

食品科学実験講座の実施 —食品から学ぶ化学と生物学—

三留 規誉（常葉大学）

要旨：常葉大学では、「地域に開かれた大学」づくりの一環として、地域社会の活性化・進展に寄与することを目的に公開講座を開講している。これまでも教員の専門性を活かした様々な講座が提供され、地域の人々に親しまれている。今回、身近な食品に関する科学実験を通して食品に関する知識を学び、栄養や食品ロスについての関心を高めることを目的として、食品科学実験講座を開講した。講座では、果実に含まれる酵素を使ったゼラチンゼリーの加水分解の実験、重曹とレモン水を用いたサイダー作り、米麴を用いた甘酒作り、パン酵母を用いた飲料中の糖分の検出の実験を題材とした。その内容と実施の際の工夫、大学の授業での活用について報告する。

キーワード：公開講座、食品科学、タンパク質、でんぷん、エネルギー代謝

1. はじめに

常葉大学では、「地域に開かれた大学」づくりの一環として、地域社会の活性化・進展に寄与することを目的に公開講座を開講している。また、地域住民および一般市民の皆様が地域づくりや生活改善、自己実現等に必要な知識・技能、文化的・科学的教養などが習得できる内容の講座を開講し、地域の皆様の生涯学習機会の一助となるように、各学部・学科の専門性を活かした内容を実施している¹⁾。今回、身近な食品に関する科学実験を通して食品に関する知識を学び、栄養や食品ロスについての関心を高めることを目的として、食品科学実験講座を開講した。化学編では、サイダー作り、フルーツゼリー作りの実験を通して、食品の味や成分などに関する化学を学び、生物学編では白飯と甘酒の比較や、パン酵母の発酵を利用した飲料の糖分をしらべる実験を通して、食品に関する生物学を学ぶ講座とした。この論文では、食品科学実験講座の実施について論じ、今後の食品科学教育と地域貢献に活かしたい。

2. 食品科学実験講座の実施

著者は、生化学分野の特に呼吸や光合成を中心とした生体内でのエネルギー変換を専門としている。この専門性を活かして、公開講座として、食品に関する実験講座を通して、栄養とエネルギーについて学ぶ講座を行うことを企画した。食品は受講者にとって身近であり、実生活と結びつきやすく科学的教養の学習効果が高い。実験講座であるため、実験と講義の時間を確保するために2時間の講座とした。講座の1日目は化学編、1週間後に実施する2日目は生物学編とし、それぞれメインの実験とサブの実験とその講義で構成した。生化学の実験は反応に時間がかかる実験も多いので、サブの実験を仕込み、待ち時間にメインの実験を実施し、メインの実験が終わったところにサブの実験の結果を観察するような構成で、待ち時間が長いサブの実験と待ち時間が少ないメインの実験を組み合わせた。

化学編では、サイダー作りをメインテーマに酸アルカリの性質と二酸化炭素の発生を扱う。サブテーマとしてゼリー作りの科学として、果実に含まれるタンパク質分解酵素によるゼラチンの分解を扱う。生物学編のメインテーマは、パン酵母のアルコール発酵を利用した飲料に含まれる糖分の実験を、サブテーマは、米麴による発酵による甘酒作りとした。

3. 食品科学実験講座—化学編—の実施

化学編では、メインテーマとして重曹とレモン水の混合によるサイダー作りを扱うことにした。サブテーマとして、ゼリー作りとタンパク質分解酵素によるゼラチンゼリーの分解を扱った。

重曹とレモン水の混合によるサイダー作り

当初案：重曹（炭酸水素ナトリウム）にレモン水（主成分：クエン酸）を加えると、二酸化炭素が発生する。これに、砂糖を加えて手作りサイダーを作ることを企画した。弱酸の塩（重曹）と強酸（クエン酸）で弱酸（二酸化炭素）が遊離する反応である。この実験をより楽しく、学びのあるものにするために、以下の修正案を考えて実施した。

修正案：酸と塩基の性質を理解するために pH 指示薬を使う。pH 指示薬として、アントシアニンが主成分で飲料にも使用されているバタフライピーの粉末を用いた²⁾³⁾。バタフライピーは、中性で青色、酸性でピンク色、アルカリ性で青緑色を示す。これを利用して、砂糖水、レモン水、重曹水の液性を調べる実験を各自で考えて実施してもらう(図 1)。この実験は事前に手順を示さず、受講者に実験方法を考えて実施してもらう思考力重視の実験を実施した。受講者は、バタフライピーの粉末を最後に加えて液性を明らかにする人もいれば、バタフライピーの水溶液を加えて液性を明らかにする人もいた。

次に、砂糖水とレモン水の混合液、重曹水とレモン水の混合液について、結果の予想をした上で、受講者に実験方法を考えてもらい実施してもらった。重曹水にレモン水を加えていくと色の変化とともに気泡が発生することを実感してもらった。

pH 指示薬の色に着目することで化学的性質や化学変化を色の変化を通じて視覚的に判別できる。また、色の変化を楽しむことができ、科学をより身近で楽しいものにとらえることができる。実験後に、酸塩基の性質と二酸化炭素の発生など関連する化学の知見と原理を説明した。

実験材料：バタフライピーの粉末、飲料水、レモン水（ポッカレモン 100：ポッカサッポロ）、重曹、砂糖、プラスチックコップ、スプーン、マドラー

実験方法：以下の実験の実験方法を自分で考えて、結果を予想しながら、実験を実施した。

実験 1 バタフライピー粉末を水に溶かす。色の確認。

実験 2 バタフライピーとレモン水の混合溶液の用意。

色、味の確認。

実験 3 バタフライピーと重曹水の混合溶液の用意。色の確認。

実験 4 砂糖水の液性を調べる実験。

実験 5 砂糖とレモン水の混合液の液性を調べる実験。色、味の確認。

実験 6 重曹水とレモン水の混合液の液性を調べる実験。現象、色、味の確認。



図 1 バタフライピーの水溶液
左) 砂糖水、右) レモン水

ゼラチンゼリーと果実のタンパク質分解酵素の実験

当初案：ゼラチン溶液を加熱した後に加熱したフルーツと生のフルーツを入れて冷えてゼリー状に固まる程度を比較する実験を企画した。生のフルーツにはタンパク質分解酵素が含まれている⁴⁾ので固まりにくく、加熱したフルーツを加えた方は固まることから、フルーツにタンパク質分解酵素が含まれること、タンパク質分解酵素は熱で失活することを学ぶ。この実験案は、生のフルーツではゼリーが固まりにくいという結果から、生フルーツにタンパク質分解酵素が働くことをいうのはわかりにくいこと、ゼリーを冷やして固めるのに時間がかかりすぎると思い、以下の修正案で実施した。

修正案：講師が予め作製したゼラチンゼリーに生フルーツを乗せ、しばらく時間が経過した後のゼラチンゼリーの溶け具合を観察する。

この方法の場合、ゼラチンが溶けることを観察することで、生のフルーツに含まれた酵素による分解だと理解することができる。

実験材料と準備

講師による準備：クックゼラチン（森永製菓）5gに約80度のお湯50ml加え良く溶かしてから、砂糖水200ml加えてよく混ぜ、透明プラスチックに30mlずつ分注して冷蔵庫で冷やす。2cm角程度の大きさに切ったパイナップルとグリーンキウイを準備する。

受講者による実験：固まったゼラチンゼリーの上に生のパイナップル片または生のグリーンキウイ片を乗せて、直後の状態と1時間後の状態を観察する。

結果：約1時間後、果実と接している部分のゼリーが溶けて、果実が沈んでいるのが観察された。約2時間後は、よりゼリーが溶けて液体になっているのが観察された(図2)。

この結果から、生のフルーツに含まれるタンパク質分解酵素がゼラチンを溶かしたことが理解できる。実験後の講義では、パイナップルにはプロメラインとキウイフルーツにはアクチニジンというタンパク質分解酵素が含まれていること、それらの立体構造を紹介し、熱によりタンパク質の立体構造が変性することなどを解説した。

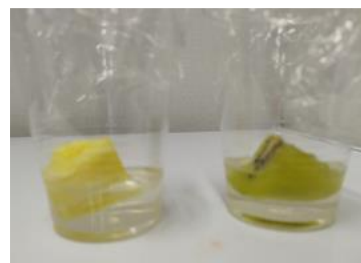


図2 ゼラチンゼリーに生果実を置いて放置した結果
左パイナップル、右キウイ

カラフルなフルーツゼリー作り

パイナップルやキウイフルーツのフルーツゼリーを作るにはフルーツを予め加熱してタンパク質分解酵素を失活する必要があることを説明し、電子レンジで加熱したフルーツを用意した。ゼラチンの粉末は上記の方法に従いお湯で溶かした。冷やして固まるまでの時間を短縮するため、プラスチックのコップに浅く(1cmくらい)ゼリー溶液を流し込み、氷水にプラスチックコップを浸して冷やすことで、5分程度でゼ



図3 バタフライピーを用いて作った様々な色のゼリーとフルーツゼリー

リー状に固まる。ここで、前半の実験で用いたバターパイプとレモン水を活用することで、様々な色のゼリーを作ることができる。これらを紹介し、各自で好きなようにゼリー作りをする時間をとった。この日の実験講座で学んだ知識と実験方法を応用して、受講者が思い思いのゼリーを楽しく作ることができた(図 3)。

講座には、化学編 9 名、生物学編 7 名が受講した。アンケートでは、受講者の満足度が高く(図 4)、「面白い実験だった。」「非常に楽しかった。」「日常生活、身近のものを使っての実験だったので頭にも入りやすかった。」「体験型は本当に面白い。」「食べられることも色も待つことも良かった。」「子どもたちと試してみます。」との感想をいただいた。

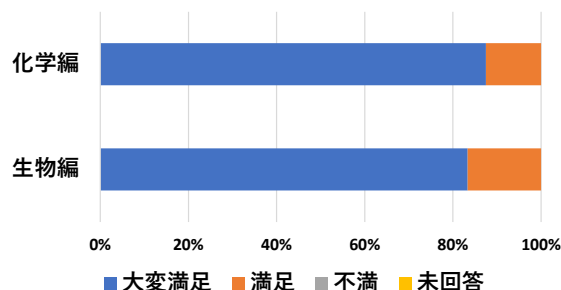


図 4 食品科学実験講座の満足度

4. 食品科学実験講座—生物学編—の実施

生物学編では、米麴を用いた甘酒づくり⁵⁾とパン酵母を用いたアルコール発酵による飲料中の糖の検出を行った。

米麴を用いた甘酒作り

当初案：講師が炊いた米と米麴を混合して炊飯器の保温機能を利用して予め作製した甘酒と、原料である炊いた米と米麴を観察してもらい、見た目、食感の違いを比較する。この方法の場合、甘酒がどのようにできているのか実感することができない。そのため、受講者が材料の混合をして、甘酒ができるまでの時間変化を観察することもできる下記の修正案で実施した。

修正案：炊いたご飯と米麴をプラスチック容器内で混合し、ご飯と米麴が浸るように適量の水を入れた。その後、60 度に保ったインキュベーターに入れ保温した。講師は予め上記の作業を 7 時間前、5 時間前、3 時間前に実施したものを用意しておく。これら経過時間が違う 4 つの混合物をインキュベータに入れる直前とインキュベータに入れた約 2 時間後に観察し、比較することで時間経過とともにご飯が甘酒に変わっていく様子を観察することができる。また、講師が予め炊飯器の保温機能を用いて作製した甘酒を試食し、甘酒の強い甘みや食感を体験する(図 5)。

この方法の場合、白飯から甘酒ができるまでの時間変化を観察することができ、発酵をはじめとする生物の反応は時間がかかることを知ることができる。また、作製した甘酒の原液は濃厚で非常に甘いことが分かる。甘酒をお湯や水で薄めて試食し、食感や味を楽しんだ。



図 5 米麴を用いた甘酒作り

パン酵母を用いたアルコール発酵による飲料中の糖の検出

この実験は、ガリレオ工房の「小学生の自由研究」の「イースト菌で飲み物の糖分をしらべよう」に従って実施した⁶⁾。いくつかの飲料を用意しそれぞれ味見をして甘みを確認する。飲料の名称をラベルした名刺サイズのチャック付きのビニール袋にそれぞれの飲料 10 ml と乾燥酵母 1 g を混合し、50 度のお湯にしばらく浸して温めた。約 10 分後に袋を観察すると糖分が含まれた飲料は膨らんでいることが確認できる(図 6)。一方でゼロカロリー飲料はほとんど膨らんでいないことがわかる。膨らんだ袋を開けてみるとアルコールのにおいがすることも確認できる。

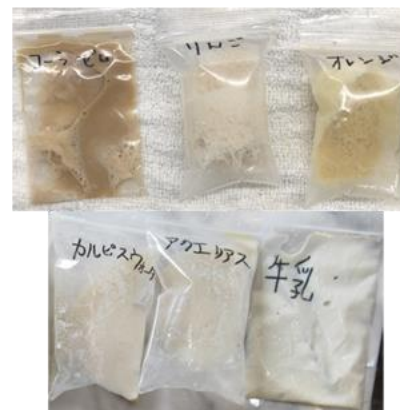


図 6 パン酵母による各種飲料中の糖分の調査

これらの実験から、パン酵母が糖分を摂取して、二酸化炭素を出していることがわかる。この反応は、酸素を必要とする呼吸とは違って、糖をアルコールに分解してエネルギーを得る発酵であることを説明した。

これらの生物学編の二つの実験から、麴カビはでんぷんを糖に分解し、パン酵母は糖をアルコールと二酸化炭素に分解していることがわかる。私たちは白飯やパンに含まれているでんぷんを糖に分解して吸収し、その糖を呼吸によって分解する過程でエネルギーを得ていることを説明した。また、イネや小麦に含まれている糖やでんぷんを例に挙げ、太陽光のエネルギーを利用して、植物が光合成により糖やでんぷんを生産し、動物はそれを捕食してエネルギーを得ていること。私たちを含む生物のエネルギーの源は、太陽光のエネルギーから来ていることを説明した。生物内でのエネルギーの仲立ちは ATP (アデノシン三リン酸) という高エネルギー化合物が担っており、光合成でも呼吸でも ATP 合成酵素という酵素が ATP の生産を担っていることを説明した。

講座のアンケートでは、満足度が高く、「講義形式だけでなく実験が伴うものもとても面白い。」「質問時間を取ってもらって良かった。」「化学反応が見れるというのが楽しい。」「実験は目に見えて理解できるから面白いし興味が沸く。」「予想して結果がどうなるかの過程があり、実験は楽しい。」「身近なことが分かり、すごくうれしい。」「家で甘酒作ります。」などの感想をいただいた。

5. 授業での活用

バタフライピーを利用した酸塩基の理解と二酸化炭素の発生の実験は、私の担当する授業の 1 年生の化学概論、3 年生の化学Ⅱの中で実施した。「この実験で「弱酸の塩(炭酸水素ナトリウム)に強酸(クエン酸)を加えると弱酸(二酸化炭素)が遊離する。」をよく理解できた。」「一番記憶に残るわかりやすい実験だった。」といった感想があった。重曹(炭酸水素ナトリウム)の性質の理解と弱酸の遊離の理解度が向上したと考えられる。アルコール発酵による飲料中の糖の検出の実験と果実によるゼラチンゼリーの分解を 4 年生の化学Ⅲの生物化学分野の講義の導入として実施した。アルコール発酵による飲料の糖の検出の実験では、「アルコール発酵がわかった。」「糖を分解してエネルギーにしている

ことが分かった。」「発酵と呼吸の違いがわかった。」といった感想があった。果実によるゼラチンゼリーの分解の実験では、「酵素の働きやタンパク質の性質がわかった。」といった感想があった。これらの実験を通して、発酵や生物のエネルギー生産の理解とタンパク質や酵素の働きの理解が深まったと考えられる。

6. おわりに

理科分野で、「主体的・対話的で深い学び」を実践するには、実験講座が一番良いと考え、食品科学実験講座として、大きく分けて4つの実験を実施した。実験の準備、実験内容の工夫と改善、予備実験と実験書の作成のため、それぞれの実験に1週間程度の準備をして実験講座に臨んだところ、計画していた以上に良い講座を実施することができた。講座アンケートの中に、「色々な準備や、細かい配慮ありがとうございました。」と講師を労う声もあった。講師としてこの講座を実施して良かったことは、質問や対話をする時間を確保することで、受講生の考えや興味と関心を把握しながら、講座を実施することができたことである。実験系の生化学者として、その技術と知識を活用して実施した講座が、受講生に好評だったこと、またこの経験を大学の授業に活用することができたことは、自分自身の授業力の向上につながった。公開講座の実施は、教員として授業力の研鑽の機会にもなり、それを通して地域貢献することができる。今後も研究力を生かし、教育力を高め、公開講座などの実施により、地域貢献を推進していきたい。

参考文献

- 1) 遠藤知里、公開講座「瀬名っ子しぜん探検隊」実践報告 常葉学園短期大学紀要(2009) 40号 261-271
- 2) 今井泉、科学教育における教材としての「光と色と色覚」 化学と教育 70巻 4号 (2022)196-199
- 3) 内藤 一郎、石見 和子 着色こんにゃくの開発とその応用 今治明德短期大学研究紀要 (2021)第44集 81-87
- 4) 胸組虎胤 公開講座に使えるテーマ(3)...「果汁を使ったタンパク質の加水分解」と「酵素と光学活性の関係」小山工業高等専門学校研究紀要(2003)第35号, 123 -128
- 5) 竹本 尚未, 佐々木 裕子, 鮫島 由香, 松井 徳光 種々の有用真菌で調製した甘酒の血栓症予防機能についての検討 栄養科学研究雑誌(2021)10, 9-14
- 6) ガリレオ工房 わかりやすいまとめやすい小学生の自由研究(2021) p46-48 永岡書店