

ギ酸またはギ酸・ホルマリンの添加がサイレージの発酵品質および粗蛋白質の溶解性に及ぼす影響

篠田 満*・野中 和久・名久井 忠

Effect of formic acid or formic acid-formaldehyde mixture treatment on fermentative quality and crude protein solubility of silage

Mitsuru SHINODA, Kazuhisa NONAKA and Tadashi NAKUI

Summary

As the result of formic acid or formic acid-formaldehyde mixture (1:1W/W) treatment to direct-cut or wilted timothy (application of 0.3% fresh matter) and alfalfa (application of 0.5%) at ensiling, silages of good fermentative quality of low pH and low VBN content were preserved. Solubility of crude protein of silage, which was higher in timothy than in alfalfa, was apt to be depressed by formic acid and formic acid-formaldehyde mixture treatment. Ruminant ammonia nitrogen concentration was lowered by formic acid-formaldehyde mixture treatment. Significantly positive correlation between solubility and *in situ* digestibility of crude protein was observed.

キーワード：ギ酸，発酵品質，ホルマリン，サイレージ，蛋白質溶解率。

Key words: fermentative quality, formaldehyde, formic acid, silage, protein solubility.

緒言

反芻家畜は、給与飼料中の粗タンパク質（CP）を第

一胃内で分解する。しかしながらこれら分解物の家畜体内での利用性は低いため、CPを第一胃内で分解しない形で第四胃以降に流出させることが重要とされている。特に、サイレージでは発酵過程でCPの分解が進み溶解性が高まるため、第一胃内でのCP溶解性についての情報とその抑制が必要である。

近年、ギ酸がサイレージの不良発酵を防止する添加物として普及している。また、ホルマリン添加がCPの分解を抑制することが知られている²⁾³⁾。そこで、本試験ではサイレージの各種調製条件におけるギ酸またはギ酸・ホルマリンの添加が、発酵品質およびCPの溶解性に及ぼす影響を検討した。また、ホウ酸-リン酸緩衝液への溶解率を基にした、CPの*in situ*消化率の簡易な推定を試みた。

材料および方法

1 供試飼料と試験区

表1に示したように、チモシー（6月11日刈取り）およびアルファルファ（6月12日刈取り）を供試して、高水分でギ酸添加サイレージおよびギ酸・ホルマリン混合液添加サイレージを、また、天日で予乾後中水分でギ酸添加サイレージをいずれもハーベスタで細切し、200ℓ容ドラム管サイロで、調製し、無添加区（対照区）と比較した。

北海道農業試験場（082 北海道河西郡芽室町新生）

*現在：東北農業試験場（020-01 岩手県盛岡市下厨川赤平4）

Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Kasai-gun Memuro-mati, Hokkaido 082 Japan

*Present address: Tohoku National Agricultural Experiment Station, Akahira, Simokuriyagawa, Morioka 020-01 Japan

平成5年度研究発表会で発表

表1 試験区と添加量(原物%)

供試草種	高水分		中水分		
	無添加	ギ酸	ギ酸・ホルマリン*	無添加	ギ酸
チモシー	—	0.30	0.30	—	0.32
(6月11日)		(乾物率17%)		(乾物率32%)	
アルファルファ	—	0.50	0.50	—	0.50
(6月12日)		(乾物率19%)		(乾物率38%)	

* 1:1 (W/W)混合

ギ酸およびギ酸・ホルマリンの添加量は、原物に対してチモシーが0.3%, アルファルファが0.5%とした。ギ酸・ホルマリン混合液の混合割合は、1:1 (W/W)とした。

2 めん羊への給与試験

サイレージをめん羊に4~7日間1日1回、乾物で体重の1.5%を給与した(1区3頭)。最終日に日量の半分を給与した後、1時間および4時間経過後に第一胃液を採取した。

3 ナイロンバッグ法による *in situ* 消化率の測定

ギ酸, ギ酸・ホルマリン添加試験の試料10点に、別に調製したオーチャードグラス早刈, 同遅刈, チモシー早刈の各サイレージ, アルファルファサイレージ, トウモロコシサイレージの5種類を加えて、ナイロンバッグ法で乾物およびCPの *in situ* 消化率を求めた。第一胃内浸漬時間は、6, 12, 24時間とした。本試験では、試料は1ミリのふるいを通るよう粉碎した。また、ナイロンバッグは6.5cm×13cmで、試料投入量は2.5gとした。

4 CPのホウ酸-リン酸緩衝液(BP溶液)への溶解率測定

全サンプル15点を供試して、CPのホウ酸-リン酸緩衝液(BP溶液, 1ℓ中にリン酸-ナトリウム(NaH₂PO₄・H₂O) 12.20g, 四ホウ酸ナトリウム(Na₂B₄O₇・10H₂O) 8.91gを含む)¹⁾に対する溶解率を測定し、*in situ* 消化率との関係を調べた。

5 分析

サイレージおよび第一胃液のアンモニア態窒素はコンウェイの微量拡散法で、揮発性脂肪酸はガスクロマトグラフィーで、また、サイレージの乳酸は液体クロマトグラフィーで定量した。

結果

サイレージの発酵品質を表2に示した。

ギ酸添加区は無添加区に比較してpHが低く、アンモニア態窒素含量および酪酸含量も少なく良質のサイレージが調製された。ギ酸・ホルマリン添加区ではアルファルファの高水分サイレージで酪酸含量が0.29%とやや高

表2 サイレージの発酵品質

	高水分			中水分	
	無添加	ギ酸添加	ギ酸・ホルマリン添加	無添加	ギ酸添加
チモシーサイレージ					
pH	4.62	4.04	4.23	4.30	4.00
アンモニア-N/TN(%) ²⁾	10.2	7.5	4.9	4.4	3.7
有機酸(原物%)					
酢酸	0.82	0.44	0.40	0.91	0.64
プロピオン酸	0.11	0.06	0.06	0.06	0.04
酪酸	0.08	0.02	0.04	0.01	0.04
乳酸	0.17	1.41	0.48	1.05	1.59
アルファルファサイレージ					
pH	4.45	4.23	4.38	4.72	4.45
アンモニア-N/TN(%) ²⁾	9.0	5.9	8.6	7.0	4.7
有機酸(原物%)					
酢酸	0.71	0.36	0.42	0.53	0.60
プロピオン酸	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
酪酸	0.02	0.01	0.29	0.01	0.04
乳酸	1.72	1.11	1.12	1.68	0.85

²⁾ 全窒素に占めるアンモニア態窒素の割合(%)

表3 ギ酸添加, ギ酸・ホルマリン添加サイレージおよび各種サイレージの蛋白質(CP)の溶解率と *in situ* 消化率

原料草の	CP溶解率% ¹⁾	サイレージC P含量(XDM)	<i>in situ</i> 消化率(X)				サイレージNDF含量(XDM)	
			溶解率% ¹⁾	6時間	12時間	24時間		
チモシー								
高水分 無添加	30	12.6	54	72	83	42	72	63
ギ酸添加	25	12.8	56	76	84	50	72	63
ギ酸・ホルマリン添加	24	13.6	41	67	85	50	75	60
中水分 無添加	22	12.9	50	73	85	47	75	63
ギ酸添加	28	12.2	41	74	88	55	78	62
アルファルファ								
高水分 無添加	46	20.4	69	87	95	65	84	41
ギ酸添加	40	19.0	65	89	94	72	85	43
ギ酸・ホルマリン添加	35	20.3	60	83	94	64	84	45
中水分 無添加	41	18.9	58	86	94	65	86	48
ギ酸添加	40	18.4	59	87	93	69	82	48
その他								
オーチャードグラス早刈	14.9	55	62	85	40	75		
オーチャードグラス遅刈	18.2	60	78	90	57	78		
トウモロコシ早刈	7.7	47	58	69	43	62		
オーチャードグラス遅刈	8.3	52	67	76	39	61		
トウモロコシ遅刈	16.5	55	77	94	63	90		

¹⁾ ホウ酸-リン酸緩衝液に対する溶解率, ²⁾ 第一胃内浸漬時間

かったが、その他のサイレージはいずれも良質であった。

表3にサイレージのCPのBP溶液に対する溶解率(以下BP溶解率と略)および *in situ* 消化率を示した。

BP溶解率は、サイレージ発酵により上昇し、原料草およびサイレージのいずれも、アルファルファがチモシーよりも高い値を示した。サイレージでは、高水分サイレージの方が低水分サイレージよりも高い傾向が見られた。また、ギ酸およびギ酸・ホルマリン添加サイレージはBP溶解率が低下する傾向が認められた。特に、ギ酸・ホルマリン添加サイレージで顕著であった。

CPの *in situ* 消化率は、ギ酸・ホルマリン添加区は他の区に比較して6時間で低かったが、12, 24時間で差は認められなかった。ギ酸添加区では、6時間におけるCPの *in situ* 消化率が大きい傾向が認められた。

なお、チモシーおよびアルファルファとも、ギ酸添加

区では、6時間の *in situ* 乾物消失率が高い傾向にあった。

15点の全サンプルで比較すると、CPのBP溶解率はアルファルファサイレージが高かった。CPの *in situ* 消化率は、アルファルファ>イネ科早刈草>イネ科草遅刈>トウモロコシサイレージの順になっていた。

表4に全15点のCPのBP溶解率と *in situ* 消化率の相関係数を示した。両者の間に有意な正の相関が認められ、また、6時間経過時の *in situ* 消化率との相関の方が、24時間との相関よりも高かった。

表4 粗蛋白質の溶解率と *in situ* 消化率の相関係数 (n=15)

	<i>in situ</i> 消化率	
	6	24時間
溶解率	0.743**	0.610*

** 1%水準で有意 * 5%水準で有意

給与試験における第一胃液中のアンモニア態窒素濃度を図1に示した。

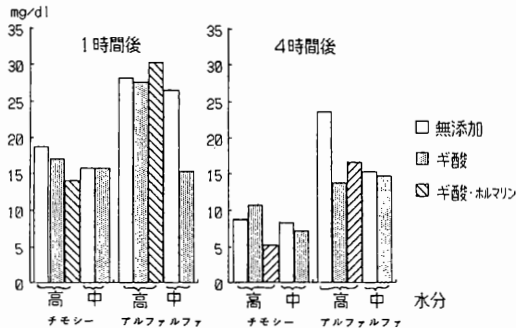


図1 干酸または干酸・ホルマリン添加サイレージの給与1時間および4時間後の第一胃液中のアンモニア態窒素濃度

チモシーでは、1時間および4時間経過時のいずれも、干酸・ホルマリン添加区が低く、高水分、中水分とも無添加区と干酸添加区は同程度であった。アルファルファでは、1時間経過時においては中水分の干酸添加区が低く、4時間経過時には、干酸・ホルマリン添加区および干酸添加区が低かった。

考 察

本試験では、干酸および干酸・ホルマリン添加によって良質のサイレージが調製可能であった。ただ、ホルマリンは酪酸発酵防止効果が弱いとされているが^{2) 3)}、本

試験でもアルファルファの高水分干酸・ホルマリン添加サイレージで酪酸含量がやや高く、その傾向が認められた。

本試験では、干酸または干酸・ホルマリン添加サイレージのCPの形態を、①サイレージのアンモニア態窒素の割合、②BP緩衝液への溶解率、③ *in situ* 消化率の各面から比較したが、①が第一胃内で最も溶けやすく、③が溶けにくいCPの形態を示すものである。

干酸添加区では、サイレージのアンモニア態窒素の割合が無添加区より低かったことから、サイレージの発酵過程におけるCPの分解が抑制されることが推察される。しかし、そのCP分解抑制作用は、CPの溶解率に対しては高水分チモシーの様に影響しないことがある。さらに、第一胃内微生物によるCPの消化に対しても影響が小さい。すなわち干酸添加は化学的なCP分解抑制効果は発揮するが、微生物的な抑制効果は小さいことが示された。

干酸・ホルマリンの混合添加は、CPの溶解性を低下させることが報告されている^{2) 3)}。本試験でも、*in situ* 消化率および第一胃液性状にみられるように、第一胃内微生物によるCPの分解を抑制することが確認された。

このように、干酸およびホルマリンはいずれもCPの分解を抑制する作用を有するが、ホルマリンの方がより作用が強いことがわかる。

第一胃液のアンモニア態窒素濃度は、第一胃壁からの吸収や下部消化管への流出があるため、給与飼料のCPの溶解性を直接示すものではないが、チモシーでは *in situ* 消化率の傾向と一致していた。一方、アルファルファでは、給与1時間後の第一胃液アンモニア態窒素濃度は、サイレージのアンモニア態窒素の割合を反映していた。アルファルファではCP含量が高いため、給与1時間後ではサイレージのCP溶解性が大きく影響し、一方、チモシーではCP含量が低いため、第一胃液微生物によるCPの分解が第一胃液のアンモニア態窒素濃度に反映したものと推測される。このように、草種またはCP含量の多少によって、CPの溶解性が第一胃液アンモニア態窒素濃度に反映する程度が異なる。

in situ 消化率が低いほど、CPが分解されないで第四胃以降へ流失する割合が高いと考えられているが、*in situ* 消化率の測定は第一胃フィステル装着牛の飼養が必要なため簡便とは言えない。本試験で用いたCPのBP溶解率は、*in situ* 消化率との間に有意な相関が示されたことからCPの *in situ* 消化率を推測する上で有効な指標であると考えられる。

引用文献

- 1) KRISHNAMOORTHY, U., T. V. MUSCATO, C. J. SNIFFEN and P. J. VAN SOEST (1982) *J. Dairy Sci.* 65, 217-225.
- 2) McDonald, P. (1981) *The Biochemistry of Silage*. John Wiley & Sons, Chichester. pp. 137-151.
- 3) 大山嘉信 (1981) 総説：サイレージに関する最近の研究 農学進歩年報 28 49-54.

摘要

高水分と中水分のチモシーおよびアルファルファサイレージ調製時にギ酸およびギ酸・ホルマリンを添加した結果、pHが低く、VBN含量が少ない良質サイレージが調製された。粗タンパク質(CP)の溶解率はアルファルファが高かったが、ギ酸およびギ酸・ホルマリン添加により溶解が抑制される傾向を示した。第一胃液のアンモニア態窒素濃度は、ギ酸・ホルマリン添加区が低かった。また、CPの*in situ*消化率と溶解率との間に有意な正の相関が認められた。

(1994年4月15日受理)