

17. コントラクターを軸としたもみ米サイレージの貯蔵 及び利用技術の検討

農林水産研究指導センター畜産研究部 畜産技術室¹⁾
○小倉初音 木村誠司 倉原貴美 久々宮萌果 中原菜奈子¹⁾

【目的】

飼料用米の生産コスト削減を目的に、完熟期に収穫した後に乾燥・粃摺りを行わず破碎し加水して乳酸発酵させるもみ米サイレージが注目されている。もみ米サイレージは、未乾燥で調製する（図1）ことから、低コストで調製できる安価な飼料であり、今後の需要拡大が期待される。しかし、牧草等のように調製する施設・機械が普及していないことから、大規模に生産・流通している事例は少ない。また、流通させるには品質の安定が必要であるが、長期保存性についての研究は少ない。

そこで、本研究では、コントラクター等が大規模にもみ米サイレージ調製を行う場合を想定し、調製時期を分散させるための原料もみ米の破碎前未乾燥状態での一次保管技術、サイレージの保存期間中の品質変化及び牛への給与技術を検討した。



図1 もみ米サイレージ調製作業工程

【材料および方法】

試験1：収穫もみ米の一次保存方法の検討

未乾燥もみ米（水分19%）の無処理区を対照区とし、試験区はプロピオン酸（液体）を原物あたり1.0%添加した。各処理は3反復で行った。プロピオン酸添加は噴霧器またはジョロを用いて実施した。噴霧器での添加は、ホッパーからフレコンバックに落ちる粃にプロピオン酸を噴霧した。ジョロでの添加は、ホッパーからフレコンバックに詰め込む際、フレコンバックの内容物に対してプロピオン酸を上から散布した。

2017年11月7日に、対照区は200 kg、試験区は202 kgずつフレコンバック（内袋1層）に脱気密封し、屋外で保管した。調製日から155、217、267日後に開封し平板培養法によりかび発生数を調査した。

試験2：もみ米サイレージ長期貯蔵期間中の品質変化

2017年11月27日に農業公社やまくにて破碎（使用機械：ラブマシーン（西邦エンジニ

アリング株式会社)、加水(水分約38%)及び乳酸菌添加(サイレート(東亜薬品工業株式会社) 8 g/もみ米200 kg)を行ったもみ米を200 kgずつフレコンバック(内袋1層)に詰め、脱気密封し、屋外で保管した。

51、142、212日後に開封し、開封から1週間でフレコンバック1袋を使い切る場合を想定して、開封当日及び3、6、8日後にフレコンバック上部から48.5 kgずつ試料を採取した。採取した試料を用い、好気条件下におけるpH及び有機酸含量の変化を調査した。

試験3：子牛育成期におけるもみ米サイレージ給与技術の検討

試験2と同様に調製を行ったもみ米サイレージを、4月、6月、8月に開封し、朝夕の給与量ごとに小分けし、給与まで冷蔵保管した。

「豊後牛子牛飼料給与体系」に基づいて、対照区および配合飼料の乾物30%をもみ米サイレージと大豆粕で代替し飼料中の乾物中粗蛋白質含量を対照区と概ね同等とした試験区を設置した(表4)。なお乾草は飽食とした。

黒毛和種去勢子牛を、対照区および試験区に3頭ずつ配置しそれぞれ134日間群飼して、飼料摂取量、血液生化学性状、及び体重を測定した。飼料摂取量は、毎日朝夕の給餌量、翌朝の残滓量を計量し算出した。血液生化学性状は、試験開始日、試験開始から4、9、13、17週目、試験終了日に採血を実施し、富士ドライケムシステムにより各項目を測定した。

【結果および考察】

試験1：収穫もみ米の一次保存方法の検討

試験区は、対照区と比べて、調製後217日まで表面のカビの発生が抑制される傾向が見られた(表1)。

表1 一時保存粳米におけるカビ発生数

	採取箇所	カビ計測結果 (log cfu/g FM)		
		155日保管	217日保管	267日保管
対照区	表面	4.1±3.4 ^{ab}	5.8±5.5 ^b	5.3±5.2
	中心部	4.2±3.8 ^b	4.8±4.5 ^{ab}	5.4±5.3
試験区	表面	nd ^a	nd ^a	nd
	中心部	nd ^a	nd ^a	3.2±3.1

* nd, not detected

* mean±SEM 同行異符号間で有意差あり (P<0.05)

試験区で保管開始から267日でカビを計測したものは、プロピオン酸をジョロで添加した2袋であった(図2)。噴霧器を用いた場合、フレコンバック中の粳全体にプロピオン酸が付着しているが、ジョロを用いた場合はプロピオン酸が散布できていない箇所があったためと考えられ、プロピオン酸の最適な添加方法についてさらに検討する必要がある。

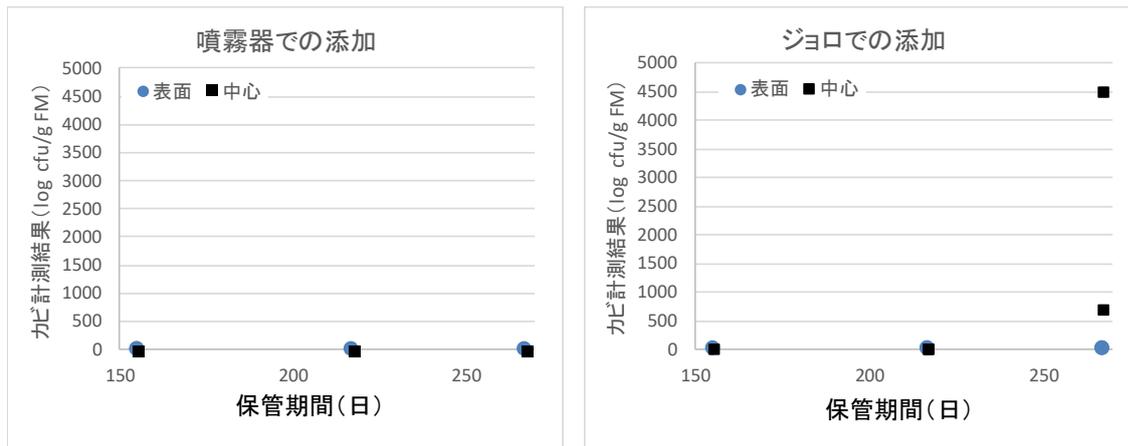


図2 プロピオン酸添加方法別のカビ発生数

試験2：もみ米サイレージ長期貯蔵期間中の品質変化

pHは、調製後51日目で良好な発酵程度の基準である4.2以下に到達した（表2）。また開封後6日目までは全ての区でpHの変化は認められなかったが、調製後51日保管したもみ米サイレージは開封後8日目にpHが4.2以上に上昇した。

保管期間ごとに比較した場合、開封当日の値は調製後51日のものが調製後142日および212日のものより高く、発酵程度が弱かったため二次発酵がより進行したと考えられる。

表2 もみ米サイレージ開封後のpH

開封後日数	pH			
	調製後51日	調製後79日	調製後142日	調製後212日
1日	4.2±0.0 ^{bc}	4.1±0.0 ^a	4.0±0.0 ^{ab}	3.9±0.0 ^a
3日	4.1±0.0 ^a	4.1±0.0 ^a	4.0±0.0 ^a	3.9±0.0 ^a
6日	4.1±0.0 ^{ab}	4.2±0.0 ^a	4.1±0.1 ^{ab}	3.9±0.0 ^a
8日	4.3±0.0 ^c	4.2±0.0 ^a	4.2±0.1 ^b	4.2±0.1 ^a

*mean±SEM 同行異符号間で有意差あり(P<0.05)

有機酸含量について、調製後51日保管したもみ米サイレージは開封後8日目まで乳酸及び酢酸の有意な変動は見られなかったが、調製後142日以降保管分は開封後8日目に酢酸が増加、乳酸が減少しており（表3）、pHの上昇には至らなかったものの二次発酵は進んでいたと考えられた。

ただし、開封日における乳酸および酢酸含量は、調製後51日のものが調製後142日、212日のものより少なかった。このことから調製後51日では発酵程度が弱かったと考えられ、二次発酵が進行したことにより開封後のpHの上昇が見られたと考えられた。

なお、プロピオン酸および不良発酵の指標である酪酸はいずれの区でも検出されなかった。

表3 もみ米サイレージ開封後の各有機酸及び水分の割合（新鮮物%）

貯蔵期間		開封後1日目	開封後3日目	開封後6日目	開封後8日目
51日	乳酸	0.65 ± 0.03	0.71 ± 0.03	0.69 ± 0.01	0.55 ± 0.09
	酢酸	0.13 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.13 ± 0.01
	プロピオン酸	nd	nd	nd	nd
	酪酸	nd	nd	nd	nd
	水分	36.63 ± 0.42 ^a	36.84 ± 0.20 ^a	37.44 ± 0.30 ^a	41.01 ± 0.42 ^b
142日	乳酸	1.23 ± 0.03 ^b	1.32 ± 0.03 ^b	1.14 ± 0.04 ^{ab}	0.93 ± 0.08 ^a
	酢酸	0.23 ± 0.00 ^a	0.18 ± 0.00 ^a	0.14 ± 0.02 ^a	0.49 ± 0.08 ^b
	プロピオン酸	nd	nd	nd	nd
	酪酸	nd	nd	nd	nd
	水分	35.30 ± 0.36 ^a	34.67 ± 0.51 ^a	34.51 ± 0.85 ^a	42.84 ± 0.12 ^b
212日	乳酸	1.26 ± 0.02 ^b	1.23 ± 0.03 ^b	1.17 ± 0.03 ^b	0.94 ± 0.06 ^a
	酢酸	0.32 ± 0.02 ^a	0.28 ± 0.00 ^a	0.25 ± 0.00 ^a	0.53 ± 0.07 ^b
	プロピオン酸	nd	nd	nd	nd
	酪酸	nd	nd	nd	nd
	水分	35.03 ± 0.29 ^a	37.01 ± 0.49 ^a	38.38 ± 0.66 ^a	47.90 ± 1.29 ^b

* nd, not detected

* mean ± SEM 同列異符号間に有意差あり(P<0.05)

試験3：子牛育成期におけるもみ米サイレージ給与技術の検討

給与したもみ米サイレージの成分分析値を表5に示す。各区の濃厚飼料成分について、対照区に給与した配合飼料と比較し代替飼料は高水分で、その他の成分値は概ね同程度であった（表6）。

表4 試験牛1頭あたりの期間別飼料給与方法（原物kg/頭/日）

期間	対照区		試験区	
	配合飼料	配合飼料	もみ米サイレージ	大豆粕
5ヶ月齢未満	3.50	2.43	1.04	0.26
5ヶ月齢以降	4.00	2.80	1.19	0.30

表5 給与したもみ米サイレージの成分分析値

上段：原物中%、下段：乾物中%					
水分	粗蛋白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	粗灰分
38.9	5.2	1.3	45.2	6.2	3.3
	8.5	2.1	73.9	10.1	5.3

表6 各区の濃厚飼料成分

	育成用配合飼料	代替飼料
水分	11.9	19.4
粗蛋白	19.1	19.4
粗脂肪	3.1	2.8
粗繊維	7.9	8.3
粗灰分	5.8	6.0
NFE	64.1	63.8

*水分のみ原物中%，その他の項目は乾物中%

飼料摂取量について、濃厚飼料の乾物摂取量は対照区が試験区を上回った（表7）。ただし試験区における濃厚飼料の残滓は期間中3頭合計で原物1.8 kgであり、もみ米サイレージの採食性に問題は見られなかった。粗飼料については試験区が対照区を上回る結果となった。

表7 試験区3頭あたり飼料乾物摂取量

試験区分	頭数 (頭)	試験期間 (日)	濃厚飼料 (kg)	粗飼料 (kg)
対照区	3	134	1404.6	733.6
試験区	3	134	1377.7	949.2

血液生化学性状について、総蛋白（TP）、アルブミンではそれぞれ試験開始から13週目、17週目に差が見られたものの、いずれも適正範囲内の数値であり、その他の項目では有意差は認められなかった（表8）ことから、代替飼料の給与による子牛の健康状態への影響は小さいと考えられた。

表8 血液生化学性状値

区分	給与期間(週)	Tcho (mg/dl)	TP (g/dl)	Alb (g/dl)	BUN (mg/dl)	NH3 (μ g/dl)	GGT (U/L)	GOT (U/L)
対照区	試験開始日	58.3 \pm 5.5	6.1 \pm 0.2	3.1 \pm 0.1	12.9 \pm 0.5	37.0 \pm 6.1	23.7 \pm 5.7	75.7 \pm 19.7
	4	69.7 \pm 4.2	6.7 \pm 0.4	3.2 \pm 0.1	16.4 \pm 3.8	40.0 \pm 7.8	21.7 \pm 2.1	51.0 \pm 7.2
	9	60.3 \pm 3.1	6.4 \pm 0.3	3.2 \pm 0.1	14.4 \pm 3.6	31.0 \pm 2.6	19.0 \pm 3.6	49.7 \pm 9.9
	13	59.7 \pm 4.5	6.3 \pm 0.2 ^a	3.2 \pm 0.1	12.7 \pm 4.1	35.0 \pm 2.6	21.3 \pm 1.2	63.0 \pm 12.0
	17	85.3 \pm 11.6	6.7 \pm 0.2	3.4 \pm 0.1 ^b	11.8 \pm 1.1	41.7 \pm 3.5	21.7 \pm 2.9	57.3 \pm 10.1
	試験終了日	84.3 \pm 9.5	6.7 \pm 0.3	3.3 \pm 0.1	13.0 \pm 2.0	44.0 \pm 7.9	22.0 \pm 3.0	55.0 \pm 6.6
試験区	試験開始日	67.0 \pm 13.0	6.7 \pm 0.8	3.0 \pm 0.1	10.4 \pm 1.3	31.0 \pm 4.0	25.3 \pm 3.2	76.3 \pm 1.5
	4	59.3 \pm 21.4	6.5 \pm 0.5	3.1 \pm 0.1	11.6 \pm 1.5	39.3 \pm 6.1	22.0 \pm 3.5	64.7 \pm 4.7
	9	72.0 \pm 25.2	6.6 \pm 0.5	3.3 \pm 0.1	12.0 \pm 1.6	38.3 \pm 4.9	21.0 \pm 2.6	66.7 \pm 8.0
	13	66.3 \pm 9.7	6.8 \pm 0.2 ^b	3.2 \pm 0.1	13.4 \pm 0.9	44.7 \pm 6.0	21.0 \pm 1.0	74.0 \pm 7.8
	17	66.3 \pm 20.5	6.6 \pm 0.3	3.0 \pm 0.1 ^a	11.0 \pm 0.8	40.0 \pm 5.6	27.3 \pm 3.5	71.0 \pm 11.5
	試験終了日	80.0 \pm 23.5	6.9 \pm 0.4	3.2 \pm 0.2	12.1 \pm 1.8	47.7 \pm 5.1	24.3 \pm 2.5	66.3 \pm 6.1

*mean \pm SEM 同給与期間(週)の同行異符号間で有意差あり(P<0.05)

体測値について、期間増体量および日増体量ともに、両区間に有意な差は認められなかった（表9）。

表9 試験期間中の増体成績

	開始日月齢	終了日月齢	開始時体重(kg)	終了時体重(kg)	期間増体量(kg)	日増体量(kg)
対照区	4.5 \pm 0.1	9.0 \pm 0.1	145.1 \pm 8.3	292.7 \pm 15.1	147.6 \pm 7.6	1.10 \pm 0.1
試験区	4.4 \pm 0.1	8.9 \pm 0.1	147.6 \pm 7.2	291.7 \pm 5.8	144.1 \pm 2.6	1.08 \pm 0.0

*mean \pm SEM

以上の結果から、収穫時水分19%程度であれば、未乾燥の粃にプロピオン酸を1.0%添加することで、屋外保管においてもかびの発生を抑制できることが確認された。なお、自家配合以外でプロピオン酸を飼料添加剤として用いる場合、飼料製造管理者の設置が必須となるため、コントラクターで利用する際は留意が必要である。

本県の過去の試験において、プロピオン酸（粉末）を0.3%添加し1 kg毎に脱気密封した結果、63日後に目視でかびの発生が確認されたため、本試験では「飼料及び飼料添加物の成分規格等に関する省令」で定められた最大濃度を添加した。今後、収穫時水分が20%以上の場合における原料粃の一時保管方法、並びに最適な添加濃度及び添加方法についてさらなる検討が必要である。

また、もみ米サイレージの調製方法について、水分約38%を目安に加水を行うことで、51日の貯蔵でpH4.2以下に低下し、その後未開封状態では長期間品質を維持できることが明らかになった。加えて開封後8日間はプロピオン酸・酪酸の発生は認められず品質が維持される事が示され、長期保存性、開封後の品質保存性に優れたサイレージを調製できると考えられた。

さらに、黒毛和種子牛育成期にもみ米サイレージと大豆粕で配合飼料の乾物30%を代替しても、子牛の発育に影響はなく、飼料自給率を高めた飼養管理が可能である事が示唆された。本試験において設計した対照区・試験区の給与体系で飼料コスト試算を行った結果、濃厚飼料については試験区では3頭あたり約7,359円削減されたが、粗飼料も合計した総コストでは対照区を約1,652円上回った（表10）。今後、データ数を増やして本試験結果の精度を高めると共に、飼料コスト削減効果の得られる最適なもみ米サイレージ代替方法を調査し、国産濃厚飼料の利用拡大について検討が必要と考えられた。

表10 3頭あたり濃厚飼料コスト削減効果の試算

	粗飼料コスト(円)	濃厚飼料コスト(円)				総コスト(円)
		配合飼料	もみ米サイレージ	大豆粕	濃厚飼料 合計	
対照区	30,660	100,390			100,390	131,050
試験区	39,670	70,260	11,850	10,921	93,031	132,702

*粗飼料は 60円/TDNkgで試算¹⁾ なお粗飼料のTDN(原物%)は平成30年2, 5, 10月に実施した場内乾草の分析結果を平均し51.0%と仮定

*濃厚飼料は原物あたり もみ米サイレージ25円/kg、配合飼料62.98円/kg、大豆粕91.80円/kgで試算

今後、大規模コントラクターにおけるもみ米サイレージの取り組み拡大が可能となり、県内畜産農家が輸入価格の変動に左右されない安定した経営を行えるよう、引き続き検討を進めたい。

【参考文献】

- 1) 農林水産省，2018，「飼料をめぐる情勢（データ版）」，
http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-306.pdf