

サイレージの調製法に関する研究

(第10報) 材料の日乾およびサイロからの脱気の効果

須藤 浩・内田 仙二

Studies on Silage-Making

X. The Effects of High Wilting and of the Air Exclusion from Silo

Hiroshi SUTOH and Senji UCHIDA

To confirm the effects of the high wilting and the air exclusion from silo, Bahia grass (*Paspalum notatum*) containing 55 percent moisture was ensiled in the two miniature experimental silos. The one was kept in vacuo at almost 0 *cm Hg* after ensiling, for 189 days, the normal pressure being restored after 27 days, while the other was kept under the normal condition for 205 days as a control.

The results obtained are summarized as follows:

1) The air exclusion from the silo gave the silage a good effect without any surface spoilage. The analyses of this vacuum-sealed silage were: dry matter 46.9, crude protein 4.9, lactic acid 1.85, acetic acid 0.28 and butyric acid 0 percent.

2) A good silage was made certainly only with the high wilted grass, though a considerable surface spoilage was observed. The high wilting had the effective control over undesirable fermentation. The control silage contained dry matter 46.3, crude protein 4.2, lactic acid 2.32, acetic acid 0.35 and butyric acid 0 percent.

3) The conservation of pro-vitamin A was improved by means of the air exclusion from the silo; 80.6 and 52.7 % pro-vitamin A remained in the vacuum sealed and the control silage, respectively.

4) Furthermore, two normal *HCl* or 10 % sodium propionate solution was sprayed at the rate of 2.5 %, since the development of mold on resulted silage after opening was undesirable. The retardation of apparent mold development was 1 day in the *HCl*- and 4 days in the *Na*-propionate-lot respectively.

It was confirmed that both wilting or lowering moisture content of grass and the air exclusion from the silo were practically significant for the good silage making.

緒 言

良質サイレージを調製する一つの条件として、埋蔵後望ましくない発酵を抑制することが考えられる。そのための方法として、材料の低水分化、サイロ内の空気を排除して、材料と酸素の接触を遮断すること、薬剤による微生物の抑制などが考えられる。

材料の日乾すなわち材料の水分含量の調節による良質サイレージの調製については、WOODWARD¹⁾ 以来研究が行なわれ、その効果が認められ¹⁻¹²⁾、日乾(予乾)法として奨励され、さらに材料の低水分化が研究されてきた^{13,14,15,16)}。わが国でも日乾法¹⁸⁾あるいは低水分サイレー

ジについて研究されたが、いずれもその効果が認められている^{19,20,21}。著者ら²²も、イタリアンライグラスを材料にした一連の材料処理法の比較において、材料の低水分化は、良質サイレージの調製に効果のあることを認めた。

埋蔵後できるだけ速かに材料間の嫌気的条件を保持するため、サイロ内の空気を排除して、酸素の接触を遮断して、サイロ内を安全に保持することについては、地面にプラスチックシートを敷き、その上に材料作物を堆積し、他のシート（通気性がないか、あるいは難通気性の適当なフィルム）をもって被覆密封し、ポンプで脱気する方法が行なわれている²³⁻²⁶。いわゆる真空圧縮サイレージになる^{27,28}。この場合は真空にすることによってサイレージの密度は増加することになる²⁹。いずれも品質は優秀になる（79~100点）²⁶。

また最近つめこみ時のサイロ内空気を酸素あるいは窒素によって置換しても、発酵過程において外気の侵入がなければ、サイレージ品質に大きな差は生じなかったとしている²⁹。

これらのことに鑑み、低水分化の効果ならびにサイロ内の脱気の効果を知る目的をもって、スチール特殊製サイロに、低水分材料を埋蔵して実験を行なった。すなわち、一般にプラスチックシート（あるいはフィルム）をつかう場合は、脱気することによって、脱気そのものに考えられる効果以外に、圧縮されて密度が大になる圧搾効果をも生ずるのに対して、（これらについても一連の研究を行なっているが、それらについては別に報告する）それらの効果を除いた脱気そのものの効果を知るいっぽう、サイロ内のガス発生状況を知る目的をもって実験を実施したのでその結果を報告する。

材料および方法

(1) 実験材料 埋蔵作物は、バヒアグラス (Bahia grass; *Paspalum notatum* FLÜGGE) で、1965年本学農場畑地に栽培し、11月1日刈りとったものである。刈取後日乾すること6時間、さらに3日間の陰干を行ない、水分55%程度までの低下を行ない、細切して埋蔵用に供した。

(2) サイロ 実験用サイロは一は前記目的を達成するため、スチール製の排気可能なものである。これには気圧測定用メーターを取りつけてあり、減圧の経過を知るとともに、減圧後サイロ内の圧力の変化を読みとることが可能にしたものである (Fig. 1)。ほとんど 0 cm Hg 程度に脱気可能（きわめて微量にはガス漏れのあることが認められたが、実用的にはほとんどガス漏れがないものとみなし得る）のものである。他の一つの実験サイロは、ガラス製円筒である。このサイロのほうは、対照用として、埋蔵後の脱気は行なわなかった。

常法により埋蔵を行なったが²²、その要領を示せば Table 1. のようである。

排気区は、埋蔵後真空ポンプによりほとんど 0 cm Hg まで脱気し、その後の変化を圧力指示メーターにより経時的に、サイロ内の圧力変化を観察した。

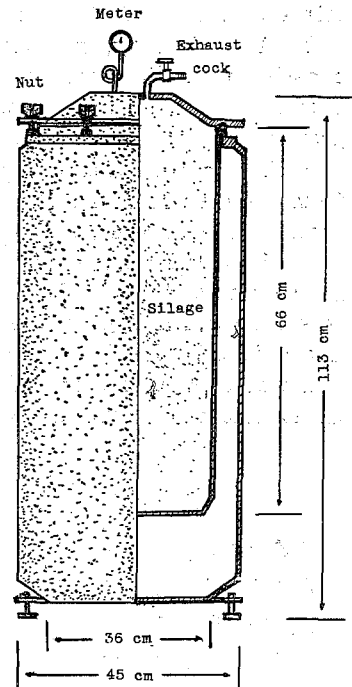


Fig. 1. Miniature experimental silo

Table 1. Outline of Ensiling in the Experiments

Treatment	Inside diameter (cm)	Depth of silage (cm)	Amount ensiled (kg)	Weight (kg/m ²)	Pressure (cm Hg)	Ensiled Date
Control	23.8	57.6	11.0	1,000	760	Nov. 5, '65
Air-exclusion	36.2	67.6	25.0	0	0	"

でき上りサイレージは、前諸報に準じ、pH, 有機酸含量を定量し、品質を鑑定するとともに、窒素の形態別定量、プロビタミンAの定量を行なった²²⁾。

(3) 開封後の防カビ試験 低水分サイレージは、開封後カビの発生による変性が問題になるので、10%プロピオン酸ソーダ液、2N塩酸液の散布による防カビ能の試験を実施した。

すなわち、3個のフタ付ガラス実験サイロ²⁰⁾にでき上りサイレージを各6kgずつ入れ、1は対照、2は2N HCl液をサイレージ1kgあたり25ml散布し、3は10%プロピオン酸ソーダ液をサイレージ1kgあたり25ml散布して、カビの見かけの発生状況を外から観察した。しかして散布後30日後にとりだし、pH, 有機酸の定量、窒素含量などを定量した。

実験結果および考察

(1) 材料の成分 材料の成分を新鮮物および、日乾埋蔵時点におけるものについて示せば Table 2. のようである。

Table 2. Chemical Composition of Bahia Grass

	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	NFE (%)	Crude fiber (%)	Crude ash (%)	Provitamin A (mg/100g)	Vitamin A (I. U.)
Fresh	73.4	3.0	0.4	13.1	7.5	2.5	6.67	
Wilting	56.9	5.0	0.6	20.4	12.7	4.5	4.84	7,429

なお埋蔵材料について、酸定量を行なった結果は、乳酸1.17%、酢酸0.11%で、pHは5.90であった。

対照区は、埋蔵後205日の5月29日、排気区は139日後の5月13日に開いたが、そのときの粗収量などを示せば Table 3. のようである。

Table 3. Crude Yield of Silage

	Weight (kg)	(%)	Volume (cm)	(%)	Surface spoilage (%)	Duration of ensiling (days)
Control	10.63	96.6	48.6	89.8	35.3	205
Air exclusion	25.00	100	67.6	100	0	189

Table 3. の結果は対照区は、相当のおもしをかけたにもかかわらず (1 t/m²)、35%量の spoilage を生じた。これに対して排気区では完全に保存され、spoilage はなく、その防止効果は確かであることが知られた。

いずれも低温発酵の経過をたどったものと思われた。なお、埋蔵後の脱気の経過を示せば Fig. 2. のようで、約7分で0 cm Hgの圧力になった。つぎに排気区の圧力指示メーターの観察の結果は、6日目に標準に復したので、その時期に再び、0 cm Hgに排気した。その後21

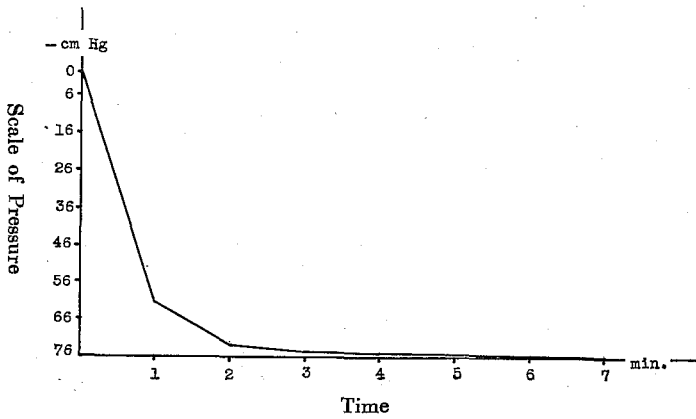


Fig. 2. Progress of Pressure in the Silo during Air Exclusion.

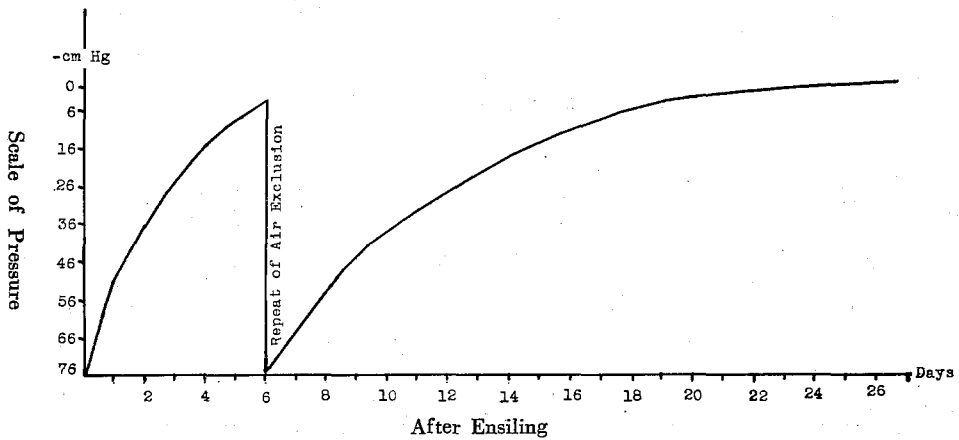


Fig. 3. Progress of Pressure in the Silo after Ensiling.

日で標準に復したので、その後は開封まで、そのままの状態に保った。その経過を図示すれば、Fig. 3. のようである。

(2) サイレージの品質 (Quality of Low Moisture Silage). 品質を知るために行なった化学分析の結果は Table 4. のようである。

Table 4. Average Quality of Low Moisture Silage (Bahia Grass)

	pH	DM	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	Total acid	Evaluation	Grade
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
Control	5.57	46.3	2.32	0.35	0	2.67	100	First
Air exclusion	5.89	46.9	1.85	0.28	0	2.12	100	First

Table 4. の結果は、いずれも酪酸をふくむことなく、品質の良好であることがわかる。

しかし、対照区と、排気区の比較では、乳酸、酢酸のいずれにおいても、排気区のほうがより低い。これは材料の低水分化によっても発酵の抑制はなされるが、排気はさらにそれを抑制するものであることを示すのである。すなわち、対照区の総酸含量は、乾物中5.76%であるのに対して、排気区は4.52%にとどまることによってわかるのである。

つぎに全窒素およびアンモニア態窒素の分析を行ない、両区を比較した平均値は、Table 5. のようである。

Table 5. Ammoniacal Nitrogen of the Silages

	Total nitrogen	NH ₃ -N	Ratio	Grade
	(mg/100 g)	(mg/100 g)	(%)	
Control	819	81	9.8	First
Air exclusion	830	70	8.4	First

Table 5. の結果でも、NH₃-N の全窒素に対する比率は10%以下で、いずれも品質はよく、1級品であることを示した。著者らの一人の試案のアンモニア態窒素からの採点法による得点では³⁴⁾、脱気区が対照区よりもわずかにまさるという結果を得た。

すなわち、材料を低水分化することによって、サイレージ材料の窒素化合物の分解を低下させることが知られるが、脱気はさらにその分解を抑制するものであることを示している。実用的な調製においては、可能な限り、サイロ内空気を排除し、嫌気的狀態に近づけてゆくことの重要性を裏づけるものと思われる。

(3) Pro-vitamin A の含量と保存率 材料および、サイレージのプロビタミンAを定量して埋蔵間の保存率を示せば Table 6. のようである。

Table 6. Pro-vitamin A Content of Wilting Bahia Grass and of Silages

	Wilting grass (mg/100 g)				Ensiled (mg)	Silage (mg/100 g)					Conservation ratio (%)
	Carotene	Crypto-xanthine	Pro-vitamin A	Potency of vitamin A (I. U./100 g)		Carotene	Crypto-xanthine	Pro-vitamin A	Potency of vitamin A	Yield (mg)	
Control	4.545	0.289	4.836	7429	532.6	2470	0.167	2.636	4041	280.2 (177.9)	52.7 (33.4)
Air exclusion	4.545	0.289	4.836	7429	1290.0	3709	0.191	3.930	6019	975	80.6

Table 6. によると、でき上りサイレージのプロビタミンAの含量には、かなりの差を生じてくる。すなわち対照区が6.1mg%であるのに対して、排気区サイレージでは9.1mg%（乾物中）となり、その保存率は埋蔵量に対して、排気区は81%であるのに対して、対照区は53%で、surface spoilage を除けば33%になる。

排気はプロビタミンA保存の上に、相当高い効果のあることが知られる。すなわち、材料内のカロチンは、排気によって酸素との接触を断たれるので、酸化による不活性化を防止することにおいて、大なる意味をもつものである。

(4) サイレージの一般組成および埋蔵中の養分の損失 分析結果は Table 7. のようである。これらの Data より埋蔵中の養分の損失を計算すると、乾物・有機物の損失は、いずれも排気区が対照区に比べ少なく、プロビタミンAでは、その差が30%におよんだ。

Table 7. Chemical Composition of Bahia Grass Silage

	Moisture	Crude protein	Crude fat	NFE	Crude fiber	Crude ash	Organic matter	DCP	TDN
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Control	58.4	4.2	0.7	19.0	13.1	4.7	37.0	1.91	22.1
Air exclusion	58.2	4.9	0.6	19.1	12.7	4.6	37.2	2.2	22.1

Table 7. によると、両者の間にほとんど差が認められない。本実験では、消化率の査定試験を実施しなかったが、MORISSON³²⁾によると、Bahia grass の飼料価値は、乾物30%のもので DCP 1.1%, TDN 15.9%としている。低水分サイレージも、仮りにその消化率が余り変りないものと推定して、この DCP および TDN を算定すれば、Table 7. カッコ内のように、対照区において、DCP 1.9%, TDN 22.1%となるのである。

(5) 開封後の低水分サイレージのカビ発生と、塩酸液、プロピオン酸ソーダ液のカビ発生防止試験。前記方法によって、2N HCl 液または10%プロピオン酸ソーダ溶液をサイレージに散布し、密閉ガラスサイロを外部よりカビのみかけの発生状態を観察した結果は、Table 8. のようである。いずれもサイレージに対して2.5%量の液が散布された。

Table 8. A Comparison of Effects of 2N HCl Solution and 10% Sodium Propionate Solution as Mold Inhibitor

	Low moisture silage (kg)	Amount sprayed (ml/kg)	Apparent development of mold	After spraying (days)				
				10	15	20	25	30
Control	6	0	in 3 days	+	++	++	+++	+++
HCl	6	25	in 4 days	+	++	++	+++	+++
Na-Propionate	6	25	in 7 days	±	±	±	±	+

Table 8. によると、観察開始後対照区は3日目、HCl 液散布区は4日目にカビの発生がみられたが、プロピオン酸散布区では、7日目になって、初めてカビの発生が観察された。HCl 液の散布は、低水分サイレージにおいては比較的 pH が高いので pH を低めることによるカビ発生防止を期待したものであるが、この程度の量の散布では1日の遅延で、顕著な効果があるとはいえない結果となった。量を増加すれば、さらに遅延効果があろうと推定できる。これに対してプロピオン酸ソーダ液の添加は、かなりカビ発生を遅延させることが知られるのである。

本実験での量はサイレージに対して0.25%量に相当するのであるが、量的にさらに増加すれば、発カビをさらに遅延させることが可能であろう。

実用的には、埋蔵の際添加するのが、労力上の問題からもよりよいものと思われる。プロピオン酸ソーダの埋蔵時における添加の発カビ防止効果についてはすでに実験が行なわれている。³³⁾

つぎに、実験開始後30日目のサイレージ（カビがところどころ混入）を分析した結果は Table 9. のようである。

Table 9. Chemical Change of the Silages in 30 days

Sprayed	pH	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	Total acid	Total nitrogen	NH ₃ -N	②/①×100
		(%)	(%)	(%)	(%)	① (mg/100g)	② (mg/100g)	
Control	5.75	1.51	0.18	0	1.69	777	73	9.4
HCl	4.53	2.59	0.43	0	3.02	792	72	9.1
Na-propionate	4.42	2.34	0.89	0.14	3.37	747	80	10.7

Table 9. の結果は、プロピオン酸ソーダ液散布区では、酪酸を生じたが（散布液による多少の定量上の誤差をふくまれるものと思われる）、対照、HCl 液散布区では酪酸を生じなかった。とくに注目されることは、散布によって pH 値が4.53, 4.42のように低下したことである。

以上を総合するのに、本実験では特殊スチール真空サイロ内にサイレーズを調製した場合のサイレーズの品質、養分の損失、すなわち圧搾のない条件における調製結果となる。そしてこれは、つぎの段階に行なうフィルム利用における真空圧縮による調製、脱気をせざる場合の調製などの実用的方法の基礎資料としたものである。

総 括

サイレーズ材料を低水分化した場合、ならびに調製の際サイロより脱気した場合の効果（圧密条件を除く）、埋蔵後のガス圧などの変化の基礎的データを得る目的をもって、Bahia grassを材料（水分55%程度に調節）にして、実験用脱気サイロおよび対照用としてガラス製実験サイロを用い、これにそれぞれ埋蔵密封して比較実験を行なった。その結果はつぎのようである。

1) サイロ内空気の排除という条件により、低水分材料によっても、品質のすぐれたサイレーズを得ることが確認された。埋蔵中の養分の損失はきわめて少なく、廃棄部を全く生じなかった。

低水分化によっても発酵を抑制するが、脱気による発酵抑制の度合は、前者を上回るものと思われた。

2) 材料の低水分化も発酵を抑制する有力な因子であることが推察された。しかし脱気しない条件では廃棄部をかなり発生する。

3) 脱気によって、プロビタミンAの保存が改善される。

4) 低水分サイレーズ開封後の発カビ防止効果は、2N HCl液は（2.5%量散布）発カビを1日遅延させ、10%プロピオン酸ソーダ液散布は4日遅延させ、後者の効果がかなりであることが認められた。

文 献

- 1) WOODWARD, T. E.: *USDA, Leaflet*, 238(1944).
- 2) ELY, R. E., SCHOENLEBER, J. B. SHEPHERD, H. G. WISEMAN, C. G. MELIN, W. H. HOSTERMAN and R. E. WAGNER: *USDA, Agr. Res. Admin. BEIM*—1067, 1—7 (1949).
- 3) SCHARER, K., R. SCHREIBER u. H. KÜHN: *Arch Tiere'nahrung*, 3, 177—187(1952).
- 4) SHEPHERD, J. B., C. H. GORDON and L. F. CAMBELL: *USDA, Agr. Res. Admin. Bureau of Dairy Ind., BDI-Inf*—149, 7(1953).
- 5) MURDOCK, F. R., A. S. HODGSON and J. R. HARRIS: *Washington Agric. Exp. Sta. Sci. P.* 1757 (1952).
- 6) MURDOCK, J. C.: *J. Brit. Grassland Soc.*, 15, 70—3 (1960).
- 7) DIJKSTRA, N. D.: *Versl. Landbouwk. Onderzoek*, 63(10), pp. 58 (1957).
- 8) WIERINGA, G. W.: *Netherlands J. Agric. Sci.*, 6, 204—10 (1958).
- 9) NEWLANDER, J. A. and W. H. RIDDELL: *Vt. Agr. Exp. Sta. Bul.* 602, pp. 19 (1957).
- 10) NASH, M. J.: *J. Brit. Grassland Soc.*, 14, 65—73(1959).
- 11) ZIMMER, E. and C. H. GORDON: *J. Dairy Sci.* 47(6), 652—3 (1964).
- 12) GOUET, Ph., N. FATIANOFF, S. Z. ZELTER, M. DURAND et R. CHEVALIER: *Ann. Biol. Animale, Biochim. Biophys.* 5 (1), 79—100(1965).
- 13) GORDON, C. H., J. C. DEBYSCHIRE, H. G. WISEMAN, E. A. KANE and C. G. MELIN: *J. Dairy Sci.*, 44, 1299—1311(1961).
- 14) FARMER, P.: *Agriculture, London* 69, 435—9; 70, 34—6 (1963).
- 15) GORDON, C. H., J. C. DEBYSCHIRE, W. C. JACOBSON and H. G. WISEMAN: *J. Dairy Sci.*, 46, 411—5 (1963).

- 16) GORDON, C. H., J. C. DEBYSCHIRE, W. C. JACOBSON, C. G. MELIN and J. R. MCCALMONT: *Agron.* 55, 314—6(1963).
- 17) OWEN, F. G. and S. H. SENEL: *J. Dairy Sci.*, 46, 993—4 (1963).
- 18) 大原久友・高野信雄: 帯広畜大学術報告, 1 (2), 51(1952).
- 19) 井上司朗・大山嘉信: 畜試報告, 7, 45—58(1964).
- 20) 井上司朗・大山嘉信: 畜試報告, 8, 63—70(1965).
- 21) 高野 保・坂東 健・小倉紀美・藤田保・坪松戒三: 北農, 33(10), 31—5 (1966).
- 22) 須藤 浩・内田仙二・坂本広司: 岡大農学術報告, 30, 37—50(1967).
- 23) DE VUYST, A., M. VANBELLE and R. ARNOULD: *Rev. Agric, Brussels*, 10, 847—62(1957).
- 24) LARRABEE, W. L. and M. A. SPRAGUE: *J. Dairy Sci.*, 40(7), 800—9(1957).
- 25) ZUBRILIN, A. and I. AVROMOV: *Mol. Mjas. Zivot.*, 12—8(1959).
- 26) DE VUYST, A., M. VANBELLE, G. MAEMANS, R. ARNOULD, W. VERVACK and A. MOREELS: *Agri-cultura*, 10(3), 643—57(1963).
- 27) DOUTER, J.: *N. Z. J. Agr.* 11, 365(1964).
- 28) LANCASTER, R. J.: *Proc. the X Intern. Grassl. Congress.* 560—4(1966).
- 29) 大山嘉信・柁木茂彦: 日畜会報39(4), 168—174(1968).
- 30) 須藤 浩・内田仙二・小牧敏郎: 岡大農学術報告, 23, 30(1964).
- 31) FLIEG, O.: *Biedermanns Ztb. B. Tierern.* 9(2), 178—183(1938).
- 32) MORISSON, F. B.: *Feeds and Feeding*, 1018(1957).
- 33) 高井慎二・佐々木泰斗: 第11回日本草地学会大会講演要旨, 78—9(1964).
- 34) 須藤 浩: サイレージの調製と利用法, 155(1967) 養賢堂発行 (東京).

追 記

正 誤 表 (本報告, No. 30, pp. 45—46, 昭和42年10月発行)

ERRATA (*Sci. Rep. Fac. Agric. Okayama Univ.*, 1967, No. 30)

Page	Column		for	read
45	Table 10	Morea	TDN 14.9	11.4
46	Table 10	Defatted rice bran	TDN 12.5	13.1
	"	Glucose with wheat bran	TDN 10.1	10.8
	"	Glucose	TDN 13.7	11.2
	"	AlV-acid	TDN 12.0	9.9
	"	Air exclusion	TDN 12.7	10.4
	"	Baitaru	TDN 11.7	10.9
	"	Haylage	TDN 11.0	30.8