

RGB 測定に基づいたトマト熟成判定

永田 天門¹, 後反 克典¹, 坂元 知里¹, 松野 敏英¹

定政 哲雄², 高山 勝己^{1*}

¹ 福井工業高等専門学校 物質工学科 (〒916-8507 福井県鯖江市下司町)

² 福井県農業試験場 園芸研究センター (〒919-1123 福井県三方郡美浜町久々子 35-32-1)

*takayama@fukui-nct.ac.jp

Judging tomato maturation based on RGB values

Amon NAGATA,¹ Katsunori GOTAN,¹ Chisato SAKAMOTO,¹

Toshihide MATSUNO,¹ Tetsuo SADAMASA² and Katsumi TAKAYAMA^{1*}

¹ Department of Chemistry & Biology Engineering, National Institute of Technology, Fukui College
(Geshi-cho, Sabae-shi, Fukui 916-8507, Japan)

² Fukui Agricultural Experiment Station Horticultural Research Center
(Mihama-cho, Mikata-gun, Fukui 919-1123, Japan)

(Received August 30, 2019; Accepted October 8, 2019)

Abstract

The relationship between the RGB value of tomato surface color and taste-determined components such as Brix, acidity, glutamic acid, and asparagine acid was investigated in this study. Pictures of tomato, HANAKOMACHI, fruit were taken by smartphone camera, and RGB data were acquired using free software, SUPOITOKUN. The maturation process of the tomato was classified into three stages: Green, tannish-yellow, and red. Especially, the G value decreased with the ripening of fruit. The Brix value and glutamic acid concentration were also correlated with the G value. It was revealed that farmers who are uncertain can use the G value as an effective factor for determining when to harvest tomatoes.

Keywords: RGB value, tomato, harvest, aspartic acid, glutamic acid, Brix, acidity

1. はじめに

近年農業就業者の高齢化が問題になり、農作業の軽減化や次世代へ農業技術をどのように継承すればよいのかという問題が大きくなっている。この問題に対する解決策として提唱されているスマート農業の推進は国の重点政策の一つであり、ロボットや各種モニタリングシステムを応用した圃場管理技術が各種提案されている[1]。

福井県の農業は水稻栽培が主体であるが、ラッキョウ、

ソバをはじめさまざまな農産物が生産されており、越のルビーとして知られているトマトも有名である。

トマトの収穫タイミングは、催色程度を目安に農業者が経験に基づいて判断している。そこで、はじめてトマト栽培を手掛ける未経験者であっても簡単に収穫のタイミングを見極めることが出来るアプリケーションがあれば有用であると考えた。さらに導入コストを安くするために、必要な機器は携帯カメラとパソコンのみとし、これにフリ

一で入手できる色彩判定用の画像解析ソフトの利用を考えた。

本研究では大きく分けて3つの熟成段階（緑色トマト、黄色トマト、赤色トマト）にある華小町を対象とし、各個体の写真画像に対するRGB成分とトマトの味覚に影響する因子（糖度、酸度、グルタミン酸濃度、アスパラギン酸濃度）との相関関係を調べることを目的とした。

2. 実験

本実験では、福井県農業試験場園芸研究センターのハウスにて水耕栽培されているトマト（華小町）を試験対象とした。

3.1 RGB解析

各成長段階にある各色30個体のトマト（緑色、黄色、赤色）の尻を真上に向けて机の上に置き、スマートフォン（Xperia X performance）のカメラで上から撮影を行い、フリーソフトの“スポイト君”[2]を使用して画像のRGB解析を行った。図1に撮影から解析までの流れを示した。図2に示したようにAndroidの場合、アルバムからアップロードしたい写真を選択し、画面の左端のシェアをタップしてドライブにアップロードする。

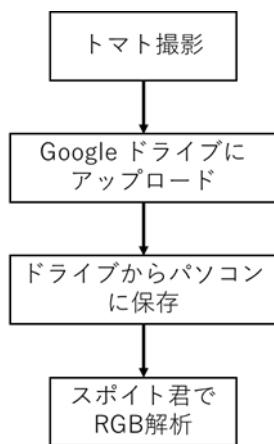


図1 撮影からRGB解析まで



図2 携帯のスクリーンショット画面

3.2 各成分分析試料の調製

トマトをハンドミキサーで破砕し25g分取した。分取したトマトは、遠心分離（9000 rpm, 15 min）を行い、トマト果実部分とトマト果汁部分に分け、トマト果汁部分を分析用サンプルとした。

3.3 糖度測定

サンプル液30μLをATAGO社製PAL-1の検出部に滴下し、糖度測定を行った。

3.4 酸度測定

サンプル液を30倍希釈したのち、ATAGO社製PAL-BX|ACID3の測定部に30μLを滴下し、酸度測定を行った。

3.5 グルタミン酸濃度測定

グルタミン酸の測定はBioVision社グルタミン酸キットを用いて行った。キットに梱包の0.1Mグルタミン酸標準溶液を超純水で100倍希釈し標準原液とした。調製したグルタミン酸原液を96穴プレートの各列に0, 2, 4, 6, 8, 10μLずつ注入し、さらに各ウェルの全量が50μLになるよう緩衝溶液を加え混合した（検量線作成用）。続いて赤色トマトのサンプル液0.4μL、黄色トマトのサンプル液0.4μL、緑色トマトのサンプル液2μLを各列に注入し、超純水を加えて50μLとした（サンプル測定用）。

最後に付属のReaction Mix 100μLを加え攪拌した後、

暗所、37℃で 30 分間インキュベートした。可視プレートリーダーを用いて 450 nm の吸光度測定を行った。

3.6 アスパラギン酸濃度測定

アスパラギン酸の測定は BioVision 社のアスパラギン酸キットを用いた。100 mM アスパラギン酸標準溶液を超純水で 100 倍希釈し 1 mM 標準液を作成した。調製したアスパラギン酸標準液を 96 穴プレートの各列に 0, 2, 4, 6, 8, 10 μL ずつ注入し、さらに各ウェルの全量が 50 μL になるよう緩衝溶液を加え混合した（検量線作成用）。続いてトマト検体サンプルの測定には、赤色トマトのサンプル液を 5 μL 、黄色のサンプル液を 5 μL 、緑色トマトのサンプル液を 5 μL 各列のウェルに注入し、超純水で 50 μL とした。最後に付属の Reaction Mix 100 μL を添加し、室温で 30 分間インキュベートした。可視プレートリーダーを用いて 570 nm の吸光度測定した。

4. 結果・考察

4.1 RGB 解析

事例として緑色トマトに対する画像解析映像データを図 3 に示す。画像ウィンドウの 3 段目に表示される RGB 値 (156, 166, 77) を解析用データとした。各色トマトの RGB データをプロットしたものを図 4 に示す。No.1 ~ No.30 までが緑色トマト、No.31 ~ No.60 までが黄色トマト、No.61 ~ No.90 までが赤色トマトである。

この結果から G 値が R や B 値よりもトマトの成熟過程を反映することが分かった。そこでトマトの味覚となる因子（糖度、酸度、グルタミン酸、アスパラギン酸）と G 値の相関関係を検討することにした。



図 3 画像解析表示事例

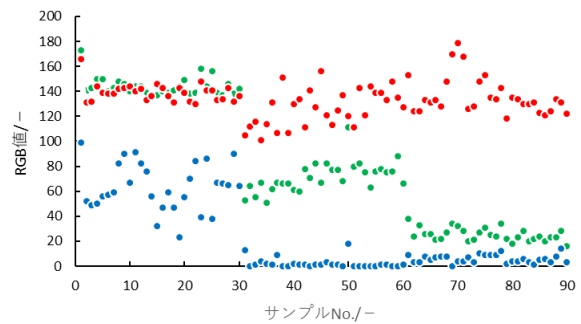


図 4 各成熟段階のトマトと RGB 値の関係

●:R値, ●:G値, ●:B値

4.2 糖度とG値の相関

各成熟段階（緑、黄、赤）にあるトマトの糖度を測定した結果を図 5 に示す。横軸は G 値であり、G 値が 150 付近の集団は緑色トマト、60 付近の集団は黄色トマト、30 付近のトマトは赤色トマトである。よって、トマトが緑色から黄色へ変化する過程では糖度（Brix 値）の上昇は殆どないが、赤色になる過程で糖度が增大することが分かった。

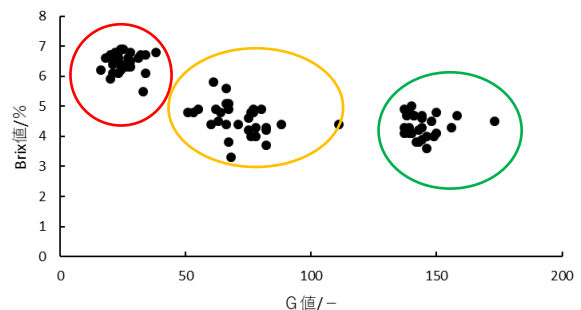


図 5 糖度-G値の相関関係

赤円:赤色トマト, 黄円:黄色トマト, 緑円:緑色トマト

4.3 酸度とG値の相関

各成熟段階（緑、黄、赤）にあるトマトの酸度を測定した結果を図 6 に示す。酸度は黄色の段階で一度下がる傾向にあるように見えるが、同じ熟度（同色）段階にある個体差も大きく、G 値との相関性はないと判断した（一般にクエン酸は成熟に伴い減少する [3]）。

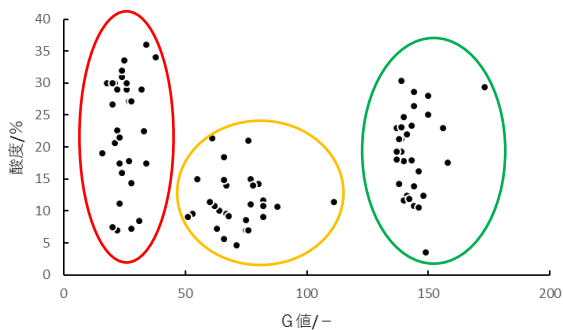


図 6 酸度-G値の相関関係

赤円:赤色トマト, 黄円:黄色トマト, 緑円:緑色トマト

4.4 グルタミン酸とG値の相関

各成熟段階（緑，黄，赤）にあるトマトのグルタミン酸を測定した結果を図 7 に示す。グルタミン酸量は Brix 値と同様に緑から黄色への過程では変化は少ないが，黄色から赤色への過程で，グルタミン酸量が増大していることが分かった。

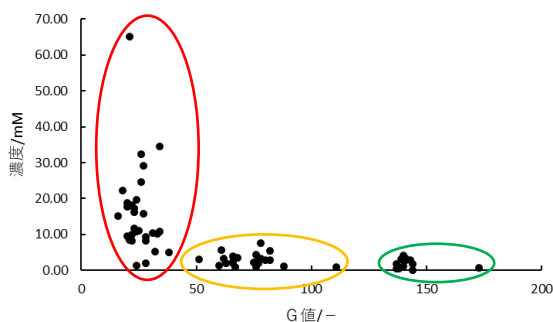


図 7 グルタミン酸-G値の相関関係

赤円:赤色トマト, 黄円:黄色トマト, 緑円:緑色トマト

4.5 アスパラギン酸とG値の相関

各成熟段階（緑，黄，赤）にあるトマトのアスパラギン酸を測定した。緑色と黄色の段階では有意量のアスパラギン酸を検出できなかった。赤色になったところでアスパラギン酸の生成（平均値：3.7 mM，S.D. :1.73 mM）が起ると推測された。

4.5 グルタミン酸:アスパラギン酸の比に基づいたおいしい完熟トマト判定

トマトは，グルタミン酸量：アスパラギン酸量が 4：1 になると，おいしいトマトであるという経験則がある[3]。赤色トマト（完熟相当とみなす）30 個に対して，グルタミン酸とアスパラギン酸量の比率を算出した結果を図 8 に示す。約 2/3 のトマトがこの経験則を満たしていると判断できた。

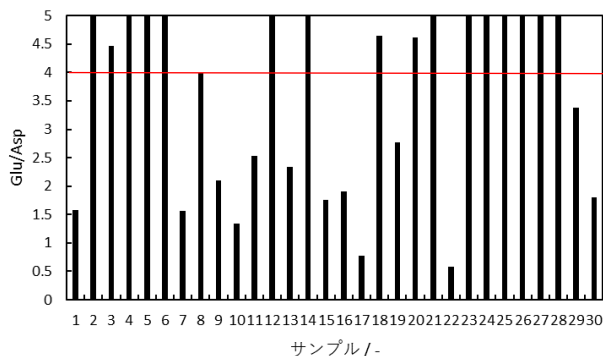


図 8 グルタミン酸量とアスパラギン酸濃度比

5. 結論

Brix 値とグルタミン酸量は G 値と明瞭な相関性があることが分かった。トマト果実（華小町）の G 値を測定し収穫のタイミングを判定する手法を見出すことに成功した。

将来的には高齢農業者の労働緩和を目指すために，枝に実っているトマト果実を離れた場所からの確にとらえて撮影し（被写体までの距離や光の影響等にも考慮が必要），収穫ロボットによる自動回収を視野に入れたシステム構築を考えている。

引用文献

- [1] 神成淳司. スマート農業. N T S 出版, 2019, 444 p.
- [2] フリーソフト 1 0 0
<https://freesoft-100.com/review/spoitkun.php>
- [3] 高田式久, 日本家政学会誌, 63(11), 745-749 (2012).