

令和 5 年 5 月 10 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K02363

研究課題名（和文）クッキングアップルの果肉熱崩壊性メカニズムの解明～新たなリンゴ消費作出のために～

研究課題名（英文）Elucidation of the flesh breakdown mechanism by short time heating of cooking apple - For new apple consumption creation

研究代表者

松本 和浩（Matsumoto, Kazuhiro）

静岡大学・農学部・教授

研究者番号：60508703

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：‘ブラムリー’をはじめ、加熱崩壊性を有するcooking appleが広く世界で消費されているが、その熱崩壊のメカニズムは不明である。本研究では、生果の果肉硬度が同等の‘ブラムリー’と生食用品種を比較した場合、加熱後の果肉硬度は‘ブラムリー’で著しく低いことを確認した。‘ブラムリー’の加熱に伴う細胞壁組成および分子量分布の変化を見ると、セルロースおよびヘミセルロース含量が著しく減少し、水可溶性ペクチンが著しく増大した。また、Na₂CO₃可溶性ペクチンの低分子化が見られた。このように、‘ブラムリー’は、細胞壁の骨格部位が可溶化・低分子化することがの熱崩壊性を示す要因であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により‘ブラムリー’が有する果肉の熱崩壊性のメカニズムが解明された。日本をはじめ世界でも消費の中心は生食であるため熱崩壊性に着目した育種は行われてこなかった。しかし、本研究結果により、新たに熱崩壊性を目標にした育種にも道が開かれる。近年の食の多様化や健康ブームの状況を鑑みると、熱崩壊性を有するリンゴ品種が作出されれば、その主要は確実に高まり、減少傾向にあるリンゴの消費量の拡大にもつながる新たな消費が生まれるものと考えられる。さらに、調理学分野の研究と合わせて、最適な調理の方法も明らかになれば、クッキングアップルの文化が世界中に広がり、豊かで健康な人間生活が営まれるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Cooking apples with heat flesh breakdown properties, such as cultivar ‘Bramley’s Seedling’ is widely consumed around the world. However, the mechanism underlying thermal disintegration remains unknown. Initially, the firmness of ‘Bramley’s Seedling’ was the same as that of non-breakdown cultivars in flesh; however, after heat treatment, the firmness was significantly lower. After heating, a significant difference in cell wall material contents was found between the ‘Bramley’s Seedling’ and the other cultivars. In ‘Bramley’s Seedling’, cellulose and hemicellulose contents were remarkably decreased, and water-soluble pectin was increased. In addition, the gel-filtration pectin of Na₂CO₃ soluble fraction showed depolymerization. Thus, the mechanism of the heat breakdown properties, especially in ‘Bramley’s Seedling’ was attributed to the solubilization and low molecular weight of the cell wall structure.

研究分野：園芸学

キーワード：細胞壁成分 ペクチン 細胞骨格 調理用 ブラムリー 新品種 テクスチャー分析 ジャム

1. 研究開始当初の背景

リンゴの消費形態は、主に生食用、加工用、調理用の3種類であるが、日本における消費の中心は、生食用である。一方、イギリスのように、cooking apple と呼ばれる調理用リンゴが消費の中心を占める国もあり、食の国際化の流れの中で、日本でも調理用リンゴの需要が高まっている。cooking apple を代表する品種としては、



第1図 熱崩壊性品種‘ブラムリー’(向かって左)および非熱崩壊性品種‘ふじ’(同右)の加熱果肉

イギリス原産の‘ブラムリー’が挙げられる。‘ブラムリー’は短時間の加熱でジャムのように煮溶けるいわゆる熱崩壊性を有する(第1図)。このような品種は、調理にかかる加熱時間が短時間であることから、風味を逃がすことなく利用可能である。そのため、日本の一部のパティシエらの間では、‘ブラムリー’以外のリンゴ品種についても熱崩壊性程度の違いや、最適な調理方法を模索する動きが見られる。リンゴ果肉の加熱に伴う構造変化に関する研究は、ペクチンの水可溶性画分の増加を報告した淵上ら(2008年)の研究がある。しかし、淵上らが用いた‘ふじ’は、熱崩壊性を有しない品種であり、熱崩壊性を有する品種が、加熱を伴いいかなる細胞壁組成の変化を起こすかについては不明であり、基礎的知見収集が求められている。

2. 研究の目的

リンゴ品種の熱崩壊性の難易を決定する要因について、熱崩壊性品種‘ブラムリー’と非熱崩壊性品種の加熱に伴う細胞壁組成の変化の差異を比較することにより明らかにする。

3. 研究の方法

実験には、熱崩壊性品種‘ブラムリー’および非熱崩壊性品種‘ふじ’、‘東光’、‘トキ’の計4品種を供試した。商業的収穫適期に収穫した各品種の果実を用い、生果実の果実品質の測定、加熱果肉の崩壊性評価、生果および加熱果肉の構造の視覚的・化学的比較の3種の実験を行った。

果実品質の測定

各品種の果実品質の基本的な項目について、果実径、新鮮重、果皮色、デンプン反応、糖酸度、果肉硬度、エチレン生成量を測定した。

加熱果肉の崩壊性評価

果肉の加熱は、オートクレーブにより行い、熱崩壊性の差異が発揮されやすい加熱条件である105℃3分で行った。熱崩壊性程度の評価は、加熱果肉を用いたテクスチャー分析を行い、最大硬度、粘着力、凝集性、付着性、弾力性、ガム性および咀嚼性の7項目を評価した。

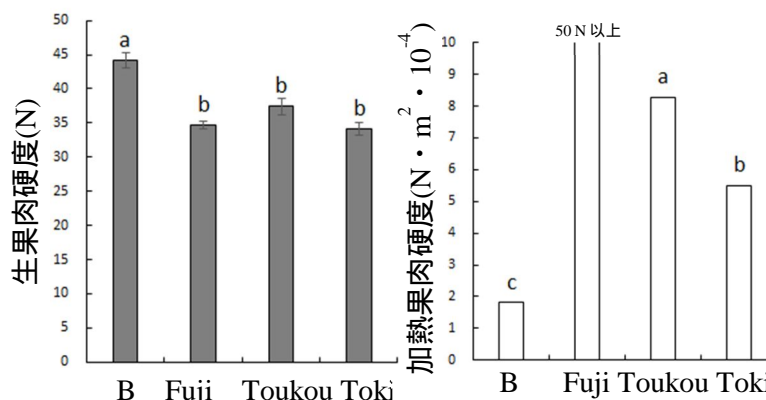
構造の視覚的、化学的比較

生果および加熱果の果肉について電子顕微鏡を用い、細胞の形態を観察した。また、細胞壁の化学的比較については、生果および加熱果の果肉のペクチン、ヘミセルロース、セルロースの含量を明らかにすることにより組成を推定した。細胞壁成分の定量には、各サンプルの果肉から抽出したエタノール不溶性画分(EIS)を用いた。ペクチンは、水可溶性画分、EDTA可溶性画分、Na₂CO₃可溶性画分を抽出した。ヘミセルロースも同様に、4%KOH可溶性画分、24%可溶性画分を抽出し、残渣をセルロースとして定量した。さらに、ゲル濾過クロマトグラフィーにより分子量分布を測定し、加熱処理にともなう各細胞壁成分の低分子化度の品種間差異を明らかにした。

4. 研究成果

生果肉の硬度は、熱崩壊性の有無に関わらず全ての品種で同程度であった(第2図)。果実径、新鮮重、果皮色、デンプン反応、糖酸度、エチレン生成量は各品種固有の値を示した。

加熱に伴い、いずれの品種とも、果肉の軟化が見られた。ただし、テクスチャー分析によると、加熱果肉の硬度は熱崩壊性品種‘ブラムリー’での



第2図 各品種の生果肉および加熱果肉の硬度の品種間差異

‘B’は‘ブラムリー’を示す。表中の異なる英文字は Tukey-Kramer の HSD テストにより5%水準で有意差があることを示す。

み、著しく低い値を示した(第2図)。さらに、'ブラムリー'の加熱果肉は、他品種と比較し、高い粘着性を有することも明らかとなった。

熱崩壊性品種'ブラムリー'は、生果肉の細胞径にばらつきが見られ、直径が大きな細胞も観察された。一方、非熱崩壊性品種は、生果肉の細胞径に大きなばらつきがなく、均一であった。加熱果肉を顕微鏡観察すると、'ブラムリー'は、細胞の崩壊により一つの細胞を識別することが困難であったが、非熱崩壊性品種は、細胞の変形が見られたものの、球形を維持していた。

加熱に伴う細胞壁組成の変化に着目すると、熱崩壊性品種、非熱崩壊性品種ともに細胞骨格であるセルロース画分、抽出されやすいヘミセルロースである4%KOH可溶性画分の減少が見られた。また、細胞壁の充填物質であるペクチンのうち、 Na_2CO_3 可溶性画分およびEDTA可溶性画分は減少し、水可溶性画分は増加した。熱崩壊性品種'ブラムリー'について、特徴的な変化を見ると、以下の3つの特徴が見られた。加熱に伴うセルロース含量の減少程度が顕著であり、生果肉の50%程度となった。ヘミセルロースのうち4%KOH可溶性画分のみならず細胞骨格を担う24%可溶性画分においても減少が見られた。水可溶性画分のペクチン含量の増加割合が著しく、生果肉の420%程度となった。

さらに、熱崩壊性品種'ブラムリー'は、非熱崩壊性品種で観察されなかったペクチンの Na_2CO_3 可溶性画分における加熱に伴う低分子化が確認された。

このように、'ブラムリー'は、加熱に伴いセルロースおよび、セルロースに強固に結びつき抽出されにくい24%KOH可溶性画分のヘミセルロースが分解され、さらには、ペクチンの分解が進むとともにペクチンの中でも最も抽出されにくい Na_2CO_3 可溶性画分のペクチンが低分子化されることが明らかとなり、これが'ブラムリー'が熱崩壊性を有する要因と考えられた。つまり、リンゴ品種の熱崩壊性の難易は、細胞の骨格部位の分解程度と細胞壁の充填物質の分断程度の大小が影響し、決定されるものと考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 中込光穂・松本和浩	4. 巻 24
2. 論文標題 実物に触れる大切さ - くだもの多様性を学ぶリンゴ展示を開催して	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 静岡大学キャンパスミュージアム ニュースレター	6. 最初と最後の頁 4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中込光穂・藤田知道・佐藤早希・林田大志・松本和浩
2. 発表標題 リンゴ品種 'Bramley's Seedling' の熱崩壊性はペクチンのみならずヘミセルロース，セルロースの分解による
3. 学会等名 日本園芸学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中込光穂、松本和浩
2. 発表標題 いい暮らしって何だろう？～50種類のリンゴと庭の果樹から考える中山間地の未来
3. 学会等名 静岡大学農学部公開講座
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中込光穂、松本和浩
2. 発表標題 様々な角度からくだもの魅力を伝えよう！～リンゴとナシとカキ編～
3. 学会等名 (株) 田子重 くだもの勉強会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中込光穂・松本和浩
2. 発表標題 リンゴ多様性展示会
3. 学会等名 静岡大学キャンパスミュージアム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本和浩、中込光穂
2. 発表標題 リンゴの多様性の新しい流れ 園芸と民藝の共通点，愛おしさとは？
3. 学会等名 静岡大学公開講座
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中込光穂、松本和浩
2. 発表標題 クッキングアップルブラムリーとは？
3. 学会等名 静岡大学公開講座
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾城一恵・中込光穂・藤田知道・佐藤早希・林田大志・松本和浩
2. 発表標題 テクチャー分析によるリンゴ果肉の熱崩壊性の評価
3. 学会等名 園芸学科春季大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Bramley 's Seedling
<https://applesandpeople.org.uk/stories/bramley/>

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
---------	---------