

酒粕の給与が乳牛の乳生産, 第一胃液性状, 血液成分及び 養分消化率に及ぼす影響

生田健太郎¹⁾・山口悦司¹⁾・清水克彦²⁾・立上 肇²⁾

¹⁾兵庫県立農林水産技術総合センター淡路農業技術センター, 兵庫県南あわじ市 656-0442

²⁾西日本くみあい飼料株式会社, 神戸市中央区 651-0083

酒粕の飼料特性を把握するため, 乳牛に給与し, 乳生産, 第一胃液性状, 血液成分及び養分消化率に及ぼす影響を検討した. 飼養試験は, 泌乳牛 10 頭を供試し, 対照区には酒粕を含まない発酵完全混合飼料(TMR)を, 試験区には生酒粕を乾物中 5.9%含む発酵TMRを給与して, 一期 14 日間のクロスオーバー法で行った.

乳生産では試験区の乳脂率が有意に高かった. 第一胃液性状では, 朝の給餌前に試験区の pH とアンモニア態窒素濃度及び酢酸/プロピオン酸比が有意に低く, 総揮発性脂肪酸濃度とプロピオン酸割合が有意に高かった. 血液成分では試験区の尿素窒素が有意に低かった. 養分消化率では試験区の粗蛋白質が有意に低く, 粗繊維と非繊維性炭水化物が有意に高かった.

以上の結果より, 酒粕を泌乳牛に給与することで, 繊維, 非繊維ともに飼料中炭水化物の消化性が高まり, 乳脂率が向上するとともに, 第一胃内発酵パターンがエネルギー効率の高いプロピオン酸型になることが示唆された.

キーワード: 酒粕, 泌乳牛, 乳生産, 第一胃液性状, 血液成分, 養分消化率

You can see the English abstract on the last page of this article.

結 言

兵庫県の阪神地域には国内でも有数の酒造地帯があり, そこから産出される酒粕は年間数万トンと推定される(藤村ら, 2003). 酒粕は栄養価の高い食品製造副産物飼料(エコフィード)として注目され, 牛(有安ら, 2012), 豚(小林博史・宮沢一男, 1984), 鶏(笠原ら, 2004)の各畜種においてその飼料特性が検討されてきた. さらに, 人やラットを対象に酒粕が有する様々な機能性についても調査されている(藤村ら 2003). 今回は長期保存が可能な発酵完全混合飼料(TMR)の飼料原料として酒粕を用いた場合の泌乳牛への影響を, 飼養試験と消化試験により検討した.

材料および方法

1 供試牛と飼養管理

本試験は「兵庫県立農林水産技術総合センターにおける動物実験指針」に基づき実施した. 当所で繋養するホルスタイン種雌牛 10 頭(初産 5 頭, 2 産以上 5 頭)を供試した(表 1). 供試牛をコンフォート型タイストール牛舎に繋養し, 給餌は 9 時と 15 時 30 分から, 搾乳は 8 時と 16 時 30 分からそれぞれ 1 日 2 回行った. 各供試牛には馴致期の体重, 乳量及び乳脂率より求めた日本飼養標準の養分要求量(農業・食品産業技術総合研究機構編, 2017)を充足するように TMR の給与量を決定し, その 40%を朝, 60%を夕方にそれぞれ給与した.

表 1 試験開始時点における供試牛の状況
Table 1. Experimental animals status at start of experiment

| | 単位 | 初産 | 2 産以上 |
|-------|------|------------|------------|
| 頭数 | | 5 | 5 |
| 産次 | | - | 3.2 ± 0.84 |
| 分娩後日数 | | 201 ± 106 | 172 ± 43 |
| 乳量 | (kg) | 27.7 ± 2.7 | 40.7 ± 9.0 |
| 体重 | (kg) | 632 ± 49 | 701 ± 71 |

2 供試飼料と処理区分

供試した生酒粕の養分含量を表 2 に、供試 TMR の飼料構成と養分含量を表 3 にそれぞれ示す。対照区 TMR の大豆粕を生酒粕で置換して試験区 TMR とした。生酒粕は西日本くみあい飼料株式会社が県内酒造メーカーより購入し、両処理区 TMR とともに自社の飼料工場で作製後約 400kg ずつビニル袋に詰め、脱気・密封し、3 週間発酵させたものを淡路農業技術センターへ搬入した。分析の結果、養分含量は両区ともほぼ同じであった。

飼養試験は一期 14 日間(予備期 11 日、本試験期 3 日)のクロスオーバー法で実施した。本試験期に乳汁、第一胃液及び血液の採材を行うとともに、Index 法(石橋, 2001)による消化試験を実施した。

3 調査項目と測定方法

(1) 乾物摂取量(DMI)と体重

給与量と残飼量を朝夕の給与ごとに計量した。残飼量が多い個体については残飼の一部を採取し、100°C 18 時間の熱風乾燥により乾物率を測定した。

供試開始時と終了時の体重を牛衡器(ツルーテスト: 富士平工業, 東京)で計測した。

(2) 乳生産成績

乳量をミルクメーター(F シリーズ: TRU-TEST Distributors, ニュージーランド)で朝夕の搾乳ごとに計測・記録した。

分析用乳汁を本試験期 2 日間の搾乳ごとに採取し、一般乳成分を近畿生乳販売農業協同組合連合会生乳検査所の多成分赤外線分析装置(コンビフォス TMFC, Foss, デンマーク)で分析した。各成分率を朝夕の乳量比によって加重平均により算出した。

(3) 第一胃液性状

第一胃液を第一胃内発酵がピークに達する朝の給餌 2 時間後(給餌後)と前回の給餌から最も時間が経過した朝の給餌直前(給餌前)に、経口式胃汁採取器(ルミナー: 富士平工業, 東京)を用いて採取した。採取後、直ちにガラス電極法(YUSB-01PH: 山形東亜 DKK, 新庄)で pH を測定した。

アンモニア態窒素(NH₃-N)濃度は、二重ガーゼで濾過した胃液を凍結保存し、水蒸気蒸留法(ケルテックオート: アクタック, 東京)によって測定した。

表 2 供試した生酒粕の養分含量¹⁾
Table 2. Nutrient composition of sake cake

| | |
|------------------|------|
| 乾物(DM) | 45.7 |
| 粗蛋白質(CP) | 58.7 |
| 粗脂肪(EE) | 4.5 |
| 可溶無窒素(NFE) | 26.3 |
| 粗繊維(CF) | 5.4 |
| 粗灰分(Ash) | 5.1 |
| 中性デタージェント繊維(NDF) | 28.3 |
| 非繊維性炭水化物(NFC) | 6.3 |
| 可消化養分総量(TDN) | 87.1 |

1) 乾物以外は乾物中%

表 3 供試 TMR の飼料構成と養分含量
Table 3. Ingredients and composition of experimental diets

| | 対照区 | 試験区 |
|------------------|-------|-------|
| 飼料構成(乾物中%) | | |
| 圧片トウモロコシ | 25.22 | 25.23 |
| ビール粕 | 4.01 | 4.01 |
| 生トウフ粕 | 2.95 | 2.95 |
| 生酒粕 | | 5.94 |
| DDGS | 5.64 | 5.64 |
| コーングルテンフィード | 8.19 | 8.18 |
| 大豆粕 | 5.89 | |
| ナタネ油粕 | 6.96 | 6.96 |
| 糖蜜 | 2.67 | 2.67 |
| 泌乳用配合飼料 | 0.05 | 0.05 |
| フェスク乾草 | 4.44 | 4.44 |
| アルファルファヘイキューブ | 1.58 | 1.58 |
| アルファルファ乾草 | 6.54 | 6.54 |
| オーツ乾草 | 23.55 | 23.54 |
| ミネラル | 2.16 | 2.16 |
| その他添加剤 | 0.11 | 0.11 |
| 養分含量(乾物以外は乾物中%) | | |
| 乾物(DM) | 55.4 | 55.4 |
| 粗蛋白質(CP) | 17.1 | 17.1 |
| 粗脂肪(EE) | 4.0 | 4.3 |
| 可溶無窒素(NFE) | 56.2 | 54.1 |
| 粗繊維(CF) | 15.0 | 15.0 |
| 中性デタージェント繊維(NDF) | 34.0 | 33.2 |
| 非繊維性炭水化物(NFC) | 37.2 | 38.0 |
| 可消化養分総量(TDN) | 72.7 | 72.6 |

揮発性脂肪酸(VFA)は、濾過胃液 2.5 ml を 24% メタリン酸 0.5ml と混和、18 時間室温放置し、冷却遠心(4°C, 3000 回転/分, 30 分間)によって得られた上清液を凍結保存し、融解後、水系 0.45 μm のディスクフィルター(GL クロマトディスク 25A: ジーエルサイエンス, 東京)で濾過し、ガスクロマトグラフ(GC-2014: 島津製作所, 京都)で測定した。

(4) 血液成分

採血を本試験期 1 日目の朝の給餌 4 時間後に頸静脈よりプレイン及びフッ化ナトリウム加真空採血管を用いて行った。採血後直ちに、フッ化ナトリウム加

血液はヘマトクリット値を計測し、冷却遠心(4℃, 3000回転/分, 5分間)により血漿を分離して、乾式血液自動分析装置(ドライケム 3030:富士写真フィルム, 東京)で血糖を測定した。また、プレイン真空採血管については37℃で10分間静置後、冷却遠心(4℃, 3000回転/分, 15分間)により血清を分離し、総蛋白質を屈折法で、アルブミン、尿素窒素(BUN)、総コレステロール、カルシウム、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ及びγグルタミルトランスペプチダーゼを乾式血液自動分析装置で当日中に測定した。

(5)養分消化率

養分消化率は酸化クロム(Cr₂O₃)を指示物質とした Index 法で測定した。粉碎した圧片トウモロコシに Cr₂O₃ を 10%均一に混合したものを給与飼料乾物当たり 1%添加した。本試験期 3 日間の 9:00~17:00 に 2 時間間隔で直腸糞を採取し、3 日分を混合したものを分析用試料とした。残飼についても 3 日分を混合したものを分析用試料とした。糞と残飼それぞれについて Weed 法による一般 6 成分とデタージェント分析法による中性デタージェント繊維(NDF)の飼料成分の分析を行った。各成分の消化率は以下の式により算出した。

$$\text{成分の消化率(\%)} = 100 - 100 \times \frac{\text{飼料中 Cr}_2\text{O}_3 \text{ 含量(\%)}}{\text{糞中 Cr}_2\text{O}_3 \text{ 含量(\%)}} \times \frac{\text{糞中の各成分含量(\%)}}{\text{飼料中の各成分含量(\%)}}$$

5 統計処理

データの統計処理は SAS(SAS 出版局 1993)の

GLM プロシジャーを用い、次のモデルで行った。

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + e_{1j} + \beta_j + \gamma_k + e_{2k}$$

Y_{ijk}:測定値, μ:総平均, α_i:群iの効果, β_j:飼料jの効果,

γ_k:試験期kの効果, e₁ e₂:1次誤差及び2次誤差

また、飼料効果は2次誤差を用いたF検定により、危険率5%未満の場合に有意差ありとし、5%以上10%未満の場合に傾向ありとした。

結 果

1 飼養成績

DMI, 体重, 日増体量及び乳生産を表4に示す。DMIは試験区が有意に(P<0.01)少なかった。体重, 日増体量は両区間に差はなかった。乳生産では乳量, 乳蛋白質率, 乳糖率及び無脂固形分率は両区間に差はなかったが, 乳脂率は試験区が有意に(P<0.01)高かったため, 4%脂肪補正乳量は試験区が多い傾向(P<0.10)であった。

2 第一胃液性状

第一胃液性状を表5に示す。給餌前ではpH, NH₃-N濃度, 及び酢酸/プロピオン酸比(AP比)は試験区が有意(P<0.05またはP<0.01)に低く, 総VFA濃度, VFA中のプロピオン酸割合は試験区が有意(P<0.05またはP<0.01)に高かった。一方, 給餌後ではpHは試験区が低い傾向(P<0.10), 総VFA濃度は試験区が高い傾向(P<0.10)であった。VFA中の酢酸割合, 酪酸割合は給餌の前後とも両区間に差がなかった。

表4 乾物摂取量、体重および乳生産¹⁾
Table 4. Dry matter intake, Body weight and milk production

| 項目 | 単位 | 対照区 | 試験区 | 標準誤差 | 有意水準 ²⁾ |
|----------|--------|-------|------|------|--------------------|
| 乾物摂取量 | (kg/日) | 20.6 | 19.9 | 0.08 | P<0.01 |
| 体重 | (kg) | 605 | 606 | 2.6 | ns |
| 日増体量 | (kg/日) | -0.26 | 0.07 | 0.33 | ns |
| 乳量 | (kg/日) | 31.8 | 32.2 | 0.34 | ns |
| 4%脂肪補正乳量 | (kg/日) | 30.8 | 32.3 | 0.52 | P<0.10 |
| 乳脂率 | (%) | 3.81 | 4.05 | 0.04 | P<0.01 |
| 乳蛋白質率 | (%) | 3.14 | 3.16 | 0.02 | ns |
| 乳糖率 | (%) | 4.42 | 4.46 | 0.02 | ns |
| 無脂固形分率 | (%) | 8.57 | 8.62 | 0.02 | ns |

1) 最小二乗平均

2) ns:有意差なし

表5 第一胃液性状¹⁾
Table 5. Rumen fermentation

| 項目 | 単位 | 対照区 | 試験区 | 標準誤差 | 有意水準 ²⁾ |
|--------------|----------|------|------|------|--------------------|
| pH | (kg/日) | | | | |
| 飼料給与前 | | 7.24 | 7.08 | 0.04 | P<0.05 |
| 飼料給与後 | | 6.71 | 6.52 | 0.06 | P<0.10 |
| アンモニア態窒素濃度 | (mg/dl) | | | | |
| 飼料給与前 | | 11.9 | 7.4 | 0.34 | P<0.01 |
| 飼料給与後 | | 19.8 | 18.8 | 0.79 | ns |
| 総VFA濃度 | (mmol/L) | | | | |
| 飼料給与前 | | 6.8 | 7.7 | 0.29 | P<0.05 |
| 飼料給与後 | | 11.0 | 11.9 | 0.30 | P<0.10 |
| VFA中酢酸割合 | (%) | | | | |
| 飼料給与前 | | 66.6 | 65.9 | 0.31 | ns |
| 飼料給与後 | | 59.5 | 57.9 | 0.69 | ns |
| VFA中プロピオン酸割合 | (%) | | | | |
| 飼料給与前 | | 19.4 | 20.9 | 0.27 | P<0.01 |
| 飼料給与後 | | 26.7 | 25.2 | 0.66 | ns |
| VFA中酪酸割合 | (%) | | | | |
| 飼料給与前 | | 10.7 | 10.7 | 0.13 | ns |
| 飼料給与後 | | 10.2 | 13.4 | 0.57 | ns |
| 酢酸/プロピオン酸比 | | | | | |
| 飼料給与前 | | 3.44 | 3.23 | 0.04 | P<0.05 |
| 飼料給与後 | | 2.26 | 2.32 | 0.08 | ns |

1) 最小二乗平均

2) ns: 有意差なし

表6 血液成分¹⁾
Table 6. Blood metabolites

| 項目 | 単位 | 対照区 | 試験区 | 標準誤差 | 有意水準 ²⁾ |
|-------------------|---------|------|------|------|--------------------|
| 血糖 | (mg/dl) | 64.8 | 59.5 | 1.84 | P<0.10 |
| 総コレステロール | (mg/dl) | 242 | 237 | 5.15 | ns |
| ヘマトクリット | (%) | 28.9 | 28.5 | 0.20 | ns |
| 血清総蛋白質 | (g/dl) | 7.40 | 7.32 | 0.08 | ns |
| アルブミン | (g/dl) | 3.86 | 3.84 | 0.04 | ns |
| 尿素窒素 | (mg/dl) | 19.5 | 15.7 | 0.50 | P<0.01 |
| AST ³⁾ | (IU) | 74.8 | 69.0 | 4.54 | ns |
| GGT ⁴⁾ | (IU) | 42.0 | 43.5 | 1.03 | ns |

1) 最小二乗平均

2) ns: 有意差なし

3) AST: アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ

4) GGT: γ グルタミールトランスペプチダーゼ

表7 養分消化率¹⁾
Table 7. Nutrient digestibility

| 項目 | 単位 | 対照区 | 試験区 | 標準誤差 | 有意水準 ²⁾ |
|-------------|-----|------|------|------|--------------------|
| 乾物 | (%) | 65.1 | 67.0 | 1.05 | ns |
| 粗蛋白質 | (%) | 72.3 | 69.0 | 0.89 | P<0.05 |
| 粗脂肪 | (%) | 79.9 | 79.4 | 0.57 | ns |
| 可溶無窒素 | (%) | 71.3 | 73.3 | 0.95 | ns |
| 粗繊維 | (%) | 35.2 | 47.5 | 1.96 | P<0.01 |
| 中性デタージェント繊維 | (%) | 47.2 | 52.4 | 1.61 | P<0.10 |
| 非繊維性炭水化物 | (%) | 83.9 | 86.5 | 0.80 | P<0.05 |

1) 最小二乗平均

2) ns: 有意差なし

3 血液成分

血液成分を表6に示す。測定した8項目は両区とも正常範囲内の値であった。血糖は試験区が低い傾向($P<0.10$)、尿素窒素は試験区が有意($P<0.01$)に低かった。

4 養分消化率

養分消化率を表7に示す。粗蛋白質(CP)は試験区が有意($P<0.05$)に低く、粗繊維と非繊維性炭水化物(NFC)は試験区が有意に($P<0.05$ または $P<0.01$)高く、NDFは試験区が高い傾向($P<0.10$)であった。

考 察

今回供試した生酒粕の成分は有安ら(2012)の報告と類似した値であったことから、液化仕込み酒粕と考えられる。発酵TMRに混合した場合、大小様々な大きさの紙粘土状塊となったが、牛はそれを選択的に摂取するほど、嗜好性は非常に良かった。

本試験は成牛を供試したため日増体量については酒粕給与の影響は認められなかったが、育成牛に給与した試験では増加が認められている(安藤, 2011)。乳生産において、乳量は有安ら(2012)の報告と同様に差はなかったが、乳脂率が有意に向上し、その影響で4%脂肪補正乳量が高い傾向を示した。

第一胃液性状においては酒粕給与により、総VFA濃度の上昇に伴うpHの低下、プロピオン酸割合の増加に伴うA/P比の低下といったエネルギー効率の高い発酵パターンへの変化が認められた。牛を対象とした安藤(2011)や有安ら(2012)の報告は第一胃液性状を調査していないため、in vivoでの知見は本報告が初めてである。

血液成分においてBUNが酒粕給与により有意な低下が認められた。BUNは第一胃内でCP中の窒素が溶出または微生物による分解を受けて生じたNH₃-Nが肝臓で無毒化されたもので、摂取飼料のCP量と第一胃内発酵エネルギー量のバランスによって変動する(生田ら, 2000)。従って、BUNの低下は第一胃液においてエネルギー効率が高い発酵パターンへの変化が微生物によるNH₃-Nの取り込み量を増加させたこと、併せて、CP消化率が低下していることから、第一胃内でのCP分解量も少なかったために余剰NH₃-Nが減少したことによるものと考え

られる。

養分消化率では前述のCPで低下が認められた一方、粗繊維、NDF及びNFC等の炭水化物で上昇が認められた。これまでの報告には泌乳牛を用いた消化試験は見当たらないが、安藤(2011)や山田ら(2012)は、人工消化試験により粗飼料の分解率が上昇したと報告している。一方、CP消化率の低下原因として、対照区の主要CP源である大豆粕の第一胃内分解性蛋白質割合は74%と非常に高い(農業・食品産業技術総合研究機構編, 2009)のに対して、酒粕のそれは低かったことが推察される。安藤(2011)は酒粕等に含まれる酵母を牛に給与した場合、第一胃微生物そのものを活性化すること、第一胃内の乳酸、NH₃-Nの利用を促進し、第一胃内環境を安定化することによって、繊維成分消化率を上昇させ、微生物体蛋白質の合成量を増加させとしている。今回結果では記述しなかったが、供試した生酒粕を菌培養したところ、酵母類が検出されている。従って、今回認められた炭水化物の消化率向上も、酒粕に残存していた酵母の作用である可能性が考えられる。

以上の結果から、酒粕は単なる飼料コスト低減のためのエコフィードにとどまらず、第一内微生物を活性化し、第一胃内発酵のパターンをエネルギー効率の高いものへと変化させて炭水化物の消化率を繊維・非繊維を問わず向上させる、機能性を有するエコフィードとなる可能性を有している。

引用文献

- 安藤 貞(2011):酵母を中心とした醸造副産物の畜産利用. 畜産技術 669, 18-21
- 有安則夫・山田徹夫・長尾伸一郎(2012):液化仕込み酒粕の飼料化技術の検討. 岡山県農林水産総合センター畜産研究所研究報告 2, 23-25.
- 藤村 庄・毛利信幸・桑田 実・中川和治・原田 修・吉田和利・大橋智子(2003):酒粕の高度利用技術に関する調査研究. 「兵庫県イノベーションセンター・インキュベート事業」報告書, 63-64.
- 生田健太郎・小嶋 睦・篠倉和己・函城悦司(2000):乳中尿素態窒素と乳蛋白質率による泌乳牛の栄養診断. 日本獣医師会雑誌 53, 289-292.

- 石橋 亮監修(2001):動物栄養試験法(養賢堂).
174-197.
- 笠原 猛・大栗弾宏・藤本 武・田辺創一・澤 則之・
西村敏英(2004):清酒粕と植物性油脂の給与に
よる高品質ブロイラー生産試験. 徳島県立農林
水産総合技術センター畜産研究所研究報告 4,
64-74.
- 小林博史・宮沢一男(1984):乾燥酒粕の養豚飼料化
試験. 埼玉県畜産試験場研究報告 22, 10-11.
- 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究
機構 編(2009):日本標準飼料成分表(2009 年
版)(中央畜産会)231
- 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究
機構 編(2017):日本飼養標準 乳牛(2017 年
版)(中央畜産会)31-40
- SAS 出版局(1993):SAS/STAT ソフトウェアユーザ
ーズガイド Version 6 First Edition(株式会社サス
インスティテュートジャパン. 東京)569-666
- 山田徹夫・有安則夫・広金弘史(2012):各種副産物
が粗飼料の in vitro 分解率に及ぼす影響. 岡山
県農林水産総合センター畜産研究所研究報告
2, 13-16.

Effects of the Sake Cake Feed on Milk Production, Rumen Fermentation, Blood Metabolites and Nutritional Digestibilities in Dairy Cows

Kentaro IKUTA¹⁾, Etsuji YAMAGUCHI¹⁾, Katsuhiko SHIMIZU²⁾ and Hajime TATEGAMI²⁾

¹⁾ Awaji Agricultural Technology Institute, Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, Hyogo Prefecture, Minami-Awaji 569-0042

²⁾ JA Nishinohon Kumiai Shiryō Corporation, Kobe 651-0083

Corresponding: Kentaro IKUTA (fax:+81(0)799-42-2990,e-mail: Kentarou_Ikuta@pref.hyogo.lg.jp)

This experiment was conducted to determine the effects of the Sake Cake on milk production, rumen fermentation, blood metabolites and nutritional digestibilities in dairy cows. Five primiparous and 5 multiparous in lactating cows were divided into two experimental groups: cows fed 1) a control diet that not included sake cake (group C; n=5) and 2) a test diets that included sake cake of 5.9% in dry matter base (group T; n=5) in a crossover design. Each period of crossover lasted for 14 days. The following results were obtained:

(1) Milk fat% was significantly higher in the group T than in the group C.

(2) Ruminal pH, ammonia-N concentration and the ratio of acetate/propionate were significantly lower, and the total volatile fatty acid concentration and the molar percentage of propionate were significantly higher in the group T than in the group C.

(3) The blood urea nitrogen level was significantly lower in the group T than in the group C.

(4) The digestibility of crude protein was significantly lower, and crude fiber, non fiber carbohydrate were significantly higher in the group T than in the group C.

These results suggested that the feeding of the sake cake increased the digestibility of carbohydrate irrespective of the type of fiber or non fiber. In the result, rumen fermentation altered pattern to highly energy efficiency.

Key Words : sake cake, dairy cows, milk production, rumen fermentation, blood metabolites, digestibilities