

各種材料によるエンシレージ製造*

(プロビタミン A の含量と推移について)

須 藤 浩

Silage-Making of Some green Crops, Waste farm products and Steamed Sweet Potatoes.

(On the Content and the Change of Pro-Vitamin A)

Hiroshi SUTOH

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

I. 緒 言

著者はさきに各種副産物, 野草等によるエンシレージ製造の実験を施行したが,^(1,2)その後行つた二三の材料による実験及びプロビタミン A の含量及び埋蔵中における推移についての研究結果を述べる。

II. 実験材料及び方法

製造法は著者が前諸報にて行つた方法に準じた。

Table 1.

No.	Material	Date of Ensiling	Date of Opening	Duration (days)	Moisture (%)	Oozed juice
1	Green Oat	Apr. 19, 1953	Oct. 26, 1953	190	85.9	+
2	Chinese Milk-vetch	”	Sep. 19, 1953	153	88.8	+
3	Disused Leaves of Mulberry	Oct. 26~7, 1953	March 8, 1954	133	66.3	-
4	Taro Leaves	Oct. 25, 1953	March 6, 1954	132	71.0	+
5	Leaves of Egg plant	”	March 7, 1954	133	74.9	+
6	Green Oat	May 2, 1954	Aug. 28, 1954	118	74.8	+
7	Chinese Milk-vetch	May 1, 1954	Aug. 26, 1954	117	80.5	+

III. 実験結果及び考察

粗収量, 品質等の調査の結果は次の諸表の通りである。

* エンシレージの生化学的研究第14報, エンシレージに関する研究第15報

Table 2. Crude Yield and Quality

No.	Silage	Crude Yield		Density g/cm ³	Evaluation	
		Weight (%)	Volume (%)		Mark	Class
1	Green Oat	47.5	—	1.08	0	Inferior
2	Chinese Milk-vetch	32.1	42.1	0.88	36	Very good
3	Disused Leaves of Mulberry	93.1	73.6	0.81	16	Medium
4	Toro Leaves	67.8	51.2	1.22	27	Good
5	Leaves of Egg plant	73.7	64.7	1.00	16	Medium
6	Green Oat	88.0	72.8	1.08	0	Inferior
7	Chinese Milk-vetch	68.2	66.7	1.07	37	Very good

Table 3. pH Value and Organic Acid Content.

No.	Silage	Acid	Dry matter (%)	Lactic acid (%)	Acetic acid		Butyric acid		Total acid (%)	pH	Ratio		
					Free (%)	Combnd. (%)	Free (%)	Combnd. (%)			(L.)	(A.)	(B.)
1	Green Oat		23.50	0.54	0.02	0.54	0.42	1.28	2.80	5.2	19	20	61
2	Chinese Milk-vetch		20.30	0.48	0.49	0.19	0.03	0.04	1.23	4.2	39	55	6
3	Disused Leaves of Mulberry		31.65	(4.32)	0.01	0.21	0.00	0.01	(4.55)	5.6	—	—	—
4	Taro Leaves		31.12	1.33	0.31	0.39	0	0.01	2.04	4.4	65	34	1
5	Leaves of Egg plant		27.44	(2.69)	0.30	0.90	0	0.04	(3.93)	5.0	—	—	—
6	Green Oat		25.27	—	(1.03)		(1.54)		—	5.9	—	—	—
7	Chinese Milk-vetch		23.57	1.50	0.45	0.10	0.11	0.02	2.18	4.0	69	25	6

各エンシレージの特性を示すと次の通りである。

エンシレージ	色		臭					備考
	エンシレージ	エンシレージ浸出液	堆肥	たばこ	特有酸	芳香	カビ	
1. 青刈えんぱく			—	—	+	—		みずみずしい 触感
2. れんげそう			—	—	+	+		上層周辺に少 しくカビ
3. 桑 葉	8—16—4, 明るいオリーブ	3—11—3, 暗赤茶	—	+	+	+	—	酸味, えご味 あつて大根の 漬物のような である
4. 里 芋 葉	7—15—3, 黄	茶	7—17—5, 暗い黄	—	—	+	+	—
5. 茄子 葉	7—15—3, "	3—14—7, 暗赤味 い橙黄 にぶ黄	—	—	+	+		
6. 青刈えんぱく	7—15—3, "	6—17—4, だいたい (バフ)	+	—	+	+	+	堆肥臭は上部 周縁部
7. れんげそう	7—15—3, "	7—18—6, 赤味黄	—	—	+	+	—	

Table 4. Chemical Composition of Ensiled Materials and Silages (%)

	Ensiled Materials and Silages	Mois- ture	Crude protein	Crude fat	N.F.E.	Crude fiber	Crude ash	True protein	Ratio of True protein to Crude protein	
1. Green Oat	Material	Fresh	85.94	2.31	0.62	5.93	3.63	1.57	—	—
		In the Dry Matter	0	16.45	4.38	42.23	25.78	11.16	—	—
	Silage	Fresh	78.20	2.24	1.48	6.92	8.97	2.19	—	—
		In the Dry Matter	0	10.27	6.79	31.74	41.13	10.07	—	—
2. Chinese Milk-vetch	Material	Fresh	88.75	2.57	0.55	5.58	1.87	0.68	—	—
		In the Dry Matter	0	22.88	4.89	49.55	16.64	6.04	—	—
	Silage	Fresh	81.62	3.81	2.21	6.12	5.26	0.98	—	—
		In the Dry Matter	0	20.73	12.00	33.24	28.63	5.40	—	—
3. Disused Leaves of Mulberry	Material	Fresh	66.34	4.76	2.21	17.58	3.84	5.27	4.35	91
		In the Dry Matter	0	14.14	6.57	52.28	11.41	15.60	12.92	—
	Silage	Fresh	68.35	4.98	2.47	13.96	4.71	5.53	3.69	74
		In the Dry Matter	0	15.73	7.80	44.12	14.88	17.47	11.66	—
4. Taro Leaves	Material	Fresh	70.99	6.68	3.52	12.89	2.97	2.95	5.92	89
		In the Dry Matter	0	23.03	12.13	44.43	10.24	10.17	20.41	—
	Silage	Fresh	68.88	7.85	3.95	11.41	4.38	3.53	4.71	60
		In the Dry Matter	0	25.22	12.69	36.68	14.07	11.34	15.13	—
5. Leaves of Egg plant	Material	Fresh	74.92	6.74	1.26	10.68	2.98	3.42	5.65	84
		In the Dry Matter	0	26.87	5.02	42.59	11.88	13.64	22.53	—
	Silage	Fresh	72.56	6.92	2.47	10.37	4.49	3.19	4.09	59
		In the Dry Matter	0	25.22	9.00	37.79	16.36	11.63	14.91	—
6. Green Oat	Material	Fresh	74.83	3.11	0.70	10.77	7.55	3.04	2.30	74
		In the Dry Matter	0	12.36	2.78	42.78	30.00	12.08	9.14	—
	Silage	Fresh	74.73	2.06	0.86	10.40	8.71	3.24	1.23	60
		In the Dry Matter	0	8.15	3.40	41.16	34.47	12.82	4.87	—
7. Chinese Milk-vetch	Material	Fresh	80.50	4.32	0.75	8.35	4.53	1.55	4.02	93
		In the Dry Matter	0	22.15	3.85	42.82	23.23	7.95	20.62	—
	Silage	Fresh	76.43	5.14	1.90	7.87	6.58	2.08	3.08	60
		In the Dry Matter	0	21.81	8.06	33.39	27.92	8.82	13.07	—

Table 5. The Yield of Nutrients (Constituent changes during the Silage-Making) (%)

	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N.F.E.	Crude fiber	Crude ash	True protein
1. Green Oat	73.7	74.6	46.1	114.0	55.3	117.6	66.5	—
2. Chinese Milk-Vetch	54.3	55.0	47.6	129.1	38.8	90.4	46.9	—
3. Disused Leaves of Mulberry	87.5	85.6	97.4	104.0	73.8	114.1	97.7	78.9
4. Taro Leaves	72.7	71.7	79.6	76.0	60.0	99.9	81.1	53.9
5. Leaves of Egg plant	80.6	82.5	75.7	144.5	71.6	111.0	68.8	53.4
6. Green Oat	88.4	87.6	58.3	108.2	85.0	101.5	93.8	47.1
7. Chinese Milk-vetch	82.4	81.6	81.1	172.8	64.3	99.1	91.5	52.2

本表は上層をも分析試料と同一成分を有するものと仮定して計算したものである。

青刈えんばくでは本実験においては品質良好なものは得られなかつた。水分含量と重石間の関係の重要性が推知された。れんげそうによつては優秀なエンシレージが得られた。COLLINS 氏等⁽³⁾の分類法よりみれば、乾物に対し 18%以上の粗蛋白質を含有するから、極高蛋白エンシレージである。失敗なく良質に製造し得ることは、れんげそうを裏作として栽培することの多い我国にとつて極めて有用なことである。里芋葉も有用な材料であることを重ねて認めた。埋蔵によつてその特有のえご味は完全には除去されていながつたが、家畜は嗜食した。

茄子葉で優良なものが得られなかつたのは、時期が遅れていること、高蛋白含量の材料であること、葉面に微細な土壤塵埃等が附着していることなどが原因をなすものと推察される。桑葉エンシレージの例^(4,5,6,7)はあるが、品質については判りしない。本実験の製品の品質は十分なものではなかつたが、これは無肥料栽培で表皮の硬化していること、乾物含量の高い割合に重石の小さかつたことなどから、早急に気密状態とならなかつたため、高温醗酵をなしたことなどが原因に考えられる。一般に蛋白質に富み利用価値の高い飼料であるから、さつまいもつる等に混合して埋蔵するのが有利と思われる。

エンシレージの浸出液の色を、色の標準に比較して官能による鑑定の資料に供した。桑葉、茄子葉の場合何れも色相数が小で、遊離総酸の定量の際滴定が困難であつた。

臭による品質の鑑定は、試料乾燥の際最もよく分ることを認めた。

IV. プロビタミン A の含量

定量は藤田氏⁽⁸⁾によつて、青刈えんばく、れんげそうエンシレージについて行つた。

定 量 法

試料 20.0g を秤取 (エンシレージ試料を予め細切しておく) →メタノール 30cc を加えて浸出 →更にメタノール 10cc を加えて浸出、これを 4 回繰返す →ベンゾール 10cc 宛を用いて液が無色となる迄浸出 (9 回) →浸出液を定量的に分液ポートに移し、メタノールと等容の水を加えて N₂ を通じてよく振つて静置 →ベンゾール層を共栓試験管に移す。 →減圧下で時々 40~50°C の湯につけて蒸発させて 15cc とする → 5% KOH エタノール 15cc を加え、N₂ を充して室温に一夜放置 → H₂O 30cc を加えて、N₂ を充し、管を軽く動かし、液が分離した後水層と沈澱を吸い出す →ベンゾ

ールと等容の60%メタノールで2回洗う。→H₂O（ベンゾールと等容）で2回洗う→芒硝で脱水→減圧下でベンゾールを蒸発させ、残渣を直ちに約1ccの石油エーテルにとかす。

次に径8mm、長さ180mmのガラス管を用意し、カラムクロマトグラフの装置に入れ、酸化アルミニウムを70mmの高さにつめ、石油エーテルを滴加し、ガラス管の下から石油エーテルが25~30滴/分になるように調節しておく。

酸化アルミナの筒に前に調製しておいた試料液を加え、色素を全部石油エーテルで流しこむ。色素が完全に吸着されたら（上部のみである）、石油エーテルにベンゾールの等量混合液を展開剤として加えて、カロチンを全部流去させる。カロチンが落ちてしまつたら集めておく、クリプトキサンチンは余り下降しないで、吸着層の上端より約1cmの部分に橙色の吸着層をつくるので、この部分を集め、メタノールを用いてクリプトキサンチンを石油エーテルに移す。上の両液を夫々一定容積としてE値を求める。

E値の測定はプルフリツヒ光度計S47に相当する光電比色計フィルターNo.8で行い、液槽の長さ(巾)は10mmのセルを用いた。

計算式：試料agをとり色素液の容積をmcc。これをV倍に稀釈し、5mmのセルでEなる値を得たとき、

検体100g中の含量は次式によつて計算される。

$$\text{総カロチン} = 860 \times \frac{EVm}{a} \quad (r\%)$$

$$\text{クリプトキサンチン} = 650 \times \frac{EVm}{a} \quad (r\%)$$

かくの如くして定量した結果は次表の通りである。

Table 6. Pro-Vitamin A Content of the Silages.

Silage	Total Carotene (mg %)	Cryptoxanthine (mg %)	Total (mg %)
Green Oat	0.56	0.16	0.72
Chinese Milk-Vetch	0.78	0.23	1.01

本実験においては材料のプロビタミンAは定量しなかつたので、埋蔵間における出納状態は分らないのであるが、品質良好にできたれんげそうエンシレージの方が、品質の劣つた青刈えんぼくエンシレージよりも、カロチン、クリプトキサンチンの含量が夫々高かつた。

V. 蒸さつまいもエンシレージ (特にプロビタミンAの推移)

1. 実験材料及び方法. 1953年12月5日収穫したさつまいも単人種を洗い、室内で乾燥した。7日小さいものはそのまま、大きいものは2つ乃至3つに切り、50分間蒸し、冷却後さいの目状にきり、著者の常法により静かに搗き乍ら埋蔵した。埋蔵量4,198gで、3,612cm³、上を円形に切つた清潔な紙で1cm位の厚さに覆い、その上を木製蓋をして、重石のかかるようにした。1954年3月

9日開いて、観察、pH 値の検定、一般分析、収量等を計算した。試料をとつた残りは更に前と同様に封じて、余り重石をかけないで、1954年8月23日に至つて再び開いて、pH 値を検し、有機酸の定量を行い、醗酵の状態を研究した。また材料及びエンシレージのプロビタミンAを定量して、埋蔵間の推移を研究した。

2. 実験結果及び考察

Table 7.

	Nates	
Duration of Ensiling (First Opening)	Dec. 7, 1953 to March 9, 1954	92 days
" (Second Opening)	Dec. 7, 1953 to Aug. 23, 1954	259 days
Colour of Effluent (First Sample)	8—19—3	March 9, 1954
" (Second Sample)	7—18—6	Aug. 23 1954
Taste	Sweet Sour	March 9, 1954
Taste	" (Mild)	Aug. 23, 1954
Crude Yield	Weight 94.7% ; Volnme 90.0%	
Density	1.22 g/cm ³	

Table 8. pH Value and Organic acid content of the Steamed sweet potato silage

	Dry matter (%)	Lactic acid (%)	Aectic acid		Butyric acid		Total acid (%)	pH	Ratio			Evaluation	
			Free (%)	Combnd. (%)	Free (%)	Combnd. (%)			L.	A.	B.	Mark	Class
In 92 day	34.55	0.36	0.14	0.03	—	—	0.53	4.3	68	32	0	32	Good
In 259 day	33.38	0.94	0.07	0.04	—	—	1.05	3.6	90	10	0	34	Very Good

この結果をみるに12~3月間の低温の影響、蒸すことによる一種の滅菌作用並びに十分気密に保たれたことなどにより、草類エンシレージの場合と多少異なる経過をとつたものと思われる。すなわち比較的この間に醗酵が進まなかつたのである。pH 値4.3程度の草エンシレージでは多く酪酸醗酵が起るのが普通であるが、この場合は起らなかつた。冬→春→夏にかけて更に醗酵が進み、pH 値は低くなり、乳酸含量も増加した。

尙原料の組成、エンシレージの組成、その収量等を示せば次表の通りである。

Table 9. Chemical Composition of Steamed Sweet Potato and its Silage (%)

	Moisture	Crude protein	Crude fat	N. F. E.	Crude fiber	Crude ash	True protein
Material	67.09	1.95	0.49	29.04	0.73	0.70	—
In the Dry matter	0	5.93	1.49	88.24	2.22	2.12	—
Silage	65.45	2.01	0.33	30.56	0.92	0.73	1.61
In the Dry matter	0	5.82	0.96	88.45	2.66	2.11	4.66

Table 10. The Yield of Nutrients (%)

	Dry matter	Organic substance	Crude protein	Crude fat	N. F. E.	Crude fiber	Crude ash
In 92 days	99	99	98	64	100	119	98

これによると3ヶ月間(冬期)の埋蔵による損失は極めて少ないことが知られる。これはさつまいもの特性と蒸したことが大きな影響をもつたものと思われる。

プロビタミン A の含量は次表の通りである。

Table 11. Pro-Vitamin A Content of Steamed Sweet Potato Silage

Material and silage	Pro-vitamin A	Total Carotene mg %	Crypto-xanthine mg %	Total mg %	Yield (Per cent)			Dry Matter %
					Total Carotene	Crypto-xanthine	Pro-Vitamin A	
Sweet Potato (Fresh)		0.941	0.295	1.236	—	—	—	—
Steamed Sweet Potato		0.753	0.254	1.007	—	—	—	32.91
Silage	In 92 days	0.645	0.193	0.838	81	72	79	34.55
	In 259 days	0.670	0.120	0.790	—	—	—	33.38

この結果によるとプロビタミン A は蒸すことにより僅かに損失するが、蒸したものについては冬期3ヶ月間埋蔵しても、プロビタミン A は約80%が保持される。その後5ヶ月位はカロチンの含量レベルも、クリプトキサントフェンの含量レベルも大なる変化がないものと推察される。

上述のことから蒸さつまいもエンシレージは家畜への利用のためには勿論、一般貯蔵法としても有意義にして有用な方法であると判定することができる。

VI. 要 約

(1) 青刈えんばく、れんげそう、晩秋の桑葉、里芋葉、茄子葉、蒸さつまいも等のエンシレージを製造し化学的分析により品質の鑑定を行つた。

(2) れんげそうは高蛋白含量の材料であるにも拘らず、良質のエンシレージが得られ易いことを認めた。

(3) 残桑葉(晩秋)は牧草の場合よりも、表皮の特性、高蛋白含量等のため、埋蔵技術が六ヶしいことを認めた。

(4) れんげそうエンシレージ及び青刈えんばくエンシレージのプロビタミン A の含量はそれぞれ1.01, 0.72 mg %で乾草に比して高いことを認めた。

(5) 蒸さつまいもエンシレージは草類エンシレージ等とは多少異つた醗酵経過をとるものと推察された。

(6) 蒸さつまいもエンシレージの埋蔵3ヶ月後及び8ヶ月後のプロビタミン A 含量はそれぞれ0.84, 0.79 mg %であつた。すなわち埋蔵3ヶ月後においても約80%保持されることを認めた。さ

つまいも貯蔵利用の一法であることを認めた。(Aug. 31, 1955)

研究上種々御助言と御援助とを賜つた九大教授岩田久敬博士に深謝すると共に、プロビタミン A の定量について勞を煩した岩田研究室の中谷、林田両氏に感謝の意をあらわす。

文 献

- (1) SUTOH, H.: *Sci. Bull., Fac. Agric., Kyushu Univ.*, **13**, (1~4), 185~189 (1951)
- (2) " : *Bull. Educ. Research Inst., Fac. Educ. Univ. Kagoshima, Japan*, **5**, 152~158 (1953).
- (3) COLLINS, F. C. et al.: *Agriculture: J. Minist. Agr.* **59**, 367~71 (1952)
- (4) YOKOKAWA, : *Sansi Nippon*, **13**, (11) (1941)
- (5) IKAZAKI, : *Sansi no Hikari* **22** (311), (1933)
- (6) Tikusan-Sikenzyô: *Nenpô* 6 (1939); 7 (1940); 8, 185 (1942)
- (7) NAKAMURA, R.: *Nippon-Tikusangakkai-Kôen* (1949)
Tikusan no Kenkyû, In'yô, **4**, 705~6 (1950)
- (8) FUJITA, A.: *Vitamin A. D.* 138~146 (1950)

Summary

Small scale experiments of silage-making were carried out in Wagner's pots with green oat, chinese milk-vetch, disused leaves of mulberry, taro leaves, leaves of egg plant and steamed sweet potato for the purpose of estimating their value as the material of silage, finding the direction for ensiling them, and also estimating the nutritive value of the silage made.

(1) It was found that the satisfactory silage was easily prepared from chinese milk-vetch notwithstanding its high protein content, but not prepared from the disused leaves of mulberry in late Autumn owing to their peculiar hard epidermis and relatively low moisture content, and from disused leaves of egg plant.

(2) The silage from the disused leaves of mulberry in late Autumn had a high pH 5.6, and contained dry matter 31.65, organic matter 26.12, crude protein 4.98, crude fat 2.47, N-free extractives 13.96 and crude fiber 4.71 per cent.

It seemed desirable that the leaves should be ensiled as a mixture to sweet potato vines or other grass.

(3) Pro-vitamin A content was 1.01 mg per cent in chinese milk-vetch silage and 0.72 mg per cent in green oat silage.

(4) It was observed that the process of fermentation of steamed sweet potato was more or less different from that of grass silages.

The steamed sweet potato silage had the following properties after the storage for eight months: pH 3.6, free lactic acid content 0.94 and butyric acid content 0 per cent.

(5) Pro-vitamin A content in the steamed sweet potato silage was 0.84mg per cent in three months and 0.79 mg per cent in eight months of the storage. And about eighty per cent of pro-vitamin A was preserved in three months of the storage.