

平成22年度 碧南市まなびさぽーと事業 科学コンクール

# 肉を溶かす 酵素のはたらき

～パイナップルのタンパク質分解酵素を調べる～



碧南市立中央中学校

2年B組 杉浦 徹

共同研究者 2年A組 杉浦 秀和

2年B組 鈴木 誠弥

## 1 研究の動機

中華料理の酢豚にはパイナップルが入っている。以前から、不思議に思っていた。その理由をいろいろな人に尋ねてみると、ほとんどが「肉を柔らかくするため」と答えた。調べてみると、パイナップルには、肉の主成分のタンパク質を分解する「タンパク質分解酵素」が含まれていることが分かった。

また、調べるうちに興味深いことが分かってきた。パイナップルを調理のタイミングに入れても肉を軟らかくできないらしい。目に見えないが不思議な力を持っている酵素について興味を持ったため、研究することにした。

## 2 研究を始める前に

(1) 母親にインタビューする。

パイナップルで肉が柔らかくなることなら知っているとのこと。調理をするときに混ぜるだけではそうはならないことを伝えると、たいへん驚いていた。

(2) インターネットで調べる。

パイナップルは「ブロメライン」というタンパク質分解酵素を含んでいることが分かった。また、パイナップルのタンパク質分解酵素は肉にももちろん働くが、ゼリーを作る時に「生」のまま入れるとタンパク質であるゼラチンに作用して、固まらなくなるらしい。また、キウイやマンゴー、メロンなどにもタンパク質分解酵素が含まれ、同様に固まらないことが分かった。

## 3 研究すること

(1) 「生」のパイナップル果汁でタンパク質が分解されるか。

(2) パイナップル果汁の pH を変えた時、タンパク質の分解能力に変化があるか。

(3) パイナップル果汁の温度を変えた時、タンパク質の分解能力に変化があるか。

## 4 研究の内容

### 実験① - 1 「生」のパイナップル果汁でタンパク質が分解されるのかを確かめる

果実入りゼリーを作るときにパイナップルを入れてしまうと、ゼリーが固まらなくなってしまう。ゼリーの主成分はタンパク質が主成分のゼラチンであるため、粉末のゼラチンを用いることにした。パイナップルは果肉では扱いにくいいためしぼった果汁を用いることにした。また、キウイの果汁を用いてみる。



<予想>

ゼラチンも肉と同じタンパク質でできているため、酵素の働きで分解され、固まら

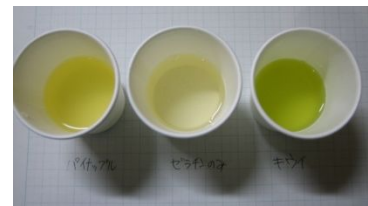
なくなると思う。

<実験材料>

- パイナップルの果汁 … 5.0 ml (小さじ1杯) → 布巾で絞ったもの
- キウイの果汁 … 5.0 ml (小さじ1杯) → 〃
- ゼラチン溶液 … 18.0 ml

<実験方法>

- ① ゼラチン溶液を作る。粉ゼラチン5.0gを水50.0mlに溶かす。(今後この溶液を用いる)
- ② ①のゼラチン溶液にパイナップル、キウイの各果汁を5.0mlずつ入れ、かき混ぜた後、5℃の冷蔵庫で半日冷やす。
- ③ 対照実験として、果汁の代わりに水5.0ml入れたものも用意する。



<結果>

パイナップル	水 (対照実験)	キウイ
固まらなかった。トロトロ感は少なく、サラサラした様子。	しっかりと固まった。	固まらなかったが、少しトロトロ感が残っている。色が茶色になった。



パイナップルもキウイも固まらなかった。しかし水を入れたものはしっかりと固まった。

<考察>

パイナップルやキウイの果汁をゼラチンに混ぜると固まらなくなることが確かめられた。また、タンパク質分解酵素は、キウイにも含まれることが分かった。

しかし、キウイは茶色く変色するうえ、トロトロ感が残るため、今後の実験には不向きであると考えた。当初のとおり、パイナップル果汁を実験材料にすることにした。

実験①-2 パイナップル果汁の濃度を変えた時、タンパク質の分解能力に変化があるか

パイナップルの果汁が、ゼラチンを固まらせないことが分かったので、その濃度について調べることにした。

<予想>

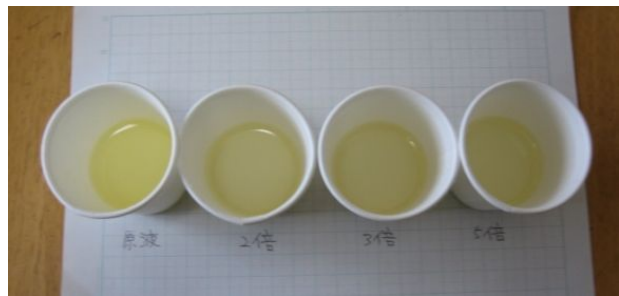
濃度が低くなればなるほどゼラチンは固まりやすくなると思う。

<実験材料>

- パイナップルの果汁 … 5.0 ml (原液、2倍、3倍、5倍)
- ゼラチン溶液 … 18.0 ml

<実験方法>

- ① パイナップルの果汁（原液、2倍、3倍、5倍）5.0mlをゼラチン溶液18.0mlに入れ、5℃の冷蔵庫で半日冷やす。
- ② 冷蔵庫から取り出し、容器を傾けて液体部分を取り除く。



<結果>

原液	2倍	3倍	5倍
底に何も残らなかった。サラサラしている。	2mm弱底で固まった。元のゼリーよりドロツとした感じ。	3mmほど底で固まった。元のゼリーとほぼ同じ硬さ。	6mmほど底で固まった。元のゼリーと同じような硬さ。

(液体部分を取り除いたところ)

原液では底には何もできなかつたが、2倍、3倍、5倍では底に固まりが確認された。パイナップル果汁を薄めれば薄めるほど底でたくさん固まった。固まったゼリーの硬さはそれぞれ違った。



<考察>

パイナップル果汁の原液を用いた場合が、タンパク質分解の効果が最も高いと考えられる。

**実験②** パイナップル果汁のpHを変えた時、タンパク質を分解能力に変化があるか

酢豚は、文字どおり酢が使っている。つまり、酸性である。酸性、中性、アルカリ性のどの場合が、タンパク質分解酵素の働きが良いかを調べることにした。

<予想>

パイナップルは酸っぱいこともあるので、果汁は酸性だと思う。このことから、pHは酸性ならばタンパク質分解酵素の働きが良くなると思う。

<実験材料>

- パイナップルの果汁 … 5.0ml
- レモン汁 … 5.0ml
- 重曹水 … 5.0ml
- ゼラチン溶液 … 18.0ml

<実験方法>

- ① パイナップル果汁にレモン汁、水、重曹をそれぞれ加え、酸性、中性、アル

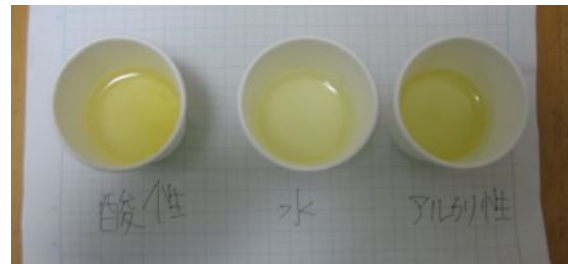
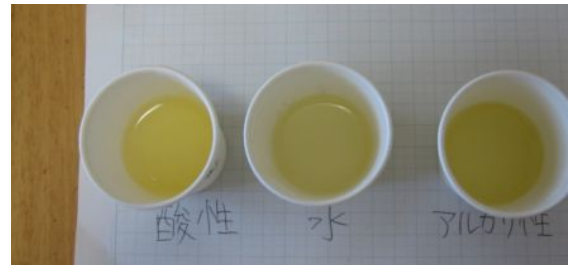
カリ性にする

② ①の果汁 5.0 ml ずつをゼラチン溶液 18.0 ml に加える。

③ 5℃の冷蔵庫で半日冷やす。

<結果>

酸性 (レモン汁)	中性 (水)	アルカリ性 (重曹)
固まらず、少しどろっとした感じ。匂いは酸っぱい。	固まらないが、どろっとした感じはない。	固まらないが、少しどろみがある。よく分からない様な匂い。



<考察>

酸性やアルカリ性ではタンパク質分解酵素が働くにはあまり良い環境ではないことが考えられる。そのため、以後の実験は原液をそのまま作用させることとする。

### 実験③ タンパク質分解酵素の働きが失われる温度はどこか

調べていくと、酵素自体もタンパク質でできていることがわかった。タンパク質はそれぞれ特有な立体構造があって、その形が変わると性質も失われるということが分かった。タンパク質といえば、たまごである。卵が固まるということは、タンパク質が変化することなので、加熱していくと卵と同じように固まり、酵素としてののはたらきが失われると考えた。

<予想>

ゆで卵ができてはじめる温度は、60 (黄身) ~ 70 (白身) °Cだと家庭科で学習した。このことより、タンパク質分解酵素の働きが失われるのは、60~70°Cだと考えた。

<実験材料>

パイナップル果汁 … 5.0 ml

ゼラチン溶液 … 18.0 ml

<実験方法>

① パイナップルの果汁を 10°C ~ 80°C まで 8 段階に加熱する。

② ①の果汁を 5.0 ml ずつゼラチン溶液 18.0 ml に加える。

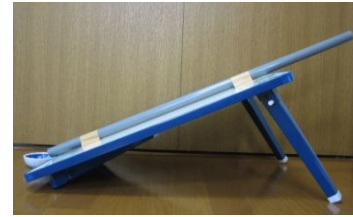
③ 冷蔵庫 (5°C) で半日冷やす。

④ 右のドロドロ計測器を用いて、ドロドロ度を測る。





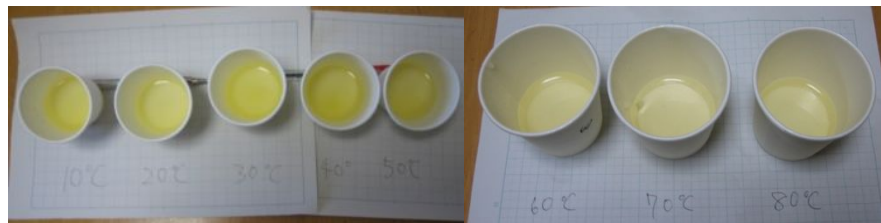
(φ 16 mmの塩化ビニルパイプを折りたたみ机に固定したもので、パイプの中を通り抜ける時間を測定することで、ゼラチンの固まり具合を調べる)



<結果>

70℃になるまで固まらなかった。しかし、各温度のとろみの様子は異なった。

10℃	20℃	30℃	40℃	50℃	60℃	70℃	80℃
固まらなかった。	固まらなかった。	固まらなかった。	固まらなかった。	固まらなかった。とろみがある。	固まらなかったがドロットする。	完全に固まった。	完全に固まった。
2秒42	2秒42	2秒29	2秒47	2秒69	3秒22	計測不能	計測不能



<考察>

タンパク質分解酵素の働きが完全に失われる温度は60～70℃ということが考えられる。逆に、タンパク質分解酵素の働きが最も良い温度は10℃から50℃までにあるということが考えられる。

酵素が最も働く温度を特定するためには、ゼラチン溶液とパイナップル果汁を混ぜた状態で一定の温度を保たなければならない。しかし、ゼラチンは30℃あたりで自然にとけはじめてしまうため、実験には不適だと思われる。

他にタンパク質を含む食品は、はんぺんや魚肉ソーセージ、かまぼこなどがあつた。直径7mmのストローで型抜きし、パイナップル果汁に常温で一晩つけておいた。しかし、大きな変化が見られなかったため、実験材料には不適であることが分かつた。

ゼラチンは豚のコラーゲンが原料で、はんぺんなども魚のすり身が原料である。どちらも動物性であることに気がついたので、動物性でなく、植物性タンパク質を探してみることにした。

#### 実験④ - 1 植物性タンパク質を手に入れる

調べていくと小麦粉にはグルテンという植物性たんぱく質が含まれていることが分かつた。いくつかの店を回つたが、グルテンそのものを販売していなかったため、小麦粉から取り出すことにした。家にある小麦粉は薄力粉であつたため、グルテンの含有量が多い強力粉を用いることにした。

<手順>

- ① 強力粉100gに水58mlを少しずつ加えながら練る。
- ② 練ることで強力粉の中に含まれているグルテンどうしが絡み、もちのような固まりになる。
- ③ 水の中でもみ洗いをして、デンプンを洗い流す。
- ④ 残った黄白色の固まりがグルテン(25g)。



実験④ - 2 タンパク質分解酵素の至適温度を調べる

<予想>

パイナップル原産地であるブラジルの平均気温は27℃なので、タンパク質分解酵素の指摘温度はおよそ30℃くらいだと考えた。

<実験材料>

- パイナップル果汁 … 10.0ml  
 グルテン … 1.0g

<実験方法>

- ① グルテン1.0gにパイナップル果汁10.0mlを加える。
- ② 5℃の冷蔵庫、30℃の室温、50℃の湯煎の中に入れ1時間温度を保つ。
- ③ 対照実験として30℃の場合のみ、パイナップル果汁の代わりに水10.0mlを加えたものを用意した。

<結果>

冷蔵庫 (5℃)	室温 (30℃)	室温 (30℃、水)	湯煎 (50℃)
黄白色になった。触ると指にまとわりつく感じ。	グルテンが溶け出し、最も黄色くなった。溶け残ったグルテンが最も少ない。	全く溶けない。元のグルテンと同じ形をしている。 <b>&lt;対照実験&gt;</b>	30℃の時に比べ、溶け出した量が少ない。色も薄い。



反応させる時間が1時間と短かったため、どの温度でもグルテンが完全に溶けることはなかったが、パイナップル果汁の作用でグルテンが溶け出し、黄白色になった。

<考察>

上の表からタンパク質分解酵素の働きが最も良い温度は、30℃前後であると考えられる。もっと細かい温度設定がしたかったが、温度を保つのが難しかったためできなかった。

## 5 研究のまとめ

パイナップルには、タンパク質分解酵素が含まれており、原液、30℃、中性の条件下で最も働きがよいことが分かった。つまり、研究をはじめたきっかけとなる酢豚のなかの豚肉をやわらかくするには、常温でしばらくの間パイナップルと混ぜておく下準備が必要であると考えられる。この際、できれば果汁が肉全体にいきわたるように固形ではなくしぼり汁を用いた方がよいと思われる。また、パイナップルを切っただけの果肉を調理の際に混ぜるだけでは、肉をやわらかくする効果が非常に低いことも想像できる。

今回の研究を通し、酢豚だけでなく、ステーキにキウイソース、生ハムにメロン、豚肉のマンゴー添えなど、肉を軟らかくするためにタンパク質分解酵素を含む果物が用いられている理由が分かった。

研究を進めていくと酵素という目に見えないものの力は人間の生活に恩恵をもたらしていることがだんだん分かってきた。そして、料理はまさに化学実験だとも思えてきた。今回は、タンパク質を分解する酵素について研究したが、他の働きを持つ酵素もあるので、それらの研究もしてみたいと思った。