

原 著

十勝管内の酪農家で調製された発酵TMRの飼料配合および発酵品質

河合 正人¹⁾・甲斐 裕也¹⁾・奥原 晶子¹⁾・横山 亨²⁾・吉田 秀則²⁾

¹⁾帯広畜産大学 帯広市 080-8555

²⁾株式会社タカキタ帯広営業所 芽室町 082-0005

Formulation and fermentative quality of fermented Total Mixed Ration prepared on dairy farms in Tokachi area

Masahito KAWAI¹⁾, Yuya KAI¹⁾, Akiko OKUHARA¹⁾, Toru YOKOYAMA²⁾, Hidenori YOSHIDA²⁾

¹⁾Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido 080-8555

²⁾Takakita Co., Ltd., Obihiro business office, Memuro, Hokkaido 082-0005

キーワード：発酵TMR、飼料配合、発酵品質

Key word : fermented TMR, formulation of feed, fermentative quality

要 約

十勝管内で調製、利用されている発酵TMRの現状を把握し、北海道における発酵TMR調製の意義や今後の効率的な利用法についても検討するため、2008年7月下旬に十勝管内の酪農家8戸において利用されていた発酵TMRの飼料原料やその配合割合、発酵品質などについての調査を行った。発酵TMRの原料として、すべての酪農家においてグラスサイレージ、1戸を除いてコーンサイレージが用いられており、またいくつかの農家ではしょう油粕やスイートコーン粕、ポテトパルプサイレージといった食品製造副産物も利用されていた。原物中の粗飼料割合は64~91%、乾物あたりでは40~78%の範囲であった。水分含量は49~64%、粗タンパク質および中性デタージェント繊維含量はそれぞれ11~17%DM、35~49%DMの範囲であり、飼料配合によって比較的大きな差がみられた。pHは3.77~4.21、乳酸含量は3.6~7.2%DMであり、VBN含量は総窒素中3.8~8.0%の範囲であった。総VFA含量は0.5~1.7%DMの範囲であり、1戸を除いて酪酸はほとんど検出されなかった。フリーク評点は80点以上、V-スコアは90点以上であり、飼料配合や粗飼料割合、

化学成分含量にかかわらず、十勝管内の酪農家で調製、利用されている発酵TMRの発酵品質はどれも非常に高いものであった。

ABSTRACT

The objective of this research was to grasp the present situation for use of fermented total mixed ration (TMR) prepared in Tokachi district and to consider the significance in preparing of the fermented TMR and the future directions for better use of the TMR in Hokkaido. The feed materials, formulation and fermentative quality of fermented TMR were investigated on 8 dairy farms in Tokachi area in late July, 2008. Grass silage was used for preparation of the TMR on all farms and corn silage was also used except on one farm. A few farms used agricultural by-products such as soy sauce cake, sweet corn cake and potato pulp as TMR materials. Proportion of roughage in fermented TMR were 64~91% on fresh matter basis and 40~78% on dry matter basis. The moisture, crude protein and neutral detergent fiber contents of fermented TMR ranged 49~64%, 11~17%DM and 35~49%DM, respectively, thus the differences of chemical compositions depending on the formulation of TMR were relatively

large. The pH of the fermented TMR ranged from 3.77 to 4.21, and concentrations of lactic acid and volatile basic nitrogen ranged 3.6 to 7.2%DM and 3.8 to 8.0% of total nitrogen, respectively. The concentration of total volatile fatty acid ranged from 0.5 to 1.7%DM and butyric acid was not detected except on one farm. The Flieg point was 80 or over and V-score was 90 or above, consequently the fermentative qualities of fermented TMR prepared on dairy farms in Tokachi area were entirely very high irrespective of the formulation of feed, proportion of roughage or chemical compositions.

緒言

発酵TMRは、粗飼料と濃厚飼料を混合、圧縮、脱気、密封してサイレージ発酵させたものであり、これを調製、利用することにより、飼料給与時の配合作業が省略でき、毎日のTMR調製労力を軽減できる。また、栄養価は高いものの一般的には保存性に欠ける食品製造副産物の活用方法としても有効であり、ピール粕（西野ら，2003）や茶系飲料残さ（徐ら，2004；XU *et al.*，2008）、コーヒー飲料残さ（XU *et al.*，2004）などを利用して発酵品質の良いTMRを調製でき、嗜好性の低い食品製造副産物を発酵TMRとして調製することでウシに対する嗜好性を改善できること（額爾敦ら，2007）も報告されている。さらに、発酵TMRの給与によって乳牛による飼料摂取量や消化率が向上し（YUANGKLANG *et al.*，2004）、乳生産性が改善する場合もあることが報告されている（WONGNEN *et al.*，2009）。

都府県で普及した発酵TMRは、フレッシュTMRに乳酸菌を添加し、トランスバッグ内のビニールバッグに脱気して梱包、調製されていたが、近年、細切された飼料を高密度で梱包できる細断型ロールベアラが開発され、発酵TMRの調製にも利用されつつある（塩谷ら，2007）。細断型ロールベアラを用いて調製されたサイレージは、従来のロールベールに比べて梱包密度が約2倍と高いことがトウモロコシ（志藤と山名，2002）や牧草（志藤と山名，2003）で報告されており、嫌気性が高く乳酸発酵が促進されるためpHが低下し、不良発酵せずに一年間高品質が維持される（志藤ら，2005）。また、ベール間での発酵品質のばらつきが小さく、フィルムに穴があいた場合のカビの発生や変敗が拡大しづらいこと（志藤と山名，2002）、さらに夏季においてもベール開封後に発酵品質が低下しないことが報告されている（志藤ら，2005）。

このように、高品質で貯蔵性の高い飼料を調製できる細断型ロールベアラは北海道内の酪農家においても導入され、発酵TMRの調製にも利用され始めているが、一戸あたりの飼養頭数や飼料体系が都府県とは異なる北海道では、発酵TMRの飼料配合やその発酵品質

も異なると考えられる。そこで本報告では、十勝管内の酪農家における発酵TMR利用の現状を把握し、北海道における発酵TMR調製の意義や今後の効率的な利用法についても検討するため、調製に用いられている飼料の種類や配合割合、発酵品質についての調査を行った。

材料および方法

十勝管内の酪農家8戸（新得町2戸、鹿追町3戸、幕別町1戸、豊頃町1戸、大樹町1戸）において、各酪農家で調製された発酵TMRの飼料原料と配合割合、調製時期に関する聞き取り調査を2008年7月下旬に行った。調査時に発酵TMRロールベールを1～2個開封し、飼料成分分析用および発酵品質分析用サンプルを採取した。

飼料成分分析用サンプルは凍結乾燥機（VD-400F型、TAITEC社、東京）を用いて20時間乾燥し、水分含量を測定した。凍結乾燥後、1mmメッシュを通過する粒度に粉碎し、有機物(OM)、粗タンパク質(CP)、粗脂肪(EE)、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)を常法（藤田，2001）により分析した。

発酵品質分析用サンプルは、新鮮物70gに蒸留水140gを加えて時々攪拌しながら4℃冷蔵庫内に24時間放置後、4重ガーゼおよび濾紙で濾過し、その濾液を抽出液とした。抽出液調整後直ちにガラス電極pHメータ（F-31、堀場製作所、京都）でpHを測定し、乳酸はBARKER and SUMMERSON(1961)の方法、揮発性塩基態窒素(VBN)は微量拡散法(CONWAY and O'MALLEY, 1942)により分析した。また揮発性脂肪酸(VFA)は、抽出液を高速遠心分離(18,000G、2℃、15分間)後、内部標準液として2-エチルブチルを用いてガスクロマトグラフ(GC-2010、島津製作所、京都)で分析した。これらの分析結果を用い、フリーク評点およびV-スコアを柗木(2001)の方法に従って算出した。

結果および考察

各酪農家における発酵TMR調製時期と飼料原料について表1に、また飼料配合および粗濃比を表2に示した。なお、F牧場については、発酵TMR調製に用いた飼料の種類は明らかであったが、混合割合は不明のため表2に記載しなかった。今回調査した十勝管内の酪農家における発酵TMRの調製時期は、2007年11月から2008年6月まで、すなわちサンプル採取を行なった7月下旬までの貯蔵期間は約1.5～8ヵ月であった。すべての酪農家においてグラスサイレージ、また1戸を除いてコーンサイレージが使用されており、原物中の粗飼料割合は64～91%、乾物あたりでは40～78%の

Table 1. The date of preparation and materials for fermented total mixed ration on each dairy farm in Tokachi area

Farm	A		B	C	D	E	F	G	H
	①	②							
Date of preparation	Middle June'08	Middle June'08	Middle June'08	Middle Nov.'07	Early Apr.'09	Late Feb.'08	Early Apr.'08	Middle Nov.'07	Middle May'08
Length of storage (month)	1.5	1.5	1.5	8	3.5	5	3.5	8	2.5
Target of cow herd	Milking	Dry	Milking	Milking	Dry	Milking	Milking	Milking	Milking
Feed materials									
Grass silage	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Corn silage	○	○		○	○	○	○	○	○
Alfalfa hay	○					○		○	
Grass hay					○				
Formula feed	○		○	○	○	○	○	○	○
Beet pulp	○		○	○	○	○	○		
Rolling corn	○		○	○					○
Soybean meal	○			○					
Corn gluten meal	○								
Wheat bran					○				
Rolling wheat							○		
Soy sauce cake	○	○	○						
Sweet corn cake	○	○							
Unrefined soy sauce			○						
Potato pulp			○						
Total number of materials	10	4	7	6	6	5	5	4	4

Table 2. The formulation of fermented total mixed ration on each dairy farm in Tokachi area

Farm	A		B	C	D	E	G	H
	①	②						
Fresh matter basis								
Grass silage	22.5	34.4	66.4	52.3	25.9	41.1	58.9	41.9
Corn silage	40.0	47.3	-	26.2	43.1	24.7	29.4	41.9
Hay	1.3	-	-	-	8.6	3.3	2.9	-
Formula feed	13.1	-	10.8	12.7	15.1	14.4	8.8	13.1
Low moisture concentrats*	12.5	-	8.9	8.8	7.3	16.5	-	3.1
High moisture by-products**	10.6	18.3	13.9	-	-	-	-	-
Proportion of roughage	63.8	81.7	66.4	78.5	77.6	69.1	91.2	83.8
Dry matter basis								
Grass silage	15.0	33.7	46.9	38.3	17.1	25.7	50.2	33.8
Corn silage	22.2	38.7	-	16.0	23.7	12.8	20.9	28.2
Hay	2.4	-	-	-	16.1	5.8	7.1	-
Formula feed	25.2	-	22.2	27.0	28.9	26.1	21.8	30.7
Low moisture concentrats	24.3	-	18.2	18.7	14.2	29.6	-	7.3
High moisture by-products	10.9	27.6	12.7	-	-	-	-	-
Proportion of roughage	39.6	72.4	46.9	54.3	56.9	44.3	78.2	62.0

*Beet pulp, Rolling corn, Soybean meal, Corn gluten meal, Wheat bran, Rolling wheat

**Soy sauce cake, Sweet corn cake, Unrefined soy sauce, Potato pulp

範囲であった。飼料原料数は4～10種と酪農家によって多様であったが、しょう油粕やスイートコーン粕、ポテトパルプサイレージといった水分含量が高く保存性に欠ける食品製造副産物の利用は8戸9種の発酵TMRのうち2戸3種のみであった。

都府県で調製、利用されている発酵TMRは、夏季における混合後の変質を防ぐためサイレージの利用は制限され(古本, 2002)、また高水分の副産物を低水分化し、飼料給与時の労働力低減や流通・販売が容易になることなどの利点(西野ら, 2003)から、粗飼料として乾燥飼料が用いられる場合が多い。これに対し、北海道では粗飼料として主にグラスサイレージおよびコーンサイレージが用いられており、サイロ内で一度

発酵が安定した飼料を開封し、濃厚飼料や副産物など他の飼料と混合してロール形成、梱包し、再発酵させることが特徴であるといえる。さらに、都府県では水分含量が高く保存性に欠ける食品製造副産物の保存法として発酵TMRの調製が広く行われているが、本調査を行った十勝管内の酪農家においては、食品製造副産物利用割合は高くなく、毎日のTMR調製労力の軽減を発酵TMR調製の主目的としているようであった。

各酪農家で調製された発酵TMRの化学成分含量を表3に示した。水分含量は49～64%、OM含量は92～94%DMの範囲であった。CP、EE含量はそれぞれ11～17、3～7%DM、NDF、ADF含量はそれぞれ35～49、17～27%DMの範囲であった。今回調査した9種の発

Table 3. Chemical composition of fermented total mixed ration on each dairy farm in Tokachi area

Farm	A		B	C	D	E	F	G	H
	①	②							
Moisture(%)	49.3	62.7	49.7	57.6	57.2	64.2	58.6	62.8	62.8
OM(%DM)	94.2	93.5	92.4	94.4	93.2	91.8	92.5	92.4	94.0
CP(%DM)	16.8	11.3	15.1	16.3	14.6	15.5	14.9	14.0	13.7
EE(%DM)	4.6	4.4	5.8	3.8	4.2	5.3	3.1	3.6	4.6
NDF(%DM)	37.2	48.7	43.2	35.3	40.0	36.0	35.5	39.5	40.0
ADF(%DM)	19.0	27.0	24.2	17.1	20.0	20.0	20.7	20.6	20.4

OM:Organic matter, CP:Crude protein, EE:Ether extracts, NDF:Neutral detergent fiber, ADF:Acid detergent fiber

酵TMRのうち、乾乳牛用に調製されたものは2種のみであり（A牧場②とD牧場、表1）、その他の搾乳牛用に調製された発酵TMRとの化学成分含量の差は明確ではなかったが、これらの牧場では開封した発酵TMRを1週間から10日間かけて自由採食させていた。すなわち夏季においてもベール開封後に発酵品質が低下しない（志藤ら、2005）ことを期待したものであったが、今後はサイレージ主体の発酵TMRにおける好気的変敗や発酵品質の変化についても明らかにする必要があると考えられる。

飼料原料と化学成分含量との関係を見ると、原物あたりの粗飼料割合が大きくなると水分含量が増加し（ $r = 0.70$, $P < 0.05$ ）、乾物あたりの粗飼料割合が大きくなるとCP含量が低下した（ $r = -0.78$, $P < 0.05$ ）。これらの関係には、粗飼料として比較的高水分のグラスサイレージや、CP含量の低いコーンサイレージが主に用いられていることが反映されており、乾物あたりのサイレージ割合が増加するとNDFおよびADF含量が高まる傾向もみとめられた（ $r = 0.54$, 0.44 ）。

各酪農家で調製された発酵TMRの発酵品質、フリーク評点およびV-スコアを表4に示した。pHは3.77～4.21の範囲であり、ほとんどが表1～3で示した飼料原料やその混合割合、化学成分含量の違いにかかわら

-0.83, $P < 0.01$ ）。発酵TMR調製の利点として、濃厚飼料と混合して粗飼料を再発酵させることにより、乳酸発酵を促してpHをより低下させ、発酵品質を改善し、保存性を向上させることが挙げられている（塩谷ら、2007）。しかし、今回の調査では乾物あたりの濃厚飼料割合が20～60%と大きな差があっても乳酸含量との関係はみられなかったことから、グラスサイレージもしくはコーンサイレージを主体とした発酵TMRの場合、乳酸発酵以外のサイレージ発酵が促進される可能性が考えられる。すなわち、上述したVFA発酵や、古本（2002）や西野ら（2003）が指摘しているアルコール発酵が起こりやすいのかもしれない。

本調査ではTMR調製に用いた個々の飼料原料について成分分析などを行っていないが、今後は原料として用いるサイレージの発酵品質の違いや、混合する濃厚飼料などの違いが発酵TMRの発酵様相や品質に及ぼす影響について調査し、北海道で利用される発酵TMRの飼料特性を明らかにする必要がある。さらに飼料自給率向上の観点から、今回の調査では利用割合が低かった、保存性に欠ける食品製造副産物の最適な保存法として、これらを飼料原料として用いた発酵TMRの有効な調製法についても検討すべきと考えられる。

Table 4. Fermentative quality of fermented total mixed ration on each dairy farm in Tokachi area

Farm	A		B	C	D	E	F	G	H
	①	②							
pH	4.21	3.77	3.93	4.12	3.95	4.04	4.01	3.90	4.20
Lactic acid(%DM)	4.17	5.29	6.77	5.04	3.74	7.17	5.92	5.03	3.57
Total VFA(%DM)	0.52	0.60	0.86	1.27	1.55	1.07	1.07	0.75	1.65
Acetic acid	0.51	0.56	0.78	1.17	1.54	0.85	0.97	0.73	1.51
Propionic acid	0.00	0.03	0.07	0.10	0.00	0.08	0.10	0.00	0.14
Butyric acid	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.14	-	0.02	-
NH ₃ -N(% of Total N)	4.04	8.00	3.79	4.77	4.09	5.97	6.58	4.97	4.45
Flieg point	100	100	100	97	87	80	99	100	83
V-score	99	93	98	97	96	94	94	99	97

ず、サイレージで良質とされる4.2以下（柁木、2001）であった。乳酸含量は3.6～7.2%DM、総VFA含量は0.5～1.7%DMの範囲であり、1戸を除いて酪酸はごく微量か、もしくは検出されなかった。またVBN含量は総窒素中3.8～8.0%で、採取した9個すべての発酵TMRが優と評価される12.5%以下（柁木、2001）であった。フリーク評点は80～100点、V-スコアは93～99点の範囲であり、貯蔵期間、飼料原料や化学成分含量にかかわらず、調査を行った8戸の酪農家で調製された発酵TMR9種の発酵品質は、すべて非常に高いものであった。

今回の調査に用いた発酵TMRについて、配合飼料や濃厚飼料の混合割合と乳酸含量との間に明らかな関係はみられなかったが、乾物あたりの配合飼料割合が大きくなると総VFA濃度は高くなる傾向にあり（ $r = 0.63$ ）、また総窒素中のVBN含量は低くなった（ $r =$

文 献

- BARKER, S. B. and W. H. SUMMERSON (1961) The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.*, 138:535-554.
- CONWAY, E. J. and E. O'MALLEY (1942) Microdiffusion methods: ammonia and urea using buffered absorbents (revised methods for ranges greater than 10gN). *Biochem. J.*, 36:655-661.
- 額爾敦巴雅爾・西田武弘・松山裕城・細田謙次・塩谷繁・徐春城・野中和久・山田明央（2007）緑茶飲料製造残渣含有発酵TMRの発酵品質および乾乳牛における嗜好性. *日草誌*, 53:31-33.
- 藤田泰仁（2001）飼料の化学分析. 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）. 5-

13. 日本草地畜産種子協会. 東京.
- 古本史 (2002) 食品製造副産物を活用したTMRの調製と変敗防止. 日草誌, 48:64-68.
- 梶木茂彦 (2001) 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). 91-101. 日本草地畜産種子協会. 東京.
- 西野直紀・原田宏明・坂口英 (2003) ビール粕と発泡酒粕から調製したTMR型混合サイレージにおける発酵生成物と単少糖類の変化. 日草誌, 49:367-372.
- 塩谷繁・細田謙次・松山裕城 (2007) 発酵TMRの飼料特性と利用の展望. 栄養生理研報, 51(2):1-5.
- 志藤博克・山名伸樹 (2002) 試作細断型ロールペーラを基軸とした長大型作物収穫調製技術の開発. 日草誌, 47:610-614.
- 志藤博克・山名伸樹 (2003) 試作細断型ロールペーラの牧草収穫調製への試用. 日草誌, 49:514-515.
- 志藤博克・高橋仁康・澁谷幸憲・山名伸樹 (2005) 細断型ロールペーラで調製したサイレージの発酵品質. 日草誌, 51:87-92.
- WONGNEN, C., C. WACHIRAPAKORN, C. PATIPAN, D. PANPONG, K. KONGWEHA, N. NAMSAEN, P. GUNUN and C. YUANGKLAND (2009) Effects of fermented total mixed ration and cracked cottonseed on milk yield and milk composition in dairy cows. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 22:1625-1632.
- 徐春城・蔡義民・喜田環樹・松尾守展・河本英憲・村井勝 (2004) 緑茶飲料残さTMRサイレージの調製、発酵品質および栄養価. 日草誌, 50:40-46.
- XU, C., Y. CAI and M. OGAWA (2004) Silage preparation, fermentation quality and nutritive value of total mixed ration (TMR) with coffee grounds. Proc. 11th AAAP Congress Vol. III, 358-360.
- XU, C., Y. CAI, M. FUKASAWA, H. MATSUYAMA and N. MORITA (2008) The effect of replacing brewers' grains with barley tea grounds in total mixed ration silage on feed intake, digestibility and ruminal fermentation in wethers. Anim. Sci. J. 79:575-581.
- YUANGKLANG, C., K. WASUPEN, S. WITTAYAKUN, C. SUKHO and P. SRINANAUN (2004) Effects of fermented total mixed ration on feed intake, ruminal fermentation, nutrient digestibility and blood metabolites in dairy cows. Proc. 11th AAAP Congress Vol. II, 18-20.