

乳酸菌添加が籾米サイレージの発酵品質に及ぼす影響

佐竹康明、三好大介*

要 約

籾米サイレージの開封後の好気的変敗による品質劣化を防ぐ目的で、乳酸菌 A および B を添加した籾米サイレージを調製し、発酵品質および好気的変敗について調査した。貯蔵日数 30 日における乳酸菌 B 添加区（以下、乳酸菌 B 区）の乳酸含量は 0.21% であり、乳酸菌 A 添加区（以下、乳酸菌 A 区）の 0.67% に比べ低く ($P < 0.01$)、貯蔵日数 60 および 120 日においても同様の傾向が認められた。しかし、乳酸菌 B 区の V-SCORE は 98~97 であり、乳酸菌 A 区の 100 と同程度の良質であった。一定温度条件におけるサイレージ開封後の乳酸菌 B 区の品温は、22 時間で 2°C 以上上昇した乳酸菌 A 区に比べ、5 日目においても変動しなかった。また、貯蔵日数 60 日における開封直後および 5 日目における乳酸菌 B 区の乳酸含量は、開封直後の 0.56% から 0.08% に顕著に減少 ($P < 0.01$) した乳酸菌 A 区に比べ、それぞれ 0.30%、0.27% と同程度で推移した。以上のことから、乳酸菌 A および B の添加により籾米サイレージの良好な発酵品質が確保できるとともに、乳酸菌 B の添加により良好な発酵品質を確保しながら、好気的変敗を抑制できることが明らかとなった。

キーワード 籾米サイレージ、乳酸菌、発酵品質、好気的変敗抑制

諸 言

近年、本県においても耕畜連携による水田活用の取り組みが増加し、専用収穫機を必要とする稲発酵粗飼料に比べ、耕種農家の既存収穫機を利用できる飼料米の作付面積が、2013 年の 104ha から 2016 年の 353ha と飛躍的に増加している。

大家畜において飼料米を利用する場合、その固い殻が付着した籾米を給与すると消化率が低いため、蒸気圧片¹⁾、粉碎^{1,2)}、膨軟化²⁾、脱穀等の加工処理する利用形態が主流となっているが、処理経費の削減や保管場所の確保が課題となっている。その解決策として、蒸気圧片や粉碎等より安価で、長期的に安定して貯蔵でき、屋外でも保管可能なサイレージ調製が注目され、破碎処理した籾米に乳酸菌を添加してサイレージ化する籾米サイレージの取り組みが進んでいる^{3,4,5)}。

しかし、籾米サイレージは、フレキシブルコ

ンテナバック（以下、フレコンバック）を用いるため気密性が低く、1 頭当たりの給与量が少ない農家や環境温度が高くなる夏季において、開封後の好気的変敗の発生が問題となっている。

そこで、稲発酵粗飼料の好気的変敗抑制用として市販された乳酸菌 B を添加し、籾米サイレージの発酵品質および好気的変敗について調査した。

材料および方法

1) 添加剤および貯蔵日数による籾米サイレージの発酵品質の調査 [試験 1]

2016 年に栽培された県育成品種「媛育 71 号」の籾米をカントリーエレベーターより入手し、2017 年 7 月 14 日に飼料米破碎機（デリカ（株）DHR-750）を用いて破碎し、調製後の水分含量が 30% 程度となるよう表 1 に示した菌株の乳酸菌 A および B を各 5g/原物 t 添加、加水しな

* 八幡浜支局地域農業育成室西予農業指導班

がらビニール袋を入れたフレコンバックに200kg 梱包して、脱気した後密封、各水準3袋をサイレージ調製した。開封は、貯蔵日数30、60、120日の3水準とし、採材したサイレージ抽出液のpH、有機酸（乳酸、揮発性脂肪酸）、揮発性塩基態窒素（VBN）、全窒素（T-N）、有機酸（揮発性脂肪酸）およびVBN/T-Nにより算出するV-SCOREを調査した。分析方法は、pHをpHメーター（HORIBA F-72）により計測し、有機酸を液体クロマトグラフィー（日本分光 LC-2000Plus）を用いたBTBによるポストラベル法により計測した。VBNは微量拡散法（SIBATA コンウェイユニット）により、また、T-Nはケルダール法（FOSS Kjelttec2200）により計測した。

2) 開封後の加温による米粉サイレージの発酵品質の調査 [試験2]

試験1において調製し、貯蔵日数60日で開封した米粉サイレージ（乳酸菌A、B添加）2kgを、それぞれ発砲スチロール（内寸24×15.5×15cm）に入れ、30℃設定の恒温器（日本医科機器製作所 LH-55-RD）において各水準3検体の

表1 添加剤の乳酸菌株

添加剤	菌 株
乳酸菌A	<i>Lactobacillus plantarum</i> + <i>Lactococcus lactis</i> SBS0001株
乳酸菌B	<i>Lactobacillus buchneri</i> IWT192株

品温を5日間記録（T&D おんどとり）した後、試験1と同様のpH、有機酸、VBN/T-N、V-SCOREを調査した。

3) 統計処理

統計処理は、一元配置分散分析により解析し、有意差がある場合にTukeyの多重比較により検定した。

結果および考察

1) 添加剤および貯蔵日数による米粉サイレージの発酵品質の調査 [試験1]

表2 乳酸菌添加による米粉サイレージの発酵品質

添加剤	貯蔵日数	水分 (FM中%)	pH	有機酸(FM中%)			VBN/T-N (%)	V-SCORE
				乳酸	酢酸	酪酸		
乳酸菌A	30	30.6	4.07 ^a	0.67 ^a	0.02 ^a	0.00	0.66 ^a	100 ^a
	60	30.1	4.09 ^a	0.56 ^a	0.02 ^a	0.00	1.11 ^a	100 ^a
	120	30.7	4.19 ^{bc}	0.52 ^a	0.02 ^a	0.00	1.37 ^a	100 ^a
乳酸菌B	30	33.2	4.32 ^{bc}	0.21 ^b	0.36 ^b	0.02	1.91 ^a	98 ^b
	60	31.2	4.26 ^{bc}	0.30 ^b	0.41 ^b	0.00	2.84 ^b	98 ^b
	120	32.2	4.34 ^{bc}	0.31 ^b	0.45 ^b	0.01	3.77 ^b	97 ^b

※VBN/T-N 揮発性塩基態窒素/全窒素

※P<0.01 異符号間に有意差あり

貯蔵日数30日における乳酸菌B区の乳酸含量は0.21%であり、乳酸菌A区の0.67%に比べ低く（P<0.01）、貯蔵日数60および120日においても同様の傾向が認められた。貯蔵日数30日における乳酸菌B区の酢酸含量は0.36%であり、乳酸菌A区の0.02%に比べ高く（P<0.01）、貯蔵日数60および120日においても同様の傾向が認められた。貯蔵日数30から120日における乳酸菌B区のV-SCOREは98~97であり、乳酸菌A区の100と同様に良質であった。また、両乳酸菌のVBN/T-Nは、貯蔵日数が経過するにしたがいそれぞれ0.66~1.37%、1.91~3.77%に増加する傾向を示した。サイレージは、貯蔵日数の経過や好気的変敗等に伴うタンパク質の分解によりアンモニアの生成が進みVBN/T-Nが増加する。この傾向は、本試験における貯蔵日数120日までのVBN/T-Nにおいても同様に認められた。しかし、増加の最大値がV-SCOREの算出に影響しない5%未満であったことから、顕著な品質劣化ではなかったと考えられる。一般的に、サイレージは、乳酸含量が高く、酢酸および酪酸含量等が低いと良好な発酵品質であるとされる。本試験では、乳酸菌A区の乳酸含量が乳酸菌B区より高く、乳酸菌B区の酢酸含量が乳酸菌A区より高かった。乳酸および酢酸含量における乳酸菌A区とB区の比較では、乳酸菌A区の方がB区より優れた添加剤であると考えられるが、両乳酸菌区のV-SCOREが98~100と同等であったことから、総合的に判断すると何れの乳酸菌添加米粉サイレージも良好な発酵品質であると推察された。

2) 開封後の加温による粗米サイレージの発酵品質の調査 [試験2]

図1に加温条件下における粗米サイレージの温度推移を示した。

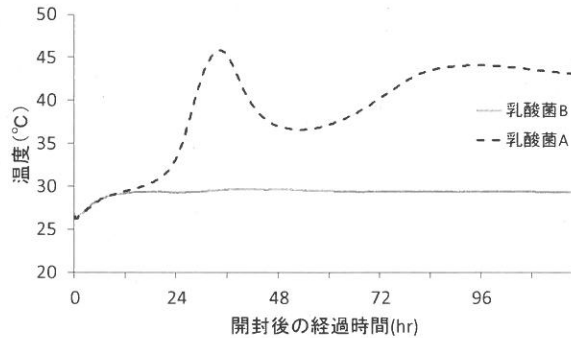


図1 加温条件下における粗米サイレージの温度推移

乳酸菌 B 区における粗米サイレージの品温は、開封後 22 時間で 2°C 以上、34 時間で最大 46°C まで上昇した乳酸菌 A 区に比べ、設定温度と同程度で推移した。材料の糖含量や酵母、周辺環境等の条件により差異があるものの、開封後のサイレージは、好気性菌および酵母の活動によりタンパク質や乳酸等の分解が進み、その好気性菌等の呼吸により発熱、温度が上昇するとされる⁶⁾。本試験では、開封後約 22 時間から乳酸菌 A 区におけるサイレージ温度の上昇が認められたことから、好気性菌等の活動による好気的変敗が発生していたものと考えられる。

表 3 に好気的変敗前後の乳酸菌添加による粗米サイレージの発酵品質を示した。

表3 好気的変敗前後の乳酸菌添加による粗米サイレージの発酵品質

添加剤		水分 (FM中%)	pH	有機酸(FM中%)			VBN/T-N (%)	V-SCORE
				乳酸	酢酸	酪酸		
乳酸菌A	変敗前	30.1	4.09 ^a	0.56 ^a	0.02 ^a	0.00	1.11 ^a	100
	変敗後	22.4	6.97 ^b	0.08 ^b	0.00 ^a	0.01	4.06 ^b	100
乳酸菌B	変敗前	31.2	4.26 ^a	0.30 ^c	0.41 ^b	0.00	2.84	98
	変敗後	29.2	4.23 ^a	0.27 ^c	0.38 ^b	0.01	2.96	98

※VBN/T-N:揮発性塩基態窒素/全窒素
※P<0.01 異符号間に有意差あり

開封後および5日目における乳酸菌 B 区の pH は、それぞれ 4.26、4.23 であり、5 日間で 4.09 から 6.97 に上昇 (P<0.01) した乳酸菌 A 区に比べ、上昇が認められなかった。この傾向は、VBN/T-N においても同様に認められた。また、

乳酸菌 B 区の乳酸含量は、開封後 0.56%から 5 日目 0.08%に減少 (P<0.01) した乳酸菌 A 区に比べ、0.30%から 0.27%と同程度であった。この傾向は、酢酸含量においても同様であった。好気的変敗前後における両乳酸菌の V-SCORE は 98 ~100 と差が認められなかった。好気的変敗によるサイレージの品質劣化は、好気性菌や酵母等の活動による乳酸含量の減少、アミノ酸の分解により生成したアンモニアの増加に伴い pH が上昇するとされ⁶⁾、本試験における乳酸菌 A 区の pH の上昇や乳酸含量の減少は、好気的変敗による品質劣化と推察される。しかし、好気的変敗の発生が認められながら、乳酸菌 A 区の V-SCORE は変動しなかった。V-SCORE は酢酸および酪酸含量等からスコア化するため、本試験の乳酸菌 A 区の微量な変動ではスコアに大きな影響を与えなかったと推察されるが、その他のサイレージの品温や pH、乳酸含量等の変動から総合的に判断すると、乳酸菌 A 区は好気的変敗により顕著に品質劣化したことが示唆された。

本試験では、*Lactobacillus buchneri* IWT192 株を添加した乳酸菌 B の酢酸含量が乳酸菌 A より高い数値 (P<0.01) を示した。西野ら⁷⁾は *Lactobacillus buchneri* の添加によるトウモロコシサイレージ中の酢酸含量の増加および好気的変敗抑制効果を、近藤ら⁸⁾は、酢酸添加による発酵 TMR の変敗抑制効果を報告しており、*Lactobacillus buchneri* を菌株とする乳酸菌 B の添加により増加した酢酸の制菌作用により好気的変敗が抑制されたものと示唆された。

以上のことから、乳酸菌 A および B の添加により粗米サイレージの良好な発酵品質が確保できるとともに、乳酸菌 B の添加により良好な発酵品質を確保しながら、好気的変敗を抑制することが明らかとなった。

参考文献

- 1)宮地 慎、野中和久、松山裕城、細田謙次、小林良次、品種および加工法が異なる飼料米の第一胃内分解特性、日本草地学会誌、56 巻 1 号、

p13-19、2010

2) 渡邊 潤、佐藤寛子、加藤真姫子、酒出淳一、秋田県で給与されるイネソフトグレインサイレージの飼料特性、秋田畜試研報、第27号、p1-6、2013

3) 矢内清恭、イネソフトグレインサイレージの収穫調製技術、福島県畜産試験場研究報告、13号、p27-31、2005

4) 井上秀彦、上垣隆一、遠野雅徳、小林寿美、松尾守展、伊吹敏彦、完熟期収穫の飼料用米の調製処理がサイレージの発酵特性におよぼす影響、日本草地学会誌、58巻3号、p153-165、2012

5) 藤井友子、秋友一郎、岡村由香、イネソフトグレインサイレージの省力的な調製技術、山口農技センター研報、4号、p55-60、2013

6) 大山嘉信、サイレージの好気的変敗とその防止対策、畜産の研究、35、P997-1002、1981

7) 西野直樹、原田宏明、坂口英、1,2-プロパンジオールを生成するヘテロ型乳酸菌 *Lactobacillus buchneri* を添加したトウモロコシサイレージの発酵特性と好気的安定性、日本草地学会誌、48(別)、P208-209、2002

8) 近藤誠、柳沢淳二、西野直樹、喜多一美、横田浩臣、酸およびアルコール添加による牛用混合飼料(TMR)の変敗抑制の検討、日本草地学会誌、52(別)、P-368-369、2006