

「光るスイーツ & 草木染めを作ろう」解説

実験 1 豆腐スイーツ ～光るタピオカ添え～

<目的>

豆腐は一般的ににがりを用いて製造されている。本実験では、にがりではなくレモン果汁（クエン酸）を用いて豆乳に含まれるたんぱく質（グリシニン）を凝固させて豆腐作りをする。さらに、ビタミン B₂（リボフラビン）を含んだタピオカをブラックライトにより発光させることで“蛍光”を体験してみよう！

学習内容キーワード：大豆タンパク質の陽イオンでの沈殿反応、pHによる凝固作用、ビタミン B₂の蛍光



<用意するもの>

材料：

- ・豆乳ⁱ⁾ …100 mL
- ・レモン汁ⁱⁱ⁾ …25 mL
- ・はちみつ…20 mL
- ・タピオカⁱⁱⁱ⁾ …10 粒程度
- ・ビタミン剤^{iv)} …2 錠
- ・トッピング（ナッツ、フルーツ缶、ホイップクリーム等）

器具等：

- ・さらし布^{v)}
- ・耐熱容器^{vi)}
- ・ブラックライト^{vii)}
- ・鍋
- ・ざる
- ・電子レンジ

i) 豆乳は濃度 10%以上のものを使用する

ii) レモン果汁はポッカレモン 100（ポッカサッポロフード&ビバレッジ(株)）を使用

iii) タピオカは白いものを使用する

iv) ビタミン剤はビタミン B₂配合のものを用いる（本実験ではチョコラ BB ジュニア(エーザイ(株)）を使用）

v) 20 cm×20 cm ほどの大きさに切っておく

vi) 電子レンジ使用可能なもの、直径 10 cm 程度

vii) ブラックライトは 100 円均一で秘密ペンを購入

<手順>

A. 豆腐スイーツ¹⁾

- ① レモン汁を電子レンジで加熱する(500 W, 30 秒)
- ② 耐熱容器に豆乳を入れ、加熱する (500 W, 30 秒)
- ③ 1 と 2 をゆっくり混ぜ合わせ、冷蔵庫で1時間冷やす。

豆腐を冷やす間にタピオカ作りをするとスムーズである

- ④ さらしの上に豆腐を乗せ、水気を切る。



- ⑤ 豆腐の上にタピオカ等をトッピングし完成。



B. 光るタピオカ

- ① 沸騰した水でタピオカの表面が透明になるまでゆでる。



- ② 砕いたビタミン剤を5 mL の湯に溶かし、タピオカをつける。
- ③ 再び 40~60 分間ゆで、火を止めて鍋に蓋をして芯が無くなるまで20~30分蒸らす
- ④ ざるにあけ、冷水にさらして完成。

C. タピオカの蛍光実験

- ① 部屋の電気を消し、ブラックライトの照射前後でタピオカの様子を観察する。

<結果と考察>

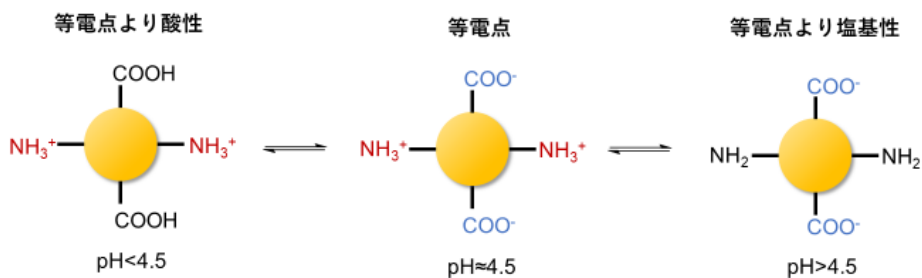
・豆腐スイーツ

電子レンジで加熱した豆乳にレモン果汁を加えると、即座に白い固体が沈殿した。冷蔵庫で1時間静置したところ、さらに凝固が進んだ。水気をきると豆腐が得られた。



水気を切った後の豆腐

豆乳に含まれるタンパク質（グリシニン）は、酸性タンパク質と塩基性タンパク質を持つ。酸性タンパク質とは、側鎖にカルボキシ基（-COOH）を持ったアミノ酸を多く含むもので、塩基性タンパク質とは、側鎖にアミノ基（-NH₂）を持ったアミノ酸を多く含むものである。カルボキシ基は、等電点より高い pH ではマイナスに荷電し（-COO⁻になり）、アミノ基は、等電点より低い pH ではプラスに荷電する（-NH₃⁺になる）。豆乳の pH が等電点ではないとき、タンパク質中で電荷の偏りがあるためタンパク質は固まらない。一方で等電点ではプラスとマイナスがつりあう状態となるためタンパク質は水に溶けなくなり固まる²⁾。大豆タンパク質の等電点はおよそ pH4.5 であり³⁾、豆乳にレモン果汁を加えると、レモン果汁に含まれるクエン酸(pH=2.9)⁴⁾により豆乳の pH が等電点に近づき酸凝固が起こった。



酸性、塩基性、等電点におけるタンパク質

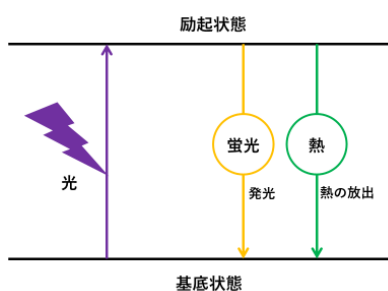
・光るタピオカ

ビタミン B₂ を吸収させたタピオカにブラックライトを照射させたところ、黄色く発光した。

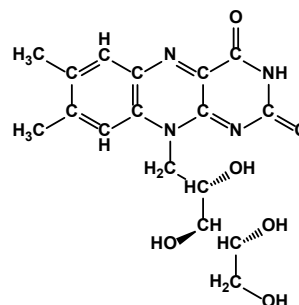


左) ブラックライト無し 右)ブラックライト照射

物質は光エネルギーを吸収して高エネルギーな状態（励起状態）となるが、多くのものは受け取ったエネルギーを熱として放出し、元のエネルギー状態（基底状態）に戻る。一方で、ビタミン B₂（リボフラビン）は光(蛍光)としてエネルギーを放出し、元のエネルギー状態に戻る。よって、ビタミン B₂ を吸収したタピオカはブラックライト（光）を当てると、蛍光を示した。



蛍光と熱失活のエネルギー図 5)より作成



リボフラビンの構造

<参考>

- 1) 日本分析化学専門学校, “実験 A - 3 <レモン豆腐を作ろうの巻>”, <https://www.bunseki.ac.jp/naruhodo/experiment/expdetail.php?id=142>, なるほど・ザ・実験教室 (参照 2021/8/27)
- 2) キリヤ化学株, “Q&A ミルクや豆腐はどうして固まるのですか?” <http://www.kiriya-chem.co.jp/q&a/q29.html>, (参照 2021/8/27) .
- 3) タンパク質の凝固, http://www1.iwate-ed.jp/tantou/kagaku/h26_kagakutoningen/kagakutoningen_support/03_bussitsu/17_tanpakushitsu.pdf, (参照 2021/8/27)
- 4) 化学便覧基礎編 改訂 3 版, 日本化学会, 1984, II-340.
- 5) JASCO 日本分光, 分光光度計の基礎 (1) 蛍光とは?, <https://www.jasco.co.jp/jpn/technique/internet-seminar/fp/fp1.html>, (参照 2021/8/27)

実験 2 玉ねぎの皮で草木染め！

<目的>

身近な野菜である玉ねぎの皮を用いて草木染めに挑戦してみよう。玉ねぎの皮に含まれている色素（ケルセチン）で布が染まる仕組みについて学ぼう。

学習内容キーワード：タンパク質、染色、草木染め

<用意するもの>

- ・染める布（自然素材の布など、綿・麻・絹）
- ・玉ねぎの皮…10 g ほど（乾燥しておく。水 1 L に対して 10 g）
- ・ミョウバン…5 g（染めるものの重さに対して 8%ほどの重さ）
- ・鍋（ステンレス・ホーロー製のもの）
- ・割り箸など
- ・布製の袋（洗濯ネットなど）
- ・ボウル
- ・輪ゴム（絞り染めをする場合）

<手順>¹⁾

A. 媒染（染める布の準備）

- ① 40~60 °C のお湯（350 mL）をボウルに入れ、ミョウバンを溶かす。
注意：温度を高くしすぎないこと。
- ② 染める布を 30 分浸ける。
- ③ 30 分経過したら、布を水で洗う。湿ったままで染液（下記 C）に入れる。

B. 染液の準備

- ① 水（1 L）を入れた鍋に玉ねぎの皮（10 g）を袋に入れ、鍋に入れる。袋は洗濯ネットや麻袋などを用いる。袋に入れることで玉ねぎの皮を回収するのが楽になる。
- ② 火にかける。
- ③ 水が沸騰しはじめたら火を止める。
注意：長時間煮出すと、発色が悪くなる。
- ④ 袋を引き上げる。



C. 浸染

- ① B で用意した染液に、A で用意した布を浸す。(絞り染めにする場合には浸す前に輪ゴムなどで縛っておく³⁾。)
- ② 好みの色になるまで浸けておく。(乾かすと色が薄くなるので、少し濃いめにするとうまい)
- ③ 布を取り出し、水でよく洗う。
- ④ 乾かす。



<発展>²⁾

・タンパク質を使って、より鮮やかに染める（上図右の写真を参照）

- ① 豆乳を沸騰しない程度に温める。(レンジ使用)
- ② 豆乳に布を浸す。
- ③ 30分おく。
- ④ A の手順で媒染する。
- ⑤ C の手順で染色する。

・絞り染めも可能³⁾。手作り布マスクにも。

・染液の濃度により、染色の時間、温度を同じにした場合にも色味が変わってくる。



	25	40	80 [°C]
上段	たんぱく質処理無し		
中段	たんぱく質処理有り		
下段	染液の濃度を 1/10 に		

図.1 染色時間とタンパク質処理の有無、染液の濃度による仕上りの違い

<考察>

・染色する際の溶液の温度、浸ける時間により、色がどう変化するかをみてみよう。

・染色の仕組み

玉ねぎの外皮にはケルセチンという黄色い色素が含まれる。

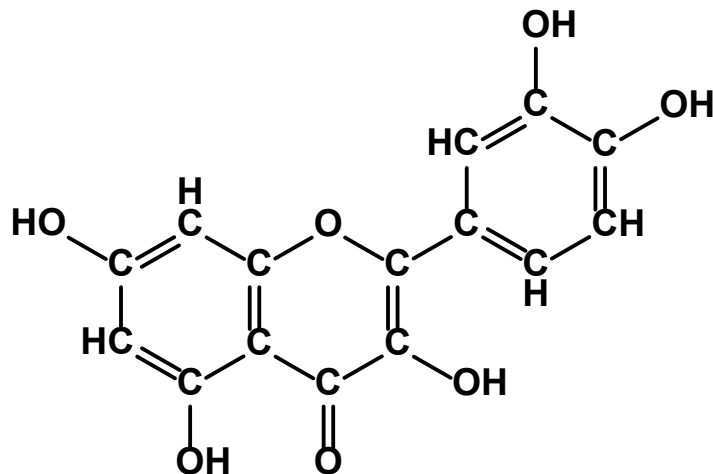


図.2 ケルセチンの構造

今回は染色する布に綿を使用した。後述する媒染剤に含まれる金属イオン（正電荷）と色素、繊維にあるヒドロキシ基由来の O^- （負電荷）とが錯形成することで色が定着する。

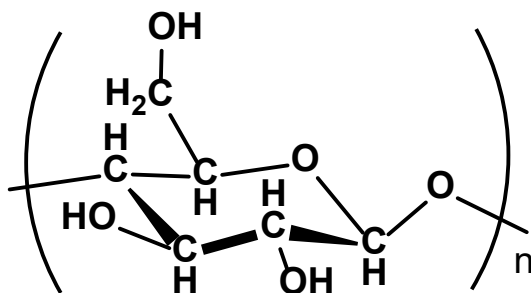


図.3 綿の主成分のセルロースの構造

・媒染剤とは？

アルミニウムや鉄を含む塩の水溶液のこと。媒染剤に含まれる金属イオンが錯形成することで、色素が繊維に定着しやすくなる。よく使用される媒染剤はみょうばん（アルミ媒染）、泥（鉄媒染）、酢酸銅（銅媒染）がある⁴⁾。今回は、入手のしやすさと安全性の面から焼きみょうばん（ $AlK(SO_4)_2$ ）を使用した。

<備考>

- ・染める布は、ポリエステルやアクリルなど、ヒドロキシ基を持たない化学繊維だと発色が悪い（茶色になる。）
- ・火傷には十分注意すること。
- ・実験1と実験2で豆乳を使って実験を行うことにより、タンパク質の性質について多方面から考察できる。
- ・いずれも食品なので、比較的 safely に実験を行うことができる。

<参考>

- 1) i-mai-main コーダチヒロ, 玉ねぎの皮で草木染めをしよう!,
<https://craftie.jp/style/article/9357>, Craftie Style 暮らしを彩るハンドメイドマガジン,
(参照 2021/9/7)
- 2) 草木染工房 ひとつ屋, 玉ねぎの皮での染め方, <https://hitotsuya.com/タマネギの皮での染め方/>, (参照 2021/9/7)
- 3) 水野染工場 染物の定番も用途は? 基本の絞り方8パターン,
<https://www.hanten.jp/column/somemono/dyeing5>, (参照 2021/9/7)
- 4) つぎいろ, 媒染とは(鉄媒染、道外線の媒染材), <https://tsugihiro.com/fe-iron-mordant-cu-copper-mordant/>, (参照 2021/9/7)

以上。