

食品廃棄物からデンプンを取り出す

大阪府立四條畷高等学校

明石悠汰・貞広晴香・富田優希・堀翔

指導教員：川口貴士

研究概要

今日、世界中の海で海洋プラスチックごみが増加しており、環境に悪影響を与えている。また食品廃棄物の再利用率の低さが問題となっている。2020年、大阪大学がバイオマス資源であるデンプンとセルロースを原料として海洋で生分解性を示す高強度プラスチックを開発した。私たちは食品廃棄物に含まれるデンプンをこのプラスチックの原料として利用することで、海洋プラスチックのみならず食品廃棄物の再利用率の問題も同時に解決できると考え、食品廃棄物からデンプンを取り出す手法および取り出したデンプンの定量化について研究を行った。試料には炊いた白米 1.0 g を使用した。本研究では、エタノールを用いて試料から単糖類を除去した後、加熱により糊化させた。次に、塩酸を用いてデンプンを抽出し、水酸化ナトリウム水溶液を加えて中和することでデンプンを得た。(図 1) また吸光度の測定から、炊いた白米 1.0 g から約 0.322 g のデンプンを取り出せたことが分かった。(図 2)

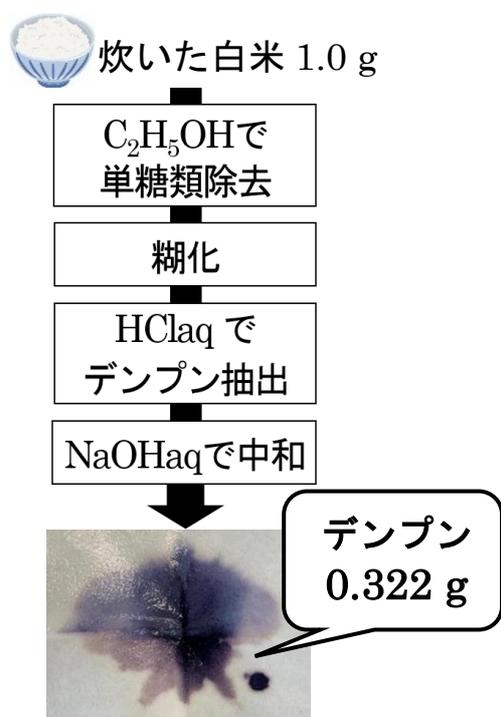


図 1. 実験手法のフローチャート

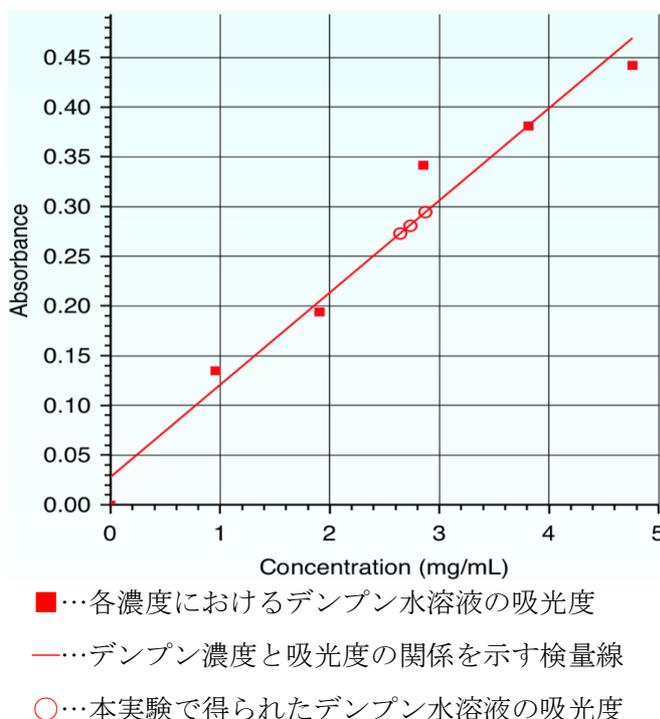


図 2. 本実験で得られたデンプン水溶液の吸光度

1. 背景と意義

今日、世界中の海で海洋プラスチックごみが増加しており、環境に悪影響を与えている^[1]。2020年、大阪大学がバイオマス資源であるデンプンとセルロースを原料として海洋で生分解性を示す高強度プラスチックの開発に成功した^[2]。また日本では食品廃棄物の再利用率の低さが問題となっている^[3]。そこで私たちは食品廃棄物に含まれるデンプンをこの生分解性プラスチックの原料として利用できるのではないかと考え、食品廃棄物からデンプンを取り出す手法について研究を行った。本研究で私たちが参考にした文献^[4]は飼料中のデンプン定量が目的である。なおこの文献は過塩素酸を使用しており、操作時間が長く、デンプンを過塩素酸から取り出す手法が記載されていなかった。

2. 目的

本研究の目的は、操作を必要最低限なものにするための検証、過塩素酸を塩酸に置き換えた際の有効性の確認、取り出したデンプンの定量化の3点である。

3. 手法

考案した手法は以下の通りである。また本研究で使用する試料はすべて炊いた白米である。

- ① 試料 1.0 g に 80% のエタノール 25 mL を加え、試験管を逆流冷却器に繋いだ。
 - ② 約 82~90°C の湯浴中で 30 分間放置し、その後エタノールを除去した。
 - ③ 蒸留水 10 mL を加え、時々攪拌しながら約 90°C の湯浴中でデンプンの糊化を行った。
 - ④ 試料に 11.5 mol/L の濃塩酸 10 mL を加え、時々攪拌しながら常温で 15 分間放置しデンプンの抽出を行った後、遠心分離を行って上澄み液と残渣に分けた。
 - ⑤ ④ で生じた残渣に 6.0 mol/L の塩酸 20 mL を加え、時々攪拌しながら常温で 15 分間放置した後、濾過を行って上澄み液と残渣に分けた。
 - ⑥ 6.0 mol/L の水酸化ナトリウムを加えて中和を行った。
- ※④, ⑤ の塩酸の濃度は、参考文献^[5]をもとに設定した。

(i) 操作の必要性の検証方法

参考文献^[4]では②の操作を計3回行っていたので、②の操作を1回行ったものと2回行ったものを用意し、操作後のエタノールにフェーリング液を加え単糖類の有無を調べた。

(ii) 塩酸で置き換えた際の有効性の確認方法

④, ⑤の操作で生じた残渣にヨウ素溶液を加えてデンプンの有無を調べた。また⑥で生じた残渣を取り出す際には遠心分離の代わりに濾過を行った。

(iii) デンプンの定量方法

⑥の操作で生じた溶液のデンプン濃度を吸光度より求めて、取り出したデンプンの定量化を行った。吸光度の測定方法は参考文献⁶⁾をもとにした。

吸光度の測定方法は以下の通りである。

- A) 精製水 100 mL に対して 6.0 mol/L 塩酸を 0.30 mL 添加した塩酸水溶液を調製した。
- B) デンプン水溶液を加熱しデンプンの糊化を行った。
- C) デンプン水溶液 1.0 mL に塩酸水溶液 6.0 mL、0.1% ヨウ素溶液 1.0 mL を加え攪拌した。
- D) 吸光度計 (PAS-110-YU, ヤマト化学株式会社) で 575-660 nm (最大感度波長 615 nm) における吸光度を測定した。

またデンプン濃度と吸光度の関係を示す検量線を作成するために、デンプン水溶液 (1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 g/L) で吸光度を測定した。吸光度を測定した結果を図 3 に示した。デンプン濃度と吸光度に高い相関がみられ、検量線として十分に使用可能であると考えられた。また副生成物である塩化ナトリウムとグルコースが吸光度の測定に影響を及ぼすのかを確認するために、塩化ナトリウム水溶液 (50, 100, 150, 200, 260 g/L) とグルコース水溶液 (0.1, 1.0, 10 g/L) で吸光度を測定した。その結果、溶液の濃度と吸光度に相関がみられなかった。

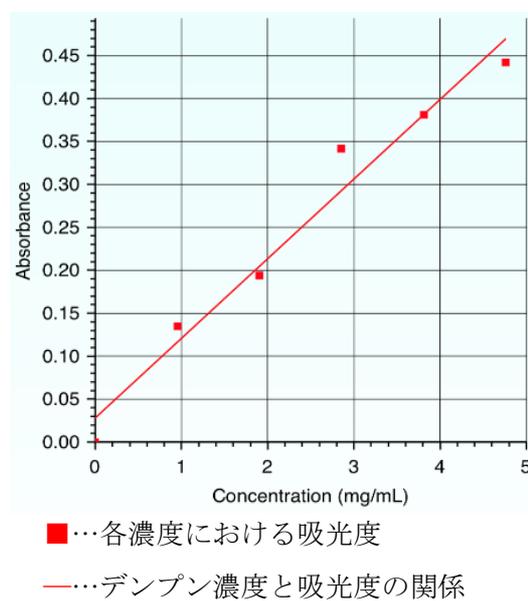


図 3. デンプン濃度と吸光度との関係

4. 結果

(i) 操作の必要性の検証結果

②の操作を 1 回行ったエタノールはフェーリング反応を示した。操作を 2 回行ったエタノールはフェーリング反応を示さなかった。

(ii) 塩酸で置き換えた際の有効性の確認結果

④で生じた残渣はヨウ素デンプン反応を示した。⑤で生じた残渣はヨウ素デンプン反応を示さなかった。

(iii) デンプンの定量結果

※④で生じた上澄み液に⑥を行った後、糊化したものを溶液④

⑤で生じた上澄み液に⑥を行った後、糊化したものを溶液⑤とする。

溶液の体積とデンプン濃度を測定しデンプンの定量を行うと、溶液④はデンプン 0.204 g、溶液⑤はデンプン 0.118 g を含んでいた。再現性を向上させるために、①～⑥の操作を計 3 回行った。(iii)の結果は 3 回の実験で得た測定値を平均したものである。

5. 考察

(i)より②の操作を 1 回行うことで十分に単糖類を取り除くことができたと考えられる。(ii)より塩酸を使用した場合でもデンプンを抽出することができたことが分かった。また④、⑤の操作をそれぞれ 1 回ずつ行うことでデンプンを十分に抽出することができたと考えられる。(iii)より溶液のデンプン濃度と体積から取り出したデンプンの質量を求めると、手法全体を通して試料 1.0 g から約 0.322 g のデンプンを取り出せたことが分かった。試料中に含まれるデンプンの量は、日本食品標準成分表 2020 年版, 文部科学省より試料 1.0 g あたりにデンプンが 0.345 g 含まれると推定できる。この値を参考にすると、試料中に含まれるデンプンの約 93.3%を取り出せたと言える。

本研究では、エタノールを用いて試料から単糖類を除去した後、加熱により糊化させた。次に、塩酸を用いてデンプンを抽出し、水酸化ナトリウム水溶液を加えて中和することでデンプンを得た。また吸光度の測定から、炊いた白米 1.0 g から約 0.322 g のデンプンを取り出せたことが分かった。

6. 参考文献

- [1] Jambeck, J.R., Andrady, A., Geyer, R., Narayan, R., Perryman, M., Siegler, T., Wilcox, C., Lavender Law, K., (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean, *Science*, 347, p. 768-771.
- [2] 大阪大学(2020).デンプンとセルロースから高強度・高耐水性の海洋生分解性プラスチックを開発. https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2020/20200305_01
- [3] 農林水産省(2019)平成 30 年度食品廃棄物等の年間発生量及び食品循環資源の再生利用実施率 .<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syokuhin/attach/pdf/kouhyou-12.pdf>
- [4] 阿部 亮, 堀井 聡(1976)「とうもろこしサイレージおよび乳牛用配合飼料中のでんぷん定量法の検討」畜産試験場研究報告, (30), 27-32.
- [5] 村山 登, 吉野 実, 大島 正男, 塚原 貞雄, 川原崎裕司 (1954)「水稻の生態に伴う炭水化物の集積過程に関する研究」農業技術研究報告, 123-129
- [6] 鈴木 利和, 江口 香織, 一家 崇志, 森田 明雄 (2013)「チャ樹体内デンプンの簡易分析法の検討」日本作物学会紀事, 63-68