

醤油粕及びウイスキー酵母粕の給与が搾乳牛の産乳量及び飼料消化率に及ぼす影響

田辺裕司・長尾伸一郎

Effects of soy sauce cake and dried whisky yeast meal on milking and digestibility in lactating dairy cows

Yuji TANABE and Shinichiro NAGAO

要 約

食品製造副産物に含まれる酵母の働きに期待して、醤油粕及びウイスキー酵母粕を対象に搾乳牛への給与試験を行い、産乳量及び飼料消化率等に及ぼす影響について検討を行った。

- 1 醤油粕及びウイスキー酵母粕ともにCP含量が高く、嗜好性も良好であり高い飼料価値を有することが認められた。
- 2 給与試験の結果、乾物摂取量及び乳量は醤油粕及びウイスキー酵母粕添加により増加する傾向があった。
- 3 乾物消化率、繊維消化率ともに上昇する傾向があり、飼料効率は有意に上昇した。
- 4 醤油粕及びウイスキー酵母粕ともに飼料価値が高く、給与時の産乳量向上効果も期待できることから飼料としての更なる利用推進が期待された。

キーワード： 醤油粕、ウイスキー酵母粕、泌乳牛、飼料消化率

緒 言

食品製造副産物（以下、副産物）の中には、醤油粕や酒粕のように含有酵母の働きにより粗飼料分解率が向上するものが存在し¹⁾²⁾、栄養成分を利用した従来の低コスト代替飼料としてだけでなく、機能性飼料としての利用に期待が持たれている。

前報³⁾において、各種副産物を対象に *in vitro* 培養試験を実施した結果、醤油粕、ウイスキー酵母粕及び液化仕込み酒粕の3種類で粗飼料の乾物分解率向上効果が確認されたことを報告した。このうち、醤油粕及びウイスキー酵母粕は安定した排出量が見込めることから飼料としての更なる利用拡大が期待されている⁴⁾⁵⁾。

しかし、こうした機能について実際の家畜で調べた報告は少なく、利用拡大を図るためには効果が期待される給与方法等の検討が必要である。今回、これら2種類の副産物を搾乳牛へ給与し、飼料消化率と産乳成績に及ぼす効果を検討したので報告する。

材料および方法

1 使用副産物

今回検討した醤油粕及びウイスキー酵母粕は次のとおりであった。

醤油粕は、大豆を主原料とする諸味を発酵させ、生醤油を圧搾抽出する際に分離される残存物であり、ウイスキー酵母粕は大麦芽汁を醸造・濾過し、発酵させた麦汁からウイスキー原液を蒸溜する際に蒸溜残液として排出されるものである。いずれも発酵過程において酵母発酵が盛んに行われており、今回使用した副産物中にも多量の酵母菌体が残留していることが期待される。

醤油粕は県内醤油工場で排出された後、工場内で3 cm程度に破砕処理が施されたものを使用した。ウイスキー酵母粕はK府内製造工場から排出され、約120℃の加熱乾燥機を使用して工場内で粉末状に加工されたものを使用した。

2 泌乳試験

泌乳中～後期のホルスタイン種搾乳牛6頭を試験牛として供試し（表1）、産乳量、産次数、分娩後日数が均等になるよう2頭ずつ3群に配置し

表 1 泌乳試験開始時の供試牛概要

	頭数	産次数	産後日数
供試牛	6	2.8(1～5)	194(119～245)

た。試験区は添加副産物の違いにより醤油粕添加区（以下、S 添加区）、ウイスキー酵母粕添加区（以下、W 添加区）及び対照区の 3 区を設定し、予備期 9 日間及び本期 5 日間の 14 日間を 1 期とする 3×3 のラテン方格法により平成 25 年 8 月～9 月の 42 日間で実施した。

醤油粕及びウイスキー酵母粕は、飼料給与時の乾物充足率が 100 %（乾物量として約 22kg）の時に現物 1.5kg が摂取されるよう TMR に添加し、約 4 ヶ月発酵させたものを飲水及び鈹塩とともに自由摂取させた。なお、飼料消化率に及ぼす添加効果がより明確となることを期待してイネ WCS の配合率を乾物中 25 % に設定した（表 2）。なお、同表に記載した飼料単価は、当所での購入価格を参考に算出したものである。

表 2 給与飼料の設計内容

飼料名	S 添加区	W 添加区	対照区
			(% DM)
醤油粕	4.9	—	—
ウイスキー酵母粕	—	6.1	—
配合飼料	14.4	16.5	16.5
大豆粕	5.1	2.0	7.5
圧片トウモロコシ	15.5	15.5	15.5
ビートパルプ	7.8	7.7	8.1
輸入乾草 (チモン等)	27.0	27.0	27.0
イネ WCS	25.0	25.0	25.1
DM (%)	54.1	54.5	54.4
TDN (% DM)	74.6	76.1	75.4
CP (% DM)	15.2	15.5	15.5
NDF (% DM)	34.2	34.6	33.4
単価 (円/DM1kg)	78.9	79.2	81.4

飼料は 9:00 及び 16:00 の 1 日 2 回給与し、翌 8:30 に残飼量を計量し、乾物率を測定した後、乾物摂取量を算出した。搾乳は 8:30 及び 18:00 の 1 日 2 回行い、本期 2 日目からの 4 日間でツールテストミルクメーターにより乳量を測定するとともに生乳試料を採取した。また、各期最終日の 11:00 にルーメンカテーテルを使用してルーメン液を採取し、pH 及び有機酸組成の分析に供した。

消化率は酸不溶性灰分 (AIA) を指示物質とする部分糞採取法により行い⁶⁾、本期 5 日間を対象として各日 8:30、13:00 及び 16:00 の 3 回、直腸糞を約 500g ずつ採取した。各回の直腸糞を均等

に混合したものを 1 日分の試料とし、70 °C で通風乾燥させたものを分析試料とした。

3 統計処理

試験区間差の比較は、統計解析ソフト「SPSS」を使用して Bonferroni の方法による「繰り返しあり」の多重比較検定を行った。

結果および考察

醤油粕及びウイスキー酵母粕の飼料成分値を表 3 に示す。いずれも乾物中割合で 20 % を超える高い CP 含量が認められた。特にウイスキー酵母粕の含量は高 CP 飼料として一般的に利用されている大豆粕と同程度であり、NFE と合わせた栄養成分値が飼料全体の約 90 % を占める特徴的な飼料であった。

表 3 醤油粕及びウイスキー酵母粕の飼料成分
(単位：%、% DM)

項目	醤油粕	ウイスキー酵母粕	大豆粕
DM	67.9	90.1	88.2
CP	21.3	46.7	51.1
EE	12.7	2.1	2.2
NFE	33.6	46.4	33.4
CF	20.8	0.0	6.0
CA	11.5	4.8	7.3
NDF	41.5	8.8	15.5
ADF	28.4	4.3	9.6

※大豆粕成分は日本標準飼料成分表⁷⁾から引用

これら副産物の搾乳牛への給与試験結果を表 4 に示す。

S 添加区、W 添加区の乾物摂取量は対照区に比べて増加傾向にあり、W 添加区でより高い数値であった。乳量は S 添加区、W 添加区ともに対照区に比べて増加する傾向が見られ、全固形分補正乳量 (SCM) では S 添加区が対照区に比べて有意 ($p < 0.05$) に高かった。また、SCM と乾物摂取量から算出した飼料効率においても S 添加区では有意 ($p < 0.05$) な上昇が認められた。W 添加区においては SCM、飼料効率とも有意差こそ認められなかったが醤油粕同様に上昇する傾向が見られた。乳成分値については各区で違いが見られなかった。

摂取飼料の消化率を表 5 に示す。副産物の添加により乾物消化率は上昇する傾向にあり、S 添加区でより高い値となった。繊維成分では S 添加区で NDF、ADF ともに上昇する傾向が見られ、W 添加区においても NDF で同様の傾向が見られた。

ルーメン液性状においては pH、有機酸含量と

表4 乾物摂取量及び泌乳成績 (単位: kg、%)

項目	S 添加区	W 添加区	対照区
乾物摂取量	21.0 ± 0.9	21.8 ± 1.3	20.3 ± 0.2
乳量	27.5 ± 1.8	27.3 ± 1.7	25.0 ± 1.7
乳成分			
脂肪率	3.9 ± 0.2	3.8 ± 0.2	3.7 ± 0.2
蛋白質率	3.1 ± 0.1	3.2 ± 0.1	3.1 ± 0.1
無脂固形分率	8.4 ± 0.1	8.5 ± 0.1	8.2 ± 0.2
SCM	26.1 ± 1.2 ^a	26.0 ± 1.6 ^{ab}	23.0 ± 1.1 ^b
飼料効率	1.25 ± 0.07 ^a	1.20 ± 0.08 ^{ab}	1.13 ± 0.05 ^b

※平均値±標準誤差

異符号間に p<0.05 で有意差あり

飼料効率 = SCM ÷ 乾物摂取量

表5 飼料消化率 (単位: %)

項目	S 添加区	W 添加区	対照区
乾物	55.9 ± 0.9	53.6 ± 0.7	50.2 ± 1.8
CP	52.7 ± 1.1	48.9 ± 1.0	47.9 ± 2.7
NDF	43.4 ± 1.7	40.7 ± 1.2	38.7 ± 2.2
ADF	42.4 ± 1.6	37.3 ± 1.2	37.0 ± 2.0

※平均値±標準誤差

表6 ルーメン液性状 (単位: 対総酸%)

項目	S 添加区	W 添加区	対照区
pH	7.4 ± 0.3	7.3 ± 0.1	7.2 ± 0.1
有機酸比率			
酢酸	71.7 ± 2.0	69.4 ± 3.0	69.0 ± 2.9
酪酸	12.7 ± 1.5	13.8 ± 1.9	11.8 ± 2.1
プロピオン酸	15.2 ± 2.8	16.1 ± 3.7	17.5 ± 3.4
イソ吉草酸	0.4 ± 0.1	0.7 ± 0.4	1.6 ± 0.7
酢酸/プロピオン酸比	6.1 ± 1.6	6.2 ± 1.9	5.6 ± 1.7

※平均値±標準誤差

もに区間に差は見られず、副産物添加による影響はないものと思われた(表6)。

山田ら³⁾は、醤油粕及びウイスキー酵母粕添加時の *in vitro* 乾物分解率は、培養液 25ml にそれぞれ 0.2g を添加した時に最大になったとしている。今回の副産物添加量は生重量として 1.5kg になるよう設定したが、これはルーメン容量を 200L と仮定した場合に、*in vitro* で最大効果が得られた添加量に相当する量である。今回給与試験で見られた乾物消化率の上昇は対照区に比べて S 添加区で 1.11 倍、W 添加区 1.06 倍と、山田らの報告で認められた醤油粕の 1.28 倍、ウイスキー酵母粕の 1.09 倍には及ばなかったものの、醤油粕の添加でより効果が大きく現れたことなど、山田らの報告を支持する結果となっていた。

ウイスキー酵母粕給与時の結果については、乾燥させていないウイスキー蒸溜粕(DGS)を飼料乾物中 0、4.5、12.9% の3水準で給与した結果、添加割合に応じて NDF 及び ADF 消化率が上昇した

との報告があり⁵⁾、今回使用した副産物とは子実残渣が含まれない点、乾燥材料を使用している点で異なるものの、類似する副産物を用いて過去にも同様の結果が得られていることがわかる。

一方で醤油粕給与時の結果については若干の考察が必要となる。すなわち、細田ら⁸⁾はホルスタイン種去勢牛に醤油粕を給与し、今回給与量のほぼ2倍に相当する飼料乾物中 10% の添加では消化率に変化がなく、20% まで添加量を増やした場合には低下したと報告している。また、塩分摂取量を考慮した醤油粕の推奨給与量は1日2kg であるとされる⁴⁾。したがって、醤油粕については今回の設定給与量 1.5kg を超えて給与量を増加させた場合には消化性向上への効果が消えてしまう可能性があるとともに、牛体への安全性の面からも今回添加量が普及段階における上限となる可能性も考えられた。

今回試験では副産物の添加により乾物摂取量、乳量、飼料消化率で共通して上昇傾向が見られた。

また、SCM として乳成分を含めた値で比較した場合に効果が顕著となったことは、生体内において確実に乳生産が促進されていたことを示している。これらの結果は、今回給与した副産物の影響で飼料消化性が向上し、乾物摂取量の増加及びその後の乳量増加につながったものと考えられた。

今回対象とした副産物は、いずれも含有酵母の活動による有用効果を期待して選定されたものであるが、その理由については未解明な部分が多い。

酵母を含有する副産物の給与が牛体に有効と考えられる理由について、安藤¹⁾はルーメン内微生物の活性化、ルーメン環境の安定化等を挙げている。一方で、酵母の糖化作用については広く知られるところであり、約4ヶ月の発酵期間を経た後に給与された今回の試験飼料において、発酵期間中に酵母が飼料の繊維分解に直接作用した可能性も考えられる。これら作用機序の解明は機能性飼料として利用拡大を図る上では重要な根拠となる部分であり、今後の研究に期待したい。

一方、今回使用した試験飼料は日本飼養標準に基づき乳量 30kg、乾物摂取量 22kg として設計したものであるが、給与結果については乳量、乾物摂取量ともに各区で設計値を下回る成績となっていた。つまり、今回試験では全体に試験牛の乳量、乾物摂取量等に低下が起こっていたとも考えられ、設計値と比較した各項目の低下量は S 添加区及び W 添加区で小さく、対照区で最も大きな傾向にあったこととなる。

今回試験飼料におけるイネ WCS 添加率 25 % は、泌乳初期の乳牛での上限とされる量であり⁹⁾、試験実施時期は 8～9 月の暑熱期に該当する。イネのように粗剛性が高く、第一胃内通過速度が遅い傾向のある飼料は、暑熱期など採食量が低下しやすい¹⁰⁾環境下では給与量を低めに設定することが望ましいとされる。つまり、今回の試験では給与飼料及び飼養環境の面で採食量及び乳量の低下が起こりやすい条件が揃っていたこととなり、結果に見られた乳量及び乾物摂取量の低さはむしろ当然とも受け取ることができる。しかしながら、今回結果で見られたこれらの低下割合が、醤油粕あるいはウイスキー酵母粕の給与で抑制されていた

とすれば、今回副産物給与による効果は暑熱期のように乳量低下が起こりやすい条件下で最も高くなる可能性もあり、その場合には暑熱期の飼料として非常に有効な副産物となりうることが推察された。

以上のことから、醤油粕及びウイスキー酵母粕は、ともに高い CP 含量をもつ有用な飼料であり、発現条件が限定的な可能性はあるが、搾乳牛への給与することで飼料消化率が改善され、産乳量が高まる可能性が示唆された。

引用文献

- 1) 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.
- 2) 安藤貞・西口靖彦・早坂貴代史・安藤哲・家藤治幸 (2008) : 液化仕込み清酒粕は粗飼料の乾物分解率を上昇させる. 平成 20 年度近畿中国四国農業研究成果情報.
- 3) 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. 岡山県農総セ研報, 2, 13-16.
- 4) 山田明央・野中和久 (2008) : 古くて新しい飼料資源「しょうゆ粕」. 酪農ジャーナル, 61 (8), 24-26.
- 5) 大成清 (1997) : 乳牛用飼料としてのウイスキー粕. 畜産コンサルタント, 33 (2), 54-60.
- 6) 石橋晃監修 (2001) : 新編動物栄養試験法. (株) 養賢堂.
- 7) (独) 農業技術研究機構編 (2009) : 日本標準飼料成分表 2009 年版. 中央畜産会.
- 8) 細田謙次・宮地慎・松山裕城・野中和久 (2011) : 醤油粕の乳牛用飼料のための配合水準. 平成 23 年度畜産草地研究所研究成果情報.
- 9) 新出昭吾・城田圭子・長尾かおり (2003) : 稲発酵粗飼料を用いた TMR における粗濃比の違いが乳生産に及ぼす影響. 広島県立畜産技術センター研究報告, 13, 1-11.
- 10) (独) 農業・食品産業技術総合研究機構編 (2007) : 日本飼養標準 2006 年版. 中央畜産会.