

福井県内で発生するサトイモ皮残渣のサイレージ調製条件の検討

奥島慎太郎・梅田彩里¹⁾・西川清文・堀川明彦

1) 現 福井県中山間農業・畜産課

要 約 本試験では、福井県奥越地域で発生するサトイモ皮残渣の乳牛飼料としての利用可能性を検討した。規格外サトイモを原材料とする皮残渣の飼料成分は、繊維と可溶性無窒素物を含む乳牛飼料としての利用可能性が示された。サトイモ皮残渣を粉碎し、生米ぬかを添加して水分調整を行い、添加剤で 5 区（無添加、低温乳酸菌「畜草ラクト」、乳酸菌「サイマスター」、酒粕、糖蜜）、保存期間で 6 点（15, 30, 60, 90, 190, 250 日）の組合せでサイレージ調製し、外気温の変化に伴う飼料成分と発酵品質の変化を調査した。その結果、一般成分に変化は認められず、保存期間 250 日時点の発酵品質はすべての区で良評価であった。低温乳酸菌を添加した区では、サイレージ調製後初期の低温期において速やかに pH が低下し、保存期間 250 日時点で最も高い V-SCORE を示した。奥越地域のサトイモ皮残渣は 10～12 月に発生することから、低温乳酸菌を添加することでサイレージ調製初期の乳酸発酵を促し、良品質を維持できる可能性が示唆された。

キーワード：エコフィード、サトイモ、サイレージ

緒 言

飼料価格の高騰により、飼料費低減や国内飼料自給率向上を目的とした食品残渣を用いたエコフィードの利用が推進されている¹⁾²⁾。当県の酪農分野においては、イネ WCS や飼料用米等の県産飼料の利用は進んでいるものの、購入飼料の利用率は依然として高く、安価な飼料資源を有効活用した生乳生産の低コスト化が求められている。

一方で、本県の園芸分野においては、産地の大規模化集約化が推進されており、それに伴い発生する野菜残渣の処理が問題となっている。

奥越地域で生産されているサトイモは、地域を代表する主要な園芸品目であり、「上庄サトイモ」の名称で特産品として広く知られている³⁾。収穫されたサトイモの一部は加工を経て食料品店等で販売されるが、この際に皮残渣が年間約 10t 発生しており、これの廃棄が課題となっている。なお、当地域は酪農業が盛ん

な地域であり、サトイモ皮残渣を飼料資源として酪農家が利用することができれば、畜産・園芸分野における問題解決の一助となり、延いては耕畜連携につながる可能性がある。

そこで本試験では、サトイモ加工場から発生する皮残渣の乳牛飼料としての利用可能性を探るため、サトイモ皮残渣の飼料成分とサイレージ調製による保存性を検討した。

材料および方法

1 原材料分析

令和 6 年に当地域で生産された規格外サトイモをイモ洗い機で洗浄し、約 2 日間室内で乾燥させた。皮剥きは加工場で発生する皮残渣を想定して行い、イモの約 40% を含む皮残渣を得た。可食部と皮残渣は 58℃ で 48 時間通風乾燥後、ミルで粉碎し、飼料成分を分析した。

2 パウチ法によるサイレージ調製

(1) 試験区設定

調製時に添加する添加剤 5 区と、保存期間 6 点の組合せで設定し、各区 2 反復分のサイレージを調製した (表 1)。

発酵促進のための乳酸菌は、低温条件下での増殖活性が高い乳酸菌「畜草ラクト」(以下低温乳酸菌) または、市販の乳酸菌「サイマスター AC」(以下乳酸菌) を使用した。低温乳酸菌は混合物 1t につき 5g、乳酸菌は混合物 1t につき 17g を添加した。糖蜜は市販の A 飼料、酒粕は奥越地域の酒蔵で発生したものを使用し、それぞれ皮残渣重量の 5% を添加した。

表 1 試験区設定

添加剤	無添加
	低温乳酸菌「畜草ラクト」
	乳酸菌「サイマスター」
	酒粕
	糖蜜
保存期間 (日)	15, 30, 60, 90, 190, 250

(2) 方法

原材料分析と同様に規格外サトイモから皮残渣を調製し、フードプロセッサーで 10mm 以下になるように粉碎した。水分率が 60% になるように生米ぬかと添加剤を加え、均一に混合した。混合物は田中ら⁴⁾の方法に従い、小型のナイロンバッグに約 120g ずつ小分けにして密封し、室温で保存した。保存期間は令和 7 年 3 月 25 日から 250 日間とした。

サイレージ保存中の外気温は、データロガー (RTR-501B ; 株式会社ティアンドデイ, 長野) を用いて 60 分間隔で測定した。

開封したサイレージは、58℃で 48 時間通風乾燥後、ミルで粉碎して一般分析に供した。また、一部サンプルは -80℃で保存し、発酵品質の分析に供した。

表 2 原材料分析結果

区分	水分 (FM%)	CP	EE	CF	CA	NFE	ミネラル				NO ₃ -N	シュウ酸
							Ca	P	Mg	K		
可食部	77.69	9.54	0.98	3.71	4.93	80.84	0.11	0.32	0.11	2.16	0.10	0.30
皮残渣	80.43	8.44	1.35	8.26	5.29	76.65	0.27	0.30	0.16	2.16	0.12	0.56

3 飼料成分および発酵品質の調査

各項目の測定はすべて常法⁵⁾で行った。

一般成分は粗蛋白質 (CP)、粗灰分 (CA)、粗脂肪 (EE)、粗繊維 (CF)、カルシウム (Ca)、リン (P)、マグネシウム (Mg)、カリウム (K)、硝酸態窒素 (NO₃-N) を測定した。CP はケルダール蒸留滴定システム (Kjeltec2300, FOSS ジャパン, 東京)、Ca, Mg, K は原子吸光光度計 (偏光ゼーマン原子吸光光度計, 株式会社日立ハイテク, 東京)、NO₃-N は小型反射式光度計 (RQ フレックスプラス 10, 関東化学株式会社, 東京) を用いて測定した。

サイレージの pH はハンディ型 pH 計 (K-620PH, 佐藤計量器製作所) を用いて測定した。VBN/TN は、微量拡散法 (Kjeltec2300, FOSS ジャパン, 東京) により測定した。揮発性脂肪酸 (VFA) は高速液体クロマトグラフ (Prominence 有機酸分析システム, 島津製作所, 京都)、カラムは Shim-pack SCR-102H, 移動相は 5mmol/L p-トルエンスルホン酸水溶液、流量は 0.8mL/min、カラム温度は 40℃を設定した。検出は電気伝導度検出器を使用した。測定した VBN/TN および VFA 組成から、V-SCORE を算出した。

シュウ酸は、一般財団法人 日本食品分析センターにサンプルを送付し、分析を依頼した。

結 果

1 原材料分析

サトイモ可食部と皮残渣の飼料成分を比較した (表 2)。サトイモ皮残渣は、サトイモ可食部と比較して、EE, CF, CA, Ca, Mg, NO₃-N, シュウ酸で高い値を示した。一方で、CP, NFE, P は低い値を示した。

本試験の皮残渣の飼料成分を先行研究⁶⁾およびトウモロコシ⁷⁾と比較するため、参考値として表 3 に併記した。サトイモ皮残渣は、岩田ら

表 3 飼料成分の比較

(DM%)

区分	水分 (FM%)	CP	EE	CF	CA	NFE	ミネラル				NO ₃ -N	シュウ酸
							Ca	P	Mg	K		
皮残渣	80.43	8.44	1.35	8.26	5.29	76.65	0.27	0.30	0.16	2.16	0.12	0.56
親芋 皮あり*	83.19	9.43	0.66	3.90	7.02	78.99	0.30	0.44	0.13	4.44	0.17	0.77
トウモロコシ**	14.50	8.80	4.40	2.00	1.40	83.40	0.03	0.30	0.11	0.38	-	-

*岩田ら (2021) より引用

**日本標準飼料成分表 (2009) より抜粋

の結果 (親芋, 皮あり) と比較したところ, 水分, CP, CA, NFE, Ca, P, K, NO₃-N, シュウ酸は低い値を示し, 一方で EE, CF, Mg は高い値を示した。また, トウモロコシの成分との比較では, CP, EE, NFE は低い値を示し, CF, CA, Ca, Mg, K は高い値を示した。

2 パウチ法によるサイレージ調製

サイレージ保存期間 0 日 (調製日), 15 日, 250 日における一般成分, ミネラルおよび NO₃-N を比較したところ, 値に大きな違いは認められなかった (表 4)。

サイレージ保存期間中の平均温度, 各区の pH, VFA, VBN/TN および V-SCORE を表 5 に示した。pH は, 低温乳酸菌区では保存期間 15~30 日 (平均温度 11.9℃) にかけて大きく低下し, 同時点では最も低い値 (4.75) を示した。低温乳酸菌および乳酸菌区の pH は, 保存期間 60 日ま

でに速やかに低下し, 保存期間 250 日ではそれぞれ 4.24, 4.20 を示した。酒粕および糖蜜区の pH は, 乳酸菌を添加した 2 区と比較して緩やかに低下し, 保存期間 250 日ではそれぞれ 4.34, 4.41 を示した。無添加区の pH は, 保存期間 250 日では最も高い値 (4.51) を示した。また, 乳酸はいずれの区でも pH の低下に伴い増加した。

発酵品質については, 保存期間の延長に伴い, 全ての区において酢酸, プロピオン酸と VBN/TN が増加し, V-SCORE の低下が認められたが, 保存期間 250 日の V-SCORE は酒粕区を除いて 80 以上の良評価であった。低温乳酸菌区では, 保存期間 15~30 日 (平均温度 11.9℃) において最も pH が低下し, 保存期間を通じて V-SCORE が高く維持された。一方で, 酒粕および糖蜜区では, 保存期間 15~30 日で他の区よりも V-SCORE が低下し, 保存期間を通じて低く推移した。保存期間 250 日で比較したところ,

表 4 サイレージの一般成分の比較

(DM%)

保存期間 (日)	試験区	水分 (%FM)	CP	EE	CF	CA	NFE	ミネラル				NO ₃ -N
								Ca	P	Mg	K	
0	原材料	81.86	10.37	0.80	6.73	7.45	74.65	0.11	0.17	0.17	3.41	0.04
	無添加/乳酸菌	62.73	13.94	17.41	7.88	9.24	51.54	0.08	0.70	0.78	2.35	ND
	酒粕	53.60	14.11	16.38	7.93	8.86	52.72	0.07	0.72	0.75	2.28	ND
	糖蜜	61.94	13.97	15.35	7.98	9.26	53.44	0.11	0.66	0.76	2.51	ND
15	無添加	63.81	14.84	17.67	8.87	7.79	50.83	0.08	0.69	0.75	2.45	ND
	低温乳酸菌	64.19	14.95	17.66	8.80	8.12	50.47	0.08	0.68	0.75	2.45	ND
	乳酸菌	62.82	14.90	17.14	8.92	8.41	50.63	0.10	0.68	0.76	2.49	ND
	酒粕	64.75	15.28	17.88	8.76	9.22	48.86	0.09	0.69	0.76	2.38	ND
	糖蜜	63.27	14.71	17.01	8.97	8.27	51.04	0.10	0.66	0.75	2.56	ND
	無添加	62.57	15.35	18.34	8.60	7.65	50.06	0.08	0.72	0.77	2.46	ND
250	低温乳酸菌	62.76	14.81	18.40	9.08	7.56	50.15	0.08	0.70	0.78	2.49	ND
	乳酸菌	63.26	14.92	18.67	8.31	8.06	50.04	0.09	0.71	0.77	2.50	ND
	酒粕	63.65	15.37	18.51	9.03	8.02	49.07	0.09	0.70	0.78	2.46	ND
	糖蜜	61.32	15.03	17.06	9.24	7.63	51.04	0.14	0.71	0.78	2.72	ND

最も高かったのは低温乳酸菌区 (86.0) であり、次いで乳酸菌区 (85.5) であった。

考 察

本試験では、県内で発生するサトイモ皮残渣の乳牛飼料としての可能性を検討した。規格外サトイモから得た皮残渣を分析したところ、可食部と比較して粗繊維を含み、デンプン質に富む特性が認められた。一方で、乳牛への給与で過剰摂取が懸念される K⁸⁾、NO₃-N⁹⁾、シュウ酸¹⁰⁾については、先行研究⁷⁾と比較して K は低かったが、NO₃-N、シュウ酸は同程度含まれていた。このことから、飼料としての利用価値はあるも

の、その給与量には、さらなる検討が必要と考えられた。

当地域ではサトイモ皮残渣は 10～12 月に集中して発生することから、飼料としての利用価値を高めるためには保存性も重要である。そこで本試験では、サトイモ皮残渣を粉碎し、副資材として地域調達が容易な生米ぬかで水分を調整し、サイレージ調製を行った。生米ぬかを混合することで K とシュウ酸含量は相対的に減少した。NO₃-N はサトイモ皮残渣を粉碎してサイレージ調製することで消失したと考えられた¹¹⁾¹²⁾。生米ぬかは CP や EE が多く含まれる高栄養副産物であり、本試験では副資材として混合することでサイレージの CP と EE、P や Mg が相対的に増加した。一方で、生米ぬかは脂肪含量

表 5 サイレージの発酵品質

保存期間 (日)	平均温度 (℃)	試験区	pH	VFA (FM%)				VBN/TN (FM%)	V-SCORE
				乳酸	酢酸	酪酸	プロピオン酸		
0～15	8.6	無添加	4.94	1.88	1.14	0.00	0.00	3.06	94
		低温乳酸菌	4.93	1.89	1.10	0.00	0.00	3.24	94
		乳酸菌	4.95	1.82	1.14	0.00	0.00	3.20	94
		酒粕	5.27	1.36	1.21	0.00	0.00	4.88	94
		糖蜜	4.91	1.77	1.51	0.00	0.00	4.21	93
15～30	11.9	無添加	4.95	1.82	1.42	0.00	0.02	3.65	92
		低温乳酸菌	4.75	2.33	1.33	0.00	0.00	4.31	92
		乳酸菌	4.94	1.84	1.45	0.00	0.00	4.28	92
		酒粕	5.02	1.77	1.50	0.00	0.00	6.78	88
		糖蜜	4.90	1.76	1.89	0.00	0.06	3.91	90
30～60	16.2	無添加	4.87	2.15	1.55	0.00	0.04	3.86	91
		低温乳酸菌	4.46	3.21	1.40	0.00	0.05	3.97	91
		乳酸菌	4.41	3.29	1.63	0.00	0.05	4.25	90
		酒粕	4.61	2.89	1.57	0.00	0.04	6.18	87
		糖蜜	4.55	2.84	2.18	0.00	0.06	3.93	89
60～90	20.3	無添加	4.78	2.33	1.03	0.00	0.04	6.56	90
		低温乳酸菌	4.39	3.55	0.96	0.00	0.06	6.33	91
		乳酸菌	4.30	3.79	0.98	0.00	0.06	6.59	90
		酒粕	4.51	3.25	1.01	0.00	0.05	9.48	84
		糖蜜	4.41	3.50	1.70	0.00	0.06	7.35	85
90～190	26.5	無添加	4.57	2.96	1.68	0.00	0.09	8.90	84
		低温乳酸菌	4.25	3.83	1.57	0.00	0.13	7.74	86
		乳酸菌	4.20	3.99	1.63	0.00	0.14	7.61	86
		酒粕	4.35	3.74	1.64	0.00	0.12	10.79	78
		糖蜜	4.44	3.28	3.37	0.00	0.12	9.56	81
190～250	15.1	無添加	4.51	3.14	1.80	0.00	0.09	7.75	86
		低温乳酸菌	4.24	3.81	1.58	0.00	0.13	7.77	86
		乳酸菌	4.20	4.07	1.66	0.00	0.14	7.90	86
		酒粕	4.34	3.75	1.61	0.00	0.15	10.63	79
		糖蜜	4.41	3.40	3.46	0.00	0.14	9.68	81

が高いゆえに変敗しやすいことが報告されている¹³⁾。試験では、皮残渣の重量比約 40%の生米ぬかを混合してサイレージを調製した。保存期間の延長に伴い乳酸含量は増加したが、飼料成分、開封時の匂いや外観の変化は確認されなかった。このことから、副資材として生米ぬかの使用はサトイモ皮残渣の発酵品質に影響しないものと推察された。

さらに、乳酸発酵を促す糖の添加剤として、酒粕および糖蜜を添加したサイレージの発酵品質を調査した。特に酒粕は地域調達が可能であること、酒粕に含まれる小糖類がサトイモ皮残渣のサイレージ発酵に及ぼす影響を調査するために供試した。その結果、どちらの区も調製初期の低温期における乳酸発酵がやや緩慢であり、V-SCORE は他の 3 区と比較して低く推移した。酒粕区では保存期間 90 日までに VBN/TN が増加したが、これは酒粕には CP が多く含まれることにより、発酵過程でのタンパク分解量が相対的に増えたことによると考えられた。また、糖蜜区では酢酸生成量が高く、保存期間における乳酸菌優勢の変化が推察された。酒粕、糖蜜とも低温条件下における発酵は乳酸菌添加には劣るものの、サイレージは保存期間を通じておおよそ良品質を維持できていた。これらのことから、酒粕や糖蜜は、サトイモ皮残渣のサイレージの添加剤として、調製時期や目的に応じた使い分けの必要性が示唆された。

乳酸菌を添加した 2 区で比較したところ、低温乳酸菌区では、調製初期の低温条件下においても乳酸発酵を促すことが可能であった。当地域のサトイモ皮残渣は、10～12 月の低温期に発生することから、サイレージ調製の際に添加する添加剤としては低温乳酸菌が有用であると考えられた。

以上のことから、当地域で発生するサトイモ皮残渣は、粉碎し水分調整することでサイレージ調製が可能であり、乳牛飼料としての利用可能性が示された。本試験では、パウチ法により気密性の高い条件でサイレージ調製を行ったため、夏季の高温期を経ても腐敗や変敗は認められなかったが、今後は、フレコンバッグ等を用いた現場での飼料給与を想定したスケールでサイレージ調製を行い、屋外での保存性や発酵品

質を調査する。また、乳牛への嗜好性調査を行い、飼料として給与の可否を検討する。

謝 辞

本試験で用いた規格外サトイモはテラル越前農業協同組合より提供していただいた。低温乳酸菌は農研機構畜産研究部門 遠野雅徳上席研究員、雪印種苗 (株) 北海道研究農場飼料研究グループ 谷口大樹係長より供与いただいた。サイレージ調製方法は、愛媛県農林水産研究所畜産研究センター 家木一主任研究員よりご助言いただいた。飼料分析は、福井県食品加工研究所 橋本直哉主任研究員のご協力をいただいた。ここに記して、感謝の意を表す。

文 献

- 1) 農林水産省生産局畜産部飼料課, 飼料をめぐる情勢,
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/1_si_ryo/attach/pdf/index-1525.pdf, 2026
- 2) 農林水産省生産局畜産部飼料課, エコフィードをめぐる情勢,
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/1_si_ryo/attach/pdf/ecofeed-189.pdf, 2025
- 3) 農林水産省輸出・国際局 知的財産課, 地理的表示保護制度 (GI) 登録産品第 43 号「上庄さといも」,
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/gi_act/registr/0043/pdf/0043_panel.pdf
- 4) 田中治・大桃定洋, プラスチックを用いた小規模サイレージ発酵試験法 (パウチ法) の開発, 日本草地学会誌 41 (1), 55-59, 1995
- 5) 自給飼料品質評価研究会編, 三訂版 粗飼料の品質評価ガイドブック, 社団法人 日本草地畜産種子協会, 東京, 2014
- 6) 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構編, 日本標準飼料成分表, 中央畜産

会, 2009

- 7) 岩田玲佳・佐竹康明, 里芋の親芋を用いたサイレージ利用による飼料化の検討, 愛媛県畜産研究センター研究報告, 6:22-26, 2021
- 8) 川越郁男・佳山良正, 乳牛の多量元素代謝におよぼす高カリウム含有乾草摂取の影響, 日本畜産学会報 52 (5), 334-342, 1981
- 9) 宮崎昭, 飼料中の硝酸塩が反すう動物に及ぼす影響に関する研究, 日本畜産学会報 48 (2), 53-61, 1977
- 10) 藤井義晴・橋爪健, 牧草・飼料作物および雑草に含まれる有毒物質と家畜中毒, 牧草と園芸 53 (6), 9-13, 2005
- 11) 宮崎昭・石田直彦, サイレージ調製時における青刈飼料中の硝酸塩含量の変化について, 日本畜産学会報 39 (7), 313-318, 1968
- 12) 内田仙二・内田真人・堀米隆男, サイレージ調製における硝酸態窒素の変化に関する研究 (第 2 報) 材料草の細切および破碎が硝酸態窒素の消失に及ぼす影響, 岡山大学農学部学術報告 55 (1), 1-6, 1980
- 13) 石崎和彦・今井明夫, 生米ぬかの加熱処理による貯蔵性の向上, 新潟畜試研報12, 52-54, 1

Evaluation of Ensiling Conditions for Taro Peels Generated in Fukui Prefecture

Shintaro OKUSHIMA, Kiyofumi NISHIKAWA and Akihiko HORIKAWA

Fukui Prefectural Livestock Experiment Station

Abstract

A rice-farming corporation interested in introducing livestock production consulted our institute, prompting an investigation into the utilization of vacant seedling greenhouses after rice seedling production for fattening male Fuku-jidori chickens. In a previous study, heat stress in plastic greenhouse poultry houses resulted in lower body weights than those obtained in windowless poultry houses, indicating that effective heat-stress mitigation measures were required. Male Fuku-jidori chickens were raised to 120 days of age in a seedling greenhouse poultry house at a stocking density of 10 birds/m² in accordance with the Japanese Agricultural Standards. Two heat-stress mitigation treatments were compared: a 90% shade net treatment and a 90% shade net combined with a seedling irrigation system treatment. Growth performance, carcass traits, meat quality, and environmental conditions within the poultry houses were evaluated. The rearing rate in the 90% shade net treatment was 100%, and the body weight at 120 days of age reached 2.4 kg, which was comparable to the 2.5 kg achieved in the previous year in a windowless poultry house. These results suggest that heat-stress mitigation in seedling greenhouse poultry houses can be effectively achieved using a 90% shade net alone.

Keywords: Fuku-jidori, male, heat-stress mitigation, seedling greenhouse poultry house