

ORIGINAL ARTICLE

밤의 부위별 발효사료 제조 및 이들의 반추위 내 발효특성에 관한 연구

주영호 · 김동현¹⁾ · 이혁준 · 이성신 · Paradhita H. V. Dimas · 하창주²⁾ · 김삼철*

경상대학교 응용생명과학부(BK21Plus, 농업생명과학연구원), ¹⁾플로리다대학교 축산학과, ²⁾경상남도청 축산과

The Study of Fermented Chestnut Meal and Its Rumen Fermentation Characteristics

Young-Ho Joo, Dong-Hyeon Kim¹⁾, Hyuk-Jun Lee, Seong-Shin Lee,
Dimas H. V. Paradhita, Chang-Ju Ha²⁾, Sam-Churl Kim*

Division of Applied Life Science (BK21Plus, Insti. of Agric. & Life Sci.), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

¹⁾Department of Animal Sciences, University of Florida, Gainesville, FL 32608, USA

²⁾Livestock Division, Gyeongnam Provincial Government, Jinju 52732, Korea

Abstract

The aim of present study was to investigate the effect of three types of Chestnut Meals (CM) on chemical composition and rumen fermentation characteristics of the fermented diet. The inoculants consisted of *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis*, and *Saccharomyces cerevisiae* and were applied to three different types of CM; Whole Chestnut (WC), endodermis (EN), and kernel (KE). All types of CMs were ensiled at 39°C for 0, 1, 2, 4, or 6 days. After ensiling, the fermented CMs were sub-sampled for laboratory assays. On day six of fermentation, counts of the lactic acid-producing *Bacillus subtilis*, and yeast were higher ($P<0.05$) in WC than in the other CM types. On day four, KE had higher ($P<0.05$) crude protein content but lower ($P<0.05$) neutral detergent fiber and acid detergent fiber contents than the other treatments. In terms of rumen digestibility, KE had the highest ($P<0.05$) *in vitro* digestibility of dry matter (IVDMD), neutral detergent fiber digestibility (IVNDFD), total volatile fatty acid (VFA), propionate, butyrate concentrations, and total gas volume, as well as the lowest ($P<0.05$) acetate concentration. On the other hand, EN had the highest ($P<0.05$) pH and ammonia-N concentration in the rumen. In the rumen, even though WC application produced the highest microbial count and fermentation characteristics, it did not have a beneficial effect on rumen digestibility. Therefore, this study concluded that application of KE could be recommended due to the observed improvements in IVDMD and IVNDFD.

Key words : Chestnut meal, Fermented diet, Fermentation indices, Rumen

Received 28 December, 2018; Revised 18 February, 2019;

Accepted 18 February, 2019

*Corresponding author: Sam Churl Kim, Division of Applied Life Science (BK21Plus, Insti. of Agric. & Life Sci.), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea
Phone: +82-55-772-1947
E-mail : kimsc@gnu.ac.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

최근 국제 유가와 사료 곡물의 상승으로 인하여 한우 농가들은 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 한우 생산비 중 사료비가 차지하는 비율이 50%이며, 곡류사료의 90% 이상을 수입에 의존하고 있어 생산비 개선을 위한 노력이 필요하다(Statistics Korea, 2015). 이를 개선하기 위한 방법으로 농식품 가공부산물을 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다(Moon et al., 2007; Cha et al., 2011; Joo et al., 2017; Kim et al., 2018). 그 대표적인 예가 밤(chestnut)을 활용하는 것인데, 밤은 탄닌(tannin)이 많이 함유되어 있는 물질로 탄수화물 41.9%, 수분 44%, 조단백질 4% 및 조지방 1%의 영양적 함량을 가지는 것이 특징이다. 그 밖에 철분, 칼슘, 비타민 C 및 비타민 B1이 다량 함유되어 옥수수를 대체하는 부존자원으로 이용이 가능한 장점을 가지고 있다(Ciesla, 2002; De Vasconcelos et al., 2010). 전 세계적으로 밤 생산량은 중국이 1위로 925,000 ton으로 가장 높으며, 남미와 북미에서는 55,800 ton, 일본의 경우 22,100 ton이 생산되고 있다. 우리나라에서는 80,000 ton으로 많은 양의 밤을 생산하고 있다(FAOSTAT, 2010). 그러나 생산된 밤에서 상품가치가 없는 것과 식용 밤 가공과정에서 나오는 속껍질(울피)은 전량 폐기되고 있는 실정(Jeon, 1998), 이를 사료자원으로 이용할 수 있는 기술 개발이 절실히 요구되고 있다. 농산가공부산물을 사료화하기 위해 유용 미생물을 활용한 기술들이 개발되었는데(Fuller, 1989; Golueke and Diaz, 1991; Shin et al., 2001), 폐기되는 밤에서도 유용미생물을 이용하면 발효 사료로 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

이에, 본 연구에서는 축산 환경과 경영 개선을 위하여 폐기되는 밤을 이용하여 발효사료로 제조하여 한우에 적용하고 이들의 영양소 함량, 발효특성 미생물 성장 및 반추위 내 발효특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 발효사료 제조와 시료채취

시험에서 이용된 원료 사료인 밤은 통밤(WC, whole chestnut), 내피(EN, endo-dermis) 및 알맹이(KE, kernel)의 3가지 형태로 합천군 농업기술센터에서 제공 받았다. 제공 받은 밤은 60°C 건조기에서 2일간 건조 후 파쇄기를 이용하여 파쇄 하였다. 입자도는 5~10 mm로 유지하기 위하여 2번 파쇄 하였다. 발효사료에 이용된 유용미생물은 *Lactobacillus acidophilus* (1.2×10^{10} cfu/g), *Bacillus subtilis* (2.1×10^{10} cfu/g) 및 *Saccharomyces cerevisiae* (2.3×10^{10} cfu/g)를 함유한 균주를 사용하였다. 처리구는 통밤, 내피 및 알맹이를 이용한 3개의 처리구로 하여 영양소 함량은 Table 1에 제시하였다. 처리구별로 제조한 발효사료는 분석용 시료(1 kg)를 채취한 후 발효용기에 10 kg씩 4반복으로 넣고 밀 봉한 후 39°C incubator에서 6일간 배양하였다.

2.2. 영양소 함량

배양전과 4일간 배양시킨 후 채취한 시료의 수분을 측정하기 위해 5 g의 시료를 105°C 건조기(OF-22GW, JEIO TECH, Korea)에서 24시간 동안 건조하였다. 또한 시료 500 g을 60°C에서 48시간 동안 건조시킨 후

Table 1. Chemical compositions of whole, endodermis, and kernel of chestnut before ensiling (% , DM)

	Chestnut ¹		
	WC	EN	KE
Dry matter	41.0	69.3	70.9
Crude protein	8.85	8.52	9.86
Ether extract	1.18	0.83	0.94
Crude ash	2.48	2.40	2.68
Neutral detergent fiber	23.7	24.7	18.1
Acid detergent fiber	13.8	15.0	3.64
Hemicellulose	9.91	9.71	14.3

¹WC, whole chestnut; EN, endodermis; KE, kernel.

Cutting mill (Shinmyung Electric Co., Ltd, Korea)을 이용하여 분쇄하고 1 mm screen을 통과한 시료를 영양소 함량 분석에 이용하였다. 조단백질 함량은 Kjeldahl 법(B-324, 412, 435 and 719Titrino, BUCHI, Germany), 조지방 함량은 Soxhlet법(OB-25E, JeioTech, Korea)을 이용하여 AOAC(1990)에 준하여 분석하였다. 조회분 함량은 회화로(Muffle furnace)를 이용하여 550°C에서 4시간 동안 가열하여 분석하였다. Neutral Detergent Fiber (NDF)와 Acid Detergent Fiber (ADF) 함량은 Ankom 200 fiber analyzer (Ankom Technology, Macedon, NY, USA)를 이용하여 Van Soest (1991)법에 준하여 분석하였다.

2.3. 미생물 성장

배양 전과 4일간 배양 후 채취한 시료 20 g과 증류수 200 mL를 믹서기에 넣고 30초간 혼합하고 거즈로 걸러준 후 pH meter (SevenEasy, Mettler Toledo, Switzerland)로 pH를 분석하였다. Volatile Fatty Acid (VFA) 함량은 auto sampler (L-2200, Hitachi, Tokyo, Japan), UV detector (L-2400, Hitachi, Tokyo, Japan) 및 column (MetaCarb 87H, Varian, CA, USA)이 설치된 HPLC를 이용하여 분석하였다(Muck and Dickerson, 1988). 미생물은 배양 0, 1, 2, 4 및 6일 후 채취한 발효사료 1 g과 멸균 희석액(0.84% NaCl)으로 10진 희석법에 따라 희석 후 균 수 측정을 위하여 각 희석 단계의 희석액을 사용하였다. 유산균(LAB, Lactic Acid Bacteria)은 Lactobacilli MRS agar media (MRS, Difco, Detroit, MI, USA)에 희석액 100 uL를 도말하여 30°C에서 48시간 배양 후 균 수(log10 cfu/g)를 측정하였다. 고초균(*Bacillus subtilis*)은 Luria Bertani Agar (LB Agar, Difco Laboratories, MI, USA)를 이용하였고, 곰팡이와 효모(yeast)는 Potato Dextrose Agar (PDA, Difco, Detroit, MI, USA)를 이용하여 분석하였다. 분석은 3반복으로 수행하였으며, 반복들의 평균값을 통계분석에 이용하였다.

2.4. 반추위 내 발효특성

본 시험은 경상대학교 동물생명윤리 위원회 승인 후 캐놀라가 장착된 한우를 이용하여 사양관리를 실시하였다. 반추위 내 발효특성을 조사하기 위하여 gas production system (Adesogan et al., 2005)을 이용하

여 처리구 당 5반복으로 시험을 수행하였다. 반추위액은 조사료와 농후사료를 8:2비율로 급여한 한우의 반추위에서 아침 사료급여 직전에 채취하여 cheese cloth로 거른 후 Van Soest medium과 1:2 비율로 혼합하고 혐기적 상태를 유지하기 위해 CO₂ 가스를 주입하였다. 건조 분쇄한 발효사료(4일) 0.5 g과 혼합위액 40 mL을 배양용 유리병에 넣고 3개의 blank와 함께 39°C로 유지한 CO₂ incubator에서 48시간 동안 배양하였다. 가스발생량은 배양 후 0, 2, 4, 8, 16, 24, 36 및 48시간에 digital manometer (Traceable[®] manometer, TX, USA)를 이용하여 측정하였다. 배양 종료 후 시료는 Filter paper(NO. 2)로 걸러서 상층과 하층을 분리하였다. 분리된 상층은 60°C에서 48시간 건조시켜 IVDMD (*in vitro* dry matter digestibility)를 계산하고 다시 NDF함량을 분석하여 IVNDFD (*in vitro* neutral detergent fiber digestibility)를 구하였다. 분리된 하층은 pH meter를 이용하여 pH를 측정하고 12,000 rpm에서 원심·분리 후 상층을 이용하여 rumen ammonia-N과 VFA (volatile fatty acid) 함량을 분석하였다. Rumen ammonia-N 함량은 Chaney and Marbach (1962)의 비색법을 이용하여 분석하였다. VFA 함량은 auto sampler (L-2200, Hitachi), UV detector (L-2400, Hitachi) 및 column (MetaCarb 87H, Varian)이 설치된 HPLC를 이용하여 분석하였다(Muck and Dickerson, 1988).

2.5. 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 Statistical Analysis System (version 9.1.2, SAS Institute Inc., 2004, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 처리구간의 비교는 Tukey's test를 이용하였다(P<0.05).

3. 결과 및 고찰

3.1. 발효사료의 영양소 함량

제조된 발효사료를 4일간 배양 후 분석한 영양소 함량은 Table 2와 같다. 건물 함량은 모든 처리구에서 45% 수준으로 나타났다. 건물, 조단백질, 조지방 및 조회분은 처리구간 유의적인 차이가 없었으나, KE 처리구에서 NDF와 ADF(15.2%와 3.69%) 함량이 다른 처리구 보다 낮게 나타났다. 일반적으로 밤 껍질은 구조성 탄수화물 함량이 높아 소화율이 떨어지지만, 밤 알맹이는 비구

Table 2. Effects of chestnut parts on chemical composition of chestnut meal ensiled for 4 days (% DM)

	Fermented chestnut ¹			SEM ²	P-value
	WC	EN	KE		
Dry matter	45.1	45.0	45.2	0.088	0.079
Crude protein	9.67	9.73	10.4	0.400	0.279
Ether extract	1.12	0.94	1.04	0.101	0.244
Crude ash	2.49	2.41	2.67	0.132	0.134
Neutral detergent fiber	29.6 ^a	29.2 ^a	15.2 ^b	0.477	<0.001
Acid detergent fiber	17.0 ^a	15.4 ^b	3.69 ^c	0.307	<0.001
Hemicellulose	12.6 ^{ab}	13.8 ^a	11.5 ^c	0.339	0.016

^{a-c}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

¹WC, whole chestnut; EN, endodermis; KE, kernel.

²SEM, Standard error of the mean.

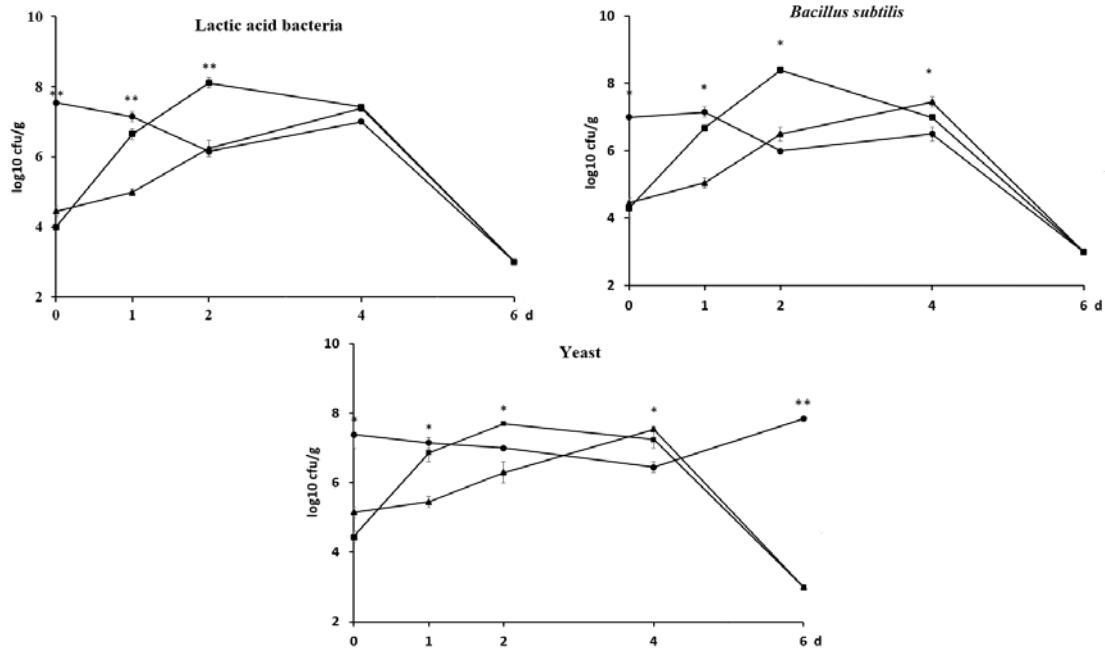


Fig. 1. Changes of lactic acid bacteria, *Bacillus subtilis*, and yeast counts of the fermented chestnuts during ensiling for 6 days. WC (●), whole chestnut; EN (▲), endodermis; KE (■), kernel. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

조성 탄수화물 함량이 높아 소화율이 우수하다. 한편, 탄닌은 반추위 내 미생물 활동을 억제하여 반추위 내 사료 단백질 분해율을 감소시키고, 이로 인해 반추위 내 미분해 단백질 함량이 증가한다고 보고되었다(Mueller-Harvey, 2006). 따라서 통밤에는 알맹이보다 탄닌 함량이 높는데, 탄닌을 과다 섭취할 경우에는 사료의 소화에

악영향을 미칠 수 있으나, 적절한 양을 급여하면 사료자원으로도 이용할 수 있을 것이다.

3.2. 발효사료의 미생물 성장

제조된 발효사료를 6일간 배양 후 측정된 미생물 성장은 Fig. 1과 같다. 발효사료를 6일간 배양시켰을 때 0~4

Table 3. Effects of chestnut parts on *in vitro* rumen digestibility and fermentation characteristics of the fermented chestnut incubated with rumen fluid for 48 h

	Fermented chestnut ¹			SEM ²	P-value
	WC	EN	KE		
<i>In vitro</i> digestibility, % DM					
IVDMD ³	49.5 ^b	46.1 ^b	76.5 ^a	2.890	<0.001
IVNDFD ⁴	19.2 ^b	20.1 ^b	60.1 ^a	4.188	<0.001
Fermentation indices					
pH	6.46 ^b	6.60 ^a	6.14 ^c	0.053	<0.001
Ammonia-N, mg N/100ml	31.2 ^b	35.9 ^a	30.6 ^b	1.457	0.005
Total VFA, mM/L	98.0 ^b	96.4 ^b	116.0 ^a	1.548	0.001
Acetate, % of molar	52.6 ^a	52.5 ^a	46.4 ^b	0.864	0.002
Propionate, % of molar	24.8 ^b	24.6 ^b	26.6 ^a	0.387	0.008
Iso-butyrate, % of molar	0.85	0.79	0.70	0.100	0.363
Butyrate, % of molar	18.7 ^b	19.0 ^b	23.4 ^a	0.633	0.002
Iso-valerate, % of molar	1.38	1.32	1.33	0.119	0.890
Valerate, % of molar	1.73 ^{ab}	1.88 ^a	1.59 ^b	0.085	0.048
Acetate:propionate ratio	2.12 ^a	2.13 ^a	1.74 ^b	0.057	0.003

^{a-c}Means in the same row with different superscripts differ significantly (p<0.05).

¹WC, whole chestnut; EN, endodermis; KE, kernel.

²SEM, Standard error of the mean.

³IVDMD, *in vitro* dry matter digestibility.

⁴IVNDFD, *in vitro* neutral detergent fiber digestibility.

일까지 LAB, *Bacillus subtilis* 및 yeast가 유지되거나 증가하였다. 반면, 배양 기간이 6일일 때 EN 처리구와 KE 처리구에서는 모든 균수가 감소하였다. LAB와 *Bacillus subtilis*는 WC 처리구에서 배양 전(7.88과 7.00), EN 처리구에서 배양 2일(8.00과 8.12), 그리고 KE 처리구에서 배양 4일(7.00과 7.50)에 높게 나타났다 (P<0.05). Yeast는 WC 처리구에서 배양 6일(7.80), EN 처리구에서는 배양 4일(7.00), 그리고 KE 처리구에서 배양 2일(8.00)에 높게 나타났다(P<0.05). 현재 주로 반추 가축에 이용되고 있는 미생물들은 *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus oryzae*, *Bacillus subtilis* 등이 이용되고 있는데, 발효사료에 이용된 미생물들은 발효 과정을 통하여 사료의 영양분을 분해시켜 이용하고 이를 통해 생성된 유기산, 당 및 미네랄을 이용하여 미생물의 성장을 촉진시킨다고 보고하였다(Stronach et al., 1986; Ghanem et al., 2000). 본 연구에서, 배양 4일 이후부터

는 균수가 감소하였는데, 이것은 미생물의 지속적인 성장을 위한 영양소 고갈 또는 이들의 대사산물에 의한 미생물의 lysis에 기인한 것으로 사료된다. 따라서 밤을 발효사료로 제조하기 위한 적정 배양기간은 4일정도인 것으로 판단된다.

3.3. 밤 발효사료의 반추위 내 발효특성과 가스 발생량

4일간 배양하여 제조한 밤 발효사료를 반추위액과 48시간 배양 후 발효특성과 가스발생량을 조사한 결과는 Table 3과 Fig. 2와 같다. IVDMD와 IVNDFD는 KE 처리구(76.5%와 60.1%)에서 유의적으로 높았으며 (P<0.05), pH와 ammonia-N은 EN 처리구에서 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). Total VFA (116.0 mM/L), propionate (26.6% of molar) 및 butyrate (23.4% of molar) 함량은 KE 처리구에서 높게 나타났다(P<0.05), acetate (46.4% of molar) 함량은 낮게 나타났다(P<0.05). Demeyer (1981)는 반추위 내 total VFA는 사료에 함유된 유기물이 반추위 내 미생물의 분

해과정에서 생성되는 대사산물이며, 건물과 섬유소 소화율이 증가하면 반추위 내 total VFA 함량이 증가한다고 보고하였다. Jouany and Morgavi(2007)은 반추위 내 acetate 함량이 증가하면 반추위 내 수소 가스 발생량이 증가하는 반면, propionate 함량이 증가하면 반추위 내 수소 가스 발생량이 감소할 뿐만 아니라 메탄가스 발생량도 감소한다고 보고하였다. 본 연구에서, KE 처리구에서 IVDMD와 IVNDFD가 높은 것은 반추위 내에서 쉽게 소화될 수 있는 비구조성탄수화물 함량이 높기 때문이며, 이로 인해 반추위 내 acetate 함량이 낮은 반면, propionate 함량은 높은 것으로 사료된다. 한편, 가스 발생량은 KE 처리구가 다른 처리구에 비해 높게 나타났으며($P<0.05$), 모든 처리구에서 배양 24시간까지 증가하고($P<0.05$) 그 이후에는 서서히 감소하였다($P<0.05$). Beuvink et al. (1992)은 반추위 내에서 가스 발생량과 사료의 소화율은 정의 상관관계가 있다고 하였다. 본 연구에서 KE 처리구의 가스 발생량이 다른 처리구 보다 높았는데, 이것은 KE 처리구의 소화율이 다른 처리구에 비해 높았기 때문인 것으로 사료된다.

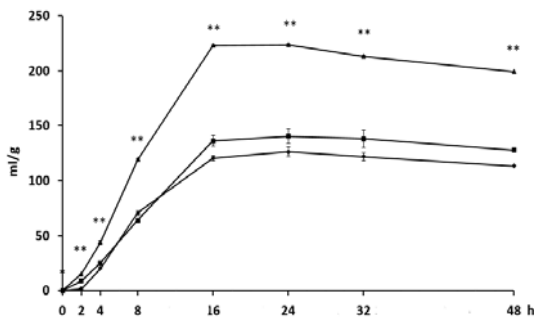


Fig. 2. Changes of ruminal gas production of the fermented chestnuts incubated with rumen fluid for 48 hours. WC (●), whole chestnut; EN (■), endodermis; KE (▲), kernel. * $p<0.05$, ** $p<0.01$.

4. 결론

밤 알맹이(KE)를 이용하여 발효사료를 제조하였을 때, NDF와 ADF 함량은 다른 처리구에 비해 낮았으나, 유용미생물(LAB, *Bacillus subtilis* 및 yeast) 수, IVDMD 및 IVNDFD는 개선되었다. 따라서, 버려지는 밤의 알맹이를 이용하여 발효사료로 제조하여 가축에 이

용하면, 가축의 생산성과 축사환경 개선을 통해 양축농가의 경영에 도움이 될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림식품기술기획평가원 공동연구사업(과제번호: 315017-05-2-SB030)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

REFERENCE

- Adesogan, A. T., 2005, Improving forage quality and animal performance with fibrolytic enzymes, 16th Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida, Gainesville, FL, USA.
- AOAC, 1990, Official methods of analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Beuvink, J. M. W., Spoelstra, S. F., Hogendorp, R. J., 1992, An Automated method for measuring time-course of gas production of feedstuffs incubated with buffered rumen fluid, *Neth. J. Agric. Sci.*, 40, 401-407.
- Cha, S. W., Oh, H. M., Park, N. S., Cho, C. H., Lee, B. D., Lee, H. S., Lee, S. K., 2011, Effect of Yukmijohwangtang meal silage on the performance of Hanwoo steer, *CNU. J. Agri. Sci.*, 38, 263-268.
- Chaney, A. L., Marbach, E. P., 1962, Modified reagents for determination of urea and ammonia, *Clin. Chem.*, 8, 130-132.
- Ciesla, W. M., 2002, Non-wood forest products from temperate broad-leaved trees, *Food Agric Organ, UN, Rome, Italy*.
- De Vasconcelos, M. C. B. M., Bennett, R. N., Rosa, E. A. S., Ferreira-Cardoso, J. V., 2010, Composition of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and association with health effects: fresh and processed products, *J. Sco. Food Agric.*, 90, 1578-1589.
- Demeyer, D. I., 1981, Rumen microbes and digestion of plant cell walls, *Agric. Environ.*, 6, 294-337.
- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United States, 2010, Available: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Fuller, R., 1989, Probiotics in man and animals, *A Review. J. Appl. Bacteriol.*, 66, 369-377.

- Ghanem, N. B., Yusef, H. H., Mahrouse, H. K., 2000, Production of *Aspergillus terreus* xylanase in solid-state cultures: application of the Plackett-Burmann experimental design to evaluate nutritional requirements, *Bioresour. Technol.*, 73, 113-121.
- Goelueke, C. G., Diaz, I. F., 1991, Inoculants and enzymes. In: The staff of Biocycle J. Waste Recycling, Editorm The Biocycle Guide to the Art and Science of Composting, The JG Press, Inc., Emmaus, Pennsylvania, USA.
- Jeon, B. G., 1998, A Study on the production of chestnut powder in the inner shell (endo crap) of a chestnut from its treatment plant, *J. Kor. Solid Wastes Eng.*, 15, 57-65.
- Joo, Y. H., Jeong, H. H., Kim, D. H., Lee, H. J., Lee, S. S., Kim, S. B., Kim, S. C., 2017, Effects of replacing mushroom by-product with tofu by-product on the chemical composition, microbes, and rumen fermentation indices of fermented diets, *J. Envir. Sci. Inter.*, 26, 651-659.
- Jouany, J. P., Morgavi, D. P., 2007, Use of 'natural' products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal*, 1, 1443-1466.
- Kim, D. H., Joo, Y. H., Lee, H. J., Lee, S. S., Paradhya, H. V. D., Choi, N. J., Kim, S. C., 2018, Effects of inoculant application level on chemical compositions of fermented chestnut meal and its rumen fermentation indices, *J. Envir. Sci. Inter.*, 27, 333-340.
- Moon, G. B., Kim, S. B., Cha, S. W., Lee, B. D., Lee, S. K. M., 2007, Improvement of the quality of herbal medicine meal (Ojeoksan) silage by molasses supplementation, *Kor. J. Agri. Sci.*, 34, 77-84.
- Muck, R. E., Dickerson, J. T., 1988, Storage temperature effects on proteolysis in alfalfa silage, *Trans. ASAE*, 31, 1005-1009.
- Mueller-Harvey, I., 2006, Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health, *J. Sci. Food Agric.*, 86, 2010-2037.
- SAS, 2004, SAS User's Guide. Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, N. C.
- Shin, H. T., Keum, D. H., Lee, H. W., Rhee, D. K., Hwang, B. S., Lee, L. H., 2001, Screening of yeasts for the development of direct-fed microbials, *Kor. J. Anim. Sci. Technol.*, 43, 721-726.
- Statistics Korea, 2015, Livestock production cost survey.
- Stronach, S. M., Rudd, T., Lester, J. N., 1986, Anaerobic digestion process in industrial waste water treatment, *Springer-verlag, Berlin Heidelberg*.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A., 1991, Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition, *J. Dairy Sci.*, 74, 3583-3597.

-
- 주영호, 경상대학교 응용생명과학부 대학원생 wn5886@gmail.com
 - 김동현, 플로리다대학교 축산학과 Post-doc. 연구원 kimdh3465@gmail.com
 - 이혁준, 경상대학교 응용생명과학부 대학원생 hyukjun0209@gmail.com
 - 이성신, 경상대학교 응용생명과학부 대학원생 seongshin73@gmail.com
 - Paradhya H. V. Dimas, 경상대학교 응용생명과학부 대학원생 dimazhand@gmail.com
 - 하창주, 경상남도청 축산과 주무관 mickeyi@korea.kr
 - 김삼철, 경상대학교 응용생명과학부 교수 kimsca@gnu.ac.kr