

甘藷製焼酎粕の乳酸発酵による保存性向上と給餌試験*

高山 清子^{*1}・水谷 政美^{*1}・山本 英樹^{*1}・越智 洋^{*1}・明石 秀人^{*2}・工藤 寛^{*3}
工藤 哲三^{*1}

Application of Lactic Acid Fermentation for Preservation of Sweetpotato Shochu Distillery By-products
and to Feeding Test to Cows

Kiyoko TAKAYAMA, Masami MIZUTANI, Hideki YAMAMOTO, Hiroshi OCHI, Hideto AKASHI,
Hiroshi KUDO and Tetsuzo KUDO

比較的焼酎粕排出量の少ない焼酎製造場において、簡単にかつ低コストで実施できる焼酎粕利用法として、腐敗しやすい焼酎粕を乳酸発酵し、保存性を改善した焼酎粕の飼料化について検討した。安全性、利便性を考慮して、サイレージ用市販乳酸菌製剤から焼酎粕の乳酸発酵に適した乳酸菌製剤の選抜を試みた。その結果、繊維分解酵素を含む製剤アクレモコンクが甘藷製焼酎粕の乳酸量を増加させ、かつ甘藷製焼酎粕特有の粘度を低下させた流動性のよい発酵液が得られることが分かった。また、焼酎粕を乳酸発酵し高酸度に保つことで腐敗しやすい焼酎粕の保存性が改善した。宮崎県畜産試験場における繁殖牛への給餌試験では、この乳酸発酵焼酎粕飼料の嗜好性は良好であり、体重変化、血液成分においても異常値はみられず、タンパク源、エネルギー源として優良な飼料が得られることが分かった。

キーワード：焼酎粕，乳酸菌，保存性，飼料

1 はじめに

焼酎産業の盛んな本県においては、水分が多く腐敗しやすい焼酎粕の処理技術の開発は、重要な課題であり、これまでにメタン発酵、コンポスト化技術の開発、ペレット飼料製造技術の開発など様々な研究がなされてきた¹⁻⁴⁾。さらに近年の焼酎ブームで焼酎粕の排出量が増加傾向にあるが、ロンドン条約議定書により平成 19 年 4 月以降焼酎粕の海洋投棄が原則禁止され、その対策が急務となっている。本県において焼酎粕は、メタン発酵法、焼却、活性汚泥法による処理の他、濃縮・乾燥飼料化等による有効利用法も採用されており、焼酎粕排出量が増加する中、いかに低コストで焼酎粕を処理するかが課題となっている。一方、畜産分野においては、バイオエタノール生産向

けの需要増加でトウモロコシ等畜産飼料価格が急騰しており、畜産業の盛んな本県においては、飼料価格の高騰に対する対策が強く求められている。そこで本研究では比較的焼酎粕排出量の少ない焼酎製造場において簡単にかつ低コストで実施できる焼酎粕利用法として、焼酎粕を乳酸発酵することで保存性を改善した焼酎粕の飼料化について検討した。

2 実験方法

2-1 市販乳酸菌製剤から焼酎粕に適した乳酸菌の選抜

焼酎粕の乳酸発酵は、本県において主に製造される甘藷、麦、ソバ焼酎の焼酎粕について検討した。乳酸菌は、安全性、利便性を考慮して、雪印種苗（株）製サイレージ用顆粒状乳酸菌製剤アクレモコンク、スノーラクト L、畜草 1 号を使用し、焼酎粕の乳酸発酵に適した乳酸菌製剤を選抜した。焼酎粕は 121 °C で 20 分間加圧滅菌し、冷却

* 焼酎粕リサイクル技術の開発

* 1 応用微生物部 * 2 明石酒造株式会社

* 2 宮崎県畜産試験場

後乳酸菌製剤を添加した。30℃で5日間静置培養後それぞれの乳酸菌製剤について、pH および乳酸生成量を比較した。乳酸は、高速液体クロマトグラフ LC-10A(島津製作所製、有機酸分析システム)により測定した。

2-2 繊維分解酵素が焼酎粕に及ぼす効果

繊維分解酵素を含むアクレモコンクについて、繊維分解酵素が焼酎粕に及ぼす影響を調査するため、乳酸濃度とグルコース濃度の変化を測定した。甘藷製焼酎粕は121℃で20分間加圧滅菌し、冷却後乳酸菌製剤を添加し、30℃で静置培養した。培養中経時的にサンプリングを行い、遠心分離後の上清を分析に用いた。乳酸は、高速液体クロマトグラフ LC-10A(島津製作所製、有機酸分析システム)により測定し、グルコースはグルコース CII-テスト(和光純薬工業製)を用いて測定した。

2-3 甘藷製焼酎粕の乳酸発酵試験と繁殖牛への給餌試験

焼酎粕の乳酸発酵試験は、明石酒造株式会社(宮崎県えびの市)にて甘藷製焼酎粕の乳酸発酵試験を5回繰り返して実施した。乳酸発酵は給餌用を目的として1トントラックを2つ用意し毎回2トン規模で行った。焼酎粕は前日蒸留し、35℃位まで冷却したものをを用いた。給与試験用飼料は乳酸発酵が十分進行するように炭素源として廃糖蜜を添加した。焼酎粕1トンに対し、廃糖蜜20L(約2%)、雪印種苗(株)製顆粒状乳酸菌製剤アクレモコンク17g(0.0017%)を添加してよくかくはんした。1日ごとにサンプリングし、ろ液のpH、酸度、有機酸分析を行い乳酸発酵経過を確認した。乳酸発酵後は直ちに宮崎県畜産試験場に運搬して黒毛和種繁殖牛14頭(7頭対照区)による給餌試験を実施した⁵⁾。

2-4 乳酸発酵焼酎粕の保存性試験

腐敗しやすい焼酎粕が乳酸発酵処理によりどの程度保存性が向上し、飼料として利用できるかを検討するため、乳酸発酵させた焼酎粕の1トントラックを屋外に設置し保存試験を実施した。2, 4, 7, 10, 17週後にサンプリングし、ろ液のpH、酸度、有機酸分析を行った。有機酸は、培養液を10倍希釈し0.45μmのメンブランフィルターでろ過後、高速液体クロマトグラフ LC-10A(島津製作

所製、有機酸分析システム)により測定した。

また、保存試験開始時と屋外保存した乳酸発酵焼酎粕について、ガスクロマトグラフ質量分析計にてヘッドスペース中の揮発成分分析を行い、臭気成分を確認した。すなわち4mLバイアル(SUPERUCO製)に試料500μL塩化ナトリウム0.3gを入れかくはん後、40℃の恒温槽に40分間バイアルを浸した。SPMEファイバーをヘッドスペース中に1分間露出させて揮発性成分をファイバーに吸着させた後、ガスクロマトグラフ質量分析計 GCMS-QP5050A(島津製作所製)に導入した。分析条件は以下のとおりとした。

(1)SPMEファイバー

65 μm Carbowax-divinylbenzene (SUPERUCO 製)

(2)GCMS

装置:GCMS-QP5050A(島津製作所製)

①分析カラム:ZB-WAX (0.25mm × 60m, 島津製作所製)

②気化室温度:220℃

③インタフェース温度:220℃

④カラム温度:Initial Temp 40℃ Initial time 0min.
3℃/min 220℃ 0min.

3 結果および考察

3-1 市販乳酸菌製剤から焼酎粕に適した乳酸菌の選抜

甘藷製焼酎粕の培養前および各乳酸菌製剤を添加し培養後のpHおよび乳酸生成量を比較した。いずれの乳酸菌製剤においても乳酸の生成が確認された。アクレモコンクにおいては、他の乳酸菌製剤よりも乳酸生成量が多かった。このことから、焼酎粕の乳酸発酵にはアクレモコンクを選抜した。

表1 乳酸発酵前後のpHおよび乳酸濃度

	pH	乳酸 (mg/L)
発酵前	4.7	320
アクレモコンク	3.7	7,200
スノーラクトL	4.2	2,300
畜草1号	4.5	2,500

3-2 繊維分解酵素が焼酎粕に及ぼす効果

繊維分解酵素を含むアクレモコクについて、乳酸濃度とグルコース濃度の変化を確認し、繊維分解酵素が焼酎粕に及ぼす影響を調べた(図1)。グルコース濃度は2日後まで増加後減少し、4日後には消失した。一方、乳酸濃度は2日後から上昇し、10日後にはほぼ一定になった。

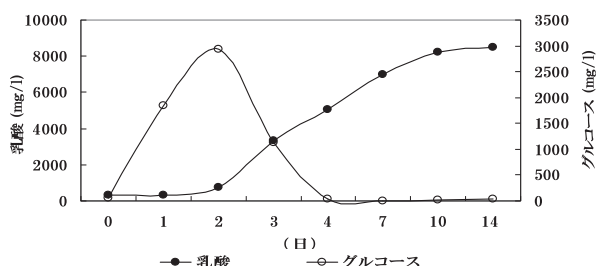


図1 甘藷製焼酎粕にアクレモコク添加後の乳酸およびグルコース濃度変化

3-3 甘藷製焼酎粕の乳酸発酵試験と繁殖牛への給餌試験

給餌試験用飼料としての甘藷製焼酎粕の乳酸発酵試験は、1トンタンクを2つ用意し毎回2トン規模で行った。1日ごとにサンプリングし、pH、酸度、有機酸分析を行い乳酸発酵経過を確認した(表2)。発酵開始から4日後には十分に乳酸発酵が進んだことが確認された。発酵終了後は直ちに宮崎県畜産試験場に運搬して黒毛和種繁殖牛14頭(7頭対照区)による給餌試験を実施した。5ヶ月間の給餌試験の結果、嗜好性は良好であり体重変化、血液成分においても異常値はみられず、飼料としてのタンパク源、エネルギー源として活用できることが確認された⁵⁾。

表2 給餌試験用焼酎粕の乳酸発酵経過

	発酵前	1日後	2日後	3日後	4日後
pH	4.1	3.5	3.4	3.4	3.4
酸度	6.3	17.2	19.3	21.7	23.2
乳酸 (mg/L)	2900	9600	11000	13000	14000
酢酸 (mg/l)	2100	6600	6500	6600	6700

3-4 乳酸発酵焼酎粕の保存性試験

保存性を確認するために屋外に設置した乳酸発酵焼酎粕の1トンタンクから2, 4, 7, 10, 17週間後にサンプリングし、pH、酸度、有機酸分析を行い成分の変化を確認した(表3)。保存日数が経過するにつれ乳酸濃度は減少した。次にガスクロマトグラフ質量分析計にて揮発成分を確認し

た(図2, 図3)。その結果、乳酸発酵直後は酢酸エチル、エタノール、酢酸、フェネチルアルコール等焼酎酵母の発酵生成物が主に検出された。揮発成分は保存日数が経過するにつれ増加し、プロパノール、プロピオン酸が検出された。また官能的には、4週間まではほとんど臭いの変化は感じられなかったが、7週後以降次第に酸臭が感じられた。焼酎粕は栄養分が豊富であるためカビが生えやすく腐りやすいという問題があるが、乳酸発酵させた焼酎粕は17週後もカビは発生しなかった。また、高速液体クロマトグラフによる有機酸分析、ガスクロマトグラフ質量分析計による揮発成分分析においても酪酸は検出されなかった。

表3 乳酸発酵焼酎粕の保存中における pH、酸度、有機酸の変化

	4日後	2週後	4週後	7週後	10週後	17週後
pH	3.4	3.4	3.4	3.6	3.6	3.7
酸度	21.8	24.4	23.2	21.4	19.6	18.4
乳酸 (mg/L)	14000	14000	12000	9200	7400	6700
酢酸 (mg/L)	6700	5200	5900	7600	7100	7300

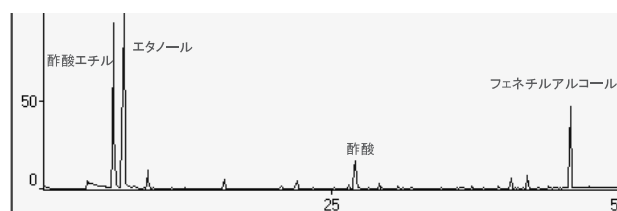


図2 乳酸発酵直後の揮発成分

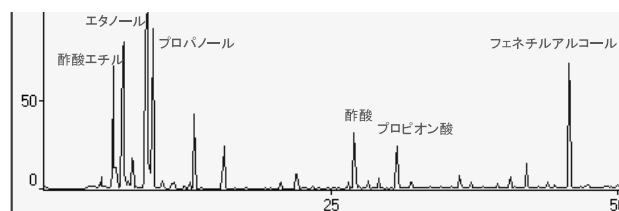


図3 保存17週間後の揮発成分

甘藷製焼酎粕にアクレモコクを添加後の乳酸およびグルコース濃度の変化から、アクレモコクに含まれる繊維分解酵素の働きによりグルコースが生成し、乳酸生成量が増加したと考えられた。さらに甘藷製焼酎粕特有の高い粘度も低下し、流動性のよい発酵液が得られた。焼酎粕の粘度が低下することにより、ポンプアップにより省力的に給与することが可能になった。

大塚らは甘藷焼酎粕に0.2%ギ酸を添加し、10

日間の経時変化を調べ保存性が改善したと報告している⁶⁾。焼酎粕はカビが生えやすく腐敗しやすいが、今回、焼酎粕を乳酸発酵することにより保存性が向上することを確認した。また、甘藷製以外の原料においても乳酸発酵は可能であり、牛の嗜好性も良好であったため、年間を通しての供給は可能であると考えられた。

次に、乳酸発酵焼酎粕と濃厚飼料について1日当たりの飼料費を比較した。乳酸発酵焼酎粕は濃厚飼料の約6割の飼料費であり、飼料費の削減につながることを期待された。配合飼料の価格は前年比118%(平成19年12月現在)で推移しており⁷⁾、飼料の自給率向上が求められている中、乳酸発酵焼酎粕は優良なタンパク源、エネルギー源の飼料であると考えられた。

現在、畜産分野においては家畜に投与する抗生物質に変わる物として生菌剤が注目されており、家畜動物の増体、飼料要求率、腸内菌叢、下痢の発生率などに対する効果について検討されている⁸⁾。また、近年は焼酎粕の各種機能性の研究がなされており中村らは γ -アミノ酪酸を含む米焼酎粕乳酸発酵液の機能性について⁹⁾、古田らは大麦焼酎蒸留粕に含まれる乳酸菌・ビフィズス菌増殖因子の探索について¹⁰⁾、須見らは焼酎蒸留粕を原料としたナットウキナーゼ及びビタミンK2の発酵生産について報告している¹¹⁾。今後はより付加価値のある乳酸発酵焼酎粕飼料について研究を進めていきたい。

4 まとめ

- 1) 焼酎粕の乳酸発酵には繊維分解酵素を併用することで乳酸生成量が増加し、粘度が低下した。この効果は特に甘藷製焼酎粕で高く、特有の粘度が低下し流動性のよい発酵液が得られた。
- 2) 焼酎粕を乳酸発酵し高酸度に保つことで腐敗しやすい焼酎粕の保存性が改善した。
- 3) 繁殖牛への給与試験において良好な結果が得られており、タンパク源、エネルギー源として優良な飼料であると考えられた。

5 参考文献

- 1) 工藤哲三, 甲斐邦熙, 高橋勝南, 森山和之, 柏田雅徳:醸協, 94, p.721-725 (1999)
- 2) 工藤哲三, 日高照利, 水谷政美, 柏田雅徳:宮崎県工業試験場・宮崎県食品加工研究開発センター研究報告, 42, p. 155-160
- 3) 上原剛, 森下敏朗, 里岡嘉宏, 小玉誠:宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, 45, p.137-143
- 4) 工藤哲三, 横山朝明, 小玉誠, 水谷政美, 今野次雄: 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, 45, p.159-163
- 5) 黒木邦彦, 工藤寛, 森弘:九州農業研究発表会専門部要旨集, 70, p.97 (2007)
- 6) 大塚舞, 大森英之, 田島清, 川島知之:日畜会報, 78, p.349-354 (2007)
- 7) 農畜産業振興機構「畜産の情報」
- 8) 乳酸菌研究集談会編:乳酸菌の科学と技術,(学会出版センター, 東京), (2003)
- 9) 中村尚夫, 薮本佳予子, 横山定治, 平松順一, 高橋康次郎, 吉澤みな子:醸協, 98, p.221-224 (2003)
- 10) 古田吉史, 外菌理佐, 高下秀春, 大森俊郎, 石橋文木彬, 園元謙二:生物工学会誌, 85, p.161-166 (2007)
- 11) 須見洋行, 池田志織, 今井雅敏, 矢田貝智恵子:醸協, 99, p.867-872 (2004)