

# 食品製造粕のサイレージ化技術

雪印種苗(株) 千葉研究農場

飼料研究室 室長

石 田 聡 一

## 1 はじめに

日本人の食生活は豊かになり、大量の食品製造粕等の副産物が発生しています。しかし、これらは有効に利用されないまま、廃棄されていたり、あるいは家畜等に給与されていても給与技術が十分でないため、種々の問題を生じている場合があります。

当研究室では、これまで、これら食品製造粕のいくつかについて、牛に対する飼料価値を高めるサイレージ化技術を検討しましたので紹介いたします (表1 参照)。

## 2 豆腐粕

### 1) 生粕の飼料的特性

豆腐粕は大豆から豆乳成分が取り除かれた残りの成分ですが、粗たんぱく、粗脂肪、繊維含量が高く、しかも繊維の消化性が高いという飼料的特徴があります。しかし、水分が高く、粗たんぱく等が高いため、腐敗しやすいという欠点があります。この欠点をなくすには、加熱等で乾燥する方法と密封して乳酸発酵させる方法があります。加熱による方法はコストが掛かりすぎ、また、一般農家ができる方法ではありません。

表1 主な食品製造粕の飼料成分値 (乾物%)

	CP	C.Fat	NSC	NDF	ADF
豆腐粕	26.5	13.7	13.8	47.2	21.0
ビール粕	24.5	8.6	14.4	55.3	22.3
ミカンジュース粕	7.8	1.0	75.7	12.7	10.6
リンゴ粕	5.0	4.2	58.1	30.2	23.7
焼酎粕	31.3	9.1	-	-	0.4
酒粕	28.2	1.0	56.8	12.3	4.9

注) 当社分析例ほか。

表2 豆腐粕サイレージの発酵品質

処理区	pH	乳酸 (%)	酢酸 (%)	酪酸 (%)	総酸 (%)
対照	4.84 <sup>a</sup>	0.70 <sup>a</sup>	0.77	0	1.48
乳酸菌単独	4.85 <sup>a</sup>	0.71 <sup>a</sup>	1.05	0.01	1.76
乳酸菌+セルラーゼ	4.29 <sup>b</sup>	1.88 <sup>b</sup>	0.79	0.03	2.69
乳酸菌+ブドウ糖	4.30 <sup>b</sup>	1.33 <sup>b</sup>	0.50	0.03	1.86

注) ・乳酸菌製剤、セルラーゼ剤、ブドウ糖の添加量はそれぞれ0.01%、0.02%、0.5%。  
・サイレージ材料は豆腐粕、ふすま、ビートパルプをそれぞれ85%、5%、10%の割合で混合、水分は69.7%、サイロは1ℓ容ポリ容器、恒温器内37°C、37日間貯蔵、2反復。  
・異符号間に有意差あり。

表3 豆腐粕サイレージの主な微生物

処理区	一般細菌	酵母	糸状菌	総乳酸菌	乳酸球菌
対照	2.8×10 <sup>8</sup>	<10 <sup>3</sup>	1.0×10	7.9×10 <sup>8</sup>	6.9×10 <sup>8</sup>
乳酸菌単独	3.3×10 <sup>8</sup>	<10 <sup>3</sup>	2.0×10	7.1×10 <sup>8</sup>	6.0×10 <sup>8</sup>
乳酸菌+セルラーゼ	1.1×10 <sup>8</sup>	<10 <sup>3</sup>	<10	5.8×10 <sup>8</sup>	2.1×10 <sup>8</sup>
乳酸菌+ブドウ糖	1.2×10 <sup>8</sup>	<10 <sup>3</sup>	0.5×10	2.9×10 <sup>8</sup>	1.2×10 <sup>8</sup>

注) 表2と同一供試サイレージ、単位cfu/g。

### 2) サイレージ化の方法

自給飼料のサイレージ化と同様、水分調整、あるいは原物中の糖含量を高めることで乳酸発酵は可能になります。ここで注目すべき点は、豆腐粕の繊維の消化性が高いため、よくセルラーゼに反応し、糖生成量が高まることです。

表2に示されるとおり、乳酸菌単独では効果は明らかではありませんが、セルラーゼの併用により、有意に乳酸生成量が高く、pHが低下しています。表3に示されるように、サイレージ中の微生物についても一般細菌や糸状菌は少なくなる傾向にあります。

当社乳酸菌、セルラーゼ製剤「アクレモ」(「スノーラクトアクレモパウダー」)を使用する場合は豆腐粕1t当たり500gを添加します。

問題は水分調整材や添加剤の添加方法ですが、

表4 乳酸菌、セルラーゼ添加豆腐粕サイレージ調製における水分の違いによる発酵品質の比較

処理区	水分 (%)	pH	乳酸 (%)	酢酸 (%)	酪酸 (%)	総酸 (%)
高水分 <sup>1)</sup>	79.3	4.30	1.02	0.08	0.02	1.13
中水分 <sup>2)</sup>	61.2	4.42	1.72	0.19	0.04	1.95
低水分 <sup>3)</sup>	38.1	5.17	0.85	0.42	0.04	1.33

注) 1) は豆腐粕100%、2) はビートパルプ、フスマをそれぞれ18%、10%添加、3) は豆腐粕を予乾してビートパルプ、フスマをそれぞれ18%、10%添加。  
・サイロは20ℓ容ポリ容器、室温1週間貯蔵(平成2年9月27日～10月4日)。

コンプリートフィーダー等の攪拌機、サイレージワゴン、バケットローダ等が利用できます。

ビートパルプや濃厚飼料等の水分調整材が添加できず、乳酸菌やセルラーゼのみの添加では、高水分であるため、貯蔵1～2週間の乳酸菌の増殖が高く、乳酸生成量の高い時期に開封し、給与します。

表4に示されるように、豆腐粕に乳酸菌、セルラーゼを添加した高水分材料(79.3%)では1週間の密封貯蔵で乳酸発酵が高いことが分かります。中水分(61.2%)ではさらに乳酸生成量が高くなっていますが、低水分(38.1%)では乳酸生成量が低下し、酢酸生成量が高くなっています。

また、豆腐粕をサイレージ化して有機酸生成量を高め、pHを低下させた場合と単に混合した場合とでは2次発酵、変敗までの期間はサイレージ化により2～3日間ほど遅れることを確認しております。

### 3) サイレージの給与方法について

給与飼料全体の栄養バランスが適切であれば、豆腐粕自体で10kgは給与できます。表5は豆腐粕サイレージを給与飼料(TMR)に組み込み、分娩後の乳牛に給与した結果を示していますが、乾物摂取量、乳量、乳成分、受胎成績いずれも良好な値を示しています。

豆腐粕を組み込んだ飼料設計で注意すべきことは、粗たんぱく(分解性たんぱく)、粗脂肪含量が高いこと、繊維含量は高いが、粗飼料因子(物理性)としての役割は低いということです。

## 3 ビール粕

### 1) 生粕の飼料的特性

ビール粕は豆腐粕に比較して粗たんぱく、粗脂

表5 豆腐粕サイレージを給与飼料に組み込んだ給与事例

給与飼料	混合割合(%)
「TMベース」 <sup>1)</sup>	60
ケイントップ	10
豆腐粕サイレージ <sup>2)</sup>	30
栄養成分	乾物(%)
乾物	73.9
粗たんぱく	17.3
ADF	24.5
TDN	75.3
給与結果	
供試牛 <sup>3)</sup>	5頭
平均産次	2.2
乾物摂取量	23.0kg
日FCM	30.3kg
乳脂率	3.5%
SNF	8.4%
受胎までの日数	72日
AI回数	1.3回
最終受胎率	100%

注) 1) 当社セミコン型乳配、CP16%、TDN70%。  
2) 豆腐粕にビートパルプ、フスマをそれぞれ10%、5%混合してサイレージ化したもの。  
3) 平成2年12月以降分娩した当場けい養牛を随時供試牛とした。供試牛は繋ぎ飼いされ、給与飼料は混合され(TMR化)、ほぼ飽食とした。  
4) 給与結果の乳量、乳成分は各供試牛分娩後7～91日までの平均値。

肪含量とも大きく変わりませんが、繊維の質に差が見られます。ビール粕の繊維は消化の高い繊維ではありません。しかし、その反面、粗飼料因子(物理性)としては高いものがあります。当方の調査では、ホル去勢牛の肥育において、稲わら等の茎葉粗飼料を使用しなくてもビール粕サイレージ(水分70%)4～5kgと「ルーメンファイブ」(ルーメン内に投与、粗飼料の物理性機能を有する)を用いることでルーメン半絨毛やルーメン機能が正常、増体も順調であることを確認しております。

粗飼料因子(物理性)の効果としては、他の粗飼料との組み合わせにより変化すると考えられますが、これまでの当方の調査や他の報告から判断して、ヘイクューブ、ビートパルプに匹敵すると推定されます。

### 2) サイレージ化の方法

ビール粕は豆腐粕に比較して繊維の消化性が高くないため、高水分の調整ではブドウ糖の添加(0.5～2%)が乳酸発酵を助長します(表6,7参照)。

当社ではビール粕の飼料特性を生かし、ケイン

表6 ビール粕サイレージの発酵品質

処理区	pH	乳酸 (%)	酢酸 (%)	酪酸 (%)	総酸 (%)
対照	4.38 <sup>a</sup>	0.32	0.51	0.13	1.04
乳酸菌添加	4.40 <sup>a</sup>	0.17	0.66	0.05	0.88
ブドウ糖添加	4.15 <sup>b</sup>	0.42	0.74	0.24	1.40
乳酸菌 +ブドウ糖添加	4.18 <sup>b</sup>	0.36	0.66	0.20	1.33

注) ・乳酸菌製剤、ブドウ糖添加量はそれぞれ0.01%および2%。  
 ・サイレージ材料はビール生粕、ケイントップをそれぞれ75%、25%の割合で混合、水分は58.2%、サイロは1ℓ容ポリ容器、恒温器内32°C、1か月間貯蔵。  
 ・2反復、異符号間に有意差あり。

表7 ビール粕サイレージの主な微生物

処理区	一般細菌	酵母	糸状菌	総乳酸菌	乳酸球菌
対照	1.8×10 <sup>7</sup>	<10 <sup>2</sup>	<10	4.9×10 <sup>7</sup>	1.1×10 <sup>7</sup>
ブドウ糖添加	1.8×10 <sup>7</sup>	8×10 <sup>2</sup>	<10	7.3×10 <sup>7</sup>	9.9×10 <sup>6</sup>
乳酸菌+ブドウ糖添加	9.1×10 <sup>7</sup>	<10 <sup>2</sup>	<10	1.2×10 <sup>8</sup>	1.2×10 <sup>7</sup>

注) 表6と同一供試サイレージ、単位cfu/g。



写真1 「TMウェット」の製造

トップ等の飼料と混合し、サイレージ化し、「TMウェット」(製品 350 kg, トランスバック密封詰め、本誌96年8月号で紹介、写真1参照)という製品名で地域限定で販売しています。この製品は一般乾草や自給サイレージと同様、粗飼料として利用します。乳牛に13 kg 給与することで一般乾草6~7 kg の給与と同様の粗飼料因子(物理性)があります。乳酸発酵、酵母発酵しているため、単に混合給与したよりも嗜好性、採食性は高まります。特に暑熱時の給与に効果を発揮します。

### 3) サイレージの給与方法について

前述の豆腐粕と同様、給与飼料の栄養バランス

を適切にした中ではビール粕として10 kg は給与できます。本誌96年8月号で紹介したように、受胎成績も良好であり、ビール粕自体の飼料としての悪影響は考えられません。

## 4 その他の食品製造粕

ほとんどの食品製造粕は飼料的価値を有すると考えられます。エネルギーや粗たんぱく含量が低ければ、その分繊維含量が高まります。繊維の消化率が低ければ、粗飼料因子(物理性)としての飼料価値がでてきます。ポイントはその飼料特性を的確に把握して飼料メニューに取り組むことです。

### 1) ミカン、リンゴジュース粕類

各種有機酸類がすでに含まれているため、pH が低く、前述の豆腐粕、ビール粕に比較し腐敗しづらいところがありますが、物性的には取扱いづらいところはあります。成分的にはペクチンが高く、繊維の消化率も高いものになっています。

### 2) 焼酎粕、酒粕類

これらも物性的に取扱いにくいところがありますが、繊維以外の炭水化物量が高く、酵母類等の添加によって容易にアルコール含量を高めることができます。アルコールの給与により、肉牛では増体、脂肪交雑等の改善が知られており、これらのアルコール含有の発酵飼料の給与は効果が期待できます。

焼酎粕等もアルコール、有機酸を含んだ液状発酵飼料にすれば、TMRの加水用に利用でき、しかも変敗防止にもなります。

## 5 食品製造粕のサイレージ化の捕らえ方

### 1) 高水分での調製

ビートパルプ等の水分調整材をあまり使わず、乳酸菌、セルラーゼ、糖添加でサイレージ化する方法です。水分が80%以下であれば、これらの添加剤で乳酸発酵は可能になります。ポイントは1~2週間の密封貯蔵後開封し、乳酸含量が高い時点で給与します。

## 2) セミコンプリート型サイレージ調製（オールインサイレージ）

給与している飼料を食品製造粕のサイレージ化の際に、あらかじめ水分調整材として使う方法です。単に食品製造粕と給与飼料を混合し、その日の内に給与することも可能ですが、夏場であれば、2次発酵や腐敗の危険が伴います。それに対してサイレージ化すれば、各種有機酸やアルコールの生成によってその危険性は少なくなります。また、それに含まれる乳酸菌や酵母等によってルーメン、腸内発酵が安定することも期待できます。

**調製方法：**製造量が多くなるため、混合方法の検討が必要です。バケットローダーによる攪拌、サイレージワゴン、ダンプボックスの利用（本誌96年12月号で紹介）、あるいはコンプリートフィーダーの利用が考えられます。

食品製造粕が大量に、しかも安定供給されるならば、共同作業による調製も可能です。本誌96年12月号中の「混合サイレージの飼料的価値」でも触れたように、既存の施設や装置あるいは中古品を利用して生産性の高い、製造費の安い混合システムを作り上げることがポイントになります。

**調整水分：**食品製造粕への乾燥飼料給与量を多くしていくほどサイレージの水分は低下していきますが、水分があまり低下すると、有機酸生成量も低くなり、2次発酵の危険性も出てきます。水分としては、混合する飼料の物性にもよりますが、40%以上が無難です。

**給与量：**食品製造粕と飼料メニューのすべてを組み込んでサイレージ化した場合、その有機酸生成量によっては牛群（牛）の乾物摂取量の低下が懸念されます。当场においても、有機酸総量が原物当たり4.5%あるオールインサイレージのみの給与で、けい養搾乳牛の各1日乾物摂取量が通常より2～3 kg 低下する経験をしています。

一般には、サイレージの有機酸含量が高くなることが予測される場合は、セミコンプリートとし、サイレージ以外の飼料を併用する形が無難です。

また、サイレージの水分が高く、給与飼料全体の水分が高くなっても（水分50%以上）、乾物摂取量への影響が懸念されます。

## 3) 食品製造粕およびサイレージの飼料分析の必要性について

各食品製造粕について、原料や製造方法が異なるため、事前に飼料分析することは必要です。使用する粕が1か所からではなく数か所から入ってくる場合は特に場所ごとの成分の傾向を押えておく必要があります。また、できたサイレージについても飼料分析をかけて計算どおりの成分になっているか確認します。サイレージの場合、給与量を正確にしても水分に誤差があれば、飼料給与において問題が起きてきます。粕やサイレージの水分は自分で電子レンジ等を使って調製ごとに測定したいところです。

粕の品質チェックも重要です。豆腐粕やビール粕は好気的変敗が速いため、搬入した粕はできるだけ早く調製が必要です。調製時、アンモニア臭がするようでは良質のサイレージはできません。

サイレージの品質を簡易に判定できる方法としてpHの測定があります。現在はデジタル式の安価なpHメーターが販売されております。サイレージを4倍量の水で希釈して測定します。水分にもよりますが、pH4.2以下であれば酪酸発酵は少ないと判断できます。

## 6 おわりに

食品製造粕は水分が高く腐敗しやすいわけですが、水分をコントロールし、糖含量を増やしてやればサイレージ等の発酵飼料に変身します。現在、性能の高い乳酸菌、セルラーゼが市販されており、これらを併用することで発酵はさらに安定します。

今回紹介した以外にも食品製造粕はありますが、共通して言えることは、サイレージ調製の基本（水分調整、WSCの確保、早期密封）を遵守すれば、ほとんど問題なくサイレージ、発酵飼料になることを当研究室の多種類の食品製造粕のサイレージ化の実施から確信しております。

もし身近に食品製造粕が安価で手に入るなら、まず、市販の20ℓ容のポリ容器等でも使用して、自分なりのオリジナル発酵飼料を試験製造してはいかがでしょう。できたものは牛に食べさせてみて、ばくばく食べるようであれば大型サイロで本格的に始めてはいかがでしょう。