

# スタチ粕を混合した発酵TMRの給与が 乳牛の生産性に及ぼす影響

田淵雅彦・福井弘之・新居康生

## 要 約

徳島県において廃棄処分されているスタチ粕を飼料として活用するため、ビートパルプを5%DMのスタチ粕で代替した自給粗飼料主体の発酵 TMR を調製し、これを泌乳中後期牛に給与して生産性に及ぼす影響を調査した。対照区と比較しても、乾物摂取量、乳生産に差は認められず、生乳中におけるスタチの主要香気成分であるリモネン濃度の上昇は認められなかった。これらから、5%DMまでであればビートパルプをスタチ粕で代替して利用することが可能であると考えられた。

## 目 的

スタチは、その果汁を食酢として利用する香酸柑橘の一つである。徳島県におけるスタチの生産量は年間約 6,000 トン (H22 年度) にのぼり、このうち約半分が青果としての販売され、残りの半分は加工用として工場で搾汁し、果汁調味料や清涼飲料の原料として利用されている。現在、搾汁残渣の大半は堆肥化・廃棄され、搾汁業者や農家にとって大きな負担となっていることから、飼料原料としての利活用を検討することとした。

近年は、様々な製造副産物の飼料としての利用が進められているが、一般に製造副産物の多くは高水分で腐敗しやすく、栄養成分の偏りや嗜好性の問題から給与できる量が制限されやすい。しかし、濃厚飼料など他の飼料と混ぜ合わせて発酵させる発酵 TMR の材料として用いることで、製造副産物を扱うにあたり課題となる保存性、嗜好性、ハンドリングの改善を図ることができる<sup>1) 2)</sup>。このような発酵 TMR の特性に着目し、本試験ではスタチ粕を発酵 TMR の材料として混合することとした。

スタチ粕に近い飼料特性を有すると考えられるシトラスパルプをビートパルプの代替として用い

ても満足な結果が得られるとされる<sup>3)</sup> ことから、本試験ではビートパルプの一部をスタチ粕で代替することとし、泌乳牛用の発酵 TMR を調製、給与して乳牛の生産性へ及ぼす影響について検討を行った。

## 方 法

平成 24 年 7～8 月、徳島県畜産研究所において4頭の泌乳後期のホルスタイン種泌乳牛(平均産次数  $3.8 \pm 1.3$ , 平均分娩後日数  $432 \pm 134$  日, 平均±標準偏差)を供試し、予備期 17 日本期 4 日の全糞全尿採取による消化試験<sup>4)</sup>を行った。スタチ粕はサイレージ化したものを用いることとし、スタチ粕サイレージを混合しない発酵 TMR を給与する対照区と、ビートパルプの一部をスタチ粕サイレージ 5%DM で代替した試験区を設け、各区 2 頭ずつ割り当てクロスオーバー法により試験を実施した。試験に用いた発酵 TMR の組成を表 1 に示す。調製は平成 24 年 6 月に実施し、TMR

表 1. 試験飼料組成

	試験区	対照区
材料 (%DM)		
トウモロコシサイレージ	30.0	30.0
イタリアンライグラスサイレージ	6.0	6.0
ヘイキューブ	4.0	4.0
スダチ粕サイレージ	5.0	—
ビートパルプ	9.5	14.5
飼料用米 (加熱圧ぺん)	19.5	19.5
トウフ粕 (乾燥)	5.0	5.0
フスマ	9.6	9.6
大豆粕	8.0	8.0
大豆皮	2.2	2.2
炭酸カルシウム	0.9	0.9
食塩	0.2	0.2
ビタミン剤	0.2	0.2
設計成分値 (%DM)		
TDN	75.3	75.1
CP	14.3	14.5

DM：乾物，TDN：可消化養分総量，CP：粗蛋白質。

ミキサーにより十分に攪拌した材料を細断型ローラーベアラ (MR-810, 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。ローラーベアラはブルーシートで覆い, 屋外に保管した。調製後 3 週間以上経過したものを給与飼料として用いた。

飼料給与量は残飼が約 2 割となる程度の量とし, 毎日 13:00 に一日分を一度に給与した。固形塩は自由採舐とし, 暑熱の影響を緩和するため常時送風機による牛体への直接送風を行った。牛舎にはデータロガー (TR-72Ui, 株式会社ティアンドディ, 長野) を設置し, 試験期間中における温度・湿度の推移を記録した。

調査項目は体重, 乾物摂取量, 飲水量, 乳量, 乳成分, 糞量, 尿量, 血液性状, 第一胃内容液性状とした。体重は本期の最終日 13:00 に測定を行った。乾物摂取量, 飲水量, 糞量, 尿量は毎日 13:00 に測定を行った。各給与飼料および採取した糞については, 常法<sup>5)</sup>により一般成分, デタージェント分析法<sup>5)</sup>により NDF, ADF の分析を行った。搾乳は朝夕の 2 回とし, 朝は 7:30, 夕は 16:00 に搾乳を行い乳量を測定した。乳成分は, 朝夕の搾乳時にサンプリングを行い, 生乳サ

ンプルを四国生乳販売農業協同組合連合会(香川)に送付し, 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。また, スダチの香気成分の生乳への移行を評価するため, サンプリングした生乳を徳島県立工業技術センターに送付し, ヘッドスペースサンブラ付ガスクロマトグラフ (HP7694, アジレント・テクノロジー株式会社, 東京) を用いて, スダチの主要香気成分であるとされるリモネン<sup>6)</sup>濃度の測定を行った。血液, 第一胃内容液性状は, 本期の最終日 11:00 にサンプリングを行った。血液は頸静脈から採取を行い, ミ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ックノロジーズ, 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,  $\gamma$  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。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) により揮発性脂肪酸 (VFA) の分析を行った。

統計処理は, SAS (version 9.2; SAS Institute, Cary, NC, USA) の GLM により分散分析を行った。

## 結 果

### (1) 気温・湿度

試験期間中の牛舎における気温と湿度の推移を図 1 に示す。

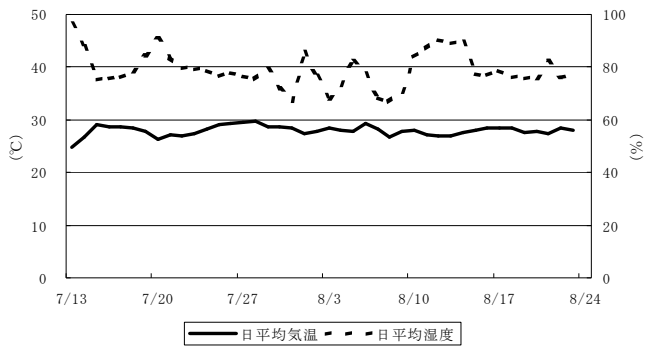


図 1. 試験牛舎における日平均温度・湿度の推移

(2)試験飼料の化学成分組成

試験飼料の化学成分組成を表 2 に示す。試験区の飼料が aNDFom が 2%程度低く、NFC が 2%程度高かった。その他の成分は同程度の数値であった。

表 2. 試験飼料の化学成分組成

	試験区	対照区
成分値		
CP (%DM)	15.2	14.8
EE (%DM)	3.7	3.5
CF (%DM)	19.5	20.0
CA (%DM)	7.1	7.3
aNDFom (%DM)	40.3	42.4
ADFom (%DM)	22.9	23.3
NFC (%DM)	33.8	31.6
NFE (%DM)	54.6	54.4

CP：粗蛋白質，EE：粗脂肪，CF：粗繊維，CA：粗灰分，  
 aNDFom：耐熱性α-アミラーゼ処理中性デタージェント繊維，  
 ADFom：酸性デタージェント繊維，NFC：非繊維性炭水化物  
 NFE：可溶無窒素物，DM：乾物。

(3)飼養試験成績

飼養試験成績を表 3 に示す。乾物摂取量 (DMI) と乳量に差は認められなかった。乳成分においては、試験区で乳蛋白質率が有意に低かったが、乳蛋白質生産量には差は認められなかった。

(4)血液性状と第一胃内容液性状

血液性状と第一胃内容液性状を表 4 に示す。第一胃内容液性状ではいずれの項目においても差は認められなかった。

(5)窒素出納

窒素出納を表 5 に示す。いずれの項目においても差は認められなかった。

(6)消化率

消化率を表 6 に示す。CP において、試験区が有意に高かった。

(7)生乳風味

いずれのサンプルもリモノエン濃度は検出限界の 16.6mg/L 未満であり、これは官能評価により風味を認識できる濃度ではなかった。

考 察

今回の試験において、試験区での DMI、乳量の低下は認められず、乳成分においては乳蛋白質率で差があったものの、乳蛋白質生産量では差がなかった。血液性状においては、γ GTP が試験区で有意に低く、この原因は明瞭ではないがいずれの項目も正常と考えられる範囲<sup>7) 8)</sup>であった。また、第一胃内容液性状において差がみられず、これらからビートパルプの一部を 5%DM のスタチ粕で代替しても生産性を低下させることなく給与が可能であると考えられた。

消化率において試験区が有意に高い結果となったが、これは試験区の飼料の NFC が高かったため、ルーメン微生物による蛋白の利用性が高まったことによるものと推察された。

Tanaka ら<sup>9)</sup> はシトラスパルプサイレージを 20%DM 含む TMR を泌乳牛に給与した場合、含有しないものを給与した場合と比較しても、DMI、

表 3. 飼養試験成績

	試験区	対照区	SEM	P値
体重 (kg)	799.0	805.3	4.77	0.448
DMI (kg/day)	22.1	22.1	0.60	0.973
飲水量 (kg/day)	111.2	107.9	1.87	0.339
乳量 (kg/day)	23.8	22.6	0.71	0.347
乳脂率 (%)	4.72	4.69	0.062	0.764
乳蛋白質率 (%)	3.66	3.73	0.005	0.012
乳糖率 (%)	4.57	4.52	0.013	0.126
無脂固形分率 (%)	9.24	9.25	0.015	0.499
全固形分率 (%)	13.96	13.94	0.071	0.878
乳脂肪生産量 (kg/day)	1.1	1.1	0.01	0.115
乳蛋白質生産量 (kg/day)	0.9	0.8	0.02	0.602
乳糖生産量 (kg/day)	1.1	1.0	0.02	0.236
無脂固形分生産量 (kg/day)	2.2	2.1	0.05	0.341
全固形分生産量 (kg/day)	3.3	3.2	0.06	0.258
FCM (kg/day)	26.3	24.9	0.59	0.229
尿素窒素 (mg/dl)	10.7	10.5	0.35	0.766

DMI：乾物摂取量，FCM：乳脂肪率4.0%補正乳量。

表 4. 血液性状と胃液性状

	試験区	対照区	SEM	P値
血液性状				
ヘマトクリット (%)	28.8	28.5	0.40	0.699
総蛋白 (g/dl)	7.9	7.7	0.15	0.558
アルブミン (g/dl)	3.5	3.6	0.08	0.466
A/G比	0.8	0.9	0.03	0.106
GOT (IU/l)	78.5	59.8	7.21	0.207
γGTP (IU/l)	32.5	40.0	0.25	0.002
総コレステロール (mg/dl)	164.5	166.3	5.39	0.840
中性脂肪 (mg/dl)	4.8	4.8	0.00	1.000
カルシウム (mg/dl)	9.6	9.8	0.13	0.493
無機リン (mg/dl)	4.9	5.2	0.49	0.729
マグネシウム (mg/dl)	2.8	2.8	0.10	0.764
尿素窒素 (mg/dl)	15.5	18.4	1.26	0.245
血糖 (mg/dl)	58.8	56.0	1.43	0.306
遊離脂肪酸 (mEq/l)	0.10	0.10	0.007	0.831
第一胃内容液性状				
pH	6.45	6.42	0.15	0.908
酢酸 (mM/dl)	6.63	6.63	0.50	0.990
プロピオン酸 (mM/dl)	2.17	2.00	0.16	0.510
酪酸 (mM/dl)	1.26	1.19	0.04	0.424
イソ吉草酸 (mM/dl)	0.25	0.28	0.02	0.360
吉草酸 (mM/dl)	0.16	0.15	0.01	0.549
総VFA (mM/dl)	10.46	10.25	0.63	0.833
AP比	3.09	3.33	0.11	0.247

VFA：揮発性脂肪酸，A/P比：酢酸/プロピオン酸比。

表 5. 窒素出納

	試験区	対照区	SEM	P値
糞中窒素排泄率 (%)	29.06	31.06	0.39	0.069
尿中窒素排泄率 (%)	39.34	40.02	0.41	0.376
乳中窒素排泄率 (%)	25.75	25.60	0.06	0.192
窒素蓄積率 (%)	5.85	3.32	0.74	0.136

乳生産，乳成分に差は認められなかったと報告している。本試験のようにサイレージを主な粗飼料源とする場合，高水分であるスダチ粕の混合割合を高めることで全体の水分も上昇し，ハンドリングが低下することが懸念されるが，輸入乾草などと組み合わせることで混合割合をさらに高めることは可能であると考えられる。ただし，スダチ粕はサイレージ化しても特有の香気成分を有しており，添加水準をさらに高めることにより DMI や生乳の風味などに影響を及ぼすことが懸念されるため給与限界についてはなお検討の必要がある。

近年では全国で TMR センター設立の動きがみられる。本県でも平成 22 年より自給飼料生産組

表 6. 消化率

	試験区	対照区	SEM	P値
CP (%)	71.45	69.23	0.25	0.025
EE (%)	81.68	77.95	1.15	0.150
CF (%)	58.95	60.28	0.75	0.336
OM (%)	72.78	72.25	0.53	0.557
NFE (%)	77.48	77.13	0.64	0.736
TDN (%)	71.40	70.60	0.80	0.552

CP：粗蛋白質，EE：粗脂肪，CF：粗繊維，OM：有機物，NFE：可溶無窒素物，TDN：可消化養分総量。

合が稼働しはじめており，今回の試験で得られた知見の活用が期待される。

本研究は，農林水産省委託プロジェクト研究「自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発」において実施した。

## 文 献

1) Nishino N, Harada H, Sakaguchi E (2003) Evaluation of fermentation and aerobic stability of wet brewer's grains ensiled alone or in combination with various feeds as a total mixed ration. J Sci

Food Agric 83 : 557-563

- 2) 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. 栄養生理研究会報 51 : 1-5
- 3) 須藤 宏 (1976) カス類飼料と給与法, 養賢堂, 東京, p183-195
- 4) 伊藤 稔 (1971) 動物栄養試験法 (森本 宏監修), 養賢堂, 東京, p191-207
- 5) 自給飼料利用研究会 (編) (2009) 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, p6-20, p64-78, p86-89
- 6) 市川亮一・深津鉄夫・八木祥子 (2010) スダチ搾汁残渣を利用した食品素材の開発. 徳島県立工業技術センター研究報告 19 : 33-35
- 7) 友田 勇 (2000) 臨床血液化学検査 1, 学窓社, 東京, p145, p229
- 8) 友田 勇 (2000) 臨床血液化学検査 2, 学窓社, 東京, p79, p86, p96, p137-138, p143
- 9) Tanaka M, Kamiya Y, Suzuki T, Nakai Y (2010) Effect of citrus pulp silage feeding on concentration of beta-cryptoxanthin in plasma and milk of dairy cows. Anim Sci J 81 : 569-573