

Research Article

# 열풍 건조 국내산 알팔파 이용 TMR의 혼합 급여가 홀스타인 착유우의 반추 활동량, 우유 생산 및 성분에 미치는 영향

엄준식, 박성민, 박지후, 김동현, 김상범, 임동현\*  
농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과

## Effects of Mixed Feeding of TMR Using Hot-Air Dried Domestic Alfalfa on Ruminant Activity, Milk Production and Quality in Holstein Dairy Cows

Jun Sik Eom, Seong Min Park, Ji Hoo Park, Dong Hyeon Kim, Sang Bum Kim and Dong Hyun Lim\*  
Dairy Science Division, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 31000, Republic of Korea

### ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the comparison of feeding a total mixed ration (TMR) containing imported alfalfa hay and TMR containing hot-air dried domestic alfalfa on ruminant activity, milk production, and composition in lactating dairy cows. Ten Holstein dairy cows were divided into two groups: control (imported alfalfa hay + TMR) and treatment (hot-air dried domestic alfalfa + TMR) groups. The study was conducted over a total period of 18 days, including a 13-days adaptation period and a 5-days main experimental period. The results indicated no differences in total digestible nutrient and net energy intake between the imported and hot-air dried alfalfa. Body weight was not significantly different between the two groups ( $p>0.05$ ), however, total feed intake and rumination time were significantly and tendentially higher in the treatment group compared with control group, respectively ( $p<0.001$ ;  $p=0.075$ ). Milk yield was not significantly different between the two groups ( $p>0.05$ ), however, milk fat (kg) and lactose (%) concentration were significantly higher in the treatment group compared with control group ( $p=0.016$ ;  $p=0.02$ ). This study confirms that feeding TMR with hot-air dried domestic alfalfa results in no differences of feed intake, rumination activity, and milk productivity. Therefore, it is considered that hot-air dried domestic alfalfa can be used as a substitute for imported alfalfa on lactating dairy cows.

(Key words: Domestic alfalfa, Hot-air drying, Milk productivity, Milk quality, Rumination activity)

### I. 서론

반추동물에 급여하는 조사료는 반추위의 발달과 pH 안정으로 반추위 미생물의 성장을 촉진할 뿐만 아니라, 대사성 질병 예방과 acetate : propionate 비율을 높여 유량과 유지방 함량을 증가시키는 효과가 있으므로 양질 조사료의 섭취가 중요하다(Jiang et al., 2017; Schmitz et al., 2018; Chen et al., 2021). 국내 조사료의 자급률은 매년 증가하고 있지만, 축산농가에서 사용하는 조사료는 대부분 사료가치가 낮은 벣짚이며, 양질의 조사료는 약 43%에 불과하다(Oh et al., 2023). 지속되는 기후변화와 최근 전 세계 국가 간 분쟁 등으로 곡물 가격이 급등하고 있으며, 자유무역협정에 따라 2024년 캐나다를 시작으로, 미국(2026년), 호주(2028년)

등에서 수입되는 조사료의 수입할당이 폐지됨에 따라 축산농가의 경제적 손실을 초래할 수 있어 국내 조사료의 자급률 및 품질 개선이 필요하다(Jeong, 2021).

알팔파(*Medicago sativa* L.)는 에너지 가용성이 높고, 비타민 및 미네랄을 함유하고 있어 전 세계적으로 널리 재배되고 있는 다년생 콩과 사료 작물이다. 반추기축에서 알팔파 급여 효과에 대해 많은 연구가 수행되었고, 특히 착유우의 경우 우유생산량과 유단백질 함량이 증가하고(Laroche et al., 2022), 육우의 경우 증체량 증가 및 사료효율 증진 효과가 있어(Lafreniere et al., 2020) 젖소와 한우 농가에서 가장 선호하는 조사료이다. 2020년 기준 국내에서 소비되는 알팔파는 약 191천톤으로 전량 수입에 의존하고 있다(MAFRA, 2021). 최근 알팔파 재배를 위한 토양 환경

\*Corresponding author: Dong Hyun Lim, Dairy Science Division, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 31000, Republic of Korea  
Tel: +82-41-580-3384, E-mail: idh1974@korea.kr

개선, 파종 시기 및 품종개발 연구 등이 추진되었고(Kim et al., 2021; Lee et al., 2022; Jeong et al., 2024), 이로 인해 재배 면적이 점차 확대될 것으로 예상되므로 국내에서 재배되는 알팔파를 이용한 반추동물의 급여효과, 품질 유지 및 효율성 증진 등에 관한 연구가 필요하다.

수입산 조사료는 건조의 형태로 저장성이 우수할 뿐 아니라 소화율, 가소화 영양분 및 상대사료가치가 높은 장점이 있다(Zou et al., 2016). 그러나 국내산 조사료의 대부분은 수확 후 건조 과정을 거치지 않고 원형 곤포 사일리지 형태로 이용되며, 저장기간 동안 외부 환경에 노출되면 기호성 저하로 인한 섭취량 감소 등으로 반추동물의 생산성 저하 등의 단점이 있다(Sung et al., 2011; Choi et al., 2017). 그러므로 수분함량이 낮은 국내산 조사료의 생산이 필요하다. 조사료의 건조 방법은 반전기, 컨디셔너, 열풍기 등을 이용하고 있으며(Kim et al., 2016; Park et al., 2016; Ihediwa et al., 2022), 그중 열풍 건조는 고온의 공기를 이용하여 건조시간을 단축시켜 비타민, 미네랄, 영양성분 등의 손실을 최소화할 수 있을 뿐 아니라 품질 유지 및 저장성을 높일 수 있는 장점이 있다(Parker et al., 1992; Blume et al., 2021).

본 연구의 목적은 열풍 건조시스템을 이용하여 건조한 국내산 알팔파의 사료가치에 대해 수입 알팔파와 비교하기 위한 섬유질 배합사료(total mixed ration, TMR)에 혼합하여 급여 시 우유 생산성, 유질 및 반추 시간 등에 미치는 영향을 평가하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험조건 및 공시동물

본 실험은 국립축산과학원 축산자원개발부에서 수행하였고, 동물보호법 및 국립축산과학원 동물실험윤리위원회에서 검토 승인한 방법에 따라 진행되었다(승인번호 : NIAS-2020-0435). 본 실험에서 사용된 수입 알팔파는 미국산 프리미엄 등급으로, 국내에서 유통되는 건조를 구입하여 사용하였고, 국내산 알팔파는 2023년 4월 전북 정읍에 있는 농가 실증포장에서 개화기에 수

확 후, 다음날 익산에 있는 실증농가 열풍 건조시스템(HANIL MACHINERY, Korea)을 활용하여  $80 \pm 5^\circ\text{C}$ 에서 시간당 400 kg을 생산하는 속도로 건조 후 사용하였다.

공시동물은 홀스타인 착유우를 대상으로 유량( $27.8 \pm 1.4$  kg/일), 비유일수( $169.3 \pm 27.7$ 일), 산차( $1.6 \pm 0.2$ )에 따라 10두를 선발하였으며, 착유우용 TMR과 수입산 알팔파를 혼합 급여한 control 그룹( $n = 5$ ), 착유우용 TMR과 열풍 건조 국내산 알팔파를 혼합 급여한 treatment 그룹( $n = 5$ )로 나누어 실험을 진행하였다. 적응 기간 13일, 본 실험 5일로 총 18일간 착유우용 TMR 사료와 알팔파 건조는 매일 오전 09:00에 급여하였으며, 시험 사료의 급여 조건은 Table 1과 같다.

### 2. 사료 섭취량, 유량, 및 시료의 성분 분석

사료 섭취량은 당일 급여량과 다음날 사료 급여 전 잔량을 수거하여 측정하였고, TMR 및 알팔파는 매주 1회 시료를 채취하여 분석 전까지  $-20^\circ\text{C}$ 에서 보관하였다. 시료는  $65^\circ\text{C}$  dry oven에 48시간 건조 시킨 후 분쇄기를 이용하여 1 mm 망에 통과 가능한 크기로 분쇄 후 일반성분을 분석하였다. 조단백질(crude protein, CP), 조섬유(crude fiber, CF), 조지방(ether extract, EE), 및 조회분(crude ash, CA) 함량은 AOAC (2005)의 방법에 따라 분석하였고, 중성세제불용섬유(neutral detergent fiber, NDF)와 산성세제불용섬유(acid detergent fiber, ADF) 함량은 Van Soest et al. (1991)의 방법에 따라 분석하였다. 가소화영양소총량(total digestible nutrient, TDN)과 비유정미에너지(net energy for lactation,  $NE_L$ )는 NRC (2001)에 제시된 방법에 따라 계산되었고, 상대적사료가치(relative feed value, REV)는 Moore and Undersander (2002)의 방법으로 계산되었다(Tables 2 and 3).

시험축은 2열  $\times$  6두 헤링본 착유실(DeLaval international, Tumba, Sweden)에서 오전(08:00)과 오후(17:00)에 착유 하였고, 본 실험 기간의 오전과 오후 유량을 합하여 1일 유량으로 계산하였으며, 체중은 오전 착유 후 측정하였다. 우유 시료는 개체별로 오전과 오후 연속하여 본 실험 기간에 샘플링하였다. 우유 내 지방, 단백질, 유당 및 체세포수는 CombiScope FTIR (Delta Instruments, Drachten, Netherlands)를 이용하여 분석하였다. 유

Table 1. Experiment design of in this study

Item	Control	Treatment
TMR	(As fed) 34.8 kg/d/head, (DM) 23.5 kg/d/head	
Roughage	Imported alfalfa hay (As fed) 2.5 kg/d/head, (DM) 2.25 kg/head	Hot air-dried domestic alfalfa hay (As fed) 2.5 kg/d/head, (DM) 2.25 kg/head
Animals	n = 5 per groups	

TMR, total mixed ration; DM, dry matter.

Table 2. Chemical composition of the experiment diets

Item	Control	Treatment
Moisture (%)	33.12 ± 4.14	31.12 ± 0.41
Crude protein (% DM)	10.97 ± 1.44	10.59 ± 0.26
Crude fiber (% DM)	17.57 ± 2.34	15.64 ± 0.27
Ether extract (% DM)	2.85 ± 0.43	2.64 ± 0.13
NDF (% DM)	36.97 ± 5.26	33.67 ± 1.08
ADF (% DM)	21.30 ± 3.20	18.87 ± 0.81
Crude ash (% DM)	4.63 ± 0.63	4.61 ± 0.11
TDN (%)	67.19 ± 8.91	62.90 ± 1.40
NE <sub>L</sub> (Mcal/kg)	1.52 ± 0.20	1.42 ± 0.03

Control, TMR + imported alfalfa hay; Treatment, TMR + hot air-dried domestic alfalfa hay; DM, dry matter; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; TDN, total digestible nutrients; NE<sub>L</sub>: net energy for lactation.

TMR is composed to 31.6% concentrates, 5.7% cottenseed, 5.7% beet pulp, 2.3% soybean meal, 34.5% corn silage, 8.6% alfalfa, 8.6% timothy, 2.9% mixed hay, and mins/vits, etc.

TDN = (Crude protein × 1.212) + [(100 - NDF - crude protein - ether extract - crude ash) × 0.8352] + (ether extract × 2.4637) + (crude fiber × 0.4475) - 17.2649 (NRC, 2001).

NE<sub>L</sub> = 0.0245 × TDN - 0.12 (NRC, 2001).

Table 3. Chemical composition of imported and hot air-dried domestic alfalfa hay

Item	Alfalfa	
	Imported	Domestic
Moisture (%)	7.76 ± 0.45	9.83 ± 0.38
Crude protein (% DM)	11.19 ± 1.56	17.07 ± 0.83
Crude fiber (% DM)	39.36 ± 3.77	24.69 ± 1.26
Ether extract (% DM)	1.36 ± 0.16	0.88 ± 0.23
NDF (% DM)	53.33 ± 4.12	37.06 ± 1.62
ADF (% DM)	46.92 ± 3.17	28.21 ± 1.29
Crude ash (% DM)	5.11 ± 1.33	10.02 ± 0.54
TDN (%)	46.79 ± 2.21	47.51 ± 1.04
NE <sub>L</sub> (Mcal/kg)	1.03 ± 0.05	1.04 ± 0.03
DMD (%)	54.69 ± 1.68	66.97 ± 0.57
DMI (kg)	2.25 ± 0.10	3.23 ± 0.08
REV	95.71 ± 7.18	167.10 ± 5.68

DM, dry matter; TMR, total mixed ration; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; TDN, total digestible nutrients; NE<sub>L</sub>: net energy for lactation; DMD, dry matter digestibility; DMI, dry matter intake; REV, relative feed value.

TDN = (Crude protein × 1.212) + [(100 - NDF - crude protein - ether extract - crude ash) × 0.8352] + (ether extract × 2.4637) + (crude fiber × 0.4475) - 17.2649 (NRC, 2001).

NE<sub>L</sub> = 0.0245 × TDN - 0.12 (NRC, 2001).

지방 및 단백질 보정유(fat protein corrected milk, FPCM)는 NRC (2001)에 제시된 방법에 따라 계산되었다.

### 3. 반추시간 및 활동량 분석

시험축은 개체별로 목걸이형 태그(HR-Tag, SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel)를 부착하였으며, 그중 부착된 데이터 이력 기록 장치(logger)는 내부에 마이크 기능이 장착되어 시험축의 반

추 및 소화된 내용물의 역류하는 소리를 인식하는 원리로 작동하여 2시간 간격으로 본 실험 기간의 반추시간 및 활동량을 측정하였다(Schirmann et al., 2009).

### 4. 통계분석

연구에서 얻은 결과들은 SAS Enterprise Guide 7.1 (SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 one-way analysis of

variance 분석을 실시하였으며, Bonferroni-test의 사후 검정 방법으로 평균 간의 유의성( $p < 0.05$ )과 경향성( $0.05 \leq p < 0.1$ )을 검정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 영양소 함량, 사료 섭취량 및 반추 활동

열풍 건조한 국내산 알팔파와 수입산 알팔파의 영양소 함량 비교 분석 결과는 Table 3과 같다. CP ( $11.19 \pm 1.56$  vs.  $17.07 \pm 0.83$  %) 함량과 REV ( $95.71 \pm 7.18$  vs.  $167.10 \pm 5.68$ )는 treatment에서 높았고, CF ( $39.36 \pm 3.77$  vs.  $24.69 \pm 1.26$  %)와 NDF ( $53.33 \pm 4.12$  vs.  $37.06 \pm 1.62$  %) 함량은 control에서 높았으며, TDN ( $46.79 \pm 2.21$  vs.  $47.51 \pm 1.04$  %)과  $NE_L$  ( $1.03 \pm 0.05$  vs.  $1.04 \pm 0.03$  Mcal/kg)은 두 급여구 간 차이를 보이지 않았다. 본 연구에 사용된 두 종류의 알팔파 내 각각의 영양소 함량에는 차이를 보였고, 에너지 섭취 관련 지표(TDN과  $NE_L$ )는 차이를 보이지 않는 것을 확인할 수 있었다.

체중, 사료 섭취량 및 반추 활동 비교 분석 결과는 Table 4와 같다. 착유우의 사료 섭취량의 감소는 체중 및 우유생산량 감소, 유성분에 부정적인 영향을 미칠 수 있을 뿐 아니라(Agenäs et al., 2003; McNamara et al., 2003) 착유우의 생산성 대비 사료 섭취량이 부족하면 에너지 불균형을 초래할 수 있으며 나아가 대사성 질병이 발병할 수 있다(Grummer et al., 2004; Moore and DeVries, 2020). 그러므로 착유우의 사료 섭취량은 중요하다. 본 연구 결과, 체중( $p > 0.05$ ; 749.61 vs. 698.70 kg)은 차이를 보이지 않았으나, 알팔파 건초( $p = 0.001$ ; 2.10 vs. 2.17 kg)와 총사료 섭취량( $p < 0.001$ ; 31.18 vs. 37.05 kg/day)은 treatment에서 높았다.

반추 활동은 섭취한 사료의 입자 모양과 밀도 등에 변화를 주며(Beauchemin, 2018), 침 분비를 자극하여 반추위 pH (6.0 ~ 6.5)를 일정 수준 유지 시켜 반추위 미생물의 활력 유지에 도움을 준다(Moretti et al., 2018). 또한 반추 활동은 외관상 관찰이 쉬우므로 반추동물의 건강 상태의 지표로 활용되며(Schirrmann et al., 2016), 사료 섭취량에 따라 차이를 보일 수 있으며(Jiang et al., 2017), 우유 생산량과 유성분에 영향을 미칠 수 있다(Byskov et al., 2015). White et al. (2017)의 연구에 따르면, 착유우의 반추

Table 4. Effects of imported and hot air-dried domestic alfalfa hay in TMR on body weight, feed intake and animal performance

Item	Control	Treatment	SEM	P value
Body weight (kg)	749.61	698.70	0.30	0.448
Alfalfa (kg/d as feed)	2.10	2.17	0.01	0.001
Total feed intake (kg/d as fed)	31.18	37.05	0.50	<0.001
Total feed intake (kg/d as DM)	26.90	26.90	0.00	0.970
Rumination time (min/2 h-interval)	461.33	489.43	1.45	0.075
Activity (unit/2 h-interval)	51.81	54.53	0.57	0.440

Control, TMR + imported alfalfa hay; Treatment, TMR + hot air-dried domestic alfalfa hay; TMR, total mixed ration; DM, dry matter; SEM, standard error of the means.

Table 5. Effects of imported and hot air-dried domestic alfalfa hay in TMR on milk yield, composition and feed efficiency

Item	Control	Treatment	SEM	P value
Milk yield (kg/day)	28.58	29.20	0.60	0.590
Milk fat (%)	3.84	4.04	0.20	0.216
Milk protein (%)	2.94	2.92	0.10	0.922
Lactose (%)	4.92	5.01	0.02	0.020
Milk fat (kg)	0.93	1.14	0.04	0.016
Milk protein (kg)	0.81	0.83	0.03	0.756
Lactose (kg)	1.36	1.44	0.06	0.608
Somatic cell count ( $10^3$ /mL)	70.99	86.09	10.80	0.522
FPCM, (kg/day)	24.96	27.87	0.91	0.117
Feed efficiency (MY/DMI)	1.04	1.10	0.02	0.156

Control, TMR + imported alfalfa hay; Treatment, TMR + hot air-dried domestic alfalfa hay; TMR, total mixed ration; FPCM, fat and protein-corrected milk; MY, milk yield; DMI, dry matter intake; SEM, standard error of the means.

시간의 범위는 236 ~ 610 min/day로 평균 436 min/day의 결과를 보였다. Yari et al. (2014)에 따르면 수확과 절단 시기가 다른 알팔파 건초의 급여 시 424 ~ 471 min/day의 범위를 보였다고 하였다. 본 연구 결과, 반추 시간( $p=0.075$ ; 461.33 vs. 489.43, min/2h-interval)은 두 처리구간 정상범위였고, treatment에서 높은 경향을 보였으나 유의적 차이를 보이지 않았으며, 반추 활동량 ( $p>0.05$ ; 51.81 vs. 54.53 unit/2h-interval) 또한 차이를 보이지 않았다. 본 연구를 통해 착유우에게 열풍 건조 국내산 알팔파의 급여는 체중, 사료 섭취량 및 반추 활동에 부정적인 영향이 없는 것을 확인하였다.

## 2. 우유생산량, 사료효율 및 유성분

우유생산량, 사료효율 및 우유 내 성분분석 비교 결과는 Table 5와 같다. 착유우의 우유 생산은 낙농업의 경제적 수익에 있어 중요하며, Maulfair and Heinrichs (2013)에 따르면 알팔파 비율을 달리한 TMR 급여는 우유생산량과 사료효율에는 차이를 보이지 않았다고 하였다. 본 연구 결과, 우유생산량( $p>0.05$ ; 28.58 vs. 29.20 kg)은 treatment에서 높았으나 두 그룹 간 차이를 보이지 않았으며, 우유생산량 대비 건물섭취량 기준 사료효율( $p>0.05$ ; 1.04 vs. 1.10) 또한 차이를 보이지 않았다. 우유 내 영양소는 유지방, 유단백질 그리고 lactose 등이 있으며, 그중 유지방은 우유 내 주요 에너지원으로서 지용성 비타민의 흡수와 함께 체내에서 합성되지 않는 필수 지방산을 제공할 뿐 아니라 버터, 치즈, 크림 및 전지방분유 가공에 있어 중요하다(Haun et al., 2007; Mohan et al., 2020). 유단백질은 필수 아미노산의 제공과 칼슘 전달 매개체 역할과 면역글로불린, 효소 활성, 성장 인자 등의 생리적 기능에 관련이 있을 뿐 아니라 대사 질환 예방에 중요한 역할을 한다(Davoodi et al., 2016; Goulding et al., 2020). Calberry et al. (2003)에 따르면 다양한 형태의 알팔파의 급여는 착유우의 유성분에 차이를 보일 수 있다고 하였다. 본 연구 결과, 유지방 생산량( $p=0.016$ ; 0.93 vs. 1.14 kg)은 treatment에서 높았고, 유단백질 ( $p>0.05$ ; 2.94 vs. 2.92 % and 0.81 vs. 0.83 kg)은 차이를 보이지 않았으며, FPCM ( $p>0.05$ ; 24.96 vs. 27.81 kg/day) 또한 차이를 보이지 않았다. 포도당과 갈락토스 분자로 이루어져 있는 lactose의 농도는 유방의 건강 상태와 에너지 균형 및 대사에 영향을 받으며(Lemosquet et al., 2009; Costa et al., 2019) 우유의 등급과 관련된 체세포수(somatic cell count, SCC)와 음의 상관관계를 보인다(Berglund et al., 2007). 최근, 유선염과의 상관관계 구명을 통한 바이오마커 연구에 이용되고 있어 우유 내 lactose 농도는 중요하다. 본 연구 결과, lactose 함량( $p=0.02$ ; 4.92 vs. 5.01 %)은 treatment에서 높았으나 SCC ( $p>0.05$ ; 70.99 vs. 86.09  $10^3/mL$ )는 차이를 보이지 않았다. 본 연구를 통해 착유

우에게 열풍 건조 국내산 알팔파의 급여는 우유생산량, 사료효율 및 유성분에 부정적인 영향이 없는 것을 확인하였다.

## IV. 요약

본 연구는 수입산 알팔파와 열풍 건조 국내산 알팔파를 이용한 TMR의 혼합 급여가 착유우의 우유 생산량, 유질 및 반추 시간 비교 분석 등을 통해 열풍 건조 국내산 알팔파의 사료가치 평가를 수행하였다. 두 종류의 알팔파 내 TDN,  $NE_L$  및 체중은 차이를 보이지 않았고, 사료 섭취량은 열풍 건조 국내산 알팔파의 TMR 혼합 급여구에서 높았으며, 반추 활동 시간은 차이를 보이지 않았다. 우유생산량, 유지방과 유단백질 함량, FPCM, FE 및 SCC는 차이를 보이지 않았으며, 유지방 생산량과 lactose 함량은 열풍 건조 국내산 알팔파 TMR 혼합 급여구에서 높았다. 따라서 본 연구에서 이용된 열풍 건조 국내산 알팔파와 TMR의 혼합 급여는 착유우의 사료 섭취량, 반추 활동 및 생산성에 차이를 보이지 않았으므로, 열풍 건조 국내산 알팔파를 수입산 알팔파로 대체하여 착유우에게 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

## V. 사사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(젖소 조사료 위주 사양에 따른 우유 품질 변화 및 반추위 환경 연구, PJ01489601)과 2024년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

## VI. REFERENCES

- Agenäs, S., Burstedt, E. and Holtenius, K. 2003. Effects of feeding intensity during the dry period. 1. Feed intake, body weight, and milk production. *Journal of Dairy Science*. 86(3):870-882. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73670-4
- AOAC. 2005. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist. Gaithersburg, MD.
- Beauchemin, K.A. 2018. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 101(6):4762-4784. doi.org/10.3168/jds.2017-13706
- Berglund, I., Pettersson, G., Östensson, K. and Svennersten-Sjaunja, K. 2007. Quarter milking for improved detection of increased SCC. *Reproduction in Domestic Animals*. 42(4):427-432. doi.org/10.1111/j.1439-0531.2006.00803.x
- Blume, L., Hoischen-Taubner, S. and Sundrum, A. 2021. Alfalfa-a re-

- gional protein source for all farm animals. *Landbauforschung*. 71(1):1-13. doi.org/10.3220/LBF1615894157000
- Byskov, M.Y., Nadeau, E., Johansson, B.E.O. and Norgaard, P. 2015. Variations in automatically recorded rumination time as explained by variations in intake of dietary fractions and milk production, and between-cow variation. *Journal of Dairy Science*. 98(6):3926-3937. doi.org/10.3168/jds.2014-8012
- Calberry, J.M., Plaizier, J.C., Einarson, M.S. and McBride, B.W. 2003. Effects of replacing chopped alfalfa hay with alfalfa silage in total mixed rations on production and rumen conditions of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86(11):3611-3619. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73967-8
- Chen, H., Wang, C., Huasai, S. and Chen, A. 2021. Effects of dietary forage to concentrate ratio on nutrient digestibility, ruminal fermentation, and rumen bacterial composition in Angus cows. *Scientific Reports*. 11:17023. doi.org/10.1038/s41598-021-96580-5
- Choi, K.C., Srigopalram, S., Ilavenil, S., Kuppusamy, P., Park, H.S., Yoon, Y.H. and Kim, H.S. 2017. Effect of addition of lactic acid bacteria on quality of rye silage harvested at early heading stage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 37(4):332-336.
- Costa, A., Lopez-Villalobos, N., Sneddon, N.W., Shalloo, L., Franzoi, M., De Marchi, M. and Penasa, M. 2019. Invited review: Milk lactose—Current status and future challenges in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 102(7):5883-5898. doi.org/10.3168/jds.2018-15955
- Davoodi, S.H., Shahbazi, R., Esmaeili, S., Sohrabvandi, S., Mortazavian, A., Jazayeri, S. and Taslimi, A. 2016. Health-related aspects of milk proteins. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. 15(3):573-591.
- Goulding, D.A., Fox, P.F. and O'Mahony, J.A. 2020. Chapter 2 – Milk proteins: An overview. *Milk Proteins From Expression to Food*. 2020:21-98. doi.org/10.1016/B978-0-12-815251-5.00002-5
- Grummer, R.R., Mashek, D.G. and Hayirli, A. 2004. Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*. 20:447-470. doi:10.1016/j.cvfa.2004.06.013
- Haun, A., Høstmark, A.T. and Harstad, O.M. 2007. Bovine milk in human nutrition – A review. *Lipids in Health and Disease*. 6(1):25. doi.org/10.1186/1476-511X-6-25
- Ihediwa, V.E., Ndukwu, M.C., Abada, U.C., Ekop, Inenesit E., Benmamoun, L., Simo-Tagne, M. and Abam, F.I. 2022. Optimization of the energy consumption, drying kinetics and evolution of thermo-physical properties of drying of forage grass for haymaking. *Heat and Mass Transfer*. 58:1187-1206. doi.org/10.1007/s00231-021-03146-2
- Jeong, J.S. 2021. The current status and problems of domestic forage production and distribution. *Proceeding of 2021 Symposium and Conference of Korean Society of Grassland and Forage Science, Pyeongchang*. pp. 23-42.
- Jeong, S.M., Oh, M., Lee, B.H., Lee, K.W. and Park, H.S. 2024. Effects of spring seeding dates on dry matter yield and feed value of alfalfa in the central area of south Korea. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 44(1):6-13. doi.org/10.5333/KGFS.2024.41.1.6
- Jiang, F.G., Lin, X.Y., Yan, Z.G., Hu, Z.Y., Liu, G.M., Sun, Y.D., Liu, X.W. and Wang, Z.H. 2017. Effect of dietary roughage level on chewing activity, ruminal pH, and saliva secretion in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 100(4):2660-2671. doi.org/10.3168/jds.2016-11559
- Kim, J.H., Choi, K.C., Kim, H.S. and Park, H.S. 2016. Effect of conditioner types and tedding times on drying rate of on tall fescue hay. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 36(4):298-302.
- Kim, J.Y., Kim, M.J., Jo, H.W., Lee, B.H., Jo, M.H., Kim, B.W. and Sung, K.I. 2021. Assessment of contribution of climate and soil factors on alfalfa yield by yield prediction model. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 41(1):47-55. doi.org/10.5333/KGFS.2021.41.1.47
- Lafreniere, C., Berthiaume, R., Giesen, L., Campbell, C.P., Pivotto-Baird, L.M. and Mandell, I.B. 2020. Effects of forage finishing methods with alfalfa on cattle growth performance and beef carcass characteristics, eating quality, and nutrient composition. *Canadian Journal of Animal Science*. 101(1):30-48. doi.org/10.1139/cjas-2019-0121
- Laroche, J.P., Gervais, R., Lapierre, H., Ouellet, D.R., Tremblay, G.F., Halde, C., Boucher, M.S. and Charbonneau, É. 2022. Milk production and efficiency of utilization of nitrogen, metabolizable protein, and amino acids are affected by protein and energy supplies in dairy cows fed alfalfa-based diets. *Journal of Dairy Science*. 105(1):329-346. doi.org/10.3168/jds.2021-20923
- Lee, B.H., Kim, J.H., Lee, K.W., Lee, S.Y., Jung, J.S. and Park, H.S. 2022. Effect of postemergence herbicides on dry matter yield and weed control in spring seeding alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 42(1):10-16. doi.org/10.5333/KGFS.2022.42.1.10
- Lemosquet, S., Delamaire, E., Lapierre, H., Blum, J.W. and Peyraud, J.L. 2009. Effects of glucose, propionic acid, and nonessential amino acids on glucose metabolism and milk yield in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 92(7):3244-3257. doi.org/10.3168/jds.2008-1610
- MAFRA. 2021. *Statistic of forage supply and demand in 2020*. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- Maulfair, D.D. and Heinrichs, A.J. 2013. Eating behavior, ruminal fermentation, and milk production in lactating dairy cows fed rations that varied in dry alfalfa hay and alfalfa silage content. *Livestock Science*. 151(2-3):179-187. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.11.007
- McNamara, S., O'Mara, F.P., Rath, M. and Murphy, J.J. 2003. Effects of different transition diets on dry matter intake, milk production, and milk composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86(7):2397-2408. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73834-X
- Mohan, M.S., O'Callaghan, T.F., Kelly, P. and Hogan, S.A. 2020. Milk fat: opportunities, challenges and innovation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 61(14):2411-2433. doi.org/10.1080/10408398.2020.1778631
- Moore, J.E. and Undersander, D.J. 2002. Relative forage quality: An alternative to relative feed value and quality index. *Proceedings 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium*. pp. 16-29.

- Moore, S.M. and DeVries, T.J. 2020. Effect of diet-induced negative energy balance on the feeding behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 103(8):7288-7301. doi.org/10.3168/jds.2019-17705
- Moretti, R., de Rezende, M.P.G., Stefano, B. and Riccardo, B. 2018. Heritability and genetic correlations between rumination time and production traits in Holstein dairy cows during different lactation phases. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 135(4):293-299. doi.org/10.1111/jbg.12346
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. NRC. Washington. DC. USA.
- Oh, S.Y., Seo, J.H., Choi, J., Kim, T.H. and Oh, S.H. 2023. Effects of harvesting time on yield and forage value of a winter wheat cultivar 'Cheongwoo'. *Journal of Agricultural and Forest Meteorology*. 25(3):172-181. doi.org/10.5532/KJAFM.2023.25.3.172
- Park, H.S., Kim, J.H., Choi, K.C. and Kim, H.S. 2016. Effect of rainfall after cutting on feed value of Italian ryegrass. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 36(4):293-297.
- Parker, B.F., White, G.M., Lindley, M.R., Gates, R.S., Collins, M., Lowry, S. and Bridges, T.C. 1992. Forced-air drying of baled alfalfa hay. *Transactions of the ASAE*. 35(2):607-615. doi:10.13031/2013.28640
- Schirmann, K., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., Veria, D.M. and Heuwieser, W. 2009. Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 92:6052-6055. doi: 10.3168/jds.2009-2361
- Schirmann, K., Weary, D.M., Heuwieser, W., Chapinal, N., Cerri, R.L.A. and Keyserlingk, M.A.G. 2016. Short communication: Rumination and feeding behaviors differ between healthy and sick dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science*. 99(12):9917-9924. doi.org/10.3168/jds.2015-10548
- Schmitz, R., Schnabel, K., Von Soosten, D., Meyer, U., Huther, L., Spiekens, H., Rehage, J. and Danicke, S. 2018. Changes of ruminal pH, rumination activity and feeding behaviour during early lactation as affected by different energy and fibre concentration of roughage in pluriparous dairy cows. *Archives of Animal Nutrition*. 72(6):458-477. doi.org/10.1080/1745039X.2018.1526535
- Sung, H.G., Lee, J.K. and Seo, S. 2011. Studies on fungal contamination and mycotoxins of rice straw round bale silage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 31(4):451-462.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
- White, R.R., Hall, M.B., Firkins, J.L. and Kononoff, P.J. 2017. Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. I : Deriving equations that identify factors that influence effectiveness of fiber. *Journal of Dairy Science*. 100(12):9569-9584. doi.org/10.3168/jds.2017-12766
- Yari, M., Valizadeh, R., Naserian, A.A., Jonker, A., Azarfar, A. and Yu, P. 2014. Effects of including alfalfa hay cut in the afternoon or morning at three stages of maturity in high concentrate rations on dairy cows performance, diet digestibility and feeding behavior. *Animal Feed Science and Technology*. 192:62-72. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.04.001
- Zou, Y., Dong, S., Du, Y., Li, S., Wang, Y. and Cao, Z. 2016. Effects of moisture content or particle size on the *in situ* degradability of maize silage and alfalfa haylage in lactating dairy cows. *Animal Nutrition*. 2(3):249-252.

(Received : June 03, 2024 | Revised : June 25, 2024 | Accepted : June 26, 2024)