

りんごポリフェノールの抗酸化作用

抄 録

りんごに含有するポリフェノールの量とその抗酸化力の関係を、部位や糖度・酸度という観点から、10円玉の錆が酸化によるものであることを利用した実験によって調べた。りんごの果皮と果肉部分、糖度・酸度（pH）の異なるりんごのポリフェノール含有量及び抗酸化作用の比較実験を行った結果、最も高い抗酸化能が得られるのは、酸味の強い、果皮色が黄・青系のりんごを皮ごと食べた場合であることが明らかになった。また、りんごの抗酸化作用の強さは、ポリフェノール含有量に必ずしも比例しないことが分かった。

キーワード：りんご、ポリフェノール、抗酸化作用

1. はじめに

1.1 研究動機

りんごに含まれるりんごポリフェノールに美白効果がある（アサヒグループ、2008）と知り興味を持った。ポリフェノールとは植物が光合成を行う際に生成される苦味や渋味、色素成分であり、したがって苦味や渋味の強いもの、色素の濃いものほど多く含まれる。これがりんごについても言えるならば、りんごのうち酸味の強いものは甘味の強いものより含有するポリフェノールの量は多くなり、それによる抗酸化作用も強くなるのではないかと考え、それを明らかにしたいと思った。

1.2 研究目的

最も高い抗酸化能が得られるりんごの食べ方を明らかにする。

2. 研究方法

まずポリフェノールや抗酸化作用についての文献調査を行い、次にここで分かったことを踏まえて実際にりんごの抗酸化作用を調べるため、10円玉を使った比較実験を行う。

2.1 実験手順

試料を容器（図1）に入れ、そこに10円玉を漬ける。このとき、10円玉が完全に隠れるようにする。容器には底から5mmのところ印をつけておく（図2）。この印は、試料を入れる際の目安目盛とするためのものである。酸化が起こるのは空気に触れている部分のみであり、10円玉の酸化を防ぐには10円玉の表面がりんごに覆われていけば良いので、漬ける試料の量は10円玉に働く抗酸化作用には影響しないが、試料以外の条件をすべて同じにするため、このようにした。試料についてはあらかじめ、糖度、pH、ポリフェノール含有量を測定しておく。測定にはそれぞれ、糖度計（図3）、pH試験紙（図4）、パケットテスト（図5）を使用する。これらの容器を冷蔵庫の野菜室で一週間保管し、一週間後に10円玉

を取り出して錆の落ち具合を比較する。10円玉の錆は酸化銅、つまり銅の酸化によってできたものである。実験の結果、この錆が落ちれば酸化を元に戻せたということになり、錆の落ち方が大きいほど漬けているりんごの抗酸化力は大きいと言える。10円玉はすべてほぼ同年に製造されたものを使用する。



図1 容器

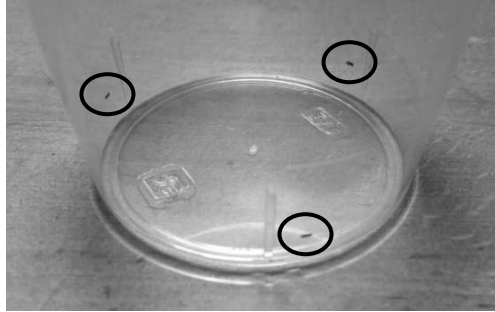


図2 容器につけた印（底から5mm）



図3 糖度計



図4 pH試験紙



図5 バックテスト

2.2 使用するりんごの品種

実験では、ふじ、ジョナゴールド、王林の3種類のりんごを使用する。それぞれの特徴は以下の通りである。

・ふじ

大きさ：300～400g

果皮色：鮮赤色

交配種：デリシャス（父）× 國光（母）

特徴：酸味が少なく甘味が強い、果汁が豊富、日持ちが良い

・ジョナゴールド

大きさ：300～400g

果皮色：桃色がかった赤

交配種：紅玉（父）× ゴールデンデリシャス（母）

特徴：甘酸のバランスが良い、加工に適する、果汁が多い

- ・王林

大きさ：300g前後

果皮色：黄緑色

交配種：印度（父）× ゴールデンデリシャス（母）

特徴：果汁が多く甘味が強い、果肉が柔らかい、独特の芳香がある

3. 研究内容

3.1 文献調査

(1) りんごに含まれる成分「ポリフェノール」

ポリフェノールとは、同一ベンゼン環上に複数の水酸基（ヒドロキシ基）が結合した化合物の総称であり、抗酸化物質の一つである（新村，2008，p.2427）。「ポリ」には「たくさん」の意味があり、「フェノール」はフェノール性水酸基をもつ化合物の総称である。フェノール性水酸基とは、ベンゼン環などの芳香族化合物の環に直接結合した水酸基で、2個以上のフェノール性水酸基をもつ化合物がポリフェノールと呼ばれる（ブリタニカ国際大百科事典 小項目辞典，2014）。ポリフェノールは自然界に5000種類以上が存在し、ほとんどの植物に含まれるが、その種類は植物によって異なる。また、その効果・効能はポリフェノールの種類によって様々だが、抗菌・抗酸化作用はそのすべてに共通する働きである。「りんごポリフェノール」とはりんごに含まれるポリフェノールの総称であり主にエピカテキン、プロシアニジン、アントシアニンの3種類である。それぞれの特徴は以下の通りである。

- ・エピカテキン

…抗酸化作用が強い、りんごの皮部分に含まれる、動脈硬化・高血圧予防の効果

- ・プロシアニジン

…りんごポリフェノールの主成分（約65%）、強力な抗酸化作用、癌細胞の生成を抑制する効果、アレルギー予防の効果、コレステロール・中性脂肪低下作用

- ・アントシアニン

…青紫色の色素成分、眼精疲労・高血圧の予防効果、冷え性の改善、内臓脂肪の蓄積を抑える効果

(2) 抗酸化作用

人間が生きていくには、酸素が必要である。人間は呼吸によって酸素を取り込み、主にミトコンドリアに存在する電子伝達系によりATP（アデノシン三リン酸）を産生し、生命活動に必要なエネルギーを得ている。この過程で酸素は4電子還元され水となる（ $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ ）が、必ずしも酸素分子に電子がきっちり4つ渡されるとは限らない。このように酸素分子に不完全に電子が渡された状態、つまり酸素電子が部分的に還元されたものが活性酸素である（中村，2013）。この活性酸素には細菌を駆除する作用があり人体に必要なものだが、過剰に発生すると正常な細胞も傷つけてしまい、これが酸化の原因となる。活性酸素になるのは、取り入れた酸素の2～3%である。抗酸化作用とは、その酸化をふせぐ（さからう、抗う）働きである。

りんごは、その酸化する様子が目に見えてはっきり分かるものの一つである。りんごを

切った後、果肉が茶色く変色するのは、りんごに含まれるポリフェノールがりんごの持つ酸化酵素によって酸化され、茶色く変色するからである（庄司，2013）。りんごのような酸化されやすい物質を摂取することで抗酸化力を高め、身体の酸化（＝老化）を防ぐことができる。

3.2 実験

(1) 実験1：りんごの実と皮のポリフェノール含有量

和田（2010）より、りんごの皮に含まれるポリフェノールの量は実の約4倍であると分かった。これを確かめるために、実験1を行う。10円玉をりんご（ふじ）の実と皮をそれぞれすりおろしたものに漬け、一週間後の錆の落ち具合を調べた。結果、ポリフェノール含有量は実で50mg/100ml、皮で200mg/100mlとなり、皮には実の約4倍のポリフェノールが含まれていると分かった。これは和田（2010）と一致する。また、皮をすりおろしたものに漬けた10円玉の方が実をすりおろしたものに漬けた10円玉よりも錆の落ち方が大きかった。これらの結果から、りんごでは、ポリフェノール量、抗酸化作用ともに皮の方が実より大きいと考えられる。

(2) 実験2：りんごの種類におけるポリフェノール含有量と抗酸化作用の比較

糖度・酸度の異なる3種類のりんご（ふじ，ジョナゴールド，王林）の糖度・酸度とポリフェノール含有量及び抗酸化作用との関係性を調べるため、皮を含む同量のりんごのすりおろしに10円玉を1週間漬け、成分量（ポリフェノールのみ実験前後で比較）と10円玉の錆の落ち具合を調べる実験を行った。

結果：

・成分量

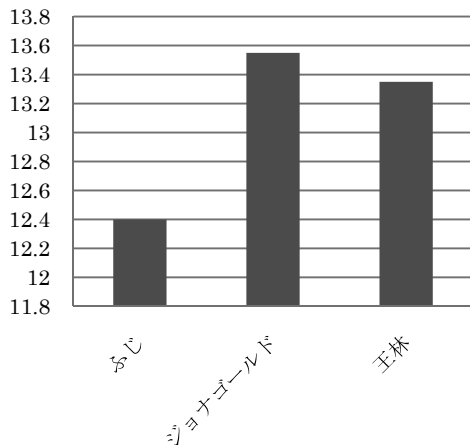


図6 糖度 (%)

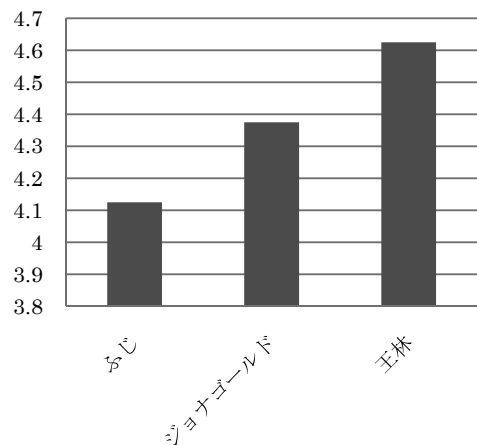


図7 酸度 (pHを測定)

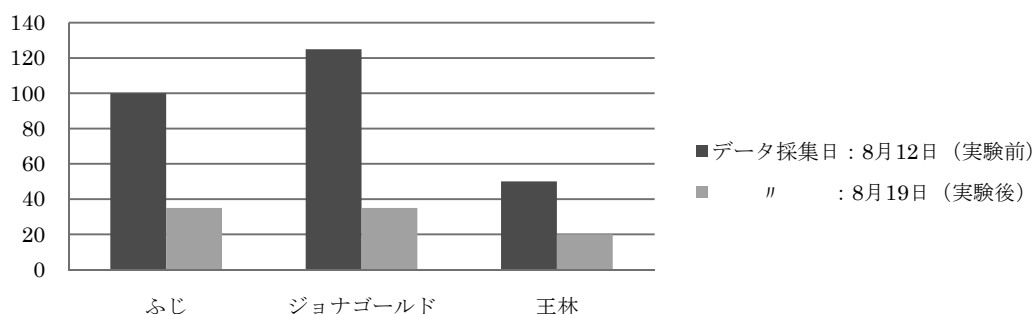
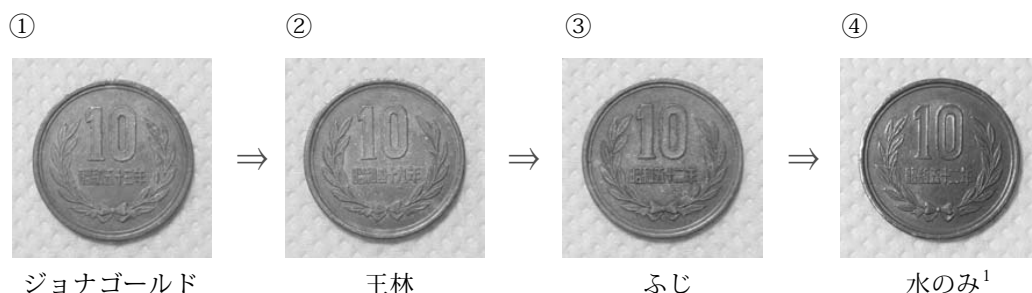


図8 ポリフェノール (mg/100ml)

・10円玉

10円玉を錆がよく落ちて綺麗になった順に並べると、



考察：

表1・2より、実験前から実験後にかけてどのりんごもポリフェノール含有量が減少していることが分かる。これは、りんごに含まれるポリフェノールが酸化（劣化）したためであると考えられる。また、ポリフェノール含有量が「ジョナ>ふじ>王林」であったのに対し、10円玉の錆の落ち方の大きさ、つまり抗酸化作用の強さは「ジョナ>王林>ふじ」という結果になった。九条（2014）によると、王林などの果皮が青や黄（緑）色の青りんご系のりんごには、ふじやジョナゴールドなどの果皮が赤い、赤りんご系のりんごよりもプロシアニジンが多く含まれている。3.1（1）でも述べたように、プロシアニジンはきわめて強い抗酸化作用を示すポリフェノールである（株式会社わかさ生活，2014）。赤りんご系のりんごにもプロシアニジンは含まれているが、熟す過程でアントシアニンに変化してしまう。プロシアニジンとアントシアニンではプロシアニジンの方が抗酸化力が強いので、ふじと王林を比較したとき、ポリフェノールが含まれる量自体はふじの方が多いが、王林の方が抗酸化力の強いポリフェノールがより高濃度で含まれていたため、このような結果になったと考えられる。ここから、りんごの抗酸化作用は含まれるポリフェノールの量に必ずしも比例しないということが分かる。また、糖度・酸度個々の違いとポリフェノール含有量に関係性は見られなかった。そこで、糖度・酸度と食味の関係を再度文献で調査したところ、りんごの食味は糖度・酸度のどちらかではなく、双方のバランスで決まる（株式会社アタゴ，2017年11月1日アクセス）と分かった。

¹ りんご有りの場合と無しの場合を比較するため、「水のみ」という条件を加えた。

3.3 糖酸比に基づくりんごの食味とポリフェノール含有量の相関

「糖酸比」とは果物の糖度と酸度の比であり、「糖度÷酸度」で表される（白鳥，2005）。甘い，酸っぱいの食味を客観的に表したものである。実験2で行った再文献調査の結果を受け，ここで使用した3種類のりんごの糖酸比を求め，それを再度実験2の結果（ポリフェノール含有量，抗酸化作用）と照らし合わせることにした。今回の実験では酸度の代わりにpHを測定したので，りんごの「糖度とpHの比」を求めることとする。ここで注意しなければならないのが，酸度とpHは関係があるが，考え方が異なるということである。酸度は溶液中の酸の比率，pHは溶液中の水素イオンの濃度を表している。pHが低いほど水溶液中の水素イオン濃度は高く，より酸性の水溶液であると言える。よって，一般にはpHと酸味の強さは相関関係にあると言えるが，対象となる酸が弱酸の場合，必ずしもよく一致するとは言えない。りんごはこの弱酸である。だが，今回調査した十数件のどの参考資料のデータにおいても，りんごの酸度が高ければpHは低く，酸度が低ければpHは高いという関係性が成り立っていたため，それぞれのりんごの正確な「糖酸比」を求めることはできないが，酸度をpHに置き換えて食味を比較することはできると考えた。値を求めると，酸味の強さは「ジョナ>ふじ>王林」となった。これは，ポリフェノール含有量の多さと同じ順である。このことから，りんごは酸味の強いものほどポリフェノール含有量が多いと考えられる。

4. 結 論

最も高い抗酸化能が得られるりんごの食べ方は，酸味の強い青りんご系のりんごを皮ごと食べた場合であり，りんごに含有するポリフェノールの量とその抗酸化作用は必ずしも比例しない。

今回の研究では，食べ物を扱った実験の難しさについてよく考えさせられた。テーマ設定時，過去に自由研究で食べ物を扱った実験を経験した人から，食べ物を扱う実験はやめた方がいいと言われていたが，その真意は実際に自分が実験を行ってみて初めて理解した。りんごを無駄なく使用するために，すりおろす量や余った分をどのようにするかということに加え，当然りんごは切ったまましばらく放置すれば勝手に酸化が始まってしまう。作業を手際よく，要領よく進めなければならなかった。計画性や見通しを持って研究することの大切さとその難しさを同時に痛感した。

参考文献

庄司俊彦（2013）「果実・果汁飲料と機能性成分（4）リンゴと機能性成分ーリンゴポリフェノールの科学ー」食品と容器 缶詰技術研究会 143-149.

白鳥敬（2005）『月刊 基礎知識』2005年10月号 自由国民社.

中村成夫（2013）「活性酸素と抗酸化物質の化学」日医大医会誌，2013;9，164-169.

新村出・ほか編（2008）.『広辞苑』第六版 岩波書店.

「りんごポリフェノールー成分情報 | わかさの秘密」

<<http://www.wakasanohimitsu.jp/sp480/seibun/apple-polyphenol/>>（2017年11月1日アクセス）