

# ポップコーンの状態変化における条件の解明とその応用

石川県立金沢泉丘高等学校理数科

池田 恭祐 多橋 夏樹 山岸 由依 山口 彰護 山代 晃聖

## 要旨

「なぜポップコーンが破裂するのか」と疑問に思ったことをきっかけにさまざまな穀類、豆類が状態変化する共通点を調べた結果、硬い皮で覆われていることが分かった。しかし、硬い皮で覆われていないもち米も状態変化したことから、穀類、豆類に含まれているデンプン、特に種類（アミロース、アミロペクチン）とその性質、また含有量に着目し比較実験を行った。その結果、米では、デンプン含有量に対してアミロースの割合が大きいと同じ温度で加熱したときに状態変化しにくいことが分かった。

## 1. 研究背景・目的

R. C. Hosney, K. Zeleznak, A. Abdelrahman (1983) 「Mechanism of popcorn popping」によると、ポップコーンは内部の温度が 177℃、圧力が 10,000hPa で状態変化するとされている。しかしポップコーンが状態変化するしくみについてそれ以上のことはあきらかになっていない。そこで、私たちはポップコーンと同様に状態変化する穀類・豆類の発見を通して、各種子の特徴が状態変化にどのような影響を与えるかを分析した。



図 1 ポップコーン

表 2 温度と状態変化したポップコーンの割合

ポップコーン	大豆	小豆
○	×	×

## 2. 予備実験

### 2-1. 実験方法

卓上 IH 調理器を 80℃、150℃、180℃に設定し、ポップコーンを 10 粒ずつ油で揚げ、状態変化の有無と温度の関係性を調べた。この際、破裂しないものがあったとしても、最大加熱時間は 2 分とした。

### 2-2 実験結果

表 2 のように 80℃では全く状態変化が見られないが、150℃、180℃では状態変化が見られた。また、目視で確認したところ、あきらかに 180℃より 150℃で加熱したときのほうが表面積が大きかった。

### 2-3 考察

ポップコーンの状態変化には最低限必要な温度がある。また、状態変化する際の適温がある。

## 3. 実験 I

### 3-1. 実験方法

ポップコーンを 150℃から 200℃において 10℃刻みに設定した油にポップコーンを 20 粒ずつ入れて揚げ、サンプルを作成した。その中から無作為に 3 粒ずつ選び、それぞれの表面積を株式会社キーエンスの協力を得て、図 4 の 3D スキャナを用いて測定した。

### 3-2 実験結果

図3のように150℃で揚げたポップコーンの表面積が最も大きくなり、200℃で揚げたものが最も小さくなった。

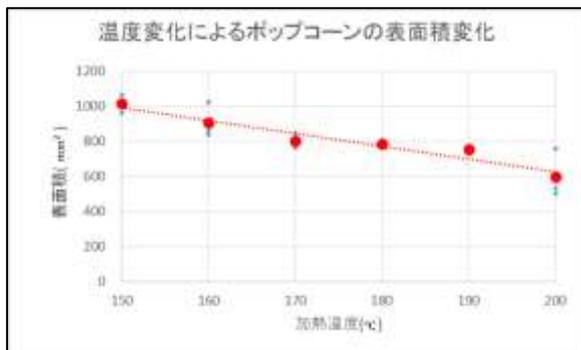


図3 温度とポップコーンの表面積の関係性



図4 3Dスキャナ



図5 測定データの様子

### 3-3 考察

今回の実験で調べた温度でのポップコーンの適温は150℃である。そのためポップコーンの最適温度は150℃以下であると考えられる。

## 4. 実験Ⅱ

### 4-1. 実験方法

実験材料に選んだ穀類・豆類(ポップコーン、玄米、もち米、大麦、ダツタンそば、大豆、小豆)を卓上IH調理器で150℃に設定した油に10粒ずつ入れて揚げ、状態変化の有無を調べた。最大加熱時間は2分とした。

### 4-2. 実験結果

表10のようにポップコーン、玄米、もち米、大麦、ダツタンそばでは状態変化が見られたが、大豆、小豆では見られなかった。また、大豆と小豆は加熱している際に、内部から気体がもれだしている様子が観察された。



図6 玄米



図7 もち米



図8 大麦



図9 ダツタンそば

表10 150℃において状態変化した割合

	ポップコーン	玄米	もち米	大麦
%	100	50	65	75
	ダツタンそば	大豆	小豆	
	60	0	0	

### 4-3. 考察

状態変化が見られたポップコーン、玄米、もち米、大麦は単子葉類、状態変化が見られなかった大豆、小豆は双子葉類である。双子葉類は子葉が分かれた構造であるため、状態変化に必要な内部圧力が十分に得られず、状態変化が見られなかったのではないかと考えられる。その

ため状態変化には内部圧力を十分に高めるための硬い皮が必要だと考えられる。また、状態変化が見られたダツタンそばは双子葉類であるが、ダツタンそばには硬い皮があったため状態変化が見られたと考えている。

## 5. 実験Ⅲ

### 5-1. 実験方法

大豆や小豆に硬い皮の代替として砂糖：水＝1：1 で作ったカラメルで表面をコーティングした。カラメルは少し色がつく程度まで加熱した。それらを 600W の電子レンジで加熱し、状態変化の有無を調べた。なお、この際電子レンジを用いたのは、加熱によって内部圧力が十分に高まる前にコーティングが溶けることを防ぐためである。比較対象としてポップコーンでも同様の実験を行った。

### 5-2. 実験結果

表 12 のようにポップコーン、大豆は破裂が見られたが、小豆は破裂が見られなかった。



図 11

表 12 600W 電子レンジで加熱した時の状態変化の有無

ポップコーン	大豆	小豆
○	×	×

### 5-3. 考察

状態変化には硬い皮の有無が大きく関わっていることが分かった。しかし、小豆で状態変化が見られなかったことから、状態変化には種

子の構造だけでなく、成分も関係しているのではないかと考えられる。

## 6. 実験Ⅳ

### 6-1. 実験方法

表 13 には各種子の成分と状態変化の割合を表し、双方の関係性を見た。

表 13 各種子の成分と 150℃の油に入れたときの状態変化の割合

	ポップコーン	玄米	もち米	大麦
状態変化	100	50	65	75
炭水化物(%)	59.6	71.1	77.2	76.2
脂質(%)	22.8	2.7	1.2	2.1
タンパク質(%)	10.2	10.1	6.4	7
	ダツタンそば	大豆	小豆	
	60	0	0	
	61	29.5	58.7	
	2.8	19.7	2.2	
	10.8	33.8	20.3	

### 6-2. 考察

もち米は硬い皮を持っていないにも関わらず、65%の確率で状態変化をしている。もち米はほかの種と比べて炭水化物の割合が多く、デンプンは 100%アミロペクチンである。従って、アミロースとアミロペクチンの割合が状態変化に関係しているのではないかと考えられる。

## 7. 実験Ⅴ

### 7-1. 実験方法

インディカ米（高アミロース米）を 170℃から 200℃で 10℃刻みに設定した油で揚げ、状態変化の有無を調べた。

### 7-2. 仮説

低アミロース米であるもち米が硬い皮を持たないにも関わらず状態変化したことから、粘性の強いアミロペクチンを多く含むものは状態変化がみられる。そのため、粘性の低いアミロースを多く含むインディカ米は状態変化がみられない。

### 7-3. 実験結果

表 14 のようにより高温で加熱するほど破裂率が増加した。

表 14 温度と状態変化したインディカ米の割合

温度(°C)	170	180	190	200
結果(%)	33.3	26.7	51.7	58.3

### 7-4. 考察

状態変化の有無にデンプンの種類は関係ないと考えられる。しかし、状態変化したインディカ米の割合が加熱温度を上げると増加していったことから 2 種類のデンプンの割合によって状態変化する温度が変わってくると考えられる。

## 8. 今後の課題

本研究から穀類・豆類の状態変化には硬い皮が必要であることが分かった。しかし、状態変化におけるデンプンの必要性についてははっきりとした結果は出せていない。仮実験としてもち米を粉末にしたものやコーンスターチを固めて球形にしたものを油で揚げ、状態変化の有無を調べた。この際、粉を固めるために少量の水を用いた。その結果、明らかな状態変化が見られた。そのためデンプンがあれば状態変化はみられると考えられる。今後の課題としては、上記の仮実験を 2 種類のデンプンに分けて行うほか、2 種類のデンプンと状態変化がみられる加熱温度の関係について調べていきたい。

## 9. 謝辞

本研究では北陸先端科学技術大学院大学の小田和司先生や本校教諭の亀倉由紀子先生をはじめとして多くの先生方、また株式会社キーンエンス様のご指導、ご協力を賜りましたことを一同ここに厚く御礼申し上げます。

## 10. 参考文献

- ・ R. C. Hosney, K. Zeleznak, A. Abdelrahman (1983) 「Mechanism of popcorn popping」 『Journal of Cereal Science』 p43-p52
- ・ Virot E, Ponomarenko A. (2015) 「Popcorn: critical temperature, jump and sound.」 『J. R. Soc. Interface』
- ・ 柘植治人(1991)「ポップコーンなぜ膨化するか」『醸酵工学会誌』第 69 巻、第 2 号
- ・ 日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）