

〈原著〉

植物抽出物の紫外吸収の比較および教材としての有用性

五郎丸(新海)美智子¹⁾、西口 慶一¹⁾、中沢 克江²⁾、丹羽 和紀³⁾

Comparison of ultraviolet absorptions using different botanical extracts and the experiment's usefulness for students' laboratory works

Michiko Goromaru-Shinkai¹⁾, Yoshikazu Nishiguchi¹⁾,
Katsue Nakazawa²⁾ and Kazuki Niwa³⁾

Summary Absorption spectra of the extracts from colored vegetables (red paprika, yellow paprika, green pepper, violet cabbage, red onion and eggplant) and colorless vegetable (onion) were examined. It was shown that, in all the extracts from the six vegetables, ultraviolet absorptions were larger than visible absorptions. It was also found that, in examining ultraviolet absorptions, the extractions need to be diluted ten times compared to the ones used for the examination of visible absorptions. The extract from red onion had absorption in the visible region while that from onion had very little absorption in the region; this means that whether a vegetable is colored or not has a close relationship with the difference in absorption in the visible region. This article also suggests that an experiment of this kind might be recommended as a laboratory work for college-level students.

Key words: Ultraviolet absorption, Botanical extract, Paprika pigment, Red onion,

I. 緒言

以前、私たちは、光の吸収と目に見える色との関係を学ぶための学生実習法として、色鮮やかな植物から色素を抽出し、その可視部吸収スペクトルを測定する方法を検討し報告した。こ

の実習で学習できる内容には、可視領域の光を吸収する分子構造、吸収光の波長と観察される色の関係（補色と余色の関係）、分光光度計の原理などがあり、理科系の大学で必要とされる知識や技能が多く含まれている¹⁾。また、高校で選択してきた理系科目は学生によりさまざま

¹⁾東邦大学薬学部薬学総合実験部門

²⁾東邦大学薬学部スポーツ健康科学教室

³⁾東邦大学理学部血液生物学研究室
〒274-8510 千葉県船橋市三山2-2-1

受領日 平成26年3月27日

受理日 平成26年4月14日

¹⁾Department of Pharmaceutical Practice, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Toho University

²⁾Department of Sports and Health Science, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Toho University

³⁾Department of Hematological Biology, Faculty of Science, Toho University

2-2-1 Miyama, Funabashi, Chiba 274-8510, Japan

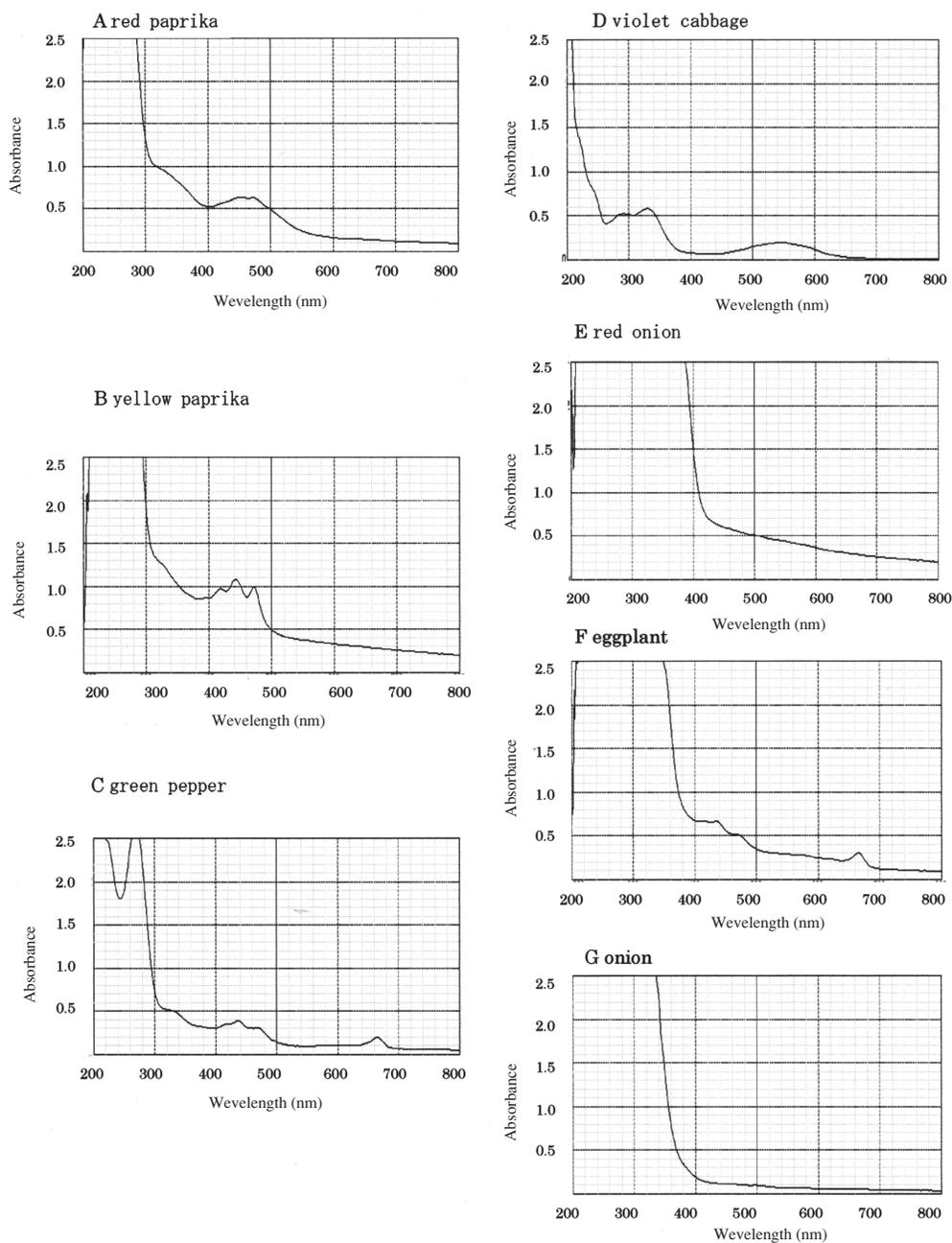


Fig. 1 Ultraviolet and visible absorption spectra of ethanol extracts from vegetables (vertical; absorbance 0-2.5, horizontal; wavelength 200-800 nm). A; red paprika, B; yellow paprika, C; green pepper, D; violet cabbage, E; red onion, F; eggplant, G; onion). These vegetables were cut into a strip of 0.5 g and dissolved in 4ml ethanol. In all of colored extracts, absorption values were less than 1.0 at the range of 400-800 nm. On the other hands absorption values were larger than 2.5 at the range of 200-400 nm. Extract from an onion has little absorbance at the visible part of spectrum.

あるが、大学入学後の早い時期にこれらの実習を実施し、物理、生物、化学の補完に利用できることを報告した^{1,2)}。

高校物理において物体の色と光については「原子・電子と物質の性質」の中で取り上げられ、エネルギー準位の差に等しいエネルギーの電磁波を放出したり、吸収したりすることで、異なる定常状態に移ることを学習する。なお、理科系の大学生に高校物理の各分野に対する好嫌度と自信度を調査した論文によれば、これら「原子と電子」の分野については好嫌度、自信度ともにあまり高くない値となり、「好まない分野」、「自信のない分野」と自覚している学生が多いことが示されている³⁾。本研究では、目に見える色の仕組みを学習するために用いた実験と同様に、色鮮やかな植物を用いて、紫外可視吸収スペクトルを測定して実験条件を検討したうえで、さらに多くの内容を学べる教材となりうるかを考察した。

II. 方法と材料

1. 材料

パプリカ (赤)、パプリカ (黄)、ピーマン (緑)、紫キャベツ、紫タマネギ (赤タマネギと呼ばれることもある)、ナス (皮を含む可食部分)、および無色の野菜としてタマネギを使用した。抽出は、五郎丸-新海らの可視部吸光度の測定で用いた方法にならい、それぞれの検体について0.5 gをエタノール 4 mlにて20分とした¹⁾。

2. 測定

吸光度の測定は、GEヘルスケア社製 GeneQuant 1300を用いた。測定波長は200 nm～800 nmで、200-400 nmを紫外部、400-800 nmを可視部とした。データの転送は、プログラムソフト「PRINT VIR COMPUTERバージョン5.2.2.2」を用いた。

III. 結果

1. 検体濃度の決定 (200～800 nm)

パプリカ (赤)、パプリカ (黄)、ピーマン (緑)、紫キャベツ、紫タマネギ、タマネギおよびナス0.5 mgをエタノール 4 ml中で20分抽出

したものを吸光度測定検体とした。すべての有色の検体 (タマネギ以外) について可視部では、適当な吸光度 ($A=1.0$ 以下) を示したが、紫外部吸収は吸光度2.0 (透過率 $I/I_0 = 10^{-2}$) を越えた (図1)。タマネギの抽出液は無色透明であったが、そのほかの植物抽出液は目視ではっきり確認できるほどの色素が抽出された。紫キャベツと紫タマネギの抽出液は、500 nm以下の可視部短波長側に吸収が偏っていた (図1)。

2. 紫外吸光度測定 (200～400 nm)

紫外部の吸光度は、2.0 (透過率 $I/I_0 = 10^{-2}$) を越え希釈が必要なほど大きかった (図1)。そこで、パプリカ (赤)、パプリカ (黄)、ピーマン (緑)、紫キャベツ、紫タマネギおよびナス0.5 mgをエタノール 4 ml中で20分間抽出したものを更にエタノールで10倍に希釈し吸光度測定検体とした。10倍に希釈した検体ではすべてにおいて紫外部吸収は適当な吸光度を示した (図2)。10倍希釈の検液は、200 nmよりさらに短波長の遠紫外線を吸収している可能性があった。タマネギは、可視部にほとんど吸収がなかったが、紫外部には吸収が観察された (図1 G、図2 G)。色調を確認できる紫タマネギと色のないタマネギの吸収スペクトルを比較すると、可視部 (約400 nm以上) に吸収があると色が目に見えるという原理を理解することができる (図3)。

IV. 考察

紫外・可視・赤外などすべての光を含んでいる光を白色光といい、太陽光や白熱灯などがこれにあたり、色調がないように見える。物質は特定の波長の光を吸収するが、吸収波長が可視光の場合、吸収を免れて透過した光が、網膜の光受容器 (錐体) を刺激することで色として認識される。吸収波長の色に対し、目に見える色はその補色 (余色) であり、たとえば400～435 nmの紫色を吸収すると、その補色である黄緑色として認識され、490～500 nmの青緑色を吸収すると、その補色である赤として認識される。このときの吸収光は一般に単色光として考えて補色の関係が1対1のように示されるが、実際の物質による吸収波長は一つではない上に、網膜の光受容器 (錐体) 3種類がどのような強度

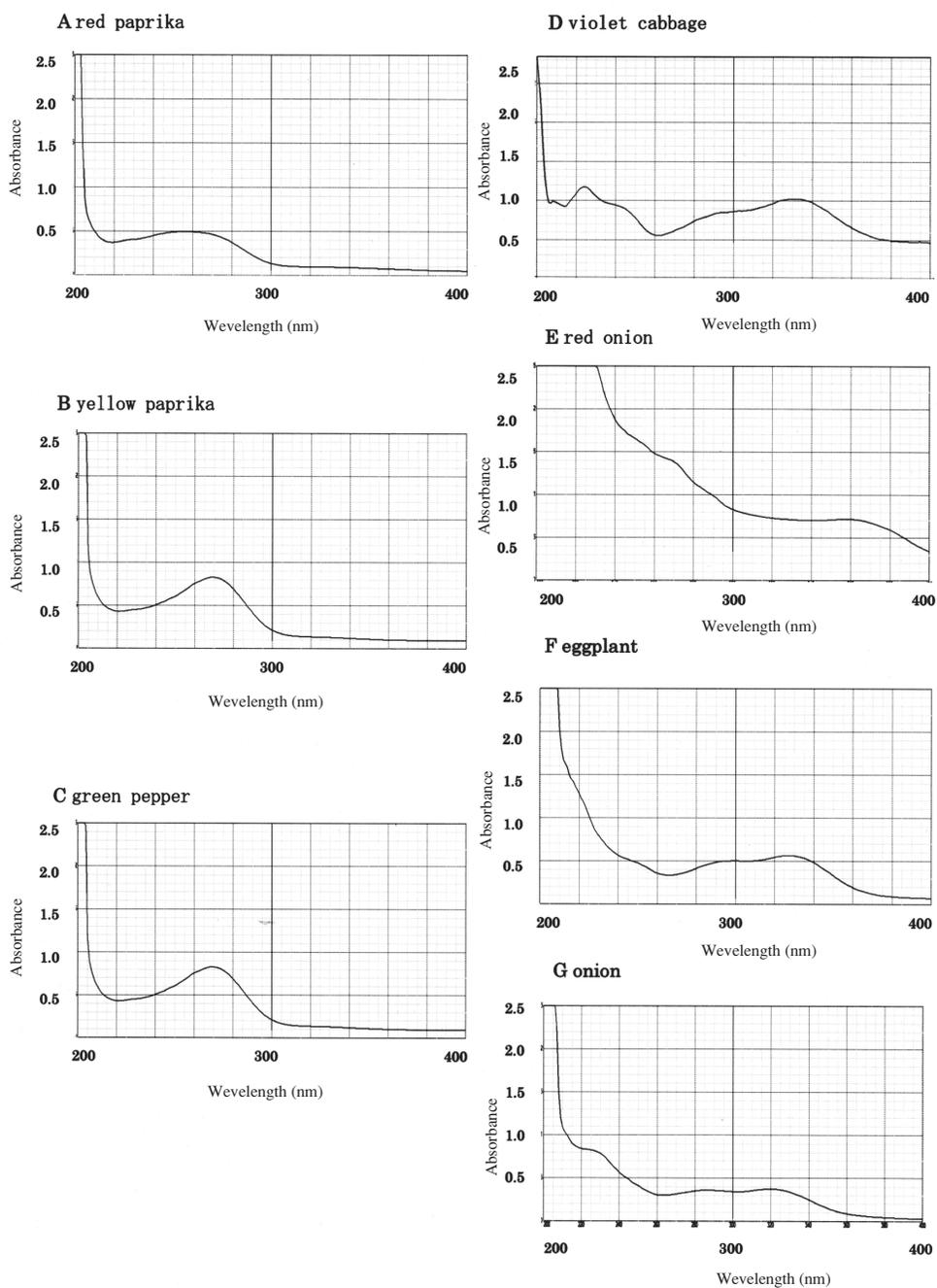


Fig. 2 Ultraviolet absorption spectrum of ethanol extracts from vegetables (vertical; absorbance 0-2.5, horizontal; wavelength 200-400 nm). After measurements wide range of absorption spectrum (200-800 nm : Fig. 1), each sample diluted by ten times with ethanol.

A; red paprika, B; yellow paprika, C; green pepper, D; violet cabbage, E; red onion, F; eggplant, G; onion.

で刺激されるかによって認識されるので、何色として脳で判断されるかを説明するのは複雑である^{4,5)}。

光の分散や屈折、スペクトル、吸収などの概念は、物質の構造決定などの化学分野や医療に応用されており、その基礎は小学校や中学の理科に始まり、難易度を増しながら理科系大学にまで続く重要な学習項目である。分光光度計を使うことにより、濃度測定、物質の特徴、分子の構造についての情報を得ることができるが、その測定原理自体を学ぶことで、波動や原子の基礎を理解することにもつながる⁶⁾。

以前我々は、様々な色の食材のなかから、色素を容易に抽出できて適度な吸光度を得ることができる条件を検討し、簡便で有用な実技実習として報告した⁷⁾。今回は同様の色鮮やかな食材を用いて、紫外部の吸収を測定する条件を決定し、さらに、有用な学習教材となる可能性について検討した。その結果、パプリカ等に代表さ

れる有色の野菜からの抽出物は、可視部の吸収に比較して紫外部の吸収は大きく、可視部の実験を行うよりも10倍に希釈する必要があった^{1,6)}。分光光度計は、吸光度、濃度、光路長の関係を示すLambert-Beerの法則を利用して反応速度やpKa値を求めるのにしばしば使われるが、機器を適正に用いて正しい値を算出するには試料の調製が必要である⁷⁾。今回の用いた植物抽出物は、可視部と紫外部の吸光度に大きな差があり、測定波長の範囲によって希釈率を変える必要があるので、本実験は比色分析装置の基礎を学ぶ教材として利用できると考えられる⁸⁾。

紫外線は、波長320から380 nmをUV A波、290～320 nmをUV B波、290より短い波長をUV C波とよばれる。UV A波は即時黒化とよばれる、日焼け後すぐに皮膚を黒くする現象を起こし、UV B波は、紅斑とよばれる皮膚が赤くヒリヒリするような炎症を引き起こすとされる。地表に達する太陽光の6%が紫外線でそのうち、UV A波

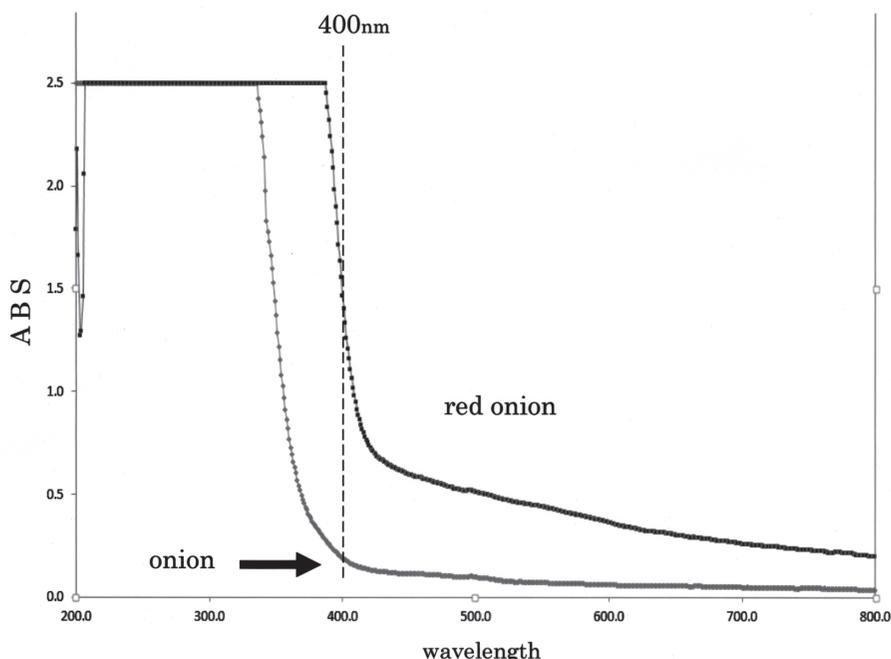


Fig. 3 Comparison of ultraviolet- visible- spectrum of onion with red onion.

Extract from red onion indicates an absorbance at visible region of spectrum detected by the human eye. On the other hand, extract from onion has little absorbance the visible part of spectrum. Broken line in the figure delimit visible and ultraviolet (400nm). Data were exchanged to 「Excel 2013」 by Print Via Computer Ver.5.2.2.2 .



Fig. 4 Extract samples from vegetables.
Starting from left; green pepper, red paprika, yellow paprika, eggplant, red onion, violet cabbage, onion. We are sure students interested in heavenly color.

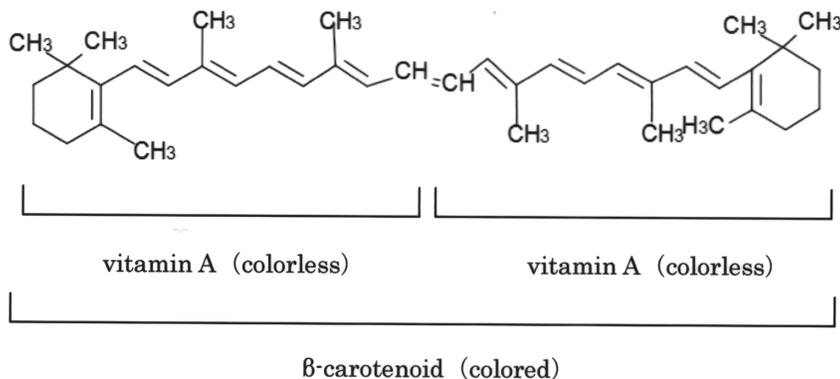


Fig. 5 Chemical formulas for vitamin A (retinol) and provitamin A (β -carotenoid).

は92%、UV B波は6%、UV C波は大気中に吸収されて地表には届かない⁹⁾。市販の日焼け止めは、紫外線吸収剤や紫外線散乱剤が使用され、日本では日本化粧品工業連合会によって定められている防御の指標値として、UV A波にはPA分類、UV B波にはSPF値が使われている。民間療法では、酸化チタン、酸化亜鉛などを使わず、ハーブや草花を使った紫外線防止剤が使われることが知られている。今回、植物抽出成分に紫外線吸収が存在したことから、野菜や果物を

った日焼けパックなどの民間療法の効果を説明する科学的根拠のひとつになり得ると考えられる⁹⁾。

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、エタノールでの抽出検体は目にも鮮やかで、光の吸収や反射を学ぶ実験材料として有用である(図5)。一方、ビタミンAとして知られるレチノールは無色であるが、栄養学の文献でビタミンAを多く含む野菜として挙げられるニ

ンジン、シソ、赤ピーマンなどは緑黄色野菜といわれる色鮮やかな植物である¹⁰⁾。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¹¹⁾。無色のレチノールは、有色のカロチンの構造に比較して、発色団になる共役2重結合が短く電子遷移のエネルギーが大きくなることで、吸収波長は紫外となり可視部の波長吸収が消失する。植物性食品に含まれるのは、プロビタミンAと呼ばれる有色の一群の物質で、ビタミンA（レチノール）との構造を比較すると、無色、有色の構造のちがいが良く理解できる（図4）¹²⁾。

日本の6年制薬学部は、日本私立薬科大学協会と国公立大学薬学部長会からの案を統合して2003年に完成した「薬学教育モデル・コアカリキュラム」を教育の基本としてスタートし、その後、2013年12月に修正を加えている^{13,14)}。各大学はモデル・コアカリキュラムを確実に修得した上で、それぞれ各大学独自のカリキュラムを用意することとされるので、コアカリキュラムに挙げられた内容は、いわば薬学教育の必要条件と位置づけられる。「薬学教育モデル・コアカリキュラム」の中で、今回報告した実験と関係する到達目標には、「分析に用いる器具を正しく使用できる」「非電離放射線（紫外線、赤外線など）を列挙し、生体への影響を説明できる」「紫外可視吸光度測定法の原理および応用例を説明できる」「代表的な分光分析法を用いて、代表的な生体分子（核酸、タンパク質）の分析を実施できる」「分光分析法を用いて、日本薬局方収載の代表的な医薬品の分析を実施できる」などがある。今回報告した実習を実施し、関連する項目の説明を行うことで、多くの薬学教育コアカリキュラムの到達目標を修得することが可能になると考えられる。

理科離れが問題となって久しいが、いまだに解決が難しいとされている中、今回報告した身近な食べ物を使っての吸光度測定は、分光光度

計があれば大学生でなくとも中学生や高校生を対象に簡単にできる実験である。普段の食事で目にする野菜から抽出した鮮やかな色彩を分光光度計で測定したスペクトルと対比させることは、学習者を自然に科学の世界に引き込むため、理科離れの解決策の糸口にも成り得る実験と考えられる。「物体の色と光」については、高校物理では「原子・電子と物質の性質」の中で、エネルギー準位の差に等しいエネルギーの電磁波を放出したり、吸収したりすることで、異なる定常状態に移ること等を学習する。理科系の大学生に高校物理の各分野に対する好嫌度と自信度を調査した論文によれば、これら「原子と電子」の分野については好嫌度、自信度ともにあまり高くない値となり、「好まない分野」、「自信のない分野」と自覚している学生が多いことが示されている³⁾。身の回りにある食べ物をを使って吸光度を測定することは、分光光度計さえあれば誰にでも簡単にできる実験であるが、吸収がおこる過程を説明するのに有用な道具になるとと思われる。本実験は、安価かつ簡便であり理科離れの対策や食育にも応用できる。

V. 結 語

鮮やかな色野菜の抽出物を用いて紫外部吸収スペクトルの測定を行った。エタノール抽出物による吸収は、可視部よりも紫外部が大きく、測定波長によって希釈率を変える必要があった。身近な食材からの抽出物を使って、分光光度計の利用法や目に見える色の科学的しくみを学ぶために有用な実験方法が示された。本実験の操作は簡単であり、対象は大学生のみならず、中学生、高校生でも実施可能と考える。

謝 辞

写真をご提供いただきました森上 需様に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 五郎丸(新海)美智子, 西口慶一, 成末憲治, 中沢克江: 植物色素の抽出条件と可視吸収スペクトルの測定, 医学と生物学, 155: 169-174, 2011.
- 2) 五郎丸(新海)美智子, 西口慶一, 成末憲治, 中沢克江: 実技と実習の順序と薬学部学生の理解度につ

- いて、一植物色素の可視吸収スペクトル。医学と生物学, 155: 175-181, 2011.
- 3) 川村康文, 中村保裕, 井上徳也: 理学部物理系大学生にみる小・中・高等学校での理科学習の実態と問題点. 理科教育学研究, 51(1): 129-135, 2010.
 - 4) 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, p920-923, 東京化学同人, 東京, (2008)
 - 5) 加藤俊二: 視覚と色覚. 身の回りの光と色, p33-44, 裳華堂, 東京, (1993)
 - 6) 小川善資: 資料; 分析機器・試薬アナリスト認定講座 その7. 比色分析装置の基礎, 生物試料分析, 36(3): 273-280, 2013.
 - 7) 大船泰史, 香月 勳, 西郷和彦, 富岡 清: 紫外・可視分光法のいくつかの用途. ブルース有機化学 第5版(上), p616-619, 化学同人, 京都, (2009)
 - 8) 松田仁志: 題8章紫外線から体を守る植物 植物の観察と実験を楽しむ。一光と植物のくらし。 p126-128, 裳華堂, 東京, (2004)
 - 9) Tsushida T: Effect of onion pigments on the killing effect of ultraviolet irradiation toward human monocyte or macrophage-like cells. Nippon Shokuhin Gakkaishi, 40: 149, (1993)
 - 10) 菅原龍幸, 井上四郎(編): ピーマン パブリカ. 新訂原色食品図鑑, p198-200, 建帛社, 東京, (2008)
 - 11) Harwood M他, 岡田恵次, 小嵯正敏(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)
 - 12) 松本 清(編): ビタミンの分析 食品分析学(初版), p151-153, 培風館, 東京, (2006)
 - 13) 日本薬学会: 薬学教育モデル. コアカリキュラム, (2002)
 - 14) 薬学系人材養成の在り方に関する検討会: 薬学教育モデル・コアカリキュラムの基本理念と位置付け, 薬学教育モデル, コアカリキュラム, 平成25年度改訂版, p1-7, (2013)