



アクレモを利用した 豆腐粕サイレージの調製方法

雪印種苗(株) 技術研究所

三浦 俊治・北村 亨

はじめに

最高裁の判例など、世間一般ではおからは「不要物」、「産業廃棄物」等として、じゃまもの扱いされています。実際に、全国で年間約 50 万 t のおからが排出され、そのほとんどが焼却処理や埋め立て処分されていると言われています。

しかし、豆腐粕は他の食品製造粕と比較しても、消化性の良いたんぱくや繊維分が含まれ、潜在的な飼料価値は高い事が知られています(表 1～3)。

また、豆腐粕はすぐに腐敗しやすいのですが、腐敗対策としてのサイレージ調製技術に関しては、かなり以前から研究が行われており、糖蜜の添加や、穀類、ビートパルプ、わら類等の混合か、脱水等による水分調整により、良質なサイレージが調製できることもわかっていました。

残念ながら、廃棄する費用や配合飼料相場との兼ね合いから、製造業者や輸送業者がそこまで積極的に設備投資等を行わず、十分有効利用されていないのが現状です。しかし、近年全国的に産廃の処分場がパンク状態にあり、費用は増加傾向に

表 1 豆腐粕の現物中の一般 6 成分と栄養価の分布

(原物中%)

	水分	粗たんぱく	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維	粗灰分	DCP	TDN
最大	85.5	7.5	4.1	13.8	5.5	2.3	6.4	26.2
最小	71.6	2.4	0.7	3.8	1.9	0.5	2.1	12.3
平均	79.3	5.4	2.3	8.8	3.3	0.9	4.6	18.8
標準偏差	2.3	0.9	0.7	1.3	0.6	0.2	0.8	2.3
標準飼料成分表	83.8	4.5	1.6	6.8	2.6	0.7	3.8	14.5

資料：長野県畜産試験場草地飼料部

注 n=197, 水分はオープン乾燥による値

※：栄養価は標準飼料成分表の消化率を用いて算出した値

表 2 主な食品製造粕の消化率 (%)

原料名	区分	有機物	CP	EE	OCC	OCW	Oa	Ob	n
豆腐粕	大規模店	83	84	95	82	83	73	88	3
		± 2	± 6	± 3	± 11	± 9	± 10	± 6	
	中小規模店	± 85	± 88	± 89	± 87	± 81	± 33	± 91	3
		3	4	11	5	11	26	2	
ア ン 粕	赤 ア ン	77	29	15	82	82	82	85	2
	白 ア ン	76	22	—	71	87	92	49	1
ミ カ ン 粕		81	53	—	90	48	—	—	1
ウイスキー粕	生	—	78	86	79	48	—	—	5
			± 5	± 10	± 9	± 9			
	乾 燥	—	72	94	75	49	—	—	1
ブドウ酒粕	白ワイン	—	23	64	79	36	—	—	5
			± 12	± 6	± 10	± 8			
	赤ワイン	57	40	65	69	51	—	—	1

資料：東京都畜産試験場

あることや、食品工業分野でも企業戦略として ISO 14000 シリーズの認証や、ゼロエミッション等の環境対策に積極的な投資をするなど、変化も見られます。また、農業現場でも人手不足や大規模化を背景に、粕類を TMR の原料等としてメニューに組み込む流れも見られます。

この様な背景から、最近、改めて粕類のサイレージ化が注目され、高価な設備を要しない簡易的な調製技術が求められています。

1 豆腐粕サイレージの発酵品質に対するアクレモの効果

豆腐粕は消化性の良い繊維を含んでいる事は前述しましたが、この事から当社のサイレージ用乳酸菌「アクレモ」に含有されている酵素の働きにより、豆腐粕サイレージの良好な発酵に必要なとされる糖分を、糖蜜等の添加なしに供給できることが可能だと考えました。

小規模な実験の結果、水分調整や糖添加をしな

表3 ビール粕・豆腐粕各成分消失率 単位：％

サンプル		元の成分	投 入 時 間					
			0	2	4	8	24	48
ビール粕	DM 消失率	28.25 ± 1.18	12.13 ± 3.44	27.29 ± 5.92	34.10 ± 7.37	45.24 ± 6.75	62.13 ± 6.34	71.31 ± 2.81
	CP 消失率	22.37 ± 3.05	14.23 ± 6.25	33.82 ±10.20	41.46 ±13.64	56.09 ±14.82	78.77 ±12.43	88.52 ± 5.95
	DCW 消失率	51.39 ± 4.30	4.20 —	14.46 ±10.33	21.92 ± 8.37	30.19 ± 8.55	44.66 ± 6.83	55.41 ± 4.56
豆腐粕	DM 消失率①	20.52 ± 1.01	13.03 ± 1.19	23.74 ± 2.38	34.20 ± 3.04	61.46 ± 4.00	95.07 ± 1.37	98.63 ± 0.52
	DM 消失率②	20.28 ± 2.28	11.11 ± 3.32	20.79 ± 5.71	30.39 ± 6.24	55.83 ± 6.37	92.83 ± 2.63	98.43 ± 0.45
	CP 消失率	25.50 ± 1.40	17.56 ± 0.65	30.53 ± 2.26	34.90 ± 3.33	57.93 ± 6.68	94.00 ± 1.04	—
	DCW 消失率	43.37 ± 3.62	3.99 ± 4.57	14.44 ± 4.70	29.22 ± 7.06	51.18 ±12.95	93.54 ± 1.93	97.79 ± 0.81

資料：東京都畜産試験場

い過酷な条件でも、アクレモの使用によりサイレー
ージの品質が向上することが分かりました。また、
特に酵素の効果が大きいことも確認できました。

具体的には、サイレーージの飼料成分を比較する
と、アクレモ区は他の処理区に比べて有意にたん
ぱく質の分解が抑制され、酵素により繊維成分が
数％分解されました。NDF（中性ダタージェント
繊維）の数字をアクレモと無処理で比べると、乾
物中で約6％、原物中で約1％分解され、その分
の糖が生成していると思われます。これは糖蜜2
％の添加に相当するもので、アクレモ添加により
糖分の添加の必要性がなくなり、コストや作業性
の改善が期待されます（表4）。

サイレーージの発酵品質を見ると、アクレモ区は

表4 豆腐粕サイレーージの飼料成分 (水分を除き乾物中％, ±標準偏差)

	水 分	粗たんぱく	*	粗脂肪	粗繊維	*	粗灰分	**	NFE	**	NSC	NDF	*	**	ADF	**	TDN
アクレモ	79.5±0.12	31.6±0.06	c	14.5±0.15	14.9±1.01	a	4.4±0	a	34.6±1.00	b	12.2±1.66	37.2±1.78	a	a	20.0±0.95	a	94.4±0.40
乳 酸 菌	79.0±0.17	30.1±0.23	b	12.9±0.58	20.1±0.50	b	4.4±0.06	a	32.5±1.07	a b	11.7±1.81	40.9±1.15	a b	b	24.2±1.26	b	93.2±0.75
無 処 理	79.9±0.84	29.2±0.29	a	13.4±1.50	21.3±0.62	b	4.7±0.21	b	31.3±1.91	a	8.8±2.07	43.7±0.51	b	c	24.7±2.64	b	93.6±1.50

*, ** はそれぞれ1.5％水準の DUNCAN 多重検定で有意差があったことを示す。異文字間で有意差あり

表5 豆腐粕サイレーージの発酵品質 (±標準偏差)

								有機酸（原物中％）					
	pH	*	**	VBN 比（％）	**	V スコアー	*	乳 酸	*	酢 酸	*	酪 酸	**
アクレモ	3.57±0.03	a	a	2.46±0.22	a	80.7± 7.77	b	2.09±0.11	b	0.89±0.11	b	0.18±0.10	a
乳 酸 菌	4.35±0.32	a b	b	4.96±1.28	a b	56.3± 2.31	a b	0.75±0.29	a	0.63±0.06	a	0.99±0.45	a b
無 処 理	4.76±0.45	b	b	10.42±5.75	b	39.7±15.57	a	0.52±0.37	a	0.77±0.05	a b	1.90±1.20	b

*, ** はそれぞれ1.5％水準の DUNCAN 多重検定で有意差があったことを示す。異文字間で有意差あり

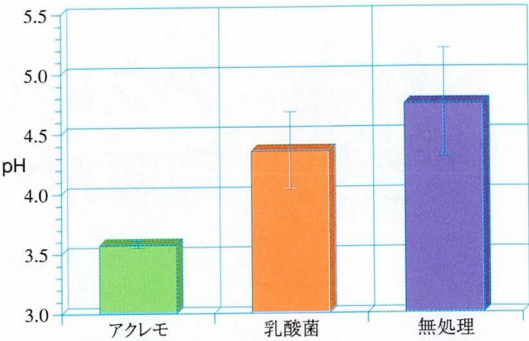


図1 豆腐粕サイレーージのpH

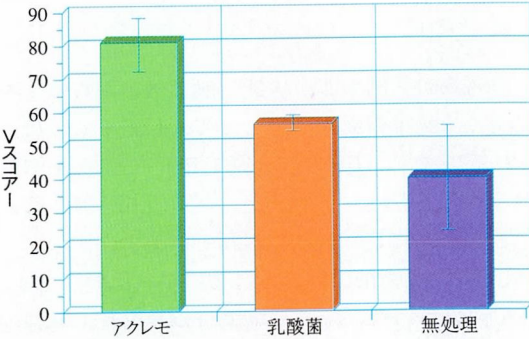


図2 豆腐粕サイレーージのVスコア

pH が他の処理区に比べて有意に低下し、VBN 比
も無処理区に比べて有意に減少しました。また、
酵素の添加により乳酸発酵が促進され、乳酸含量
が有意に増加し、発酵品質の指標であるVスコ
アーも明らかに改善されました（表5）。無処理区は
pH が高く、Vスコアーが低い上に品質にバラツキ
がありますが、アクレモ区は発酵品質が改善され
るとともに品質が安定しました（図1，2）。

アクレモの添加によって豆腐粕の保存性が向上
すれば、酪農家にとっては今まで廃棄されていた

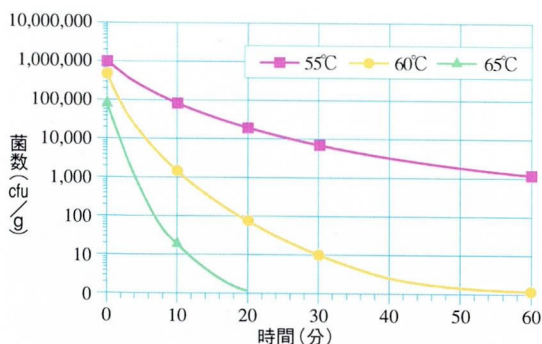


図3 乳酸菌数の経時変化

高栄養価の飼料が利用でき、豆腐メーカーにとっても廃棄コストの低減が期待されるので、豆腐粕の有効利用が促進されるかもしれません。

2 豆腐工場でのスノーラクトL使用を想定した、食品に危害を及ぼさない事の基礎的な検証

ビールの醸造などの食品では、乳酸菌が品質の劣化を引き起こし、「悪玉」と位置づけられる分野も少なくありません。スノーラクトLの乳酸菌はこれらの「悪玉菌」とは異なる菌種ですし、一般に豆腐の製造工程と豆腐粕のサイレージ化工程は独立していますが、念のため温度耐性を検討しました(図3)。

その結果、65°C、10～20分の処理で死滅することが確認できました。一般的な豆腐工場の加熱工程は、これより高温かつ長時間の条件で行われる場合が多いため、汚染の心配は極めて少ないと判断されます。

3 豆腐粕サイレージの牛に対する嗜好性に与えるアクレモの効果

さらに、アクレモを使用した豆腐粕サイレージの保存性と牛に対する嗜好性を検討しました。10ℓの実験サイロに生豆腐粕(約80%)を5kg詰め込み、室温で密封貯蔵し2週間後と、1か月後に、乾乳牛3頭を用いキャフェテリア法(各区500g)で、添加区と無添加区の嗜好性を比較しました。

その結果、豆腐粕サイレージのpHを見ると、無処理区は1か月目でも4.7で、十分低下していなかったのに対し、アクレモ区は1か月目ではpH4以下まで低下しており、良好に発酵したと思われる。

表6 豆腐粕サイレージのpH

	アクレモ	無処理
2週間	4.30	5.00
1か月	3.98	4.70

表7 豆腐粕サイレージの採食量(g)

牛No.	アクレモ	無処理
1	100	0
2	80	0
3	130	20

ます(表6)。また、無処理区は1か月目ではカビが表面だけではなく、内部にまで浸食して黒く変色していたのに対し、アクレモ区は表面にのみ白カビが見られた程度で、保存性の向上も確認されました。

嗜好性試験では、全体的に採食量が少なかったものの、無処理区の方は3頭とも全く採食せず、アクレモ区の方を好んで採食しました(表7)。

以上の結果から、アクレモの添加によって水分調整をしていない生豆腐粕サイレージの保存性や、嗜好性を改善できることが確認されました。

まとめ

アクレモの利用により、技術的にもコスト的にも豆腐粕の簡易的なサイレージ化が可能であることが確認されました。

しかしながら、今後、さらに豆腐粕サイレージが普及するには、いくつかの課題があることも事実です。主な課題だけでも、1)業者の豆腐粕へのアクレモ混合と袋詰め、保管等に必要の最小限の設備投資、2)業者と農家の協力・共同によるサイレージの生産量に見合った、周辺農家等の安定的な使用、3)サイレージ使用のメリットを生かす飼料設計等が考えられます。

今までは、仲介業者(輸送業者等)に頼っていたため、これらのソフト面やネットワークの構築がうまくいかず、成功に結びつかないケースが多く見受けられました。最近設立された、栃木県的那須ティーエムアール株式会社では、地域の特色を生かしたTMRセンター事業の一環として、地元の農協や豆腐製造業者等が協力して、豆腐粕の有効利用に積極的に取り組んでいます。今後、このような農業組合や業者の連携が、ますます重要になると思います。当社も、専門のプロジェクト体制でサポートのお手伝いをしていますが、この間に蓄積されたノウハウは、今後、各地の取り組みに、お役に立てるかもしれません。