

細断型ロールベアラを活用した自給粗飼料主体 発酵TMRの調製給与試験

福井 弘之^{*}・吉田 雅規^{**}・鈴江 有里^{*}・田渕 雅彦
亀代 高広^{*}・中井 文徳・後藤 充宏^{**}

要 約

細断型ロールベアラを活用し、コーンサイレージ主体の完全混合飼料（TMR）を大量一括調製後、ラッピングし一定期間保存したロール発酵TMRを調製し、飼料特性と乳生産性を検討した。併せて秋季における発酵特性を検討した。その結果、1) 乾乳牛を用いた消化試験では消化率、窒素利用性、第一胃内溶液性状、血液性状はフレッシュTMRと同等の成績であった。2) 泌乳牛を用いた消化試験では消化率、窒素利用性、泌乳成績、乳成分、第一胃内溶液性状、血液性状においてフレッシュTMRと同等の成績であった。3) 秋季調製の発酵TMRの発酵品質は長期貯蔵しても安定していた。以上の結果から、細断型ロールベアラで成型したトウモロコシを主体とした発酵TMRはフレッシュTMRと同等の飼料特性と乳生産性を持つものと判断された。

目 的

飼料自給率向上と高位乳生産の確保を図るためには、飼料作物の反収向上と栄養価の高いトウモロコシの利用拡大が求められる。近年、志藤²⁾らによりトウモロコシ専用収穫機の細断型ロールベアラ（以下細断型ベアラ）が研究開発され、この機械で調製されたラップサイレージは1年間貯蔵しても高品質が保持されることから、全国の酪農家やコントラクターでの利用が増加している。

一方、酪農経営では、高泌乳牛に対する効果的な飼料給与方法としてTMRの利用が推進されている。しかし、TMR調製は毎日行う作業であり、調製作業の省力化の検討と保存性や流通性の改善が求められている。

高山ら⁴⁾⁵⁾はTMRをサイレージ化することにより品質が安定し、消化率、可消化養分に差がなく、高泌乳期用飼料として給与可能であることを報告している。

そこで、細断型ベアラを活用し、コーンサイレージ主体のTMRを大量一括調製後、ストレッチフィルムでラッピングし一定期間保存したロール発酵TMRを調製し、乳牛用飼料としての飼料

特性と乳生産性を明らかにする。また、秋季調製における発酵特性を明らかにする。

材料および方法

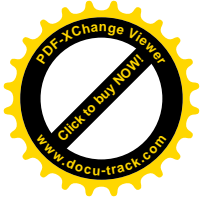
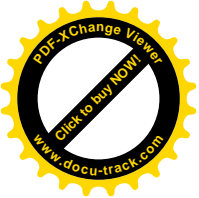
〔試験1〕 乾乳牛試験

表1の飼料構成のコーンサイレージ主体TMRを調製し、細断型ベアラで成型後、ラッピングマシンで梱包して、約30～45日間野外で保存したものを試験飼料とした。対照飼料は同じ飼料構成で当日調製したフレッシュTMRとした。

当所繫養のホルスタイン乾乳牛4頭（平均産次2産）を供試し、各処理に2頭ずつ振り分けた。試験期間は2006年11月11日から12月9日までの29日間とし、1期14日間（馴致期10日間、本期4日間）のクロスオーバー法により試験を実施した。

飼料給与量は、日本飼養標準（1999）⁶⁾により、試験期直前に測定した体重から乾物必要量を算出し、TDN充足率150%を上限とした。1日量を4回（14:00、16:00、8:00、11:00）に分けて給与した。水は自由飲水とした。

本期4日間の全糞全尿採取により消化率を測定



するとともに窒素出納を測定した。

飼料の一般分析は常法¹⁾により分析した。糞は60℃の通風乾燥機で48時間乾燥後、1mmメッシュのウイレー型粉砕器で粉砕して分析に供した。糞、尿の窒素含量は新鮮物のままケルダール法により分析した。

ルーメン液は、本期最終日の飼料給与2時間後の10:00に採取し、2重ガーゼで濾過後、ガラス電極pHメーターでpHを測定し、揮発性脂肪酸含量はガスクロマトグラフ法で測定した。

血液は本期最終日の10:00に頸静脈より真空採血管で採取し、遠心分離(3000G×10分)後、血液自動分析システムで分析した。

得られたデータの解析はSAS(SAS Institute Japan)を用いた。各項目における飼料の影響についてはGLMプロシジャを用いて分散分析を行った。

〔試験2〕 泌乳牛試験

コーンサイレージ主体TMRを表1の飼料構成で調製し、細断型ベアラで成型後、ラッピングマシーンで梱包して、約60~80日間野外で保存した発酵TMRを試験飼料とした。対照区は同じ飼料構成で当日調製したフレッシュTMRとした。

当所繋養の泌乳中後期のホルスタイン4頭(産次:2~3産、平均乳量22kg/日)を供試し、各処理に2頭ずつ振り分けた。試験期間は2007年2月17日から3月16日までの29日間とし、1期14日間(馴致期10日間、本期4日間)のクロスオーバー法により試験を実施した。

飼料給与量は自由採食とし、1日量を4回(14:00, 16:00, 8:00, 11:00)に分けて給与した。水は自由飲水とした。

搾乳は7:00と18:00に行い、乳量測定後、分析用試料を採取した。

本期4日間の全糞全尿採取により消化率を測定するとともに窒素出納を測定した。

飼料、糞尿、ルーメン液pH、揮発性脂肪酸の

測定は試験1と同一とした。

〔試験3〕 発酵特性

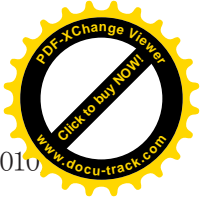
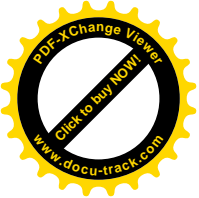
当所で栽培したトウモロコシを2006年9月19日から9月22日にかけて収穫し、細断型ベアラを用いて成形した細断型ベアラを30日間野外でサイレージ調製した。そのコーンサイレージを用い、2006年10月24日にコーンサイレージ主体TMR(表1)をTMRミキサーで調製し、細断型ベアラで成型後、ラッピングマシーンで6巻きに梱包し野外で保存した。

供試試料は、調製日から0, 7, 14, 30, 60, 360日に各3ロール選び、ベアラ表面部分を除去した後、ベアラの上, 中, 下部を3方向から採取して混合した。試料は70gの原物に140mlの蒸留水を加え一昼夜浸漬した抽出液を用いて、ガラス電極pHメーターでpHを測定した。有機酸は液体クロマトグラフ法³⁾で分析し、VBN(揮発性塩基態窒素)含量は水蒸気蒸留法³⁾により測定した。

表1 供試飼料の構成と成分組成

項 目	フレッシュ TMR	発酵TMR
混合割合(乾物%)		
トウモロコシサイレージ		27.1
イタリアンサイレージ		2.0
アルファルファハイキューブ		11.0
トウモロコシ(圧)		8.9
大麦(圧)		6.2
ビートパルプ		15.8
豆腐粕(乾燥)		4.3
大豆粕		6.0
ふすま		16.2
糖蜜(テン菜)		1.1
ビタミンADE剤		0.2
炭酸カルシウム		0.9
食塩		0.2
養分含量(乾物%) ¹⁾		
粗タンパク質	14.0	14.2
粗脂肪	3.3	3.0
粗繊維	17.5	17.2
TDN	72.4	72.4

1) 各成分実測値, TDNは設計値



結 果

〔試験1〕 乾乳牛試験

表2に給与飼料成分と消化試験成績を示した。

消化率についてはフレッシュTMR区と発酵TMR区の間には有意な差はなかったが、乾物、粗繊維は発酵TMRが高い傾向を示し、粗タンパク質、粗脂肪はフレッシュTMR区が高い傾向が見られた。TDNもフレッシュTMR区が高い傾向であった。

表2 給与飼料成分と消化試験成績 (乾乳牛)

項 目	フレッシュTMR	発酵TMR	有意差
水分	45.0	43.3	n.s.
乾物 (DM%)			
粗タンパク質	14.0	14.4	n.s.
粗繊維	17.4	17.0	n.s.
粗脂肪	3.0	3.3	n.s.
灰分	7.9	7.9	n.s.
NFE ¹⁾	57.8	57.8	n.s.
TDN ²⁾	71.2	71.0	n.s.
消化率 (%)			
乾物	74.0	73.0	n.s.
粗タンパク質	74.2	72.3	n.s.
粗繊維	61.7	59.5	n.s.
粗脂肪	74.2	72.3	n.s.
NFE ¹⁾	77.8	77.5	n.s.

1) NFE：可溶無窒素物

2) TDN=粗タンパク質×消化率+2.25×粗脂肪×消化率+NFE×消化率+粗繊維×消化率

表3に飼養成績を示した。乾物摂取量に関しては発酵TMR区の方が多く5%水準で有意差があった。体重と飲水量には差がなかった。

表3 飼養成績 (乾乳牛)

	フレッシュTMR	発酵TMR	有意差
体重 (kg)	795	798	n.s.
乾物摂取量 (kg)	9.8	9.9	n.s.
飲水量 (l)	31.9	37.5	n.s.

表4に窒素利用率を示した。乾物摂取量に差があったことから摂取窒素については5%水準で有意差が見られた。摂取窒素分配率は有意差はなかったが、発酵TMR区の糞と尿の分配率が高くなる傾向が見られた。

表4 窒素利用率 (乾乳牛)

	フレッシュTMR	発酵TMR	有意差
窒素出納 (g/日)			
摂取窒素	217.2	223.3	*
ふん中窒素	55.7	61.9	n.s.
尿中窒素	124.4	143.2	n.s.
蓄積窒素	37.2	18.1	n.s.
摂取窒素配分率 (%)			
ふん中	25.8	27.7	n.s.
尿中	57.4	64.3	n.s.
蓄積	16.8	8.1	n.s.

*: p<0.05

表5に第一胃内容液性状を示した。pHはフレッシュTMR区が6.79、発酵TMR区が7.00で差はなかった。酢酸、プロピオン酸、酪酸の生成量と生成割合も飼料間の差はなく、酢酸/プロピオン酸比も差はなかった。

表5 第一胃内容液性状 (乾乳牛)

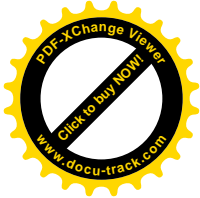
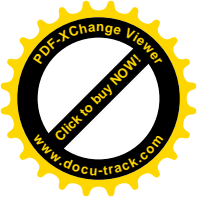
	フレッシュTMR	発酵TMR	有意差
pH	6.79	7.00	n.s.
VFA ¹⁾ 生成量 (mM/dl)			
酢酸	3.40	2.74	n.s.
プロピオン酸	0.95	0.79	n.s.
酪酸	0.70	0.53	n.s.
総酸	5.05	4.06	n.s.
VFA生成割合 (重量%)			
酢酸	63.7	67.5	n.s.
プロピオン酸	18.8	19.5	n.s.
酪酸	13.9	13.1	n.s.
総酸	3.88	4.26	n.s.

1) VFA：揮発性脂肪酸

表6に血液性状を示した。ヘマトクリット、総蛋白、GOT、総コレステロール、尿素窒素、Caは飼料間の差はなかったが、血糖値は発酵TMR区が高かった。

表6 血液性状 (乾乳牛)

	フレッシュTMR	発酵TMR	有意差
ヘマトクリット	36.0	35.5	n.s.
総蛋白 (g/dl)	7.95	7.55	n.s.
GOT (IU/l)	44.1	40.5	n.s.
総コレステロール (mg/dl)	109.3	121.8	n.s.
血糖 (mg/dl)	61.9	73.5	n.s.
尿素窒素 (mg/dl)	14.6	15.9	n.s.
Ca (mEq/l)	9.89	9.62	n.s.



〔試験2〕 泌乳牛試験

表7に給与飼料成分と消化試験成績を示した。

泌乳牛においても乾乳牛と同じく、消化率についてはフレッシュTMR区が高い傾向が見られた。摂取窒素分配率は、泌乳牛では、糞はフレッシュTMR区が、尿は発酵TMR区が高くなる傾向が見られた。

表7 給与飼料成分と消化試験成績（泌乳牛）

項目	フレッシュTMR	発酵TMR	有意差
水分	37.4	40.7	n.s.
乾物 (DM%)			
粗蛋白質	13.9	14.2	n.s.
粗繊維	17.8	17.3	n.s.
粗脂肪	3.0	2.9	n.s.
灰分	7.5	8.3	n.s.
NFE ¹⁾	58.2	57.4	n.s.
TDN ²⁾	67.8	67.2	n.s.
消化率 (%)			
乾物	69.8	70.4	n.s.
粗蛋白質	61.1	64.2	n.s.
粗繊維	54.8	54.4	n.s.
粗脂肪	74.5	77.4	n.s.
NFE ¹⁾	75.9	74.7	n.s.

1) NFE：可溶無窒素物

2) TDN=粗タンパク質×消化率+2.25×粗脂肪×消化率+NFE×消化率+粗繊維×消化率

表8に飼養成績を示した。泌乳牛試験の飼養成績は、すべての項目で有意差はなかった。

表8 飼養成績（泌乳牛）

	フレッシュTMR	発酵TMR	有意差
体重 (kg)	701	7.3	n.s.
乾物摂取量 (kg)	22.6	21.1	n.s.
飲水量 (l)	82.8	76.0	n.s.
乳量 (kg/日)	21.2	20.0	n.s.
FCM ¹⁾ 量 (kg/日)	23.0	22.3	n.s.
乳脂率 (%)	4.67	4.73	n.s.
乳タンパク質率 (%)	3.71	3.72	n.s.
乳糖率 (%)	4.41	4.41	n.s.
無脂固形分率 (%)	9.12	9.13	n.s.

1) FCM：脂肪率4%換算乳量

表9に窒素利用性を示した。窒素出納、摂取窒素配分率において飼料間の差はなかった。尿素窒素、菌体窒素合成効率も差はなかった。

表9 窒素利用性（泌乳牛）

	フレッシュTMR	発酵TMR	有意差
窒素出納 (g/日)			
摂取窒素	497.1	475.4	n.s.
ふん中窒素	192.9	170.4	n.s.
尿中窒素	154.8	173.0	n.s.
乳中窒素	121.9	115.7	n.s.
蓄積窒素	27.5	16.3	n.s.
摂取窒素配分率 (%)			
ふん中窒素	38.9	35.8	n.s.
尿中窒素	31.2	36.4	n.s.
乳中窒素	24.7	24.5	n.s.
蓄積窒素	5.2	3.3	n.s.
尿素窒素 (mg/dl)	16.3	15.5	n.s.
菌体窒素合成効率 (g/DOMkg/日)	14.8	15.2	n.s.

表10に第一胃内容液性状を示した。泌乳牛試験のルーメン内容液は、発酵飼料を給与することで、酢酸/プロピオン酸比の低下が懸念されたが、両区間に差はなく、微生物活性の抑制には至らなかったと考える。

表10 第一胃内容液性状（泌乳牛）

	フレッシュTMR	発酵TMR	有意差
pH	6.56	6.52	n.s.
VFA ¹⁾ 生成量 (mM/dl)			
酢酸	7.20	7.26	n.s.
プロピオン酸	2.19	2.01	n.s.
酪酸	1.56	1.57	n.s.
総酸	10.94	10.805	n.s.
VFA生成割合 (重量%)			
酢酸	65.8	66.9	n.s.
プロピオン酸	20.0	18.5	n.s.
酪酸	14.3	14.5	n.s.
酢酸/プロピオン酸比	3.3	3.6	n.s.

1) VFA：揮発性脂肪酸

表11に血液性状を示した。尿素窒素は飼料中の窒素の最終代謝産物であるが、両区とも摂取タンパク質の不足がなかったことが確認できた。総コレステロールの数値から、エネルギー充足や肝機能には問題がないものと判断された。

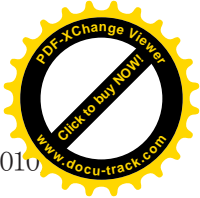
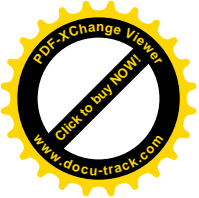


表11 血液性状 (泌乳牛)

	フレッシュTMR	発酵TMR	有意差
ヘマトクリット	34.3	35.3	n.s.
総蛋白 (g/dl)	7.5	6.9	n.s.
GOT (IU/l)	53.8	58.0	n.s.
GPT (IU/l)	25.3	24.0	n.s.
総コレステロール (mg/dl)	213.8	216.5	n.s.
血糖 (mg/dl)	60.8	60.8	n.s.
尿素窒素 (mg/dl)	15.5	15.3	n.s.
Ca (mEq/l)	11.0	11.7	n.s.

〔試験3〕発酵特性

表12にロール発酵TMRの発酵品質を示した。水分は経時的に減少しているが、変化の程度は小さかった。pHも調製7日目から365日まで変化はなかった。乳酸含量は貯蔵日数が経つにつれて上昇し、酢酸含量も上昇した。酪酸は調査期間中には検出されなかった。VBN/TNも貯蔵日数が経つにつれて上昇した。

表12 ロール発酵TMR発酵品質 (秋季調製)

項目	水分 (%)	pH	乳酸 酢酸 酪酸			VBN/TN ¹⁾ (%)
			(現物中 (%))			
調製時	42.0	5.0	1.33	0.21	0.00	3.43
7日目	41.8	4.4	2.53 ^a	0.51 ^a	0.00	3.70 ^a
14日目	40.2	4.3	2.63 ^a	0.51 ^a	0.00	3.70 ^a
30日目	41.7	4.3	2.86 ^{ab}	0.56 ^{ab}	0.00	4.06 ^a
60日目	40.3	4.2	2.93 ^b	0.63 ^{ab}	0.00	4.33 ^a
365日目	40.8	4.3	3.46 ^c	0.71 ^b	0.00	5.70 ^b

1) アンモニア態窒素含量/全窒素含量
各項目内同一列の異符号間に有意差あり (p<0.05)

考 察

TMRを発酵させることにより、乳酸が約3%生成された。その発酵TMRを給与することにより、ルーメン内では乳酸からプロピオン酸が生成されることから、ルーメン内の酢酸/プロピオン酸比の低下が懸念されたが、乾乳牛、泌乳牛の飼養試験では低下は認められなかった。

今回の乾乳牛を用いた消化試験において、消化率、窒素利用性、第一胃内容性状、血液性状は、発酵TMRはフレッシュTMRと同等の成績であった。

また、泌乳牛を用いた消化試験も消化率、窒素

利用性、泌乳成績、乳成分、第一胃内容性状、血液性状は、発酵TMRはフレッシュTMRと同等の成績であった。

秋季調製におけるロール発酵TMRは、7日目には、pHが4.4に下がり、乳酸含量が2.5%以上となり発酵が安定したと考えられる。全窒素中のVBNの割合は徐々に上昇しているが、品質的には問題にならない程度の上昇であった。本試験での発酵の特徴は、調製後1年間の保存で乳酸含量が増加していることである。TMRは、発酵に利用されるエネルギーが豊富にあるので、このような結果になったと考える。

以上の結果から、トウモロコシを主体としたTMRは細断型ロールペールで成型し発酵貯蔵しても品質は安定しており、フレッシュTMRと同等の飼料特性と乳生産性であったことから、発酵によってTMR全体の栄養価を低下させることはなかったと考えられる。

なお本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「粗飼料多給による日本型家畜飼養技術の開発」の予算で実施したものである。

文 献

- 1) 阿部亮. 栄養実験のための分析法. 新編動物栄養試験法. 第一版. 養賢堂. 455-496. 2001
- 2) 志藤博克・山名伸樹. 日本草地学会誌. 47. 610-614. 2002
- 3) 粗飼料品質評価ガイドブック. 自給飼料品質評価研究会. 日本草地畜産種子協会. 2001
- 4) 高山介作・山下政道・多賀伸夫・岡田和明. 岡山県総合畜産研究センター研究報告. 5号. 9-14. 1994
- 5) 高山介作・秋山俊彦・難波博一・岡田和明. 岡山県総合畜産研究センター研究報告. 6. 21-26. 1995
- 6) 農林水産省農林水産技術会議事務局編. 日本飼養標準 (乳牛). 中央畜産会. 1999