

未利用資源（焼酎粕）に含まれる機能性成分が牛の生産性に及ぼす影響について

宮崎県畜産試験場

宮崎県食品開発センター

（要約）

焼酎粕に乳酸菌 BM-1 ならびに植物性食品残渣および酵素を加えることで、保存性が高く（91 日後 pH 変動少ない）、オルニチンを高含有（約 1,500mg/l）した機能性乳酸発酵焼酎粕飼料を製造することができた。このオルニチンを高含有する乳酸発酵焼酎粕を、濃厚飼料の代替として一定期間、黒毛和種繁殖雌牛に給与し、繁殖性や血液性状、ルーメン液性状について調査を行った。その結果、乳酸発酵焼酎粕を短期間（43 日間）、あるいは長期間（76 日間）にわたり給与しても、牛の健康性や繁殖性に問題がなく、濃厚飼料の代替として利用できることが示唆された。また、嗜好性も非常に高く、牛の肝機能改善につながることも期待された。

我が国における家畜の飼料の大部分は海外からの輸入飼料に依存しており、飼料自給率は約 28% に止まっている。海外からの輸入飼料は為替相場や原油価格、社会情勢により大きく変動するため、畜産経営の不安定化の要因となるとともに、家畜防疫の面からもリスクが高いことから、国産飼料や未利用資源（エコフィード）の利用推進はますます重要となっている。宮崎県における代表的な地域未利用資源として焼酎粕がある。本県の焼酎の出荷量は約 15 万キロ（H26 酒造年度）で全国 1 位となっており、そのため排出される焼酎粕も約 27 万キロと非常に多いが、畜産農家における飼料利用は限定的であり、一部は産業廃棄物として有償で処理されている。一方、肉用牛繁殖経営を見てみると、飼育環境や飼養管理の不備から、牛がストレスを感じ、また栄養バランスが崩れたりといった事例も多く見受けられ、そのことが生産性低下の原因にもなっている。

昨年、焼酎粕を乳酸発酵することで、オルニチンなどの機能性成分が生成されるとの報告がなされている（H28 宮崎県食品開発センター）。この乳酸菌を活用した焼酎粕発酵飼料を牛に与えることで、肝機能改善など牛のストレス軽減につながるものと期待される。

そこで本調査では、焼酎粕に含まれる機能性成分が牛の生産性に及ぼす影響を明らかにすることで、焼酎粕のエコフィードとしての有用性を実証し、国内飼料自給率の向上に資するものである。

I 焼酎粕の乳酸発酵試験

1 目的

宮崎県畜産試験場と食品開発センターでは、焼酎粕に糖蜜と市販サイレージ用乳酸菌製剤アクレモコンク（販売終了、後継商品はサイマスターAC：雪印種苗(株)）を添加して発酵させることで、保存性の高い乳酸発酵焼酎粕飼料を製造できることを過去の研究で明らかにしている（醸造協会誌 106 巻(2011) 11 号 p 785-790）。

一方、近年の研究で、食品開発センターが県内焼酎もろみから分離した乳酸菌 BM-1 は、肝機能改善効果があるとされる機能性成分オルニチンを生成することがわかった。

本研究では、従来の乳酸発酵焼酎粕飼料の製造方法に、乳酸菌 BM-1 および植物性食品残渣の添加を組み込むことで、オルニチンを高含有した乳酸発酵飼料の製造を試みた。

2 試験方法

図1の500ℓ容量のプラスチックタンクを用い、焼酎粕に植物性食品残渣を添加した試験区1と、現行の乳酸発酵焼酎粕の製造方法に準じた試験区2について乳酸発酵試験を実施した。各試験区に添加した製剤等の量を表1に示した。

発酵槽は屋内に静置し、試験開始後1週間は1～2日ごとに、その後は91日後まで1～2週間ごとに攪拌およびサンプリングを行った。得られたサンプルのpH、乳酸濃度およびオルニチン濃度を測定した。また、発酵開始0日後、41日後、91日後のサンプルについては、牛の必須アミノ酸10種（アルギニン、ヒスチジン、イソロイシン、ロイシン、リジン、メチオニン、フェニルアラニン、スレオニン、トリプトファン、バリン）を測定した。なお、乳酸濃度の測定は高速液体クロマトグラフ（(株)島津製作所製、有機酸分析システム）、オルニチンを含むアミノ酸濃度の測定は高速アミノ酸分析計（(株)日立製作所製、L-8900）を用いて行った。



図1 プラスチックタンク

表1 乳酸発酵試験区の各配合量

	麦焼酎粕 (kg)	植物性 食品残渣 (kg)	BM-1 培養液 (L)	サイマスター AC (g)	糖蜜 (kg)
試験区 1	200	100	2	5.1	2.7
試験区 2	200	—	—	3.4	1.8

3 結果と考察

pH 測定結果を図2に示した。一般に、雑菌汚染があると急激な pH 変動が見られるが、今回、試験区1、試験区2ともに91日後まで pH はほぼ一定であった。

乳酸濃度の測定結果を図3に示した。乳酸には静菌性があるため、乳酸量が多いと雑菌汚染の防止効果が期待できる。試験区1の方が試験区2より乳酸生成量が多かったため、従来法である試験区2より試験区1の条件の方が保存性に優れていることが示唆された。

オルニチン濃度の測定結果を図4に示した。オルニチンは試験区2では全く増加しなかったが、試験区1では発酵開始後3日後には著しく濃度が上昇していた。その後、時間経過とともにゆるやかに減少しはじめたが、41日後以降は一定となった。

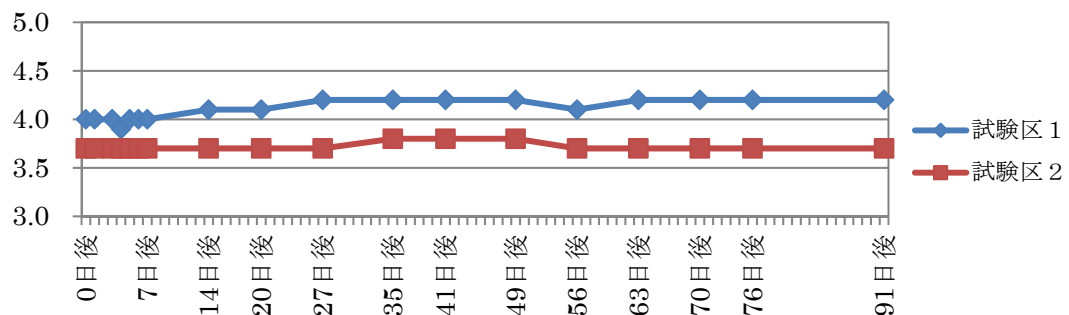


図2 pHの経時変化

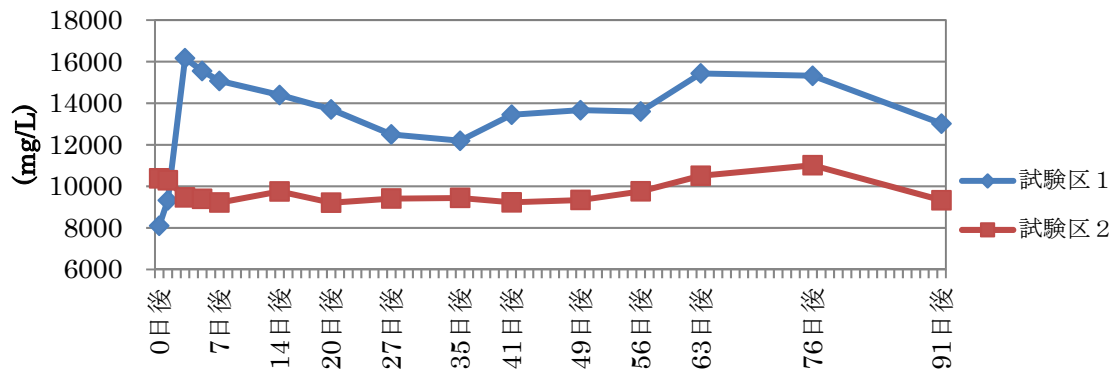


図3 乳酸濃度の経時変化

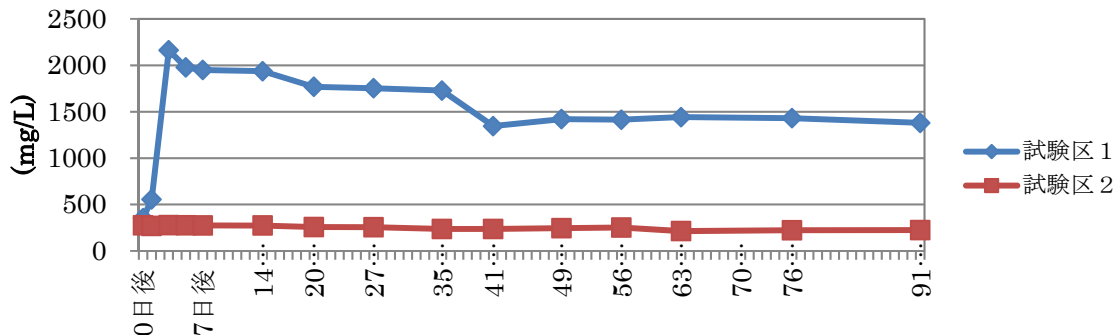


図4 オルニチン濃度の経時変化

また、牛の必須アミノ酸 10 種の濃度について、試験区 1 の測定結果を図 5 に、試験区 2 の測定結果を図 6 に示した。試験区 1 でアルギニンの著しい減少が見られた。過去の研究で BM-1 はアルギニンをオルニチンに代謝することが示唆されているため、オルニチンが増加した試験区 1 のみアルギニンが減少したものと考えられた。

これらのことから、従来の乳酸発酵焼酎粕飼料の製造法に、乳酸菌 BM-1 ならびに植物性食品残渣および酵素を加えることで、保存性が高く、オルニチンを高含有した機能性乳酸発酵焼酎粕飼料を製造できることがわかった。

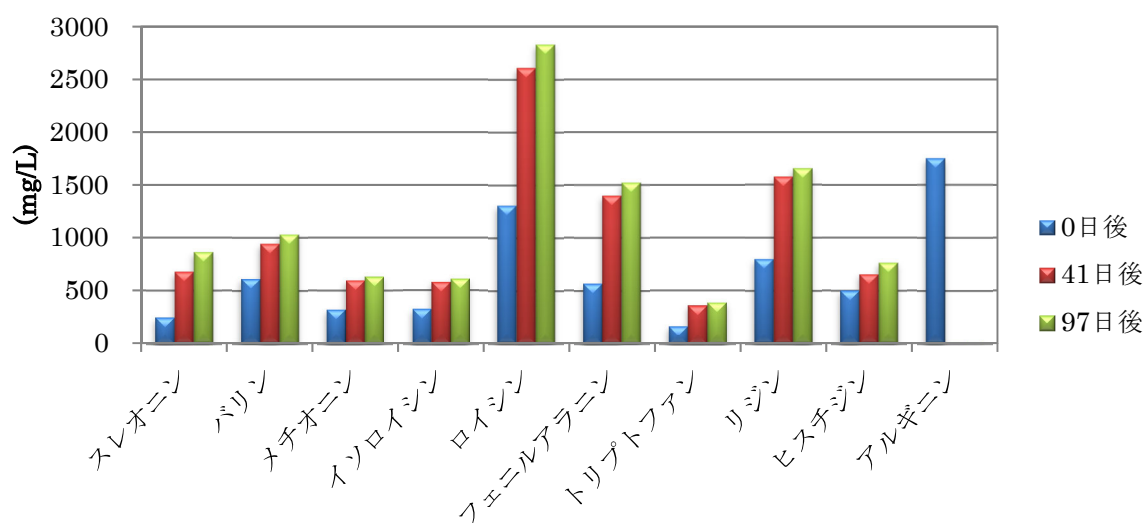


図 5 試験区 1 の必須アミノ酸濃度

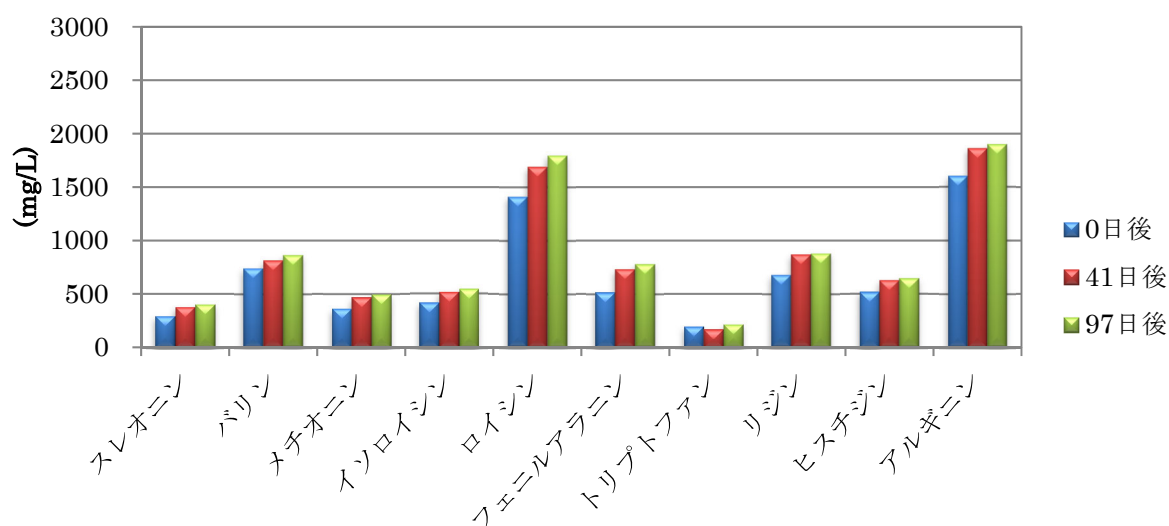


図 6 試験区 2 の必須アミノ酸濃度

II 焼酎粕の牛への給与試験

1 目的

宮崎県畜産試験場では、乳酸発酵芋焼酎粕を長期間(36ヶ月間)黒毛和種繁殖雌牛に給与し、繁殖性や血液性状に問題はなく、飼料費の削減が可能であることを過去の研究において示している(宮崎県畜産試験場研究報告 第25号 2013)。

今回、I 焼酎粕の乳酸発酵試験において調製した、オルニチンを高含有する乳酸発酵焼酎粕を濃厚飼料の代替として一定期間、黒毛和種繁殖雌牛に給与することで、焼酎粕に含まれる機能性成分が牛に及ぼす影響を調査し、焼酎粕のエコフィードとしての有用性を検証した。

2 試験方法

給与試験は短期給与と長期給与に分けて実施した。

短期給与の供試牛は当场繋養の黒毛和種繁殖雌牛4頭を用いた。試験区分は焼酎粕給与区と対照区の2区とし、表2に示すとおり4頭を焼酎粕給与区2頭、対照区2頭に振り分け、反転法で2回実施した。試験開始20日前からならし期間として通常の給与メニューを給与した。1回の給与期間は42日間とし、1回目給与終了後、再度ならし期間として20日間、通常の給与メニューを給与した後、2回目の給与を開始した。

長期給与の供試牛は当场繋養の黒毛和種繁殖雌牛8頭を用いた。試験区分は焼酎粕給与区と対照区の2区とし、表3に示すとおり焼酎粕給与区4頭、対照区4頭で実施した。試験開始20日前からならし期間として通常の給与メニューを給与し試験を実施した。

給与は、1日2回(9:00、15:00)に分け、午前は粗飼料のみ、午後は粗飼料に乳酸発酵焼酎粕と濃厚飼料を加えた。

表2 短期給与試験区設定、給与期間

牛No	ならし期間(20日)	1回目(43日)	ならし期間(20日)	2回目(43日)
A	通常給与	焼酎粕給与区	通常給与	対照区
B	通常給与	焼酎粕給与区	通常給与	対照区
C	通常給与	対照区	通常給与	焼酎粕給与区
D	通常給与	対照区	通常給与	焼酎粕給与区

表3 長期給与試験区設定、給与期間

試験区	頭数	ならし期間(20日)	給与期間(76日)
焼酎粕給与区	4	通常給与	焼酎粕給与
対照区	4	通常給与	通常給与

焼酎粕の乳酸発酵試験でオルニチンを高含有する試験区1を給与に供し、その飼料成分を表4に示した。この数値を基に、給与設計を行い、表5(短期給与)、表6(長期給与)に示すとおり、乾物摂取量(DM)、TDN(可消化養分総量)、CP(粗タンパク質)が2区とも同等になるよう設定した。牛に実際給与する場合は、短期給与区では乳酸発酵焼酎粕2.2kg/日(表7)、長期給与区では乳酸発酵焼酎粕1.2kg/日(表8)を対照区の濃厚飼料1.0kg/日の代替として給与した。

DM	TDN	CP	CF	EE
18.9%	10.2%	7.8%	1.8%	1.7%

区分	乾物摂取量	TDN	CP
焼酎粕給与区	105.9%	125.5%	100.0%
対照区	101.9%	130.4%	101.9%

区分	乾物摂取量	TDN	CP
焼酎粕給与区	108.8%	127.2%	108.0%
対照区	101.8%	126.4%	106.8%

区分	焼酎粕給与区	対照区
イタリアンライグラス(乾草)	3.2kg	2.0kg
オーツヘイ(乾草)	2.5kg	2.5kg
チモシー(乾草)	2.5kg	2.5kg
ビタミン剤	500g	500g
リン酸カルシウム	500g	500g
焼酎粕	2.2kg	
濃厚飼料		1.0kg

区分	焼酎粕給与区	対照区
ローズグラス(乾草)	5.0kg	3.5kg
オーツヘイ(乾草)	4.0kg	4.0kg
ビタミン剤	500g	500g
リン酸カルシウム	500g	500g
焼酎粕	1.2kg	
濃厚飼料		1.0kg

過剰排卵処理に伴う処置は、表9に示すスケジュールに準じて行った。

発情前後3日間を避けてCIDR(膣内留置型プロゲステロン製剤)を膣内挿入(day0)し、10日目にFSH(卵胞刺激ホルモン)の1回投与、12日目にPG(黄体退行物質)をAM、PMの2回投与した、14日目のPMと15日目のAMにAI(人工授精)し、21日目に常法により採卵した。

	Day 0	Day 10	Day 12	Day 14	Day 15	Day 21
AM	CIDR in	FSH30AU	PG		AI	採卵
PM			PG	AI		

採血とルーメン液の回収は給与開始の 4 時間後に行った。ルーメン液の回収は経口から直接第 1 胃にルミナーを挿入し行った(図7, 8)。



図7 ルーメン液採取器



図8 ルーメン液の採取

3 結果と考察

(1) 嗜好性

焼酎粕は 5000タンクで保存し、給与時はタンク上部の蓋を開け、ひしゃくで取り出し粗飼料の上からふりかけるトップドレス方式とした(濃厚飼料も同様)。給与開始直後から焼酎粕のみ選んで食べるなど、嗜好性は非常に良好で、給与した焼酎粕を食べ残す個体もいなかった(図9, 10)。



図9 焼酎粕給与風景



図10 乳酸発酵焼酎粕

(2) 体重と栄養度指数

焼酎粕を短期給与した場合の体重の推移、ならびに栄養度指数を図11, 12に示した。給与前と給与後での体重増減率は、焼酎粕区 99.1%、対照区 98.5%となった。栄養度指数は両区とも上限値以上の過肥状態で推移した。

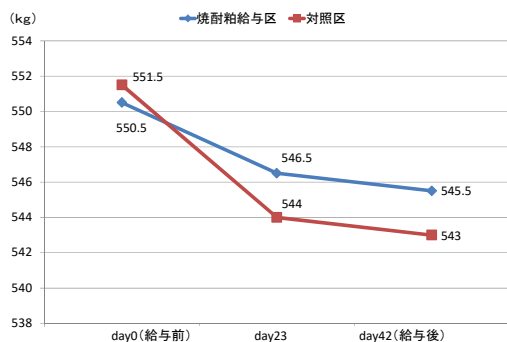


図11 焼酎粕短期給与(体重推移)

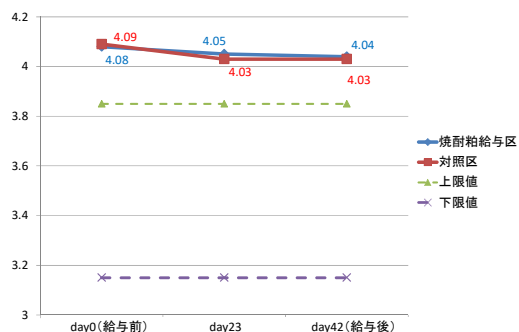


図12 焼酎粕短期給与(栄養度指数:体重(kg)÷体高(cm))

焼酎粕を長期給与した場合の体重の推移、ならびに栄養度指数を図13, 14に示した。給与前と給与後での体重増減率は、焼酎粕区 96.6%、対照区 95.1%となった。栄養度指数はいずれの区も給与前は上限値以上の過肥状態であったが、給与終了後はやや過肥の状態となり改善が見られた。

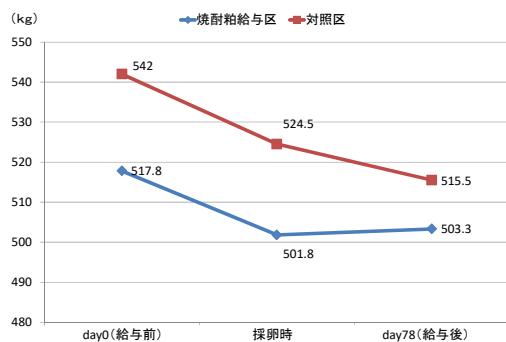


図13 焼酎粕長期給与(体重推移)

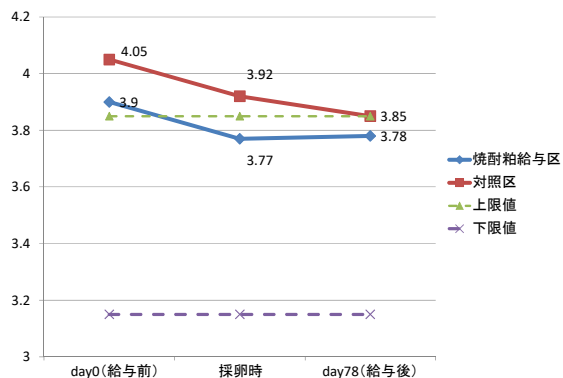


図14 焼酎粕長期給与(栄養度指数:体重(kg)÷体高(cm))

(3) 繁殖性

過剰排卵処置後の採卵成績を図15, 16に示した。

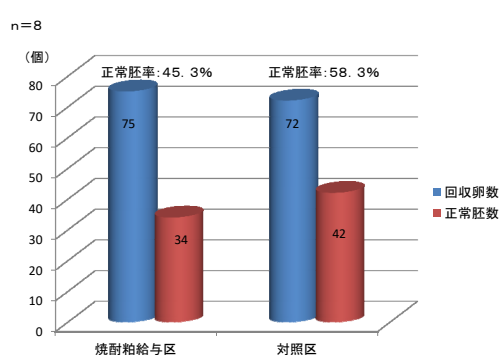


図15 焼酎粕短期給与試験(回収卵数、正常胚数)

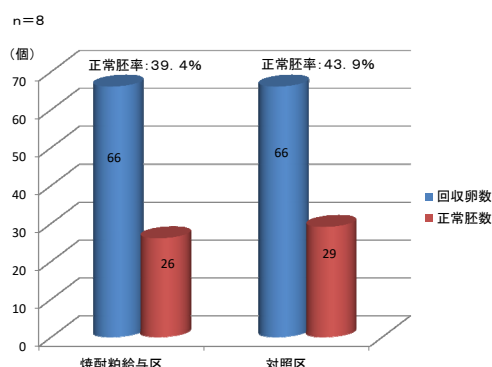


図16 焼酎粕長期給与試験(回収卵数、正常胚数)

短期給与の正常胚率(正常胚数/回収卵数)は焼酎粕給与区45.3%、対照区58.3%で、長期給与の正常胚率は焼酎粕給与区39.4%、対照区43.9%であり、いずれも同等な成績であった。

過剰排卵に伴う焼酎粕給与区の卵巢動態の一例を図17に示した。過剰排卵処理前の卵巢のサイズは3×3×2cm程度であったが、採卵時(過剰排卵処理後)には7×6×5cm程度と約2倍のサイズになり、左右卵巢とも多数の黄体が確認でき、ホルモンの反応性にも問題ないものと考えられた。

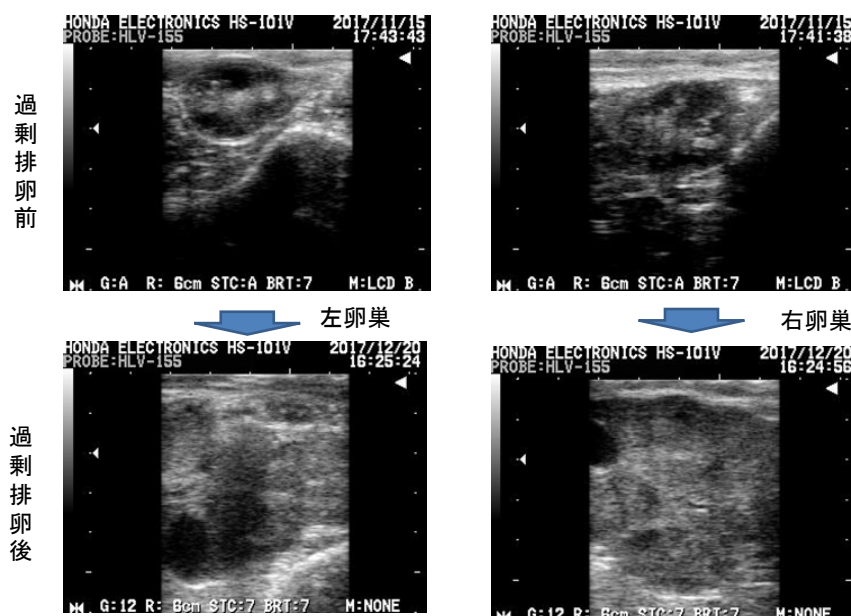


図17 過剰排卵処理における卵巢の動態

(4) 血液性状

① グルコース（血糖）はエネルギー代謝の指標となり、グルコースが基準値以下の牛群では一般的に繁殖性が悪いと言われる。今回、短期給与、長期給与いずれも上限値を上回り推移した。短期給与（図18）の焼酎粕給与区でグルコース濃度は有意（ $P < 0.05$ ）に減少し、適正值に近づく結果となった。長期給与（図19）では対照区でグルコース濃度は有意（ $P < 0.05$ ）に減少し、適正值に近づく結果となった。

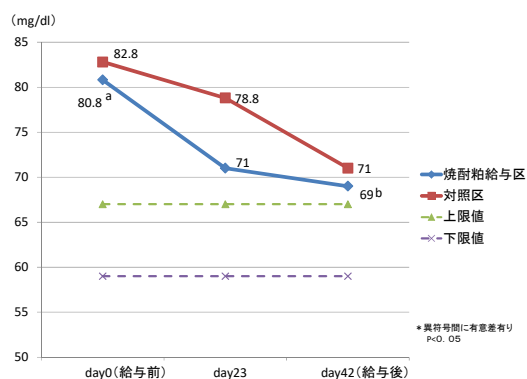


図18 焼酎粕短期給与試験(血液成分:グルコース)

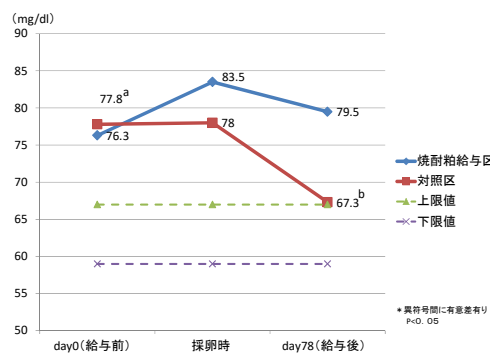


図19 焼酎粕長期給与試験(血液成分:グルコース)

② 総コレステロールはエネルギー代謝の指標となり、黒毛和種繁殖雌牛では乾物摂取量と正の相関がある。短期給与では両区ともほぼ適正範囲値内で推移した（図20）。長期給与においては焼酎粕給与区がほぼ適正範囲内で推移したのに対し、対照区で減少する傾向が見られた（図21）。

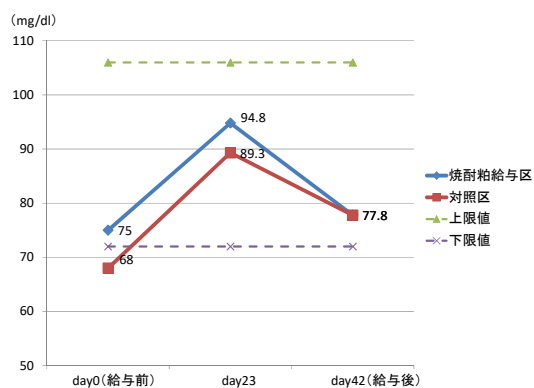


図20 焼酎粕短期給与試験(血液成分:総コレステロール)

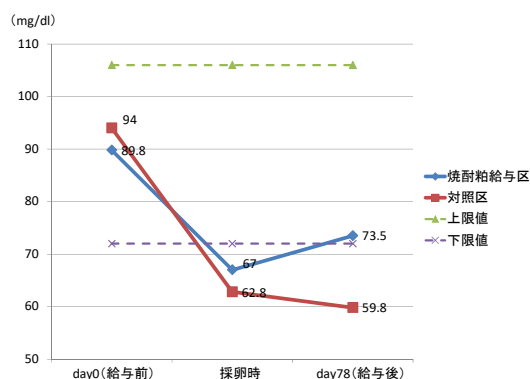


図21 焼酎粕長期給与試験(血液成分:総コレステロール)

③血中尿素態窒素はタンパク質代謝の指標となる。短期給与では給与後に両区ともほぼ適正範囲内に推移した（図22）。長期給与では焼酎粕給与区がほぼ適正範囲内で推移したのに対し、対照区では有意に低下した（図23：P<0.01）

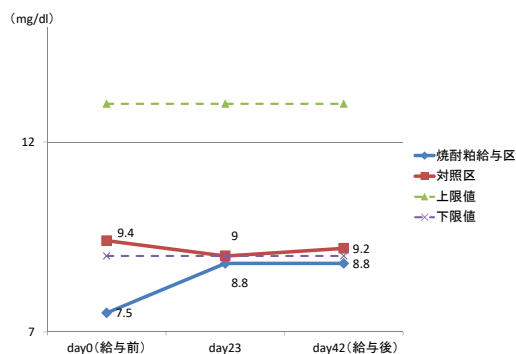


図22 焼酎粕短期給与試験(血液成分:血中尿素態窒素)

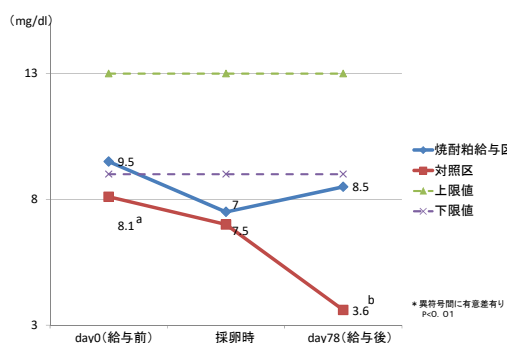


図23 焼酎粕長期給与試験(血液成分:血中尿素態窒素)

④GGTはタンパク質分解酵素の一種で、肝細胞が破壊されると血中濃度が高まることから、肝臓障害の指標として用いられる。図24に短期給与試験のGGTの数値を示した。対照区ではほとんど数値に変化が見られなかったのに対し、焼酎粕給与区では給与前は上限値以上であったが、給与後には適正值内に推移した。図25に長期給与試験のGGTの数値を示した。長期給与においては両区ともほとんど数値に変化はなかった。

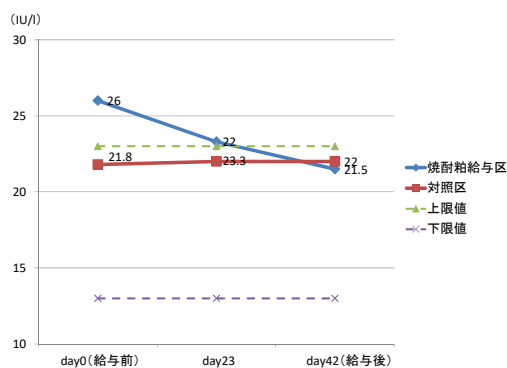


図24 焼酎粕短期給与試験(血液成分:GGT)

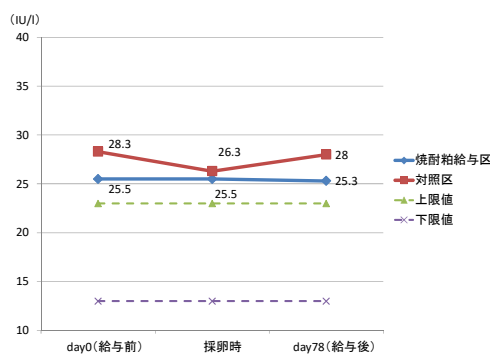


図25 焼酎粕長期給与試験(血液成分:GGT)

(5) ルーメン液性状

牛は反芻動物のため、第1胃（ルーメン）で微生物による発酵が盛んに行われ、そこで発生した揮発性脂肪酸をエネルギー源として利用している。そのため、ルーメン液のpHはルーメン発酵の指標となる。短期給与でのルーメン液pHを図26に示した。両区とも適正範囲であるpH7周辺で推移した。

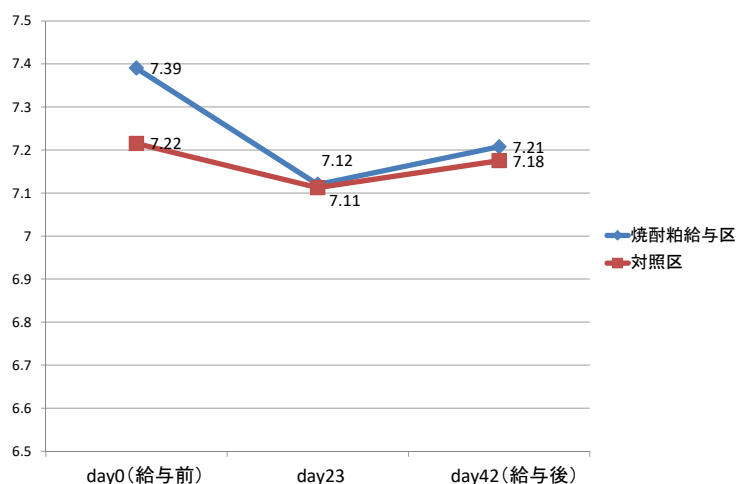


図26 焼酎粕短期給与試験(ルーメン液pH)

まとめ

以上のことから、乳酸発酵焼酎粕を短期、あるいは長期間にわたり給与することで、牛の健康性や繁殖性に問題がなく、濃厚飼料の代替として利用できることが示唆された。また乳酸発酵焼酎粕中にはオルニチンが高含有することも認められ、血液性状の項で示したように、牛の肝機能改善につながることも期待された。今回、短期給与試験においてGGTの低下が見られたのは、1日あたりの給与量が2.2kgと長期給与の1.2kgに対し多かったことが考えられる。オルニチンが乳酸発酵焼酎粕に約1,500mg/L含有した場合、短期給与では1日あたり3,300mgのオルニチンを摂取したことになる。牛はルーメン（第1胃）内で盛んに微生物が発酵を行っているため、オルニチンなどのアミノ酸の一部は分解されたと考えられるが、分解される以上のオルニチンを摂取したため、一部のオルニチンはルーメン内での分解を回避でき、その結果GGTの低下が起きたと推察された。