

사료 단백질의 Fraction과 *In situ* 단백질 분해율의 상관관계에 관한 연구

이세영* · 정유석* · 송재용* · 박성호* · 성하균* · 김현진* · 고종열** · 하종규*

서울대학교 농생명공학부*, 농협중앙회 축산사료연구소**

Study on Correlation Between Feed Protein Fractions and *In situ* Protein Degradation Rate

S. Y. Lee*, Y. S. Chung*, J. Y. Song*, S. H. Park*, H. G. Sung*, H. J. Kim*, J. Y. Ko**

and J. K. Ha*

School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University *

Livestock and Feed Research Institute, National Agricultural Cooperative Federation **

ABSTRACT

This experiment was conducted to determine correlation between *in vitro* protein fractions and *in situ* protein degradation rate with major dairy protein sources (soybean meal, corn gluten meal, cotton seed meal, kapok seed meal and perilla meal). Five protein fractions were obtained according to the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), and *in situ* protein degradation rates were determined by technique using nylon bags incubated for 0, 4, 8, 12 and 24 hrs in the rumen of three Holstein steers. Fraction A was highest in kapok seed meal (14.6%) and lowest in corn gluten meal (0.6%) (P<0.05). The highest B1, B2 and B3 fractions were contained in soybean meal (8.27%), cotton seed meal (74%), and perilla meal (40%), respectively. Corn gluten meal was very high in fraction C. *In situ* protein degradation rate of soybean meal was 98%, highest among five protein sources, and corn gluten meal had the lowest rate at 28%. Correlation analysis showed that easily soluble fractions of both methods, *in situ* protein degradation rate and digestible protein fractions, and *in situ* protein degradation rate minus "a" and fraction B2+B3 were highly correlated. These results indicate that *in vitro* protein fractionation can be used in the estimation of *in situ* protein degradation.

(Key words : Protein fractions, *In situ* protein degradation, Correlation)

I. 서 론

사료의 영양학적 가치를 판단하기 위해서는 일반성분 분석이나 각종 아미노산 함량 혹은 광물질 및 비타민의 양 등을 구하여 그 가치를 추정할 수 있으나, 반추동물은 반추위에서 미생물에 의해 사료가 분해되기 때문에 실제 소

장에서 흡수되는 영양소는 사료내 영양소와 많은 차이가 있다. 따라서 반추동물의 경우 사료의 성분분석 만으로는 사료의 영양학적 가치를 평가하기 어렵다. 그래서 반추동물용 단백질 사료의 가치를 평가하는데 화학성분 분석 이외에 *in vivo* 방법이나 *in vitro*, *in situ* 방법 등이 이용되고 있다. *In vivo* 방법은 직접 동물에서

Corresponding author : Ha, Jong Kyu, School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Seoul, 151-921, Korea
Tel : 02-880-4809, Fax : 02-875-8710, E-mail : jongha@snu.ac.kr

사료의 단백질 소화를 측정하기 때문에 비교적 정확하다고 할 수 있지만, 시간과 비용 등이 많이 소요된다(Van Straalen과 Tamminga, 1990). 이에 반해 *in situ* 방법은 기질을 담은 나일론백을 반추위에 일정시간 배양한 후, 나일론백에서 빠져나간 기질의 양을 측정하는 방법이기 때문에 비교적 간편하고, 반추위에 캐놀라가 장착된 실험동물만이 필요하기 때문에 적은 비용으로 수행 가능하여 현재까지 널리 이용되고 있다(Varvikko와 Lindberg, 1985). *In vitro* 방법은 동물 생체실험의 한계를 극복할 수 있고, 시간에 대한 제약과 비용이 적어 널리 쓰이고 있다. *In vitro* 상에서 단백질 분해를 측정하는 방법에는 반추위액에 일정시간 배양후 분해율을 측정하는 법(Tilley와 Terry, 1963), 가스발생량을 통해 평가하는 방법(Menke와 Steingass, 1988), 단백질 분해효소를 이용하는 방법(Licitra 등, 1998; Luchini 등, 1996) 그리고 미생물체 단백질 합성 억제제를 이용한 배양법(Broderick, 1987) 등이 있다. 최근 비교적 널리 이용되고 있는 *in vitro* 방법으로 미국 Cornell 대학에서 제시한 Cornell Net Carbohydrate and Protein System(CNCPS)이 있는데 이는 원료사료의 단백질을 여러 가지 용액에서의 용해되는 정도를 측정하여 5개의 fraction(A, B1, B2, B3 및 C)으로 구분하고 있다(Sniffen 등, 1992; Licitra 등, 1996). Fraction A는 비단백태 질소화합물(NPN), B1은 용해성 진정단백질, B2는 중성세제 용해성 단백질, B3는 중성세제 불용성·산성세제 용해성 단백질, C는 산성세제 불용성 단백질이다. 이 방법은 반추위나 위액에 배양할 필요가 없기 때문에 매우 간단한 방법이라 할 수 있다. 만약 단백질의 fraction으로 *in situ* 단백질의 분해율을 추정할 수 있다면 사료 단백질 품질측정이 훨씬 간편해 질 것이다. 하지만 이 방법은 반추위내 소화가 고려되지 않았기 때문에 단백질 fraction 결과가 원료사료의 반추위내 소화율을 얼마나 정확하게 추정할 수 있는지는 알 수 없다.

따라서 본 연구는 국내에서 사용되고 있는 몇 가지 단백질 원료사료를 사용하여 단백질 fraction과 *in situ* 단백질 분해율을 구한 다음

이들 사이에서의 상관관계를 보고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험 사료

단백질의 fraction과 *in situ* 분해율을 보기 위하여 현재 국내에서 축우 사료 제조를 위하여 주로 사용 중인 5종의 단백질 사료 원료 즉, 탈피대두박(dehulled soybean meal, 국산), 콘글루텐(corn gluten meal, 국산), 면실박(cottonseed meal, 중국산), 카폭박(kapok seed meal, 인도네시아산) 및 임자박(perilla meal, 국산)을 시료로 사용하였다.

2. 단백질 fraction 측정

Licitra 등(1996)의 방법에 따라 사료 단백질의 NPN(non-protein nitrogen, 비단백태질소화합물), SOLP(soluble protein, 용해 단백질), NDIP(neutral detergent insoluble protein, 중성세제 불용단백질) 그리고 ADIP(acid detergent insoluble protein, 산성세제 불용단백질)를 분석하였으며, 각각의 단백질 fraction은 이들 성분으로부터 다음과 같이 계산하였다.

$$A \text{ fraction} = \text{NPN},$$

$$B1 \text{ fraction} = \text{SOLP-NPN},$$

$$B2 \text{ fraction} = 100 - A - B1 - B3 - C,$$

$$B3 \text{ fraction} = \text{NDIP-ADIP},$$

$$C \text{ fraction} = \text{ADIP}$$

3. 원료 사료 단백질의 *in situ* 분해율 측정

1) 공시축 및 사양관리

반추위 누관이 설치된 평균 체중이 $325 \pm 25\text{kg}$ 인 홀스타인종 거세 수소 3두를 사용하였다. 시험기간 중 사료는 체중의 2%에 해당하는 양을 일일 2회로 나누어 급여하였으며 티모시 건초와 배합사료를 1:1로 혼합하여 급여하였고 음수와 미네랄 블럭은 자유 섭취토록 하였다. 급여한 사료의 성분은 Table 1과 같다.

Table 1. Nutrient contents of experimental feeds fed to steers

	Moisture	CP	EE	CF	ADF	NDF
Timothy hay	12.22	8.38	2.15	25.13	32.53	56.27
Concentrate	12.10	15.58	3.00	7.19	13.67	26.06

Unit : %

2) Nylon bag 시험방법

홀스타인 거세우 3두에 총 5개의 원료사료를 각각 2개의 nylon bag에 넣어 반추위에 배양하였다(6반복). Wiley mill을 이용하여 1mm로 분쇄한 각각의 원료사료는 2g씩 nylon bag(5×10cm; 50 μ m pore size)에 담고 입구를 봉한 후 아침사료 급여 직전에 반추위 내에 넣고 4, 8, 12, 24시간 동안 배양하였다. 배양이 끝난 nylon bag은 반추위 누관으로부터 꺼내어 얼음물에 침지 시켰다가 흐르는 수도물로 맑은 물이 나올 때까지 세척한 다음 60 $^{\circ}$ C dry oven에서 48시간 동안 건조하였다. 그리고 0시간대 nylon bag은 반추위내 배양 없이 동일한 방법으로 침지 및 세척을 한 후 건조되었다. 모든 시료는 48시간 건조한 후 건물 및 단백질 함량을 측정하였다 (AOAC, 1990).

3) 건물과 단백질의 소실을 및 분해율의 계산

원료사료 및 *in situ* 실험에서 수거된 시료의 DM 소실을 및 단백질 소실율은 배양기간 동안 소실된 양을 배양전 시료의 양에 대한 백분율로 계산하였다.

각 시료의 건물 및 단백질 소실을 데이터를 SAS의 nonlinear regression procedure를 통해 Ørskov와 McDonald(1979)의 모델 계수 및 분해율을 계산하였으며, 그 식은 다음과 같다.

$$P = a + b(1 - e^{-ct})$$

P : 시간 t에서의 영양소 소실율

a : 쉽게 용해되는 영양소 (0시간에서 용해된 양, %)

b : 소화 가능한 불용해 영양소

t : 배양 시간

c : 소실율 상수 (b fraction의 시간당 소실율, h $^{-1}$)

4. 통계처리

연구 결과에 대한 통계분석은 SAS(Statistical Analysis System, Version 9.1, USA, 2002) package program을 이용하였다. 소실을 계수는 nonlinear procedure를, 원료사료간 소실을 및 단백질 fraction은 ANOVA procedure를, 그리고 측정항목간 상관분석은 correlation procedure를 사용하였다(Snedecor 등, 1989). 사료원료간 유의적 차이는 LSD(least significant difference) 검정을 통해 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 사료원료의 단백질 fraction

본 연구에 사용된 5종 사료원료들의 조성분을 살펴보면 Table 2와 같다. 조단백질(CP) 함량은 원료사료 중에서 콘글루텐이 69.1%로 가장 높았고, 카폭박이 32.8%로 가장 낮았다. 조지방(EE) 함량은 카폭박이, 조섬유(CF) 함량은 면실박이, 조회분(ash) 함량은 임자박이 다른 사료원료들보다 높았다.

이들 사료 원료들의 조성분 함량을 NRC (1996)와 비교했을 때 약간의 차이는 있었는데 이는 Van Straalen 등(1997)이 보고한 바와 같이 원산지, 성숙도, 품종, 가공 그리고 토양의 비옥도 등에 의해 원료사료의 성분 함량에 차이가 있었기 때문으로 보인다.

원료사료들의 단백질 fraction은 Table 3에서 보는 바와 같다. 비단백태질소화합물(NPN) 함량은 원료사료 중에서 카폭박이 14.6%로 가장 높았고, 콘글루텐이 0.6%로 가장 낮았다(P<0.05). 용해 단백질(SP) 함량은 대두박과 카폭박이 약 18~19%로 가장 높았고 콘글루텐이 4.8%로 가장 낮았다(P<0.05). 중성세제 불용해단백

Table 2. Chemical composition of protein sources used for protein fractionation and *in situ* studies

Item	Feedstuffs ¹⁾				
	SBM	CGM	CSM	KSM	PM
DM	91.3	89.6	91.0	90.3	94.4
CP	45.1	69.1	47.6	32.8	42.0
EE	0.6	3.0	0.3	8.2	1.0
CF	5.8	1.0	17.5	17.3	15.5
Ash	7.4	3.3	5.9	7.0	8.6
Ca	0.5	0.2	0.3	0.7	1.5
P	0.6	0.3	0.8	0.7	1.3

¹⁾ SBM, soybean meal; CGM, corn gluten meal; CSM, cotton seed meal; KSM, kapok seed meal; PM, perilla meal.

Table 3. Protein fractions of protein sources

	SBM ¹⁾	CGM	CSM	KSM	PM	SEM ⁴⁾
NPN ²⁾	10.2 ^b	0.6 ^c	10.2 ^b	14.6 ^a	10.7 ^b	1.27
SOLP	18.4 ^a	4.8 ^d	15.1 ^b	19.0 ^a	11.4 ^c	1.41
NDIP	7.4 ^e	43.9 ^b	11.3 ^d	20.3 ^c	56.9 ^a	5.15
ADIP	1.2 ^d	42.5 ^a	6.5 ^c	14.2 ^b	16.8 ^b	3.82
A ³⁾	10.2 ^b	0.6 ^c	10.2 ^b	14.6 ^a	10.7 ^b	1.27
B1	8.3 ^a	4.2 ^{ab}	4.8 ^a	4.4 ^{ab}	0.8 ^b	0.72
B2	74.2 ^a	51.3 ^c	73.7 ^a	60.7 ^b	31.7 ^d	4.24
B3	6.2 ^b	1.5 ^c	4.7 ^{bc}	6.1 ^b	40.1 ^a	3.83
C	1.2 ^d	42.5 ^a	6.5 ^c	14.2 ^b	16.8 ^b	3.82

¹⁾ SBM, soybean meal; CGM, corn gluten meal; CSM, cotton seed meal; KSM, kapok seed meal; PM, perilla meal.

²⁾ NPN, non-protein nitrogen; SOLP, soluble protein; NDIP, neutral detergent insoluble protein; ADIP, acid detergent insoluble protein.

³⁾ A = NPN; B1 = SOLP-NPN; B2 = 100-A-B1-B3-C; B3 = NDIP-ADIP; C = ADIP.

⁴⁾ SEM, standard error of means.

^{a, b, c, d, e} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

질인 NDIP는 입자박이 약 56.9%로 가장 높았고, 대두박이 약 7.4%로 가장 낮았다($P < 0.05$). 산성세제 불용해단백질인 ADIP는 콩글루텐이 약 42.5%로 가장 높았고, 대두박이 1.2%로 공시한 원료 중 가장 낮았다($P < 0.05$).

이들 분석값으로부터 단백질 fraction을 계산하였는데, A fraction은 NPN 함량이고, B1 fraction은 NPN을 제외한 soluble protein을 말하

며, A와 B1 fraction은 반추위에서 빠르게 분해되는 부분이다. B3 fraction은 중성세제에는 용해되지 않지만, 산성세제에는 용해되는 부분으로 NDIP에서 ADIP를 빼서 계산하였으며, 반추위에서 천천히 분해되어 상당부분은 반추위에서 소화되지 않고 소장으로 넘어가며 소장에서 소화되는데 이 부분의 소화율은 평균 80%로 보고된 바 있다(CNCPS, 2003). C fraction은

ADIP로, 반추위 및 소장에서 분해 및 소화되지 않는 부분이다. B2 fraction은 전체 CP 중 나머지 fraction값을 제외한 값으로 분해속도는 B1과 B3 fraction의 사이로서, 사료의 특성과 섭취 수준 등에 따라 분해속도가 달라지며 반추위에서 소화되지 않고 통과한 B2 fraction은 소장에서 100% 소화된다(CNCPS, 2003).

이러한 단백질 fraction의 분해 특성을 통해 살펴보았을 때 soluble fraction(A 및 B1 fraction)의 함량이 높은 대두박과 카폭박은 반추위에서 초기 분해되는 양이 많을 것이고, B3 fraction의 함량이 높은 임자박은 반추위에서 천천히 분해가 되며 소장으로 넘어가는 단백질의 양이 많을 것으로 보인다. 그리고 콘글루텐은 반추위 및 소장에서 소화되지 않는 단백질의 양이 가장 높다고 할 수 있다.

본 연구에서 얻은 단백질 fraction 결과를 CNCPS(2003) 데이터와 비교해 보면, 대두박과 면실박은 비슷하였으나 콘글루텐은 C fraction 값에서 많은 차이가 있었다. 카폭박과 임자박의 단백질 fraction 데이터는 아직까지 보고되지 않아서 비교할 수가 없었다. 앞에서 원료사료에 따른 조성분 함량의 차이에 대해서 언급한 것처럼, 단백질 fraction도 원료사료의 원산지, 성숙도, 품종, 가공 등에 의해 차이가 나타난

것으로 사료된다. 따라서 앞으로 지속적인 분석과 연구를 통해 원료사료의 source별 분석이 되어야 원료사료의 fraction에 대한 정확한 평가가 가능할 것이다.

2. 단백질과 건물 소실율간의 상관 관계

반추위에서 24시간 배양 후 원료사료들의 건물 및 조단백질 분해상수와 분해율은 Table 4에 제시되어 있다. 건물 분해율은 대두박이 96.7%로 원료사료 중에서 가장 높았고, 콘글루텐과 임자박이 45.1%로 가장 낮았다($P<0.05$). 쉽게 용해되는 양을 나타내는 a값도 대두박이 가장 높았고, 콘글루텐이 가장 낮았다($P<0.05$). 용해되지 않고 천천히 분해되는 양을 나타내는 b값은 면실박과 대두박이 각각 78.3%, 70.8%로 가장 높았고, 카폭박이 28.7%로 가장 낮았다($P<0.05$). 불용성이며 천천히 분해되는 fraction b의 분해속도를 나타내는 c값은 카폭박이 0.21로 가장 높았고, 그 다음으로 대두박, 콘글루텐, 임자박 그리고 면실박의 순으로 높았다($P<0.05$).

조단백질 분해율은 앞의 건물 분해율과 유사한 경향을 보였다. 원료사료 중에서 대두박이 조단백질 분해율이 가장 높았고, 콘글루텐은

Table 4. *In situ* DM and CP degradation rate and parameters

	SBM ¹⁾	CGM	CSM	KSM	PM	SEM ²⁾
DM degradation (%)	96.7 ^a	45.1 ^c	55.6 ^b	53.1 ^b	44.6 ^c	3.61
a ³⁾	29.2 ^a	2.6 ^d	18.4 ^c	24.0 ^b	17.7 ^c	2.39
b	70.8 ^a	52.3 ^b	78.3 ^a	28.7 ^c	36.4 ^c	5.21
c	0.10 ^b	0.07 ^{bc}	0.03 ^d	0.21 ^a	0.06 ^{cd}	0.02
CP degradation (%)	98.1 ^a	28.0 ^e	54.7 ^c	86.9 ^b	43.4 ^d	4.94
a	7.1 ^b	0.7 ^c	10.7 ^b	34.7 ^a	8.8 ^b	3.14
b	92.9 ^a	85.1 ^{ab}	82.8 ^{ab}	50.4 ^b	60.3 ^{ab}	5.44
c	0.11 ^b	0.02 ^b	0.03 ^b	0.30 ^a	0.05 ^b	0.03

¹⁾ SBM, soybean meal; CGM, corn gluten meal; CSM, cotton seed meal; KSM, kapok seed meal; PM, perilla meal.

²⁾ SEM, standard error of means.

³⁾ Values of a, b and c were derived from the equation of $P = a + b(1 - e^{-ct})$ (Ørskov and McDonald, 1979). P is DM or CP degradation at time t (h), a is the soluble fraction, b is the potentially degradable fraction and c is the rate of degradation (/h) of b fraction.

^{a, b, c, d, e} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P<0.05$).

가장 낮았다($P<0.05$). 대두박의 경우 쉽게 용해되는 부분 (a값)은 적지만, 용해되지 않고 소화가능한 부분 (b값)이 많고 소화속도 (c값)가 빠르기 때문에 결과적으로 분해율이 높았다. 하지만, 콘글루텐의 경우 소화가능한 부분은 많지만 쉽게 용해되는 부분이 적고 소화속도가 느려 결과적으로 단백질 분해율이 낮았다. 카폭박은 대두박 다음으로 조단백질 분해율이 높았는데, 카폭박의 경우 a와 c값은 높았으나, b값은 낮았다. 즉, 카폭박은 반추위내에서 많은 양이 용해되며 (a값), 용해되지 않고 소화가능한 부분은 빠르게 분해되지만 (c값), 그 양 (b값)이 많지 않았다. 면실박과 임자박의 분해율은 카폭박보다 낮고 콘글루텐보다 높았다($P<0.05$). 대두박과 비교했을 때 면실박과 임자박의 a값은 대두박과 비슷하지만 b와 c값이 작았다. 즉, 소화가능한 부분이 적고 소화속도도 느려 단백질 분해율이 낮았다.

윤 등(1990)은 단백질 원료사료를 면양의 반추위에서 72시간 배양한 후 단백질 소화속도를 측정하였는데, 대두박, 콘글루텐, 면실박 및 임자박의 소화속도는 각각 0.099, 0.028, 0.045, 0.040 이라고 보고하였다. 이는 대두박이 높고 콘글루텐은 낮았으며 면실박과 임자박은 그 사이인 본 연구결과와 일치하였다. Erasmus 등(1994)은 반추위에서 16시간 배양후 면실박과 콘글루텐의 조단백질 분해율이 각각 42.5와 18.6%라고 보고하였으며 해바라기박과 땅콩박은 반추위에서 단백질 분해율이 높고, 대두박과 면실박은 중간이며, 그리고 어분, 콘글루텐 및 혈분은 낮다고 보고하였다. NRC(2001)에서는 단백질 사료원료의 반추위내에서 소화되는 단백질(RDP) 양을 제시하였는데, 대두박, 콘글루텐 및 면실박의 RDP는 각각 76%, 36%, 52%였다. 본 연구에서 대두박의 분해율이 NRC(2001)에서 제시한 값보다 높았는데, 이는 대두피를 제거한 탈피대두박을 사용하였기 때문일 것이다. Ceresnakova 등(2002)은 원료사료중 대두박, 해바라기박, 채종박, 아마박은 반추위에서 단백질 소실율이 높았고, 콘글루텐과 전지대두는 낮은 것으로 보고하였다. Cozzi와 Polan(1994)도 콘글루텐의 CP 소실율이 다른 단

백질 원료사료에 비해 낮다고 보고하였는데, 이는 콘글루텐의 젤라틴 성질과 미생물의 부착 표면적의 감소 때문인 것으로 사료된다(Stern과 Satter, 1982).

3. 사료 단백질의 fraction과 *in situ* 단백질 분해율간의 상관관계

Table 5는 *in situ* 소실율과 단백질 fraction 간의 상관관계를 나타낸 것이다. 건물 소실율과 조단백질 소실율 간의 상관계수는 0.84로 상관관계가 높았다($P<0.01$). 원료사료 중 쉽게 용해되는 부분인 *In situ*의 a값과 단백질 fraction A 사이의 상관계수는 0.78이었고, a값과 A+B1 fraction 간의 상관계수는 0.67이었다($P<0.01$). 하지만 용해되지 않고 천천히 분해되는 부분인 *in situ*의 b값과 단백질 fraction B2+B3 사이에서는 상관관계가 없었다($P>0.05$). *In situ* a+b값

Table 5. Correlation coefficient between *in situ* CP parameters and protein fractions

	Correlation coefficient	Probability
DM degradation vs CP degradation	0.84	<0.01
a ¹⁾ vs A ²⁾	0.75	<0.01
a vs A+B1	0.66	<0.01
b vs B2+B3	0.04	0.876
a+b vs A+B1+B2+B3	0.16	0.579
CP degradation vs A+B1+B2+B3	0.75	<0.01
CP degradation - a vs B2+B3	0.65	<0.01

¹⁾ Values of a, b and c were derived from the equation of $P = a + b(1 - e^{-ct})$ (Ørskov and McDonald, 1979). P is DM or CP degradation at time t (h), a is the soluble fraction, b is the potentially degradable fraction and c is the rate of degradation (/h) of b fraction.

²⁾ Protein fraction A, non-protein nitrogen; B1, buffer-soluble protein; B2, buffer-insoluble but neutral detergent soluble protein; B3, neutral detergent insoluble but acid detergent soluble protein; C, acid detergent insoluble protein.

과 단백질 fraction A + B1 + B2 + B3 사이에서도 상관관계는 없었지만, 조단백질 분해율과 단백질 fraction A + B1 + B2 + B3 사이에서는 상관관계수가 0.75로서 상관관계가 높았다($P < 0.01$). 지금까지 상관관계를 살펴본 결과, 실제 단백질 분해율과 분해 가능한 단백질 fraction (A + B1 + B2 + B3)에서는 상관관계가 있었으나, *in situ*의 b값과 단백질 fraction B2 + B3 사이에서는 상관관계가 없었다. 이는 *in situ*의 b값이 실제 분해율보다 높게 계산되었기 때문일 것이다. 실제로 이 b값은 소화가능한 양을 나타내는 것으로서 소화속도에 따라 일정시간 후의 소화된 양이 상당히 다를 수 있다. 콘글루텐과 면실박의 b값은 80% 이상이지만 실제 분해율은 55% 이하인 점이 이를 대변해준다. 그래서 CP 분해율에서 a값을 제외한 값(CP-a)과 B2 + B3 fraction 간에는 상관관계가 0.65로서 비교적 상관관계가 높았다($P < 0.01$). Zhao와 Cao(2004)는 다중회귀분석을 통해 CNCPS 단백질 fraction 과 *in vitro* CP 분해율간의 회귀식을 구하였으며, 단백질 fraction으로 CP 분해율을 추정할 수 있다고 제시하였다. 또한 Shannak 등(2000)도 단백질 fraction으로부터 *in situ* UDP (undegradable protein)의 양을 정확하게 추정할 수 있다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서 얻은 원료사료의 단백질 fraction과 *in situ* 분해율과의 상관관계를 종합해 보면, 두 방법에서 쉽게 용해되는 성분간이나 *in situ* 조단백질 분해율과 소화가능한 단백질 fraction간, 그리고 *in situ* 조단백질 분해율에서 a값을 제외한 값과 B2 + B3 fraction 사이에 상관관계가 있었다. 이로 보아 화학적 방법을 기초로 한 fractionation 결과로부터 *in situ* 분해율을 추정하는 것이 부분적이거나 가능한 것으로 사료된다. 그러나 좀더 정확한 추정이 가능하기 위해서는 더 많은 원료사료에 대한 분석자료가 필요하다.

IV. 요약

본 연구는 국내에서 사용되고 있는 몇 가지 단백질 원료사료를 사용하여 단백질 fraction과

in situ 단백질 분해율을 구한 다음 이들 사이의 상관관계를 살펴보고자 실시하였다. 원료사료는 대두박, 콘글루텐, 면실박, 카폭박 및 임자박이었다. 단백질 fraction은 CNCPS에서 제시하는 방법으로 구하였으며, *in situ* 단백질 분해율은 캐놀라가 장착된 홀스타인 거세우 3두를 이용하여 반추위에서 원료사료를 4, 8, 12 및 24시간 배양하여 구하였다.

단백질 fraction 중 A fraction은 카폭박이 14.6%로 가장 높았고, 콘글루텐이 0.6%로 가장 낮았다($P < 0.05$). B1 fraction은 대두박이 8.27%로 가장 높았으며, B2 fraction은 대두박과 면실박이 74%로 가장 높았다. B3 fraction은 임자박이 40%로 다른 원료사료에 비교해 뚜렷하게 높았다. C fraction은 콘글루텐이 약 42.5%로 가장 높았다. *In situ* 조단백질 분해율은 대두박이 98%로 가장 높았고, 콘글루텐은 28%로 가장 낮았다. 단백질 fraction과 *in situ* 분해율 사이의 상관관계를 보면, 쉽게 용해되는 부분(A, B1 fraction vs a값) 사이에, *in situ* 조단백질 분해율과 소화가능한 단백질 fraction 사이에, 그리고 *in situ* 조단백질 분해율에서 a값을 제외한 값과 B2 + B3 fraction 사이에는 상관관계가 높았다($P < 0.01$). 본 연구결과에 의하면, 단백질 fraction은 원료사료의 반추위내 분해율을 추정하는 데 이용될 수 있을 것으로 사료되며, 앞으로 더 정확한 평가를 위해서는 더 많은 원료사료에 대한 분석이 필요하다고 본다.

V. 사 사

본 연구는 농촌진흥청 축산연구소의 일부 연구비 지원 (20060095)에 의해 수행되었음을 밝힙니다.

VI. 인용 문헌

1. 윤철석, 김덕영, 이남형. 1990. *In situ* 방법에 의한 국내이용 단백질 사료원에 대한 단백질 분해율에 관한 조사. 한국축산학회지. 32(5):264-270.
2. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C., USA.

3. Broderick, G. A. 1987. Determination of protein degradation rates using a rumen *in vitro* system containing inhibitors of microbial nitrogen metabolism. *Br. J. Nutr.* 58:463-475.
 4. Ceresnakova, Z., Sommer, A., Chirenkova, M. and Dolesova, P. 2002. Amino acid profile of escaped feed protein after rumen incubation and their intestinal digestibility. *Arch. Anim. Nutr.* 56:409-418.
 5. CNCPS. 2003. Cornell Net Carbohydrate and Protein System. A manual for the Net Carbohydrate and Protein System for Evaluation Herd Nutrition and Nutrient Excretion. CNCPS ver. 5.0. Cornell Univ., Ithaca, NY.
 6. Cozzi, G. and Polan, C. E. 1994. Corn gluten meal or dried brewers grains as partial replacement for soybean meal in the diets of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 77:825-834.
 7. Erasmus, L. J., Botha, P. M., Cruywagen, C. W. and Meißner, H. H. 1994. Amino acid profile and intestinal digestibility in dairy cows of rumen-undegradable protein from various feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 77:541-551.
 8. Licitra, G., Hernandez, T. M. and Van Soest, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57:347-358.
 9. Licitra, G., Lauria, F., Carpino, S., Schadt, I., Sniffen, C. J. and Van Soest, P. J. 1998. Improvement of the *Streptomyces griseus* method for degradable protein in ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 72:1-10.
 10. Luchini, N. D., Broderick, G. A. and Combs, D. K. 1996. Characterization of the proteolytic activity of commercial proteases and strained ruminal fluid. *J. Anim. Sci.* 74:685-692.
 11. Menke, K. H. and Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.* 28:7-55.
 12. NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press. Washington, D.C.
 13. NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press. Washington, D.C.
 14. Ørskov, E. R. and McDonald, P. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci., Camb.* 92, 499-503.
 15. SAS. 2002. User's Guide: Statistical Analysis System. Version 9.1 Editions. SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.
 16. Shannak, S., Südekum, K. -H. and Susenbeth, A. 2000. Estimating ruminal crude protein degradation with *in situ* and chemical fractionation procedures. *Anim Feed Sci. Technol.* 85:195-214.
 17. Snedecor, G., Cochran, W. and Cox, D. 1989. Statistical Methods (8th edition). The Iowa State University Press.
 18. Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G. and Russell, J. B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70, 3562-3577.
 19. Stern, M. D. and Satter, L. D. 1982. *In vivo* estimation of protein degradability in the rumen. In Protein Requirements for Cattle Symp. F. N. Owens, ed. Oklahoma State University, Stillwater. p57.
 20. Tilly, J. M. and Terry, R. A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18:104-111.
 21. Van Straalen, W. M. and Tamminga, S. 1990. Protein degradation of ruminant diets. In Feedstuff evaluation. 1. Livestock. Feedstuffs. Composition. J. Wiseman and D.J.A. Cole. (Eds.) Butterworths, London, UK, pp. 55-72.
 22. Van Straalen, W. M., Odiga, J. J. and Mostert, W. 1997. Digestion of feed amino acids in the rumen and small intestine of dairy cows measured with nylon-bag techniques. *Br. J. Nutr.* 77:83-97.
 23. Varvikko, T. and Lindberg, J. E. 1985. Estimation of microbial nitrogen in nylon-bag residues by feed ¹⁵N dilution. *Br. J. Nutr.* 54:473-481.
 24. Zhao, G. Y. and Cao, J. E. 2004. Relationship between the *in vitro*-estimated utilizable crude protein and the Cornell Net Carbohydrate and Protein System crude protein fractions in feeds for ruminants. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 88:301-310.
- (접수일자 : 2007. 2. 5. / 채택일자 : 2007. 6. 8.)