

立毛乾燥と乳酸菌添加を組み合わせた飼料用稲生粃の 長期保存法に関する研究

池田 直史・近藤 守人・笹木 教隆

要 約 飼料用粃米を低コストで生産し、かつ長期間保存を可能にするために、立毛乾燥手法と乳酸菌添加を組み合わせた生粃の保存方法の検討を行った。現場規模で立毛乾燥と乳酸菌添加が保存状態に与える影響について、pH、有機酸含量、揮発性塩基態窒素（VBN）を比較し検討した。立毛乾燥の有無に関わらず、保存開始後420日でカビの発生はみられなかった。立毛乾燥区（保存420日）ではpHの低下や乳酸発酵はみられなかったものの、酪酸やVBNの発生もみられなかったことから品質は低下せず、長期保存が可能であることが示唆された。立毛乾燥を行わなかった対照区（保存420日）では乳酸発酵によりpHが低下し、酪酸やVBNの産生が抑制され品質が維持された。保存270日目に粉碎し再密封保存した試験では、対照区で再び乳酸発酵が確認された。

キーワード：立毛乾燥、乳酸菌、飼料用米、粃米

I 緒 言

近年、トウモロコシ等の輸入穀物価格の高騰し、それに伴う飼料価格の上昇が畜産経営を圧迫している。一方、水田農業においては、食用米の生産調整で増加している遊休水田や条件不利地の有効活用が求められており、濃厚飼料の代替となる飼料米の生産と利用が推進されてきた。

従来の飼料用粃米の保存は、乾燥粃かイネソフトグレインサイレージ（以下イネSGS）が主である。乾燥粃では、機械乾燥させるため乾燥経費が必要であり、食用米への混入が問題となるため機械の掃除等も必要となってくる。一方、イネSGSでは乳酸菌等の添加や調整の労力、カビの発生が問題となっており、重量やハンドリングの悪さ等の課題も県内の畜産農家への普及を妨げる要因となっている。

そこで本研究では、圃場で稲を一定期間乾燥させる立毛乾燥と乳酸菌の添加に着目し、生粃のまま保存することで、乾燥粃やイネSGSよりも低コスト生産し、かつ省力化された粃の保存技術について検討を行った。

飼料用米は食用米とは異なり、刈り遅れによ

る品質低下が問題とならないことから、通常より収穫を遅らせることが可能であり、圃場で稲を乾燥させる立毛乾燥により水分を低下させ、保存性を高めることができる。また、稲に付着している乳酸菌数はトウモロコシ等に比べ少なく、サイレージ発酵能力が高い乳酸桿菌の菌数レベルは著しく低いことが報告されており（蔡ら, 1994）、乳酸菌を添加することによってpHを低下させ、保存性を高める効果が期待できる。立毛乾燥した未粉碎の生粃に乳酸菌を添加する作業は圃場で収穫と同時に行うことができるため省力的であり、破碎までに変敗が起きるリスクを低下させることができる。

未粉碎の生粃に乳酸菌を添加してサイレージ化する方法は上垣ら（2010）、井上ら（2012）、渡邊ら（2013）が行っているものの1年以上の保存試験を行っている報告はみられない。稲の生産は基本的に1年に1回であり、家畜に周年給与する場合は1年以上の保存が不可欠であるため、本研究では一年以上の長期保存について検討を行った。

II 材料および方法

試験1：生粃の長期保存に関する現場規模での

試験

立毛乾燥させ水分を低下させた生籾に乳酸菌を添加することで、長期保存が可能であるかフレコンバックを用いた現場規模での試験を行った。

1) 試験方法

収穫した生籾{品種：なつあおば(水分26.0%)、夢あおば(水分17.2%)、北陸193号(水分18.7%)}に乳酸菌(サイマスターAC, 雪印種苗, 北海道)を添加しながら、フレコンバック内に入れた塩化ビニール製内袋(2100mm×4000mmH×0.10mm厚)に700~800kgずつ脱気密封し屋内で保存した。なつあおばは平成25年8月22日、夢あおばは9月22日、北陸193号は10月14日に調製を行い、保存を開始した。保存中は酸素濃度を酸素モニタ(OXYMAN, バンデバイス, 東京)を用いて継続的にモニタリングし、カビの有無を目視によって確認した。サンプリングは保存開始後270日、360日、420日に行った。

2) 調査項目

採取したサンプルについては、水分、pH、有機酸(乳酸・酢酸・プロピオン酸・酪酸)、VBN、発酵臭の有無を調査した。

pHは試料15g(DM)を採取し、蒸留水140mlを加えてホモジナイズ後に、5Aろ紙を用いてろ過し、pHメーター(D-23, HORIBA, 京都)により測定した。

有機酸はpHを測定したろ液をイオン交換樹脂(Amberlite IR120B H AG, オレガノ株式会社, 東京)を用いて処理し、遠心分離(3000rpm×10分間)後、その上澄み液を孔径0.45μmのフィルターでろ過し、分析試料とし、高速液体クロマトグラフによる有機酸分析に供した。有機酸分析はクロマトグラフ分析装置(HPLC10A, SHIMADZU, 京都)を用いて分析した。測定条件は以下に示す。

- (1) カラム: Shim-pack SPR-H (SHIMADZU)
- (2) 検出器: CDD-6A
- (3) 移動相: 0.1mM/L過塩素酸水溶液
- (4) 流量: 1.0ml/min
- (5) カラム温度: 50℃

VBNはpHを測定した物と同様のろ液を試料とし、ケルダール窒素/蛋白質量分析装置(Kjelte2300, Foss Japan, 東京)を用いて水蒸気蒸留法で行った。

試験2 長期保存生籾の粉碎後再密封保存試験

試験1で270日まで保存した生籾を飼料米破砕機(DHC-4000, デリカ, 長野)で破砕し、0.1mm厚のポリエチレン製内袋(PE150 LC, インターアクション, 大阪)に30kgずつ脱気密封し、0, 30, 60日後に水分、pH、有機酸、VBNを測定した。

結果

試験1

長期保存試験では、いずれの試験区でも420日で目視によるカビの発生およびかび臭は確認されなかった。また、対照区では保存後初期の段階でガスの発生が確認されたものの、立毛乾燥区では確認されなかった。袋内の酸素濃度は密封後すべての試験区で減少し、対照区では4時間、立毛乾燥区では約24時間で嫌気状態となった。袋内温度は密封後一旦上昇した後、徐々に低下し外気温と同程度になった。(図1)

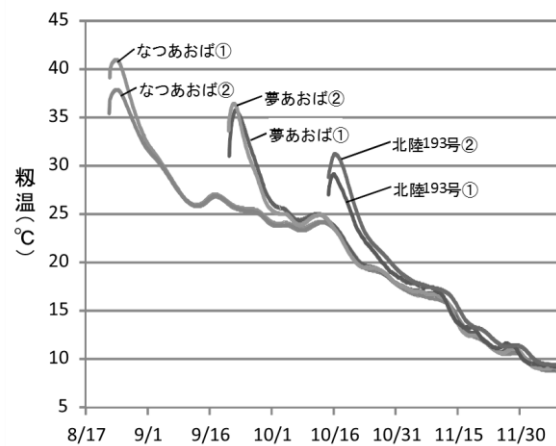


図1: 保存初期における籾温度

発酵臭の有無を確認したところ、対照区では良好な発酵臭が認められたものの、立毛乾燥区では認められなかった。

発酵品質については、対照区でpH4.0~4.3前後まで減少し、立毛乾燥区ではpHの変化はほぼ見られず6.7~7.0前後で推移した。

VBNは対照区の保存270日で7.82 mg/100g、360日で9.08 mg/100gとなり、420日で29.89 mg/100gと急激に増加した。立毛乾燥区は保存420日で3 mg/100g程度(夢あおば)、5 mg/100g程度(北陸193号)で推移した。

有機酸（新鮮物%）では、対照区の保存420日で乳酸が0.9、酢酸が0.43、酪酸は0.013となった。立毛乾燥区では、対照区と比較して低い値で推移した。（表1）

試験 2

保存90日ですべての試験区でカビの発生は確認されなかった。対照区では粉碎後30日までに再び乳酸発酵が進み乳酸（新鮮物%）は0.55（0日）から1.00（30日）に増加した。また、酪酸（新鮮物%）の産生も行われ、0.010（0日）から0.022（30日）に増加した。立毛乾燥区では粉碎前と比べ発酵品質の変化は確認できなかった。（表2）

考 察

1. 粗水分と発酵品質の関係

上垣ら（2010）は粗末破碎で水分を30-40%に調整し乳酸菌を添加したところ、保存60日でpHを4.2程度に低下させることができ、水分16.3%では、腐敗や変敗はみられないものの乳酸発酵は確認できないと報告している。また、渡邊ら（2013）は、水分20.4%の生粗を粉碎せず、乳酸菌（畜草1号）添加し、10カ月保存し

たところ、pHは4.2まで低下し、乳酸（新鮮物%）1.25 となったと報告しており、420日間保存した本試験の対照区の結果と大きな差は認められなかった。

試験 1 では、対照区（水分 26.0%）で 270 日から 360 日の間で有機酸が増加した。対照区の 270 日から 360 日は 5 月～8 月にあたり、夏場の高温が発酵を促進したものと推察される。

また、酪酸の産生も行われていることから酪酸菌による酪酸発酵も行われたことが示唆される。佐々木ら(1972)、増子ら（1999）は通常、牧草サイレージで pH4.2 以上ではクロストリジアが乳酸を分解し、酪酸とカルボン酸を産生し pH が上昇することを報告しており、本試験においても 360 日で若干の pH の上昇（4.36）が確認されたことから、クロストリジア等の蛋白分解菌が蛋白質を分解することで VBN が増加したものと推察される。

立毛乾燥区（夢あおば：水分17.2%、北陸193号：水分18.7%）では、pHが6.7、乳酸が0.01%前後であり、乳酸発酵が行われていないと思われる。対照区では、夏場の高温により乳酸発酵が促進されたものの、立毛乾燥区では見られなかった。これまでの報告からも、乳酸発酵する粗水分は20%前後であると推定され、立

表1:長期保存生粗サイレージの発酵品質

試験区	保存日数 (日)	pH	VBN (mg/100g)	有機酸(新鮮物中%)			
				乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸
対照区 (なつあおば)	270	4.13	7.82	0.55	0.22	0.00	0.010
	360	4.36	9.08	1.00	0.43	0.00	0.018
	420	4.03	29.89	0.98	0.43	0.00	0.013
立毛乾燥区 (夢あおば)	270	6.75	3.32	0.01	0.06	0.00	0.006
	360	6.78	1.38	0.01	0.03	0.00	0.006
	420	6.76	2.97	0.01	0.02	0.00	0.002
立毛乾燥区 (北陸193号)	270	6.73	4.08	0.02	0.02	0.00	0.003
	360	7.01	4.55	0.01	0.01	0.00	0.001
	420	6.93	5.58	0.01	0.01	0.00	0.008

表2:粉碎後再保存後の発酵品質

試験区	保存日数 (日)	pH	VBN (mg/100g)	有機酸(新鮮物中%)			
				乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸
対照区 (なつあおば)	0	4.13	7.82	0.55	0.22	0.00	0.010
	30	4.13	8.72	1.00	0.35	0.00	0.028
	60	4.14	10.71	1.00	0.43	0.00	0.022
立毛乾燥区 (夢あおば)	0	6.75	3.32	0.01	0.06	0.00	0.006
	30	6.60	1.58	0.02	0.04	0.00	0.003
	60	6.65	1.66	0.02	0.03	0.00	0.002
立毛乾燥区 (北陸193号)	0	6.73	4.08	0.02	0.02	0.00	0.003
	30	6.69	2.45	0.01	0.02	0.00	0.001
	60	6.82	2.69	0.01	0.02	0.00	0.005

毛乾燥区では低水分のため発酵が行われず、品質が維持されたと考えられた。

本試験では、対照区・立毛乾燥区ともに酪酸やVBNは低い値となり、420日間の保存後においても腐敗等はみられず高い保存性を示した。

2. 長期保存後に粉碎し、再び密封保存した場合の発酵品質

対照区では粉碎後30日までに再び発酵が進み乳酸や酪酸が産生された。上垣ら(2010)は、粳米の破碎を行いそれが強度の破碎であることほど発酵が促進されることを報告している。再密封後に再び有機酸の産生が確認されたのは、粉碎によって炭水化物等の基質が利用できる状態になり、乳酸菌等に利用されたと推察される。井上ら(2012)は、未粉碎の粳を嫌気条件で120日保存した場合でも、乳酸菌(5.9 log cfu/g FM); 好気性細菌(8.1 log cfu/g FM); 大腸菌群(6.3 log cfu/g FM); 酵母(3.3 log cfu/g FM)およびカビ(2.7 log cfu/g FM)が生存していると報告している。長期保存した粳を粉碎し好気条件にさらされた場合、基質を利用しカビ等が生育すると思われるので、密封を行い再発酵させるか、粉碎後はすぐに使い切る等、腐敗の原因となる細菌や真菌の増殖を抑える必要がある。

立毛乾燥区では粉碎前と比べ発酵品質の変化は確認できなかつたが、これは水分が低いため乳酸菌の活性が低く発酵が起きなかつたと推察される。

3. まとめ

立毛乾燥を用いた飼料用粳米の生産は従来の方法に比べ省力的かつ低コストであるだけでなく、食用品種の刈取時期よりも遅れて刈取できるため食用米への混入を防ぐことができることや、集中する労力を分散させることができる有用な技術であると考えられる。

今後、消化性や嗜好性の試験や、立毛乾燥して乳酸菌無添加の場合での粳の保存性を調査していく必要がある。

文 献

- 井上秀彦, 上垣隆一, 遠野雅徳, 小林寿美, 松尾守展, 伊吹俊彦 2012. 完熟期収穫の飼料用米の調製処理がサイレージ発酵特性におよぼす影響. 日本草地学会誌, 58 (3), 153-165.
- 上垣隆一・重田一人・小川増弘・小林寿美・遠野雅徳・蔡義民. 2010. 飼料米の調製貯蔵時の処理がソフトグレインサイレージの発酵品質に及ぼす要因の解析. 日本畜産学会報 81 (3) ,353-362
- 蔡義民, 大桃定洋, 熊井清雄 1994. 飼料作物, 牧草に付着する乳酸菌の分布とその乳酸菌発酵特性 日草誌, 39, 420-428
- 佐々木博. 1972. グラスサイレージの微生物学的研究. 北大農学部邦文紀要, 8:188-251.
- 増子孝義 1999. サイレージの発酵、サイレージ科学の進歩(内田仙二編). デーリィ・ジャパン社, 東京, P86-115
- 渡邊潤, 佐藤寛子, 加藤真姫子, 酒出淳一, 植村鉄矢. 2012. 完熟期収穫粳米サイレージの破碎処理が第一胃内消化性に与える影響. 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告 26, 1-6
- 渡邊潤, 佐藤寛子, 加藤真姫子, 酒出淳一. 2013. 秋田県で給与されているイネソフトグレインサイレージの飼料特性. 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告 27, 1-6

Study on the Long-term preservation technology of the rough rice that combines the pile dry and lactic acid bacteria addition

Naofumi IKEDA, Morito KONDO and Kiyotaka SASAKI
Fukui Prefectural Livestock Experiment Station

Abstract

In this study , we examined the preservation of rough rice by combined methods of the addition of the lactic acid bacterium and standing crops drying in order to store fed rough rice for low cost and a long term. pH, an organic acid content, and volatile basic nitrogen (VBN) were considered for investigating the influences of standing crops drying and the addition of the lactic acid bacterium on the empirical scale. The fungus was not recognized after a preservation start in 420 days in spite of whether standing crops drying was involved. In the examination ward (preservation 420 days), the decreases in pH and the lactic fermentation were not observed, however, it could be said that the quality stayed remain since the increases in butyric acid and VBN were not observed ; therefore it was suggested that a long term preservation was possible. In the contrast ward (preservation 420 days), butyric acid and production of VBN were restrained by the decrease in pH due to the lactic fermentation, resulting that quality of the rough rice was maintained.

Key word : Standing crops drying、 Lactic acid bacterium、 Fed rice、 Rough rice