

デンプン消化に関する教材研究

○木村 知裕^{*1}・芹田 陽・正元 和盛（熊本大学教育学部理科教育（生物））

要 約

簡易比色計を用いると、デンプン消化のだ液の働きをほぼ定量的に測定することができる。本方法を用いて、だ液の働きの個人差を示すことができ、また健康茶などの飲料の、デンプン消化のだ液の働きに対する阻害作用を測定することもできた。簡易比色計は自ら作製することが可能なので、本教材は、測定器を自ら作製しその器具を使って、目的の事象を詳細に測定することによって新たな知見を得るという科学的方法の過程を疑似体験できる点、発展的な学習などでの教材として有効であると考えられる。

はじめに

中学校理科 2 分野で生徒は、食物を消化し、体に必要な物質を取り入れるしくみがあることを学ぶ¹⁾。消化についての実験として「だ液によるデンプンの分解の実験」が行われていて²⁻⁶⁾、消化酵素の一例としてだ液アミラーゼがデンプンを分解し吸収しやすい糖に変えていることを学ぶ。私たちは、その実験の発展実験として、色の濃淡を数値化できる簡易比色計⁷⁻¹¹⁾を用い、ほぼ定量的にだ液の働きを測定した¹²⁻¹⁵⁾。だ液の働きの個人による違いやだ液採集時間による違い¹⁵⁻¹⁷⁾、だ液のデンプン分解活性に対する各種の飲み物の影響を調べることができた。また、だ液の働きの個人差を調べる実験の授業実践を行った。

方 法

1. 反応の基本条件

0.2 %デンプンのり溶液1 mlにだ液溶液を0.08 ml加え、37 °Cで10分間保温する。10分後0.1N塩酸を2滴（約0.08 ml）加え反応を停止させた。簡易比色計で測定するときは、反応を停止させた後、反応液を20倍に希釈し、そこにヨウ素液（原液（I₂ 1 gをエタノール3 mlにほぼ溶かし、KI 3 gを水約30 mlに溶かしたものを混ぜ、さらに水を加えて

100 mlにした）を1/10濃度にしたもの）を3滴（約0.12 ml）加えた。液の滴下にはプラスチック醤油さし（1滴は約0.04 ml）を用いた。

だ液の働きが強くデンプンを多く分解した場合はデンプンが少量しか残らない。そのため、ヨウ素デンプン反応の青紫色はうすい。逆にだ液の働きが弱い場合は、濃い青紫色に発色する。青紫色の濃淡を簡易比色計で数値化することでだ液の働きの強弱をほぼ定量的に測ることができる。活性量は、だ液を加えていないデンプンのり溶液自体の濃さが示す測定値に対する相対的な値として表わした。

2. 溶液、試薬の調製

1) デンプンのり溶液

水100 mlに馬鈴薯デンプン片栗粉（アイク）0.2 g（0.2 %）を加え、高圧滅菌器（HA-24；平山製作所）で10分間加熱し、デンプンを完全に溶かした。調製したデンプンのり溶液は尿試試験紙によるグルコース検出はなかった。高圧滅菌器でなく、電子レンジや沸騰水浴で温めて溶かす場合は、デンプン粒が残らないよう、溶液の散乱がなくなるまで十分温めて溶かさなければならない。また、デンプンのり溶液にNaClを6 mMになるように加えておけば、だ液活性が低い場合にデンプンを完全には分解できないケースを減らすことができる¹²⁾が、本デンプンのり溶液には加えていない。調

^{*1}：現 宇城市立海東小学校・非常勤講師

A-1

平成17年度日本理科教育学会九州支部大会（熊本大学）

製したデンプンのり溶液は容器にアルミホイルのフタをかぶせ、冷蔵庫（約7℃）または室温で保存した。この保存法で2週間、保存したデンプンのり溶液を10倍希釈して620 nmの吸光度を測定すると、冷蔵庫保存したものも、室温（約26℃）保存したものも $A_{620}=1.6$ で、ほとんど変化することはない¹³⁾。ただ、本研究で用いたデンプンのり溶液は、高压滅菌器を用いて調製しており、この器機は学校では使用しない。そのため、電子レンジや沸騰水浴で溶かした場合、完全には滅菌されず、カビなどの微生物が生え、デンプンが分解されてしまうこともあると考えられる。定量的な実験で用いるデンプンのり溶液は保存せず、使用する度に調整することが望ましい。なお、冷凍庫やチルド室での保存は、デンプンのり溶液が凍ることや、再びデンプン沈澱が生じてしまうことがあるので適さない¹³⁾。

2) だ液溶液

3回程うがいをした後、水20 mlを2分間口に含み、採集したものをだ液溶液とした。「0.2 %デンプンのり溶液に基本条件でだ液溶液を0.1 ml加えて反応させればデンプンは完全に分解する」と以前報告した¹⁴⁾が、日によってはだ液溶液を0.18 ml加えてもデンプンを完全に分解できないことがあった。だから、だ液溶液を0.2 ml（醤油さしで5滴）加えれば、デンプンのり溶液が完全に分解するのに十分な量だと考える。その反応液のベネジクト反応の発色は十分だった。

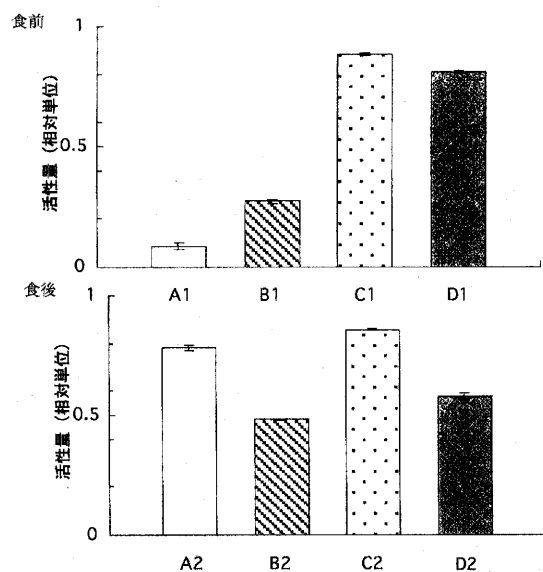


図1 だ液の働きの個人による違い

3) 各種飲みもの

緑茶：（伊衛門ティーバッグ；福寿園グループ）（おーいお茶ティーバッグ；伊藤園），コーヒー：（マキシムスペシャルデイズエスプレッソ；味の素ゼネラルフーズ）（マキシムスペシャルデイズモカブレンド；味の素ゼネラルフーズ），紅茶：（日東紅茶ティーバッグ；三井農林）（リプトンティーバッグ；ビー・ビー・エル・ジャパン），健康茶：（お徳用どくだみ茶；ユウキ製薬）（お徳用ウコン茶；ユウキ製薬）（ギムネマシルベスタ茶100%；オリヒロ）（杜仲茶100%；オリヒロ）（プーアル茶100%；オリヒロ）（バナバ茶100%；オリヒロ）の粉状の茶葉，またはコーヒーの粉0.1 gに水2 mlを加え，77℃で20分間沸騰湯浴したものを飲みものとして反応液に加えた。本実験では加えるだ液溶液は0.18 mlとし，各種飲みものを各量加え，水で総量を1.4 mlにして37℃で10分間保温して行った。

結果と考察

だ液の働きの個人による違いを測定した（図1）。4人（A, B, C, D）の午前中昼食前にほぼ同時刻に採集しただ液溶液を用い，基本条件で反応させたが，人によって活性量は異なった（図1上）。昼食後に採集しただ液溶液を用いてもだ液活性量は個人による差があった（図1下）。また，昼食前後を比較すると同一人のヒトで活性量は異なっていた。このことから，だ液の活性量は一人の

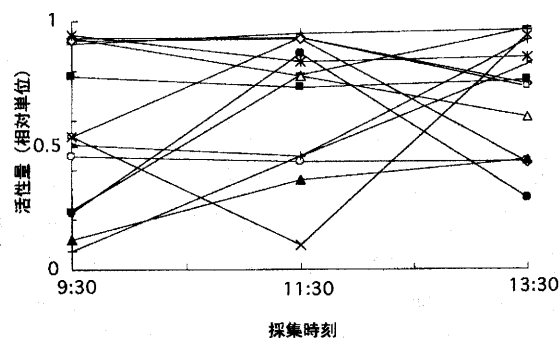


図2 だ液の働きのだ液採集時間による違い

A-1

平成17年度日本理科教育学会九州支部大会（熊本大学）

ヒトの中で変動することが考えられ、実際に数日間、同時刻に採集した一人のヒトのだ液の活性量を調べた（図2）。

同じ日でも採集時刻によって、あるいは同じ時刻でも日によってだ液の働きは異なった。

さらに、図1の上下を比べると食前より食後のほうが活性量は上がっている。実際に5日間、一人のヒトの朝食前後のだ液活性量を調べたところ、食前より食後の方がだ液活性量は増加した。ただし、活性量の変化が食事の影響か、それとも日内変動によるものなのかは分からない。

だ液の働きの個人による違いを調べる実験を、熊大附属中学校2年生（選択理科）と熊大教育学部理科専攻の2年生（基礎生物学実験）に行ってもらった。実験後のアンケートには、「だ液のことについて以前よりよくわかった」「人によってだ液の強さが違うことや、時間帯によって変わることによってびっくりした」という記述があった。「だ液の働きについての理解を深める」ことができたと思う。また、「数値で濃さを測れたので、よりわかりやすかった」「実験の正確さが重要だったことに気付いた」「機械を使うと数値が出てきて、顕著に違いがわかる」「比較する実験では（条件をそろえなければならぬことが）わかった」などの意見からは、「科学的な態度、方法を身につけさせる」一助となったことが考えられる。「全員がだ液をとるので、前回より（一般に行われている実験より）嫌だと思わなかった」と述べている受講者が数名いた。さらに、「私も1日のだ液の働き（の強さの変動）を調べてみたい」「時間とだ液の働きの関係について調べるとおもしろいと思った」「食べた直後はやはりだ液パワーは強

いのだろうか」「簡易比色計には誤差はないのか」などのコメントからは、授業時間だけでなく、継続的に続くような関心や意欲を持っていることがわかる。

課題として、本授業で教師が行った時間の管理を生徒にさせること、再実験を行わせる時間の確保、だ液採集の方法などを、今後検討工夫したい。

緑茶、コーヒー、紅茶、健康茶を反応液に加え、だ液の活性量を測定し、それらの飲み物のだ液活性量への影響を調べた（図3）。

エスプレッソコーヒー、モカブレンドコーヒー、リプトン紅茶、日東紅茶、杜仲茶、プーアル茶、バナバ茶がだ液の働きを阻害した。さらに、それら阻害効果のあった飲み物の量が多くなるほど、阻害の程度も大きくなった（図4）。だ液活性量を半分にするそれぞれの飲み物の量は、エスプレッソコーヒー=0.02 ml、モカブレンドコーヒー=0.02 ml、リプトン紅茶=0.02 ml、日東紅茶=0.02 ml、杜仲茶=0.16 ml、プーアル茶=0.06 ml、バナバ茶=0.006 mlだった。ここで、10%カテキン溶液はだ液の働きを阻害しなかったため、緑茶等がだ液の働きを阻害したのは、それらの中に含まれるカテキンによるものではない。

このように、それぞれの飲み物がだ液のデンプン分解のはたらきを阻害する能力を、定量的な扱いをすることによって比較できる。

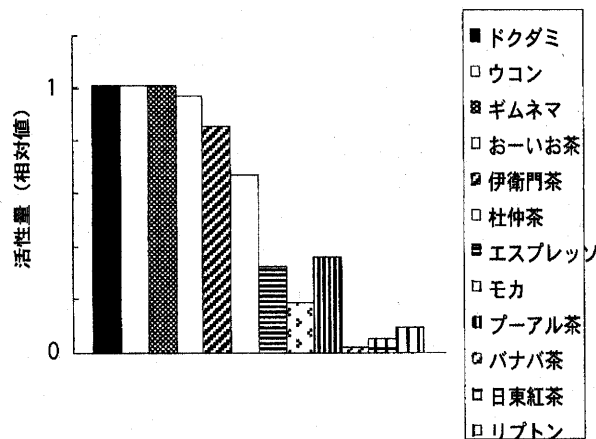


図3 各種の飲み物のだ液の働きへの影響

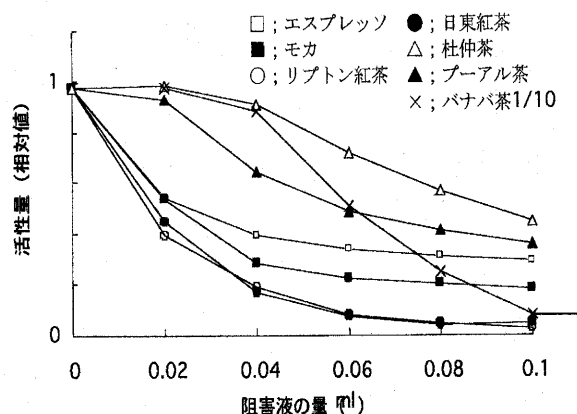


図4 阻害液の量によるだ液の働きの違い

A-1

平成17年度日本理科教育学会九州支部大会(熊本大学)

消化に関する発展的な教材として、タンパク質分解についても教材研究を行った。

鳥ササミ肉をカミソリで熱湯の中に薄く切り落とす。その肉薄片を0.1N HCl 5%ペプシン溶液に浸け、約20分間で肉薄片を細かくすることができた。重要な点は肉薄片を熱処理することと、保温温度を約60℃に保つことである。生の肉、あるいは保温温度が37℃の場合は40分以上保温しても肉片は十分には細くならなかった。ただし、だ液の実験の場合はほぼ体温の約40℃で保温するのに対し、肉の分解の場合は保温温度の60℃なので、実験した生徒が疑問に思うかもしれない。

市販の薄切り豚ロース肉を0.1N HCl 1%ペプシンにつけておくと24時間でその豚肉が小さくなった。このように、37℃など温度が低い場合は分解を肉眼で確認するのに長時間要した。

一般にタンパク質分解の実験の基質として用いられる花かつお⁶⁾は、ペプシン溶液だけでなく、タンパク質分解酵素のパパインやブロメラインでも細かく分解することができた。花かつおを24mM HEPES 1%ブロメライン溶液、24mM HEPES 1%パパイン溶液に浸け、60℃で10分間保温した。保温温度を37℃にすると、ペプシンとブロメライン溶液に浸けた花かつおは約20分の保温で60℃の時ほどではないが、ある程度花かつおが細くなり、繊維状になった。パパインは保温温度37℃では30分以上保温しても花かつおはあまり細くならなかった。

謝辞

だ液の働きの個人による違いを調べる授業実践をさせていただいた熊本大学附属中学校理科に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 文部省(平成11年)「中学校学習指導要領(平成10年12月)解説-理科編-」 pp.83-84
- 2) 戸田盛和ほか(平成14年)「中学校理科2分野上」 pp.94-95 大日本図書
- 3) 竹内敏人, 山極隆, 森一夫ほか(平成14年)「中学校理科2分野上」 pp.98-99 新興出版啓林館
- 4) 竹内敏人(平成14年)「指導書第二部詳説理科2分野上」 pp.318-321 新興出版啓林館
- 5) 遠藤純夫ほか(平成14年)「中学校理科2分野上教師用指導書」 pp.322-323, 344 大日本図書
- 6) 「新観察・実験大辞典」編集委員会(2002)「新観察・実験大事典[生物編]2動物」 pp.29-33 東京書籍
- 7) 紺野昇, 大塚淳子, 杉本良一(1995)自作の比色計とコンピュータを用いた大気汚染調査の教材化 日本理科教育学会研究紀要 36: 11-20
- 8) 伏島均, 大谷龍二(1999) LEDを利用した簡易比色計の製作と利用 群馬県総合教育センター長期研修報告
- 9) 今倉康宏 ふれあいサイエンス 2001 <http://ostwald.naruto-u.ac.jp/~imakura-lab/hureai2001/hureaitext.pdf>
- 10) 澤田一彦(2004)飲料水と健康—中学校における実践事例— 理科の教育 53(12): 28-30
- 11) 吉田誠治, 松井明, 正元和盛(2004)自作簡易比色計による二酸化窒素測定を取り入れた小学校理科授業の開発 熊本大学教育実践研究 21: 139-143
- 12) 正元和盛, 木村知裕(2003)だ液アミラーゼの簡易比色計を用いた測定 熊本大学教育学部紀要自然科学 52: 99-104
- 13) 木村知裕(2003)だ液アミラーゼ活性-個人差とその保存法- 熊本生物研究誌 34: 1-3
- 14) 木村知裕(2004)だ液のはたらきとタンパク質の分解 熊本生物研究誌 35: 7-9
- 15) 木村知裕, 正元和盛(2004)消化に関する生物教材の研究 平成16年度修士論文
- 16) 川崎良文(2004)唾液中α-アミラーゼ活性の日内変動と食生活(2) 佐賀大学文化教育学部研究紀要 8(2): 203-207
- 17) 高野朗(2001)だ液アミラーゼの個人差 大阪府高等学校生物教育研究会誌 29: 13