

実験教室で実施可能な柑橘類の薄皮剥き実験の開発と実践

戸谷 義明

理科教育講座 (化学)

Development and Practice of an Experimental Method of “Making Bottled Citrus Fruits” for Delivery Lectures

Yoshiaki TOYA

Department of Science Education (Organic Chemistry), Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

Abstract

In order to be realized the importance and usefulness of the subject “science” by the people, chemical experimental methods for delivery lectures related to foods were investigated, developed and practiced. The previously published experiments “Making Karumeyaki”, “ Making Starch Syrup” were followed by the experiment “ Making Bottled Citrus Fruits”. A practice by using the method was performed in a laboratory at Nagoya City Science Museum on Sat., July 9, 2016. The procedures and the result of the practice were detailed in this report.

1. はじめに

著者は2006年度以降、化学を専攻する3, 4年生を対象に、大学の授業科目「化学教材実験」「化学教材演習」などの一環で、サービス・ラーニングによる授業として出前等による化学実験「出前化学実験」^{1, 2)}を実践してきた。身の回りや身近なことがらと結びついた内容で、理科が役に立つ教科であることを実感でき、理科学習に活用できるような、観察・参加型の化学マジックなどの演示実験、及び個別指導体験型の実験の実験法と指導法を開発してきた。これらを理科実験の指導ができる優秀な理科教員の養成のための教育である出前化学実験として実践し、評価、改善して確立することを目的として研究を進めてきた。開発した教材と指導法は、論文、そして2011年度末に、観察・参加型の化学マジックなどの演示実験を中心とした「理科が役に立つことが実感できる化学教材実験集」³⁾、さらに2015年度末には、個別指導体験型の実験をまとめた「理科が役に立つことを実感できる化学教材実験集II～個別指導体験型実験～」⁴⁾を印刷出版した。

近年、理科が役に立つ教科であることを身近に実感できる出前化学実験用の化学(科学)実験教材として、食品関係の化学実験の開発と実践に重点を置いた。食品関係の実験テーマとして、これまで「カルメ焼きづくり」「水あめづくり」の実験演示法を開発し、実践してきた。また、柑橘類の薄皮(じょうのう膜)剥き実験にも着目し、検討を行ってきた⁴⁾。

ミカンの仲間(柑橘類)は、バレンシアオレンジ、ネーブルオレンジ、レモン、グレープフルーツなどが、おなじみであるが、取り分け、秋から冬に出回るウン

シウミカン(ミカン)は最も身近な果物であろう。柑橘類の種類、構造、ミカンの機能性成分、缶詰の製造法ミカンと歴史に関してはWebサイトのpdf^{5, 6)}に詳しい記述があり、以下、「化学教材実験集II」⁴⁾と同様に、これらから引用する。

現在、国産の柑橘類は早生から晩生の品種まで合わせると、ほぼ周年での供給が行われるようになっており、スーパーマーケットに行けば、いつでも何らかの柑橘類が手に入る状況である⁵⁾。柑橘類の果実の構造のイラストを図1に示す。

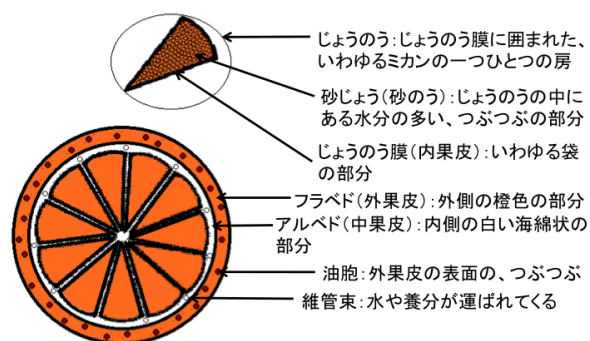


図1 柑橘類の果実の構造 (説明は引用元の表記に追加)

ミカンを例に外側から、外果皮(フラベド、外側の橙色の部分)、中果皮(アルベド、内側の白い海綿状の部分)、内果皮(じょうのう膜、いわゆる袋の部分)、じょうのう(じょうのう膜に囲まれた、いわゆるミカンの1つひとつの房)、砂じょう(砂のう、じょうのうの中にある水分の多い、つぶつぶの部分)となる⁵⁾。ミカンのように皮が薄く剥きやすい(寛皮性、かんぴせい)品種(学名 *Citrus reticulata*)の柑橘類をマンダリン(mandarin、果皮色が黄色～橙色)、あるいはタン

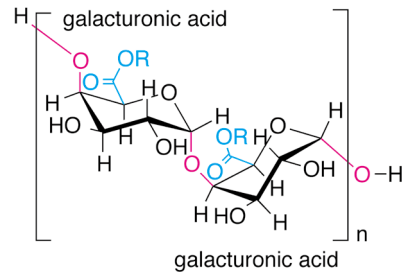
ジェリン (tangerin, 果皮色が橙色～赤色) と呼ぶ⁵⁾。

ミカンの缶詰加工の歴史は、以下のようなものである。ミカン缶詰は、明治10年代に我が国が世界に先駆けて製造販売したが、現在のミカン缶詰とは大きく異なり、外皮を付けたままの果実が砂糖で甘煮にされ、缶の中に、そのまま入っているという製品「外皮付き糖蜜漬缶詰」であった。その後、明治30年代には、手で外皮のみを剥皮（皮剥き）し、内果皮は残した状態で砂糖漬にした「丸ミカン缶詰」が製造されるようになった。今日のような、内果皮まで除去したミカン缶詰が製造されるのは大正時代になってからのことで、大正12（1923）年頃には、アメリカの缶詰雑誌に掲載されていた、アルカリ処理によりアンズの外皮を軟化させる方法にヒントを得て、ミカンの内果皮を除去する方法が確立された。この方法は、外皮を除去したミカンの果肉を50–60℃に加温した2–5%水酸化ナトリウム水溶液に5分程度浸漬した後、直ちに洗浄してアルカリを除くもので、色調、風味、食感に、ほとんど影響を与えることなく内果皮を除去することができた。ところが、アルカリ処理だけでは内果皮と繊維質の除去が十分ではなかったため、化学処理の後に手作業での修正が必要とされた⁵⁾。昭和8（1933）年に四ツ菱食品（株）が酸とアルカリとを併用した内果皮剥皮（薄皮剥き）法を実践した。アルカリだけの皮剥きでは瓢囊（じょうのう）背部の白繊維が残り、酸だけの皮剥きでは、作用後に機械で摩擦してやらなければ瓢囊（じょうのう膜）を十分に分離することができなかったことを改良したものである⁶⁾。殺菌条件についても詳細な検討を行い、70℃程度の加熱（75℃ 20分、現在は80℃ 15分⁶⁾）で、内容物に余り影響を与えることなく殺菌が可能で、缶を回転させながら加熱することで缶内の温度の不均衡も防げることを見いだした。昭和10（1935）年頃には、現在のような缶詰加工プロセスの基本形が完成していたようである^{5, 6)}。外皮の皮剥き、及び1粒ずつにする身割りは、昔は手作業で行われていたが、現在では湯通し（80–90℃、60秒）の後、自動剥皮機で部分剥皮し、次いで2本のロールに外皮が、かみ込まれて皮剥きされた後、放射状のゴム製などの弾性材のすき間を水圧と振とうによって通す自動身割機で、1房ずつに分離されている⁶⁾。

身割りの後、ミカンの房を100–800 mの樋式薬品処理装置に浸して流し、砂のうを包む薄皮（内果皮、じょうのう膜）、及び中果皮の成分であるペクチンを薬品により（部分的に）溶かし、機械的に除去して缶詰ミカンは製造されている。実際の缶詰加工では、希塩酸溶液（0.5%、微温液20–40分、又は0.7%、30℃、50分）、水洗約15分、希水酸化ナトリウム水溶液（0.3%、微温液20–40分、又は0.7%、30℃、20分）の順に処理した後、水さらしを60分行うことによって行われているようである⁷⁾。

ペクチン(pectin)^{8, 9)}とは、ガラクトツロン酸 (galacturonic

R=H: carboxylic acid
R=CH₃: carboxylic acid methyl ester
α(1-4)glycosidic linkage



R=H: pectinic acid [poly(galacturonic acid)]
R=H or CH₃: pectin

図2 ペクチンの構造

acid) が⁸⁾ α-1,4-結合したポリガラクトツロン酸（ペクチン酸）で、その一部のカルボキシ基が種々の割合にメチルエステル化（多い場合50%以上）されている多糖の一群をいう（図2）。エステル化されていないガラクトツロン酸のカルボキシ基がカルシウムイオンと結合してゲル化する。ガラクトツロン酸の他にも、いくつかの多様な糖を含むことが知られる。分子量は5万–36万と幅広く、特に植物の細胞壁、葉、茎、果実〔レモン果皮で32%、（恐らく乾燥果皮、著者補記）〕に含まれる。ペクチンは他の化合物と水溶性の複合物を作ったり、セルロースと結合して水に溶けないプロトペクチンと呼ばれる複合体を作ったりする。熱水、塩酸、水酸化ナトリウム水溶液以外に、エチレンジアミン四酢酸（EDTA）、クエン酸、シュウ酸などのキレート剤とともに加熱することで可溶化、抽出される⁹⁾。

文献¹⁰⁾に果実類44種・果菜類3種、及び種実類3種のペクチン含有量のデータがあり、柑橘類はウンシュウミカン、ユズなど5種の部位別〔果皮（外果皮、中果皮）、パルプ（果汁製造時などにできるミカンの中果皮、じょうのう膜、さのうの膜など、液体にならない部分）、果汁〕の湿質量比、果皮、パルプから、それぞれ得られたアルコール不溶性固形乾燥物の収率とペクチン含有率、及び果実に占める部位別のペクチン含有率のデータがあった。ウンシュウミカンの果皮、パルプ、及び果汁が果実全体に占める質量比は、それぞれ26.9%（w/w、以下同様）、21.2%、51.9%、得られた果皮、パルプの乾燥物の果実からの収率は、それぞれ13.70%、6.21%、それらの全ペクチン含有量は33.21%、30.28%であった。また、果実に占める果汁のペクチン含有率は0.045%であった。

したがって、ウンシュウミカンの湿果皮に含まれるペクチンは $13.70 \times 0.3321 \div 26.9 \times 100 \approx 17\%$ 、湿パルプに含まれるペクチンは $6.21 \times 0.3028 \div 21.2 \times 100 \approx 8.9\%$ 、果汁に含まれるペクチンは $100 \times 0.00045 \div 51.9 \times 100 = 0.09\%$ と計算した。

また、別の文献¹¹⁾では、早生と普通のウンシュウミカン果実の成熟に伴う果皮、果肉、じょうのう膜の各

種ペクチン含有量の変化が調べられた。果実の各部分の全ペクチン含有量は両品種共に、いずれの時期においても、じょうのう膜が最も高く（4-7%）、次いで果皮（3-5%）、果肉（0.04-0.275%）の順であった。

以上のことから、果汁や果肉にペクチンは、ほとんど含まれず（0.1%未満）、果皮、内果皮、及び、じょうのう膜には湿った状態で数%から最大17%、乾燥状態で約3割の質量のペクチンが含まれると予想された。

細胞壁多糖類から熱水や酸性緩衝液に抽出されるペクチンを抽出した後に、アルカリで抽出される多糖類の総称をヘミセルロースという。したがって、ミカンの薄皮剥き実験の原理は、薄皮に含まれるペクチンを熱と希塩酸溶液による酸処理で溶解、抽出して取り除いた後、さらに薄皮に残ったヘミセルロースなどを希水酸化ナトリウム水溶液のアルカリ処理で溶解、抽出して取り除き、剥皮が完了するということになる。剥皮の際の酸やアルカリの条件では、ペクチンのメチルエステルの加水分解は起こらないと予想され、後述の論文などの、酸で加水分解されて、塩基で水溶性の塩になるという原理^{14, 16)}ではないと考えられる。同様に、酸条件ではグリコシド結合の加水分解も起こらないと予想される。

ミカンの薄皮剥き実験は、実験集^{12, 13)}、論文^{14, 15)}、学会発表¹⁶⁾及びWebサイト^{17, 18)}などで多くの方法が公開されている。実験集¹²⁾では、加熱した0.5%水酸化ナトリウム水溶液中で、穴あきお玉杓子に入れた房を2分間上下させて剥皮後、薄い塩酸中で上下させて中和し、最後に水の中で上下させて洗う方法が示されている。実験集¹³⁾では、300 mLビーカー中で約1.4%塩酸で40-45℃で10分間ゆっくりとガラス棒でかき混ぜて処理後、水洗、次いで1.2%水酸化ナトリウム水溶液で40-45℃で5分間、同様に処理後、水洗という方法が示され、さらにアルカリだけでも皮が剥けるが、へその部分(?)が残るという、既述の資料⁶⁾の内容を裏付ける記述がある。論文¹⁴⁾も300 mLビーカーとガラス棒を使用し、0.4 mol/L塩酸で50℃で10分間処理、水洗の後、約1.2%水酸化ナトリウム水溶液で50℃で10分間処理し、水洗するというものである。いずれも希塩酸と希水酸化ナトリウムを使用する2段階の方法である。これに対し、最近見付けた論文¹⁵⁾は300 mLビーカーとガラス棒を使用し、約7%クエン酸水溶液で60℃で約15分間処理の後、ざるに移し、水洗するという方法である。学会発表¹⁶⁾では、ビーカーに60-80℃のお湯で調製した約1 mol/L（約20%）クエン酸水溶液に10分間、ミカンを入れて待った後、ミカンを約5%炭酸水素ナトリウム水溶液に移し、10分間待つてから10分間流水で洗うという方法である。Webサイト¹⁷⁾も、ビーカーとガラス棒を使用し、2%クエン酸水溶液で60℃で10分間、ときどき静かにかき混ぜながら加熱し、水洗後、2%炭酸水素ナトリウム水溶液で、前と同様に60℃で10分間ぐらい、ミカンの固まりがバラバラになる前まで加熱し、水洗するという方法である。ほ

かにもWebサイト¹⁸⁾には、0.5-0.7%炭酸水素ナトリウム水溶液で2-4分間煮沸（実際は炭酸ナトリウムが存在）後、水洗する方法が紹介されている。

著者も2011年度以来、既述のように、ミカンの薄皮剥きに関連して調査を行うとともに、ミカンの薄皮剥き（剥皮）を、安全性、簡便性、及びミカンの味が良いことの3点を満たし、かつ短時間でできる実験条件、取り分け、安全面から水酸化ナトリウムやアルカリを使用しない条件の検討を行ってきた。2015年度以降、ミカン以外の柑橘類を含め、後述するように、詳細に条件の再検討を行い、化学実験教室の指導実験で実施可能な「缶詰ミカン作り」（実際は、びん詰めミカン）の実験法の検討と開発を行った。開発した実験指導法により2016年7月9日（土）に名古屋市科学館で実践を行った。以下に、これまでの検討の経緯、開発した実験指導法の詳細とともに、実践した結果、明らかになった問題点、及び、その解決策について報告する。

2. 実験条件と方法の検討

2011年の検討では、以下のことが判明した³⁾。

- ・手で皮を剥き、1房の状態にして行う教材実験としては、2段階目の水酸化ナトリウム水溶液処理を少なくとも皮剥きは可能。塩酸、クエン酸処理でミカンの薄皮は部分的に溶け、残った部分は手で、こすって簡単に除くことができた。資料^{5, 6)}からの情報と一致することを確認した。
- ・0.50 mol/Lのクエン酸で、ミカンなら40℃、夏ミカンなら50℃で、20分ぐらいで皮剥きができる。この時点では、0.50 mol/Lから0.60 mol/Lにしても、剥け方は、余り変わらないと思われた。
- ・0.40 mol/Lの塩酸で、ミカンなら25℃、夏ミカンなら40℃で、20分ぐらいで皮剥きができた。
- ・温度を50℃にすると、早く皮剥きができしたが、25℃の方が、生ミカンの食感が保たれ、薄皮を剥いた後の房が崩れにくく、きれいであった。
- ・一般にミカン缶詰は14%（ライト・シロップ）を基準として作られているそうである⁶⁾が、皮剥き柑橘類を漬ける上白糖水のシロップは、漬ける時間が短いため、20%（w/w）より30%（w/w）の方が適切と思われた。
- ・ミカンの房と酸の溶液とをビーカーを使い、箸や箸さじを使って混ぜると、剥皮後の房が崩れやすい。780 mLスクリーボトルに入れ、ゆっくり回すように振り混ぜると、良好な結果が得られた。

2011年12月27日に大学2年生9人対象に、90分の個別指導体験型実験の授業を行った。ミカンの質量（g）の約2倍の体積（mL）の0.40 mol/L塩酸で25℃で20分処理の予定であった。

その結果、どの学生も良好に薄皮が剥け、びん詰めミカン作りに成功したが、室温が25℃より低く、20分

間以上振る必要があった。また、長時間、振り続けるのは、当初想定していたよりも大変で、小中学生による実験を想定すると、疲れてしまう可能性が考えられた。振る時間を短縮する方法、又は、より簡単に振る方法を検討する必要があると考えられた。さらに、ざるボールを使っても、塩酸処理後のミカンの剥皮と洗浄に、予想より時間が掛かることが分かった。

2012年に20℃では0.40 mol/L塩酸では剥皮が不十分で、1 mol/L塩酸で10分以上処理する必要があることが分かった。2015年以降に、論文¹⁵⁾、及び学会発表¹⁶⁾の情報を参考に、ミカン以外の柑橘類を含め、剥皮の条件を再検討し、以下のことが判明した⁴⁾。

- ・外果皮が厚い柑橘類の外果皮剥きには皮剥き器の使用が有効であった。
- ・1.0 mol/L塩酸〔劇物指定なし、3.6% (w/w) 相当〕を使用する場合、20℃、20分振り混ぜの条件でミカン（薄内果皮、厚内果皮）、ピンクグレープフルーツ、30℃、20分振り混ぜの条件でハッサク、ネーブルオレンジの皮剥きが可能で、後の条件は柑橘類全般に適用可能と予想された。
- ・酸の濃度を上げるより、温度を上げる方が効果的であると思われた。ネーブルオレンジや、青切りミカンの場合、20℃では2.0 mol/L塩酸（劇物指定なし、7.1% (w/w) 相当）でも良好な結果が得られなかった。
- ・1.0 mol/L塩酸より安全な1 mol/Lクエン酸〔19% (w/w) 相当〕を使用する場合、40℃、20分振り混ぜの条件でミカン、ネーブルオレンジの皮剥きが可能で、柑橘類全般に適用可能と予想された。1.0 mol/L塩酸よりも溶け残った薄皮の量が少なく、よりペクチンが溶けていると考えられた。クエン酸は柑橘類自身に含まれ、処理後の洗浄や作ったものの味を考慮すると、最適であると考えられた。
- ・ミカンで0.5 mol/Lクエン酸、40℃、20分振り混ぜの条件では、房の背の部分が白く残ってしまった。
- ・柑橘類としては手で剥きやすく（ミカン）、薄皮が（薄めで）破れにくく、1房にしやすいもの〔ミカン、ネーブルオレンジ（通年で入手が可能）、ハッサク、ピンクグレープフルーツなど〕が適切と考えられた。ただし、ネーブルオレンジは時期により産地（南アフリカ、アメリカ、オーストラリア）が異なり、バレンシアオレンジのように、1房にしようとする、薄皮が破れてしまうもの（2016年9月入手のカリフォルニア産、オーストラリア産の小玉）があった。
- ・グレープフルーツは酸処理しなくても薄皮が剥きやすく、塩酸処理で、砂のうまでバラバラになってしまい、不適であった。なお、グレープフルーツ（又はピンクグレープフルーツ）については、沸騰させた湯に入れ、3分ゆでた後、氷水で5分冷やせば、ミカンのように手で皮がスルッと剥けるとのTV番組やWebの情報がある¹⁹⁾。

以上の結果を基に、予備実験を繰り返し、次のように実践用の実験法へと改良した。

3. 実践用の実験方法と条件への改良

実験教室は午前中2時間で設定した。中学生24名対象で、器材の使用は4人で1実験台グループ（全6組）とするが、実験操作は完全に個別指導体験型になるように実施するように計画した。実験教室の会場は通常の科学実験室であり、実験台は、よく拭いた後、アルコール消毒し、さらに台の上にOA紙を敷き詰めて使用した。流しの部分にはものを置かないこと、及び、加熱、冷却、洗浄に使用する水道水、氷以外の、口に入るものの溶解、及び最終洗浄のための水は、全てペットボトルの水を使用するようにした。柑橘類としては、実験教室の時期、及び剥皮の効果が分かりやすいことを考慮し、薄皮の厚い甘夏ミカン（以下、夏ミカン）を使用する計画を立てた。ただし、時期的には遅いので、愛知県の渥美半島の田原市の農家に供給（実践の10日前に大学に到着）を依頼した。万一に備え、ネーブルオレンジでも予備実験を行った。以下、得られた結果を示す。

- ・薄皮のペクチンの溶解には、1.0 mol/Lクエン酸水溶液を使用した。水溶液500 mLは食品添加物のクエン酸一水和物105.07 g (0.500 mol) と水433.44gから調製可能で、以後、この質量比で必要な体積を調製することにした。
- ・時間の関係もあり、あらかじめスクリーボトルに秤量しておいたクエン酸32 gに水130 mLを加えてクエン酸水溶液150 mLを調製してもらい、クエン酸が水に溶解するときの吸熱を体験してもらおう。
- ・カセットコンロの上に置いたステンレス鍋の湯せんで、夏ミカンの場合、50℃、20分間、ネーブルオレンジの場合、40℃、20分間、ゆっくりと房が回転するように振ることで良好に剥皮できた。
- ・使用後のクエン酸水溶液と洗液（廃液、ステンレスの洗浄に使える？）の処理として、各自が8 Lポリバケツの中で炭酸水素ナトリウム粉末〔クエン酸水溶液に2.2 eq添加でpH 5.29を確認。理論上（ $pK_{a3}=6.396$ at 25℃²⁰⁾）では2.5 eqでpH 6.396〕を廃液に加えて中和し、発泡を観察してもらおう。中和前後の液のpHをpH試験紙で確認するようにした。中和後の呈色はpH 6を示した。一律排水基準（pH 5.8–8.6²¹⁾）を考慮すると、2.5 eq加えるべきであった。
- ・使用するクエン酸と中和に必要な炭酸水素ナトリウムの総量を減らすため、剥皮する夏ミカンの質量（g）と同じ体積（mL）のクエン酸水溶液で実験が可能であることを確認した。
- ・びんの振り方により、薄皮の剥け方が大きく異なった。全く振らないと、余り剥けず、上下に振とうしたり、内容物が渦を巻くまで早く振ったりすると、

房が崩れてしまった。ゆっくりと房が動き回転するように振った場合に最も良好な結果が得られた。

- 剥皮の際には、クエン酸水溶液の温度を上げるのが効果的であった。ただし、よりゆっくりと房が動き回転するように振る必要があった。
- 30%シロップは、あらかじめ上白糖 56 g に水を加えて 160 mL になるようにし、溶解させて調製してから、スクリーボトルに入った、剥皮した夏ミカンに加えた。上白糖を、剥皮した夏ミカンに、そのまま加え、後から水を加えて溶かそうとすると、房が崩れないようには混ぜにくく、なかなか溶けなかった。これを湯せんで 60 °C まで加熱すると、びんの底に砂糖の濃厚溶液ができてしまい、冷めると、非常に溶けにくい飴状になった。
- カセットコンロによる鍋の湯沸かし、及びスクリーボトルの内容物の、湯による加熱、氷水による冷却に、予想以上に時間が掛かることが判明した。例えば 25 °C の内容物を 60 °C の湯で加熱した場合、加熱開始から 40 °C、50 °C、55 °C になるまでの時間は、それぞれ 3 分 27 秒、9 分 12 秒、16 分 39 秒であった。また、室温の内容物を 60 °C の湯に入れ、湯とともに 80 °C になるまで加熱するのに約 15 分を要した。その後、殺菌（実際はシロップを染み込ませる）のため、80 °C を 15 分間保ってから、水道の流水で 30 秒間、次いで氷水中に入れて冷却した場合、おいしく食べるためには 15 分以上冷却する必要があった。さらに、シロップを染み込ませるため、湯せんで 60 °C まで加熱した後、氷冷する方法も検討したが、時間の都合上、実践ではシロップを加えてから加熱処理を行わず、そのまま氷冷する計画とした。以上の結果を踏まえ確立された実験方法を次に示す。

4. 実験方法

4.1 使用器材

以下に 1 人当りに必要な器材と数（表示のないものは 1）を示す。

筆記用具（持参）、タオル（持参、手拭き用）、安全めがね〔ジャクソン V10 エレメント（V10 ユニスペックを予定したが在庫がなく不可）、プレゼント〕、ワークシート、スライド印刷資料、食品添加物のクエン酸一水和物 ($C_3H_4(OH)(COOH)_3 \cdot H_2O$, M 210.14 g/mol, ¥2052/500 g, キシダ) 32 g (0.15 mol) 入 780 mL ソーダガラス製スクリーボトル〔ふたはポリプロピレン（以下 PP）製、シールはポリエチレン（以下 PE）製、セリア 4947879463924 ガラスボトル H780 取手付 CLEAR CANISTER, 有限会社クレンリー製, Made in Japan〕, 2 L ペットボトル入飲用水, 205 mL スチロールカップ (130 mL と 160 mL のところに黒い線, 100 mL のところに赤い線), 夏ミカン, 皮剥き器〔(株) クリハラワール

ド, 「ムッキーちゃん」, 軍手 0.5 組 (片手に装着), アルコール温度計 (0–200 °C, ニッケイ JC-2085, 両端に保護用のシリコンチューブをつけたもの), 日本製紙クレシア製プロテクトガードディスポーザブルブルーニトリルグローブ (L, M, XS) 又は天然ゴム手袋 (S) (以下, ゴム手袋, サイズは各自選択), 1.5 L PP 製ざる & 1.5 L PP 製ボウル (セリア 4955959135425 K354-2 ポレポレザルボール中イエロー, ナカヤ化学産業株式会社製, Made in Japan), 竹割りばし (試食用), 15 cm 紙皿 (試食用) 2 枚, 上白糖 56 g 入 100 mL PP 製広口びん (アイボーイ)。

以下に実験台 1 台当たりに必要な器材と数（表示のないものは 1, 2 の場合は隣同士の 2 人で使用）を示す。

キッチン秤 3 台 (0–2 kg, 又は 0–3 kg, 1 g 単位で秤量可能), キッチンペーパー 2 巻, ティッシュペーパーパック, ストップウォッチ 2 個, 23 cm プラスチック (PBT) はし 2 膳, カセットコンロ (イワタニカセットフー達人 CB-AP-14), 30 cm ステンレス製鍋 (コーナン, SUS 18-0, 8.1 L), キッチン温度計 (ドリテック O-207SV, 鍋に固定するシリコンゴムバンド付), ステンレス製定規 (15 cm), 23 cm 紙皿, PE 製ラップ, 5.5 L PP 製洗い桶 (氷水用, セリア 4973430020329 D-5549 ニュー D 型洗桶, サナダ精工株式会社製, Made in Japan), 氷 (科学館に用意依頼), 2 L ペットボトル入飲用水 (予備), むれ雑巾, 三角コーナー (水きりネット付, 科学館備品)。

以下に非食品用実験台にある, 1 人当りに必要な器材と数を示す。

炭酸水素ナトリウム (重曹) 粉末 ($NaHCO_3$, M 84.01 g/mol, ¥1188/500 g, キシダ 1 級, クエン酸中和用) 30 g (0.36 mol, 2.3 eq) 入 50 mL PP 製広口びん (アズワン, アイボーイ), 8 L 又は 10 L PP 製バケツ, pH 試験紙 (ワットマン, pH 1–14, 4 人で 1 巻), 名古屋市指定可燃性廃棄物用 PE 袋 (科学館に用意依頼), 名古屋市指定プラスチック廃棄物用 PE 袋。

4.2 実験準備

前日までに準備リストを作成し, 以下の準備を行った。洗浄乾燥したスクリーボトル 26 本 (予備 1 本) に食品添加物のクエン酸一水和物各 32 g を量った。食品用に洗浄乾燥した 100 mL PP 製広口びん 26 本 (予備 1 本) に上白糖各 56 g を量った。50 mL PP 製広口びん 26 本 (予備 1 本) に炭酸水素ナトリウム各 30 g を量った。実験器材をサンボックス #36C 3 箱 (非食品用運搬箱①, 食品用運搬箱①, ミカンの皮剥き用②), サンボックス #24C 2 箱 (食品用①, 食品用②) に収めた。以下の実験器材は個別に運搬した。夏ミカン 26 個 (予備 1 個), クエン酸粉末入ガラス製スクリーボトル 26 個 (予備 1 個), 30 cm ステンレス鍋 7 個 (3 個箱入 2 箱 + 1 個), カセットコンロ (各箱入) 7 台, 安全めがね 24 個, 研究室所有 HD ビデオカメラ (SONY NEX-VG20, アルミケース入) 1 式, ビデオカメラセッティング用

三脚 (SLIK カーボンマスター713 PRO), 研究室所有デジタルカメラ (Nikon D700, アルミケース入) 1式, 2Lペットボトル水32本, キッチンペーパー14巻 (予備1巻), ゴム手袋 (L, M, S, XS, 100枚入) 各1箱, 8L又は10L PP製バケツ26個 (予備1個), 3年生所有ノートPC 2台 (予備1台), USBメモリー1個.

以下の印刷物 (各予備含) を用意した. PowerPoint資料 (スライド4枚を1頁に印刷, A4カラー両面) 40冊, ワークシート (A4白黒片面) 40枚, 受講者用アンケート (A4白黒片面) 30枚. 準備リスト12部.

4.3 実験操作

缶詰ミカンの歴史, 製造法, 及び薄皮剥きの原理を説明の後, 今回はびん詰夏ミカン作りの実験を行った.

1. 始めに, クエン酸の水溶液を作り, 味を確認する. ペットボトルの水を, スチロールカップの黒い線 (130 mL) のところまで入れ, これをクエン酸の入ったスクリュボトルのふたを外し, 加える.
2. スクリューボトルのふたを固く閉め, ボトルを落とさないように, しっかりと持ち, ボトルを水平方向に回すようにしてボトルの中身が渦を巻くように混ぜてクエン酸の粉末を水と混ぜる. 混ぜたときの様子, ボトルの底を手で触ったときの感じをワークシートに記入.
3. ボトルのふたを外し, キッチンペーパーの上に置き, 中のクエン酸溶液にアルコール温度計を入れ, 液を1滴, 手の甲に付け, なめて味を調べ, ワークシートに記入. 温度計をボトルに入れたまま, ラップでふたをしておく.
4. 皮を剥く前の夏ミカンの質量 (A) を量る. 秤の上に18 cm 紙皿を乗せたまま, 秤の表示を0 gにし, 紙皿の上に皮を剥く前の夏ミカンに乗せ, 質量を量り, ワークシートの (A) の質量の欄に記入. 以降, 質量を量るときは, 通常, 秤の上に18 cm紙皿を乗せたまま, 秤の表示を0 gにしてから行う.



図3 温度計の固定

にシリコンチューブのバンドで鍋に取り付けてある. 先端のキャップは外してあるので気を付ける. ステンレス製定規を使い, 鍋底から5 cmの高さまで水道水,

- 約3.7 L (ボトル4本の場合, ボトル1本の場合, 鍋底から7 cmの高さまでの約4.8 Lで, 水の深さ7.5 cmになる) を入れ, 温度計の電源を入れてカセットコンロで加熱を開始する. ステンレス製定規は回収する. お湯の温度が60 °Cになったら加熱をやめ, 鍋にふたをする. 火を使うので, やけどには十分気を付ける. また, 鍋は熱くなっているため触らない.
6. 夏ミカンの「へそ」の部分に, 皮剥き器のふたについている爪の部分差し込み, 外果皮に一周分の切り



図4 切り込みの入れ方

込みを入れる. 同じように, 最初の切れ込みと直角になるように, もう一周分の切り込みを入れた後, 手で皮を剥く (図4参照). 剥いた皮 (外果皮と中果皮の一部) はキッチンペーパーの上に集める.

7. 皮を剥いた夏ミカンを1房ずつに分け, 残っている中果皮 (白い筋状の部分) を取り除く. 少し残っていても後の操作に問題ない. ただし, 中果皮と一緒に薄皮 (じょうのう膜) まで破ってしまわないように気を付ける. 夏ミカンの房は, 別のキッチンペーパーの上に乗せ, 剥いた皮 (外果皮と中果皮) は一緒にキッチンペーパーの上に集め, 回収する.
8. 1房ずつに分けた後の夏ミカンをも18 cm紙皿の上に乗せ, 質量 (B) を量り, ワークシートに記入. 次の操作で夏ミカンの房の一部を取り分けるので, キッチンペーパーの上に夏ミカンの房を戻す.
9. キッチンペーパーの上から約150 gになるように, なるべく破れていない夏ミカンの房の一部を18 cm紙皿の上に乗せて量り, 実際の質量 (C) をワークシートに記入. 残った房は試食時に, びん詰夏ミカンと比較するので, 15 cm紙皿に乗せ, 乾燥しないようにラップをしておく. 量り終えた房はキッチンペーパーに戻しておく.
10. 夏ミカンの房を, 温度計が入ったボトルの中のクエン酸水溶液に, 液がはねないように入れ, ラップをし直す. 次の操作でボトルを鍋の湯の中で温めるが, クエン酸水溶液が温まるまでは, 振り混ぜないようにする. 房が崩れてしまうので, 絶対に温度計で, かき混ぜない.
11. やけどを防ぐため, ボトルを持つ手に軍手を着用する. 鍋のお湯の温度が約60 °Cであることを確認してから, ボトルを湯の中に入れ, クエン酸水溶液の温度が50 °Cになるまで温める. 湯の温度が80 °Cになるまで再度加熱し, その後, 80 °Cを保つようにする (図5). クエン酸水溶液の温度が上がるまでに, 皮を剥く前の夏ミカンに対する, 外果皮と中果皮を取り除いた後の夏ミカンの房の割合 (%) ($B \div A \times 100$) を計算し, ワークシートに記入.



図5 湯でクエン酸水溶液が50 °Cになるまで加熱

12. ボトルに入れた温度計が50 °Cになったら, 湯からボトルを出し, 振り混ぜる前

のボトルの中の様子をワークシートに記入。温度計をボトルから取り出し、23 cm紙皿の上に置く。ラップを外し、軍手をはめていない方の手で、ボトルのふたを固く閉める。振り混ぜ時間を計るために、振り混ぜ始めと同時にストップウォッチをスタートさせる。房が崩れないように、ボトルの中の房が、ゆっくりと回転するように、軽く揺らしながら振り混ぜる。絶対に激しく振らないこと！振り混ぜ時間1分50秒ごとに10秒間、ボトルを80℃の湯に入れて温め、20分になったら、振り混ぜるのをやめる。振り混ぜ後のボトルの中の様子をワークシートに記入。鍋の湯は、後で使うので、火を止め、ふたをしておく。

13. 軍手を外し、ボトルのふたを外して中身を、ボウルを重ねたざるに移す。最初にボウルにたまったクエン酸水溶液は、各自が床に置いた非食品用のポリバケツに回収する。空になったボウルに、スチロールカップの黒い線(130 mL)のところまでの水を2杯(260 mL)入れる。ボウルに夏ミカンの入ったざるを入れ、ざるを上下させて夏ミカンに残ったクエン酸を落とす。このときにボウルにたまった液もポリバケツに回収する。この操作を、さらに2回繰り返す。計3回ペットボトルの水各約260 mLで洗う。
14. スチロールカップ2杯分の水(約400 mL)をボウルに入れ、そこに夏ミカンの入ったざるを入れる。両手にゴム手袋を着け、水の中で夏ミカンの薄皮を剥がす(図6)。このとき、中果皮(白い筋の部分)は、つまむように、溶け残った薄皮(じょうのう膜)は、こするようにして剥がす。薄皮をはがし終えた房は、キッチンペーパーの上に並べ、水気を取る(図7)。手袋は次の作業も着けて行うので、まだ外さない。薄皮と水が入ったざるとボウルは後で片付ける。



図6 薄皮の剥皮



図7 剥皮後の房

15. ボトルは、シロップ漬けにするのに使う。手袋を着けたまま操作を行うので、ボトルを落とさないように、しっかり持つ。最初にボトルを水道の流水で洗う。その後、ボトルに半分かくらい水道水を入れ、ふたをしっかり閉めて振り混ぜた後、ふたを開けて中の水を流しに捨てて洗う。この操作を、もう1回繰り返す。計2回振り混ぜて洗う。次に、スチロールカップの赤い線(100 mL)のところまでペットボトルの水をボトルに入れ、前と同様に各100 mLの水で計2回振り混ぜて洗う。洗ったボトルは、よく水を切り、外側はキッチンペーパーで水気を取る。

ふたはキッチンペーパーの上に置いておく。

16. 秤の上に、ふたを外したボトルを乗せ、秤を0 g表示にし、この中に薄皮を除いた夏ミカンの房を入れて質量を量る。ゴム手袋を外し、ワークシートの(D)の欄に質量を記入。ゴム手袋は回収する。
17. スチロールカップの中にPP製広口びんに入っている上白糖56 gを全て入れる。これにペットボトルの水を黒い線(160 mL)のところになるまで入れる。カップをしっかり手で持ち、プラスチックはしで混ぜて上白糖を完全に溶かす。シロップを全てボトルに加え、ボトルにふたをする。カップは回収する。
18. ミカン缶詰の製造では、この後、殺菌のために80℃で15分間加熱するが、今回は行わない。洗水桶に氷水を用意し、ここにボトルを入れて冷やす。このとき、氷水の量はボトルの中の液面と同じぐらいの高さにする。約15分後、十分に冷えていることが確認できたら、ボトルを氷水から取り出す。ボトルを冷却する間に、計算と後片付けを行う。
19. クエン酸水溶液処理で、剥けた薄皮の質量(E) (C-D)、薄皮剥きに使った夏ミカンの房に対する、クエン酸水溶液処理で剥けた薄皮の割合(%) ($E \div C \times 100$)、薄皮剥きに使った夏ミカンの房に対する、薄皮を剥いた後の夏ミカンの房の割合(%) ($D \div C \times 100$)を計算し、ワークシートに記入。

20. 酸やアルカリは、ほぼ中性の溶液にしてから流す必要がある。ポリバケツの中の使用後のクエン酸水



溶液のpHを試験紙で確認する。非食品用実験台にある、PP製広口びんに入った炭酸水素ナトリウム30 gを全て加え、ゆすって混ぜると、二酸化炭素の泡が出るのが確認できる(図8)。pH試験紙で、ほぼ中性になったことを確認してから、ポリバケツの洗浄を兼ね、大量の水と一緒に流す。流し終わったら、手を洗う。

21. 次に、試食に使う以外の器具類を、この時間に片付けておく。キッチン秤、軍手は指導用実験台に集める。キッチン温度計付のステンレス製鍋、アルコール温度計、ざる、ボウルは各実験台で洗う。器具類は、絶対に流しの中や縁に置かない。鍋は、湯を流しに捨て、洗う必要はない。アルコール温度計、ざる、ボウルは水道水を直接掛け、手でこすって洗う。特に、ざるは夏ミカンの薄皮などが残らないようにしっかり洗い、薄皮は三角コーナーに、水と一緒に流し込む。水洗後のざる、ボウル、アルコール温度計を全て鍋の中に入れ、各実験台の上に置いておく。
22. 試食する生の夏ミカンの薄皮を剥く。夏ミカンの房の内側の部分に、皮剥き器のステンレスの刃の部分に沿わせて切り込みを入れた後、手で薄皮を剥

- く、薄皮はキッチンペーパーの上を集める。
23. 氷水から取り出したボトルから、各自2房をプラスチックはしで15 cm紙皿に取り出し、竹割りばしを使って試食する。作ったびん詰夏ミカンと生の夏ミカンを食べ比べた感想、いろいろなことを考慮して予想される、缶詰ミカンの長所（例えば、空気を除いて加熱殺菌して製造された缶詰の多くの賞味期限は3年）、短所をワークシートに記入。
24. 試食後、最終的な後片付けを行う。紙皿、竹割りばし、使用したキッチンペーパー、ティッシュペーパーは可燃物として捨てる。未使用のキッチンペーパー、ティッシュペーパー、ストップウォッチ、氷水を捨てた洗い桶は、そのまま、指導用実験台に集める。皮剥き器、プラスチックはしは、水道水でよく洗い、鍋の中に入れ、各実験台の上に置いておく。
25. 実験教室のまとめを行う。試食した残りの持ち帰りの、びん詰めミカンは、時節柄、本日中に消費するように注意する。アンケートと引き換えに、お土産の「一家に1枚周期表」と日本化学会周期表クリアホルダをプレゼントする。

5. 実践記録

5.1 実践データ

実践の詳細は以下の通りである。

- 1) 愛知教育大学名古屋市科学館連携事業:「中学生のための化学実験講座」科学的な考え方を学びながら楽しむ化学(科学)実験教室(中学生対象)食品作りには化学が大活躍!～缶詰ミカンを作ろう!～
 - 2) 主催:愛知教育大学,名古屋市科学館
 - 3) 後援:日本化学会,日本理科教育学会,愛知県教育委員会,「夢・化学-21」
 - 4) 対象:応募してきた中学生85名のうち,抽選で当たった24名〔受講者23名(中1男8名,中1女4名,中2男6名,中2女0名,中3男3名,中3女2名),無断欠席1名,保護者6名見学〕(当選受講者には参加券のハガキを郵送し,持ち物,服装,会場,開始10分前集合を事前指示)
 - 5) 日時:2016年7月9日(土)10:00-12:00(実際は10:05-12:30)
 - 6) 場所:名古屋市科学館生命館6階第1実験室(実験台は2行4列で8台)
 - 7) 担当:愛知教育大学教員1名(戸谷 義明),名古屋市科学館学芸員1名,学外講師3名
 - 8) 実践参加学生:3年生3名〔大学授業「化学教材演習」受講者〕,4年生4名〔大学授業「化学ゼミナールI」受講者〕
- 事前指導&実験準備(於化学系理科実験実習室R201):
2016年5月18日(水)-2016年6月22日(水)(原則13:20-16:30,実際は19:00ぐらいまで)

予行演習:2016年6月29日(水),7月6日(水)
事後指導:2016年7月27日(水)13:20-15:30,学芸員,学外講師全3名からの高評あり。

受講生は実験台6台で,各実験台に4人1組で配置した。残りのスクリーン正面2台の実験台のうち,1台を非食品用実験台,もう1台を教卓演示用実験台とした。大学3年生3名のうち,各1名が作成したPowerPointを併用して実験を説明・指導する主指導演習者となり,スライドを3つに分けて担当した。大学4年生4名のうち1名が教卓演示用実験台で使用する器材を実際に手に持って示したり,受講者と同じ操作を行ったりした。3年生3名と残りの4年生3名が,それぞれ1名ずつ,各実験台の実験補助者を担当した。指導教員,学外講師,及び学芸員が,必要な指示を補足し,主指導演習者,実験補助者(特に3年生が主指導演習者として不在時),及び受講者をサポートした。受講者には安全めがねをプレゼントし,めがね,又は安全めがねの着用を徹底させた。また,肌の露出を避けるため,指導側も受講者も長ズボン,上着は長袖とした。化学実験で使った白衣の着用は食品実験では不可なので,指導側も白衣は着なかった。個別指導体験型の実験であるので,カセットコンロ,ステンレス鍋,氷水バットなどは4人,又は2人で共通で使用したが,各自が夏ミカン1個から,びん詰夏ミカン1本を作った。実験の最後に参加者にアンケートを依頼した。

5.2 アンケート結果と分析

全23名(回収率100%)の結果と分析を以下に示す。

○今回の実験教室に参加した主な動機・目的
1名が3か所に回答し,多い順に0.3, 0.3, 0.4と配分。内容に興味あり9.3, 実験が好き9.3, 参加費無料1, 内容を自由研究などで活用2.4, その他1(親が申込)

○今日の実験教室を,どこで知りましたか?(複数選択可) 回答数26
チラシ12, 科学館HP 6, 愛教大HP 1, 新聞4, 親や知人の紹介3

○以前にも,このような実験教室に参加したことがありますか?(3択)
よく参加4, 参加したことがある10, 今回が初めて9
以下5択(とても・・・まあまあ・・・どちらともいえない-余り・・・ない-全く・・・ない)

○今日の実験教室は楽しかったですか?
18-5-0-0-0

○今日の実験教室は分かりやすかったですか?
20-3-0-0-0

○今まで,化学(科学)に興味がありましたか?
16-5-1-1-0

○今日参加して,化学(科学)への興味が高まりましたか? 16-7-0-0-0

○今日の実験教室に参加してよかった(意味があった,満足した)と思いますか?(JSTアンケート項目外)
20-3-0-0-0

○また参加したいと思いますか？ 14-8-1-0-0

受講者アンケートの評価は、概ね良好であった。元々、化学（科学）に興味があり（40%、9.3/23）、実験が好き（40%、9.3/23）中学生が応募していた。広報としては名古屋市教委を通じた各校へのチラシ配布が最も有効（46%、12/26）であることが分かった。受講者の87%（20/23）が、参加して、とてもよかった（意味があった、満足した）と回答し、受講者の61%（14/23）が積極的に、35%（8/23）が、機会があれば、また参加したい（96%、22/23）と回答した。

このアンケートの質問については今後、参加回数を数字（4回以上、1-3回、初めて）で示し、「チラシ」を「チラシ又は掲示物」に、「実験教室のチラシを見た場所・チラシの入手先」を「実験教室のチラシ、又は掲示物を見たり、個別にもらったりした場所や人」に、また、「また参加したいと思いますか？」を「別のテーマの、今回のような実験教室に、また参加したいと思いますか？」にし、改良する。

6. 今後の実践のための反省と改良策

実験教室への応募者85名は受講者24名の3.5倍であり、中学生対象の実験教室に多くのニーズがあることを再確認した。安全に満足度の高い実験教室を運営することができ、受講者からも高評価が得られたが、今回の実践では、以下に示す大きな反省点があった。

- 1) 実験に必要な時間の見積りが甘く、参加者の都合も考慮し、午前中だけの2時間で計画したことが最大の反省点。予行演習で加熱殺菌などの操作を削り、2時間弱の余裕のない実験指導法に仕上がった状態で実践に臨んだ。実際、クエン酸水溶液で処理する前の夏ミカンの皮剥き（外果皮、中果皮の除去）までに1時間を要し、シロップ漬けまでで2時間になり、一旦終了した（受講者23名のうち、1名のみ帰宅）。その後、30分の延長で試食と、まとめをし、大学生が後片付けを行う慌ただしいものになってしまった。
- 2) 遅刻者のため、開始時間が5分遅れ、開始後30分の遅刻者も1名あり、対応でペースが乱された（今後、遅刻者は見学のみと厳しく対応）。
- 3)（皮剥き器などを使って）夏ミカンの外皮を剥いた経験がある中学生が、ほとんどいないことが判明した。予備実験の段階で指導した大学生にも経験者が、ほとんどいなかったため、この時点で外皮を剥くのに時間を要することを想定すべきであった。

今後、実験法を改良するとともに、計画を大幅に見直し改善する必要があると考えられた。受講生に夏ミカンの皮剥き体験がないのは仕方ないので、今回の結果を考慮し、十分に時間を取る、あるいは夏ミカン以外の外皮が容易に剥ける柑橘類（温室ウンシュウミカンなど）を使用することも考えられる。実験法では

加熱の湯の温度設定（安全を考えると、80℃では高過ぎ）、クエン酸水溶液処理での再現性があり簡単な振り混ぜ方、加熱温度と振り混ぜ時間（できれば50℃以下で20分間以下）を、実践時期に入手できる柑橘類を考慮し、再検討する²²⁾。改良した実験法で、加熱処理を含め、3又は4時間の実験教室を計画、再挑戦したい。

7. おわりに

実践に参加した大学生、特に3年生3人は長時間を実験教室のために費やし、大いに励んだ。この「びん詰ミカン作り」の実践で、時間内にできると思って計画した実験の3分の2から半分ぐらいしかできないことを体験し、教育実習前の貴重な教訓を得る機会になったと思う。実践のための実験指導法の開発を通じ、化学（科学）的なものの見方、考え方、価値観、センスを身に着けた教員になってほしいと強く願う。

謝辞

本研究は2012-2014年度科学研究費補助金基盤C一般（課題番号24501096）、及び2015-2016年度科学研究費補助金基盤C一般（課題番号15K00973）により財政的に御支援いただいた。

参考文献

- 1) 戸谷 義明, 學士會報**2013**, 898, 74-79.
- 2) 戸谷 義明, 愛教大研報**2010**, 59 (自然科学), 33-42.
<http://hdl.handle.net/10424/2955>
- 3) 戸谷 義明, 山名 賢治, 鈴木 喜隆, “理科が役に立つことが実感できる化学教材実験集”, 愛知教育大学, 刈谷, 2012.
- 4) 戸谷 義明, 山名 賢治, 跡部 昌彦, 鈴木 喜隆, “理科が役に立つことを実感できる化学教材実験集II～個別指導体験型実験～”, 愛知教育大学, 刈谷, 2016.
- 5) 一般財団法人食品産業センター平成21年度農産物機能性活用推進事業報告書 2. 機能性成分・活用性等調査-各種機能性成分を有した国産農作物(国産カンキツ類)- pdf (2016年3月7日閲覧)
<http://www.shokusan.or.jp/sys/upload/582pdf3.pdf>
- 6) 日本缶詰協会(現、公益社団法人日本缶詰びん詰レトルト食品協会) 創立80周年記念冊子「缶詰業界の歩みと団体の活動」 pdf (2016年9月12日閲覧)
http://www.jca-can.or.jp/80th/jca_80th_2007.pdf
- 7) 沢山 善二郎 他, 東洋食品研究所研究報告書**1964**, 6, 104-110.
http://www.shokuken.or.jp/report/06/6_016.pdf (2016年9月13日閲覧)
日本缶詰びん詰レトルト食品協会 缶詰, びん詰, レトルト食品Q&A (品質) Q26 Webサイト (2016年9月13日閲覧)
<http://www.jca-can.or.jp/qanda/03.html#q26>
- 8) 以下のWebサイト (2016年9月13日閲覧).
<https://ja.wikipedia.org/wiki/ペクチン>
<https://ja.wikipedia.org/wiki/ヘミセルロース>
植物の細胞/細胞壁

- <http://www.biol.tsukuba.ac.jp/~algae/BotanyWEB/cell-wall.html>
- 9) 大木 道則 他 編, “化学辞典”, 東京化学同人, 東京, 1994, p 1301.
 - 10) 川端 晶子, 澤山 茂, 瓜生 恵子, 栄養学雑誌**1974**, 32(1), 9-18.
 - 11) 大東 宏, 佐藤 義彦, 園芸学会雑誌**1984**, 53(2), 150-156.
 - 12) 杉原 和男 著, 左巻 建男 編著, “理科おもしろ実験・ものづくり完全マニュアル”, 東京書籍, 東京, 1993, p 230.
 - 13) 工藤 一義, 左巻 建男, 内村 浩 編, “おもしろ実験・ものづくり事典”, 東京書籍, 東京, 2002, pp 398-399.
 - 14) 高木 春光, 化学と教育**2011**, 59(12), 608-609.
 - 15) 若林 雅之, 宮本 憲武, 大阪と科学教育**2011**, 25, 27-30.
 - 16) 林 真美, 大西 郁子, 三上 周治, 梶原 篤, 松村 佳子, “第55回全国大会 日本理科教育学会全国大会発表論文集”, 2005, 367 (2P.09).
 - 17) 以下のWebサイト (2016年9月18日閲覧).
缶詰のミカンを作ろう
<http://digirika.el.tym.ed.jp/wp-content/uploads/2014/02/c109-kannzumenomikann.pdf>
 - 18) 以下のWebサイト (2016年9月18日閲覧).
缶詰のミカンを作ろう
https://www.manabinoba.com/dl.php?menu=ideas&file=rika_omoshiro26.pdf
まるで缶詰め?皮むきみかん by りりゆり [クックパッド]
http://cookpad.com/recipe/print/1012990?page_type=2
 - 19) 以下のWebサイト (2016年9月18日閲覧).
グレープフルーツ天国 世界の神ワザ8連発!
<http://www9.nhk.or.jp/gatten/archives/P20150408.html>
熱湯で3分! ガッテン流「グレープフルーツの皮をスルッとむく方法」
<http://umetsuyukiko.com/log/3416>
 - 20) “The Merck Index 15th ed.”, RSC Publishing, Cambridge, UK, 2013.
 - 21) 以下のWebサイト (2016年9月19日閲覧).
環境省 一律排水基準
<http://www.env.go.jp/water/impure/haisui.html>
 - 22) 現在, 50℃の湯せんを使い, びんの内容物が42℃になるまで加熱した後, びんを湯せんから取り出して振とうする. 38℃になった時点で, 再び湯せんで42℃になるまで約5分間, 振らずに加熱し, 取り出して振とうする. この方法により, レモン(振とう12分), ネーブルオレンジ(振とう9分)の良好な薄皮剥きが可能になった.

(2016年9月21日受理)