

ジャムの教材化に関する一考察 —教材としてのジャムの視覚化—

北垣 球*・鶴永 陽子**

Mari KITAGAKI and Yoko TSURUNAGA
A Study on the Teaching Materials of Jam
—Visualization of the Jam as the Teaching Materials—

要 旨

ジャム類は果実に糖類を加え、加熱濃縮するとともに、果実に含まれる酸とペクチンとの反応によりゼリー化させたものである。ジャムを用いた加工品学習は、家庭科の授業で多数実践されているが、ジャムの保存性や糖度と物性の関係を視覚的にまとめた教材を使った授業は、見られない。そこで、本研究では家庭科の限られた授業時間の中で効果的に用いることができるジャムに関する視覚教材の考察を行った。その結果、ジャム製造に用いるリンゴ果実の褐変、リンゴジャムの保存性、色調、物性、果実に含まれるペクチンを写真画像や表に視覚的にまとめることができた。

【キーワード：ジャム，家庭科，教材化，視覚化，ペクチン】

緒 言

果実は野菜とともにビタミン、無機質、食物繊維などの重要な供給源であるが、野菜に比べて嗜好的性質が強く、鮮度よりもおいしさが重視される傾向がある。また、外国からの輸入品も増大する中で、多種類の果実が市販されている。果実の貯蔵性は野菜に比較して高いが、長期間の保存は困難であるため、乾燥果実、ジャム類、缶詰・瓶詰、果実飲料などに加工されることが多い。加工する上では、それぞれがもつ栄養特性や色沢、香味、テクスチャーなどの特性を損なわずに加工することが重要である。

その中でもジャム類は、果実に糖類を加え、加熱濃縮するとともに、果実に含まれる酸とペクチンとの反応によって、ゼリー化させたものである。ペクチンは植物の細胞壁に多く含まれている酸性多糖類で、その大部分がメチルエステル化されたポリガラクトuron酸の鎖状の高分子化合物である。ペクチンは果実、野菜に多く含まれ、セルロース、ヘミセルロースと共存して細胞を保持し、果実の硬さに関連する成分で、熟成に伴い著しく変化する。未熟なときは、水に溶けないプロトペクチンとして存在するが、成熟するにつれて水溶性のペクチンまたは、ペクチニン酸となる。ペクチンは利用上、メトキシ基7%以上のものを高メトキシルペクチン、7%以下のものを低メトキシルペクチンとして区別している。高メトキシルペクチンはペクチン、糖、酸、水によるゲルで、ペクチンのゲル形成は、ペクチン分子の水素結合に起因している。高メトキシルペクチンのゲル形成の条件は糖濃度50%以上が必要で、良質なゲルは糖濃度60%

以上が要求される。砂糖は果実成分のペクチン酸と相互作用し、ゼリー状の組織を形成する。常温で水に67%溶解し、水分活性は約0.85であり、一般の酵母や細菌は繁殖できないので保存性を有する。酸の役割は、添加することでpHを低下させ、ゼリーを形成させることである。また、酸はジャム類の香味や色調の向上に関与している。果実によっては、ペクチン含有量が少ないものや、酸味が少ないものがある。このような場合は、ゼリー化が起こらないことがあるため、天然のペクチンや酸を加えて補正することによってゼリー化させることができる。

ジャムに関する研究は多数なされており、寺沢ら¹⁾は、ジャムの性状に及ぼす新甘味料の影響について調査し、低カロリー甘味料である「エリスリム」は単独ではジャムへの添加は不適當であり、またその他の新甘味料を用いたジャムでは、物性的には「オリゴのおかげEX」が最も優れるが、吸湿性、再結晶性、官能検査では、いずれも上白糖使用のものと大差ないという結果を得た。大羽ら²⁾は、いちじくジャムといちごジャムの食味特性と嗜好性の比較について調査し、若い年齢層ほど味や香りが弱く、くせのないものを好む傾向にあり、男女年齢を問わず、ジャムの甘さは抑えたものの方が好まれることを明らかにした。松本³⁾は、異なるイチゴ品種を用いて調製したイチゴジャムの比較について調査し、供試した5品種（盛岡16号、盛岡17号、盛岡19号、宝交早生、シユアクropp）を用いてジャムを調製し、その性状と食味について明らかにした。松本ら⁴⁾は熟度の異なるリンゴから調製したジャムの嗜好性について調査し、紅玉とふじの熟成度の異なるリンゴを用い、糖度30%と60%のジャムを調製し、粘弾性と官能検査による識別と嗜好性

* 島根大学大学院教育学研究科

** 島根大学教育学部人間生活環境教育講座

について明らかにした。

また、ジャムは、市販されている身近な加工食品であることから、中学校や高等学校の家庭科の授業において、題材として取り扱われることがある。大竹ら⁵⁾は、ジャムの「保存性を高める」「味をよくする」という砂糖の働きを確認するため、糖度が異なるジャムを用意し、1週間放置することで糖濃度と保存性を確認する実験を中学校の家庭科の授業の中で行った。その結果、高糖度のジャムには全くカビが生えず、低糖度のジャムには白っぽいカビが数カ所に生えるという結果が得られた。

中学校学習指導要領解説技術・家庭編⁶⁾では「加工食品については、身近なものを取り上げ、その原材料や食品添加物、栄養成分、期限表示、保存方法などの表示を理解して良否を見分け、選択できるようにする。さらに、食品の保存方法と保存期間の関係について、食品の腐敗や食中毒の原因と関連付けて知ることができるようにする。」としている。

以上のように、ジャムに関する研究や、家庭科の授業でジャムを扱う授業実践例はいくつかある。ジャムは加工することで、賞味期限の大幅な延長が可能となり、しかも加工食品と生鮮食品との違いについて考えさせることができる優れた教材である。しかしながら、家庭科の授業時数は限られており、ジャム製造や観察を授業に取り入れるのは困難であることが予想される。そこで、本研究では、限られた家庭科の授業時数の中で効果的に用いることができるジャムの視覚教材についての検討を行った。具体的には、ジャム製造に用いるリンゴ果実の褐変、ジャムの糖度と保存性、色調、物性について検討し、ジャムについて理解を深める視覚的な教材開発を目指した。

実験方法

1. リンゴ果実の褐変および褐変防止

材料は‘サン富士’を使用した。まず、剥皮・除核し、その果実を八つ切りにしたもの(図1(a))と八つ切りにしたものをさらに2mmの薄さにスライスしたものを(図1(b))の2種類に分けた。

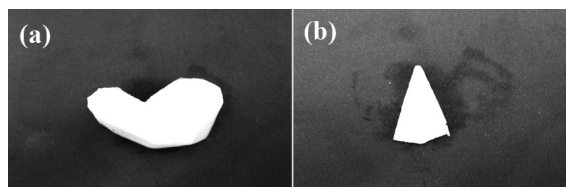


図1 (a)八つ切りならびに(b)2mmスライスにしたリンゴ

次に、切り方により2種類(八つ切り区、2mmスライス区)に分けた果実をそれぞれ3処理区に分けた。3処理区は、2%の食塩水に浸す2%食塩水浸漬区、蒸留水に浸ける水浸漬区、何にも浸けない放置区とした。3処理区に分けた後、放置区は120分間静置した。2%食塩水浸漬区と水浸漬区は、浸してあった試料を取り出し、60分後の測定を行った後、さらに60分静置させたものを測

定した。

色調は設定した3処理区に分けた試料を測定に用いた。入れる試料を5分、15分、30分、45分、60分、120分後にサンプリングしてColor Reader(コニカミノルタ センシング株式会社製, CR-13)にて色調(L*, a*, b*)を測定した。

2. リンゴジャムの製造と品質

2.1. リンゴジャムの製造

材料は、青森県産‘紅玉’を使用した。1処理区につきリンゴ2,000gを水洗い、剥皮・除核した。剥皮した果皮に、水3,200mlを加え、鍋で15分間加熱し、果皮を鍋から取り除き、ペクチンの抽出液(以下、ペクチン抽出液)を調整した(図2)。次に、剥皮・除核した果実を5mm程度の薄切りにし、酵素的褐変を防ぐために、2%食塩水に浸漬した。浸漬した果実を水洗いし、ペクチン抽出液とともに鍋に入れ、沸騰しない程度に煮熟した後、それらをミキサー(株式会社テスコム社製, TM836)にかけてパルプ状にした。続いてパルプ状のリンゴペーストを再び鍋に入れ、グラニュー糖(大日本明治製糖株式会社製 ばら印のグラニュー糖)を3回に分けて加え、強火で煮詰めた。煮詰めているジャムの糖度を糖度計(アズワン株式会社製APAL-J)で測定し、設定糖度に到達した時点で加熱を止め、糖度30度、40度、50度、60度、70度の5種類のジャムを製造した。それぞれのジャムに添加したグラニュー糖の量は、糖度30度区が600g、糖度40度区が1,070g、糖度50度区が1,350g、糖度60度区が1,600g、糖度70度区が1,870gであった。

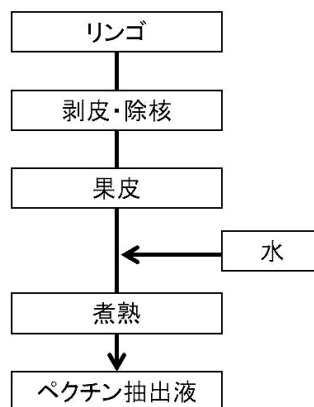


図2 ペクチン抽出液フローチャート

2.2. リンゴジャムの糖度と物性ならびにその視覚化実験

リンゴジャムの物性は、クリープメーター(株式会社山電RE2-33005)を用いて測定した。測定条件は、L40の亚克力樹脂製の延長プランジャーにNo.3の円柱型プランジャーをつけ、ロードセル20N(アンプ倍率10倍)、測定速度1.0mm/sec、測定歪率50%、戻り距離5.0mmとして分析を行った。各試料の圧縮応力、凝集性などをテクスチャー解析ソフト(株式会社山電製TAS-3305 Ver2.2)を用いて算出した。また、ジャムの物性を分かりやすく表すために、45度程度傾けた白色板にジャムを約5ml滴下させ

写真撮影を行い、視覚化する方法を検討した。

2.2.1. リンゴジャムの保存性

前述(2.1)で製造したジャムをバランスディッシュに15gずつ入れ、ラップを被せてインキュベーター(株式会社三商製 SIB-35)を用いて30℃、21日間の保存試験を実施した。保存開始直後(0日目)、2日目、4日目、6日目、8日目、10日目、15日目、21日目を測定日とし、それぞれの測定日にインキュベーターからジャムを取り出し、各糖度処理区の写真撮影をし、リンゴジャムの色調を測定した。

2.2.2. リンゴジャムの色調

リンゴジャムの色調は、Color Reader(コニカミノルタ センシング株式会社製、CR-13)にて色調(L*, a*, b*)を測定した。

3. リンゴに含まれるペクチンの視覚化実験

青森県産のリンゴ‘サン富士’を用いて、アルコール添加によるペクチンの視覚化を試みた。また、果皮の有無ならびにリンゴの添加量によるペクチンの見え方の違いについても検討した。処理区は、果皮あり50g処理区、果皮あり100g処理区、果皮なし50g処理区、果皮なし100g処理区の4処理区を設定した。蒸留水50mlと共に、処理区のリンゴを鍋に入れ、5分間加熱した。5分間加熱後、煮汁を冷まして、3mlずつ試験管に入れ、同量のエタノールを添加した。

結果 及び 考察

1. リンゴ果実の褐変および褐変防止方法

八つ切り区と2mmスライス区についてL*値の結果を図3に、a*値の結果を図4に、b*値の結果を図5に示した。図6に写真を示した。図6(a)は2%食塩水浸漬区120分後、(b)は放置区120分後のスライス区である。

八つ切り区のL*値は、一部例外はあるものの2%食塩水浸漬区、水浸漬区、放置区とも浸漬時間を長くすると値が低くなる傾向があった。最も値が低下したのは水浸漬区であった。同一の静置時間で見ると、2%食塩水浸漬区が常に最も高い値となっていた。静置60分後に浸漬状態から取り出したが、その後も2%食塩水浸漬区のL*値は低下しなかった。2mmスライス区のL*値についても、八つ切りと同様の傾向であった。八つ切り区と比べると2mmスライス区の方がL*値が低く、特に放置区で顕著であった。

a*値において、八つ切り区の2%食塩水浸漬区は、浸漬時間を長くしても変化はなかった。放置区は、浸漬時間を長くするにつれ、高くなることが分かった。水浸漬区は浸漬後30分から値が高くなる傾向が認められた。2mmスライス区のa*値は、水浸漬区、放置区は浸漬後30分まで値が高くなったが、浸漬後45分以降はほぼ横ばいに推移した。食塩浸漬区では、a*値は2程度で推移した。

八つ切り区と2mmスライス区を比べると、2mmスライス区の方がa*値は顕著に高い値を示した。

八つ切り区の水浸漬区と放置区のb*値は、浸漬時間を長くするとともに高くなった。2%食塩水浸漬区は、浸漬後15分までは高くなる傾向があったが、それ以降は、ほとんど変化がなかった。2mmスライス区の放置区は、浸漬後15分までは値が高くなったが、それ以降は変化がなかった。水浸漬区についても浸漬後30分までは高くなったが、それ以降は浸漬後60分まで変化がなかった。2mmスライスを浸漬状態から取り出した浸漬後120分後は、値が高くなった。

これらのことから、水浸漬区と放置区については、時間経過とともに黄～赤色がかっていき、褐変が進んだことが明らかとなった。2%食塩水浸漬区は、L*, a*, b*値すべてにおいて、ある程度一定の値を示した。色調に大きな変化は見られなかったことから、リンゴ果実を食塩水に浸けることで、褐変を抑制できることが分かった。これは、食塩水に浸漬することで、酸素と遮断されるとともにNaClから生ずるClイオンがポリフェノールオキシダーゼの活性中心の銅と複合体を形成するために褐変が阻害される⁷⁾ことによるものと考えられる。図6に写真を示したが、装置による色調分析の傾向が肉眼でもはっきりと確認できた。

以上のことから、八つ切りと2mmスライスでは、褐変の度合いが2mmスライスの方が大きかったため、中学校の学習で限られた時間内に実験を行う際は、2mmスライスで行う方が適切であると考えられた。また、中学校学習指導要領解説技術・家庭科家庭編には、野菜の切り口が変色することについて触れるよう明記されている⁷⁾。リンゴは、野菜と同様に切り口が変色することを短時間で観察させることができる教材であると考えられる。

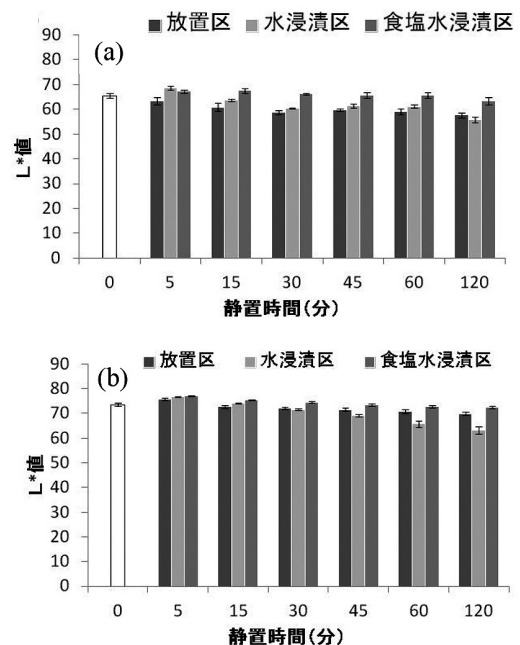


図3 八つ切り区(a)ならびにスライス区(b)における色調 L*値 平均±標準誤差 (n=3)

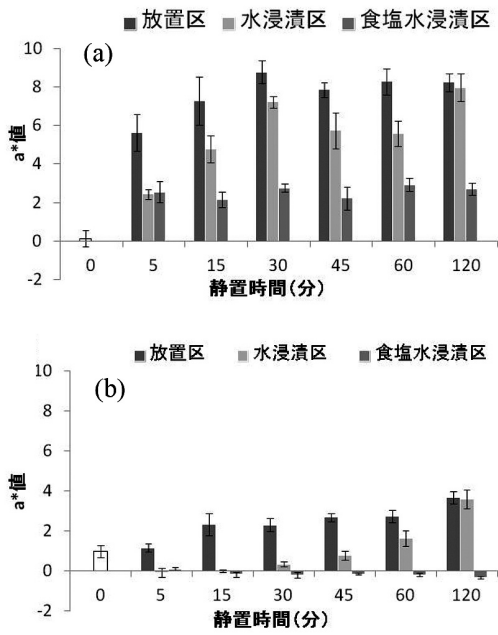


図4 八つ切り区(a)ならびにスライス区(b)における色調 a*値 平均±標準誤差 (n=3)

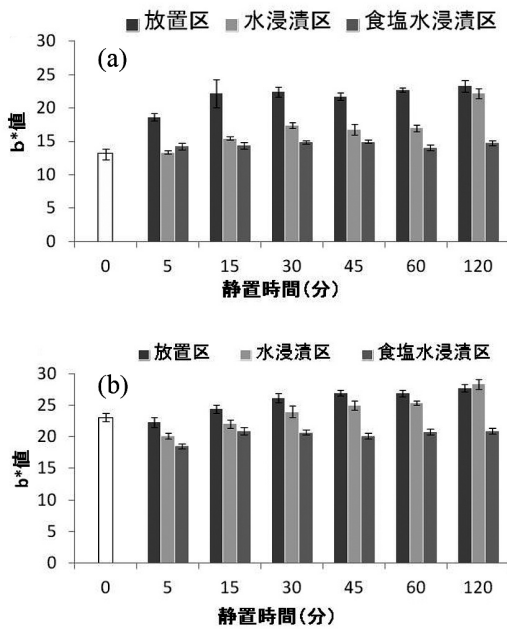


図5 八つ切り区(a)ならびにスライス区(b)における色調 b*値 平均±標準誤差 (n=3)

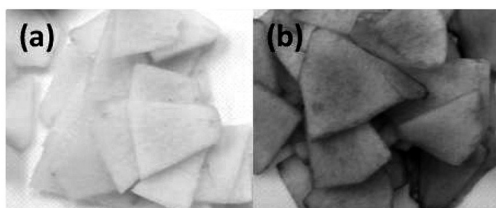


図6 スライス区における褐変の様子

2. リンゴジャムの製造方法と品質

2.1 リンゴジャムの糖度と物性ならびにその視覚化

物性の解析結果をグラフに示す(図7). 糖度が高いジャムほどかたさ及びまとまりやすさが高まる傾向があることが分かった. さらにジャムの物性を視覚化できな

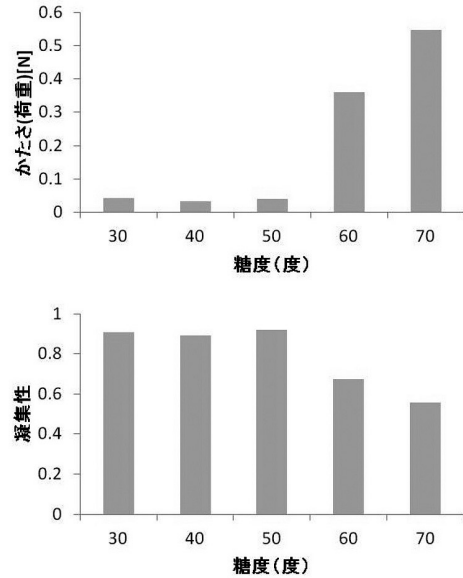


図7 各糖度のかたさ(荷重)と凝集性の解析結果

いか検討した. 傾けた白色板にジャムを滴下した実験を行った. その結果, 糖度を変えることにより, ジャムのゼリー化の具合に差が見られたことが写真画像でしっかりととらえることができた(図8).

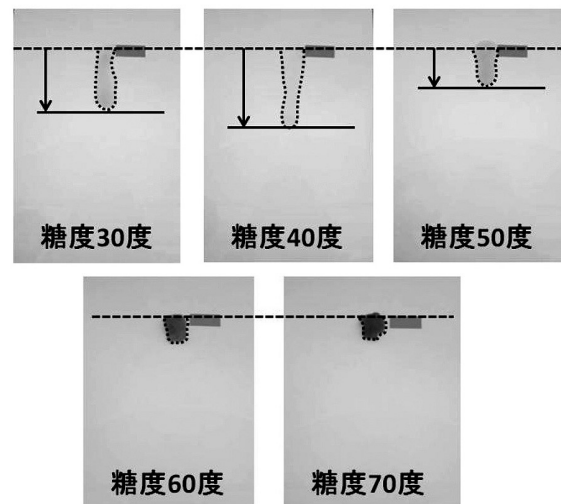


図8 ジャムが流動する様子

例えば, 糖度30度, 40度, 50度処理区のジャムは, 図7の点線部に滴下すると直線のところまで流れていった. また, この3糖度処理区のジャムで顕著に流動したのは, 糖度40度処理区のジャムで, 流動が少なかったジャムは糖度50度処理区であった. 糖度60度, 70度処理区のジャムは, 滴下しても流動せず, 滴下位置に留まったため, ゼリー化が進んだことを明確に画像により示すこ

とができた。ジャムは、ゼリー化するために糖度60%前後、ペクチン0.5~1%、酸0.5%の条件が必要⁸⁾とされるため、本実験でも、糖度が60%以上のジャムがゼリー化したと考えられる。また、本実験では酸の含量は測定していないが、糖度60度、70度では、ゼリー化が進んだことと、リンゴの有機酸含量は0.2~0.7%であるとの報告がある⁹⁾ことからゼリー化に要する酸の量は、原料である‘紅玉’に含まれていたと推察される。本実験により、糖度が高くなるとよりゼリー化が進み、流動しにくくなるという結果が機器分析により明らかになった。また、白色板を用いた実験により、糖度の違いによるゼリー化の様子を視覚化することができた。

2.2. リンゴジャムの保存性

2.2.1 糖度とリンゴジャムの外観

各糖度処理区の保存性を観察した結果、保存性につい

て、糖度による違いが見られた(図9)。

保存0, 2, 4日目は、どの糖度処理区のジャムにも表面にカビが生えるなどの変化が見られなかったが、保存6日目は、糖度30度処理区のジャムにだけカビと思われる黒色や緑色の斑点が見られた(図10)。保存8日目には、糖度40度にも黒色のカビが確認され、50度のジャムにも黒色のカビが少しだけ見られた。保存21日目には、新たに60度のジャムに黒色のカビが見られた。糖度が70度のジャムには、カビが生えた様子を確認することができなかった。糖度が高くなるにつれて、カビが生えにくくなった。これは、水分活性の影響と思われる。食品に含まれる水分は、自由水と結合水に分けることができるが、この中でカビの発育に必要な水分は自由水である¹⁰⁾。砂糖や塩をある一定以上添加すると、それらは自由水と結合することで結合水に変化し、水分活性が低下することで、保存性が向上することが知られている。以

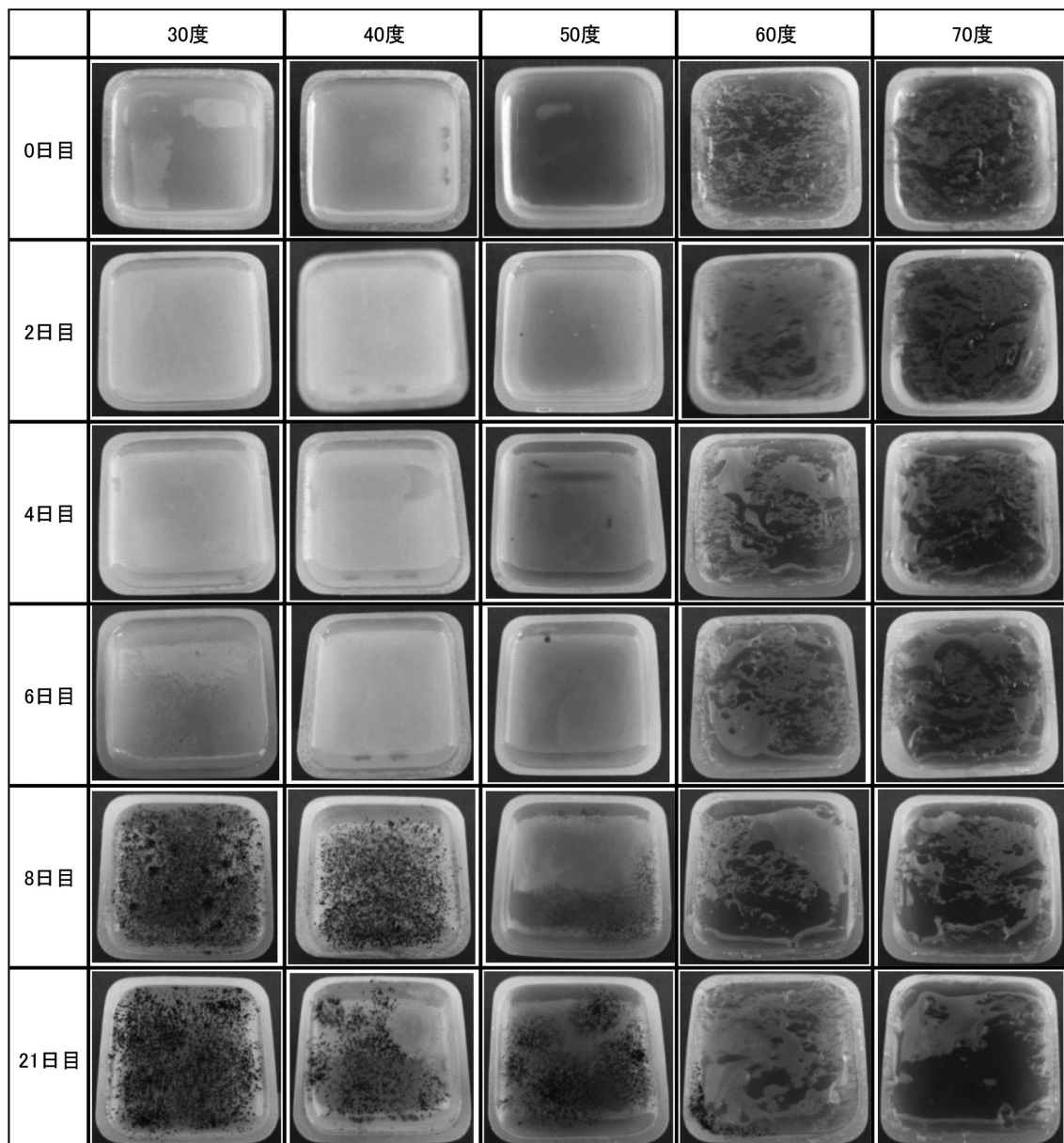


図9 リンゴジャムの経時変化

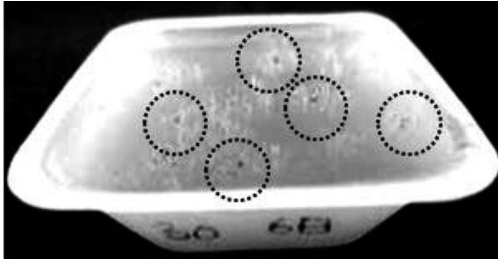


図10 糖度30度処理区(6日目)のカビの様子

上から、糖添加による自由水の低下が、糖度が高いほどカビが生えにくくなった原因と推察された。本実験により、保存時におけるジャムの変化を写真にし、表に整理することでわかりやすく視覚化できた。実際に生徒たち実験をさせるのが好ましいが、多大な時間がかかるので授業で扱うのは難しい。本実験で得られたような写真画像を使用することで、ジャム保存中の変化の理解を促すことができるものと思われる。

2.2.2 糖度とリンゴジャムの色調

図11に色調の結果を示す。

L*値は、例外もあるものの、糖度が高いものの方が低くなった。保存8日目の糖度30度、40度処理区などでL*値が急激に下がっているが、これはジャム自体の影響ではなく、ジャムに生えた黒色のカビがL*値に影響したと考えている。カビの生えなかった糖度70度処理区のジャムのL*値は、一部例外もあるが、全体的な傾向からすると保存日数が多くなるにつれて少しずつ低下した。

a*値は、糖度30度処理区と糖度40度処理区がほぼ同じ値を示し、値も横ばいで推移している。それ以外は糖度が高い処理区の方が、a*値も高くなっている。これはジャムの外観からも確認でき、高い糖度処理区のジャムの方が赤みが強かった。糖度が高いほどジャムの赤味が強かったのは、リンゴの果皮に含まれている赤色の主体であるアントシアンが水溶性であるため果皮からのペクチン抽出時に溶け出し、リンゴに含まれていた酸によってさらに赤くなり¹¹⁾、糖度が高いほど煮詰め時間が長かったため、その影響が強くなったことが原因と考えられた。

b*値は、ばらつきが非常に大きかったが、糖度が高いほど高い値で推移する傾向があった。

3. リンゴに含まれるペクチンの視覚化実験

4処理区とも、ペクチンのゼリー化を目視することができた。しかし、ゼリー化の量に差があるように見えた。目視で一番多くゼリー化が確認できたのは、果皮あり100g処理区であった。その次に果皮あり50g処理区、果皮なし100g処理区、果皮なし50g処理区の順であった(図12)。果皮があり、果皮量が多い方がペクチンのゼリー化が認められた結果となった。細胞壁の主要多糖類であるペクチンは、果皮に多く含まれることが知られており、本実験結果はそれを反映したものとなった。ジャムのゼリー化はペクチンによってなされるため、ジャムを

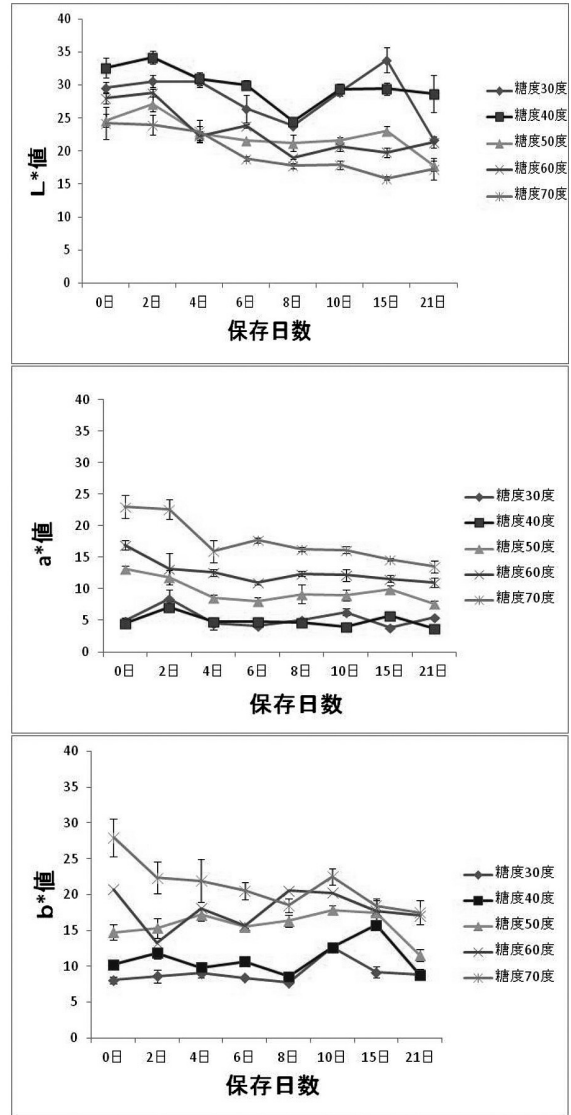


図11 保存中のリンゴジャム色調の変化

教材として用いる場合、ペクチンが含まれていることを可視化することは重要な意味をもつ。知識を伝えるだけ

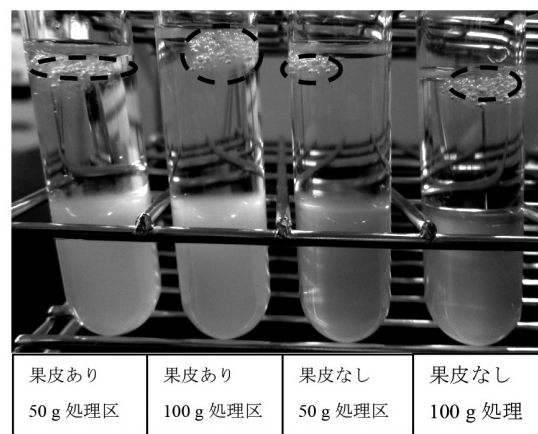


図12 ペクチンのゼリー化の様子
(注:ゼリー化した部分を破線で示す)

でなく、ペクチンを可視化することで生徒の興味関心もより深まるものと思われる。

まとめ

ジャムを教材として扱う場合は、中学校家庭科の内容「B 食生活と自立」の分野だけではなく他の内容と関連させることもできると考えた。例えば、「A 家族・家庭と子どもの成長」では、幼児のための間食作りにジャムを利用する。「D 身近な消費生活と環境」では、手作りのジャムを市販品のジャムとを比較検討することによって、消費についての学習もできるのではないかと考えられる。

高等学校では、食品加工について専門的に学習を行うため、中学校の学習よりも発展的内容になることが考えられる。例えば、果実類の加工品の例としてジャムを取り上げ、ジャムのゼリー化と加工による品質保持効果について学ばせることができる。ジャムがゼリー化するのは、果実中に含有するペクチンが、糖と有機酸と相互に作用することによるため、ペクチン、有機酸、糖はジャムを加工するにあたって、とても重要な要素になる。果実にペクチンが含まれていることは、ペクチンの簡易定量法で可視化することができるため、実験を行うことで、ペクチンの特徴を確認することもできる。また、果実等をジャムに加工する理由は、変質や腐敗の防止、品質の保持にあることを理解させ、実際に製造したジャムを殺菌瓶詰することで、知識とジャムの加工実習とを関連付けることができると考えられる。

しかし、このような授業を実践するには多くの授業時間を必要とする。緒言でも述べたように、家庭科の授業時数は、限られており多くの実験や観察をすることは、困難な状況である。そこで、本実験で得られた結果や写真画像、表を用いることで、視覚的に分かりやすくジャムについて学習させることができるのではないかと考えられる。

参考文献

- 1) 寺沢なお子, 松浦民恵, ジャムの性状に及ぼす新甘味料の影響, 日本家政学会誌, 1999, Vol.50, No.2, p.137~145
- 2) 大羽和子, 中嶋康子, いちじくジャムといちごジャムの食味特性と嗜好性の比較, 名古屋女子大学紀要, 1992, 第38号(家政・自然編), p.69~77
- 3) 松本祥子, 異なるイチゴ品種を用いて調整したイチゴジャムの比較, 聖霊女子短期大学紀要, 2000, 第28号, p.88~96
- 4) 松本時子, 中村百合子, 畑江敬子, 島田淳子, 熟度の異なるリンゴから調整したジャムの嗜好性について, 日本調理科学会誌, 1995, Vol.28, No.1, p.46~49
- 5) 大竹美登利, 斉藤紗智子, 実習と理論的な部分を結びつけた授業の開発ーりんごジャムの実験実習から加工を考えるー, 東京学芸大学紀要, 2007, 総合教育科学系, 第58集, p.379~386
- 6) 中学校学習指導要領解説技術・家庭編, 教育図書株式会社, p.53, 文部科学省
- 7) 中学校学習指導要領解説技術・家庭編, 教育図書株式会社, p.54, 文部科学省
- 8) 食品加工シリーズ⑧ジャム ジャム25種・ペクチンの手作りから販売まで, 農山漁村文化協会, p.27, 小清水正美著
- 9) 食品加工シリーズ⑧ジャム ジャム25種・ペクチンの手作りから販売まで, 農山漁村文化協会, p.31, 小清水正美著
- 10) 食品加工学〔第2版〕, 建帛社, p.8~18, 菅原龍幸著
- 11) 食品学Ⅱ〔第2版〕, 建帛社, p.69, p.81, 菅原龍幸・國碓直道編著