

トウモロコシサイレージ主体ロール発酵 TMR の調製・給与技術の開発

寺井智子、佐竹康明*1、家木一、岸本勇氣*2

要 約

飼料自給率向上や高位乳生産を目指した自給飼料主体 TMR の品質や貯蔵性を高めるため、細断型ロールペーラで成形梱包したロール発酵 TMR を作成し、その発酵品質や乳用牛での利用性を調査した。その結果、ロール発酵 TMR は長期間良好な発酵品質を保ち、好氣的安定性に優れていた。乳用牛での利用性においては、発酵損失が少なく、フレッシュ TMR と同等の飼料特性、生産性を有していた。また、原料中に飼料米やケールジュース粕を混合したロール発酵 TMR は、発酵品質も良好で、泌乳牛用飼料として遜色のない飼料であり、また飼料自給率の向上に寄与した。以上の結果より、自給飼料主体ロール発酵 TMR は泌乳牛用飼料として利用可能であることが示された。

キーワード：ロール発酵 TMR、食品製造副産物、飼料米、泌乳牛用飼料

緒 言

今日、国の政策として平成 27 年度の飼料自給率を 35%とする目標が掲げられている¹⁾が、平成 15 年度の飼料自給率は 24%となっており¹⁾、飼料自給率の向上が急務となっている。この飼料自給率向上を目指す上で期待されているのが、自給飼料や食品製造副産物を活用した TMR (Total mixed ration : 混合飼料) である。

TMR とは粗飼料や濃厚飼料、サプリメント等をよく混合し、家畜が必要とする全栄養分をバランスよく含んだ飼料を指す。TMR 給与は、粗飼料や濃厚飼料を分離して給与する形態と比較して、給餌作業の簡略化が可能となることに加え、選び食いが減少することで設定養分給与量を充足させやすく、さらにルーメン内発酵が酢酸優勢型となりルーメン内環境が安定する²⁾という長所がある。また、複数飼料と混合することから、高水分や嗜好性に難がある食品製造副産物等も利用可能となるケースが増えるため、自給飼料や未利用資源の利用率向上が見込まれる。

TMR の利用には、調製後そのまま給与するフレッシュ型 (未発酵型) と、サイレージ化して保存性を高める発酵型に分別され、それらの輸送は一般的にはトランスバックで行われている。自給飼料や食品製造副産物などの高水分で保存性の低い原料を利用するには発酵型が望ましいが、トランスバックでの調製、輸送では品質安定性や保存性が不安定³⁾であり、その改善が課題となっている。

一方、今日生産現場では、長大飼料作物の収穫調製作業の省力化が図られ、貯蔵施設が必要としないことから、細断型ロールペーラの普及が進んでいる。この細断型ロールペーラによる調製は、ロスも少なく、高

密度かつ均一な成形梱包により成形困難な細断材料の成形梱包が可能となり、加えて長期間良好な発酵品質を保つという特徴を持つことから、その汎用性が期待されている。^{4) 5)}

そこで、細断型ロールペーラを活用することで、高水分で保存性の低い原料を高密度に成形梱包し、高品質かつ保存性に優れたロール発酵 TMR 生産が可能と考えた。本研究では、自給飼料を多用し、細断型ロールペーラで調製するロール発酵 TMR の開発を図るため、トウモロコシサイレージを主体にしたものをベースに、飼料資源として注目される飼料米や愛媛県固有の食品製造副産物であるケールジュース粕を混合したロール発酵 TMR について、その発酵特性や乳牛における利用性を検討した。なお、本試験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」委託研究における、三重・新潟・徳島・大阪・愛媛の 5 府県協定試験にて実施したものである。

材料及び方法

【試験 1】トウモロコシサイレージ主体ロール発酵 TMR の発酵特性ならびに乳牛における利用性の検討

(1) 試験飼料の調製

表 1 に示した原料を TMR ミキサーにて混合、調製した。その後、調製した TMR を細断型ロールペーラ (MR810、タカキタ) で成形、ペールラップ (MCW1050、スター農機) にて 6 層 3 回巻で梱包し、60 日間貯蔵してロール発酵 TMR に調製した。またフレッシュ TMR は同様に調製した後、小分けしてビニール袋に入れ、冬季は冷暗所、夏季は冷蔵庫にて保管し、3 日以内に給与した。

*1 農林水産研究所企画環境部、*2 南予家畜保健衛生所

表1 供試飼料の構成と設計成分値 (乾物%)

項目	フレッシュ区	発酵区
混合割合		
コーンサイレージ	27.1	
イネサイレージ	2.0	
アルファルファヘイキューブ	11.0	
トウモロコシ(圧ペン)	8.9	
大麦(圧ペン)	6.2	
トウフ粕(乾燥)	4.3	
ビートパルプ	15.8	
大豆粕	6.0	
フスマ	16.2	
糖蜜(テン菜)	1.1	
食塩	0.2	
炭酸カルシウム	0.9	
ビタミン剤	0.2	
設計成分値		
粗タンパク質	14.4	
TDN	72.4	

(2) 試験飼料の発酵特性

冬季(2007年2月)および夏季(2008年8月)に調製したロール発酵 TMR について、発酵品質の経時的変化を調査した。試料の採材は、冬季調製では調製後 0、7、14、30、60 日目に行い、夏季調製についてはさらに 365 日目にも実施した。調査は有機酸、pH、全窒素に対する揮発性塩基態窒素(VBN)の比率(VBN/TN)を測定するとともに、試験飼料の発酵品質について V-スコア⁶⁾を求めて評価した。調査方法は、常法⁷⁾に基づきサイレージ抽出液を調製し、有機酸はサイレージ抽出液を高速液体クロマトグラフィ(LC-2000Plus、日本分光)を用いて BTB によるポストラベル法により測定した。pH はサイレージ抽出液についてガラス電極を用いて測定した。全窒素はケルダール法で、VBN はサイレージ抽出液を用いて微量拡散法により測定した。

また、ロール開封後の好氣的安定性を調査するため、秋季に調製したロール発酵 TMR (発酵区)を供試材料とし、3.5L 容発泡スチロール製容器に入れ、25°C のインキュベーター(LH-55-RD、日本医化器械製作所)内に 2 日間静置し、TMR 中心部の温度を温度記録装置(おんどとり、ティアンドデイ)により経時的に測定した。比較対照として、発酵調製しないフレッシュ TMR (フレッシュ区)についても調査した。

(3) 乳牛における利用性の検討

非妊娠の乾乳牛 2 頭および泌乳中～後期牛 4 頭(分娩後 186±22 日)を供試して、ロール発酵 TMR の給与が乳生産、飼料消化、窒素出納、ルーメン内性状および血液成分に及ぼす影響を調べた。試験処理は、前述のロール発酵調製した TMR を給与する発酵区と、

混合調製後直ちに給与するフレッシュ区の 2 処理を設け、予備期 10 日間、本期 4 日間を 1 試験期とするクロスオーバー法で試験を行った。飼料給与量は、乾乳牛においては体重の維持に要する可消化養分総量(TDN)⁸⁾の 150%相当量とし、泌乳牛においては自由採食とした。供試牛はタイストールで繋養し、飲水は自由摂取とした。

(4) 試料の摂取と分析

供試飼料および乳牛消化試験で採取した糞と尿の一般成分は、常法^{9) 10)}によって分析した。

泌乳牛における飼養試験において、乳量は搾乳時(7:00、16:00)にミルクメーターで測定した。乳成分は各搾乳時のサンプルを分析に供し、赤外線自動分析計(ミルコスキャン FT120、Foss Electric)を用いて測定した後、乳量による加重平均を行って本期間における乳成分値とした。

乳牛飼養試験では、本期 4 日目の朝飼料給与前と給与 3 時間後に血液と第一胃内容液を採取し、各性状を調べた。血液は、頸静脈よりヘパリンナトリウム入り試験管に採取した後、速やかに 3000rpm で 10 分間の遠心分離で得られた血漿について、グルタミン酸-オキサロ酢酸転移酵素(GOT)、尿素態窒素(BUN)、グルコース、総コレステロール、カルシウムおよびリンの各濃度を自動生化学分析装置(富士ドライケム 3500S、富士フィルム)により分析した。

ルーメン内容液は、経口カテーテルで採取し、pH および揮発性脂肪酸(VFA)を測定した。pH は採取後 2 重ガーゼで 2 回ろ過し、直ちにガラス電極を用いて測定した。VFA は、pH 測定後の試料を 3000rpm で 30 分間遠心分離し、その上澄み部を液体クロマトグラフィにより測定した。

(5) 統計処理

各調査項目について、処理間の有意差を、対応のある t 検定により解析した。

【試験 2】飼料米を混合したロール発酵 TMR の発酵特性ならびに乳牛における利用性の検討

(1) 試験飼料の調製

飼料原料中にトウモロコシおよび大麦を混合したロール発酵 TMR (対照区)に対し、飼料米(圧ペン玄米)でトウモロコシおよび大麦を代替したロール発酵 TMR を試験区(飼料米区)として、表 2 に示した原料を各区 TMR ミキサーにて混合、試験 1 のロール発酵 TMR と同様に細断型ロールペーラで成形、梱包した。その後 60 日間貯蔵してロール発酵 TMR に調製した。

(2) 試験飼料の発酵特性

秋季(2008年10月)に調製した飼料米混合ロール

発酵 TMR について、発酵品質の経時的変化を調査した。試料の採材は調製後 30、50、60 日目に行い、調査項目および分析方法は試験 1 に準じた。比較対照として、トウモロコシ、大麦を混合したロール発酵 TMR についても調査した。

表2 供試飼料の構成と設計成分値 (乾物%)

項目	飼料米区	対照区
混合割合		
コーンサイレージ	27.1	27.1
イネアサイレージ	2.0	2.0
アルファルファヘイキューブ	10.9	11.0
飼料米(圧ベン玄米)	17.8	-
トウモロコシ(圧ベン)	-	13.7
大麦(圧ベン)	-	10.2
トウフ粕(乾燥)	5.0	5.0
ビートパルプ	11.1	8.8
大豆粕	6.4	6.4
フスマ	17.5	13.7
糖蜜(テン菜)	0.8	0.8
食塩	0.2	0.2
炭酸カルシウム	0.9	0.9
ビタミン剤	0.2	0.2
設計成分値		
粗タンパク質	15.3	15.3
TDN	73.9	73.9

(3) 乳牛における利用性の検討

非妊娠の乾乳牛 4 頭および泌乳中～後期牛 4 頭(分娩後 267±42 日)を供試して、穀類を飼料米で代替したロール発酵 TMR の給与が乳生産、飼料消化、窒素出納、ルーメン内性状および血液成分に及ぼす影響を調べた。試験処理は、前述の飼料米を混合したロール発酵 TMR を給与する飼料米区と、トウモロコシ、大麦を混合した対照区の 2 処理を設け、予備期 10 日間、本期 4 日間を 1 試験期とするクロスオーバー法で試験を行った。飼料給与量は、乾乳牛においては体重の維持に要する TDN⁸⁾ の 150%相当量とし、泌乳牛においては自由採食とした。供試牛はタイストールで繋養し、飲水は自由摂取とした。

(4) 試料の摂取と分析

供試飼料および消化試験で採取した糞と尿の一般成分および泌乳成績の分析は試験 1 に準じて行った。血液性状とルーメン内性状については、試料の採材と測定項目は試験 1 と同様としたが、血液成分の分析は自動生化学分析装置(スポットケム SP4410、アークレイ)で、第一胃内容液の VFA 分析を乾乳牛は液体クロマトグラフィで、泌乳牛はガスクロマトグラフィで、それぞれ行った。

(5) 統計処理

試験 1 と同様とした。

【試験 3】 ケールジュース粕を混合したロール発酵 TMR の発酵特性ならびに乳牛における利用性の検討

(1) 試験飼料の調製

飼料原料中にアルファルファヘイキューブを混合したロール発酵 TMR (対照区) に対し、アルファルファヘイキューブとの代替利用が可能とされるケールジュース粕^{11) 12)} を混合したロール発酵 TMR を試験区(ケール粕区)とし、表 3 に示した原料を各区 TMR ミキサーにて混合、試験 1 のロール発酵 TMR と同様に細断型ロールペーラで成形、梱包した。その後 60 日間貯蔵してロール発酵 TMR に調製した。

表3 供試飼料の構成と設計成分値 (乾物%)

項目	ケール粕区	対照区
混合割合		
コーンサイレージ	36.9	27.1
イネアサイレージ	4.2	2.0
アルファルファヘイキューブ	-	11.0
トウモロコシ(圧ベン)	7.4	8.9
大麦(圧ベン)	2.4	6.2
ケールジュース粕サイレージ	10.9	-
トウフ粕(乾燥)	5.6	4.3
ビートパルプ	7.4	15.8
大豆粕	5.9	6.0
フスマ	16.2	16.2
糖蜜(テン菜)	1.5	1.1
食塩	0.3	0.3
炭酸カルシウム	1.2	1.2
ビタミン剤	0.3	0.3
設計成分値		
粗タンパク質	15.2	15.3
TDN	72.5	72.4

(2) 試験飼料の発酵特性

冬季(2007 年 12 月)に調製したケールジュース粕混合ロール発酵 TMR について、発酵品質の経時的変化を調査した。試料のサンプリングは調製後 0、7、14、30、60、365 日目に行った。調査項目および分析方法は、試験 1 に準じた。

(3) 乳牛における利用性の検討

泌乳後期牛 4 頭(分娩後 461±55 日)を供試して、ケールジュース粕を混合したロール発酵 TMR の給与が乳生産とルーメン内性状に及ぼす影響を調べた。試験処理は、前述のケールジュース粕混合ロール発酵 TMR を給与するケール粕区と、アルファルファヘイキューブ混合ロール発酵 TMR を給与する対照区の 2 処理を設け、予備期 10 日間、本期 4 日間を 1 試験期とするクロスオーバー法で試験を行った。飼料給与量は、体重の維持と産乳に要する TDN⁸⁾ の 105%相当量とした。供試牛はタイストールで繋養し、飲水は自由摂取とした。

(4) 試料の摂取と分析

乳牛飼養試験における乳量、ルーメン内性状の測定は、試験 1 に準じて行った。

(5) 統計処理

試験 1 と同様とした。

結果および考察

【試験 1】 トウモロコシサイレージ主体ロール発酵 TMR の発酵特性ならびに乳牛における利用性の検討

(1) 発酵特性

ロール発酵 TMR の有機酸および pH の推移について、冬季調製を図 1 に、夏季調製を図 2 に示した。冬季調製は、貯蔵 30 日目までは乳酸含量が 1% 程度、pH が 5 前後で推移したが、60 日目には乳酸含量が 1.9% に増加し、pH が 4.3 に低下した。一方、夏季調製は、調製直後の乳酸含量が 1% 程度、pH が 5.2 であったが、貯蔵 7 日目には乳酸含量が 2.1% に増加するとともに、pH は 4.4 まで低下しており、冬季調製と比べて発酵が速やかに進んだことが示された。また、貯蔵 7 日目以降は 365 日目まで乳酸含量は緩やかに増加、pH は同様に緩やかに低下した。サイレージの最適貯蔵温度は 15~20℃ とされており、糖含量の高い原料の場合には 30℃ の高温期の貯蔵でも悪影響は受けないとされている¹³⁾。トウモロコシ主体ロール TMR はその原料に濃厚飼料や糖蜜が含まれていることから糖含量が高いため、30℃ 以上の貯蔵温度においても夏季調製のロール発酵 TMR は良好な発酵が進んだと考えられる。一方、冬季調製のものは図 3 に示したとおり、貯蔵期間の大半が 10℃ 以下の低い温度であったため、乳酸菌の活動が緩慢となり、乳酸発酵が緩やかに進んだものと推察

される。

ロール発酵 TMR の VBN/TN および V スコアの推移について、冬季調製を図 4、夏季調製を図 5 に示した。VBN/TN は、冬季調製においては貯蔵 60 日目に有意に高い値を示したのに対し、夏季調製では貯蔵 7 日目から徐々に増加する傾向を示した。V スコアについて、夏季調製においては旺盛な乳酸発酵により、貯蔵 365 日目においても酪酸がほとんど認められなかったため、90 点以上の高い値を示したが、冬季調製では乳酸発酵が緩やかに進んだことから、若干の酪酸の発生がみられたため、貯蔵 30 日目以降は 80 点台に低下した。しかしながら、V スコアの評価は 80 点以上が「良」とされており⁶⁾、いずれの時期の調製においても発酵品質に問題はないと思われた。

ロール開封後の発酵 TMR における品温の変化を図 6 に示した。好気的変敗を示す指標として、バンクライフという環境温度と品温の差が 2℃ を示すまでの期間¹⁴⁾ が用いられるが、フレッシュ区は開封 20 時間後から品温が上昇し始め 48 時間後には 4℃ 以上品温が上昇したのに対し、発酵区は 48 時間経っても品温の上昇はみられず、発酵区のバンクライフはフレッシュ区より長く、発酵 TMR は好気的安定性に優れていることが明らかとなった。この発酵型 TMR における好気的安定性については、ヘテロ型乳酸菌がもたらす酢酸やエタノールの関与が指摘されている^{15) 16) 17)}。本試験で用いたロール発酵 TMR の有機酸組成は、乳酸だけでなく酢酸の増加も確認されたことから、この発酵型が好気的安定性に優れたヘテロ型乳酸発酵であったと推察される。

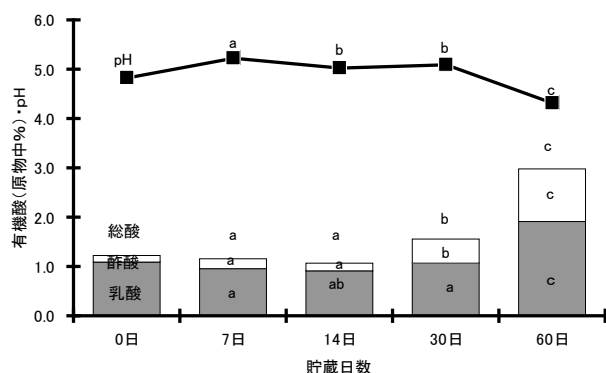


図1 冬季に調製したロール発酵TMRの有機酸およびpH
注) 異符号間に有意差あり(なお0日はn=1のため検定外)

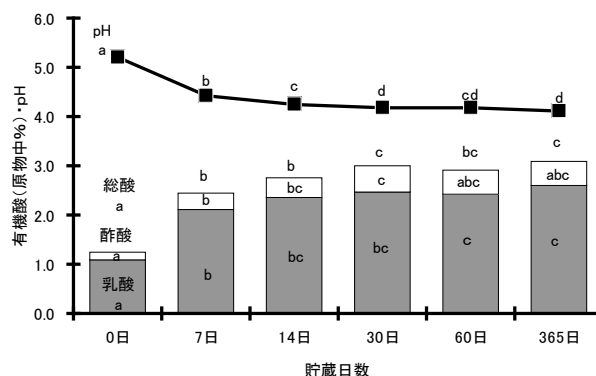


図2 夏季に調製したロール発酵TMRの有機酸およびpH
注) 異符号間に有意差あり

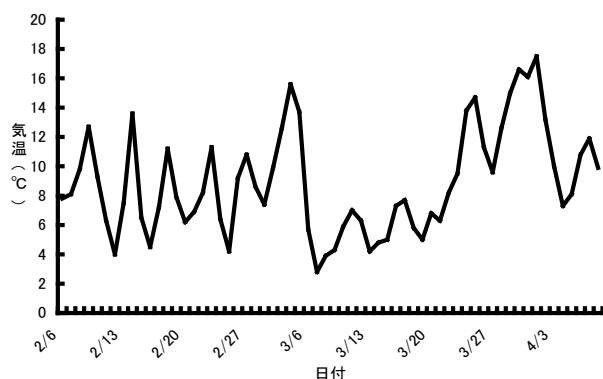


図3 冬季調製ロール発酵TMRの貯蔵温度

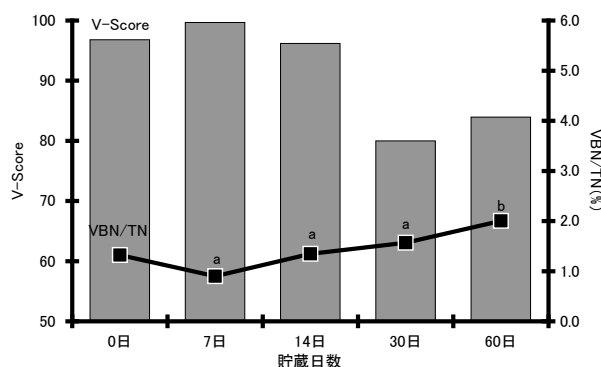


図4 冬季に調製したロール発酵TMRのVBN/TNおよびV-Score
注)異符号間に有意差あり(なお0日はn=1のため検定外)

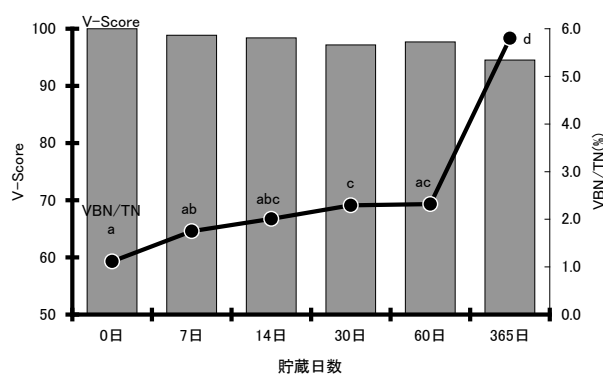


図5 夏季に調製したロール発酵TMRのVBN/TNおよびV-Score
注)異符号間に有意差あり

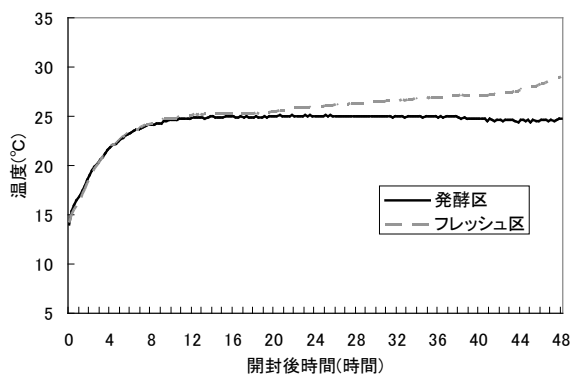


図6 一定温度条件下でのTMRの温度推移

(2) 乳牛における利用性

乳牛飼養試験における給与飼料の成分消化率と窒素出納の結果を表4に示した。泌乳牛において粗脂肪の消化率が、対照区と比較して発酵区で有意に高い値を示したが、その他の成分では処理による差がなく、この結果を受けて、供試飼料の実測 TDN も処理による

差がみられなかった。TMRの発酵調製において懸念されるのが、発酵による養分損失であるが、本結果からはロール発酵 TMR の養分損失は少ないことが明らかとなった。また、窒素出納についても処理による差はみられず、TMRの発酵調製が乳牛の飼料消化や窒素出納に及ぼす影響は少ないことが明らかとなった。

表4 消化率および栄養価

	乾乳牛		泌乳牛	
	発酵区	フレッシュ区	発酵区	フレッシュ区
消化率(%)				
有機物	77.9	75.3	69.1	67.6
粗タンパク質	72.2	70.8	64.0	64.3
粗脂肪	79.1	79.3	75.8 ^a	71.0 ^b
粗繊維	73.9	71.4	59.9	58.4
NFE ¹⁾	80.6	77.5	73.3	71.1
TDN ²⁾	74.2	72.3	66.6	64.7
窒素分配率(%)				
糞中	27.8	29.2	36.0	35.7
尿中	57.6	57.0	29.4	27.3
乳中	-	-	26.4	28.0
蓄積	14.6	13.8	8.3	9.0

注)異符号間に有意差あり(p<0.05)

1) NFE: 可溶無窒素物
2) TDN: 可消化養分総量

表5 飼養成績およびルーメン内容液、血液性状

	乾乳牛		泌乳牛	
	発酵区	フレッシュ区	発酵区	フレッシュ区
飼養成績				
体重(kg)	604	603	635	631
乾物摂取量(kg/日)	9.5 ^a	10.2 ^b	20.6	21.0
ルーメン内容液性状				
pH	7.13	7.18	6.45	6.51
総VFA(mM/dl)	7.20	6.17	5.16	4.79
A/P ¹⁾	3.62	3.24	3.00	3.06
血液性状				
GOT(IU/L)	35.0 ^a	54.5 ^b	43.0	47.0
BUN ²⁾ (mg/dL)	16.4	17.4	14.3	13.5
血糖(mg/dL)	65.5	67.0	46.5	46.8
総コレステロール(mg/dL)	113.5	124.0	141.0	132.0
カルシウム(mg/dL)	8.3	9.3	8.3	7.7
リゾ(mg/dL)	5.0	5.8	4.1	3.7

注)異符号間に有意差あり(p<0.05)

1) A/P: 酢酸、プロピオン酸比
2) BUN: 血中尿素態窒素

乾物摂取量、ルーメン内性状および血液性状を表 5 に示した。乾乳牛において発酵区の乾物摂取量がフレッシュ区より有意に低かったが、泌乳牛では処理間に差はなかった。また、ルーメン内性状では処理による差はなく、血液性状では乾乳牛で発酵区の GOT がフレッシュ区より有意に低かったものの、いずれの成分も異常を示す数値ではなかった。泌乳成績も表 6 に示したとおり、いずれも処理による差はなく、TMR を発酵調製しても乳牛の生産性や血液およびルーメン内性状には影響しないことが示された。

表6 泌乳成績

	発酵区	フレッシュ区
乳量(kg/日)	26.8	27.3
乳脂率(%)	3.89	3.83
乳蛋白質率(%)	3.14	3.24
乳糖率(%)	4.63	4.65
無脂固形分率(%)	8.78	8.79

【試験 2】飼料米を混合したロール発酵 TMR の発酵特性ならびに乳牛における利用性の検討

(1) 発酵特性

飼料米を混合したロール発酵 TMR の発酵品質を表 7 に示した。期間を通じて飼料米区は、対照区と比べて乳酸含量は 0.2%以上高く、pH は 0.2 程度低い値を示し、飼料米区は対照区より乳酸発酵が進んでいたと考えられる。発酵品質に影響を与える要因として、気密性や水分含量、原料の乾物中水溶性糖 (WSC) 含量、原料密度および貯蔵温度といわれている¹³⁾。これらのうち、気密性や水分含量、貯蔵温度は同程度であり、WSC 含量は今回未調査であったが、原料密度については飼料米の粒度はトウモロコシより小さいため、試験区の方が対照区より原料密度が高いと推察され、このことが飼料米混合ロール発酵 TMR での良好な発酵品

表7 飼料米を使用したロール発酵TMRの発酵品質

区分	乳酸(FM%)		酢酸(FM%)		総酸(FM%)	
	飼料米区	対照区	飼料米区	対照区	飼料米区	対照区
30日	2.67	2.44	0.52	0.55	3.19	2.99
50日	2.75	2.51	0.64	0.60	3.39	3.11
60日	2.77	2.56	0.56	0.61	3.33	3.17
区分	pH		VBN/TN(%)		V-Score	
	飼料米区	対照区	飼料米区	対照区	飼料米区	対照区
30日	3.86	4.08	1.92	1.77	98	97
50日	4.04	4.23	2.08	1.97	97	97
60日	4.05	4.24	2.07	1.97	97	97

質につながったと考えられる。

(2) 乳牛における利用性

乳牛飼養試験における給与飼料の成分消化率と窒素出納の結果を表 8 に示した。乾乳牛において可溶無窒素物 (NFE) 消化率および TDN が、対照区と比べて飼料米区が有意に低い値を示したが、泌乳牛では同等の値であった。乾乳牛は、泌乳牛より乾物摂取量が少なくルーメン内滞留時間が長いこと、第一胃内分解速度がトウモロコシより速い飼料米¹⁸⁾のルーメン内 NFE 分解の差がより大きく反映されたと思われる。TDN の低下はそれに起因したものと考えられる。一方で窒素出納については処理に差はみられず、窒素の利用性に飼料米の混合は影響しないことが示された。

乾物摂取量、ルーメン内容液および血液性状は表 9 に示したとおり、いずれも処理間に差はなかった。飼料米は消化速度が速い¹⁸⁾ことから、多量摂取によるルーメンアシドーシスの発生¹⁹⁾が懸念されていたが、本結果より乾物割合で濃厚飼料の 30%の混合であれば、乳牛のルーメン発酵には問題ないことが示された。

泌乳成績について (表 10)、本試験では飼料米区の乳量が対照区より有意に低い結果となった(P<0.05)。しかしながら、本試験と同処理の泌乳牛 12 頭分のデータを集計した結果では飼料米混合ロール発酵 TMR の給与による乳生産の低下は認められず²⁰⁾、その影響は小さいものと考えられる。

また、飼料原料中の自給率は表 2 のとおり、乾物割合で対照区 34.1%に対し、飼料米区は 51.9%となり、飼料米をトウモロコシおよび大麦の代替としてロール発酵 TMR に混合することで、飼料自給率の向上が可能となった。

表8 消化率および栄養価

	乾乳牛		泌乳牛	
	飼料米区	対照区	飼料米区	対照区
消化率(%)				
有機物	74.3	75.5	71.6	71.5
粗タンパク質	70.9	72.5	69.5	69.5
粗脂肪	83.1	83.0	66.5	67.0
粗繊維	65.6	66.1	60.3	58.3
NFE ¹⁾	77.5 ^a	79.0 ^b	67.0	68.2
TDN ²⁾	71.5 ^a	73.2 ^b	63.3	64.2
窒素分配率(%)				
糞中	29.1	27.5	30.5	30.5
尿中	57.2	63.1	35.2	32.7
乳中	-	-	25.8	26.9
蓄積	13.7	9.4	8.4	9.9

注)異符号間に有意差あり(p<0.05)

1) NFE: 可溶無窒素物
2) TDN: 可消化養分総量

表9 飼養成績およびルーメン内容液、血液性状

	乾乳牛		泌乳牛	
	飼料米区	対照区	飼料米区	対照区
飼養成績				
体重(kg)	634	635	710	701
乾物摂取量(kg/日)	8.3	8.3	22.2	22.8
ルーメン内容液性状				
pH	6.78	6.84	6.48	6.75
総VFA(mM/dl)	9.52	9.48	10.08	9.94
A/P ¹⁾	3.93	3.96	3.44	3.60
血液性状				
GOT(IU/L)	27.3	26.3	57.5	55.5
BUN ²⁾ (mg/dL)	13.0	14.3	18.8	18.3
血糖(mg/dL)	81.5	80.8	69.8	71.0
総コレステロール(mg/dL)	119.0	113.5	170.0	174.3
カルシウム(mg/dL)	11.1	10.4	10.6	10.9
リン(mg/dL)	6.2	6.0	6.0	6.2

1) A/P: 酢酸、プロピオン酸比

2) BUN: 血中尿素態窒素

表10 泌乳成績

	飼料米区	対照区
乳量(kg/日)	22.6 ^a	23.8 ^b
乳脂率(%)	4.48	4.53
乳蛋白質率(%)	3.79	3.86
乳糖率(%)	4.31	4.30
無脂固形分率(%)	9.25	9.34

注) 異符号間に有意差あり(p<0.05)

【試験 3】 ケールジュース粕を混合したロール発酵 TMR の発酵特性、ならびに乳牛における利用性の検討

(1) 発酵特性

ケールジュース粕混合ロール発酵 TMR の有機酸と pH の変化を図 7 に示した。ケールジュース粕混合ロール発酵 TMR の乳酸含量は、貯蔵直後には試験 1 で示した冬季調製ロール発酵 TMR より 1%以上多かった。これは、用いたケールジュース粕が事前にサイレージ調製していた影響によるものと思われる。しかしなが

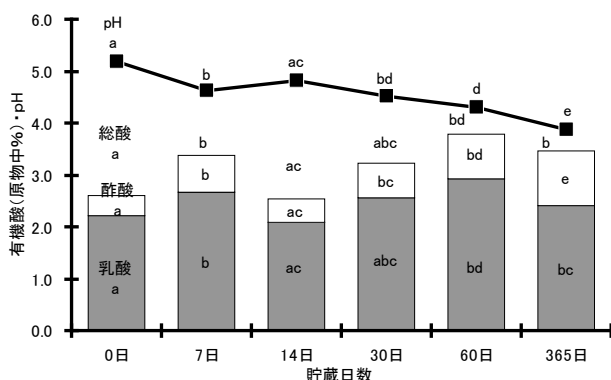


図7 ケール粕サイレージを使用したロール発酵TMRの有機酸およびpH
注) 異符号間に有意差あり

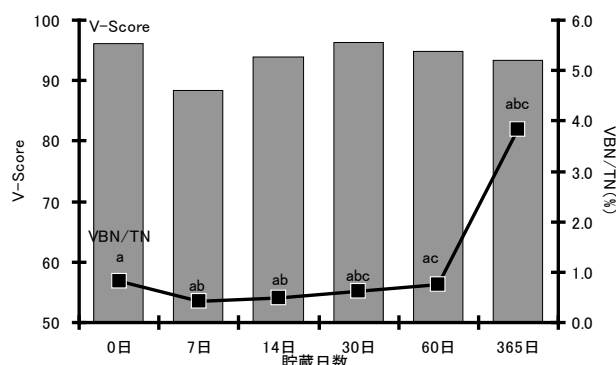


図8 ケール粕サイレージを使用したロール発酵TMRのVBN/TNおよびV-Score
注) 異符号間に有意差あり

ら、その後の乳酸含量の増加やpHの低下は緩やかで、冬季調製ロール発酵 TMR と類似した傾向を示した。ケールジュース粕は搾汁工程における熱湯抽出処理によって乳酸菌が減少しており、無添加でのサイレージ化では乳酸発酵は進みにくいとされている²⁾。したがって、ケールジュース粕の混合は、TMR の乳酸発酵をさらに促進させる効果は期待できないと考えられる。

ケールジュース粕混合ロール発酵 TMR の VBN/TN および V スコアの変化を図 8 に示した。VBN/TN は、貯蔵 60 日目までは 1.0 以下で低く推移し、365 日目には 3.8 まで増加したものの 12.5 以下で「優」の評価であった。V スコアについても、貯蔵 365 日目で 85 点以上の「良」の評価であった。

(2) 乳牛における利用性

泌乳牛における乾物摂取量、乳量およびルーメン内性状は表 11 に示したとおりで、いずれの項目も処理間に差はみられず、アルファルファヘイキューブをケールジュース粕で代替して調製したロール発酵 TMR は泌乳牛用飼料として利用できると思われた。

また、飼料原料中の自給率は表 3 のとおり、乾物割合で対照区 33.4% に対し、ケール粕区は 57.6% となり、ケールジュース粕をアルファルファヘイキューブの代替としてロール発酵 TMR に混合することで、飼料自給率の向上が可能となった。

表11 飼養成績およびルーメン内容液性状

	ケール粕区	対照区
飼養成績		
体重(kg)	616	613
乾物摂取量(kg/日)	16.8	16.7
乳量(kg/日)	20.7	20.2
ルーメン内容液性状		
pH	6.56	6.60
総VFA(mM/dl)	10.29	10.44
A/P ¹⁾	3.16	3.62

1) A/P: 酢酸、プロピオン酸比

結 論

トウモロコシサイレージ主体ロール発酵 TMR の発酵特性は、冬季の調製ではやや発酵品質が劣るが、その発酵品質は長期間良好であり、好氣的安定性が優れる特徴を有していた。乳牛での利用性は、発酵調製による養分損失が少なく、フレッシュ TMR と同等の栄養価、飼料特性を有し、生産性への影響もみられなかった。また飼料米やケールジュース粕を混合したものは、発酵品質が良好で、泌乳牛用飼料としての利用も可能であり、飼料原料中の自給率が乾物割合で 30% から 50%以上と大きく向上した。

参考文献

- 1) 農林水産省 生産局畜産部：平成 21 年度飼料自給率向上・生産性向上関連対策事業の概要、2009
- 2) 枘井和恵、家木一、嶋家眞司：飼料給与方法の違いが泌乳最盛期牛の泌乳成績や生理状態へ及ぼす影響、愛媛県畜産試験場研究報告、第 21 号、1-4、2006
- 3) 増田隆晴、平久保友美、越川志津：細断型ロールベアラを活用した発酵 TMR 調製技術、日草誌(別)、53、314-315、2007
- 4) 志藤博克、山名伸樹：試作細断型ロールベアラを基軸とした長大型作物収穫調製技術の開発、日草誌、第 47 巻 第 6 号、610-614、2002
- 5) 大槻健治：細断型ロールベアラを用いた飼料用トウモロコシ等の収穫作業能率とサイレージ発酵品質、福島県畜産試験場研究報告、第 12 号、43-50、2004
- 6) 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、74-77、社団法人 日本草地畜産種子協会、東京都、2009
- 7) 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、64-70、社団法人 日本草地畜産種子協会、東京都、2009
- 8) 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 (1999 年版)、26-27・108、中央畜産会、東京都、1999
- 9) 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、4-11、社団法人 日本草地畜産種子協会、東京都、2009
- 10) 石橋晃：新編 動物栄養試験法、196-197、株式会社養賢堂、東京都、2001
- 11) 家木一、村上恭彦、佐伯拓三、枘井和恵：ケールジュース粕サイレージの飼料特性と反芻家畜への給与の影響、愛媛県畜産試験場研究報告、第 20 号、1-5、2003
- 12) 村上恭彦、家木一、岸本勇氣：細断型ロールベアラによる乾燥ケールジュース粕混合サイレージの調製技術、愛媛県畜産試験場研究報告、第 21 号、27-29、2006
- 13) 高野信雄：良質サイレージ調製・利用技術の実際 (11)、畜産の研究、第 57 巻第 11 号、51-56、2003
- 14) 平岡啓二、山本泰也、田中善之、小出勇、乾清人、浦川修司：稲発酵粗飼料を素材にした TMR ロールベアラサイレージの好氣的安定性、関東東海北陸農業研究成果情報 平成 16 年度 I、186-187、2005
- 15) 高野信雄：良質サイレージ調製・利用技術の実際 (10)、畜産の研究、第 57 巻 第 10 号、36-40、2003
- 16) 西野直樹、和田大海、坂口英：ビール粕を主体とする TMR 型サイレージの優れた好氣的安定性について、日草誌 (別)、49、262-263、2003
- 17) 山本泰也、平岡啓二、浦川修司、乾清人：飼料稲の TMR ロールベアラサイレージ化による乳牛への給与技術の開発、新鮮でおいしい「ブランド・ニッポン」農産物提供のための総合研究 3 系畜産、145-149、2007
- 18) 永西修、寺田文典、石川哲也：数種穀物の飼料成分と第一胃内消化特性、日草誌、第 46 巻 第 3-4 号、305-308、2000
- 19) 廣瀬可恒、鈴木省三：新編 酪農ハンドブック、159-160、株式会社養賢堂、東京都、1990
- 20) 澤口和宏、山智博、寺井智子、武内徹郎、中井文徳：飼料米を利用したロール発酵 TMR の飼料特性と乳生産性、日草誌(別)、56、62、2010
- 21) 家木一：乳牛用飼料としてのケールジュース粕の特性と利用性に関する研究、広島大学大学院生物圏科学研究科博士論文、33-44、2006

Exploitation of preparation and feeding science for dairy cows of
the baled fermented total mixed ration made up mainly of corn silage

Tomoko TERAJ, Yasuaki SATAKE, Hajime IEKI, Yuuki KISHIMOTO

summary

This study aimed to investigate fermentation characteristics of baled fermented total mixed ration (BF-TMR) and its utilization in dairy cows. BF-TMR kept high fermentation quality for a long term, and it was excellent in the aerobic stability. BF-TMR had few nutritional losses by fermentation. Milk production fed BF-TMR was equal to fed raw TMR. BF-TMR containing unhulled rice or kale juice residuum was high fermentation quality and it was useful to lactating dairy cows. These result suggest that BF-TMR made up mainly of corn silage is high fermentation quality and it is useful feed to dairy cows.

Keywords: baled fermented total mixed ration, by-product of food production, unhulled rice,
feed for lactating dairy cattle