

福島県産ナシの加工特性の解明（第1報）

Elucidation of characteristics for processing of pears 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 菊地伸広 齋藤啓太
農業総合センター 生産環境部 流通加工科 渡邊ゆきの 横田和子

福島県産ナシを利用した加工品開発に繋げるため、ナシの原料果の品種特性や加工特性に関する基礎的知見を得ることを目標とした。福島県が育成した品種登録検討系統を含むナシ6品種について、原料果の糖度や滴定酸度、クロロゲン酸含有量、褐変特性等を調査した。また、果汁の加工特性を明らかにするため、異なる加熱殺菌条件でジュースの加工試験を行い、官能評価の結果等から外観や香り、味の違いについて考察した。

Key words: ナシ、ジュース、クロロゲン酸、褐変、イモ臭

1. 緒言

福島県では様々な果実が栽培されているが、中でもナシ（日本なし）は令和3年産の収穫量が約11,900[t]に上り、全国では5位、東北では1位である¹⁾。ナシの多くは生食用として消費される一方、生果の貯蔵性や消費形態の多様化の観点からナシを利用した加工品開発の支援が必要である。しかし、福島県産のナシについて加工に関する知見は少ない。ナシ果汁の品質低下の要因として褐変や加熱によるイモ臭等の劣化臭の発生が挙げられている²⁾。当所では過去にナシ「幸水」、「豊水」の利用技術を調査し³⁾、果肉の急速凍結・解凍後の褐変防止及びドリップ発生について試験を実施したが、果肉の加熱加工品や果汁に関する情報は無い。付加価値の高いナシ加工品開発のためには、褐変及び劣化臭の発生条件や抑制技術を詳細に調査することが求められる。

本研究では、県内で生産されるナシを対象に原料果の特徴と果肉及び果汁の加工特性を明らかにし、ナシ加工品開発の一助となる基礎的知見を得ることを目標とする。本報では、ナシの原料果の品種特性や果汁の加工特性について調査した結果を報告する。果実飲料を含む清涼飲料水の規格基準⁴⁾では、製品のpHによって加熱殺菌の温度及び時間が定められている。そこで、異なる加熱殺菌条件でジュースを加工し、官能評価の結果等から外観や香り、味を比較した。

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4年度に収穫されたナシを使用した。原料果の調査品種は収穫日順に「ナシ福島7号（収穫日8月19日、以下福島7号と表記）」、「幸水（同8月25日）」、「豊水（同9月16日）」、「あきづき（同9月26日）」、「甘太（同10月3日）」、「玉秋（同11月7日）」の6品種とした。このうち「福島7号」は福島県が育成した品種登

録検討系統である。ジュース加工の特性調査は「福島7号」を除く5品種を供試した。いずれの品種も1[°C]で貯蔵し、収穫から1週間以内に原料果の分析、抽出作業並びにジュース加工を行った。

また、ジュース加工時のL-アスコルビン酸（酸化防止剤）の添加量が冷蔵保存時の色調に及ぼす影響を調査する予備試験に市販されていた令和4年産の熊本県産「幸水」を供試した。

2. 2. 原料果の分析

2. 2. 1. 糖度、滴定酸度、pH、糖酸比

剥皮・除芯した果肉をブレンダー（THM332、テスコム電機（株））で破碎し、ろ過して得られた果汁の糖度、滴定酸度、pHを測定した。糖度は、ポケット糖度計（PAL-J、（株）アタゴ）を用いて測定した。滴定酸度は、フェノールフタレインを指示薬として0.1[mol/L]水酸化ナトリウムで中和滴定した値から求め、リンゴ酸の質量パーセント濃度に換算した。pHは、pHメーター（HM-60G、東亜ディーケーケー（株））を用いて測定した。糖酸比は、糖度を滴定酸度で除して算出した。

2. 2. 2. クロロゲン酸

剥皮・除芯した果肉を細断して電子レンジで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。ろ過して得られた抽出液のクロロゲン酸含有量を高速液体クロマトグラフ（LC-4000、日本分光（株））を用いて測定した。

2. 2. 3. PPO（ポリフェノール酸化酵素）活性

剥皮・除芯した果肉を細断し、McIlvaine buffer（pH4.0）を加えて氷冷しながらホモジナイザーで破碎した。ろ液を粗酵素液として4[mmol/L]クロロゲン酸に加えて30[°C]で5分間反応させた。反応停止液として2[%]メタリン酸水溶液を加え、マイクロプレートリーダー（MQX200、BioTek）を用いて325[nm]の吸光度を測定し、減少分をPPO活性とした。

2. 2. 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 L^* 、 a^* 、 b^* を 60 分間測定し、色差 ΔE の経時変化を算出した。測定時の室温及び果実の品温は $25 \pm 1 [^\circ\text{C}]$ に統一し、最初の 10 分間は 20 秒ごと、10 分経過後は 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 [$/\text{min}$]、測定終了時の ΔE を褐変度とした。

2. 3. 果汁の加工特性

2. 3. 1. ジュース加工方法

剥皮・除芯した果肉に L-アスコルビン酸を添加しながらジューサー (EVO-800、(株) NUC JAPAN) で搾汁し、 $65 [^\circ\text{C}]$ 10 分加熱殺菌のジュースと $85 [^\circ\text{C}]$ 30 分加熱殺菌のジュースを作製した。

$65 [^\circ\text{C}]$ 10 分加熱殺菌のジュースは、清涼飲料水の規格基準⁴⁾において pH が 4.0 未満であることが定められているため、果汁に DL-リンゴ酸を添加して pH を 3.8 に調整した。その後、ガス火で $65 [^\circ\text{C}]$ 達温となるまで加熱してビンに充填し、更に $65 [^\circ\text{C}]$ で 10 分間加熱した。

$85 [^\circ\text{C}]$ 30 分加熱殺菌のジュースは、清涼飲料水の規格基準⁴⁾において pH が 4.0 以上 4.6 未満であることが定められているため、搾汁直後の果汁が pH 4.6 未満であることを確認した。その後、ガス火で $85 [^\circ\text{C}]$ 達温から 15 分間加熱してビンに充填し、更に $85 [^\circ\text{C}]$ で 15 分間加熱した。

2. 3. 2. 加工予備試験

市販の熊本県産「幸水」を剥皮・除芯し、果肉の重量に対して L-アスコルビン酸を 0.1 [wt%] 又は 0.2 [wt%] 添加しながらジューサーで搾汁した。加熱殺菌条件は 2.3.1. と同様に $65 [^\circ\text{C}]$ 10 分又は $85 [^\circ\text{C}]$ 30 分とし、加工直後と冷蔵庫で 1 週間保存した後の外観を比較した。

2. 3. 3. 搾汁直後の pH、DL-リンゴ酸添加量、歩留まり、粘度、パルプ量

加工中、ジューサーで搾汁した直後の果汁の pH を測定した。また、pH 調整のために添加した DL-リンゴ酸の果汁 100 [g] あたりの重量を算出した。歩留まり、粘度、パルプ量は、いずれも $65 [^\circ\text{C}]$ 10 分加熱殺菌のジュースを用いて算出又は測定した。歩留まりは、ビン充填前のジュースの重量を加工に使用した原料果の重量で除して算出した。粘度は、ジュースを粘度計 (VISCOTM-895、(株) アタゴ) に入れ、60 [rpm] で 1 分間測定した時の値とした。パルプ量は、ジュースを卓上遠心機 (H-19FMR、(株) コクサン) で 3000 [rpm] 10 分間遠心分離して得られた沈殿物の容積から算出した。

2. 3. 4. 官能評価

官能評価は、醸造・食品科職員 3 名、農業総合センター流通加工科職員 2 名の計 5 名 (男性 2 名、女性 3 名) のパネルにより実施した。各品種とも $85 [^\circ\text{C}]$ 30 分加熱殺菌のジュースを基準に、 $65 [^\circ\text{C}]$ 10 分加熱殺菌のジュースを評価した。ジュースはいずれも官能評価を行うまで冷蔵保存した。

最初にジュースの外観を確認し、褐変の程度について 4 段階 (0 : 基準と同じ、又は基準の方が褐変している ~ +3 : とても褐変している) で評価した。続いてジュースの香りや味を確認し、イモ臭、香り、酸味、甘味の 4 項目について 7 段階 (-3 : とても弱い・とても悪い ~ 0 : 基準と同じ ~ +3 : とても強い・とても良い) で評価した。

3. 結果と考察

3. 1. 原料果の分析

3. 1. 1. 糖度、滴定酸度、pH、糖酸比

糖度、滴定酸度、pH、糖酸比の測定結果を表 1 に示す。

糖度、滴定酸度はいずれも「豊水」が最も高く、「幸水」が最も低かった。pH は滴定酸度と強い負の相関を持つことが確認された ($R = -0.92$)。

糖酸比は果実において甘酸のバランスの指標とされており⁵⁾、糖酸比が高いほど甘味を強く感じ、低いほど酸味を強く感じる傾向がある。今回の調査品種の中では「幸水」の糖酸比が最も高く、他の品種よりも甘味を強く感じやすいと推測された。一方、糖酸比の低い「豊水」と「玉秋」は他の品種よりも酸味を強く感じやすいと推測された。

表 1 原料果の糖度、滴定酸度、pH、糖酸比

品種	糖度 [Brix%]	滴定酸度 [リンゴ酸%]	pH	糖酸比
福島 7 号	12.7	0.142	4.92	89.9
幸水	10.7	0.107	5.20	100.5
豊水	13.1	0.207	4.57	63.2
あきづき	11.5	0.143	4.86	80.5
甘太	12.2	0.139	4.77	87.6
玉秋	11.6	0.178	4.57	65.3

3. 1. 2. クロロゲン酸

クロロゲン酸含有量の測定結果を図 1 に示す。

「福島 7 号」は他の品種と比べてクロロゲン酸含有量が有意に高かった。

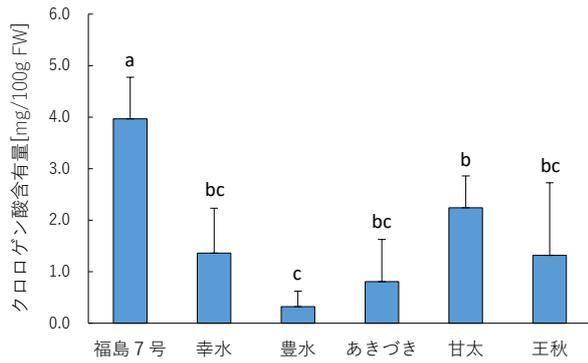


図1 原料果のクロロゲン酸含有量 (n=5)

- 1) エラーバーは標準偏差を示す
- 2) 異符号間は5%水準で有意差あり (Tukeyの多重比較)

3. 1. 3. 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。

今年度の調査では、品種ごとのPPO活性に有意な差は確認されなかった。

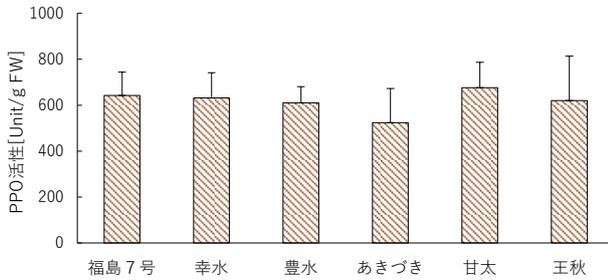


図2 原料果のPPO活性 (n=5)

- 1) エラーバーは標準偏差を示す

3. 1. 4. 褐変特性

初期褐変速度及び褐変度の測定結果を表2に示す。

初期褐変速度は「あきづき」が最大で、「福島7号」が最小であった。初期褐変速度が大きい品種は加工中も褐変がより速やかに進行し、加工品の色調不良を引き起こすと推測される。ナシ原料果の褐変特性が加工品の色調に及ぼす影響については更なる調査が必要であると考えられた。

表2 原料果の褐変特性

品種	初期褐変速度	
	[/min]	褐変度
福島7号	1.43	4.60
幸水	1.68	5.48
豊水	1.46	3.39
あきづき	1.97	4.76
甘太	1.88	3.47
王秋	1.78	3.29

クロロゲン酸含有量及びPPO活性と初期褐変速度及び褐変度との相関係数を表3に示す。

リンゴでは、クロロゲン酸含有量と初期褐変速度は正の相関を持つことを報告したが⁶⁾、ナシではいずれの数値にも相関は確認されなかった。従って、クロロゲン酸含有量やPPO活性がナシの褐変特性に及ぼす影響は小さい可能性が示唆された。

表3 各種測定値と褐変特性との相関係数 (n=29)

	クロロゲン酸含有量	PPO活性
初期褐変速度	-0.32	-0.12
褐変度	0.11	-0.12

3. 2. 果汁の加工特性

3. 2. 1. 加工予備試験

加工直後及び冷蔵庫で1週間保存した後のジュースの外観写真を図3に示す。

加工直後のジュースはいずれも外観に大きな違いが確認されなかった。しかし、冷蔵庫で1週間保存すると0.1[wt%] L-アスコルビン酸を添加した65[°C] 10分加熱殺菌のジュースのみが褐変した。一般に、果実のジュース加工では酸化防止剤の添加や加熱による酵素失活で褐変を抑制している⁷⁾。今回の試験結果から、0.1[wt%] L-アスコルビン酸を添加したナシ果汁は65[°C] 10分の加熱では酵素失活が不十分であり、冷蔵保存でも短期間で外観品質を損なうと推測された。一方、同じ加熱殺菌条件であってもL-アスコルビン酸の添加量を原料の重量に対して0.2[wt%]とすることで、冷蔵保存時のジュースの褐変を抑制できる可能性が示唆された。

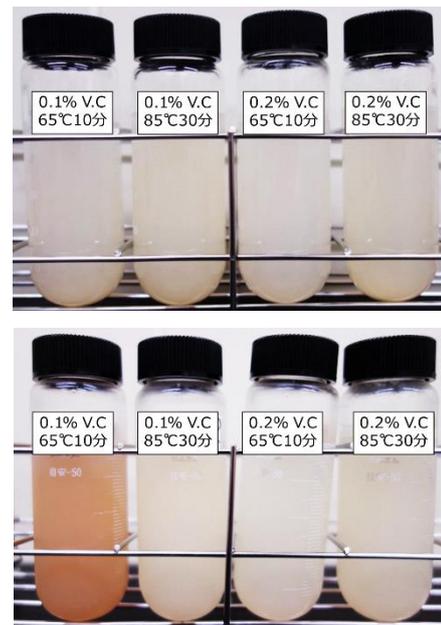


図3 加工予備試験で作製したジュース

(上：加工直後、下：冷蔵保存1週間後)

- 1) 市販の熊本県産「幸水」を使用して加工した
- 2) V. C (ビタミンC) はL-アスコルビン酸の別称

従って、これ以降の試験ではいずれの品種もL-アスコルビン酸の添加量を0.2[wt%]に統一してジュースを加工した。

3. 2. 2. 搾汁直後のpH、DL-リンゴ酸添加量、歩留まり、粘度、パルプ量

福島県農業総合センター果樹研究所産の「幸水」、「豊水」、「あきづき」、「甘太」、「王秋」を原料として加工したジュースの各種測定値を表4、静置後の外観写真を図4に示す。

搾汁直後のpHはいずれも4.6未満であったため、85[°C]30分加熱殺菌のジュースはpH調整を行わずに加工した。65[°C]10分加熱殺菌のジュースを加工するために添加したDL-リンゴ酸の果汁100[g]あたりの重量は、搾汁直後のpHが高い品種ほど多く、原料果の滴定酸度と負の相関を示した(R=-0.77)。

歩留まりは「甘太」が最も高く、「豊水」が最も低かった。粘度は「豊水」が最も高く、「幸水」が最も低かった。パルプ量が最も多かったのは「あきづき」であり、最も少ない「王秋」の約2.7倍であった。パルプ量が多いとオリが生じやすくなるが、今回作製したジュースの静置後の外観からも「あきづき」は他の品種よりもオリの量が多いことが確認された。

表4 ジュースの各種測定値

品種	搾汁直後のpH	DL-リンゴ酸添加量 [g/100g]	歩留まり [wt%]	粘度 [mPa·s]	パルプ量 [vol%]
幸水	4.37	0.192	64.8	1.53	1.0
豊水	4.14	0.137	55.0	1.90	1.1
あきづき	4.37	0.179	64.0	1.82	1.9
甘太	4.31	0.155	65.8	1.89	1.0
王秋	4.12	0.104	59.1	1.74	0.7



図4 静置後のジュース

3. 2. 3. 官能評価

85[°C]10分加熱殺菌のジュースを基準とした65[°C]10分加熱殺菌のジュースの官能評価結果を表5に示す。

褐変は、いずれの品種も基準と有意な差は無かった。また、図4の外観を比較しても褐変しているジュースは確認されなかった。従って、今回調査した品種は0.2[wt%] L-アスコルビン酸を添加して65[°C]10分の加熱殺菌を行うことで、冷蔵保存後もジュースの褐変を抑制できることが明らかとなった。

イモ臭は、いずれの品種も基準より有意に弱いと評価された。ナシ果汁の加熱による劣化臭の原因物質としてジメチルスルフィド(DMS)が挙げられており³⁾、スイカでは70[°C]以上の加熱によりDMSが生成し、温度の上昇と共に生成量が増大することが報告されている⁸⁾。今回の試験結果から、ナシ果汁においても加熱殺菌条件を穏やかにすることで加熱時の劣化臭の発生を抑制できる可能性が示唆された。

酸味は、いずれの品種も基準より有意に強いと評価された。また、甘味は「幸水」、「あきづき」、「王秋」で基準よりも有意に弱いと評価された。これは、pHを調整するために添加したDL-リンゴ酸の影響と推測される。酸味が強すぎると嗜好性が低下する原因となるため⁵⁾、その場合は酸味度の低いpH調整剤を選択したり甘味の補強のため糖類を添加したり、甘酸のバランスを補正する工夫が必要と考えられた。

表5 65[°C]10分加熱殺菌のジュースの官能評価結果

品種	褐変	イモ臭	香り	酸味	甘味
幸水	0.0	-2.2 **	1.8 **	2.2 **	-1.8 *
豊水	0.2	-2.0 **	1.6	2.4 **	-1.2
あきづき	0.0	-0.6 *	1.0	2.2 **	-1.6 **
甘太	0.0	-1.2 *	-0.2	1.8 **	-1.0
王秋	0.0	-1.6 *	0.2	2.0 **	-1.6 **

- 1) パネルは5名(男性2名、女性3名)、基準は各品種の85[°C]30分加熱殺菌のジュース(0.0)とした
- 2) 褐変は4段階(0:基準と同じ、又は基準の方が褐変している~+3:とても褐変している)、イモ臭、香り、酸味、甘味は7段階(-3:とても悪い・とても弱い~0:基準と同じ~+3:とても良い・とても強い)で評価した
- 3) *, **はそれぞれ5%水準、1%水準で基準との間に有意差あり(t検定)

4. 結言

ナシ原料果の品種特性や、果汁の加工特性について調査した。

原料果の糖度、滴定酸度、クロロゲン酸含有量は品種ごとに異なっており、糖度、滴定酸度はいずれも「豊水」が最も高く、「幸水」が最も低かった。糖酸比は「幸水」が最も高く、他の品種よりも甘味を強く感じやすいと推測された。一方、糖酸比の低い「豊水」と「王秋」は他の品種よりも酸味を強く感じやすいと推測された。

クロロゲン酸含有量は「福島7号」は他の品種に比べ有意に高かった。一方、PPO活性は品種間で有意差が確認されなかった。

原料果の褐変特性を比較したところ、初期褐変速度は「あきづき」が最大で、「福島7号」が最小であった。

ナシのクロロゲン酸含有量及びPPO活性と初期褐変速度及び褐変度との間に相関関係は確認されなかった。

果汁の加工特性の調査では、加工予備試験の結果から、L-アスコルビン酸の添加量を原料の重量に対して0.2[wt%]とすることで、65[°C]10分の加熱でも冷蔵保存時のジュースの褐変を抑制できる可能性が示唆された。

65[°C]10分加熱殺菌のジュースを加工するために添加したDL-リンゴ酸の果汁100[g]あたりの重量は、搾汁直後のpHが高い品種ほど多く、原料果の滴定酸度と負の相関を示した。歩留まりは「甘太」が最も高く、「豊水」が最も低かった。粘度は「豊水」が最も高く、「幸水」が最も低かった。パルプ量は「あきづき」が最も多く、静置後の外観からも「あきづき」は他の品種よりもオリの量が多いことが確認された。

官能評価では、85[°C]30分加熱殺菌のジュースを基準に65[°C]10分加熱殺菌のジュースを評価した。

褐変は、いずれの品種も85[°C]30分加熱殺菌のジュースと有意な差は無かった。

イモ臭は、いずれの品種も85[°C]30分加熱殺菌のジュースより有意に弱いと評価された。従って、ナシ果汁の加熱殺菌条件を穏やかにすることで加熱時の劣化臭の発生を抑制できる可能性が示唆された。

酸味は、いずれの品種も85[°C]30分加熱殺菌のジュースより有意に強く、甘味は「幸水」、「あきづき」、「王秋」で85[°C]30分加熱殺菌のジュースよりも有意に弱いと評価された。これは、pHを調整するために添加したDL-リンゴ酸の影響と推測され、酸味が強すぎる場合は甘酸のバランスを補正する工夫が必要と考えられた。

来年度は、引き続き原料果の基礎データを収集する他、ジュースの保存後の色調変化や果汁加工時の香気成分の変化について調査する。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、試験用の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に感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 農林水産省. 令和3年産日本なし、ぶどうの結果樹面積、収穫量及び出荷量. https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/sakumotu/sakkyou_kajyu/nasi_budou/r3/index.html, (参照 2023-2-6).
- 2) 有福一郎 他. 日本ナシ果汁の色調及び加熱臭に関する品質評価法の研究. 鳥取県食品加工研究所研究報告, 1995, p9-18.
- 3) 一条晶恵 他. 県産果実の高度利用技術開発(第1報). 平成22年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告, 2011, p8-11.

- 4) 厚生労働省. 清涼飲料水の規格基準. <https://www.mhlw.go.jp/content/000832226.pdf>, (参照 2023-2-3)
- 5) 平智 他. 数種果実における果肉の部位の違いが品質に及ぼす影響. 農業および園芸, 2016, p711-717.
- 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.
- 7) 日本果汁協会. 果汁・果実飲料辞典. 初版, 朝倉書店, 1978, 523p.
- 8) 松本通夫 他. スイカの食品素材化技術に関する研究. 鳥取県食品加工研究所研究報告, 1991, p18-22.