

# 各種食品を用いたタンパク質分解に関する教材研究

河野将己・島田秀昭

## Studies on proteolysis using various foods

Shoki Kawano and Hideaki Shimada

(Received September 28, 2018)

Since natural high polymer such as proteins are important substances as nutrients, it might be useful as a teaching material for increase student's interest. In the present study, to develop the teaching materials on proteolysis, degradation of gelatin by proteolytic enzymes contained in various food was compared. The gelatin concentration suitable for the experiment and several foods which are efficiently degraded by proteolytic enzymes were also examined.

**Key words :** proteolysis, teaching material, food

### はじめに

高等学校化学では「高分子化合物の性質と利用」について学習する<sup>1)</sup>。本単元の目標として「高分子化合物の性質や反応を観察，実験などを通して探究し，合成高分子化合物と天然高分子化合物の特徴を理解させるとともに，それらを日常生活や社会と関連付けて考察できるようにする」と記されている<sup>1)</sup>。また，内容の取り扱いとして，「代表的な合成繊維及びプラスチックを扱うこと，繊維や食物を構成している代表的な天然高分子化合物を扱うこと」と記されており，天然高分子化合物については「天然高分子化合物の構造や性質について理解させること」をねらいとしている<sup>1)</sup>。

これらの目標を達成するための方法としては，タンパク質，デンプン，セルロース，天然ゴムなどを取り上げ，その構造や性質を単量体との関係から扱うことや，実験として，タンパク質やデンプンの性質を調べる実験などが挙げられている<sup>1)</sup>。ここで扱うタンパク質，デンプンおよびセルロースなどの天然高分子化合物は，日常生活と関わりのある物質であるとともに栄養分としても重要な物質であるため，生徒の興味・関心を高めることができると考えられる。

教科書におけるこれら高分子化合物の分解実験としては，アミラーゼを用いたデンプンの分解<sup>2-6)</sup>，パイナップルを用いたタンパク質の分解などが取り上げられている<sup>2)</sup>。また，タンパク質分解の実験教材として，キウイの果肉を用いたゼラチンの分解実験<sup>7)</sup>，果物や野菜を用いた各種食品の分解実験<sup>8)</sup>などが報告され

ている。

そこで本研究では，タンパク質分解に関する教材開発を目的として，各種食品に含まれるタンパク質分解酵素によるゼラチンの分解について比較検討した。次に，最も高い分解力を示した食品を用いて，観察に適したゼラチン濃度を調べるとともに各種食品に対する分解力について検討した。さらに，最適な酵素と基質を決定した後，その反応温度についても検討を加えた。

### 実験方法

#### 1. 各種食品によるゼラチンの分解

タンパク質分解酵素を含む食品として，パイナップル，キウイ，ナシ，リンゴ，バナナ，ショウガ，ダイコンおよびマイタケの8種類を用いた。

各々の食品はすりおろした後布で搾り，果汁（搾汁）と果肉（固形物，残渣）に分けた。なお，バナナはすりおろした果肉のみ，マイタケは小さくカットしたもののみを使用した。

5%ゼラチン溶液を試験管に4mLとり，冷蔵庫で1時間冷却し固化させた。固化したゼラチンに各種食品の果汁または果肉を加えて室温で静置し，ゼラチン層の減少を30分ごとに120分間測定した。

#### 2. パイナップル果汁によるゼラチン分解に及ぼすゼラチン濃度の影響

2~5%ゼラチン溶液をそれぞれ試験管に4mLとり，冷蔵庫で冷却し固化させた。固化したゼラチンにパイナップル果汁を加えて室温で静置し，ゼラチン層の減

少を15分ごとに120分間測定した。

### 3. パイナップルの部位によるゼラチン分解の比較

2%ゼラチンの溶液を試験管に4mLとり、冷蔵庫で冷却し固化させた。パイナップルを冠芽に近い部分から上部(1)、中部(2)、下部(3)に3分割し、それをさらに芯に近い果肉部分(A)、果肉中央部分(B)、果皮に近い果肉部分(C)の3つに分け、全部で9つの部位(A1~C3)に分割した。それぞれの部位から採取した果汁をゼラチンに加えて室温で静置し、ゼラチン層の減少を30分ごとに120分間測定した。

### 4. パイナップル果汁による各種食品の分解

食品(基質)として、鶏胸肉、鶏もも肉、牛ロース、豚ロース、マグロ赤身、魚肉ソーセージおよびはんぺんの7種類を用いた。各食品はそれぞれ生の状態(未処理)のものと加熱した状態(加熱処理)のものを用いた。加熱処理は各食品を80℃で2分間湯煎したものを使用した。

パイナップル果汁を50mLビーカーに25mLとり、1cm角にカットした各食品を加えて室温で静置し、食品の質量を3時間ごとに12時間測定した。

### 5. パイナップル果汁による鶏胸肉の分解に及ぼす反応温度の影響

パイナップル果汁25mLの入ったビーカー(50mL)に1cm角にカットした未処理の鶏胸肉を加え、4、20、30、40または60℃で静置し、質量を3時間ごとに12時間測定した。反応は、4℃は冷蔵庫、20℃は室温、30、40および60℃は電気水浴で行った。

## 結果と考察

### 1. 各種食品によるゼラチン分解の比較

果汁の結果を表1に示す。今回用いた食品の中でパイナップルが最も高いゼラチン分解を示し、120分後におけるゼラチン層の減少は4.0mmであった。次いでキウイでは120分後におけるゼラチン層の減少は1.8mmであった。一方、ナシおよびリンゴでは120分後におけるゼラチン層の減少は僅かであり、ショウガおよびダイコンではゼラチン層の減少はほとんど見られなかった。

果肉の結果を表2に示す。パイナップル、キウイ、ショウガ、バナナおよびマイタケでは僅かではあるがゼラチンの分解が認められた。一方、ナシ、リンゴおよびダイコンではゼラチン層の減少はほとんど見られなかった。

表1 各種食品の果汁によるゼラチンの分解

果汁 (搾汁)	ゼラチン層の減少 (mm)			
	30分	60分	90分	120分
パイナップル	1.0±0.2	1.7±0.2	2.7±0.2	4.0±0.2
キウイ	0.3±0.1	0.9±0.1	1.5±0.2	1.8±0.3
ナシ	0.3±0.1	0.5±0.1	0.6±0.1	0.7±0.2
リンゴ	< 0.2	0.3±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1
ショウガ	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
ダイコン	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2

表2 各種食品の果肉によるゼラチンの分解

果肉 (固形)	ゼラチン層の減少 (mm)			
	30分	60分	90分	120分
パイナップル	0.4±0.1	0.7±0.2	0.9±0.3	1.1±0.2
キウイ	< 0.2	0.3±0.2	0.6±0.2	1.0±0.2
ナシ	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
リンゴ	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
ショウガ	< 0.2	< 0.2	0.4±0.2	0.5±0.2
ダイコン	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
バナナ	< 0.2	0.3±0.2	0.5±0.2	0.7±0.2
マイタケ	< 0.2	0.4±0.1	0.6±0.1	0.6±0.1

### 2. パイナップル果汁によるゼラチン分解に及ぼすゼラチン濃度の影響

パイナップル果汁を用いたときに効率良く分解することができるゼラチン濃度について検討した。120分後におけるゼラチン層の減少は、ゼラチン濃度が2%の場合が3.9mmと最も大きく、次いで3%では3.3mm、4%では3.1mm、5%では2.7mmであった(表3)。また、ゼラチン濃度を2%まで低くした場合においても120分間ゼラチンが崩れることなく分解を観察することができた。

表3 パイナップル果汁によるゼラチン分解に及ぼすゼラチン濃度の影響

ゼラチン 濃度(%)	ゼラチン層の減少 (mm)							
	15分	30分	45分	60分	75分	90分	105分	120分
2	0.1±0.1	1.0±0.1	1.4±0.2	1.9±0.1	2.3±0.2	2.8±0.1	3.5±0.2	3.9±0.2
3	0.1±0.1	1.0±0.1	1.3±0.1	1.7±0.1	2.0±0.1	2.6±0.2	3.0±0.2	3.3±0.1
4	0.2±0.1	0.9±0.1	1.0±0.1	1.6±0.2	2.0±0.2	2.4±0.2	2.8±0.3	3.1±0.2
5	0.1±0.1	0.4±0.2	0.8±0.1	1.1±0.1	1.8±0.1	2.2±0.1	2.3±0.2	2.7±0.2

### 3. パイナップルの部位によるゼラチン分解の比較

パイナップルを9つに分画し、それぞれの部位から採取した果汁のゼラチン分解について比較した。ゼラチンの分解力は中心部(A)から果皮(C)に近づくにつれ高くなる傾向が見られた(表4)。また、冠芽に近い上部(1)の方が下部(3)よりもゼラチンの分

解力は僅かながら高い傾向が見られた。

この結果から、パイナップルは中心部よりも果皮付近が、また冠芽に向かって上部になるほど分解酵素を多く含むことが考えられた。

表4 パイナップルの部位によるゼラチンの分解

部位	ゼラチン層の減少 (mm)			
	30 分	60 分	90 分	120 分
A1	0.9±0.1	2.3±0.1	4.1±0.2	5.7±0.2
A2	1.0±0.2	2.1±0.1	3.6±0.3	5.0±0.1
A3	0.9±0.1	1.9±0.1	3.2±0.1	4.3±0.1
B1	1.3±0.1	3.2±0.1	4.8±0.2	6.5±0.2
B2	1.7±0.3	3.2±0.2	5.0±0.2	6.5±0.3
B3	1.6±0.3	3.3±0.3	4.7±0.5	6.1±0.2
C1	2.2±0.2	4.2±0.2	6.2±0.1	7.9±0.4
C2	2.2±0.2	4.2±0.3	5.7±0.5	7.5±0.2
C3	2.1±0.2	3.6±0.2	5.6±0.1	7.2±0.1

#### 4. パイナップル果汁による各種食品の分解

パイナップル果汁によって効率良く分解される食品を見出す目的で、各種食品に対するパイナップル果汁の分解力について比較検討した。食品が未処理の場合では鶏胸肉が最も良く分解され、120 分後における質量の減少は 1.03g であった (表 5)。次いで分解が大きかったのは豚ロースおよびはんぺんであり、120 分後における質量の減少はそれぞれ 0.89g および 0.77g であった。

食品を加熱処理した場合でははんぺんが最も良く分解され、120 分後における質量の減少は 0.93g であった (表 6)。しかし、その他の食品ではいずれも質量の減少量は小さかった。

鶏胸肉、鶏もも肉、豚ロースおよびマグロ赤身では未処理のものの方が加熱処理したものよりも良く分解され、中でも豚ロースおよびマグロ赤身ではその差は顕著であった。一方、牛ロース、魚肉ソーセージおよびはんぺんでは未処理のものと加熱処理したものの質量の減少はほぼ同等であった。

表5 パイナップル果汁による各種食品(未処理)の分解

食品 (未処理)	質量減少 (g)			
	3 時間	6 時間	9 時間	12 時間
鶏胸肉	0.10±0.03	0.44±0.15	0.80±0.13	1.03±0.19
鶏もも肉	0.06±0.03	0.27±0.04	0.43±0.02	0.59±0.01
牛ロース	0.04±0.01	0.08±0.02	0.34±0.11	0.49±0.12
豚ロース	0.15±0.01	0.32±0.05	0.59±0.07	0.89±0.09
マグロ赤身	0.11±0.05	0.28±0.05	0.41±0.07	0.56±0.10
魚肉ソーセージ	0.05±0.02	0.13±0.02	0.24±0.03	0.32±0.03
はんぺん	0.18±0.01	0.38±0.04	0.56±0.05	0.77±0.07

表6 パイナップル果汁による各種食品(加熱処理)の分解

食品 (加熱処理)	質量減少 (g)			
	3 時間	6 時間	9 時間	12 時間
鶏胸肉	0.05±0.01	0.07±0.02	0.15±0.02	0.37±0.08
鶏もも肉	0.07±0.02	0.11±0.06	0.17±0.07	0.26±0.07
牛ロース	0.04±0.02	0.12±0.06	0.27±0.10	0.40±0.13
豚ロース	0.01±0.01	0.03±0.01	0.05±0.00	0.05±0.01
マグロ赤身	0.01±0.01	0.06±0.02	0.08±0.02	0.09±0.02
魚肉ソーセージ	0.06±0.01	0.16±0.02	0.23±0.01	0.32±0.01
はんぺん	0.26±0.03	0.54±0.06	0.76±0.05	0.93±0.04

#### 5. パイナップル果汁による鶏胸肉の分解に及ぼす反応温度の影響

パイナップル果汁を用いて鶏胸肉を分解したときの反応温度の影響について検討した (表 7)。12 時間後における質量の減少は 30℃ の場合が最も大きく、次いで 40℃、20℃ の順であった。

したがって、パイナップル果汁を用いてタンパク質分解の実験を行う場合には 30℃ 前後の反応温度で行うと分解効率が良いと思われた。

表7 パイナップル果汁による鶏胸肉の分解に及ぼす反応濃度の影響

反応温度 (℃)	質量減少 (g)				
	0~3 時間	3~6 時間	6~9 時間	9~12 時間	合計
4	0.13±0.02	0.14±0.05	0.12±0.02	0.15±0.04	0.53±0.12
20	0.37±0.08	0.34±0.07	0.42±0.03	0.32±0.09	1.44±0.13
30	0.95±0.02	0.55±0.16	0.63±0.11	0.33±0.01	2.45±0.28
40	0.77±0.03	0.62±0.10	0.40±0.05	0.26±0.02	2.05±0.10
60	0.65±0.02	0.09±0.08	0.34±0.05	0.22±0.06	1.30±0.17

#### おわりに

本研究では、高等学校化学におけるタンパク質の分解実験について、身近な食品を用いて簡単に効率的にタンパク質の分解を観察することができる教材ならびに実験条件について検討した。

今回用いた食品はすべてスーパーなどで購入できるものであり、また普段の食生活の中で栄養素として取り込んでいるものでもある。

したがって、これらの教材を用いた実験は、日常生活と関連し実感を伴った理解につながるものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 文部科学省：高等学校学習指導要領解説理科編理数

- 編, 実教出版, pp. 70-71, 2009.
- 2) 齋藤烈他. 化学, 2013, 啓林館.
  - 3) 井口洋夫他. 化学, 2013, 実教出版.
  - 4) 竹内敬人他. 化学, 2013, 東京書籍.
  - 5) 辰巳敬他. 化学, 2013, 数研出版.
  - 6) 山内薫他. 高等学校化学, 2013, 第一学習社.
  - 7) 椎葉昌美, 土師麻里奈, 久野香月, 水野暢子, 中川徹夫. マイクロスケール実験を用いたキウイに含まれるタンパク質分解酵素の教材開発. 神戸女学院大学論集 58, 79-86(2011).
  - 8) 加藤良一, 大岩悠子, 小川馨慧, 高橋大輔, 原田隆人, 吉田貴行, 鈴木隆. タンパク質分解の教材研究. 山形大学紀要 (教育科学) 14, 283-292(2008).