雪印種苗株式会社　北海道研究農場　飼料研究グループ　谷口　大樹

二次発酵を抑制するサイマスター３とサイマスターSP

１．はじめに

今年も７月に入り、本格的に暑い時期が到来してきました。この時期は乳牛や人にとっては不快な気温ですが、微生物にとっては適温に近づき、活動が活発になります。サイレージにとっては乳酸発酵などが進む半面、二次発酵などの腐敗も早まる時期です。二次発酵したサイレージは栄養価の低下（相対的に繊維含量が増加）だけではなく、ひどくなればサイレージがカビ化し、給与不能となります。本稿におきましては、あらためて二次発酵の問題をお伝えするとともに、道府県においてはこれから収穫を迎える２番草、３番草、デントコーンに対する来年度のサイレージ二次発酵対策として、「サイマスター３」、「サイマスターSP」のご紹介をさせて頂ければと思います。

２．酪酸発酵とは？

二次発酵の話をしていましたが、サイレージを語る上において酪酸発酵の説明も外すことはできません。本稿ではメインの話題ではないため簡単に酪酸発酵の説明をさせていただきます。酪酸発酵とは酪酸菌が主として活動することにより起こる発酵のことです。酪酸発酵サイレージは、牛の嗜好性が悪いことや過剰に食べさせることで病気を引き起こすなど、サイレージを作るうえで最も避けなければならないサイレージです。酪酸発酵を抑える方法はpHを4.2以下にするか、牧草の水分を70％以下にすることが重要となります。７月以降は、梅雨明けし、気温が高い日が続くことから予乾が十分に可能です。そのため、この時期に収穫する牧草は酪酸発酵ではなく、二次発酵が問題となりやすいです。デントコーンに関しては適期であれば水分が70％前後であること、また栄養価が高いので乳酸発酵が進み、容易にpHが4.2以下となることから二次発酵が問題となります。

３．二次発酵とは？

二次発酵の定義は諸説ありますが、その一つに「サイレージを開封して空気に晒したのちに、そのサイレージの品温が室温よりも1.7～2.2℃上昇すること」があげられます。二次発酵は、学術的には好気的変敗と言いますが、広く一般的に二次発酵と呼ばれていることから、本稿においても二次発酵と呼ばせていただきます。それでは、二次発酵は何が問題なのかということですが、最も問題となるのは栄養価の損失があげられます。二次発酵の要因はサイレージ中に存在する酵母が空気にさらされることによって、サイレージ中の乳酸や残存糖、タンパク質などを栄養とし、熱を発生させながら消費してしまうことです。サイレージも給与前には分析値を出し、栄養の設計をすることと思います。サイレージが二次発酵をすると分析値よりも栄養価が下がり、設計通りの乳量が出ないなど、問題が生じます。また、栄養損失だけではなく、二次発酵が進むとサイレージ表面がカビ化し、カビ毒が問題となります。カビ毒は摂取することによって乳牛の採食量低下、乳量低下および繁殖性の低下など様々な悪影響があります。そのため、カビ化してしまったサイレージは乳牛への給与ができず、廃棄することになります。その廃棄ロスや廃棄するための労力も軽視することはできません。このように、二次発酵には栄養損失、サイレージ廃棄ロス、廃棄のための労力といった問題が発生します。

４．牧草を二次発酵から守るサイマスター３

「サイマスター３」は予乾牧草用に開発された乳酸菌製品です。予乾牧草は水分を調製していることから酪酸発酵ではなく、二次発酵が問題となりやすいのが特徴です。「サイマスター３」には、耐酸性に優れるラクトバチルス・パラカゼイと発酵初期に爆発的に増殖するラクトバチルス・ラクティス、酢酸を適度に生産するラクトバチルス・ディオリボラ

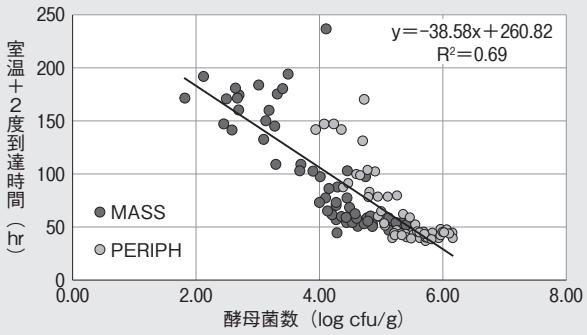

図１　サイレージ中の酵母菌数が増えると二次発酵は早くなります

酵母菌数はlogで表示してあり、ゼロの個数を表しています。例えば横軸の２はゼロが２個、つまりは100個の酵母が１gのサイレージ中に含まれていることを表しています。

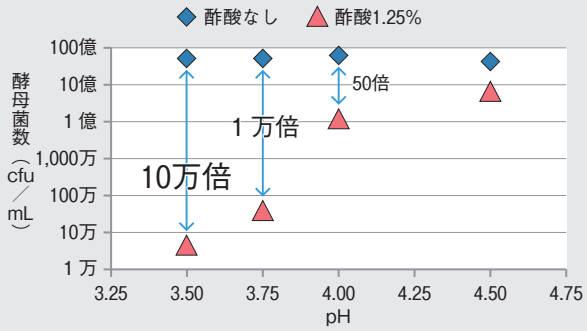

図２　低いpHと酢酸は、酵母の増殖を抑制する

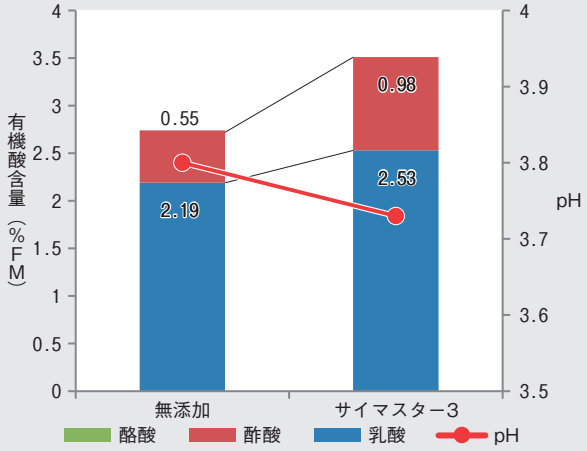

図３　サイマスター３はpHがしっかりと下がり、酢酸が適度に出てきます

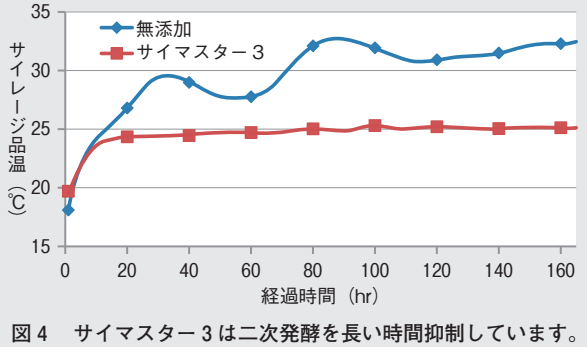

図４　サイマスター３は二次発酵を長い時間抑制しています。

ンスという３種類の乳酸菌が使用されています。乳酸菌を３種類使用していることから「サイマスター３」という名前が使われています。二次発酵の要因は「酵母」であり、サイレージ中の酵母数をいかに少なくするかが、重要なポイントとなります。**図１**（Ferreroら、2021）は酵母菌数と二次発酵の関係を表したグラフとなります。酵母菌数が減ることで二次発酵時間が延びることが分かります。それでは、どのようにして酵母の菌数を減らしたらよいでしょうか。酵母菌数を減らす方法はいくつかありますが、有効な手段の一つに酢酸があげられます。**図２**に示したように酢酸は酵母に対して殺菌効果を発揮し、その効力はpHが低くなることで強まることが分かっています。「サイマスター３」はこの低pHと酢酸を利用して二次発酵を抑制する製品となります。**図３**は2017年度に弊社研究農場で行った実規模ロール試験の結果となります。水分は73.5%の予乾チモシーを使っており、貯蔵日数は約11カ月です。発酵品質は予乾していることから無添加でも非常に良いですが、**図４**の二次発酵試験（開封後のサイレージを25℃の一定温度に晒し、品温を測定する試験）では品温が早い段階から上昇し、24時間以内に二次発酵が確認されました。これに対して「サイマスター３」はpHがしっかりと下がり、酢酸も適度に出ていることから、160時間たっても二次発酵が確認できませんでした。このように「サイマスター３」は３菌種の相乗効果により、低pHでかつ酢酸がほどよく出る条件を作り出し、二次発酵を強力に抑えてくれます。

５．デントコーンを二次発酵から守るサイマスターSP

「サイマスターSP」はデントコーン用に開発された乳酸菌製品となります。デントコーンは栄養価が非常に高く、適期で収穫する際にはある程度水分が落ちていることから、酪酸発酵ではなく、二次発酵が問題となります。「サイマスターSP」には「サイマスター３」にも使用されているラクトバチルス・ディオリボランスが使われています。ラクトバチルス・ディオリボランスはデントコーン中で乳酸と酢酸をバランス良く出すので、先に説明しました「サイマスター３」と同様の作用機序でサイレージ貯蔵中に酵母の数を減らし、二次発酵を抑制してくれます。デントコーンにおいては過去の試験より、二次発酵を抑制できるpHと酢酸含量の水準が分かっています。あくまでも一つの水準ではありま

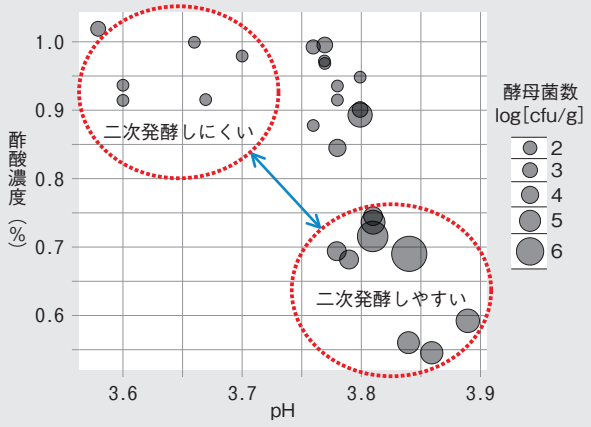

図５　pHと酢酸濃度および酵母菌数の関係

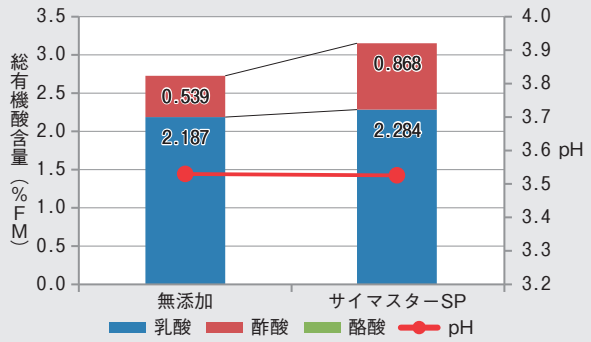

図６　サイマスターSPは適度に酢酸の含量を増加させます

が、**図５**のようにpHが3.8以下でかつ酢酸含量が0.8%以上となると二次発酵を抑制できることが分かっています。**図６**には2020年度調製したボトルサイレージの発酵品質を示しています。水分が65%でかつ、25℃で１カ月貯蔵した結果となります。本試験の無添加はpHが3.5、酢酸含量が0.539とpHが低く、酢酸含量が比較的多いサイレージとなっていま

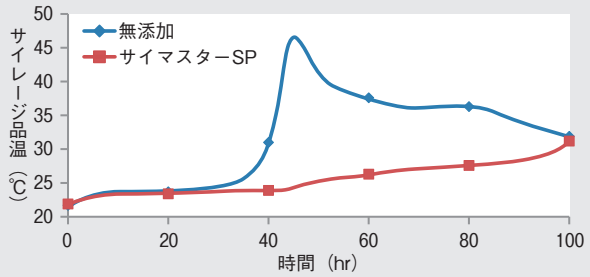

図７　サイマスターSPはデントコーンの二次発酵を強力に抑えます

すが、**図７**の試験のように二次発酵が速い結果となってしまいました。また、一度二次発酵が始まると一気に発熱していることが分かります。これに対して、「サイマスターSP」はpH3.8以下、酢酸含量0.8%以上という基準を満たしており、二次発酵も無添加と比較して抑制できていることが分かります。また、温度の上昇も比較的緩やかであり、急激な栄養ロスを抑制できていることが分かります。

６．おわりに

サイレージは乳牛にとって主食であり、その主食だからこそ酪農家の皆様も多くの時間と労力をかけて丁寧に調製していることかと思います。弊社としてはそのサイレージの廃棄量が少なくなり、少しでも多くの乳牛へ給与できることが理想です。弊社製品がサイレージの二次発酵にお困りの皆様の一助となることを心から願っています。

７．参考文献

１．Ferreroら、J. Dairy Sci. 104:1696-1713（2021）