

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350267

研究課題名(和文)調理技術を応用した生命科学リテラシーの学びの導入に有効な実験教材の開発

研究課題名(英文) Development of effective experimental teaching materials to the introduction of the study of life science literacy by applying the cooking technology

研究代表者

浅賀 宏昭 (Asaga, Hiroaki)

明治大学・商学部・教授

研究者番号：80231877

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：生体高分子化合物の性質を学ぶ上で有効なポテンシャルがある調理に着目し、本研究では以下を開発した。(1) 摩砕した塩麹に視認しうる基質を加えて透明袋に封入することで、酵素の働きを目で見て味で確認できる実験教材。(2) サツマイモを真空調理法により複数のプログラムで調理して、酵素の性質を学べる実験教材。(3) 小麦粉などで麺を作り、タンパク質・グルテンについて探求的に学べる実験教材。(4) パンを作る際に砂糖無添加対照群をおき、膨らみや焼色から、酵母の代謝について学べる実験教材。(5) 野菜の甘みを実感できる実験教材。以上の他、養液の濃度チェック機能を備えた簡易植物工場モデルも作製した。

研究成果の概要(英文)：Cooking has a valid potential for learning the nature of biopolymer compounds. In this study, we have developed some experimental teaching materials as follows: (1) the teaching material that can be confirmed the action of the enzymes also by way of tasting, by sealing of visible substrates and Shiokoji homogenete in a transparent bag. (2) the teaching material to learn the nature of the amylase. by vacuum cooking of sweet potato in some different programs. (3) the teaching material that provide exploratory learn about a gluten, by making the noodles from some flours. (4) the teaching material to learn about the metabolism of the yeast, by placing the sugar-free control in making bread. (5) the teaching material which can provide the chance of feeling the sweetness of the morning picking vegetables by using hydroponics device. Simple plant factory model with the concentration checking of the nutrient solution was also developed.

研究分野：生物教育、科学教育

キーワード：酵素 タンパク質 調理 物理化学変化 食品 細胞 生物教育 科学教育

### 1. 研究開始当初の背景

ヒト多能性幹細胞 (iPS 細胞) が 2007 年に開発されてから、僅か 10 年以内で患者を対象とした再生医療の臨床研究にまで進んでいる。この驚異的に速い動きについては、山中伸弥・京都大学教授の強いリーダーシップによるところが大きく、それを讃えるべきであろうが、おそらくは誰も予想できなかったことであろう。この象徴的な事実からわかることは、科学技術の研究の進歩とその社会への応用は、年々速くなっていく可能性が高いということだ。これは生命科学の分野に限ったことではないであろう。多様な科学技術が加速度を伴ってそれぞれの方向へ進歩し続け、それらは社会へも速やかに応用されていく傾向が最近になって顕在化してきているのである。

一方、これに対し、小学校、中学校、そして高等学校で学べる科学や技術の内容は、授業時間も限られている関係から、科学技術の進歩に合わせて増やしていくことは、到底できない。そうであるならば、内容を変えればよいという意見は出るだろうが、科学(理科)や技術の教科・科目の性格上、基礎を外すことはできないことから、大幅に入れ換えることも現実的にはできないのである。

以上のように、社会で応用される科学技術と、学校で学ぶ科学や技術は、時代の流れとともに徐々に乖離していくのである。そしてこのことがさまざまな社会問題を引き起こすようになる。言い換えれば、科学技術の専門家とそれ以外の一般人の間の「溝」がますます広がり、社会において大きな混乱を引き起こすということである。この視点から、最近の最先端の医療や食の問題、原子力の活用などのエネルギー問題などについて考えてみれば自明であろうが、これらは科学者、技術者などの専門家に任せておけば解決できるという性格の問題では決してない。しかも、これら全ての問題は、地球環境を破壊する可能性のある重大な問題につながっているのである。しかも、これから未来永劫に涉って続く解決すべき課題が山積しており、さまざまなバックグラウンドを持った人が、分野を超えて話し合い、協力し合わなければ、解決など到底不可能な性格の問題である。

加えて、厄介なことに、この課題は常に増えて大きくなっていく傾向がある。このため、一時的に解決することがあっても、それ以降も完全に解決し続けていけるという万能な方法は、筆者には無いように思われる。強いて言えば、解決のための第一歩としての一つの方法として、一般人や大学生等を対象にした、最新の科学リテラシーを学ぶ目的に適した実験教材を大学や生涯学習などの場で積極的に活用していくことが考えられる程度である。しかし残念ながら、科学リテラシーの涵養に適した実験教材そのものがあまり多くなく、研究用の実験技術をそのまま流用したり、単純化して利用したりしているのが

現状である。なかでも生命科学関連では、科学リテラシーを学ぶための実験教材は乏しいように思われる。現代社会において身近な材料を用いて、学習内容を受け容れやすく、印象にも強く残る実験・実習教材があれば特に有効であると考えられるが、そのような教材の開発は、これまであまりされてこなかったのである。

### 2. 研究の目的

そこで、本研究では、上で述べた背景を踏まえ、学習者に身近に感じられ、強い印象が残る実験教材、特に生命科学・生化学分野の科学リテラシーの学びの導入において有効な実験教材の開発に重点を置くこととした。これはすなわち、大学の理、工、農学部などの理系学部や専門学校での科学技術の専門家の養成において利用することを主眼とせず、将来は科学技術以外の職業に就くと考えられる大学生や一般人を対象としての活用を指向した実験教材の開発を目的としたものである。

### 3. 研究の方法

本研究では、主に食べられる材料を用いて、それに調理の技術を応用することとした。これは、食材がそもそも生物由来であること、その調理過程は生体高分子であるタンパク質や多糖類などの物理化学的な変化を伴うこと、身近に感じることから興味を持たれやすいことなどの理由からである。また、生物由来材料としては、食材は比較的廉価でもあり、都市部も含めてどこでも入手しやすいという長所もあるからである。しかも実験の過程や結果を、視覚のほかに味覚や嗅覚、もしくは歯ごたえなどの複数の感覚で確認できることから、学習者に実験について強い印象を与えることができ、記憶にも残りやすいという効果が期待できるからである。

より具体的には、動物(食肉、食用魚など)、植物(各種野菜、豆類、穀物類など)、微生物(コウジカビ、酵母など)あるいは生物由来の素材(小麦粉、米粉、コーンスターチ、片栗粉など)などを積極的に材料として用いた。

調理の技術については、コウジカビや酵母を用いた発酵などの古くからある伝統的技術から、真空調理法のような新しい技術、さらに水耕栽培・植物工場などの食料を生産する新しい技術なども取り入れて検討した。

また、本研究では、新しい実験教材の開発のコンセプトとして、科学技術以外の職業に就くと考えられる大学生や一般人を対象とすることから、定量性や精密性よりも、インパクトがあることとわかりやすいことを優先した。

開発した実験教材の一部は実際に大学の「食品微生物入門」「調理科学入門」などの授業でも活用を試み、その経験を教材開発にフィードバックして、さらに実践的な検討も

行い、より完成度の高い教材の開発を目指した。

#### 4. 研究成果

(1)「マメ科植物の防衛戦略にかかわる成分とダイエットサプリメント」

白いんげん豆にはアミラーゼインヒビター、大豆にはトリプシンインヒビターがそれぞれ含まれている。このうち白インゲン豆については、含まれるアミラーゼインヒビターを活用してダイエットサプリメントとしての商品に既に応用もされている。アミラーゼインヒビターおよびトリプシンインヒビターのいずれも本体はタンパク質であり、これらのホモジネートや抽出液を組み合わせ用い、タンパク質の熱変性や、酵素の基質特異性などの性質を学ぶ実験教材を開発しようと試みた。

いずれのインヒビターもその機能については酵素に対する特異性があり、加熱変性してインヒビターとしての活性を失うということは、基本的に酵素と同じようにタンパク質は機能を発揮する上で立体構造が重要であることを示している。そこで、本研究ではこの点に着目し、各インヒビターとアミラーゼおよびトリプシンの組み合わせを変えて、透明なピニル(ポリプロピレン)の小袋に肉眼的に確認できる基質(茹でた卵白、タピオカ)とともに封入して観察しやすくした。対照としては、同様に熱変性させた各インヒビターを同様に用いた。

この実験教材では、植物が豆にどうしてこのようなインヒビターを発現させているのかという植物の側の防衛戦略から、私たちが従来から豆類を生で食べずに加熱して食べている理由について学べるとともに、白インゲン豆のダイエットサプリメントがどのようにして有効なのかについて学べるという点で意義があると考えられる。

(2)「塩麴のプロテアーゼとアミラーゼの食品への作用」

麴にはアミラーゼ活性のほか、プロテアーゼ活性があり、これが酒造りや味噌や醤油の製造に活用されている。一方、最近、一般の人に塩麴が流行するという現象が起きていることから、この塩麴を活用して酵素の学習のための実験教材の開発を試みた。

塩麴とは、一般に米麴に塩と水を加えたものである。本研究では、この塩麴をそのまま使うと米粒が目につくので、まず米粒を取り除いた塩麴もしくはホモジナイズした塩麴に、肉眼的に確認できる気質(茹でた卵白やタピオカ)を加えて透明なピニル(ポリプロピレン)の小袋に封入し、塩麴の酵素作用は穏やかであるので、消化されるプロセスを長期間観察できるようにして実験教材とした。塩を含まない対照を置くことにより、麴に塩を添加する意義(たとえば味噌や醤油作りにおいても塩は必ず添加されるが、そのような場合も含めての意義)についても考えさせることが

できる教材となった。

なお、これは観察後、袋を開けて味をみることも可能である。卵白が消化されればアミノ酸の旨みが、タピオカが消化されれば麦芽糖などの甘みがより強く感じられることから、学習者にインパクトのある教材となった。また、同時に糖度やタンパク質濃度の測定もできる点も優れていると考えられた。

(3)「真空調理法を利用した酵素やタンパク質を学ぶ実験教材」

固形の食品を加熱する方法は様々あるが、実際に食品の内部の温度がどの程度になっているかについては、温度センサーを併用するとしても、なかなかコントロールしづらいという問題点がある。そこで本研究では真空調理法の活用を考えた。真空調理法では、周囲の水溫・湯温はほぼ食品の温度と同じととらえることができるためである。なお、食材にはアミラーゼを含むサツマイモを用いた。

真空調理法によりサツマイモを様々な温度プログラム(例えば、「低温(50℃)のみ」、「高温(100℃)のみ」、「低温(50℃)から高温(100℃)」、「高温(100℃)から低温(50℃)」)で同時間加熱調理してから、食べて甘味と食感を比較したところ、  
Aは甘く、Bはあまり甘くないという結果が得られた。食感については、Aは固く、他のBは柔らかいという結果が得られた。甘味はアミラーゼの作用によってでんぷんが分解して発生する麦芽糖によるのに対し、固いイモが柔らかくなることはペクチンの可溶化で、これは酵素に依存せず起こる。また、酵素は高温では失活することから、以上の結果から合理的な説明が可能である。すなわち、内在性アミラーゼによるデンプンの分解・麦芽糖の発生と、ペクチンの可溶化について、両社は全く異なる現象と理解することができ、酵素の加熱による変性などの性質も知ることができる実験教材となった。この結果は、いわゆる石焼き芋が甘くおいしいという既成事実とも一致することからも、一般向けの実験教材として有効であろうと考えられる。

(4)「麺類の製造と調理に伴うデンプンとタンパク質の生化学的変化」

本研究では、世界中で作られている麺類を参考に、グルテンの素を少し含む薄力粉、グルテンの素を多く含む強力粉などの小麦粉や、グルテンの素を全く含まない米粉、片栗粉またはコーンスターチ等を用いて麺を作ること自体を実験教材へ応用することを試みた。

まず、うどんの作り方では、グルテンを全く含まない米粉、片栗粉、コーンスターチでは、麺らしいものを作ることが困難であることを確認した。次いで、うどんやパスタの麺を作れるのはグルテンを含んでいるからであり、またグルテンの生成量が麺の性質(コシ)を決めていることを確認した。そしてそれを評価するためには、ゆでた後よりもゆで

る前が良いということもわかった。これはゆでる時間や温度が変わると、麺の性質がかなり変わってしまうためである。

グルテンは、小麦粉に含まれるグリアジンとグルテニンという二種類のタンパク質が、麺づくりの過程において、反応して結びついて生成される。いずれもタンパク質なので、あらかじめ変性させるかもしくは分解してしまえば、グルテンは生成されず、結果として麺のコシも弱くなることが仮説として考えられた。そこで、これを検証するために、あらかじめグリアジンとグルテニンのタンパク質を変性させるために、エタノールを添加したり、小麦粉に電子レンジで電磁波をあてたりして麺を作って実験した。また、グリアジンとグルテニンのタンパク質、あるいは反応したグルテンを消化分解する目的で、プロテアーゼを含むパイナップル果汁やマイタケの抽出液を生地に加えて麺をつくり実験した。これらの実験結果はいずれもコシが弱くなり、仮説を支持する結果となった。従って、これらの実験の組み合わせにより、グルテンの生成反応に関する探求的な学習も可能であろうと考えられた。

グルテンの生成反応のようなタンパク質間の相互作用は、私達の体の中でも数多く起こっている。従って、本実験教材は、生物が生きていく上でのタンパク質間相互作用のモデルを扱うものとして位置づけることもできると考えられる。

(5)「微生物・酵母の働きを体感できる実験」

酵母はデンプンを利用できないが、二糖類の麦芽糖や単糖類のブドウ糖は取り込んで代謝して、二酸化炭素を出す。パン作りの際は、これがあることでパンが膨らむのである。実際、通常は砂糖(ショ糖)を添加してパン生地を作るが、対照として、砂糖を含まない対照群をつくり、比較してみたところ、やはり砂糖を含まないパン生地は発酵によるふくらみが弱いことが焼く前から観察できた。また、酵母については予めすりつぶしておく、やはり同様に、パン生地のふくらみは弱くなった。さらにこれらを焼いてみると、砂糖を含まない対照実験群のみが焼いても茶色になりにくくなった。これは砂糖が焦げやすいためと思われる。

以上の実験を組み合わせることで、酵母の活動に重要な代謝において、必要な糖類について、パン生地のふくらみ具合や焼き色のつき方から肉眼で確認して、学ぶことが出来る実験教材となることがわかった。

(6)「凍結融解における生鮮食品の生化学的物学的変化」

マグロやカツオなどの赤身魚の切り身や、牛肉などの切り身を凍結融解すると、ドリップと呼ばれる赤っぽい液体が出て切り身は劣化していることがわかる。これは組織を構成する細胞が、凍結融解することによって破

裂したためである。凍結においては、水は体積が増すが、脂質は逆に体積が減少する。このことから、切り身に脂肪が含まれている場合は、凍結融解した後の切り身の劣化が小さく抑えられるという仮説を立て、これについて実験を行い検証した。その結果、実際に出たドリップは脂肪が入っている切り身の方が少なく、また見た目からも劣化は抑えられているように見えた。ただし、脂肪が入った切り身にはもともと水分が少ないことは明白なので、切り身の劣化については別の評価基準が必要であると考えられ、これだけで実験教材として利用するには説明等において慎重を期する必要があると考えられた。

またさらに、赤身魚や牛肉を予めやや高張の食塩水に漬けて、水分を減らしておく、凍結融解後に劣化が抑えられるとの仮説を立て、実験して検証した。その結果、凍結融解後に出るドリップは激減し、仮説を支持する結果にはなった。ただし、この実験においても、高張の食塩水に漬けた段階で、切り身の中に含まれる水分そのものが少ないので、これもそのまま実験教材としては使い方に気をつける必要があると結論した。

一方、魚肉や牛肉に代えて、カズノコを材料に、同様な凍結融解の実験も行った。するとカズノコは、凍結融解実験後の劣化について、一粒ひとつぶの様子を肉眼もしくはルーペで確認することが可能であり、しかも組織の劣化については、食べたときの歯ごたえの変化でも知ることが出来るという特徴があることに気付いた。

生の野菜類についても通常は冷凍保存しないことは常識であり、その理由は組織の破壊による劣化にある。本研究では、これに着目し、大根やニンジンの切り身を凍結融解させる実験を行い調べてみた。すると、ニンジンの場合は、凍結融解後に朱色のドリップ様の液体が出るが、大根の場合は無色の液体なので、この点においてはニンジンの方が材料として適していると考えられた。これらは野菜なので、これらは加熱調理せずにそのまま食べることは問題なく可能である。そこで食べて調べたところ、凍結融解後は、大根にせよニンジンにせよ、噛んだときの抵抗が弱くなっており、これは植物組織の破壊に伴う劣化であると考えられた。しかも、大根の場合は、凍結融解後に食べると辛みが強く感じられた。なお、この辛みは、アリルイソチオシアネートによるもので、大根組織中に離れて局在していたイソチオシアネートの前駆物質・グルコシノレートとミロシナーゼという酵素が、細胞が壊れることにより混ざりあい、イソチオシアネートを生成する化学反応を起こすことによるものである。

本研究では、以上の凍結融解に伴う現象を利用して、生物体の保存について考えさせる実験教材の完成を目指していたが、既に述べたように、幾つかの懸念すべき点があり、これらの解決が今後の課題として残った。

(7)「簡易植物工場を用いた植物の細胞活動が推測できる実験」

朝採りの野菜はおいしいとか、朝採りの野菜は甘いと言われている。しかし、これは植物細胞の光合成による活動から、生化学的に説明することは案外難しい。光合成から考えれば、今の今まで光合成をしていた野菜の方が、ブドウ糖などの甘みを呈する糖分を多く含むという説明しかできないからである。すると、朝に収穫した野菜は甘くないという疑問も出てくる。そこで、本研究では、朝に収穫した野菜と昼や晩に収穫した野菜の甘みの差を効果的に体感できる方法を考え、実験教材化した。

朝採り野菜が甘いことを実験で証明するには、例えば一日のうちで何時に採ったものかを記録して、それぞれを冷凍保存しておき、後でまとめて糖度の測定をして比較するという方法がある。しかし、本研究では、食べてその甘みを実感させるための工夫をした。すなわち、LEDを光源に備えた家庭用植物工場(簡易水耕栽培器)を複数用いて、一部は昼夜を逆転させたプログラムでも栽培して、昼間に朝をつくることで味比べ試験ができるようにした。同時に、試験紙や糖度計などを用いて糖度の測定も行い、客観的な数値としてのデータと照らし合わせられるようにした。

この実験教材を用いることで、野菜は実は朝に収穫したから甘いのではなく、収穫後に食べるまでの時間が短い方が甘いという結果を、体感的にもブドウ糖濃度の数字からも導き出せることがわかった。なぜ、朝採り野菜が甘いと言われるようになったのかについては、通常は収穫してから消費者に届けられるまで2日以上経過している野菜が、朝に収穫した野菜の場合はその日のうちに、すなわち収穫してから短時間で消費者に届けられて食べられることがあり、その結果、甘いという評価につながったのだらうと思われる。

本研究では、野菜栽培に用いる養液の濃度チェックができる機能を持った、植物工場モデルの作製を試み、完成させることができた。

##### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計9件)

Asaga, H. (2016) Hand-made flour noodles as a teaching material for biochemical science education, *Bull. Arts & Sci. Meiji Univ.*, (印刷中)(査読無)

浅賀宏昭(2016)「居住空間の拡大のために必須の植物生産技術」『明治大学大学院教養デザイン研究科紀要』8, 15-37.(査読無)

Asaga, H. (2015) A plant factory-like apparatus as an experimental teaching material for science education: assembly and experimental procedures, *Bull. Arts &*

*Sci. Meiji Univ.*, 509, 117-129. (査読無)

浅賀宏昭(2015)「未来の食料生産を担う植物工場のモデルを作って野菜を育てよう」『理科の探検』16, 16-19. (査読無)

浅賀宏昭(2015)「いろいろな小麦粉で麺づくり 麺の歯ごたえを左右するグルテンの研究」『理科の探検』16, 56-58. (査読無)

浅賀宏昭(2015)「遺伝子操作技術の最近の進歩 「切ってつなぐ」時代から「編集する」時代への変遷と課題」『明治大学大学院教養デザイン研究科紀要』7, 3-17.(査読無)

浅賀宏昭(2014)「食材としてのエビ類の分類と表示について 分類と表示の問題を小さくするために」『明治大学大学院教養デザイン研究科紀要』6, 61-77. (査読無)

浅賀宏昭(2013)「*Nepenthes*の消化液を用いたDNAの可視化実験 ヒト唾液に含まれる粘膜上皮細胞からのDNAの抽出」『明治大学教養論集』494, 1-11. (査読無)

浅賀宏昭(2013)「生命科学実験教材としてのエタノールパッチテスト 遺伝子型まで推定できる意義と実施上の注意点の再検討」『明治大学大学院教養デザイン研究科紀要』5, 77-92. (査読無)

[学会発表](計3件)

浅賀宏昭(2016)「植物工場野菜の六次産業化を視野に入れた授業「調理科学入門」の実践」日本調理科学会平成28年度大会, 名古屋学芸大学, 8月28・29日, 発表予定

浅賀宏昭(2016)「ことわざを応用した科学教育の実践」2016年中国文化大学外国語文学院日本語文学系国際シンポジウム, 5月7日, 中国文化大学(台北, 台湾)

浅賀宏昭(2015)「大学における韻文(短歌)や諺の創作による科学教育」第四回中日韓朝言語文化比較研究国際シンポジウム, 8月18日, 延辺大学(中華人民共和国)

[図書](計3件)

浅賀宏昭, 一色健司, 稲山ますみ, 大庭義史, 小川智久, 嘉村均, 滝澤昇, 中山榮子, 保谷彰彦, 山本文彦, 和田重雄(2016)『知っている安心できる成分表示の知識 その食品、その洗剤、本当に安全なの?』左巻健男(編著), 池田圭一(編著), 190ページ, ソフトバンク・クリエイティブ株式会社.

木下 勉, 小林秀明, 浅賀宏昭(2015)『ZEROからの生命科学』(改訂4版)180ページ, 南山堂.

浅賀宏昭(2014)「食は文化と科学の接点にある 新しい教養としての食の文化と科学」『ビジネスと教養』(明治大学商学部編), pp.126-142, 同文館.

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

浅賀 宏昭 (Hiroaki Asaga)

明治大学・商学部・教授

研究者番号：80231877

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：