



新酵素入りサイレージ調製用 乳酸菌「アクレモ」の開発



雪印種苗(株) 技術研究所

北 村 亨

はじめに

牛の健康維持あるいは牛乳の生産性向上には、おいしいサイレージを作ることが非常に重要です。サイレージの良質発酵には、予乾をして乳酸菌を添加することが一番効果的ですが、天候などの影響でどうしても理想的な条件で調製できない場面があることも事実です。そのために、当社では高水分・低糖といった悪条件の材料でもおいしいサイレージが作れるように酵素（纖維分解酵素：セルラーゼ）入り乳酸菌をご提供しております。このたび、従来使用してきたトリコデルマ由来の纖維分解酵素に加えて、世界ではじめて実用化されたアクレモニウム由来の纖維分解酵素をブレンドした新酵素入り乳酸菌「アクレモ」が発売となりますので、ご紹介いたします。

1 繊維分解酵素のサイレージ中 での働き

乳酸発酵によりサイレージのpHを低下させるには、乳酸菌が乳酸を作るための基質となる糖が必要です。良質な発酵のためには、材料の新鮮物当たり少なくとも2～3%の糖が必要とされていますが、場合によっては、材料中に十分な糖が存在しない低糖な材料もあります。むしろ、材料によっては、低糖条件でサイレージ調製をしなければならない方が多いのです。サイレージ場面では、糖を生成する酵素として、植物の纖維を分解する酵素（セルラーゼ）とでんぶんを分解する酵素（アミラーゼ）が実用化されています。通常、でんぶんはト

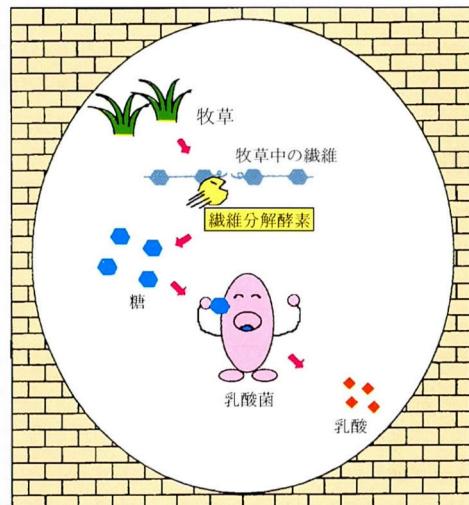


図1 乳酸菌と纖維分解酵素のサイロ内の働き

ウモロコシなどの穀類に多く含まれていますが、このような材料には糖類も多く含まれています。また、穀類のでんぶんは堅い殻に覆われていることから、でんぶん分解酵素の添加はありません。したがって、糖含量の少ない牧草サイレージで効果があるのは纖維分解酵素です。植物の纖維は、いわば「糖」が無数につながってできた鎖のような構造をしており、纖維分解酵素はこの鎖をバラバラに切って「乳酸発酵に必要な糖」をつくる「はさみ」のような役割をします（図1）。

2 アクレモの開発経過

アクレモニウム由来の纖維分解酵素は、通産省生命工学工業技術研究所の山辺博士らによって1982年8月に北日本地方の土壤から発見された

アクレモニウム・セルロリティカスというカビから作られた酵素です（アクレモのマークはこのカビの胞子を図案化したものです）。

この酵素はその後の研究で、従来の酵素に比べ纖維から糖をつくる作用が強いことが分かり、関連する国有特許が数件登録されています。さらに、1991年から3年間、農水省と民間の共同研究において、アクレモニウム由来の纖維分解酵素を添加したサイレージの発酵品質や飼料価値に関する研究が行われ、1996年9月に飼料添加物として登録されました。

これらの基礎研究と並行して、当社ではアクレモニウム由来纖維分解酵素のサイレージへの実用化を模索し、このアクレモニウム由来の纖維分解酵素と従来のトリコデルマ由来の纖維分解酵素をブレンドすることにより日本のサイレージに適した新酵素を開発し、当社オリジナルのブレンド酵素入りサイレージ調製用乳酸菌「アクレモ」が誕生したのです。

3 アクレモ酵素の特徴

纖維分解酵素の中には、以下のような様々な種類の酵素が含まれています。①アビセラーゼ（結晶性のセルロースを分解する）、②カルボキシメチルセルラーゼ(CMCアーゼ：水和化されたセルロースを分解する)、③セロビアーゼ(短い多糖類を分解し、グルコースを生成する)、④キシラナーゼ（ヘミセルロースの1種であるキシランを分解する）、⑤ペクチナーゼ(植物細胞壁中に含まれるペクチンを分解する)。

アクレモニウム酵素は主となるセルロースを分解し、糖を生成する活性（①～③の酵素の共同作用）のほかに、キシランやペクチンを分解する作用が強いこともユニークな特徴です。表1にアビ

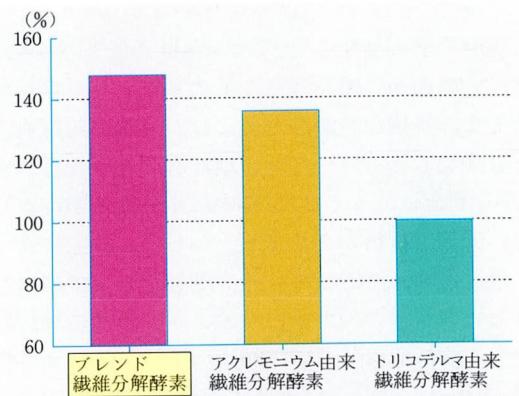
表1 アクレモニウム由来纖維分解酵素に含まれる各種酵素活性の相対力値

酵素活性	相対力値*
アビセラーゼ	1.0
CMCアーゼ	3.14
キシラナーゼ	1.53
ペクチナーゼ	48.5

注：* アクレモニウム由来酵素活性/トリコデルマ由来酵素活性

セラーゼ活性をそろえたとき、他の酵素活性が従来のトリコデルマ由来の纖維分解酵素に比べ何倍強いかを示しました。キシラナーゼ活性は約1.5倍、ペクチナーゼ活性は約50倍も高い活性を持っています。植物の細胞壁はセルロース、ヘミセルロース、ペクチン、リグニンなどの纖維が複雑に絡み合った構造をしているため、セルロースを分解する活性だけでは分解が困難な場合が多いのです。アクレモニウム由来纖維分解酵素は強力なペクチナーゼ活性やキシラナーゼ活性を持っているため、セルロースを被っているペクチンやヘミセルロースに働き、これらを除くことによってセルロースへの作用が容易になり、糖が生成しやすくなると考えられています。

当社では、このアクレモニウム由来纖維分解酵素をサイレージへ応用するため、従来のトリコデルマ由来纖維分解酵素とのブレンドを検討いたしました。その結果、イネ科牧草からの糖生成力がアクレモニウム由来酵素単独よりも強化され（図2）、しかも、高水分材料でしばしば問題となっている排汁はアクレモニウム由来酵素単独よりも少なくできることが分かりました（図3）。無添加でも排汁ができるような高水分の材料に対しては、纖維分解酵素により牧草の纖維の一部が分解されるために、発酵品質と排汁はいわば表裏一体の関係にありますが、ブレンド酵素にすることにより、アクレモニウム由来酵素単独よりも排汁の生成を抑制することができました。アクレモニウム由来纖維分解酵素とトリコデルマ由来纖維分解酵素をブレンドすると、主となるセルロースを分解し、



注：トリコデルマ由来纖維分解酵素の糖生成力を100%としたときの相対値

図2 イネ科牧草からの糖生成力

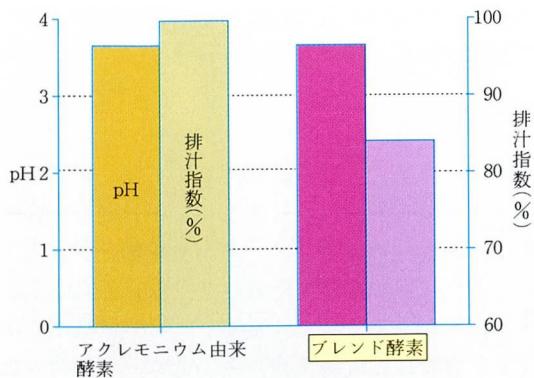


図3 牧草サイレージ(チモシー1番草)のpHと排汁指数

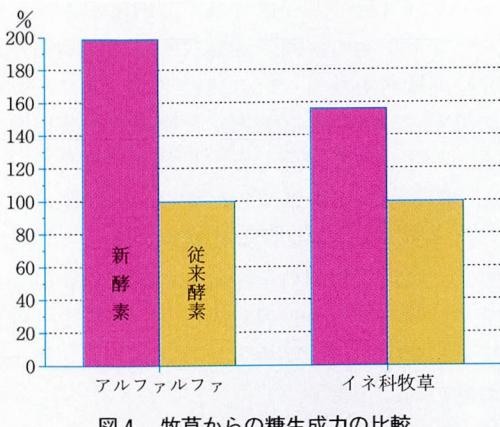


図4 牧草からの糖生成力の比較

糖を生成する作用にそれぞれのセルラーゼの相乗効果が生まれること、また、植物の細胞壁を構成しているヘミセルロースやペクチンを分解する活性を和らげることにより、必要以上の纖維の分解を防ぐことが高い糖生成力と排汁生成量の少ないことにつながったと考えられます。

このようにして開発された新酵素は、従来のトリコデルマ由来纖維分解酵素よりも牧草から糖を生成する力が約1.6～2倍に強化され、サイレージに適した酵素となりました（図4）。

4 アクレモによるサイレージ 発酵品質改善効果

従来の酵素入り乳酸菌では、極端に低糖な材料や緩衝能の高い（pHの下がりにくい）材料に対しては、十分な発酵品質改善効果が得られない場合がありました。このたび開発した新酵素入り乳酸菌「スノーラクトLアクレモ」は、従来の酵素入

り乳酸菌でも十分な発酵品質改善効果が得られるような材料（表2：材料①）から、緩衝能が高く

表2 原料草の成分

		ステージ	水分 (%)	粗たんぱく (%)	WSC* (%)	乳酸*緩衝能 (mg/DM)
イネ科牧草 1番草	材料①	出穂期	83.5	1.9	0.8	
				11.6	5.0	31.2
	材料②	出穂期	86.0	2.7	0.3	
アルファルフア 1番草				19.7	2.5	42.2
	無予乾	開花期	81.3	3.5	1.0	
				18.7	5.3	66.5
予乾	開花期	71.4	5.7	1.6		
				19.9	5.6	55.4

注）上段：新鮮物中、下段：乾物中

*WSC：可溶性糖類

*乳酸緩衝能：原料草のpHがpH4.0に低下するのに必要な乳酸の量を乾物(DM) 1g当たりで示したもの。数字が大きいほどpHの下がりにくい（調整しにくい）材料であることを示す。

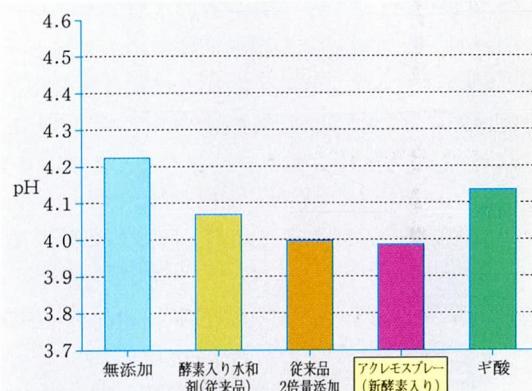


図5 イネ科牧草サイレージのpH(材料①)

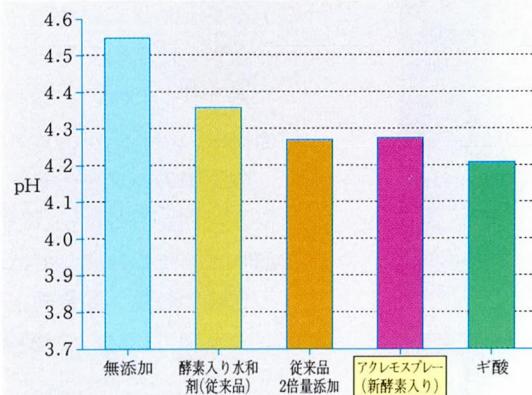


図6 イネ科牧草サイレージのpH(材料②)

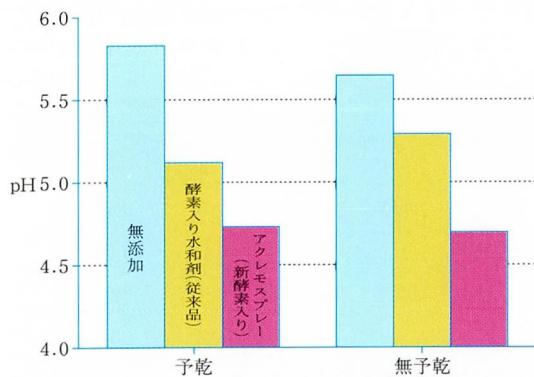


図7 アルファルファサイレージのpH

pHの下がりにくい材料(材料②)にいたるまで高い発酵品質改善効果を示し、従来の酵素2倍量添加と同等の効果があることが分かりました(図5, 6)。また、サイレージ調製が難しいといわれているアルファルファに対しても、従来の酵素入り乳酸菌よりも発酵品質改善効果が得られました(図7)。日本においては、それぞれの地域でサイレージの材料となる原料草の種類も様々で、天候も季節、地域によって必ずしも良いとは限りません。当社のサイレージ調製用乳酸菌「スノーラクトLシリーズ」に「アクレモ」を加えることによって、

天候に左右されず様々な条件で安定したサイレージ調製が可能になると期待されます。

おわりに

従来のサイレージ調製技術としては、ギ酸などのように酸を直接牧草に添加して不良細菌を抑制する方法と、乳酸菌スターターや纖維分解酵素などにより乳酸発酵を促進させて保存性を向上させる方法が主流でした。しかし、ギ酸は機械の腐食や火傷などの危険性や、中～低水分の材料では酵母やカビを抑えきれずに二次発酵が起こりやすいという問題がありました。一方、乳酸菌や纖維分解酵素は安全でどの水分域でも適応できるというメリットがある反面、過酷な条件では効果の安定性に問題がありました。当社では、低コスト経営に役立ち、環境にも配慮した持続的農業を提案する一環として、安全で安定した高品質サイレージを調製する技術を追求し、従来品の問題点を克服した「アクレモ」の開発に成功いたしました。経営上、良質な粗飼料を作ることが重要なポイントです。収益性の改善のためにも、安全で良質サイレージ調製が可能な新スノーラクトLシリーズをお勧めいたします。

雪印推薦図書案内

◎イネ科・マメ科牧草の主要病害を写真入りで解説!

原色 「牧草の病害」

A5判 200頁 西原 夏樹著 頒価 3,000円

◎トウモロコシ・ソルガム・ムギ類の主要病害を写真入りで解説!

原色 「飼料作物の病害」

A5判 102頁 西原 夏樹著 頒価 2,000円

◎アルファルファの品種・栽培・病害虫・収穫調製などを網羅!

新刊 「アルファルファ(ルーサン)」—その品種・栽培・利用—

A5判 250頁 鈴木 信治著 頒価 3,000円

◎酪農家のバイブル、サイレージ調製には、これ一冊でOK!

微生物のパフォーマンスとその制御 「サイレージバイブル」

A5判 124頁 監修 高野 信雄 安宅 一夫 頒価 1,000円

◎植物ホルモンに関しては、これ一冊でOK!

作物の収量・品質向上への期待 「サイトカイニンバイブル」

A5判 125頁 編著 菅田 隆治 頒価 2,000円

★ いずれも送料、消費税込み価格、お申込みは最寄の弊社営業所へ