

各種食品を用いたデンプンの消化に関する教材研究

河野 将己・島田 秀昭

Studies on the digestion of starch using various foods

Shoki Kawano and Hideaki Shimada

(Received September 30, 2019)

In the textbook of lower secondary school science, the digestion of starch using starch glue has been introduced as an experiment. The experiment using starch glue is easy to prepare, but it might be difficult for students to think in relation to food. In the present study, to develop the visual teaching materials on starch digestion, we examined the ease of observation of the starch granules contained in various food using a microscope. Furthermore, the teaching materials on the gelatinization and aging on starch digestion were also examined.

Key words: starch, digestion, teaching material, food

はじめに

中学校では「生物の体のつくりと働き」について学習する¹⁾。本単元の項目の一つである「動物の体のつくりと働き」では、目標として「消化や呼吸についての観察、実験などを行い、動物の体が必要な物質を取り入れ運搬している仕組みを観察、実験の結果などと関連付けて理解すること。また、不要となった物質を排出する仕組みがあることについて理解すること」と記されている¹⁾。また、内容の取り扱いとして、「各器官の働きを中心に扱うこと。「消化」については、代表的な消化酵素の働きを扱うこと」と記されており、「消化系については、動物には消化器官が備わっており、その働きによって、食物が物理的及び化学的に消化され、栄養分が吸収される仕組みを理解させる」ことをねらいとしている¹⁾。これらの目標を達成するための方法としては、「アミラーゼ、ペプシンなど代表的な消化酵素について扱う。例えば、アミラーゼについては、唾液がデンプンを他の糖に変える働きを確かめる方法を立案して実験させることなどが考えられる」と記されている¹⁾。

教科書におけるデンプンの消化に関する実験として、だ液を用いたデンプン糊の分解実験が取り上げられている²⁻⁵⁾。この実験で用いるデンプン糊は調製が簡単であるが、生徒がデンプン糊を食物と関連付けて考えることが難しいと思われる。

そこで本研究では、デンプンの消化に関する視覚的実験教材の開発を目的として、各種食品に含まれるデ

ンプン粒の観察のし易さについて顕微鏡を用いて比較検討した。日常の食生活において、デンプンは加熱などの調理過程を経て体内に取り込まれ消化される。そこで次に、通常の食生活とさらに関連付けるために、各種食品が調理によって糊化されたときのデンプン粒の形状と、だ液による消化の程度について検討した。さらに、米飯と食パンを用いてデンプンの消化に及ぼす老化の影響についても検討を加えた。

実験方法

1. 各種食品のデンプン粒とヨウ素デンプン反応

デンプンを含有する食品として、小麦粉（薄力）、片栗粉、米とぎ汁、ジャガイモ、サツマイモ、ナガイモ、トウモロコシ、バナナ、エンドウおよびレンコンの10種類を用いた。小麦粉および片栗粉は1%水溶液を、その他の食品はすり潰したものをそれぞれプレパラートにのせ、顕微鏡（400倍）でデンプン粒を観察した。その後、各試料に市販のうがい薬（ヨウ素液）を1滴滴下し、ヨウ素デンプン反応によるデンプン粒の着色を確認した。

2. デンプンの糊化に及ぼす加熱温度の影響

食品として小麦粉、片栗粉、レンコンおよびエンドウの4種類を用いた。小麦粉および片栗粉は1%水溶液を、レンコンおよびエンドウはすり潰したものに等倍量の水を加え静置して得た上澄み液をそれぞれ試験管に2.5 mLとり、各温度（40, 50, 60, 70, 80℃）で2分間加熱した。試料は顕微鏡で観察した後、うがい薬

を1滴滴下し、ヨウ素デンプン反応を確認した。

3. デンプンの糖化に及ぼす糊化の影響

2と同様に調製した試料溶液をそれぞれ試験管に2.5 mLとり、各温度(40, 50, 60, 70, 80℃)で2分間加熱した。その後、試験管にだ液を1 mL加え、37℃で10分間反応させた。反応終了後、ベネジクト液を数滴滴下し、ガスバーナーで30秒間加熱して反応を確認した。

4. デンプンの老化に及ぼす保存温度の影響

米飯および食パンを1週間保存したときのデンプンの老化について検討した。米飯は、精米と水を1:3の割合で30分間加熱し、調製した。食パンはそのまま用いた。各試料を常温、冷蔵または冷凍で1週間保存した。その後、米飯10gを100 mLビーカーに量りとり、精製水20 mLを加えた。また、食パンは2 gをビーカーに量りとり、精製水30 mLを加えた。それぞれのビーカーにヨウ素液を5滴滴下し、ヨウ素デンプン反応を確認した。その後、各ビーカーにだ液を2 mL加え、米飯は10分間、食パンは30分間スターラーで攪拌し、着色の変化を観察した。

結果と考察

1. 各種食品のデンプン粒とヨウ素デンプン反応

今回用いたすべての食品においてデンプン粒を観察することができた。また、食品によってデンプン粒の大きさや形状はさまざまであったが、すべての食品においてヨウ素デンプン反応によるデンプン粒の着色も

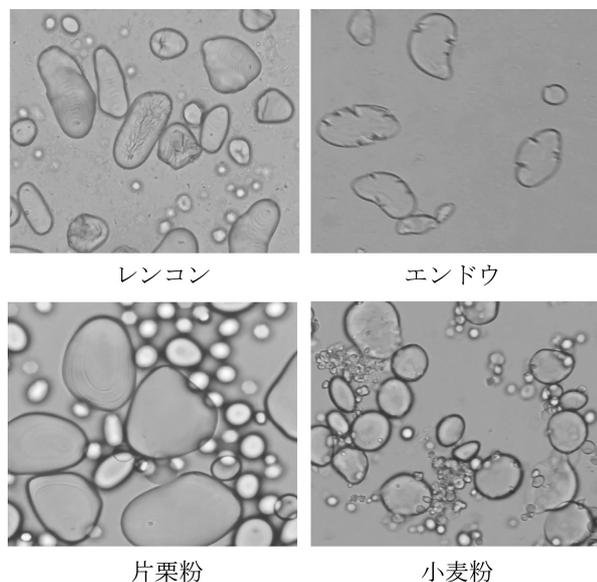


図1 各種食品のデンプン粒

確認された。これらの中で、小麦粉、片栗粉、レンコンおよびエンドウはデンプン粒が大きく、粒同士の重なりが少なく観察が容易であった(図1)。したがって、小麦粉、片栗粉、レンコンおよびエンドウが試料として適していると考えられた。

2. デンプンの糊化に及ぼす加熱温度の影響

次に、小麦粉、片栗粉、レンコンおよびエンドウを用いてデンプンの糊化について検討した。

片栗粉の結果を図2に示す。40および50℃ではデンプン粒の形がはっきりと観察された。60℃ではデンプン粒の表面に亀裂が認められ、糊化の開始が認められた。70および80℃ではデンプン粒の境界は全く確認されず、デンプン粒は完全に糊化した。また、ヨウ素デンプン反応による着色は温度が高くなるにつれて濃い色を呈した。

小麦粉、レンコンおよびエンドウにおいても片栗粉の場合と同様な結果が得られた(データ未掲載)

3. デンプンの糖化に及ぼす糊化の影響

前項において、デンプンは60℃で糊化し始め、70および80℃では完全に糊化した。一般に、デンプンは糊化すると構造が変化し消化酵素の作用を受けやすくなることが知られている。そこで次に、糊化したデ

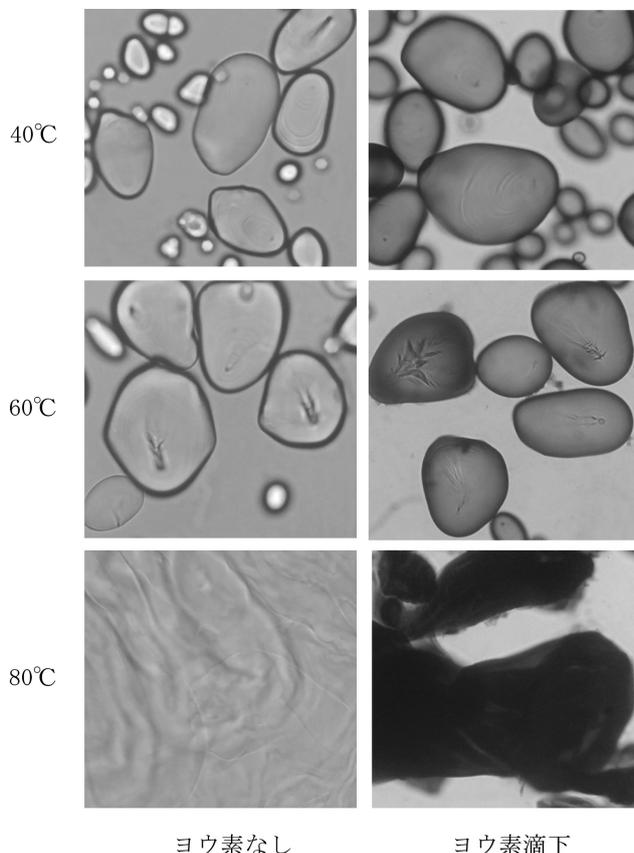


図2 片栗粉デンプンの糊化とヨウ素デンプン反応

ンブと糊化していないデンプンとの消化されやすさの違いを示す実験条件について検討した。

片栗粉の結果を図3に示す。試験したすべての温度においてベネジクト反応が陽性を示し、だ液によるデンプンの糖化（消化）が確認された。温度が70および80℃の場合、40、50、および60℃の場合と比較して僅かではあるが発色は濃い色を呈し、糊化したデンプンの方が糊化していないものよりも糖化されやすい傾向が見られた。小麦粉においても片栗粉と同様な結果が得られたが、いずれの場合においてベネジクト反応による赤褐色の沈殿は見られず、反応液は黄色く濁った。これは生成した糖濃度が低いことによるものと考えられた。一方、レンコンおよびエンドウではデンプンの糖化を確認することはできなかった（データ未掲載）。これは、試験溶液中のデンプン含有量が少なかったことなどが原因と考えられた。

以上の結果から、今回の実験条件では、糊化したデンプンと糊化していないデンプンとの糖化の違いを明瞭に示すことはできなかった。今後、デンプン濃度、だ液量、反応時間などの実験条件についてさらに検討の必要がある。

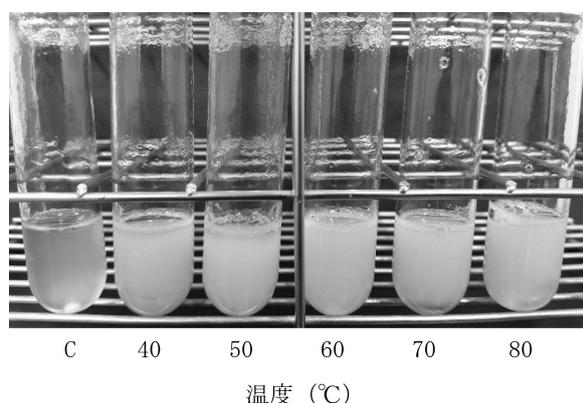


図3 片栗粉デンプンの糖化に及ぼす糊化の影響

4. デンプンの老化に及ぼす保存温度の影響

糊化したデンプンは時間の経過とともに構造が変化し、消化されにくくなる。この現象はデンプンの老化と呼ばれ、冷蔵保存した場合よりも冷凍または室温で保存した場合の方が起こりにくいことが知られている。そこで次に、保存温度の違いによるデンプンの老化現象を示す実験条件について検討した。

食パンの結果を図4に示す。ヨウ素デンプン反応による着色は、冷蔵保存した場合の方が室温および冷凍保存した場合よりも濃く、冷蔵保存した場合の方がデンプンの分解が起こりにくかったことが示された。また、精米においても同様な結果が得られた（データ未掲載）。

今回の実験では、保存期間を2週間に設定した場合において常温保存の食品にカビが生えた。したがって、実験を行う時期や気候によって食品の保存状態が左右されるので注意が必要である。

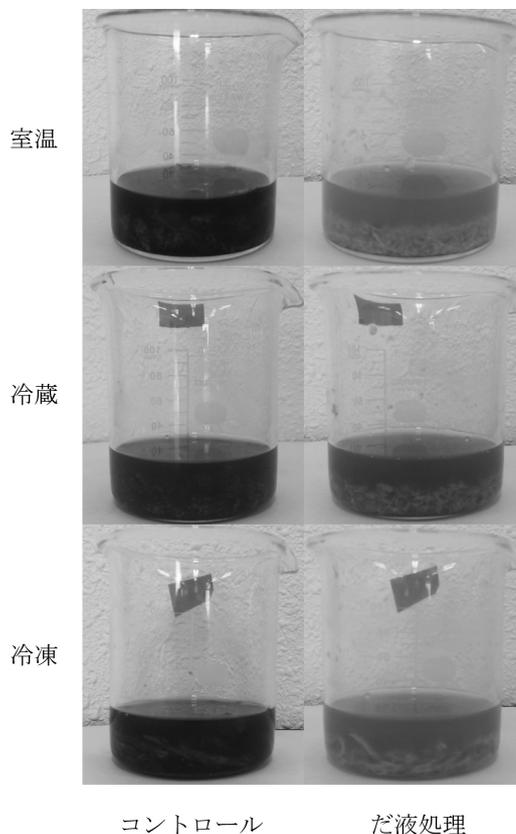


図4 食パンの糖化に及ぼす老化の影響

おわりに

本研究では、顕微鏡を用いたデンプンの消化に関する実験教材について検討し、幾つかの実験条件を設定した。本実験は、生徒が日常の食生活と関連づけて行うことができ、結果を視覚的に確認することができるため、より効果的な学習効果を得ることができると期待される。今後、その学習効果等について学校の授業において検証する必要がある。

参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説 理科編，学校図書，pp. 86-91，2018。
- 2) 岡村定矩 他．新しい科学2年，2016，東京書籍。
- 3) 塚田捷他．未来へ広がるサイエンス2，2016，啓林館。
- 4) 霜田光一 他．中学校科学2，2016，学校図書。
- 5) 有馬朗人 他．理科の世界2年，2016，大日本図書。