

ドラゴンフルーツを用いた羊毛布の染色についての研究

錦織寿*・田中健一**・佛淵のぞみ***・瀬戸房子****

(2012年10月23日 受理)

Study on dyeing method of wool fabric using Dragonfruit

NISHIKORI Hisashi, TANAKA Kenichi, HOTOKEBUCHI Nozomi, SETO Fusako

要約

ドラゴンフルーツ（ピタヤ）は中南米原産のサンカクサボテンの果実で、近年では鹿児島県でも栽培されるようになり、主に食料品として利用されている。また、世界的にも研究が進められており、果実の色の異なる各品種の利用や有効成分の解析が報告されている。その一方、ドラゴンフルーツの色素を利用した染色法の開発についてはほとんど報告されていない。そこで、染色のための色素抽出と羊毛布の染色の検討を行った。

本研究では赤紫色の果実をもつドラゴンフルーツ（レッドピタヤ）を用いた。この赤紫色はベタレインという色素により発色されており、赤色のベタシアニン類と黄色のベタキサンチン類に分けられる。検討の結果、アセトンを用いて黄色の色素を抽出した後、蒸留水を用いて短時間で抽出を行うことにより二種類の色素抽出液を分取することができた。また、得られた色素抽出液を用い、酒石で媒染することにより羊毛布を鮮やかな赤紫色に染めることができた。

キーワード：ドラゴンフルーツ，ベタレイン，アセトン，羊毛布，酒石

* 鹿児島大学教育学部 准教授
** 鹿児島大学大学院教育学研究科 修士2年
*** 薩摩川内市立水引中学校 教諭
**** 鹿児島大学教育学部 教授

はじめに

自然界には色鮮やかで魅力的な色彩を放つ植物が無数に生育しており、大昔から人々はそれらの美しい色を衣服や建築物などの装飾に用いてきた。また、染色技術の進歩は植物の外見からは想像できないような色彩の発色を可能としてきた。そのため、古くから染料の原料となる植物の栽培が盛んに行われてきた。近年になり染料の需要が増大すると、天然原料の供給が追いつかなくなるとともに、化学工業の発展により合成染料が発明され市場を占めるようになる。合成染料は天然染料に比べ精製や製造が容易で、品質に斑がなく色の耐久性も高く大量供給が可能であるなどの利点から広く用いられるようになった。しかし、化学工業の発展は抗生物質や化学肥料などの農薬類、保存料や着色料など様々な分野で我々の生活を豊かにしてくれた一方で、自然界の処理能力を超えた廃物が放出されたことによる様々な公害などの健康被害や環境破壊をもたらした。これらの経験から、合成染料の様に自然界には存在しない化合物の環境や人体への影響を不安視する意識の高まりから、天然染料が再び注目されるようになってきた。

近年、天然果実の活用という観点で注目され農業栽培や商品開発が行われるようになった植物にドラゴンフルーツがある。ドラゴンフルーツは中南米原産のサボテン科ヒモサボテン属のサンカクサボテンの果実でピタヤと呼ばれる多肉植物である。日本国内では沖縄から九州南部の暖かい地方で栽培されており、その他の地方でもビニールハウスなどを用いて栽培されている例が見られる。日本で主に栽培されているピタヤはホワイトピタヤ、レッドピタヤ、イエローピタヤの三種があるが、中でもレッドピタヤは果肉部分が鮮やかな赤紫色をしており、デザートやジュース、ドレッシングなど食用として幅広く利用されている。この鮮やかな赤紫色はベタレインによるものであるが、ブルーベリーなどに含まれる色素のアントシアニンなどに代表されるフラボノイド類とは異なり、近年になるまで詳細な生合成経路が不明なままであった。最近になり、放射性同位元素で標識した前駆物質のフィーディング実験や中間代謝物の同定から生合成の概要が明らかにされている。また、ヨウシュヤマゴボウやマツバボタン、ビートなどを用いた研究を通して詳細な生合成経路の解明が試みられている。ドラゴンフルーツの栽培が広がり知名度も上がりつつあるが、ドラゴンフルーツから抽出された色素を繊維類の染色に用いた例はほとんど報告されていない。また、ドラゴンフルーツの果実の利用は増えている一方で、食用としての利用法が少ない果皮部分は多くの場合利用されずに廃棄されている。そこで、本研究ではドラゴンフルーツ（レッドピタヤ）の果皮部分から染色用の色素抽出法の検討を行い、その抽出液を用いた羊毛布の染色法の検討を行った。

実験方法および結果と考察

1. ドラゴンフルーツ果皮からの色素抽出法の検討

ドラゴンフルーツ（レッドピタヤ）の果皮から赤紫色の色素抽出液を得るために、抽出溶媒の検討を行った。ベタレインには図1のような赤紫色のベタシアニン類と黄色のベタキサンチン類が存在することが知られている。目的とする赤紫色のベタシアニン類は糖と結合して親水性を示すことから、効率よく抽出するためには親水性の高い溶媒を用いることが必要であると考えられる。また、抽出液の濃縮等の加工を考慮すると、沸点の低い有機溶媒の使用も有効と考えられた。着色料など食品への利用を検討した先行研究では、人体への影響を考慮し水やエタノールを用いた方法が報告されている。これらの知見を参考に水やエタノールで検討を行うとともに、より効果的な条件を見つけるためメタノールなどの他のプロトン性極性溶媒を、またアセトンや酢酸エチルなどの非プロトン性極性溶媒でも検討を行った。抽出方法を以下に示す。

抽出方法

- ① 試料（ドラゴンフルーツの果皮を冷凍保存したもの）50gを電子天秤で計りとり、電動ミキサーにより細かく砕いた。
- ② 砕いたドラゴンフルーツの果皮を集気瓶に入れ、抽出溶媒200mlを加え24時間、暗所にて静置した。
- ③ 吸引濾過によりドラゴンフルーツの果皮を除き、濾液の抽出溶液を得た。

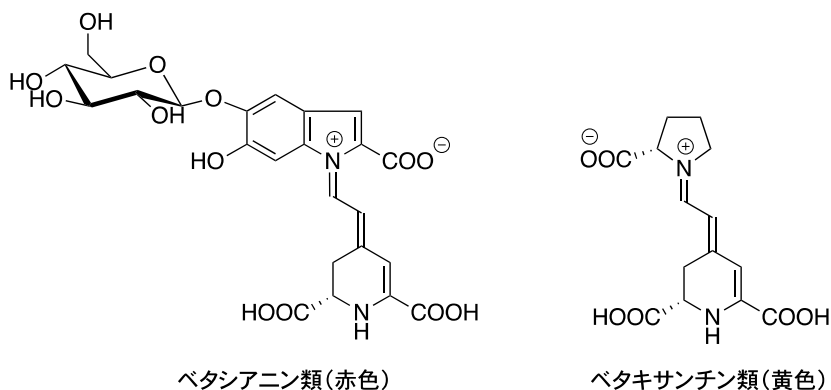


図1 ベタレインの構造式

抽出により得られた溶液の吸光光度測定を行った結果を図2に示す。水を溶媒に用いて抽出を行うと、赤紫色の溶液は得られるものの溶液全体の粘性が非常に高く吸引濾過による残渣の分離が困難であった。メタノールを用いた場合、鮮やかな赤紫色の溶液が得られた。また、このメタノール溶液の紫外可視吸光度分析を行うと、550nm付近のベタシアニン類と440nm付近のベタ

キササンチン類の両方の色素が溶出していることが確認できた。エタノールを用いた場合も赤紫色の溶液が得られたが、メタノールを用いた場合に比べると溶液の色は薄かった。2-プロパノールを用いると赤紫色の溶液は得られず、橙色の溶液が得られた。アルコール類を用いる抽出では、炭化水素部位が長くなるに従い赤紫色の色素（ベタシアニン）の溶出が減少する傾向が見られる。非プロトン性極性溶媒であるアセトンを用いると、鮮やかな黄色の抽出液が得られた。アセトンは水と自由に混和する非常に親水性の高い溶媒であるにも関わらず、赤紫色色素が溶出していないことは非常に興味深い結果である。このことは紫外可視吸光度分析からも550nm付近に吸収が観測されなかったことから確認できる。さらに、酢酸エチルやジクロロメタンを用いて抽出を行ったが、アセトンに比べて非常に薄い淡黄色の液体が得られのみで有効な抽出はできなかった。

アセトンを用いた抽出では黄色の抽出液が得られていたが、残渣のドラゴンフルーツは鮮やかな赤紫色を保っていた。そこで、残渣に水を加え約10分後に吸引濾過をすることで、粘性物質の影響をあまり受けることなく赤紫色の水溶液を得られた。このアセトンと水を用いる抽出方法は、ドラゴンフルーツから赤紫色のベタシアニン類と黄色のベタキササンチン類を効率的に分取する方法として有用だと考えられる。また、写真を見ると、アセトンで抽出した後の蒸留水抽出液は、黄色のベタキササンチン類が既に抽出されているためか、メタノール抽出液よりも鮮やかな赤紫色を呈している。(図1の蒸留水の吸収スペクトルは、アセトンで一度抽出した後の残渣に蒸留水を加えて抽出した溶液のデータ)

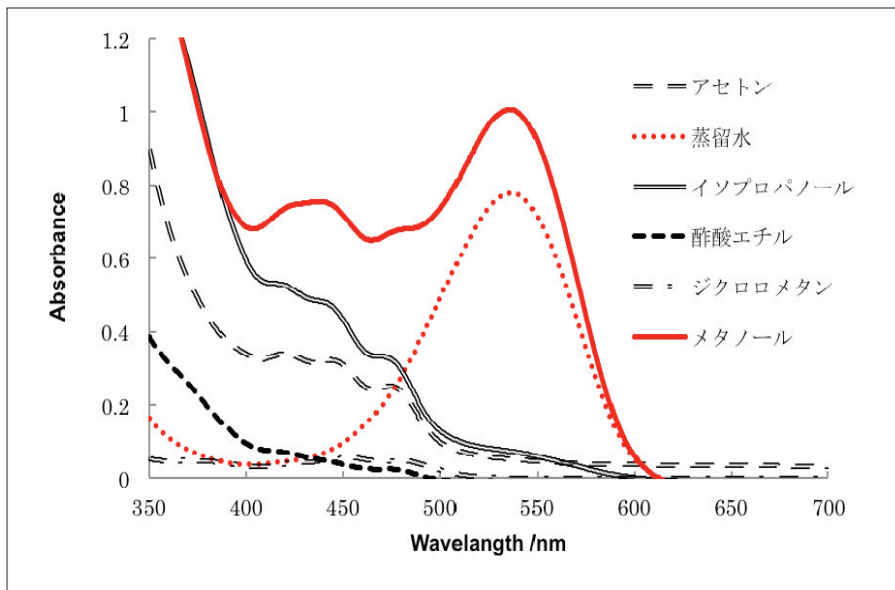


図2 抽出液の紫外可視吸光スペクトル

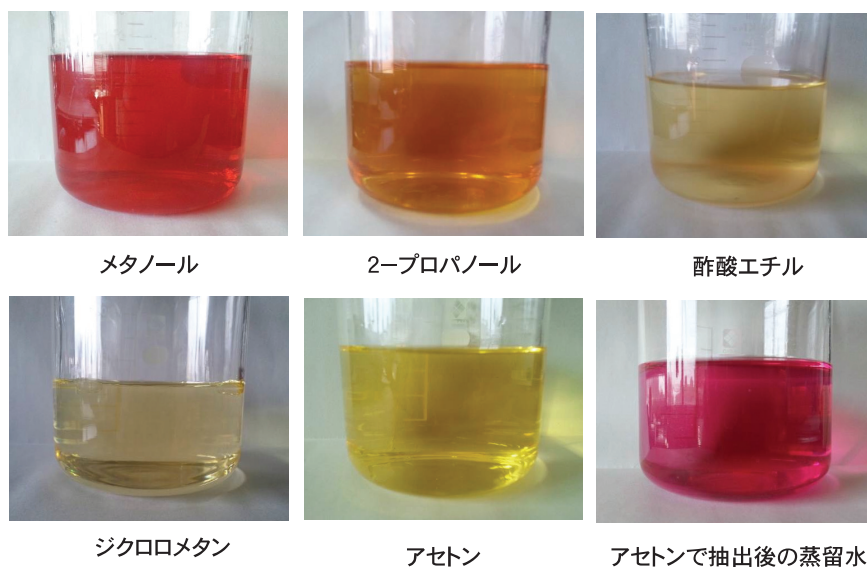


写真1 ドラゴンフルーツ抽出液の様子

2. ドラゴンフルーツ（レッドピタヤ）抽出液を用いた羊毛布の染色

羊毛布の染色には、最も赤紫色の色素が抽出できていたメタノール抽出液と、赤紫色のベタシアニン類と黄色のベタキサンチン類の繊維へのそれぞれの吸着力を比較するため、アセトンで一度抽出した後の残渣に水を加えて抽出した赤紫色の水抽出液を用いた。

はじめに、羊毛布を前処理せずに赤紫色の抽出液に浸し24時間静置したが、全く染色されていなかった。そこで、羊毛布に種々の媒染を行い染色方法の検討を行った。媒染剤には酒石、塩化ナトリウム、リン酸二水素カリウム、硫酸カルシウム、酢酸鉄を用いた。媒染方法は全て先媒染とした。

染色方法

- ① 3cm 四方に切り取った羊毛布を媒染液に24時間間浸した。(媒染液は抽出液100ml にたいして溶解度の低い酒石は1g, 溶解度の高い塩化ナトリウムなどは5g 加えて調製した。)
- ② 羊毛布を媒染液から取り出し、シャーレに入れた抽出液30ml に浸し暗所で24時間静置した。
- ③ 抽出液から羊毛布を取り出し、蒸留水でよく漱いだ後、風乾させた。

最も色素が抽出されているメタノール抽出液を用いて染色を行ったところ、淡くピンク色に染まるのみで鮮やかな赤紫色には染色されなかった。水抽出液を用い、酒石を媒染剤に用いたところ、鮮やかな赤紫色に染色された。また、酒石酸水素カリウムを用いたところ、全く羊毛布は染

色されていなかった。(写真1) 酢酸鉄を媒染剤に用いると鉄製分の影響が強く出て黄土色に染まり、期待した赤紫色には染色されなかった。塩化ナトリウムなどこれら以外の媒染剤を用いた検討では、色濃く染色されることはなかった。染色された羊毛布の反射率測定の結果を図2に示す。染色前の羊毛布の反射率と比較して、赤紫色に鮮やかに染色されている酒石を用いた羊毛布のみ550nm付近の反射率が大幅に低下していることが確認できた。最も効率よく色素を抽出できていたメタノール抽出液であり染色されず、アセトンで一度黄色色素を抽出した後に水で抽出を行った抽出液で鮮やかに染色できた理由としては、色素と溶媒の親和性が高過ぎ、色素と繊維の吸着を阻害している可能性が考えられた。

また、これまで行ってきた媒染方法は全て先媒染を用いてきたが、酒石を媒染剤に用いて後媒染を試した。しかし、羊毛布は全く染色されておらず、媒染を行わない実験と同じ結果となった。このことから、赤紫色色素は媒染剤なしでは羊毛繊維との相互作用が弱く、繊維に定着させるためには羊毛布に媒染処理を行い、媒染剤をあらかじめ繊維に吸着させておく必要があることが分かった。

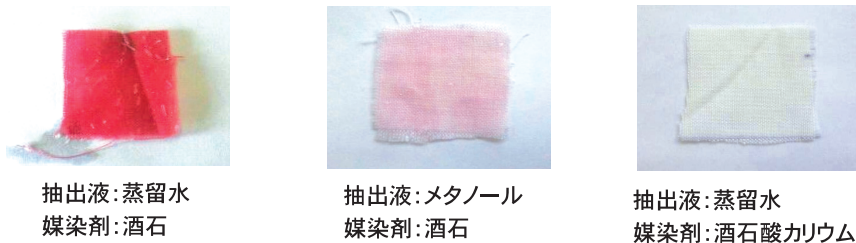


写真2 染色後の羊毛布

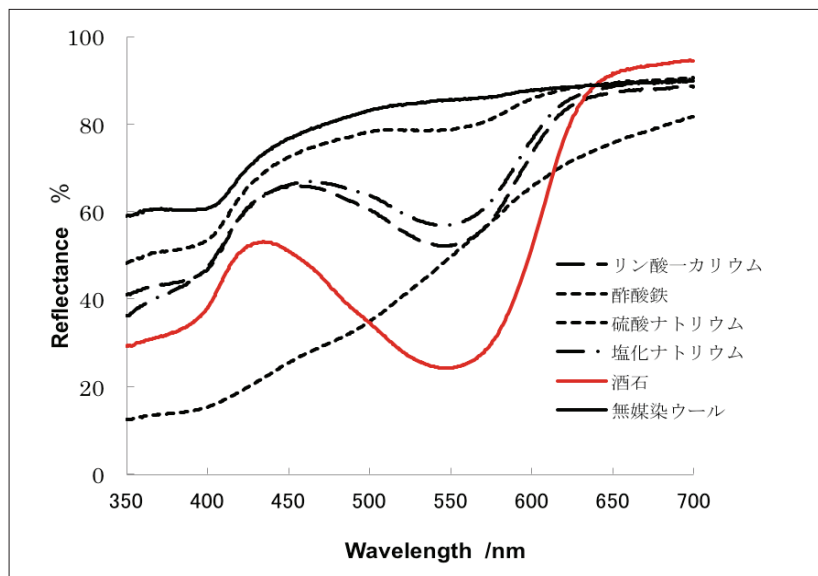


図3 染色された羊毛布の紫外可視反射率スペクトル

まとめ

今回の検討では、アセトン抽出溶媒に用いることで黄色色素のベタキササンチン類を溶出させた後、水を用いることで選択的に赤紫色色素のベタシアニン類を抽出させるができた。色素の抽出において最も効果的と考えられたメタルが、染色においては必ずしも有効ではないことも明らかとなった。また、媒染剤に明礬類や酒石を用い、先媒染をすることで羊毛布を赤紫色に染色することができた。

今後は、染色速度や日光堅牢度について検討を行うとともに、綿布や絹など他の繊維類の染色を検討する。また、アセトンを用いて黄色の抽出液が得られたことから、黄色抽出液を用いた各繊維類の染色方法の検討も行う。これと並行して、ドラゴンフルーツの果皮を用いた繊維類の染色実験の理科教材として利用の検討も行う。ドラゴンフルーツは日本では沖縄から九州南部で主に栽培されている果実であり、地域特有の農産物として取り扱うことができる。また、食用として主に使用される果実部分ではなく果皮部分を用いることから、これまで廃棄されていた部分の有効活用として環境教育分野においても取り扱うことが可能であり、中学校の授業でどのような形で取り扱えるか検討を行う。

謝辞

本研究において使用したドラゴンフルーツ（レッドピタヤ）の果皮は藤絹織物株式会社から提供していただいたものであります。藤絹織物株式会社に謝意を表します。

参考文献

- ¹⁾ 磯辺 稔, 家長 和治, 市川 善康, 今井 邦雄, 鈴木 喜隆, 中塚 進一, 中村 英士 フィーザー・ウィリアムソン有機化学実験原書8版 丸善 2000.
- ²⁾ Herbach K. M.; Maier C. *Eur. Food Res. Technol.* **2007**, 224(5), 649-658.
- ³⁾ Wybraniec S.; Mizrahi Y. *J. Agric. Food Chem.*, **2005**, 53(17) 6704-6712.
- ⁴⁾ 広瀬直人, 前田剛希 九州沖縄農業研究成果情報 **2006**, 21号 505-506.
- ⁵⁾ Nazaruddin R.; Norazalina S. M.I.; Norziah M. H. *Malays. Appl. Biol.* **2011**, 40(1), 19-23.
- ⁶⁾ Zhuang Y.; Zhang Y.; Sun L. *Int. J. Food. Sci. Technol.* **2012**, 47(6), 1279-1285.
- ⁷⁾ Hor S. Y.; Ahmad M.; Farsi E. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* **2012**, 63(1), 106-114.
- ⁸⁾ Yang C. P. *Anhui Nongye. Kexue*, **2010**, 38(1), 347-349.
- ⁹⁾ 大城あゆみ, 安田みどり, 中多啓子, 尊田民喜, 柘植圭介 日本農芸化学会大会講演要旨集 **2011** 195.
- ¹⁰⁾ 橋爪佐依, 米本仁巳, 田之上大, 水野雅史, 角田万里子 園芸学研究別冊 **2008**, 7(1), 435.
- ¹¹⁾ 作田正明, 足立泰二, 野田尚信, 寺本進 植物色素研究法 大阪公立大学共同出版会 (OMUP) **2004**, 85-104.