

原著論文

異なる温度でアルコール脱渋処理した柿果実を用いたシロップ漬けの品質特性

石川亜希・森岡正・北條雅也・濱崎貞弘

Quality Characteristics of Persimmon Fruits in Syrup Treated with Alcohol at Different Temperatures for Removal of Astringency

ISHIKAWA Aki, MORIOKA Tadashi, HOJO Masaya and HAMASAKI Sadahiro

Summary

To improve the softness of fruit and the turbidity of syrup, which are problems in astringent persimmons in syrup, we investigated quality characteristics of persimmon fruits 'Tonewase' in syrup treated with alcohol at different temperatures for removal of astringency.

The product yield and breaking load values of processed fruits became higher as the temperature increased. The syrup turbidity decreased concomitantly with increasing temperature. It was clear at 35°C and 40°C. The soluble tannin content showed no constant trend with temperature in either raw or processed fruits. Pectin content showed no constant trend with temperature in processed fruits, but in raw fruits, water soluble pectin was lower and hexametaphosphate soluble pectin was higher as the temperature increased. These results suggest that the fruit became harder and that the syrup turbidity decreased as the temperature increased. The syrup turbidity was found to be related to the pectin content of the raw fruits.

Key Words: persimmon, preserved in syrup, removal of astringency

緒言

奈良県は、柿の生産量が 31,300t を誇る全国 2 位の柿の産地である（果樹生産出荷統計, 2019）が、加工はあまり盛んではない。これは、収穫期の労力負担が大きく、加工まで手が回らないことなどが主要な原因であるが、柿の加工方法自体があまりなく、干し柿やジャム、柿酢などに限られるのも原因と考えられる。一方、果実の加工品として代表的なシロップ漬けにおいては、渋柿の「平核無」を用いた缶詰に関する研究が若干見受けられる（薮ら, 1957; 溝延ら, 1965; 薮, 1968）が、市販されているものはほぼなく、実用的な技術とは言えない現状がある。そこで、筆者らは、渋柿 5 品種、甘柿 5 品種を用いてシロップ漬けを試作し、その品質について検討したところ、渋柿と甘柿で大きく異なること、また品種間も差があり、それぞれで特徴的な性質を示し、渋柿、甘柿共に原料果実として利用可能であることを見いだした（石川・濱崎, 2019）。中でも県の主力品種である完全甘柿の「富有」を用いたシロップ漬けは、現在生産が広がりつつある。しかし、「富有」は有核であり、シロップ漬けを製造する過程で除核する労力が非常に大きく、生産

拡大の阻害要因となっている。一方、奈良県のもう一つの主力品種であり渋柿の「刀根早生」と「平核無」は無核であり、これらを原料果実として用いることができれば、加工の前処理工程である脱渋処理を加味しても製造工程における除核工程が不要となる分、作業時間の短縮による量産化や製造原価の低減が期待できる。

渋柿の一般的な脱渋方法にはアルコール脱渋と炭酸ガス脱渋がある。一般にアルコールで脱渋した果実は軟化しやすく貯蔵性に欠け、炭酸ガスで脱渋した果実は果肉が硬く貯蔵性に優れるとされる（平ら, 1992）。しかし、炭酸ガスによる CTSD で脱渋された「刀根早生」のシロップ漬けは、果肉が過剰に柔らかくなり、糖液が白濁した（石川・濱崎, 2009）。今川ら（2003）は、加温栽培された「刀根早生」の果実軟化を抑制するために、35°C で二酸化炭素とエタノールを併用した脱渋方法（以下高温併用脱渋法）を開発し、脱渋処理温度を 35°C の高温に保つことで脱渋後の軟化が抑制されることを報告している。

そこで、本研究では、渋柿を用いたシロップ漬けの果肉の柔らかさや糖液の白濁の改善を目的として、原料果実の脱渋方法に着目し、異なる温度でアルコ

ール脱渋処理した‘刀根早生’を用いて柿のシロップ漬けを試作し、若干の知見を得たので報告する。

材料および方法

1. 供試材料

供試材料は、奈良県果樹・薬草研究センター（五條市西吉野町）で2018年10月に収穫された‘刀根早生’の果実を用いた。果実は、重量が200~250gで、目視でほぼ均一な着色のものを選別し、供試した。脱渋方法は、処理が簡便なアルコール脱渋とし、対照として炭酸ガスによるCTSD脱渋を用いた。アルコール脱渋は、二重に重ねたポリエチレン袋（厚さ0.06mmジップロック®L）1袋に対し果実を6個ずつ入れて、果実1kgに対して99.5%エタノール2mlをキムタオルに含ませたものを同封して密封した。脱渋温度は、高温での処理を試みるため、一般的に用いられる25℃から40℃まで5℃ごとに処理区を設けて、25、30、35、40℃とし、各温度に設定した人工気象器（LPH-241SP 日本医化機器製作所）内で7日間保持した（25℃区、30℃区、35℃区、40℃区）。CTSD脱渋は、炭酸ガス濃度を95%とし、23℃、20時間密封し開封した。開封後は、人工気象器に移し、乾燥を防ぐためにポリエチレン袋を敷いた上に果実を並べ、上からポリエチレン袋を被せて密封はせず、25℃で6日間保持した（CTSD区）。各処理区とも脱渋後は、すみやかにシロップ漬けに加工した。

2. シロップ漬け加工方法

原料果実は、へた部を除去し、剥皮した。剥皮した果実は、へた部を上にして垂直方向に切断し約50gのくし形の形状の切片を得、切片が2つで100±10gになるよう調製した。糖液は、上白糖（全国農業協同組合連合会）を用いてショ糖濃度が40%になるよう調製し、クエン酸（和光純薬）0.3%、L-アスコルビン酸ナトリウム（関東化学）0.1%を添加した。果実は、ナイロンポリ袋（No.4 120mm×220mm 福助工業）に入れ、糖液を果実重量の80%重量となるよう注入した後、真空包装機（HVP-482 TOSEI）で密封し、殺菌槽（EDS-600 NICHIIWA）を用いて85℃40分間加熱した。加熱終了後、速やかに流水で冷却し、5℃で保存した。

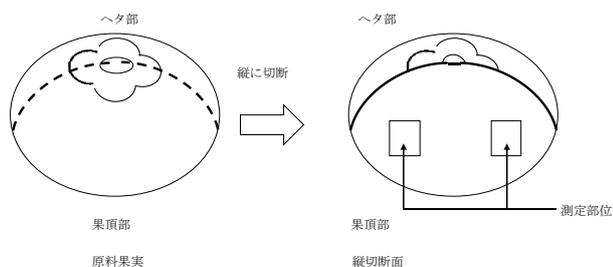
3. 品質調査方法

シロップ漬けの原料となる果実（以下原料果実とする）は、脱渋前と脱渋後に品質調査し、シロップ漬けに加工した果実（以下加工果実とする）は、既報（石川・濱崎，2019）のとおり、シロップ漬け加工2ヶ月後に品質調査を行い、原料果実と加工果実の変化や処理区間の差異を確認した。また、原料果実と加工果実は別の個体を調査対象とした。

1) 原料果実

脱渋前の果実について、果皮色と破断強度を測定した。果皮色はCTSD区を除く各処理区10個を、また、破断強度は供試果実と同程度の果皮色の果実3個を供試した。脱渋後の果実について、果皮色、果実重を測定した。果皮色は各処理区5個、果実重は3個を供試した。果皮色は、農林水産省果樹試験場基準の果実カラーチャート（平核無）を用いて果皮赤道部4カ所を測定した。また、各処理区3個について、果肉の可溶性固形分、色調、破断強度、可溶性タンニン含量を測定し、ペクチン量測定用に果肉を5mm角に細断して液体窒素で凍結し、-30℃で保管した。可溶性固形分は、屈折糖度計（PEN-1st ATAGO）を用いて果実の縦断面の赤道部（第1図）を3カ所測定した。色調は、分光色差計（SE7700 日本電色）を用い、既報の手順（石川・濱崎，2019）に従ってL*a*b*表色系の各数値を得た。破断強度は、レオメーター（RE3305 山電）を用いて既報（石川・濱崎，2019）の手順に従い、直径5mmのプランジャを秒速1mmで垂直に押し当てて破断荷重を測定した。測定は25℃の室内において行った。可溶性タンニン含量は、既報の手順（石川・濱崎，2019）に従ってフォーリン・チオカルト法により、標準物質（+）-カテキン相当量として可溶性タンニン含量を求めた（津志田，2000）。ペクチン量について、果肉のアルコール不溶性固形分（AIS）の調製は、Tairaら（1997）の方法を一部変更して行った。すなわち、10gの果実細片に90mlの80%エタノールを加え沸騰湯浴で15分間還流し、ホモジナイザー（AM-8 日本精機）で磨砕した。遠心分離（8,000×g、5分）後、吸引ろ過した残渣を80%エタノールで4回洗浄した。得られた残渣を90%エタノール、100%エタノール、さらに100%アセトンで順次洗浄してろ過し、乾燥機（AVO-250NS ASONE）を用いて60℃12時間乾燥させてAISを得た。AISからのペクチン抽出は、真部ら（2003）の方法で行い、水溶性ペクチン（WSP：常温2時間蒸留水で抽出）、塩類可溶性ペク

チン (HXSP : 0.8%ヘキサメタリン酸ナトリウム溶液で 90°C60 分抽出), 酸可溶性ペクチン (HSP : 0.1N HCl で沸騰湯浴 60 分抽出) 及びアルカリ可溶性ペクチン (SSP : 0.2N NaOH で常温 1 晩抽出) の 4 画分とした。ペクチンの定量は, ガラクツロン酸を標準物質として, 3,5-ジメチルフェノール法により行い, 各画分の総量を全ペクチン量 (TP) とした。



第 1 図 原料果実における可溶性固形分の測定部位

Fig. 1. Measurement position of soluble solids in raw fruit

2) 加工果実

加工処理 2 ヶ月後に, 可溶性固形分, pH, 果実歩留まり, 色調, 破断強度, 糖液の濁度及び可溶性タンニン含量を測定した。また, ペクチン量測定用に 5mm 角に細断した果肉を液体窒素で凍結し, -30°C で保管した。ペクチン量測定用は各処理区 3 個, その他項目の測定は 5 個を供試した。可溶性固形分及び pH は, 加工果実を家庭用電動ミル (IFM-800 IWATANI) でペースト状にしたものを屈折糖度計及び pH メーター (D-74 HORIBA) を用いて測定した。果実歩留まりは, 加工果実の重量を測定し, 約 100g に調製した原料果実の重量を 100 として算出した。色調, 破断強

度, 可溶性タンニン含量, ペクチン量は, 原料果実と同様に調査した。糖液の濁度は, 糖液をよく攪拌した後, 約 1ml 採取し, 分光光度計 (V-630 日本分光) を用いて 660nm の吸光度を測定した。

結果

1. 原料果実の品質特性

原料果実のカラーチャートによる果皮色は, 脱渋前が CTSD 区を除く処理区で 4.8~5.1, 脱渋後は 25°C 区, 30°C 区で 4.9~5.1 と脱渋前とほぼ変わらなかったが, CTSD 区では脱渋後が 6.4 であった (第 1 表)。35°C 区, 40°C 区は脱渋後, 果皮が暗黄色に変色したため測定しなかった。脱渋後の重量は, 207.7~229.1g となり, 各処理区間で有意差はなかった。脱渋後の可溶性固形分はアルコール脱渋で 13.8~14.9 度であったのに対し, CTSD 区では 16.9 度とアルコール脱渋に比べて有意に高かった。また, 35°C 区, 40°C 区の脱渋処理後の果実は, アルデヒド臭に似た異臭が発生し, 40°C 区は, 果皮の一部にカビが発生した。

2. 加工果実の品質特性

可溶性固形分は, 果実が 26.7~27.6 度, 糖液が 26.1~27.2 度, pH は果実が 3.75~4.14, 糖液が 3.69~4.12 であった (第 2 表)。また, 各処理区とも加工果実と糖液の差は可溶性固形分で 0.7 度以内, pH で 0.06 以内であり, 果実と糖液でほぼ均衡していた。果実歩留まりは, 脱渋温度が高くなるにつれて数値が高くなり 85.5% の 25°C 区に比べ 92.5% の 40°C 区, 92.8% の

第 1 表 原料果実の品質特性

Table 1. Quality characteristics of raw material fruits

処理区	脱渋方法 ^z	脱渋前		脱渋後	
		果皮色 ^y	果皮色	果実重 (g)	可溶性固形分 (度)
25°C	アルコール	4.8 ± 0.2 ^x	5.1 ± 0.2	229.1 ± 7.3 ^a	14.1 ± 0.0 ^b
30°C	アルコール	5.0 ± 0.1	4.9 ± 0.2	212.8 ± 5.9 ^a	13.8 ± 0.3 ^b
35°C	アルコール	4.9 ± 0.1	- ^v	223.3 ± 8.3 ^a	14.5 ± 0.7 ^b
40°C	アルコール	5.1 ± 0.2	-	226.7 ± 7.3 ^a	14.9 ± 0.3 ^b
CTSD	炭酸ガス	- ^w	6.4 ± 0.1	207.7 ± 2.9 ^a	16.9 ± 0.1 ^a

^zアルコール脱渋は 2ml/果実 1kg のエタノールを封入後所定の温度で 7 日間保持,

原料果実の品質特性 CTSD は炭酸ガス封入 (95%, 23°C, 20 時間) し, 開封後は 25°C で 6 日間保持

^yカラーチャート (平核無用) を使用

^x平均値 ± 標準誤差 (脱渋前果皮色 n=10, 脱渋後果皮色・果実重 n=5, 可溶性固形分 n=3)

^w未測定

^v脱渋後果皮が変色したため未測定

^a異なるアルファベット間で有意差があることを示す (TukeyHSD, p<0.05)

第2表 異なる温度でアルコール脱渋処理した柿果実を用いたシロップ漬けの品質特性

Table2. Quality characteristics of persimmon fruits in syrup treated with alcohol at different temperatures for removal of astringency

処理区	可溶性固形分 (度)		pH		果実歩留まり (%)
	加工果実	糖液	加工果実	糖液	
25°C	27.2 ± 0.1 ^z	26.6 ± 0.2	3.75 ± 0.03	3.69 ± 0.04	85.5 ± 0.8 b ^y
30°C	26.8 ± 0.1	26.1 ± 0.1	3.85 ± 0.03	3.81 ± 0.06	89.9 ± 0.9 ab
35°C	26.8 ± 0.2	26.3 ± 0.2	4.04 ± 0.03	4.09 ± 0.03	90.8 ± 1.9 ab
40°C	26.7 ± 0.3	26.5 ± 0.2	4.14 ± 0.02	4.12 ± 0.02	92.5 ± 1.2 a
CTSD	27.6 ± 0.3	27.2 ± 0.3	4.03 ± 0.02	4.05 ± 0.01	92.8 ± 1.4 a

^z 平均値±標準誤差 (n=5)

^y 異なるアルファベット間で有意差があることを示す (TukeyHSD, p<0.05)

CTSD 区で有意に高かった。また、35°C区、40°C区の果実は、アルデヒド臭に似た異臭が発生していた。

3. 色調

原料果実の色調は、脱渋温度が高くなるにつれて L*値、a*値、b*値のいずれも低くなり、35°C区、40°C区の果肉は水浸状で透明感のある外観を呈した(第2図)。CTSD 区はアルコール脱渋のいずれの処理区に比べても L*値、a*値、b*値で高い傾向となり、果肉は明るいオレンジ色を呈した。

加工果実の色調は、各処理区の差は少なかった。CTSD 区は、L*値、a*値、b*値とも高く、原料果実と同様の傾向であった。また、35°C区及び40°C区で原料果実と加工果実の差は他の処理区に比べて少なく、加工による色調の変化が少なかった。

4. 破断強度

原料果実の破断荷重は、脱渋前で 16.5N であった(第3図)。脱渋後は、25°C区、30°C区の 1.1N、に比べ 35°C区は 4.4N、40°C区は 5.2N と高い値を示し、対照の CTSD 区は、9.8N と処理区間で最も高い値となったが、いずれの処理区も脱渋前より低い値であった。

加工果実の破断荷重は、25°C区の 0.5N、30°C区の 1.6N に比べて、35°C区は 5.1N、40°C区は 4.6N と高い値となったが、原料果実で最も破断荷重が高かった CTSD 区は、3.0N と 35°C区、40°C区よりも低い値となった。原料果実に対する加工果実の破断荷重は、25°C区と CTSD 区で有意に低くなった。

5. 糖液の濁度

糖液は、25°C区、30°C区、CTSD 区で白濁したのに対し、35°C区、40°C区では白濁せず透明であった。糖

液の濁度を測定したところ、25°Cで 0.24、30°Cで 0.15 と脱渋温度が高くなるほど値は低下し、35°Cで 0.05、40°Cで 0.03 とほぼ濁りのない状態であった(第4図)。

6. 加工果実の破断荷重と糖液の濁度の相関

加工果実の破断荷重と糖液の濁度との間の相関を検討した。その結果、ピアソンの積率相関係数が $r = -0.785$ ($p < 0.01$) と両者に負の相関があった(第5図)。

7. 可溶性タンニン含量

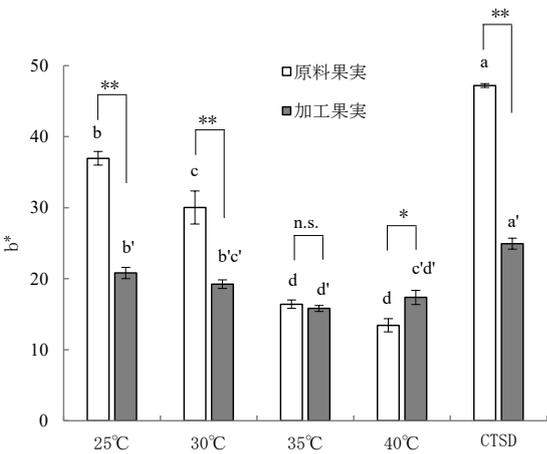
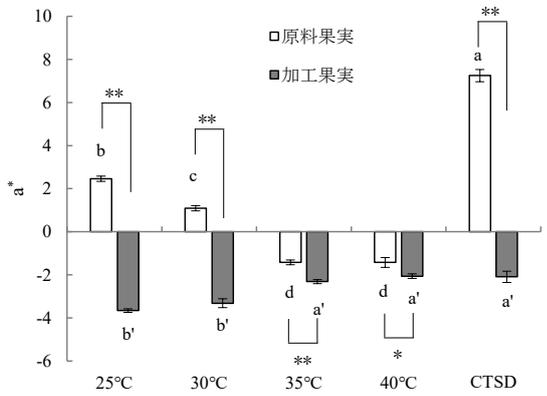
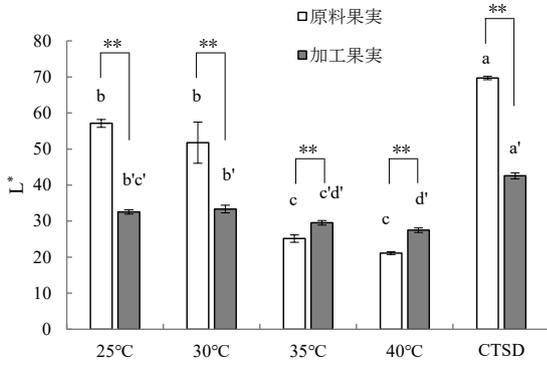
可溶性タンニン含量は、原料果実で、0.029~0.035%と処理区による差はなく、いずれもヒトが渋味を感じる閾値である 0.1% (加藤, 1984) を下回った(第6図)。加工果実では、35°C区で 0.031%と最も低く、脱渋温度との一定の傾向は見られなかった。原料果実に対する加工果実の可溶性タンニン含量は、25°C区、CTSD 区で有意に高くなり、加熱による渋戻りと思われる現象が確認されたが、最も高い CTSD 区でも 0.042%であり、いずれの処理区もヒトの渋味を感じる閾値を下回った。

8. ペクチン量

原料果実のペクチン量について、TP は 317.5~425.1mg/100gF.W.となり、いずれの処理区も WSP と HXSP が大部分を占めた(第7図)。WSP は 25°C区が 257.1mg/100gF.W.、30°C区が 201.9 mg/100gF.W.、35°C区が 129.5 mg/100gF.W.、40°C区が 107.5 mg/100gF.W.区と脱渋温度が高くなるにつれて減少した。一方で HXSP は、25°C区が 95.5 mg/100gF.W.、30°C区が 104.7 mg/100gF.W.、35°C区が 198.1 mg/100gF.W.、40°C区が 278.6 mg/100gF.W.と脱渋温度が高くなるにつれて増加した。CTSD 区は、WSP が

198.9 mg/100gF.W.と HXSP が 193.5 mg/100gF.W.と両者の割合は同程度であった。

加工果実のペクチン量について、TP は 303.1~378.2

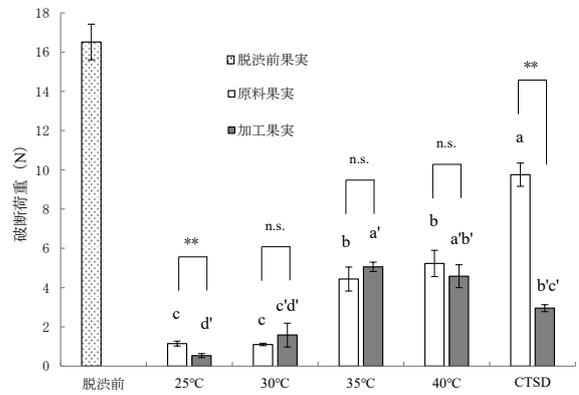


第2図 異なる温度でアルコール脱渋処理した柿果実を用いたシロップ漬けの色調

Fig.2. Color of persimmon fruits in syrup treated with alcohol at different temperatures for removal of astringency

図中の縦棒は標準誤差を示す(原料果実 n=3, 加工果実 n=5) 処理区間において、それぞれ異なるアルファベット間で有意差があることを示す (TukeyHSD, p<0.05) 原料果実と加工果実間は、Student の t 検定において**は 1% 水準、*は 5%水準、n.s.は有意差が認められないことを示す

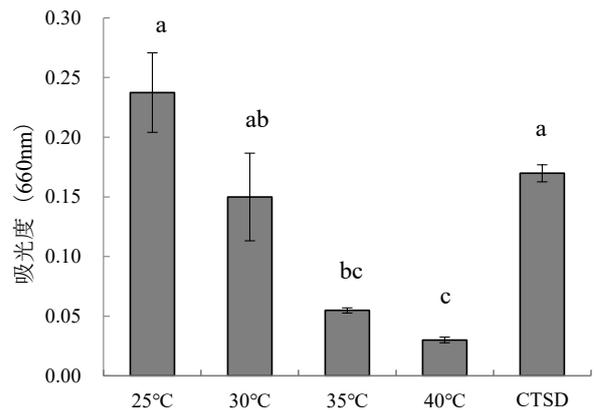
mg/100gF.W.となり、ややばらつきが大きかったが、WSP が 51.8~81.0 mg/100gF.W., HXSP が 220.4~276.3 mg/100gF.W.と HXSP が多くを占め、処理区間で大きく違わなかった。



第3図 異なる脱渋処理の柿果実を用いて製造したシロップ漬けの物性

Fig.3. Hardness of persimmon fruits in syrup treated with alcohol at different temperatures for removal of astringency

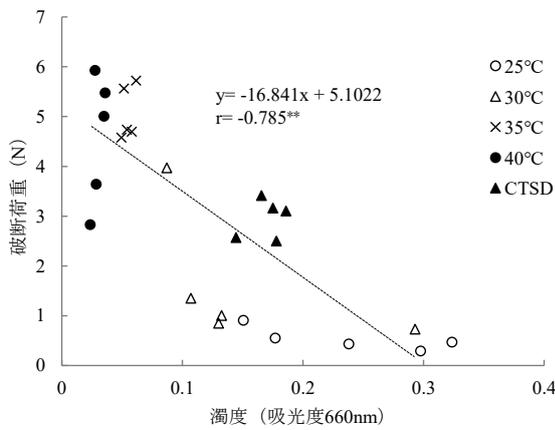
図中の縦棒は標準誤差を示す(原料果実 n=3, 加工果実 n=5) 処理区間において、それぞれ異なるアルファベット間で有意差があることを示す (TukeyHSD, p<0.05) 原料果実と加工果実間は、Student の t 検定において**は 1%水準、*は 5%水準、n.s.は有意差が認められないことを示す



第4図 異なる温度で脱渋処理した柿果実を用いたシロップ漬けにおける糖液の濁度

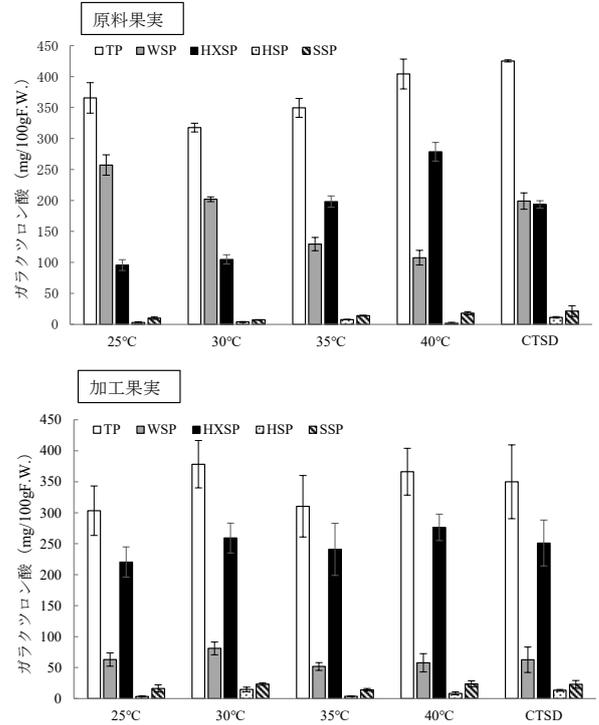
Fig.4. Turbidity of syrup of persimmon fruits in syrup treated with alcohol at different temperatures for removal of astringency

図中の縦棒は標準誤差を示す (n=5) 異なるアルファベット間で有意差があることを示す (TukeyHSD, p<0.05)



第5図 加工果実の破断荷重と糖液の濁度との関係
 Fig.5. Relation between breaking load of the processing fruits and the turbidity of syrup

r は相関係数を示す, **は相関が有意であることを示す (p<0.01)

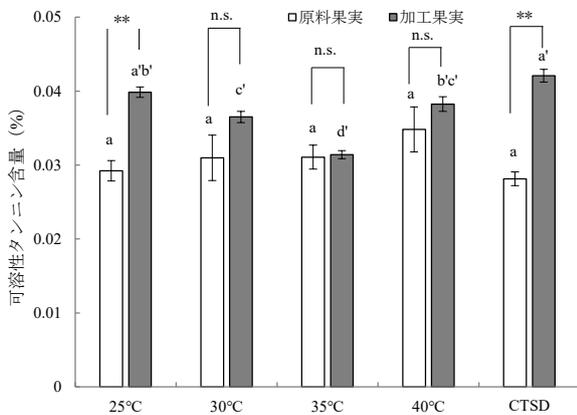


第7図 異なる温度のアルコール脱渋処理した柿果実を用いたシロップ漬けのペクチン量

Fig.7. Contents of pectin of persimmon fruits in syrup treated with alcohol at different temperatures for removal of astringency

図中の縦棒は標準誤差を示す (n=3)

- TP:全ペクチン
- WSP:水溶性ペクチン
- HXSP:塩類可溶性ペクチン
- HSP:酸可溶性ペクチン
- SSP:アルカリ可溶性ペクチン



第6図 異なる温度のアルコール脱渋処理した柿果実を用いたシロップ漬けの可溶性タンニン含量

Fig.6. Contents of soluble tannin of persimmon fruits in syrup treated with alcohol at different temperatures for removal of astringency

図中の縦棒は標準誤差を示す (原料果実 n=3, 加工果実 n=5)

処理区間において, それぞれ異なるアルファベット間では有意差があることを示す (TukeyHSD, p<0.05)

原料果実と加工果実間, Student の t 検定において**は 1%水準, *は 5%水準, n.s.は有意差が認められないことを示す

考察

渋柿のシロップ漬けで問題となる果肉の柔らかさやもろさなどの物性の改善を目的としてアルコール脱渋の処理温度を変化させて品質を調査した。その結果, シロップ漬けに加工した果実は, 脱渋温度が高くなるにつれて, 果実歩留まりは高くなり(第2表), 果実の硬さを表す破断荷重が高くなる傾向にあり, 特に 35°C区や 40°C区の果実は, 25°C区, 30°C区に比べて硬かった(第3図)。

一般に, 柿におけるエタノールによる脱渋は, 果実が軟化しやすいことが知られており, 石丸ら(2001)

も‘平核無’を用いてエタノールと炭酸ガスの脱渋を試み、エタノールの方がエチレンの生成量が多く、軟化しやすかったことを報告している。一方、CTSD脱渋は松尾ら(1975)によって軟化しにくい脱渋法として開発され、松本ら(2011)によって‘刀根早生’でも軟化抑制できることが報告されている。更に、今川ら(2003)は、‘刀根早生’を用いた高温併用脱渋法について検討を行い、35℃で果実軟化が抑制されたことを示し、その要因として、高温が果実のエチレンの感受性を低下させ、軟化の進行を抑制したものと推察している。他にも、リンゴや西洋なし、スモモ、白肉桃において、30~40℃の高温で追熟することで果実の軟化が抑制されることが報告されている(真部, 1981)。本実験においても、35℃と40℃で脱渋した果実が、脱渋直後及びシロップ漬け加工後も果実硬度が保たれたのは、高温により軟化が抑制されたものと推察される。しかし、今回の実験では、アルコール脱渋の処理区で脱渋期間中は密封したため、袋内の酸素や二酸化炭素の濃度が影響している可能性も考えられた。一般に、脱渋時の処理温度が高いと、脱渋は速く進行するため、高い脱渋温度では処理日数は短くなるが、今回は、温度の影響を確認するために処理日数を7日間と各処理区とも一定とした。40℃区では、カビの発生が認められたため、袋内が無酸素状態であるとは考えられないが、高温による呼吸量の増加により、無気呼吸に近い状態であったと考えられる。このことは、開封時のアルデヒド臭からも推察される。このような異常呼吸が原因と考えられる柿果実の硬化については、これまでもいくつか報告されている。例えば、北川(1970)は、‘平核無’などの柿の炭酸ガス脱渋の生理的障害として、脱渋直後果肉及び果皮が透明化し、黒変する現象があり、果実が軟化せずむしろ日が経つと硬くなる傾向がある非軟化型黒変があることを述べている。また、樽谷(1960)は、‘富有’を用いて冷蔵貯蔵における各種包装材料の実用性について調べた試験で、密封度の高いデシケーターや厚みが0.08mmポリエチレンで密封した果実では、貯蔵5~6ヶ月頃から独特の肉質を呈し、肉質は多少弾性を帯びてくるが軟熟しにくく、1年を経過しても形態をそのまま保持していたことを報告し、その現象の要因として、冠水したサツマイモの生理障害として知られている組織の2次的硬化(ペクチンの不溶性化)と同じ機構によるものではないかと考察している。冠水イモとは、多量の降雨により畑が浸水してサツマイモが数日間水に浸かった

場合に組織が硬化し、調理ができない状態になる現象をいい(真部, 2012)、鈴木ら(1946)はこの現象の要因を、サツマイモが冠水によって細胞死を起こし、組織内のカルシウムや、マグネシウムと中葉組織の主成分であるペクチンが結合して熱に不溶性の物質に変化するためであると推論している。また、住木(1947)は、冠水時の水温が高いほど、硬化の程度が強くと現れるとしている。更に鈴木ら(1946)は、他の野菜でも同様の現象を認め、硬化の原因は、窒息死や原形質異常であるとして、冷凍、加熱などの他の要因の細胞死によっても硬化することを明らかにした。本実験では、35℃区、40℃区において、果肉の透明化が観察され、果肉が弾力を有して硬度を保持しており、前述の北川の「非軟化型黒変」や樽谷の「弾性を帯びた肉質」と類似する現象と考えられた。そこで、果実のペクチンを調査したところ、原料果実で脱渋温度の上昇に伴い、水溶性ペクチン(WSP)が減少し、カルシウムやマグネシウムのような多価カチオンと架橋結合して水に不溶性となった塩類可溶性ペクチン(HXSP)が増加した(第7図)。しかし、加工果実では、すべての処理区で原料果実に比べて水溶性ペクチン(WSP)が減少し、塩類可溶性ペクチン(HXSP)は増加して、その割合は、WSPが約20%、HXSPが約75%となり、処理区間で大きな差はなかった。一般に、野菜は加熱により軟化すると考えられているが、実際は軟化と同時に硬化が起こっており、高温域(90~100℃)では主として軟化が、低温域(60~70℃)では主として硬化が起こる(香西, 2002)。これは予備加熱と呼ばれ、予備加熱による硬化現象は、果実類でもサクランボやクリについても認められている(真部, 2012)。本実験では、85℃40分という殺菌工程により予備加熱の温度帯を通過した際に、水溶性ペクチン(WSP)の減少と塩類可溶性ペクチン(HXSP)の増加が起こったと推察されるが、40℃区では、加工の前後でHXSP量の変化はなかった。他の処理区でもHXSP量は40℃区とほぼ同じであり、このことは、果実内で不溶性に変化するペクチン量にある一定の上限が存在していることを示唆しているものと思われる。また、処理区間において加工果実のWSP及びHXSPの量に差がなかったが、破断荷重は高温処理区で高い値を示した。このことから、ペクチンは、85℃40分間の加熱処理で不溶化しても、脱渋処理で果実が軟化し、果肉の細胞組織が一度崩壊してしまうと、その状態は元には戻らないことを示していると考えられる。これらのことから、今回の35℃

区、40℃区の果実が硬化した現象は、高温処理による影響に加え、異常呼吸によるペクチンの不溶化が進んだ可能性が推察される。なお、これまで柿において35~40℃で7日間密封するような研究事例はなく、本実験においても袋内の酸素や二酸化炭素、エタノール、アルデヒドなどの気体の状態や果実の生理的な状態、酵素活性などについて測定していない。しかし、高温処理がシロップ漬けにおいて果実の軟化抑制に有効であることは本実験のとおり明らかであり、今後、軟化抑制の現象面の解析と最適な高温処理条件について検討を進めたい。一方、対照区のCTSD脱渋において、脱渋後の原料果実は処理区間で最も硬く、加工処理によって急激に軟化した。ペクチンの変化を見ると、原料果実ではWSPは30℃区と、HXSPは35℃とほぼ同量を示し、総ペクチン量(TP)は最も高い傾向を示したのに対し、加工果実では各処理区とほぼ同じ様相を示した。このように、シロップ漬け加工による果実の物性の変化は、脱渋方法により大きく異なることが明らかになったが、その変化は、ペクチンの構成の変化だけでは説明できない現象が生じていることが判った。なお、柿果実の細胞にはペクチンの他にヘミセルロースも多く含まれており、果実の物性に大きく影響している(石丸ら、2001)。今回、ヘミセルロースについては分析していないため、さらなる調査が必要である。

次に、柿を用いたシロップ漬けの糖液の白濁については、薮ら(1957)、溝延ら(1965)が報告している。薮らは、常温もしくは30℃でアルコール脱渋した‘平核無’をシロップ漬けに用いており、溝延らは、25℃、30℃でアルコール脱渋した‘平核無’を用いている。白濁物質は、ペクチンとタンニンの複合的な化合物からできており、85~90℃で溶出するとされる(薮ら、1957)。本実験においても25℃区、30℃区で糖液が白濁し、原料果実の水溶性ペクチンが多いほど糖液の濁度も高くなる傾向が認められた。さらに、加工果実の破断荷重と糖液の濁度に負の相関が認められた(第5図)。これは、高温脱渋することにより不溶性ペクチンが増加し、加工果実の硬度が保たれると糖液の白濁が減少することを示しており、原料果実の水溶性ペクチンの糖液への溶出が抑制されているものと思われる。一方で、糖液の濁度と果実の可溶性タンニン含量には一定の傾向は見られなかった。このことから、糖液の白濁には溶出したタンニンよりも水溶性ペクチンの影響の方が大きいと考えられる。

今回の実験では、35℃区、40℃区の脱渋処理後の果実は、弾力があるため剥皮が困難で、アルデヒドと思われる異臭が発生し、さらに40℃区では、果皮の一部にカビが発生するなど、いくつかの問題が見受けられた。また、色調は、CTSD区が明るいオレンジ色で良好であったのに対し、アルコール脱渋ではいずれの処理区でもCTSD区に比べ暗い色調の仕上がりとなった。本実験の目的である果肉の物性や糖液の白濁については、35℃、40℃といった高温域のアルコール脱渋によって改善されたが、おいしさや安全性の観点から、この条件での脱渋処理は、シロップ漬けの原料果実としては利用が困難であると考えられた。今後は、脱渋処理時間の調整や炭酸ガス的高温処理などを検討し、これらの問題を解決するとともにおいしさも兼ね備えたシロップ漬けのための脱渋条件を明らかにしたい。また、今回は、脱渋方法に着目して果肉の硬化を試みたが、果実にカルシウム塩を処理することによってテクスチャーを改変させる方法は、加熱殺菌中に組織が軟化しやすい果実・野菜缶詰に多く採用され、実用化されている(真部、2012)。今後は、シロップ漬けの加工工程におけるカルシウム処理による果肉の硬化について試みたい。

摘要

渋柿のシロップ漬けで問題となる果肉の柔らかさや糖液の白濁の改善を目的として、異なる温度でアルコール脱渋した‘刀根早生’を用いてシロップ漬けを試作し、その品質特性を調査した。

加工果実の製品歩留まりと破断荷重は、脱渋温度が高いほど数値は高くなった。糖液の濁度は、脱渋温度が高いほど低くなり、35℃区、40℃区は透明であった。可溶性タンニン含量は、原料果実、加工果実ともに脱渋温度との一定の傾向はなかった。ペクチンは、加工果実では脱渋温度による一定の傾向は見られなかったが、原料果実では脱渋温度が高いほど水溶性ペクチンが少なく、塩類可溶性ペクチンが多くなった。以上のことから、脱渋温度が高くなるほど果肉は硬化して、加工処理後の糖液の濁度は低下し、糖液の白濁には原料果実のペクチン質が関係していることが示唆された。

謝辞

柿果実の提供及び CTSD 脱渋にご協力いただいた奈良県果樹・薬草研究センターの市川胤記主任主事（現：奈良県食と農の振興部担い手・農地マネジメント課）に感謝申し上げます。

引用文献

- 今川順一，濱崎貞弘，今堀義洋，上田悦範．カキ‘刀根早生’ハウス栽培果実における高温下での二酸化炭素，エタノール併用脱渋法．園芸雑．2003，72(1)，75-81．
- 石川亜希，濱崎貞弘．異なる品種のカキ果実を用いたシロップ漬けの品質特性．奈良農研セ研報．2019，50，45-54．
- 石丸恵，茶珍和雄，和田安規，上田悦範．脱渋方法の異なるカキ‘平核無’果実のペクチン質およびヘミセルロースの変化と軟化との関係．日食保蔵誌．2001，27(4)，197-204．
- 北川博敏．カキの栽培と利用．第1版，養賢堂，1970，273p，222．
- 香西みどり．野菜の硬化とその機構．日調科誌．2002，35(4)，387-392．
- 加藤公道．カキ果実のアルコール脱渋時におけるタンニン・糖の抽出条件，タンニン含量と渋み及びアルコールの挙動．園学雑．1984，53(2)，127-134．
- 松尾友明，篠原準一，伊藤三郎．炭酸ガスによる CTSD カキ果脱渋法．園学要旨．昭和 50 春，368-369．
- 真部孝明．果実組織の硬度とペクチン質．日食工誌．1981，28(12)，653-659．
- 真部孝明．食品分析の実際．初版第 1 刷，幸書房，2003，281p，125-127．
- 真部孝明．ペクチン．初版第 2 刷，幸書房，2012，134p，66-67，74-75．
- 溝延正夫，伊坂孝，薮花雄．柿缶詰の白濁防止に関する研究．食品工誌．1965，12(3)，95-99．
- 小川正毅，石崎政彦，角田秀孝，山内勸，中村義彦，竹本昇，辻本雅宏，黒田喜佐雄，岩本和彦，松本善守，小野良允，澤村泰則，大西豊，植田重孝．カキ‘平核無’および‘刀根早生’の CTSD 炭酸ガス脱渋法の実用化．園学研．2011，10(3)，295-301．
- 令和元年産果樹生産出荷統計．農林水産省．2020-4-14．
https://www.maff.go.jp/j/tokci/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kazyu/index.html，（参照 2020-6-24）
- 薮花雄，沢田知己，小鷹正之．柿のシロップ漬缶詰め試験（第 1 報）．農産技研紙．1957，4(4)，115-117．
- 薮花雄．果実蔬菜の加工・貯蔵ハンドブック．桜井芳人・杉山直儀著．養賢堂，1968，721p，394-396．
- 住木諭介．冠水甘藷．農学．1947，1，402-409．
- 鈴木繁男，瓜谷郁三，村松敬一郎．冠水藷の硬化機作．農及園．1946，21，555．
- 平智，大場節子，渡部俊三．エタノールと炭酸ガスを併用したカキ‘平核無’果実の脱渋．園学雑．1992，61(2)，437-443．
- Satoshi Taira , Miki Ono and Naoko Matsumoto . Reduction of persimmon astringency by complex formation between pectin and tannins . Postharvest Biology and Technology . 1997 , 12 , 265-271 .
- 樽谷隆之．カキ果実の利用に関する研究（第 4 報）．園芸雑．1960，29(3)，212-218．
- 津志田藤二郎．食品機能研究法．篠原和毅・鈴木建夫・上野川修一編著，光琳，2000，348p，318-322．

