

バナナの追熟に伴うカリウムイオンの移動

果実から果皮へのカリウムイオンの移動の様子を探る

岡崎 颯太 小田 理央 武尾 陽 濱野 紗妃 松尾 知幸 松田 菜
兵庫県立神戸高等学校 総合理学科 2年

本研究ではバナナの果皮に含まれるカリウム・窒素・リンの成分量の変化を調べ、市販の肥料の成分量と比べたのち、バナナの追熟に伴って成分量の変化の大きかったカリウムに焦点を絞り実験を続けた。実験の結果から、バナナが熟す過程での果皮の有無がカリウム量の変化に影響を与えることが分かった。また、バナナ中のカリウムは果皮が緑色から黄色になるときに果実から果皮に移動し、黄色から黒色になるときは果皮の細胞がもろくなり細胞から染み出すということが考えられ、カリウムが果実から果皮に移動するのは緑色から黄色になる段階のみで起こることが分かった。

1. はじめに

1.1. 研究動機と目的

本研究の目的は、バナナの果皮に含まれるカリウムが追熟の過程でどのように移動するかを調べることである。様々な方法で論文を検索したが、バナナの果皮から成分が移動することについての研究の論文は見つからなかった。そのため先行研究はない。

バナナは世界の果物生産量の 17%を占める、日本で最も輸入量の多い果物でありバナナの廃棄率（食材の総重量に対する非食可部の重量の比率）は 40%である。未利用バイオマスの代表である食材の非食可部は年間で1300万tも発生しているがその利用率は 30%と、家畜排泄物などの廃棄系バイオマスの利用率の 90%に比べはるかに少ない。未利用バイオマスの促進のため、バナナの非食可部である皮を利用するための実験を考えた。

当初はバナナの果皮から液体肥料を作るために、果皮に含まれる植物の3大栄養素（窒素、リン、カリウム）を追熟の段階ごとに調べることが目的であった。しかし、その研究途中にカリウムの追熟での変化量が著しいことに気づき、カリウムのみを焦点を当てた研究に切り替えた。

2. バナナの成分の測定方法について

本研究では、バナナの果皮または果実に含まれる成分について、カリウムは市販のカリウムイオンメーター、窒素とリンは比色分析を用いて測定した。また、研究で用いたバナナは沖縄県産の「島バナナ」である。

<窒素の測定方法>

i) ビーカーに試料を6.0ml採取し、ブランクは蒸留水

を6.0ml採取する。

ii) 水酸化ナトリウム・ペルオキシ二硫酸カリウム溶液を1.2ml入れ、蓋をして混合する。

iii) オートクレーブに入れ、120℃で30分間加熱分解する。

iv) 窒素標準液0.12ml, 0.60ml, 1.2mlをそれぞれ蓋付き試験管に採取し、蒸留水を加え3.0mlにし、塩酸0.60mlを入れ、混合する。標準液のブランクとして、蒸留水を3.0ml採取し、塩酸0.60mlを入れ、混合する。

v) オートクレーブから取り出し放冷する。

vi) 上澄み液3.0mlを蓋付き試験管に分取する。

vii) 試料の入った蓋付き試験管に塩酸0.60mlを入れ、蓋をして混合する。

viii) 分光光度計で波長220nmの吸光度を測定する。

ix) 検量線から求めた分取試料中の全窒素a(ブランクの値で補正)から、次の式で全窒素濃度を求める。

$$N(\text{mgN/L}) = a \times 7.2/3 \times 1000/6.0$$

(定量下限値0.24mg/L)

<リンの測定方法>

i) ビーカーに試料を6.0ml採取し、ブランクは蒸留水を6.0ml採取する。

ii) 水酸化ナトリウム・ペルオキシ二硫酸カリウム溶液を1.2ml入れ、蓋をして混合する。

iii) オートクレーブに入れ、120℃で30分間加熱分解する。

iv) リン標準液0.12ml, 0.36ml, 0.60mlをそれぞれ蓋付き試験管に採取し、蒸留水を加え3.0mlにする。標準液のブランクとして、蒸留水を3.0ml採取する。

- v) オートクレーブから取り出し放冷する。
- vi) 上澄み液3.0mlを蓋付き試験管に分取する。
- vii) 試料と標準液の入った蓋付き試験管に発光試薬0.24mlを入れ、蓋をして混合し、室温で15分放置する。
- viii) 分光光度計で波長880nmの吸光度を測定する。
- ix) 検量線から求めた分取試料中の全リン量b(プランクの値で補正)から、次の式で全窒素濃度を求める。

$$P(\text{mgP/L}) = b \times 7.2/3 \times 1000/6.0$$

(定量下限値0.050mg/L)

＜カリウムの測定方法＞

「LAQAtwin-K-11」を用いて、カリウムイオンを測定した。(測定範囲は4~9900mg/L,有効数字は2桁)



写真1 カリウムイオンメーター

3. 実験 I

3.1. 実験目的

緑・黄・黒の3種類のバナナの果皮をそれぞれ脱塩水に浸し、その液体の窒素・リン・カリウムの濃度を測定することで、バナナの追熟にしたがって果皮の成分量がどのように変化するかを調べる。



写真2 緑バナナ



写真3 黄バナナ



写真4 黒バナナ

3.2. 実験方法

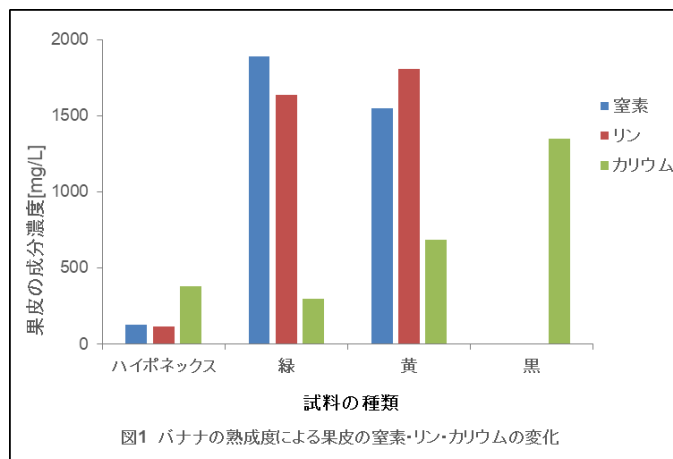
緑・黄・黒のバナナの3種類を検体として用いて、それぞれの果皮5gを約1cm角に切り、脱塩水40mlに浸して、30℃のインキュベーター内で5日間放置した。その後、2.バナナの成分の測定方法について

に記した手順で測定を行った。



写真5 1cm角に切った果皮 写真6 水に浸した様子

3.3. 実験結果



3.4. 実験の考察

緑バナナのカリウムを除くすべての場合で、ハイポネックスよりも高い濃度となった。また、窒素とリンはバナナが熟しても濃度に大きな変化は見られなかったが、カリウムはバナナが熟すにつれて濃度が大きくなった。

4. 実験 II

4.1. 実験目的

実験 I で、バナナが熟すにつれてカリウム濃度が著しく増加することが分かったため、実験 II ではカリウムに焦点を当てて実験を行い、バナナが熟すにつれてなぜカリウム量が増えるのかについて調べた。2つの仮説を立てて検証した。

- i) バナナが熟していく過程でカリウムイオンが果実から果皮へ移動していく
- ii) バナナが熟すことで組織が柔らかくなり、カリウムイオンが脱塩水中に溶け出しやすくなる

4.2. 実験方法

- i) 果皮が緑色の時に果実と果皮を分離させたバナナと、分離せずにそのまま熟させたバナナの果皮をそれぞれ同一個体から緑・黄・黒のときに採取する。
- ii) 同一個体の果皮と果実をそれぞれ緑・黄・黒の

時に採取する。

i) ii) のそれぞれの作業の後に、採取した試料を質量比が(果実または果皮：脱塩水=1:10)となるように脱塩水と混合する。その後、30秒で13400回転の遠心分離器にかけ、脱塩水中に溶け出したカリウムイオンの濃度を比較。

また、ii) では脱塩水に浸す前に、果皮を約1cm角に切って浸す場合と細かくすり潰して浸す場合とに分ける。

4.3. 実験結果

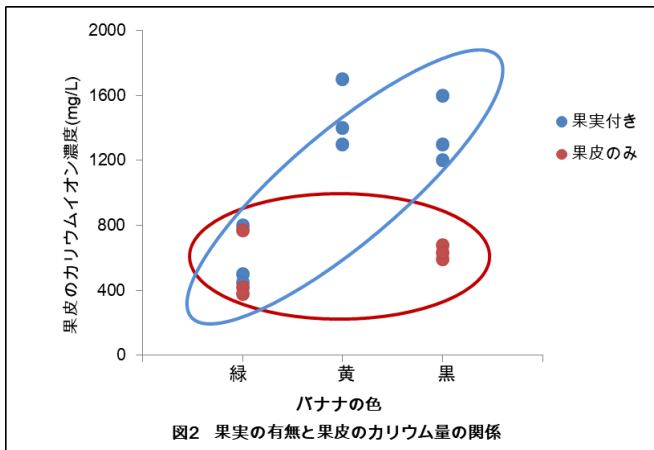


図2 果実の有無と果皮のカリウム量の関係

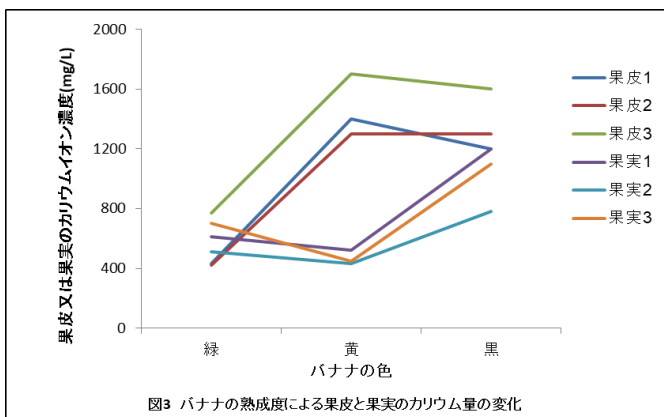


図3 バナナの熟成度による果皮と果実のカリウム量の変化

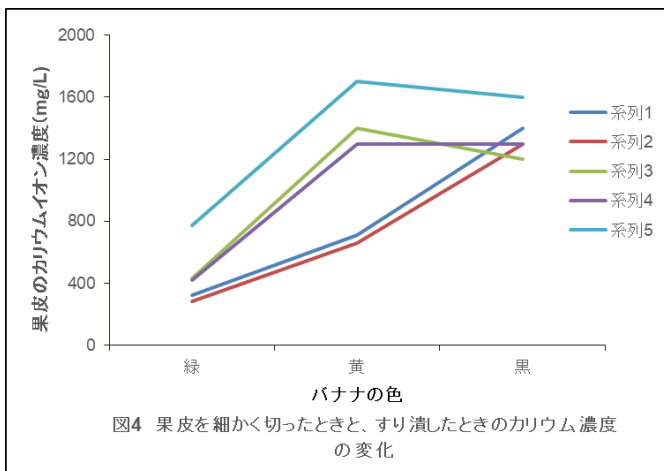


図4 果皮を細かく切ったときと、すり潰したときのカリウム濃度の変化

系列1, 系列2：果皮を細かく切った

系列3, 系列4, 系列5：果皮をすり潰した

I) 果実付きの場合は緑→黄になるときにカリウム

量が増加している。黄→黒になるときはあまり変化が見られなかった。果実無しの場合は緑→黄→黒と全体を通してカリウム量に変化は見られなかった。(図2より)

緑→黄になるときに、果皮のカリウムが増加するのと反対に果実のカリウムが減少した。(図3より)

II) 細かく切って浸した場合は緑→黄→黒と全体を通して徐々にカリウム量が増加した。それに対して、果皮をすりつぶした場合は緑→黄のときにカリウムが激増し、黄→黒になるときは増加が一切なかった。(図4より)

4.4. 実験の考察

i) 図2の結果から、果実付きの場合のみ緑→黄のときにカリウム量が増加したことから、果皮のカリウム量が増加することに果実が関係していることが推測できる。また、図3から果実のカリウム量が減少した時に果皮のカリウム量が増加したため、熟す過程でカリウムは果実から果皮に移動していると考えられる。そして、図3からカリウム量の大きな変化があるのは緑→黄になるときのみであるため、緑→黄の段階でカリウムが果実から果皮に移動していると考えられる。逆に、黄→黒になるときは果実の有無で増加量にあまり差がなかったため、黄→黒になるときは果皮果実間でのカリウムの移動はほとんどないと考えられる。

ii) 図4の結果から、果皮をすりつぶすと果皮の色が黄→黒になるときに果皮の細胞壁がもろくなり、カリウムが果皮の細胞から染み出していると考えられる。また、果皮をすりつぶしたときに黄→黒の変化でカリウム量があまり変わらないことから、i) で考察したようにカリウムが果実から果皮に移動するのは緑→黄になるときのみで、黄→黒になるときはほとんど起こらないと考えられる。

5. 結論

本研究の結果から、バナナ中のカリウムは果皮が緑色から黄色になる段階で果実から果皮に移動していくということが分かる。また、黄色から黒色に変わる段階では果皮の細胞壁に含まれるペクチンと呼ばれる物質が減少することでカリウムイオンが染み出しやすくなったと考えた。

カリウムイオンはS-アデノシルメチオニンの補酵素としてはたらくことでエチレンの生合成ひいて

は組織の軟化に作用する。つまりカリウムイオンが果皮に移動するのは果皮を軟化させ動物に食べられやすくするためであると推測される。

6. 今後の展望

本研究ではカリウム量の計測の条件をバナナの追熟の状態のみで比べたため、他の条件でも実験を行ってみた方がより正確な結果が出ると期待できる。また、今回の研究では各実験で2個体ずつのデータを取っていないが、バナナは植物であるため個体差があると考えられるので更なるデータを取り精度を上げたい。

7. 謝辞

本研究担当の本校教諭西畑先生、本校サイエンスアドバイザーの皆様には本研究についてご指導いただいたことに深く感謝いたします。また、本研究を進めるにあたって支えてくださったすべての方に感謝の意を申し上げます。

参考文献・参考URL

- [1] “全窒素の分析” 神奈川県ホームページ
<https://www.pref.kanagawa.jp/documents/2952/riyou06.pdf>(参照2021-6-14)
- [2] “全リンの分析” 神奈川県ホームページ
<https://www.pref.kanagawa.jp/documents/2952/riyou07.pdf>(参照2021-6-14)
- [3] 渕上倫子. 野菜・果実のペクチン質に関する調理科学的研究. 日本家政学誌, 2014, 65(9), 479-491
<https://doi.org/10.11428/jhej.65.479>(参照2022-1-6)
- [4] Enrico Di Cera (2006). “A structural Perspective on Enzymes Activated by Monovalent Cations” The Journal of Biochemistry Vol.282 (No.3) : 1305 - 1308.
[https://www.jbc.org/article/S0021-9258\(20\)66229-9/fulltext](https://www.jbc.org/article/S0021-9258(20)66229-9/fulltext)(参照2021-1-31)