

納豆に含まれる成分による凝集作用
Cohesion by γ - Poly Glutamic Acid
小河 遼 松浦 開
OGOU Ryo, MATSUURA Haruki

1. 研究動機と目的

私たちは、ある企業が γ -ポリグルタミン酸を主成分とする凝集剤により、きれいな水が得られない地域での安心・安全な飲み水の取得を可能にしたということを知った。また、その γ -ポリグルタミン酸が納豆のねばねばに含まれているということも、調べていくうちに分かった。そこで私たちは、納豆のねばねばから γ -ポリグルタミン酸を含む成分を抽出、粉末化し、それが凝集作用を示すか、凝集作用をもつほかの物質としてペクチンと混合したとき作用にどういった変化が見られるか、抽出物を加熱すると作用はどう変化するか等を調べたいと思い、実験を行った。

2. γ - ポリグルタミン酸とは

納豆のねばねばの主成分である γ -ポリグルタミン酸は、納豆菌が煮大豆のタンパク質や炭水化物を養分として分解するとき生成する物質で、グルタミン酸を重合単位とするポリペプチドの一種である。生分解性、保水性、増粘性、ミネラル吸収促進作用、凝集作用などといった特徴をもっており、納豆のねばねばに含まれていることがわかっている。

3. 先行研究について

凝集対象(きれいにされる側の溶液)に加える γ -ポリグルタミン酸の量が多いほど、凝集作用も大きくなることがわかっている。

γ -ポリグルタミン酸を含む成分の抽出方法については、大阪府立大手前高等学校「納豆のねばねばで水質浄化」で行われていた簡易抽出法を参考にし、改良を加えた。

ペクチンの抽出方法については、東京理科大学 I 部化学研究部 2012 年度秋輪講書「天然高分子の有効利用」5.2.1.高分子の抽出・凝集作用の確認 で用いられていた手法で行った。

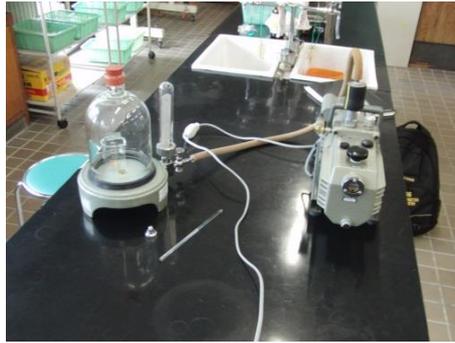
4. γ - ポリグルタミン酸の抽出方法

実験全体を通して使用する、 γ -ポリグルタミン酸を含む成分を抽出、粉末化する。

- ① 納豆(1パックあたり 45g)を 300 回かき混ぜる。
(混ぜる回数について、0 回と 300 回の 2 通りを試したところ、0 回ときはねばねばがほとんど取れず、300 回より多く混ぜると豆の粒が崩れることで作業に支障をきたすと予想したため、以後の実験はすべて 300 回に固定して行うものとする。)
- ② かき混ぜた納豆を精製水 135mL(納豆の質量の 3 倍)に溶かす。豆を取り除くための濾過は、濾紙では目が細かすぎてねばねばがつまってしまうため、薄い布切れを用いて行う。
- ③ ねばねばを溶かした水をエタノール 200mL に流し込み(混ぜない)少し待つと、水面に γ -ポリグルタミン酸を含む成分が繊維状になって浮かんでくる。これをガラス棒や箸などで集め、ある程度水気を切ってビーカーに入れる。



- ④ ③で集めた成分を真空ポンプ、排気鐘を用いて真空乾燥させる。天候や湿度等にもよるが、1時間弱ぐらい真空引きをすればよい。
(自然乾燥させてしまうと、粘りを残したまま固まってしまう、このあと行う粉末化が困難になってしまう。)



⑤ ④で乾燥させた成分を、乳鉢と乳棒を用いてすりつぶし、粉末化する。

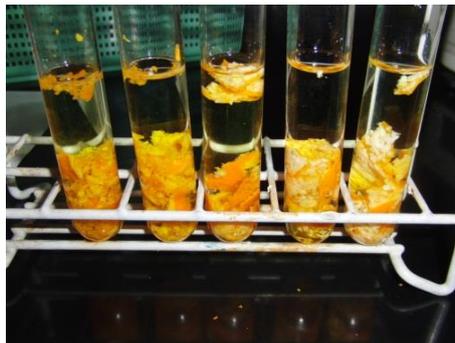


先行研究を改良した点は粉末化である。これは先行研究の通りに水溶液のまま実験を行うと、濃度が低くなってしまふせいか、凝集作用が確認できないことが多かったためである。

5. ペクチンの抽出方法

ペクチンとは、植物の細胞壁や中葉に含まれる複合多糖類で、凝集作用があると言われている。今回は γ -ポリグルタミン酸を含む粉末と混合するため、「凝集作用をもつ他の物質」として用いた。

- ① みかんの皮を自然乾燥させ、手でちぎって細かくしたものを1g量り取る。
- ②①に炭酸ナトリウム水溶液(0.1~1.0%)を加え、30~40分程度静置してペクチンの抽出を行った。



6. 実験・結果・考察

まず再現実験をかねて、実験1を行った。

実験1: γ -ポリグルタミン酸の濃度の違いによる凝集作用の変化を調べた。藻によって濁った水（以下、自然水という）を10mL用意し、 γ -ポリグルタミン酸を含む粉末を0.05g, 0.02g, 0.01g, 0.005g, 0.001gと変えて加え、3日後に観察を行った。

結果1: γ -ポリグルタミン酸を含む粉末を加えた量が0.001gであったもの、つまり最も加えた粉末が少なかったものの上澄みが最も透明度が高かった。



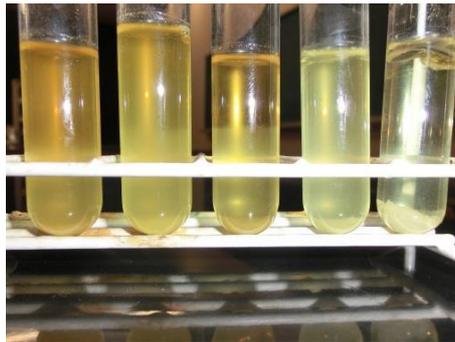
考察 1：これは粉末を過剰に加えてしまい、水が粉末そのもので濁ってしまったためではないかと考えられる。

次に予備実験として、実験 2 を行った。

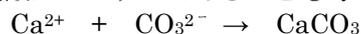
実験 2：ペクチンの濃度の違いによる凝集作用の変化を調べた。自然水を 1mL，ミカンの皮を 1g，炭酸ナトリウムを用いた水溶液を用意し，炭酸ナトリウムを 0.2%，0.4%，0.6%，0.8%，1.0% というように濃度を変えて加えた。その後，凝集開始剤として 5g/L 塩化カルシウムを 1mL 加え，観察した。

(ペクチンの濃度を変える方法を見つけることができなかつたため，抽出時に加える炭酸ナトリウムの濃度を変えて実験を行った。)

結果 2：炭酸ナトリウムの濃度が 1.0% のときに最も上澄みの透明度が高く，沈殿の量も多かった。ただし，どれも上澄みが黄色っぽくなってしまっていた。

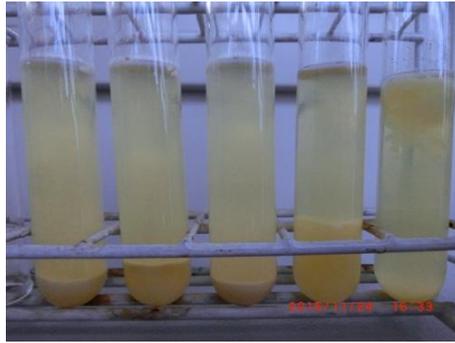


考察 2：沈殿がすべて凝集作用によってできたものかどうか疑問を抱いた。凝集開始剤として塩化カルシウム水溶液を加えたことによる凝析の可能性や，次の反応式で表される反応により生成した炭酸カルシウムであることも考えられる。



実験 3： γ -ポリグルタミン酸を含む粉末とペクチンの混合比の違いによる凝集作用の変化を調べた。 γ -ポリグルタミン酸を含む粉末を 10mg/mL で水に溶かし，ペクチンとの混合比(体積比)を，5 : 1，3 : 1，1 : 1，1 : 3，1 : 5 と変えて，自然水を 5mL 加えて実験を行った。

結果 3：混合比が 1 : 3 のときに沈殿の量が最も多くなっていたが，上澄みの透明度はどれも大きな差は見られなかった。また上澄みには結果 2 と同様な黄色っぽさに加え，粉末による白っぽさも混ざっているような色をしていた。



考察 3：考察 2 と同様に，沈殿がすべて凝集作用によってできたものかどうかは不確かであり塩化カルシウムによる塩析や炭酸カルシウムの生成・沈殿などの理由が考えられる。

実験 2, 3 を踏まえて，ミカンの皮から抽出したもの，つまり試薬でないもの，のペクチンを凝集剤として用いるにはクリアすべき課題が多く，そもそも本当にペクチンが抽出されているのかが不明瞭である，などの曖昧さを考慮した結果，今後は研究対象を γ -ポリグルタミン酸のみに絞ることとした。

自然水以外のものに対する凝集の仕方や，凝集させられるものとさせられないものとさせられないものの違いなどを知りたく，実験 4 を行った。

実験 4：凝集対象の違いにより凝集作用がどう変化するかを調べた。凝集対象と

して，米のとぎ汁，うどんのゆで汁，グラウンドの砂で作った泥水，畑の土で作った泥水の 4 種類を，それぞれ 10mL 用意し γ -ポリグルタミン酸を含む粉末を 0.001g 加えて，その後観察した。

結果 4：グラウンドの砂で作った泥水と畑の土で作った泥水に対しては凝集作用が見られたが，米のとぎ汁とうどんのゆで汁に対する凝集作用は見られなかった。また，グラウンドの砂で作った泥水に対しては即効性も見られ，粉末を入れて試験管を振ると 30 秒ほどで沈殿がよく見られた。泥水は 2 種類とも，粉末を入れなくても時間の経過とともに自然に沈殿するが，自然に沈殿したものは混ぜると再び濁るのに対して， γ -ポリグルタミン酸を含む粉末で沈殿させたものは沈殿が固まっており，混ぜると沈殿は浮き上がっても上澄みが再び濁ることはなかった。

考察 4：米のとぎ汁とうどんのゆで汁はどちらも，濁っている原因がデンプンを含むものであったために，そのことと凝集作用が見られなかったこととに何か関係があるのではないかと考えた。

また，2 種類の砂の粒を顕微鏡で観察してみたところ，形に大きな差は見られなかったが，色は明らかに違うため，物質自体が違い，それが即効性が見られるか見られないかの違いの原因になっているのではないかと考えている。

実験 5： γ -ポリグルタミン酸を含む粉末を加熱したときの凝集作用にどう変化が見られるかを調べた。電熱線ヒーター，力学スタンド，温度計を用いて，80℃一定にして 20 分間，湯煎を行った。自然水 10mL に加熱したもの，過熱していないものをそれぞれ 0.001g 加え，作用の違いを観察した。



結果 5 : 加熱したものは加熱しなかったものより沈殿の量は少なかったが、自然水に溶かし込む際の水溶性の向上は認められた。

考察 5 : γ -ポリグルタミン酸は、タンパク質であることが分かっているので、加熱により熱変性が起き、凝集作用が弱められたと考えられる。



7. まとめ

納豆のねばねばから水溶液の汚れ具合にもよるが、加える γ -ポリグルタミン酸の粉末は少量でよい。加熱すると水溶性が向上する分だけ扱いやすいが、凝集力は弱くなる。ミカンの皮から抽出したペクチン（試薬でないもの）はそれ自身の色素で水を着色するので凝集剤には適さない。

8. 今後の展望

第一に結果のデータ化である。特に上澄みの透明度の判断はほとんど見た目だけでの判断であるから、数値化によりデータの信憑性を高める必要がある。現時点では分光光度計によって吸光度を測る方法を予定している。

第二に、考察 4 をもっと掘り下げることである。 γ -ポリグルタミン酸によって凝集させることができるもの、できないものの違いを、サンプル数を増やすなどして見分けていくことができれば、新たな大きい成果となるであろう。

9. 謝辞

ご指導いただいた担当の中島先生を始めとする高松第一高等学校の先生方、発表先でさまざまなアドバイスをいただいたたくさんの先生方に、深く感謝いたします。ありがとうございました。