

사과박 첨가가 볏짚 사일리지의 품질과 *in situ* 소실율에 미치는 영향

조익환 · 황보순 · 이영옥 · 안종호* · 김현진* · 이주삼**

The Effect of Addition of Apple Pomace on Quality and *in situ* Degradability of Rice Straw Silage

Ik Hwan Jo, Soon Hwangbo, Young Ok Lee, Jong Ho Ahn*, Hyun Jin Kim*, Ju Sam Lee**

Abstract

The quality of the rice straw silage added with apple pomace was investigated in this study and the amount of apple pomace added in different treatments were 0, 20, 40 and 60%, respectively. Crude protein contents (6.4~7.5%) of rice straw silage added with apple pomace were significantly ($P<0.05$) higher than that of 100% rice straw silage (5.3%), however, crude ash contents were lower ($P<0.05$) in supplementation of apple pomace. The trends of changing chemical composition between raw materials and end products of silages particularly in the contents of crude protein and crude ash were more apparent in the silages added with apple pomace by 40~60%. Values of pH and the contents of lactic acid and total acid in 40~60% apple pomace added silages were 3.9~4.1, 1.0~1.5% and 2.7~4.5%, respectively which were significantly ($P<0.05$) higher than those of 4.6, 0.02% and 0.34% in 100% rice straw silage, respectively. *In situ* dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) disappearance rates in the rumen in the treatments of 40~60% apple pomace added silages were significantly ($P<0.05$) higher than those of 100% rice straw silage particularly since after 3 and 24 hour incubation on DM and NDF disappearance, respectively. Although quickly degraded fraction (a) among the treatments were not significantly different, 28.4~28.5% of slowly degraded fraction (b) and 27.2~27.4% of effective degradability (ED, $k=0.08$) for DM were significantly ($P<0.05$) higher than those of 100% rice straw silage (12.5 and 24.6% respectively). NDF was in the same trend as in DM. 31.6~63.2% of NDF for b fraction and 18.7~19.4% for ED in 40~60% apple pomace added silages were significantly ($P<0.05$) higher than those of 100% rice straw silage (12.4 and 17.6% respectively).

(Key words : Rice straw silage, Apple pomace, Lactic acid, *In situ* digestibility, Effective degradability)

“본 연구는 과학기술부 · 한국과학재단 지정 대구대학교 농산물 저장 · 가공 및 산업화연구센터의 지원에 의한 것임”
대구대학교(Taegu University, Kyungsan, 712-714, Korea)

* 한경대학교(Hankyong National University, Ansong, 456-749, Korea)

** 연세대학교(Yonsei University, Wonju, 220-701, Korea)

I. 서 론

조사료의 생산기반이 부족한 지역에서 양축 농가의 안정된 경영은 농산 부산물을 사료로서 얼마나 유리하게 이용하는 가에 달려 있다고 생각된다. 이러한 관점에서 경북지역의 농업생산구조를 살펴보면, 벼농사와 사과재배지가 많아 매년 다량의 볏짚과 사과박이 산출되고 있다. 이들 농업부산물을 사료로서 유기적으로 조합하면 영양학적으로 안정된 조사료로서 연간 급여할 수 있는 생산량을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

특히 볏짚은 식생활이 미백 중심인 우리나라에서 연간 약 630만 톤이 생산되고 있어 옛부터 중요한 조사료자원으로 이용되어 왔지만, 세포벽 구성물질인 섬유질과 리그닌 및 규산 함량이 높아 다른 조사료에 비하여 기호성과 소화율 및 가소화 양분총량(TDN)이 낮다는 결점을 지니고 있다. 또한 건조 시에는 불리한 기상조건에 의하여 발생하는 곰팡이 등으로 인하여 영양가가 소실되는 등의 문제점을 해결하기 위하여 습식 저장(발효저장) 방식을 이용하는 농가가 증가되고 있다. 즉 탈곡 직후의 생 볏짚은 목초나 기타 사료작물 등과 같은 양질의 조사료의 영양가치에는 미치지 못하지만 건조 짚에 비해 가소화 영양소 함량이 높고 녹색도도 양호하여 이를 적절하게 발효시키면 적당한 발효 산취와 함께 가축의 기호성이 높아져 볏짚 사일리지의 조제가 가능하다(손, 1999).

한편, 사과 가공과정에서 발생하는 사과박은 수분 함량이 높아서 여름철에는 발효되기 쉽고 발효에 의한 알코올의 생성비율이 높으며 단백질 함량이 낮아 퇴비화가 가장 일반적인 재활용 방안이었다(이 등, 1999). 그러나 豊川과 高安(1970, 1971) 및 豊川 등(1973)은 사과박이 pH 3~4 정도의 강한 산도를 나타내고, 0.2~0.6%의 유기산(주로 사과산)과 다량의 다당류를 지니고 있어 생 볏짚이나 목초 등과 같이 유산발효의 소재가 부족하기 쉬운 재료에 대한 첨가물로 적합한 것으로 보고하여, 사일리지로 조제할 경우에는 반추동물의 조사

료 자원으로 이용될 수 있음을 시사하였다.

따라서 본 연구에서는 생 볏짚에 사과박의 첨가 비율을 달리하여 사일리지를 조제하였을 때, 사과박의 첨가가 사일리지 성분, 발효품질 및 *in situ* 소화율 등에 미치는 영향을 조사하여 양질의 조사료 자원확보를 위한 농산 가공부산물의 이용 가능성을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 사일리지의 재료와 제조

사일리지 재료인 볏짚은 대구대학교 부속농장에서 수확한 생 볏짚을 이용하였고, 사과박은 경북농금조합에서 지역농가의 사과를 쥬스로 가공하고 남은 잔사물을 생으로 수거한 것으로 이들 재료의 화학적 성분은 Table 1과 같다.

공시한 볏짚의 조단백질 함량(CP)은 5.7%이었고 사과박은 6.4%이었으나 ADF와 NDF 및 조회분 함량(C.Ash)은 볏짚이 각각 47.0%, 71.9% 및 13.0%였지만, 사과박은 각각 22.8%, 33.9% 및 3.5%를 나타내어 볏짚 보다 현저하게 낮았다. 조지방(EF)과 비구조성 탄수화물(NSC) 함량은 볏짚이 각각 1.9%와 7.4%를 나타내어 사과박의 4.1%와 52.1% 보다 낮았다.

볶짚의 절단길이를 2~3cm로 만든 후 볏짚 100%, 볏짚 80% + 사과박 20%, 볏짚 60% + 사과박 40% 및 볏짚 40% + 사과박 60%의 4수준의 비율로 사과박을 균일하게 혼합하여 20ℓ 플라스틱 용기에 진공펌프로 사일로 내부의 공기를 배제한 후 넣었으며, 각 처리 당 3반복하여 실온조건에서 90일간 경과 후 시료로 사용하였다.

2. *In situ* 소실을 측정

1) 공시동물

반추위에 fistula가 장착된 Holstein 임신우(평균 체중 500kg) 3두를 공시동물로 사용하였다. 실험동

Table 1. Chemical composition of rice straw and apple pomace (% DM basis)

	CP	ADF	NDF	C. Ash	EE	NSC
Rice straw	5.7	47.0	71.9	13.0	1.9	7.4
Apple pomace	6.4	22.8	33.9	3.5	4.1	52.1

CP : crude protein, ADF : acid detergent fibre, NDF : neutral detergent fibre, C.Ash : crude fiber, EE : ether extract and NSC : non-structural carbohydrates.

물의 영양소 요구량을 고려하여 배합된 사료(corn cracked 23, soy bean meal 5.3, canola meal 4, palm meal 2.7, corn silage 21, corn gluten feed 3, rice straw 35 및 mineral mixture 2% : CP 12.7, NDF 47.7, ADF 27.9, NSC 30%)를 1일 체중 kg 당 20g의 건물을 섭취하도록 하였다. 사료 급여는 아침 6시와 오후 6시의 2회로 나누어 균등 급여하였고 mineral block 및 물을 자유로이 섭취할 수 있도록 하였으며 본 실험 기간 중 계류 축사에서 사육하였다.

2) 배 양

사일리지의 반추위 내 분해율의 측정을 위하여 각 처리구의 사일리지 10g을 Dacron bag(10×20cm, 53μm pore size)에 넣어 fistula가 장착된 3두의 Holstein 임신 우에게 사료 급여 시간에 맞추어 bag을 투입하여 3, 6, 9, 12, 24 및 48시간 반추위 내에서 배양하였고 처리 당 3반복하였다. 배양이 완료된 bag의 미생물 작용을 cool water로 정지시킨 후 흐르는 수돗물로 맑은 물이 나올 때까지 세척한 후 60℃ dry oven에서 48시간 동안 건조하였다.

3) 반추위 영양소의 소실을, 분해도 및 유효 분해도 측정방법

가. 영양소 소실율(%)

(발효 전 영양소 중량 - 발효 후 영양소 중량) / (발효 전 영양소 중량) × 100

나. 영양소 분해도

Marquardt의 방법(Marquardt, 1963)을 기초한 SAS의 비선형 회귀(PROC NLIN) program에 의해 다음의 분해도 공식(Ørskov와 McDonald, 1979)으로 a, b, c값을 추정하였다.

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

(a : 빠르게 분해되는 부분, b : 천천히 분해되는 부분, c : b 부분의 분해상수, t : 반추위 내의 발효시간)

천천히 분해되는 부분인 b값은 $B = (a + b) - A$ 식(A : 0 - h에서의 DM 소실율)에 의해 재계산하였고(Ørskov와 Ryle, 1990), lag time(L)은 $L = 1/c[\ln(b/B)]$ 식으로 계산하였다(Michalet - Doreua와 Ould - Bah, 1992).

다. 영양소 유효 분해도

유효 분해도는 다음과 같은 공식에 의해 추정하였다(McDonald, 1981).

$$ED = A + \{[(b \times c)/(c+k)] \times [\exp(-(c+k) \times L)]\}$$

(ED : 유효 분해도, k : 사료의 반추위 통과속도, %/h/100, A, b, c, L : 위(2)의 식과 동일)

3. 성분 분석

일반 성분 분석은 AOAC방법(1990)에 준하였으며 NDF와 ADF는 Goering과 Van Soest(1970) 방법으로 분석하였다.

사일리지의 lactic acid는 spectrophotometer를 사용하였고 acetic acid와 butyric acid는 gas chromatography(Varian star 3600cx)로, pH는 pH meter(Orion, model 720A)로 측정하였다.

4. 통계처리

본 시험의 결과는 SAS(Statistical Analysis System, version 6.12 USA, 2000) program package를 이용하였고, 유의성 검정은 Duncan's multiple range test(5% 수준)로 하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 사일리지의 화학적 조성

사과박 첨가에 따른 볏짚 사일리지의 화학적 조성을 나타낸 것은 표 2이다.

조단백질 함량(CP)은 사과박의 첨가 비율이 높아질 수록 볏짚 100% 구의 5.3% 보다 유의하게 증가하여 60%의 사과박 첨가구에서는 7.5%의 조단백질 함량을 나타내었다(p<0.05). 그러나 사과박 40~60% 첨가수준에서는 ADF, NDF 및 조회분 함량(C. Ash)이 각각 50.9~52.7%, 68.3~70.4% 및 7.9~11.7%를 나타내어 사과박 무첨가 사일리지 보다 유의하게 낮았다(p<0.05). 한편 조지방(EE)과 NSC 함량은 조단백질 함량과 비슷하여 사과박 첨가 비율이 높아질 수록 점차 증가하였다.

2. 사일리지의 발효 품질

사과박 첨가비율이 사일리지 발효품질에 미치는 영향을 나타낸 것이 표 3이다.

사과박 첨가 비율이 증가할 수록 수분 함량은 증가하였다. 즉, 60% 첨가구의 수분 함량은 81.4%로 볏짚 100% 구의 76.9% 보다 유의하게 증가하

Table 2. Chemical composition of rice straw silages added different levels of apple pomace(% , DM basis)

Additive levels of apple pomace(%)	CP	ADF	NDF	C.Ash	EE	NSC
0	5.3 ^c	53.9 ^a	74.8 ^a	16.8 ^a	2.0 ^c	1.1 ^d
20	6.4 ^b	53.2 ^a	73.8 ^a	14.8 ^b	2.3 ^{bc}	2.8 ^c
40	6.4 ^b	52.7 ^b	70.4 ^b	11.7 ^c	2.7 ^{ab}	8.7 ^b
60	7.5 ^a	50.9 ^c	68.3 ^b	7.9 ^d	3.2 ^a	13.2 ^a

^{a-c} Values with different superscripts in the same column significantly differ by Duncan's Multiple Range Test(p<0.05).
 CP : crude protein, ADF : acid detergent fibre, NDF : neutral detergent fibre, C.Ash : crude ash, EE : ether extract and NSC : non-structural carbohydrates.

Table 3. Fermentative quality of rice straw silage added different levels of apple pomace

Additive levels of apple pomace(%)	Moisture (%)	pH	Lactic acid(%)	Acetic acid(%)	Butyric acid(%)	Total acid(%)
0	76.9 ^b	4.6 ^a	0.02 ^c	0.32 ^c	0	0.3 ^c
20	79.4 ^{ab}	4.5 ^a	0.05 ^c	0.80 ^{bc}	0	0.9 ^c
40	79.5 ^{ab}	4.1 ^b	1.03 ^b	1.70 ^b	0	2.7 ^b
60	81.4 ^a	3.9 ^c	1.52 ^a	2.93 ^a	0	4.5 ^a

^{a-c} Values with different superscripts in the same column significantly differ by Duncan's Multiple Range Test(p<0.05).

였다. 그러나 pH는 볏짚 100% 구의 4.6에 비하여 사과박 40~60% 첨가수준에서는 4.1~3.9로 유의하게 감소하였다. 그러나 유산, 초산 및 총 유기산의 함량은 각각 1.0~1.5%, 1.7~2.9% 및 2.7~4.5%를 나타내어 볏짚 100% 구의 0.02%, 0.32% 및 0.34% 보다 유의하게 높았다(p<0.05). 낙산은 모든 처리구에서 나타나지 않았다.

3. 반추위 내의 건물 소실율

사과박 첨가가 반추위 내에서의 건물 소실율에 미치는 영향을 발효시간별로 나타낸 것이 Fig. 1이다.

사일리지는 발효시간이 경과됨에 따라 반추위 내의 건물 소실율은 증가하였는데, 특히 3~6 시간째에 급격한 증가를 나타낸 후 약간 둔화되다가 증가하는 경향이었고, 24~48 시간째의 건물 소실율은 29.7~40.6%로 유의하게 증가하였다(p<0.05). 한편 3시간째를 제외하고는 사과박을 첨가한 사일

리지 간에 건물 소실율이 유의한 차이가 인정되지 않았으나 24시간 이후부터는 40~60%의 사과박 첨가구에서 각각 35.8~36.3%와 40.2~40.6%를 나타내어, 20% 이하의 첨가구에서 나타낸 29.7~31.5%와 31.3~36.1% 보다 유의적으로 높은 건물 소실율을 나타내었다(p<0.05).

4. 반추위 내의 NDF 소실율

사과박 첨가가 반추위 내에서의 NDF 소실율에 미치는 영향을 발효시간별로 나타낸 것은 Fig. 2이다.

반추위 내에서의 NDF 소실율은 9시간째를 제외하고 건물 소실율과 유사하게 발효시간이 경과함에 따라 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 즉, 24시간 이후부터 사과박 40~60% 첨가구는 24시간째에 27.1~27.7%, 48시간째에 32.2~33.5%를 나타내어, 20% 이하의 사과박 첨가구에서 얻어진 24.5~23.7%와 23.3~29.7% 보다 유의하게 높은

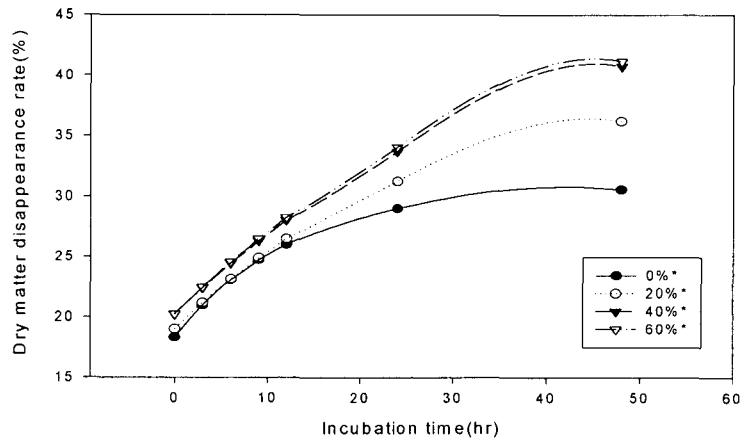


Fig. 1. *In situ* dry matter disappearance rate(%) of rice straw silages added different levels of apple pomace(*additive levels of apple pomace).

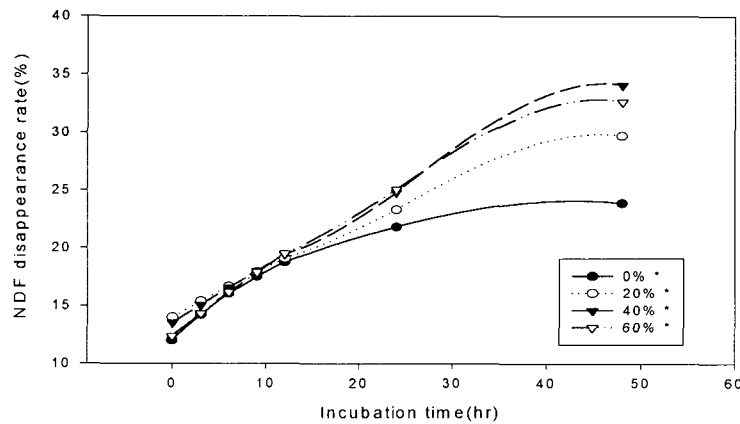


Fig. 2. *In situ* NDF disappearance rate(%) of rice straw silages added different levels of apple pomace (*additive levels of apple pomace).

NDF 소실율을 나타내었다($p < 0.05$).

5. 반추위 내의 건물 분해특성과 유효분해도

사과박 첨가가 반추위 내에서 건물 분해특성과 유효 분해도에 미치는 영향을 나타낸 것이 Table 4이다.

반추위 내에서 초기에 빠르게 분해되는 건물부분(a)은 처리구간에 유의차가 인정되지 않았다. 그러나 천천히 분해되는 건물부분(b)은 사과박을 첨가한 사일리지에서 20.6~28.5%의 범위를 나타내어 볏짚 100% 구의 12.5% 보다 유의하게 많았다.

b 부분의 분해상수(c)는 오히려 반대의 경향을

나타내어 볏짚 100%구의 0.0799가 사과박 첨가구의 0.0266~0.0375보다 높았다($p < 0.05$). 건물의 유효 분해도(ED)는 천천히 분해되는 건물부분에서 사과박 40과 60% 구는 27.2와 27.4%를 나타내어 볏짚 100% 구의 24.6% 보다 유의하게 높았다($p < 0.05$).

6. 반추위 내의 NDF 분해특성과 유효분해도

사과박 첨가가 반추위 내에서의 NDF 분해특성과 유효 분해도에 미치는 영향을 나타낸 것이 Table 5이다.

반추위 내의 NDF 분해특성과 유효 분해도는 건

Table 4. The effect of rice straw silages added different levels of apple pomace on dry matter degradability of rumen incubation using *in situ* bags.

Addition levels of apple pomace(%)	A	a	B	b	(a+b)	c	ED(k=0.08)
0	18.4	18.4	12.5 ^c	12.5 ^c	30.8 ^c	0.0799 ^a	24.6 ^b
20	18.3	19.0	19.9 ^b	20.6 ^b	39.6 ^b	0.0375 ^b	24.9 ^b
40	20.1	20.1	28.2 ^a	28.4 ^a	48.7 ^a	0.0266 ^b	27.2 ^a
60	20.1	20.2	28.4 ^a	28.5 ^a	48.8 ^a	0.0275 ^b	27.4 ^a

^{a-c} Values with different superscripts in the same column significantly differ by Duncan's Multiple Range Test(p<0.05).

A : 0 hr loss, a : immediately soluble fraction, b : Insoluble but degradable fraction {B=(a+b)-A},

c : Degradation rate(h⁻¹), ED : Effective degradability(%) at assumed rumen outflow rate of 0.08 h⁻¹.

Table 5. The effect of rice straw silages added different levels of apple pomace on NDF degradability of rumen incubation using *in situ* bags.

Addition levels of apple pomace(%)	A	a	B	b	(a+b)	c	ED(k=0.08)
0	12.2	12.0	12.7 ^c	12.4 ^c	24.4 ^c	0.0655 ^a	17.6
20	13.6	14.0	29.2 ^b	29.6 ^b	43.6 ^b	0.0158 ^b	18.5
40	14.2	13.5	63.9 ^a	63.2 ^a	76.7 ^a	0.0082 ^b	19.4
60	12.0	12.4	31.2 ^b	31.6 ^b	44.0 ^b	0.0214 ^b	18.7

See Table 4.

물의 경우처럼, a에서는 처리구간에 유의차가 인정되지 않았으나 b와 ED에서는 사과박 40 및 60% 첨가구가 31.6 및 63.2%와 18.7 및 19.4%를 나타내어 볏짚 100% 구의 12.4%와 17.6% 보다 유의하게 높았다. 그러나 c는 사과박 40 및 60% 첨가구의 0.0082 및 0.0214를 나타내어 볏짚 100% 구의 0.0655보다 유의하게 낮았다.

IV. 고 찰

사과박은 섬유질 함량이 비교적 낮고 에너지 함량이 높아서(豊川과 高安, 1970 ; NAS, 1971) 조사료로서 이용 시에 에너지 조사료로서 효과가 있다고 알려져 있다. 그러나 건조하지 않은 사과박은 수분 함량과 탄수화물 함량이 높아 변질되기 쉽고 운반 저장 취급에 어려움이 있어 건조시켜 사료로 이용되는 것이 일반적이지만 건조 시에 영양분 손실과 많은 비용이 소요된다는 단점이 있다. 또한 볏짚에 의존도가 높은 대부분의 양축농가들이 낮은 품질을 향상시키고 건조 시에 발생하는 비용을

절감하기 위하여 생 볏짚을 사일리지로 이용하려는 경향이 증가되고 있는데, 이 때 기호성이 높고 착유우 사료로서 사료가치가 높은 사과박(배 등, 1994) 등을 혼합하여 사용하는 경우가 많아지고 있다. 본 실험에서도 볏짚을 사일리지로 조제 시에 조단백질 함량이 높아지고 ADF와 NDF 등의 섬유소가 낮아졌다. 또한 볏짚에 사과박을 첨가하였을 때에는 조단백질 함량이 증가하였고 ADF와 NDF 등의 섬유소가 유의하게 감소하여(Table 2), 볏짚과 같은 저질 조사료의 품질 향상에 사과박을 유용하게 활용할 수 있다는 것이 입증되었다(류 등, 1998).

사일리지의 발효품질에 대하여 豊川과 高安(1970, 1971) 및 豊川 등(1973)은 사과박 중에는 강한 산도의 유기산과 다량의 다당류를 함유하고 있어 이들을 사일리지로 조제할 경우에는 pH가 낮고 유산 함량이 많아진다고 보고하였다. 또한 豊川 등(1974) 및 류 등(1998)은 사과박 30%와 50~60%를 첨가하였을 때, 양질의 볏짚 사일리지가 조제된다고 하였는데, 본 실험에서도 볏짚 100% 사일

리지에서는 pH가 4.6이었고 유산과 총 유기산 함량도 0.02%와 0.34%로 매우 낮았지만, 사과박 40% 이상의 첨가구에서는 pH가 4.1 이하였으며 미생물 발효의 안정된 수치를 나타내었고, 유산 및 총 유기산 함량도 각각 1.0~1.5%와 2.7~4.5%를 나타내어(Table 3) 양질 사일리지로 평가될 수 있음을 시사하였다.

근래에는 조사료의 평가를 위한 생물학적 평가 방법의 하나로 알려진 *in situ* 소실율 시험이 행해지고 있다(Huntington과 Givens, 1998 ; Ferri 등, 1998). 본 실험에서도 반추위 내에서의 *in situ* 소실율은 건물 소실율이 3시간 그리고 NDF 소실율은 24시간 이후부터 사과박 40~60%를 첨가한 사일리지가 벗짚 사일리지 보다 유의하게 높은 경향을 나타내었다(Fig. 1과2). 이와 관련하여 NAS (1971)는 사과박에는 pectin 함량이 높아 반추위 내에서 사과박이 발효조정제의 역할을 하므로 소화율이 향상된다고 하였다.

본 실험에서 반추위 내의 건물과 NDF는 초기에 빠르게 분해되는 부분(a)이 처리구간에서 유의차가 인정되지 않았다(Table 4와5). 건물 및 NDF는 천천히 분해되는 부분(b)과 유효분해도(ED, k=0.08)에서 사과박 40~60% 첨가수준의 사일리지에서 벗짚 100% 사일리지보다 유의하게 높았다(p<0.05). 이는 사과박 첨가로 반추위 내 미생물들이 시간이 경과할수록 벗짚 100% 사일리지 보다 다당류 등이 많이 함유된 사과박을 효과적으로 이용하여 활동이 왕성하게 됨으로써 영양소 소화율이 향상되었다고 사료된다.

강(2000)의 벗짚에 대한 *in situ* 결과와 비교해보면, 초기 건물 소실량 a는 8.48%, 분해될 수 있는 부분(a+b)은 31.32%, 서서히 분해되는 부분의 시간당 분해속도 상수(c)는 0.056으로서 본 실험의 벗짚 사일리지의 반추위 내 분해율과 비슷하였다. 그러나 분해 속도는 본 실험에서 빠르게 진행된 것으로 나타났는데 이는 Wallace와 Newbold(1992)의 곰팡이 효소를 처리한 straw에 대한 분해 속도 결과와 비슷한 결과를 나타내었다. 이는 사일리지 가공에 의한 반추위 내 가용성 섬유소 함량 증가에 기인한다고 볼 수 있다. 또한 가용성 섬유소 함량 증가는 결과적으로 반추동물의 반추위 내 미생물의 발효 성상을 변화시키고 반추위 내 미생물에 의한 acetic acid 생성량을 증가시켜 젖소의 경우 유지방 생성량을 증가시키는 결과를 나타낸다. 본 실험에서도 사과박을 벗짚 사일리지에 첨가할 경우, 첨가수준이 증가함에 따라 반추위 내 가용성 성분 함량 증가는 첨가수준 0%에 대하여 20,

40 및 60% 각각 128.4%, 157.8% 및 158.1% 증가되는 결과를 나타내었다.

Allan(1997)은 조사료의 섬유소 소화율 차이는 가축의 생산성 및 영양소 섭취량에 영향을 미치며, 섬유소 소화율 증가에 따른 섭취량의 증가 효과는 섬유소 중 NDF 함량에 의해 크게 영향을 받는다 하였다. 따라서 본 실험에서도 사과박 첨가 수준이 증가함에 따라 반추위 내 NDF 소실율이 증가하고 있어 이로 인하여 사료 섭취량 및 에너지 이용 효율이 증가할 것으로 판단된다.

사과박 첨가수준이 증가함에 따라 반추위 내 분해율이 증가한 결과는 사과박 첨가수준 증가에 따른 사일리지의 성상 변화 즉, pH, lactic acid 및 total acids 함량 증가와 밀접하게 관계되는 것으로 사료된다.

이상의 결과에서 조사료 자원이 부족한 대부분의 낙농가들이 겨울철 사료로 이용하고 있는 벗짚에 사과 착즙박을 첨가하여 사일리지를 조제함으로써 사일리지의 품질과 *in situ* 소실율이 향상되었음이 밝혀졌다. 또한 사과박 첨가의 적정비율은 40~60% 수준으로 추정되어, 농산가공부산물의 적절한 이용은 사일리지의 품질향상과 사료비 절감을 꾀할 뿐 아니라 환경오염원도 줄일 수 있음을 시사하고 있다. 그러나 앞으로 실제 농가에서 이상과 같은 연구결과를 응용하기 위해서는 축종 별 대사시험과 에너지 대사시험 등과 같은 검정작업도 필요하리라 생각되므로 앞으로 이에 대한 연구가 더욱 수행되어져야 한다고 생각된다.

V. 적 요

본 시험은 생 벗짚에 사과박을 0, 20, 40, 60%의 수준으로 첨가하여 사일리지를 조제하였을 때, 사과박의 첨가가 사일리지 성분과 발효품질 및 *in situ* 소실율에 미치는 영향을 조사하여 농산가공부산물의 활용에 의한 양질의 조사료 자원 확보와 품질 향상에 기여하고자 실시하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 사과박을 첨가한 사일리지의 조단백질 함량(6.4~7.5%)은 벗짚 100% 사일리지(5.3%) 보다 유의하게 증가하였지만 ADF, NDF 및 조회분 함량은 유의하게 낮아졌다(p<0.05). 이러한 경향은 사과박 첨가 비율이 40~60% 수준에서 더욱 뚜렷하였다(각각 50.9~52.7, 68.3~70.4 및 7.9~11.7%).
2. 사과박 40~60%를 첨가한 사일리지는 pH가 3.9~4.1이었고 유산과 총 유기산 함량이 1.0~1.5%와 2.7~4.5%를 나타내어 벗짚 100% 사일리지

지의 pH 4.6과 유산 0.02%와 총 유기산 0.34% 보다 유의하게 높았다($p < 0.05$).

3. 반추위 내 *in situ* 건물 소실율은 3시간 그리고 NDF 소실율은 24시간 이후부터 사과박 40~60% 첨가 사일리지와 볏짚 사일리지 보다 유의하게 높았다($p < 0.05$).

4. 반추위 내의 건물과 NDF는 초기에 빠르게 분해되는 부분(a)이 처리구간에 유의차가 인정되지 않았다. 그러나 건물 및 NDF는 천천히 분해되는 부분(b)에서 사과박 40 및 60% 첨가수준의 사일리지에서 각각 28.4 및 28.5%, 31.6 및 63.2%이었고 유효분해도(ED, $k=0.08$)는 27.2 및 27.4%, 18.7 및 19.4%로 볏짚 100% 사일리지의 b 값인 12.5%, 12.4%와 ED 값인 24.6%, 17.6% 보다 유의하게 높았다($p < 0.05$).

VI. 인 용 문 헌

1. Allan, M. 1997. Fiber digestibility of forages : Variation, Measurement, and Effect on animal Performance. California Animal Nutrition Conference. 99-119.
2. A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington D. C.
3. Ferri, C.M., V.V. Jouve, N.P. Stritzler and H.J. Petrucci. 1998. Estimation of intake and apparent digestibility of kleingrass from *in situ* parameters measured in sheep. Anim. Sci. 67:535-540.
4. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. USDA Agric. Handbook No. 379, Washington, D. C.
5. Huntington, J.A. and D.I. Givens. 1998. Studies on *in situ* degradation of feeds in the rumen 3. The effect of freezing forages before and after rumen incubation. Anim. Feed Sci. Technol. 68: 131-138.
6. Marquardt, W. 1963. An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters. Soc. Ind. Appl. Math. 11:431.
7. N.A.S. 1971. Atlas of Nutritional data on united states and canadian feeds. National Academy Press, Washington. D. C. pp. 90.
8. Michalet-Doreau, B. and M.Y. Ould-Bah. 1992. *In vivo* and *in sacco* methods for the estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen. A review. Anim. Feed Sci. Technol. 40:57-86.
9. McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. J. Agri. Sci. Cambridge. 96:251-252.
10. Ørskov, E.R., and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agri. Sci. Cambridge 92:499-503.
11. Ørskov, E.R. and Ryle, M. 1990. Energy nutrition in ruminants. Elsevier Applied Science, London.
12. SAS. 2000. Statistical Analysis System ver., 6. 12. SAS Institute Inc., Cary, NC.
13. Wallace, R.J. and C.J. Newbold. 1992. Probiotics for ruminants: Probiotics the scientific basis. Published Chapman & Hall, 2-6 boundary row, London SE1 8HN, UK. 317-353.
14. 豊川好司, 高安一郎. 1970. 削リンゴの飼料利用に関する研究. I. 生ワラおよび牧草サイレージ添加物としての利用性. 弘大農報 16:62-72.
15. 豊川好司, 高安一郎. 1971. 稲ワラの利用性に関する研究. II. 生ワラサイレージの綿羊による消化試験. 弘大農報 17:81-85.
16. 豊川好司, 齊藤先一, 高安一郎, 坪松戒三. 1973. 削リンゴの飼料利用に関する研究. III. 乳牛の乳生産性に対する飼料價値. 弘大農報 21:46-55.
17. 豊川好司, 高安一郎, 坪松戒三. 1974. 稲ワラの利用性に関する研究. V. 水浸または削リンゴ添加によるサイレージ粗製と綿羊におけるこれらの攝取量増大効果. 弘大農報 23:66-73.
18. 강치훈. 2000. 울무짚의 사료가치 평가에 관한 연구. 박사학위 논문, 건국대학교.
19. 류영우, 고영두, 이상무. 1998. 사과박·참깨박 및 계분의 혼합비율이 볏짚 사일리지의 품질에 미치는 영향. 한축지. 40(3):245-254.
20. 배동호, 신정남, 고기환. 1994. 사과박을 포함한 완전혼합사료의 착유우에 대한 효과. 한낙지. 16(4):295-302.
21. 손용식. 1999. 볏짚과 야초의 조사료화 증진을 위한 곤포 사일리 제조방법 연구, 농림기술개발사업연구 최종보고서. pp 25-107.
22. 이용세, 이주삼, 조익환, 전하준, 이영옥, 김민. 1999. Vermicomposting에 의한 농산가공 부산물 처리에 관한 연구. 한국유기농업학회지. 8(1):101-109.