

出前化学実験のためのお菓子作成実験法の開発と実践

—グミキャンデー, ラムネ菓子, および甘いアルギン酸ビーズの調製—

戸谷義明・伊藤弘晃・後藤大希

理科教育講座 (化学)

Development and Practice of the Chemical Experimental Methods in Candies Making for Visiting Instruction, Preparation of “Gummy Candies”, “Lemonade Candies”, and “Sweet Alginate Beads”

Yoshiaki TOYA, Hiroaki ITO and Daiki GOTO

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

ABSTRACT

Sweet candies are remarkably familiar and attractive not only for the primary school children, but also for adults. For visiting instruction of the chemical experiment in a cooking room, procedures of candies making were investigated. Three sweet candies, “Gummy Candies”, “Lemonade Candies”, and “Sweet Alginate Beads” were chosen and their preparation methods for visiting instruction were developed chemically. A practice by using the developed methods was performed in a cooking room at Mizuho Young People’s Center (Seinen-no-i-e) in Nagoya city on August 8, 2006. The experimental method in candies making was proved to be educationally useful and effective to master the basic theory and handling in chemical experiments by analyzing the questionnaire data.

1. はじめに

料理やお菓子を作る際には、様々な化学で説明ができる現象が関わっている。たとえばゼリーや寒天の固化はコロイドのゾルーゲル転移、砂糖水溶液の加熱時のシロップからカラメルまでの変化は物質の状態変化や化学反応（メイラード反応）が関与している。他にも紅茶やシソの色のように、食品のpHによる色や安定性の変化、加熱や酸によるタンパク質の変成や加水分解など、食物と化学とは切っても切れない関係がある。食器の洗浄の際にも溶解や油脂の乳化などの現象が関わっており、台所は、まさに家庭の化学実験室である。

調理はマニュアルに従って用意や操作を行い、おいしい料理やお菓子を作ることが目的であるが、化学実験では単に目的物を調製するだけでなく、仮説に基づいて実験を計画、準備し、1つ1つの操作の意味を理解し、注意深く観察しながら実験を行い、実験観察結果から仮説を証明することが目的であり、時には新しい発見というボーナスがあることが大きく違う点である。

材料を組み合わせ、ものを作っていくという点では、調理も化学実験も全く同じである。どちらも正確に分量を量り、混ぜ、温度を調節し、正しい手順で操作を行わなければ、通常、よい結果、もしくは正しい結果は得られない。

一般に子どもというものはお菓子が大好きであり、特に甘いものには目がない。世の中には、そのような大人も多数見受けられる。著者（戸谷、以下著者T）は以前から、食生活に密着したお菓子などの作成を化学的に行う実験を開発すれば、子どもたちが化学実験を正しく行うための基本である物質の正確な計量、温度の測定と調節、攪拌といった操作を目を輝かせながら楽しく学び、かつ、実験の成果をおいしく食べられる、教育効果のある化学実験になるのではないかと考えていた。正確なマニュアルを提供すれば、家庭で親子で実験することも可能である。魅力ある食育の推進のためにも大いに貢献することになる¹⁾。

著者Tは昨年度まで6年間、訪問科学実験の指導、引率を行ってきた。訪問科学実験でも食べ物の実験として綿菓子、ラムネ菓子、ポップコーン、アイスキャンデーまたはアイスクリーム(液体窒素の実験に付随)

などが行われてきたが、どれも子どもに人気がある実験テーマである。しかし、残念なことに、学生へ指導し続けてきたにもかかわらず、原理と実験の背景、引用文献などの記載がある、化学（科学）的見地から必要条件を満たし正確な、専門教員のチェックを受けた各実験のマニュアルを、ほとんど整備することができなかった。

今回、著者Tは名古屋市瑞穂青年の家より、2006年8月8日（名古屋市の「まるはちの日」）に行う事業「おもしろサイエンス教室」の講師を依頼された。実験場所は料理室（調理台4台＋指導者用1台）であり、時間は2時間30分、対象は小学校3年から6年までの児童と保護者24名とのことで、お菓子を作る化学実験を実践する絶好の機会と考えられた。そこで、実験テーマを検討し、後述するマニュアルに示す実験法を開発して実践を行った。

2. 実験テーマの検討

お菓子や食べ物を作る実験としては、綿あめ^{1,3)}、べっこうあめ（りんごあめ）^{1,3)}、カルメ焼き^{1,2,3)}、ラムネ菓子⁴⁾、ポップコーン³⁾、アイスクリーム^{2,3)}、アイスキャンデー（寒剤による冷却）、蒸しパン（電気パン、ホットケーキ）^{1,2,3)}、レモン・カード・チーズ（カッテージチーズ）²⁾、バター²⁾、豆腐^{1,2,3)}、こんにゃく¹⁾、マヨネーズ（O/W型エマルジョン）²⁾、缶詰みかん（皮のないみかん）^{1,3)}などが知られているようである。

多くの実験マニュアル本やWebにレシピが存在するが、再現よく良好な結果を得るには、化学的な内容の記述が不十分であったり、食品を取り扱うという配慮を欠いていたりすると思われるものも多い。

そこで著者Tは以下のような配慮を行い、これまでにあまり知られていない実験テーマを含め、実験法を開発することにした。

- 1) 実験に試薬を絶対に使用しない。試薬は口に入れてはいけないものである。材料としては、すべて市販の食材、または食品添加物を使用する。
- 2) 天秤としては、条件検討の際には0.01 gまで秤量可能な電子天秤を使用するが、実践では1 gまで秤量可能な料理秤があれば実験が行えるように工夫する。
- 3) 「カップ」、「大さじ」、「小さじ」といった料理の表示は使わず、必ずg、mLで定量的に材料の量を量り、「少々」、「少量」、「〇滴」というような、あいまいな表記のみにはしないのを原則とする。
- 4) 実験器具としてはキッチン用品を用い、食品を入れる容器・袋には、食品衛生法に適合したものを使用する。原則として理科実験の器具は使用しない。ただし、観察、観測、計量などに適したピーカー、ガラス棒状温度計、ピペットといった耐熱ガラス器具類、ポリエチレン（以下PE）、ポリブ

ロピレン（以下PP）製のサンプルびんやスポイトなどをやむを得ず使用する必要がある場合は、新品の器具をよく洗浄（ガラス器具は煮沸洗浄）してから食品実験専用として分けて管理し、使用する（他の理科実験での使い回し厳禁！）。

- 5) 使用する材料および器具の形状などを、詳細に示し、入手が困難と思われるものは、入手先や購入に必要な費用が分かるようにする。
- 6) 実験前のセッケンによる手洗いの励行、実験参加者へアレルギー物質を含む食品〔表示義務5品目（特定原材料）：小麦、そば、卵、乳、落花生；表示奨励19品目（特定原材料に準ずるもの）：あわび、いか、いくら、えび、オレンジ、かに、キウイフルーツ、牛肉、くるみ、さけ、さば、大豆、鶏肉、豚肉、まつたけ、もも、やまいも、りんご、ゼラチン〕を使用する際の注意など、衛生面に最大限の注意を払う。
- 7) 出前実験の形態に合わせ、運搬や準備が容易に行えるように、また、現地では、やけどやケガをする操作をなるべく少なくするように工夫する。
- 8) お菓子作りを完成する操作は個人で行えるようにする。
- 9) できたものは、おいしくなければならない。

実験テーマとしては、著者Tは以前から、食べられるスライムや人工イクラ（人工マリモ）を食品のゲル化剤を使って化学実験で作ることができれば、と考えていた。ちなみに、スライムのぐにゅぐにゅ、およぶよ感やイクラのプチプチ感（クッションの気泡をつぶしていく時のような）は、老若男女を問わず、みんな癪になってしまう、たまらない触り心地であるという経験があると思われた。

2005年12月にユーハ味覚糖(株)バイオ研究室の松川泰治氏にお会いする機会があった。お菓子作成の化学実験化についてご相談したところ、ご協力していただけることになった。その結果、求めている触感にぴったりのグミキャンデー（以下グミ）の調製の実験化のご提案を受け、後述するような、温度調節、加熱冷却、攪拌といった、比較的高度な操作を伴う実験法を開発した。

著者Tが調べた限りでは、食べられないアルギン酸ビーズを作る実験は多くの実験例^{3,5,6)}があるが、食べられる人工イクラを作っていると思われる実験⁷⁾は、ほとんど見当たらなかった。今回、ユーハ味覚糖(株)の松川氏から、食品添加物（ゲル化剤）のアルギン酸ナトリウムのサンプルをご供与いただいた。そこで、大人が大好きな塩からい人工イクラではなく、子どもが喜びそうな、甘くて食べられるアルギン酸ビーズを作る実験法を確立した。

著者Tは、以前、浅草で購入した愛知製菓のラムネ菓子のことを思い出した。色セロハンに包まれ、表面

にいろいろな、きれいな模様があり、口に入ると、ふわっと柔らかくてサッと溶けるものであった。調べた結果、元愛知製菓（現在は廃業）の高須義純氏からお話を伺うことができた。お願いしてラムネ菓子の作り方を教えていただくとともに、貴重な、ラムネ菓子を作っていた檜の木型（錠剤成型器でないので柔らかい！）や包装用の色セロハンまでお譲りいただいた。これらの将来的な活用も念頭に、訪問科学実験で行われていたラムネ菓子の実験を詳細に検討し直し、作ったものがおいしく、化学的な必要条件を満たし、失敗がなく確実な実験法のマニュアルを作成した。

アルギン酸ビーズ、およびラムネ菓子の調製実験はラムネ菓子の乾燥以外、加熱を必要とせず、混合、溶解、攪拌と滴下の操作だけで実験が行え、小さな子どもでも楽しめる安全な実験である。

3. グミの調製（グミ作り、後藤担当）

3. 1. 必要な材料と器具

実践は6人1組が4ヶ所の調理台に分かれ、4組24人で行ったので、1組当りに必要な量を示す。最終的に、材料が容器に付着してしまう量を考慮し、1組当り、条件検討時の1人分の量の6倍ではなく、7倍にした。なお、本学と取引のある理科実験機器・試薬取り扱い業者などを經由で入手できない材料も多く、食材は、本学が唯一食材を調達可能な愛知教育大学生活協同組合を通じて購入した。食品容器、ラップ、袋などは本学が掛け買い可能なホームセンター・コーナンで調達した。理科実験機器・薬品はカタログ価格を示したが、他の材料は調達または表示価格である（以下同様）。

ゼラチン（製造元情報なし、原料豚皮、酸処理品）12g、水道水18g、水あめ（製造元情報なし、後述参照、固形分75%）56g、上白糖（¥285/kg）84g、クエン酸（キシダ食品添加物、¥1200/500g、ラムネ菓子と共通使用）3g、ブドウ色素（三栄源エフ・エフ・アイ、グレープ色 RCG-2、赤キャベツ色素とクチナシ青色素の含エタノール水溶液）0.2mL、ブドウ香料（情報なし）0.2mL、40%アラビアゴム水溶液（後述参照）7g、片栗粉適量（ラップに敷く、ラムネ菓子と共通使用）、サラダ油適量（ピーカーの内側に塗る）。特定のアレルギー物質を含む食品の注意はゼラチンのみ。

ピーカー（100mL、Pyrex または Hario、¥360）7個（各個人に1個、組共通1個）、ピーカー（300mL、Pyrex または Hario、¥500）1個、竹製割り箸7膳（各個人に1膳、組共通1膳）、棒状アルコール温度計〔0-200℃、ニッケイ JC-2085、¥1140、両端に保護用のシリコンチューブ（内径4mm、肉厚1mm、または内径5mm、肉厚1.5mm、長さ20-30mm）をつけたもの〕2本、PE製スポイト（3mL、サンブラテック

スポイト1196E、¥1200/100本、水用）1本、PE製ピペット（1.5mL、サンブラテックパスツール4型PP-4N、¥4600/400本、0.2mLのところ油性ペンで印をつけたもの）2本（香料用、色素用各1本）、軍手3双（各個人に1手）、ラップ1本、紙コップ（205-210mL）2個、料理秤（タニタ KD-176、¥2480、またはドリテック KS-209、¥2980、最小表示1g、最大計量2kg）1台、キッチンペーパー1巻、食品用PE袋（保存袋小18x25cm、¥78/50枚、または10x19cmのPE袋、またはジップロックお手軽バッグ小165x149mm、¥315/50枚）、電子レンジ1/2台（2組に1台、実践会場備品、条件検討にはナショナル NE-EH2、500Wを使用）、料理鍋（26cmまたは30cm）2個（湯せん用、実践会場備品）、ティースプーン4本（実践会場備品）、陶器皿4枚（実践会場備品）、ガスコンロ2口（実践会場備品）、雑巾（実践会場備品）。冷蔵庫（実践会場備品）。

3. 2. 事前準備

40%アラビアゴム水溶液は次のように調製した。実践の前日に、アラビアゴム（情報なし）12gを秤量し、これを、PP製広口びん（アズワン、アイボーイ50mL、¥43）に量った蒸留水18gに、5回以上に分け、少しずつ加え、ふたをきめてよく振とうする操作を繰り返し、懸濁物とした。ふたを閉めた広口びんを60℃の乾燥機に入れた。2時間後、内容物は泡立っていたが、アラビアゴムは完全に溶解していた。PP製広口びん（アズワン、アイボーイ50mL）4本に各7.0gずつ秤量、分取し、翌日まで冷蔵保存した。

ゼラチン（アズワン、アイボーイ50mL）、水あめ（アイボーイ広口100mL、¥68）、上白糖（島田特殊硝子、食品用ガラス本体ブリキふた密封びん「べんりなびん中」187mL、¥168）、クエン酸（タケヤ化学、PP製ねじ口容器「ツイストパックⅡ TX-14」130mL、¥158）、ブドウ色素（ガラス製スクリーバイアル5mL）、ブドウ香料（ガラス製スクリーバイアル5mL）、片栗粉（製造元不明、タッパーウエア型PE製密封容器200mL）、サラダ油（市販PE容器入、400g）はカッコ内に示した容器に、実験で不足がないように入れ、各組用に4個ずつそろえた。PE製ピペットの0.2mLのところ油性ペンで印をつけたものを8本用意した。

当日は各実験台に必要な材料と器具を並べて準備しておいた。ティースプーン(①, ②, ③)、スポイト、ピペット(①, ②)、竹製割り箸などは、各々別の陶器皿の上に並べ、使用後は、調理台の汚れや、そのまま再使用することを考慮し、元の陶器皿の上に置いておくように指導した（以下同様）。

3. 3. 実験手順

- 1) 組共通のビーカー① (100 mL) を料理秤に乗せて0 gの表示にする。そこへゼラチン12 gを、ティースプーン①を使って入れて量る。
- 2) 紙コップ①に水道水を入れておき、そこからゼラチンが入っている秤の上のビーカー①に、水道水18 g (秤の目盛がゼラチンと合わせた重さ30 gの表示になるように) をビーカー①に加える。最後のほうはスポイトを用いて水を入れすぎないように少しずつ加える。秤から下ろしたビーカー①にラップをし、30分間放置してゼラチンを膨潤させる。その後、ビーカー①を60℃の湯 (蛇口から出る湯をガスコンロ①で加熱、温度計①を見ながら、火加減とオン・オフで温度を調節) が深さ3 cm ぐらいまで入った鍋①に入れる。時々、ビーカー①を鍋から出し、ビーカーを振って内容物を回し、溶けているかどうか様子を見ながら、ゼラチン溶液①を調製する。ゼラチンが完全に溶けるまで30分間ぐらいかかるので、この1時間の間に並行してラムネ菓子と、アルギン酸ビーズを作る実験を先に行う。これらの実験終了後、以下の操作を行う。
- 3) 組共通のビーカー② (300 mL) を秤に乗せて0 g表示にし、そこへ水あめ56 gをボトルから直接流し出して量る。入れすぎないように注意し最後のほうはティースプーン②を使って少しずつ加えていってもよい。ビーカー②を下ろし、紙コップ②を秤に乗せて0 gに合わせる。そこへ上白糖84 gをティースプーン②を使用して入れて量る。量った上白糖をビーカー②に加え、水あめと上白糖を竹製割り箸 (組共通、割らずに連結部で攪拌) で軽く混ぜ合わせてから、ビーカー②にラップをする。
- 4) クエン酸3 gを、上白糖を量った空の紙コップ②にティースプーン③を使用して量っておく。
- 5) 片手 (利き腕) に軍手を着用し (以後、軍手を使用して熱いビーカーを持つ)、電子レンジにビーカー②を入れて加熱 (あたため) する。約15秒ごとにビーカー②を電子レンジから出し、振とうして内容物の様子を見ながら、上白糖が完全に溶解するまで (約2分間必要)、電子レンジで加熱する。糖液は100℃以上になっているのでやけどに注意する。その後、ビーカー②を80℃の湯 (蛇口から出る湯をガスコンロ②で加熱、温度計②を見ながら、火加減とオン・オフで温度を調節) が深さ5 cm ぐらいまで入った鍋②に入れる。
- 6) 鍋②に入れたままのビーカー②に、紙コップに量ったクエン酸を加えて竹製割り箸 (組共通) で混ぜる。次いで、ブドウ色素0.2 mLを、1 mLピペット①を使い、0.2 mLの印のところまで量り

- 取り、ビーカー②に加える。同様にブドウ香料0.2 mLを別の1 mLピペット②を使って量り取ってビーカー②に加える。最後に、PP製広口びんに入っている40%アラビアゴム溶液7 gを全てビーカー②に加える。糖液全体に均一に色がつくように、竹製割り箸 (組共通) でよく混ぜる (溶液②)。
- 7) ゼラチン溶液①のビーカー①を鍋①から取り出し、ゼラチン溶液①をすべて、鍋②に入れたままのビーカー②の溶液②の中へ加え、竹製割り箸 (組共通) で、よくかき混ぜる。混合物中に膜ができ、粘りが出てくる。
 - 8) キッチンペーパーで各個人のビーカー③ (100 mL) の内側の底の部分にサラダ油を薄く塗っておく。ビーカー②を鍋②から取り出し、ビーカー③にビーカー②の混合物を、ほぼ均等になるように6つに分けて入れる (6人分)。ビーカー③の内容物が素手で触れる程度まで冷めたら、ビーカー③にラップをし、30分以上、冷蔵庫に入れて放置する。
 - 9) ラップまたは皿に片栗粉を手でうすく敷いておく。各個人のビーカー③から固まったグミを個人用の竹製割り箸を用いて取り出し、ラップの上の片栗粉をまぶし、手に持ってもべたつかないようにし、食べる。べとべとのグミになってしまった場合、竹製割り箸に付いたまま食べる。またはPE袋の内側に片栗粉をまぶし、これにグミを竹製割り箸ごと入れ、PE袋の外側からグミを握り、竹製割り箸を引き抜く。

3. 4. 後始末

調理の後かたづけと同様に、使用した器具を水洗 (ビーカー③のみ洗剤使用) する。グミが付着したビーカー②や竹製割り箸は、湯で洗うとグミが落ちやすい。料理秤の汚れを落とし、乾電池を取り出しておく。廃棄するのは使用した紙コップ、竹製割り箸 (再利用も可)、ラップぐらいである。

3. 5. 原理^{8,9)}と注意点

物質が、ふつうの光学顕微鏡では認められないが、原子あるいは低分子よりは大きい粒子として分散しているとき、コロイド状態にあるという。その分散系をコロイドあるいは膠質 (こうじつ) という。分散粒子 (コロイド粒子) は、直径が1-500 nmの範囲にあり、 10^3 - 10^9 の原子を含んでいる。ふつうのコロイドは液体を分散媒とするもので、これをゾルまたはコロイド溶液という。自然界にコロイドの例は多いが、とくに生物体を構成している物質は大部分コロイド状態である。ゾル (コロイド溶液) がゼリー状に固化したものをゲルという。多量の水などの液体成分あるいは空隙を含むことが多いが、系全体にわたる支持構造をもち、

その形状を保つ。ゼリーはゲルの通称あるいは製品名である。ゲル状の食品は、寒天、ゼラチン、豆腐、こんにゃくなど、非常に多い。

ゼラチンは、歴史的には古代エジプトの膠(にかわ)製造にその起源を發し、その語源は、ラテン語の *gelatus* (堅い、凍った) に由来すると言われている。コラーゲン(生体の結合組織の主成分で軟骨、腱、皮膚、魚のうろこなどにある繊維状の硬タンパク質)を水と煮沸して不可逆的に水溶性に変化させて得られる一種のタンパク質である。この変化はペプチド鎖間のイオン結合や水素結合の開裂の結果、コラーゲン分子の2次構造がこわれるための変性である。ゼラチンは冷水には膨潤するだけであるが、50-60℃の温水には溶けて粘性の高いゾルになる。この状態ではゼラチンはランダムコイル状の分子構造になっている。この溶液を冷却すると、ゼラチン分子の一部が、コラーゲンのようならせん構造になり、ネットワークが形成される。最終的に流動性を失い、2-3%以上の濃度では室温で弾性のあるゲルになる。ゲルのネットワークの形成は、冷却を続けると時間とともに増加(5時間までが顕著)し、より強固なゲルになる。

ゼラチンは食品以外では写真感光膜、薬用カプセル、墨汁、膠(接着剤)などに用いられている。

グミが固まるのはゼラチンのゾルゲル転移が果たす役割が大きい。ゼリー形成能、起泡性、および結着性などの性質を利用し、各種菓子類(グミ、マシュマロ、ソフトキャンデー)にゼラチンが使用されている。ゼラチンゲルはやわらかく、弾力性と粘りがあるのが特徴である。

実験条件の検討は、松川氏から提供されたグミ調製マニュアルを基本に、問い合わせや試行錯誤で材料、使用量などを決定していった。検討で判明したグミ調製における注意点を、以下に箇条書きにする。

- 1) 提供を受けた水あめは、厳密には異性化液糖(製造者情報なし、ハイフラクト、ブドウ糖果糖液糖、固形分75%)で、これを実践に用いた。市販の水あめ〔主成分は麦芽糖、ソントン食品工業製「麦芽糖みずあめ(原料国産馬鈴薯澱粉)」、¥185/265g、100gあたり糖質82.0g含有、PP製びん目盛約100mLで142g; スドージャム製「水あめ」、¥198/255g、100gあたり炭水化物80.5g含有、PP製びん目盛約100mLで143g〕を使用した場合は固形分(含水量)が異なるので、水あめ84g、上白糖(またはグラニュー糖)56gを使用し、実験可能であった(一般の水あめは固形分85%とのことであるので、市販品の表示値と平均して固形分83%として計算)。
- 2) クエン酸は薬局などで入手可能(例えば、健栄製薬、食品添加物¥315/25g、日本薬局方¥1299/500g、価格はケンコーコムより)。
- 3) 食用色素や食用香料は、意外に入手に苦労することが多いと思われる。家庭用では、合成色素の食紅(例えば共立食品食用色素、赤、黄、緑、青、各¥150/10g)以外の家庭用粉末天然食用色素として、例えば宮崎市の(株)私の台所が製造販売しているようだ(赤、黄、緑、青、茶、黒、紫、各¥231-336/2g)。家庭用香料としてはライオンマコミック(バニラ、ラム、アーモンド、各¥288/30mL)、ナリズカコーポレーション DoLce 家庭用香料(多数、各¥441-892/30mL)等があり、使用可能であると思われる。
- 4) ブドウ色素、ブドウ香料以外に、マリーゴールド色素[理研ビタミン、リケカラーマリーゴールド30(W5)、5%マリーゴールド色素のグリセリンおよびその脂肪酸エステル溶液]0.2mL、レモン香料(情報なし)0.1mL、でも実験可能であったが、今回の実践では使用しなかった。色素や香料は多く入れると味が苦くなる(特にレモン香料)ので、入れ過ぎに注意する。
- 5) ゼラチンの水溶液を長時間加熱すると、ペプチド鎖が短くなり、冷やしてもゲル化しなくなることが知られており、実際、ゼラチン溶液の調製の際に、沸騰水の湯煎や電子レンジなどを使用し、60℃より高温で加熱すると、このゼラチン溶液を使用して作成したグミは柔らかくなってしまった。ゼラチン溶液の加熱と保温の時間はなるべく短い方がよい。事前準備に記述したアラビアゴム水溶液の調製や後述するアルギン酸ナトリウム溶液の調製を含め、高分子化合物の溶液調製の際には、継粉の形成防止など、添加、加熱、攪拌などの操作に注意が必要なことも多い。
- 6) 糖液の攪拌は温度が低いと粘度が増し、困難になるので、ゼラチンの安定性も考慮し、80℃に設定した。
- 7) 混合の際の基本は、とにかく均一になるようによく攪拌する(混ぜる)ことで、これが成功の秘訣である。これは他の化学実験でも同じ。
- 8) アラビアゴムはゲルの強度を上げ、ガムのような噛み応えのある食感のグミにするために添加した。
- 9) きちんとした固さのグミを作るためには、実践の反省に後述するように冷却時間が最重要であると思われた。室温の影響も大きいと思われ、暑いと柔らかくなる。
- 10) 調製したグミはPE袋に入れて持ち帰ってよいが、長時間保存できないと考えられるので、当日中に消費する。

4. ラムネ菓子の調製(ラムネ作り, 伊藤担当)

4. 1. 必要な材料と器具

グミの調製と同様に、1組当たり(6人分, 約2gのラムネ菓子13-14個分)に必要な量を示す。

水道水1g, クエン酸(グミと共通使用)0.25g, 酒石酸(キシダ食品添加物, ¥2400/500g)0.25g, 粉糖(通常2-3%のコーンスターチ含有, ¥188/200g)8g, 片栗粉(¥97/160g, グミと共通使用)18g。特定のアレルギー物質を含む食品の使用はなし。

ビーカー(100mL, Pyrex または Hario, ¥360)1個, ラップ1本(グミと共通使用), 竹製割り箸1本, 料理秤(グミと共通使用)1台, 紙コップ(グミと共通使用)2個, ラムネ成型器(後述, 木丸棒とアクリル筒)3個(2人で1個), ポリスチレン(以下PS)製スプーン(全長8cm)2本, PS製マドラースプーン(友栄LM-40, 全長13cmを半分にしたもの)2本, PE製ロート(アスベル「Bell-One」, 口外径9cm, 足外径1.2cm)3個(2人で1個), アルミホイール1本, PE製ピペット(1.5mL, サンプラテックパストゥール4型PP-4N, ¥4600/400本, 1mLのところ油性ペンで印をつけたもの)1本, 食品用PE袋(グミと共通使用), 陶器皿1枚(実践会場備品), ガスオープン1台(温度調節機能付, 実践会場備品)。

4. 2. 事前準備

ラムネ成型器は次のように作成した。無色透明アクリルパイプ(アクリサンデー, 外径21mm, 内径18mm, 長さ1m, ¥472)を約10cmの長さにプラスチック切断用糸ノコギリで10個の筒に切り分けた。筒の両端と緑の部分を紙ヤスリ(#120Ɛ)で磨いて平らにした後, 洗浄した。乾燥後, 筒の端から15mmのところ油性ペンで印をつけた。木丸棒(直径18mm, 長さ90cm, ¥110)を約15cmの長さに木工用ノコギリで6個に切り分けた。両端と角の部分を中心に, 全体を紙ヤスリ(#120Ɛ)で磨いた後, 洗浄した。アクリル筒と木丸棒の組み合わせ(下図)を12個用意した。



酒石酸(岩崎工業, タッパーウェア型PP&PE製密封容器「テストロウエア」120mL, ¥128), PS製マドラースプーン入), 粉糖[バイオキプス, シリコンパッキン付4面ロック容器R2, 450mL, 区分容器RD2-1(150mL)2個入, 1個にはPS製スプーン入, ¥198], 片栗粉(タッパーウェア型PP&PE製密封容器, 約200mL)はカッコ内に示した容器に, 実験で

不足がないように入れ, 各組用に4個ずつそろえた。PE製ピペットの正確に1mL(水1.0g)のところ油性ペンで印をつけたものを4本用意した。クエン酸の各容器に, 計量に用いるPS製マドラースプーンを1本ずつ入れた。

4. 3. 実験手順

- 紙コップ①の水道水を, PE製ピペットを使い, 1mLの印のところまで量り取り, ビーカーに入れる。ここにクエン酸, 酒石酸を, それぞれマドラースプーンにすり切り3杯ずつ(各0.25g)加え, クエン酸, 酒石酸を水に完全に溶かす。
- ビーカーを秤の上に載せ, 表示を0gにし, ここに粉糖8gを, プラスチックスプーン①を使い, 直接入れて量る。ビーカーを秤から下ろし, 内容物を竹箸でしっかりと混ぜる。粉糖はある程度溶け, ドロットした混合物になる。
- 既述と同様に, 紙コップ②に片栗粉18gを, プラスチックスプーン②を使い, 秤で量り取る。これをビーカーに何回かに分けて加えていき, 内容物がぼろぼろとした感じになるまで竹箸でよく混ぜる。粘度が高いため, 混ぜるのに力がいるが, ここでしっかりと混ぜ合わせ, 粉糖と片栗粉が均一に混ざるようにする(ポイント)。
- 15cm角ぐらいのアルミホイールを3つ用意し, この上に, 上記の混合物を, ほぼ同じ量になるように3等分する。この後の操作は2人(A, B)で行う。
- 調理台の上に15cm角ぐらいにラップを重ねて敷き, Aが, この上にラムネ成型器のアクリル筒を片手に持って垂直に立て, もう一方の手で筒の上の穴にロートの足を差し込む。Bが, アルミホイールの上の混合物を, 少しずつ, 筒の印の線を引いた高さ(約2g)になるまでロートに入れる。混合物がロートの穴に詰った場合は竹箸でつついてやる。AまたはBがロートを筒から抜く。Aは筒を垂直にしっかりと抑えながら, もう一方の手で木丸棒を筒に突っ込み, 力を入れて筒の中の混合物を押し固める。ラムネ成型器を持ち上げ, 押し固めた混合物を丸木棒を押して陶器皿の上に押し出す。2人で交代しながら約2gずつ成型していくと, 13-14個の円筒状の塊ができる。
- 塊をアルミホイールの上に置き, ガスオープンに入れ, 70℃で乾燥させる。約30分でラムネ菓子ができあがる。できたてを食べてみる。

4. 4. 後始末

既述と同様に, 使用した器具を水洗する。廃棄するのは既述以外にはアルミホイールぐらいである。

4. 5. 原理^{8,9)}と注意点

1853年のベリーが来日時にレモネード（ラムネ）を持参し、日本に伝わり¹⁰⁾、これをお菓子にしたのがラムネ菓子である。「クッピーラムネ」で有名なカクダイ製菓によるとラムネ菓子の誕生の歴史はよく分からないそうである。

ラムネ菓子が固まる原理の記述は、調べた限りでは見当たらなかった。でんぷんや糖が粘結剤（バインダー）の働きをしていると考えられ、これには後述するように、でんぷんの部分的な糊化（ α 化）による粘度の上昇も関係していると思われる。ちなみに、ラムネ菓子の口溶けは、医薬の速崩性の錠剤を作る時のヒントになったようである。ポイントは「湿潤粉体」で、湿らせた状態で錠剤の形にしてから乾燥させることで、たくさんの細孔を作ることに成功し、この細孔に水が浸透するため、口の中の少量の水でさっと崩壊するそうである¹¹⁾。

重曹が入っていると、酸との反応で発生する二酸化炭素によるシュワシュワ清涼感があるが、最近では、重曹を入れず、ブドウ糖で清涼感と口溶け感を味わうものが多くなっているようである。

元愛知製菓の高須氏から教授いただいたラムネ菓子製造方法の概略は以下のとおりである。

「粉糖約30%、コーンスターチ約70%、酒石酸またはクエン酸少々（湯水で溶かす）、香料（オレンジオイル）少々（入れないものも）、ゼラチン少々（水を入れて火で溶かす）、水（手で握って固まるくらいのかたさになるまで）、以上を全部入れて攪拌する（練る）。重曹は苦くなるので入れない。入れてもほんの少し。木型に入れ、取り出し、金網に載せて遠火で乾燥」

実験条件の検討は、高須氏からの情報を基本に、他のWebなどの情報⁴⁾を参考に、試行錯誤で材料、使用量などを決定していった。ラムネ菓子調製における注意点を、以下に箇条書きにする。

- 1) 酒石酸は薬局などで入手できる（例えば日本薬局方）。クエン酸と両方使用した方がよい味の酸味になるようである。
- 2) 粉糖の代わりに上白糖を使用してもよい。ブドウ糖を使うと、シヨ糖より上品な甘さで、溶けるときに熱を奪い、清涼感が得られるとのこと。
- 3) 片栗粉18gの代わりにコーンスターチ12gを使用してもよい。コーンスターチの方が粉っぽい味になる。これは糊化温度（片栗粉64.5℃、コーンスターチ86.2℃）と生成ゲルの粘度の差が関係していると思われる。片栗粉の方がとろみをつく温度が低く、粘度の大きいゲルになる。最初はコーンスターチ12gで条件検討を行っていたが、「クッピーラムネ」の味を追求し、片栗粉12gで行ったところ、水分が多めの感じがあったので、片栗粉

を追加し、18gに決定した。

- 4) 有機酸と上白糖に水5gを加え、電子レンジで加熱すると完全に溶けた。ここにコーンスターチを加えて混ぜ、さらに電子レンジで加熱し、水を約1g蒸発させた。成型したものを加熱乾燥後、1晩放置したところ、湿気を吸ったようであった。また、コーンスターチに水を加えて加熱後、砂糖と有機酸を混ぜようとしたが、糊状のコーンスターチは均一に混ぜることができなかった。以上の結果から、でんぷんの糊化を促進させるための成型前の加熱は行わないようにした。
- 5) 水の量は成型した塊を室温で風乾するなら3gでよいが、高温（70-90℃）で乾燥する場合は1gにしないと、乾燥中に溶けてべとべとになってしまう。
- 6) 混合時にグミ作りに使用した色素や香料（各1滴、約30 μ L）を入れてもよい。
- 7) 成型した塊の乾燥にはオーブントースターを使用してもよい。はじめにトースター内を十分温めて（100℃以上）から、アルミホイルの上に置いた塊をトースターに入れ、余熱で乾燥させる。乾燥中は、焦げるのを防ぐため、ヒーターを切っておく。約30分で十分に乾燥する。
- 8) 調製したラムネ菓子はPE袋に入れて持ち帰ってよいが、早めに消費する。

5. 甘いアルギン酸ビーズの調製（食べられる人工イクラ作り）

5. 1. 必要な材料と器具

グミの調製と同様に、1組当り（6人分）に必要な量を示す。

食品用アルギン酸ナトリウム（キミカ、キミカアルギン I-1、粘度80-200 mPa \cdot s）0.50 g、0.1 mol/L 塩化カルシウム水溶液または0.1 mol/L 乳酸カルシウム水溶液約120 mL（1人当り各約20 mL）、コーヒー（ポッカ、カフェグラスコ black 無糖、¥130/500 mL）または紅茶（キリン、午後の紅茶ストレート、低カロリー、炭水化物3.8 g/100 mL、¥140/500 mL）50 mL、砂糖（スティックシュガー、グラニュー糖）12 g（コーヒー用、3 g 4本）または6 g（紅茶用、3 g 2本）。特定のアレルギー物質を含む食品の使用はなし。

ビーカー（100 mL）1個（ラムネ菓子で使ったものを洗浄して使用）、PS製マドラー Spoon（友栄 LM-40、全長13 cm を半分にしたもの、アルギン酸添加用）1本、竹製割り箸1本（ラムネ菓子で使ったものを洗浄して使用）、PE製スポイト（3 mL、サンブラテックスポイト1196E、¥1200/100本、水用）6本（1人1本）、PS製透明ディスプレイカップ（200 mL）6個（1人1個）、ステンレス製濾し網（17 cm 柄付、直径7 cm、¥105）1個、ティースプーン6本（1人

1本、実践会場備品、4本はグミの調製で使用したものを洗浄して使用)、陶器皿(竹箸、スプーンを置く)1枚。

5. 2. 事前準備

0.1 mol/L 塩化カルシウム水溶液、および0.1 mol/L 乳酸カルシウム水溶液は次のように調製した。実践の前日に、塩化カルシウム(キシダ食品添加物, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, fw=147.01, ¥1300/500 g) 7.35 g, および乳酸カルシウム(キシダ食品添加物, $\text{Ca}[\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{COO}]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, fw=308.30, ¥1700/500 g) 15.42 g を、それぞれPP製細口びん(アズワン, アイボーイ500 mL, ¥120)に秤量し、びんの目盛を目安に蒸留水を加えて溶かし500 mLの溶液とし、翌日まで冷蔵保存した。アルギン酸ナトリウム各0.50 gをPP製広口びん(アズワン, アイボーイ50 mL, ¥43)4本に秤量し、各々にPS製マドラー Spoon を1本ずつ入れた。スティックシュガーは3 gのものを12本用意した。スポイトには各12本ずつバルブの頂上に油性ペンで赤(紅茶用)、黒(コーヒー用)の印をつけた。PS製カップは24個(水を20 mL 入れ、水面の位置の見当をつけておく)、濾し網は4個用意した。

5. 3. 実験手順

- 1) ビーカーに室温のコーヒー(2組)、または紅茶(2組)各50 mLをビーカーの目盛を目安に入れ、それぞれ砂糖12 g(コーヒー、スティック4本)、6 g(紅茶、スティック2本)を加えて溶かす。
- 2) ビーカーの溶液を竹箸でよく攪拌したところに、アルギン酸ナトリウムを1杯ずつマドラー Spoon で加えていく。1度にたくさん加えると継粉(ままこ)になり、なかなか溶けない。粉が見えなくなり、粘度のある溶液になるまで攪拌を続ける。
- 3) アルギン酸ナトリウムの溶液を調製している間に、PS製カップに塩化カルシウム水溶液または乳酸カルシウム水溶液約20 mLを入れておく(補助者が配付)。
- 4) 各ビーカーの溶液に、それぞれコーヒーまたは紅茶用のスポイト6本を差し込む。スポイトに溶液を吸い、PS製カップに入っているカルシウム水溶液に、スポイトで溶液を加える。カルシウム水溶液の液面から15 cm ぐらいの高さからゆっくり滴下すると、水溶液中に丸いビーズができる。液面から低い高さで一気に強く押し出してやると、ひも状のゲルができる。この時に、スポイトの先をカルシウム水溶液につけたり、吸い込んだりしてしまうと、スポイトの中でアルギン酸ナトリウム溶液が固まってしまうので、液面につけないように注意する。
- 5) スポイトを元のビーカーに戻す。コーヒーと紅茶

の組でスポイトが入ったビーカー溶液を交換し、各自のカルシウム水溶液に加え、両方のビーズを作ってもよい。

- 6) 流しの上で、ビーズが入ったカップの口に濾し網をあててカルシウム水溶液を捨て、残ったビーズを水道水で3回以上洗浄する。同様に濾し網を使用して洗浄液を捨てれば、できあがり。ティースプーンですくって食べる。持ち帰りはできない。

5. 4. 後始末

使用した器具を水洗する。アルギン酸のよごれは落ちにくいので、よく洗う。廃棄するのはPS製カップ、竹箸、食べきれなかったビーズ(生ごみ)ぐらいである。

5. 5. 原理^{8,13)}と注意点

アルギン酸は、コンブ、ワカメに代表される褐藻類に特有な天然多糖類である。含有量は乾燥藻体の30~60%を占める。1883年に初めて単離、命名された。アルギン酸は乾燥藻体の炭酸ナトリウム抽出液を酸で処理すると、高粘性の沈殿として得られる。以前はD-マンヌロン酸(M)の $\beta 1 \rightarrow 4$ 重合体とされていたが、その後、 $\alpha 1 \rightarrow 4$ 結合のL-グルロン酸(G)が含まれていることが判明した。



β -(1 \rightarrow 4)-D-mannosyluronic acid (M) α -(1 \rightarrow 4)-L-gulosyluronic acid (G)

その構造はMだけのブロックとGだけのブロック、さらにM、Gのまざったブロックが任意に結合した複雑なブロック共重合体である。分子量約24万。MおよびGの各ユニットが持つカルボキシ基はイオン交換しやすい。アルギン酸のナトリウム塩は、にかわのように水に徐々に溶け、きわめて粘度が高い液を作る。アルカリ金属以外の金属塩は水に溶けない。藻体中でのアルギン酸は、海中に含まれるさまざまな金属と塩を形成し、ゆるやかなゼリー状態で細胞間隙を満たしており、海藻のしなやかさは、このアルギン酸がもつ独特な物性によるものといわれている。現在では多種多様なアルギン酸およびその誘導体が食品・医薬品・化粧品・繊維加工その他幅広い用途に活用されている。アルギン酸の特性を生かした市販のお菓子には、カネボウフーズの不思議なお菓子「ペロロン」などがある。

アルギン酸ナトリウム水溶液をカルシウム水溶液の中に滴下すると、表面張力で球状になった状態で、表面のアルギン酸のナトリウムイオンのイオン交換が起こり、分子間のカルボキシ基(特にG重合部分)同士をカルシウムイオンがイオン架橋し、不溶性のゲルになって固まる。

実験条件の検討は、Webの情報^{7,13)}を基本に、他の文献の情報^{3,5,6)}を参考に、試行錯誤で材料などを決定した。アルギン酸ビーズの調製における注意点を、以下に箇条書きにする。

- 1) コーヒー、紅茶以外に、いろいろな飲料が使用可能と思われた。事前にイオン化コントロール型ゲル化剤(キミカ、昆布酸407、アルギン酸ナトリウム)が主成分、混ぜて溶かして静置すると甘いゼリーができる)で検討したところ、緑茶やコーヒーではゼリーができたが、酸性の濃縮還元柑橘ジュース(200 mL 中ビタミンC 50 mg 含有)やミルク入りのコーヒー飲料では固まらず、ゼリーにならなかった。酸性やカルシウムを含む飲料は適さないと思われた。
- 2) 十分な甘味が感じられるビーズを作るためには無糖のコーヒーでは砂糖を20%以上(50 mL に砂糖10-12 g) 加える必要があった。低カロリー紅茶では50 mL に砂糖6 g(炭水化物として15.8 g/100 mL になる)を追加したところ、ちょうどよい甘さになった。
- 3) 乳酸カルシウムと塩化カルシウムの0.10 mol/L 水溶液(それぞれ重量%で約3%, 1%に相当)では、乳酸カルシウムの方が、味がうすかった。少し苦味はあるが、甘いもの向きと思われた。塩化カルシウムの方が塩辛い味がした。ただし、塩化カルシウムの方がアルギン酸ビーズの粒の表面が固くなってプチプチ感があった。3回以上よく洗えば、苦味が感じられなかった。乳酸カルシウムを0.20 mol/L 水溶液(飽和に近い?)にすると、プチプチ感は良くなったが、ビーズが浮かんでしまうが多かった。

6. 実践記録

6. 1. 実践データとアンケート結果の解析

実践の詳細は以下の通りである。

1. 事業：まるはちの日おもしろサイエンス教室
2. 主催：名古屋市瑞穂青年の家
3. 後援：日本化学会、日本理科教育学会
4. 対象：児童19名(小3：2名女2, 小4：8名男5女3, 小5：4名男4, 小6：5名男3女2)と、その保護者5名(小3：2名女2, 小4：2名女2, 小6：1名男)。子どもだけ参加可。ただし小3は保護者同伴。64組130名の申込者から抽選。瑞穂区、昭和区、南区内の小学生。
5. 参加料：児童¥90, 保護者¥140(保険料¥40含む)。
6. 日時：2006年8月8日(火)10:00-12:40
7. 場所：名古屋市瑞穂青年の家料理室
8. 講師：戸谷義明〔実験補助：伊藤弘晃(M1), 後藤大希(B4), 片山紘希(B4)〕。瑞穂青年

の家で傷害保険を手配、確保。

9. 実験内容：1. お菓子実験(グミ、ラムネ菓子、甘いアルギン酸ビーズの調製), 2. ウミホタルの生物発光, 3. 化学マジック(炎色反応, 魔法の綿)

参加者の組分け(各6人)はA(小5男4+小4男&保護者1組), B(小3&保護者2組+小4男1女1), C(小4男2女2+小4女&保護者1組), D(小6男2女2+小6男&保護者1組)とした。

実験内容の順に実験を行い、グミとラムネ菓子の調製は実験補助者が説明を担当し、講師が必要な指示を補足した。2時間10分以上をお菓子の実験に費やし、ウミホタルの生物発光、および化学マジックの実験は、ラムネ菓子の乾燥とグミの冷却の間に行った。

実験の最後に参加者に後述するアンケートを依頼した。

6. 2. アンケートの結果のまとめ

アンケートは実験教室全般にわたり設問を行ったが、お菓子実験の部分と、満足度に関する設問の結果を抜粋して示す。回収は23枚(保護者男1未回収)であった。

○おかしをつくる実験をやるのは

1. かんたんだった(0)
2. ふつうだった(11+3保護者)
3. むずかしかった(7+1保護者, 小3:1, 小4:4, 小5:2)
4. 回答なし(小5男1)

○おかしをつくる実験は

1. おもしろかった(17+4保護者)
2. ふつうだった(小6女1)
3. つまらなかった(0)
4. 回答なし(小5男1)

そう思った理由(原文)

- ・自分でおかしを作るのが、始めてだったから(小3女)。
- ・始めておかしをつくったけど上手にできました(小3女)。
- ・はじめてしてみたから(小4女)
- ・ほんとおもしろかったから(小4男)
- ・いっぱいくれておもしろかった(小4男)
- ・うまかったから(小4男)
- ・楽しくできたから(小4男)
- ・いっぱいはかたりするのがおもしろかったです(小4女)。
- ・おいしい物ができたから(小4女)。
- ・グラムをはかるところ(小4男)
- ・テクニックがあった(小5男)
- ・たべれるから(小5男)。
- ・おかしがおいしかったから(小5男)。
- ・ラムネなど家で作ったことがなかったから始めてつくっておもしろかった(小6女)。

- ・今までにやったことがないことができたから（小6男）。
- ・いくらはおいしかった。ぐみ作りはむつかしいと思った（小6男）
- ・いろんなことができたから（小6男）。
- ・グミやラムネなど、よく食べるお菓子なので（小3保護者）。
- ・うまくできないこともあったけど、たいていうまくいっていたから（小4男の保護者）。
- ・グミがネバネバしてたいへんだった（小6女、普通評価）。

○今日の実験教室は

1. とてもおもしろかった（13+4保護者）
2. おもしろかった（4, 小5男1, 小6男2, 小6女1）
3. ふつうだった（小6女1, おかし実験普通評価）
4. あまりおもしろくなかった（0）
5. つまらなかつた（0）
6. 回答なし（小5男1）

○また、このような機会があったら、

1. ぜひ参加したい（13+3保護者）
2. どちらかといえば参加したい（3+1小4男の保護者）
3. どちらともいえない（2, 小6女2）
4. どちらかといえば参加したくない（0）
5. 参加しない（0）
6. 回答なし（小6男1）

○この実験教室に参加して、身のまわりのことが理科に関係していることを、もっと調べてみたいと思いましたか

1. 思った（8+4保護者）
2. どちらかといえば思った（6, 小4男2, 小4女2, 小5男1, 小6女1）
3. どちらともいえない（4, 小4男2, 小4女1, 小6女1）
4. どちらかといえば思わなかつた（0）
5. まったく思わなかつた（0）
6. 回答なし（小6男1）

お菓子実験の実験操作の難易度について簡単だったという回答はなく、6割が普通という回答である。学年別ベースの組編成が影響している可能性もあるが、特にグミの調製は小3、4には少し難しいところがあったと思われた。お菓子を作る実験を行うことは9割以上がおもしろかったと回答している。おもしろかった理由としては、初めての経験（5）、おいしくたべられる（5）という理由が多い。また、ものづくりの達成感、作る過程の秤量などの操作におもしろさを感じているのも目につく。後述するようにグミの調製では、30分以上冷却することができず、固化が不十分であった。ものづくりの実験は成功しなくてはいけないと改めて思った。

実験教室の満足度、および今後の機会への参加希望は肯定的なものが約9割で、極めて高く、否定的なもの全くなかった。実験教室の理科への興味・関心の喚起にも約8割が前向きな回答であった。

6. 2. 今後の実践のための反省と改善策

メインの実験であるグミの調製では以下のような点が挙げられる。

- 1) ゼラチンの膨潤、溶解に思った以上、時間がかかった。事前に膨潤、溶解しておき、当日、溶解し直すことが可能ならば時間短縮になる。ただし、ゼラチンの溶解に特別な操作が必要なることを知ってもらうには実際に行うのが1番なので、時間に余裕があれば体験させた方がよい。
- 2) 水あめに上白糖を溶解させ糖液を調製するのにも時間を要した。現地の電子レンジのパワーが弱かったこと、1つの電子レンジでビーカー2個を処理したことなどが、原因であると思われる。
- 3) 糖液に関しては、温度をどれくらいまで下げることができるか再検討をする必要がある。糖液の温度が低いとゼラチンが壊れにくくしっかり固まる。一方、温度が低いと粘度が高くなってしまいうため、混合や分ける操作が困難になる。
- 4) グミが予備実験のようにうまく固まらなかつた。他の実験の時間が伸び、時間が押してしまい、冷蔵時間が20分間弱で短かつたことが主な原因であると思われる。また、一部の組では保温中のゼラチン溶液の温度が80℃以上になってしまい、温度調節に注意が行き届かなかつた。各組で1人、温度監視・調節係を決めておくなどの指導をする必要がある。

ラムネ菓子およびアルギン酸ビーズの調製では以下のようなことが挙げられる。

- 1) 1人あたり食べられるラムネ菓子の量が少ない。成型に時間がかかるが、時間に余裕があれば、2人1組で記述した量で実験を行う方がよい。
- 2) アルギン酸ビーズの調製では、滴下と食べる時間を十分に確保しておく。子どもはアルギン酸溶液がなくなるまでビーズを作り続ける。

全体として、2時間30分の実験教室の内容としては少し欲張りすぎたと思われた。

今後、さらにお菓子の化学に関する文献を調査し、その歴史、化学的な背景と原理などについて追加、補足していくとともに、改善した方法で実践を行い、教育効果を検証していく予定である。

7. お わ り に

身近なお菓子の実験を通じ、お菓子には不思議でおもしろい化学がいっぱい詰まっていることを知って欲しい。また、これをきっかけに理科への興味を膨らませ、科学的なもの見方やセンスを身につけてもらいたいと強く思う。この実験が食育推進にも役立てば幸いである。

謝 辞

本研究は2006年度愛知教育大学学長裁量経費（学外連携推進事業経費）により財政的にご支援いただきました。グミの調製法と材料，食品添加物のアルギン酸ナトリウムをご提供いただいたユーハ味覚糖(株)バイオ研究室の松川泰治様に深謝いたします。また，ラムネ菓子の調製法をお教えいただき，貴重な調製道具をお譲りいただいた高須義純様にこの場を借りて厚くお礼申し上げます。最後に，今回の実践の機会を設けていただいた名古屋市瑞穂青年の家の鈴木兼雄様に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 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.
- 2) 左巻建男編著，“たのしくわかる化学実験事典”，東京書籍，東京，1996.
- 3) 左巻建男，内村 浩編著，“おもしろ実験・ものづくり事典”，東京書籍，東京，2002.
- 4) 多くの Web サイト，例えば，
<http://www5e.biglobe.ne.jp/~gongons/kagakunowadai.htm#ziken> の ramune.pdf
<http://www.ajiwai.com/otoko/make/ramune.htm>
- 5) 日本化学会編，“実験で学ぶ化学の世界3 有機・高分子化合物の化学”，丸善，東京，1996，pp 140-141.
- 6) 日本化学会編，“楽しい化学の実験室Ⅱ”，東京化学同人，東京，1995，pp 20-24.
- 7) Web サイト，例えば，「新潟大学田中研究室」，
http://capsule.eng.niigata-u.ac.jp/howto/ht_ikura/index.html
- 8) “理化学辞典第5版”，岩波，東京，1999.
- 9) Web サイト，「新田ゼラチン(株)，ゼラチン研究室」，
http://www.nitta-gelatin.co.jp/gelatin_lab0/index.html
- 10) Web サイト，「スワンサイダーと長崎街道」，
<http://www.tomomasu.co.jp/pre/swan/index.htm>
- 11) Web サイト，「エルメッドエーザイ(株)，くすりをめぐる冒険第三話」
http://www.emec.co.jp/bouken/vol_03/vol_03.html
- 12) Web サイト，「トイランド宝島菓子の国ラムネシリーズ」，
http://www.tcn.zaq.ne.jp/takarajima/dagashi/dagashi_06.htm
- 13) Web サイト，「(株)キミカ，アルギン酸とは」
<http://www.kimica.jp/masa/what-alg2.htm> および製品添付資料.
- 14) 食育基本法が2005年に成立，施行された。
(平成18年9月19日受理)