

품종과 보존제의 처리가 춘계수확 연맥의 특성과 사료가치에 미치는 영향

한건준 · 김동암

Effect of Cultivar and Preservative on Characteristics and Quality of Spring Harvested Oat Hay

K. J. Han and D. A. Kim

Summary

An experiment was carried out to determine effect of cultivar and preservative on the characteristics and quality of baled oat (*Avena sativa* L.) hay after 60 days of storage. The main plots consisted of the cultivars such as 'Foothill' and 'Swan', and the subplots consisted of preservatives such as commercial propionic acid(CA), lactic bacteria inoculant(LB) and control(CO).

Bale temperature of 'Foothill' oat hay maintained higher than that of 'Swan' oat hay during storage. Bale temperature of oat hay treated with CA remained lowest during the earlier storage period and no significant difference was found among preservatives during the latter storage period.

Visual assessment of bale of 'Swan' oat hay was better in the evaluation of mold, odor and color than that of 'Foothill' oat hay after storage. DM content of Foothill oat hay increased markedly than that of 'Swan' oat hay through the storage period.

CFU(Colony forming unit) of total viable microorganism of oat hay bales was not quite different between preservatives, but that of lactic bacteria of 'Swan' oat hay and 'Foothill' was different by over 10^2 and 10^4 , respectively.

Total nitrogen content of 'Swan' and 'Foothill' oat hay was 1.45 and 2.22%, respectively($P < 0.05$) and effect of preservatives on total N content was higher in the order of LB, CA, and CO.

ADIN content of 'Swan' was lower than that of 'Foothill' ($P < 0.05$) and higher in the order of preservatives of LB, CO, and CA.

ADF and NDF contents of 'Swan' oat hay were higher than those of 'Foothill' oat hay by 3.7 and 10.5%, respectively($P < 0.05$). In the comparison of the preservatives, ADF content was higher in the order of CO, CA, and LB, and NDF content was higher in the order of CO, LB, and CA($P < 0.05$).

RFV of 'Foothill' was higher than that of 'Swan' and effect of preservatives on RFV was found($P < 0.0\%$).

I. 서 론

우리나라의 사료작물 작부체계상 옥수수와 조합을 이루는 연맥은 이미 높은 기호성과 품질이 알려져 있다. 그러므로 옥수수 수확 후 조기파종한 조생종연맥은 건조제조 가능성, 그리고 만생종연맥의 경우는 수확시기를 늦추어 청에 이용이 추천되어 왔다 (김, 1992). 수확한 사초의 건조제조는 청초상태의 불안정한 형태를 가급적 빠른 시일내 양적 및 질적인 손실을 최소화하면서 안정한 상태로 저장이 가능하게 만드는 것이다. 따라서 건조과정은 빠르게 진행될수록 영양성분의 손실은 줄어들며 특히 단백질 및 소화율 등에 미치는 영향이 최소화될 수 있다. 그러나 우리나라와 같이 이슬이 많은 조건에서 포장건조로 수분함량이 15% 정도로 낮아질 때까지는 시간도 많이 소요되며 예상치 못한 비에 의한 수용성 영양소의 용탈이 우려된다.

같은 이유로 유럽선진 낙농국가들은 건조제조 및 그 저장이 수분함량이 다소 높더라도 포장건조를 단기화하고 여기에 보존제를 이용하여 품질의 안정성을 부여하고 있다(Wilkinson, 1991). 따라서 단기간의 건조에 의한 수분함량이 높은 건조의 저장품질을 안정시킬 수 있는 첨가제가 필요한데 이와 관련하여 산 및 젖산균제제가 많이 이용되고 있으며 이들은 유해 미생물의 억제와 저장된 사초 자체의 이용성을 반추동물의 생리에 맞게 유지시켜 주는 작용을 가진 것으로 평가 되고 있다.

따라서 본 시험에서는 건조의 저장중의 안정화와 관련하여 시중에서 구입이 쉬운 산계통의 보존제와 젖산균제제의 사용이 봄에 수확된 연맥건초의 저장중 사초 특성과 저장 후의 사료가치에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 보존제의 처리

봄철에 수확하여 포장건조를 5일로 완성시킨 연맥건초에 시판되고 있는 산 및 젖산균제제를 별도의 첨가제 없이 곤포결속전 살포하였다.

젖산균제제는 g당 50억 마리의 젖산균을 함유하고

있는 것으로 본 시험구에서는 1ℓ 단위로 용해하여 분무기로 건조된 연맥사초에 곤포성형전 끌고루 살포하였다. 산의 처리는 시판되고 있는 산제제를 처리하여 주었다. 본 시험에서 사용된 산제제의 산도는 4.4~5.6으로 성분은 다음과 같다. Propionic acid 53%, Propandiol 1.2%, Sorbic acid, Benzoic acid, Amonium phosphate, Isoprophyl alcohol, Mono glyceride, Diglyceride, Orange oil, Lemon, Wintergreen ansi oil, Propyl gallate butylated hydroxyanysol로 구성되어 있으며, 비중은 1.06~1.08, 점도는 34~45 cps로 사용량은 대형의 원형곤포의 경우 4ℓ를 재래식의 소형곤포에는 2ℓ를 사용하는 것으로 되어 있다. 이에 따라 본 제제를 건물중량당 1.15%의 비율로 별도의 첨가제 없이 곤포결속전 살포하였다.

2. 곤포의 결속 및 저장중의 온도조사

건조가 완료된 연맥을 1.2m×1.0m×1.5m의 스크류가 달린 톨로 압축하고 포장용기계로 단단히 묶은뒤 칭량하여 통풍이 되는 창고에 보관하였다. 저장중의 심부온도변화는 Technoterm사의 7200탐침 온도계로 측정하였다.

3. 곤포의 저장후 외관 상태 평가

연맥건초를 60일간의 저장후에 곤포를 풀고 색깔, 먼지발생정도, 곰팡이 발생정도를 육안으로 평가하였는데, 10은 곰팡이가 전혀 없는 상태고, 7은 곰팡이 포자가 대기중으로 분산되는 정도, 5는 전체에 걸쳐 균사가 퍼져 있는 상태, 5에서 1은 곰팡이 균사가 다양하고 암갈색을 띄우며, 습기가 축만된 조직 상태를 나타내는 것의 10단계(Baron 및 Greer, 1988)로 나누어 상대평가 하였다.

4. 곤포내 미생물수 조사

미생물 조사를 위한 시료는 곤포에서 처리간 상호 오염되지 않도록 매회 채취기구를 살균하면서 채취한 시료를 225mℓ의 살균된 peptone용액(Straka 및 Stroke, 1957)에 5분간 담그어 균질화 시킨 후 DeMan 등(1960)의 방법에 의해 조사하였다.

5. 사료가치 분석

분석을 위한 연맥건초의 시료는 300g 정도씩으

로 취하여 75℃의 송풍장치가 달린 건조기에서 72시간이상 충분히 건조하였고 전기 믹서로 1차의 분쇄

를 마친 후 Wiley mill로 2차 분쇄하여 20 mesh의 입자로 준비하였다.

Table 1. Details of experiment

Cultivar	Content at baling			Treatment	Replication
	ADF	NDF	DM		
 %			Control (CO)	3
Swan	37.2	66.1	88.1	Commercial acid (CA)	3
				Lactic bacterial inoculant (LB)	3
Foothill	34.4	61.6	69.0	Control (CO)	3
				Commercial acid (CA)	3
				Lactic bacterial inoculant (LB)	3

총 질소함량의 분석은 Auto Kjeltec 1030을 사용하였고, ADIN(Acid detergent insoluble nitrogen)은 Van Soest(1965)법에 의하여 분석하였다.

조섬유의 분석은 NDF 및 ADF를 Goering 및 Van Soest법(1970)에 의해 분석하였으며, RFV(Relative feed value)는 ADF와 NDF가 건물 소화율 및 섭취량과 높은 상관관계를 가진다는 점에 근거하여 Holland(1990)가 제시한 계산식으로 산출하였다. 통계처리는 SAS를 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 저장중의 온도 변화

포장에서 건조된 Swan연맥과 Foothill연맥 건조에 무처리(CO), 시판되고 있는 산(CA)과 젖산균제제(Lactic bacteria inoculant: LB)를 살포하고 곤포를 계속하였을 때 품종간의 곤포내 초기온도의 변화는 Fig. 1과 같았다.

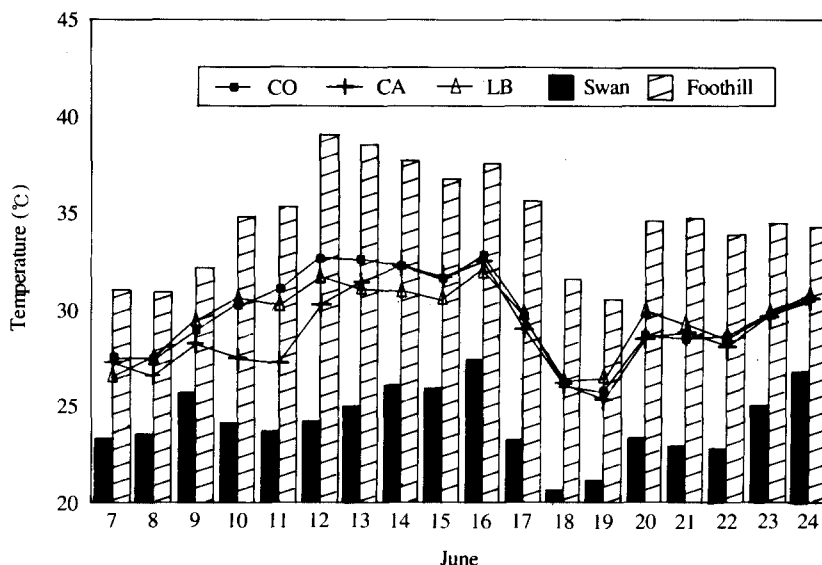


Fig. 1. Effect of cultivar and preservatives on temperature changes of spring harvest oat hay during storage.

품종간의 온도 비교는 증만생인 Foothill 품종이 온도 측정기간동안 조생종인 Swan 품종보다 계속 높게 유지되었는데 특히 저장중인 사초에서 Maillard 반응을 일으키게 만드는 온도적인 측면(Rotz 및 Muck, 1994)에서 볼 때 35℃ 이상일 경우가 Swan의 경우에는 없었으나 Foothill의 경우 8일 가량 지속되어 상대적으로 높은 열 반응에 의한 사료가치의 저하가 예상되었다.

한편 보존제의 영향과 관련시켜 볼 때는 저장 전반기인 6월 17일까지는 보존제에 의한 차이가 있어서 CA 처리구의 온도가 낮게 유지되었는데, Sheaffer 및 Clark(1975)도 건물의 1.5~2.0% 수준으로 처리한 산에 의한 온도상승 억제 효과를 보고하였던 것처럼 산의 첨가는 미생물의 작용을 억제하여 그로 인한 발열 억제 효과가 있는 것으로 생각되었다. 그러나 산 자체도 휘발성이나 미생물에 의하여 분해 이용될 수 있기 때문에 지속적인 미생물 증식 억제 작용은 약하였다는 보고(Lacey, 1979)와 같이 저장중기 이후부터는 보존제에 의한 효과가 큰 차이가 없었다. 또한, Pitt 등(1991) 및 Rotz 및 Abrams(1988)는 사일리지에 비하여 건초의 호기적 조건과 낮은 수분함량이 상대적으로

젓산균의 활동에는 부적합한 조건이 되어 젓산균제제의 경우 처리효과가 나타나지 않았다는 보고등을 종합하여 보았을 때, 젓산균제제의 경우 미생물의 생육조건상 혐기적조건을 요구하며 수분의 요구도 때문에 본 시험에서는 저장중의 발열억제에는 큰 개선효과가 없었던 것으로 생각되었다.

2. 저장 후의 곤포상태

봄에 수확하여 건조 저장한 연맥 건초의 60일간의 저장후 곤포의 외관 평가결과와 건물함량은 Table 2에서 보는 바와 같다. 저장 당시에 수분함량이 낮은 Swan 품종이 Foothill 품종보다 저장 후의 곤포의 보존상태가 더 좋았다. Rotz 등(1991)은 저장 후 첫 한달 동안 열 발생은 오히려 저장중 건조에 도움이 되었다고 보고하였는데, 본 시험에서는 곤포결속시의 건물함량은 Swan 품종이 88%, Foothill 품종이 69%로 19%의 차이가 있었으나 60일간 저장 후의 건물 함량은 Swan이 88%로 변동이 없었던 반면 Foothill은 84%로 증가되었다. 즉, 저장중 발열과 통풍으로 계속적인 건조가 일어났었음을 알 수 있었다.

Table 2. Effect of cultivar and preservative on visual assessment and DM content of baled oat hay after storage

Oat cultivar	Preservative	Appearance	Color	Mold	Dustness	Order	DM content
..... Score							
Swan	CO	9	8	9	7	8	88
	CA	9	9	9	7	9	88
	LB	8	8	8	8	8	87
Foothill	CO	5	6	5	7	6	85
	CA	5	6	5	7	6	83
	LB	4	5	4	7	5	83

* CO : Control, CA : Commercial acid, LB : Lactic bacteria inoculant.

Pitt 등(1991)은 건초 수분함량이 20~35% 범위에서 곰팡이의 활력이 높으며 식물체의 영양소 파괴 뿐만 아니라 화학반응의 결과 수분의 발생, 열 및 인축에 유해한 포자를 만드는 문제점을, Baron 등 (1991)은

수분함량이 높을 때는 건물함량에 따른 프로피온산의 처리수준의 0.5% 이상 증가를 제시하였고 Wittenberg(1991)는 완충시킨 산(Buffered acid)과 젓산균의 처리결과 건초 저장후의 외관 평가결과의 개선

에 도움이 되었음을 보고하였는데 본 시험에서 곰팡이 발생 정도, 냄새, 곤포성형유지정도, 색상등의 모든 평가에서 Swan이 Foothill보다 양호한 보존 상태를 보였고 보존제간의 명확한 차이가 없어서 건조 완료 후 곤포결속 당시의 수분함량이 저장되는 건조의 보존상태에 중요한 요인으로 작용함을 알 수 있었다.

3. 곤포된 연맥건초의 젖산균수 및 총 미생물수

보존제를 처리하여 저장한 연맥건초곤포내 총 미생물수 및 젖산균수는 Table 3에서 보는 바와 같았

다. Foothill 품종의 수분함량이 상대적으로 높았던 것에 비하여 총 미생물 수는 Swan품종보다 높게 나타나지 않았으며 오히려 젖산균 수에 있어서 Swan 품종 보다 100배 정도 높게 나타났다. 이는 미생물 수의 조사는 저장완료 후에 실시되었기 때문에 각 bale 내 미생물군이 안정화되었기 때문인듯 하며 Pitt 등 (1991)이 젖산균의 생육조건이 혐기성이고, 수분이 높은 조건으로 보고하였는데 Foothill 품종에서 특히 수분이 높았기 때문에 젖산균의 활동에는 Swan품종 보다 좋은 조건이었던 것으로 생각되었다.

Table 3. Effect of cultivar and preservative on viable total bacteria and lactic bacteria of baled oat hay after storage

Cultivar	Preservative	Viable total bacteria	Lactic bacteria
	 CFU/g	
Swan	CO	5.0×10^9	6.0×10^2
	CA	1.0×10^8	3.0×10^2
	LB	3.0×10^9	5.6×10^3
Foothill	CO	1.3×10^9	1.5×10^4
	CA	5.5×10^9	2.2×10^4
	LB	4.0×10^8	3.2×10^4

* CO : Control, CA : Commercial acid, LB : Lactic bacteria inoculant.

4. 사료가치

(1) 총 질소 및 ADIN 함량

저장중 미생물에 의한 부패작용에 의해 질소성분의 손실이나 변성의 정도를 나타내는 ADIN 함량 및 총 질소함량은 Table 4에서 보는 바와 같다.

먼저 저장후의 연맥건초의 질소함량에 미치는 품종간의 차이는 유의성이 인정되어 Swan품종이 1.45%에 비하여 Foothill품종은 2.22%로 상대적 비율로는 Foothill품종이 53%나 높았다($P < 0.05$). 식물체의 질소함량은 잎 부위에 집중되어 있으므로 이같은 차이가 났던 것으로 생각된다. 김 및 김(1994)은 국내에서 재배된 Foothill품종은 Swan품종에 비해 엽경비가 높게 유지되며 조단백질 함량도 높았다는 보고로 부터, 잎의 비율이 연맥건초의 사료가치에 미치는 영향이 매우 높을 것으로 생각된다.

한편, 열에 의해 polymerization으로 나타난 ADIN 함량도 Foothill 품종에서 높은 함량을 보였으며 보존제에 따른 효과의 비교 결과 젖산균처리구, 무처리구, 그리고 산제제처리구의 순서로 높게 나타났다 ($P < 0.05$). Bechtel(1944)는 저장중 열에 의해 전분의 2/3 정도가 손실이 일어났고 미약한 열의 발생에도 가장 크게 손상이 일어나는 부분을 단백질이라고 보고하였는데, 본 시험에서 저장 중의 온도를 보아도 젖산균제제처리구와 무처리구가 산제제처리구보다 높게 유지되었던 것과 일치되는 경향을 보였다. Foothill 품종의 ADIN 함량도 Swan보다 상대적으로 92%나 높았으며 총 질소함량중에 ADIN의 비율을 나타내는 ADIN/Total N도 높게 나타났다. 이것은 Foothill연맥의 수분함량이 상대적으로 높아 미생물의 반응에 의한 열발생량이 증가하였고 그 지속시간도 길었기 때문으로 생각된다.

Table 4. Effect of cultivar and preservative on ADIN, Total N, ADF and NDF contents of baled oat hay after storage

Cultivar	Preservative	ADIN	Total N	ADF	NDF
..... %					
Swan	CO	0.26	1.31	47.5	79.6
	CA	0.26	1.51	44.1	76.0
	LB	0.25	1.54	43.4	71.6
Foothill	CO	0.42	2.13	43.4	67.8
	CA	0.41	2.25	41.2	66.5
	LB	0.55	2.27	39.4	61.5
Mean between cultivar					
	Swan	0.24	1.45	45.0	75.8
	Foothill	0.46	2.22	41.3	65.3
Mean among preservative					
	CO	0.33	1.72	45.4	73.8
	CA	0.32	1.88	42.6	71.3
	LB	0.40	1.91	41.4	66.5
LSD (0.05)					
	Cultivar (C)	0.04	0.05	0.6	1.4
	Preservative (P)	0.01	0.03	0.7	1.7
	C × P	*	NS	*	NS

* CO : Control, CA : Commercial acid, LB : Lactic bacteria inoculant.

(2) 조섬유함량

포장에서 건조된 연맥의 Swan 품종과 Foothill 품종에 대한 보존제 처리 후 저장된 곤포의 ADF 함량과 NDF 함량은 Table 4와 같다. 연맥의 조생품종인 Swan과 만생품종인 Foothill 간에 ADF 함량과 NDF 함량에 있어서는 각각 3.7%와 10.5%의 차이가 있어서 ($P < 0.05$), 저장 전 2.8%와 4.5%의 차이가 났었던 것에 비하여 조섬유의 함량 및 그 차이가 증가되었음을 알 수 있었다. 이는 곤포결속 당시 Foothill 건조의 수분함량이 현저히 높았었다는 점과 저장 중의 Foothill 건조의 온도가 35°C 이상 지속된 기간이 상당히 길었다는 점으로부터 건조 후 저장 기간 중 미생물의 호흡에 의해 유용한 질소화합물이나 탄수화물들이 소모되어 ADF나 NDF의 비율이 Swan 품종에 비하여 더 높아졌기 때문으로 생각된다. 저장 중의 조

섬유함량의 증가를 Greenhill 등(1961), Collins 등(1987), Rotz 및 Abrams(1988), Buckmaster 등(1989)도 보고하였고, 그 이유를 섬유소 부분은 손실이 거의 없거나 약간의 손실이 있었던 데 비하여 비섬유성 성분의 감소가 많았기 때문으로 지적하였고, Rotz 및 Muck(1994)도 건조 저장 시 감소가 일어나지 않는 부분으로 ADF, NDF, lignin, 조섬유 및 회분이라고 하였다. 한편, Collins(1987)는 저장 전과 저장 후의 사초의 품질이 저하되는 것이 일반적이나 그 차이는 적었다고 보고하였는데 본 시험에서 보존제간의 효과를 비교하여 보았을 때 부처리구의 평균 ADF 및 NDF 함량이 시판 산제제(CA)나 젖산균제제(LB)보다 높았으며 결국 보존제가 조섬유함량의 저장 중 증가를 억제시킬 수 있었던 것($P < 0.05$)으로 나타났다. 보존제를 처리하지 않은 경우 저장 중 계속되는 미생물적 작용

에 의해 가용영양소의 손실이 높아지는 것으로 생각되며 보존제의 처리가 저장시 영양소의 보존 효과를 높여 주는 결과로 나타난 것으로 생각된다.

(3) 상대사료가치(RFV)

본 시험에서 보존제로 처리하여 저장된 연맥건초의 상대사료가치(RFV)는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 품종간의 차이는 Foothill품종이 Swan품종보다 모든 처리구에서 높게 나타났다($P < 0.05$).

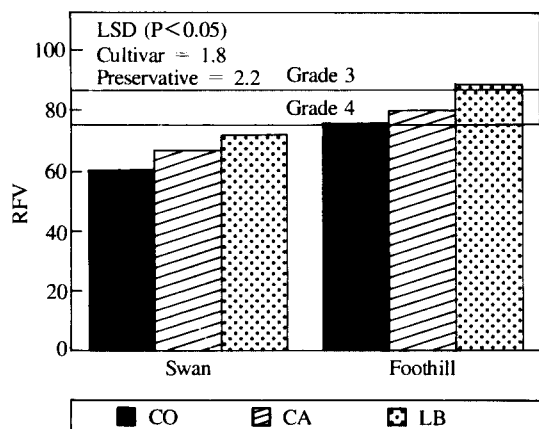


Fig. 2. Effect of cultivar and preservative on RFV of baled oat hay after storage.

따라서 Rohweder 등(1978)이 제시한 건초의 품질등급상 Foothill이 4등급, Swan은 5등급으로 나타나서, 끈포결속 당시와 비교하여 보면 2등급씩 낮아져서 저장중 조섬유소 비율의 증가가 결국 사료가치의 저하로 나타났고, Greenhill 등(1961), Collins 등(1987), Rotz 및 Abrams(1988), 그리고 Buckmaster 등(1989)의 저장 후 사료가치의 저하를 보고하였던 연구결과들과 일치되는 경향을 나타냈다.

보존제간의 비교에 있어서는 젖산균제제, 산제제 그리고 무처리 순서로 높게 나타났다($P < 0.05$).

IV. 요약

본 연구는 연맥의 조생품종인 Swan과 만생종인 Foothill 건초에 시판되고 있는 산제제와 젖산균제제를 보존제로써 처리하여 60일간 저장 후 건초의 특성과 사료가치에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행

되었다. 주구는 Swan과 Foothill의 연맥품종으로 하였고 세구는 산과 젖산균 계통의 보존제와 무처리구로 하였다.

저장중의 온도는 Foothill 연맥건초가 Swan 연맥건초보다 높게 유지되었고, 산제제로 처리한 경우 저장 초기 온도가 가장 낮게 유지되었고 그 이후로는 큰 차이가 없었다.

저장후 연맥건초 끈포의 곰팡이 발생정도, 냄새, 색상 등에 있어서 Swan 연맥건초가 우수하였고, 저장중 Swan 연맥건초에 비하여 Foothill 연맥건초의 건물함량이 현저히 증가되었다.

연맥건초끈포내 총 미생물수는 큰 차이가 없었으나, 젖산균수는 Swan이 10^2 정도였는데 비하여 Foothill 연맥건초는 10^4 이상이였다.

총 질소함량은 Swan 연맥건초가 1.45%, Foothill 연맥건초가 2.22%이었고($P < 0.05$), LB, CA, CO의 순으로 총질소함량이 높았다($P < 0.05$). ADIN 함량은 Swan이 Foothill에 비하여 낮았으며 산처리, 무처리, 젖산균처리의 순서로 낮았다.

Swan 연맥건초의 ADF 및 NDF 함량은 Foothill 보다 각각 3.7% 및 10.5%가 높았다($P < 0.05$). 보존제 처리에 따른 비교시 ADF 함량은 CO, CA, LB의 순으로 높았고, NDF 함량은 CO, LB, CA의 순이었다($P < 0.05$). 상대사료가치는 Foothill이 Swan보다 1등급 높았고 보존제의 효과가 인정되었다.

V. 인용문헌

1. Baron, V.S., A.C. Dick, and D.G. Young. 1991. Laboratory system for evaluation of hay preservatives. *Agron. J.* 83:659-663.
2. Baron, V.S., and G.G. Greer. 1988. Comparison of six commercial hay preservatives under simulated storage conditions. *Can. J. Anim. Sci.* 68:1195-1207.
3. Behtel, H.E., A.O. Shaw, and F.W. Atkeson. 1944. Brown alfalfa hay its chemical composition and nutritive value in dairy rations. Contribution No. 156, Department of Dairy Husbandry. p. 35-47.
4. Buckmaster, D.R., C.R. Rotz, and D.R. Mertens. 1989. A model of alfalfa hay storage. *Trans. ASAE*

- 32:30-36. In "Field guide for hay and Silage management in North America." pp. 127-138. Eds. by Bolsn, K.K., J.E. Baylor and M.E. McCullough. NFIA. U. S. A.
5. Collins, M., W.H. Paulson, M.F. Finner, N.A. Jorgensen, and C.R. Keuler. 1987. Moisture and storage effects of dry matter and quality losses of alfalfa in round bales. *Trans. ASAE.* 30:913-917.
 6. DeMan, J.C., M. Rogosa, and M.E. Sharpe. 1960. A medium for the cultivation of lactobacili. *J. Appl. Bacteriology.* Vol. 23:130-135.
 7. Greenhill, W.L. 1959. The respiration drift of harvested pasture plants during drying. *J. Sci. Food Agric.* 10:495-501.
 8. Holland, C.W., W.P. Kezer, E.J. Lazowski, W.C. Mathana, and R. Reinhart. 1990. Pioneer forage manual: A nutritional guide. Pioneer Hi-bred International Inc. p. 1-55.
 9. Lacey, J., K.A. Lord, and G.R. Cayley. 1979. Problems of hay preservation with chemicals. In *Proc. of a conference on forage conservation in the 80's*, British Grassland Society. p. 244-247.
 10. Pitt, R.E., R.E. Muck, and N.B. Pickering. 1991. A model of aerobic fungal growth in silage. 2. Aerobic stability. *Grass and Forage Sci.* 46:301-312.
 11. Rohweder, D.A., R.F. Barnes, and N.A. Jorgensen. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *J. Anim. Sci.* 47(3):747-759.
 12. Rotz, C.A., and S.M. Abrams. 1988. Losses and quality changes during alfalfa hay harvest and storage. *Trans. ASAE* 31:350-355.
 13. Rotz, C.A., and R.E. Muck. 1994. Changes in quality during harvest and storage. pp. 828-865. In George C. Fahey, Jr., et al. (edit) *Forage quality, evaluation and utilization.* Madison. Wisconsin.
 14. Sheaffer, C.C., and N.A. Clark. 1975. Effects of organic preservatives on the quality of aerobically stored high moistured baled hay. *Agron. J.* 67:660-662.
 15. Van Soest, P.J. 1965. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. III. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin in forages. *AOAC* 48:785-790.
 16. Van Soest, P.J. 1970. The chemical basis for the nutritive evaluation of forages. p. U1-u19. In R.F. Bams D.C. Clanton, C.H. Gordon. T.J. Klopffestein., and D.R. Waldo(ed) *Proc. Natl. Conf. Forage Qual. Eval. Util.* Lincoln, NE. 3-4 Sept. 1969. Nebraska center for continuing education, Lincoln.
 17. Wilkinson, J.M. 1991. Hay and silage management in Europe. In *Field Guide for Hay and Silage Management in North America.* National Feed Ingredients Association. pp. 139-146.
 18. Wittenberg, K.M. 1991. Preservation of high moisture hay in storage through the use of forage additives. *Can, J. Anim. Sci.* 71:429-437.
 19. 김동암. 1992. 사초용유채 및 연맥의 품종선택과 생산기술 p. 1-14. 제 3회 양축농가를 위한 축산기술세미나자료. 서울대축과연. 수원.
 20. 김종근, 김동암. 1995. 수확시기와 품종이 춘파연맥의 생육특성, 사초수량 및 사료가치에 미치는 영향. *한초지.* 14(3):247-255.