

カキ ‘四ツ溝’ における酵素剥皮が皮剥き作業時間および果実品質に及ぼす影響

山口和希¹⁾・村上 覚²⁾・橋本 望³⁾・鈴木麻友⁴⁾・荒木勇二²⁾

¹⁾地域産業課, ²⁾農林技術研究所果樹研究センター, ³⁾富士農林事務所, ⁴⁾農地計画課

Effects of Enzyme Peeling on the Peeling Properties and Fruit Quality of ‘Yotsumizo’ Persimmon

Kazuki Yamaguchi¹⁾, Satoru Murakami²⁾, Nozomi Hashimoto²⁾ and Yuji Araki³⁾

¹⁾Shizuoka Res. Inst. Agric. and For., ²⁾Shizuoka Pref. Office, Region. Agric. Section

Abstract

We evaluated the applicability of enzyme peeling for the ‘Yotsumizo’ persimmon, from the Shizuoka Prefecture, by investigating the effects of maturity, workability, and fruit quality on the peeling of a range of peelable fruit. 1, It is difficult to peel fruits that have not reached maturity. Therefore, as the maturity advances, the success rate of peeling increases. The success rate of ‘Yotsumizo’ peeling increases steadily over color chart 5. 2, The working time for enzyme peeling was shortened from 60% to 40%, compared with that of knife peeling. 3, The fruit quality had a small influence on the hardness and total ascorbic acid. The soluble solids tended to decrease, for which the effects of reduced soluble tannins are considered to be a cause. From the above, although it is necessary to pay attention to the maturity of the fruit, enzyme peeling in ‘Yotsumizo’ is considered to be a promising technology as a simple peeling method.

キーワード：一次加工, カキ, 果実熟度, 皮むき, 酵素剥皮, 作業性

I 緒 言

カキは、2018年時点、全国で、カンキツ、リンゴにつぐ第3位の結果樹面積を持つ果実である⁹⁾。カキの加工品として代表的な干し柿は、東京都中央卸売市場の取扱額が2014年から2018年度の5年間に1700円/kgから1900円/kgの間で推移するなど需要が安定しており、一部は生果以上の高値で取引されている。また、カキはカットフルーツとしての需要も増加している。そのため、生産量増加を希望する加工場や新たに加工品開発に取り組もうとする農業者がいる一方、干し柿やカットフルーツに加工するためにはまず皮を剥く作業が必須であることから、簡易的な皮剥きの方法が生産量の拡大や加工品開発の大

きな契機になる可能性を秘めている。

簡易な剥皮方法として尾崎らはカキ果実を対象とした酵素剥皮技術を開発した²⁾。酵素剥皮は、果皮組織の細胞間隙にポリガラクトクロナーゼ等を含む酵素を作用させて果皮組織の細胞間の接着を乖離させる。カキでは、酵素液の浸とう率の向上および酵素活性阻害因子を失活させるために前処理として熱処理が必須という特徴がある。尾崎らの手法は、酵素液の導入経路である亀裂の生じやすさが品種によって異なることから、野口らにより、食品用乳化剤による前処理と弱アルカリ沸騰水を利用した改良手法が開発され、幅広い品種で剥皮が可能となった¹⁰⁾。しかし、これまでカキの酵素剥皮では、手法の開発に関する報告はあるものの、作業時間の検討や果実の品質に関する研究はあまり行なわれていない。

そこで本研究では、酵素剥皮の実用化にむけて静岡県の特産の渋カキ品種‘四ツ溝’を用いて、剥皮に適した熟度、酵素剥皮の作業性、酵素剥皮が果実品質に及ぼす影響を検討したので報告する。

II 材料及び方法

1 果実熟度が酵素処理による剥皮の可否に及ぼす影響（試験1）

浜松市北区で平成28年10月4日、10月19日および10月31日に収穫した熟度の異なる‘四ツ溝’48果実を供試した。剥皮時の熟度は、果肉硬度および果皮色を指標として調査した。果肉硬度は、小型振動測定装置（生物振動研究所）を使用し、第2共鳴周波数を用い、以下の式により弾性指標として算出した（ $EI (\text{Hz}^2 \cdot \text{g}^{2/3}) = \text{fn}^2 \cdot \text{m}^{2/3}$ EI：弾性指標 fn：共鳴周波数 m：果実重）。果皮色は分光測色計(TC1500SX, 日本電色工業株)を用いて赤道部2ヶ所を測定し、カキ用カラーチャート値に換算した(以下換算CC値)。熟度の測定後、剥皮を野口らの手法⁹⁾を参考に以下のとおり行なった。すなわち、0.1w/v%食品用乳化剤（リョートーポリグリエステルL-7D, 三菱ケミカルフーズ株）溶液に1晩浸漬させ、5w/v% NaHCO_3 沸騰水で30秒加熱処理し、即座に氷水で冷却し、1w/v%プロトペクチナーゼ IGA (IGA バイオリサーチ株)で3時間酵素処理し、手で摩擦処理し剥皮した。剥皮処理後、剥皮の可否を果実の果頂部からヘタ周辺まで剥皮ができた果実を剥皮可能、剥皮できなかった部分が見られた果実を剥皮不可として目視で評価した。

2 酵素処理が‘四ツ溝’の皮剥き作業性に及ぼす影響（試験2）

果実は浜松市北区で平成27年～平成28年に農林水産省果樹試験場基準カキ全般用カラーチャート（0～10の12段階）値5を目安に適熟で収穫した‘四ツ溝’を用いた。酵素剥皮は試験1と同様の方法で行った。作業時間は、酵素処理などの時間は考慮せず、実際に人の手間がかかる時間として手で摩擦洗浄する工程にかかる時間を調査した。対照として、包丁で果実を剥く時間を調査した。調査は果実1果あたりの作業時間を計測し、被験者として20代男性(作業員A)が10果を、20代女性(作業員B)が20果をそれぞれ処理した。

3 酵素処理が‘四ツ溝’の果実品質に及ぼす影響（試験3）

果実は浜松市北区で平成28年10月30日に収穫した‘四ツ溝’を用いた。酵素剥皮は、調査1と同様の方法で行い、剥皮後の果実の品質を調査した。なお、乳化剤

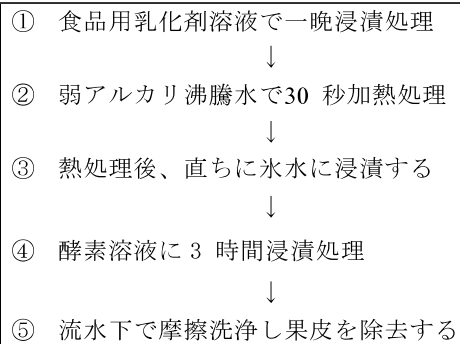


図1 本試験で用いた酵素処理による剥皮の工程(野口ら2013を参考)

処理および酵素処理は室温（20.9℃）で実施した調査項目は、果肉硬度、可溶性固形物含量、総アスコルビン酸含量、可溶性タンニン、果実の表面特性を調査した。果肉硬度、可溶性固形物含量は各処理20果を用いて、果肉硬度は果皮を剥いた状態で測定するため、クリーブメーター（RE-3305, 株山電）を使用し、円柱プランジャー（No.5）が5mm貫通するまでの最大破断荷重を計測した。可溶性固形物含量は、果実の果頂部から果底部に向けて半月状に2ヶ所切り取り、搾汁した果汁を糖度計（PAL-1, 株アタゴ）で測定した。総アスコルビン酸含量および可溶性タンニンは、各処理10果から果肉を採取しそれらを混合して5反復抽出測定した。総アスコルビン酸含量は2,4-ジニトロフェニルヒドラジン法⁷⁾、可溶性タンニンは伊達らの方法⁸⁾を参考に定量した。果実の表面特性は各処理16果を用いて、肉眼で観察した後に、デジタルマイクロスコープ（株ハイロックス, RH-2000）により果実の赤道部の3次元解析を行なった。観察は35倍の倍率でレンズはMXB-2500REZを用いた。調査は、果実表面の高度差、粗さ（Ra（算術平均粗さ）、Rz（最大粗さ）、Rz1s（10点平均粗さ）および表面積指数（観察部面積/観察部断面積）を調査した。

III 結果

1 果実熟度が酵素処理による剥皮の可否に及ぼす影響（試験1）

‘四ツ溝’の酵素剥皮では、弾性指標が $20.0 \text{Hz}^2 \cdot \text{g}^{2/3} \cdot 10^6$ 以上の果実では、果実の全てあるいは果頂部から赤道部周辺までは剥皮できるもののヘタ周辺が剥けづらく、剥皮が困難であった（図2）。弾性指標が低下するにしたがい剥皮できる果実が増加し、弾性指標が $8 \sim 12 \text{Hz}^2 \cdot \text{g}^{2/3} \cdot 10^6$ の果実では75%、 $8 \text{Hz}^2 \cdot \text{g}^{2/3} \cdot 10^6$ 以下で全ての果実が剥皮可能であった（図3）。弾性指標が低下

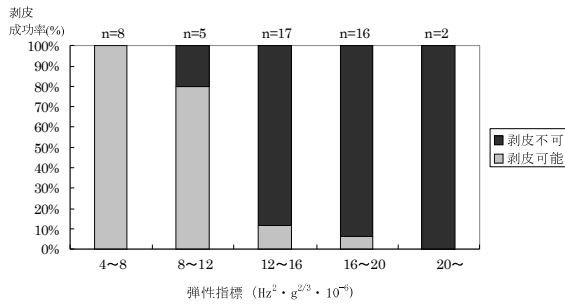


図2 カキ ‘四ツ溝’ の熟度が酵素剥皮による剥皮の可否におよぼす影響

1) n=48

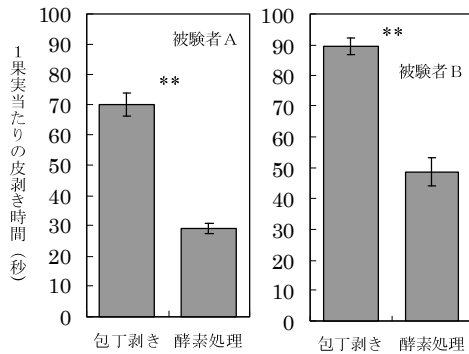


図4 カキ ‘四ツ溝’ における剥皮方法に違いが剥皮時間に及ぼす影響

- 1) **はt検定で1%水準で有意差有り
- 2)被験者 A の n=10、被験者 B の n=20
- 3)図中の棒はエラーバー

するにしがいい換算 CC 値は大きくなり、果皮色が換算 CC 値5以上の熟度では剥皮が可能であった (図3)

2 酵素処理が ‘四ツ溝’ の皮剥き作業性に及ぼす影響 (試験2)

剥皮作業は作業者 A では酵素剥皮が 29 秒、包丁剥きでは 70 秒と 59%皮剥き時間が短縮された (図4) . 作業者 B では酵素剥皮が 49 秒、包丁剥きで 90 秒と 44%皮剥き作業が短縮された. このことから作業者によって個人差はあるものの、酵素剥皮処理により、包丁剥きと比較して 40~60%の作業時間が短縮されると考えられた.

3 酵素処理が ‘四ツ溝’ の果実品質に及ぼす影響 (試験3)

酵素剥皮による剥皮後の果実品質は、果肉硬度、表面

表1 カキ ‘四ツ溝’ における酵素処理が果実品質に及ぼす影響

方法	果肉硬度 ¹ (Kg/cm ²)	表面色 (a/b値)	可溶性固形物含量 (°Brix)	総アスコルビン酸 (mg/100gF.W.)	可溶性タンニン (mg/100gF.W.)
酵素処理	6.05	0.52	20.9	25.0	296
包丁剥き	5.42	0.46	22.2	23.3	356
分散分析 ²	n.s.	n.s.	**	n.s.	**

¹ 果肉硬度-最大破断荷重/直径5mmの円柱プランジャーの面積
² **は1%水準で有意差あり、n.s.は有意差なし
¹ 果肉硬度、表面色、可溶性固形物含量は、平成28年10月30日に収穫した20果を測定
² 総アスコルビン酸、可溶性タンニンは、平成28年10月30日に収穫した10果を混ぜて抽出した5サンプルを測定

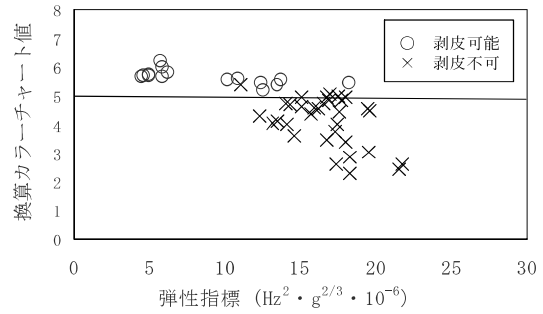


図3 カキ ‘四ツ溝’ の熟度および果皮色が酵素剥皮による剥皮の可否に及ぼす影響

1) n=48

色、総アスコルビン酸含量では差がみられなかった (表1) . 可溶性固形物含量および可溶性タンニンは低下傾向であった. 剥皮後果実の表面は、肉眼でみると違いは判らない程度だが凹凸があり、高度差は酵素剥皮が包丁剥きと比較して大きかった (表2) (図5) . 剥皮後果実の表面の粗さは Ra,Rz,Rzjis いずれも酵素剥皮が包丁剥きと比較して大きかった. 剥皮果実の表面積指数は、酵素剥皮が包丁剥きと比較して大きかった.

IV 考 察

今回はまず ‘四ツ溝’ において酵素剥皮が可能な条件を検討するため熟度が酵素剥皮に及ぼす影響を検討した. ‘四ツ溝’ では、未熟な果実では全体もしくはヘタの周辺が剥皮できなかったが、熟度が進み弾性指標が小さくなるほど、剥皮できる果実が増加した. 本試験から、剥皮可能な果実の熟度として、果皮色の換算 CC 値 5 以上が目安になると考えられる. 野口は、モモおよびグアバにおける酵素剥皮では、剥皮と部位によって酵素剥皮の成否が影響されやすいと報告している⁹⁾. また、モモの湯剥きでも追熟初期には皮と果肉が分離しないこと³⁾やトマトのアルカリを用いた薬剤剥皮でも全体の 90%が赤色になった時期を処理適期とされる¹⁰⁾など熟度と剥皮の関係が報告されており、カキにおける酵素剥皮でも同様の傾向を示したといえる. このように熟度と皮の剥けやすさの関係が強いことが示唆されているが、その理由については明らかとなっていないことが多く、今後検討が必要

表2 カキ ‘四ツ溝’ における酵素処理が果実品質に及ぼす影響

方法	高度差 (μm)	粗さ			表面積指数 ¹
		Ra (μm)	Rz (μm)	Rzjis (μm)	
酵素剥皮	593.7	13.2	42.4	37.5	2.19
包丁剥き	455.5	9.3	28.9	26.2	1.85
t検定 ²	n.s.	*	**	*	*

¹ 観察部表面積/断面積
² **は1%水準で有意差有り、*は5%水準で有意差有り、n.s.は有意差なし
 1)平成28年10月30日に収穫した16果を測定

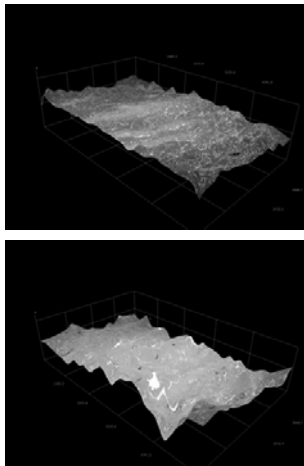


図5 剥皮方法が異なる‘四ツ溝’における表面の様子

- 1)上：包丁剥き、下：酵素剥皮
- 2)デジタルマイクロSCOPEによる3次元解析(35倍)
- 3) XおよびY軸：横寸方の面積、Z軸：高さ

と考えられる。

第二に皮剥きの作業性について検討したところ酵素剥皮では、包丁剥きと比較して40～60%短縮された。これは単純な剥皮の方法の違いに加え、‘四ツ溝’のようにやや溝がある品種でも剥皮がしやすかったことが要因と考えられる。同様に溝のある‘西条’のうち溝が深い系統を刃物で剥皮した場合、皮剥き時間のうち溝取り作業が40～50%を占める⁴⁾とされ、酵素剥皮は溝のある品種の皮剥きの作業性の向上に期待できると考えられる。本試験では、酵素処理に要する時間や熱処理にかかる時間を考慮していない。このことから導入にあたっては、実際の加工場に合わせて酵素の処理方法や摩擦洗浄の方法などを更に検討する必要と考えられる。

第三に果実品質については、表面色の変化や果肉硬度、総アスコルビン酸含量の低下は見られなかった。酵素剥皮では熱処理の時間が短いため、影響を受けた部分が剥皮により除外されたと推察される。このことから、果肉の硬さが重要なカットフルーツ用の皮剥き方法として活用が期待できる可能性が示唆された。

可溶性固形物含量は、酵素剥皮処理区で低下傾向であったが、供試材料が脱渋前の果実であったことから、その一因として、同時に低下傾向を示した可溶性タンニンの影響が考えられた。カキは脱渋の方法として、温めた水に果実を浸す手法が知られており⁷⁾、今回行った酵素剥皮の工程では液体に浸漬する工程が多くあるため脱渋が進んだと考えられる。カキのタンニンは脱渋が進むときアセトアルデヒドをした結合により不溶化する機序が明らかとなっており⁸⁾、今回の試験でも、可溶性タンニンの

減少が可溶性固形物含量の減少の一因と考えられる。果実の凸凹は、酵素処理区では包丁剥きと比較して大きい傾向にあった。これは剥皮の工程のうち摩擦作業によるものと考えられる。

以上により酵素剥皮は、‘四ツ溝’において剥皮が可能な熟度はある程度限定されるものの、包丁剥きと比較して短時間で剥皮ができ、果肉硬度や総アスコルビン酸含量の低下も見られなかったことから、本手法は‘四ツ溝’のように溝のある品種を包丁で多く皮剥きする加工場において簡易な剥皮方法として有望であると考えられた。

V 摘 要

酵素剥皮の実用化に向け、静岡県特産のカキ‘四ツ溝’を用いて、剥皮に適した熟度、酵素剥皮の作業性、酵素剥皮が果実品質に及ぼす影響を調査した。

(1) ‘四ツ溝’は未熟な果実では酵素剥皮が困難であったが、熟度が進むと剥皮が可能となった。剥皮が可能な熟度として、‘四ツ溝’では果皮色が活用でき、換算カラーチャート値が5以上で剥皮が可能であった。

(2) 酵素処理による剥皮は、包丁による剥皮と比較して、作業者が実際に果実を剥く時間は40～60%短縮が可能であった。

(3) 酵素処理によって剥皮した果実は、包丁によって剥皮した果実と比較して、果肉硬度、表面色、総アスコルビン酸含量に影響は見られなかった。可溶性固形物含量は低下傾向だが、可溶性タンニンによる影響が一因である可能性が示唆された。

以上のことから、‘四ツ溝’における酵素剥皮は、剥皮が可能な熟度はある程度限定されるものの、包丁剥きと比較して短時間で剥皮ができ、果肉硬度や総アスコルビン酸含量の低下も見られなかったことから、本手法は‘四ツ溝’のように溝のある品種を包丁で多く皮剥きする加工場において簡易な剥皮方法として有望であると考えられた。

謝 辞

本研究は農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち先導プロジェクト)」の支援を受けて行った。

引用文献

- 1) 板村裕之(1998) : 果実の成熟と収穫後の生理・農業技術大系果樹編4. 農文協, 84-103.
- 2) 尾崎嘉彦・山西妃早子・木村美和子・中内道世(2005) : カキ果実の剥皮方法, 剥皮果実, および包装剥皮果実. 特許第3617042号
- 3) 加藤公道・佐藤良二(1975) : 異なる温度での白肉桃の追熟生理. 園学雑 44(1). 89-97.
- 4) 川上裕也・大畑和也・高橋利幸・田畑美奈・渡邊翠・長岡義治・岩谷洋美・安田雄治・倉橋考夫・江角智也・中務明・板村裕之(2017) : カキ‘西条’のあんぼ柿加工に適した系統の選抜. 園学研 16 別 1:265.
- 5) 伊達英代, 中島安基江, 竹田義弘, 新井清, 高尾信一(2014) : 広島県安芸太田町産柿「祇園坊」の可溶性タンニン含量による品質評価. 広島県立総合技術研究所保健環境センター研究報告, 22, 21-23
- 6) 田中隆(2008) : 植物ポリフェノールに関する化学的研究とその紅茶色素生成機構解明への展開. 薬学雑誌, 128(8), 1119-1131.
- 7) 田村太郎・鈴木繁男(1955) : 2, 4-Dinitrophenylhydrazine による植物組織及び加工食品中の L-Ascorbic acid, Dehydro-L-ascorbic acid, 2, 3-Diketo-L-gulonic acid の分別定量法, 農化 29 (7), 492-497.
- 8) 農林水産省(2018) : 果樹生産出荷統計. (<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&ladyout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20180&month=0&tclass1=00000103287&tclass2=000001032927&tclass3=000001134463>)
- 9) 野口真己(2016) : 農産物の皮むき方法いろいろ. 農耕と園芸. 72(10), 誠文堂新光社, 36-39.
- 10) 野口真己・尾崎嘉彦・東順一(2016) : カキ果実の剥皮方法及び剥皮カキ果実. 特許第596116号.
- 11) Huseyin Ayvaz・Alejandra M. Santos・Luis E. Rodriguez-Saona(2016) : Understanding Tomato Peelability. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Vol.15. 61-632.