

ナガイモに含まれるシュウ酸カルシウムの結晶を減少させる加熱温度と時間の関係

班員 大成 逢生、亀 允斗、酒井 優里、真鶴 優輝
担当教諭 小林 広典

キーワード：シュウ酸カルシウム、針状結晶、サフラニン溶液

When the heating temperature and time were varied, crystals were observed in all cells at low temperature. However, at high temperature, no crystals were found in the majority of cells. This is thought to be because the cell walls of the cells containing the crystals were disrupted by the heating and the crystals leaked out. We also believed that this would reduce the impact of the crystals on the skin, thereby reducing itching.

1 はじめに

シュウ酸カルシウム（以下、 CaC_2O_4 とする）は針状の結晶であり、ナガイモでは皮周辺に束となって多く存在している（図1）。ナガイモを食べる際に、口の周りなどに痛みやかゆみが生じる現象は、この結晶が皮膚や粘膜に刺さることによって起きる。この痛みやかゆみを軽減するには、この結晶を無くせばよい。先行研究では、エレファントイヤーの葉と葉柄を85℃で15分加熱した際に、 CaC_2O_4 の結晶が葉や葉柄の外に溶け出し、安全に食べることができると分かっている⁽¹⁾。同じようにするためにナガイモの場合は、何℃、または何分で加熱すれば、 CaC_2O_4 の結晶が減少し、食べる際に生じる痛みやかゆみが軽減するのかを明らかにするため、実験を行った。



図1 CaC_2O_4 の針状結晶

2 実験方法

ナガイモを顕微鏡で見ることができる0.3 mmの厚さに輪切りにした（図2）。そして、1つの細胞に含まれる結晶数を計測するため、サフラニン溶液を用いて細胞壁を染色した（図3）。顕微鏡で結晶を含む細胞を見つけ、1つの細胞に含まれる結晶数を計測した。その後、結晶を含む細胞を観察しやすくするために、その細胞が中央に来るように、ナガイモを1 cm²四方に切り取った。

こうした処理をしたナガイモを5つ用意した（図4）。次に、水を一定温度に維持することができるウォーターバス（BUCHI）で湯煎により加熱した。この際、ナガイモが直接水に触れないように、密閉袋（ジップロック）に入れた（図5）。その後、顕微鏡で加熱前と同じ細胞を見つけ、加熱後の1つの細胞に含まれる結晶数を計測した。

細胞によって含んでいる結晶数が異なるため、絶対数で結果を比較することは困難であった。そのため、結晶がどれだけ減少したかを表す、減少率で結果を示した。

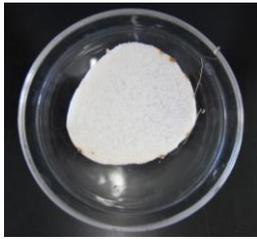


図2 0.3 mmにスライスしたナガイモ



図3 サフランニン溶液

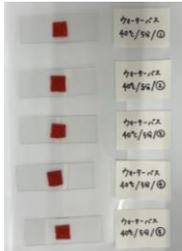


図4 1 cm²に切り取ったナガイモ



図5 密閉袋に入れたナガイモ

3 結果と考察

<実験 I> 加熱温度と時間を変えたときの減少率を調べる

ウォーターバスを用いて、加熱温度を 40 °C、60 °C、80 °C に、また加熱時間を 5 分、10 分、15 分に変化させて加熱した。加熱前後の 1 つの細胞に含まれる結晶数を計測した。

結果

40 °C では、3 つの時間の間で有意差は見られなかった(図 6)。60 °C では、5 分・10 分と、15 分の間で有意差が見られた。80 °C では、細胞内に結晶が見られない細胞が見られた(表 1)。結晶が見つかったものは減少率を算出し、結晶が見つからなかったものは×とした。

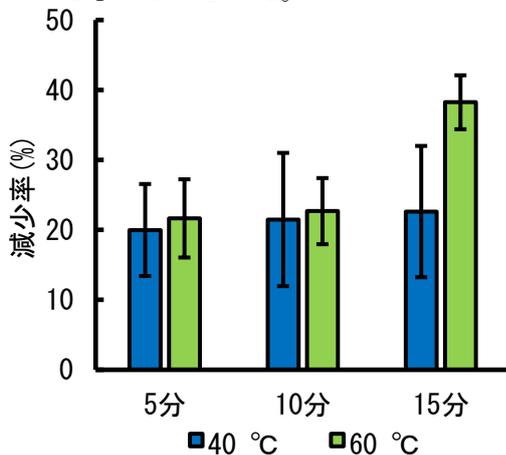


図6 細胞あたりの CaC₂O₄ の減少率 (40 °C・60 °C)

表 1 80 °C での CaC₂O₄ の結晶数の減少率

80 °C	1	2	3	4	5
5 分	37 %	×	×	×	×
10 分	52 %	×	41 %	×	×
15 分	×	×	×	×	×

考察

加熱温度でみると、60 °C の加熱では全ての細胞で結晶が見られ、80 °C の加熱では細胞内に結晶が見られない細胞があった。このことから、70 °C の加熱では全ての細胞で結晶が見られ、80 °C よりさらに高い 90 °C の加熱では、全ての細胞で結晶が見られないと考えた。

また、加熱時間でみると、全ての加熱時間で、加熱温度を上げるにつれ、結晶の減少率が上がる傾向が見られた(図 7、8、9)。このことから、70 °C の加熱では、60 °C の加熱と比べて、全ての加熱時間で結晶の減少率が上がると考えた。

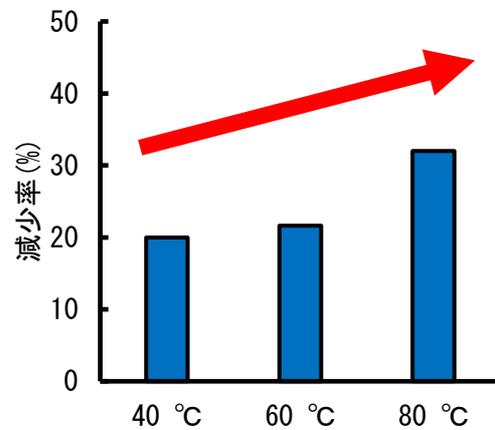


図7 5分加熱した時の細胞あたりの CaC₂O₄ の結晶数の減少率

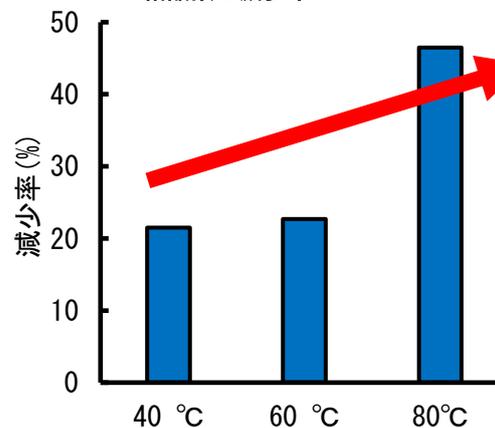


図8 10分加熱した時の細胞あたりの CaC₂O₄ の結晶数の減少率

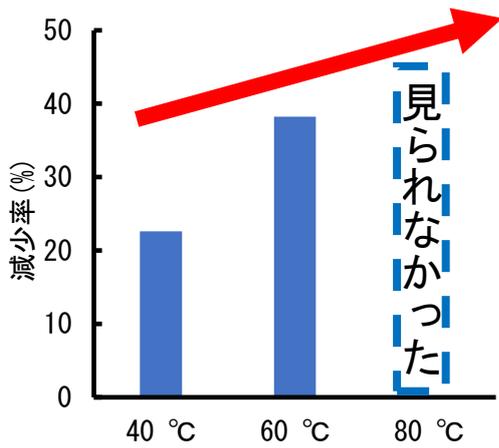


図9 15分加熱した時の細胞当たりのCaC₂O₄の結晶数の減少率

<実験Ⅱ> 80 °C前後の温度で加熱したときの結晶の有無と減少率を調べる

ウォーターバスを用いて、70 °Cと90 °Cでナガイモを加熱し、加熱前後の1つの細胞に含まれる結晶数を計測した。

結果

70 °Cの加熱では、それぞれの減少率は、5分で26 %、10分で34 %、15分で44 %であり、3つの加熱時間の間で有意差が見られた(図10)。また、60 °Cの加熱と比べて、全ての加熱時間で結晶の減少率が上がった。一方90 °Cの加熱では、ほとんどの細胞で、細胞内に結晶が見られなかった(表2)。

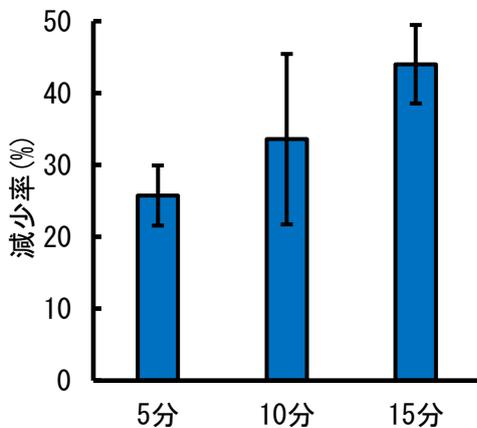


図10 70 °Cでの細胞あたりのCaC₂O₄の結晶数の減少率

表2 90 °CでのCaC₂O₄の結晶数の減少率

90 °C	1	2	3	4	5
5分	×	×	53 %	×	×
10分	×	×	×	×	×
15分	×	×	×	×	×

考察

加熱後に結晶数が減少したり、見られなくなったりしたのは、一定温度以上の加熱によって細胞壁が破壊され、細胞外に結晶が流出したからと考えた。また、その温度は、加熱時間で異なり、90 °Cで完全に結晶が無くならなかった5分の加熱では、90 °Cよりさらに高い温度であり、10分では90 °C以上、15分では80 °C以上であると考えている。

また、ほぼ全ての加熱時間で、加熱時間を長くするにつれ、結晶の減少率が上がったことから、加熱時間が結晶の減少率に影響すると考えられる。

<実験Ⅲ> 加熱後の結晶の行方および加熱前と加熱後のかゆみや痛みの有無を調べる

ナガイモを直接ウォーターバスに入れて、90 °Cで15分加熱し、加熱後のお湯を観察した。また、班員でない複数人の手首の内側に直接加熱前と加熱後のナガイモをつけ、痛みやかゆみが生じたか聞いた。

結果

加熱後のお湯からCaC₂O₄の結晶が観察された(図11)。また、加熱前と加熱後のナガイモを皮膚につけた際、加熱前のかゆみや痛みが生じなかったが、加熱後はかゆみや痛みが感じられなかった。



図11 ナガイモを加熱した後のお湯から観察されたCaC₂O₄の結晶

考察

加熱により、結晶が細胞外だけでなく、ナガイモの外にも流出したと考えた。また、かゆみは、外部からの刺激が、真皮にある免疫細胞に伝わり、放出されたヒスタミンが知覚神経に伝わることで生じる⁽²⁾。また、表皮の厚さは約0.2 mm⁽³⁾、CaC₂O₄の結晶の長さは約0.1 mmであり⁽⁴⁾、結晶の長さは表皮の厚さよりも短い。そのため、結晶が表皮に刺さることで、刺激が間接的に免疫細胞に伝わる。加熱前は、CaC₂O₄の結晶が束のまま集中的に刺さるためその刺激が大きくなり、かゆみが生じると考えた。それに対して加熱後は、流出した結晶が分散して存在するため、加熱前の束の状態と比べて皮膚に与える刺激が小さくなるため、かゆみを感じられなくなると考えた。

4 結論

ナガイモに含まれるCaC₂O₄の結晶の減少率は、加熱温度と加熱時間の双方に影響される傾向がある。そして、結晶を完全になくならせるには、80℃で15分以上の加熱または90℃で10分以上の加熱が必要である。また、結晶を流出させて分散させることにより、結晶が皮膚に刺さっても、加熱前の束の状態と比べて、皮膚に与える刺激が小さくなるため、かゆみを感じづらくなる可能性がある。

5 今後の展望

今回の実験では、加熱前後の結晶数を目視で計測したが、正確な値であるとは言い切れないため、結晶周辺を顕微鏡で撮影し、画像分析ソフトを使用して色別の面積を調べ、より正確な値を出したい。また、短時間の加熱では、加熱温度によってナガイモの粘度はあまり変化しないことが分かっている⁽⁵⁾。そのため、私たちが結論で提示した80℃で15分以上の加熱や90℃で10分以上の

加熱などの、高温で長時間の加熱では、実際に食べてみた時の味や食感の変化や、加熱による栄養分の変化がどのようになるのか調べたい。

6 参考文献

- (1) Kwankhao Cha-um Sirikorn Sangjun, Kunyapon Prawetchayodom, Cattarin Theerawitaya, Rujira Tisarum, Sukanya Klomklaeng and Suriyan Cha-um. Physiological, Organic and Inorganic Biochemical Changes in the Leaves of Elephant Ear (*Colocasia esculenta* Schott var. *aquatillis*). *The Horticulture Journal* 88 (4), 499-506, 2019
- (2) 小林製薬. “かゆみ・かぶれの原因とメカニズム”
<https://www.kobayashi.co.jp/brand/cure/mechanism/> (参照 2022-11-27)
- (3) 花王株式会社. “皮膚(肌)ってどういう構造をしているの?”
https://www.kao.com/jp/binkanhada/skin_01_02/ (参照 2022-11-27)
- (4) What an Interesting World. “チョコちゃん 山芋でかゆいのはなぜ? 対策はどうする?”
<https://tmbi-joho.com/2022/01/21/chiko161-imo/> (参照 2022-04-20)
- (5) カゴメ株式会社. “[山芋や長芋のとろろ] 加熱&冷凍で粘りは変わる?” 2022-11-18
<https://www.kagome.co.jp/vegeday/nutrition/202201/11962/> (参照 2022-11-26)