

コントラクターを軸とした粳米サイレージの 広域流通体制の構築と利用技術の開発

小倉 初音・中原 菜奈子¹⁾・久々宮 萌果・木村 誠司・倉原 貴美
大分県農林水産研究指導センター畜産研究部

要 旨 粳米サイレージは未乾燥で調製する発酵飼料であることから、低コストで調製できる国産濃厚飼料として今後の需要拡大が期待されるが、広域流通体制の構築には品質の長期安定が必要であり、調製方法についてはさらなる検討が必要である。また子牛育成期における給与についての報告も少ない。そこで本研究では、粳米サイレージを長期貯蔵した場合の品質と肉用子牛への粳米サイレージ給与技術の検討を行った。その結果、水分が 38%と 28%となるよう調製した粳米サイレージを最長 366 日間屋外保管した場合、水分 38%に調製したものより水分 28%に調製したもののほうが発酵品質及び開封後 8 日間の品質保持性に優れていた。また、黒毛和種子牛育成期（4.5 か月齢～9 か月齢）の給与飼料のうち、配合飼料の乾物 30%を粳米サイレージと大豆粕で代替しても子牛の発育に影響はなかった。

(キーワード:粳米サイレージ, 発酵品質, 有機酸, 子牛育成期)

緒 言

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・粳摺りを行わず破碎し加水して乳酸発酵させる粳米サイレージが注目されている。粳米サイレージは未乾燥で調製することから、低コストで調製できる国産濃厚飼料であり、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、稲は 1 年に 1 作であることから家畜への周年給与には 1 年以上の保存が必要であり、流通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。さらに、過去の試験研究から乳用牛^{1) 2)} 及び黒毛和種肥育期^{3) 4)} における給与についての報告があるが、子牛育成期における給与については報告が少ない。

そこで本研究では、粳米サイレージの長期貯蔵期間中の品質変化及び子牛育成期における給与技術を検討した。

材料および方法

試験 1: 粳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原料となる粳米（水分約 19%）を破碎し（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（標準加水区：水分 38%、少量加水区：28%）及び乳酸菌添加（サイレート（東亜薬品工業株式会社）8 g/加水後粳米 200 kg）を行って 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。

標準加水区は 51, 142, 212, 366 日後、少量加水区は 212, 366 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、pH, 有機酸含量, 揮発性塩基態窒素, 及び総窒素量を測定した。

1) 畜産技術室

試験 2：子牛育成期における籾米サイレージ給与技術の検討

試験 1 における標準加水区と同様に調製を行った籾米サイレージを、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」に基づいた対照区及び試験区（配合飼料の乾物 30%を籾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区）を設置した。試験区は試験開始前 4 日間に配合飼料の 5%、その後 2 日間に 9%の籾米サイレージを配合飼料に追加給与する馴致期間を設け、7 日目から本試験を開始した。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

試験 1：籾米サイレージ長期貯蔵期間中の品質変化

標準加水区では、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。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 日及び 366 日に開封した籾米サイレージは開封後 8 日目に pH が 4.3 以上に上昇した。少量加水区では、調製後 212 日時点で pH は 4.2 以下に低下していた。調製後 212 日以降に開封した場合、開封後 8 日目まで pH4.3 以上への上昇は認められなかった（表 1）。

有機酸含量について、標準加水区では、調製後 51 日保管した籾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 日以降は開封後 8 日目に酢酸の増加、乳酸の減少が認められた。また調製後 366 日に開封した籾米サイレージでは開封後 6 日目以降に酢酸が増加し、プロピオン酸が検出された。少量加水区では、調製後 366 日に開封しても、開封 8 日目まで酢酸の増加及び乳酸の減少は認められず、プロピオン酸も検出されなかった。なお、酪酸はいずれの区でも検出されなかった（表 2）。

V スコアはいずれの区でも 80 点以上であったが、調製後 212 日及び 366 日に開封した場合、少量加水区が標準加水区よりも有意に点数が高かった（表 3）。

表 1 籾米サイレージ開封後の pH

試験区	開封後日数	pH			
		調製後 51 日	調製後 142 日	調製後 212 日	調製後 366 日
標準加水区	1 日	4.2±0.0 ^{bc}	4.0±0.0 ^{ab}	3.9±0.0 ^B	4.0±0.0 ^a
	3 日	4.1±0.0 ^a	4.0±0.0 ^a	3.9±0.0 ^B	3.9±0.0 ^{ab}
	6 日	4.1±0.0 ^{ab}	4.1±0.1 ^{ab}	3.9±0.0 ^B	4.0±0.0 ^a
	8 日	4.3±0.0 ^c	4.2±0.1 ^b	4.2±0.1	4.6±0.0 ^{bB}
少量加水区	1 日			4.0±0.0 ^{aA}	4.1±0.0
	3 日			4.0±0.0 ^{aA}	4.0±0.0 ^A
	6 日			4.2±0.1 ^{bA}	4.0±0.0
	8 日			4.1±0.0 ^a	4.0±0.0 ^A

*mean±SEM

a,b,c;同試験区同列異符号間で有意差あり(P<0.05)

A,B;同貯蔵期間かつ同開封後日数異符号間で有意差あり(P<0.05)

表 2 粳米サイレーズ開封後の各有機酸及び水分の割合（原物%）

貯蔵期間	試験区		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	標準加水区	乳酸	0.65 ± 0.03	0.71 ± 0.03	0.69 ± 0.01	0.63 ± 0.03
		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 ^b	36.84±0.20 ^b	37.44±0.30 ^b	41.01±0.42 ^a
142 日	標準加水区	乳酸	1.23±0.03 ^a	1.32±0.03 ^a	1.14±0.04 ^{ab}	0.93±0.08 ^b
		酢酸	0.23±0.00 ^b	0.18±0.00 ^b	0.14±0.02 ^b	0.49±0.08 ^a
		プロピオン酸	nd	nd	nd	nd
		酪酸	nd	nd	nd	nd
		水分	35.50±0.36 ^b	34.67±0.51 ^b	34.51±0.85 ^b	42.84±0.12 ^a
212 日	標準加水区	乳酸	1.26±0.02	1.42±0.06	1.45±0.03 ^A	1.22±0.08
		酢酸	0.32±0.02 ^{bB}	0.32±0.02 ^b	0.31±0.01 ^{bA}	0.68±0.09 ^{aA}
		プロピオン酸	nd	nd	nd	nd
		酪酸	nd	nd	nd	nd
		水分	35.03±0.29 ^{bA}	37.01±0.49 ^{bA}	38.38±0.66 ^{bA}	47.90±1.29 ^{aA}
	少量加水区	乳酸	1.17±0.04 ^b	1.25±0.02 ^{ab}	1.13±0.02 ^{bB}	1.32±0.03 ^a
		酢酸	0.38±0.01 ^{aA}	0.28±0.01 ^b	0.14±0.01 ^{cB}	0.25±0.00 ^{bB}
		プロピオン酸	nd	nd	nd	nd
		酪酸	nd	nd	nd	nd
		水分	27.73±0.70 ^B	28.72±0.65 ^B	27.47±0.33 ^B	28.89±0.08 ^B
366 日	標準加水区	乳酸	1.33±0.02 ^{ab}	1.55±0.06 ^a	1.58±0.04 ^a	1.18±0.09 ^b
		酢酸	0.41±0.02 ^c	0.52±0.02 ^{bA}	0.58±0.02 ^{bA}	0.89±0.02 ^{aA}
		プロピオン酸	nd ^b	nd ^b	0.02±0.00 ^{bA}	0.07±0.01 ^{aA}
		酪酸	nd	nd	nd	nd
		水分	33.21±0.30 ^{cA}	34.64±0.42 ^{bA}	35.89±0.28 ^{bA}	46.21±0.23 ^{aA}
	少量加水区	乳酸	1.33±0.07	1.48±0.03	1.47±0.04	1.44±0.04
		酢酸	0.39±0.03	0.41±0.02 ^B	0.36±0.03 ^B	0.35±0.02 ^B
		プロピオン酸	nd	nd	nd ^B	nd ^B
		酪酸	nd	nd	nd	nd
		水分	27.94±0.31 ^{bB}	27.75±0.57 ^{bB}	27.84±0.19 ^{bB}	30.88±0.24 ^{aB}

* nd, not detected

* mean ± SEM

a,b, c; 同行異符号間に有意差あり (P<0.05),

A,B; 同貯蔵期間の同列同成分異符号間で有意差あり (P<0.05)

* 2017 年 11 月 27 日に調製 (n=3)

表 3 貯蔵期間の異なる粳米サイレージの V スコア

貯蔵期間	試験区	VBN/T-N (原物%)	V-score
51 日	標準加水区	0.9±0.1 ^e	100.0±0.0 ^a
142 日	標準加水区	1.2±0.1 ^e	99.5±0.2 ^a
212 日	標準加水区	2.4±0.3 ^b	98.4±0.2 ^b
	少量加水区	1.5±0.0 ^c	99.5±0.0 ^a
366 日	標準加水区	4.3±0.2 ^a	96.7±0.1 ^c
	少量加水区	2.9±0.0 ^b	98.6±0.1 ^b

* mean ± SEM 同列異符号間に有意差あり (P<0.05)

試験 2：子牛育成期における粳米サイレージ給与技術の検討

試験期間中の濃厚飼料給与量を表 4、給与した粳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試験区の飼料は高水分で、その他の成分値は概ね同程度であった (表 6)。

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。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、粳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)。

血液生化学性状について、総蛋白 (TP)、アルブミン (Alb) 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、いずれも正常範囲内の数値であり、その他の項目では有意な差は認められなかった (表 8)。

期間増体量および試験全期間での日増体量は、両区間に有意な差は認められなかった (表 9)。ただし、試験期間中の各区の体重について、試験開始より 13 週目から試験終了までの日増体量を比較すると、試験区が対照区より低い傾向が認められた (P<0.1)。

本試験において設計した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 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 1,652 円上回った

(表 10)。

表 4 試験牛 1 頭あたり期間別飼料給与量

期間	対照区		試験区	
	配合飼料	配合飼料	粳米サイレージ	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

(原物 kg/頭/日)

表 5 給与した粳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	N F E	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

	対照区	試験区
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%

表 7 試験区 3 頭あたり飼料乾物摂取量

試験区分	頭数	試験 期間 (頭)	濃厚 飼料 (日)	粗 飼料 (kg)	合計 (kg)
対照区	3	134	1404.6	733.6	2138.2
試験区	3	134	1377.7	949.2	2326.9
試験区/対照区比			98	129	109

表 8 血液生化学性状値

区分	給与期間 (週)	Tcho	TP	Alb	BUN	NH3	GGT	GOT
		(mg/dl)	(g/dl)	(g/dl)	(mg/dl)	(μ g/dl)	(U/L)	(U/L)
対照区	本試験開始日	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 ^b	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 ^a	11.8 \pm 1.1	41.7 \pm 3.5	21.7 \pm 2.9	57.3 \pm 10.1
	本試験終了日	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	本試験開始日	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 ^a	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 ^b	11.0 \pm 0.8	40.0 \pm 5.6	27.3 \pm 3.5	71.0 \pm 11.5
	本試験終了日	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 SD 同給与期間 (週) の同列異符号間で有意差あり ($P < 0.05$)

表 9 試験期間中の増体成績

区分	開始日月齢	終了日月齢	給与期間ごとの体重推移					期間増体量 (kg)	日増体量 (kg)
			(kg)						
			本試験開始日	4 週目	9 週目	13 週目	本試験終了日		
対照区	4.5 \pm 0.1	9.0 \pm 0.1	145.1 \pm 8.3	163.5 \pm 8.4	190.7 \pm 8.3	227.3 \pm 9.0	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	171.2 \pm 3.3	206.3 \pm 6.6	240.0 \pm 8.4	291.7 \pm 5.8	144.1 \pm 2.6	1.08 \pm 0.0

*mean \pm SEM

表 10 3 頭あたり濃厚飼料コスト削減効果の試算

区分	粗飼料コスト (円)	濃厚飼料コスト (円)				総コスト (円)
		配合飼料	粳米サイレージ	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 68 円/TDNkg で試算⁵⁾ 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 粳米サイレージ 25 円/kg, 配合飼料 62.98 円/kg, 大豆粕 91.80 円/kg で試算

考 察

試験 1 では、水分 38%となるよう加水し調製することにより調製後 51 日で良好な発酵品質の粳米サイレージが生産された。既報では、水分 34%以上となるよう加水しフレコンバックに密封することにより調製後 2 ヶ月で pH4.2 以下となることが示されており⁶⁾、本試験における保管条件 (大分県竹田市久住町, 2017 年 11 月下旬～1 月上旬 平均気温: 2.9 °C) でも同様の結果が得られた。また、調製後 142 日及び 212 日に開封した場合、開封後 8 日間は pH4.2 以下を維持し、プロピオン酸及び酪酸の発生も認められなかったが、調製後 366 日保管したサイレージでは開封後 6 日目から酢酸が増加し、8 日目には乳酸が減少して pH も 4.3 以上に上昇した。一方、水分 28%となるよう加水し調製したものを調製後 212 日及び 366 日に開封したところ、開封 8 日目まで pH4.3 以上への上昇、酢酸の増加及び乳酸の減少は認められず、水分 38%に調製したサイレージよりも開封日の発酵品質及び開封後 8 日間の品質保持性に優れた。水分 38%となるよう加水したサイレージでは、粳米が吸収できなかつた水分がフレコ

ンバック底部に貯留したことが開封後の好気条件

下における品質変化に影響を及ぼしたと考えられた。

試験 2 では、黒毛和種育成期に粳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有意な差は認められず、血液生化学性状にも異常は見られなかった。

しかし、総乾物摂取量は試験区の方が対照区よりも多かったにも関わらず発育に有意な差が認められなかったことは疑問の残るところである。これについては試験期間が試験区は 4 月下旬～9 月上旬、対照区が 2 月上旬～6 月下旬とずれたため、給与した乾草の品質に差異が生じ、乾草乾物摂取量の差の割に発育が伸びなかつた可能性が考えられたものの、乾草の品質差についての調査は未実施のため推測に止まる。また、既報から粳米サイレージはとうもろこしや粉碎処理した玄米、粳米と比較し第一胃内の分解が速いことが明らかとなっており⁶⁾、本試験において、両区の濃厚飼料成分は概ね同程度であったが、粳米サイレージは飼料成分の利用率が低かつた可能性も考えられる。

今回の試験により、調製後 1 年間の屋外保管が

可能であること、加水の目安とする粳米サイレー
ジの水分は 38%よりも 28%の方がよいこと、さ
らに開封後 8 日間は一定の品質が維持されるとの
結果が得られたことから、この知見を活用し、今
後粳米サイレージの生産・流通がコントラクター
等を軸として拡大していくことが期待される。

文 献

1) 佐藤 精・木野勝敏. 2017. 乳量水準の高い
泌乳中期搾乳牛における飼料用粳米サイレー
ジ給与の影響. 愛知県農業総合試験場研究報告, 49:
31-34

2) 岡崎雅記・内村 誠・中島伸子・甲斐 強・
久々宮慶二・藤本浩幸・藤田達男. 2012. 飼料用
米を利用した乳用牛の飼養技術の確立 (イ) 乳用
牛への給与技術の確立. 大分県畜産試験場試験成
績報告書, 41:15-20

3) 小山祐介・森 知夫. 2013. 黒毛和種去勢牛
に対する粳ソフトグレインサイレージ給与が肥育
成績に及ぼす影響. 千葉県畜産総合研究センター
研究報告, 13: 21-28

4) 小山増弘・重田一人. 2011. 飼料用米破砕機
の開発と肥育牛へのイネソフトグレインサイレー
ジの給与. 日本農業研究所研究報告. 24: 179-204

5) 農林水産省. 飼料をめぐる情勢 (データ版).
2019.

[http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/att
ach/pdf/index-326.pdf](http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-326.pdf).

6) 和田卓也・西村友佑. 2016. 乳牛への飼料用
粳米 (粳米ソフトグレインサイレージ) 多給技術
の確立. 福井県畜産試験場研究報告, 28: 30-38