

研究班番号【 43 】
コットンと染料の条件変化による色の再現性の最適化

化学班:永川 翔大 高野 凌我、樽 龍ノ介、森 風磨

Abstract

The purpose of this study is revealing the conditions that cotton is dyed deepest. The experiments show that the conditions that the color's reproducibility is better of 0.600g cotton are dyeing time 15 minutes, the temperature 80°C of the dye liquor, volume 60.0mL of that, NaOH concentration 1.0mol/L of that. Therefore, this study concludes that the conditions that cotton can be dyed deepest are soaking cotton in the dye liquor for a long time, raising the temperature of that under 100°C, bringing mass ratio of cotton and dye liquor to 1:100, raising pH.

要約

本研究の目的は、天然染料を使用してコットンが最も濃く染まる条件を導き出すことである。実験によって、0.600gのコットンの色の再現性の高い条件は、染色時間15分、温度80°C、染色液の体積60.0mL、染色液のNaOH濃度を1.0mol/Lにすることであるとわかった。したがって、コットンを最も濃く染色できる条件は、コットンをより長時間染色液に浸し、染色液の温度を100°C以下で高温にし、コットンと染色液の質量比を1:100に近づけ、pHをより高くすることであると結論付けた。

1. はじめに

現在、コットンは衣料品や家具などの素材としてよく利用されており、その品質として染料に対する色の再現性は重要な要素になる。主に天然染料は化学染料と比較して環境への影響が少ないが、色を効率的に再現するにあたり斑無く染色出来ない、想定通りに染色出来ない等の染色工程上の問題が生じることがしばしばある。我々は色の再現性を最も高くするためのコットンと染料の最適な条件を見つければ、最も色の再現性が高まる条件が明らかになり、効率よく染料を利用することに繋がると考えた。さらに、これにより染色に無駄が無くなる事によって廃棄物の削減等、地球の環境改善への貢献も期待できると考えたため、本研究で調査することにした。

2. 研究手法

この実験では赤色を示す茜系の染料に着目し、その中で最も赤の再現性が良いとされている(箕輪 2010)インドアカネを使用する。また、色の再現性の比較として客観性を持たせるために、反射光測定を使用して数値化し、それぞれの実験の数値と比較する。今回使用する反射光測定とは、分光器と測定装置を使用し、手を加えていない白色のコットンが反射する光の割合を100%としたときの被験物が反射する光の割合を測定する方法である。

《実験1》

この実験では、コットンを染色液に浸す時間の変化による色の再現性を比較する。

- ①インドアカネを水で煮て、色素を抽出する。
- ②①で抽出した染料50mlにカリウムミョウバン・5水和物を0.02g溶かす。
- ③染色液にコットンを浸す。

- ④コットンを取り出すまでの時間を5分、10分、15分とそれぞれ条件を変える。
- ⑤取り出したコットンを乾かし、水で洗う。
- ⑥コットンを四分割し、それぞれの反射光の割合を調べ、平均を取る。

《実験2》

この実験では、染色液の温度による色の再現性を比較する。

- ①実験1と同様に染色液を作成する。
- ②ウォーターバスを使用し、染色液の温度を10°C、80°Cとそれぞれ条件を変える。
- ③10分後に取り出し、実験1と同様に測定値を取る。

《実験3》

この実験では、染色液の体積の変化による色の再現性の変化を比較する。

- ①実験1と同様に染色液を作成する。このとき、染色液の体積を、3つのコットン(質量0.600g)に対し20mL、60mL、100mLと1つずつ用意する。
- ②それぞれの染色液にコットンを浸す。
- ③10分後に取り出し、実験1と同様に測定値を取る。

《実験4》

この実験では、染色液のpHによる色の再現性を比較する。

- ①インドアカネを1mol/L、0.1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液に入れる。
- ②①の染色液にコットンを入れ、10分後に取り出す。
- ③実験1と同様の方法で測定値を取る。

また、染色液の性質を調べるために以下の手順で染色液についての実験を行う。ただし、これらの実験では上記の実験で使用した測定装置が測定方法の都合上使用できないため、色の具合を研究メンバー全員で確認した。

《実験5》

この実験では染色分子の特定を行う。

- ①インドアカネを水酸化ナトリウム溶液、エタノール中に入れる。
- ②色素の抽出具合を確認する。

《実験6》

- ①実験1と同様の方法で染色液を作成する。

- ②染色液を炭素棒を電極として30Vで電気分解する。

3. 結果

手を加えていないコットンを基準としたときの赤色の光、即ち640～770 nmの波長の光の反射光の割合を、それぞれの条件で比較する。

《実験1》

5分のとき49.25880nm、10分のとき54.79763nm、15分のとき51.96218nmであった。

《実験2》

10°Cのとき36.91767nm、80°Cのとき43.2090275nmであった。

《実験3》

20mLのとき48.41570nm、60mLのとき58.91944nm、100mLのとき39.27786nmであった。

《実験4》

1mol/Lのとき23.81312nm、0.1mol/Lのとき19.80178nmであった。

《実験5》

図1、図2を比較して分かる通り、塩基性溶液に赤色の色素が多く溶け出した。

《実験6》

陰極を繋いだ炭素棒付近から、気泡の発生が見られた。また、陽極に繋いだ炭素棒には、図3のように、赤色の色素が発見された。

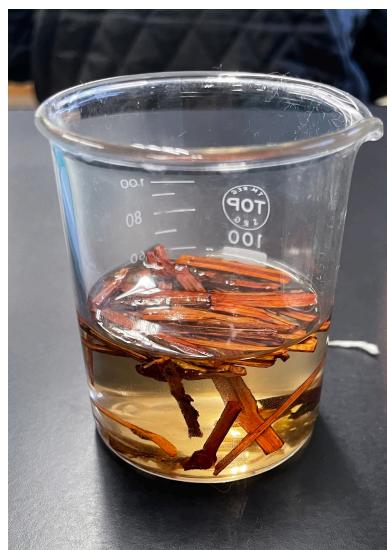


図1 エタノールが入ったビーカー



図2 塩基性溶液が入ったビーカー



図3 陽極(左)と陰極(右)に繋いだ炭素棒の比較画像

4. 考察

実験1で15分のものが最も色の再現性が高かった理由は、セルロースと染色分子の接触時間が最も長く、平衡状態に近づいた、つまり最も染色反応が起こったためと考えた。

次に、実験2で温度の高いものの再現性が高かった理由は、温度を高くすることによって、染色液中の染色分子の運動が活発になり反応速度が上昇する(木村・道明 2007)ため、また、非結晶部分1)の面積が広がる(木村・道明 2007)ことによって反応が進んだためであると考えた。 1)セルロースの染色に関わっていない部分

また、実験5より、インドアカネの色素の主成分は塩基性溶液に易溶なカルボン酸、プソイドブルプリンであると考えられる(J-Global)(坂田・片山 1996)。

さらに、実験6より、プソイドブルプリンが水中で電離しており、電離した陰イオンは赤色であると考えられる。一方でカリウムミョウバン5水和物は水酸化物アルミニウムイオン、カリウムイオンと硫酸イオンに加水分解する。この電離したアルミニウムイオンがコットンのセルロースに配位結合することでセルロースが正の電荷を帯び、負のイオンとなったプソイドブルプリンと結合すると考えられる。

のことから、実験4で1mol/Lのときに最も色の再現性が高かったのはプソイドブルプリンのカルボキシ基の電離がNaOH水溶液中の水酸化物イオンによって進んだためだと考えた。

そして、実験4の考察において、我々は実験4の結果から考察を広げ、浴比が1:100に近い値になったといえるのは、0.600gのコットンに対して最適な体積が60mLであることを予測できると考えた。そのために、我々はミョウバンのmol数から最適な浴比の算出を行った。Shukuko(2017)によると、ミョウバンは染める物質の質量の約3%の使用、インドアカネを煮出す際のインドアカネと水の質量比は1:15が最適であるということ、また坂田・片山ら(1995)によると、インドアカネの粉末10gから取れるプソイドブル

リンのmol数は約 1.02510^{-4} mol(質量:0.030772755g)であるということが明らかになっている。よって本研究ではこの条件を用いる。まず、ミョウバン(分子量:258.0983)のmol数は

$$0.018 / 258.0983 = 0.0000697409\text{mol}$$
となる。

プソイドフルプリンの陰イオンが $[\text{Al}(\text{OH})]^{2+}$ と反応する際、プソイドフルプリンの陰イオンが $[\text{Al}(\text{OH})]^{2+}$ とちょうど完全に反応しきると考えるとき、プソイドフルプリンの陰イオン: $[\text{Al}(\text{OH})]^{2+} = 1:2$ となる。したがって、プソイドフルプリンの陰イオンのmol数(=プソイドフルプリンのmol数)は、

$$0.0000697409 \times 2 = 0.0001394818\text{mol}$$
となり、この時のプソイドフルプリンの質量は、
 $0.0001394818 \times 300.222 = 0.041875505\text{g}$ となる。ここで、インドアカネとプソイドフルプリンの質量比を組んでインドアカネの質量をx[g]とすると、

$$\text{インドアカネ : プソイドフルプリン} = 10\text{g} : 0.030772755\text{g} = x[\text{g}] : 0.041875505\text{g}$$

$$\text{これを計算して, } x = 13.6079804878\text{g}$$

したがって、インドアカネの質量は13.6079804878gとなる。

また、水[g]:インドアカネ[g]=15:1より

$$13.6079804878 \times 15 = 204.1197073171\text{g}$$
となる。

水の密度を $1\text{g} / \text{cm}^3$ とすると、水の体積は約204mLであることからインドアカネ1に対する染浴の質量をy[g]とすると浴比は、 $0.600\text{g} : 204.1197073171\text{g} = 1 : y$

$$\text{これを計算して, } y = 340.1995121951\text{g}$$

以上より、浴比は約1:340となることがわかった。

ここで、先行研究からプソイドフルプリンの値は回を重ねるにつれ増加したことが分かっている。このことから、プソイドフルプリンの数はさらに増加すると考えられ、増加するにつれて算出されるインドアカネの質量、水の質量はともに減少すると考えられる。したがって、浴比は計算結果より小さくなると予想できる。すなわち、計算結果の浴比は1:100に近づくと考えられる。

5. 結論

今回の研究によって、インドアカネでコットンの染色を行う際の現状最もコットンが濃く染まると考えられる条件を見つけ出すことに成功した。ただし、媒染剤の量や種類、コットンの質量変化などの条件を調べることは出来なかった。また、工業的に染色を行う場合には、コットンに対しての条件やインドアカネの色素の抽出方法も考慮しなければならず、さらなる研究が求められている。

6. 参考文献ならびに参考Webページ

木村 光雄・道明美保子.自然を染める.木魂社,2007,植物染色の基礎と応用

J-Global.プソイドフルプリン|化学物質情報

https://jglobal.jst.go.jp/detail?JGLOBAL_ID=200907098827001317 (2024/2/5)

坂田佳子・片山明.乾燥インド茜微粉末中の色素成分

Shukuko.草木染め10:インド茜(ミョウバン媒染).Shukuko Quilt.2017/1/18

<https://www.shukuko.net/2017/01/18/%E8%8D%89%E6%9C%A8%E6%9F%93%E3%82%8110%EF%BC%9A%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%89%E8%8C%9C%EF%BC%88%E3%81%BF%E3%82%87%E3%81%86%E3%81%B0%E3%82%93%E5%AA%92%E6%9F%93%EF%BC%89/> (2024/2/7)

坂田佳子・片山明.乾燥インド茜微粉末から単離した色素による絹布の染色