

麦焼酎粕濃縮液を混合した TMR サイレージの発酵品質 および乾乳牛の嗜好性

横山 学*・馬場武志・太田 剛¹⁾・平井一樹²⁾

麦焼酎粕濃縮液が TMR サイレージの発酵品質および乾乳牛の嗜好性に及ぼす影響について、対照区、10%区（麦焼酎粕濃縮液を10%混合）、20%区（同 20%混合）の3区で比較した。パウチサイロ試験の結果、対照区は貯蔵期間3日でガス発生によりパウチ袋が膨張し、63日では白カビが発生した。一方、10%区および20%区においては、63日でもガスおよびカビは発生しなかった。pHは、14、28、63日のいずれの貯蔵期間でも、10%区および20%区は、対照区より有意 ($P < 0.05$) に低かった。乳酸含有率 (% FM) では、貯蔵期間14日で10%区が3.62と他の2区より高く ($P < 0.05$)、28および63日では、10%区および20%区が対照区より高かった ($P < 0.05$)。酪酸 (% FM) について、63日で対照区が20%区よりも有意 ($P < 0.05$) に高かった。VBN (%) は、いずれの貯蔵期間でも20%区が他の2区よりも有意 ($P < 0.05$) に高かった。麦焼酎粕濃縮液を混合した TMR サイレージの品質評価にはフリーク評点が適するものと考えられ、63日において対照区が61.7点と、他の2区より有意 ($P < 0.05$) に低かった。乾乳牛の嗜好性について、給与後0-45分の乾物摂取量は、10%区2.19kg、対照区2.04kg、20%区1.98kgの順で、各区間に有意差はなかった。以上、麦焼酎粕濃縮液を混合した TMR サイレージは、乾乳牛の嗜好性に影響を及ぼさず、発酵品質は良好であることが明らかとなった。

[キーワード：麦焼酎粕濃縮液、TMR サイレージ、発酵品質、乾乳牛、嗜好性]

Fermentation quality and palatability by dry cows of TMR silages mixed with barley shochu post-distillation sludge. YOKOYAMA Manabu, Takeshi BABA, Tsuyoshi OHTA and Kazuki HIRAI (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 28: 1-7 (2009)

This study was conducted to investigate the fermentation quality and palatability by dry cows of TMR silages when mixed with barley shochu post-distillation sludge. We compared the fermentation quality and palatability by dry cows of TMR silages from three treatments : Control, BSDS10 (mixing barley shochu post-distillation sludge on the TMR at 10.5% on the dry matter basis), and BSDS20 (mixing barley shochu post-distillation sludge on the TMR at 20.5% on the dry matter basis). In the pouch silo, gas productions in the Control were observed at 3 days after ensiling while there were no gas productions observed in the BSDS10 or BSDS20 treatments at 63 days after ensiling. The mixing barley shochu post-distillation sludge on TMR silage significantly improved the silage quality with promoted lactic acid fermentation, pH and dry matter loss. The Butyric acid% at 63 days after ensiling were significantly higher in the Control than the BSDS20. The VBN% were significantly higher in the BSDS10 and BSDS20 than the Control. There were no statistical differences in the palatability by dry cows of TMR silages between the treatments. These results suggest that mixing barley shochu post-distillation sludge on TMR silage can improve the fermentation quality with no influence on the feed palatability by dry cows.

[Keywords : barley shochu post-distillation sludge, TMR silages, fermentation quality, dry cows, palatability]

緒 言

現在、酪農経営は、飼料等の急激な高騰により廃業が加速するなど、大きな打撃を受けている（本郷 2008）。さらに、飼料価格は、原油高騰およびバイオエタノール生産の拡大（加藤ら 2006）など構造的な背景から、今後も高止まりが懸念されている（種村ら 2008）。このため、飼料自給率の向上等により、コスト低減に努めることが緊急の課題である。

飼料自給率向上のための方策として、自給粗飼料の生産拡大や食品製造副産物の有効利用が重要である。福岡県で利用可能な食品製造副産物としては、年間 30,806 t 産出される焼酎粕、とくに、そのうち約80%

を占める麦焼酎粕が挙げられる（相原・後藤 2005）。これらは、主に海洋投棄により処理されてきた。しかし、ロンドン条約による海洋投棄禁止を受け、現在では低コストで、かつ環境に配慮した処理方法が求められている。九州においては、焼酎粕処理量の削減を目的に濃縮プラントの建設が増えているが、排出される焼酎粕濃縮液は、粗タンパク質割合 (% DM) の高さから家畜のタンパク源として期待される（田中ら 2005）ものの、その粘性の強さからハンドリングが悪く、単品での給与は難しい。

一方、最近、酪農現場では TMR（混合飼料）サイレージが注目され始めた（平久保ら 2006；王・西野 2006）。TMR を水分調整後、サイレージ化すれば、長期保存が可能であり（佐竹ら 2008）、さらに、開封後の変敗も少なく、一週間は変敗しない（王・西野 2008）ことが報告されている。これらのことから、麦焼酎粕濃縮液を混合した TMR サイレージの調製技術が確立されれば、地域内における飼料自給率の向上に寄与するものと考えられる。しかし、これまでに、麦

*連絡責任者

（企画情報部：yokoyama@farc.pref.fukuoka.jp）

1) 現 福岡県農林水産部園芸振興課

2) 前 福岡県農業大学校

Table 1. Chemical composition of barley shochu post-distillation sludge.

Chemical composition	
Dry matter (FM%)	32.7
Crude protein (DM%)	37.5
Ether extract (DM%)	8.6
Crude fiber (DM%)	4.3
Crude Ash (DM%)	4.3
Neutral detergent fiber (DM%)	3.6
Acid detergent fiber (DM%)	1.5
pH	4.11
Volatile basic nitrogen (FM%)	0.17

焼酎粕濃縮液を乳牛に給与した報告はなく、さらに、それらを混合した TMR サイレージについての知見は少ない。そこで、本研究では、麦焼酎粕濃縮液が TMR サイレージの発酵品質および乾乳牛の嗜好性に及ぼす影響について調査した。

材料および方法

試験 1：パウチサイロにおける麦焼酎粕濃縮液を混合した TMR サイレージの発酵品質

1. パウチサイロを用いた TMR サイレージの調製

試験は2006年8月30日から11月1日に実施した。試験区として、対照区、10%区（麦焼酎粕濃縮液を乾物当たり10%の割合で TMR に混合）、20%区（麦焼酎粕濃縮液を乾物当たり20%の割合で TMR に混合）の3区を設定した。供試した麦焼酎粕濃縮液の栄養成分を第1表に、各区における TMR 構成割合および栄養成分を第2表に示した。なお、各区 TMR の TDN %（可消化養分総量）、CP%（粗タンパク質）、DM%（乾物）は同一となるよう調製した。

2006年8月30日にパウチへの密封・貯蔵（田中・大桃 1995）を行った。パウチは、トリプルナイロン製（ナイロンとポリエチレン樹脂で作られた3層構造のプラスチックフィルム、オザキ軽化学株式会社、愛知）を用いた。始めに、第2表の TMR 構成割合に従い、各単味飼料を正確に秤量しパウチに投入した後、それらを混合した。さらに、対照区では TMR の乾物率が50%となるように加水して混合・調製し、麦焼酎粕濃縮液10%区および20%区では、混合量の水に麦焼酎粕濃縮液を溶解したものを加え、乾物率50%に混合・調製した。パウチ内の各区 TMR の現物重量は150gとし、調製後、パウチをシーラー（松下電器、密封パック BH-950、大阪）により真空状態にし、二重閉じで密封した。TMR サイレージは合計45袋（3区×3貯蔵期間×5反復）調製し、調製後は常温で保存し、パウチ内のガス発生状況を肉眼で経時的に観察した。

2. パウチサイロにおける TMR サイレージの開封および分析

2006年9月13日（貯蔵期間14日）、9月26日（貯蔵期間28日）、11月1日（貯蔵期間63日）に TMR サイレージを開封し、乾物率、pH、乳酸、酢酸、酪酸、プロピオン酸、フリーク評点および揮発性塩基態窒素

（VBN）を測定した。

開封後、パウチ内の TMR サイレージ全量を5-10mm程度に細切した。その後、細切したサンプルから30g採取し、蒸留水150mlを加え、適宜振とうしながら冷蔵庫中で16-24時間抽出した。抽出後、二重ガーゼで濾過し、濾液を100ml容の試験管に入れ、3000回転で10分間遠心分離した。次に、遠心分離後の上清液を濾紙（東洋濾紙 No. 5A）にて濾過し、直ちに抽出液（濾液）の pH を測定した。抽出液は pH 測定後、有機酸分析まで-30℃で凍結保存した。また、抽出と同日に、乾燥機を用いて60℃で48時間乾燥し、各区サイレージの乾物率を求めた。

乳酸、酢酸、酪酸、プロピオン酸については、高速液体クロマトグラフ（株）日本分光、GULLIVER 型、東京）を用いて測定し（大桃ら 1993）、VBN の定量は水蒸気蒸留法（蔡 2001）で行った。さらに、V2スコアおよびフリーク評点を算出した（柁木 2001）。

試験 2：ドラム缶サイロにおける麦焼酎粕濃縮液を混合した TMR サイレージの発酵品質

1. ドラム缶サイロを用いた TMR サイレージの調製

TMR サイレージ調製は、試験1と同日の2006年8月30日に行った。試験区は、試験1と同様に、対照区、麦焼酎粕濃縮液10%区、20%区の3区を設定した。TMR 混合には自走式コンプリートフィーダー（コンプリートサービス社製、豊橋）を用いた。第2表の TMR 構成割合に従い、各単味飼料を正確に秤量しコンプリートフィーダーに投入した後、それらを10分間混合した。さらに、対照区では TMR の乾物率が50%となるように加水し、麦焼酎粕濃縮液10%区および20%区では、混合量の水に麦焼酎粕濃縮液を溶解したものを加え、それぞれ30分間混合し乾物率50%となるよう調製した。調製後の TMR 重量は各区とも400kg（現物）である。混合後、コンプリートフィーダーから排出し、ドラム缶サイロ（200ℓ）にサイレージ詰めし、蓋の周りをシリコンでコーキングして密封・貯蔵した。

2. ドラム缶サイロにおける TMR サイレージの開封および分析

密封・貯蔵から96日後の2006年12月4日に開封し、一部をサンプリングした。その後、試験1と同様の方法で発酵品質を調査した。

試験 3：乾乳牛における麦焼酎粕濃縮液を混合した TMR サイレージの嗜好性

試験2で調製した各区 TMR サイレージを用い、乾乳牛における嗜好性を調査した。試験期間は2006年12月4-21日とし、供試牛として、当场で飼養中のホルスタイン乾乳牛3頭（産次1-3産、体重572-708kg、分娩予定日2007年3月31日-5月11日）を用いた。供試牛はそれぞれ個別の牛房で1頭毎に放飼し、「産業動物の飼養および保管に関する基準」（総理府告示1987年10月）に従って管理した。

嗜好性試験は、家木ら (2006) の方法に準じ、TMR サイレージ開封後 (2006年12月4日)、①個体、②試験期、③ TMR サイレージの組合せ (3 区の

TMR サイレージから任意の 2 区を組合せ) をブロックとするラテン方格法 (3 頭 × 3 期 × 3 組合せ) により行った。

Table 2. Ingredients and chemical composition of TMR¹⁾.

Item	Control	BSDS10 ²⁾	BSDS20 ³⁾
Ingredients			
Sudan grass hay (DM%)	33.6	32.0	36.6
Wheat bran (DM%)	6.6	5.2	4.8
Beet pulp pellet (DM%)	8.6	6.8	6.5
Flaked corn (DM%)	13.6	17.4	16.3
Cottonseed (DM%)	7.8	5.0	3.7
Barley shochu post-distillation sludge (DM%)	-	10.5	20.5
Alfalfa pellet (DM%)	4.8	7.2	0.7
Flaked barley (DM%)	14.0	11.0	10.5
Soybean meal (DM%)	10.9	4.8	0.4
Water (FM%)	44.4	35.4	27.0
Chemical composition⁴⁾			
Dry matter (FM%)	50.0	50.0	50.0
Total digestible nutrients(DM%)	74.1	74.1	74.0
Crude protein (DM%)	16.0	16.0	16.0
Ether extract (DM%)	3.5	3.5	3.6
Crude fiber (DM%)	17.9	16.8	16.6
Neutral detergent fiber (DM%)	37.8	35.0	34.9
Nonfibrous carbohydrate (DM%)	33.2	32.1	28.7
Dry matter ratio of forage to ration	47.1	46.0	43.8

¹⁾ TMR = total mixed ration

²⁾ BSDS10 = mixing barley shochu post-distillation sludge on the TMR at 10.5% on the dry matter basis.

³⁾ BSDS20 = mixing barley shochu post-distillation sludge on the TMR at 20.5% on the dry matter basis.

⁴⁾ Estimated values.



Fig 1. Effects of mixing barley shochu post-distillation sludge on gas productions of TMR silages in the pouch silo.

¹⁾ BSDS10 = mixing barley shochu post-distillation sludge on the TMR at 10.5% on the dry matter basis.

²⁾ BSDS20 = mixing barley shochu post-distillation sludge on the TMR at 20.5% on the dry matter basis.

試験期は 1 期 6 日間 (馴致期: 4 日, 調査期: 2 日) とした。馴致期は、1 日 1 回 (9: 30) 各 TMR サイレージ (3 種) を同時に現物で 2 kg ずつ給与した。給与にはコンテナ (90 l) を用い、牛房内の床にコンテナを並べて給与した。給与後 45 分でコンテナを回収し、その後はスーダングラスサイレージを自由採食させた。

調査期には、1 日 1 回 9: 30 に 1 頭毎に任意の 2 区の TMR サイレージを現物で 5 kg ずつ同時に給与した。馴致期と同様に、牛房内の床にコンテナを並べて給与し、給与後の採食量を 15 分間隔で 3 回計測し、各時間帯における飼料の摂取量を求めた。給与後 45 分にコンテナを回収し、その後はスーダングラスサイレージを自由採食させた。なお、試験は同じ TMR サイレージの組合せを 2 日間連続して調査し、各日でサイレージの位置 (左右) を入れ替え、2 日間の平均値を計測値とした。採食量を測定する間、飲水・舐塩は自由とした。

統計処理

各試験で得られたデータについては、吉田 (1975) の方法により統計処理を行った。試験 1 および 2 については一元配置法、試験 3 についてはラテン方格法として処理し、 $P < 0.05$ の場合は有意差有り、 $P < 0.10$ の場合は傾向が有るものとして本文中に記述した。

結果

試験 1 : パウチサイロにおける麦焼酎粕濃縮液を混合した TMR サイレージの発酵品質

麦焼酎粕濃縮液の混合がパウチサイロにおける TMR サイレージのガス産生に及ぼす影響について第 1 図に示した。対照区は、貯蔵期間 3 日でガスが発生し、パウチ袋が膨張した。また、63 日では白カビの発生が見られた。これに対し、10% 区および 20% 区においては、貯蔵期間 63 日までガスの発生は見られず、カビの発生も見られなかった。

麦焼酎粕濃縮液の混合がパウチサイロにおける TMR サイレージの発酵品質に及ぼす影響について第 3 表に示した。

乾物率について、貯蔵期間 14 日では対照区 50.5% と 20% 区 52.3% の間に、有意差 ($P < 0.05$) が認められた。また、10% 区の 51.4% よりも対照区が低い値を示す傾向

が見られた。28日において、対照区は50.8%と、10%区の51.9%および20%区の52.1%よりも有意 ($P < 0.05$) に低く、さらに、10%区が20%区よりも低い傾向を示した。一方、63日では、対照区が10%区よりも低い傾向が認められた。

pHは、貯蔵期間14日で対照区4.77、10%区4.04、20%区4.40、と10%区が最も低い値を示し、3区間それぞれに有意差 ($P < 0.05$) が見られた。28日においても同様の傾向を示し、10%区は3.85、20%区は3.93と、対照区の4.67よりも有意 ($P < 0.05$) に低く、10%区と20%区の間にも有意差 ($P < 0.05$) が認められた。63日では、10%区および20%区は、対照区よりも有意 ($P < 0.05$) に低かった。また、いずれの区においても貯蔵期間の経過とともにpHは低下する傾向が認められた。

乳酸含有率 (% FM) は、貯蔵期間14日で10%区が3.62と他の2区よりも高かった ($P < 0.05$)。28日では、10%区が4.82%と最も高く ($P < 0.05$)、次いで20%区が4.31%と対照区の2.00%よりも有意に高かった ($P < 0.05$)。63日では、10%区および20%区が対照区よりも2倍以上の高い値を示した ($P < 0.05$)。また、いずれの区においても乳酸含有率 (% FM) は、貯蔵期間が長くなるに従って増加していた。

酢酸含有率 (% FM) は、いずれの貯蔵期間においても、10%区および20%区が対照区よりも有意 ($P < 0.05$) に高い値を示し、貯蔵期間に伴って増加する傾向にあった。

プロピオン酸 (% FM) については、対照区のみ14日および63日に検出された。酪酸 (% FM) は、14および28日、10%区および20%区で検出されたが、両区に差は認められなかった。一方、対照区では、14および28日では酪酸 (% FM) は認められないものの、63日で0.18%認められ、20%区の0.02%よりも有意 ($P < 0.05$) に高い値を示した。

VBN (%) は、いずれの貯蔵期間でも20%区が最も高く、次いで10%区、対照区の順で、3区間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた。

V2スコアについては、貯蔵期間14および28日では対照区が最も高く、次いで10%区、20%区の順となり、3区間に有意差 ($P < 0.05$) が見られた。また、63日では10%区が対照区および20%区よりも有意に高かった ($P < 0.05$)。

フリーク評点について、14および28日で各区間に有意差は認められなかった。一方、63日においては、対照区が61.7点と、他の2区よりも有意 ($P < 0.05$) に低い値を示した。

Table 3. Effects of mixing barley shochu post-distillation sludge on fermentation quality of TMR silages in the pouch silo and drum silo.¹⁾

Item	TMR silage	pouch silo			drum silo
		storage period (day)			storage period (day)
		14	28	63	96
Dry matter (%FM)	Control	50.5 ^b	50.8 ^b	51.1	49.0 ^b
	BSDS10 ²⁾	51.4 ^{ab}	51.9 ^a	53.1	49.7 ^a
	BSDS20 ³⁾	52.3 ^a	52.1 ^a	52.7	49.6 ^{ab}
pH	Control	4.77 ^a	4.67 ^a	4.59 ^a	4.00 ^a
	BSDS10	4.04 ^c	3.85 ^c	3.78 ^b	3.81 ^b
	BSDS20	4.40 ^b	3.93 ^b	3.75 ^b	3.70 ^c
Lactic acid (%FM)	Control	1.74 ^b	2.00 ^c	2.19 ^b	3.84 ^c
	BSDS10	3.62 ^a	4.82 ^a	5.38 ^a	5.21 ^b
	BSDS20	2.23 ^b	4.31 ^b	5.40 ^a	5.95 ^a
Acetic acid (%FM)	Control	0.15 ^b	0.20 ^b	0.28 ^b	0.38 ^c
	BSDS10	0.31 ^a	0.37 ^a	0.42 ^a	0.65 ^a
	BSDS20	0.28 ^a	0.36 ^a	0.39 ^a	0.49 ^b
Propionic acid (%FM)	Control	0.02	nd ⁴⁾	0.06	nd
	BSDS10	nd	nd	nd	nd
	BSDS20	nd	nd	nd	nd
Butyric acid (%FM)	Control	nd	nd	0.18 ^a	nd
	BSDS10	0.02	0.03	nd	nd
	BSDS20	0.04	0.02	0.02 ^b	0.03
Volatile basic nitrogen (%FM)	Control	0.03 ^c	0.03 ^c	0.04 ^c	0.03 ^c
	BSDS10	0.05 ^b	0.05 ^b	0.06 ^b	0.07 ^a
	BSDS20	0.08 ^a	0.08 ^a	0.09 ^a	0.08 ^a
V2-SCORE	Control	97.8 ^a	96.8 ^a	78.2 ^b	96.5 ^a
	BSDS10	89.2 ^b	87.2 ^b	87.4 ^a	79.2 ^b
	BSDS20	80.7 ^c	80.1 ^c	77.5 ^b	74.5 ^b
Flieg's mark	Control	100.0	100.0	61.7 ^b	100.0
	BSDS10	93.3	93.3	100.0 ^a	100.0
	BSDS20	88.3	100.0	100.0 ^a	100.0

¹⁾ Values are mean.

²⁾ BSDS10 = mixing barley shochu post-distillation sludge on the TMR at 10.5% on the dry matter basis.

³⁾ BSDS20 = mixing barley shochu post-distillation sludge on the TMR at 20.5% on the dry matter basis.

⁴⁾ nd = not detected.

^{abc} Means in the same column with different superscript letters differ ($P < 0.05$).

試験2：ドラム缶サイロにおける麦焼酎粕濃縮液を混合したTMRサイレージの発酵品質

麦焼酎粕濃縮液の混合がドラム缶サイロにおけるTMRサイレージの発酵品質に及ぼす影響について(第3表)、乾物率では、対照区が49.0%と10%区の49.7%よりも有意に低く ($P < 0.05$)、20%区の49.6%よりも低い傾向が認められた。

pHは、対照区、10%区、20%区の順に低い値を示し、3区間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた。

乳酸含有率 (% FM) は、20%区が5.95%と最も高く、次いで10%区が5.21%と対照区よりも有意に高かった ($P < 0.05$)。また、20%区と10%区間にも有意差 ($P < 0.05$) が見られた。

一方、酢酸含有率 (% FM) は、10%区が最も高く、次いで20%区、対照区の順であり、3区間に有意差

($P < 0.05$) が見られた。プロピオン酸 (% FM) はいずれの区においても検出されず、酪酸 (% FM) は20%区のみ検出された。

VBN (%) は、20%区が最も高く、次いで10%区、対照区の順で、3区間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた。

V2スコアについては、対照区が96.5点と、10%区の79.2点および20%区の74.5点よりも有意 ($P < 0.05$) に高い値であった。

フリーク評点については、3区とも100点であり高品質なサイレージと判定された。

試験3：乾乳牛における麦焼酎粕濃縮液を混合した TMR サイレージの嗜好性

麦焼酎粕濃縮液の混合が乾乳牛における TMR サイレージの嗜好性に及ぼす影響について、第2図に示す。給与後0-15分における TMR サイレージの乾物摂取量は、10%区が1.25kgと、対照区1.15kgおよび20%区1.04kgよりも高い値を示したが、有意差は得られなかった。また、給与後15-30分においても同様の傾向を示したが、30-45分においては3区間に有意差はなかった。給与後0-45分の合計は、10%区2.19kg、対照区2.04kg、20%区1.98kgの順であったが、各区間に有意差は認められなかった。

考 察

これまで、焼酎粕の乳牛用飼料への利用については、九州を中心として試みられてきた。しかし、それらは脱水後の乾燥焼酎粕を用いた報告である(松岡ら 1996; 中野ら 1997; 小野寺ら 1998)。これに対し、本研究は、高水分、高タンパク質割合 (% DM)、低 pH という麦焼酎粕濃縮液の特質 (第1表) を活かすため、TMR に混合し、さらにサイレージ化することで、長期保存性の確保および利用価値の向上を目的としたものである。

サイレージ発酵は、材料に付着している多種多様な微生物による複雑な発酵過程を経て安定する。サイレージ発酵の初期には好気性細菌により材料の炭水化物が水と炭酸ガスに分解されるが、森本 (1985) は、炭酸ガスは、サイロ詰め後、1-2日後に最大量に達すると報告している。本研究のパウチサイロにおける試験結果では、対照区では貯蔵期間3日でガスが発生したが、10%区および20%区は、63日においてもガスの発生は見られず、カビの発生も見られなかった (第1図)。また、乾物率は対照区が他の2区よりも低く推移した (第3表)。このことについて、対照区においては好気性細菌がパウチ内の炭水化物を活発に分解して炭酸ガスを産生したため、他の2区よりも低い乾物率を示し、一方、10%区および20%区では、好気性細菌の活動が抑制されたものと推察された。なお、いずれの区においても、乾物率が調製時 (第2表) より上昇した要因として、①調製時の乾物率は計算値であること、②本試験がパウチサイロを用いたこと、が考

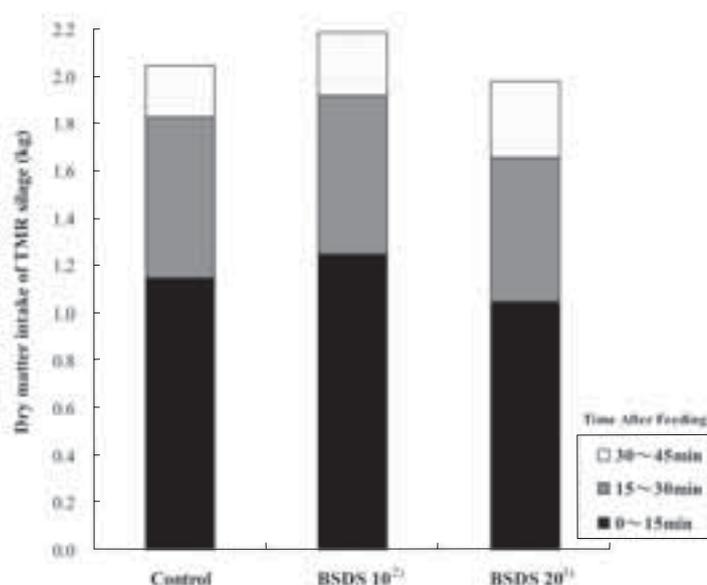


Fig 2. Effects of mixing barley shochu post-distillation sludge on the palatability of TMR silages by dry cows.¹⁾

¹⁾ Values are mean. Measured over the final 2 days of each period. Dry Cows were fed TMR silages at 9:30.

²⁾ BSDS10 = mixing barley shochu post-distillation sludge on the TMR at 10.5% on the dry matter basis.

³⁾ BSDS20 = mixing barley shochu post-distillation sludge on the TMR at 20.5% on the dry matter basis.

えられるが、今後の検討が必要である。

乳酸は良好なサイレージ発酵である場合に多く見られる有機酸である。本研究において、麦焼酎粕濃縮液の混合は乳酸含有率 (% FM) を高めることが明らかとなった (第3表)。これまで、サイレージの不良発酵及び好気的変敗の抑制を目的とし、調製時における塩酸や硫酸の添加 (三井 1971)、ギ酸の添加 (増子ら 1997, 1999) が行われてきた。さらに、ギ酸 (森本 1985, 相馬ら 2008) や AIV 液 (塩酸と硫酸の混合液) の添加 (森本 1985) により、発酵品質、栄養価および養分含量の向上も報告されている。本研究で用いた麦焼酎粕濃縮液の pH は4.11と低い (第1表)。このため、麦焼酎粕濃縮液がこれらの酸の代替物として好気性細菌等の活動を抑制し、乳酸菌の増殖に適した条件を整えたものと考えられた。また、現場においてサイレージに強酸を添加する場合、希釈作業やその取り扱いに危険が伴う。安全面から見ても、麦焼酎粕濃縮液の使用は有意義と言える。

酢酸含有率 (% FM) (第3表) は、パウチサイロおよびドラム缶サイロのいずれにおいても、10%区および20%区が、対照区よりも高かった ($P < 0.05$)。サイレージ中の酢酸の大部分は、酢酸菌よりも乳酸菌が生成することが知られている (須藤 1971)。10%区および20%区における乳酸含有率 (% FM) から見ると、本研究の結果は、サイレージ中の菌叢において酢酸菌が優勢であったのではなく、乳酸菌が優勢であったためと推察される。

乳酸以外の酢酸、プロピオン酸、酪酸のうち、不良

発酵では酪酸が多くなる(須藤 1971)。通常、酪酸菌は土壌に由来するものが多く、サイレージ中に芽胞の状態が存在する。pH4.2以下であれば酪酸の生成が抑制され(須藤 1971)、pHの低下が不十分なときは酪酸菌が増殖し、酪酸が生成される(蔡 2006)。本研究において、パウチサイロ63日において対照区の酪酸含有率(%FM)が0.18と有意に高い値($P < 0.05$)を示し、それを反映して、フリーク評点が他の2区よりも有意に低い値($P < 0.05$)を示した(第3表)。この理由として、pH低下が不十分であったことも推察されるが、14および28日で酪酸が未検出(第3表)であることから、検討を重ねる必要がある。

サイレージ発酵の過程においては、炭水化物の分解のみならず、タンパク質からアミノ酸およびアンモニアへの分解が起こる。このため、VBNが高値を示すことは望ましくない。本研究において、サイレージ中のVBNは対照区、10%区、20%区の順に高い値を示した(第3表)。しかし、本結果は、サイレージ発酵中にタンパク質が分解したことよりも、混合した麦焼酎粕濃縮液中のVBN(第1表)を反映するものと考えられる。須藤(1971)は、AIV液を添加したサイレージにおいては、アミノ酸分解は普通のサイレージの1/3-1/4に抑制されると報じているが、これは本研究の結果を支持するものである。

本研究において、TMRサイレージの発酵品質をフリーク評点およびV2スコアで評価した結果(第3表)、10%区および20%区の発酵品質は、V2スコアで過小評価された。フリーク評点は有機酸組成による評価法、V2スコアはVBNと有機酸による評価法(柁木 2001)である。本研究の結果は、麦焼酎粕濃縮液に含まれるVBNに起因するものと考えられ、これらを含むTMRサイレージの評価にはフリーク評点が望ましいことが示唆された。

本研究の結果、麦焼酎粕濃縮液を混合したTMRサイレージの発酵品質は、実験室内のパウチサイロだけでなく、大容量のドラム缶サイロにおいても良好であることが確認されたが(第3表)、乾乳牛の嗜好性では各区間に有意差が得られなかった(第2図)。家木ら(2006)は、ケールジュース粕に乳酸菌およびセルラーゼを添加した試験において、乳酸発酵が優勢で低pHのサイレージでは、乳牛の嗜好性が高いことを報告しているが、これは乳酸含有率が1.86-1.58%のサイレージと3.75%のサイレージを比較した結果である。本研究で嗜好性試験に用いたTMRサイレージは、乳酸含有率(%FM)が最も低かった対照区においても3.84%と、家木ら(2006)の試験よりも高い含有率であった(第3表)。これらのことから、乳酸含有率(%FM)が一定量を超えると嗜好性には影響しないことが示唆される。また、蔡(2006)は、サイレージの品質評価における課題として、発酵品質と家畜における採食性が必ずしも一致しないことを挙げている。本研究の場合、給与した3区のTMRサイレージが、pH、乳酸および酪酸含有率(%FM)等においては有意差が認められたものの、いずれもフリーク評点において100点を示す高水準のものであったため、逆に、

嗜好性では差が見られなかったものと推察された。

BSEの発生以降、乳牛への動物性タンパク源の給与が禁止されたため、主なタンパク源として大豆粕が用いられている。しかし、その大豆粕も、価格が高騰し続けている。麦焼酎粕濃縮液の粗タンパク質割合(%DM)は、本研究に供した単味飼料の中では、大豆粕に次ぐものであることから、本研究の結果は飼料コスト低減につながるものと期待される。

以上、本試験の結果、TMRサイレージへの麦焼酎粕濃縮液の混合は、乳酸発酵が促進され、良好な発酵品質が得られることが明らかとなった。また、麦焼酎粕濃縮液の混合割合が20%までであれば、乾乳牛の嗜好性には影響しないものと考えられた。今後、実用化に向け、泌乳初期牛および後期牛で給与試験を行い、採食量、乳量および乳成分等に対する影響を調査する。

謝 辞

本研究に際し、TMRサイレージの発酵品質調査について御助言頂いた九州沖縄農業研究センター発酵TMRチーム 服部育男博士、嗜好性試験について御助言頂いた愛媛県畜産試験場 家木 一博士に深謝します。また、ドラム缶サイレージの調製・密封および乳牛の飼養管理に当たり労を煩わせた福岡県農業総合試験場乳牛チーム職員諸氏、実験補佐として御協力頂いた古城戸和美氏および高鍋美恵子氏に感謝します。なお、本報告は、農林水産省プロジェクト研究「粗飼料多給による日本型家畜飼養技術の開発」(2006-2010年度)の成果の一部であり、関係者各位に感謝致します。

引用文献

- 相原貴之・後藤一寿(2005) 4)九州北部地域における焼酎粕処理.平成16年度研究強化費報告書 農業・食品産業由来の多様な地域資源活用の現状把握と新たな展開方向,(独)九州沖縄農業研究センター,熊本,21-26
- 平久保友美・増田隆晴・越川志津・松木田祐子・加藤英悦・砂子田哲・河本英憲(2006)細断型ローラーを利用して調製した粗飼料主体発酵TMRの発酵品質および飼料特性.日本草地学会誌 52(別1):356-357
- 本郷秀毅(2008)配合飼料価格高騰に対応した緊急対策.畜産コンサルタント 520:10-14
- 家木 一・岸本勇氣・柁井知恵・嶋家真司・谷口幸三(2006)乳酸菌とセルラーゼの添加ケールジュース粕サイレージの発酵品質と乳牛による嗜好性.日本畜産学会報 77(3):401-407
- 加藤信夫・天野寿朗・平石康久(2006)米国の農業に抜本的な変化をもたらすバイオエタノール生産.ブラジルとの比較,バイオ燃料と食料の関連についての考察を含む.畜産の情報(海外編)12:57-70
- 柁木茂彦(2001)3.3サイレージの品質判定.改訂粗飼料の品質評価ガイドブック(自給飼料品質評価研究会編),日本草地畜産種子協会,東京,91

-101

- 増子孝義・藤田 希・円井更織・嶋田秀康 (1997) ギ酸, 乳酸菌製剤および乳酸菌製剤と酵素剤の混合物の添加が無予乾グラスサイレージの発酵品質に及ぼす影響. 日本草地学会誌 43: 278-287
- 増子孝義・円井更織・藤田 希・嶋田秀康 (1999) ギ酸, 乳酸菌製剤および乳酸菌製剤と酵素剤の混合物の添加が予乾グラスサイレージの発酵品質に及ぼす影響. 日本草地学会誌 44: 347-355
- 松岡恭二・中野雅功・清末眞一 (1996) 乾燥焼酎粕の給与試験. 大分県畜産試験場試験成績報告書 25: 12-17
- 三井計夫 (1971) 2. サイレージ. 飼料作物草地ハンドブック (増補第9版), 養賢堂, 東京, 341-354
- 森本 宏 (1985) 2. 16サイレージ. 飼料学, 養賢堂, 東京, 374-414
- 中野雅功・清末眞一・松岡恭二 (1997) 乳牛における乾燥焼酎粕の飼料価値. 九州農業研究 59: 101
- 王 福金・西野直樹 (2006) 混合素材の違いによる TMR サイレージの発酵特性と好氣的安定性の変化. 日本草地学会誌 52 (別1): 158-159
- 王 福金・西野直樹 (2008) 開封後1週間空気にさらした発酵 TMR の飼料価値. 日本草地学会誌 54 (別): 392-393
- 大桃定洋・田中 治・北本宏子 (1993) 高速液体クロマトグラフィーによるサイレージ中の有機酸の定量. 草地試験場研究報告 48: 51-56
- 小野寺良次・稲澤 昭・駒谷謙司・奥田道緒・森下敏朗・河野幹雄・川村 修・長谷川信美・片山英美・藤代 剛・矢野光紘・荻原昭英・山下 實・甲斐孝憲 (1998) エクストルーダーによる実用的焼酎粕ペレット飼料 (牛用) の製造技術と飼料成分および嗜好性. 宮崎大学農学部研究報告 45 (1・2): 77-85
- 蔡 義民 (2001) 2. 1. 9 サイレージの分析法. 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック (自給飼料品質評価研究会編), 日本草地畜産種子協会, 東京, 36-42
- 蔡 義民 (2006) サイレージ研究の進展と分析評価法. 平成18年度自給飼料利用研究会資料「自給飼料の利用拡大に向けた支援組織の成立条件と技術的課題」-粗飼料自給率向上に向けて求められる技術的課題と飼料品質評価研究-, (独) 畜産草地研究所, 茨城, 87-95
- 佐竹康明・福井弘之・瀬山智博 (2008) 秋冬季の調製が粗飼料主体発酵 TMR の発酵品質と好氣的変敗に及ぼす影響. 日本草地学会誌 54 (別): 180-181
- 相馬幸作・増子孝義・王 鵬・堤 裕江・原 裕子・花田正明・岡本明治 (2008) ギ酸, 乳酸菌製剤および乳酸菌製剤と酵素剤の混合添加グラスサイレージの給与がヒツジにおける栄養価および養分摂取量に及ぼす影響. 日本草地学会誌 53: 270-276
- 須藤 浩 (1971) 前編 サイレージ. サイレージと乾草, 養賢堂, 東京, 1-217
- 田中正仁・岩間裕子・神谷充 (2005) 5) 焼酎粕処理生成物の成分分析と飼料化の可能性. 平成16年度研究強化費報告書 農業・食品産業由来の多様な地域資源活用の現状把握と新たな展開方向, (独) 九州沖縄農業研究センター, 熊本, 27-34
- 田中 治・大桃定洋 (1995) プラスチックフィルム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: 55-59
- 種村高一・丹羽美次・阿部 亮 (2008) 都府県酪農の経営と技術を考える 1. 飼料価格上昇が酪農経営に及ぼす影響の定量的な評価と考察. 畜産の研究 62 (5): 539-542
- 吉田 実 (1975) 畜産を中心とする実験計画法, 養賢堂, 東京, 68-115