amino acid composition and antioxidant function in Huanjiang mini-pigs. *Chinese Journal of Animal Nutrition*. 2012;24:528-33.
- Yamamoto S, Tomoe M, Toyama K, et al. Can dietary supplementation of monosodium glutamate improve the health of the elderly? *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2009;90:844S-9S.
- Zhang F, Klebansky B, Fine RM, et al. Molecular mechanism for the umami taste synergism. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008;105:20930-4.
- Zhang X, Zhang Y, Meng Q, et al. Evaluation of beef by electronic tongue system TS-5000Z: Flavor assessment, recognition and chemical compositions according to its correlation with flavor. *PLoS One*. 2015;10:e0137807.
- Zhao GQ, Zhang Y, Hoon MA, et al. The receptors for mammalian sweet and umami taste. *Cell*. 2003;115:255-66.
- Zhao J, Wang T, Xie J, et al. Meat flavor generation from different composition patterns of initial Maillard stage intermediates formed in heated cysteine-xylose-glycine reaction systems. *Food Chemistry*. 2019;274:79-88.
- Zhong Q, Shah B. Surface coating of l-glutamine solid microparticles for enteric delivery. *Journal of Food Engineering*. 2013;114:538-44.
- Zhou Z, Bulgari O, Vailati-Riboni M, et al. Rumen-protected methionine compared with rumen-protected choline improves immunometabolic status in dairy cows during the peripartal period. *Journal of Dairy Science*. 2016;99:8956-69.
- 2019 축산물등급판정 통계연보. 2019. 축산물품질평가원  
 축산과학원. 한국표준사료성분표. 축산과학원 2017.

[별첨 1]

## 연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 한우 근내 풍미 증진을 위한 유용 아미노산 조성 반추가축 사료 및 첨가제 개발				
	(영문) Study on development of diets and additives containing efficient amino acids related to the meat flavor improvement of Hanwoo cattle				
주관연구기관	한경대학교		주 관 연 구	(소속) 한경대학교	
참 여 기 업	농업회사법인 (주) 대산 (주)더키움바이오		책 임 자	(성명) 김창현	
총연구개발비  (천원)	계	1,000,000	총 연 구 기 간	2018. 7. 31~2020. 12. 31(2년 6월)	
	정부출연 연구개발비	750,000	총 참 연 구 원 수	총 인 원	53명
	기업부담금	250,000		내부인원	53명
	연구기관부담금	0		외부인원	0명
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 연구개발 목표           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소고기의 육량과 풍미를 증진할 수 있는 사료 배합비 및 사료첨가제 개발</li> </ul> </li> <li>● 연구 성과           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우 비육을 위한 국내 최초 대사단백질시스템을 도입</li> <li>- 제1 제한 아미노산과 풍미증진 아미노산 공급을 증진시키는 사료배합비의 개발</li> <li>- 대표적 사료 원료의 사료 원료별 아미노산 by-pass율 측정 및 비교 분석</li> <li>- 대표적 단백질 사원에 대한 반추위 내 미생물 군세변화 측정</li> <li>- 개발 사료배합비에 의한 한우 근내 풍미 증진 관능검사 및 맛인식장치를 활용한 분석</li> <li>- 소고기의 풍미증진을 위한 유리 아미노산을 공급할 수 있는 사료첨가제의 개발</li> </ul> </li> </ul> <p>○ 연구내용 및 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 한우 등심육 등 4개 부위의 단백질 및 아미노산 조성, 원료사료에 따른 한우 반추위 내 미생물체 단백질의 아미노산 조성 및 반추위 미분해 사료단백질의 통과율과 그 아미노산 조성을 규명하여 국내 최초 한우 비육말기의 대사단백질공급체계를 개발</li> <li>● 최초 한우 비육말기 대표 단백질 사료원에 대한 아미노산 수준 까지의 기초자료에 따른 반추위 내 미생물 발효특성 및 by-pass단백질과 by-pass 아미노산에 대한 <i>in vitro</i>, <i>in situ</i>, <i>in vivo</i> 데이터 확보</li> <li>● 한우 급여 단백질 사료원에 따른 반추위 내 미생물군세 변화 규명</li> <li>● 한우 비육말기 육량증진을 위한 제1 제한 아미노산 공급용 사료배합비 개발 및 개발된 사료를 급여하는 한우 비육말기 사양실험을 통해 육량(등심면적)이 증가하였음.</li> <li>● 사양실험 진행 후 도축한 한우의 등심을 회수하여 아미노산 분석을 진행한 결과, 대조구에 비해 한우의 풍미 증진에 관여하는 glutamic acid와 alanine함량이 높은 한우육 개발</li> <li>● 관능평과 결과 대조구에 비해 unami, tenderness, flavour, jiciness, overall acceptability 점수가 높아 풍미증진 효과 규명.</li> </ul>					

- 전자혀 분석 결과 개발된 사료배합비를 적용하였을 때 한우육의 감칠맛(umami)이 더 높았음.
- 소고기의 단백질 함량 및 근내 풍미증진 아미노산 함량 증가로 감칠맛 증진 효과 확인
- 소고기의 풍미(특히 감칠맛)를 증진시키는 아미노산(glutamate, alanine)을 물리적으로 보호하여 반추위 내에서 분해되지 않고 소장에서 흡수될 수 있도록 하는 사료첨가제의 시제품 개발 - *In situ* 방법에 따라 평가 시, 반추위 내 보호율 약 65% 이상 달성
- 개발된 반추위보호 아미노산을 비육말기 거세우에 급여하여 관능평가를 수행한 결과, 대조구에 비하여 소고기의 감칠맛이 증가하였음

○ 연구성과 활용실적 및 계획

● 활용실적

- 반추위 내 미생물 합성량(microbial protein synthesis)을 활용해 SCI급 논문을 게재함 (ISSN: 1011-2367)
- 육량 및 풍미 강화용 한우 비육 말기 사료 조성물 (특허출원번호: 10-2020-0175990, 기술이전 1건)
- 해당 과제에서 습득한 노하우를 적용해 가축사양관리 교육을 실시
- 한육우 소비자 패턴 변화에 따른 근내풍미가 증진된 한우 사양관리기술을 현장에 바로 적용가능함.
- 한육우에 대한 소비자 요구에 충족하는 근내풍미에 대한 객관적 평가가 가능
- 한육우의 지방위주의 평가가 아닌 근내풍미를 증진 시킬 수 있는 사료배합비, 사양실험, 육질 및 관능평가에 데이터를 확보.
- 국내 최초 반추위보호 비필수 아미노산 사료첨가제 개발 (특허출원번호: 10-2021-0010212, 시제품 개발)
- 반추위보호 비필수 아미노산의 첨가 방법에 따른 생산성 향상기술(기술실시 2건)

● 활용계획

- 기술적 측면: 균형된 아미노산을 공급할 수 있는 대사단백질시스템을 적용한 사료의 급여로 근육 단백질의 양을 증가시키고, 풍미 관련 반추위보호 아미노산의 급여를 통해 풍미가 향상된 소고기 생산 및 한우 사양표준 개정에 필요한 기초자료로 제공. 특히, 감칠맛을 유발하는 반추위보호 비필수 아미노산 첨가제는 아직 국내에서 개발되거나 연구된바 없는 새로운 형태로서 소고기의 풍미 증진과 관련하여 상대적으로 기술적 우위를 선점할 수 있음.
- 경제적·산업적 측면: 균형아미노산 공급체계 개발을 통해 단백질 사료의 손실을 줄임과 동시에 비육기 사양관리기간의 단축으로 사료비를 절감하여 농가소득 향상. 소비자들의 소고기에 대한 선호도가 변화되고 있어 한우의 근내 풍미증진에 관여하는 최초 사료급여프로그램으로 산업적 활용도가 높음. 또한 개발된 반추위보호 아미노산은 기존에 상용화된 필수아미노산과 함께 축산업 현장에 적용할 수 있고, 아시아 및 축산 선진국에 수출을 기대할 수 있을 것으로 판단됨.
- 사회적 측면: 정밀 사료 급여체계를 통해 생산된 육량 및 풍미가 높은 소고기를 섭취하여 지방의 과잉섭취를 예방함으로써 소비자의 건강을 증진하고, 지방에 의한 한우 풍미와 더불어 근내 풍미가 증가한 소고기에 대한 소비자 선호도를 충족하며 가축의 질소과잉배출을 방지하여 환경을 개선함.



[별첨 2]

## 자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		118073-03	
사업구분	농식품기술개발사업				
연구분야	축산 / 동물사료 · 사육			과제구분	단위
사업명	농생명산업기술개발사업				세부
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	한우 근내 품미 증진을 위한 유용 아미노산 조성 및 반추가축 사료 및 첨가제 개발			과제유형	(응용)
연구기관	한경대학교 산학협력단			연구책임자	김창현
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2018. 07. 31. ~ 2018. 12. 31.	62,000	18,000	80,000
	2차년도	2019. 01. 01. ~ 2019. 12. 31.	94,000	36,000	130,000
	3차년도	2020. 01. 01. ~ 2020. 12. 31.	105,000	45,000	150,000
	계		261,000	99,000	360,000
참여기업	농업회사법인 주식회사 대산				
상대국	-	상대국연구기관		-	


2. 평가일 : 2021년 1월 30일

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
한경대학교	교수	김창현

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약 

# I. 연구개발실적

## 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 사료원료에 따른 반추위 미생물체 단백질의 아미노산 조성을 규명하였고 이를 근거로 국내 최초 한우 사양을 위한 대사단백질공급체계를 개발하였음.
- 풍미와 육량을 증진시킬 수 있는 대사단백질공급체계에 적합한 사료배합비를 개발하였으며, 사양실험을 통해 이를 실증하였음.

## 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 균형아미노산 공급체계 개발을 통해 단백질 사료의 손실을 줄임과 동시에 비육기 사양관리기간의 단축으로 사료비 절감 등을 통해 농가소득향상
- 소비자의 소고기 선호도 변화를 반영한 한우의 근내 풍미증진에 관여하는 최초의 사료급여프로그램의 개발로 산업 및 사회적 파급효과가 높음

## 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 소고기의 풍미 및 육량증진을 위한 사료배합비 개발결과를 통해 소고기 육등급제도의 개선에 대한 정부정책 개선에 활용
- 한우사양표준 개정시 한우 단백질요구량 및 공급량과 관련되어 대사단백질시스템의 적용에 활용
- 한우사육농가 및 사료제조업체에서 사료급여 및 생산에 대사단백질시스템을 적용하는 기술지원에 활용
- 비육말기 뿐만 아니라 육성기와 비육전기의 한우에대한 풍미증진기술 및 단백질공급시스템 개발에 필요한 연구의 기초자료로 활용

## 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 본 연구는 한우를 대상으로 국내 최초로 사료 및 사료첨가제를 통해 풍미와 육량을 증가시키는 것을 목표로 수행되었으며, 2.5년의 연구 기간 동안 기존에 분석하지 않은 미생물의 아미노산 분석과 대사단백질시스템을 적용한 사양실험 등 새로운 연구기법을 적용하여 짧은 연구 기간임에도 불구하고 대부분의 목표를 달성하여 성실히 연구를 수행한 것으로 판단됨.

## 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 세부연구기관에서 수행한 연구결과를 특허출원 1건, 기술지도 1건, 학술대회발표 3건 등의 성과를 확보하였으며, 연구종료 후 특허등록과 추가 논문게재가 예정 중에 있음.



## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
한우 근육단백질합성량 증진을 위한 균형아미노산 대사단백질(MP) 공급 체계분석	20	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우의 MP시스템 적용을 위한 국내외 자료분석을 통해 한우 MP시스템개발의 기초자료확보함</li> <li>○ 등급 및 부위별 한우 소고기의 아미노산 조성분석을 통해 MP요구량 기초자료를 확보함.</li> <li>○ 반추위 내 미생물체 단백질의 아미노산 조성에 대한 국내외 자료분석을 하였으며, 본 자료를 통해 자체 연구자료와 비교하였음.</li> </ul>
한우의 균형 아미노산 공급용 최적 사료배합비 유형 선정	15	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 단백질 원료사료 15종에 대한 아미노산 조성을 분석하였으며 기존자료와 비교분석하였음.</li> <li>○ 근육단백질합성을 위한 MP시스템을 적용한 아미노산요구량을 산정하기 위해 MP 내 공급되는 아미노산과 근육내 아미노산을 비교하여 제1 제한 아미노산을 결정하였음.</li> <li>○ 사료원료별로 미생물체 단백질 내 아미노산과 반추위 미분해 사료단백질을 분석하여 사료원료별 제한아미노산을 제시하였음.</li> <li>○ 한우의 MP 내 균형아미노산 공급이 가능한 사료배합유형을 제시하였음.</li> </ul>
원료사료별 <i>in vitro</i> 반추위 발효특성 및 반추위 내 미생물단백질 합성량 및 아미노산 조성 분석	15	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원료사료에 따른 반추위 내 미생물체 단백질의 아미노산 조성을 국내 최초로 규명하였음.</li> <li>○ 소장에 공급되는 반추위 내 미생물단백질 유래 아미노산의 공급량을 산출하여 배합비 개발에 적용하였음..</li> </ul>
MP 내 개별 아미노산 흡수량 및 근육조직 내 단백질합성량 수식 산정	15	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원료사료별 RUP 및 MCP 내 아미노산의 최종 흡수량을 결정하여 MP 내 공급량을 결정하였음.</li> <li>○ 원료사료별 MP로부터 근육단백질로의 전환율 0.3을 적용한 합성량을 규명하였음.</li> </ul>
비육말기 거세한우의 근육 단백질합성량 극대화를 위한 균형아미노산 공급용 사료배합비 개발	35	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 비육말기 균형아미노산 공급 및 풍미증진에 효과가 있는 사료배합비를 제시하였음.</li> <li>○ 개발된 배합비를 적용하여 한우사양실험을 실시하였으며, 육량 및 풍미 증진 효과를 확인함.</li> </ul>
합계	100		

### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 계획시 목표한 연구결과를 100% 이상 충분히 달성하였으며, 대사단백질시스템을 적용한 연구는 한우 관련하여 최초로 연구가 되었음. 국제적이지는 않지만, 국내 한우산업에 적용이 필수적인 결과물이라고 판단함.
- 소비자의 소고기에 대한 선호도가 변화하고 있어 앞으로 한우산업의 경쟁력 제고를 위해서는 소고기 생산기술이 변화해야 하며, 본 연구 결과가 이러한 변화에 적극적으로 활용될 수 있을 것으로 평가됨.

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 한우 사양시험을 농가현장에서 최선의 노력을 다하여 수행하였으나, 영양학적으로 정밀하게 관리가 된 결과의 도출이 어려웠던 점에 대한 이해를 요청함.

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 한우사양표준에 대사단백질시스템이 적용되어야 하며, 이러한 적용을 위한 산업화 연구가 아닌 기초 연구의 지속적 수행이 필요.
- 소고기 육등급제도 개선에 대한 정책수립시 풍미와 관련된 부분이 검토되기를 희망함.
- 비육말기에만 적용된 연구결과이기에 향후 한우 사육 전단계에 대한 대사단백질시스템과 풍미증진과 관련된 연구의 추진이 필요.

#### IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

##### 1. 연구책임자의 의견

--

##### 2. 연구기관 자체의 검토결과

--

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호	118073-03		
사업구분	농생명산업기술개발사업				
연구분야	축산 / 동물사료 · 사육			과제구분	단위
사업명	농생명산업기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	한우 근내 품미 증진을 위한 유용 아미노산 조성 반추가축 사료 및 첨가제 개발			과제유형	응용
연구기관	중앙대학교			연구책임자	장문백
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2018. 07. 31 ~ 2018. 12. 31	93,000	27,000	120,000
	2차연도	2019. 01. 01 ~ 2019. 12. 31	146,000	54,000	200,000
	3차연도	2020. 01. 01 ~ 2020. 12. 31	105,000	45,000	150,000
	계		344,000	126,000	470,000
참여기업	(주)더키움바이오				
상대국	-	상대국연구기관	-		

2. 평가일 : 2021년 1월 30일

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
중앙대학교	교수	장문백

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약

## I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 반추동물 단백질사료원을 대상으로 최초 한우의 대사단백질공급체계를 기초로 하는 배합비 개발에 따른 한우 아미노산 조성변화에 따른 근내풍미증진 효과를 규명하였음.
- 맛인식장치 이용을 통해 한우의 근내풍미에 대한 객관적 데이터를 확보를 위한 기초자료를 확보하였음

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 한우육 소비자들의 소비패턴 변화에 맞춘 아미노산 위주의 근내 풍미증진효과를 기대할 수 있으며, 특히 근내지방축적을 위한 한우비육말기 사양기간 단축에 따른 생성성 증대효과가 기대됨.
- 향후 맛인식 장치를 활용한 한우의 근내풍미에 대한 객관적 데이터를 제시할 수 있음.

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 한우육 소비자 패턴 변화에 따른 근내풍미가 증진된 한우 사양관리기술을 현장에 바로 적용가능함.
- 한우육에 대한 소비자 요구에 충족하는 근내풍미에 대한 객관적 평가가 가능할 것으로 사료됨.

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 한우육의 지방위주의 평가가 아닌 근내풍미를 증진 시킬 수 있는 사료배합비, 사양실험, 육질 및 관능평가에 데이터를 확보함.

### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 제1협동과에서 수행한 연구결과는 국내논문 1건(게재 예정), 교육지도 4건, 학술대회 4건(국내 3건, 국제 1건), 인력양성(석사 1명) 등의 성과를 확보하였음.

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
NRC 사양표준에서 제시한 대표적 단백질원 사료 원료 12종의 단백질 및 원료 17종의 아미노산 분석함량 실증 데이터 확보	20	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농가현장에서 사용되고 있는 한우 비육말기 단백질 사료원에 대한 단백질 및 아미노산 함량에 대한 데이터 확보하였음.</li> <li>○ 반추가축 급여 단백질 사료원의 <i>in situ</i> 실험을 통한 by-pass율의 기초데이터 확보함.</li> </ul>
선정 대표 단백질 사료원에 대한 아미노산 by-pass율 측정 및 풍미증진 아미노산 수준 분석	20	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 반추가축 단백질 사료원에 대한 아미노산 by-pass율 기초자료를 확보함</li> <li>○ 반추가축 단백질 사료원의 과 근내 풍미 증진에 영향을 미치는 아미노산(glutamate, alanine)의 함량 규명</li> <li>○ 단백질 사료원의 <i>in vitro</i> 실험을 통한 반추위 내 미생물의 아미노산 함량 규명함</li> <li>○ 단백질 사료원의 <i>in vitro</i> 실험을 통한 반추위 내 미생물 군세 변화 규명</li> </ul>
한우 근내 풍미 증진을 위한 개발 사료배합비에 다른 한우육의 일반성분, 아미노산, 혈액 분석	30	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1세부과제에서 한우풍미증진을 위한 배합비에 따른 사양실험 진행 및 등심 및 혈액 내 풍미증진 구성 및 유리아미노산 함량 규명함</li> <li>○ 근내 풍미증진에 관여하연 아미노산 함량 증가 효과 확인함</li> </ul>
한우 근내 풍미 증진을 위한 개발 사료배합비에 다른 한우육의 관능평가 및 맛인식장치를 이용한 근내 풍미 증진효과 규명	30	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 관능평가를 통한 개발 사료배합비의 근내 풍미증진 효과를 확인함</li> <li>○ 육질평가를 실시하여 개발사료급여 한우의 풍미증진 요인 확인함</li> <li>○ 최초 맛인식장치 활용 개발 사료배합비의 한우의 근내풍미 증진 효과 확인함.</li> </ul>
합계	100		

### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 한우풍미증진 개발사료에 대한 한우 근내 풍미증진을 증진 시킬 수 있으며, 소비자 선호도의 변화에 따른 한우비육 말기 근내 지방축적을 위한 사양기간 단축에 의해 농가 현장의 생산성을 극대화 할 수 있을 것으로 판단함.

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 국내 반추가축용 단백질 사료원의 한우에 대한 대사단백질시스템 기초자료 확보 및 한우사양표준에 활용가능성에 대한 평가 필요함.
- 맛인식장치를 통한 한우의 근내 풍미에 영향을 미치는 객관적 데이터 확보 방안 확립

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 최초 한우에 대한 단백질 사료원에 대한 실증 자료의 현장 활용방안 모색이 필요하며, 향후 생애주기 전체에 대한 반추위 내 미생물을 포함한 대사단백질에 연구가 절실한 상황임.
- 한우사양표준에 본 연구결과의 연계 방안이 필요함.

#### IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

##### 1. 연구책임자의 의견

--

##### 2. 연구기관 자체의 검토결과

--



[별첨 2]

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호	118073-03		
사업구분	농생명산업기술개발사업				
연구분야	축산 / 동물사료 · 사육		과제구분	단위	
사업명	농생명산업기술개발사업			협동	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	한우 근내 품미 증진 아미노산 극대화를 위한 보호 아미노산 개발		과제유형	(응용)	
연구기관	경북대학교		연구책임자	김은중	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	-	-	-	-
	2차연도	2019.01.01. ~ 2019.12.31	80,000	-	80,000
	3차연도	2020.01.01. ~ 2020.12.31	100,000	-	100,000
	계	2019.01.01. ~ 2020.12.31	180,000	-	180,000
참여기업	-				
상대국	-	상대국연구기관	-		

2. 평가일 : 2021년 1월 30일

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
경북대학교	부교수	김은중

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
----	---

# 1. 연구개발실적

## 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

○ 기존에 상용하는 반추위 보호 아미노산은 착유우 또는 드물게 성장기 비육우에 있어 필수 아미노산의 첨가를 기반으로 한 실험과 기술의 보급이 주로 이루어졌으며 비필수 아미노산에 관한 실험은 매우 미비한 실정이었으나 해당 연구를 통하여 비필수 아미노산의 반추동물에 대한 활용 가능성을 제시하였으며 국내 소비자들이 선호하는 소고기의 풍미 증진 효과 규명

## 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

○ 비필수 아미노산 첨가제 급여와 고기의 숙성을 통한 풍미 증진을 통한 마블링 위주의 선호도 개선 및 국민건강에 긍정적인 영향을 줄 것으로 판단됨  
○ 비필수 아미노산 첨가제의 시장은 전무한 상황으로 새로운 시장의 선도자로 갈 수 있는 발판 마련

## 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

○ 연구개발 과정에서 반추위 내 비필수 아미노산의 보호율을 증진하는 보호 방법을 개발하였으며, 이를 토대로 한 반추위 보호 첨가제의 효율을 증진할 것으로 판단됨.

## 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

○ 반추위 보호 문헌조사 및 상업제품 탐색을 선행으로 진행하여 반추위 보호 비필수 아미노산 개발을 진행하여, 한우 *in situ* 반추위 보호율 측정과 *in vivo* 혈장 아미노산 함량 측정 및 도축 후 도체특성, 관능평가 분석 및 등심근 아미노산 분석, 맛 분석 기기를 통한 관능적 맛 특성을 분석하였으며 이는 계획서에 작성된 목표를 성실히 수행하였음.

## 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

○ 특허출원 1건, 기술이전 2건, 제품화 1건, 학술발표 1건, 인력양성 2건, 교육지도 1건으로 연구개발 성과를 달성하였으며 곧 학술 논문게재, 국제학술발표를 진행할 예정임

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
아미노산 중심 문헌조사 및 상업용 제품 탐색	10	100	반추동물 및 단위동물에 비필수 아미노산 급여 실험을 진행한 논문 조사 및 실제 시판 중인 제품 탐색 수행
반추위 보호 아미노산 첨가 시 <i>in vitro</i> 반추위 발효특성 및 건물소화율 구명, 반추위 내 보호율 측정	20	100	누관이 장착된 한우 암소를 이용하여 <i>In situ</i> 반추위 내 보호율 측정 수행하였음. 보호 아미노산의 반추위 내 보호율이 매우 높은 것으로 나타남. 따라서 <i>in vitro</i> 반추위 발효 특성에 유의적인 영향을 미치지 않을 것으로 판단
Rumen-protection method 개발 탐색	10	100	Lignosulfonate 및 주정박을 이용한 반추위 비필수 아미노산의 펠릿 제작 및 지질코팅 방법 제시
감칠맛, 단맛 유발 아미노산 첨가제 급여에 따른 한우 혈액 내 유리 아미노산 함량 조사	25	100	한우 번식우를 이용하여 풍미에 영향을 미치는 비필수 아미노산 첨가제 급여 후 혈장 내 유리 아미노산 분석
도축 후 도체 성분 분석	25	100	육우(Holstein steers)를 이용한 반추위 보호 비필수 아미노산을 비육 말기에 급여 시 도체특성, 관능평가, 등심근의 아미노산 조성, 맛 분석 기기를 통한 관능적 맛 특성 평가
합계	100점	100	

### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 비육우에 감칠맛, 단맛을 유발하는 아미노산을 반추위 내에서 분해되지 않고 소장으로 유입, 흡수되도록 보호하는 방법을 제시하였음. 이러한 기술은 아직 국내에서 상용화된 바 없음.
- 반추위 보호 비필수 아미노산의 급여 후, 채취한 등심근의 관능평가 실험을 통하여, 풍미 개선, 그리고 Overall acceptability가 증가하는 것으로 나타나, 고급육의 평가에 이용하는 ‘근내 지방’에 추가로 풍미를 개선할 수 있는 방법을 제시하였음.

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 기존 실험에서 반추동물과 비필수 아미노산이 풍미에 미치는 영향에 관한 선행 실험이 전무한 실정임. 따라서 비교할 수 있는 결과가 매우 드물고 특히, 국내에서 수행한 연구결과와 비교하기에 어려움
- 근내 지방으로 제한된 고급육 시장에 감칠맛, 단맛 등의 풍미를 향상할 수 있다면 한우/국내산 비육우의 선호는 수입 제품에 비하여 개선되고 건강의 우려 또한 감소할 수 있을 것으로 판단됨.

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 한우의 풍미에 영향을 미치는 다양한 물질과 비필수 아미노산의 상승효과를 연구한다면 근내지방 중심의 한우의 맛에서 발전된 다양한 풍미의 한우의 맛을 개발할 수 있을 것으로 전망됨.

#### IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

##### 1. 연구책임자의 의견

--

##### 2. 연구기관 자체의 검토결과

--

[별첨 3]

## 연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	축산 / 동물사료 · 사육	
연구과제명	한우 근내 풍미 증진을 위한 유용 아미노산 조성 및 반추가축 사료 및 첨가제 개발			
주관연구기관	한경대학교 산학협력단		주관연구책임자	김 창 현
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	750,000,000 원	250,000,000 원	-	1,000,000,000 원
연구개발기간	2018. 7. 31. ~ 2020. 12. 30.			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타(      ) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:      )			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 한우 근육단백질합성량 증진을 위한 균형아미노산 대사단백질 (MP) 공급체계분석 및 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원료사료에 따른 반추위 내 미생물단백질 합성량 및 아미노산 조성 규명</li> <li>○ 원료사료에 따른 반추위 미분해 사료단백질의 아미노산 조성 규명</li> <li>○ 근육단백질 요구량 산정을 위한 한우 소고기의 아미노산 조성 규명</li> <li>○ 아미노산 관련 연구결과와 기존의 연구자료를 비교분석하여, 한우 비육말기 원료사료를 이용한 대사단백질공급시스템 산정방법 및 공급량 제시</li> </ul>
② 한우의 균형 아미노산 공급용 최적 사료배합비 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발된 한우 비육말기 대사단백질시스템을 적용하여 기존사료에서 제1 제한 아미노산과 풍미 증진 아미노산을 증가시키는 사료배합비 개발</li> <li>○ 한우 비육말기 사양시험을 통한 개발된 사료의 육량개선 및 풍미증진 효과를 검증</li> </ul>
③ NRC 사양표준에서 제시한 대표적 사료 원료의 사료 원료별 아미노산 by-pass을 측정 및 비교 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최초 한우 비육말기 대표 단백질 사료원에 대한 아미노산 수준 까지의 기초자료에 따른 반추위 내 미생물 발효특성 및 by-pass단백질과 by-pass 아미노산에 대한 <i>in vitro</i>, <i>in situ</i>, <i>in vivo</i> 데이터 확보</li> </ul>

④ NRC 사양표준에서 제시한 대표적 단백질 사원에 대한 반추위 내 미생물 군세변화 측정	○ 한우 급여 단백질 사료원에 따른 반추위 내 미생물군세 변화 규명
⑤ 개발 사료배합비에 의한 한우 근내 풍미 증진 관능검사 및 맛인식장치를 활용한 분석	○ 관능평가 결과 대조구에 비해 unami, tenderness, flavour, jiciness, overall acceptability 점수가 높아 풍미증진 효과 규명 ○ 단백질 함량 및 근내 풍미증진 아미노산함량 증가로 감칠맛 증진 효과 확인
⑥ 근내 풍미 증진을 위한 반추위보호 비필수 아미노산 사료첨가제의 개발	○ 문헌에 보고된 풍미를 증진하는 비필수 아미노산을, 특정 기술을 통해 보호하여 반추위보호 비필수 아미노산 개발 ○ 개발된 반추위보호 비필수 아미노산 사료첨가제의 보호율 평가를 통하여 보호아미노산 가치 검증
⑦ 개발된 반추위보호 비필수 아미노산을 통한 비육말기 육우 근내 풍미 증진 실증 실험	○ 비육말기 육우 사양실험을 통하여 개발된 반추위보호 비필수 아미노산 사료첨가제의 육질개선 및 풍미 증진 효과 검증

### 3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치		논문		학술발표	정책 활용			홍보 전시		
												SCI	비SCI						논문 평균 IF	
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	건	명	건	건	-	
가중치	20	20	-	20	-	3	2	-	5	-	-	-	-	10	10	10	-	-	-	
최종목표	2	2	-	2	-	1	3	-	1	-	-	3	2	1.0	5	4	2	-	-	-
연구기간내 달성실적	2	-	-	3	-	1	-	-	0	-	-	2	0	1.9	8	5	4	-	-	-
달성율(%)	100	-	-	150	-	100	-	-	0	-	-	100	0	190	160	125	200	-	-	-

#### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	한우육의 풍미 및 근육단백질합성량 증진을 위한 균형아미노산 대사단백질(MP) 공급체계
②	원료사료별 한우 반추위 내 미생물체 단백질의 아미노산 조성
③	비육말기 거세한우 육량 및 풍미 강화용 사료조성물 및 사료제조방법
④	한우를 대상으로 한 NRC 사양표준에서 제시된 단백질 사료원 15종의 단백질공급체계에 대한 국내 최초 농가현장 접목 실증데이터 확보
⑤	한우의 급여 단백질공급체계를 고려한 급여사료에 따른 근내풍진 증진 아미노산 증진효과 규명
⑥	한우 및 육우의 근내풍미증진에 대한 개관적 평가 방안 확보
⑦	반추위보호 비필수 아미노산의 첨가 방법에 따른 생산성 향상 및 육질 개선 기술

#### 5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장에로 해결	정책 자료	기타
①의 기술		v		v				v	v	
②의 기술		v			v				v	
③의 기술	v					v		v	v	
④의 기술	v									
⑤의 기술	v									
⑥의 기술				v						
⑦의 기술						v	v			

#### 6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우사양표준에 대사단백질시스템 적용을 위한 기초자료로 활용하여 한우 사료의 단백질 이용을 증진</li> <li>○ 한우 사육농가 및 사료생산업체에 사료공급 및 생산기술 지원</li> </ul>
②의 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 대사단백질시스템의 적용을 위한 필수기초자료로 활용 및 균형아미노산 공급과 풍미증진에 관련된 아미노산의 공급조절기술관련 추가연구에 활용</li> </ul>
③의 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 육량 및 풍미를 증진할 수 있는 사료급여 및 생산기술의 적용으로 한우사육농가의 사료비 절감 및 사육기간 단축</li> <li>○ 한우육 등급기준에 맞 관련 평가기준의 추가 및 소비자의 건강과 선호도를 고려한 소고기 유통활성</li> </ul>



④의 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우의 단백질 급여사료는 생애전주기 동안 생산성에 많은 영향을 미침. 본 연구에서 한우의 비육말기 대사단백질시스템을 고려하여 사료를 제조하기 위한 급여 단백질 사료원에 대한 정보는 사료제조와 농가현장에서 사료배합에 바로 적용할 수 있음</li> <li>○ 한우의 비육말기 통과 단백질 및 아미노산 수준을 고려된 사료급여 프로그램에 적용이 가능함</li> </ul>
⑤의 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우를 대상으로 대사단백질시스템 적용을 통한 근내풍미를 증진시킬 수 있는 아미노산(glutamate)함량 증가를 규명하였음</li> <li>○ 향후 한우육의 근내풍미 증진시키는 소비자 패턴 변화에 대비할 수 있으며, 비육말기 사양기간 단축에 따른 농가 생산성 증진에 기여할 수 있음</li> </ul>
⑥의 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 맛인식장치를 이용한 한우육의 근내풍미를 객관적 방법으로 제시할 수 있음</li> <li>○ 한우육 근내 아미노산 조성에 따른 근내풍미에 대한 최초 맛인식장치를 기초데이터 확보하였으며, 현장에 적용이 가능함</li> </ul>
⑦의 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고기의 풍미와 관련된 아미노산 중 glutamate, glycine을 3:1의 비율로 혼합하여 반추위에서 분해되지 않고 소장으로 유입되어 흡수될 수 있도록 고안하였으며 육우에 급여함으로써 고기 풍미 증진</li> </ul>

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권		기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (타 연구 활용 등)	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문				학술발표	정책활용		홍보전시
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치	20	20	-	20	-	3	2	-	5	-	-	-	10	10	10				
최종목표	2	2	-	2	-	1	3	-	1	-	-	3	2	1.0	5	4	2		
연구기간내 달성실적	2	-	-	3	-	1	-	-	0	-	-	2	0	1.9	8	5	4		
연구종료 후 성과창출 계획		2					3					1	2						



주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.