

フレキシブルコンテナバッグにより調製した発酵TMRの発酵品質とその長期給与が乳牛の生産性に及ぼす影響

田淵 雅彦・竹縄徹也・北田寛治・東山雅人・紀川将之・新居康生

要 約

細断型ロールペーラにより成形シラップフィルムで梱包した発酵TMRと、フレコンバッグを利用して簡易に調製した発酵TMRの発酵品質の比較を行った。また、フレコンバッグにより調製した発酵TMRの長期給与が生産性に及ぼす影響について調査を行った。調製に必要な機械の数はフレコン区が少なかったものの、1梱包あたりの資材コストはフレコン区が高かった。発酵品質は調製時期、調製方法にかかわらず、良好な発酵品質が得られた。当所慣行のTMRを給与する区と同一組成の発酵TMRを給与する区を設け、乳牛の生産性を比較したところ区間で差は認められなかった。保管場所の確保に留意する必要があるものの、フレコン式発酵TMRにより泌乳牛用の飼料を代替することが可能であり、労働力の弾力的な運用によって作業の省力化が期待できる。

目 的

発酵混合飼料（以下発酵TMR）は、家畜に必要な栄養素を充足するために必要な飼料を混合し、これを発酵させたものである。混合飼料とすることで、嗜好性の改善を図ることができ、また発酵させることにより貯蔵性の改善も図ることができる。成分に季節変動のある国産飼料や貯蔵の難しい食品残渣を有効に活用でき、広域に流通させることもできるため、飼料自給率向上に寄与する技術として注目されている¹⁾。また、開封後の二次発酵が生じにくい²⁾というその特性から、夏季向け飼料としての利用が期待できる。

発酵TMRの利用は大量に一括調製が可能なTMRセンターでの利用が期待されている。従来発酵TMRの調製にはフレキシブルコンテナバッグ(フレコンバッグ)が利用されることが多かったが、近年組織レベルでは高密度で発酵品質の良好な発酵TMRを調製可能な細断型ロールペーラ³⁾が導入されている。

発酵TMRには労働力の弾力的運用ができるという利点があるため、農家においても簡易にこの技術を活用することができれば、作業の省力化を図ることができる。この場合、フレコンバッグが農家でも入手が容易であり利用しやすいと考えられる。

そこで、本試験では細断型ロールペーラにより成形シラップフィルムで梱包させた発酵TMRと、フレコンバッグを利用して簡易に調製した発酵TMRの発酵品質の比較を行った。また、フレコンバッグにより調製した発酵TMRの長期給与が生産性に及ぼす影響について調査を行った。

材料および方法

1) 発酵品質の比較

(1) 発酵TMRの調製

TMRミキサーによりTMRの調製を行った。TMRの組成を表1に示す。

調製したTMRを、2通りの方法で密封した。一方

表1 発酵TMRの組成と設計成分値

材料 (%DM)	
トウモロコシサイレージ	30.0
イタリアンライグラスサイレージ	6.0
ハイキューブ	4.0
スタチ搾汁残渣サイレージ	2.5
ビートパルプ	12.0
飼料用米(加熱圧ペン)	19.5
トウフ粕(乾燥)	5.0
フスマ	9.6
大豆粕	8.0
大豆皮	2.2
炭酸カルシウム	0.9
食塩	0.2
ビタミン剤	0.2
設計成分値 (%DM)	
TDN	75.2
CP	14.4

DM: 乾物, TDN: 可消化養分総量,

CP: 粗蛋白質

は、細断型ロールベアラ(株式会社タカキタ、三重)で成形をし、ラップフィルムで梱包した(ラップ区)。もう一方は、TMRミキサーのコンベアからビニール製の内袋を敷いたフレコンバッグ(880KR-C, 株式会社フクナガエンジニアリング、大阪)にTMRを投下し、家庭用掃除機で脱気を行った後、開口部を紐で縛った(フレコン区)。発酵に伴い生じるガスを脱気するため、フレコン区には内袋に逆止弁(株式会社柏原製袋、大阪)を取り付けた。

なお、1梱包あたりの重量はラップ式では約350kgであったが、フレコン式ではラップ式よりも密度が低く同一の重量を梱包しようとした場合取り扱いが困難となるため1梱包あたりの重量は約200kgとした。

これらの調製は、H22年10月(秋貯蔵)とH23年5月(夏貯蔵)に行った。

(2) 発酵品質の分析

調製した発酵TMRは調製後0, 15, 30, 60, 90日目に開封しサンプリングを行った。

新鮮重で30gの試料に300mlの蒸留水を加え十分な攪拌の後、4℃の冷蔵庫内で一晩浸漬し、5Aの濾紙でろ過することで抽出液を得た。抽出液はガラス電極pHメーター(HM-30V, 東亜ディーケーケー株式会社、東京)でpHを測定した後、12,000rpmで5分間遠心分離を行った。遠心分離後、その上清を孔径0.45μmのフィルターでろ過し、高速液体クロマトグラフ(LC-10AD, 株式会社島津製作所、京都)を用いて分析を行った。揮発性塩基態窒素(VBN)については水蒸気蒸留法、全窒素についてはケルダール法により分析を行った。また、これらの分析結果をもとにV-スコアを算出した⁴⁾。

2) 給与実証試験

H24年5~6月、徳島県畜産研究所のフリーストールにおいて試験を実施した。当所慣行のフレッシュTMRを給与する対照区と、フレコンバッグにより調製した同一組成の発酵TMRを給与する試験区を設け、各区3頭ずつホルスタイン種泌乳牛(産次数 2.7 ± 1.6 , 分娩後日数 389.7 ± 167.6)を割り当てた。供試牛は、フリーストール内で処理区ごとに群分けを行い管理を行った。試験飼料給与期間は3週間とした。

試験飼料は、13:00に一日分を一度に給与することとし、翌日の13:00に残っていた飼料については回収した。給与量は、残飼が約1割となる量とした。また、当所慣行の管理に従い、いずれの区もイタリアンライグラスサイレージを13:00, 16:00, 8:00に別途給与することとした。給与飼料の組成は表2のとおりである。

調査項目は体重、乳量、乳成分、血液性状、第一胃内容液性状とした。体重、乳成分、血液性状、第一胃内容液性状については試験開始時と試験終

了時に調査を行い、乳量については試験期間中毎

表2 給与飼料の組成と設計成分値

材料 (%DM)	
TMR組成	
トウモロコシサイレージ	22.2
スーダングラス	11.3
アルファルファ	5.9
ヘイキューブ	4.8
泌乳牛用配合飼料	28.3
ビートパルプ	16.2
大豆粕	1.6
炭酸カルシウム	0.9
食塩	0.2
ビタミンADE	0.2
別途給与	
イタリアンライグラスサイレージ	8.4
設計成分値 (%DM)	
TDN	66.4
CP	13.5

DM：乾物，TDN：可消化養分総量，
CP：粗蛋白質

とし、夕方と翌朝にサンプリングした生乳サンプルを乳成分の分析に用いた。乳成分は、朝夕の搾乳時に採取を行い、四国生乳販売農業協同組合連合会（高松）に送付してコンビフォスFT6500CYW（フォス・ジャパン株式会社，東京）により分析を行った。体重は朝の搾乳を行った後、測定を実施した。血液、第一胃内容液は11:00に採取した。血液は頸静脈から採取を行い、マイクロヘマトクリット法によりヘマトクリット値を測定するとともに、株式会社ファルコバイオシステムズ（京都）に全血を送付して分析を依頼した。血液性状の分析は7180形自動分析装置（株式会社日立ハイテクノロジーズ，東京）によって行い、測定項目は血中総蛋白，アルブミン，A/G比，GOT， γ GPT，総コレステロール，中性脂肪，遊離脂肪酸，カルシウム，無機リン，マグネシウム，尿素窒素，血糖とした。採血後、ルーメンカテーテル（富士平工

業株式会社，東京）を用い第一胃内容液を採取し、二重のガーゼで濾過を行った後、速やかにガラス日測定を行った。搾乳は7:30と16:00に行うこと電極pHメーターでpHを測定した。第一胃内容液は-20℃で凍結保存し、後日ガスクロマトグラフ（GC-15A，株式会社島津製作所，京都）によりVFAの分析を行った。

結 果

1) 発酵品質の比較

(1) 発酵TMRの調製

作業に用いた機械と、資材のコストを表3に示す。

フレコン区では、ラップ区よりも調製に要する機械が少なかったが、資材コストは高かった。

表3 調製に用いた機械と資材コスト

	フレコン区	ラップ区		
作業に用いた機械	TMRミキサー	TMRミキサー		
	フォークリフト	フォークリフト 細断型ロールベアラ ラッピングマシン		
	2台	4台		
資材コスト/梱包	フレコンバッグ	¥1,426	ラップフィルム	¥286
	内袋	¥630	ネット	¥231
	逆止弁	¥37		
	計	¥2,093	計	¥517

(2) 発酵品質の分析

発酵品質を表4に示す。

pHは、秋夏いずれの時期に貯蔵した場合でも、15日目には4.2程度まで低下し、その後のpHの低下は小さかった。

調製方法による有機酸生成に明瞭な違いは認められなかったが、秋季に貯蔵したものは乳酸が夏季に調製したものよりも高く、酢酸はより低い傾向があった。

本試験では、プロピオン酸，酪酸はほとんど検

出されず、V-スコアはいずれの時点においても90点以上であった。

表4 発酵品質の比較

	秋季		夏季		
	フレコンラップ		フレコンラップ		
0日	pH	5.20		5.12	
	水分 (%)	43.8		50.5	
	乳酸 (%FM)	1.78		1.49	
	酢酸 (%FM)	0.17		0.33	
	VBN/TN (%)	1.1		2.4	
	V-スコア	100		99	
15日	pH	4.30	4.22	4.19	4.16
	水分 (%)	44.6	43.0	49.3	47.0
	乳酸 (%FM)	4.93	5.56	3.42	3.75
	酢酸 (%FM)	0.44	0.44	0.83	0.88
	VBN/TN (%)	1.5	1.9	2.5	2.6
	V-スコア	98	98	95	95
30日	pH	4.20	4.21	4.24	4.05
	水分 (%)	44.3	44.4	48.1	48.5
	乳酸 (%FM)	6.16	6.10	3.46	4.51
	酢酸 (%FM)	0.59	0.40	1.40	1.06
	VBN/TN (%)	2.6	2.6	2.7	3.0
	V-スコア	97	98	91	93
60日	pH	4.22	4.19	4.14	4.05
	水分 (%)	43.9	44.0	49.8	49.4
	乳酸 (%FM)	6.38	5.12	2.72	3.96
	酢酸 (%FM)	0.65	0.51	2.03	1.27
	VBN/TN (%)	2.9	2.2	3.7	4.4
	V-スコア	96	98	90	92
90日	pH	4.13	4.19	4.11	4.01
	水分 (%)	43.2	41.9	48.9	50.6
	乳酸 (%FM)	5.80	5.55	3.86	4.52
	酢酸 (%FM)	0.74	0.54	1.32	1.42
	VBN/TN (%)	2.8	2.5	4.4	4.6
	V-スコア	96	97	91	91

VBN：揮発性塩基態窒素，TN：全窒素

表5 飼養成績

	試験開始時		試験終了時		t-test	
	試験区	対照区	試験区	対照区	開始時*終了時 (試験区)	試験区*対照区 (試験終了時)
体重 (kg)	770.7 ± 26.7	727.7 ± 51.4	765.0 ± 40.5	725.7 ± 52.8	ns	ns
乳成分						
乳脂率 (%)	4.35 ± 0.22	4.07 ± 0.51	4.69 ± 0.23	4.43 ± 0.29	ns	ns
乳蛋白質率 (%)	3.80 ± 0.11	3.49 ± 0.13	3.69 ± 0.10	3.40 ± 0.19	ns	ns
無脂固形分率 (%)	9.22 ± 0.06	8.86 ± 0.19	9.05 ± 0.11	8.77 ± 0.20	ns	ns
MUN (mg/dl)	9.8 ± 0.3	11.6 ± 0.5	8.4 ± 0.1	9.4 ± 0.1	*	**

平均値±標準誤差. ns：有意差なし，*：p<0.05，**：p<0.01.

MUN：乳中尿素窒素

2) 給与実証試験

試験期間中、区間で乳量に有意差は認められず、同水準で推移した(図1)。乳成分では、MUNにおいて試験区の試験開始時と終了時、また試験終了時に試験区と対照区間で有意な差が認められた(表5)。

第一胃内容液性状では、試験終了時に試験区でpHが有意に高かったが、総VFAの量において有意な差は認められなかった。VFAの組成では、試験終了時に試験区で酪酸、イソ吉草酸の濃度が有意に低かった。

血液性状では試験終了時において、試験区で血中遊離脂肪酸濃度が開始時よりも有意に高い値となった(表6)。

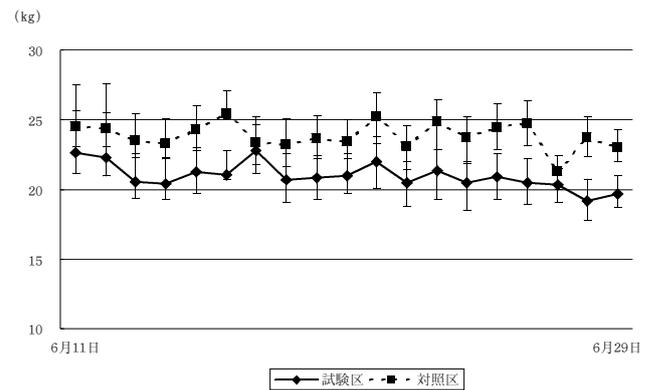


図1 試験期間中の乳量の推移

上下線は標準誤差

表6 第一胃内容液性状および血液性状

	試験開始時		試験終了時		t-test	
	試験区	対照区	試験区	対照区	開始時*終了時 (試験区)	試験区*対照区 (試験終了時)
第一胃内容液性状						
胃液pH	7.05 ± 0.08	6.91 ± 0.02	7.07 ± 0.02	6.83 ± 0.06	ns	*
総VFA (mM)	6.71 ± 0.65	7.83 ± 0.34	7.14 ± 0.43	8.44 ± 0.52	ns	ns
酢酸 (mM)	4.47 ± 0.33	5.35 ± 0.26	5.09 ± 0.29	5.80 ± 0.37	ns	ns
プロピオン酸 (mM)	1.15 ± 0.13	1.39 ± 0.06	1.25 ± 0.10	1.48 ± 0.11	ns	ns
酪酸 (mM)	0.75 ± 0.12	0.87 ± 0.04	0.61 ± 0.04	0.90 ± 0.05	ns	*
イソ吉草酸 (mM)	0.18 ± 0.04	0.12 ± 0.01	0.10 ± 0.00	0.14 ± 0.01	ns	**
n吉草酸 (mM)	0.17 ± 0.05	0.10 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.12 ± 0.01	ns	ns
血液性状						
総蛋白 (g/dl)	7.3 ± 0.2	7.6 ± 0.2	7.6 ± 0.2	8.0 ± 0.2	ns	ns
アルブミン (g/dl)	3.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	3.6 ± 0.1	3.5 ± 0.2	ns	ns
A/G比	0.9 ± 0.0	0.8 ± 0.0	0.9 ± 0.0	0.8 ± 0.1	ns	ns
AST (U/l)	69.3 ± 6.1	80.0 ± 9.6	58.3 ± 5.0	77.3 ± 11.7	ns	ns
γ-GT (U/l)	33.0 ± 2.1	26.7 ± 3.4	32.0 ± 0.6	26.3 ± 3.2	ns	ns
総コレステロール (mg/dl)	166.3 ± 9.6	177.7 ± 13.9	165.0 ± 6.9	184.0 ± 13.5	ns	ns
中性脂肪 (mg/dl)	4.3 ± 0.7	4.3 ± 0.7	6.0 ± 0.6	6.3 ± 1.2	ns	ns
遊離脂肪酸 (mEq/l)	0.09 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.14 ± 0.02	0.12 ± 0.00	*	ns
カルシウム (mg/dl)	9.7 ± 0.1	10.0 ± 0.3	9.8 ± 0.1	10.1 ± 0.1	ns	ns
無機リン (mg/dl)	5.9 ± 0.4	4.8 ± 0.1	4.5 ± 0.6	4.6 ± 0.1	ns	ns
マグネシウム (mg/dl)	2.6 ± 0.0	2.5 ± 0.1	2.8 ± 0.1	2.7 ± 0.0	ns	ns
尿素窒素 (mg/dl)	15.2 ± 0.5	14.0 ± 1.2	11.8 ± 0.4	12.9 ± 0.3	ns	ns
血糖 (mg/dl)	60.7 ± 2.6	63.3 ± 0.9	59.7 ± 2.3	59.7 ± 2.2	ns	ns

平均値±標準誤差, ns: 有意差なし, *: p<0.05, **: p<0.01.

VFA: 揮発性脂肪酸

考 察

一般の農家が保有している機械であっても、資材コストは割高となるもののフレコンバッグを利用することで発酵TMRの調製を比較的容易に行うことができた。また、発酵品質については貯蔵時期によって有機酸の生成に違いがみられたものの、調製方法にかかわらず良好な発酵品質が得られた。服部らの調査では、冬季(1月, 2月~)に貯蔵した発酵TMRは、7週経過しても乳酸の生成量が2%FMにも満たないという結果が得られている⁵⁾が、本試験では比較的冷涼な秋季に貯蔵した場合

でも、15日で乳酸含量が3%FMを越える結果となった。組成の違いが原因の一つとして推察されるが、組成の違いが有機酸生成に及ぼす影響については詳細な調査が必要である。

給与実証試験において、第一胃内容液性状で試験終了時に区間で差が認められた。有意な差は認められなかったものの対照区で総VFAの生成量が高い傾向にあり、このため対照区でpHが低く酪酸、イソ吉草酸の濃度が高くなったものと推察する。試験開始時においても同様の傾向があったことから、飼料の影響よりも区間での個体の影響が大き

いと考えられた。血液性状では、試験区において給与前と給与後で遊離脂肪酸で差がみられたが、正常範囲内であった⁶⁾⁷⁾⁸⁾。

乳成分ではMUNにおいて区間および試験前後で差がみられた。これは発酵TMR中の単少糖類の分解や蛋白の分解性の変化が貯蔵の過程で生じたことが原因となったと推察されるが、今後詳細な調査が望まれる。

生乳生産においては差は認められず、血液性状も正常であったことから、慣行的に用いているTMRを発酵TMRとして調製・給与しても、遜色ない生産性が得られると考えられた。

農家において発酵TMRを利用する上で、課題となると考えられるのが保管場所である。ラップ区では細断型ロールペーラを用いることで高密度での調製が可能である⁹⁾が、フレコンにより調製した場合はラップ区よりも密度が低く、このため敷地内に保管できる発酵TMRの量が少なくなる。泌乳牛用の飼料として発酵TMRを用いる場合は、1回の飼料給与につき多数の梱包が必要となると考えられ、日常的に給与するのであれば一定期間ごとに調製し補充する必要があると思われる。しかし、機械の故障時など短期間の飼料の代替を想定した利用であれば、農閑期を利用して調製を行うことで十分な量を確保できると考えられる。また、今回の試験では検討を行っていないが、牛群中での頭数比率が少ない乾乳牛であれば、給与飼料を発酵TMRとして事前に調製しておくことで飼養管理作業の簡素化を図ることができると考えられ、今後さらなる検討が期待される。

文 献

- 1)塩谷 繁・細田謙次・松山裕城. 栄養生理研究会報, 51(2):1-5. 2007.
- 2)鈴江有里・田渕雅彦・中井文徳・後藤充宏.

徳島畜研報, 9:9-12. 2010.

- 3)至藤博克・山名伸樹. 農機誌, 62(3):157-159. 2000.
- 4)自給飼料利用研究会(編)三訂版粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地畜産種子協会, 東京, p9-10, p64-78, 2009
- 5)服部育男・神谷 充・鈴木知之・西村和志・佐藤健次・加藤直樹. 日草誌, 58(3):173-182. 2005.
- 6)生産獣医療システム 乳牛編3. 社団法人農産漁村文化協会, 東京, p51, 2001
- 7)友田 勇, 臨床血液化学検査1. 学窓社, 東京, p145, p229, 1992
- 8)友田 勇, 臨床血液化学検査2. 学窓社, 東京, p79, p86, p96, p137-138, p143, 1992
- 9)至藤博克・高橋仁康・澁谷幸憲・山名伸樹. 日草誌, 51(1):87-92. 2005.