

## なぜ野菜切断面の変色の色は野菜の種類によって異なるのか？

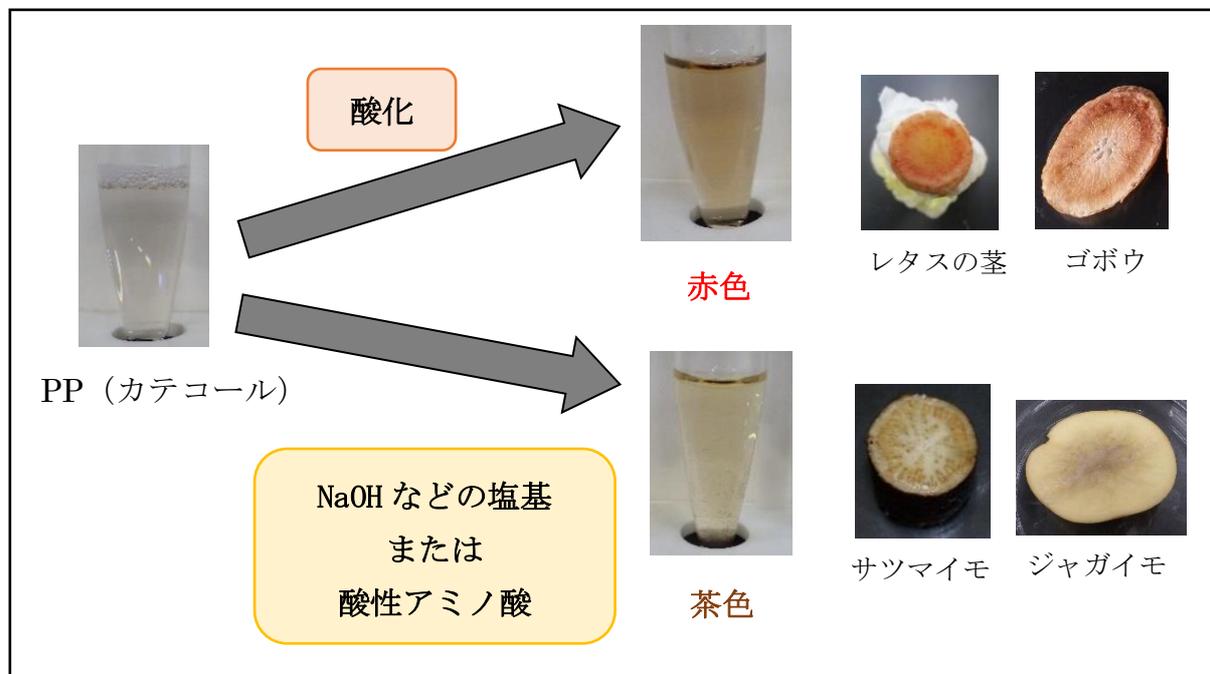
玉川学園高等部

長谷川楓果

指導教員：木内美紀子

### 研究概要

野菜の切断面が、レタスやゴボウのように赤色になるものと、リンゴやジャガイモのように茶色になるものがあることに興味をもった。切断面の変色は、ポリフェノール (PP) の酸化によるものであるが、その他の条件の違いによって変色の色が異なるのではないかと考え、検証した。まず、PP の酸化とは別にメイラード反応が起きる場合に、茶色になりやすくなるのではないかと考え、検証した。その結果、野菜の pH や常温で放置することを考えると、保存中の野菜でメイラード反応は起きないことが分かった。次に、PP の酸化にアミノ酸が関係しているのではないかと考え、検証した。PP (カテコール) に様々なアミノ酸を添加したり、酸塩基を添加して pH を変えたりして放置した。その結果、添加するアミノ酸の種類や pH によってカテコールの変色の色が変わった。カテコール水溶液を放置すると赤色になるが、酸性アミノ酸または塩基性物質を添加して放置すると茶色に変色する傾向が見られた。



## <目的>

私は今まで、野菜切断面の変色原因について研究を行ってきた。いずれも、ポリフェノール(PP)が酸化されるためであることがわかった。一方で、赤色に変色する野菜と茶色に変色する野菜があることに興味を持った。この原因を探るとともに、野菜の変色メカニズムを解明しようと思い、本研究を始めた。

### 【実験1 PPとアミノ酸は別の反応をしているのか】

#### ～野菜切断面でメイラード反応は起こるのか～

PPの酸化とは別にメイラード反応が起きる場合に、茶色になりやすくなるのではないかと考え、検証した。メイラード反応は、糖とアミノ酸の存在下、アルカリ性条件で加熱すると起こるのが一般的である<sup>(1)</sup>。野菜中に糖とアミノ酸は存在するが、pHと温度が野菜を放置する条件と一致していない。そこで、pHと温度を野菜が放置される時の条件に揃え、メイラード反応は起きるのかを確かめた。

方法：①1.0%フルクトース水溶液(糖)と、1.2%グリシン水溶液(アミノ酸)を混合した<sup>(2)</sup>。

②①の混合液に、pH5とpH6に調整した塩酸と、pH10の飽和炭酸ナトリウム水溶液を添加してpHを調整したのち、90℃で30分加熱した(表1)。

③①の混合液に、飽和炭酸ナトリウム水溶液を添加して塩基性にしたのち、温度を変えて放置した(表2)。

結果：表1 pHの影響

	pH5	pH6	pH7	pH10
30分後				
	変色なし			変色○

表2 放置温度の影響(※90℃のみ30分後の様子)

	4℃	室温	40℃	90℃※
6週間後				
	変色×	変色×	変色△	変色○

考察：野菜のpHは主に5~7であるが、そのpHではメイラード反応は起こらなかった。また、一般的に野菜が保存される温度である冷蔵庫の温度(4℃程度)や室温でも検証を行ったが、こちらも反応しなかった。これらの結果から、保存中の野菜では、メイラード反応は起こらないと考えられる。よって、PPとアミノ酸はそれぞれ別の反応を起こしているわけではなく、互いに関与していると推測される。

### 【実験2 PPの酸化にアミノ酸は関係しているのか】

PPの酸化にアミノ酸が関係しているのではないかと考え、検証した。PPとしてカテコールを

用いて、様々なアミノ酸を添加したり、酸塩基を添加して pH を変えたりして放置し、観察した。

方法：①飽和カテコール水溶液に、野菜に含まれるアミノ酸<sup>(3)</sup>を加え、酸素封入後、室温で放置した。

②変色した試料の色を測定するために、それぞれの RGB 値をペイント 3D で読み取り、

HSV 値の H の値を求めた<sup>(4)</sup>。HSV 値の H は、色を色相で表したものである。

<H の値の計算方法<sup>(4)</sup>>

R が最大値の場合 色相  $H=60 \times ((G-B) \div (MAX-MIN))$

G が最大値の場合 色相  $H=60 \times ((B-R) \div (MAX-MIN)) + 120$

R が最大値の場合 色相  $H=60 \times ((R-G) \div (MAX-MIN)) + 240$

3 つとも同じ値の場合 色相  $H=0$

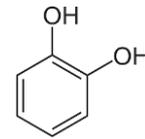


図1 カテコール

結果： 表3 6日後における RGB 値と H 値

添加したアミノ酸	control (カテコールのみ)	アルギニン	アスパラギン酸	グルタミン酸
6日後				
R	143	31	191	163
G	126	20	187	145
B	110	16	162	99
H	29.1	16	51.7	43.1
H から判断した色	赤色	赤色	茶色	茶色

考察：PP にアミノ酸を加えると、赤色に変色するものと茶色に変色するものがあった。H 値は値が小さいほど赤色に近いことを示すため、何も添加していないカテコールのみの場合と塩基性アミノ酸であるアルギニンを加えたものが赤色に変色したことがわかる。このことから、添加するアミノ酸によって変色の色が異なることが分かった。これは、pH による影響ではないかと考えて、実験3で検証した。

### 【実験3 PPの酸化はpHが関係しているのか】

方法：①カテコール水溶液に酸性の水溶液（塩酸、酢酸）や塩基性の水溶液（アンモニア水、水酸化カリウム、水酸化ナトリウム）を加えて、酸素を封入後、室温で放置した。

②7日後の色を、実験2と同様に RGB 値から HSV 値の H の値を求め、判断した。

結果： 表 4 酸・塩基によるカテコールの変色への影響

添加物	HCl	CH <sub>3</sub> COOH	H <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	KOH	NaOH
7日後						
R	131	123	120	136	122	96
G	120	110	101	128	106	80
B	114	100	88	115	82	59
H	21	26	24	37	36	34
色	赤色	赤色	赤色	茶色	茶色	茶色

考察：カテコールに酸（HCl・CH<sub>3</sub>COOH）を加えたものは赤色に、塩基（NH<sub>3</sub>・KOH・NaOH）を加えたものは茶色に変色した。この結果から、実験 2 のアミノ酸の pH と色の関係とは逆の現象が起きていることがわかった。アミノ酸が PP の酸化に及ぼす影響と、酸塩基が PP の酸化に及ぼす影響は、原因が違うのだと考えられる。論文を調べると、カテコールは酸性条件下では酸素と反応しにくいという報告がある<sup>(5)</sup>。そのため、pH が低いと反応が進行しにくく赤色に見え、pH が高いと PP の酸化が促進され茶色になると考えられる。また、別の文献では、加熱状態だとカテコールから生じたキノンがアミノ酸と反応すると考察されている<sup>(6)</sup>。今回の実験では加熱はしていない、また、アミノ酸の違いによる影響については考察されていないため、カテコールとアミノ酸の反応については、更に検討していきたい。

#### <結論>

野菜の変色には、PP とアミノ酸が直接関係している。PP（カテコール）は酸化されると赤くなるが、酸性アミノ酸もしくは塩基性の物質が存在すると茶色に変色する傾向が見られた。pH による影響と、アミノ酸による影響は別の理由だと考えられるため、今後は、そのメカニズムを解明していきたい。

#### <参考文献>

- (1) 木村進・中林敏郎・加藤博通「食品の変色の化学」第 4 章 (2) 兵庫県立宝塚北高等学校 化学部「ホットケーキはなぜ褐色なのか～スクロースのメイラード反応とカラメル化反応に関する研究～」
- (3) 文部科学省「食品成分データベース」<https://fooddb.mext.go.jp/> (4) PEKO STEP「RGB と HSV・HSB の相互変換ツールと変換計算式」<https://www.peko-step.com/tool/hsvrgb.html>
- (5) 大村浩久・尊田民喜・井上浩輔「リンゴ酵素—カテコール系による褐変に対する pH の影響」
- (6) 三谷璋子「ポリフェノール化合物の加熱による褐変反応について（第 1 報）」