

シークワサー搾り粕の混合割合、貯蔵温度の違いが 発酵 TMR の発酵品質に及ぼす影響

安里直和 翁長桃子 島袋宏俊

I 要 約

シークワサー搾り粕を用いた発酵 TMR 調整技術を開発するため、シークワサー搾り粕を TMR と混合・貯蔵することによって発酵 TMR を調製し、その保存性および発酵品質について検討したので報告する。

1. シークワサー搾り粕を 30%～50%混合することによって、乳酸の生成割合が顕著に増加する。
2. シークワサー搾り粕を 30%～50%混合することによって、フリーク評点が 80 点を超え良好な発酵品質となった。
3. 低温貯蔵区 (23℃) および高温貯蔵区 (35℃) 両区間において、発酵品質に差は認められなかった。

以上の結果より、シークワサー搾り粕を TMR に混合・貯蔵することにより、安定的な乳酸発酵が促進され、良好な発酵品質を得られることが明らかとなった。また、低温貯蔵区および高温貯蔵区において、発酵品質に差が認められないことから、季節を問わず良好な発酵品質が得られることが明らかとなった。

II 緒 言

飼料価格の高騰や生産コストの増加などによる肉用牛農家の経営圧迫が続く中、国においては2020年度における飼料自給率を38%にすると目標を設定し¹⁾、輸入飼料に頼らずに自給飼料を活用した食肉生産技術への推進を強化している。しかしながら、2013年度における飼料自給率は26%となっており、自給率向上に向けた更なる取り組みが必要である。

自給飼料向上については、地域未利用資源を活用した取り組みが全国的に実施されており、焼酎粕²⁾、トウフ粕³⁾、みかん粕⁴⁾等について検討がなされている。本研究センターにおいては、泡盛蒸留粕⁵⁾、シークワサー搾り粕およびパイン搾り粕⁶⁾等、本県独特の未利用資源を活用した飼料化技術の開発に取り組み、家畜飼料として十分活用できる事を明らかにした。

一般的に未利用資源については高水分の資材が多いため、カビの発生や腐敗等による保存性が問題となる事が多い。高水分の未利用資源を活用する方法としては、乾燥処理によって水分含量を低下させ保存性を向上させる方法があるが、機械の導入費や電気代等がかかるためコスト高になってしまう。いっぽう、乾燥等の特別な処理を行わずに、ウェットな状態で未利用資源等をTMRの中に混ぜ込み、発酵処理によって保存性を向上させた発酵TMRがある^{7, 8)}。発酵TMRは乳酸菌等の微生物の働きによるpHの低下を利用し、腐敗菌等の増殖を抑え飼料を長期保存する技術である。発酵TMRについては、高水分の原料を調製する方法として有用であるため、本県において排出されている様々な未利用資源の保存性向上に活用できると考えられる。

シークワサー搾り粕については、CP や TDN 含量が高く家畜飼料としての栄養価値は高く⁶⁾、また、年間の排出量も 900 t と家畜飼料として十分利用できる量が排出されている。しかし、シークワサー搾り粕については、10 月から 12 月頃までの季節的な生産に加え、高水分に起因する保存性の問題などから、年間を通しての安定的な利用は難しい状況にある。そこで本研究は、シークワサー搾り粕の年間を通しての利用技術を開発するため、TMR と混合・貯蔵することによって発酵 TMR を調製し、保存性、発酵品質および栄養価について検討したので報告する。

Ⅲ 材料および方法

1. 供試試料

試験に用いたシークワサー搾り粕は、県内の食品加工場より排出された圧搾処理後の搾り粕を用いた。搾り粕については、果皮と種子が混在した状態で、水分を多く含んでいる状況であった（写真 1）。また、カビ等の発生は認められなかった。TMR については所内の肥育牛に給与している市販の TMR を用いた（写真 2）。TMR の配合割合を表 1 に示す。



写真 1 シークワサー搾り粕



写真 2 TMR

表 1 TMR 配合割合

材料名	原物配合割合 (%)	備考
穀物	68	加熱処理大麦, トウモロコシ, 加熱処理トウモロコシ
糟糠類	1	ふすま
植物性油粕類	10	菜種油粕, 大豆油粕
その他	21	イタリアンライグラスストロー, 炭酸Ca, 食塩, アルファルファミール

2. 試験方法および分析項目

試験は重量比で TMR にシークワサー搾り粕を 10% 混合する 10% 区, 20% 混合する 20% 区, 30% 混合する 30% 区, 50% 混合する 50% 区の計 4 試験区設けた。シークワサー搾り粕と TMR を混合したそれぞれの試料は、320ml のポリ容器に可能な限り詰め込み調製した（写真 3, 4）。貯蔵処理期間は 1 カ月間とし、開封後に発酵品質等について分析を実施した。また、通年利用を想定して期間中の気温が発酵品質に与える影響を検討するため、貯蔵処理は低温区（23℃）と高温区（35℃）の 2 つに分けて試験を行った。なお、低温区はシークワサー搾り粕が排出される時期で最も気温が下がると想定される 12 月に貯蔵処理を行った（平均気温：23℃）。高温区（35℃）については恒温器を用いて貯蔵処理を行った。



写真 3 混合後の状態 (10%区, 20%区, 30%区, 50%区)



写真 4 ポリ容器詰め込み後の状態

表 2 試験概要

試験区	混合割合		n	備考
	シークワサー搾り粕	TMR		
10%区	10	90	4	
20%区	20	80	4	室温 (23°C) 及び 恒温器 (35°C) で貯蔵処理
30%区	30	70	4	
50%区	50	50	4	

栄養成分の分析は 60°C で 24 時間乾燥させた後、粉碎処理を施した試料を用いた。粗タンパク質 (CP)、中性デタージェント繊維 (NDF) および酸性デタージェント繊維 (ADF) の分析については、前報と同様な方法で行った⁶⁾。

貯蔵処理後の pH および有機酸等は、開封後の試料 50g に対して 250ml の蒸留水を加え、冷蔵庫中で 16 時間抽出して得られた検液を用いた⁹⁾。pH についてはガラス電極 pH メーターを用いて分析し、有機酸、糖およびエタノール含量については高速液体クロマトグラフィーを用いて分析を行った (カラム: Aminex HPLC-87H/7.8×300mm, 検出器: RI)。貯蔵処理後の発酵品質については、フリーク評点を用いて評価した¹⁰⁾。また、統計処理 (JMP8) は、貯蔵処理後の各成分についてシークワサー搾り粕の混合割合および貯蔵温度を要因とした二元配置分散分析を実施し、Tukey の多重比較検定により各試験区間の有意差を検定した。

IV 結果

1. 原料および各試験区の栄養特性 (貯蔵処理前)

原料および各試験区における貯蔵処理前の水分含量、pH および詰込み密度を表 3 に示す。水分含量については、シークワサー搾り粕の混合割合が増えるに従って増加した。また、pH については低くなる結果であった。詰込み密度については、シークワサー搾り粕の割合が増えるに従って、高くなる傾向を示したが、乾物換算では 20% 区以上で大きな違いは認められなかった。

表 3 貯蔵処理前の原料および各試験区の水分含量、pH および詰込み密度

試験区	水分 (%)	pH	詰込み密度 (kg/m ³)	
			原物	乾物
シークワサー搾り粕	75.5±2.7	4.2±0.1	-	-
TMR	11.9±1.1	6.2±0.0	-	-
10%区	30.6±2.7	5.6±0.1	498±45	346±31
20%区	34.2±13.1	5.8±0.0	568±43	373±28
30%区	39.1±9.0	5.7±0.0	611±38	372±23
50%区	44.9±7.2	5.3±0.1	671±36	370±20

原料および各試験区における貯蔵処理前の pH、CP、NDF および ADF の値を表 4 に示す。各成分とも各試験区において大きな差は無かった。

表 4 貯蔵処理前の原料および各試験区の栄養成分値

試験区	pH	CP (%DM)	NDF (%DM)	ADF (%DM)
シークワサー搾り粕	4.2±0.1	7.8±0.1	18.5±0.2	17.0±2.6
TMR	6.2±0.2	12.2±0.5	31.1±1.9	13.9±1.0
10%区	5.8±0.1	13.0±1.0	20.7±4.9	10.5±0.3
20%区	5.7±0.1	13.3±0.4	21.8±2.3	9.3±0.2
30%区	5.6±0.1	12.7±0.4	19.2±1.5	9.9±0.6
50%区	5.3±0.1	12.2±0.9	21.9±1.0	11.1±0.4

2. 各試験の発酵品質および栄養特性 (貯蔵処理後)

各試験区における貯蔵処理後の状態を写真 5 に示す。全ての試験区において、貯蔵処理によってカビ

の発生が認められた。カビの発生状況については、混合割合や貯蔵温度の違いによる大きな違いは無く、全ての試験区において、フタの裏側に薄く発生している状況であった(写真5上段)。中身をトレイに空け発酵状況を確認したところ、フタの裏側以外でのカビの発生は認められず、良好な状態であった(写真5下段)。また、手触りや臭い等については、全体的に乾燥した状態で、牧草サイレージで見られるような特有の有機酸臭は無く、シークワサー搾り粕由来の柑橘果樹特有の香りがする状況であった。

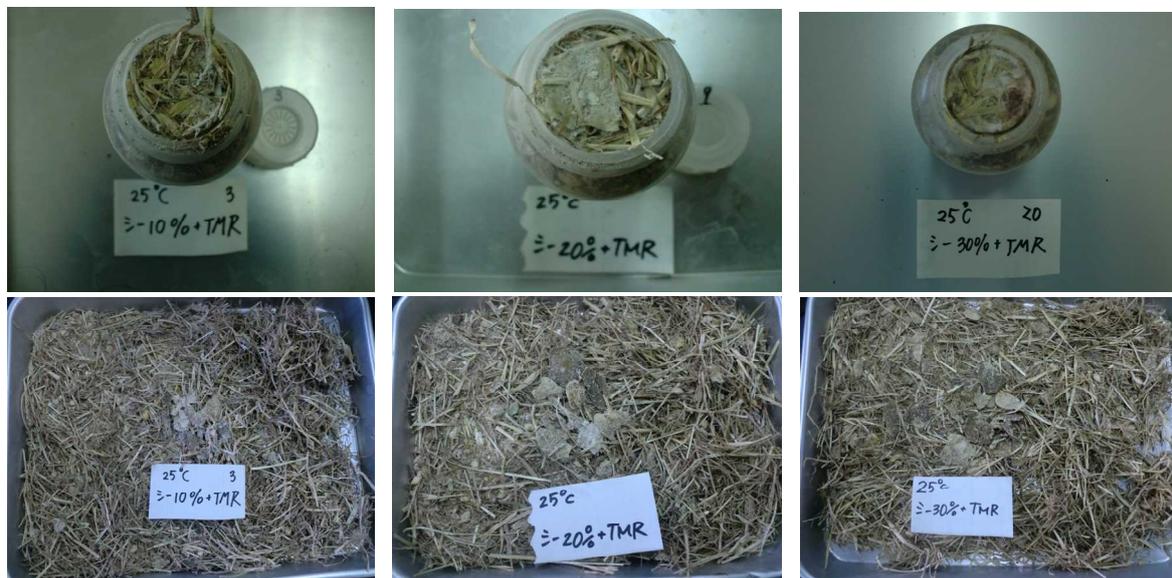


写真5 貯蔵処理後の写真(上段:カビの発生状況,下段:トレイに取り出した状況)

各試験区における貯蔵処理後の水分含量, pH, 有機酸およびフリーク評定を表5に示す。水分含量については低温区で高い傾向が認められ, pHについてはシークワサー搾り粕の混合割合の増加にともなって低下することが認められた。

有機酸含量についてはクエン酸が, 低温および高温の50%区において他の試験区と比較し低い値となった。乳酸については混合割合が増えるにともない増加したが, 高温の50%区においては減少に転じた。酢酸については, 混合割合に比例して増加し, また, 低温区の方が高温区より高い値となった。総酸については, 貯蔵温度間の差は認められなかったが, 混合割合の増加にともない, 増加する結果であった。また, n-酪酸については全ての試験区において検出されなかった。

フリーク評定は低温および高温の10%区において69点, 68点と低い値であったが, 混合割合が増加するに伴って高い値を示し, 混合割合が30%を超えるといずれの試験区において80点を超え, 良好な発酵品質を示した。いっぽう, 貯蔵温度については, 低温区で78点, 高温区で79点と差が認められなかった。

表5 混合割合および貯蔵温度の違いがシークワサー搾り粕発酵TMRの品質に及ぼす影響

試験区	水分含量 (%)	pH	有機酸含量 (%FM)						総酸	発酵品質 フリーク評点
			クエン酸	乳酸	酢酸	フ'ピ'リン酸	n-酪酸			
低温 (23°C)	10%区	22.1 ^f	6.0 ^a	0.31 ^{abc}	0.32 ^c	0.14 ^{cd}	0.09 ^{ab}	0.00	0.85 ^d	69 ^d
	20%区	32.5 ^{de}	5.5 ^c	0.38 ^a	0.59 ^{bc}	0.17 ^{cd}	0.09 ^{ab}	0.00	1.22 ^{bcd}	77 ^{bcd}
	30%区	43.8 ^{bc}	5.0 ^d	0.36 ^{ab}	0.97 ^{ab}	0.25 ^{bc}	0.09 ^{ab}	0.00	1.67 ^{ab}	83 ^{ab}
	50%区	53.0 ^a	4.4 ^e	0.23 ^c	1.21 ^{ab}	0.41 ^a	0.07 ^b	0.00	1.91 ^{ab}	83 ^{ab}
高温 (35°C)	10%区	22.8 ^f	5.9 ^{ab}	0.36 ^{ab}	0.27 ^c	0.12 ^d	0.13 ^a	0.00	0.87 ^d	67 ^d
	20%区	27.2 ^{ef}	5.7 ^{bc}	0.36 ^{ab}	0.52 ^{bc}	0.12 ^d	0.07 ^b	0.00	1.07 ^{cd}	78 ^{abc}
	30%区	37.6 ^{cd}	5.1 ^d	0.38 ^a	1.26 ^{ab}	0.20 ^{cd}	0.08 ^{ab}	0.00	1.92 ^a	89 ^a
	50%区	49.9 ^{ab}	4.4 ^e	0.28 ^{bc}	0.97 ^{ab}	0.31 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.00	1.66 ^{abc}	81 ^{ab}
10%区	22.5	6.0	0.33	0.29	0.13	0.11	0.00	0.86	68	
20%区	29.8	5.6	0.37	0.55	0.14	0.08	0.00	1.11	78	
30%区	40.7	5.0	0.37	1.11	0.22	0.09	0.00	1.79	86	
50%区	51.5	4.4	0.26	1.09	0.36	0.08	0.00	1.78	82	
低温 (23°C)	37.8	5.2	0.32	0.77	0.24	0.08	0.00	1.41	78	
高温 (35°C)	34.4	5.3	0.34	0.75	0.19	0.09	0.00	1.38	79	
分散分析										
温度	**	NS	NS	NS	*	NS	-	NS	NS	
混合割合	**	**	**	**	**	NS	-	**	**	
温度*混合割合	NS	NS	NS	NS	NS	*	-	NS	NS	

注1) *: P<0.05 ** : P<0.01 NS : 有意差無し

2) 同列内の異符号間に有意差あり (P<0.05 Tukey法)

各試験区における貯蔵処理後の糖およびエタノール含量を表 6 に示す。グルコースについては，シークワサー搾り粕の混合割合および貯蔵温度の違いによる影響は認められなかったが，フルクトースについては，シークワサー搾り粕の混合割合が少ない試験区において高くなる傾向を示した。スクロースについては，全ての試験区において検出されなかった。いっぽう，エタノールについては，低温かつシークワサー搾り粕の割合が高い区において高い値となった。

表 6 混合割合および貯蔵温度の違いがシークワサー搾り粕発酵 TMR の糖およびエタノール含量に及ぼす影響

試験区	糖含量 (%FM)			エタノール (%FM)	
	グルコース	フルクトース	スクロース		
低温 (23°C)	10%区	0.74	1.59 ^a	0.00	0.25 ^d
	20%区	0.85	1.58 ^a	0.00	0.53 ^{cd}
	30%区	0.55	1.43 ^a	0.00	0.81 ^{bc}
	50%区	0.26	0.78 ^b	0.00	1.38 ^a
高温 (35°C)	10%区	0.63	1.54 ^a	0.00	0.31 ^d
	20%区	0.73	1.20 ^{ab}	0.00	0.44 ^d
	30%区	0.51	1.26 ^{ab}	0.00	0.56 ^{cd}
	50%区	0.44	1.05 ^{ab}	0.00	0.92 ^b
10%区	0.68	1.56	0.00	0.28	
20%区	0.79	1.39	0.00	0.49	
30%区	0.53	1.34	0.00	0.68	
50%区	0.35	0.91	0.00	1.15	
低温 (23°C)	0.60	1.34	0.00	0.74	
高温 (35°C)	0.57	1.26	0.00	0.56	
分散分析					
温度	NS	NS	-	**	
混合割合	NS	*	-	**	
温度*混合割合	NS	NS	-	*	

注1) *: P<0.05 ** : P<0.01 NS : 有意差無し

2) 同列内の異符号間に有意差あり (P<0.05 Tukey法)

各試験区における貯蔵処理後の CP, NDF および ADF 含量を表 7 に示す。CP, ADF については，貯蔵温度および混合割合の違いによる影響は認められなかった。NDF については，50%区において 24.6%と低い値を示した。

表 7 混合割合および貯蔵温度の違いが栄養成分に与える影響 (%DM)

試験区	CP	NDF	ADF	
低温 (23°C)	10%区	10.9	31.2 ^a	17.3
	20%区	11.4	25.9 ^{ab}	15.1
	30%区	10.6	29.4 ^a	18.7
	50%区	12.3	21.2 ^b	14.5
高温 (35°C)	10%区	12.3	28.2 ^a	13.8
	20%区	12.6	27.1 ^{ab}	13.6
	30%区	12.3	28.8 ^a	16.5
	50%区	10.5	28.0 ^a	18.2
10%区	11.6	29.7	15.4	
20%区	12.0	26.5	14.3	
30%区	11.4	29.1	17.6	
50%区	11.4	24.6	16.3	
低温 (23°C)	11.3	26.9	16.4	
高温 (35°C)	11.9	28.0	15.5	
分散分析				
温度	NS	NS	NS	
混合割合	NS	**	NS	
温度*混合割合	**	*	*	

注1) *: P<0.05 ** : P<0.01 NS : 有意差無し

2) 同列内の異符号間に有意差あり (P<0.05 Tukey法)

V 考 察

シークワサー搾り粕については、県内の食品加工場において年間 900t 以上が排出され、また、家畜飼料として十分活用できる栄養価を有している⁶⁾。本研究センターにおいては、シークワサー搾り粕を乾燥・粉碎処理することにより保存性が向上し長期保存が可能となることを確認しているが、乾燥処理に伴うコスト高を考えると、更なる低コスト飼料化技術の開発が望まれる。今回、試験に用いたシークワサー搾り粕については水分含量が 75.5%と高く、ミカンジュース粕の 80.2%、リンゴジュース粕の 81.6%、ブドウ酒粕の 67.4%¹⁾¹⁾と近い値であった。一般的に、酸度が強く糖含量が多いミカンジュース粕やブドウ酒粕については密封するだけで長期安定保存が可能との報告がある¹⁾¹⁾。本試験で用いたシークワサー搾り粕については pH が 4.2 と低く、また、発酵を促進させるだけの糖も十分含有していると考えられ、嫌気の状態に調整すれば長期保存が十分可能な資材と推察される。

サイレージの品質評価の一指標として pH が用いられるが、本試験における貯蔵処理後の pH については、低温および高温両区ともに 50%区が最も低い値となった。また、pH を下げる要因となる有機酸については、低温区および高温区ともに乳酸の生成が顕著であり、30%および 50%両区においては、総酸の 50%を超える割合となった。一般的に、サイレージの発酵品質については、乳酸を多量に含み、pH が低い方が良好なサイレージとされており、本試験においては混合割合が 30%および 50%区についておおむね良好な乳酸発酵が進んだと考えられる。また、有機酸組成から発酵品質を評価するフリーク評点についても、30%および 50%区において 80 点を超え良好な結果が得られた。その他の有機酸については、混合割合の増加に応じて酢酸の生成が増加することが認められた。また、酢酸およびエタノール含量については、シークワサー搾り粕の混合割合だけでは無く、貯蔵温度による違いも認められた。いずれの成分についても、低温区が高温区と比較し、含有量が高くなる結果であった。酢酸の生成には酢酸菌やヘテロ型乳酸菌¹⁾²⁾、エタノールの生成には酵母等が深く関与しているが、低温区においてこれらの細菌類がより活発に働いた可能性が考えられるが、どのような機序でこのような結果となったのか明らかにすることはできなかった。また、今回の試験については 1 カ月間の貯蔵試験を実施したが、シークワサー搾り粕の年間をとおした利用を考えると、半年あるいは 1 年程度の貯蔵試験を実施する必要がある、今後の課題となった。

以上の結果より、シークワサー搾り粕を TMR に混合し、嫌気の状態で保存することによって安定的に乳酸発酵を促し、良好な発酵品質を得られる事が明らかとなった。

謝 辞

本研究を実施するにあたって、シークワサー搾り粕を御提供頂きました、有限会社勝山シークワサーの山川氏および許田氏に感謝申し上げます。

VI 引 用 文 献

- 1) 農林水産省 (2010) 食料・農業・農村基本計画
- 2) 黒木邦彦・工藤寛・森弘・工藤哲三・水谷政美 (2008) 焼酎粕飼料化に関する試験, 宮崎畜試研報, 21, 5-8
- 3) 丹羽美次 (2001) 高水分粕類のサイレージと利用 (その 1) . トウモロコシ粕のサイレージ化と利用, 日草誌, 47, 323-326
- 4) 東原信幸・伊藤雄一・白山勝彦・横山勇 (1981) みかんジュース粕の乳牛への給与に関する研究, 三重県農業技術セ研報, 9, 75-84
- 5) 久高将雪・塩山朝・新田宗博 (2011) 畜産物のブランド化に向けた県産未利用資源の活用による家畜飼養管理技術の開発, 沖縄畜研研報, 49, 47-54
- 6) 安里直和・砂川隆治・太野垣陽一・森山高広 (2013) 県産食肉ブランド強化に向けた県産果実加工残さの栄養特性, 沖縄畜研研報, 51, 41-47

- 7) 田川伸一・堀口健一・吉田宣夫・高橋敏能 (2011) リードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.) 発酵 TMR の発酵品質に及ぼすミカンジュース粕，トウフ粕，トウモロコシジスチラーズプレインソリュブルおよび酵素の利用の影響，日草誌，**57** (1)，7-12
- 8) 服部育男・神谷充・鈴木知之・西村和志・佐藤健次・加藤直樹 (2012) 焼酎粕濃縮液の混合割合および貯蔵季節，貯蔵期間が発酵 TMR の発酵品質に及ぼす影響，日草誌，**58** (3)，173-182
- 9) 名取美貴・細谷肇 (2011) トウモロコシサイレージを用いた発酵 TMR の小規模サイレージ発酵試験 (パウチ法) による品質解析，千葉畜産研報，**11**，73-76
- 10) 社団法人日本草地畜産種子協会 (2001) 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック，91-96
- 11) 片山信也 (2001) 高水分粕類のサイレージ化とその利用 (その 1) 2. バイプロ飼料の栄養特性とその保存方法，日草誌，**47**，311-317
- 12) 森地敏樹 (1998) 乳酸菌の特性と利用について，日本乳酸菌学会誌，**8** (2)，71-75