

## 【原著】

## 植物色素の抽出条件の検討と可視吸収スペクトルの測定

五郎丸（新海）美智子<sup>1</sup>、西口慶一<sup>1</sup>、成末憲治<sup>2</sup>、中沢克江<sup>3</sup><sup>1</sup> 東邦大学薬学部薬学総合実験部門<sup>2</sup> 東邦大学薬学部生物物理学教室<sup>3</sup> 東邦大学薬学部スポーツ健康科学教室

(受付：平成 23 年 1 月 17 日)

(受理：平成 23 年 1 月 31 日)

## 要 旨

色鮮やかな食材を使って、目に見える色と物質による可視光の吸収との関係について検討した。食材をいくつか選び、溶媒および測定する物質の濃度を検討した。その結果、溶媒はエタノール、食材は赤、黄パプリカ、緑のピーマンが適しており、それぞれ 0.5 g を 4 ml に溶かし、20 分放置して測定する条件が適していた。赤と黄のパプリカは、どちらも短波長側に偏ったスペクトルを示した。一方、緑のピーマンから抽出された色素の吸収スペクトルには、短波長側の吸収に加えて 670 nm 付近に極大をもつ吸収が存在した。緑色の野菜から葉緑素が減少していくことで赤色になることが裏付けられた。ピーマンやパプリカを使って、光の吸収と目に見える色との関係を理解する方法が明らかになった。

**キーワード：**植物色素、エタノール、パプリカ、吸収スペクトル

## はじめに

太陽の光や白熱灯の光を、スリットを通した後プリズムに入射させると、光はプリズムの 2 つの面で屈折し、赤から紫までの連続的に変化する虹色の帯ができる。この現象を分散という。光の屈折率は波長（振動数）によってわずかに異なり、波長が短いほど大きい。このため屈折によって色が分離して現れる<sup>1)</sup>。一方、光源ではない物質の色は、このような光源からの白色光が部分的に吸収された結果、透過、反射した光が目に入って認識される。いわゆる緑黄色野菜とよばれるグループの食材には、可視光に吸収を示す物質が含まれているため、見た目に美しい色を示している。そこで、これらの食材を使って、光と色を学ぶ実験を検討した。

## 材料と方法

## 1) 材料

市販の野菜の中から色鮮やかなものとして、ニンジン、パセリ、ムラサキタマネギ、アオネギ、

ナス、トマト、ピーマン、キュウリ、パプリカ赤、パプリカ黄を選択した。光の吸収の測定には分光光度計（島津 UVmini-1240 または UV-1200）を使用し、測定セルは石英製を使用した。分光光度計は物質の光吸収を測定する装置で、波長依存性も見ると同時に光源の光を回折格子で分光して測定するものである。このほかに必要なものをあわせて列挙すると次の通りである。

色のある食材（ニンジン、パセリ、ムラサキタマネギ、アオネギ、ナス、トマト、ピーマン、キュウリ、パプリカ赤、パプリカ黄）

エタノール、精製水

試験管

ピペット（5 ml 用）

ナイフ

まな板

分光光度計

（島津 UVmini-1240 UV-1200）

石英セル

## 2) 方法

各食材について、水またはエタノールで色素を抽出後、分光光度計で可視吸収スペクトルを測定し、適当な吸収の得られる材料と溶媒を選択した。その後、各色における測定波長を決定し、抽出時間、材料の前処理といった抽出条件を決定した。なお溶媒の量は、吸光度を測定するときに使うセル（キュベット）の容量が 3 ml であることから、4 ml とした。

## 結 果

### 1) 水による抽出

食材（ニンジン、パセリ、ムラサキタマネギ、アオネギ、ナス、トマト、ピーマン、キュウリ、パプリカ赤、パプリカ黄）を種などは取り除いた部分のみ約 1 g を試験管にとり、溶媒として水を 4 ml 加えてときどき軽く振り混ぜながら 20 分抽出した。水での抽出液は、固形分を除くと、目視では明らかに色を確認できるものは存在しなかった。ただし、ナス、トマトのみわずかに色がついているように見えた。これらの抽出液について、380 nm ~ 780 nm の吸光度を測定したところ、明らかに吸収が得られたものはなかった。従って今回用いた植物の色素は水に可溶なものはほとんど検出できなかった。

### 2) エタノールによる抽出

つぎに、エタノール 4 ml を溶媒として各食材から色素を抽出し、水の場合と同様に可視吸収スペクトルを測定した（図 1 a ~ j）。ニンジン、トマト、ナス、ムラサキタマネギは、吸光度

が小さくて本実験には適当でないと判断した。キュウリ、パセリ、アオネギ、ピーマンは目視にて緑色が鮮やかで、パプリカ黄、パプリカ赤も鮮やかで吸光度も大きかった。ただしパセリ、アオネギは、軽量でかさが大きく、試験管中に 1 g を入れるのが難しかった。そこで、緑のピーマンとパプリカ黄、赤を用いて条件設定を行うことにした。ピーマンとパプリカは、どちらもナス科トウガラシ属で、パプリカはオランダ語でピーマンをしめし、本来同じものなので、3 色の色素の吸収を比較する上でも都合がよいと考えられる。日本では赤、黄、橙のものがパプリカとされる<sup>23)</sup>。黄と赤のパプリカから抽出した色素は、どちらも可視部の短波長側に偏ったスペクトルを示した。

### 3) 吸収極大における抽出条件

次に、ピーマン（緑）、パプリカ赤、パプリカ黄の吸収極大の波長を用いて抽出条件を決定することにした。図 1 の結果から吸収極大を解析すると緑のピーマンは、670、470、440 nm 付近、パプリカ赤は、470 nm 付近、パプリカ黄は 470、440-450 nm 付近であった。そこで測定波長を緑ピーマンでは 670 nm、パプリカ赤 470 nm、パプリカ黄 440 nm とし、材料の量、前処理（細かく刻むか否か）、抽出時間、を変えて実験を行った。その結果、0.5g で刻まないほうが、簡単に適度の吸光度が得られることが明らかになった（表 1）。

表 1 ピーマン（緑）、パプリカ（赤・黄）のエタノールによる色素抽出条件

3 種類の材料を 0.5 g および 1.0 g を各々 2 つ秤量し、一方は細かく刻み、他方はそのままエタノール 4 ml に浸して色素を抽出した。20 分、60 分、90 分で吸光度を測定した結果を示す。

測定波長 緑 670 nm 赤 470 nm 黄 440 nm

量	形状	20 分			60 分			90 分		
		緑	赤	黄	緑	赤	黄	緑	赤	黄
0.5g/3 ml	刻み	0.47	0.55	0.56	0.50	0.55	0.55	0.61	0.64	0.66
	塊	0.49	0.56	0.49	0.53	0.59	0.50	0.59	0.61	0.54
1.0g/3 ml	刻み	1.03	1.08	1.00	1.15	1.10	1.17	1.12	1.11	1.20
	塊	1.02	1.06	1.05	1.11	1.09	1.12	1.13	1.12	1.15

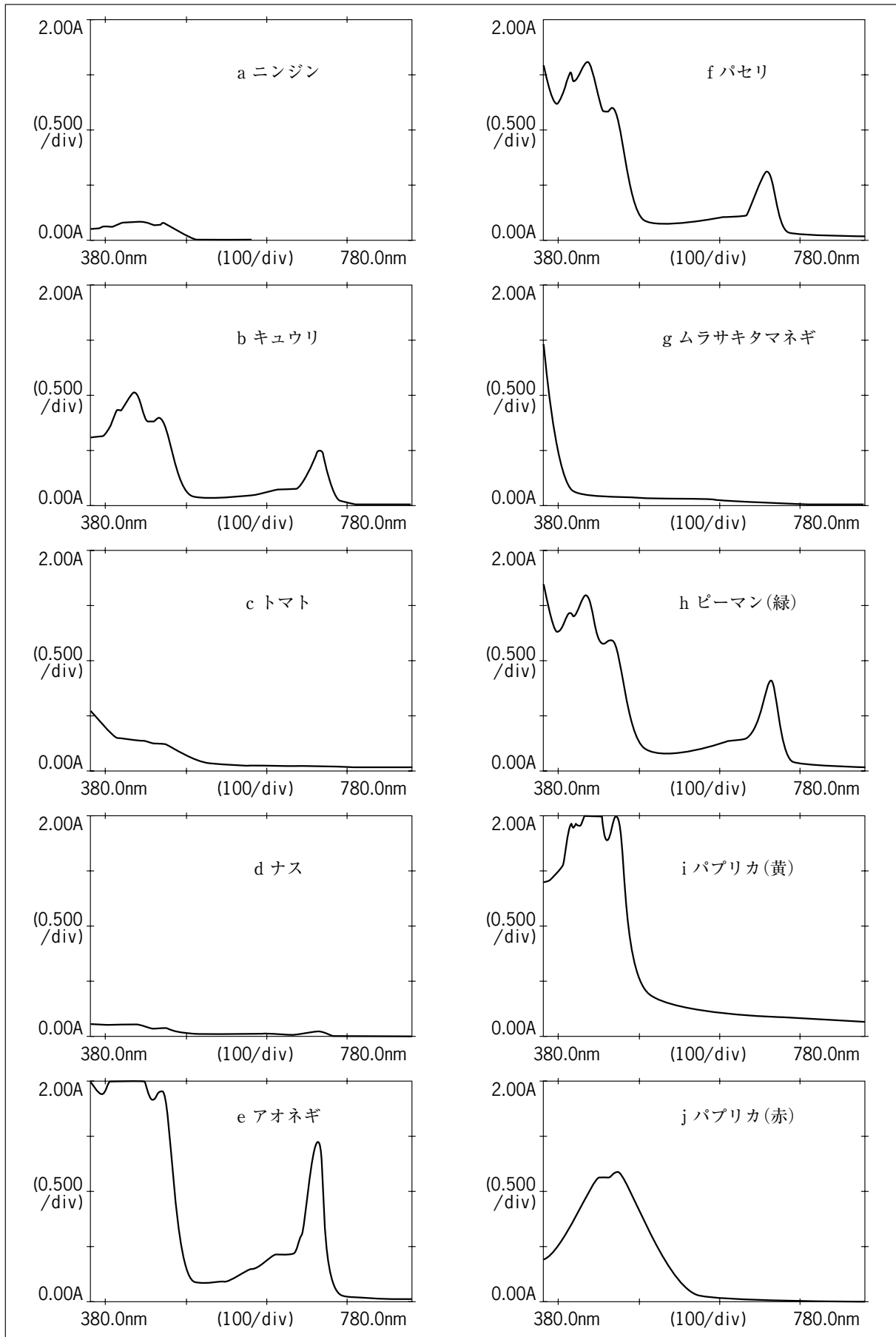


図1 色のある食材からエタノール抽出した色素の可視吸収スペクトル測定結果

#### 4) 可視吸収スペクトルの比較

20 分、0.5g の条件で抽出を行い、緑色のピーマンと赤のパプリカの抽出液の可視吸収スペクトルを重ねてみると、長波長側の吸収に違いがあった (図 2)。670 nm 付近 (赤色の光) は葉緑素による吸収で<sup>4)</sup>、植物が成熟するにつれて吸収が減少していき、見た目には赤色を呈すると考えられる。緑のピーマンでは赤や黄色の野菜に含まれる可視部低波長側の吸収を持ち、なおかつ高波長の吸収物質 (葉緑素) を持っていることが示された。

#### 考 察

分子に電磁波を照射すると、結合の電子エネルギー準位間の差に等しいエネルギーをもつ光子が吸収される。芳香族化合物や含ヘテロ原子芳香族化合物のように紫外から可視領域の光を吸収する分子構造を発色団といい、共役を延ばすに従って長波長側に吸収を持つようになる。そして可視部の波長の光に吸収を持つようになると色のついた物質として我々の目に認識されるようになる<sup>5)</sup>。カロチノイドやフラボノール、クロロフィルなどを含む植物は可視部に吸収を持つ色素が存在し、目にも鮮やかで、光の吸収や反射を学ぶ実験材料として有用であると考え、実験条件を決定した。

本実験により、さまざまな色のある食材の中

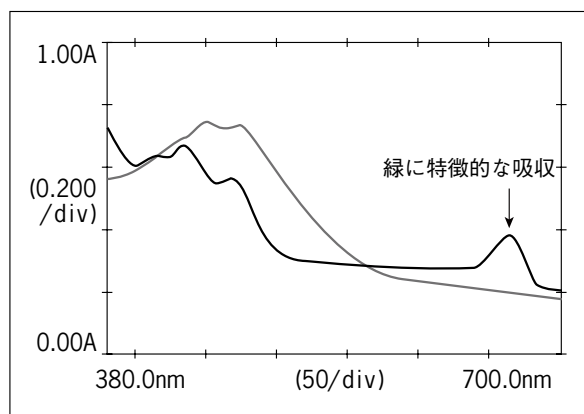


図 2 緑と赤の野菜の可視吸収スペクトル  
0.5g/4 ml エタノール 20 分の抽出条件で、緑色のピーマンと赤色のパプリカから抽出した色素の可視吸収スペクトルを重ねた。670 nm 付近の吸収に大きな違いがある。緑の食材からの色素には長波長側の吸収が見られる。

で、緑のピーマンや赤、黄色のパプリカは色素を容易に抽出できて、ある程度の吸光度を得ることができることが明らかになった。ピーマンとパプリカはどちらもナス科トウガラシ属であり、パプリカはオランダ語でピーマンをしめし、本来同じものだが、日本では赤、黄、橙のものをパプリカと呼んでいる<sup>2,3)</sup>。緑のピーマンから抽出した色素と赤のパプリカの可視吸収スペクトルとを比較すると、長波長側の 670 nm 付近に大きな違いがあった。すなわち緑では長波長側に吸収極大が存在するのに対して、赤ではほとんど検出できなかった (図 1 - h, i, j, 図 2)。670 nm 付近の吸収は、葉緑素によるもので<sup>4)</sup>、緑の果実ではさかんに光合成を行っている時期であり、その後葉緑素は減衰して熟し、黄色や赤色に変化するものと考えられる。これは、もみじやアカメガシワの葉が、秋に気温が低くなるとクロロフィルが分解されて紅葉をみせることと一致する<sup>6)</sup>。葉緑素が長波長の光を吸収して光合成に利用する一方で、赤・黄に見える色素は紫外線から植物を保護する役割を担っているといわれている<sup>6)</sup>。

目に見える色は、吸収をまぬがれて透過した光が、網膜の光受容器 (錐体) を刺激することで認識される。光受容器は、反応する光の波長の違いにより r, g, b の 3 種類あり、それぞれが刺激されると赤、緑、青に感じ取れるようになっている<sup>7,8)</sup>。

赤と黄のパプリカから得られた抽出液の可視吸収スペクトルについては、どちらも短波長側に偏った吸収を示し、緑との比較で得られるほどの大きな違いは見られなかった (図 1 - i, j)。パプリカの黄では、500 nm 付近の吸収が小さく光は透過しているが、赤では 500 nm は大きいので透過量は少ない。赤と黄色とは、どちらも長波長に感受性の高い r の光受容器は十分に刺激されており、g が刺激される強さで、赤なのか黄色なのか認識されると考えられる。

目に見える色のしくみは、光源からの光が直接目に入る場合と吸収・反射の結果目に入ってくる場合を考えなくてはならない。今回色のついた野菜を使って、黄・赤にみえるときには可

視光のどのような波長に吸収があるのか、また緑色の場合はどうなのかを容易に観察することができるようになった。また、緑のピーマンは、黄色や赤色のパプリカに存在する吸収を持ちながら、なおかつ長波長の吸収をもつこと、長波長側の吸収を示す色素が減少することで赤や黄にみえるということが明らかになった。

### 引用文献

- 1) 大槻義彦、小牧研一郎他：光の分散とスペクトル. 物理 I 実務出版 東京 pp222-223 2006
- 2) 成瀬宇平（編）：ピーマン. 新版食材図典 小学館 東京 pp226-227 2008
- 3) 菅原龍幸, 井上四郎（編）：ピーマン. 新訂原色食品図鑑 建ぺい社 東京 p198-200 2008
- 4) Bruce Alberts 他 中村桂子他（編）：葉緑体と光合成. Essential 細胞生物学（原書第 2 版）南光堂 東京 p481 2005
- 5) Harwood M 他 岡田恵次、小寄正敏（訳）：2 章紫外 - 可視分光法. 有機化合物のスペクトル解析入門 化学同人 東京 p19-23 2002
- 6) 松田仁志：第 8 章紫外線から体を守る植物 植物の実験と観察を楽しむ. 裳華堂 東京 pp130-131 2004
- 7) 入村達郎 他（訳）：色覚はロドプシンと相同な 3 種の錐体受容体によって生じる. ストライヤー生化学 第 6 版 東京化学同人 東京 pp920-923 2008
- 8) 加藤俊二：視覚と色覚. 身の回りの光と色 裳華堂 東京 pp33-44 1993

連絡先：五郎丸（新海）美智子  
東邦大学薬学部薬学総合教育センター総合実験部門  
千葉県船橋市三山 2-2-1 (〒 274-8510)  
E-mail: michiko@phar.toho-u.ac.jp

## Development of method for measurement of visible absorption spectrum using pigments extracted from colored vegetables

Michiko GOROMARU-SHINKAI<sup>1</sup>, Yoshikazu NISHIGUCHI<sup>1</sup>,  
Kenji NARUSUYE<sup>2</sup> and Katsue NAKAZAWA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Pharmaceutical Practice, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Toho University

<sup>2</sup>Department of Biophysics, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Toho University

<sup>3</sup>Department of Sports and Health Science, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Toho University

### Summary

The relationship between the absorption of visible light and visible colors was examined by using colorful vegetables. Ten different vegetables were used to determine the desirable density of solvent and measurement condition. It was decided that the best way to examine the relationship is to use paprikas (red ones and yellow ones) and green peppers cut into a strip of 0.5g and dissolved in 4 ml ethanol, and to leave them for 20 minutes until their plant pigments should be extracted. It was shown that both yellow pigments and red ones have a short-wavelength spectrum. The absorption spectrum of green pepper has a noticeable maximum absorption around 670 nm. This shows that a green pepper will turn red once its amount of chlorophyll decreases. By using some pigments taken from vegetables such as paprika and green pepper, we developed a suitable method for understanding the relationship between the absorption of visible light and visible colors.

(Med Biol **155**: 170-174 2011)

**Key words:** pigment, ethanol, paprika, absorption spectrum

Corresponding address: Michiko GOROMARU-SHINKAI  
Toho University,  
Miyama 2-2-1, Funabashi, Chiba 274-8510, Japan  
E-mail: michiko@phar.toho-u.ac.jp