

リンゴの褐変を防ぐには

2527 中村晴香 2501 相場響 2514 加藤樹里

リンゴが茶色になる褐変は酵素反応によって起こるため、最適 pH に着目し、家庭調味料で pH を最適 pH から遠ざけることができないかを探るべく実験を行った。シャーレへ濃度 10%の砂糖、塩、酢の水溶液を入れ、ひとつは何も入れないものを作った。それぞれのシャーレにリンゴを入れて溶液に浸し、様子を確認した。結果として酢や塩が最も褐変が進まなかった。このことから、酢や塩は、リンゴの褐変反応の最適 pH から最も遠ざけられる可能性が高いということがわかった。今後は、濃度の違いによって褐変の進みが変わるのかを調べていく。

キーワード：褐変 リンゴ 調味料 pH

1. 目的

本研究の目的は、リンゴを放置していると茶色になる褐変という反応を身近なもので防ぐ方法を明らかにするために、家庭にある調味料に注目し、その中からどれが最も褐変を防ぐことができるのかを明らかにすることである。研究期間内に以下の点を明らかにする。

- ①褐変が一番進む最適 pH から最も遠ざけることのできる調味料は何か。
- ②褐変反応が起きてしまっても美味しく食べることのできる調味料は何か。

2. 実験 1

①目的

この実験では以下の点を明らかにする。

1. 先行研究では、塩水を用いて褐変を防ぐ研究が行われていた。そこで、塩だけでなく他の家庭調味料でも褐変を防げるものがあるのではないかと考え、砂糖、酢を使用して、それが褐変を防げるのかを調べる。
2. 塩、酢、砂糖、純水を用いてどれが最も褐変を防ぐことができるのかを調べる。

②仮説

リンゴの褐変が起こる原因は、リンゴを加工する過程で酵素反応が起こり、酵素が酸化してしまうことである。そこで、pH に着目し、酵素反応が最も活発になる最適 pH から身近にある家庭調味料を使って最適 pH から遠ざけることで褐変を防ぐことができる。

③使用した器具

- ・砂糖 ・食塩 ・酢 ・純水 ・リンゴ
- ・ビーカー ・シャーレ ・タイマー
- ・駒込ピペット ・おろしがね
- ・スプーン (小さじ)



図 1 実験に使用した器具

④研究・実験の手順

1. 純水：溶質＝9：1 の割合である濃度 10%のグラニュー糖水溶液、食塩水、酢水、また、100mL の純水を調製する。
2. 1 の溶液をそれぞれ 25mL ずつ量り取り、シャーレに移す。また、何も入れないシャーレも作っておく。
3. リンゴをすりおろし¹、それぞれのシャーレに 5g ずつ入れて、溶液に浸す。何も入れないシャーレは対照実験としてリンゴのみの褐変の様子を調べる。また、すりおろしたリンゴを少量量り取り、褐変前の pH を計測しておく。
4. 3 分時点から 15 分時点まで 2 分ごとにそれぞれ

れのリンゴの様子を写真で記録する。なお、「褐変が始まった」というのはカラーチャートの#cb9a3e に準ずる色になったらという基準を設けた。

⑤結果

表 1 溶液による褐変の開始時間の違い

表 2 褐変後の各溶液中のリンゴの pH の違い

	酢	砂糖	塩	純水	リンゴのみ	
褐変確認(分)	5	3	3	5	3	
溶液	褐変前	酢	砂糖	塩	純水	リンゴのみ
pH	4	3.75	4.7	3.53	4.52	4.81
差		-0.25	0.7	-0.47	0.52	0.81



図 2 酢 0 分時点



図 3 酢褐変開始



図 4 酢 11 分時点



図 5 酢 15 分時点



図 6 砂糖 0 分時点



図 7 砂糖褐変開始



図 8 砂糖 9 分時点



図 9 砂糖 15 分時点



図 10 塩 0 分時点



図 11 塩褐変開始



図 12 塩 9 分時点



図 13 塩 15 分時点

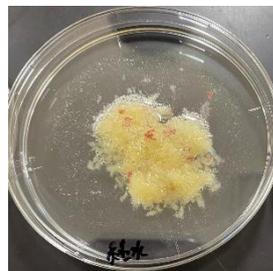


図 14 純水 0 分時点



図 15 純水褐変開始

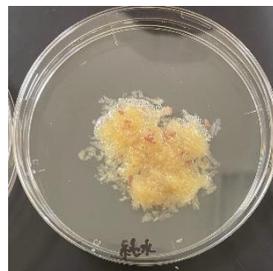


図 16 純水 9 分時点

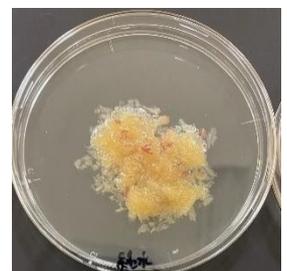


図 17 純水 15 分時点



図 18 リンゴのみ
0 分時点



図 19 リンゴのみ
褐変開始



図 20 リンゴのみ
9分時点



図 21 リンゴのみ
15分時点

上記にあげた図や表から読み取れることとして、最も褐変を防ぐことのできる調味料は酢であることがわかった。図 6~9、図 14~17 より、砂糖や純水は褐変を防ぐ効果が小さいとわかった。図 10~13 より、先行研究の通り塩は褐変を防ぐ効果があるが、酢よりは効果が小さいことがわかった。

また、褐変反応前の pH と褐変反応後の pH の差²より、この結果は確実なものであると言える。

⑥考察

図 2~5、図 6~9 より、酢は褐変を防ぐ効果があると言えるが、砂糖には褐変を防ぐ効果がないと言える。

図 5、9、13、17、21、表 2 より、褐変を防ぐ効果量は次のように表すことができる。

酢>塩>純水≧砂糖>何も施さない

酢と塩は優劣つけがたいものだったが、褐変前との pH の数値の差により、褐変前の pH に近い酢の方が褐変反応を抑えられていると判断した。

褐変反応によって pH が塩基性の方へ近づいた、つまり pH の数値が上がったのは、もともと酸性であるリンゴに含まれている水素イオンが空気中の酸素と結びついたことで消費され、リンゴ内での水素イオン濃度が低下したために pH の数値が上がったと考えられる。

そのため、褐変反応が進んでいる砂糖や純水の溶液に浸したリンゴの pH は数値が上がっている。逆に、褐変反応が抑えられた酢や塩の溶液に浸したリンゴの pH は数値が下がっている。

3. 実験 2

①目的

実験 1 では、身近な家庭調味料でも褐変を防げることがわかり、中でも酢と塩が最も褐変を防げることがわかった。しかし、酢や塩を用いるとなるとジャムなどの調理をしない場合の味の保証はできない。

そこで、美味しくリンゴを食べられるようにリンゴの味に合う調味料に着目してこの実験では以下のことを明らかにする。

1. 一般に、はちみつ漬けにしたリンゴを食べていたり、レモン果汁を用いて褐変を防いだりしている。そのため、はちみつやレモンは褐変を防げるのかを調べる。
2. はちみつやレモンはリンゴと合うのか、また、褐変反応が起きてしまった後でも美味しく食べることができるのか。

②仮説

実験 1 で効果のあった酢と同様に、同じ酸性であるレモンも同じくらい褐変反応を防ぐ効果がある。はちみつは褐変の原因となる酸素がリンゴに触れるのを防ぐため、効果が大きくなる。

また、褐変反応が起きてしまった場合でも味の相互作用が起こり、美味しく食べることができる。

③使用した器具

- ・レモン ・アカシアはちみつ ・リンゴ
- ・ビーカー ・シャーレ ・タイマー
- ・駒込ピペット ・おろしがね
- ・スプーン (小さじ)

④研究・実験の手順

1. レモンを半分に切り、果汁を絞る。
2. レモン果汁を 25mL、はちみつを 5g 量り取り、シャーレに移す。また、何も入れないシャーレも作っておく。
3. リンゴをすりおろし、それぞれのシャーレに 5g ずつ入れて、溶液に浸す。何も入れないシャーレは対照実験としてリンゴのみの褐変の様子を調べる。
4. 3分時点から 15分時点まで 2分ごとにそれ

ぞれのリンゴの様子を写真で記録する。なお、「褐変が始まった」というのはカラーチャートの#cb9a3b に準ずる色になったらという基準を設けた。

⑤結果

表 3 溶液による褐変の開始時間の違い

	レモン果汁	はちみつ	リンゴのみ
褐変確認(分)	3	褐変なし	3

表 4 褐変後の各溶液中のリンゴの pH の違い

溶液	褐変前	レモン果汁	はちみつ	リンゴのみ
pH	4.3	3.16	4.37	4.5
差		-1.14	0.07	0.2



図 22 レモン 0 分時点



図 23 レモン褐変開始

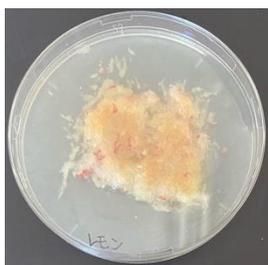


図 24 レモン 9 分時点



図 25 レモン 15 分時点



図 26 はちみつ 0 分時点

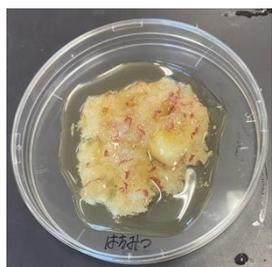


図 27 はちみつ 5 分時点



図 28 はちみつ 9 分時点

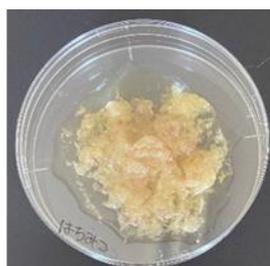


図 29 はちみつ 15 分



図 30 リンゴのみ 0 分時点



図 31 リンゴのみ 褐変開始

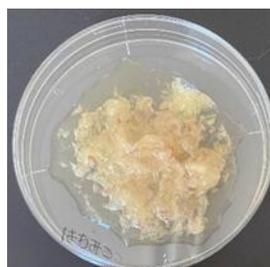


図 32 リンゴのみ 9 分時点



図 33 リンゴのみ 15 分時点

図 22、25 より、レモン果汁は褐変を防ぐ効果はあるが酢や塩よりは効果が低いことがわかる。

図 26、29 より、はちみつは褐変が起こらなかったことがわかる。

味については、美味しいとは感じられなかった。

⑥考察

図 22～29 より、レモン果汁は完全には褐変を防ぐことはできないが、褐変を防ぐ効果がかなり高いことがわかる。

はちみつは、はちみつ自体がリンゴの表面を覆っており、酸素がリンゴに触れられなかったため、褐変が起きなかったと考えられる。

レモン果汁の pH については、レモン果汁に浸したリンゴの pH ではなくレモン果汁の pH になってしまったため、差が大きくなってしまったと考えられる。

味に関しては、味の相互作用が起きるのではなく、浸透圧という現象によってリンゴ内の果汁が外へ染み出し、内部へ溶液が染み込んだため、美味しいとは感じられなかったと考えられる。だが、リンゴのはちみつ漬けや、レモン果汁を加えて煮詰めると美味しくなるため、漬け込む時間が長いほど美味しく食べられると考え

られる。

4. 結論

塩、酢、レモン果汁、はちみつがリンゴの褐変に効果のある調味料である。ただ、pH については pH 計測に問題があると見受けられ、正確な数値が表れていない可能性がある。また、はちみつについては pH とは関係がなく、はちみつがリンゴに触れる酸素を遮断したことが原因だと考えた。

よって、最適 pH から最も遠ざけることのできる調味料は、

酢 > 塩 > レモン > 砂糖 > 純水 > 何も施さない
と結論づけられる。

また、味についてはまだ不確定要素が多いため断言はできないが、リンゴに漬ける時間が長いほど、はちみつやレモンは美味しくなると結論づけられる。

5. 展望

それぞれの溶液の濃度を変化させて、濃度の違いによって褐変の様子がどう変化するかを調べる。

また、リンゴの褐変は酵素反応であるため、酵素の失活を試み、pH とは別の観点で褐変を防ぐ方法を調べる。

6. 謝辞

本研究の遂行にあたり、終始適切な御指導、御鞭撻を賜りました恵那高等学校の生物科熊澤先生、市川先生には深謝いたします。

7. 参考文献、引用文献

「みんなのひろば 植物 Q&A

ポリフェノールオキシターゼとポリフェノール」
一般社団法人 日本植物生理学会

https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.htm
1?id=5683&key=&target=

2025 年 12 月閲覧

¹ リンゴの細胞が破壊されているほど褐変反応がはやく進む。すりおろした方がペティナイフで切るよりも多くの細胞が破壊されるためこの作業を行った。

² 反応前の pH と反応後の pH の差に関しては差の絶対値 $|\Delta \text{pH}|$ を用いた