

温度、乳酸菌およびセルラーゼがアルファルファサイレージの発酵品質と炭水化物成分に及ぼす影響

庄 益 芬**・野 英 二*・大 場 祥 行・安 宅 一 夫

Effects of Temperature, Lactic Acid Bacteria and Cellulase on Fermentation Quality and Carbohydrate Composition of Alfalfa Silage

Yifen ZHUANG**, Eiji NO*, Yoshiyuki OBA and Kazuo ATAKU (June 1998)

緒 言

反芻家畜の飼料としてサイレージの品質は、家畜の生産性や健康に大きく影響することが知られている。このことから、サイレージの発酵を好ましい方向に制御するために多種の添加物が研究され^{2,5,7,8,14,16,17,23}、なかでも家畜、ヒトおよび環境に対する安全性の面から乳酸菌、セルラーゼなどの生物的添加物が推奨されている⁹。乳酸菌の添加は、材料牧草に付着する乳酸菌数が少ない場合には、初期発酵に十分量の菌数を確保するのに有効であり¹⁰、セルラーゼの添加は、材料牧草に含まれるセルロースやヘミセルロースを分解することにより乳酸菌の増殖に必要な糖類を生成し、乳酸発酵を促進させる^{4,8,16}。さらに、乳酸菌とセルラーゼを併用すると、材料牧草に付着する乳酸菌数が少なく、糖分含量が少ない場合でも効果が期待される^{7,8,16}。しかし、それらの添加効果の最適条件はまだ明らかにされていない。とくに、サイレージの貯蔵温度とサイレージ添加物の効果の関連についてはほとんど知られていない。そこで、今回、アルファルファの2番草を用い、乳酸菌、セルラーゼあるいはそれを併用添加し、異なる貯蔵温度でサイレージを調製し、乳酸菌とセルラーゼの単独添加およびその併用添加の効果を比較

検討した。

材料および方法

1. 材料草およびサイレージ調製

材料草には酪農学園大学附属農場で栽培されたアルファルファ2番草を1995年8月2日に刈取り、無予乾でサイレージを調製した。材料草の成分を表1に示した。材料草は約1~2cmの長さに切断し、所定の添加物とよく混合し、発酵管装着の900ml容ガラス瓶に2反復して詰め込んだ。サイロは20, 30および40℃に設定した恒温器で55日間貯蔵した。サイレージの添加処理区分はそれぞれの貯蔵温度に対して、①無添加、②乳酸菌添加、③セルラーゼ添加、④乳酸菌+セルラーゼ添加の4区を設けた。乳酸菌は*Lactobacillus casei*の市販製剤(スノーラクトL, 雪印種苗株式会社)を材料1g当たり 1×10^5 cfuになるように添加した。セルラーゼは*Acremonium cellulolyticus*と*Trichoderma viride*由来のセルラーゼ(明治製菓株式会社)を供試し、材料に対し0.005%添加した。

2. 成分分析

材料草およびサイレージの成分分析は、60℃で24時間乾燥し、ウィレー型粉碎機により1mmの篩を

Table 1 Chemical composition of ensiled forage before additives.

Moisture (%)	CP	WSC	NDF (%DM)	ADF	Hemi-cellulose
77.1	18.2	6.3	49.4	39.1	10.3

CP: Crude protein, WSC: Water-soluble carbohydrate, NDF: Neutral detergent fiber, ADF: Acid detergent fiber, DM: Dry matter.

酪農学園大学酪農学科

Department of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

* 酪農学園大学附属農場

* Research Farm, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

** 哲里木畜牧学院

** Zhelimumumu College, Tongliao, Inner Mongolia 028042, China

通るように粉碎したものを風乾試料とした。水分は常法、粗蛋白質は Kjeldahl 法によって定量した¹⁸⁾。サイレージの発酵品質は、新鮮物の純水抽出液を用いて、pH はガラス電極 pH 計により測定し、アンモニア態窒素は水蒸気蒸留法、有機酸はガスクロマトグラフィー（機種：島津 GC-14 A 型、検出機：FID、カラム：1.6 m ガラス製、温度：120 → 190℃、昇温 5℃/分、充填剤：PEG 6000）により定量した。可溶性炭水化物物 (WSC) は Anthrone 比色法、NDF と ADF は Van Soest ら¹⁸⁾の方法によって定量した。ヘミセルロースは NDF と ADF との差として算出した¹⁸⁾。

3. 統計処理

同一温度におけるサイレージの発酵品質および繊維成分に及ぼす添加物の影響は一元配置により、貯蔵温度、添加物およびそれらの交互作用は二元配置により分散分析を行った。また、繊維成分と発酵品質との間の関係を単相関分析により解析した。

結 果

1. サイレージの発酵品質

異なる温度におけるサイレージの発酵品質に及ぼす各添加物の影響を表 2 に示した。

20℃では、無添加に比べて、すべての添加処理区の pH および NH₃-N は低く、乳酸含量は高かった。とくに、併用添加は、その傾向が最も顕著であっ

た。

30℃では、無添加は、酪酸生成が認められず、20℃の場合より品質が良好であった。乳酸菌添加の発酵品質は、無添加と同程度であったが、セルラーゼ添加は、酢酸含量が高く、フリーク評点が最も低かった。

40℃では、いずれのサイレージも品質は良好であった。とくに、併用添加は最も pH が低く、乳酸含量が高かった。

貯蔵温度の影響については、20℃に比べて、30℃と 40℃で、pH および酪酸含量が低く、乳酸含量、総酸含量、フリーク評点が高くなった。また、30℃での酢酸含量の増加が見られた。40℃は 30℃より pH、酢酸含量および NH₃-N 比率が低く、フリーク評点が高い値であった。

一方、添加物の影響については、無添加に比べて、すべての添加処理とも pH および酪酸含量が低下した。また、セルラーゼ添加の酢酸と総酸含量の上昇および併用添加での NH₃-N 比率の減少と乳酸含量、総酸含量、フリーク評点の上昇が認められた。

貯蔵温度はプロピオン酸以外すべてに、添加物はプロピオン酸含量とフリーク評点以外に有意な影響を示した (P < 0.01)。また、貯蔵温度と添加物との交互作用は、pH、酪酸含量 (P < 0.01) および乳酸含量 (P < 0.05) において有意であった。

Table 2 Fermentative characteristics of the silages, compared by analysis of variance.

		pH	Acids (%DM)				Total	Flieg's mark	NH ₃ -N (%TN)
			Lactic	Acetic	Propionic	Butyric			
20℃	Control	5.44 ^A	4.26 ^b	2.30 ^b	0.08	1.23 ^{Aa}	7.85 ^b	31.0	19.4 ^a
	LAB	4.83 ^B	7.32 ^a	3.14 ^{ab}	1.08	0 ^{Bb}	10.58 ^a	83.5	14.4 ^{ab}
	CEL	4.77 ^B	6.82 ^{ab}	3.37 ^a	0.12	0.20 ^{Bb}	10.53 ^a	64.5	14.5 ^{ab}
	MIX	4.53 ^B	8.10 ^a	2.61 ^{ab}	0.05	0.22 ^{ABb}	10.98 ^a	78.0	9.9 ^b
30℃	Control	4.84 ^{Aa}	7.63 ^{ABb}	2.99 ^b	0.19	0	10.75 ^b	86.5 ^{Aa}	13.5
	LAB	4.76 ^{ABb}	7.82 ^{ABb}	3.38 ^{ab}	0.32	0	11.49 ^{ab}	81.5 ^{ABa}	13.7
	CEL	4.72 ^{Bb}	6.21 ^{Bb}	4.63 ^a	0.60	0	11.47 ^b	66.0 ^{Bb}	12.4
	MIX	4.48 ^{Cc}	10.23 ^{Aa}	3.98 ^{ab}	0.25	0	14.45 ^a	87.0 ^{Aa}	11.1
40℃	Control	4.69 ^{Aa}	7.87 ^B	2.10 ^b	0.07	0	10.03 ^{ABbc}	97.0	11.1
	LAB	4.62 ^{ABa}	6.81 ^B	1.97 ^b	0	0	8.79 ^{Bc}	96.0	9.7
	CEL	4.46 ^{Bcb}	8.47 ^B	3.53 ^a	0.20	0	12.17 ^{ABab}	85.0	11.1
	MIX	4.31 ^{Cc}	11.30 ^A	2.47 ^{ab}	0	0	13.76 ^{Aa}	98.5	9.7
Temperature (T)	**	**	**		**	**	**	**	
Additive (A)	**	**	**		**	**		**	
T × A	**	*			**	*			

LAB: Lactic acid bacteria, CEL: Cellulase, MIX: LAB + CEL, DM: Dry matter, TN: Total nitrogen.

** and columns with different upper-case scripts are significant at P < 0.01.

* and columns with different lower-case scripts are significant at P < 0.05.

2. サイレージの炭水化物成分

異なる温度におけるサイレージの炭水化物成分に及ぼす添加物の影響を表3に示した。

20℃では、無添加に比べて、乳酸菌添加と併用添加は NDF 含量が有意に低かった。

30℃では、セルラーゼ添加サイレージ（セルラーゼ添加，併用添加）の NDF と ADF 含量は、無添加および乳酸菌添加のものより低く，WSC 含量は高い傾向にあった。

40℃では，30℃と同様の傾向にあり，併用添加は無添加に比べ WSC 含量が有意に高く（ $P < 0.01$ ），NDF 含量が低かった（ $P < 0.01$ ）。また，乳酸菌添加とセルラーゼ添加はいずれもほとんど同じ値であった。

貯蔵温度の影響では，40℃の全てのサイレージの NDF 含量は 20℃および 30℃の相当するサイレージに比べ低かった。

一方，添加物の影響では，無添加に比べて，乳酸菌添加は NDF 含量を低くした。セルラーゼ添加は，NDF 含量を低くし，WSC 含量を高くした。さらに，併用添加は，NDF および ADF 含量が有意に低く，WSC 含量が高くなった。また，併用添加では WSC 含量は乳酸菌あるいはセルラーゼの単独添加より高く，NDF は乳酸菌添加およびセルラーゼ添加より低く，ADF 含量は乳酸菌添加より低くなった。

貯蔵温度と添加物も，ヘミセルロースを除く全て

の炭水化物成分に，温度と添加物の交互作用は，WSC（ $P < 0.01$ ）および NDF 含量（ $P < 0.05$ ）に対し，有意な影響を示した。

3. 繊維成分と発酵品質との相関関係

サイレージにおける繊維成分と発酵品質との相関関係を表4に示した。

pH と酪酸含量および $\text{NH}_3\text{-N}$ 比率との間，乳酸含量とフリーク評点の間にそれぞれ正の相関が認められ，pH，酪酸含量および $\text{NH}_3\text{-N}$ 比率は，乳酸含量およびフリーク評点との間にいずれも負の相関が認められた。

NDF 含量は ADF およびヘミセルロースとの間に正の相関が認められた。

NDF および ADF 含量は，pH および $\text{NH}_3\text{-N}$ 比率との間に正の相関，乳酸含量との間に負の相関が認められた。

考 察

1. サイレージの発酵品質

サイレージの発酵品質を pH，有機酸組成，フリーク評点および $\text{NH}_3\text{-N}$ 比率によって総合的に評価すると，本実験では，温度，添加物および温度と添加物の交互作用のいずれもサイレージ発酵品質に有意な影響を示した。

貯蔵温度の影響について，本実験で添加物の有無

Table 3 Carbohydrate composition of the silages, compared by analysis of variance.

		Moisture (%)	(%DM)			
			WSC	NDF	ADF	Hemi-cellulose
20℃	Control	79.2	1.1	51.9 ^a	42.4	9.6
	LAB	79.3	1.1	50.5 ^b	42.1	8.4
	CEL	79.4	1.2	50.7 ^{ab}	41.5	9.3
	MIX	79.3	1.2	50.4 ^b	41.3	9.2
30℃	Control	78.9 ^{Bc}	0.9 ^b	52.6 ^{ABa}	43.2 ^{ab}	9.4
	LAB	79.4 ^{ABbc}	1.0 ^b	52.7 ^{Aa}	43.3 ^a	9.4
	CEL	80.0 ^{Aa}	1.1 ^{ab}	51.1 ^{ABb}	42.6 ^{ab}	8.5
	MIX	79.9 ^{Aab}	1.2 ^a	50.3 ^{Bb}	41.8 ^b	8.6
40℃	Control	78.5 ^{Bc}	1.0 ^{Bc}	51.5 ^{Aa}	42.0 ^a	9.5
	LAB	78.7 ^{ABbc}	1.1 ^{Bb}	49.7 ^{Bb}	41.2 ^{ab}	8.6
	CEL	79.5 ^{ABa}	1.1 ^{Bbc}	49.4 ^{Bbc}	41.1 ^{ab}	8.3
	MIX	79.7 ^{Aa}	1.8 ^{Aa}	48.7 ^{Bc}	40.0 ^b	8.8
Temperature (T)		**	**	**	**	
Additive (A)		**	**	**	*	
T × A		*	**	*		

LAB, CEL and MIX: See Table 2, WSC, NDF, ADF and DM: See Table 1.

** and columns with different upper-case script are significant at $P < 0.01$.

* and columns with different lower-case script are significant at $P < 0.05$.

Table 4 Relationships among the fermentation characteristics and fiber composition of the silages.

	pH	Lactic acid	Butyric acid	NH ₃ -N	Flieg's mark	NDF	ADF	Hemicellulose
pH	—							
Lactic acid	-0.8265**	—						
Butyric acid	0.7826**	-0.5991**	—					
NH ₃ -N	0.8943**	-0.6353**	0.7190**	—				
Flieg's mark	-0.7776**	0.7038**	-0.8521**	-0.8135**	—			
NDF	0.6494**	-0.5228**	0.2458	0.5558**	-0.3443	—		
ADF	0.5363**	-0.5119*	0.0792	0.4197*	-0.2658	0.8495**	—	
Hemicellulose	0.3692	-0.1684	0.3386	0.3790	-0.2257	0.5304**	0.0034	—

NDF and ADF: See Table 1, *P<0.05, **P<0.01.

を問わず、サイレージの発酵品質は、貯蔵温度が高くなるにつれて向上した。これは、貯蔵温度が高くなるにしたがって乳酸菌の活動が活発化したためと考えられた¹¹⁾。貯蔵温度がサイレージの発酵品質におよぼす影響に関する報告については、低温のほうが高温よりも良質発酵が行われるとする意見が圧倒的であるが^{3,15,20,22)}、貯蔵温度が異なってもほとんど違いが見られなかった結果もある¹⁷⁾。これらの結果との相違は、草種、添加物の有無、添加物の種類と添加量などの違いによって生じたものと考えられる。

乳酸菌の添加は、初期発酵に十分量の菌数を確保するのに有効である¹⁶⁾。また、セルラーゼの添加は、材料牧草に含まれるセルロースやヘミセルロースを分解することにより乳酸菌の増殖に必要な糖類を供給し、乳酸発酵を促進させる効果が期待できるとされている^{1,6,9,16)}。本実験では、乳酸菌あるいはセルラーゼ単独添加により pH が低下し、添加効果が認められた。さらに、併用添加により pH、乳酸含量、総酸含量および NH₃-N 比率において相乗効果が認められた。サイレージの発酵品質に及ぼす乳酸菌とセルラーゼの併用添加による相乗効果は安宅らの結果と一致している^{7,9)}。

本実験では、30℃区は20℃と40℃より、また、セルラーゼ添加区は他の添加より酢酸含量が有意に高くなった。サイレージ発酵に伴う酢酸の生成は、一般に酢酸菌によるものではなく、好気性細菌や通性嫌気性細菌、更にヘテロ乳酸菌によることが多いとされている¹³⁾。30℃貯蔵およびセルラーゼ添加のサイレージの発酵品質は良好であったが、必ずしもホモ乳酸菌発酵の好ましい方向ばかりでなく、酢酸の生成する好ましくない発酵も促進された。

同一貯蔵温度における各添加物の添加効果についてみると、20℃において、無添加サイレージは劣質

となったのに対し、他の添加区で良質なサイレージが得られた。また、添加物の間に発酵品質において有意差が認められなかった。30℃と40℃において、乳酸菌添加（40℃では有意差なし）およびセルラーゼ添加では pH が低下したが、これ以外には、添加効果は認められなかった。一般に牧草や飼料作物には、乳酸菌が十分に存在せず、存在しても好ましい菌種でないことが多いとされている⁹⁾。また、本実験の供試草は2番草で、WSC含量が6.3%DMと低かった。しかし、無添加区において材料草に付着していた乳酸菌により、WSC含量が少なかったにもかかわらずかなりの量の乳酸が生成され、良質の発酵品質が得られた。したがって、乳酸菌またはセルラーゼの単独添加では、それ以上乳酸発酵が促進されなかったものと考えられる。一方、併用添加により30℃と40℃とも顕著な相乗効果が得られた。

2. サイレージの炭水化物成分

サイレージの炭水化物成分は貯蔵温度あるいは添加物によって影響され、添加物の添加効果は貯蔵温度によって異なることが示された。

貯蔵温度の影響については、30℃では20℃および40℃よりWSC含量が低く、NDFとADF含量が高かった。これは、30℃において酢酸含量も多かったことと関連があると考えられる。一方、40℃ではWSC含量が最も高く、NDFおよびADF含量が最も低く、発酵が良好であったことを示唆している。

添加物の影響では、乳酸菌添加によりNDF含量が減少した。これはサイレージの高い乾物回収率の間接反映であろう。また、セルラーゼの添加、とくに、併用添加サイレージはWSC含量が高く、NDFおよびADF含量が低かった。併用添加の効果は、乳酸菌による乳酸発酵促進作用よりも、セルラーゼの働きが大きいとされている^{2,5,6,9,10,12,19,21,24)}。40℃にお

ける併用添加はWSC含量が最も高く、NDF および ADF 含量が最も低かった。

3. 繊維成分と発酵品質の関係

発酵品質の指標とする pH, 乳酸含量, 酪酸含量, $\text{NH}_3\text{-N}$ 比率の間の相関, 繊維成分の指標とする NDF が ADF およびヘミセルロース含量の間の相関は, 一般に認められているものと同様であった。

繊維成分と発酵品質との関係においては, NDF または ADF 含量は, pH および $\text{NH}_3\text{-N}$ 比率との間に正の相関, 乳酸含量との間に負の相関が認められた。これは, セルラーゼによって繊維が分解され, 生成した糖類が乳酸菌に供給され, 乳酸発酵を促進したことを証明している。

要 約

アルファルファ 2 番草を用い, 20, 30 および 40°C の異なる貯蔵温度下で乳酸菌, セルラーゼおよびその併用添加がサイレージの発酵品質, 炭水化物成分に及ぼす影響を調べた。結果の要約は以下のようである。

1. 貯蔵温度が高くなるにつれて発酵品質が向上した。
2. 20°C では, 乳酸菌添加, セルラーゼ添加の改善効果が示されたが, 30 および 40°C では, 効果が顕著ではなかった。併用添加は, 全ての温度区で添加効果を示した。
3. 全てのサイレージの NDF 含量は 40°C で最も低かった。
4. 併用添加サイレージの WSC 含量は高く, NDF, ADF 含量は低い傾向にあった。

謝 辞

本研究の一部は, 平成 8 年度文部省科学研究費 (No. 7306013) の補助を受けて行った。

参 考 文 献

- 1) 艾尼瓦尔艾山, 安宅一夫, 榎崎 昇, 野 英二, 1995. *Acremonium* 由来のセルラーゼの添加がサイレージの乾物回収率と発酵品質に及ぼす影響, 北草研報; 29: 55-57.
- 2) 艾尼瓦尔艾山, 安宅一夫, 榎崎 昇, 野 英二, 1998. *Acremonium cellulyticus* Y-94 由来の細胞壁分解酵素の添加がサイレージの発酵品質, 乾物回収率および細胞壁成分に及ぼす影響, 日草誌; 43: 406-412.
- 3) 安宅一夫, 榎崎 昇, 1982. 硝酸塩がサイレー

ジの品質におよぼす影響. 4. 硝酸塩添加, グルコース添加ならびに温度の相互効果, 日草誌; 28: 315-318.

- 4) 安宅一夫, 1986. サイレージバイブル, pp. 47-51, 酪農学園大学出版部, 江別.
- 5) 安宅一夫, 金田 勝, 榎崎 昇, 1986. サイレージの品質と繊維含量に及ぼすセルラーゼ添加の影響 (セルラーゼ少量添加の効果), 日草誌 (別号); 32: 212-213.
- 6) 安宅一夫, 1991. 90 年代の日本酪農, pp. 26-35, 酪農学園大学エクステンションセンター, 江別.
- 7) 安宅一夫, 1991. サイレージ発酵に及ぼす乳酸菌とセルラーゼの併用添加による相乗効果, 日草誌 (別号); 37: 215-216.
- 8) 安宅一夫, 上條守広, 榎崎 昇, 1992. サイレージ品質におよぼす乳酸菌と *Acremonium* セルラーゼ添加による相乗効果, 日草誌 (別号); 38: 259-260.
- 9) 安宅一夫, 1993. 90 年代の酪農技術, pp. 117-126, 酪農学園大学エクステンションセンター, 江別.
- 10) Ataku, K., E. No and N. Narasaki, 1993. Effects of the addition of cellulase from *Acremonium cellulyticus* on silage fermentation. Silage Research 1993, 95-96.
- 11) 安宅一夫, 野 英二, 1998. 地域的特性に基づく添加物処理によるサイレージの品質改善に関する研究 (研究課題番号 07306013), 平成 7~9 年度科研費補助研究成果報告書, pp. 133-152.
- 12) Bayorbor, T.B., S. Kumai, R. Fukumi and I. Hattori, 1993. Effects of *Acremonium* cellulase and lactic acid bacteria inoculant on the fermentation quality and digestibility of guineagrass silages. J. Japan Grassl. Sci., 39: 317-325.
- 13) 菊地政則, 1986. サイレージバイブル, pp. 25-43, 酪農学園大学出版部, 江別.
- 14) 服部育男, 熊井清雄, 福見良平, 1993. 添加糖の種類が各種サイレージの発酵品質に及ぼす影響, 日草誌; 39: 326-333.
- 15) 増子孝義, 石間戸芳朗, 大谷 忠, 淡谷恭蔵, 1985. サイレージの硝酸態窒素の消長に関する研究. VIII. 埋蔵温度が硝酸態窒素の消失におよぼす影響, 日草誌; 30: 446-451.
- 16) 増子孝義, 藤田 希, 円井更織, 嶋田秀庸, 1997. ギ酸, 乳酸菌製剤および乳酸菌製剤と酵素剤の混合物の添加が無子乾グラスサイレージの発酵

- 品質に及ぼす影響, 日草誌; 43: 278-287.
- 17) 増子孝義, 高橋由紀, 張山陽司, 大島光昭, 1998. 地域的特性に基づく添加物処理によるサイレージの品質改善に関する研究 (研究課題番号 07306013), 平成7~9年度科研費補助研究成果報告書, 153-159.
- 18) 森本 宏(監修), 1971. 動物栄養試験法, 養賢堂, 東京.
- 19) No, E., Y. Harasawa, K. Ataku, N. Narasaki and T. Sueyoshi, 1985. Effect of cellulase preparation on fermentation of silage. Proc. XV International Grassland Congr., 937-938.
- 20) Ohyama Y., S. Masaki and T. Morichi, 1972. Effects of temperature and glucose addition on the process of silage fermentation. Jap. J. Zootech. Sci., 44: 59-67.
- 21) Stokes, M.R and J. Chen, 1994. Effects of an enzyme-inoculant mixture on the course of fermentation of corn silage. J. Dairy Sci., 77: 3401-3409.
- 22) Zhang, J., S. Kumai and R. Fukumi, 1997. Effects of temperature, moisture and cellulases on the fermentation quality and chemical composition of naked barley (*Hordeum vulgare* L. emand Lam) straw silage. Grassl. Sci., 43: 95-102.
- 23) 庄益芬, 加藤昭洋, 安宅一夫, 野 英二, 1997. アルファルファとチモシーの搾汁発酵液の添加がサイレージの発酵品質に及ぼす影響, 日草誌 (別号); 43: 254-255.
- 24) Van Vuuren, A.M., K. Bergsma, F. Frolkramer and J.A. Cvan Beers, 1989. Effects of addition of cell wall degrading enzymes on the chemical composition and the in sacco degradation of grass silage. Grass and Forage Sci., 44: 223-230.

Summary

This study was conducted to clarify the effects of lactic acid bacteria (LAB), cellulase (CEL), and temperature on the fermentation quality and carbohydrate composition of alfalfa silage. Second-cut alfalfa was ensiled in batches with LAB, with CEL, with a LAB-CEL mixture (MIX), or with no additives (control). Each batch was stored in incubators at 20, 30 and 40°C.

1. The fermentation quality of all the silages improved as the temperature increased from 20 to 40°C.
2. Improved fermentation quality was found in LAB or CEL added silages stored at 20°C and in MIX-added silages at all temperatures investigated.
3. The amount of neutral detergent fiber (NDF) was lowest in the silages stored at 40°C.
4. In MIX-added silages, water-soluble carbohydrate (WSC) was generally higher, whereas the NDF and acid detergent fiber (ADF) content were relatively low.