

ANIMAL

Comparison of authorized feed analysis laboratories in Korea: looking at feed chemical analysis

 Seoyoung Jeon¹, Jun-Sung Lee¹, Seong-Min Park², Kwang-Seok Ki², Seongwon Seo^{1*}
¹Division of Animal and Dairy Sciences, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Dairy Science Division, Department of Animal Resources Development, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 31000, Korea

 *Corresponding author: swseo@cnu.kr

Abstract

In Korea, chemical analysis of animal feed is done through authorized feed analysis laboratories (AFALs). Analysis results among the AFALs need to be similar or within acceptable variations; however, there is no experimental evidence of their comparability. We aimed to determine the level of variation of feed chemical analysis results from different AFALs. For this, we requested analysis of four kinds of feed (corn, soybean meal, corn gluten feed, and ryegrass) to eight AFALs and the Cumberland Valley Analytical Services (CVAS) which is an internationally well-recognized feed analysis laboratory. The AFALs spent more time on analysis than did CVAS. Fiber analysis results varied significantly among laboratories. However, moisture, CP, and ash content values showed almost no variation. At least one AFAL obtained results with significant differences from CVAS for all tested values. These differences can be explained by the followings: 1) the standard methods for feed analysis (SMFA) established for AFALs are not detailed enough to control the analytical variations among different laboratories and 2) guidelines are insufficient for the quality control of analysis results in Korea. Failure to accurately identify the nutritional components of the feed could mean failure to provide adequate nutrients to the animals. Therefore, efforts to reduce the differences among AFALs, such as revising SMFA and publishing guidelines on quality control of feed analysis results, are important.

Keywords: feed analysis laboratory, feed analysis methods, quality control

Introduction

사료의 영양적 가치를 정확하게 판단하는 것은 가축에게 과부족 없는 영양을 공급하기 위해 매우 중요하다. 사료는 같은 원료이더라도 재배 환경, 출수 시기 등에 따라 영양적 성분의 변이가 매우 크기 때문에 정기적으로 영양소를 정확히 분석하는 것은 필수적이다. 사료의 화학적 영양소 함량 분석은 영양적 가치를 평가하기 위한 가장 보편적인 방법으로, 사료의 영양 성분을 파악하기 위해서 가장 많이 이용되고 있다(Kim et al., 2016). 하지만, 사료는 물리·화학적 특성이 매우 다양하기 때문에 정확한 영양소 함량 분석이 어려우며, 분석 과정 중 약간의 차이로


 OPEN ACCESS

Citation: Jeon S, Lee JS, Park SM, Ki KS, Seo S. 2017. Comparison of authorized feed analysis laboratories in Korea: looking at feed chemical analysis. Korean Journal of Agricultural Science 44:086-094.

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20160010>

Editor: Dong Young Kil, Chung-Ang University, Korea

Received: November 2, 2016

Revised: February 10, 2017

Accepted: February 16, 2017

Copyright: © 2017 Korean Journal of Agricultural Science.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

인해 분석 결과의 변이가 커질 수 있다(Van Soest, 1994).

이러한 이유로 많은 연구자들과 기관들은 분석법을 개선하고 분석 방법론을 통일하기 위하여 노력하고 있다. 국제분석화학자협회(Association of Official Analytical Chemistry, AOAC)는 연구 결과를 토대로 개발된 표준 분석법(AOAC Official Methods of Analysis, OMA)을 제시하는데, 1884년 초판 발행 이후 꾸준한 개정을 거쳐 최근 20번째 개정판을 출판하였다(AOAC, 2016). 또한, 국제 순수 및 응용화학연맹(International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC)도 사료 분석의 표준 지침서를 제공하여 분석 기관 간의 분석 결과의 변이를 낮추기 위해 노력하고 있다(Thompson et al., 2002b). 국내에서도 농림축산식품부고시 (제2015-101호)에 의거 『사료 등의 기준 및 규격』과 함께 「사료표준분석방법」을 제시하고 있다. 농림축산식품부 장관은 사료관리법 제20조제2항 및 규칙 제22조제3항에 따라 사료검정인정기관을 지정하고 있으며, 국내의 사료 분석 결과는 사료검정인정기관에서 분석된 결과만이 공신력을 지닌다. 사료검정기관(국립농산물품질관리원, 농촌진흥청 국립축산과학원)은 사료관리법에 따라 사료검정인정기관을 관리하며, 분석 결과의 품질 관리를 위해 분기별로 사료검정인정기관에 대한 사료 검정을 실시하고 있다. 하지만, 사료검정인정기관 간의 분석 결과가 동일한지에 대해서는 알려진 바가 없다. 또한, 『사료 등의 기준 및 규격』에서 제시하는 「사료표준분석방법」은 AOAC, 국제표준화기구(International Organization for Standardization, ISO) 등에서 배포하는 사료 분석 방법 및 지침서와 달리 분석 방법의 서술이 자세하지 않고, 분석 결과의 신뢰성을 평가, 관리하는 지침이 제시되어 있지 않다.

본 연구의 목적은 국내 사료검정인정기관 간의 사료 분석 결과치의 변이가 어느 정도인지 파악하는데 있다. 본 연구에서는 4종의 단미 사료를 8개의 국내 사료검정인정기관에 분석을 의뢰하였다. 또한 세계적으로 공인된 기관인 Cumberland Valley Analytical Services (CVAS)에도 사료 분석을 의뢰하여 국내 사료검정인정기관의 분석 결과와의 차이를 비교, 분석하였다.

Materials and Methods

분석 시료의 준비 및 화학분석

사료검정인정기관 간의 사료 분석 결과 비교를 위해 각기 다른 특성을 가진 단미사료 4종(옥수수, 대두박, 단백피, 라이그래스)을 선별하여 같은 시기에 각 기관에 분석을 의뢰하였다.

사료 분석은 CVAS와 국내 8곳의 사료검정인정기관에 의뢰하였다. 연구가 실시될 당시에는 국내에는 11곳의 사료검정인정기관이 지정되어 있었고, 그 중 사료 분석을 실시하고 있는 8곳에 사료 분석을 의뢰하였다. 8곳의 사료검정인정기관은 에이앤드에프(ANF), 충남대학교 농업과학연구소(CNU), 농업기술실용화재단(FACT), 한국사료협회 사료기술연구소(FIRI), 강원대학교 동물자원공동연구소(KNU), 건국대학교 동물자원연구센터(KU), 농협축산사료연구센터(NH), 부경대학교 사료영양연구소(PKNU) 이다. 과학기술분석센터, 한국동물약품협회, 한국단미사료협회 사료분석소는 사료검정인정기관으로 등록되어 있었으나 분석 의뢰 당시 내부 사정으로 인해 사료 분석을 실시하지 않고 있었기 때문에 분석 의뢰 기관에서 제외하였다.

각 사료의 수분(Moisture), 조단백질(CP), 조지방(EE), 조섬유(CF), 중성세제불용성섬유소(NDF), 산성세제불용성섬유소(ADF), 조회분(Ash), 칼슘(Ca), 인(P)에 대한 분석을 실시하였다. 국내 사료검정인정기관은 「사료표준 분석방법」에 따라 사료 분석을 실시하였다. CVAS에서는 건물(DM; #930.15), CP (#990.03), ADF (#973.18), 그리고 Ash (#942.05)는 AOAC (2005)에 따라 분석하였고, EE (#2003.05)는 AOAC (2006)에 따라 분석하였다. NDF는 Van soest et al. (1991)에 따라 열 안정성 아밀레이스(Heat-stable amylase)를 이용하여 분석하였고 잔여 ash를 분석하여 보정하는 NDF 분석 방법을 이용하였다. CVAS와 CNU는 분석 의뢰 당시 CF 분석을 하지 않아 CVAS와 CF의 분석 의뢰 항목에서 CF는 제외하였다.

통계처리

처리에 따른 통계적 차이는 PROC GLM (SAS Institute Inc., 2014)를 이용하여 분석하였다. 이때 이용된 선형 모델은 다음과 같다.

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij} \quad (1)$$

여기서, y_{ij} 는 j 번째 단미사료($j=1-4$)의 i 번째 분석기관에서의 분석치($i=1-9$), μ 는 전체 평균, τ_i 는 i 번째 분석기관의 효과, β_j 는 j 번째 단미사료의 효과, e_{ij} 는 j 번째 단미사료의 i 번째 분석기관에서의 분석치의 임의 오차이다. 분석기관의 분석치 평균간 비교는 Tukey법을 이용하였다. 통계 분석을 통해 차이를 보일 확률이 5% 보다 적은 경우에 통계적 유의성, 5%에서 10% 사이인 경우에 경향성이 있음을 가정하였다.

Results and Discussion

분석 소요 시간 및 분석 비용

사료검정인정기관의 분석 소요 시간은 평균 13.6일이었으며, ANF는 12일, CNU는 15일, FACT는 14일, FIRI는 13일, KNU는 13일, KU는 14일, NH는 14일, PKNU는 14일이 소요되었다. CVAS는 분석 소요 시간이 8일로 국내 사료검정인정기관에 비해 분석 소요 시간이 약 5.6일 짧았다. 분석 소요 시간이 긴 것은 이화학적 분석의 단점 중 하나인데(Jang et al., 2016), 이를 극복하기 위해서 세계의 사료분석기관들은 많은 노력을 기울이고 있다. 하루 200여건의 일반성분분석을 처리하는 CVAS의 경우 사료 분석을 빠르게 처리하기 위해서 여러 대의 섬유소 분석기와 단백질 분석기를 운영하고 있다(Sharon Weaver, Hagerstown, MD, USA, personal communication). 현장에서 사료 분석 결과는 사료의 배합비, 사료의 급여량에 영향을 줄 수 있기 때문에 가능한 빠르게 통보하여 신속한 피드백이 이루어 질 수 있도록 하는 것이 중요하므로, 사료검정인정기관은 분석 소요 시간을 줄이기 위한 대책 마련이 필요할 것으로 사료된다.

분석 비용은 기관 별로 차이가 있었다(Table 6). 수분, CP, EE, CF, Ash, NDF, ADF, Ca 그리고 P를 분석하기 위해 지불해야 하는 금액은 CNU가 75,000원으로 가장 저렴했고, FIRI가 228,000원으로 가장 비쌌다. 평균 가격은 130,325원이었으며 이 가격과 가장 근접한 곳은 KNU였다. CVAS는 CPM Plus package (25개 분석 항목, CF는 포함되지 않음)가 86 달러로 약 90,560원(1달러 1,053원 기준)의 분석 비용을 지불하였다. 하지만, 현재는 국립농산물품질관리원고시(제2014-40호)에 따라 사료검사수수료를 공시하고 있으므로 추후에는 이러한 차이는 발생하지 않을 것으로 기대된다.

사료의 화학분석 결과

사료분석기관별 각 화학 성분의 분석치의 변이는 달라, 모든 사료에 있어서 다른 분석 항목에 비하여 섬유소 관련 항목(CF, NDF, ADF)의 분석치가 사료분석기관 간에 차이가 컸다(Fig. 1). CF 수치는 모든 사료에서 분석치의 변이계수가 40% 이상이었고, NDF는 두 가지 사료(옥수수, 대두박)에서 변이계수가 50% 이상이었으며, ADF는 세 가지 사료(옥수수, 대두박, 단백질)에서 변이계수가 45% 이상이었다. 반면, 수분과 CP, Ash는 모든 사료에서 변이계수가 10% 미만으로 사료분석기관 간에 변이가 적었다. EE는 옥수수와 단백질에서는 각각 10%, 12%로 양호하였으나, EE 함량이 가장 적은 라이그래스에서는 50%로 변이계수가 높았다. Ca은 대두박에서는 변이계수가 낮았으나, 옥수수, 단백질, 라이그래스에서 각각 35%, 36%, 70%로 변이계수가 높았다(Fig. 1).

또한 각 단미사료의 화학 성분 분석 수치는 분석 기관에 따라 1.1배에서 100배의 차이를 보였다(Table 1-4). 옥수

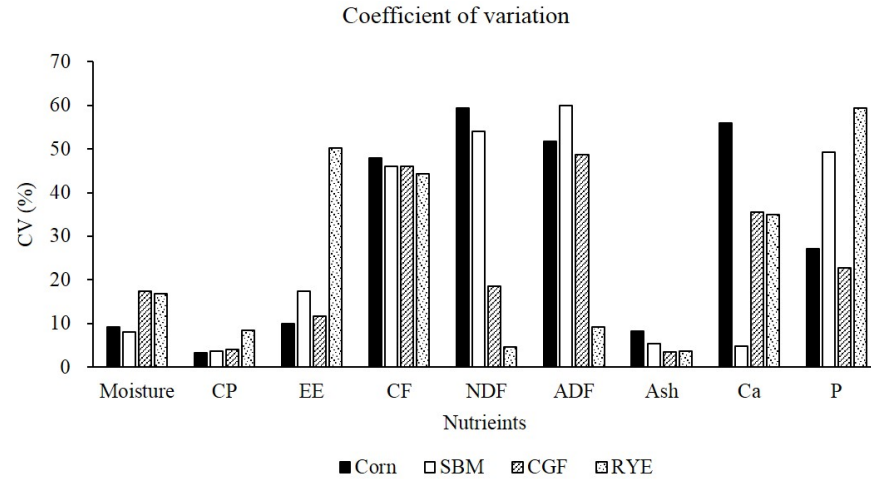


Fig. 1. The Coefficient of variation of chemical analysis results. The CV of corn, SBM (Soybean meal), CGF (Corn gluten feed), and RYE (Ryegrass). CP: Crude protein, EE: Ether extract, CF: Crude fiber, NDF: Neutral detergent insoluble fiber, ADF: Acid detergent insoluble fiber, Ca: Calcium, P: Phosphorus.

Table 1. The results of chemical analysis for corn (% DM or as stated).

Nutrients ^z	Statistical Value				
	Max	Mean	Median	Min	SD
Moisture (% AF)	11.79	10.87	11.23	9.07	1.00
CP	8.58	8.14	8.06	7.89	0.26
EE	5.60	4.67	4.60	4.08	0.47
CF	2.74	2.03	2.10	1.24	0.98
NDF	40.23	16.79	14.75	7.70	9.97
ADF	5.80	2.79	2.43	1.13	1.44
Ash	1.37	1.18	1.18	0.99	0.10
Ca	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01
P	0.35	0.24	0.24	0.10	0.06

^zCP: Crude protein, EE: Ether extract, CF: Crude fiber, NDF: Neutral detergent insoluble fiber, ADF: Acid detergent insoluble fiber, Ca: Calcium, P: Phosphorus.

Table 2. The results of chemical analysis for soybean meal (% DM or as stated).

Nutrients ^z	Statistical Value				
	Max	Mean	Median	Min	SD
Moisture (% AF)	11.71	10.75	10.98	9.11	0.87
CP	51.22	49.28	49.52	45.00	1.80
EE	3.88	2.80	2.67	2.23	0.49
CF	5.68	4.78	4.88	3.63	2.20
NDF	41.23	21.53	18.21	9.00	11.62
ADF	18.54	7.92	5.67	3.98	4.75
Ash	7.02	6.35	6.29	5.94	0.34
Ca	0.38	0.36	0.36	0.33	0.02
P	1.10	0.61	0.67	0.01	0.30

^zCP: Crude protein, EE: Ether extract, CF: Crude fiber, NDF: Neutral detergent insoluble fiber, ADF: Acid detergent insoluble fiber, Ca: Calcium, P: Phosphorus.

수에서는 CF 함량 분석결과와 최대값(2.74%, KNU)이 최소값(1.24%, ANF)에 비해 약 2.2배 높았다(Table 1). 또한 NDF 함량 분석치의 최대값(40.23%, ANF)은 최소값(7.70%, FACT)에 비해 5.2배 높았다. ADF 함량 분석치의 최대값(5.80%, KU)과 최소값(1.13%, NH)은 5.1배 차이를 보였다. P의 함량은 최대값(0.35%, ANF)이 최소값(0.10%, KNU)에 비하여 3.5배 높게 분석되었다. 대두박에서는 NDF 분석치의 최대값(41.23%, KU)이 최소값(9.0%, CVAS)에 비해 4.6배 높았다(Table 2). ADF 분석치의 경우 최대값(18.54%, KU)과 최소값(3.98%, NH)이 4.7배의 차이를 보였다. 또한 다른 단미사료에서는 함량 변이가 비교적 적은 것으로 분석된 P의 분석치의 최대값(1.10%, ANF)은 최소값(0.01%, FACT)에 비해 100배 높은 결과를 보였다. 단백질에서 수분 함량 분석치의 최대값(11.54%, KU)은 최소값(6.46%, FACT)에 비해 1.8배 높았고, ADF의 최대값(24.50%, KU)과 최소값(7.35%, FIRI)은 3.3배의 차이를 보였다(Table 3). Ca의 함량은 최대값(0.38%, CVAS, CNU)이 최소값(0.04%, PKNU)에 비해 8.5배 높은 결과를 보였다. P의 함량은 최대값(1.34%, ANF)이 최소값(0.48%, KNU)에 비하여 2.8배 높게 분석되었다. 라이그래스에서도 수분 분석치의 최대값(6.91%, FACT)은 최소값에 비하여(3.75%, KNU) 약 1.8배 높았다(Table 4). 또한 EE 함량 분석치의 최대값(2.01%, NH)은 최소값(0.48%, KNU)에 비해 약 4.2배 높았다(Table 4). Ca 함량 분석치의 최대값(0.42%, CVAS)은 최소값(0.13%, FACT)에 비해 3.3배 높은 결과를 보였다. P함량 분석치의 최대값(0.24%,

Table 3. The results of chemical analysis for corn gluten feed (% DM or as stated).

Nutrients ^z	Statistical Value				
	Max	Mean	Median	Min	SD
Moisture (% AF)	11.54	9.93	10.75	6.46	1.72
CP	21.67	20.08	19.93	18.99	0.80
EE	5.19	4.09	3.94	3.64	0.48
CF	9.98	7.86	7.86	6.46	3.61
NDF	49.62	36.70	35.93	28.79	6.78
ADF	24.50	10.89	9.19	7.35	5.31
Ash	7.54	7.17	7.25	6.78	0.25
Ca	0.38	0.28	0.29	0.04	0.10
P	1.34	1.06	1.11	0.48	0.24

^zCP: Crude protein, EE: Ether extract, CF: Crude fiber, NDF: Neutral detergent insoluble fiber, ADF: Acid detergent insoluble fiber, Ca: Calcium, P: Phosphorus.

Table 4. The results of chemical analysis for ryegrass (% DM or as stated).

Nutrients ^z	Statistical Value				
	Max	Mean	Median	Min	SD
Moisture (% AF)	6.91	5.98	6.51	3.76	1.01
CP	7.20	6.08	6.00	5.54	0.52
EE	2.01	0.92	0.78	0.48	0.46
CF	41.77	39.14	40.07	36.17	17.37
NDF	76.89	70.45	69.92	66.78	3.19
ADF	52.90	45.73	45.70	40.56	4.18
Ash	8.15	7.70	7.66	7.30	0.27
Ca	0.42	0.29	0.35	0.13	0.10
P	0.24	0.09	0.09	0.01	0.06

^zCP: Crude protein, EE: Ether extract, CF: Crude fiber, NDF: Neutral detergent insoluble fiber, ADF: Acid detergent insoluble fiber, Ca: Calcium, P: Phosphorus.

ANF)이 최소값(0.01%, CNU)에 비해 24.5배 높았다.

NRC에서 제시한 사료라이브리리에 따르면 옥수수의 건물당 NDF 함량은 9.5%였지만(NRC, 2001), ANF에서 분석한 옥수수의 NDF의 함량은 40.2%로 이와 차이가 컸다(Table 1). 반면 CVAS에서 제시한 결과는 9.7%로 이와 비슷하였고, 사료검정인정기관 중에서는 FIRI가 제시한 결과가 8.5%로 이와 가장 유사하였다(Table 1). 대두박의 건물 당 NDF 함량을 NRC에서는 9.8%로 제시하고 있는데 (NRC, 2001), CVAS에서 제시한 결과는 9.0%로 이와 비슷하였지만 KU에서 제시한 결과는 41.2%로 차이가 있었다(Table 1). 사료검정인정기관 중에서는 FIRI에서 분석한 결과가 10.6%로 이와 가장 비슷하였다(Table 1). 대두박의 건물 당 ADF는 NRC에서는 6.2%로 제시하고 있으며(NRC, 2001), CVAS의 결과는 5.2%였고, 사료검정인정기관 중에서는 PKNU(5.9%), FIRI(4.9%), KNU(5.7%), FACT(5.6%)가 비슷하였으나 KU에서 제시한 결과는 18.5%로 CVAS의 결과와 차이가 있었다(Table 1).

Table 5는 사료 분석 기관들의 분석 결과가 각 화학 성분 별로 차이가 있는지를 알아보기 위해, 각 화학 성분 별로 4가지 단미사료의 분석 수치의 평균을 이용하여 분산분석을 실시한 결과이다. 평균간 상호 비교를 통해 사료 분석 기관 간의 차이를 분석하였고, 특히 각 사료검정인정기관의 수치를 세계적으로 공인된 CVAS와 비교하였다. P를 제외한 모든 화학 성분의 분석에서 CVAS와 분석 수치에 유의적인 차이를 보인 사료검정인정기관이 한 곳 이상 존재하였다($p < 0.05$). FACT와 KNU에서 분석된 수분 함량은 CVAS에 비하여 유의적으로 낮게 평가 되었고($p < 0.05$), ANF에서 분석된 CP 역시 CVAS에 비하여 유의적으로 낮게 평가 되었다($p < 0.05$). 반면, NH에서 분석한 EE는 CVAS에 비하여 유의적으로 높게 평가 되었다. ANF와 KU에서 분석한 NDF 함량은 CVAS에 비해 약 1.5배 높게 평가 되었으며 이는 유의적으로 높게 평가 된 것이었다($p < 0.01$). 또한, FACT에서 분석된 Ash 함량은 CVAS에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.01$). CNU, FIRI, PKNU 세 곳은 모든 분석 항목에서 CVAS와 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 5).

사료 분석 결과가 사료검정인정기관에 따라 유의적으로 차이가 있는 것은 몇 가지 이유로 설명할 수 있다. 사료 분석 방법을 「사료표준분석방법」으로 특정하고 있지만, 한 가지 분석 항목에 대해 여러 분석법을 제시하는 항목도 있기 때문에 사료분석기관 별로 다른 분석 방법을 이용하였거나, 사료 내 특정 성분이 다른 성분의 분석에 간섭을 일으켜 사료 분석 결과에 차이가 발생했을 수 있다.

대표적으로 NDF와 ADF 분석 시 사용하는 구치 도가니(Gooch crucible)가 오래되었거나, 고온에 의해 손상된 경우 결과값에 영향이 있을 수 있다(Crosby, 1995). 또한, 지방이 함량이 10% 이상인 사료는 지방층에 의해 NDF와 ADF가 과대 평가될 수 있으며(Van Soest et al., 1991), 옥수수와 같이 전분 함량이 높은 사료의 경우 아밀레이스가 충분히 반응하지 못해 전분이 완전히 제거되지 않았을 때에도 NDF 분석 결과값이 영향을 받을 수 있다(Crosby, 1995). NDF 분석 시 사용하는 아밀레이스는 효소제제이므로 6개월에 한 번 활성을 확인해야 하는데(AOAC, 2002), 활성을 잃은 아밀레이스를 사용할 경우 전분이 제거되지 않아 분석 수치에 영향을 줄 수 있다. 이 부분에 대해서 AOAC OMA에서는 효소의 활성을 확인할 수 있는 자세한 방법을 제시하고 있으나 「사료표준분석방법」에는 언급한 바 없다.

본 연구에서는 CP 결과에 차이가 적었지만, CP 또한 분석 방법에 따라 차이가 발생할 수 있다. 「사료표준분석방법」에서는 CP 분석 방법으로 켈달 분석법(Kjeldahl method), 켈텍 분석법(Kjeltec method), 듀마스 분석법(Dumas method)을 제시하고 있다. 하지만, 켈달 분석법은 듀마스 분석법에 비해 CP를 낮게 평가하는 경향이 있다(Lakin, 1978; Petterson et al, 1999; Thompson et al, 2002a). 또한 켈달 분석법으로 CP를 분석할 경우 증류액을 염산 용액으로 적정 하는 과정에서 적정 종말점을 판단하는 기준이 명확하지 않기 때문에 분석하는 사람에 따라 결과에 변이가 발생할 수 있다.

국내 사료분석검정인정기관이 사용하고 있는 「사료표준분석방법」은 AOAC OMA에 비하여 분석 방법론의 서술이 자세하지 않고, 개정되지 않은 항목을 포함하고 있다. 본 연구에서 분석 결과의 변이가 가장 컸던 NDF를 예로

Table 5. Differences in chemical analysis values of the feed analysis laboratories (% DM or as stated).

Nutrients ^y	Laboratory ^z									SEM	p-value
	CVAS	ANF	CNU	FACT	FIRI	KNU	KU	NH	PKNU		
Moisture (% AF)	10.2a	9.4abc	10.1ab	7.9c	9.5abc	7.9bc	10.5a	9.5abc	9.6abc	0.45	< 0.01
CP	21.5a	19.4b	21.4ab	20.4ab	20.8ab	20.7ab	21.0ab	20.8ab	21.9a	0.42	0.02
EE	3.1b	3.1b	2.8b	3.1b	2.9b	2.6b	3.3ab	4.0a	3.2ab	0.17	< 0.01
NDF	30.6b	46.9a	41.5ab	30.9b	28.7b	34.0ab	45.7a	34.1ab	34.9ab	3.03	< 0.01
ADF	18.1ab	19.0ab	17.1ab	14.2b	13.8b	16.0ab	23.0a	14.2b	15.9ab	1.73	0.02
Ash	5.7ab	5.6abc	5.9a	5.3c	5.6abc	5.9a	5.6abc	5.6abc	5.4bc	0.09	< 0.01
Ca	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.03	0.16
P	0.5ab	0.8a	0.5ab	0.4ab	0.5ab	0.2b	0.5ab	0.5ab	0.5ab	0.08	0.02

a-c: Means with different show significant differences between organization, $p < 0.05$.

^yCP: Crude protein, EE: Ether extract, NDF: Neutral detergent insoluble fiber, ADF: Acid detergent insoluble fiber, Ca: Calcium, P: Phosphorus.

^zCVAS: Cumberland Valley Analytical Services, ANF: A&F, CNU: Chungnam National University Institute of Agricultural Science, FACT: Foundation of Agricultural Technology Commercialization & Transfer, FIRI: Korea Feed Association Feed Industry Research Institute, KNU: Kangwon National University Institute of Animal Resources, KU: Konkuk University Center for Animal Resources, NH: Nonghyup Livestock Research Center, PKNU: Pukyong National University Feeds & Foods Research Center.

Table 6. Expense for chemical analysis (won).

Nutrients ^x	Laboratory ^y							
	ANF	CNU	FACT	FIRI	KNU	KU	NH	PKNU
Moisture	5,500	3,000	2,860	36,000 ^z	5,500	4,400	4,400	3,400
CP	16,500	8,000	9,020		16,500	9,900	11,000	21,100
EE	16,500	8,000	12,650		16,500	9,900	11,000	20,000
CF	16,500	10,000	15,620		16,500	12,100	12,100	20,700
NDF	16,500	11,000	23,760	12,000	16,500	17,600	17,600	16,000
ADF	16,500	11,000	23,760	12,000	16,500	17,600	17,600	16,000
Ash	16,500	4,000	3,740		5,500	4,400	4,400	4,200
Ca	16,500	10,000	12,650	12,000	22,000	13,200	13,200	40,800
P	16,500	10,000	12,650	12,000	22,000	13,200	13,200	40,800
Total	137,500	75,000	116,710	84,000	137,500	102,300	104,500	183,000

^xCP: Crude protein, EE: Ether extract, NDF: Neutral detergent insoluble fiber, ADF: Acid detergent insoluble fiber, Ca: Calcium, P: Phosphorus.

^yANF: A&F, CNU: Chungnam National University Institute of Agricultural Science, FACT: Foundation of Agricultural Technology Commercialization & Transfer, FIRI: Korea Feed Association Feed Industry Research Institute, KNU: Kangwon National University Institute of Animal Resources, KU: Konkuk University Center for Animal Resources, NH: Nonghyup Livestock Research Center, PKNU: Pukyong National University Feeds & Foods Research Center.

^zFIRI required a total of 36,000 won for analysis of moisture, CP, EE, CF and Ash.

들면, AOAC OMA에는 NDF 분석법을 aNDF와 aNDFom, aNDFbc, aNDFombc로 구분하여 설명하고 있는 반면, 국내 「사료표준분석방법」에는 이러한 구분이 없이 aNDF 방법만 제시하고 있다. 또한, 「사료표준분석방법」에서는 소포제로 decalin이라는 시약을 사용하도록 권고하고 있는데, 본 시약은 NDF 분석 시 섬유소를 과대평가하는 경향이 있어 현재는 사용하지 않는 시약이다(Spiller, 2001). 비단 NDF 분석법뿐만 아니라 AOAC OMA에서는 시료의 준비 방법, 시약을 다루는 데 있어 안전상 주의해야 할 사항, 용액을 제조함에 있어 주의할 사항 등을 자세히 언급하고 있지만, 「사료표준분석방법」에서는 필요한 시약을 언급하는 데 그쳤다. 또한, AOAC OMA에서는 각 분

석 방법의 원리를 설명하고, 분석에 사용되는 시약 및 용액들의 역할을 설명하여 분석자의 이해를 돕고 있다. 이러한 부분 또한 「사료표준분석방법」에는 포함되어 있지 않은 부분이다.

사료의 영양성분을 정확히 파악하는 것에 실패하면 가축에게 과부족 없이 영양소를 급여하는 것은 불가능하다. 뿐만 아니라, 사료 분석 결과가 분석 기관마다 다를 경우 서로 다른 분석 기관에서 분석한 서로 다른 사료의 영양성분을 비교하는 것은 불가능해지며(Mueller-Harvey, 2004), 산업적 측면에서 본다면, 성분에 변화가 없었음에도 불구하고 사료검정인정기관의 분석 결과 차이로 인해 사료 제조업체 등이 법적 제재를 받는 경우가 발생할 수 있다. 사료 분석이 정확히 이루어지지 않으면 이와 같은 문제들이 발생할 수 있기 때문에 각국의 연구자들 및 기관들은 정확한 분석을 위해 노력하고 있다. ISO는 시험기관 및 교정기관의 자격에 대한 일반 요구사항(ISO/IEC 17025)을 출판하여 분석 품질 관리에 대한 지침을 제시하고 있으며(ISO/IEC, 2005), 국제연합식량농업기구(Food and Agriculture organization of The United Nations, FAO)에서도 동물사료 분석 실험실에 대한 품질 보증(The feed analysis laboratory: establishment and quality control)을 출판하여 분석 품질 관리 지침을 제공하고 있다(Jonge and Jackson, 2013). 뿐만 아니라, 사료분석센터들은 National Forage Testing Association (NFTA), Feed Analysis Consortium (FeedAC)과 같은 협회를 조직하여 사료 분석의 정확성을 확보하고자 노력하고 있다. 국외 사료분석센터의 사례와 같이 보다 자세하게 분석 방법론을 수정하고, 최근 연구 결과를 반영하여 분석법을 개정한다면 국내 사료검정인정기관의 사료 분석 정확도는 증진 될 것으로 사료된다. 또한, 사료검정인정기관 자체적으로 분석 품질을 관리할 수 있는 지침서를 제공하고, 사료 분석에 대한 주기적인 교육을 실시한다면 본 연구에서 나타난 사료검정인정기관 간의 변이는 감소할 것으로 여겨진다.

결론적으로, 우리는 본 연구를 통해 사료검정인정기관 간에 사료 분석 결과의 차이가 존재하며, 사료검정인정기관의 분석 결과와 미국 CVAS의 분석 결과에 차이가 있음을 알 수 있었다. 보다 정확한 사료 분석을 위해서는 「사료표준분석방법」의 개편과 분석품질관리 지침이 필요할 것으로 여겨진다.

Acknowledgments

본 연구는 농촌진흥청(Rural Development Administration)의 친환경 안전농축산물생산 기술개발(PJ011904) 사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- AOAC. 2002. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC. 2005. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC. 2006. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC. 2016. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist, Gaithersburg, MD, USA.
- Crosby N. 1995. Encyclopedia of analytical science. In *Animal feeds* edited by Townshend A. pp 120-136. Academic Press, London, UK.
- De Jonge LH, Jackson F. 2013. The feed analysis laboratory: Establishment and quality control. FAO, Rome, Italy.
- ISO/IEC (International Organization for Standardization /International Electrotechnical Committee). 2005. ISO/IEC 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
- Jang HJ, Choi CH, Choi TH, Kim JH, Kwon GH, Oh SI, Kim H, Kim YJ. 2016. The analysis of oat chemical properties using visiblennear infrared spectroscopy. *Korean Journal of Agricultural Science* 43:715-722. [in Korean]
- Kim HB, Lee SH, Jeong SH, Park JK, Shin TS, Cho BW, Cho SK, Kim BW, Seo JK. 2016. Nutrient analysis and in vitro rumen fermentation of commercial formulated concentrates for finishing Hanwoo steers . *Korean Journal of*

- Agricultural Science 43:802-809. [in Korean]
- Lakin AL. 1978. Determination of nitrogen and estimation of protein in foods. In *Developments in food analysis techniques No. 1* edited by King RD. pp 43-74. Applied Science Publishers, London, UK.
- Mueller-Harvey I. 2004. Modern techniques for feed analysis. In *Assesing quality and safety of animal feeds*. FAO, Rome, Italy.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy Press, Washington DC, USA.
- Petterson DS, Choct M, Rayner CJ, Harris DJ, Blakeney A. 1999. Methods for the analysis of premium livestock grains. *Crop and Pasture Sciences* 50:775-788.
- SAS Institute. 2014. SAS user's guide: Statistics. Cary, NC, USA.
- Spiller GA. 2001. CRC handbook of dietary fiber in human nutrition. CRC press, FL, USA.
- Thompson M, Ellison SLR, Wood R. 2002b. Harmonized guidelines for single-laboratory validation of methods of analysis (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry* 74:835-855.
- Thompson M, Owen L, Wilkinson K, Wood R, Damant A. 2002a. A comparison of the Kjeldahl and Dumas methods for the determination of protein in foods, using data from a proficiency testing scheme. *Analysts* 127:1666-1668.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.
- Van Soest PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press, USA.