

## タンパク質分解の教材研究

加藤 良一

地域教育文化学部 生活総合学科

大岩 悠子

教育学研究科 科目等履修生

小川 馨慧

教育学研究科 理科教育専修

高橋 大輔

教育学研究科 理科教育専修

原田 隆人

教育学研究科 理科教育専修

吉田 貴行

教育学研究科 理科教育専修

鈴木 隆

地域教育文化学部 地域教育学科

(平成19年10月1日受理)

### 要 旨

酵素を学習する実験教材として、タンパク質の分解反応を取り上げるならば、はんぺんの切片上にパイナップル又はメロンを乗せて1日間又は2日間反応させる方法と、はんぺん又は牛肉の切片をパイナップルの搾り汁の中に入れて1日間反応させる方法が、安価で簡便で分かりやすいものとして示された。

### I はじめに

生物が生命活動を行うためには、生体内での酵素反応が必要不可欠である。この酵素反応を扱った実験教材は、デンプン寒天プレートに空けられた穴にアミラーゼを入れてその活性を測定する例<sup>1)</sup>、タンパク質分解酵素であるトリプシン又はパパインと卵白をセルロースチューブに入れて反応した後の分解物を透析させる例<sup>2)</sup>、大根をすりおろすことで細胞が破壊されて基質のミロシンと酵素のミロシナーゼが触れて反応し辛味成分のイソチオシアン塩酸アリルを生じさせる例<sup>3)</sup>、及びタンパク質分解酵素によるゼラチンの分解を試作の落下式粘度計を用いて測定する例<sup>4)</sup>などがある。酵素を取り上げる中学校の現場で

は、デンプンのり又はデンプン溶液にだ液を入れて反応させ、そこにヨウ素液やベネジクト液を加えて、デンプンが糖に変わったことを確かめる実験が行われている<sup>5)、6)、7)、8)、9)</sup>。また、高等学校の「生物Ⅱ」では、ブタなどの肝臓をすり潰して水で薄めた溶液をカタラーゼの酵素液とし、それで過酸化水素を分解する実験<sup>10)、11)</sup>、固めたゼラチンの上にタンパク質分解酵素を含むキュウイフルーツを乗せて反応させる実験<sup>12)</sup>、又は写真用フィルムのゼラチン層をキュウイフルーツの搾り汁で溶かす実験<sup>13)</sup>などが行われている。

そこで本研究では、酵素を学習する実験教材として、タンパク質の分解反応を取り上げ、従来の教材<sup>2)、4)、12)、13)</sup>と比較して、安価に準備でき、簡便で生徒に分かりやすい中学校や高等学校での教材を新たに提唱した。

## Ⅱ 研究 方 法

### 1. 材 料

#### (1) 基質類

メバチマグロ（解凍した刺身用）、豚肉①（ロース生姜焼用）、豚肉②（ロース切り身）、牛肉①（もも切り落とししゃぶしゃぶ用）、牛肉②（バラ薄切り）、牛肉③（小間切れ）、鶏肉①（もも）、鶏肉②（むね）、ロースハム（スライス8枚入り、88g、丸大食品<sup>株</sup>）、魚肉ソーセージ（ホモソーセージ、95g、<sup>株</sup>丸善）、はんぺん（大判、120g、正蒲<sup>株</sup>）、うどん（ゆでうどん、250g、城北麵工業<sup>株</sup>）、及び牛脂（牛角脂、デリーパック群馬<sup>株</sup>）は、スーパーマーケットで購入した。

#### (2) 酵素類

ブドウ（レッドグローブ、チリ産）、キュウイフルーツ（ゼスプリ・グリーン、ニュージーランド産）、キュウリ（山形産）、バナナ（フィリピン産）、パイナップル（フィリピン産）、大根（千葉産）、メロン（アンデスメロン、茨城産）、パパイヤ（フィリピン産）、アップルマンゴー（メキシコ産）、及びペリカンマンゴー（フィリピン産）は、青果店より購入した。

### 2. 酵素反応

#### (1) 基質の切片上に酵素類を乗せる方法

メバチマグロ、豚肉①の赤身の部分、牛肉①の赤身の部分、ロースハム、魚肉ソーセージ、又ははんぺんの基質を、縦：30－40mm、横：20－30mm、厚さ：2－15mmの切片にそれぞれカットし、それをスクリー培養容器（直径：80mm、高さ：70mm、ポリカーボネイト製、<sup>株</sup>ベルデイ）の底に入れた。次に、ブドウ、キュウイフルーツ、キュウリ、バナナ、パイナップル、大根、メロン、パパイヤ、アップルマンゴー、又はペリカンマンゴーの酵素類を、それらの基質の切片よりも大きくならないように、4面体状にそれぞれ成形して、それらの基質の切片



図1  
ロースハムの切片上に、大根を乗せた様子

上に乗せた（図1）。この時、酵素類から染み出た液体が、基質に触れるようにした。そして、スクリー培養容器に蓋をして、4℃（低温室内）、25℃（実験室内）、又は35℃（恒温器内）の箇所に置き、1日後及び2日後にそれぞれ観察した。

## (2) 酵素の搾り汁中に基質の切片を入れる方法

完熟したパイナップルを厚さ約20mmの輪切りにし、さらにその輪切り切片をほぼ均等に4つの小片に切り分けた。2ℓビーカー中でその小片を強く握り、なるべく多くの搾り汁を集めた。結果的に、1個の完熟したパイナップルから、約560mℓの搾り汁が得られた。1個のメロンは半月型に8つ切り、さらに1つの半月型を中央から切って2つの切片にした。2ℓビーカー中でその小片を強く握り、なるべく多くの搾り汁を集めた。結果的に、1個の完熟したメロンから、約240mℓの搾り汁が得られた。それらの酵素の搾り汁18-20mℓを、ガラスチューブ（外径：40mm、高さ：130mm、平底）にそれぞれ入れた。メバチマグロ（20×15×5mm）、豚肉②の赤身の部分（20×20×3mm）、牛肉②の霜降りの部分（20×30×2mm）、牛肉③の赤身の部分（30×10×2mm）、鶏肉①（もも）（20×15×10mm）、鶏肉②（むね）（20×10×5mm）、魚肉ソーセージ（15×20×7mm）、はんぺん（15×20×7mm）、うどん（太さ：6mm、長さ：40mm）、又は牛脂（20×12×20mm）の基質の各切片を入れた（図2）。そして、そのガラスチューブにプラスチックの蓋をして、4℃（低温室内）、25℃（実験室内）、又は35℃（恒温器内）の箇所に置き、1日後及び2日後にそれぞれ観察した。

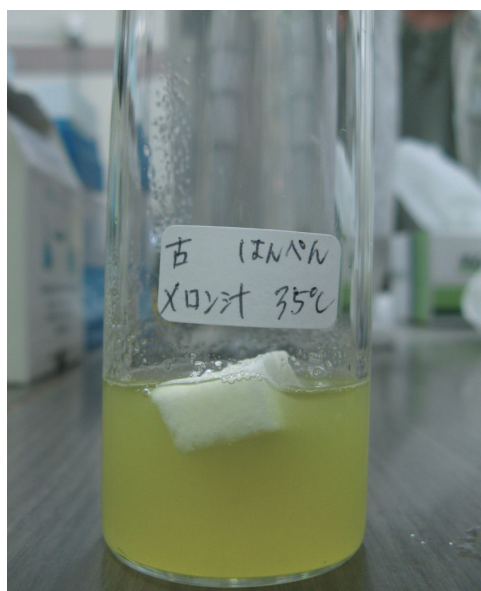


図2  
メロンの搾り汁の中に、はんぺんの切片を入れた様子

## Ⅲ 結 果

### 1. 基質の切片上に酵素類を乗せる方法

メバチマグロ、豚肉①の赤身の部分、牛肉①の赤身の部分、ロースハム、魚肉ソーセージ、又ははんぺんの基質の切片上に、ブドウ、キュウイフルーツ、キュウリ、バナナ、パイナップル、大根の酵素類の4面体を乗せ、4℃又は25℃の箇所に2日間置いた。メバチマグロ、豚肉の赤身の部分、又は牛肉の赤身の部分の切片は、25℃に置くと、1日後で全て腐敗してしまい、明確な実験結果は出せなかった（表1）。また、メバチマグロ、豚肉の赤身の部分、又は牛肉の赤身の部分の切片を4℃に置くと、酵素類が接した面が赤色から白色又は茶色に変色するだけで、それらが溶けることはなかった（表1）。はんぺんを基

質とした場合、キュウイフルーツ及びパイナップルがそれをよく溶かし（表1、図3、図4）、ブドウ及び大根も溶かした（表1）。魚肉ソーセージを基質とした場合、パイナップルは25℃2日間でそれを少し溶かしたが（表1、図5）、その他の酵素類は全く作用しなかった（表1）。ロースハムの場合、全ての酵素類は溶かさなかった（表1）。

〔4℃、1日後〕

	ブドウ	キュウイ フルーツ	キュウリ	バナナ	パイナップル	大根
メバチマグロ	0	0	0	0	0	0
豚肉の赤身	0	0	0	0	0	0
牛肉の赤身	0	0	0	0	0	0
ロースハム	0	0	0	0	0	0
魚肉ソーセージ	0	0	0	0	0	0
はんぺん	1	1	0	0	1	0

〔25℃、1日後〕

	ブドウ	キュウイ フルーツ	キュウリ	バナナ	パイナップル	大根
メバチマグロ	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗
豚肉の赤身	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗
牛肉の赤身	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗
ロースハム	0	0	0	0	0	0
魚肉ソーセージ	0	0	0	0	0	0
はんぺん	1	2	0	0	2	0

〔4℃、2日後〕

	ブドウ	キュウイ フルーツ	キュウリ	バナナ	パイナップル	大根
メバチマグロ	0	0	0	0	0	0
豚肉の赤身	0	0	0	0	0	0
牛肉の赤身	0	0	0	0	0	0
ロースハム	0	0	0	0	0	0
魚肉ソーセージ	0	0	0	0	0	0
はんぺん	1	1	0	0	2	0

〔25℃、2日後〕

	ブドウ	キュウイ フルーツ	キュウリ	バナナ	パイナップル	大根
メバチマグロ	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗
豚肉の赤身	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗
牛肉の赤身	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗	腐敗
ロースハム	0	0	0	0	0	0
魚肉ソーセージ	0	0	0	0	1	0
はんぺん	2	2	0	0	3	2

腐敗：基質が腐敗してしまい、結果が出なかった。

0：基質が全く溶けない。

1：基質が少量だけ溶け出した。

2：基質が溶けて侵食され、酵素の4面体が1mm程度の深さで基質に食い込んだ。

3：基質が溶けて侵食され、酵素の4面体が2mm程度の深さで基質に食い込んだ。

表1 基質の各切片上に酵素類を乗せる実験、メバチマグロ、豚肉（ロース生姜焼用）の赤身の部分、牛肉（もも切り落とししゃぶしゃぶ用）の赤身の部分、ロースハム、魚肉ソーセージ、又ははんぺんの基質を、縦：30-40mm、横：20-30mm、厚さ：2-15mmの切片にそれぞれカットし、それをスクリー培養容器の底に入れた。次に、ブドウ、キュウイフルーツ、キュウリ、バナナ、パイナップル、又は大根の酵素類を、それらの基質の切片よりも大きくならないように、4面体状にそれぞれ成形して、それらの基質の切片上に乗せた。そして、スクリー培養容器に蓋をして、4℃又は25℃の箇所に2日間置いた。



図3  
はんぺんの切片上にキュウイフルーツを乗せて、25℃で2日間置いた後の様子



図4  
はんぺんの切片上にパイナップルを乗せて、25℃で2日間置いた後の様子

## タンパク質分解の教材研究

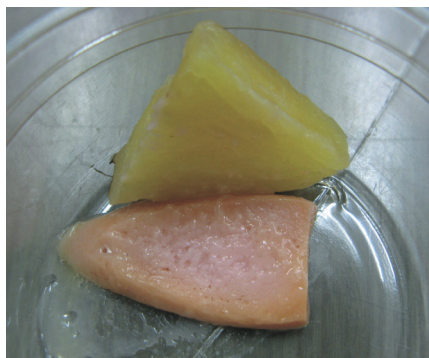


図5  
魚肉ソーセージの切片上にパイナップルを乗せて、25℃で2日間置いた後の様子



図6  
はんぺんの切片上にメロンを乗せて、25℃で2日間置いた後の様子

次に、はんぺんの基質の切片上に、キュウイフルーツ、パイナップル、メロン、パパイヤ、アップルマンゴー、及びペリカンマンゴーの酵素類の4面体を乗せ、4℃、25℃、又は35℃の箇所に2日間置いた。キュウイフルーツ、パイナップル、メロン、及びパパイヤがはんぺんの基質をよく溶かし(表2)、特に、パイナップル及びメロンが強く作用した(表2、図6)。アップルマンゴー又はペリカンマンゴーは、はんぺんを少量又は全く溶かさなかった(表2)。

また、1日後のパイナッ

プル及びメロンで、2日後のキュウイフルーツで、温度が高くなるに従い、はんぺんの溶け方がそれぞれ大きくなった(表2)。

## 2. 酵素の搾り汁中に基質の切片を入れる方法

パイナップル又はメロンの酵素の搾り汁の中に、魚肉ソーセージ又ははんぺんの基質の切片を入れ、4℃、25℃、又は35℃の箇所に2日間置いた。パイナップルの搾り汁の中に魚肉ソーセージの切片を入れると、温度が高くなるに従い、その溶け方が大きく

〔はんぺん、1日後〕

	キュウイ フルーツ	パイナップル	メロン	パパイヤ	アップル マンゴー	ペリカン マンゴー
4℃	1	1	1	1	0	0
25℃	2	2	2	2	0	0
35℃	2	3	3	2	1	0

〔はんぺん、2日後〕

	キュウイ フルーツ	パイナップル	メロン	パパイヤ	アップル マンゴー	ペリカン マンゴー
4℃	1	2	1	1	0	0
25℃	2	3	3	2	1	0
35℃	3	3	3	2	1	0

0：基質が全く溶けない。

1：基質が少量だけ溶け出した。

2：基質が溶けて侵食され、酵素の4面体が1mm程度の深さで基質に食い込んだ。

3：基質が溶けて侵食され、酵素の4面体が2mm程度の深さで基質に食い込んだ。

表2 はんぺんの切片上に酵素類を乗せる実験、その商品(大判、120g、正蒲(株))のはんぺんをほぼ均等に4つに切り、それをスクリー培養容器の底に入れた。次に、キュウイフルーツ、パイナップル、メロン、パパイヤ、アップルマンゴー、又はペリカンマンゴーの酵素類を、はんぺんの切片よりも大きくならないように、4面体状にそれぞれ成形して、その切片上に乗せた。そして、スクリー培養容器に蓋をして、4℃、25℃、又は35℃の箇所に2日間置いた。



なった(表3、図7)。メロンの搾り汁の中に魚肉ソーセージを入れると、パイナップルの搾り汁の場合と比較して、それは溶けにくかった(表3)。また、パイナップルの搾り汁の中にはんぺんの切片を入れると、25℃1日後には全て溶けてしまった(表3、図8)。メロンの搾り汁の中にはんぺんを入れると、パイナップルの場合と比べて、同様にそれは溶けにくく(表3)、2日後では、温度ごとにその溶け方に差が生じた(表3)。

次に、パイナップルの搾り汁の中に、メバチマダグロ、豚肉②の赤身の部分、牛肉②の霜降りの部分、牛肉③の赤身の部分、鶏肉①(もも)、鶏肉②(むね)、うどん、又は牛脂の基質の各切片を入れ、4℃、25℃、又は35℃の箇所にて2日間置いた。牛肉の霜降り及び牛肉の赤身の部分が、特に溶けやすかった(表4、図9)。豚肉の赤身の部分は、2日後で温度ごとにその溶け方に差が生じ(表4)、35℃2日後にはほぼ全部溶け(表4)、牛肉に次いで溶けやすかった。メバチマダグロ、鶏肉のもも、及び鶏肉のむねは、ほぼ同程度に溶けた(表4)。しかし、うどん又は牛脂の場合は、ほとんど溶けなかった(表4、図9)。

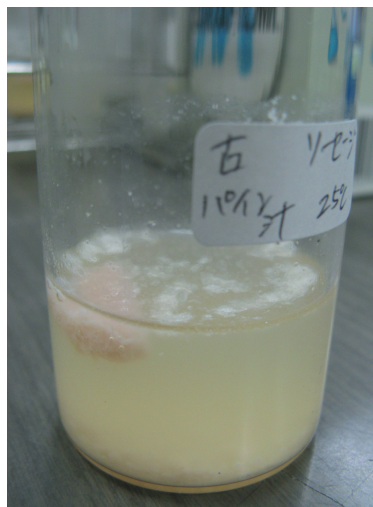


図7  
パイナップルの搾り汁の中に魚肉ソーセージの切片を入れて、25℃で2日間置いた後の様子

[魚肉ソーセージ、1日後]

	パイナップル	メロン
4℃	1	0
25℃	2	1
35℃	3	2

[はんぺん、1日後]

	パイナップル	メロン
4℃	1	1
25℃	3	2
35℃	3	2

[魚肉ソーセージ、2日後]

	パイナップル	メロン
4℃	1	0
25℃	2	1
35℃	3	2

[はんぺん、2日後]

	パイナップル	メロン
4℃	1	1
25℃	3	2
35℃	3	3

0：基質の切片は、全く溶けない。  
1：基質の切片の周囲が、少し溶けた。  
2：基質の切片の約半分が溶けた。  
3：基質の切片が、ほぼ全部溶けた。

表3 酵素の搾り汁中に基質の切片を入れる実験、完熟したパイナップル及びメロンからその搾り汁をそれぞれ採取し、それらの酵素の搾り汁20mlを、ガラスチューブにそれぞれ入れた。魚肉ソーセージ(15×20×7mm)又ははんぺん(15×20×7mm)の基質の切片を、それらの搾り汁の中に入れた。そして、そのガラスチューブに蓋をして、4℃、25℃、又は35℃の箇所にて2日間置いた。

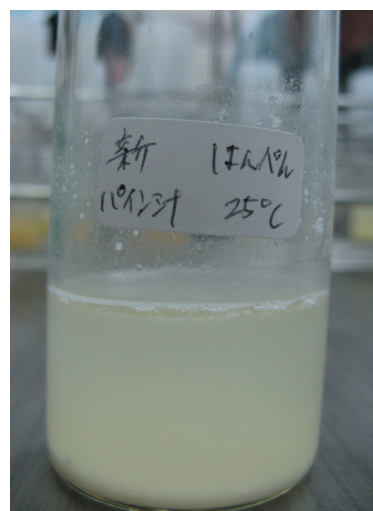


図8  
パイナップルの搾り汁の中にはんぺんの切片を入れて、25℃で1日間置いた後の様子

## タンパク質分解の教材研究

[パイナップルの搾り汁、1日後]

	メバチマグロ	豚肉の赤身	牛肉の霜降り	牛肉の赤身	鶏肉のもも	鶏肉のむね	うどん	牛脂
4℃	1	1	1	1	1	1	0	0
25℃	2	1	3	3	1	1	0	0
35℃	2	2	3	3	2	2	1	0

[パイナップルの搾り汁、2日後]

	メバチマグロ	豚肉の赤身	牛肉の霜降り	牛肉の赤身	鶏肉のもも	鶏肉のむね	うどん	牛脂
4℃	1	1	2	1	1	1	1	1
25℃	2	2	3	3	2	2	1	1
35℃	2	3	3	3	2	2	1	1

- 0：基質の切片は、全く溶けない。  
 1：基質の切片の周囲が、少し溶けた。  
 2：基質の切片の約半分が溶けた。  
 3：基質の切片が、ほぼ全部溶けた。

表4 パイナップルの搾り汁中に基質の切片を入れる実験、完熟したパイナップルからその搾り汁を採取し、その酵素の搾り汁18mlを、ガラスチューブにそれぞれ入れた。メバチマグロ(20×15×5mm)、豚肉の赤身の部分(20×20×3mm)、牛肉の霜降りの部分(20×30×2mm)、牛肉の赤身の部分(30×10×2mm)、鶏肉のもも(20×15×10mm)、鶏肉のむね(20×10×5mm)、うどん(太さ：6mm、長さ：40mm)、又は牛脂(20×12×20mm)の基質の切片を、その搾り汁の中にそれぞれ入れた。そして、そのガラスチューブに蓋をして、4℃、25℃、又は35℃の箇所を2日間置いた。

## IV 考 察

## 1. 基質の切片上に酵素類を乗せる方法

タンパク質の基質として、メバチマグロ、豚肉の赤身の部分、又は牛肉の赤身の部分を用い、それらの切片上に酵素類を乗せて、タンパク質分解酵素が作用しやすい25℃に置くと、1日後でそれら基質が全て腐敗してしまい、明確な実験結果は出せなかった(表1)。

それに対し、防腐剤が含まれる加工食品のロースハム、魚肉ソーセージ、又ははんぺんをタンパク質の基質として用いると、25℃で2日間置いても腐敗することはなかった。特に、はんぺんは、スポンジのようにその内部に空気が含まれており、タンパク質分解酵素がそこにしみこみやすいため、その酵素を多く含むキュウイフルーツ及びパイナップルがそれをよく溶かした(表1、図3、図4)と思われる。次に、キュウイフルーツやパイナップルと似かよっているフルーツを準備して、同様に実験した。はんぺんを基質として用い、その切片上にキュウイフルーツ、パイナップル、メロン、パパイヤ、アップルマンゴー、

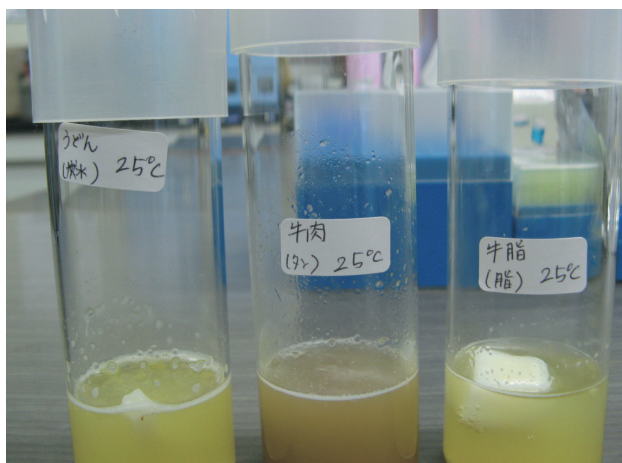


図9 パイナップルの搾り汁の中に、牛肉の赤身の部分、うどん、又は牛脂の各切片を入れて、25℃で1日間置いた後の様子

及びペリカンマンゴーの酵素類を乗せて、2日間置いた。その結果、パイナップル及びメロンがはんぺんをよく溶かした(表2、図6)。よって、はんぺんをタンパク質の基質として用い、その切片上にタンパク質分解酵素を多く含むパイナップル及びメロンを乗せて反応させる方法が最も適していると結論付けられた。このように、タンパク質分解の教材として、その基質にはんぺんを用いた報告は今までに全くなく、本研究が初めてである。

## 2. 酵素の搾り汁中に基質の切片を入れる方法

上記1で明らかになったように、パイナップル及びメロンは、はんぺんをよく溶かしたことから、タンパク質分解酵素を多く含んでいるか、その酵素活性が高いと思われる。そこで、パイナップル及びメロンからそれらの搾り汁を得て、それらを用いる実験を行った。パイナップル又はメロンの酵素の搾り汁の中に、魚肉ソーセージ又ははんぺんの基質の切片を入れ、2日間置いた。魚肉ソーセージとはんぺんの溶け方を比較すると、パイナップル又はメロンのどちらの搾り汁を用いても、はんぺんの方がそれぞれ溶けやすかった(表3)。これは、はんぺんがスポンジのようになっており、魚肉ソーセージの場合よりもタンパク質分解酵素がそこにしみこみやすいことに起因していると思われる。また、パイナップルとメロンの搾り汁を比較すると、魚肉ソーセージとはんぺんのどちらでも、パイナップルの搾り汁の方がそれぞれよく溶かした(表3)。これは、パイナップルは、メロンと比較して、タンパク質分解酵素が多く含まれるか、その酵素活性が高いことを示している。そこで、タンパク質をよく分解するこのパイナップルの搾り汁を用いて、次の実験を行った。パイナップルの搾り汁の中に、タンパク質の基質として、メバチマグロ、豚肉の赤身の部分、牛肉の霜降りの部分、牛肉の赤身の部分、鶏肉のもも、鶏肉のむね、うどん、又は牛脂の各切片を入れ、2日間置いた。結果は、牛肉の霜降り及び牛肉の赤身の部分が、特に溶けやすかった(表4、図9)。よって、はんぺん又は牛肉をタンパク質の基質として用い、それらの切片をタンパク質がよく分解できるパイナップルの搾り汁の中に入れて反応させる方法が最も適していると結論付けられた。また、うどん又は牛脂はほとんど溶けなかった(表4、図9)ことから、パイナップルの搾り汁には、アミラーゼやリパーゼが多く含まれないか、それらの酵素活性が低いことが分かった。

## 3. 教材化

### (1) 中学校の理科の第2分野上

酵素を学習する中学校の現場では、基質であるでんぷんをアミラーゼの含むだ液が分解する反応を、実験として取り上げている。実際には、でんぷんにだ液を加える実験区と、でんぷんに水を加える対照区を準備している。そこで、これらの従来の実験に変わるものとして、タンパク質にタンパク質分解酵素が作用する反応を実験として新たに取り上げるならば、本研究の結果から、次のような実験例が考えられる。1)はんぺんの切片上にパイナップル又はメロンを乗せて(実験区)、及びはんぺんの切片上に同じ大きさの木片等を乗せて(対照区)、それぞれ35℃1日間反応させる。2)はんぺん又は牛肉の切片をパイナップルの搾り汁の中に入れて(実験区)、及びはんぺん又は牛肉の切片を同量の水の中に入れて(対照区)、それぞれ25℃1日間反応させる。

### (2) 高等学校の生物Ⅱ

酵素反応の最適温度を、タンパク質の分解反応の実験として取り上げるならば、次のような実験例が考えられる。3)はんぺんの切片上にパイナップル又はメロンを乗せて、



## タンパク質分解の教材研究

4℃、25℃、又は35℃の箇所それぞれ1日間置いて反応させる。4) 魚肉ソーセージの切片をパイナップルの搾り汁の中に入れて、4℃、25℃、又は35℃の箇所それぞれ1日間置いて反応させる。また、酵素の基質特異性を同様の実験として取り上げるならば、5) 牛肉、うどん、又は牛脂の切片をパイナップルの搾り汁の中に入れて、25℃の箇所にそれぞれ1日間置いて反応させる。

## V 要 約

メバチマグロ、豚肉の赤身の部分、牛肉の赤身の部分、ロースハム、魚肉ソーセージ、又ははんぺんの基質の切片上に、ブドウ、キュウイフルーツ、キュウリ、バナナ、パイナップル、大根の酵素類の4面体を乗せ、4℃又は25℃の箇所に2日間置いた。はんぺんを基質とした場合、キュウイフルーツ及びパイナップルがそれをよく溶かした。次に、はんぺんの基質の切片上に、キュウイフルーツ、パイナップル、メロン、パパイヤ、アップルマンゴー、及びペリカンマンゴーの酵素類の4面体を乗せ、4℃、25℃、又は35℃の箇所に2日間置いた。特に、パイナップル及びメロンが強く作用した。

パイナップル又はメロンの酵素の搾り汁の中に、魚肉ソーセージ又ははんぺんの基質の切片を入れ、4℃、25℃、又は35℃の箇所に2日間置いた。パイナップルの搾り汁の中にははんぺんの切片を入れると、最もよく溶けた。次に、パイナップルの搾り汁の中に、メバチマグロ、豚肉の赤身の部分、牛肉の霜降りの部分、牛肉の赤身の部分、鶏肉のもも、鶏肉のむね、うどん、又は牛脂の基質の各切片を入れ、4℃、25℃、又は35℃の箇所に2日間置いた。牛肉の霜降り及び牛肉の赤身の部分は特に溶けやすく、うどん及び牛脂はほとんど溶けなかった。

以上の結果から、酵素を学習する実験教材として、タンパク質の分解反応を取り上げると、はんぺんの切片上にパイナップル又はメロンを乗せて1日間又は2日間反応させる方法と、はんぺん又は牛肉の切片をパイナップルの搾り汁の中に入れて1日間反応させる方法が、安価で簡便で分かりやすいものとして示された。

なお、本研究は、山形大学大学院教育学研究科の大学院1年生を対象とした授業科目「生物学実験指導論」の中で、生物教育の教材開発研究として行ったものである。

## 引用・参考文献

- 1) 片山舒康、山本ひろみ、古谷庫造 (1983)「高校生物教育における酵素実験の検討 ―アミラーゼの実験を中心として―」日本科学教育学会 年会論文集7:37-38
- 2) 大鹿聖公、池田秀雄 (1991)「タンパク質の消化に関する実験」生物教育31 (1) :66-67.
- 3) 井阪恵子、佐藤七郎 (1992)「ダイコンの辛味から酵素の細胞内分布を知る生徒実験」生物教育32 (1) :96-97.
- 4) 高木幸子、所康子、藤原康晴、山下伸典 (2001)「生活環境における酵素の働きを考える家庭科教材の開発 ―落下式粘度計による食品中のタンパク質分解酵素の活性の測定およびその活性と食生活との関係―」科学教育研究 25 (1) :35-43.
- 5) 竹内敬人、山極隆、森一夫、他45名 (2006)「文部科学省検定済教科書 中学校理科用 2分野上」新興出版社啓林館 pp.114-115
- 6) 細谷治夫、養老孟司、下野博、福岡敏行、他25名 (2006)「文部科学省検定済教科書 中学校理科用 2分野上」教育出版 pp.113
- 7) 戸田盛和、他49名 (2006)「文部科学省検定済教科書 中学校理科用 2分野上」大日本図書 pp.111
- 8) 日高敏隆、他28名 (2006)「文部科学省検定済教科書 中学校理科用 2分野上」学校図書 pp.95
- 9) 三浦登、岡村定矩、他44名 (2006)「文部科学省検定済教科書 中学校理科用 2分野上」東京書籍 pp.105
- 10) 太田次郎、本川達雄、他12名 (2006)「文部科学省検定済教科書 高等学校生物Ⅱ」新興出版社啓林館 pp.17.
- 11) 田中隆荘、田中昭男、他21名 (2006)「文部科学省検定済教科書 高等学校生物Ⅱ」第一学習社 pp.72-73.
- 12) 石川統、他12名 (2006)「文部科学省検定済教科書 高等学校生物Ⅱ」東京書籍 pp.14-15.
- 13) 石川統、他12名 (2006)「文部科学省検定済教科書 高等学校生物Ⅱ」東京書籍 pp.16-17.

### Summary

**Ryoichi Kato<sup>1)</sup>, Yuuko Oiwa<sup>2)</sup>, Yoshie Ogawa<sup>3)</sup>, Daisuke Takahashi<sup>3)</sup>, Takato Harada<sup>3)</sup>,  
Takayuki Yoshida<sup>3)</sup>, Takashi Suzuki<sup>4)</sup>:  
A study of teaching materials of protein dissolution.**

We take up protein dissolution as teaching materials of enzyme reaction. Sections of a pineapple or melon were put on Hanpen, that ground fish meat, the white of an egg and yam were mixed, homogenated, boiled and tightened, and they were incubated for one or two days. Sections of Hanpen or beef were put into juice obtained by wrung of a pineapple, and they were incubated for one day. Those two methods were showed as cheap and simple experiments.

- 1) Food and Nutrition, Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University
- 2) Registration Student, Graduate School of Education, Yamagata University
- 3) Science Education Course, Graduate School of Education, Yamagata University
- 4) School Education, Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University