

# 거세한우 육량향상을 위한 알칼로이드계열 천연물 이용 사료첨가제 개발

## Development of Natural Alkaloid-feed Additive for Enhancing Yield Grade of Hanwoo Steers

강동훈<sup>1</sup>

Dong Hun Kang  
미시간주립대학교  
동물학과

박보혜<sup>2</sup>

Bo Hye Park  
국립한국농수산대학교  
축산학부

장선식<sup>3</sup>

Sun Sik Jang  
국립축산과학원  
한우연구소

정기용<sup>2\*</sup>

Ki Yong Chung  
국립한국농수산대학교  
축산학부

<sup>1</sup> Department of Animal Science, Michigan State University, MI 48824, USA

<sup>2</sup> Department of Livestock, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

<sup>3</sup> Hanwoo Research Institute, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Pyeongchang 25340, Korea

### ABSTRACT

This study was indicated that both potato leaves and stems contained certain amount of alkaloids compounds which digested in the rumen of Hanwoo steers. Three candidate plant byproducts such as potato, tomato, and eggplant were collected and dried for making feed additives. Among the candidate byproducts, potato extract was contained  $2.05 \pm 0.27$  mg/g of  $\alpha$ -chaconine and  $0.60 \pm 0.08$  mg/g of  $\alpha$ -solanine. These glycoalkaloids was potentially activated as functional compounds to skeletal muscle in beef cattle. However, tomato and eggplant byproducts were not detected any alkaloids compounds. After potato byproducts collected and dried for 24 hours, dry matter of potato byproduct were used as feeding study for evaluating active dose titrations. For evaluating dietary rate of rumen microbes, potato dry matter were treated with *in situ* hybridization for 72 hours using annulated Hanwoo steers. The glycoalkaloids contained potato dry matter were digested until 12 hours after treatment. Blood concentration of glycoalkaloids were not detected after 24 hours treatment of potato dry matter. These data indicated that potato byproduct were digested with rumen microbes for 24 hours after treatments.

**Keywords:** Adiogenesis, Carcass characteristics, Myogenesis, Hanwoo

Received Jun. 5. 2024  
Revised Jun. 28. 2024  
Accept Jun. 30. 2024

\*Correspondence  
Ki Yong Chung  
cky95@korea.kr

### 서론

우리나라의 한우산업은 한우소고기의 국제경쟁력을 확보하기 위하여 지금까지 꾸준히 개량을 해왔다. 한우의 평

균도체중의 경우 2000년에 평균 343kg이었던 것에 비해 2022년은 평균 415kg으로 약 70kg 정도 증가하였고, 육질의 경우 근내지방도가 평균 3.6에서 5.3로 증가를 하였다(2023년도 축산물 품질평가원). 더욱이, 1992년 도체등



급제도가 실시된 후 1등급이상 출현율은 2000년 24% 대비 2022년 75%로 대폭 상승하였다. 하지만 높아지는 육질에 비하여 문제점으로 대두되는 것이 늘어나는 비육기간과 줄어드는 육량등급이다. 비육기간은 2009년 평균 30.2개월에서 2022년 30.7개월로 늘어났다. 비육기간연장은 생산비 증가, 육량등급 감소 및 사료비 상승 등으로 연결된다. 이는 한우산업에서 해결해야 하는 중요문제이지만 아직까지 뚜렷한 대안이 없다. 지난 20년간 한우 비육프로그램의 변화 중 가장 획기적인 것 중 하나가 지속적인 거세율의 상승이었고 이와 비례하여 거세우 1등급이상 출현율 또한 증가하였다. 반면에 육량등급은 20년전 A등급 출현율 36.2%에 비해 현재 29%로 약 7%정도 감소하였고, C등급 출현율은 2000년 10.7%에서 2022년 20%로 약 10%정도 증가하였다(2023년도 축산물 품질평가원). 미국에서 생산되는 소고기의 약 80%이상이 한 가지 이상의 성장촉진제를 사용하고 있다고 보고되고 있으며(Delmore 등 2011), 이는 지난 10년 동안 미국 비육우의 육량등급을 급격하게 증가하는 결과를 나타냈다. 하지만 육량을 강화하는 성장촉진제는 근육을 증가시키는 반면 근내지방을 감소시키는 단점을 가지고 있다(Chung 등 2012). 한우생산 시스템에 맞게 성장촉진제를 이용한다면 근내지방을 유지하면서 근육량을 증가시킬 수 있는 효과적인 기술이다(Johnson 등 2014). 북미, 남미에서 사용되고 있는 아드레날린계 사료첨가물(beta adrenergic agonist)은 단기간 사용으로 육질 손실을 최소화하며, 육량 증대를 할 수 있다(Delmore 등 2011; Beckett 등 2009; Bryant 등 2010). 하지만 성장촉진제를 기피하는 우리나라에서는 이를 대체할 수 있는 천연첨가물 탐색이 필요하다. 아드레날린계 사료첨가물과 비슷한 화학구조를 가지는 알칼로이드 계열의 천연화합물의 경우 여러 가지 약용식물체에서 존재하고 있다는 연구결과가 있으나 자연상태로는 독성을 가진 식물들이 많으므로 추출과 단순가공으로 정제가 필요하다(Andraws 등 2005; Aniszewski 등 2007). 이러한 식물체에서 알칼로이드 화합물의 추출은 수용성 추출과 유기용매를 이용한 방법이 있는데 추출비용이 저렴한 단순추출법을 이용하여 제조단가를 최소화하고 적정 투여량을 구명할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 알칼로이드 화합물을 함유한 식물체를 조사하고 대량생산이 가능한 농산 부산물인 감자, 토마토, 그리고 가지의 잎과 줄기를 포함하는 상층부를 이용하여 알칼로이드 성분을 정량분석 하였다. 정량분석 후 제

조한 알칼로이드 계열 사료첨가물을 소화시험에 이용하여 아드레날린계 계열 사료첨가제 대체제로 사용할 수 있는지 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 후보물질 선별 및 수거

본 시험을 수행하기 위해 후보물질들을 선별하여 실증 시험용 첨가제를 제조하였다. 후보물질들은 알칼로이드 성분을 포함하고 있는 작물을 이용하였고 제조비용을 최소화하기 위하여 대규모 생산이 가능한 농산 부산물을 선별하였다(Schieber 등 2009). 농산 부산물 중 알칼로이드 성분이 많이 함유되어있는 감자, 가지, 그리고 토마토 줄기와 잎을 이용하여 첨가물을 제조하였다(Nelson 등 2010; Friedman 등 1996). 감자상층부는 대관령에 위치하고 있는 농진청 고령지 시험장에서 수거했으며, 가지는 경기도 여주에 위치한 농가에서, 토마토는 농진청 원예특작과학원에서 수거하였다. 감자, 가지, 그리고 토마토 상층부는 작물을 수확한 후 줄기와 잎부분을 바로 수거하여 24시간 상온 건조하였다(Fig. 1).

상온 건조된 건조물은 열풍건조기를 이용하여 80℃에서 24시간 건조하였고, 수분을 완전히 제거한 후 2mm 거름체를 이용하여 건조분말로 제조하였다(Fig. 2).

생산된 건조분말은 사료생산비를 감소하기 위하여 가장 저렴한 추출방법인 열수 추출법과 에탄올 추출법을 이용하여 추출물을 제조하였으며, 24시간 이후 알칼로이드 성분의 정량분석에 이용하였다(Fig. 3).

### 후보물질 가공 및 첨가제 제조

추출의 모든 과정은 재료의 수거와 가공을 신속하게 하기 위해 강릉에 위치하고 있는 강릉산업진흥원의 해양바이오 산업단의 추출방법에 의해 수행을 하였다. 추출방법은 Table 1에 나타난 방법으로 추출공정을 진행하였고 가공 전 무게와 비교하여 약 15%의 건조물을 제조하였다. 이러한 방식으로 추출한 각종 추출물들은 이후 각종 알칼로이드 성분분석을 위하여 HPLC를 이용하여 정량분석에 이용하였다.



〈Collection and drying of potato topsider〉



〈Collection and drying of eggplant topsider〉



〈Collection and drying of tomato topsider〉

**Fig. 1.** Collection and drying of high-quality leaves and stems of potato, eggplant and tomato.



〈Topsider hot air drying〉



〈After 24 hours of drying, pulverization〉



〈Specification testing using ground processed material〉

**Fig. 2.** Dry processing of alkaloid feed by-products and manufacturing of additives for diet study.

## 추출물 정량분석

### 표준물질 및 분석용 시료제조

Extrasynthesis 사로부터 alpha-solanine과 alpha-chaconine, Sigma 사로부터 atropine 표준물질을 구입하여 검량선 작성에 사용하였다. 분석용 시료는 열수추출물, 에탄올추출물, 에탄올추출물동결건조물의 경우는 MeOH을 사용하여 1mg/mL 농도의 분석용 시료를 제조 후 0.42 μm membrane filter를 사용하여 filtering 후 LC-MS 분석에 사용하였다. 건조분쇄물의 경우 5% aqueous acetic acid 용액과 에탄올 용액의 추출물을 비교하기 위하여 시료 50mg을 각 용액 50mL에 넣은 후 상온에서 O/N 하여 추출하였다. 그 후 0.42μm membrane filter를 사용하여 filtering 후 LC-MS 분석에 사용하였다. 각 시료는 세 개씩 준비한 후 LC-MS 분석을 하였고, 그 평균값을 계산하였다.

### 검량선 작성

각 표준물질을 MeOH에 녹여 1mg/mL stock solution을 만든 후 MeOH을 사용하여 희석하여 5,000 ng/mL 농도부터 0.16ng/mL 까지 총 6개의 농도별 용액을 제조하여 검량선 작성에 사용하였다. 동일 농도의 용액을 3개씩 제조하여 LC-MS 측정 후 평균값을 사용하여 검량선을 작성하였다. 검량선 작성에는 alpha-Chaconine에 대해서는 m/z 852, alpha-solanine에 대해서는 m/z 868, atropine에 대해서는 m/z 290에서 얻은 MS chromatogram의 면적값을 사용하였다.

### LC-MS 분석

LC-MS 분석을 위하여 Agilent 사의 1100 series를 이용하여 분석하였고, column은 YMC Hydrosphere(150×4.6mm I.D., 3μm particle size(Agilent)을 이용하였다. Solvent는 acetonitrile(+0.1% TFA)/water(+0.1% TFA)을 이용하였고 flow rate는 0.5mL/min 으로 하였으며

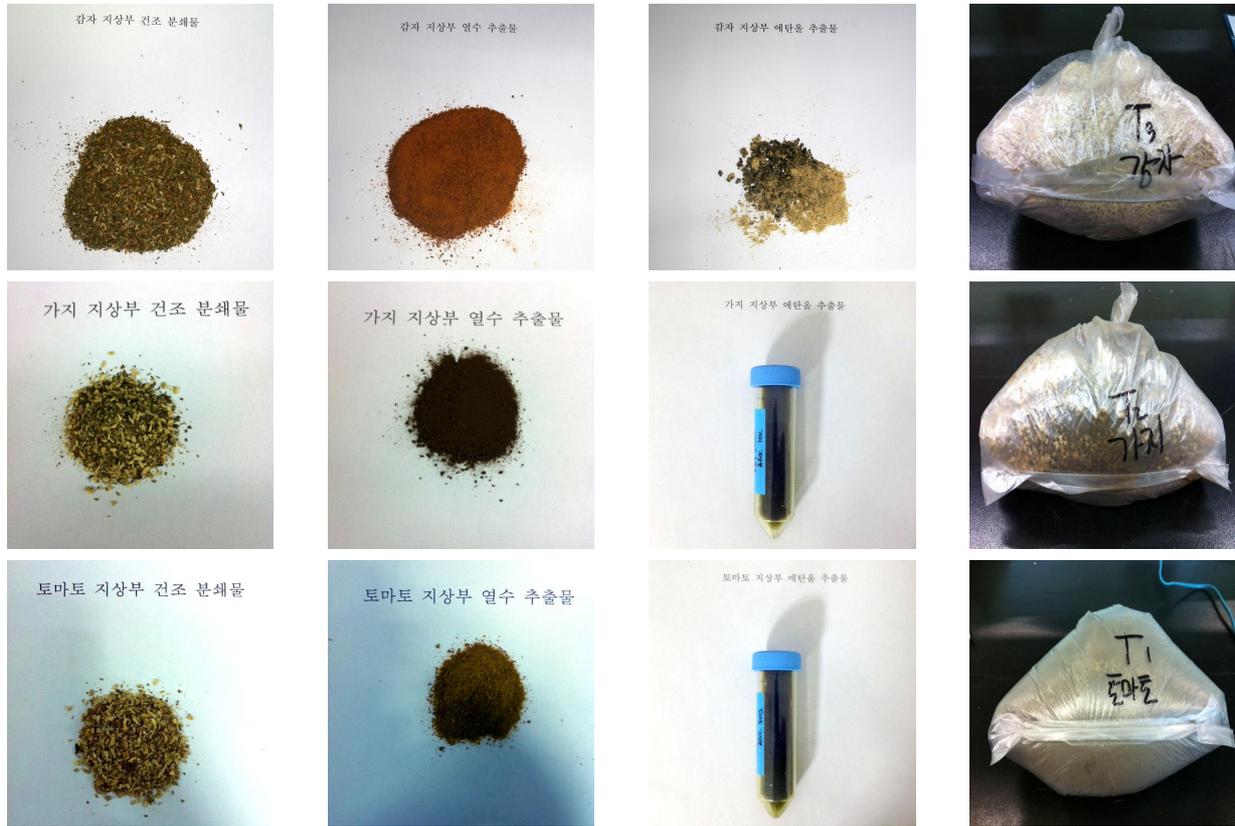


Fig. 3. Three types of extraction samples from potato, eggplant, and tomato additives for diets.

Injection volume은 20 $\mu$ L로 하였다. 분석에 관한 자세한 gradient condition은 각각 0, 5, 15시간으로 설정하였고 acetonitrile은 20, 20, 80%와 water 80, 80, 20%로 조정하였다.

### 사료첨가제의 *in situ* 소화율 및 혈액성상

#### *In situ* 소화율

본 연구는 반추위 내 사료첨가제의 소화율과 글라이코 알칼로이드의 분해율을 분석하기 위하여 수행하였다. 시험을 수행하기 위하여 반추위 cannula 거세한우 3두를 이용하였고 처리방법은 zilpaterol hydrochloride(대조구), 가지, 감자 처리구를 각 3반복 하였다. 조사시간은 0, 4, 8, 12, 18, 24, 36, 48 및 72 시간 동안 반추위내 나일론 백의 첨가물을 조사하였다(Fig. 4). 조사항목은 반추위내 건물 소실율과 글라이코 알칼로이드 분해율을 분석하였다(Figroid 등 1972).

#### 혈액성상

천연사료첨가제의 실증시험을 위해서 괴산의 일반 한우 농장과(해밀농장: 거세우 15두), 강원도 횡성의 농장(횡성 축협: 거세우 16두)를 이용하여 급여후 혈액성상을 분석하였다. 처리구는 대조구(C), 가지(E), 감자(P), 그리고 Zilmax (Z)를 20일 동안 급여하였고 급여전과 급여 20일후에 혈액을 채취하여 혈청분리후 분석에 사용하였다. 혈액은 체중 측정 시 오전 사료급여 전에 공시축의 경정맥으로부터 채취 한 후 vacutainer(Becton Dickinson Korea)에 보관하였다. 채취한 혈액은 약 24시간 후에 원심분리기를 이용하여 3,000rpm에 20분간 분리하였고 분리된 혈청은 micro tube에 1mL씩 담아 -70 $^{\circ}$ C 초저온냉동고에 분석 전까지 보관하였다. 혈청 내 생리대사 물질인 Albumin (ALB), Glucose(GLU), Triglyceride(TG), Blood urea nitrogen(BUN), Total protein(TP), Phosphorus(IP), Non-esterified fatty acid(NEFA)의 농도를 혈청 분석기(Hitachi 7020, Japan)를 이용하여 분석하였다.

**Table 1. Extract process after harvesting by-products of potatoes, eggplants, and tomatoes**

Process	Process drawing	Device	Note
Preparation of raw materials	Harvest ↓ Washing ↓ foreign material inspection ↓ Hot air drying ↓ Pulverization ↓ Collection	Hot Air Dryer  Ring roller mill	Foreign material inspection for soil, stones, metals, etc.  80°C, 12hr (Over a period of 6 days)  3mm screen, pulverized material : 34kg  Store in plastic bags, each containing one-third
	The dried and collected raw materials are subjected to the pulverization process		
Hydrothermal extract powder (material 11kg)	Hydrothermal extract ↓ Filter ↓ Enrichment ↓ Dry	Ethanol extraction concentration system  Ethanol extraction concentration system  Spray dryer (small-scale)	10-fold dilution, 100°C, extraction for 4 hours, followed by overnight extraction  Extraction filtrate filtration  Recovery of approximately 2kg of hot water extract powder
Ethanol extract powder (material 11kg)	Ethanol extract ↓ Filter ↓ Enrichment ↓ Water substitution ↓ Enrichment ↓ Dry Dry(ethanol)	Ethanol extraction concentration system  Ethanol extraction concentration system  Rotary evaporator  Freeze-drying Freeze-drying	10-fold ethanol extraction at 80°C for 4 hours, followed by overnight extraction after 4 hours.  Extraction filtrate filtration  Water substitution material and tar-like precipitate  Concentrate the tar-like precipitate by dissolving it in ethanol Water substitute Tar-like precipitate
Granum	Hydrothermal extract powder	Water bath dryer	Granules of powdered extract from hot water extraction



〈Digestion test feed sample〉



〈In situ digestion test〉



〈Analysis of alkaloids in digested dry matter〉

**Fig. 4. Ruminant digestion study of muscle enhanced feed additives.**

## 통계분석

통계처리를 위해서 얻어진 모든 성적들은 SAS(statistical analysis system software version 9.2)의 MIXED 방법을 이용하여 분석하였다(처리구, 시간 및 처리구×시간 상관관계). 각각의 한우 수소 개체를 실험 유닛으로 사용하였다. P-value가 <0.05일 경우 유의성이 있는 것으로, 0.05 ≤ P ≤ 0.1일 경우 경양치를 나타내는 것으로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 감자 추출물의 알칼로이드 물질 정량분석

Alpha-chaconine과 alpha-solanine에 대한 LC-MS 분석 결과 두 화합물 모두 12.5분에서 검출이 되었다. 하지만 200nm에서의 HPLC 크로마토그램에서는 피크를 볼 수 없어, MS를 통해서 분석해야 함을 확인할 수 있었다. Alpha-chaconine과 alpha-solanine에 대한 LC-MS 분석을 통한 정량선 작성 결과 두 화합물 모두 0.16~

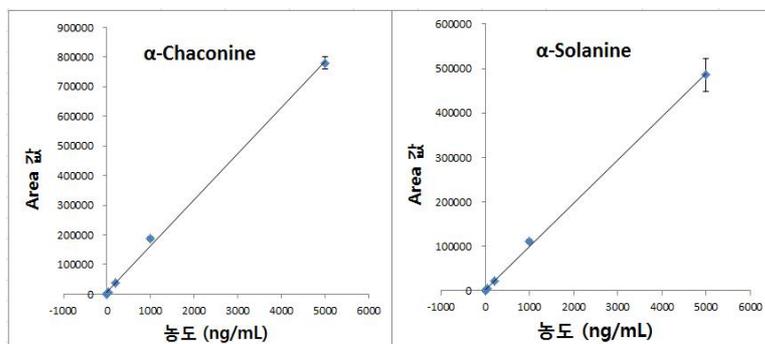
5,000ng/mL 농도 구간에서 검량선을 확인할 수 있었다(Fig. 5).

표준물질 alpha-chaconine과 alpha-solanine에 대한 LC-MS 분석을 통해서 농도별 기준을 정하고 추출시료의 농도를 정량분석하였다. 건조시료에서 alpha-chaconine 2.05mg/g, alpha-solanine 0.60mg/g으로 총합 2.65 mg/g의 알칼로이드를 함유한 것으로 나타났다. 열수추출물의 경우 총합 2.23mg/g, 에탄올 추출물에서는 총합 0.52mg/g으로 알칼로이드 함량이 에탄올 추출물에서 가장 낮게 나타났다(Table. 2).

### 가지 및 토마토 추출물의 알칼로이드 물질 정량분석

아트로핀 표준품에 대한 LC-MS 분석 결과 크로마토그램의 18.8분에서 검출이 되었다. m/z 290의 SIM mode에서 검출하였기 때문에 아트로핀 화합물의 정확한 피크를 확인할 수 있었다. 아트로핀 화합물에 대한 LC-MS 분석을 통한 정량선 작성 결과 10~500ng/mL 농도 구간에서 다음과 같이 검량선이 작성되었다(Fig. 6).

아트로핀 화합물에 대한 LC/MS 분석을 시도한 결과

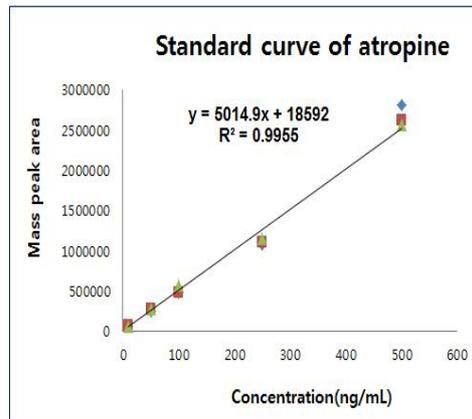


sample	Working curve y= concentration, x=MS chromatogram area	R <sup>2</sup>
alpha-Chaconine	y=155.47x + 7021	0.9983
alpha-Solanine	y=96.90x + 3097	0.9992

Fig. 5. Calibration curve for alpha-chaconine and alpha-solanine.

Table 2. Concentration of Alpha-chaconine and alpha-solanine in potato byproduct extraction

Sample	alpha-Chaconine (mg/g extract)	alpha-Solanine (mg/g extract)	Total (mg/g extract)
Ethanol extract	0.43±0.02	0.09±0.01	0.52
Hot water extracts	1.69±0.34	0.54±0.12	2.23
Dry sample	2.05±0.27	0.60±0.08	2.65



Sample	Working curve $y = \text{concentration}, x = \text{MS chromatogram area}$	$R^2$
atropine	$y = 5014.9x + 18592$	0.9955

Fig. 6. Calibration curve for atropine.

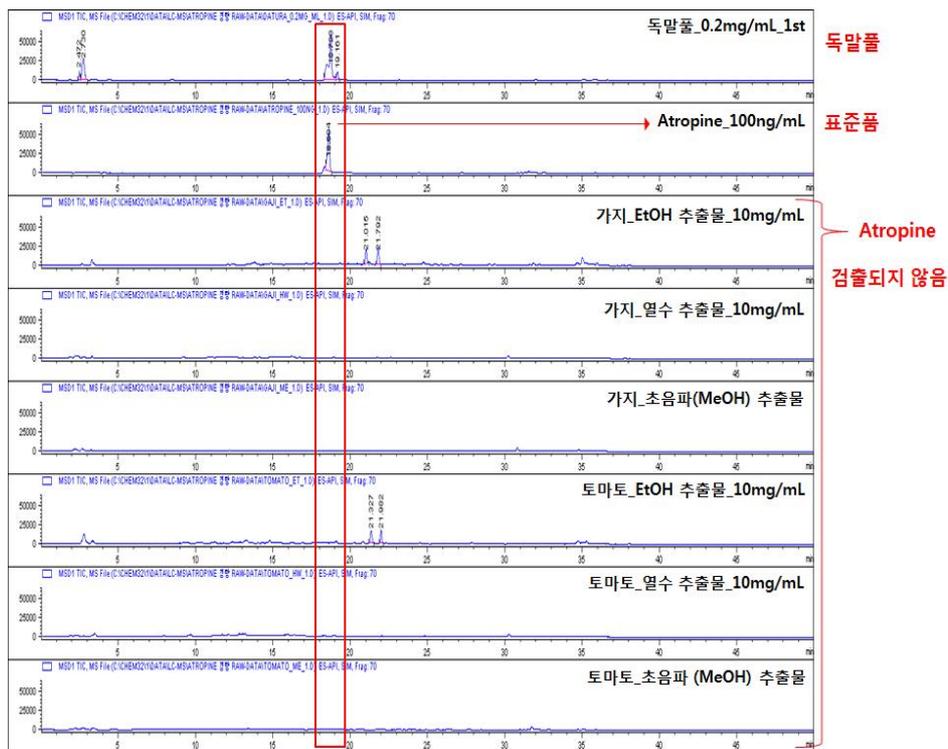


Fig. 7. Atropine chromatogram in SIM mode of eggplant and tomato hot water extract and ethanol extract samples.

가지와 토마토추출물에서 아트로핀 화합물이 미검출 되었다. 양성 대조군으로 사용한 독말풀의 경우 건조 시료에서는 토마토와 가지 건조시료의 1/10 수준으로 추출한 경우 본 실험에서 작성한 검량선을 초과하여 검출되었고, 1/50 수준에서 추출한 경우 약 538.32 $\mu\text{g/g}$  dw 수준으로 검출

이 되었다. 한편 메탄올 추출물의 경우도 토마토와 가지 추출물의 1/50 수준에서 조사하였을 때 약 815.40 $\mu\text{g/g}$  extract 수준으로 검출되었다. 따라서 토마토와 가지 모두 건조 시료, 추출물에서 독말풀보다 약 50배 이상의 농도에서 LC/MS 분석을 시도하였을 때 검출되지 않은 것으로

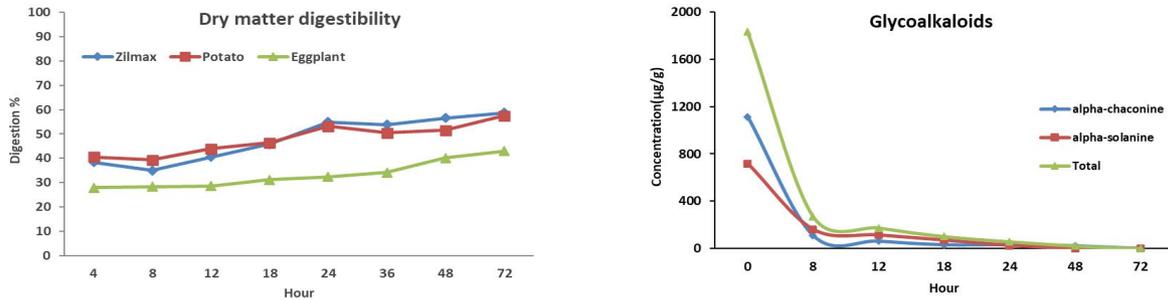


Fig. 8. Digestibility and alkaloid quantitative analysis of extracted feed additives.

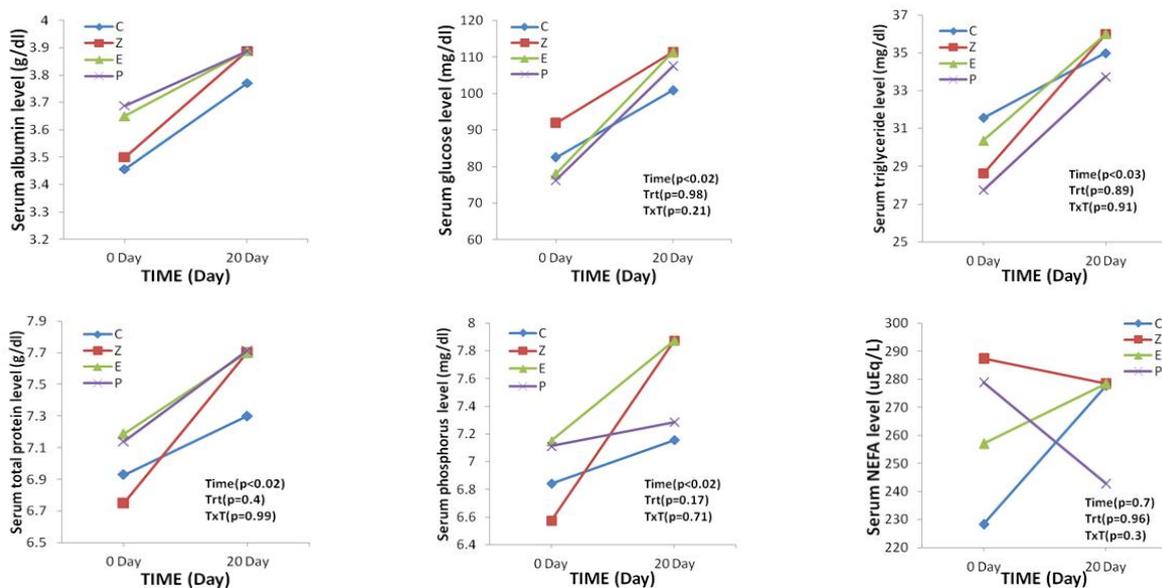


Fig. 9. Changes in blood metabolites of time-dependent feed additive diet.

보아 본 실험에 사용된 시료에서는 아트로핀 화합물의 함량이 작아 정량분석에 적합하지 않은 것으로 나타났다. 토마토와 가지의 에탄올 추출물의 SIM 모드 크로마토그램에서 22분과 23분에서 두 개의 피크가 검출이 되는데(Fig. 7), 실제 이 피크들의 scan 모드에서 mass 패턴을 살펴보면 m/z 290의 mass fragment가 메인인 아니고, 아트로핀 화합물과 retention time과 mass pattern이 다르다는 점을 고려할 때 아트로핀 화합물이 아닌 다른 화합물임을 유추할 수 있었다.

### 육량 개선을 위한 사료첨가제의 *in situ* 소화율

Fig. 8에 나타나는 제1위 소화율 시험에서 건물소실율

은 72시간 동안에 감자와 Zilmax를 첨가한 시료에서 유의적으로 소실이 진행되었고 가지의 경우 완만하게 소실되었다. 소실되는 건물내 존재하는 글라이코 알칼로이드 농도를 측정해 본 결과  $\alpha$ -solanine과  $\alpha$ -chaconine 농도 모두가 감소하였고 특히 섭취 후 8시간에서 12시간 내에 완전 소화되는 것을 확인하였다.

알칼로이드 사료첨가물을 20일간 급여한 거세한우 32두의 혈액내 대사물질을 측정된 결과 대부분 처리에 의한 유의적인 차이는 나타나지 않았고 시간에 의한 증가현상은 공통적으로 발생하였다. 특히 유리지방산(NEFA)의 경우 가지처리구와 대조구에서는 다른 대사물질과 유사하게 증가하였는데 Zilmax와 감자 처리구에서는 반대로 감소하는 현상을 나타내었다. 이러한 결과로 감자추출물이 유

리지방산에 작용기작이  $\beta$ -adrenergic agonist인 Zilmax와 유사한 작용을 한다는 것을 알 수 있었다(Friedman 등 2000; Friedman 등 2002). 하지만 선행연구에서는 베타성장제제의 처리로 혈중내의 NEFA농도가 증가한다는 보고도 있으므로 혈중 NEFA에 관한 지속적인 연구가 필요하다(Parr 등 2011; Parr 등 2014).

## 적 요

표준물질 Alpha-chaconine과 alpha-solanine에 대한 LC-MS 분석을 통해서 농도별 기준을 정하고 추출시료의 농도를 정량분석 하였다. LC-MS 분석을 통한 정량선 작성 결과 두 화합물 모두 0.16~5,000ng/mL 농도 구간에서 검량선을 확인할 수 있었다. 건조시료에서 alpha-chaconine 2.05mg/g, alpha-solanine 0.60mg/g으로 총합 2.65mg/g의 알칼로이드를 함유한 것으로 나타났다. 열수추출물의 경우 총합 2.23mg/g, 에탄올 추출물에서는 총합 0.52mg/g으로 알칼로이드 함량이 에탄올 추출물에서 가장 낮게 나타났다. 아트로핀 표준물질에 대한 LC-MS 분석 결과 m/z 290의 SIM mode에서 검출하였다. 가지와 토마토 추출물에서 아트로핀 화합물이 미검출 되었으며, 실험에 사용된 시료에서는 아트로핀 화합물의 함유가 작아 정량분석에 적합하지 않은 것으로 나타났다. Fig. 8에 나타나는 제1위 소화율 시험에서 감자와 Zilmax를 첨가한 시료에서 유의적으로 소실이 진행되었고 가지의 경우 완만하게 소실되었다. 소실되는 건물내 존재하는 글라이코알칼로이드 농도를 측정해 본 결과  $\alpha$ -solanine과  $\alpha$ -chaconine 농도 모두가 감소하였고 특히 섭취 후 8시간에서 12시간 내에 완전 소화되는 것을 확인하였다. 알칼로이드 사료첨가물을 20일간 급여한 거세한우 32두의 혈액 내 대사물질을 측정해 본 결과 유리지방산(NEFA)의 경우 가지처리구와 대조구에서는 다른 대사물질과 유사하게 증가하였는데 Zilmax와 감자 처리구에서는 반대로 감소하는 현상을 나타내었다. 이러한 결과로 감자추출물이 유리지방산에 작용기작이  $\beta$ -adrenergic agonist인 Zilmax와 유사한 작용을 한다는 것을 알 수 있었다.

## 참고문헌

1. Andraws R, Chawla P. and Brown DL. 2005. Cardiovascular effects of ephedra alkaloids: A
2. Aniszewski T. 2007. Alkaloids-secrets of life, alkaloid chemistry, biological significance, applications, and ecological role, 1st Ed. Elsevier B.V.,Netherland.
3. Beckett JL. Delmore RJ. Duff GC. Yates DA. Allen DM. Lawrence, TE. and Elam, N. 2009. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth rates, feed conversion, and carcass traits in calf-fed Holstein steers. J. Anim. Sci. 87:4092-4100.
4. Bryant TC, Engle TE. Galyean ML. Wagner JJ. Tatum JD. Anthony RV. and Laudert SB. 2010. Effects of ractopamine and trenbolone acetate implants with or without estradiol on growth performance, carcass characteristics, adipogenic enzyme activity, and blood metabolites in feedlot steers and heifers. J. Anim. Sci. 88:4102-4119.
5. Chung KY, Baxa TJ. Parr SL. Luqué LD. and Johnson BJ. 2012. Administration of estradiol, trenbolone acetate, and trenbolone acetate/estradiolimplants alters adipogenic and myogenic gene expression in bovine skeletal muscle J. Anim. Sci. 90:1421-1427.
6. Delmore RJ, Hodgen JM, Johnson BJ, 2010. Perspectives on the application of zilpaterol hydrochloride in the United States beef industry. J. Anim. Sci. 88:2825-2828.
7. Figroid W, Hale WH. and Theurer B. 1972. An evaluation of the nylon bag technique for estimating rumen utilization of grains. J. Anim. Sci. 35:113-120.
8. Friedman M, Henika PR. and Mackey BE. 1996. Feeding potato, tomato, and eggplant alkaloids affects food consumption, body, and liver weight in mice. Journal of Nutrition 126:989-999.
9. Friedman M, Fitch TE. and Yokoyama WE. 2000. Lowering of Plasma LDL Cholesterol in hamsters

- by the tomato glycoalkaloid tomatine. Food and Chemical Toxicology 38:549-553.
10. Friedman M, Henika PR. and Mackey BE. 2002. Effect of feeding solanidine, solasodine, and tomatidine to non-pregnant and pregnant mice. Food and Chem. Toxicology 41:61-71.
  11. Johnson BJ, Smith SB. and Chung KY. 2014. Historical overview of the effect of  $\beta$ -adrenergic agonist on beef cattle production. J. Anim. Sci. 27:757-766.
  12. Nelson ML. 2010. Utilization and application of wet potato processing coproducts for finishing cattle. J. Anim. Sci. 88:E133-E142.
  13. Parr SL, Chung KY, Galyean ML, Hutcheson JP, Dileo N, Hales KE, May ML, Quinn MJ, Smith DR. and Johnson BJ. 2011. Performance of finishing beef steers in response to anabolic implant and zilpaterol hydrochloride supplementation. J. Anim. Sci 89:560-570.
  14. Parr SL, Brown TR, Riberio FR, Chung KY, Hutcheson JP, Blackwell BR, Smith PN. and Johnson BJ. 2014. Biological responses of beef steers to steroidal implants and zilpaterol hydrochloride. J. Anim. Sci. 92:3348-3363.
  15. Schieber A. and Saldana MDA. 2009. Potato peels: A source of nutritionally and pharmacologically interesting compounds - a review. Global Science Books, Food 3:23-29.
  16. 2023 축산물등급판정 통계연보 재18호. 2024. 축산물품질평가원.