

サイレーズの化学成分と品質に関する研究

(第10報) サイレーズの品質と消化率との関係

内田 仙二・須藤 浩

(家畜飼養学研究室)

Received July 2, 1973

Studies on the Chemical Composition and Quality of Silage

(X) The Relation Between the Quality and Digestibility of Silage

Senji UCHIDA and Hiroshi SUTOH

(Laboratory of Animal Nutrition)

The influence of fermentative quality on digestibility of silage was further studied in the digestion trial for five different quality silages.

In order to make the different fermentative quality silages from Italian ryegrass without any additives, the quantity of dry matter and chopped length of the grass, the airtightness of silo and the density of ensiling were regulated at the ensiling time. The digestion trial of the resultant silages was carried out with 2 wethers per silage by the total fecal collection method. And *in vitro* dry matter digestibility (*in vitro* DMD) of each grass ensiled and silage resulted was determined by an artificial rumen technique.

The score by FLIEG's method of the resultant silages was 100 (excellent), 89 (excellent), 51 (satisfactory), 42 (satisfactory) and 18 (inferior).

The positive significant correlations were found between the score and digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, crude fiber and true protein of the silages. And correlation coefficient for the relationship between the score and TDN of dry matter of the silages was 0.992 ($p < 0.001$), and the equation for this linear regression was $Y = 55.95 + 0.07 X$, where $Y = \text{TDN } \%$ of dry matter and $X = \text{score}$ by FLIEG's method.

There was positive significant correlation between *in vitro* DMD and *in vivo* DMD of the silages, but not significant correlation was found between *in vitro* DMD of the ensiled grass and *in vitro* DMD of the resulted silage.

These data suggest that the feeding value of silage was influenced considerably by fermentation in the silo.

緒 言

サイレーズの発酵的品質と飼料価値との関係、そして家畜の栄養や生産性への影響を知る目的で一連の研究を実施している。さきの実験^{8,10)}において、サイレーズの品質は、その飼料成分や消化率に対してかなり強い影響をおよぼすことが推定された。

本実験は、それらの点をさらに詳細に検討し、サイレーズの品質が家畜の栄養に対してどのようにかかわり合うかを知るための基礎資料を得ることを目的として実施したものである。すなわち、同一の材料草を使用し、添加物を用いず、材料草の水分含量や細切度を調節し、さらにサイロ内の条件を調整することによって異なった発酵的品質のサイレーズを調製した。でき

上がったサイレージを動物実験に供して、サイロ内発酵の良否と、その消化率などとの関係を検討した。

実験材料 および 方法

サイレージの材料とその処理 穂孕期に収穫したイタリアンライグラスを使用した。刈取後ただちにサイレージカッターにて細切し、ビニールシート上にひろげて日乾し、所定の水分含量に調節した。材料の処理および埋蔵時の一般成分は Table 1 のようである。

Table 1. Treatment and chemical composition of Italian ryegrass

Aim of grade	Treatment		Chemical composition (%)							
	Chopping (cm)	Wilting (hours)	Dry matter	Crude protein	Crude fat	NFE	Crude fiber	Crude ash	True protein	
A Excellent	1.7	about 9	48.5	6.5	1.4	20.3	15.3	4.9	4.4	
B Good	1.7	about 8	36.2	4.7	1.1	15.8	11.2	3.9	3.4	
C Satisfactory	1.7 and 2.4	about 6	30.9	3.8	0.9	13.4	9.4	3.4	2.9	
D Middle	2.4	about 5	26.4	3.5	0.8	10.8	8.0	3.3	2.5	
E Inferior	2.4	0	17.6	2.2	0.6	7.0	5.2	2.7	1.7	

すなわち、優 (81~100点)、良 (61~80点)、可 (41~60点)、中 (21~40点) および下 (1~20点) の各品質段階のサイレージを得ることを目標とした。良質サイレージ調製を目標にした A、B 両区材料は、1.7 cm に細切し、比較的低水分に調節した。中および下のサイレージ調製を目標にした D、E 両区材料は、2.4 cm に細切し、比較的高水分とした。中位品質サイレージの調製を目標にした C 区材料は、1.7 cm と 2.4 cm に細切したものを 1:1 の割合に混合し、水分約 70% に調節した。水分調節後の各区材料の組成は Table 1 のようであるが、これを乾物中に換算して比較した場合、区間に大差は認められなかった。

サイレージの調製 品質の異なる製品を確実に得るために、埋蔵条件を Table 2 に示すように調節した。

Table 2. Outline of silage-making

Type	Silo		Ensiling conditions				Crude yield	
	Diameter (cm)	Depth (cm)	Ensiled amount (kg)	Density (kg/l)	Pressure (kg/m ²)	Duration of storage (days)	Total yield (%)	Spoilage (%)
A* Laboratory vacuum silo (steel)	36	68	22.0	0.32	—**	213	99.3	0.0
B)			79.7	0.40	532	189	97.6	18.3
C) Experimental silo (iron)	56	88	79.8	0.40	450	157	97.9	12.5
D)			80.1	0.40	374	99	96.7	11.9
E)			89.6	0.45	341	70	98.5	2.9

* Average of three silos. ** Air-tight condition.

すなわち、A 区の場合、1 級品を確実に得ること、そして開封後の再発酵、カビの発生などによる変質を防止する目的で、3 基のスチール製の実験用気密サイロを使用した。B 区~E 区にはドラムかんを改造した実験用サイロを使用した。A 区サイロは、ほぼ気密条件のもとで、B

区～E区の場合は、それぞれ埋蔵時の踏圧の程度と重石を調節し、著者らの常法で調製した。埋蔵後70～213日目にそれぞれ開封し動物実験に供したが、開封時の粗収量などはTable 2の後段のようであった。

サイレーズの発酵的品質の鑑定 サイレーズのpH値は、ガラス電極pHメーター（日立-堀場M-5型）により測定した。有機酸の定量および発酵的品質の鑑定は、FLIEG法^{2,4)}によっておこなった。全窒素およびアンモニア態窒素を定量してアンモニア態窒素比率を求めた。

消化率の査定 1) ヒツジによる消化率：条件の類似した満2才齢の去勢雄ヒツジ（体重約40kg）2頭を使用し、サイレーズ単一給与によって、糞袋による全糞採取法により消化試験を実施した。試験期間は、予備試験8日、本試験7日とした。2) *in vitro* 乾物消化率（*in vitro* DMD）：材料草およびサイレーズの乾燥粉末試料について、人工ルーメン法による乾物の消化率を査定した。人工ルーメンの手法は、堀井ら³⁾の方法に従った。すなわち、試料0.5gを大型試験管にとり、ルーメン液10mlおよびMcDOUGALLの人工唾液40mlを加え、炭酸ガスを通じながら38℃の恒温水槽内で48時間培養し、この間に消失した乾物の量から*in vitro* DMDを算出する方法によった。

分析の方法 材料草、サイレーズおよび糞の一般成分は、それぞれ乾燥粉碎し、常法によって分析した。

実験結果 および 考察

サイレーズの発酵的品質 でき上がりサイレーズについて、有機酸、窒素組成などを定量し、発酵的品質を調査した結果はTable 3のようである。

Table 3. The fermentative quality of resultant silages

Silage	pH	Lactic acid (%)	Acetic acid (%)	Butyric acid (%)	Total acid (%)	$\frac{\text{NH}_3\text{-N}}{\text{Total-N}} \times 100$	Evaluation	
							Score	Grade
A	4.56	4.19	0.88	0.00	4.79	8.70	100	Excellent
B	4.42	3.59	0.73	0.02	4.32	10.10	89	Excellent
C	4.41	2.31	0.16	0.88	3.35	11.53	51	Satisfactory
D	4.50	1.92	0.16	0.98	3.06	11.89	42	Satisfactory
E	4.73	0.60	0.27	0.77	1.64	12.60	18	Inferior

Table 3のように、各区サイレーズの品質は、当初目標とした品質にかなり近い値であった。しかし、B区サイレーズで9点、D区サイレーズで2点だけ予定した評点の範囲より高い値を示した。

サイレーズの消化率 ヒツジを使用しておこなった消化試験の結果より、各区サイレーズのそれぞれの成分の消化率ならびにDCP、TDNはTable 4のようである。

Table 4より、各成分の消化率は、おおむね評点の高いサイレーズほど高くなる傾向にある。しかし、粗脂肪とNFEの場合は少し異なった傾向を示している。すなわち、A区サイレーズの場合、粗脂肪の消化率が低く、NFEの消化率が特に高くなっている。これはA区サイレーズの材料が低水分であったことと、気密サイロで調製されたことに起因していると推定される。このような条件のもとでは、一般にサイレーズ発酵が抑制されるので、埋蔵中におこる糖

Table 4. Digestibility and feeding value of the silages produced

Silage	Score	Digestibility (%)							Feeding value	
		Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	NFE	Crude fiber	True protein	DCP*	TDN*
A	100	67.4	68.1	65.6	58.9	64.7	74.7	44.8	8.56	62.90
B	89	64.9	66.1	63.7	65.7	61.5	72.8	32.6	8.34	61.85
C	51	63.4	64.8	62.8	63.9	59.1	72.3	23.8	8.19	59.59
D	42	62.2	63.7	59.2	61.6	59.5	70.6	21.2	7.34	58.97
E	18	60.0	61.6	58.2	61.2	59.2	66.3	10.4	7.79	56.89

* Percentage of dry matter.

質から粗脂肪への転換が抑えられ、その結果消化率にも影響があらわれたものと考えられる。乾物中の DCP, TDN 含量は、評点の高い良質サイレージほど高くなる傾向にあった。

発酵的品質と消化率との関係 サイレージの評点と各成分の消化率ならびに DCP, TDN 含量との関係を統計的に検討した結果、有意な相関が認められたものを示すと Table 5 のようである。

Table 5. Correlation between fermentative quality and digestibility of nutrients of the silages

Relationship between score and	n	Correlation coefficient r	p
digestibility of: dry matter	5	0.972	**
organic matter	5	0.972	**
crude protein	5	0.938	*
crude fiber	5	0.912	*
true protein	5	0.972	**
TDN (dry matter basis)	5	0.992	***

* Significant at the 5% level of probability.

** Significant at the 1% level of probability.

*** Significant at the 0.1% level of probability.

すなわち、評点と乾物、有機物、純タンパク質の消化率との間に 1%水準で、評点と粗タンパク質、粗繊維の消化率との間に 5%水準で、それぞれ統計的に有意なプラスの相関が認められた。また、評点と乾物中の TDN との間に 0.1%水準で有意なプラスの相関が認められた。

なお、本実験値より、乾物の消化率と評点との関係を示す回帰式を求めた結果は次のようである。

$$Y = 58.79 + 0.08 X \quad (Y = \text{dry matter digestibility } \%, X = \text{score})$$

同様に、乾物中の TDN と評点との関係を示す回帰式は次のようである。

$$Y = 55.95 + 0.07 X \quad (Y = \text{TDN } \% \text{ of dry matter}, X = \text{score})$$

以上のように、本実験結果は、サイレージの消化率ならびに飼料価値が、サイロ内での発酵、すなわち発酵的品質によってかなり強く影響されることを明示しているように思われる。しかして、これらの結果は、前報^{8,10)}までの成績と一致するものである。

これら一連の結果は、サイロ内発酵の良否が、そのサイレージを給与された家畜の採食量やルーメン内発酵などに影響したとする McCULLOUGH ら⁹⁾の研究結果、ならびに窒素の体内蓄積に影響したとする WALDO ら¹¹⁾の研究結果などと共に、サイレージの発酵的品質の良否

が、直接家畜の生産性と結びつくことを指摘した RENNER ら⁶⁾ の報告を支持する資料となると思考される。

乾物の人工消化率 埋蔵材料およびサイレージの *in vitro* 乾物消化率を査定した結果は Table 6 のようである。

Table 6. Dry matter digestibility of the grass and silages

	Score of silage	Grass ensiled		Silage produced	
		<i>in vitro</i>		<i>in vivo</i>	
A	100	66.0 ^(%)	68.3 ^(%)	67.4 ^(%)	
B	89	64.5	65.4	64.9	
C	51	66.1	63.3	63.4	
D	42	66.4	61.1	62.2	
E	18	66.5	44.6	60.0	

Table 6 より、材料草の *in vitro* DMD は、日乾の程度が異なっているにもかかわらず大きな差は認められない。しかし、強く日乾した材料ほど、わずかながら値が低くなる傾向を示している。サイレージの *in vitro* DMD は、評点の高いものほど高くなる傾向にあり、ヒツジによる *in vivo* DMD の変化と類似したパターンを示している。

これらの値を統計的に整理した結果、材料の *in vitro* DMD とサイレージの *in vitro* DMD の値の間には、有意な相関は認められなかった。いっぽう、サイレージの *in vitro* DMD と *in vivo* DMD の値の間には、有意なプラスの相関 ($r=0.886$, $p<0.05$) が認められた。このことは、サイレージの消化率が、その材料の処理過程よりも、サイロ内の発酵過程によって、より強く影響されたことを示していると思われ。

なお、*in vitro* DMD を比較した際、E区サイレージの *in vitro* DMD が極端に低い値となった。この原因については明らかでないが、あるいは、イネワラなど同じように低品質粗飼料として、別の発酵条件³⁾ で処理することが必要なのかもしれない。いまかりに、E区の値を除外したA区~D区サイレージの *in vitro* DMD と *in vivo* DMD の関係を求めた結果は、 $r = 0.995$, $p < 0.01$ となり、両方法によるDMD値間に高い相関が認められた。

さらに、サイレージの人工ルーメン法による消化率査定にあたり、乾燥粉末試料を供用することについては、今日までに、多少の問題点が指摘されている^{1,7)}。この点については、サイレージの乾物定量法の問題とあわせて、今後検討したい。本実験では、TRINDER ら⁹⁾ の見解に従って、60℃乾燥粉末試料を用いて *in vitro* DMD を査定した。

要 約

サイレージの発酵的品質と消化率との関係を知る目的で、同一材料から品質の異なる5区のサイレージを調製し、それらについて、*in vivo* および *in vitro* 消化試験を実施し、品質と消化率との関係を調査した。

実験結果の要約は次のようである。

1) でき上がりサイレージの FLIEG 法による評点は、それぞれ100点(優)、89点(優)、51点(可)、42点(可)および18点(下)であった。

2) サイレージの評点と、乾物、有機物、粗タンパク質、粗繊維および純タンパク質の消化

率との間に、統計的に有意なプラスの相関が認められた。

3) サイレージの評点と乾物中の TDN との間に、プラスの相関 ($r = 0.992$, $p < 0.001$) が認められた。

4) 各埋蔵材料の *in vitro* DMD と、でき上がりサイレージの *in vitro* DMD との間に、有意な相関は認められなかった。サイレージの *in vitro* DMD と *in vivo* DMD の値は、劣質サイレージを除きよく一致し、両法で得た DMD 間に有意なプラスの相関が認められた。

本実験の結果は、前報までの結果と同様、サイレージ発酵の良否が、その飼料価値を左右する因子の一つであることを示唆している。

本研究の一部は、昭和46年度文部省科学研究費補助金(代表者 須藤 浩)によっておこなったものである。

文 献

- 1) ALEXANDER, R. H. and M. MCGOWAN: J. Brit. Grassld Soc. 24, 195—198 (1969)
- 2) FLIEG, O.: Biedermanns Ztb. B. Tierern. 9, 178—183 (1938)
- 3) 堀井 聰・阿部 亮・金康植・亀岡喧一: 畜試報告 (21), 99—105 (1971)
- 4) KELLNER, O.: Grundzüge der Fütterungslehre (14., neubearbeitete Auflage von M. BECKER), 119—120, Verlag Paul Parey. Hamburg (1966)
- 5) MCCULLOUGH, M. E., L. R. SISK and W. W. G. SMART, JR.: J. Dairy Sci. 53, 1042—1045 (1970)
- 6) RENNER, E. und F. KIERMEIER: Z. Tierphysiol. Tierernähr. u. Futtermittelk. 18, 258—271 (1963)
- 7) SCHMID, A. R., G. C. MARTEN and R. D. GOODRICH: Agron. J. 62, 543—546 (1970)
- 8) 須藤 浩・内田仙二・平松 昇: 岡山大農学報 (36), 43—48 (1970)
- 9) TRINDER, N. and R. J. HALL: J. Sci. Fd Agric. 23, 557—566 (1971)
- 10) 内田仙二・須藤 浩: 岡山大農学報 (38), 41—58 (1971)
- 11) WALDO, D. R., J. E. KEYS, Jr. and C. H. GORDON: J. Dairy Sci. 56, 129—136 (1973)

第 42 号 正 誤 表

ペ ー ジ (P)	行	誤	正
27	下から14行	fetus	foetus
28	上から9行	NOXES	NOYES
29	Table 1 脚注	pseudopregnancy	pregnancy
30	Table 2 表題	3 day	day 3
30	Table 2	Tranferred	Transferred
30	Table 3 表題	Fetal	Foetal
30	Table 3 表題	at the 16th day	on the 16th day
36	Table 4 脚注	Percentage of day matter	Percentage of dry matter