

Effects of Re-storage Treatment of Round Bale Silage on Fermentative Quality, Microflora and Aerobic Deterioration

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): Aerobic deterioration, Fermentative quality, Microflora, Round bale silage 作成者: 河本, 英憲, 張, 建国, 青木, 康浩, 加茂, 幹男 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00002015

ロールベールサイレージの再貯蔵処理が発酵品質、微生物相および好気的変敗に及ぼす影響

河本英憲¹⁾・張 建国・青木康浩・加茂幹男²⁾

家畜生産管理部

¹⁾ 東北農業研究センター

²⁾ 近畿中国四国農業研究センター

要 約

本研究では、ロールベールサイレージを細断して気密性の高いサイロへ再貯蔵した場合のサイレージ発酵品質、微生物相およびサイロ開封後の好気的変敗に及ぼす影響を検討した。水分含量が53%~60%で発酵品質の良好なイタリアンライグラス1番草ロールベールサイレージを調製して30日後に細断してドラム缶サイロに再貯蔵した。これらのドラム缶サイロは、0, 1, 3, 5, 7, 10, 30, 60及び90日後に開封し、サイレージ発酵品質、微生物相および好気的変敗の程度を調査した。その結果、再貯蔵中に乳酸含量がやや減少し、酢酸含量が増加したものの、pHの上昇や酪酸の生成などのサイレージ発酵品質の低下は認められなかった。また、酵母数が再貯蔵中に減少し、開封後の温度上昇は抑制された。以上の結果から、細断された良好な発酵品質のロールベールサイレージを気密性の高いサイロに再貯蔵すると、サイレージ発酵品質を良好に保ちつつ、好気的変敗を防止できることが示された。

キーワード：好気的変敗，発酵品質，微生物，ロールベールサイレージ

緒 言

固定施設型のサイロを用いてサイレージの給飼体系が確立している場合、例えば関東地域で普及している地下角型サイロとサイレージ取り出し装置であるサイロクレーンを組み合わせた事例⁵⁾などでは非常に省力的にサイレージの給飼作業を行うことができる反面、サイロの増設を容易に行うことはできないのが現状である。このような固定施設型サイロを用いたサイレージの給飼体系が確立している場面で飼料自給率を向上させるためには省力的に利用可能な補助サイロを活用していくことが考えられる。事実バンカーサイロを補助サイロとして用い、地下角型サイロが空いた時点でバンカーサイロから地下角型サイロにサイレージを移し替えて利用することによって飼料自給率を向上させている事例が見られる⁷⁾。

ロールベールラップサイロを補助サイロとして活用し、農閑期にロールベールサイレージを細断して空になった固定施設型サイロに再貯蔵できれば、遠隔地の分散圃場での収穫・調製作業を省力的に行うことができ、しかも地域内で流通しているロールベールサイレージなどにも既存のサイレージ給与体系を変えることなく対応できると考えられる。また、ロールベールの細断作業をある時期に集中的に行うことができるために、ロールベール細断機の共同所有・利用体制の構築が可能となる。したがって、細断されたロールベールサイレージを異なる種類のサイロへ再貯蔵する技術は、広く普及しているロールベールサイレージシステムの利用性を改善するとともに、飼料自給率の向上の見地から有用と考えられる。

サイレージをサイロ間で移し替えて再貯蔵する場合、最初のサイロで良好なサイレージ発酵品質を確保し、気温の低い時期に速やかに移動させ、移動後の気密性を高めることが重要であると指摘されているが¹²⁾、ロール

ペールサイレージを再貯蔵した場合のサイレージ発酵品質への影響は未検討である。また、サイレージを再貯蔵する過程で一時的に好気条件下にさらすことになるために、好気的変敗が起こることが懸念される。

前報⁸⁾においては、イタリアンライグラス2番草を材料草としたロールペールサイレージ調製において、未細切で詰め込み密度が低く、しかもサイロの気密性が低くなりやすいために乳酸生成が抑制される場合があり、このようなロールペールサイレージを細断して気密性の高いサイロへ再貯蔵することによって乳酸生成と pH 低下が促進されることを報告した。しかし、1番草のように糖含量が高く良好なサイレージ発酵品質が得られやすい材料¹⁵⁾を用いた場合の効果や、サイロ開封後の好気的変敗については未検討であった。本実験ではそれらについて調べた結果を報告する。

材料と方法

1) 供試試料と調製方法

畜産草地研究所(那須)内圃場で栽培された出穂期のイタリアンライグラス1番草(品種:ニオウダチ)をモアコンディショナで刈り取り、水分60%程度に予乾した後、定径型ロールペーラ(芯なしタイプ)で成形し、ラッピングは慣行法(ラップフィルムを重複率50%で4層に被覆)により行った。これらのロールペールサイレージを30日間貯蔵後3個開封し、ペールシュレッダ(ベルニー社製 SHARK150)で切断長10cm程度に細断して、それぞれ8個のドラム缶サイロ(35L容)に詰込んだ。この場合、ドラム缶サイロへの詰め込み密度はロールペールサイレージの平均密度より約9%高い平均432 kg/m³程度であった。これらのドラム缶サイロは屋内に放置し、再貯蔵後1, 3, 5, 7, 10, 30, 60及び90日後に3個ずつ開封して分析用のサンプルを採取した。

2) 飼料成分分析

収穫調製時の材料草の成分分析は、60℃で48時間通風乾燥処理した後にメッシュサイズ1mmのふるいを通して粒度に粉碎した風乾試料を用いた。サイレージの分析は、サイレージ原物10gを滅菌蒸留水90mlに4℃下で一晩浸漬して作成した抽出液を用いて行った。pH、有機酸含量(乳酸、酢酸、プロピオン酸、n-酪酸)、揮発性塩基態窒素(VBN)含量および菌数はサイレージの抽出液を用いて測定した。材料草およびサイレージの水分含量は135℃で2時間乾燥を行い測定した。材料草の粗蛋白質含量とサイレージの全窒素含量は常法のケルダール法によって測定した。材料草の繊維成分含量は酵素分

析法⁶⁾、単少糖含量は高速液体クロマトグラフィー¹⁾によって測定した。サイレージのpHはガラス複合電極pHメータ、有機酸含量は高速液体クロマトグラフィー(BTBポストラベル法)¹⁴⁾、VBNは微量拡散法⁵⁾で測定した。また、それらの含量からV-SCORE⁶⁾を算出してサイレージ発酵品質を判定した。

3) 菌数計測

サイレージ中の菌数は寒天平板法によって以下のように計測した⁶⁾。すなわち、乳酸菌はMRS寒天培地で30℃2日間嫌気培養して計測した。好気性細菌は普通寒天培地を用いて30℃2日間培養して計測した。糸状菌と酵母は酒石酸を添加してpHを3.5に調節したポテトデキストロース寒天培地を用いて30℃2日間培養して計測した。これら各微生物の菌数は3反復で計測し、原物1g当たりのコロニー形成数(cfu/g)で示した。

4) サイロ開封後の好気的変敗の測定

原ら⁴⁾の方法に準じて、サイロ開封後のサイレージ品温の変化を測定することによって好気的変敗の発生を観察した。すなわち、ロールペールサイレージ開封時と再貯蔵60日後及び90日後のサイレージを発泡スチロール製容器(5.8L容)に軽く詰め、気温を25℃に設定した室内に放置し、温度センサ(ティーアンドディー TR-71S)によって1時間毎の温度変化を7日間記録した。

5) 統計解析

以上の試験において得られたpH、有機酸含量、VBN/TN、V-SCOREおよび菌数の変化は、分散分析により有意性を判断し、LSD法によって平均値間の有意差の検定を行った¹⁹⁾。

結 果

収穫調製時の材料草の成分組成を表1に示した。材料草の糖含量は予乾サイレージで良好な発酵品質が得られやすいとされている乾物当たり5%¹⁰⁾よりも高かった。

ラップサイロ開封時のロールペールサイレージの発酵品質を表2に示した。pHは4.3~4.4程度で有機酸は乳酸が主体であり、酢酸含量は平均1%以下と低く、プロ

Table 1. Chemical composition of ensiling material.

Moisture (%)	Crude protein	Organic cell wall	Ob	Mono and disaccharides
(%DM)				
56.2	9.7	61.6	50.1	8.1

Ob : Cellulase-degradable fraction in organic cell wall.
DM : Dry matter.

ピオン酸及びn-酪酸は検出されなかった。V-SCOREによる評価でも良質なサイレージ発酵品質であった。

再貯蔵後のサイレージ発酵品質の変化を表3に示した。再貯蔵後においても、pHはロールベール開封時の値と変わらなかった。しかし、再貯蔵30日後以降、乳酸含量はやや減少する傾向を示す一方、酢酸含量は増加することが認められた。VBN/TNは再貯蔵の期間を通じて10%以下であった。V-SCOREは再貯蔵中に酢酸含量の増加とVBN/TNの上昇によってやや低下したものの、再貯蔵期間を通じて、良質とされる80点⁶⁾を上回った。

ロールベールサイレージ開封時の菌数及び再貯蔵後の菌数の変化をそれぞれ表4及び表5に示した。乳酸菌数はロールベールサイレージ開封時と再貯蔵中を通じて $10^7 \sim 10^8$ cfu/gと高い値を示した。好気性細菌は再貯蔵直後に増加したが、その後は減少した。酵母も好気性細菌と同様に再貯蔵直後にやや増加する傾向があったが、再貯蔵30日後以降は大きく減少した。糸状菌はロール

ベールサイレージの開封時には若干存在していたが、再貯蔵3日後以降検出されなくなった。

図1にロールベールサイレージ開封時及び再貯蔵90日後のサイレージ開封後の温度変化を示した。ロールベールサイレージでは開封1日後以降顕著に温度上昇が認められ、2日後までに30℃以上に達した。再貯蔵したサイレージでは開封後7日間の測定期間中温度上昇は認められなかった。

考 察

再貯蔵に用いたロールベールサイレージの乳酸含量は乾物中4~6%であり、前報⁸⁾の再貯蔵後に得られた乳酸含量以上の値を示していた。このように乳酸含量が高く、サイレージ発酵品質の良好なロールベールサイレージを細断して、気密性の高いサイロに再貯蔵すると、前報⁸⁾で観察されたような著しい乳酸含量の増加は観察されなかった。しかし、90日間の再貯蔵後においてもpH

Table 2. Fermentative quality of silage before re-storage.

Bale No.	Moisture (%)	pH	Lactic acid (%DM)	Acetic acid (%DM)	VBN (%TN)	V-SCORE
1	59.9	4.29	6.44	0.91	6.4	96
2	53.1	4.43	4.60	0.79	5.8	97
3	54.9	4.40	5.73	0.87	6.7	95

VBN: Volatile basic nitrogen, DM: Dry matter, TN: Total nitrogen.

Table 3. Changes in fermentative quality of silage after re-storage.

Days	pH	Lactic acid (%DM)	Acetic acid (%DM)	VBN (%TN)	V-SCORE
0	4.37	5.59	0.86 ^A	6.29 ^A	96 ^A
1	4.36	6.13	0.83 ^A	7.10 ^{AB}	95 ^{AB}
3	4.37	6.41	0.92 ^A	7.29 ^{AB}	94 ^{AB}
5	4.39	6.07	0.90 ^A	7.05 ^{AB}	94 ^{AB}
7	4.40	5.58	0.92 ^A	7.22 ^{AB}	94 ^{AB}
10	4.31	6.09	0.98 ^A	7.87 ^{BC}	93 ^{BC}
30	4.30	5.69	1.33 ^B	8.07 ^{BC}	91 ^C
60	4.31	5.35	2.57 ^C	7.76 ^{BC}	87 ^D
90	4.34	4.74	3.32 ^D	8.81 ^C	83 ^E
SEM	0.04	0.47	0.10	0.33	0.63
Significance	NS	NS	**	**	**

VBN: Volatile basic nitrogen, DM: Dry matter, TN: Total nitrogen, ^{A,B,C,D,E}: Values in the same column with different superscripts significantly different ($P < 0.01$), SEM: standard error of the mean ($n=3$), NS: not significant, **: Significantly different ($P < 0.01$).

Table 4. Microbial cells of the silage before re-storage.

Bale No.	Lactic acid bacteria	Aerobic bacteria	Yeast	Mold
(log cfu/gFM)				
1	7.8	4.6	4.4	ND
2	7.3	4.9	4.9	ND
3	8.0	6.3	6.2	4.4

cfu: colony forming unit, FM: Fresh matter, ND: not detected (< 2).

Table 5. Changes in microbial cells of the silage after re-storage.

Days	Lactic acid bacteria	Aerobic bacteria	Yeast	Mold
(log cfu/gFM)				
0	7.71 ^A	5.25 ^{AB}	5.18 ^{AC}	1.45
1	7.76 ^A	6.35 ^B	6.47 ^A	1.58
3	7.82 ^{AD}	6.48 ^B	6.58 ^A	ND
5	7.68 ^A	6.44 ^B	6.43 ^A	ND
7	7.67 ^A	5.99 ^{BCD}	6.25 ^A	ND
10	7.79 ^A	6.35 ^{BC}	6.49 ^A	ND
30	8.71 ^B	4.75 ^{AD}	4.51 ^{BC}	ND
60	8.59 ^{BC}	4.13 ^A	1.20 ^D	ND
90	8.24 ^{CD}	4.15 ^A	0.68 ^D	ND
SEM	0.10	0.31	0.40	—
Significance	**	**	**	—

cfu: colony forming unit, FM: Fresh matter, ^{A,B,C,D}: Values in the same column with different superscripts significantly different ($P < 0.01$), ND: not detected (< 2), SEM: standard error of the mean ($n=3$), **: Significantly different ($P < 0.01$).

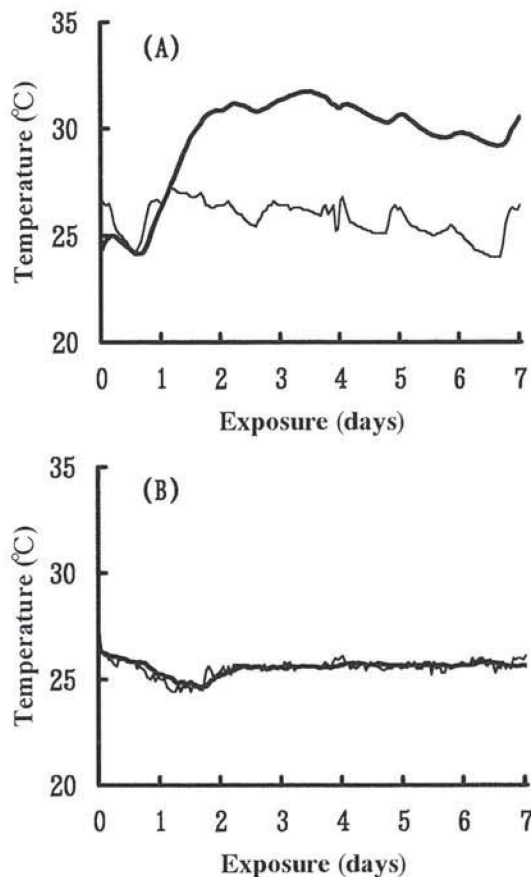


Fig. 1. Changes in temperature of the silage before (A) or after (B) re-storage during exposure to the air.
— ambient, — silage.

の上昇や酪酸の生成等のサイレージ発酵品質の低下は認められないことが示された。また、再貯蔵後の特徴ある現象として、再貯蔵期間を経るに従って乳酸含量がやや低下し、酢酸含量が増加することが観察された。再貯蔵期間を14日間とした前報⁸⁾においても酢酸含量の僅かな増加は観察されたが、再貯蔵90日後まで観察した本研究では、再貯蔵30日後以降に酢酸の増加が顕著になることが認められた。

イネ科牧草のように糖の主成分がフルクトースである場合、ヘテロ型発酵乳酸菌がサイレージ発酵で優勢になると酢酸含量が高まることが報告されている¹¹⁾。また、近年ヘテロ型発酵乳酸菌である *Lactobacillus buchneri* が嫌気条件下で乳酸を代謝して酢酸を生成することが明らかにされており¹⁶⁾、この *L. buchneri* の接種によって、サイレージ中の酢酸含量が顕著に増加することも報告されている^{2,3,9,18,20)}。本研究ではサイレージ中の乳酸菌種については調べていないが、4.3程度の低いpHで、しかも嫌気的な条件下という乳酸菌以外の菌が活発に代謝を行いにくいと考えられる条件¹¹⁾で乳酸含量が減少し

て酢酸含量が増加している点や上記の報告を考慮するならば、*L. buchneri* のような酢酸生成能の高いヘテロ型発酵乳酸菌が再貯蔵後にサイレージ中で優勢となり、酢酸含量が増加したと考えるのが最も妥当と思われる。

予乾した牧草を簡易なビニールスタックサイロで調製後、他のビニールスタックサイロに移し替えて再貯蔵した場合、開封後の好気的変敗が起りやすいことが報告されている¹³⁾。これに対して本研究では、再貯蔵60日後および90日後のサイレージは、サイロ開封後7日間にわたり好気的微生物の増殖に伴うサイレージ品温の上昇⁴⁾が認められず、好気的変敗が抑制されているのが認められた(再貯蔵60日後のデータは表示せず)。この原因として、サイレージの好気的変敗に主要な役割を果たす酵母^{4,11)}が、再貯蔵中に減少したことが考えられる。酵母は好気条件下では酢酸を消費できるが、嫌気度の高いサイロ内では酢酸によって生育が抑制されるため²¹⁾、サイレージ中の酢酸含量が増加すれば好気的変敗が抑制されることが報告されている^{2,17,21)}。このことから本研究においても、ロールベールサイレージを気密性の高いドラム缶サイロへ再貯蔵することによって、まず糸状菌が速やかに減少し、その後、嫌気度の高い条件下で酢酸含量が増加することによって酵母が減少し、好気的変敗が抑制されたものと考えられる。

酵母はロールベールサイレージ開封時から再貯蔵10日後までは $10^5/\text{g}$ 以上の高い菌数を示したが、再貯蔵30日後以降は $10^5/\text{g}$ 以下に減少し、特に再貯蔵60日後以降には著しく減少する事が観察された。サイレージ中の酵母数が $10^5/\text{g}$ 以下ならば好気的変敗に対する安定性が向上すると言われている¹⁷⁾ことから、30~60日以上再貯蔵を行うことによって開封後の好気的変敗を防止できうものとして唆される。

以上のことから、良好な発酵品質のロールベールサイレージを、気密性の高いサイロに再貯蔵することによってサイレージ発酵品質が保持されるだけでなく、サイロ開封後の好気的変敗の防止も可能になることが明らかとなった。よって、複数個の細断されたロールベールサイレージを固定施設型サイロに気密性を十分に留意して再貯蔵し、サイロ開封後は細切サイレージとして毎日必要量を取り出して給飼するという利用法が可能であると考えられる。また、再貯蔵するにあたって、配合飼料や粕類などの添加混合を行い、TMR(混合飼料)サイレージとして利用を図っていくことが考えられることから、今後は濃厚飼料などの添加混合が再貯蔵後の発酵品質、嗜好性や栄養価に及ぼす影響を検討していく必要がある。

謝 辞

本研究をまとめるに当たり小川増弘家畜生産管理部長および田中治東北農業研究センター飼料生産研究室主任研究官に御校閲を賜った。また、研究の遂行に当たっては、サイレージ微生物の計数を指導していただいた蔡義民飼料調製研究室主任研究官をはじめ業務科各位、及び資源循環研究チーム非常勤職員印南キヨ子氏の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

引用文献

- 1) 秋山典昭 (1999). 飼料作物に含まれる単少糖類の高速液体クロマトグラフィー (HPLC) を用いた定量法における試料調製法の検討, 草地試研報, 58, 17-25.
- 2) Danner, H., Holzer, M., Mayrhuber, E. and Braun, R. (2003). Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions, Appl. Environ. Microbiol., 69, 562-567.
- 3) Driehuis, F., Oude Elferink, S.J.W.H. and Spoelstra, S.F. (1999). Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with lactobacillus buchneri inhibits yeast growth and improves aerobic stability, J. Appl. Microbiol., 87, 583-594.
- 4) 原慎一郎・伊藤 稔・大山嘉信 (1979). サイレージの好気的変敗の際の品温, ガス代謝量および熱発生量と微生物相の相互関係, 日畜会報, 50 (8), 549-556.
- 5) 市戸万丈 (1999). サイロ施設の進歩, 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, 250-272.
- 6) 自給飼料品質評価研究会 (2001). 改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 東京, 196 p.
- 7) 川名正幸 (2002). 自給飼料高度活用型群飼養システムの経営事例 (1) 循環型酪農を目指して, 第5回資源循環を基本とした乳牛の群飼養に関する研究会資料, 畜産草地研究所資料平 14-2, 49-53.
- 8) 河本英憲・佐竹康明・張 建国・青木康浩・加茂幹男 (2003). ロールベールサイレージの細断, 再貯蔵がその後の発酵品質に及ぼす影響, 畜草研報, 3, 9-12.
- 9) Kung, Jr., L. and Ranjit, N.K. (2001). The effect of lactobacillus buchneri and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage, J. Dairy Sci., 84, 1149-1155.
- 10) 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, 86-115.
- 11) McDonald, P., Henderson, A.R. and Heron, S.J.E. (1991). Microorganisms, The biochemistry of silage, Chalcombe Publications, Marlow, 81-151.
- 12) Mowrey, C. (1998). You can move bagged silage to an upright silo, Hoard's Dairyman, 143, 784.
- 13) 小野寺幸男・木下善之・花坂昭吾 (1972). グラスサイレージの移動再貯蔵に関する研究, 東北農試研究速報, 13, 25-33.
- 14) 大桃定洋・田中 治・北本宏子 (1993). 高速液体クロマトグラフィーによるサイレージ中の有機酸の定量, 草地試研報, 48, 51-56.
- 15) 大山嘉信・小川キミエ (1966). イネ科草類の生育にともなう炭水化物組成の変化, 日畜会報, 37 (9), 336-343.
- 16) Oude Elferink, S.J.W.H., Krooneman, J., Gottschal, J.C., Spoelstra, S.F., Faber, F. and Driehuis, F. (2001). Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by lactobacillus buchneri, Appl. Environ. Microbiol., 67, 125-132.
- 17) Pahlow, G. and Zimmer, E. (1985). Lactobacillus Inoculant on Fermentation and Aerobic Stability of Grass Silage, Proc. 15th Int. Grass. Congr., 877-879.
- 18) Ranjit, N.K. and Kung, Jr., L. (2000). The effect of lactobacillus buchneri, lactobacillus plantarum, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage, J. Dairy Sci., 83, 526-535.
- 19) 新城明久 (1996). 新版 生物統計学入門, 朝倉書店, 東京, 46-55.
- 20) Taylor, C.C., Ranjit, N.J., Mills, J.A., Neylon, J.M. and Kung, Jr., L. (2002). The effect of treating whole-plant barley with lactobacillus buchneri 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows, J. Dairy Sci., 85, 1793-1800.
- 21) Woolford, M.K. (1984). Silage additives and their role in fermentation, The silage fermentation, Marcel Dekker, Inc., New York, 213-298.

Effects of Re-storage Treatment of Round Bale Silage on Fermentative Quality, Microflora and Aerobic Deterioration

Hidenori KAWAMOTO¹⁾, Jianguo ZHANG, Yasuhiro AOKI and Mikio KAMO²⁾

Department of Animal Feeding and Management

¹⁾ National Agricultural Research Center for Tohoku Region

²⁾ National Agricultural Research Center for Western Region

Summary

This study was carried out to investigate effects of storing shredded round bale silage in a highly airtight silo on fermentative quality, microflora, and aerobic deterioration. Well-preserved round bale silages were made from first-cut Italian ryegrass with moisture content of 53–60%. They were stored in drum silos after shredding on day 30 of fermentation. The drum silos were opened and fermentative quality, microflora, and aerobic deterioration of silages were examined on days 0, 1, 3, 5, 7, 10, 30, 60, and 90 of fermentation. The results were as follows : the content of acetic acid in silage increased after re-storage, whereas the content of lactic acid slightly decreased. However, degradation of fermentative quality such as rise of pH value and production of butyric acid was not observed. The number of yeasts in silage decreased gradually after re-storage and increase in silage temperature after opening the silo was prevented. These results indicate that storing the shredded well-preserved silage from a wrapped round bale in a highly airtight silo can maintain its fermentative quality and prevent its aerobic deterioration.

Key words: Aerobic deterioration, Fermentative quality, Microflora, Round bale silage