熊日ジュニア科学賞

やわらかさの秘密！

熊本大学教育学部附属中学校　1年　柳田 紗希

1. 研究の目的

マイタケと一緒に煮こんだ肉が柔らかくなり、肉が苦手な弟がよく食べることから、不思議に思い調べたところ、マイタケに含まれるタンパク質分解酵素が、肉のタンパク質を分解して柔らかくしていることが分かった。消化を助けるといわれている食材に、タンパク質分解酵素と炭水化物分解酵素が含まれるか調べることにした。

2. 研究の方法と結果

(1) 研究Ⅰ…食材に含まれる酵素とその働き方を調べる。

①スキムミルクと寒天でタンパク質培地、片栗粉と寒天で炭水化物培地を作り、食材を入れる穴をあけておく。→写真⑪⑫

②10種類の食材を刻んだり、すりおろしたり、漬したりし、半量はレンジで60℃に加熱することにより、20種類の酵素を作る。→写真③④

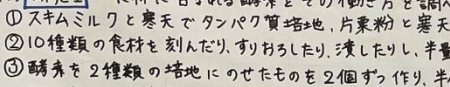
③酵素を2種類の培地にのせたものを2個ずつ作り、半分は40度で湯せんし、その後室温30度に置く。→写真⑤

残り半分は冷蔵庫(10度以下)で保冷する。分解されると白色から透明に培地の色が変わってくる。

間違えないように、酵素にアルファベット名をつけて管理し、培地のふたにも酵素名を記入して確認しやすいように工夫した。

表1. 研究Ⅰの結果

食材	酵素の作り方	非加熱酵素名	加熱酵素名	タンパク質分解酵素	炭水化物分解酵素	耐熱性は	酵素の働き温度 40度以上	酵素の働き温度 10度以下
①マイタケ	刻む	A	A'	◎	×	△	○	◎	×
②玉ねぎ	刻む	B	B'	○	×	△	○	○	×
③パイナップル	刻む・漬す	C	C'	◎	×	◎	○	◎	○
④キウイ	刻む・すりおろす	D	D'	◎	○	◎	○	◎	○
⑤バナナ	漬す	E	E'	×	◎	◎	○	◎	○
⑥しょうが	すりおろす	F	F'	◎	◎	◎	○	◎	○
⑦大根	刻む	G	G'	◎	○	○	△	◎	×
⑧山いも	すりおろす	H	H'	◎	◎	◎	×	◎	×
⑨塩こうじ	その手	I	I'	○	◎	◎	○	◎	○
⑩納豆	漬す	J	J'	◎	◎	◎	○	◎	×



写真①タンパク質培地　写真②炭水化物培地　写真③非加熱酵素　写真④加熱酵素(60度)

表2. 研究Ⅰの時間変化

食材		① マイタケ	② 玉ねぎ	③ パイナップル	④ キウイ	⑤ バナナ	⑥ しょうが	⑦ 大根	⑧ 山いも	⑨ 塩こうじ	⑩ 納豆
酵素名		A A'	B B'	C C'	D D'	E E'	F F'	G G'	H H'	I I'	J J'
40度↓30度	タンパク質 2時間後	− −	− −	− +	⊕ +	⊕ +	− +	+ ±	− ±	− +	+ +
	10時間後	− −	− −	− +	⊕ +	⊕ +	− +	+ ±	− ±	− +	+ +
	20時間後	++ ++	± ±	++ ⊕	++ ⊕	− −	++ ++	++ +	++ −	+ +	++ ++
	炭水化物 2時間後	− −	− −	− −	− ±	± +	+ +	+ ++	++ ++	++ ++	− −
	10時間後	− −	− −	− −	− +	+ ++	++ ++	++ +	− ++	++ +	+ +
	20時間後	− −	− −	− −	− +	++ ++	++ ++	+ −	++ ++	++ ++	++ ++
10度以下	タンパク質 2時間後	− −	− −	− +	⊕ +	⊕ +	− −	− −	− −	− −	− −
	10時間後	− −	− −	− +	⊕ +	⊕ +	− +	+ −	− −	− −	− −
	20時間後	± ±	− −	− +	⊕ +	⊕ +	− +	+ −	− −	± ±	± ±
	炭水化物 2時間後	− −	− −	− −	− −	± ±	− −	− −	− −	+ +	− −
	10時間後	− −	− −	− −	− ±	± ±	± ±	− −	− −	+ +	− −
	20時間後	− −	− −	− −	− +	+ +	+ +	− +	− +	+ ±	± ±

写真④　写真⑦　写真⑧　写真⑨　写真⑩

・刻んだマイタケ、玉ねぎ、大根は、他の食材より分解速度が遅かったことから、食材の形が影響していると考えた。→研究Ⅱ

・加熱したパイナップル(C')キウイ(D')は、タンパク質培地を真っ白に変え、その周りを透明に分解した。④

・CとC'、DとD'の味を比べるとC'D'は酸味が増えていたので、酸がタンパク質を変性させたと考えた。→

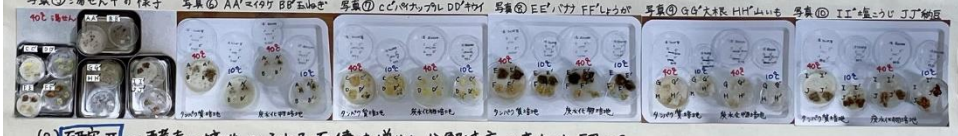
・加熱した山いも(H')はねばりがなくなり団子状になったので、酵素が失活したと考えた。

・酵素は人の体温に近い40度でよく働いていたが③④⑤⑥⑨は働く温度の幅が広く、食材によって酵素の働き方に違いがあった。

表3. タンパク質培地の変性④

酵素C.D(非加熱)	酵素C'D'(60度加熱)

写真⑤湯せん中の様子　写真⑥ AA'マイタケ BB'玉ねぎ　写真⑦ CC'パイナップル DD'キウイ　写真⑧ EE'バナナ FF'しょうが　写真⑨ GG'大根 HH'山いも　写真⑩ II'塩こうじ JJ'納豆



(2) 研究Ⅱ…酵素と培地のふれる面積を増やし分解速度の変化を調べる。

①すりおろした玉ねぎ($B^{\times}$)と大根($G^{\times}$)酵素(A〜J)の12種類に、培地をストローでくりぬいたものを直接まぜ、室温におく。→写真⑬

表4. 研究Ⅱの結果

食材	酵素	タンパク質	炭水化物	分解速度
①マイタケ	A	◎	×	△
工夫 ②玉ねぎ(刻む)	B	○	×	△ 速度UP
工夫 ③玉ねぎ(すりおろす)	$B^{\times}$	○	×	○
③パイナップル	C	◎	×	◎
④キウイ	D	◎	○	◎
⑤バナナ	E	×	◎	◎
⑥しょうが	F	◎	◎	◎
⑦大根(刻む)	G	◎	○	○
工夫 ⑦大根(すりおろす)	$G^{\times}$	◎	◎	◎ 速度UP
⑧山いも	H	◎	◎	◎
⑨塩こうじ	I	○	◎	◎
⑩納豆	J	◎	◎	◎

表5. 研究Ⅱの時間変化

食材		① マイタケ	② 玉ねぎ	③ パイナップル	④ キウイ	⑤ バナナ	⑥ しょうが	⑦ 大根	⑧ 山いも	⑨ 塩こうじ	⑩ 納豆
酵素名		A	B B'	C	D	E	F	G G'	H	I	J
タンパク質	2時間後	−	− ±	+	+	−	+	± +	±	+	+
	10時間後	−	− ±	+	+	−	+	± +	±	+	+
	20時間後	++	+ +	++	++	−	++	++ ++	++	+	++
炭水化物	2時間後	−	− −	−	±	+	+	− +	+	++	−
	10時間後	−	− −	−	+	++	+	± +	+	++	+
	20時間後	−	− −	−	+	++	++	+ +	++	++	++

・食材をすりおろした方がふれる表面積が増え分解速度があがった。

・バナナ(E)は、時間がたつと酸化して変色するため、培地の色が観察しにくいが、プラスチックの透明スプーンで酵素をよけて、ストロー状の培地だけをすくい、色板の上で観察するとわかりやすかった。

写真⑪非加熱酵素と培地

表6. ストロー状の培地の変化

タンパク質培地	(−) 白色	(±) 部分的に透明	(+) すりかし透明	(++) 全体的に透明
炭水化物培地	(−) 白色(ガビガビ)	(±) 白色(ガビガビ)	(+) 一部に透明	(++) 全体的に透明

・透明に変化した部分を赤色表示。

(3) 研究Ⅲ…マイタケのタンパク質分解力を温度を上げて調べる。

①マイタケはすりおろしにくいので、スキムミルクでタンパク質液を作り、直接まぜて変化をみる。研究Ⅰでは、室温でよく働いていたが、料理する時のように、さらに高い温度でも働くか調べるためタンパク質液の半量を70度以上に加熱する。液体なので、寒天で作った培地のように70度以上でも溶ける心配がない。(寒天は、70度以上だと溶けてしまうため。)

②研究Ⅰでマイタケを60度に加熱しても活性を失っていなかったので、70度以上になるようしっかりいため活性を観察することにした。

表7. 研究Ⅲの結果

記号	酵素名	タンパク質液の温度	1時間後	2時間後	4時間後	写真⑭ 10時間後	写真⑮ 20時間後	
a	A 非加熱	室温(30度)	少し分解	半分解	多分解	多分解	多分解	同程度
b	A 非加熱	カイロ(55〜70度)	−	少し分解	半分解	多分解	多分解	
c	$A^{\times}$ 70度加熱	室温(30度)	−	−	−	一部分解	半分解	同程度
d	$A^{\times}$ 70度加熱	カイロ(55〜70度)	−	−	−	−	半分解	

・70度以上に加熱したタンパク質液は、カイロ(平均55度 最高温度70度)の上に置き、激変を保つように工夫した。

・Aは研究Ⅰで、培地の分解が10時間後でも見られなかったが、研究Ⅲでは液の分解が1時間後から見られ分解速度が上がった。

・$A^{\times}$は加熱により酵素が変性し、反応に時間がかかった。

・タンパク質液は室温の方が分解が速かったが、最終的には、分解量は同程度(a=b, c=d)であったことから温度は分解速度に影響するが分解量には影響しないことが分かった。

写真⑫ 10時間後の様子

写真⑬ 20時間後の様子

3. 研究の考察

・食材によって含まれる酵素の種類が異なり、複数の酵素を含み消化を効率的に助ける食材もあった。

・同じ物を分解する酵素でも、含まれる食材により、分解速度や分解する最適温度の幅、耐熱性の有無といった違いがあり、食材によって調理方法や食べ方を考えると、より消化の助けになることが分かった。

・酵素で肉を柔らかくするといった分解力を利用して料理をする時は、酵素を含む食材をすりおろしたり、肉に切り込みを入れたりしてふれる表面積を増やし、加熱する前に漬け込んでおくとよいことが分かった。

・しょうがや発酵食品である塩こうじや納豆は分解速度が速く、タンパク質、炭水化物両方に働き、加熱にも比較的強いので、消化の助けになりやすく、料理に活用したいと思った。

・他のいも類と違って、山いもは酵素を多く含むので、消化を助け生食できるが、逆に加熱すると活性が失われやすいことが分かったので、食べる時は、すりおろして生で食べたいと思った。

4. 研究の感想

・研究Ⅱで培地の形状を変え、食材をすりおろしたり、研究Ⅲで培地を液体に変え、酵素と分解する物とのふれる表面積を増やすといった工夫をすることで、分解速度を上げ、観察時間を短縮することができた。

・酵素は分解を助け分解速度を上げているが、低温や高温では分解速度が遅くなり人の体温(40度前後)でよく働くことが分かった。

・温度は分解速度に影響するが、分解量は影響がなく、消化を助けることから、酵素は触媒の働きをしていることが分かった。

・酵素は触媒の働きをするが酵素自体はタンパク質でできており、加熱によって変性し、高温では失活することが分かった。

・日本食は酵素を活用した料理が多いので、今後も私達の食生活で酵素をどのように活用しているのか調べたいと思った。