

# サイレージ調製に対する 酵素(主にセルラーゼ)の利用技術

雪印種苗(株)技術研究所

所 長 佐 藤 洋

## はじめに

サイレージ化が粗飼料の調製方法としてその比率を高める一方、品質の良否が乳量、乳質、健康状態を大きく左右しており、高泌乳、乳質改善のためには良質サイレージ調製が必須条件と言える。

一方では、サイレージ化に対する新しい価値を見出そうとする研究が進められており、酵素(以下セルラーゼ)の利用もその一つである。

ここでは、セルラーゼの利用によるサイレージ品質の向上について試験成績を中心に論じてみたい。

## 1 導入開発の経過

現在、日本ではサイレージ添加剤としては、ギ酸、乳酸菌、糖類が主に利用されており、良質サイレージ調製に寄与している。

一方、ヨーロッパにおいては長い間、ギ酸添加が主流を占めてきたが、近年、特にイギリスを中心としたグラスサイレージ地域でセルラーゼ添加が急速に広がってきている。このことは、高水分・低糖原料に対して酸添加よりも安全でかつ発酵改善が期待できるという評価の結果と考えられる。

日本においても、研究段階ではセルラーゼがサイレージ発酵品質の改善に効果があることは知られていたが、実用面で、特にコスト面での壁があった。

そこで、ヨーロッパで流通しているセルラーゼを導入し、過去3か年試験を行い、その効果(特に高水分、低糖原料について)を確認し、昨年より乳酸菌と組み合わせた酵素セットとして販売に移行し、好評をいただいている。

## 2 セルラーゼの働き

植物の細胞壁はセルロース、ヘミセルロース、リグニンが主な構成成分であり、セルロースが約1/2を占めている。

セルラーゼはこのセルロースに作用し、グルコースまで分解する酵素である。

セルラーゼはC<sub>1</sub>-酵素、C<sub>2</sub>-酵素、β-グルコシダーゼから成り立っており、それぞれの酵素の働きにより段階的にセルロースをグルコースまで分解すると説明されている。

セルラーゼは現在、広く工業的生産に利用されているが、セルラーゼ活性の高さから、主にトリコデルマ、アスペルギルスといった糸状菌より生産されている。

また、これらの菌はセルラーゼのほかにヘミセルラーゼ、アミラーゼ、プロテイナーゼなどの酵素も生産することから、セルラーゼ製剤といっても他の酵素も少量混入している。

今回のサイレージ用セルラーゼ(各菌発酵液)もトリコデルマ・リーアイ及びアスペルギルス・ニガーより生産された酵素であり、特にサイレージのpH範囲(原料pH5~6で活性力が高まり、サイレージpH4以下で活性が低下する)、つまりpH4~6の間で最も活性が高くなるようになっている。

なお、セルラーゼは水分(自由水)が少しでもあれば活性化するので、理論的には原材料のあらゆる水分域で効果が表われる可能性があるが、発酵品質の改善を考えれば、高水分、低糖原料での利用が最も有効と思われる。

### 3 セルラーゼのサイレージ発酵に対する効果

図1 にセルラーゼを添加したサイレージ中のセ

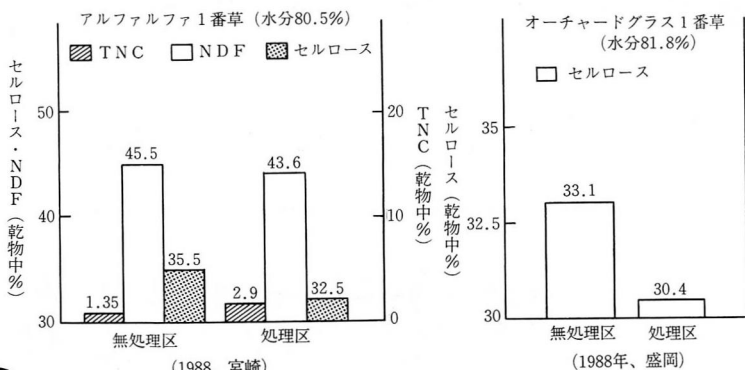


図1 セルラーゼ添加によるサイレージ中の成分変化

表1 セルラーゼ添加によるサイレージの発酵品質

処 理	水分 (%)	pH	NH <sub>3</sub> -N/T-N (%)
無 処 理	70.7%	4.06	11.44
酵素(セルラーゼ)	74.8%	3.63	7.78

\*チモシー 1 番草 (1988, 帯広)

表2 セルラーゼ添加によるサイレージの乾物回収率

処 理	乾物回収率
無 処 理	90.6%
乳 酸 菌	95.1%
酵素(セルラーゼ)	97.6%

\*イネ科牧草 (1989, フィンシュガー社)

表3 セルラーゼ添加によるサイレージの消化率(インビトロ)

処 理	有機物消化率
無 処 理	67.3
ギ 酸	67.0
酵素(セルラーゼ)	69.7

\*イネ科牧草 (1988, フィンシュガー社)

表4 酵素セット\*添加サイレージの発酵品質

	原料水分 (%)	WSC (%)	pH	NH <sub>3</sub> -N/T-N (%)
<b>チモシー 1 番草</b>				
無処理区	77.41	1.76	3.99	6.83
添加区	〃	〃	3.68	5.00
<b>チモシー 2 番草</b>				
無処理区	76.55	0.65	4.55	13.3
添加区	〃	〃	3.95	5.5
<b>アルファルファ 1 番草</b>				
無処理区	79.3	1.42	4.42	9.46
添加区	〃	〃	4.19	6.28
<b>オーチャードグラス 1 番草</b>				
無処理区	81.8	0.86	4.26	13.7
添加区	〃	〃	3.76	9.8

\*酵素セットは酵素と乳酸菌の組合せ(1988, 北海道, 東北)

ルロースの含量を示した。この図からは無処理に比較し約3%程度セルロースが低下しており、セルラーゼ添加によりセルロースが確かに分解されていることが示唆される。

表1 はサイレージ品質について行なった試験であるが、明らかに pH, NH<sub>3</sub>-N/T-N (%) で改善がなされ、良質サイレージが出来あがっていることがうかがえる。この効果はサイレージ調製で最も重要な乾物ロスについても確認することができ、表2 に示した。また、表3 にはセルラーゼ添加により有機物の消化率が向上 (正しくは低下を抑えていると

いうべきかもしれない) しており、セルラーゼ添加のもう一つの効果といえることができるかもしれない。このことは、給与前 (貯蔵中) にある程度細胞壁構造が分解され、ルーメン内での発酵を促進する結果と考えられる。他のセルラーゼで処理したサイレージが無処理に比較し、ルーメン内の乾物消化速度 (ナイロンバック法) が高まっているとの情報もあり、消化性の改善及び嗜好性 (摂取量の増加) を裏付けるものと考えられる。

### 4 酵素セットのサイレージ発酵に対する効果

酵素セットとは前述のセルラーゼと乳酸菌を組み合わせた商品の名称であり、ヨーロッパ、アメリカにおいてもセルラーゼに乳酸菌を組み合わせた商品が多く、この組合せがより効果が高めることが示唆されている。表4 には国内で行なった酵素セットのサイレージ品質に対する効果試験の一部を示した。各原料はすべて高水分 (水分 75%以上)、低糖 (WSC 原物中 2%以下) であり、良質サイレージが調製しづらい原料である。

この結果から、酵素及び乳酸菌の効果が確認され、特に WSC が 1% 以下の原料について、その効果が高いことが注目される。

### おわりに

今後、特に嗜好性、消化性の改善についてのメカニズム (消化速度との関係) を明確にしていき、セルラーゼの新しい価値を見い出していきたい。