

## バナナ樹液採取法の検討および樹液の除錆効果

田中 孝国<sup>1\*</sup>, 原田 みりあ<sup>1</sup>, 出川 強志<sup>1</sup>, 桑原 敬司<sup>2</sup>, 武 成祥<sup>1</sup>

<sup>1</sup>小山工業高等専門学校 物質工学科 (〒323-0806 小山市中久喜 771)

\*tanakatakuni@oyama-ct.ac.jp

<sup>2</sup>長岡技術科学大学 生物機能工学専攻 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

### Investigation of banana sap collection method and sap's effect on rust elimination

Takakuni TANAKA, Miria HARADA, Tsuyoshi DEGAWA, Takashi KUWAHARA  
and Seisho TAKE

National Institute of Technology, Oyama College  
(771 Nakakuki, Oyama City, Tochigi 323-0806, JAPAN)  
Nagaoka University of Technology, Department of Bioengineering  
(1603-1 Kamitomioka, Nagaoka, Niigata 940-2188, JAPAN)

(Received April 12, 2024; Accepted May 22, 2024)

This study was conducted with the objective of effectively utilizing banana sap. First, an efficient method of collecting sap from banana stems was studied. After crushing the stems, sap was obtained by pressing. The sap obtained was centrifuged for coarse separation. Seventy percent of the sap was obtained by weight from the stems. The concentration of oxalic acid (salt) in the sap was determined to be about 640 [mg/kg<sup>-1</sup>] by titration with sodium hydroxide and about 900 [mg/kg<sup>-1</sup>] by redox titration. As compared to other food products, the results suggested that the liquid contained high concentrations. The results of the experiment in which the rust sample was immersed in sap showed that the rust-removal effect could be visually confirmed; at the same time, the elution of rust into the sap could be observed by the change in turbidity. These results indicate that banana sap has a rust-removing effect.

**Key words:** banana sap / oxalic acid / rust

#### 1. 背景

バナナは樹ではなくバショウ科バショウ属に属する大型の草本植物草であり、熱帯域を中心に世界の広い範囲で栽培されている作物である。バナナは成長が早く、数か月で高さ約 5 [m]、茎の直径は約 30 [cm] まで成長する。一度収穫すると二度と実がなることが無く、収穫後は新芽を育てるために茎を伐採する必要がある。収穫後の葉、茎、

含有されている大量の水分は、年間で 10 億トン以上排出されている[1]。フィリピンの大型農園の一部はバナナ採取後の残渣をメタン発酵することにより発電の取り組みを行っているが、その他の農園では未利用のまま放置もしくは、焼却処分されていることが多い。これまで、バナナの葉や茎については再利用法が検討されており、葉は抗菌性を持つことから食物の包装や蒸し焼きする際の包み紙、タバコの巻紙、など包装材として主に使用されている[2]。

バナナの茎は、バナナクロスというバナナ繊維を 10~30% の割合でコットンと混紡して製糸する方法が確立されている。通常、1 本 25 kg あたり 500~750g の繊維を採取することができ、ジャケット、トートバッグなどの製品が市販されている[3]。近年では、繊維に化学修飾を施し[4]、環境浄化用の水処理フィルターとしての開発も実施されている[5]。

その一方で、バナナに大量に含まれる水分(以降、表現を樹液とする)は使用目的の無い廃棄対象である。バナナの茎は、約 70~80 [重量%] の樹液を含んでいるとされ、伐採で年間約 10 億トンの樹液が使い道なく廃棄されているのが現状である[4,5]。この樹液は、バナナ果実中にも含まれているシュウ酸塩等が高濃度で含有されていることが判明しているが[6]、その濃度や有効利用法については、未検討のままであった。

本研究では、バナナの茎から効率的に樹液を採取する方法を検討し、樹液中のシュウ酸濃度を分析すると同時に、その利用法について基礎的な検討を実施した。

## 2. 実験

### 2-1 樹液の採取方法

バナナの茎からの効率的な樹液の回収法について検討した。バナナの茎は、幅 20~30 [cm]、高さ 4~5 [m] の大きさのため、提供先から 30~50cm ずつノコギリで切断された状態(Fig. 1)で提供されるが、樹液を採取するためには更に破碎する必要がある。そこで、茎をノコギリやキッチンばさみ、ハンドブレンダーを併用して、約 1~2 [cm] の細片になるまで手で破碎した。破碎した茎片は大型の手動圧搾器(坂井精工、SA18-8 餃子絞り器)を用いて圧搾し、樹液を得た。同時に、バナナの茎の水分含量についても測定した。細片を秤量済みのルツボに入れ、乾燥器(50°C)に重量が変化しなくなるまで 3 日間設置し、変化量から含量を計算した。



Fig. 1 提供されたバナナの茎

### 2-2 樹液の粗精製法の比較実験結果

得られた樹液は浮遊物が観察されたため、粗分離を実施した。プフナーロートおよびろ紙 (直径 70[mm], 最大孔径 20~25 [ $\mu\text{m}$ ])による吸引ろ過および、遠心分離 (活性汚泥中のフロック除去の条件を参考に 3000 [rpm], 10 [min]を設定した)を実施し、分光光度計(O.D.660 [-], 以降濁度)による濁度の変化により簡易評価した。尚、樹液の pH は 7.0 ~8.0 の間であり、中性であった。

### 2-3 シュウ酸塩濃度等の測定方法

粗精製した樹液のシュウ酸塩等の濃度測定は次の方法でそれぞれ実施した。まず、水酸化ナトリウムによる滴定を実施した。0.050 [ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ] シュウ酸標準溶液を調製後に、フェノールフタレイン溶液を指示薬とし、0.10 [ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ] の NaOH 水溶液で滴定し、水酸化ナトリウム水溶液の滴下量からシュウ酸濃度を求めた。今回は、このシュウ酸標準液と樹液を置き換えて滴定することで、樹液中のシュウ酸塩濃度等を求めた。

続いて、硫酸を樹液に加え、過マンガン酸カリウムを用いた酸化還元滴定によりシュウ酸塩濃度等の濃度を測定した[7]。

### 2-4 錆サンプルの浸漬の実験方法

樹液の除錆評価をする前に、学内に放置されていた錆の生じた金属サンプルを樹液に 3 日間浸漬し、視認により除錆効果を確認した。その結果、樹液が濁ると同時に錆サン

ブルに除錆効果が視認できた。その一方で、実験中に樹液中に白カビ状の浮遊物が確認された。臭気などから樹液中の成分が腐敗したことが考えられた。

これらの結果より、樹液の除錆評価試験を以下の通りに実施した。鉄片(純度 99.5%, ニラコ FE-223469)を入手し、錆びやすい濃度とされている 3.0%の NaCl 水溶液を噴霧し、人工的に錆を生じさせた錆サンプルを作製した[8]。続いて、粗精製した樹液 100 [mL] を入れたビーカーに 25°C 下で錆サンプルを浸漬し、毎回 2 [mL] ずつ樹液を採取し、分光光度計で濁度の変化を測定した。同時に、樹液のみの場合の濁度変化と比較し、樹液が及ぼす錆への影響について評価した。今回の錆サンプルの浸漬実験中は、樹液の攪拌などの操作は実施していない。尚、樹液は放置すると腐敗して濁度に影響を及ぼすことが判明したため、実験開始前に樹液を 10 分間煮沸する処置を実施した。

### 3. 結果および考察

#### 3-1 樹液の採取およびバナナ茎中の水分量

2-1 の通り、提供された茎を細片化し、絞り器を用いて圧搾し樹液を得た。細片化前にも茎から樹液は滲出しており、薄茶色～茶色で草の匂いを持っていた。圧搾は 12 時間実施した。圧搾後に得られた樹液は茶褐色であり、浮遊物や沈殿物(砂など)が観察された。細片化の道具として、他にハンドミキサーや高速回転型のミキサーも併用したが、茎が強度の高い繊維質であったことから、ミキサーのプロペラ部分に繊維がからまり、その除去などの操作に長時間要したことから、これらの道具は不採用とした。

今回の圧搾で得られた樹液は約 70±15 [重量%] (サンプル数 3)、文献では約 70~80 [重量%] であったが、乾燥基準含水率は以下の式(1) [9] により 93.1±0.3 [重量%] (サンプル数 5)であったことから、圧搾を実施すると樹液をより多く採取可能であることが判明した。

$$\text{乾量基準含水率(\%)} = \frac{[(\text{乾燥前の重量} - \text{乾燥後重量}) \div \text{乾燥後の重量}] \times 100 \quad \dots (1)}$$

#### 3-2 樹液の粗精製法の比較

吸引ろ過と遠心分離における濁度の変化を比較した (Table 1)。ろ過前(3.01 [-])と比較すると、ろ過 2 回後(0.31 [-])は約 1/10 まで濁度を低下させることができた。しかし、ろ紙の目詰まりにより 100 [mL] 樹液のろ過に約 2 時間要したため、別の手法として遠心分離を採用した。遠心分離の結果、吸引ろ過と同程度の濁度が短時間で得られ、1 回に 200 [mL] 処理可能であったことから(遠心分離機内のロータが 50 [mL]×4 カ所)、以降の粗分離は遠心分離を採用した。遠心分離で回収した沈殿物は、茶褐色の物質(未分析)と砂を含んでいた。

Table 1 粗分離の結果 (サンプル数=5)

	100 [mL] サンプル作製 に要した時間 [min]	濁度 [-]
未処理	—	3.01 ± 0.15
ろ過 1 回	60 分以上	0.49 ± 0.02
ろ過 2 回	120 分以上	0.31 ± 0.01
遠心分離	10 分以上	0.36 ± 0.01

#### 3-3 樹液中のシュウ酸塩濃度等の測定

シュウ酸塩濃度等の分析結果を Table 2 に示した。今回の分析結果から、樹液中にはシュウ酸塩等が存在していることが示唆された。一般にシュウ酸は植物の生体内では、塩類の形をしているとされていることから[10]、バナナでも同様であることが判明した。樹液中におけるシュウ酸塩としての構造については不明である。樹液中に不溶性の結晶形で存在している場合、デジタルマイクロスコープ(倍率 100~1000 倍)で視認可能との報告があることから[10]、今後画像確認も進める。

Table 2 樹液中に含まれるシュウ酸塩濃度等  
(サンプル数=10)

試薬	濃度 [mg · kg <sup>-1</sup> ]
NaOH 滴定	640.0 ± 32.0
酸化還元滴定	900.0 ± 190.0

続いて、今回得られたシュウ酸塩濃度等の分析結果を他の食品と比較した(Table 3)。他の食品と比較すると、ハウレンソウの約 1/12、バナナ果実の 1/8、チョコレートの約 1/2、緑茶と同量、コーヒーの 2 倍であり、液体としては高濃度でシュウ酸塩等が含有されていることが判明した。

Table 3 食品におけるシュウ酸(塩)含有量 [11]

食品	含有量 [mg · kg <sup>-1</sup> ]
ほうれん草	7700
バナナ果実	5000
レタス	3300
ブロッコリー	1900
緑茶	600
コーヒー	330

### 3-4 樹液の及ぼす錆への影響

シュウ酸やシュウ酸塩を含む水溶液は、染料の原料、木綿などの漂白剤、各種化学薬品の原料として、多方面に用いられている。特に金属処理分野において除錆や脱スケールなどに用いられてきた[12]。シュウ酸や水溶性のシュウ酸塩は腐食性があるため、酸化鉄の層である錆(アルカリ性)に対して接触させると中和反応が起き、除錆効果が見られることが知られている[12]。この効果を樹液でも得られるか検証するため、続いて塩水で錆を生じさせたサンプルの浸漬実験を実施した (Fig. 2, 3、Table 4)。

浸漬実験の結果、Fig. 2 および 3 より、錆サンプルは樹液に浸漬しただけで、除錆されていることが判明した。また、樹液のみと濁度変化と錆サンプルを浸漬させた樹液の濁度の変化に違いが見られた(Table 4)。この結果から、樹液には除錆効果があり、その効果は煮沸しても失われるものではないことが判明した。ただし、樹液のみの場合であっても濁度の値は上昇を続けていたことから、樹液の腐敗や水溶液中における何らかの生化学もしくは化学変化の進行が示唆された。今後、この現象を詳細に解明するために、経時的な過マンガン酸カリウム滴定による酸化還元滴定や、錆サンプルの表面観察等を電子顕微鏡等によって実施する。また、実施の際は、無菌条件下で行い、温度など

のパラメータについても管理する。



Fig. 2 作製した錆サンプル(樹液浸漬前)



Fig. 3 樹液に 2 日間浸漬後の錆サンプル

Table 4 煮沸した樹液および錆サンプルを浸漬した樹液の濁度変化 (Sample 数=3)

浸漬時間 [hr]	樹液のみ 濁度 [-]	錆サンプル入り 濁度 [-]
0	0.03 ± 0	0.03 ± 0
24	0.03 ± 0.01	0.06 ± 0.02
48	0.07 ± 0.04	0.15 ± 0.03
72	0.08 ± 0.04	0.18 ± 0.03
96	0.12 ± 0.04	0.22 ± 0.04
120	0.13 ± 0.03	0.33 ± 0.04

## 4. まとめ

本研究では、バナナの樹液の有効活用を目的とした研究を実施した。まず、バナナの茎からの効率的な樹液回収法

を検討した。茎を破碎後、圧搾し樹液を得た。得られた樹液は粗分離を目的として遠心分離を行った。樹液は茎の70重量%得られた。樹液中のシュウ酸塩濃度等の測定を実施したところ、水酸化ナトリウムによる滴定では約 640 [mg・kg<sup>-1</sup>]、過マンガン酸カリウムによる滴定では約 900 [mg・kg<sup>-1</sup>]であった。他の食品と比較すると、樹液中にシュウ酸塩濃度等は液体としては高濃度で含有されていることが示唆された。樹液への鍍サンプル浸漬実験結果では、目視で除鍍効果が確認できたと同時に、樹液中に鍍が溶出していることが濁度の変化で観察することができた。その一方で、鍍サンプルの無い樹液において、濁度の変化が観察された。その原因の1つとして、カビの発生が考えられた。除鍍に対してカビが生化学的に関与する報告例は見られないが、アルミニウム等の金属腐食に対してカビが影響を与えた記事があることから[13]、カビ防止を考慮した滅菌スペース(クリーンベンチなど)での実験が必要であると考えられた。今後、カビの関与を排除した実験を進め、樹液の除鍍作用を改めて調査すると同時に、樹液の除鍍以外の使用方法(例えば害虫忌避剤など)を検討したい。

## 謝辞

バナナの切り株は、株式会社あやねからご協力を頂きました。また本研究は、R5年度「高専—長岡技科大 共同研究」の助成を受けて実施されました。

## 参考文献

[1] Takashi YANAGIDA et al. : Extraction of Wax and Functional Compounds from Fresh and Dry Banana Leaves, *Japan Journal of Food Engineering*, Vol.6, pp.79-87 (2005)

- [2] 手塚 悦子 他 : バナナの葉に含まれる抗菌性物質に関する研究, 一般社団法人日本家政学会研究発表要旨集 59, p. 297 (2007)
- [3] 高井 愛子 : バナナペーパー開発を通じたサステナブル素材がもたらす製紙業でのイノベーション, 福井大学教育・人文社会系部門紀要, No.6, pp.119-140 (2022)
- [4] 梶山 哲人 他 : シッフ塩基を導入した修飾バナナ繊維の遷移金属イオン捕集特性, 東京都立産業技術研究センター研究報告, No.10, pp.108-109 (2015)
- [5] 梶山 哲人 : 天然繊維をフィルターへ活用, *TIRI News*, No.8, pp.4-5 (2018)
- [6] Y.N.SINGH et al. : *Archives Internationales de Pharmacodynamie et de Therapie*, Vol. 324, pp. 105-113 (1993)
- [7] 浅田 誠一 他 : 定量分析, 技報堂出版, pp.61-66 (2011)
- [8] 日本製鉄株式会社 : さびを科学する, 季刊 新日鉄住金, Vol. 23 (2018.09)  
[https://www.nipponsteel.com/company/publications/quarterly-nssmc/pdf/2018\\_23\\_12\\_15.pdf](https://www.nipponsteel.com/company/publications/quarterly-nssmc/pdf/2018_23_12_15.pdf) (閲覧日 2024.04.27)
- [9] 疋田 晴夫 : 化学工学通論 I, 朝倉書店, p.215 (2006)
- [10] 竹田 依加 他 : クワズイモ中のシュウ酸カルシウム結晶同定法の検討, 奈良県保健研究センター年報, No.54, pp. 62-66 (2019)
- [11] 新潟臨港病院サイト(2024.4.17 閲覧)  
<https://ngt-rinkohe.jp/rinko/column/576/>
- [12] 板谷 博 : シュウ酸製造技術の変遷, *有機合成化学*, Vol.43, No.9, pp.891-896 (1985)
- [13] 井上 真由美 : カビによるアルミニウムの腐食, *軽金属*, Vol.18, No.9, pp.483-491 (1968)