

## 乳酸菌添加剤の違いが発芽粃米サイレージの発酵品質に及ぼす影響

佐竹康明<sup>\*</sup>、岩田玲佳<sup>\*</sup>

### 要約

粃米の消化率向上の一手段として、発芽処理した粃米をサイレージ調製し、2種の乳酸菌添加（乳酸菌 A、乳酸菌 B）による発酵品質および開封後の好気的変敗について調査した。発芽粃米サイレージの pH は、全区で 4.0 以下に低下し、前報<sup>1)</sup>と同様に貯蔵日数 60 日以降で乳酸含量が増加した。酢酸および酪酸含量は、無添加区に比べ乳酸菌添加区が低い傾向を示した。特に、乳酸菌 B 添加区は、発酵品質が良好である上、安価であることから発芽粃米のサイレージ調製における有望な乳酸菌添加剤であると示唆された。また、開封後の一定加温条件における発芽粃米サイレージの発酵品質およびサイレージの温度は、加温前と比較して顕著な変動がなかったことから、乳酸菌添加剤の有無に関わらず、好気的変敗が発生しないことが明らかとなった。

キーワード：発芽粃米、サイレージ、乳酸菌添加剤、発酵品質

### 緒言

近年、耕畜連携による水田活用の取り組みにより、飼料米の作付面積が増加し、固い殻が付着した粃米を蒸気圧片<sup>2)</sup>や粉碎<sup>3)</sup>、サイレージ化<sup>4)</sup>等の加工処理により消化率を向上させ、大家畜へ給与する方法が採られているが、処理経費の削減や専用破砕機の設備投資等が課題となっている。一方、発芽粃米は、粃米と比較して消化率の向上やγ-アミノ酪酸（GABA）の増加<sup>5)</sup>によるストレス軽減<sup>6)</sup>が期待されるとともに、各地域に存在する育苗センターやカントリーエレベーター等を発芽処理施設として活用できるため、発芽処理した粃米をサイレージ調製し、その飼料特性やサイレージ発酵品質を調査するとともに、乳用牛への給与効果を検証することにより、飼料米の利用手段の拡充、並びに、酪農経営の安定化に資することを目的とした。

前報<sup>1)</sup>では、発芽処理した粃米サイレージの飼料特性および発酵品質について明らかとした。しかし、安価で添加効果の高い乳酸菌添加剤の探索および開封後の好気的変敗について追及していない。

そこで、本試験では、2種の乳酸菌添加剤によるサイレージの発酵品質および開封後のサイレージの好気的変敗について調査した。

### 材料および方法

#### 1 添加剤の違いによる発芽粃米サイレージの発酵品質[試験 1]

2018 年に栽培された品種「媛育 71 号」の粃米をカントリーエレベーターより入手し、粃米 4kg/袋を入れた収穫ネット（10kg 容）3 袋を 80L 容浸漬樽（水 60L）に 24 時間浸漬した後、水中ポンプ（寺田ポンプ SL-52）を稼働し、発芽するまで 24 時間毎に水替えした。試験区分は添加剤 3 水準（無添加、乳酸菌 A、乳酸菌 B）、貯蔵日数 3 水準（30、60、120 日）とし、ナイロン袋（クリロン化成（株）彊美人 80 μ m×300mm×450mm）に各乳酸菌（原物 5g/t）を添加した発芽粃米 300g を封入し、パウチ法により各水準 3 個をサイレージ調製した。開封したサイレージは、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）、VBN/T-N により算出する V-SCORE を調査した。

<sup>\*</sup> 農林水産部農業振興局畜産課

分析方法は、pH を pH メーター (HORIBA F-72) により、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発芽粃米サイレージの発酵品質 [試験 2]

2017 年に栽培された品種「キヌヒカリ」の粃米をカントリーエレベーターより入手し、試験 1 と同様の方法により発芽させた。発芽した粃米は、無添加区をそのまま、添加区は乳酸菌 A (5g/原物 t) を添加し、ビニール袋を入れた 12L 容ポリタンクに約 12kg 梱包して、脱気した後密封、各水準 3 個をサイレージ調製した。貯蔵日数 60 日で開封した発芽粃米サイレージ(無添加、乳酸菌 A 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°C 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 検体の品温を 3 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。

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 添加剤の違いによる発芽粃米サイレージの発酵品質 [試験 1]

表 1 に添加剤および貯蔵日数における発芽粃米サイレージの発酵品質を示した。

発芽粃米サイレージの pH は、無添加区、乳酸菌 A 添加区、乳酸菌 B 添加区の何れも、貯蔵日数 30 日の 3.52 ~ 3.66 に比べ、貯蔵日数 60 日以降で低下する傾向を示した。乳酸含量は、pH の低下に伴い 60 日以降で増加する傾向を示し、貯蔵日数 120 日における乳酸菌 B 添加区が、無添加

区および乳酸菌 A 添加区の 1.99%、1.93% に比べ 2.22% と高い傾向を示したが、有意な差は認められなかった。また、乳酸菌添加区の貯蔵日数 60 日以降で乳酸含量が増加する傾向は、前報<sup>1)</sup>と同様であった。サイレージの発酵は、嫌気条件下の乳酸菌の活動による pH の低下に伴い乳酸含量が増加する<sup>7)</sup>。本試験における全区の乳酸含量は、pH が 4.0 以下に低下したことに伴い前報<sup>1)</sup>の 3 倍以上となる 1% 以上に増加した。これは、ビニールバックを掃除機で吸引し、PP ロープや結束バンドで密封する前報に対し、本試験では、機械的に脱気および密封したパウチ式による気密性の向上により、嫌気条件が維持され乳酸発酵が促進したと推察される。酢酸含量は、各区貯蔵日数間の差が見られなかったが、無添加区の 0.37~0.46% に比べ、乳酸菌 A 添加区が 0.22~0.26% と低く、乳酸菌 B 添加区では 0.11~0.15% (p<0.05) と有意に低い値となった。酪酸含量は、無添加区の 0.19~0.22% に比べ、乳酸菌 A 添加区が 0.10~0.16%、乳酸菌 B 添加区が 0.08~0.10% であり、添加区が低い傾向を示した。また、乳酸菌 A 添加区および乳酸菌 B 添加区の酪酸含量は、貯蔵日数が経過するにしたがい増加する傾向が認められたが、有意な差は認められなかった。乳酸菌添加区の VBN/T-N 含量は、無添加区の 2.13~2.36% に比べ、乳酸菌 A 添加区が 1.45~1.70、乳酸菌 B 添加区が 1.38~1.67% と低い傾向が認められた (一部 p<0.05)。V-SCORE は、無添加区の 81~83 に比べ、乳酸菌 A 添加区が 87~91、乳酸菌 B 添加区が 92~93 であり、乳酸菌の添加により評点が高い傾向を示した。特に、乳酸菌 B は、酢

表 1 添加剤および貯蔵日数における発芽粃米サイレージの発酵品質

試験区分	添加剤	貯蔵日数	pH	有機酸(FM%)			VBN/T-N (%)	V-SCORE
				乳酸	酢酸	酪酸		
無添加		30	3.58 <sup>ab</sup>	1.44	0.37 <sup>ab</sup>	0.22 <sup>a</sup>	2.13 <sup>ab</sup>	81 <sup>a</sup>
		60	3.45 <sup>abc</sup>	1.81	0.46 <sup>a</sup>	0.19 <sup>ab</sup>	2.36 <sup>a</sup>	83 <sup>abc</sup>
		120	3.44 <sup>bc</sup>	1.99	0.37 <sup>ab</sup>	0.20 <sup>ab</sup>	2.24 <sup>a</sup>	82 <sup>abc</sup>
乳酸菌A		30	3.52 <sup>abc</sup>	1.75	0.26 <sup>b</sup>	0.10 <sup>ab</sup>	1.45 <sup>c</sup>	91 <sup>bcd</sup>
		60	3.33 <sup>c</sup>	2.17	0.26 <sup>bc</sup>	0.15 <sup>ab</sup>	1.70 <sup>bc</sup>	88 <sup>bcd</sup>
		120	3.42 <sup>bc</sup>	1.93	0.22 <sup>bc</sup>	0.16 <sup>ab</sup>	1.53 <sup>c</sup>	87 <sup>abcd</sup>
乳酸菌B		30	3.66 <sup>a</sup>	1.39	0.11 <sup>c</sup>	0.08 <sup>b</sup>	1.38 <sup>c</sup>	93 <sup>d</sup>
		60	3.38 <sup>bc</sup>	2.07	0.13 <sup>c</sup>	0.09 <sup>b</sup>	1.67 <sup>bc</sup>	93 <sup>d</sup>
		120	3.37 <sup>c</sup>	2.22	0.15 <sup>c</sup>	0.10 <sup>ab</sup>	1.63 <sup>bc</sup>	92 <sup>bd</sup>

※VBN/T-N: 揮発性塩基態窒素/全窒素

※異符号間に有意差あり(p<0.05)

酸や酪酸含量が低く、有意な差が認められなかったが V-SCORE が若干高かった。また、乳酸菌 B の kg 当たりの単価が乳酸菌 A の 0.78 円/kg に比べ 0.35 円/kg と安い（試験時価格）ことから、発芽粃米のサイレージ調製において、安価で添加効果の高い有望な添加剤であることが示唆された。

## 2 開封後の加温による発芽粃米サイレージの発酵品質 [試験 2]

図 1 に一定加温条件下における添加剤別のサイレージ温度の推移を示した。

無添加区および乳酸菌 A 添加区におけるサイレージの温度は、加温後 12 時間目まで緩やかに上昇したが、その後は 34℃ 程度で一定に推移した。

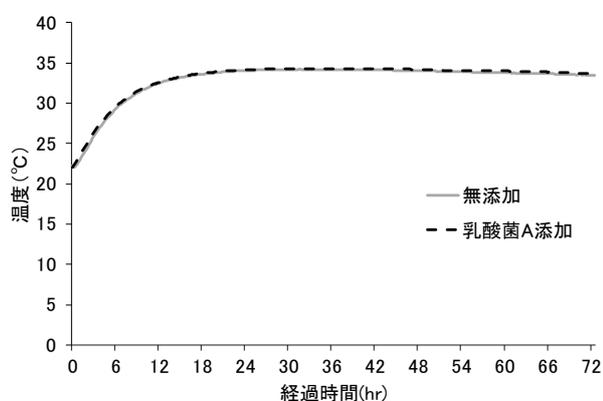


図1 一定加温条件下における添加剤別のサイレージ温度の推移

表2 一定加温処理前後の発芽粃米サイレージの発酵品質

試験区分 添加剤	水分	pH	有機酸(FM%)			VBN/T-N (%)	V-SCORE	
			乳酸	酢酸	酪酸			
無添加	加温前	43.3	4.56 <sup>ab</sup>	0.13 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.17 <sup>a</sup>	2.02	86 <sup>a</sup>
	加温後	38.4	4.58 <sup>a</sup>	0.16 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>ab</sup>	0.14 <sup>bc</sup>	2.06	89 <sup>bc</sup>
乳酸菌A	加温前	43.1	4.36 <sup>ab</sup>	0.34 <sup>c</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	0.13 <sup>c</sup>	1.76	90 <sup>c</sup>
	加温後	36.0	4.42 <sup>b</sup>	0.33 <sup>bc</sup>	0.14 <sup>c</sup>	0.10 <sup>c</sup>	1.67	92 <sup>c</sup>

※VBN/T-N: 揮発性塩基態窒素/全窒素

※異符号間に有意差あり(p<0.05)

表 2 に一定加温処理前後の発芽粃米サイレージの発酵品質を示した。

無添加区および乳酸菌 A 添加区の水分含量は、有意な差は認められなかったが、加温前に比べ加温後の方が低い傾向を示した。無添加区および乳酸菌 A 添加区の pH は、加温前後による差が認められなかった。この傾向は、乳酸含量、酢

酸含量および酪酸含量（無添加区を除く）においても同様に認められた。酪酸含量は、無添加区のみ加温前の 0.17%、加温後の 0.14% と減少傾向が認められた (p<0.05)。V-SCORE は、無添加区の加温前後で有意な差 (p<0.05) が認められた。しかし、乳酸菌 A 添加区においては若干の増加が認められたものの、有意差は認められなかった。本試験では、全般的に加温前に比べ加温後の有機酸含量の減少が認められ、それに伴い V-SCORE が若干高くなった。これは、一定の加温条件下で発泡スチロールの上蓋をしなかったため、環境温度の上昇やそれに伴う水分の蒸発により若干量の有機酸が揮発し、V-SCORE が高くなったと推察された。

サイレージは、開封後、好気条件に曝されると材料の糖含量や酵母の条件に左右されるものの、好気性菌の呼吸により発熱し、サイレージの温度が上昇するとともに、pH の上昇および乳酸含量の減少等の発酵品質の変化が生じることが報告されており<sup>8)</sup>、本試験の加温条件下における両区のサイレージの温度が一定で推移したことや加温前後の両区の発酵品質に差が見られなかったことから、開封後の発芽粃米サイレージは、好気的変敗しないことが示唆された。

以上のことから、発芽粃米のサイレージ調製において、乳酸菌 A や乳酸菌 B 等の乳酸菌添加剤の添加が有効であり、特に、乳酸菌 B は、安価で添加効果の高い乳酸菌添加剤であった。また、発芽粃米サイレージは、乳酸菌添加剤の有無に関わらず好気的変敗が発生しないことが明らかとなった。

## 参考文献

- 1) 佐竹康明、岩田玲佳、三好大介、発芽処理した粃米サイレージの飼料特性および発酵品質について、愛媛県畜産研究センター研究報告、第 5 号、p14-18、2020
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 間野康男、発芽玄米の食品学的機能、北海道  
文教大学研究紀要、第30号、37-43、2006
- 6) 植竹勝治、中谷治奈、増田尚子、吉田善廣、  
江口祐輔、田中智夫、ヒト社会に貢献する動物  
に対する GABA のストレス軽減効果の検証、麻布  
大学雑誌、第17・18巻、p191-193、2008
- 7) 大山義信、サイレージ調製と微生物、化学と  
生物、15巻7号、434-442、
- 8) 大山義信、サイレージの好气的変敗とその防  
止対策、畜産の研究、35、P997-1002、1981