

福島県産果実の品質・加工適性評価（第2報）

Evaluation of characteristic and aptitude for food 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 松本大志
農業総合センター 生産環境部 流通加工科 古川鞠子 矢吹隆文

福島県産リンゴの品種特性や総合的な加工適性を明らかにし県内食品加工業者による県産果実の利用を促進するため、福島県オリジナル品種を含むリンゴ9品種について原料果の成分や褐変特性、ジュース加工時の成分変化及びジャムの物性等を調査し、加工品の官能評価を実施した。原料果のポリフェノール等の成分や褐変特性、加工後の物性は品種ごとに異なる特徴を持つことが確認された。また、ジュース加工時の2回の加熱殺菌工程後もポリフェノールが残存することが明らかとなった。

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^{1) 2)}、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。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。本年度は原料果の成分や褐変特性、ジュース加工時の成分変化やジャム及びソリッドパックの物性を調査し、ジャムの官能評価を行った。

2. 実験

2. 1. 供試材料

福島県農業総合センター果樹研究所にて令和2年度に収穫されたリンゴを使用した。調査品種は収穫日順に「福島8号（収穫日9月10日）」、「紅玉（同9月28日）」、「会津のほっぺ（同10月5日）」、「福島7号（同10月12日）」、「シナノスイート（同10月13日）」、「こうとく（同10月27日）」、「王林（同10月27日）」、「ふじ（同11月11

日）」、「べにこはく（同12月2日）」の9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。

いずれの品種も1[°C]で貯蔵し、収穫から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

2. 2. 1. ジュース

「福島7号」、「べにこはく」を調査対象とした。

剥皮・除芯した果肉をジューサー（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て、湯浴中で加熱した。搾汁液の酵素失活や殺菌のための加熱を想定して85[°C]達温から15分間加熱したものを加熱1回目、容器充填後の殺菌を想定して更に85[°C]で15分間加熱したものを加熱2回目としてサンプリングした。

2. 2. 2. ジャム

「福島8号」を除く8品種を調査対象とした。

剥皮・除芯した果肉に、原料の重量に対して0.1[%]のアスコルビン酸及びクエン酸を加え、ミキサーでピューレーにした。糖度計（PAL-J、（株）アタゴ）でBrixを測定後、一定量のグラニュー糖を加えてガス火でよく攪拌しながら加熱した。Brixが50 [°]を超えたところで、予め煮沸殺菌した瓶に充填し、密封して沸騰水中で15分間加熱殺菌した。加工後は5[°C]、暗所で保存した。

2. 2. 3. ソリッドパック

「福島8号」を調査対象とした。

破断荷重測定用の試料は、剥皮した果肉を2等分し、真空包装机（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]、40分間加熱した。

2. 3. 原料果の分析

2. 3. 1. ポリフェノール組成

2. 3. 1. 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. 1. 2. プロシアニジン類

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³⁾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た。

細断した果肉を電子レンジで60秒間加熱し、抽出溶媒 (アセトン:水:酢酸=70:29.5:0.5)を加えてホモジナイザーで破碎した後、卓上遠心機で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 (LC-4000、日本分光(株)) 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] 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. 総ビタミンC

細断した果肉に5[%]メタリン酸を加えてホモジナイザーで破碎し、日本食品標準成分表2015年版(七訂)分析マニュアル・解説⁴⁾を参考に前処理を行い、高速液体クロマトグラフ (L-2000、(株) 日立ハイテクサイエンス) で測定した。

2. 3. 4. 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)) で色差 ΔE の60分間の経時変化を測定した。測定時の室温及び品温は25[°C]に統一し、最初の10分間は20秒ごと、10分を経過した後は1分ごとに測定した。最初の20秒間における ΔE 変化量の傾きを初期褐変速度 [$\Delta E/\text{min}$]、測定終了時の ΔE を褐変度とした。

また、褐変特性に影響を及ぼす要素を探索するため、クロロゲン酸、PPO活性及び総ビタミンCと初期褐変速度及び褐変度との関係を調査した。

2. 3. 5. 水溶性ペクチン

細断した果肉50[g]を精秤し、ソルミックス®A P-7 (日本アルコール販売(株)) を200[mL]加

えて沸騰水中で15分間還流させた後、ろ過した。得られた残渣をミキサーで破碎し、吸引ろ過しながらフェノール-硫酸法で洗浄液の糖の反応が陰性になるまで70[%]に希釈したソルミックス®A P-7で洗浄した。その後、80、90[%]に希釈したソルミックス®A P-7、原液のソルミックス®A P-7、ジエチルエーテルで順次洗浄した。この風乾物を50~80[mg]精秤し、蒸留水50[mL]を加え30分間振とうしてから12時間以上静置した。ろ過した液を用いてカルバゾール法により水溶性ペクチンを定量した。

2. 4. 加工品の分析及び評価

2. 4. 1. ジュース

ジュース加工時の加熱殺菌工程におけるポリフェノール量の推移を調査した。今年度は「福島7号」のクロロゲン酸、「べにこはく」のプロシアニジン類を調査対象とした。

2. 2. 1. でサンプリングした試料を、2. 3. 1. 1. 及び2. 3. 1. 2. 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。

2. 4. 2. ジャム

2. 4. 2. 1. ゲル強度

テクスチャーアナライザー (TA.XT plus、英弘精機(株)) を用いて測定を行った。プローブは直径10[mm]のものを使用し、それ以外はJIS6503に従って測定した。

また、原料果の水溶性ペクチンとの関係を調査した。

2. 4. 2. 2. 官能評価

醸造・食品科職員8名、農業総合センター職員7名の計15名のパネルにより実施した。

外観、香り、硬さ、舌触り、甘味、酸味、総合の7項目について5段階(硬さは1:軟らかい~5:硬い、舌触りは1:なめらか~5:あらい、甘味及び酸味は1:弱い~5:強い、それ以外は1:良い~5:悪い)で評価した。

また、ジャムのゲル強度と硬さの評価、原料果のリンゴ酸と酸味の評価との関係をそれぞれ調査した。

2. 4. 3. ソリッドパック

加熱後の果肉の破断荷重を測定した。

2. 2. 3. で調製したソリッドパックについて、テクスチャーアナライザーで破断荷重を測定し、昨年度調査した他の8品種⁵⁾と比較した。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。

3. 結果と考察

3. 1. 原料果の分析

3. 1. 1. ポリフェノール組成

ポリフェノール組成の分析結果を図1に示す。ポリフェノール組成は品種ごとに特徴が異なっていた。クロロゲン酸は「会津のほっぺ」、「福島7号」、「ふじ」、「シナノスイート」に特に多く含まれており、品種間の含有量の相対比は既報⁵⁾と同様の傾向を示した。

一方、プロシアニジン類は「紅玉」、「べにこはく」に特に多く含まれていた。昨年度はプロシアニジン類のうちプロシアニジンB2のみを調査したが、その際も「紅玉」、「べにこはく」はプロシアニジンB2を多く含むという結果が得られていた。このことから、プロシアニジンB2を多く含む品種はプロシアニジン類の総量も多い可能性が示唆された。

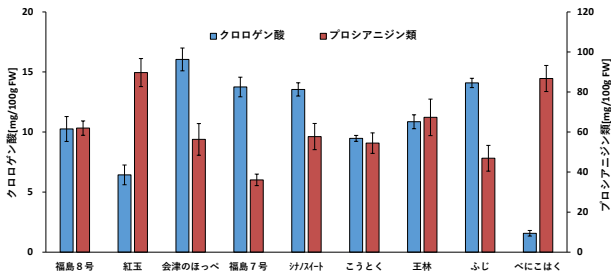


図1 品種別のポリフェノール組成 (n=3)

表1 品種別の初期褐変速度及び褐変度 (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	こうとく	王林	ふじ	べにこはく
初期褐変速度 [$\Delta E/\text{min}$]	3.62	7.64	14.35	13.13	9.65	7.47	10.34	5.96	2.11
褐変度	16.22	21.99	17.46	25.23	20.55	15.01	18.57	21.28	19.69

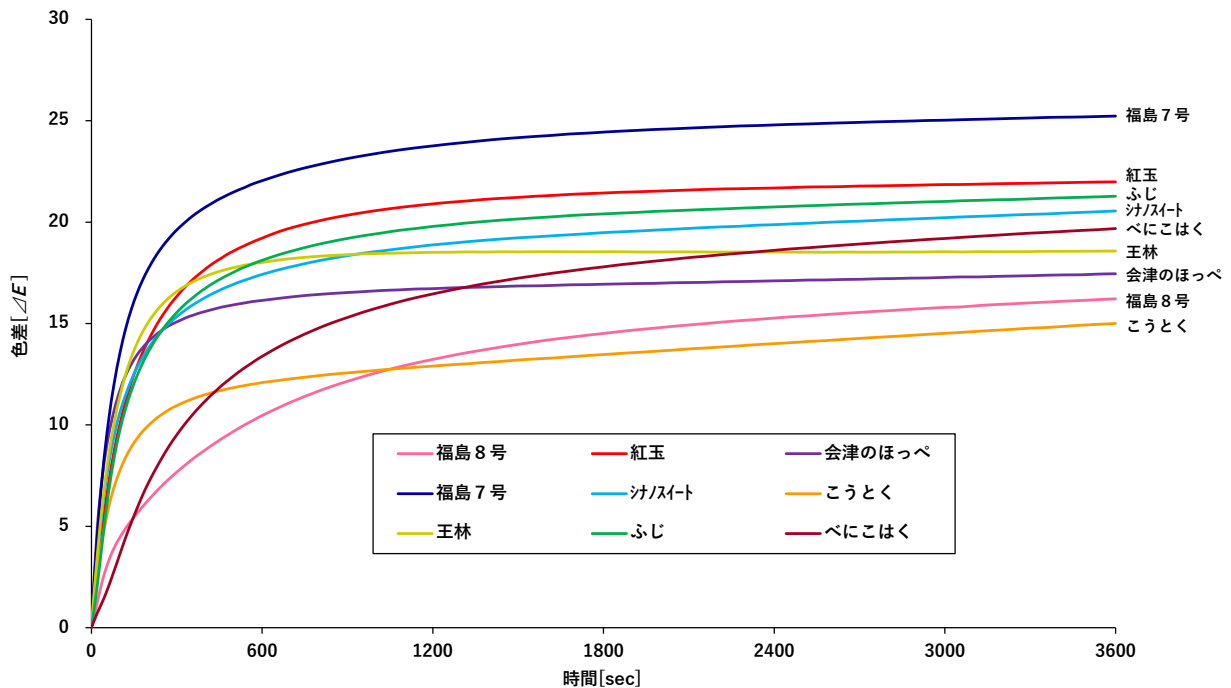


図3 褐変による色相の経時変化 (n=3)

3. 1. 2. PPO (ポリフェノール酸化酵素) 活性及び総ビタミンC

PPO活性及び総ビタミンCの分析結果を図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かった。一方、総ビタミンCの含有量は「紅玉」、「こうとく」、「ふじ」、「福島7号」の順に多く、「会津のほっぺ」が最も少なかった。

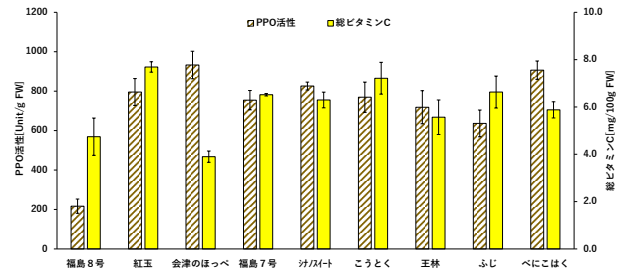


図2 品種別のPPO活性及び総ビタミンC (n=3)

3. 1. 3. 褐変特性

初期褐変速度及び褐変度の測定結果を表1、褐変による色相の経時変化を図3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く、製品の色調不良を引き起こすと推測される。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」、「福島8号」で小さいという結果となった。

クロロゲン酸、PPO活性及び総ビタミンCと初期褐変速度及び褐変度との相関係数を表2に示す。その結果、昨年度と同様にクロロゲン酸と初期褐変速度は正の相関を示すことが確認された。

	クロロゲン酸	PPO活性	総ビタミンC
初期褐変速度	0.62	0.36	-0.21
褐変度	0.03	0.14	0.15

クロロゲン酸と初期褐変速度との関係を図4に示す。初期褐変速度の大きい「会津のほっぺ」、「福島7号」はクロロゲン酸の含有量が多く、初期褐変速度の小さい「べにこはく」は含有量が少ないことが確認された。一方、「福島8号」は近似直線よりも下側に位置しており、クロロゲン酸の含有量に対して初期褐変速度が小さい傾向を示した。これは「福島8号」のPPO活性が特異的に低いと推測された。

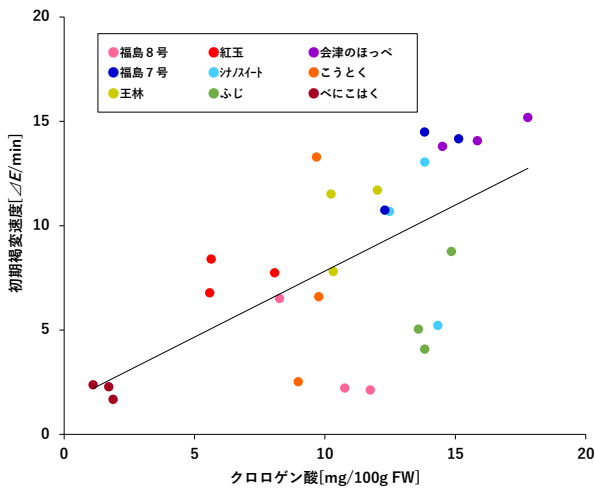


図4 クロロゲン酸と初期褐変速度との関係 (n=27)

3. 1. 4. 水溶性ペクチン

原料果の水溶性ペクチンの分析結果を図5に示す。水溶性ペクチンは「福島7号」、「福島8号」が多く、「紅玉」が最も少なかった。

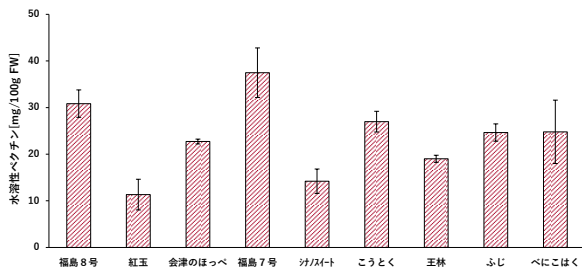


図5 品種別の水溶性ペクチン (n=3)

3. 2. 加工品の分析及び評価

3. 2. 1. ジュース

「福島7号」のクロロゲン酸含有量の推移を図6、「べにこはく」のプロシアニジン類含有量の推移を図7に示した。「福島7号」のクロロゲン酸含有量は、いずれの加熱殺菌工程終了後においても搾汁直後からほとんど変化しないことが確認された。一方、「べにこはく」のプロシアニジン類含有量は、加熱の回数が増えるごとに減少する傾向を示した。しかし、2回目の加熱殺菌工程終了後も搾汁直後の8～9割のプロシアニジン類が残存することが明らかとなった。

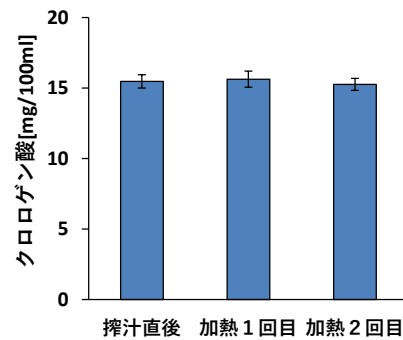


図6 ジュース加工時における「福島7号」のクロロゲン酸含有量の推移 (n=3)

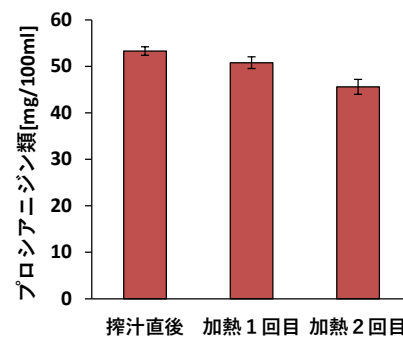


図7 ジュース加工時における「べにこはく」のプロシアニジン類含有量の推移 (n=3)

3. 2. 2. ジャム

3. 2. 2. 1. ゲル強度

ジャムのゲル強度の測定結果を図8に示す。ゲル強度は「王林」、「紅玉」の2品種で特に高かった。

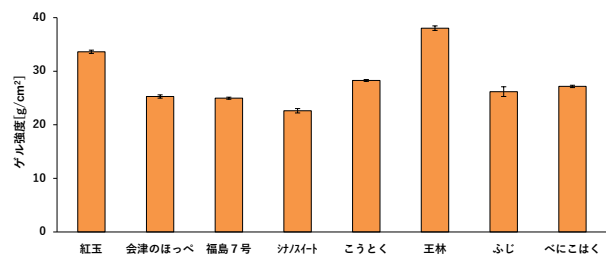


図8 品種別のジャムのゲル強度 (n=5)

原料果の水溶性ペクチンの含有量とジャムのゲル強度との関係を図9に示す。新妻ら⁶⁾は、ナツハゼの水溶性ペクチンとジャムのゲル強度との間に高い正の相関があることを報告しているが、今回の調査では2つの測定値に明確な関係性は確認されなかった。ジャムの物性には水溶性ペクチンの他に糖組成や有機酸、Ca濃度など様々な成分が関与していると考えられている^{7) 8) 9)}。今回の調査ではそれらの成分の含有量が品種ごとに異なっていたため、水溶性ペクチンの含有量だけでは品種間のゲル強度との関係を説明できなかつたと推測された。

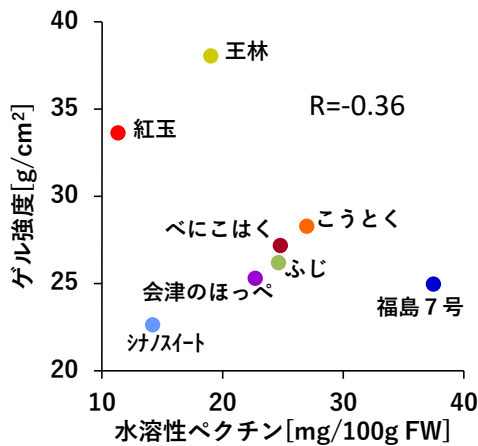


図9 原料果の水溶性ペクチンとジャムのゲル強度との関係

3. 2. 2. 2. 官能評価

試作したジャムの外観を図10、ジャムの官能評価の結果を表3に示す。総合の評価は「こうとく」が最も高かった。「こうとく」は昨年度調査したジュースやソリッドパックでも高い評価を得ており、香りが良好であることや甘味と酸味のバランスが優れていることが加工品の高評価に繋がったと推測された。



図10 試作したジャムの外観

表3 品種別のジャムの官能評価

品種 項目	紅玉	会津のほっぺ	福島7号	シナサイト	こうとく	王林	ふじ	べにこはく
外観	2.93	3.07	2.27	2.20	2.67	2.80	2.67	2.47
香り	2.40	3.20	2.20	2.67	1.73	2.27	2.67	2.67
硬さ	2.73	2.00	2.07	2.40	2.60	2.67	2.40	2.47
舌触り	2.13	3.20	3.00	2.73	2.73	2.87	2.20	2.53
甘味	2.73	3.80	3.80	4.07	3.67	3.80	3.60	3.00
酸味	4.33	1.93	1.87	2.47	2.87	2.53	3.20	3.80
総合	2.93	3.07	2.53	2.53	2.33	2.47	2.40	2.60

1) 硬さは1:軟らかい~5:硬い、舌触りは1:なめらか~5:あらい、甘味及び酸味は1:弱い~5:強い、それ以外は1:良い~5:悪い 2) パネル15名

原料果のリンゴ酸含有量と酸味の評価との関係を図11、ジャムのゲル強度と硬さの評価との関係を図12に示す。原料果のリンゴ酸含有量と酸味の評価、ジャムのゲル強度と硬さの評価はいずれも高い正の相関を示した。従って、ジャムの食味における硬さや酸味の強弱は、理化学分析の結果から推測できる可能性が示唆された。

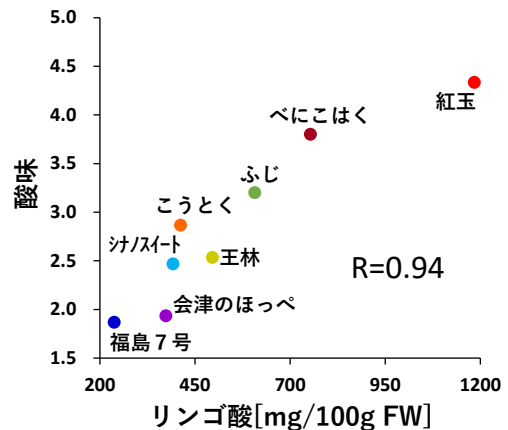


図11 原料果のリンゴ酸含有量と酸味の評価との関係

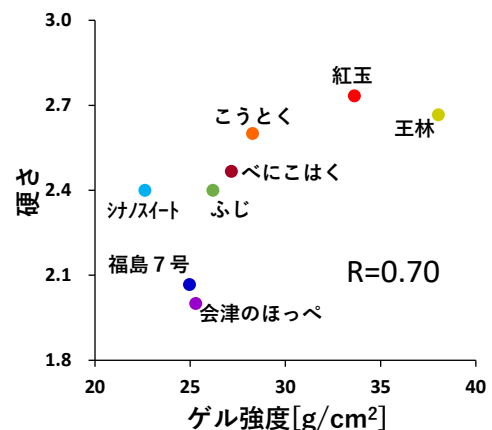


図12 ジャムのゲル強度と硬さの評価との関係

3. 2. 3. ソリッドパックの破断荷重

ソリッドパックの破断荷重の測定結果を図13に示す。「福島8号」の破断荷重は「会津のほっぺ」に次いで高かった。従って、「福島8号」は加熱しても軟化しにくい品種であることが確認された。

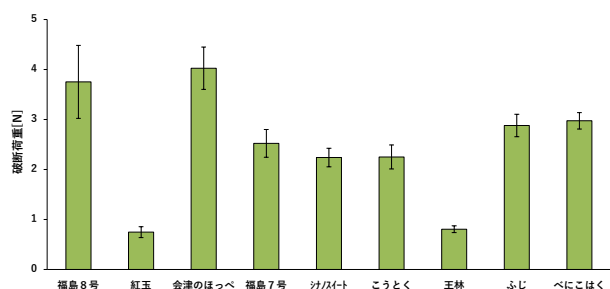


図13 品種別のソリッドパックの破断荷重 (n=3-6)

1) 「福島8号」は2020年度、それ以外の品種は2019年度の測定データ

4. 結言

原料果のポリフェノール組成の特徴は品種ごとに異なり、クロロゲン酸は「会津のほっぺ」、「福島7号」、「ふじ」、「シナノスイート」に、プロシアニジン類は「紅玉」、「べにこはく」に特に多く含まれていた。

クロロゲン酸、PPO活性及び総ビタミンCと初期褐変速度及び褐変度との関係を調査した。その結果、昨年度と同様にクロロゲン酸と初期褐変速度は正の相関を示し、初期褐変速度が大きい「会津のほっぺ」、「福島7号」はクロロゲン酸の含有量が多く、初期褐変速度が小さい「べにこはく」は少ないことが確認された。一方、「福島8号」はクロロゲン酸の含有量に対して初期褐変速度が小さい傾向を示したが、これは「福島8号」のPPO活性が特異的に低いためと推測された。

ジュース加工時の加熱殺菌工程におけるポリフェノール量の推移を調査した。その結果、「福島7号」のクロロゲン酸含有量は搾汁直後からほぼ変化せず、「べにこはく」のプロシアニジン類含有量は2回目の加熱殺菌工程終了後も搾汁直後の8～9割が残存することが明らかとなった。

ジャムのゲル強度は「王林」、「紅玉」で特に高かった。原料果の水溶性ペクチンとジャムのゲル強度との間に明確な関係性は確認されなかった。ジャムの官能評価を実施したところ、総合の評価は「こうとく」が最も高かった。また、原料果のリンゴ酸含有量と酸味の評価、ジャムのゲル強度と硬さの評価はいずれも高い正の相関を示した。

「福島8号」のソリッドパックの破断荷重は「会津のほっぺ」に次いで高く、「福島8号」は加熱しても軟化しにくい品種であることが確認された。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、果実を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) 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
- 4) 文部科学省科学技術・学術政策局政策課資源室監修. “アスコルビン酸(ビタミンC)”. 日本食品標準成分表2015年版(七訂)分析マニュアル・解説. 建帛社. 2016, p140-142.
- 5) 馬淵志奈, 猪俣有唯 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) 新妻和敏, 山内富士男, 小野美代子. ナツハゼ果実中のペクチン含有量は、採取時期や加工処理条件により変化する. 東北農業研究. 2009, p223-224.
- 7) 安藤昭代, 西堀すき江, 赤木啓子. 手作りジャムにおける混糖使用について. 家政学会誌. 1985, vol.36, no.6, p384-391.
- 8) 三浦洋. ペクチンの性状とゲル化. 高分子. 1966, vol.15, no.169, p294-301.
- 9) 田中常雄, 楨賢治 他. ジャム製造に関わる各因子のゲル化に及ぼす影響. 北海道立食品加工研究センター報告 第3号, 1998.