

# 福島県産果実の品質・加工適性評価（第3報）

## Evaluation of characteristics and aptitude for processing of fruits made in Fukushima prefecture

会津若松技術支援センター 醸造・食品科 馬淵志奈 小野和広  
農業総合センター 生産環境部 流通加工科 古川鞠子 横田和子 石川万里那

県産果実の利用促進のために福島県産リンゴの品種特性や加工適性について明らかにすることを目標とし、福島県オリジナル品種を含むリンゴ8品種について原料果の褐変特性やジュース長期保存時の色調及び成分変化、ソリッドパック加工後の色調及び物性変化を調査した。「福島8号」を除く7品種については、原料果のクロロゲン酸含有量と初期褐変速度との間に正の相関があることが確認された。また、ジュースの長期保存試験では温度や光照射の有無が色調及びポリフェノール量の変化に及ぼす影響について明らかにした。

**Key words:** リンゴ、ポリフェノール、褐変、水溶性ペクチン、混濁ジュース、ジャム、ソリッドパック

## 1. 緒言

本県では果実の生産が盛んであり、一般品種に加え福島県オリジナル品種の育成も進められている。また、地元農産物を利用した加工品開発も活発であり、その中でもリンゴは加工用途が幅広く様々な加工品が作り出されている。他県ではリンゴの品種ごとに加工適性が報告されており<sup>1) 2)</sup>、食品製造業者が果実加工品を開発する際の一助となっている。しかし、福島県内で栽培されるリンゴについて、品種特性や加工適性を詳細に調査した事例は少ない。また、同一の品種であっても産地が異なると成分等の特徴も変化する場合があり、他県で得られた知見が本県産の果実に必ずしも適用できるとは言えない。

更に近年、生鮮のリンゴとしては初の機能性表示食品が発売され注目を集めている<sup>3)</sup>。県産果実の機能性に関する知見は、生産者に対するPRや生鮮及び加工品の高付加価値化への活用が期待される。

本研究では、リンゴの福島県オリジナル品種や県内で多く栽培されている品種を中心に含有成分や物性、機能性といった特徴を明らかにし、加工適性を総合的に評価することを目標とした。本報では、原料果の褐変特性やジュースの保存条件の違いが色調及びポリフェノール含有量の変化に及ぼす影響を調査した。また、ソリッドパックについては、果肉を真空包装するときの真空率の違いが加工後の色調及び物性の変化に及ぼす影響を明らかにした。

## 2. 実験

### 2. 1. 供試材料

ジュースの長期保存試験は令和2年11月11日に収穫された「ふじ」を使用した。それ以外の試験は令和3年度に収穫されたリンゴを使用し、調査品種は収穫日の早い順に「リンゴ福島8号（収穫日9月9日、以下福島8号と記載）」、「紅玉（同9月28日）」、

「会津のほっぺ（同10月5日）」、「リンゴ福島7号（同10月5日、以下福島7号と記載）」、「シナノスイート（同10月6日）」、「王林（同10月21日）」、「ふじ（同12月3日）」、「べにこはく（同12月3日）」の8品種とした。このうち「会津のほっぺ」、「べにこはく」は福島県オリジナル品種で、「福島8号」、「福島7号」は福島県が育成した品種登録検討系統である。なお、「福島8号」は原料果の調査のみ実施した。

いずれも福島県農業総合センター果樹研究所にて収穫されたリンゴであり、収穫後は1[°C]で貯蔵し1週間以内に分析の前処理及び加工を行った。

### 2. 2. 加工品の加工方法

#### 2. 2. 1. ジュース

剥皮・除芯した「ふじ」の果肉をジューサー(EJ-CP10A、シャープ(株))で搾汁し、原料の重量に対して0.1[%]のアスコルビン酸を搾汁液に加えた。搾汁液は鍋で85[°C]達温から15分間加熱して酵素を失活させ、瓶に入れて更に85[°C]、15分間加熱し殺菌した。

#### 2. 2. 2. ソリッドパック

剥皮・除芯した果肉を8等分し、真空包装機(HPS-300A-G、ホシザキ電機(株))で真空包装してスチームコンベクションオーブン(TSCO-4EBN3、タニコー(株))で90[°C]、20分間加熱した。真空率は95.0[%]又は99.9[%]とした。

### 2. 3. 原料果の調査

#### 2. 3. 1. クロロゲン酸

細断した果肉を電子レンジで60秒間加熱し、80[%] MeOHを加えてホモジナイザー(PT3100、KINAMATICA)で破碎した後、卓上遠心機(H-19FMR、(株)コクサン)で3000[rpm]、10分間遠心分離した。得られた上清を適宜希釈した後、高速液体クロマトグラフ(CM5000、(株)日立ハイテクサイエンス)で測定した。

## 2. 3. 2. PPO (ポリフェノール酸化酵素) 活性

4[mM] クロロゲン酸に原料果から抽出した粗酵素液を加えて 30[°C] で 5 分間反応させ、マイクロプレートリーダー (MQX200、BioTek) を用いて測定し、325[nm] の吸光度の減少分を PPO 活性とした。

## 2. 3. 3. 褐変特性

すりおろした果肉を直ちに測定用のセルに詰め、測色色差計 (ZE-2000、日本電色工業 (株)) で  $L^*$  値、 $a^*$  値、 $b^*$  値を経時的に測定し、各測定点において測定開始時からの色差  $\Delta E$  を算出した ( $\Delta E = \sqrt{(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2}$ )。測定時の室温及び品温は 25[°C] に統一し、測定開始直後の 20 秒間における  $\Delta E$  の傾きを初期褐変速度 [ $\Delta E/\text{min}$ ] とした。

また、褐変特性に影響を及ぼす要素を明らかにするため、初期褐変速度とクロロゲン酸並びに PPO 活性との関係を調べた。

## 2. 4. 加工品の調査

### 2. 4. 1. ジュース

ジュースの長期保存時において、温度や光照射の有無といった保存条件の違いが色調及びポリフェノール (クロロゲン酸、プロシアニジン類) 含有量の変化に及ぼす影響を調査した。

2. 2. 1. で加工したジュースを人工気象器 (LPH-410N、(株) 日本医気器械製作所) に入れて保存した。人工気象器のライトは常時点灯し (照度約 6000[Lux])、温度は 5[°C] 又は 25[°C] に設定した。このとき一部の瓶をアルミホイルで被覆することで、5[°C] 遮光、5[°C] 明所、25[°C] 遮光、25[°C] 明所の 4 つの区を設けた。サンプリングは、加工直後、保存 8 週間後、保存 16 週間後、保存 24 週間後の計 4 回行った。

色調については、測色色差計で  $L^*$  値、 $a^*$  値、 $b^*$  値を測定して、加工直後からの色差  $\Delta E$  を算出した。また、保存 24 週間後のサンプルについては外観を比較した。

クロロゲン酸含有量は、サンプリングした試料を 2.

3. 1. で記載した抽出溶媒で適宜希釈して同様の方法で測定した。

プロシアニジン類含有量は、りんごの機能性表示食品の開発と届け出作業マニュアル<sup>4)</sup>に記載されているプロシアニジン量の分析法を参考とし、溶媒 (アセトン:水:酢酸=70:29.5:0.5) で適宜希釈して高速液体クロマトグラフ (LC-4000、日本分光 (株)) で測定した。

### 2. 4. 2. ソリッドパック

2. 2. 2. で調製したソリッドパックを用いて、真空包装時の真空率の違いが加工後の色調及び物性の変化に及ぼす影響を調査した。

色調については、品種別及び真空率別に加工後の外

観を比較して評価した。

物性は、テクスチャーアナライザー (TA. XT plus、英弘精機 (株)) を用いて測定した。プローブは直径 5[mm] のものを使用し、測定速度 1[mm/sec] で 1.5[cm] まで貫入させ、最初に現れたピークに係る荷重を破断荷重とした。原料果についても同様の方法で破断荷重を測定し、ソリッドパックの加工前後で測定値を比較した。

## 3. 結果と考察

### 3. 1. 原料果の調査

#### 3. 1. 1. クロロゲン酸

クロロゲン酸含有量の分析結果を図 1 に示す。クロロゲン酸は「福島 8 号」と「福島 7 号」に多く含まれていた。中でも、「福島 8 号」のクロロゲン酸含有量は既報<sup>6)</sup> の約 2 倍であり、他の品種と比べて差が大きかった。

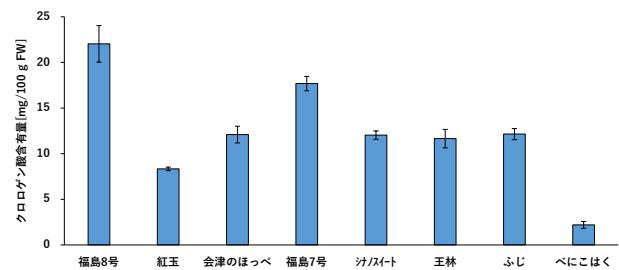


図 1 品種別のクロロゲン酸含有量  
(「福島 8 号」は n=3、その他の品種は n=6)

#### 3. 1. 2. PPO (ポリフェノール酸化酵素) 活性

PPO 活性の測定結果を図 2 に示す。「福島 8 号」の PPO 活性は他の品種と比較して最も低く、既報<sup>5)</sup> と同様の傾向を示した。

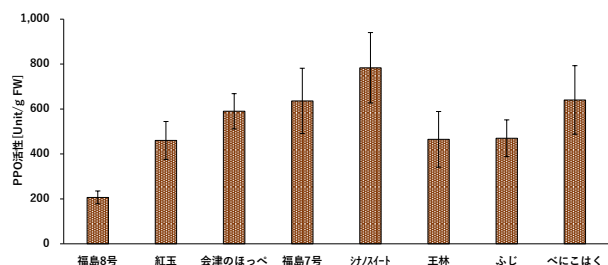


図 2 品種別の PPO 活性 (n=3)

#### 3. 1. 3. 褐変特性

初期褐変速度の測定結果を表 1 に示す。初期褐変速度が大きい品種は加工中も変色が進みやすいと推測されるため、褐変止めの処理を速やかに行う必要がある。今年度の調査では、「会津のほっぺ」、

「福島7号」で初期褐変速度が大きく、「べにこはく」、「ふじ」で小さいという結果で、既報<sup>5) 6)</sup>と同様の傾向となった。

クロロゲン酸と初期褐変速度との関係を図3に示す。既報<sup>5) 6)</sup>ではクロロゲン酸の含有量と初期褐変速度は正の相関を示した。今年度も「福島8号」を除く7品種について同様の傾向が確認された(R=0.63)。「福島8号」はクロロゲン酸含有量に対して初期褐変速度が小さかったが、これは「福島8号」のPPO活性が他の品種よりも特異的に低いと推測された。

表1 各品種の初期褐変速度 (n=3)

	福島8号	紅玉	会津のほっぺ	福島7号	シナノスイート	王林	ふじ	べにこはく
初期褐変速度 [ΔE/min]	5.15	7.06	10.07	9.57	6.01	8.23	3.45	2.10

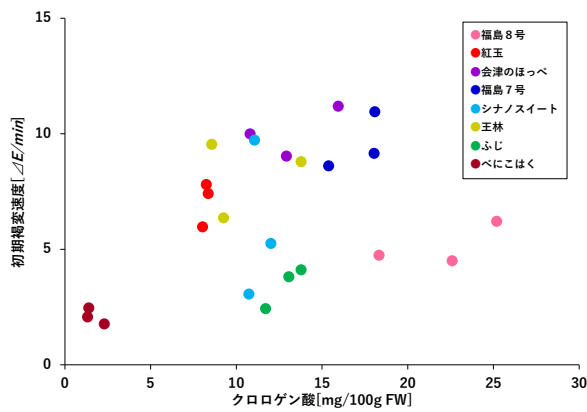


図3 クロロゲン酸と初期褐変速度との関係

### 3. 2. 加工品の分析及び評価

#### 3. 2. 1. ジュース

ジュース長期保存時の色差の推移を図4、保存24週間後のジュース外観写真を図5に示す。色差が最も小さかったのは5[°C]遮光区のジュースであった。しかし、同じ5[°C]でも明所で保存したジュースは色差が最も大きく、外観も白っぽくなった。このことから、低温保存でも光が当たると色調変化が大きくなる可能性が示された。

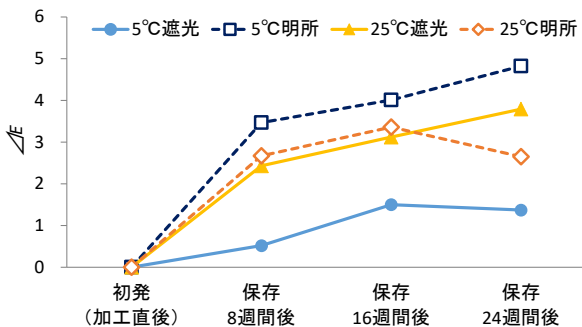


図4 ジュース長期保存時における色差の推移



図5 保存24週間後のジュースの外観写真

ジュース長期保存時のクロロゲン酸含有量の変化を図6、プロシアニジン類含有量の変化を図7に示す。クロロゲン酸含有量については、暗所区より明所区の方で大きく減少した。一方、プロシアニジン類含有量については、5[°C]区より25[°C]区の方で大きく減少した。このことから、クロロゲン酸は光照射の有無、プロシアニジン類は温度が保存中の含有量に大きく影響を及ぼすことが明らかとなり、成分によって含有量に影響を及ぼす要因が異なると推測された。以上より、ジュース長期保存時に色調及びポリフェノール含有量の変化を抑えたい場合は、低温での保存と遮光できる容器包装の併用が有効であることが示唆された。

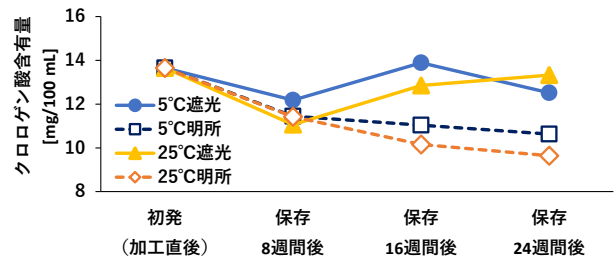


図6 ジュース長期保存時におけるクロロゲン酸含有量の変化

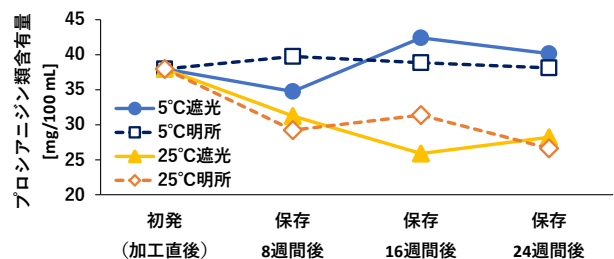


図7 ジュース長期保存時におけるプロシアニジン類含有量の変化

#### 3. 2. 2. ソリッドパック

ソリッドパック加工後の外観写真を図8に示す。加工後の外観は、同じ品種でも真空包装時の真空率を99.9[%]とした方が真空率95.0[%]よりも褐変が抑制される傾向があった。この真空率を上げることによる褐変抑制効果は品種によって異なり、「会津のほっぺ」、「福島7号」、「王林」などで特

に大きかった。一方、「べにこはく」は真空率 95.0[%]でも殆ど褐変せず、真空率 99.9[%]で加工したものとの外観に大きな違いは確認されなかった。



図8 ソリッドパック加工後の外観写真

原料果及びソリッドパックの破断荷重を図9に示す。加工前後での破断荷重の変化を品種別に比較すると、「紅玉」と「王林」は原料果に対する加熱後の変化が他の品種よりも大きかった。これは、既報<sup>5)</sup>と同様の傾向であり、「紅玉」と「王林」は

加熱によって軟化しやすい品種であることが確認された。

加工後の破断荷重を真空率別に比較すると、殆どの品種で真空率 99.9[%]の方が真空率 95.0[%]よりも破断荷重が大きい傾向が確認された。一方、「王林」、「ふじ」、「べにこはく」はいずれの真空率でも破断荷重に有意差は無かった。以上より、真空率を上げることで加熱による果肉の軟化を抑制できる場合があるが、この効果及び程度は品種によって異なることが示唆された。

#### 4. 結言

原料果のクロロゲン酸は「福島8号」、「福島7号」に多く含まれていた。「福島8号」のクロロゲン酸含有量は既報<sup>5)</sup>の約2倍であり、他の品種と比較して変動が大きかった。

「福島8号」を除く7品種は、既報<sup>4) 5)</sup>と同様にクロロゲン酸含有量と初期褐変速度には正の相関を示すことが確認された。一方、「福島8号」はクロロゲン酸含有量に対して初期褐変速度が小さかったが、これは「福島8号」のPPO活性が他の品種よりも低いと推測された。

ジュース長期保存時の色差は、5[°C]遮光区で最も小さく、5[°C]明所区で最も大きかった。5[°C]明所区の保存 24 週間後のジュースの外観は全体的に白っぽくなっており、低温で保存しても光が当たっていると色調変化が大きくなる可能性が示唆された。クロロゲン酸含有量については、暗所区より明所区の方で大きく減少し、プロシアニジン類含有量については、5[°C]区より 25[°C]区の方で大きく減少した。このことから、クロロゲン酸は光照射の有無、プロシアニジン類は温度が保存中の含有量に大きく影響を及ぼすことが明らかとなり、成分によって含有量に影響を及ぼす要因が異なると推測された。以上より、ジュース長期保存時に色調及びポリフェノール含有量の変化を抑えたい場合は、低温での保存と遮光できる容器包装の併用が有効であることが示唆された。

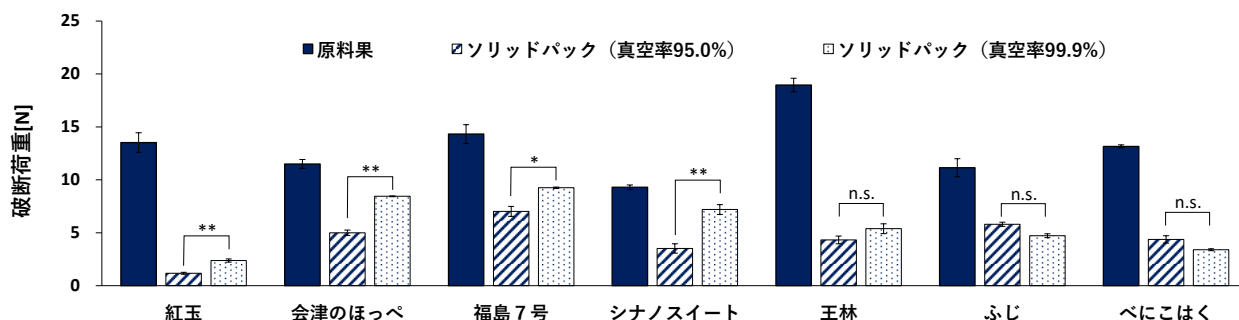


図9 原料果及びソリッドパックの破断荷重 (n=3)

1) 同一品種のソリッドパックにおける破断荷重の有意性はt検定による (\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ )

ソリッドパックでは、果肉を真空包装するときの真空率の違いが加工後の色調及び物性に与える影響を調査した。真空率を上げて加工すると加工後の褐変が抑制される品種もあり、「会津のほっぺ」、「福島7号」、「王林」は特にその傾向が強かった。また、「王林」、「ふじ」、「べにこはく」以外の4品種は、真空包装時の真空率を99.9[%]とした方が真空率95.0[%]よりも加工後の破断荷重が大きくなった。以上より、真空率を上げることで加工中の果肉の褐変や軟化を抑制できる場合があるが、この効果の程度は品種によって異なることが示唆された。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、果実をご提供いただいた福島県農業総合センター果樹研究所の皆様、加工品試作の際にご協力いただいた福島県農業総合センター農業短期大学校研修部の皆様に感謝を申し上げます。

## 参考文献

- 1) 竹内正彦. 果実・果汁飲料と機能性成分(18) りんごの加工—品種別加工適性および高品質化. 食品と容器. 2014, p340-345.
- 2) 石川正行. リンゴの嗜好と品種育成の方向. 東北農業研究 別冊. 1990, p61-70.
- 3) つがる弘前農業協同組合. 機能性表示食品「プライムアップル!」JAつがる弘前ホームページ. <http://www.ja-tu-hirosaki.jp/publics/index/329/>, (参照 2022-2-28).
- 4) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構. “リンゴ中のリンゴ由来プロシアニジン量の分析法”. りんごの機能性表示食品の開発と届け出作業マニュアル. p.41-51
- 5) 馬淵志奈 他. 福島県産果実の品質・加工適性評価. 令和元年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告, 2020, p121-125.
- 6) 馬淵志奈 他. 福島県産果実の品質・加工適性評価(第2報). 令和2年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告, 2021, p68-73.