

エンシレージ製造の際の圧搾効果と 蟻酸添加との比較*

須 藤 浩

A Comparison of the Effects between the Crushing of Material and the Addition of Formic Acid on Silage-Making.

Hiroshi SUTOH

(Laboratory of Nutrition and Food, Faculty of Education,
University of Kagoshima, Japan.)

I. 緒 言

埋蔵中の醗酵の好条件の一は、埋蔵物料から浸出した糖分に富む汁液が速かに出て、サイロ内が気密状態になると同時に、乳酸菌が繁殖するのに好都合な状態になることである。従来酸液を添加することについてはすでに述べられ、著者も実験したところであるが、これは埋蔵材料内の pH 値を 3.5~4.0 として酪酸菌や腐敗菌のような望ましくない細菌の繁殖を阻止して、栄養素の分解を防ぎ、品質良好なエンシレージを得ようとしたものである。すなわち積極的な pH 値の調整のみならず、可及的速かにその汁液を一部分細胞外に滲出せしめ、望ましい細菌に栄養素を供給して、その繁殖を促進することである。

実際酸添加の場合は、埋蔵物の沈下（この際一般に滲出液を生ず）が早く、両一日中に行われるのに対して、無添加の場合は 3~4 日目から徐々に行われ、沈下して行く。従つてこの間にも品質の差が生ずると思われる。

このような事実から考えると、材料埋蔵の際、pH 値の点を除いて、埋蔵材料を徹底的に圧搾搗碎して汁液が浸出する程度に至らしめれば、その効果は酸液添加に近い結果が得られるのではないかと推察される。

著者はこの観点からさつまいもつるを材料として、一は蟻酸を添加し、他は無添加として、前者の圧搾程度が、普通なのに対し、他方は材料の搗碎を十分にして、始めから汁液が細胞外に浸出する程度に至らしめた。かくして醗酵の経過並びに製造エンシレージの品質などを化学的に鑑定比較したので、その結果を述べる。

II. 実験材料及び方法

さつまいもつるを 10 月 28 日刈りとつて、3cm 位に切り、一昼夜室内に放置して風乾し 翌日 14 個の $\frac{1}{5}$ ワグネルポットに 3kg 宛埋蔵した。

無添加の (1)~(7) は、そのつめ込みに際して、下より順次棒で強圧し、材料すなわち細胞内の溶

* エンシレージの生化学的研究第 13 報，エンシレージに関する研究第 14 報。

液が外部に浸出する程に搗き込んだ。この状態では空気は殆ど完全に排除され従つて埋蔵直後から重石がよくきく状態にあつた。しかして(1')~(7')における蟻酸添加では薬剤による作用を期待して細胞内の溶液が浸出する程の搗圧を加えず、普通の程度の圧力で行つた。蟻酸液の添加量は 140 cc で、この液の濃度は 80 %蟻酸 160cc に水 2,600cc を加えた稀釈液である。添加の割合は材料 100kg に対し 4.6 l である。この液は pH 値 2.08 であつた。

沈下した後は浸出液を捨てて 11 月 4 日土壌を以て被い重石をした。かくして別表の如く、埋蔵後 1 週間毎に開き（無添加搗碎及び蟻酸添加区を各 1 区宛）分析に附した。試料は何れもでき上り部分の下半分より採取した。

有機酸の定量法は LEPPER 氏法^(1,2)によつた。乳酸は結合をも行つた。

総乳酸の定量法、200cc のエンシレージ浸出液をとり、1:1 硫酸液 5 cc を加え、1 回目に 20 分間で 100cc を蒸溜し（熱源は電熱、廻動式電圧調整器をとりつけて溜出速度を加減した）、中断することなく、第 2 回目 10 分間で 50cc を蒸溜する。これに対する N/20 苛性ソーダによる滴定値（指示薬フェノールフタレイン）をそれぞれ D_1 , D_2 として遊離及び結合酢酸、酪酸の含量を計算する。500cc のフラスコ中には尙 55cc の液が残つてゐるので、これに 2.5cc の濃硫酸と、2.5g の CrO_3 を加えて、逆流冷却器を附して、精確に 5 分間煮沸する。それから逆流冷却器を通して、100cc の蒸溜水を注ぎ、フラスコをもとの装置に連結して、更に 50cc を蒸溜する。そしてフェノールフタレインを指示薬として N/20 苛性ソーダ液を以て滴定する。この値を D_3 とすれば、乳酸は次の式で計算される。

$$M = 5.47D_3 - (0.38E + 0.13B)$$

$$\text{乳酸の\%} = 0.123D_3 - (0.0086E + 0.0029B)$$

かくして得た値より遊離乳酸を控除したものを結合乳酸とした。

一般分析は常法⁽³⁾により、pH 値はポテンシオメーターで測定した。なおビタミン C はインドフェノール色素法⁽⁴⁾によつて定量を行い（還元型のみ定量した）、比較した。

III. 実 験 結 果

埋蔵材料の成分を示せば第 1 表の通りである。

Table 1. Chemical Composition of Sweet Potato vines (Material).

	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	N. F. E. (%)	Crude fiber (%)	Crude ash (%)	True protein (%)	Ratio of True protein to Crude protein
Fresh	85.54	1.42	0.50	7.31	2.88	2.35	1.35	95
Air-dried	12.00	8.65	3.04	44.53	17.50	14.28	8.22	—

また原料さつまいもつるの埋蔵直前におけるビタミン C 含量は 18.2 mg% であつた。

次に粗収量等を示せば第 2 表の通りである。

Table 2. Crude Yield and Density of the Silage.

Date of Opening	No.	Weight		Volume		Density g/cm ³	No.	Weight		Volume		Density g/cm ³
		g	%	cm ³	%			g	%	cm ³	%	
Nov. 4	(1)	2,670	89	3,028	78	0.88	(1')	2,280	76	—	—	—
11	(2)	2,390	80	2,468	64	0.97	(2')	2,085	70	2,131	55	0.98
18	(3)	2,190	73	2,019	52	1.08	(3')	2,333	78	2,355	61	0.99
25	(4)	2,133	71	2,243	58	0.95	(4')	2,385	80	2,355	61	1.01
Dec. 2	(5)	2,250	75	2,131	55	1.06	(5')	2,100	70	2,355	61	0.89
9	(6)	2,355	79	2,243	58	1.05	(6')	2,275	76	2,355	61	0.97
16	(7)	2,352	78	2,355	61	1.00	(7')	2,210	74	2,243	58	0.99

(密度はポットを開いた際のエンシレージが占める容積を以て、エンシレージの重量を除いた商で、容積収量%は埋蔵時の物料が占めた容積を以て、開いたときのエンシレージの占める容積を比較して100分率を以て示したものである。)

各区を開いたときの観察結果は次の通りである。

観 察

No.	状 態	No.	状 態
(1)	容器内を上下に分つてみるに上層は品質劣り熟成の感がなかつた。汁が出て居り間隙はなかつた。	(1')	上、下層とも大差なかつた。粗収量の少ない原因は浸出漏汁が流出したためである。
(2)	成熟したかの感があり、上層にも腐敗した部分があつた。エンシレージ特有の香を有した。	(2')	(2)に比較して圧搾度が強かつた。
(3)	本区は浸出液があがつていながつた。香良好	(3')	上部にカビを生じていた。重石軽きに過ぎた。
(4)	全体的に品質良好の感があつた。	(4')	重石不足の感があつた。
(5)	重石不足の感があつた。	(5')	上層に腐敗部をみた。モルモット嗜食
(6)	上層 1/3 位品質良好でなかつた。	(6')	(6)より品質良好。上層周囲少しカビあり。
(7)	普通	(7')	比較的良好

次に有機酸の定量結果及び pH 値の検定結果を示せば第3表の通りで、一般分析及びビタミン C 等の分析結果は第4表の通りである。

IV. 考 察

pH 値については一般に蟻酸添加区の方が僅かに低かつた。等級の評価では両区とも大差がないか、或は無添加区が総体的に幾分劣るものと判定し得る。

有機酸含量よりみれば、埋蔵後1週間では未だ十分な醗酵が行われず、2週間にして両区とも急に増加したことが判る。そしてその後はあまり増加しない。1週間後の乳酸含量は蟻酸添加区の方が無添加区よりも僅かに少ない。

Table 3. Organic Acid Content and pH Values.

No.	Dry matter (%)	Lactic Acid		Acetic Acid		Butyric acid		Total acid (%)	pH	Evaluation	
		Free (%)	Combnd. (%)	Free (%)	Combnd. (%)	Free (%)	Combnd. (%)			Mark	Class
(1)	15.09	0.31	1.16	0.10	0.09	—	—	0.50 (1.66)	4.52	25	Good
(2)	14.71	0.77	1.36	0.20	0.03	—	—	1.00 (2.36)	4.34	32	//
(3)	17.36	0.77	1.68	0.17	0.06	—	—	1.00 (2.68)	4.17	38	Very good
(4)	17.40	0.77	1.53	0.22	0.03	—	—	1.02 (2.55)	4.02	40	//
(5)	16.22	0.76	1.34	0.16	0.06	—	—	0.98 (2.32)	4.07	40	//
(6)	14.94	0.85	1.36	0.23	0.08	—	—	1.16 (2.52)	4.22	38	//
(7)	15.44	0.71	1.38	0.22	0.06	—	0.00	0.99 (2.37)	4.20	38	//
(1')	16.78	0.26	1.07	0.03	0.10	—	—	0.39 (1.46)	4.50	25	Good
(2')	17.87	0.85	1.37	0.14	0.10	—	—	1.09 (2.46)	3.98	40	Very good
(3')	17.45	0.81	1.44	0.15	0.10	—	—	1.06 (2.50)	4.23	38	//
(4')	15.33	0.89	1.29	0.21	0.08	—	—	1.18 (2.47)	3.88	38	//
(5')	18.80	0.90	1.24	0.18	0.10	—	—	1.18 (2.42)	4.06	40	//
(6')	16.12	0.94	1.51	0.17	0.08	—	—	1.19 (2.70)	4.04	40	//
(7')	17.65	0.91	1.44	0.15	0.11	—	—	1.17 (2.61)	4.00	40	//

ここに評価は GNEIST 氏⁽⁵⁾の鑑定表によつた。() 内数字は結合乳酸を加えたものである。

Figure 1. The Comparison of Process of the Fermentation.

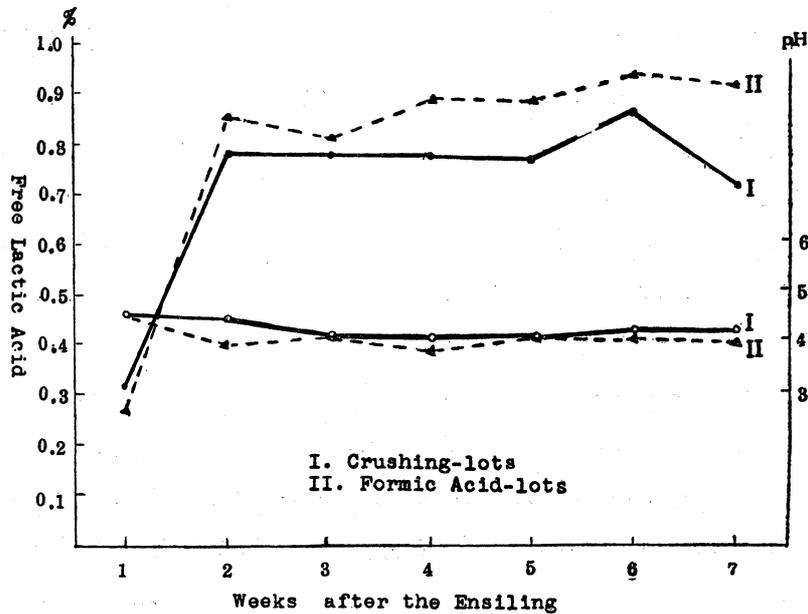


Table 4. Chemical Composition of Silages.

No.	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude ash (%)	True protein (%)	Ratio of True protein to Crude protein	Vitamin C (mg%)
(1)	84.91	1.45	0.62	2.72	1.31	90.3	3.2
(2)	85.29	1.47	0.81	2.40	1.29	87.8	2.7
(3)	82.64	1.75	0.80	2.72	1.43	81.7	—
(4)	82.60	1.64	0.73	2.77	1.30	79.3	—
(5)	83.78	1.53	0.82	2.13	1.22	79.7	—
(6)	85.06	1.43	0.61	1.89	1.16	81.1	—
(7)	84.56	1.55	0.71	2.11	1.24	80.0	—
(1')	83.22	1.65	0.71	2.55	1.52	92.1	2.6
(2')	82.13	1.66	0.63	2.56	1.46	88.0	1.3
(3')	82.55	1.63	0.76	2.90	1.47	90.1	—
(4')	84.67	1.37	0.59	1.90	1.20	87.5	—
(5')	81.20	1.89	0.73	2.72	1.65	87.3	—
(6')	83.88	1.46	0.62	2.18	1.26	86.3	—
(7')	82.35	1.67	0.64	2.56	1.41	84.4	—

RUSCHMANN 氏等⁽⁶⁾は埋蔵材料を圧する際生ずる液量は、水分含量、細切の程度によるのみならず、液の醗酵及びそれにより生ずる酸にも左右される。滲出液は圧力に正比例せず、圧力が高くなる割に液量は増加しないと述べている。BARNETT 氏⁽⁷⁾は草エンシレージの pH 値に及ぼす圧潰の影響について研究しているが、細切した草を材料として糖蜜を加えた場合、乳酸醗酵に及ぼす影響は少なかったという。細切草で製造した三つのエンシレージは、pH 値 4.03, 4.00, 4.13 を示したのに対し、細切することなしに製造したものでは、4.46 であつた。そして細切することにより遊離してきた炭水化物やアミノ酸は糖蜜の代用となり、また乳酸菌の繁殖を盛んにすることを報告している。また⁽⁸⁾埋蔵中の基礎的な反応は可溶性炭水化物の或るものが、乳酸に変わることである。十分な品質のエンシレージでは、乳酸は pH 値を低め、望ましくない副産物を生ぜしめるコリ型の細菌作用を抑制すると述べている。KIRSCH 氏等⁽⁹⁾によると、つめ込む場合には十分に圧搾して、空隙を残さないようにすること、及び加圧によつて醗酵性炭水化物に富んだ汁液を速かに多量につくることが秘訣であるという。LIND 氏⁽¹⁰⁾も亦エンシレージの pH 値は細切乃至滲出した汁液で決定されると述べている。

これによつても植物組織の汁液が乳酸菌の栄養源となり得る状態におくことは大切である。従つてさつまいもつるのような材料では、十分搗碎して汁液を生ずるような状態にすることの効果的であることは、容易に首肯し得るところである。

本実験の物料が、乳酸菌の繁殖に必要な炭水化物やその他の栄養物を圧搾汁として生ずる程度に搗碎されたことは、蟻酸添加などと同程度の効果を生じさせたものと判定することができる。

NASH 氏⁽¹¹⁾はクロバーを主とした 2 番刈草を材料として、一は機械で截断したものをつかい、他はモアで刈つたものを材料として、1 トンにつき 1.5 ガロンの糖蜜を加えた結果、截断の利点はエンシレージの品質がよくなるというよりも、埋蔵の際便利であるという点にあつたと。もつとも截断

区の方が、糖蜜添加区よりもカビが少なかったと述べている。HELLBERG 氏⁽¹²⁾によると、マロウステムキャベツを材料とした場合には、1cm の長さに切つたものと 6.3cm の長さに切つたものとは、短い方が乳酸含量が多く、酢酸、酪酸含量が少なく、またアンモニヤ含量も少なかった。これにより著者が材料を 3cm 位に細切したことは従来の研究よりも、実際応用上よりも妥当だといえる。

ビタミン C は両区とも埋蔵後 2 週間迄は検出できたが、3 週間目には何れも僅少となった。

SCHMIDT-NIELSEN 氏等⁽¹³⁾によると、アスコルビン酸は、酸素が存在するだけで分解する。ミオシール（蟻酸）添加でつくつたエンシレージの圧搾汁にはアスコルビン酸はないと述べている。これらのことから総合して、さつまいもつるエンシレージにおいては、蟻酸を添加しても、しなくても、飼料として使用する場合には、給与期にはビタミン C は余り期待し得ないものと推察される。

蛋白態窒素が非蛋白態窒素に変化する状況については、多少不備な点があつたので、一定の傾向を意義づけることは困難であつたが、考察の指標と考えられる粗蛋白質に対する純蛋白質の比率をみるに、日時の経過につれて、漸次小さくなり、非蛋白態窒素の増す傾向にあつたことは一般の通りであつた。^(14,15)

V. 要 約

良質エンシレージを得る目的で、埋蔵時十分搗碎して植物組織から汁液を滲出させた場合と、普通の圧搾程度にして蟻酸を添加した場合の酸酵経過、成分の変化などを比較するため、さつまいもつるを材料として夫々 7 区宛設けた。埋蔵後 1 週間間隔にそれぞれ 1 区宛開き、品質すなわち pH 値、有機酸の定量、一般分析などを行い比較した。その結果は次の如く要約された。

(1) 埋蔵後 1 週間では無添加区も、蟻酸添加区も十分酸酵せず、pH 値は 4.5 程度であつた。2 週間後においては蟻酸添加区の pH 値は 4.0 以下になつた。3 週間後には両者とも総酸の生成量が略々同じであつた。それ以後余り変化がなかつた。

7 週間を通じての結果を総合すると、遊離乳酸の生成量は添加区が稍々多く、品質が稍々よかつた。

(2) エンシレージの品質は、無添加区では 2 週間迄、蟻酸添加区では 1 週間迄が良、後優の等級に属した。pH 値が 4.5 でも両区とも酪酸の生成をみなかつた。

(3) ビタミン C（還元型）は 2 週間目迄は僅かにみられたが、3 週間目以後は極めて僅少と成るものと推察された。

(4) 収量については、埋蔵後の経過によるはつきりした関係は得られなかつたが、蛋白態窒素の分解が徐々に行われることが知られ、乳酸の生成により、その分解は緩徐になると推察された。

(5) 少くとも本実験のような規模においては材料を十分圧潰して、細胞内の汁液を滲出する程度に至らしめることは、蟻酸添加に匹敵する効果のあることが認められた。

しかし実際サイロに埋蔵する場合は、出来るだけ細切して、十分踏圧するだけで、或る程度この目的を達成することができると思えられる。(Aug. 31, 1955)

文 献

- (1) LEPPER, W.: *L. V. S.* 117, 113 (1933)
- (2) " : *Z. Tierernähr. Futtermittelk.* 1, 147—154, 187—190 (1938).
- (3) Tôkyô-Daigaku-Nôgeikagakukyôsitu: *Nôgeikagaku-Bunsekisyo*, 149—172 (1948).
- (4) Vitamin-Syûdankai: *Vitamin-Hyôzyun- Teiryôhô*, 80—85 (1948).
- (5) GNEIST, K.: (BRÜMMER, E.: zit. *Biedermanns Zbt. Tierernährung*, 12, 98—99, 1940).
- (6) RUSCHMANN, G. et al.: *Z. Tierern. Futtermittelk.*, 4, 89, 106 (1940).
- (7) BARNETT, A. J. G.: *Nature*, 169, 669—170 (1952).
- (8) " : *Biochem. J.* 49, 527—529 (1951).
- (9) KIRSCH, W. et al.: Die Silofuttermittelbereitung nach dem Kaltgärverfahren (1930); Iwata, H. ;
zit. *Siryôgaku-Sôron*, 345 (1949).
- (10) LIND, C.: *Proc. 13 th Intern. Dairy Congr.* 2, 44—8 (1953).
- (11) NASH, M. J.: *Scot. Agr.*, 31, 144—147 (1951—2)
- (12) HELLBERG, A.: *Biedermanns Zbt. B. Tierernähr.* 14, 101—11 (1942).
- (13) SCHMIDT-NIELSEN, S. et al.: *Kgl. Norske Videnskabs. Selskabs. Fork.* 15, 49—52 (1942);
Chem. Zentr. II, 2595—6 (1942).
- (14) REETZ, B.: *Z. f. Tierzücht. u. Züchtungsbiol.* 13, 93—119 (1929).
- (15) CHESNOKOV, V. A. et al.: *Bull. U.S.S.R. Inst. Agric. Microbiol.* (1935).

Summary

In this paper a comparison of effects between the addition of formic acid solution and the crushing of material at the time of ensiling has been made, using sweet potato vines as the material. Organic acids, pH values and chemical composition of the silages made were investigated every week for seven weeks.

The results obtained were summarized as follows:

(1) In a week after ensiling, the vines were not sufficiently fermented in either the formic acid-lot or in the crushing-lot, having a pH of 4.5.

(2) When sweet potato vines were ensiled after crushing them just enough to press sap out of the plant tissue, the effect, was almost the same as the addition of formic acid solution.

And little difference was found in the process of fermentation in both lots.

(3) The reduced form of Vitamin C could hardly be found in the silages in three weeks after ensiling.