

호밀건초 Pellet 조제시 NaOH 처리가 사료가치에 미치는 효과

한성윤 · 김대진*

Effect of Sodium Hydroxide Treatment on Nutritive Value of Pelleted Rye Hay

Sung-Yoon Han, Dae-Jin Kim*

Abstract

This study was conducted to increase the utility of forage rye which are suitable to be cultivated at high altitude Taekwallyong area. For that purpose two cultivars of rye (winter-more, kool-glazer) were cultivated for 3years using a randomized block design with 3 replications. The dry matter digestibility (DMD) was evaluated with the pelleted rye hay produced by adding sodium hydroxide and then the TDN value was calculated by the DMD. By adding NaOH, DMD and TDN value of rye pellets ($Y=46.92+1.8X$, $r=0.97$) were increased significantly ($p<0.05$) and NDF (neutral detergent fiber) decrease significantly. However, ADF (acid detergent fiber) and lignin did not significantly decrease ($p<0.05$). Rye could be cultivated as a second crop after corn at high altitude area in the same year and pelleted with NaOH in order to increase the nutritive values ($p<0.05$).

(Key words : Dry matter digestibility (DMD), Forage rye, NDF, ADF, Sodium hydroxide)

I. 서 론

볏짚이나 호밀짚 등 고간류의 세포막 구성물질 (cell wall constituent, CWC)중 반추가축이 에너지 원으로 이용할 수 있는 hemicellulose와 cellulose는 lignin과의 결합정도에 따라 소화 이용율이 크게 좌우된다고 하였다(Maeng 등, 1977; Shin 등, 1975; 맹, 1976). 때문에 hemicellulose와 cellulose에 강하게 결합된 lignin을 분리해 내거나 결합고리를 차단시켜 고간류의 사료가치를 증진시키고자 1894년 독일인 Lehmann에 의해 처음 시도되었던 NaOH 처리방법이 1921년 독일인 Beckmann에 의해 습식으로 처리하면 효과가 있다고 발표한 이래, 근년에는 건식으로 NaOH를 처리하는 방법이 개발되

어 실용화되고 있다.

고간류의 세포막구성 성분을 이용가능성에 따라 여러 가지 화학적 방법으로 분리하면, 소화가 용이한 부분과 소화가 불가능한 lignin으로 나눌 수 있다. 조사료의 lignin 함량은 식물의 생육시기가 진행됨에 따라 계속 증가되며 cellulose 대 lignin의 비율은 식물의 성숙이 진행됨에 따라 줄어든다고 하였다(Allison과 Osbourn 1970; Garrett 등, 1979). 또한 Harkin(1969)의 보고에 의하면 lignin은 담황색의 무결정 가루로서 탄소, 산소, 수소로 구성되어 있으나 구조식이나 화학식은 알려지지 않고 있다고 한다. 그리고 식물체중의 lignin 함량은 환경 요인에 의해서도 영향을 받는다고 한다. 식물체의 영양적인 성장이 빠른 봄의 식물체에 비하여 성장

축산기술연구소 태권령지소(National Livestock Research Institute Teakwallyong Branch 232-950, Korea

* 동아대학교 생활과학대학(College of Human ecology, Dong-A University, 604-714, Korea)

이 늦어지는 것은 상대적으로 lignin 축적이 많이 일어나기 때문이라고 하였다(맹 등, 1977). 한편 Akin과 Amos 등(1974)은 식물체의 조섬유 상태에 따라 엽육과 사관부의 조직은 소화가 용이하나 줄기와 표피 조직의 조섬유 소화는 느리게 진행되고, 유관속과 후막 조직은 상대적으로 소화가 되지 않으며, 식물은 시간과 함께 익어감에 따라 lignin의 함량은 증가되어 DM 수량면에서는 증가되나 사료적 가치는 감소한다고 보고하였다.

이러한 세포막 구성성분과 lignin의 강한 결합을 약화시키거나 제거하여 고간류의 사료가치를 증진시키기 위하여 벚짖의 경우 4~8%의 NaOH 첨가 처리가 가장 좋았다고 하였다(Maeng 등, 1977; Rexen과 Thomsen, 1976; Shin 등, 1975; 맹 등, 1977).

따라서 본 연구는 대관령 지역에서 옥수수 후기 작으로 생산된 호밀건초에 NaOH를 처리한 후 pelleting하여 사료가치를 증진시키고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 호밀재배 방법

본 시험은 1995년 9월부터 1998년 5월까지 3년간 강원도 평창군 도암면 차항리 소재 축산기술연구소 대관령지소 해발 800m에 위치한 사료작물 시험포에서 고랭지 적합 사료작물 다모작 재배시험 연구과정에서 옥수수 뒷그루작물로 조생종 호밀인 Winter-more (1995)와 Kool-glazer(1996, 1997) 2품종을 2모작으로 생산하였다. ha당 호밀 파종량은 150kg이었고, 파종 방법은 휴폭 60cm에 파폭 20cm로 파종하였고 연간 시비량은 N:P:K=150:120:100kg/ha로서 그중 질소 80kg/ha를 이듬해 봄 초장이 5~6cm될 무렵에 추비하였다.

그리고 완숙되비 20,000kg/ha와 농용석회 3,000kg/ha를 포장 전면에 살포후 경운하고 호밀을 파

종하였다.

2. 호밀건초에 대한 NaOH 첨가처리 pellet 가공

'96, '97, '98 3개년에 걸쳐 생산된 청예호밀을 충분히 양건시킨 후 건초 분쇄기(willey mill)로 분쇄한 호밀건초 분말을 pelleting machine(Fuji Paudal F-3)으로 pelleting 하기전 처리마다 호밀건초 분말 1kg에 NaOH 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80g을 증류수 200ml에 녹인 후 sprayer로 분무처리 하면서 골고루 섞은 다음 Pellet을 제조하여 75℃ 송풍건조기에 6시간 건조시킨 후 공기중의 CO₂와 Pellet의 NaOH가 작용하여 Sodium Bicarbonate (NaHCO₃)가 되도록 3일간 공기중에 방치시킨 다음 2중마개 시료 보관통에 넣어 필요시마다 채취 칭량하여 성분 분석 및 *in vitro* 영양 평가시험에 사용하였다.

3. *In vitro* 평가에 의한 DMD 산출 및 사료 분석 방법

NaOH 첨가처리 호밀건초 Pellet에 대한 DMD (dry matter digestibility)평가는 McLeod와 Minson 등(1978)의 방법으로 Pepsin-cellulase에 의한 *in vitro* method에 의하여 성적을 구한 후 Abe(1974)의 환산 공식(DMD×0.737+14.9=TDN)에 의하여 TDN을 계산하였다.

이 방법은 시료를 0.2% Pepsin-HCl 용액으로 39℃에서 1차로 48시간 배양하여 가용성 세포물질 (cell contents)을 제거한 다음 cellulase (Onozuka, SSP-1500)에 의하여 39℃에서 2차로 48시간 배양 후 용해된 (dry matter solubility, DMS) 물질을 제거시킨 후 남은 잔사와 원래 시료중량과의 차이에 의하여 값을 구했으며, NDF, ADF, Lignin, Silica 등의 성분 분석은 van Soest 분석방법에 의하여 구했다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 호밀건초에 대한 NaOH pellet가공 효과

'96년부터 '98년까지 3개년에 걸쳐 청예호밀을 건조하여 분쇄한 후 NaOH를 호밀건초에 2~8%가 되도록 pelleting 한 후 일반성분과 세포벽 구성물질 등의 화학적 성분과 DMD에 의한 소화율 검정 결과는 Table 1, 2, 3, 4, 5와 같았다.

NaOH 처리호밀 pellet에 대한 NDF의 변화되는 경향은 1996년 72.65%(NaOH 0%)에서 60.82%(NaOH 8%)로, 1997년 73.98%에서 58.84%로 감소되어 NaOH첨가량 X에 대한 NDF Y의 회귀식은 $Y=74.71-1.84X(1996)$ 와 $Y=76.21-1.76X(1997)$ 로 계산되어 NaOH 첨가량 1%마다 약 1.8%씩 고도로 감소되는($p<0.05$) 경향이었으며, 또한 ADF의 변화는 1996년 38.88%(NaOH 0%)에서 38.61%(NaOH 8%)로 '97년은 41.23%에서 35.68%로 감소되는 경향으로 NaOH 첨가량 X에 대한 ADF Y의 회귀식은 $Y=41.28-1.27X(1996)$ 와 $Y=42.04-1.58X(1997)$ 로 성립된 결과 NaOH 1% 첨가 처리마다 약 0.4%씩 감소되었다. 이러한 현상은 NaOH가 세포벽 구

조 탄수화물에 강력하게 작용하여 단단하고 질기게 결합된 lignin과 세포벽 구성물질을 팽창시켜 소화효과가 작용되기 쉬운 상태로 되어지게 함으로서 사료가치가 유의적으로($p<0.05$) 향상되며 lignin은 식물체 섬유(plant fiber)의 팽창을 방해하거나 미생물 및 소화액에 대한 접촉을 방해하는 lignin-cellulose-hemicellulose 복합체를 형성하면서 이들 서로간에 cross-linkage를 이루고 있어서 이러한 결합형태가 효소의 소화작용을 방해한다고 하였다(Maeng 등, 1977; Rexen과 Thomsen, 1976; Shin 등, 1975; 맹, 1976; 맹 등, 1977).

일반적으로 조사료의 질이 낮으면 낮을수록 lignin의 함량이 증가하고, 세포벽 구성 물질의 소화율을 저하시켜 lignin 함량과 소화율간에는 고도의 역의 상관관계가 있다고 했다(Shin 등, 1979; 맹 등, 1977).

이와 같이 단단히 목질화된 조사료도 강알카리 또는 강산으로 처리하면 세포벽 물질을 팽창시키고 lignin-탄수화물 결합고리를 분리시키므로 소화율이 개선된다고 하였다(Allison과 Osbourn, 1970; Harkin, 1969; Hashimoglu 등, 1969; Rexen과 Thomsen, 1976; 맹, 1976; 맹 등, 1977).

Table 1. Cell wall constituents of NaOH treated rye pellet(1996)

Level of NaOH ¹⁾	NDF	ADF	Lignin	Silica
 % in DM			
0%	72.65	38.88	2.66	0.69
2%	72.67	42.04	2.32	0.45
3%	69.91	41.67	2.58	0.40
4%	69.52	42.24	2.18	0.84
5%	64.28	39.70	2.45	0.82
6%	63.63	40.02	2.64	1.19
7%	59.68	38.46	2.46	0.56
8%	60.82	38.61	2.84	0.48
Mean(±SD)	66.65±5.19	40.20±1.39	2.52±0.21	0.68±0.26
LSD(p<0.05)	2.08	2.93	NS ²⁾	NS

¹⁾ Triplication

²⁾ NS, not significant.

Table 2. Cell wall constituents of NaOH treated rye pellet(1997)

Level of NaOH ¹⁾	NDF	ADF	Lignin	Silica
 % in DM			
0%	73.98	41.23	1.63	0.73
2%	73.01	40.93	2.16	0.57
3%	71.14	40.55	3.16	0.50
4%	70.69	40.26	2.54	0.69
5%	69.11	39.19	2.76	0.52
6%	67.65	19.43	3.53	0.26
7%	63.69	38.70	2.54	0.36
8%	58.84	35.68	2.33	0.30
Mean(±SD)	68.51±5.07	39.50±1.77	2.58±0.59	0.49±0.17
LSD(p<0.05)	1.27	0.87	NS ²⁾	NS

¹⁾ Triplication

²⁾ NS, not significant.

Table 3. Chemical composition and digestibilities of NaOH treated rye pellet(1996)

Level of NaOH	Moisture	Crude protein	Ether extract	Crude fiber	Crude ash
 % in DM				
0%	9.87	10.34	1.16	33.92	7.29
2%	9.29	9.07	0.71	33.79	10.26
3%	9.59	8.99	0.73	33.35	11.29
4%	10.70	8.52	0.85	32.27	12.39
5%	10.75	8.54	0.71	31.62	13.15
6%	10.42	8.55	0.62	33.01	13.78
7%	11.66	8.43	0.36	31.64	14.66
8%	11.76	8.13	0.55	33.73	15.22
Mean(±SD)	10.51	8.82	0.84	32.92±0.95	12.26±2.60

Table 3, 4에서 나타난 바와 같이 NaOH처리 호밀 pellet의 DMD는 무처리구 45~50.6%인데 비하여 2% 처리시 54.6~55.6%, 8% 처리시 65.1~68.1%로 소화율이 향상됨에 따라 TDN 역시 5~15% 증가되는 경향은 많은 보고(Maeng 등, 1977; Shin 등, 1975; 맹, 1976; 맹 등, 1977)와 일치되었다.

호맥건초에 대한 NaOH처리 pellet의 건물 소화

율은 Table 5와 Fig. 1에서 나타난 바와 같이 NaOH 첨가수준이 0%에서 8%로 증가됨에 따라 고도의 유의성(p<0.05)이 있었으며, NaOH 첨가량 X에 대한 소화율 Y의 회귀방정식은 $Y=46.92+1.8X$ 로 계산되어 첨가량 1% 증가시 마다 소화율은 1.8%씩 개선됨은 Maeng 등(1971), Shin(1975), 맹(1976)의 보고와 일치했다.

Table 4. Chemical composition and digestibilities of NaOH treated rye pellet(1997)

Level of NaOH	Moisture	Crude protein	Ether extract	Crude fiber	Crude ash
 DM, %				
0%	8.83	9.72	0.92	33.09	8.39
2%	5.68	11.38	1.62	31.82	10.78
3%	6.36	11.27	1.74	21.17	11.25
4%	6.25	11.15	1.72	31.05	11.62
5%	6.80	11.06	1.45	31.19	12.53
6%	4.97	10.82	1.50	30.91	14.41
7%	5.15	10.99	1.29	30.01	14.93
8%	9.68	10.03	1.17	29.61	15.43
Mean(±SD)	6.72	10.80	1.43	31.11	12.42±2.40

Table 5. Dry matter digestivity(DMD) on NaOH treated rye hay

Level of NaOH	1996	1997	1998	DMD ¹⁾ (±SD)	TDN ²⁾
 DM, %				
0%	50.6	45.0	45.6	47.1±1.41	49.6
2%	54.6	55.6	44.8	51.7±5.97	53.0
3%	57.2	51.3	48.4	52.3±4.48	53.4
4%	58.6	53.2	49.8	53.9±4.44	54.6
5%	53.6	59.8	49.5	54.3±5.19	54.9
6%	58.8	57.6	52.6	56.3±3.29	56.4
7%	65.8	62.4	52.7	60.3±6.80	59.3
8%	68.1	65.6	53.6	62.4±7.75	60.9
Mean(±SD)	58.4±6.0	56.3±6.6	49.6±3.3	54.8±4.60	55.3±3.60
LSD(p<0.05)	2.41	6.96	7.57	-	-

¹⁾ Dry matter digestibility

²⁾ TDN, calculated with DMD.

IV. 적 요

이 시험 연구는 고랭지역에 적합한 다수확 사료 작물생산 작부체계와 양질의 섬유질 사료 자원개발을 위하여 생산성 및 이용성 향상을 구명하고자 수행과정 중 얻어진 결과로서 하계작인 옥수수 수확 후 같은 장소에 후기작으로 재배 생산한 호

밀건초에 NaOH를 첨가처리한 호밀 건초 pellet을 *in vitro* 소화시험으로 소화율 및 사료가치를 평가한 결과 청예호밀 건초를 NaOH 처리하여 pelleting 했을 때 NaOH 첨가 수준 증가에 따라 건물소화율(DMD)이 유의적으로($Y=46.92+1.8X$, $r=0.97$) 증가되었으며($p<0.05$), NaOH 첨가수준 증가에 따라 NDF 함량은 유의적으로 감소되었으나

($Y=74.71-1.8X$, $r=0.93$), ADF 함량과 lignin의 함량은 감소는 하되 유의차는 인정되지 않았고($p < 0.05$), 고랭지에서 옥수수 재배에 이은 호밀의 2모작 재배가 가능하며 생산된 호밀에 NaOH를 첨가하여 가공하게 되면 건물 소화율 증가로 영양가치가 향상됨이 확인되었다($p < 0.05$).

V. 인 용 문 헌

1. Abe, A. and S. Horii. 1974. Application of Various analytical methods to rumen and feeds-A Comparison of Varicous fiber fraction and cellulase method of forage. J. Japan. Grassl Sci. 20:1.
2. Akin, D.E. and H.E. Amos. 1974. Rumen bacterial degradation of forage cell walls investigated by electron microscopy. Appl Microbiol. 29:672.
3. Allison, D.W. and D.F. Osbourn. 1970. The cellulose-lignin complex in forage and its relationship to forage nutritive value. J. Agr Sci. 74:23.
4. Garrett, W.N., H.G. Walker, G.O. Kohler and M.R. Hart. 1979. Response of ruminants to diets containing sodium hydroxide or ammonia treated rice syraw. J. Anim Sci. 48:92.
5. Harkin, J.M. 1969. Lignin and its uses. USDA Forest Res. Note. FPL. 206.
6. Hashimoglu, S., T.J. Klopfenstein and T.H. Dane. 1969. Nitrogen source with Sodium hydroxide theated Wheat straw. J. Anim Sci. 29:160(Abstr).
7. Maeng, W.J., D.N. Mowat. and W.K Bilanski. 1971. Digestibility of sodium hydroxide treated starw fed alone or in combination with alfalfa ailage. Can J. Anim Sci. 51:747.
8. McLeod, M.H. and D.J. Minson. 1978. The analytical and biological accuracy of estimating the dry matter diggestibility of different legume species. Anim Feed Sci. 12:161.
9. Rexen, F. & K.V. Thomsen. 1976. The effect on digestibility of a new technique for alkali treatment of straw. Anim. Feed Sci. Technol. 1:73.
10. Shin, H.T., U.S. Garrigus and F.N. Owens. 1975. NaOH treated wheat straw ration for sheep. J. Anim Sci. 41:417(Abstr).
11. 맹원재. 1976. 저질조사료의 사료가치 개선에 관한 연구 : 알카리 처리에 의한 보리짚의 소화율 개선과 화학적 성분의 변화. 韓畜誌. 18:449
12. 맹원재, 한인규, 하종규. 1977. 저질조사료의 사료가치 증진. 한국영양사료연구회보. 1:9.
13. 한국사료협회. 1983. 벚짚의 사료적 가치 증진과 이용방안. p.72.