

ドラゴンフルーツを用いた絹布の染色(2)温度効果と時間変化

錦織 寿*・川端 結花**・瀬口 公美***・瀬戸 房子****

(2014年10月28日受理)

A study on the dyeing method of silk fabrics using dragonfruit pericarp: Temperature effects and temporal variations

NISHIKORI Hisashi, KAWABATA Yuka, SEGUCHI Kumi, SETO Fusako

要約

ドラゴンフルーツのなかで鮮やかな赤色を示すレッドピタヤの果実は様々な食品の着色に用いられている。一方、レッドピタヤの果皮部分も鮮やかな赤色をしているが、あまり利用されることなく、ほとんどが廃棄されている状況である。我々は、その果皮を繊維類の染色に用いることができないか検討を行っており、羊毛布と絹布の染色をある程度行うことができることを明らかにした。しかしながら、ドラゴンフルーツに含まれる天然色素(ベタレイン類)の特性から課題も残されており、より有用な染色方法の開発が望まれていた。

本研究では、実用性の高い絹布の染色において、染色時の温度効果と染色時間を検討することにより、羊毛布のみでなく絹布も桃色に染色することができた。また、これまで染色布の退色や色合いの変化は天然色素の分解によるものと考えていたが、二種類存在するベタレイン類色素の性質による染着速度の差が影響していることが明らかになった。

キーワード: ドラゴンフルーツ (レッドピタヤ), 絹布, 染色, ベタレイン類

* 鹿児島大学教育学部 准教授
** 元鹿児島大学教育学部
*** 鹿児島大学教育学部
**** 鹿児島大学教育学部 教授

はじめに

中南米原産の三角サボテンの一種であるドラゴンフルーツ（ピタヤ）は、病虫害や不良環境の影響を受けにくく、近年では鹿児島県内でもビニールハウスを用いて栽培されている。なかでも赤色の果皮と果実をもつレッドピタヤは、その鮮やかな色合いからデザートとしてのみでなく、果実から調製した果汁がシャーベットやドレッシング等の食品の着色に用いられている。

当研究室では、ドラゴンフルーツの果皮から得られる抽出液を用いて、羊毛布と絹布の染色の検討を行ってきた。これまでの検討では、抽出液を酸性にすることで、羊毛布を鮮やかな赤色に染めることは明らかにできた。一方、実用性の高い絹布については淡い黄色に染めることしかできていなかった。そこで、染色時の温度について検討を行ったところ、絹布の着色状況が一樣ではなく、温度によって橙色や薄い桃色に染色できることが分かった。ドラゴンフルーツの果皮から調製された抽出液に含まれている天然色素のベタレイン類には、親水性で赤色を示すベタシアニン類と、親水性では劣り黄色を示すベタキサンチン類が含まれている。(図1) これら二種類の色素が、異なる温度条件下で絹布との相互作用において異なる挙動を示すことが示唆された。そこで、これまでの検討の中から代表的な抽出溶媒を選び、染色温度がどのような影響を与えるか詳細に検討を行った。また、このドラゴンフルーツの果皮を用いた染色実験は、理科教材としての利用も将来的な目標にしている。そこで、作業時間の短縮という観点から、抽出時間と染色時間の違いにおける染色への影響についても検討を行った。

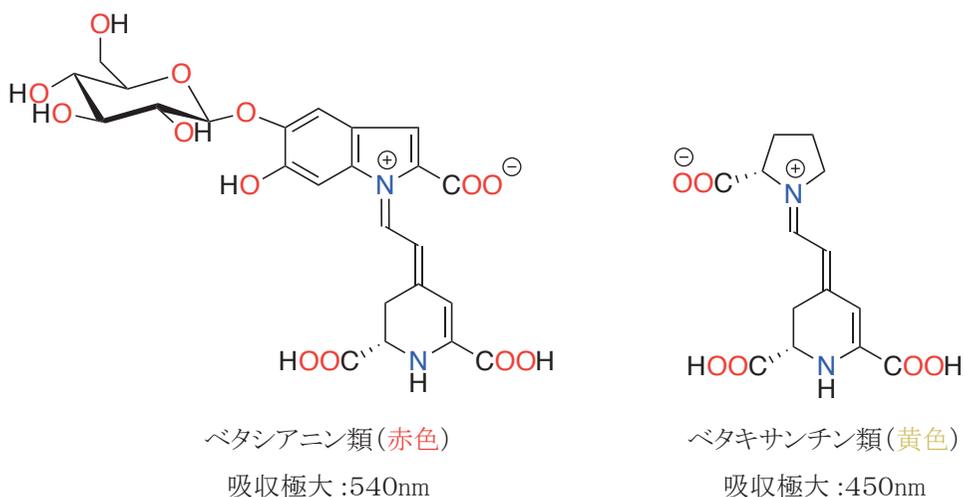


図1 ベタレイン類の構造式

結果と考察

1. 絹布の染色に与える染色温度の影響

最初に、アセトンを溶媒に用いた抽出液（黄色）を使用して染色温度の影響について検討を

行った。染色された絹布の写真と反射率測定の結果を図2に示す。抽出時間と染色時間はこれまでと同様に1日、染色温度を -10°C 、 10°C 、室温、 30°C 、 40°C 、 50°C として比較を行った。 30°C のとき、これまで得られていた結果と同様に黄色に染色されていたが、興味深いことに 10°C では薄い桃色に染色されていた。それ以外の温度ではほとんど染色されておらず、淡く黄色がかっている程度であった。反射率測定からも、 30°C のときには 450nm 付近の反射率が大きく低下していた。また、 10°C のときに薄く桃色に染まっていたのは、 540nm 付近の反射率が相対的に低下しており、ベタシアニン類が絹布に付着していることが分かる。このことから、アセトン抽出液（黄色）にも絹布を薄くではあるが桃色に染められる量のベタシアニン類が存在していることが分かった。また、 10°C で桃色に染まりながら温度が高くなると黄色に変化していることから、色素と絹布の親和性はベタシアニン類の方が高く、短時間で絹布と相互作用し、一方のベタキサンチン類はゆっくり時間をかけて相互作用することが示唆された。更に、ベタキサンチン類は、低い温度では十分に絹布と相互作用できず、また 40°C 以上では分解して退色していることから、ベタキサンチン類の有効な温度条件の範囲は非常に狭いことが分かった。

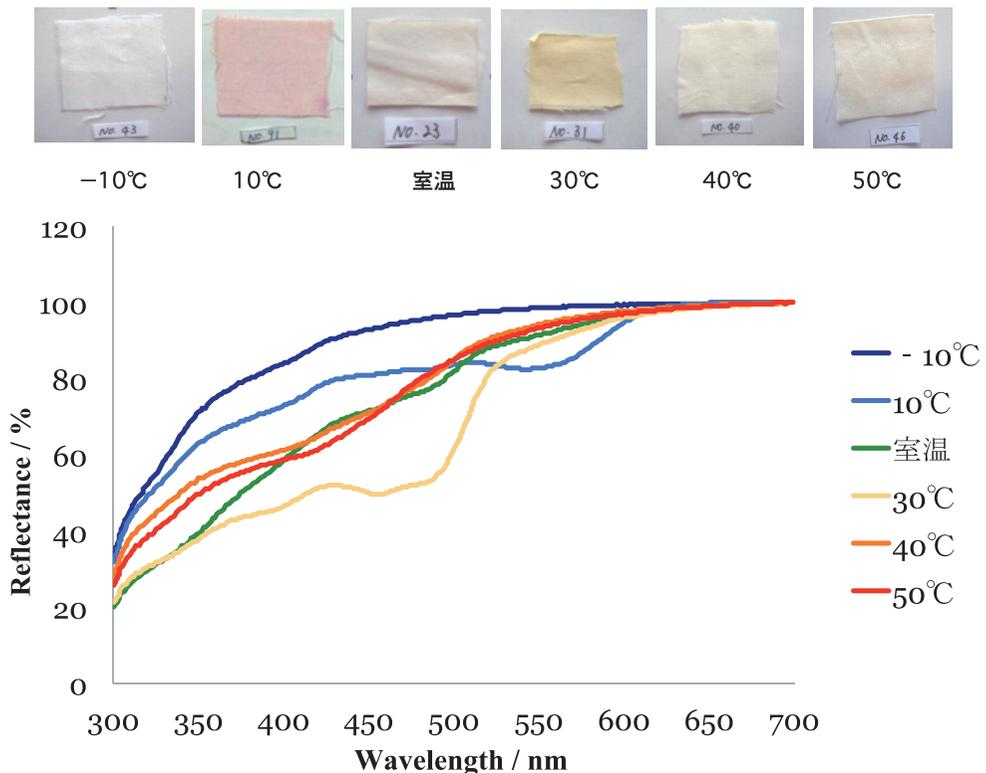


図2 アセトン抽出液による絹布の染色：温度効果

次に、アセトンで抽出した後の残渣に水を加えて得た抽出液（赤色）を用いて検討を行っ

た。染色された絹布の写真と反射率測定の結果を図3に示す。-10℃ではほとんど染まっておらず、540nm付近と450nm付近の反射率は高い値を保っている。10℃のときが最もよく染まっており、540nm付近と450nm付近の反射率が大きく低下していた。温度が高くなるにつれて薄くなり、540nm付近の反射率が最初に増加し、その次に450nm付近の反射率が増加することが分かった。40℃以上の条件ではほとんど染まっておらず、反射率も大きな落ち込みのないスペクトルが見られる。先のアセトン抽出液を用いた検討と合わせると、10℃より高い温度ではベタシアニン類が絹布についた後で退色していること、また40℃以上の条件ではベタキサンチン類も退色していることが考えられた。

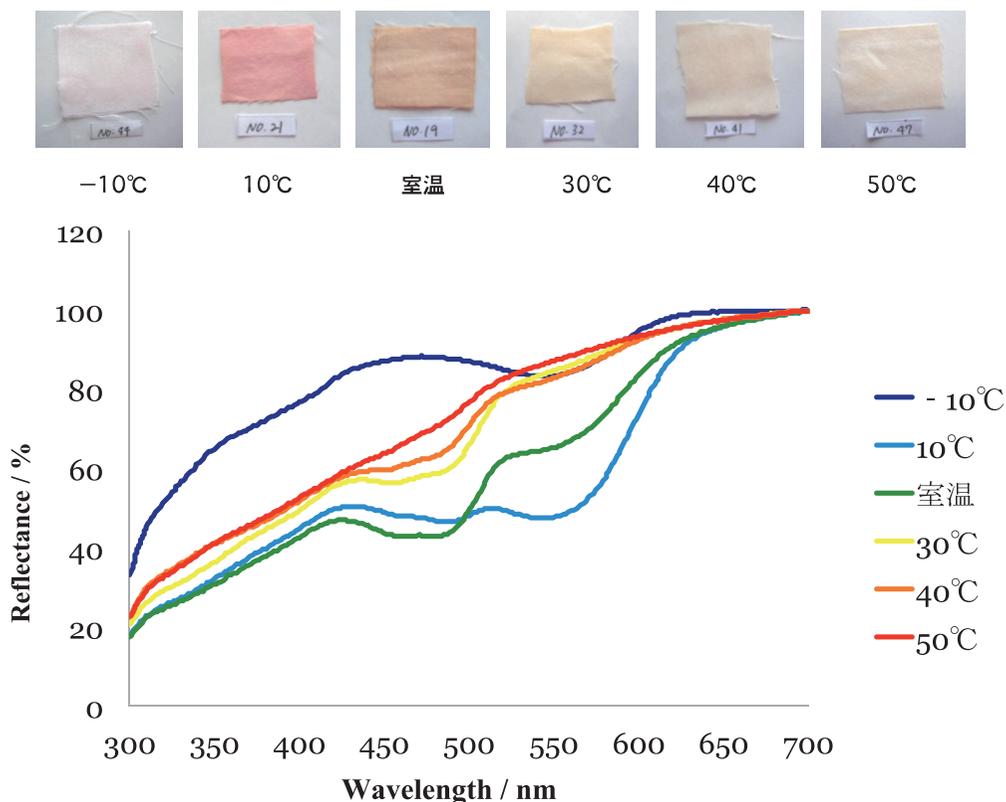


図3 水抽出液（アセトン抽出後）による絹布の染色：温度効果

試薬の安全性の観点からは、メタノールは劇物に指定されているため避けたいところだが、抽出液の紫外可視吸収スペクトルの結果では、これまでメタノールと水の混合溶媒を用いた場合が最も良かった。そこでメタノールと水の混合溶媒（メタノール：水=1:1）を用いた抽出液を用いて検討を行った。染色された絹布の写真と反射率測定の結果を図4に示す。水を用いた抽出液の場合と同じ傾向が見られたが、10℃高くなっても色素があまり退色していなかった。室温で

は540nm 付近の反射率が10℃のときとほぼ同じ値を保っていた。また、30℃のときに450nm 付近の反射率が大きく低下しているが、540nm 付近の反射率が水抽出液のときほど増加しておらず、絹布は橙色に見える。メタノールと水の混合溶媒を用いた抽出液は、親水性のベタシアニン類と疎水性のベタキサンチン類の両方がより多く溶解しているため、このような結果が得られたと考えられる。

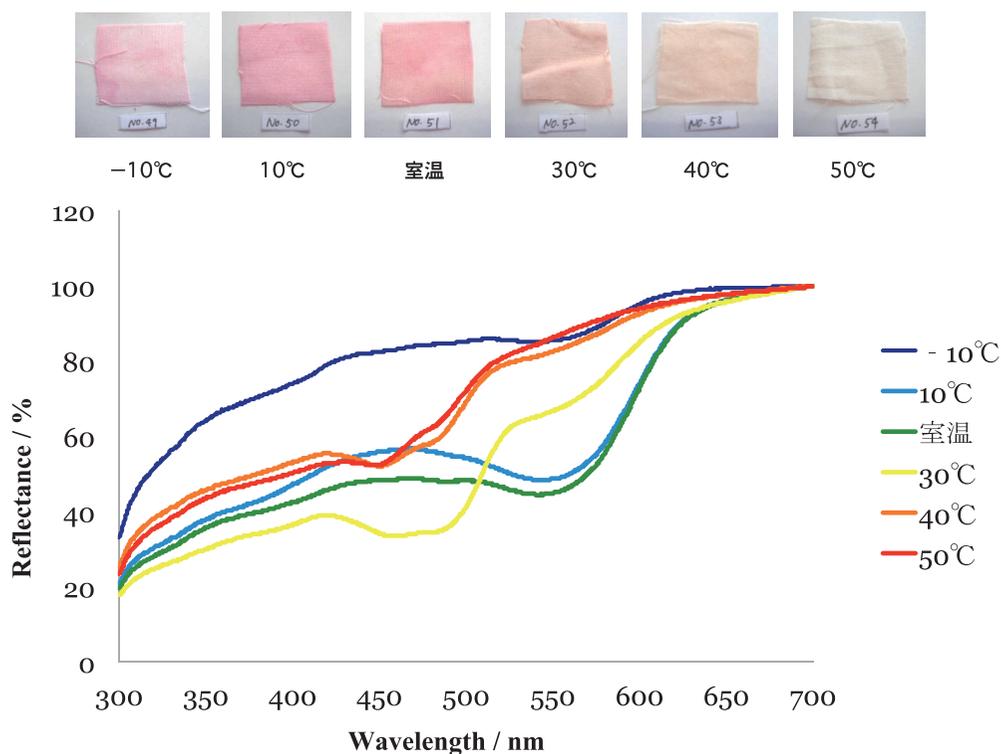


図4 メタノール：水（1：1）抽出液による絹布の染色：温度効果

2. 色素抽出時間の検討

これまで抽出時間については、アセトンとメタノール：水混合溶媒を用いる場合は24時間に設定していた。以前の研究から、抽出液を高温で長時間おくと退色していたことから、室温で長時間かけた方がより多くの色素を抽出できると考えていた。しかし、理科教材への展開を考える上で作業時間は重要な要素であり、できる限り短い方が良い。そこで、時間を短縮するとどのような影響がでるか検討を行った。得られた抽出液の紫外可視吸収スペクトルを図5に示す。アセトンとメタノール：水の混合溶媒を用いた抽出液は、いずれも時間を短縮した条件（2時間）の方がベタシアニン類を示す540nm 付近の吸収が大きく、1日たつとその吸収が低下していた。また、1日の方はベタキサンチン類を示す450nm 付近の吸収が大きくなっていったことから、ドラゴン

フルーツから溶媒に浸出したベタシアニン類が時間の経過と分解してベタキササンチン類に変換しているか、もともとベタキササンチン類の抽出には時間がかかることが示唆された。アセトンで抽出した後の残渣から得た水抽出液の比較は、アセトンの抽出時間の影響が現れており、アセトンでの抽出時間が短いほうが540nm付近の吸収が大きかった。これらの結果から、絹布を赤色に染める場合、抽出時間の短縮は作業工程的の改善のみでなく色素の抽出にも良い影響を与えること、一方、黄色に染める場合は、時間の短縮は色素の浸出については悪い影響を与えていることから、目的の色素によって異なる時間が適していることが分かった。

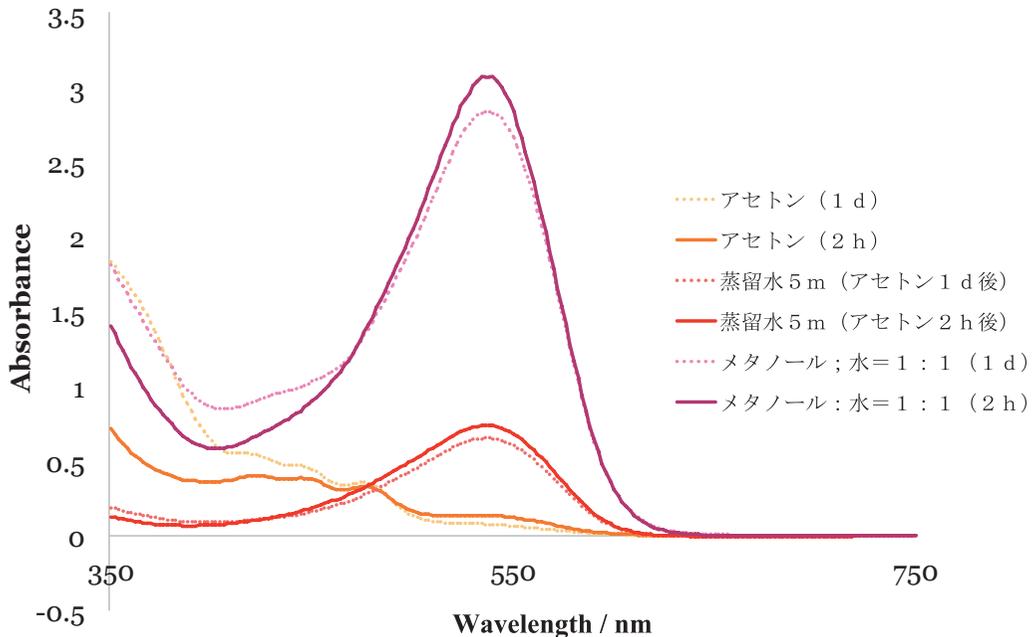


図5 抽出時間の短縮による影響

3. 染色時間の検討

染色時間をこれまでの1日から2時間へと大幅に短縮し、各温度条件で検討を行った。得られた絹布の写真を図6に示す。アセトン抽出液を用いた場合、染色時間が2時間になると黄色には染まらず、30℃のときに桃色に染まっていた。これは、絹布との親和性がベタシアニン類の方がベタキササンチン類より高く短時間で繊維と相互作用が可能であること、また、時間を経るにつれてベタシアニン類が分解し、退色しているとの推測を支持する結果と考えられる。



図6 染色時間短縮（2時間）における温度効果

アセトンで抽出後の残渣を用いた水抽出液を用いた場合は、染色時間が2時間の方が1日より桃色に染まり、温度が上がるにつれて薄くなる傾向が見られた。しかし、高温になっても1日染色したときほど退色はしておらず、時間短縮がベタシアニン類にとって良い影響を与えていることが示唆された。更にメタノール：水の混合溶媒を用いた抽出液で染色した場合も、染色時間が短い方が良い結果が得られた。このことは、染色作業を行う上で、ベタシアニン類はできるだけ溶液状態の時間を短くした方が良いことが明らかとなった。

まとめ

今回の検討では、羊毛布のみでなく絹布も桃色に染めることができたことが分かった。また、温度効果と抽出・染色時間の実験からドラゴンフルーツに含まれる主な色素である2種類のベタレイン類の性質により、抽出溶媒への溶解度のみでなく、染色においても傾向が大きく異なることを明らかにできた。特に、絹布を桃色に染める際には、抽出時間と染色時間はともに短い方がよい結果が得られたことは、今後の理科教材への展開にとっては好ましい結果である。一方、黄色に染める場合は抽出・染色ともになるべく時間をかけた方がよいことも分かった。

今後は、抽出・染色時間の更なる短縮の検討を行うとともに、絹布のスケールアップの検討を行う。また、実用性の観点から日光堅牢度及び洗剤耐性について検討を行い、有用性の高い染色法の確立を目指す。

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きました。藤絹織物会社に謝意を評します。

実験操作

【抽出溶媒の調製 (1d)】

試料（ドラゴンフルーツの果皮を冷凍保存したもの）50g を電動ミキサーで細かく砕き、集気瓶に入れた。その後、抽出溶媒200ml を加え暗所にて静置した。24時間後、吸引濾過によりドラゴンフルーツの果皮を除き、濾液の抽出液を得た。

【抽出溶媒の調製 (2h)】

試料（ドラゴンフルーツの果皮を冷凍保存したもの）50g を電動ミキサーで細かく砕き、集気瓶に入れた。その後、抽出溶媒200ml を加え、暗所にてマグネチックスターラーを用いて緩やかに攪拌した。2時間後、吸引濾過によりドラゴンフルーツの果皮を除き、濾液の抽出液を得た。

【絹布の染色 -10℃ (10℃)】

シャーレに抽出液30ml と酢酸1ml を加え、冷凍庫（冷蔵庫）内で温度が一定になるまで放置した。その後、3cm 四方に切った絹布を入れ静置した。設定時間の経過後、絹布を取り出し蒸留水でよく洗った後、風乾させた。

【絹布の染色 室温, 30℃, 40℃, 50℃】

蓋付き三角フラスコに抽出液30ml と酢酸1ml を加え、ウォーターバスシェイカーに設置した。温度を設定後（室温の場合は温度を設定せず）抽出液の温度が一定になるまで放置した。その後、3cm 四方に切った絹布を入れウォーターバスシェイカーを緩やかに作動させた。設定時間の経過後、絹布を取り出し蒸留水でよく洗った後、風乾させた。

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.; Norazelina 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) 木村光雄, 道明美保子 自然を染める 木魂社 **2007**.
- 12) 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.
- 13) 錦織寿, 田中健一, 佛淵のぞみ, 瀬戸房子 鹿児島大学教育学部研究紀要 (自然科学編) **2013**, 64, 17-23.
- 14) 錦織寿, 中馬裕香, 中野聖子, 瀬戸房子 鹿児島大学教育学部研究紀要 (自然科学編) **2014**, 65, 1-8.

