

レタスの部位と温度コントロールによる褐変制御

赤坂美咲

要旨

褐変したことで捨てられてしまうレタスを減らすために、レタスの褐変が起こりにくい条件を探した。レタスを攪拌する時間と温度の条件を変えながら褐変の様子を観察した。いヒートショック現象は観察されたが、時間による違いは見られなかった。また、レタスの大きさを統一し、レタスを攪拌する温度、部位、内側の葉か外側の葉か、の条件を変えながら実験した。最も褐変が起こりにくい条件は 50℃で洗った内側の葉に近い部分だった。50℃で褐変が起こりにくかったことからヒートショック現象が観察された。また、内側の葉は外側の葉に比べて空気に触れている時間が短かったことから褐変が起こりにくかったと考えられた。

キーワード レタス、褐変

I. はじめに

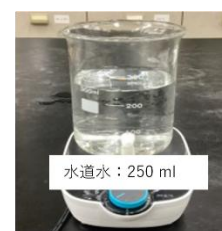
レタスを放置しているとレタスが赤褐色に変色してしまう。これを褐変という。レタスの褐変は、レタスの細胞の中に存在するポリフェノールと、酸化酵素（酸素と結びつける働きをする酵素）であるポリフェノールオキシダーゼが、細胞壁が壊れることによって反応することで起こることが示されている（茨木・平野・鶴・松本,1990）。また、50℃の水で洗う、ヒートショック処理を行うことで褐変を抑制できることが分かっている（村田,2019）。ヒートショック現象とは、熱によって野菜の気候が開き、組織に水分が侵入してみずみずしくなる現象のことである（伊藤,2014）。また、レタスを酢水やレモン水、食塩水につけることで褐変を抑制できることも示されている（野菜科学研究会,2024）。そこで私は、ヒートショック現象が起こる 50℃よりも褐変を抑制するのに適した温度はないのか、pH やビタミンとの関係はあるのか、酢水やレモン水、食塩水で褐変を抑制することができるとしたら、それに適する濃度はどのくらいかを調べた。

レタスが褐変していると、実際には問題なく食べられるのに、見た目が悪い、体に悪そうなどの理由で捨てられてしまうことがおおい現状がある。この研究は食品ロスを減らすことにもつながるのではないかと考えた。

II. 手法

実験 1:温度と時間による変化

約 3 cm 四方のレタスを 30 枚用意する。300mL ビーカーに 250mL の水を入れる。用意したレタスを手の中に入れ、水の温度と時間を変えながら 5 枚ずつスターラーで攪拌した。温度 0℃、25.3℃（水道水の温度）、50℃、時間 30 秒と、温度 0℃、25℃、50℃、時間 1 分で条件を変えてスターラーに入れて攪拌した。それぞれ攪拌した直後にシャーレに入れ、ラップをかけて、冷蔵庫で保存した。その後、午前と午後で一日二回ずつ観察し、褐変しているかを確認した。



条件	
0℃	0.5min
25℃	0.5 min
50℃	0.5 min
0℃	1min
25℃	1 min
50℃	1 min

図 1 実験 1 の様子

実験 2:温度と部位による変化

レタスの一番外側の葉を外側の葉、外側から 4 枚目の葉を内側の葉とする。外側、内側の葉をちぎり、それぞれの葉を縦横 2 cm 間隔に切っていく。切り込みを縦横 4 回ずつ入れ、25 枚に分けた。バットに上が葉の近く、下が茎の近くとなるように切り

抜いたとおりにレタスを並べていった。次に、300mL ビーカーに 250mL の水を入れた。水の温度を 0℃、23.9℃（水道水の温度）、50℃、70℃、100℃と変えながら、1 枚ずつ 1 分間スターラーで攪拌した。バットに図 1 のように並べ、冷蔵庫で保管した。1 日おきに観察し、褐変しているかを確認した。

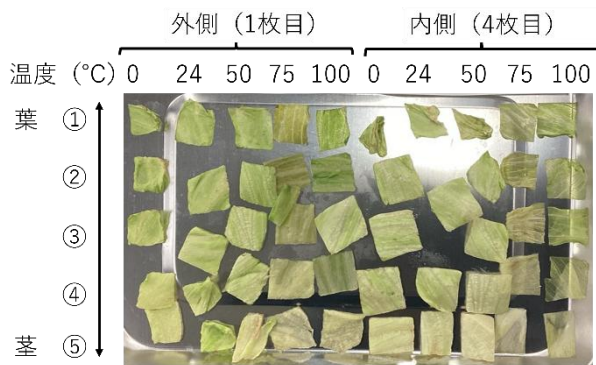


図 2 実験 2 の様子

実験 3：食塩水濃度による変化

実験 2 と同様の切り方でレタスの茎の部分のみを切った。1.0mol/L、 1.0×10^{-1} mol/L、 1.0×10^{-2} mol/L、 1.0×10^{-3} mol/L、 1.0×10^{-4} mol/L、で 23.5℃の食塩水をつくり、それぞれ 3 枚ずつ 1 分間スターラーで攪拌した。シャーレに入れて冷蔵庫で保管し、1 日おきに観察した。

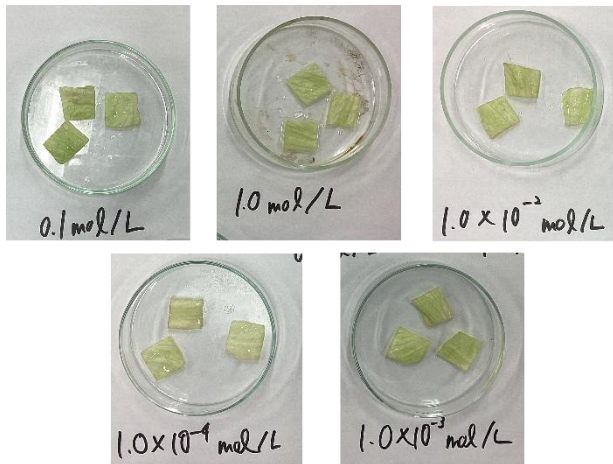


図 3 実験 3 の様子

III. 結果

実験 1: 温度と時間による変化

3 日後に初めて変化が見られた。初めて褐変が見られたのは 0℃で 30 秒、25.3℃で 1 分のものであった (図 3)。3 週間後にはすべて褐変し、汁が出ているものもあった。見た目に関しては 30 秒では 0℃、

25.3℃、50℃の順で褐変が進んでおり、1 分では 50℃、25.3℃、0℃の順で褐変が進んでいた。触感は 30 秒が 50℃、25.3℃、0℃の順で柔らかくなっており、1 分でも 50℃、25.3℃、0℃の順で柔らかくなっていた (図 4)。

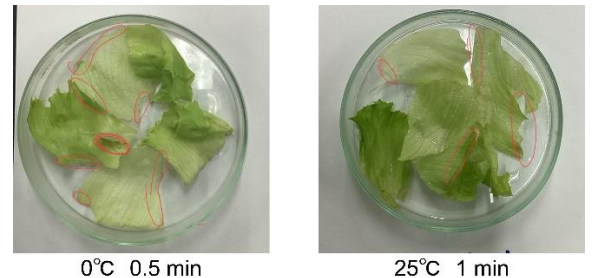


図 4 3 日後のレタスの変化

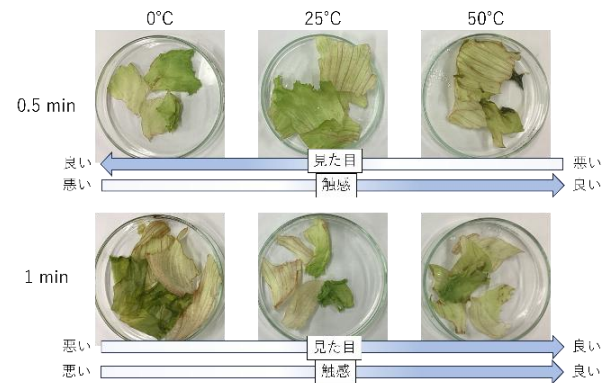


図 5 3 週間後のレタスの様子

また、30 秒 25.3℃と 1 分 25.3℃の条件のものをみると、どちらにおいても茎のほうが葉よりも褐変しやすかった (図 6)。



図 6 30 秒 25.3℃(左)、1 分 25.3℃(右)のレタス

実験 2: 温度と部位による変化

3 週間後のレタスの様子である (図 7)。すべて褐変していた。褐変の進行度は部位や温

度によって違いがみられた。

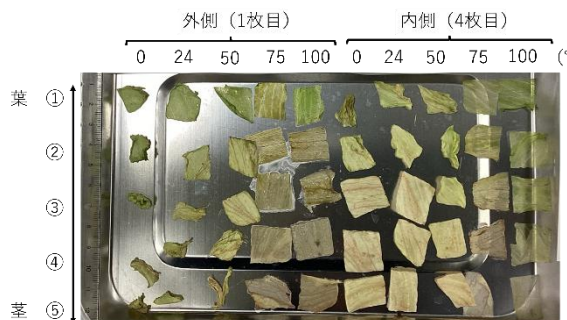


図7 実験2のレタスの様子

2-1) 温度による変化

0℃～75℃で攪拌したものは茎の厚みがあつたが、75℃、100℃で攪拌したものは攪拌直後からレタスが透明で薄くなっていた (図8)。



図8 温度による比較

2-2) 部位による変化



葉に近い①より茎に近い⑤のほうが褐変が進んでいたことから、葉より茎のほうが褐変が起きやすかった (図9)。

図9 部位による比較

2-3) 外側と内側による変化

内側の葉より外側の葉の方が褐変が進んでいることから、外側の葉の方が内側の葉に比べて褐変しやすかった (図10)。



図10 外側と内側による比較

2-4) ヒートショック現象

50℃において一番褐変が起きていなかった。また、触ったときにも50℃の葉が一番硬さが残っていた。よって、ヒートショック現象が起こったといえる (図11)。



図11 ヒートショック現象の確認

実験3: 食塩水の濃度による変化

最も褐変が抑制されたのは $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ で、 $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ 、 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ でもほぼおなじ程度効果が観察された。 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ はほかのものに比べてかなり褐変がすすんでいた。また、 1.0 mol/L でも少し褐変が進んでいた。そのため、食塩水の濃度は $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L} \sim 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ が褐変の抑制に適しているとわかった (図12)。

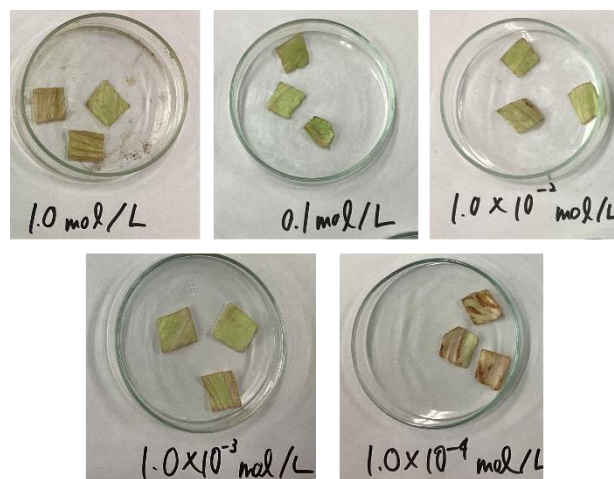


図12 実験3の結果

IV. 考察

本実験では内側の葉の、葉に近い部分を50℃の水で攪拌したものが一番褐変が起きなかった。

外側の葉は売られているときから空気に触れており、実験を行った時点ですでに内側の葉に比べて褐変が進んでいたと考えられる。

また、50℃で一番褐変が進まなかったのはヒートショック現象が起こったからだと考えられる。

さらに、75℃、100℃では攪拌直後からレタスが柔らかくなっており、約 75℃付近でレタスの細胞壁は壊れるのではないかと考えられた。

さらに食塩水の濃度が $1.0 \times 10^{-4} \text{mol/L}$ では濃度が薄すぎたため褐変が進行してしまったと考えられる。1.0mol/L で褐変が進んだ理由についてはこれからまた調べていきたい。

V. 結論

温度については、50℃でヒートショック現象が起きることが観察され、75℃を超えると細胞壁が壊れてしまうことが分かった。

また、レタスの葉に近い部分のほうが茎に近い部分に比べて褐変が進みにくいことがわかったが、なぜ葉のほうが茎に比べて褐変しやすいのかはわかっていないので、これから調べていきたい。

さらに、pH やビタミンとの関係についてもこれから調べていきたい。そこから酢水やレモン水についても考え、家庭でも簡単に実践できるようにしたい。

謝辞

本論文を書くにあたり、終始多大なご指導を賜った木内先生、小柴先生、田島先生に深く御礼申し上げます。

文 献

1. 茨木俊行 平野稔彦 鶴暁子 松本明芳(1990): レタスの切口褐変防止に関する研究 (1)・福岡県農業総合試験場研究報告. B, 園芸・19-22
2. 村田容常 (2007): 酵素的褐変とその制御・化学と生物 Vol.45・403-410
3. 伊藤要子(2014): ヒートショックプロテイン (HSP70) の魅力・日温気物医誌第 77 巻 3 号・223-226
4. 村田容常 (2020): 酵素的褐変ならびにメイラード反応に関する食品化学的研究・お茶の水女子大学基幹研究院自然科学系
5. 池田浩暢 細田浩 岩橋由美子 (2002): タマネギ搾汁液によるカットレタスの褐変阻害機・日本食品保蔵科学会誌 VOL .28・3-8