

<<短 報>>

新たな資材を活用した飼料用米サイレージ調製方法

大澤玲*・川野和男**・木村俊之***・上垣隆一****

Rice Grain Silage Preparation System Using New Materials

Ryo OSAWA, Kazuo KAWANO, Toshiyuki KIMURA and Ryuichi UEGAKI

飼料用米は、水田を活用して生産できる濃厚飼料として注目されている。飼料用米の牛への給与は、乾燥処理して貯蔵し給与時に破碎する方法と、破碎した籾米に水分率が30%程度となるように水と乳酸菌を加え密封してサイレージとして貯蔵する方法がある。サイレージ貯蔵は主にフレコンバック等の簡易なサイロを利用して調製されているが、サイレージ発酵の不良やかびの発生が問題となっている。

そこで本研究では、調製貯蔵中の酸素の侵入に着目し、酸素透過性の異なる袋（通常のポリエチレン製袋、気密性の高いポリ塩化ビニリデン袋）と、サイレージ発酵補助剤（脱酸素剤、エタノール蒸散剤）の有無による飼料用米サイレージの調製について検討した。

材料および方法

1 サイレージの原料

2018年埼玉県美里町産「彩のかがやき」の乾燥籾米（水分率11%）を、カントリーエレベーターに籾殻処理用として配置されている籾殻膨軟化装置（プレスパンダー、関西産業、彦根）で破碎して使用した。破碎時に、飼料用米サイレージの乾物率が65%になるように加水し、同時に乳酸菌（畜草1号プラス、雪印種苗(株)、札幌）を飼料用

米サイレージ10tあたり50g添加した。

2 サイレージ調製法

200Lのフレコンバック内袋として通常のポリエチレン製袋（厚さ0.06mm、A社、以下PE製袋という）、気密性の高いポリ塩化ビニリデン製の袋（厚さ0.085mm、日本化薬フードテクノ(株)、高崎、以下気密袋という）と、サイレージ発酵補助剤の有無（脱酸素剤（モデュラン®、日本化薬フードテクノ(株)）、エタノール蒸散剤（オイテック®、日本化薬フードテクノ(株)）により表1のとおりサイレージを調製した。酸素透過度は一般的にポリエチレン製で1000 (ml/m² atm・24h)、ポリ塩化ビニリデン製で5~15 (ml/m²・atm・24h)とされており、今回使用した内袋は酸素透過性が異なっている。サイレージ調製時に脱酸素剤は1シート、エタノール蒸散剤は2シートをそれぞれ袋の原料上部に設置した。保護用のフレコンバック外袋（ポリプロピレン製、ふくろ屋ふくなが）にPE製袋と気密袋を内側にセットし、その中に破碎、加水、乳酸菌添加した飼料用米をサイレージ原料として80kg/袋となるように投入し、袋の上部を折りたたんだ後に、ヒートシーラー（富士インパルス(株)、大阪）で密封した。屋外倉庫にて、2019年4月17日から9月12日まで貯蔵し、かびの発生状況を観察した。サイレージ上部のサンプル採取は、表面の深さ5cm程度の部分を全体

*酪農担当、**日本化薬フードテクノ(株)、***農業・食品産業技術総合研究機構食品研究部門、****農業・食品産業技術総合研究機構動物衛生研究部門

的に採取し混合したのちに一部を代表サンプルとした。サイレージ内部のサンプル採取は、内袋の中心部分を採材し、代表サンプルとした。

3 サイレージの発酵品質

サイレージの発酵品質は、pH、有機酸（乳酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸）濃度、微生物の生菌数（かび、酵母、大腸菌群、乳酸菌）で評価した。測定方法は、宮下ら（宮下ら，2018）の方法で行なった。かび発生数は、目視にて明らかにかびの発生が認められた袋個数で示した。

表1 飼料用米サイレージ調製実験の内訳

袋の素材	サイレージ発酵補助剤	反復数
PE 製	なし	3
PE 製	あり	4
気密袋	なし	4
気密袋	あり	4

4 統計処理

サイレージの発酵品質は、エクセル統計（(株)社会情報サービス，東京）を使用し、調製したサイレージの上部と内部のグループごとに袋の素材とサイレージ発酵補助剤の有無の2要因による二元配置分散分析を行い、袋の効果と補助剤の効果に交互作用が認められた場合に、Tukey-Kramer法による全群の多重比較を行った。微生物数は、検出されなかった場合（ND）は0を、また多数で測定不能の場合には8.4（実測最大値が8.38のため）を代入し、統計処理を行なった。

結 果

サイレージ調製後の発酵品質、微生物数、サイレージ上部に観察された目視によるかびの発生の結果について、サイレージ上部の結果を表2に、サイレージ内部の結果を表3に示した。

内部では、pHはPE製袋の方が低かったが、気密袋でも4.0以下と良好な発酵を示した。乳酸の生成は内袋の素材、サイレージ発酵補助剤の有無で差がなかった。酢酸はPE製袋で気密袋に比

較して高い値となったが、サイレージ発酵の有無による差は見られなかった。かび、酵母は、PE製袋で多く検出され、サイレージ発酵補助剤の有無による差は見られなかった。好気性細菌は、PE製袋で多く検出されたが、気密袋でサイレージ発酵補助剤を併用しない場合もそれ以上に検出された。一方で気密袋で補助剤を併用した場合は検出されなかった。大腸菌群および乳酸菌の生菌数は内袋の素材、サイレージ発酵補助剤の有無で差がなかった。

上部では、pHはPE製袋では4.5～5.0程度と高かったが、気密袋では3.95と低くなり良好な発酵を示した。乳酸の生成はPE製袋にサイレージ発酵補助剤を併用した場合に少なくなった。酢酸はPE製袋に比較して気密袋で高い値となり、サイレージ発酵補助剤の有無による差はなかった。かび、酵母は、PE製袋で多く検出され、サイレージ発酵補助剤の有無による差は見られなかった。好気性細菌は、PE製袋で多く検出されたが、気密袋でサイレージ発酵補助剤を併用しない場合はそれ以上に検出された。一方で、気密袋でサイレージ発酵補助剤を併用した場合は殆ど検出されず、サイレージ内部の結果と同様となった。大腸菌群の生菌数は、PE製袋で多く検出され、サイレージ発酵補助剤の有無による差はなかった。乳酸菌の生菌数はPE製袋で多く検出され、気密袋では検出されなかった。PE製袋でサイレージ発酵補助剤を併用すると乳酸菌生菌数は少なくなった。

プロピオン酸、酪酸は上部、内部ともに検出されなかった（<0.01%）。

目視によるかびの発生は、PE製袋、気密袋とも、上部にのみ認められた。PE製袋ではサイレージ発酵補助剤の有無にかかわらず100%観察された（図1, 2）。気密袋ではサイレージ発酵補助剤無しでは0%、サイレージ発酵補助剤ありでは25%観察されたが（図3, 4）、PE製袋と比較すると商品として問題のないレベルのサイレージが調製できた。

表2 飼料用米サイレージ内部の発酵品質（乾物率，pH，有機酸濃度，微生物生菌数）

袋の素材	慣行区		補助剤区		気密袋区		気密袋+補助剤区		袋の 効果	補助 剤の 効果	交互 作用
	PE製	なし	PE製	あり	気密袋	なし	気密袋	あり			
サイレージ発酵 補助剤	なし		あり		なし		あり				
	最小 二乗 平均	SD	最小 二乗 平均	SD	最小 二乗 平均	SD	最小 二乗 平均	SD	p値	p値	p値
乾物率%	69.36	± 0.20	72.51	± 1.41	74.74	± 0.99	74.71	± 0.48	-	-	-
pH	3.89	± 0.02	3.92	± 0.02	3.94	± 0.02	3.96	± 0.03	<0.01	ns	ns
乳酸%	1.14	± 0.14	1.21	± 0.04	1.17	± 0.14	1.27	± 0.07	ns	ns	ns
酢酸%	0.18	± 0.02	0.17	± 0.02	0.12	± 0.01	0.13	± 0.02	<0.01	ns	ns
内部 かび	3.41	± 0.64	2.35	± 1.58			ND		<0.01	ns	ns
酵母	4.17	± 0.48	1.78	± 2.10			ND		<0.01	ns	ns
好気性細菌	5.11	± 0.33 b	4.16	± 0.29 b	7.96 *	± 0.89 a			<0.05	<0.01	<0.01
大腸菌群細菌	ND		ND		1.84	± 2.17	2.95	± 3.71	ns	ns	ns
乳酸菌	5.02	± 0.24	3.41	± 2.55	5.37	± 0.80	5.81	± 1.16	ns	ns	ns
かび発生袋数	0/3		0/4		0/4		0/4				

SD: 標準偏差

ND: 微生物不検出

プロピオン酸，酪酸はいずれも検出されなかった (<0.01%)

かび，酵母，好気性細菌，大腸菌群細菌，乳酸菌の単位：log CFU（生菌数（コロニー形成数））/g

符号は交互作用がある場合のTukey-Kramer法による比較結果：異符号間で有意差あり（P<0.01）

*測定不能値を含む

表3 飼料用米サイレージ上部の発酵品質（乾物率，pH，有機酸濃度，微生物生菌数）

袋の素材	慣行区		補助剤区		気密袋区		気密袋+補助剤区		袋の 効果	補助 剤の 効果	交互 作用
	PE製	なし	PE製	あり	気密袋	なし	気密袋	あり			
サイレージ発酵 補助剤	なし		あり		なし		あり				
	最小 二乗 平均	SD	最小 二乗 平均	SD	最小 二乗 平均	SD	最小 二乗 平均	SD	p値	p値	p値
乾物率%	70.5	± 1.4	77.6	± 1.8	80.0	± 0.5	80.5	± 1.0	-	-	-
pH	4.46	± 0.25	5.06	± 0.69	3.95	± 0.01	3.95	± 0.03	<0.01	ns	ns
乳酸%	1.24	± 0.23 a	0.58	± 0.19 b	1.23	± 0.05 a	1.23	± 0.09 a	<0.01	<0.01	<0.01
酢酸%	0.02	± 0.03			0.11	± 0.01	0.10	± 0.04	<0.01	ns	ns
上部 かび	5.65	± 0.05	5.00	± 0.87			ND		<0.01	ns	ns
酵母	5.05	± 0.80	5.87	± 1.73			ND		<0.01	ns	ns
好気性細菌	7.36	± 0.58 a	6.82	± 0.96 a	8.40 *	± 0.00 a	0.69	± 1.39 b	<0.01	<0.01	<0.01
大腸菌群細菌	7.69	± 0.89	6.37	± 0.44			ND		<0.01	ns	ns
乳酸菌	7.85	± 0.33 a	6.55	± 0.54 b			ND		<0.01	<0.01	<0.01
かび発生袋数	3/3		4/4		0/4		1/4				

SD: 標準偏差

ND: 微生物不検出

プロピオン酸，酪酸はいずれも検出されなかった (<0.01%)

かび，酵母，好気性細菌，大腸菌群細菌，乳酸菌の単位：log CFU（生菌数（コロニー形成数））/g

符号は交互作用がある場合のTukey-Kramer法による比較結果：異符号間で有意差あり（P<0.01）

*測定不能値を含む



図1 慣行区の飼料用米サイレージ
(PE製, 補助剤なし)



図3 気密袋区の飼料用米サイレージ
(気密袋, 補助剤なし)



図2 補助剤区の飼料用米サイレージ
(PE製, 補助剤あり)



図4 気密袋+補助剤区の飼料用米サイレージ
(気密袋, 補助剤あり)

考 察

現場規模の200Lのフレコンバックの内袋の素材とサイレージ発酵補助剤の有無によるサイレージ調製を行った結果、内部においては、いずれの区もpH、有機酸の生成は同等で良好な発酵を示し、目視によるかびの発生は認められなかった。しかし、PE製袋ではかびの生菌数や酵母数が多く検出され、細菌学的には不良発酵のサイレージと考えられた。

上部においては、気密袋でpHが低く、目視によるかびの発生は殆どみられず、かびの生菌数が低く抑えられた。今回のサイレージ調製ではすべての試験区で開口部を最も気密性が高いと考えられるヒートシーラーにより密封している(上垣ら2018)ことから、気密袋ではサイレージ調製後の酸素流入がPE製袋と比較して極めて少なかったことが要因と考えられた。このことは、外観だけではなく細菌学的に良質なサイレージを調製できたと考えられた。不良発酵の要因となる酵母数についてはかびの生菌数と同様の傾向であり、気密袋の有効性を確認できた。しかし、好気性細菌については、上部、内部ともに気密袋でサイレージ

発酵補助剤を使用しない場合に特に多く検出された。その要因については明らかにできなかったが、より細菌学的に良質なサイレージを調製するためには、気密袋の使用に加えて、サイレージ発酵補助剤を併用することが望ましいと考えられた。

以上から、これまでフレコンバックを使用したサイレージ調製時に一般的に使用されている内袋の素材をPE製袋から気密袋に変え、開口部をヒートシーラーで密封することで、目視によるかびの発生を低減させるだけでなく、かびの生菌数を減らし、良質なサイレージが調製できる可能性が示唆された。

引用文献

- 宮下理, 白谷浩之, 江波戸宗大, 上垣隆一
(2018) : 飼料用米サイレージ調製の副資材として利用する豆腐粕サイレージの有効性. 日本畜産学会報 89-1, 29-36
- 上垣隆一, 川野和男, 大澤玲, 木村俊之 (2018) : 簡易型サイロの密封方法とサイロ内の酸素濃度の関係, 農研機構研究報告動物衛生研究部門 124, 9-13