

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：32647

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K13022

研究課題名(和文) 栄養・機能面に配慮した果物アレルギー低減化調理法の提案

研究課題名(英文) Examination of cooking conditions to reduce allergens in fruits considering nutrition and antioxidant properties

研究代表者

赤石 記子(Akaishi, Noriko)

東京家政大学・家政学部・准教授

研究者番号：70459593

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：果物アレルギーの中でもバナナとリンゴは入手しやすく、食する機会が多い。そこで加熱条件を変えて調製したバナナ及びリンゴと加工品としてジャムを調製し、低アレルギー化と抗酸化性に及ぼす影響について検討した。バナナの抗酸化性は、未加熱よりも焼き加熱とオープン加熱で有意に高くなり、リンゴでは加熱することで高くなった。バナナの電気泳動分析の結果、電子レンジ加熱法で全てのバンドが消失しその他の加熱法でもバンドが薄くなり、加熱による低アレルギー化が期待できた。ジャムでは砂糖を添加して加工することで未加熱に比べて電気泳動分析のバンドが薄くなり、特に鍋加熱で高糖度の試料に低アレルギー化の可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

食を取り巻く環境の中で、現在食物アレルギーに悩む人は増加している。幼児期や成人になり新たに発症する食物アレルギーとして果物が挙げられる。果物は加熱により抗原性が低下するものもあると言われているが、実際の加熱温度や共存物質による抗原性や抗酸化性の変化を明らかにすることは、食物アレルギー患者の食物摂取の幅を広げ、食生活を豊かにすることでQOLの向上につながるのではないかと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Among fruit allergies, bananas and apples are easily available and often eaten. Therefore, we made bananas and apples under different cooking conditions, and investigated their effects on hypoallergenicity and antioxidant properties. The antioxidant properties of bananas were significantly higher with baking and oven heating than with unheated. That of apples was high in the heated sample. As a result of SDS-PAGE of bananas, all bands disappeared by the microwave oven heating method, and the bands became lighter by other heating methods, and it was expected that allergens could be reduced by heating. Jam with added sugar had a lighter SDS-PAGE band color than unheated bananas, and there was a possibility that jams with a high sugar content could be reduced to allergens, especially when heated in a pan.

研究分野：調理科学

キーワード：食物アレルギー バナナ リンゴ 加熱温度 低アレルギー化 抗酸化性

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

食を取り巻く環境の中で、現在食物アレルギーに悩む人は増加している。幼児期や成人になり新たに発症する食物アレルギーとして果物が挙げられる。原因食品にはリンゴやバナナ、キウイフルーツ等があり、どれも安価で通年入手しやすく、離乳食や給食での出現頻度が高いものばかりである。果物は加熱により抗原性が低下するものもあると言われているが、バナナやモモは加熱による変化はしにくいと言われている。しかし、これまでの研究では果物の抗原に対して、**80 ~ 100** 程度の加熱条件を与えての変化を見ており、実際の調理では加工品の場合、砂糖や油脂が混合されることが多く、試料温度は **100** 以上になっている。このように実際の加熱温度や共存物質による抗原性の変化を明らかにすることは、果物アレルギー患者の食物摂取の幅を広げ、食生活を豊かにすることで **QOL** の向上につながるのではないかと考えられる。また、加熱調理により栄養素の損失はあるものの、メイラード反応が進むことで機能性(抗酸化性)の向上が期待でき、新たな付加価値を与えることができる。そこで、本研究では加熱条件および副材料を添加した果物の抗原性の変化を追跡し、栄養・機能面に配慮した果物アレルギーを低減化させる調理法を提案することを目的とした。

### 2. 研究の目的

本研究では、種々の調理加工による果物の抗原の変化と機能性面の変化を追跡するため、果物アレルギーの原因食品の中から離乳食や給食でもよく利用されるバナナとリンゴを対象とした。これらの果物は生食の他に菓子類やジャム、ジュースに加工されることが多く、種々の加熱法が施される。加熱により一部の抗原が低下するといわれているが、実際の調理事例に当てはめた報告は少ない。そこで今回は加熱条件を変えて調製したバナナ及びリンゴ試料を対象に、低アレルギー化と抗酸化性に及ぼす影響について検討した。

### 3. 研究の方法

#### (1) バナナ及びリンゴの加熱試料の調製方法

バナナ(フィリピン産)は外皮を除き **5mm** 厚さの輪切りにした。リンゴ(長野県産サンつがる)は外皮を除き **8** 等分し **5mm** 厚さのいちよう切りにした。各々の未加熱(生)を対照に **100g** ずつに分け、菓子類の加熱条件を想定し、フライパンによる板焼き加熱法(中火、両面各 **5** 分)、オープン加熱法(**180**、**20** 分)、蒸し加熱法(中火、**12** 分)、電子レンジ加熱法(**500W**、**4** 分)とした。これら加熱法別試料の重量変化率、糖度、テクスチャー、及び化学発光法による抗酸化能を測定した。また試料中のたんぱく質を抽出し、電気泳動分析による分子量分布から、抗原の変化を比較した。

#### (2) 加工品の調製方法

ジャム加工試料はバナナ(フィリピン産)の外皮を除き **5mm** 厚さの輪切りにした未加熱(生)を対照に、バナナにレモン果汁を加え、砂糖の添加量(**20**、**50**、**80%**)を変えたものをホーロウ鍋と電子レンジで加熱調理した。それらの抗酸化測定、テクスチャー測定、電気泳動分析を行い比較検討した。

#### (3) 測定方法

##### 重量変化率測定

電子秤(タニタ製)にて、加熱前後の重量を測定し、重量変化率を求めた。

##### 糖度測定

手持ち屈折計(ATAGO製)にて、糖度を測定した。

##### 抗酸化測定(化学発光法)

各試料を **5.0g** ずつ **2** セット三角フラスコに採取し、それぞれに純水 **20mL**、**37** の恒温水槽で **30** 分湯浴し、シリジフィルターで抽出した液を測定に供した。ルミテスター **C-100**(キッコマン(株)製)を用いて以下のように実施した。

**40 mM AAPH/0.1 M** リン酸緩衝液(**pH 7.0**)に **0.1 M** リン酸緩衝液または各濃度の試料抽出液をルミチューブに入れて攪拌後、**37** で **2** 分間恒温槽中にて加温処理をした。次にルミノール試薬 **200  $\mu$ L** を添加し、ルミテスターで化学発光値を測定した。コントロールとして **0.1 M** リン酸緩衝液を用いて、試料を原液から順次リン酸緩衝液にて希釈し、コントロールの発光値を **1/2** にする濃度を **IC<sub>50</sub> 値(%)** として求めた。つまりこの **IC<sub>50</sub> 値** が小さい程、抗酸化能が大であることを示している。

##### テクスチャー測定

テクスチャー測定・解析装置(YAMADEN 製 **RHEONER CREEP METER RE2-33005S**)を用いて、各試料の硬さ、付着性及び凝集性を測定した。

##### 電気泳動分析(SDS-PAGE)

試料中のタンパク質を **Minute TM Total Protein Kit for Plant SD-009**(invent **BIOTECHNOLOGIES INC.**)で抽出後、**SDS-PAGE** ゲル(**TEFCO** 製、**8-16%** グラディエントゲル)に各サンプルを分注し、**18mA**、**110** 分の条件で電気泳動を行った。泳動後のゲルを **CBB** 染色した。

#### 4. 研究成果

##### (1) バナナ及びリンゴの加熱条件による影響

果物を使った菓子類を想定し、フライパン加熱、オープン加熱、蒸し加熱、電子レンジ加熱を行い、重量変化率と糖度測定を行った結果を図 1 に示した。重量変化率は生(対照)と比較して、バナナとリンゴ共に焼き加熱、オープン加熱、電子レンジ加熱で顕著に減少し、蒸し加熱は大きな変化はなかった。糖度測定の結果、すべての調理法で生(対照)と比べて糖度は上昇し、特にオープン加熱で糖度の上昇が大きかった。重量減少が大きいほど糖度が高く、甘みが凝縮されたことが考えられた。

抗酸化測定の結果を表 1 に示した。表中の数値は IC<sub>50</sub> 値を示し、この値が小さいほど抗酸化性が高いことを示している。バナナでは焼き加熱、オープン加熱を行うことによって、生(対照)よりも IC<sub>50</sub> 値が低下し、抗酸化性は有意に上昇した。メイラード反応で生じるメラノイジンは抗酸化物質としても知られており、焼き加熱とオープン加熱では加熱により生じたメラノイジンによる影響が考えられた。蒸し加熱と電子レンジ加熱では抗酸化性に差は認められなかった。その理由として、バナナの抗酸化物質は -カロテンをはじめ、ビタミン A、ケルセチン、-クリプトキサンチンと脂溶性ビタミンが知られている。脂溶性ビタミンは比較的熱に強いことが知られているので、その他調理法でも抗酸化性が減少することがなかったと推測した。

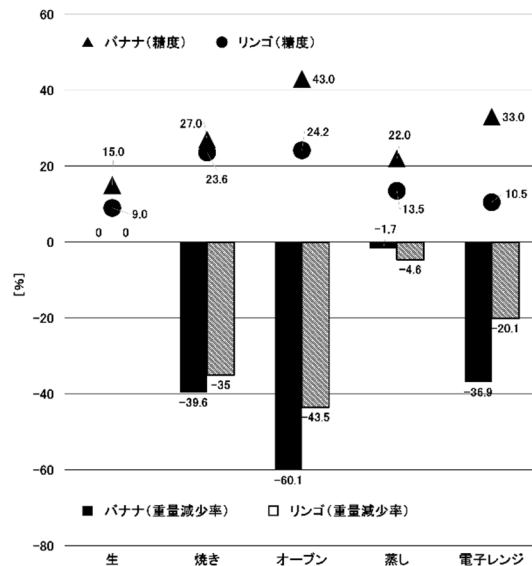


図 1 加熱条件の異なる果物の重量変化率と糖度

表 1 加熱条件の異なる果物の抗酸化性

	生(対照)	焼き	オープン	蒸し	電子レンジ
バナナ	<b>0.49 ± 0.19</b>	<b>0.16 ± 0.12*</b>	<b>0.05 ± 0.04*</b>	<b>0.45 ± 0.23</b>	<b>0.31 ± 0.10</b>
リンゴ	<b>1.03 ± 0.29</b>	<b>0.20 ± 0.04***</b>	<b>0.14 ± 0.05***</b>	<b>0.22 ± 0.08***</b>	<b>0.17 ± 0.05***</b>

n=3-7 基準(生)との間に有意差あり、\*:  $p < 0.05$  \*\*\*:  $p < 0.001$

リンゴでは生(対照)よりもすべての加熱方法で抗酸化性が有意に上昇した。リンゴに含まれるポリフェノールには抗酸化作用があることが知られており、生(対照)では、リンゴを切った際にポリフェノールオキシターゼによりポリフェノールが酸化され、抗酸化性が低下したと予想される一方、焼き加熱、オープン加熱、蒸し加熱、電子レンジ加熱では、加熱調理によりポリフェノールオキシターゼが失活したため、生(対照)と比較して抗酸化性が上昇したと考えられた。また、メイラード反応で生じるメラノイジンにより、焼き加熱とオープン加熱ではさらに抗酸化性が高くなったと考えられた。特にオープン加熱では、加熱時間が長くメイラード反応が進んだため、最も抗酸化性が上昇したと考えられた。

口腔アレルギーにおいては口腔内での果物の広がり方や残存が発症の程度に影響すると推測されるので、テクスチャー測定を行った。結果では、バナナはオープン加熱で有意にかたさ応力が高くなったが、他の加熱条件では生(対照)との有意差はなかった。しかし、いずれの加熱方法も凝集性および付着性が上昇したため、加熱をすることにより粘りや口腔内でのまとまりが生じるものと推測される。リンゴではすべての加熱法でかたさ応力が生(対照)よりも有意に低下した。凝集性はオープン加熱、蒸し加熱、電子レンジ加熱で有意に高くなった。付着性はオープン加熱、蒸し加熱、電子レンジ加熱で有意に低下した。実際に食べてみるとオープン加熱、蒸し加熱、電子レンジ加熱では、咀嚼時に生(対照)と比較して、口の中に残る感じが少ないように感じた。各調理法の中で焼き加熱が最も生(対照)のリンゴに近い触感であることが考えられた。

バナナの電気泳動分析の結果を図 2 に示した。加熱を行うことでいずれのバンドも生(対照)よりも薄くなった。写真では見にくいですが、焼き加熱、オープン加熱の 50kDa、焼き加熱、オープン加熱、蒸し加熱の 20kDa、蒸し加熱の 15kDa に薄くバンドが検出された。20kDa はタウマチン様タンパク質で、これはバナナのアレルゲンの一つである。このたんぱく質が加熱により

減少していることが推測された。**30kDa** 付近のキチナーゼ、グルカナーゼもアレルゲンであるが、これらはほぼ検出されず、加熱により低減化された可能性が推測された。特に電子レンジ加熱では、バンドがほぼ検出できず、マイクロ波によるアレルゲンの低減化が期待できた。

リンゴの電気泳動分析を同様に行った結果、リンゴのアレルゲンタンパク質であると考えられる **32kDa** 付近、**17kDa** 付近のバンドが、生、焼き加熱、電子レンジ加熱では薄く確認され、オープン加熱、蒸し加熱ではバンドはほぼ確認できなかった。リンゴでは特にオープン加熱、蒸し加熱での加熱が低アレルゲン化には有効であると予想された。これらの調理法は焼き加熱、電子レンジ加熱に比べ加熱時間が長かったため、加熱によるタンパク質の構造変化がより大きかったと考えられた。

## (2)加工品への影響

バナナを使ったジャムを想定し、バナナにレモン果汁と砂糖を添加し、鍋加熱、電子レンジ加熱で作成した。砂糖が入ることで試料中の温度は **100** 以上になることが予想され、バナナのアレルゲンへの影響が期待できる。抗酸化測定の結果、生よりもジャムに加工することで抗酸化性が高くなる傾向がみられた。砂糖の添加濃度や加熱法による差は見られなかった。

生(対照)バナナと各調理後のバナナジャムにおけるテクスチャー測定を行った結果、鍋加熱、電子レンジ加熱ともに有意に硬さ応力が低下し、柔らかくなっていった。野菜や果実の細胞壁は多量のペクチン質を含んでいるが、調理の際に加熱すると、このペクチン質が分解、または溶解するため細胞間の結合が失われ、組織が軟化することが知られているので、調理後のバナナの硬さ応力の低下もこれによるものだと考えられた。また、凝集性や付着性は加工することで高くなり、口腔内でのまとまりがあり、粘着きのあるテクスチャーと推察される。

電気泳動分析ではいずれのジャムもバンドが薄くなり、特に鍋加熱で高糖度の試料に低アレルゲン化の可能性が示唆された。高糖度では試料温度が低糖度に比べると高温になりやすく、また鍋加熱では電子レンジ加熱に比べると加熱時間が長くなるため、より低アレルゲン化が進んだことが推察された。

果物における低アレルゲン化には、高温で加熱時間が長い方法が抗酸化性などの面から有効であると推測された。今後は、果物アレルギー患者の血清などを用いて、実際にアレルギー反応がどの程度低下しているのかを検討していく必要がある。

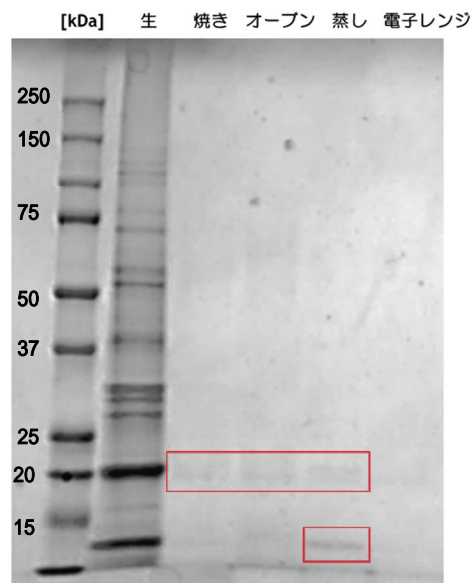


図2 加熱条件の異なるバナナの SDS-PAGE

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 赤石記子 織部真由 畔上ほのか 長尾慶子
2. 発表標題 リンゴの低アレルギー化と抗酸化性に及ぼす調理条件の検討
3. 学会等名 日本調理科学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤石記子、太田菜、長尾慶子
2. 発表標題 バナナの低アレルギー化と抗酸化性に及ぼす調理条件の影響
3. 学会等名 日本調理科学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------