

## ステビアの基礎乾燥特性

田原迫昭爾・田中俊一郎・翁長良三\*

(農業機械学第二研究室)

昭和 59 年 8 月 10 日 受理

### Fundamental Drying Characteristics of Stevia, *Stevia rebaudiana* Bertoni

Shōji TAHARAZAKO, Shunichiro TANAKA and Ryōzo OUNAGA

(Laboratory of Agricultural Machinery II)

#### 緒 言

最近、砂糖や人工甘味料に対し、健康上の問題点が指摘されるようになった。このような背景の下で、ステビアは天然甘味料として栽培面積をひろげつつあり、特に南九州畑作地帯では、契約栽培を主にしてこの傾向が顕著である。

ステビア<sup>1)</sup>は南米パラグアイ原産のキク科の多年生植物であるが、その乾燥葉中に甘味成分であるステビオサイドが 6～7% 含まれており、甘味度は砂糖の約 300 倍といわれ、また人体に対する安全性も確認されている。

ステビアを生産する場合、その品種の選定や、省力的な栽培法を確立することが必要であるが、現在栽培規模の拡大を阻んでいるのは乾燥調整作業である。ステビアは乾燥葉として取引されているが、その葉は収穫後急速な乾燥ができない場合、または乾燥途中に降雨や夜露などで吸湿した場合、直ちに褐変し、商品的価値をほとんど失うからである。

現在は晴天日にかぎり刈取りを行い、急な降雨や夜露などをさけるため、ビニールハウス内で天日乾燥を行っているが(約 2～3 日)乾燥面積を広く要するため(栽培面積の約 1/2 程度)一時的に大量の収穫ができないのが実態である。一方、一部では市販の乾燥機を使用しているが、ステビアを堆積して通気した場合、その形状が原因となって乾燥むらが多く均一乾燥が技術的に困難な上、乾燥熱効率が低く乾燥葉 1 kg 当り 100 円程度の燃料費を必要とし経済上実用性がない。

本報はステビア用人工乾燥調整システムの開発に先立って、ステビアの基礎乾燥特性を実験した結果についての報告である。

本研究は農業機械学会 昭和 59 年 年次大会で発表した。

\* 現在日立プラント建設(株)(Hitachi Plant Engineering & Construction Co., Ltd.)

#### 実験装置と方法

##### 1. 供試材料

供試したステビアは、2 回目の収穫期(9 月中旬)のもので、葉の平均寸法は 29×50 mm、茎の平均直径 4.5 mm で第 1 回収穫のものに比べ幾分小さかった。今後予想される乾燥方法を考慮して、葉がついたまま 10 cm に切断したもの(茎葉混合)、葉のみで茎を含まないもの、10 cm に切断した茎のみのものの 3 形体に分けて供試した。

##### 2. 乾燥特性測定実験装置

Fig. 1 に乾燥速度測定装置を示す。①は循環式恒温乾燥器(内寸 450(W)×450(D)×450(H) mm)、②金網製トレイ(105(W)×105(D)×30(H) mm、10メッシュ)、③自動上皿天秤、④零点補償器、⑤ペンレコーダである。試料を約 10 g ずつ 6 個のトレイに入れ、恒温乾燥器内の風速を 0.1 m/sec、熱風温度を 40、50、60、70℃ の 4 条件で乾燥し、試料の経時含水率および葉温変化を求めた。含水率は試料の質量変化を天秤で測定して求め、葉温は  $\phi 0.3$  mmT 熱電対とペンレコーダで測定した。

##### 3. 平衡含水率測定装置

平衡含水率を測定する方法は種々あるが、今回は飽和塩を使用して測定した。測定装置を Fig. 2 に示す。①はデシケーター、②は供試材料のステビア、③は飽和塩である。Table 1 に飽和塩および得られる平衡相対

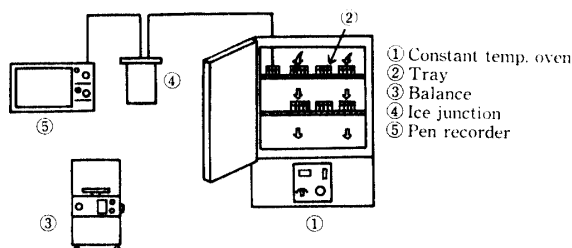


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

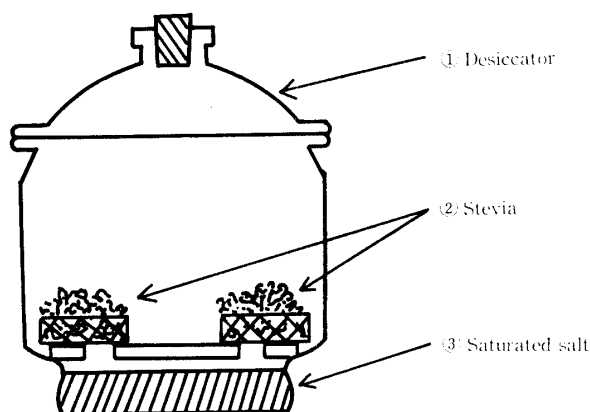


Fig. 2. Schematic diagram of experimental apparatus for determining equilibrium moisture contents of Stevia.

Table 1. Equilibrium relative humidity of the saturated salt solutions

Saturated salt solution	Equilibrium relative humidity %
$\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	92
$\text{NaCl}$	75
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	53
$\text{MgCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	33
$\text{LiCl}$	15
$\text{ZnCl}$	10
$\text{NaOH}$	5.5

湿度<sup>2)</sup>(%)を示す。

測定は乾燥したステビアを使用し、デシケータの環境温度を約 20℃ に保ち、供試後 24~36 日後にとり出して含水率を測定した。

## 結 果

### 1. 各熱風温度ごとの含水率の経時変化

ステビアの湿量基準含水率および葉温の経時変化を

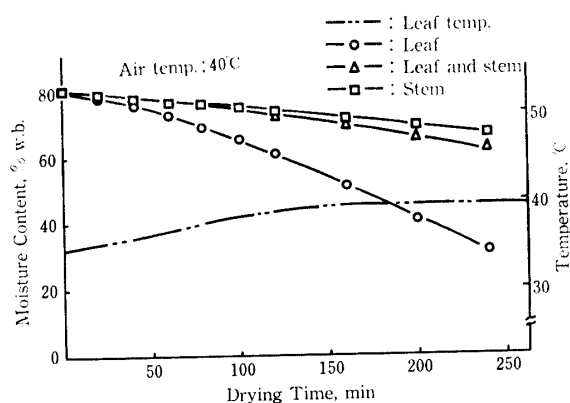


Fig. 3. Drying data for Stevia.

Fig. 3~6 に示す。

### 2. 乾燥特性曲線

実験結果から各熱風温度ごとに葉および茎葉混合の

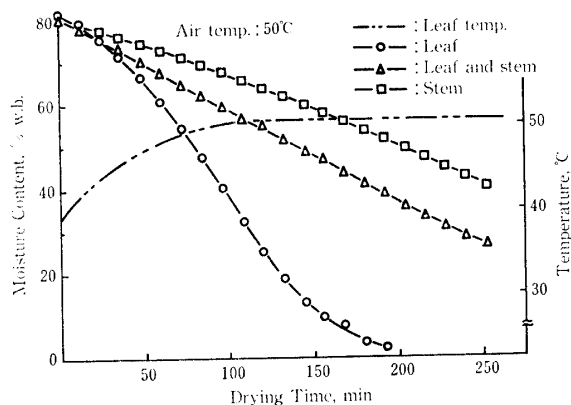


Fig. 4. Drying data for Stevia.

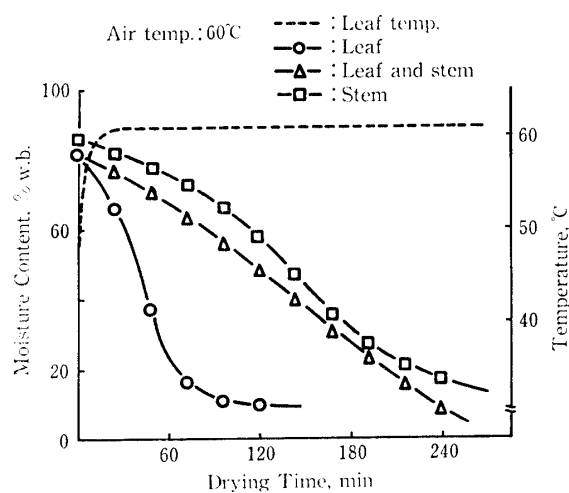


Fig. 5. Drying data for Stevia.

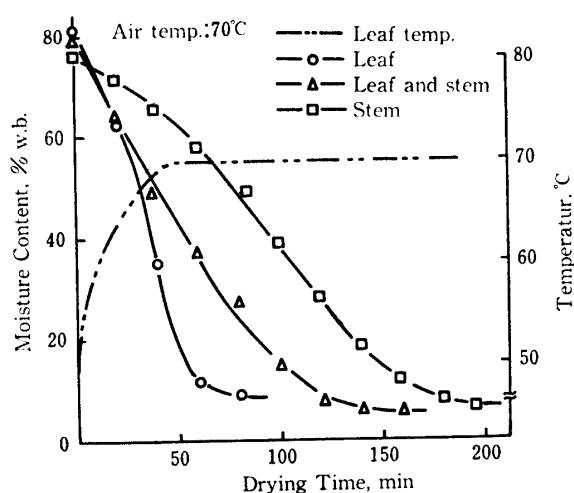


Fig. 6. Drying data for Stevia.

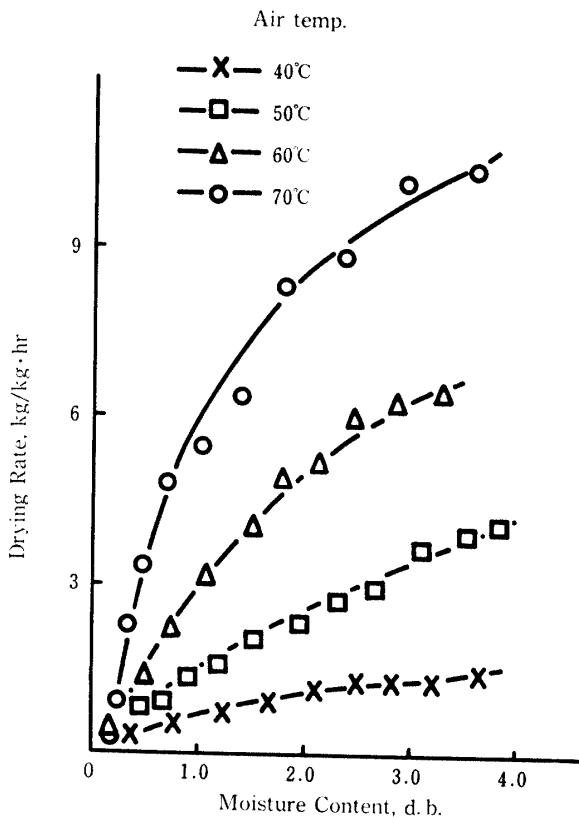


Fig. 7. Effect of air temp. on drying rate of Stevia leaf.

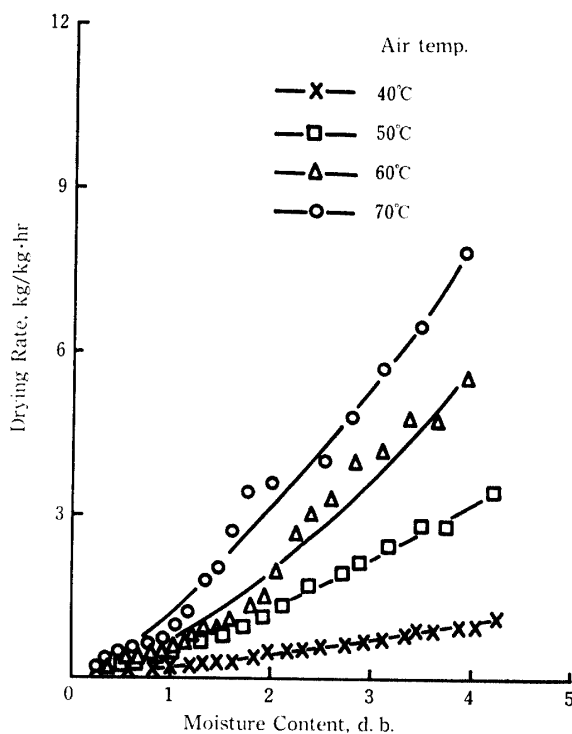


Fig. 8. Effect of air temp. on drying rate of the whole Stevia.

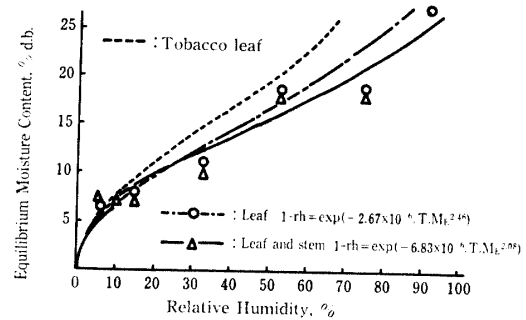


Fig. 9. Equilibrium moisture content curves of Stevia.

場合の乾量基準含水率対乾燥速度の関係を求めた結果を Fig. 7, 8 に示す。

### 3. 平衡含水率

ステビアの葉および茎葉混合における各相対湿度と静的平衡含水率を求めた結果を Fig. 9 に示す。

## 考 察

### 1. ステビアの基礎乾燥特性

Fig. 7, 8 および Fig. 10 に示すように熱風温度 40～70℃の範囲におけるステビアの乾燥特性曲線は、葉のみの場合は上方に凸の型となり乾燥しやすい状態を示しているが、茎のみの場合は逆に下方に凹の型となり、乾燥しにくいことを示している。切断した茎葉混合はその中間の型を示し、減率期間ではその乾燥速度は含

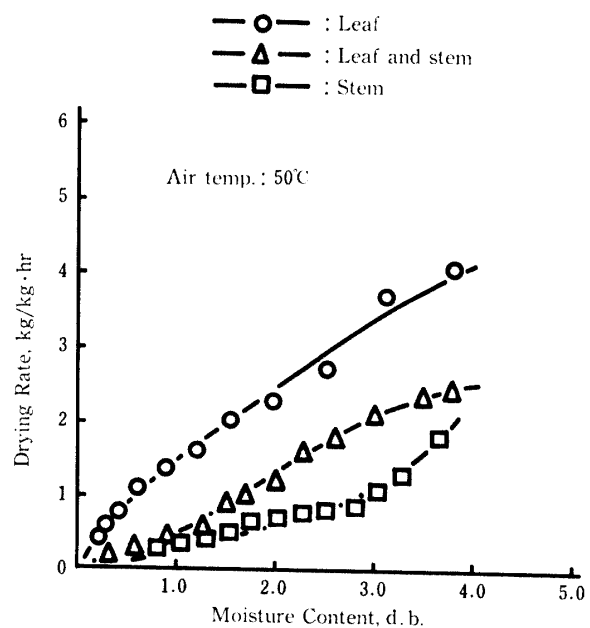


Fig. 10. Drying rate curves for each part of Stevia.

水率にほぼ比例して減少することが明らかになった。  
したがって熱風乾燥では、できるだけ茎を含まない乾

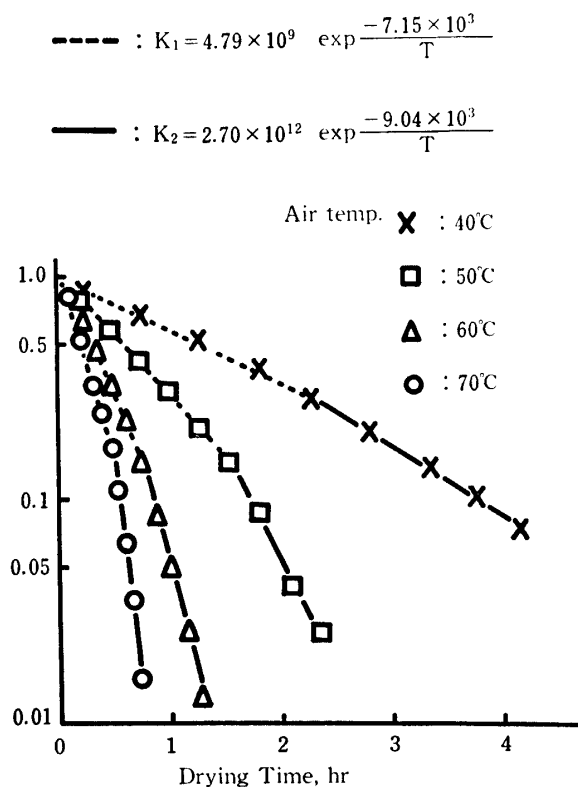


Fig. 11. Semi-log plot of  $(W-WE)/(WO-WE)$  vs. drying time for Stevia leaf.

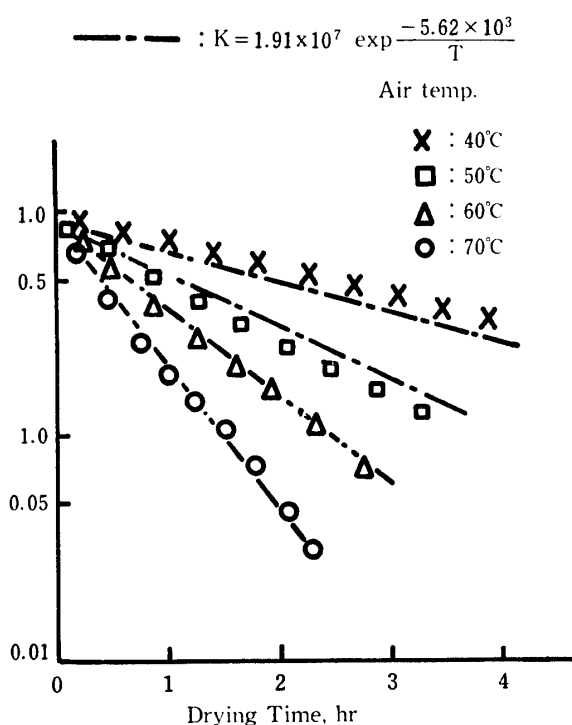


Fig. 12. Semi-log plot of  $(W-WE)/(WO-WE)$  vs. drying time for the whole Stevia.

Table 2. Drying constants in the air temperature range varying from 40°C to 70°C

Air temp. °C	Leaf		Leaf and stem		Stem	
	A	K	A	K	A	K
40	1.06	0.5560	0.99	0.2766		
50	1.06	1.2030	0.98	0.6839	0.99	0.1882
60	1.10	2.6100	0.98	1.0976	0.99	0.3918
70	1.17	3.9200	0.98	1.8136	0.99	0.7284

燥方式を採用するのが望ましい。

## 2. 熱風温度と乾燥速度

農産物を通気乾燥する場合、減率乾燥期間では Allenius の拡散方程式を解いて得られる次の近似式<sup>3)</sup>が適用できる。

$$(W-WE)/(WO-WE) = Ae^{-K\theta} \dots \dots \dots (1)$$

ここで  $WO$  は乾量基準初期含水率,  $W$  は任意時間の乾量基準含水率,  $WE$  は乾量基準動的平衡含水率であり,  $A$  は材料の形状による定数,  $K$  は材料の乾燥状態を表わす定数 (乾燥定数) で  $\theta$  は乾燥時間である。

Fig. 11~12 は葉および茎葉混合の場合の含水率比曲線を対数目盛の縦軸に自由含水率比  $(W-WE)/(WO-WE)$  を横軸に乾燥時間  $\theta$  をとって示したものである。乾燥特性曲線が上方に凸である葉の場合は変位点が認められるが、茎葉混合の場合はほぼ直線的と見なされる。Fig. 11, 12 および式 (1) から  $A$  および  $K$  を指数回帰分析して求めた結果を Table 2 に示す。

次に各試料の乾燥定数  $K$  と乾燥絶対温度  $T$  (外気温度 25°C 相対湿度 70% から加温) との間に以下の実験式が得られた。

葉のみの場合

$$K_1 = 4.79 \times 10^9 \exp(-7.15 \times 10^3/T) \dots \dots (2)$$

$$K_2 = 2.70 \times 10^{12} \exp(-9.04 \times 10^3/T) \dots \dots (3)$$

茎葉混合の場合

$$K = 1.91 \times 10^7 \exp(-5.62 \times 10^3/T) \dots \dots (4)$$

## 3. 葉および茎の乾燥における変位含水率

葉および茎はその減率乾燥過程において変位点が認められるが、その変位点における含水率  $W$  と熱風の絶対温度  $T$  との間に次の実験式が得られた。

葉の場合

$$W_f = 2.55 - 0.00477T \dots \dots \dots (5)$$

茎の場合

$$W_f = 6.48 - 0.0169T \dots \dots \dots (6)$$

## 4. ステビアの平衡含水率

農産物の静的平衡含水率と環境空気温度、相対湿

度との関係を表わすものとして, Henderson<sup>4)</sup> が次式を導いている.

$$1-rh=e^{-CTM_E^n} \dots\dots\dots (7)$$

ここで  $rh$  は相対湿度,  $T$  は絶対温度 ( $^{\circ}K$ ),  $M_E$  は乾量基準静的平衡含水率,  $C$  および  $n$  は材料により定まる定数である.

ステビアの葉および茎葉混合それぞれについての平衡含水率と相対湿度との関係は, 破線で示されるたばこ葉の平衡含水率曲線によく似ており, 次の実験式を得た.

葉の場合

$$1-rh=e^{-2.07 \times 10^{-6} T \cdot M_E^{2.46}} \dots\dots\dots (8)$$

茎葉混合の場合

$$1-rh=e^{-0.89 \times 10^{-6} T \cdot M_E^{2.08}} \dots\dots\dots (9)$$

## 要 約

ステビアの基礎乾燥特性を実験によって求めた. 得られた結果は次のように要約される.

1. 葉, 茎および茎葉混合の乾燥特性はそれぞれ上方に凸型, 下方に凹型, その中間型を示し, その乾燥速度はほぼ含水率に比例して増加した (Fig. 7, 8).
2. 各空気温度ごとに, ステビアの含水率比曲線と

乾燥所要時間を図示し, その乾燥定数を求めた (Table 3, Fig. 11, 12).

3. ステビアの乾燥定数と空気温度との間に実験式を得た (式 2~4).

4. ステビアの乾燥過程における変位点の含水率と空気温度との間に実験式を得た (式 5, 6).

5. ステビアの平衡含水率曲線を図示し, その実験式を求めた (Fig. 9, 式 8, 9).

**謝辞** 本研究を行うに当たり, 本学農学科林 満講師に御助言をいただいた. また実験は本学学生浜崎勇一君 (現在 日立運輸株式会社勤務), 町田俊子技官の助力を得て行った. さらに実験試料はステビアジャパン株式会社から提供していただいた. ここに付記して謝意を表する.

## 文 献

- 1) 片山 脩・住田哲也・林 紘司・三橋 博: ステビア実用化と研究開発データ. p. 61-74, アイ・エス・ユー(株), 東京 (1976)
- 2) 宮部宏編: 材料と水分ハンドブック. p. 240-258, 共立出版, 東京 (1968)
- 3) Henderson, S. M., Perry, R. L.: Agricultural Process Engineering. p. 314, The AVI Publishing Company Inc., Connecticut (1976)
- 4) *ibid.*, p. 308.

## Summary

Some drying characteristics of Stevia were measured experimentally. The results obtained are as follows.

1. The drying characteristics of leaf, stem and, mixture of leaf and stem for Stevia showed the 1st type of convex opening downward, the 2nd type of concave opening upward and the intermediate type of the first and the second, respectively; and the drying rates of these increased in proportion to the moisture contents (Fig. 7, 8).
2. The moisture ratio curves of Stevia fixed at each air temperature were shown graphically, and the drying constants of Stevia were obtained (Table 3, Fig. 11, 12).
3. The drying constants of Stevia were made to be related to the absolute temperature of air by the experimental equations (2)~(4).
4. The moisture contents at the inflection points of Stevia during drying were made to be related to the absolute temperature of air by the experimental equations (5), (6).
5. Equilibrium moisture curves of Stevia were shown graphically, and these curves were expressed by the experimental equations (Fig. 9, eq. 8, 9).