

ビワ果実における酵素剥皮の難易要素と 剥皮後の品質および種子・内皮の除去方法

谷本恵美子，富永由紀子¹⁾，河原幹子²⁾，園田望夢

キーワード：ビワ，果実品質，酵素剥皮，クチクラ層，種子除去

The Factors about the Difficulty of the Enzymatic Peeling of Loquat Fruit, Fruit Quality after Enzymatic Peeling, and the Method of Removing the Seeds and the Endothelium

Emiko TANIMOTO, Yukiko TOMINAGA, Mikiko KAWAHARA, Miyu SONODA

目次

1. 緒言
2. 材料および方法
 - 1) 酵素剥皮の難易要素
 - 2) 酵素剥皮後の果実品質
 - 3) 酵素剥皮における種子・内皮の除去方法
3. 結果
 - 1) 酵素剥皮の難易要素
 - 2) 酵素剥皮後の果実品質
 - 3) 酵素剥皮における種子・内皮の除去方法
4. 考察
 - 1) 酵素剥皮の難易要素
 - 2) 酵素剥皮後の果実品質
 - 3) 酵素剥皮における種子・内皮の除去方法
5. 摘要
6. 引用文献

Summary

¹⁾現長崎県杵岐振興局 ²⁾現長崎県農林部農政課

※本研究は，農研機構生研支援センターの革新的技術開発・緊急展開事業（うち先導プロジェクト）で実施した。

※本報告の一部は，園芸学会平成30年度春季大会および令和2年度春季大会で発表した。

1. 緒言

生果のビワの主な流通時期は、国産果実の端境期である5～6月であり、初夏の訪れを感じさせる季節感のある果物として人気が高い。しかし、冬季の低温に遭遇すると幼果が枯死するため、露地での栽培は中晩生種に偏った栽培がなされており、日持ちもしにくいいため流通期間は短い。さらに、贈答品等の高級果物として扱われることが多いこともあり、「ビワをほとんど／全く食べない」という消費者も多い（公益財団法人中央果実協会、2020）。収穫直後の適熟のビワは、瑞々しくて甘く、爽やかな風味があり、ビワの需要拡大のためには、この風味の良いビワを気軽に食べられる機会を増やし、多くの消費者にビワの味を知ってもらうことが肝要である。

消費者がいつでも気軽に食べられるビワの供給手段として加工品があり、既にゼリー、シャーベット、ケーキなどの製品が流通している（玉田、2010）。ビワ加工品を作るには、剥皮作業が必要であるが、現在は手剥き主体であり多くの労力を要している。

省力的な剥皮方法として、酵素の水溶液による処理で果皮を除去する酵素剥皮があり、カンキツでは既に普及が進み（野口、2015a；b）、近年、カキやビワでも技術が開発された（野口、2015b；

野口・尾崎、2015）。ビワの酵素剥皮は、ペクチナーゼ活性とセルラーゼ活性を有する酵素と界面活性剤を含有する液に、通常は常温下、具体的には10～37℃で8～24時間、最適は20～25℃で14～18時間浸漬し果皮の気孔から酵素液を導入させることにより剥皮する方法であり、美しく剥皮できる（野口・尾崎、2015）。しかし、剥皮時間に影響する処理温度以外の要素、酵素剥皮後の外観以外の果実品質、酵素剥皮に適する種子・内皮の除去方法などの詳細は明らかになっていない。そこで、ビワをできるだけ短い時間で酵素剥皮し、食味と品質の良い加工品を作出することを目的に、ビワ果実における「酵素剥皮の難易要素」、 「酵素剥皮後の果実品質」および「種子・内皮の除去方法」を明らかにしたので、得られた成果を報告する。

なお、ビワ果実の酵素剥皮技術は、農研機構が取得している特許第5991676号「ビワ果実の剥皮方法及び剥皮ビワ果実」の実施許諾を受け実施した。

本研究報告にあたり、多くの助言をいただいた農研機構生研支援センター野口真己氏に心から謝意を表す。

2. 材料および方法

本試験の全ての酵素剥皮処理は、特許第5991676号「ビワ果実の剥皮方法及び剥皮ビワ果実」により、酵素としてアクレモセルラーゼKM（協和化成）0.2%、界面活性剤としてリョートーTMポリグリエステルM-7D（三菱化学フーズ、登録商標リョートー）0.1%の混合水溶液（水は蒸留水使用、以下、処理液）を用いた。2017年はビーカーまたは鍋、2018年以降はチャック付きポリエチレン袋（旭化成製ジップロックフリーザーバッグ）内にビワ果実と処理液を入れ、果実を浸漬した状態で行った。特に述べていない場合、供試果実は、長崎県農林技術開発センター果樹・茶研究部門で有袋栽培した有核ビワのしなびていない適熟果を用い、収穫後から酵素剥皮処理までは、果実をコンテナに並べた状態で常温保存した。酵素剥皮

は、果皮の毛じが概ね取れるまで、流水下において手でこすって洗浄した後に処理液に浸漬し、30℃のインキュベーター内に静置した。特許における最適の温度は20～25℃であるが、処理時間短縮のため、やや高めの30℃とした。剥皮の容易さは、経時的に果実の果頂部、赤道部、果こう部を親指の腹側で軽くこすって剥皮程度を調査し、剥皮度で表した。剥皮程度は、果実の一周のうち剥皮できた割合を基に、0（0%）、1（1%以上30%未満）、2（30%以上50%未満）、3（50%以上80%未満）、4（80%以上100%未満）、5（100%）の6区分に分け、数値化した。剥皮度は、 $\{(1 \times \text{果数}) + (2 \times \text{果数}) + (3 \times \text{果数}) + (4 \times \text{果数}) + (5 \times \text{果数})\} / (5 \times \text{調査果数}) \times 100$ の計算式で算出した。なお、酵素剥皮の難易要素の調査は、所定の

時間ごとに剥皮し、各部位の剥皮程度が5(100%)に至らなかった果実は処理液に戻し、同一果実を継続して調査した。

1) 酵素剥皮の難易要素

(1) クチクラ層の厚さ、果肉硬度および果実部位

露地栽培の6品種(表1~3)を2017年5月下旬~6月上旬に収穫し、果皮のクチクラ層の厚さ、果肉硬度を調査するとともに、果実部位別に酵素剥皮の容易さを調査した。

果皮のクチクラ層の厚さの調査に用いた果実は、収穫6~8日後(表1)の各品種5果について1果あたり赤道部1か所を剃刀で果皮側から果心部に向けて直角に刃を入れて5mm四方を切り抜いた後、2mm程度の厚さにスライスし、果皮と果肉の断面をデジタルマイクロスコープ(キーエンス製VHX-900F)により500倍で観察し、3地点の厚さを計測した(写真1)。

果肉硬度は、クリープメーター(山電製RE2-3305B)を使用し、収穫4~6日後(表2)の各品種5果について赤道部の果皮を剥ぎ、直径12.6mmのコルクボーラーで果肉をくりぬき、果皮側から5mm厚になるように調整した果肉切片に、果皮側から直径8mmの円筒形プランジャーを0.5mm/sで押し下げて、破断荷重を測定した。

果実部位別の酵素剥皮の容易さの調査に用いた果実は、収穫3~5日後(表3)の各品種5果を供試し、処理液浸漬後3.5時間から8時間まで約30分ごとに剥皮程度を調査し、剥皮度で表した。

表1 果皮のクチクラ層の厚さ試験に供試した果実概要(2017年)

品種	収穫日	調査日	調査時の 収穫後 日数(日)
麗月	5月22日	5月29日	7
なつたより	5月22日	5月30日	8
BN21号	5月23日	5月30日	7
茂木	5月23日	5月30日	7
白茂木	6月6日	6月12日	6
田中	6月6日	6月12日	6



写真1 ビワ赤道部のクチクラ層

表2 果肉硬度試験に供試した果実概要(2017年)

品種	収穫日	調査日	調査時の 収穫後 日数(日)
なつたより	5月22日	5月28日	6
BN21号	5月23日	5月28日	5
茂木	5月23日	5月28日	5
麗月	5月24日	5月28日	4
白茂木	6月6日	6月11日	5
田中	6月6日	6月11日	5

表3 果実部位別酵素剥皮試験に供試した果実概要(2017年)

品種	収穫日	酵素剥皮 処理日	処理時の 収穫後 日数(日)
なつたより	5月23日	5月27日	4
BN21号	5月23日	5月27日	4
茂木	5月23日	5月27日	4
麗月	5月24日	5月27日	3
白茂木	6月6日	6月11日	5
田中	6月6日	6月11日	5

(2) 果皮のしなび

ハウス栽培「長崎早生」を2017年4月21日に収穫し、3日後に果皮のしなびの有無で区分した各区5果を供試し、処理液浸漬後3.5時間から6時間まで約30分ごとに剥皮程度を調査し、剥皮度で表した。

(3) 収穫後日数

ハウス栽培「長崎早生」を2017年4月下旬~5月上旬に収穫し、収穫当日、収穫3日後および収穫3日後まで保存した各区5果を供試し、処理液浸漬後3.5時間から6時間まで約30分ごとに剥皮程度を調査し、剥皮度で表した。

(4) 大きさ

ハウス栽培「麗月」を2018年5月9日に収穫し、S (25~30g), M (30~40g), 2L~3L (55~80g) の3区に分け、収穫2日後に各区5果を供試し、処理液浸漬後4時間から8時間まで約1時間ごとに剥皮程度を調査し、剥皮度で表した。

(5) 熟度

ハウス栽培「麗月」を2018年5月9日に収穫し、Sの大きさの果実について、「麗月」対応のカラーチャート(cc) (谷本ら, 2014) により未熟(cc4), 適熟(cc6), 過熟(cc7)に区分した。収穫2日後に各区5果を供試し、処理液浸漬後4時間から8時間まで約1時間ごとに剥皮程度を調査し、剥皮度で表した。

(6) 栽培方法**ア) ハウスと露地**

ハウス栽培および露地栽培の「麗月」を用いた。ハウス栽培は2018年5月9日に収穫し、収穫2日後に5果を、露地栽培は2018年5月24日に収穫し、収穫4日後の6果を供試し、処理液浸漬後4時間から8時間まで約1時間ごとに剥皮程度を調査し、剥皮度で表した。

イ) 有袋と無袋

露地栽培の有袋および無袋の「麗月」を用いた。どちらも2017年5月19日に収穫し、収穫3日後に各区5果を供試し、処理液浸漬後3.5時間から6.5時間までは約30分ごとに、その後は9.5時間まで約1時間ごとに剥皮程度を調査し、剥皮度で表した。

ロ) 有核と無核

ハウス栽培の有核および無核の「麗月」を用いた。どちらも2018年5月1日に収穫し、収穫2日後に各区5果を供試し、処理液浸漬後4時間から8時間まで約1時間ごとに剥皮程度を調査し、剥皮度で表した。

(7) 低温貯蔵

露地栽培の「なつたより」, 「涼峰」, 「茂木」を、2018年5月下旬~6月上旬に収穫して用いた。常温保存は、「なつたより」は4日, 「涼峰」と「茂木」は5日間保存した果実を用いた。低温貯蔵は、3品種とも約2か月間低温貯蔵した果実を用いた。各品種各処理4果を供試した。収穫後4~5日常温保存した果実は、処理液に浸漬し、ただちに30℃のインキュベーター内に静置した。低温貯蔵は、貯蔵中の温度変化を少なくし湿度を保つた

め、4個入りストレートパックに入れた果実(セロハン無被覆)を発泡スチロール箱に入れ、全体をポリ袋で覆い、5℃のインキュベーターで5日間予冷した。予冷後1日かけてインキュベーターの温度を0℃まで下げた後、約2か月間静置した。その後、酵素剥皮処理直前に取り出して常温下で処理液に浸漬し、ただちに30℃のインキュベーター内に静置した。両区とも処理液浸漬後4時間から8時間まで約1時間ごとに剥皮程度を調査し、剥皮度で表した。

2) 酵素剥皮後の果実品質**(1) 果肉色**

露地栽培の8品種を2018年5月中旬~6月中旬に収穫し、酵素剥皮後と手剥き後の赤道部の果肉色を調査した。各品種各処理6果を供試した(表4)。酵素剥皮は、処理液浸漬後6~9時間に赤道部の果皮を指でこすり、露出した果肉色を測定した。手剥きは、同時期に収穫した果実を、酵素剥皮処理が終了する約1時間前まで常温で静置後に手剥きし、果肉色を測定した。果肉色の測定は、色彩色差計(コニカミノルタセンシング製CR-400)を使用した。

表4 果肉色試験に供試した果実概要(2018年)

品種	収穫日	酵素剥皮 処理日	処理時 の 収穫後 日数 (日)	酵素液 浸漬時 間 (h)
BN21号	5月17日	5月21日	4	6
長崎早生	5月22日	5月26日	4	7
麗月	5月24日	5月28日	4	8
なつたより	5月24日	5月28日	4	8
涼峰	5月29日	6月3日	5	9
茂木	6月4日	6月9日	5	8
白茂木	6月7日	6月11日	4	8
田中	6月12日	6月15日	3	8

(2) 果実品質

露地栽培の8品種を、2018年5月中旬~6月中旬に収穫し、酵素剥皮後と手剥き後の糖度、酸含量、果肉硬度、果肉密度を調査した。各品種各処理6果を供試した(表5)。糖度は、デジタル糖度計(アタゴ製AUTOMATIC REFRACTOMETER SMART-1)で測定し、酸含量は、電動ビュレット(京都電子工業株式会社製APB-610)で滴定測定した。果肉硬度は、1)の(1)と同様に測定した。

果肉密度は、果实の約1/8をナイフでくし型に切り出して食し、果肉の緻密さを粗、やや粗、中、やや密、密で判断した。酵素剥皮は、処理液浸漬後7～8時間に剥皮した。対照の手剥きは、同時期に収穫した果实を酵素剥皮処理が終了するまで常温で静置後、手剥きした。

表5 果实品質試験に供試した果实概要(2018年)

品種	収穫日	酵素剥皮 処理日	処理時 の 収穫後 日数 (日)	酵素液 浸漬時 間 (h)
BN21号	5月17日	5月21日	4	8
長崎早生	5月22日	5月26日	4	7
麗月	5月24日	5月28日	4	8
なつたより	5月24日	5月28日	4	8
涼峰	5月29日	6月3日	5	8
茂木	6月4日	6月9日	5	8
白茂木	6月7日	6月11日	4	8
田中	6月12日	6月15日	3	8

(3) 処理温度の違いによる果实品質および食味

露地栽培の「なつたより」を2019年5月16日に収穫し、収穫4日後に酵素剥皮した。酵素剥皮処理温度は、30℃、常温(平均21℃)、15℃、10℃で、各処理5果を供試し、酵素剥皮後の果实品質(糖度、酸含量、果肉硬度)および食味を調査した。果实品質は、2)の(2)と同様に測定した。食味は、果实の約1/8をナイフでくし型に切り出して食し、臭いの有無を中心に調査し、不良、やや不良、中、やや良、良の5段階で判定した。なお、果实品質と食味の調査は、各温度において赤道部が全て剥皮できた同一時間に行った。

3) 酵素剥皮における種子・内皮の除去方法

(1) 割りピロ

露地栽培した8品種を2018年5月中旬～6月中旬に収穫し、酵素剥皮と手剥きの割りピロによる可食部分の歩留まりについて各品種各処理6果を供試し、調査した(果实概要は表4と同じ)。なお、供試果实の果实重は、剥皮方法による差がないように調整した。割りピロはナイフで果实を縦に二つに割って種子および内皮を除去する方法で、表6の順序で行った。歩留まりは、(剥皮および種子・内皮除去後の果实重/すべての作業前の果实重)×100の計算式で算出した。なお、果頂部の除去にはヘタ取り器(下村工業株式会社製ピコ)を使用した(写真2)。酵素剥皮は、処理液浸漬

後6～8時間に剥皮した。対照の手剥きは、同時期に収穫した果实を酵素剥皮処理が終了するまで常温で静置した後に作業した。

表6 割りピロの剥皮方法と作業順序

剥皮方法	順序				
	1	2	3	4	5
酵素剥皮	酵素で剥皮	果こう部を手で除去	果頂部をヘタ取り器で除去	ナイフで二つ割	種子と内皮を手で除去
手剥き	果頂部をヘタ取り器で除去	手で剥皮	果こう部を手で除去	ナイフで二つ割	種子と内皮を手で除去



写真2 ヘタ取り器(下村工業株式会社製ピコ)による果頂部除去

(2) 丸ピロ

露地栽培の「茂木」および「なつたより」を2020年5月19日に収穫し、「茂木」は2～7℃の、「なつたより」は5℃のインキュベーターで6月17日まで保存した果实を供試した。丸ピロは、果实を二つに割らずに種子および内皮を除去する方法で、果頂部と果こう部をナイフで切り落とした後に、果こう部から直径12.6mmのコルクボーラーを突き刺して種子と内皮を押し出して除去した。果頂部と果こう部のナイフでの切り落とし程度は写真3のとおりである。種子・内皮除去は酵素剥皮前に行う区と剥皮後に行う区を設け(表7)、常温(平均24.8℃)で20時間酵素剥皮処理を行った。なお、剥皮前に除去する区には、10℃で25時間酵素剥皮処理する区も設定した。剥皮および種子・内皮を除去した果实について、果肉硬度、果肉の身割れ度、歩留まりおよび内皮の残存を調査した。また、「茂木」では、参考として手剥きでも調査した。「茂木」の手剥きは、常温酵素剥皮後の区の酵素剥皮処理が終了するまで常温で静置後、種子・内皮を除去し手剥きした(順序は表7の酵素剥皮前のとおりで順序3が手剥き)。各品種各処理10果とし、果肉硬度は、このうち5果を個々に

1)の(1)と同様に測定した。身割れ度は、10果すべてを調査し、果肉の身割れの無いものを0、一部割れを1、こまぎれを2とし、 $\{(1 \times \text{果数}) + (2 \times \text{果数}) / (2 \times \text{調査果数})\} \times 100$ の計算式で算出した。また、同一果実10果について、3)の(1)と同様に歩留まりを計算した。さらに、内皮の残存状況について、同一果実10果を目視で確認した。

表7 酵素剥皮丸ビワの種子・内皮の除去時期と作業順序

種子・内皮の除去時期	順序		
	1	2	3
酵素剥皮前	果頂部と果こう部をナイフで切り落とす	果こう部からコルクボーラーを突き刺して種子と内皮を押し出して除去	酵素で剥皮
酵素剥皮後	酵素で剥皮	果頂部と果こう部をナイフで切り落とす	果こう部からコルクボーラーを突き刺して種子と内皮を押し出して除去



写真3 果頂部（右）と果こう部（左）のナイフでの切り落とし程度

(3) 割りビワと丸ビワの比較

露地栽培の「涼峰」を2018年5月29日に収穫し、5日後に各処理6果を供試し、酵素剥皮と手剥き別に割りビワおよび丸ビワの歩留まりと作業時間を調査した。割りビワは、酵素剥皮も手剥きも3)の(1)と同様に作業した。一方、丸ビワは、酵素剥皮では剥皮後に種子・内皮を除去する方法で、手剥きでは剥皮前に除去する方法で、表8の順序で作業した。なお、歩留まりは、3)の(1)と同様に計算した。酵素剥皮は、処理液浸漬後8時間に剥皮した。対照の手剥きは、同時期に収穫した果実を、酵素剥皮処理が終了するまで常温で静置した後に作業した。

表8 丸ビワの剥皮方法と作業順序

剥皮方法	順序		
	1	2	3
酵素剥皮	酵素で剥皮	果頂部にコルクボーラーで切込みを入れる	果こう部からコルクボーラーを突き刺して種子と内皮を押し出して除去
手剥き	果頂部にコルクボーラーで切込みを入れる	果こう部からコルクボーラーを突き刺して種子と内皮を押し出して除去	手で剥皮

3. 結果

1) 酵素剥皮の難易要素

(1) クチクラ層の厚さ、果肉硬度および果実部位

赤道部のクチクラ層の厚さに、品種間差異が認められた。赤道部は、最もクチクラ層の厚い「麗月」では、処理後7時間まで全く剥けなかったのに対し、最もクチクラ層の薄い「BN21号」では、処理後6時間で全て剥けた(表9)。処理後3.5時間以降の赤道部の剥皮度が最初に20以上になった時間とクチクラ層の厚さとの間には、強い正の相関があり、クチクラ層が薄い品種ほど短い処理時間で剥皮し始めることが認められた(表10)。赤道部の果肉硬度にも、品種間差が認められたが(表9)、処理後3.5時間以降の剥皮度が最初に20以上になった時間と果肉硬度との間には、有意な相関はなかった(表10)。また、いずれの品種も赤道部は他の部位より短い処理時間で剥皮しやすい傾向であり、果頂部は他の部位より剥皮に長い時間がかかる傾向であった(表9)。

(2) 果皮のしなび

しなびていない果実(以下正常果)は、赤道部、果こう部、果頂部いずれの果実部位もしなび果より短い処理時間で剥け始め、処理後6時間には、剥皮度がほぼ100になった。一方、しなび果は、正常果よりも遅く剥け始めたが、処理後6時間には、赤道部は剥皮度92で正常果と同程度の剥皮度になり、果こう部も剥皮度84になった。しかし、果頂部は、処理後6時間でも剥皮度32であり、正常果より明らかに剥けにくい状態であった(図1)。

(3) 収穫後日数

収穫3日後の果実は、赤道部では、収穫当日(0日)および収穫13日後より短い処理時間で剥け始め、処理後5時間には剥皮度100になった。果こう部では、収穫当日(0日)より短い時間で剥け始め、処理後6時間には、剥皮度96になった。果頂部では、処理後5時間までは収穫当日(0日)および収穫13日後と同等の剥皮度であったが、処理後

6時間には剥皮度100になった。

収穫当日（0日）および収穫13日後の果実は、いずれの部位も短い処理時間では剥皮は困難であったが、処理時間の経過とともに剥皮は容易となった。処理後6時間の赤道部の剥皮度は、収穫3日後と有意差はあるものの、収穫当日（0日）80、収穫13日後92になった。処理後6時間の果こう部の剥皮度は、収穫当日（0日）84、収穫13日後92になり、収穫3日後と同等になった。しかし、果頂部の剥皮度は、処理後6時間でも収穫当日（0日）44、収穫13日後64であり、収穫3日後の半分程度であった（図2）。

(4) 大きさ

果実の大きさの違いによる剥皮度の推移は、Sと2~3Lはいずれの部位においても同様であったが、Mのみがいずれの部位も剥けにくい傾向が見られた。しかし、処理後8時間には、いずれの部位も大きさに関係なく、剥皮度は100またはおおむね100になった（図3）。

(5) 熟度

果実熟度の違いによる剥皮度の推移は、過熟果の果頂部において剥け始めが遅かったが、他の部位は処理後4時間から同様に剥け始め、処理後8時間には、いずれの部位も熟度に関係なく、剥皮度は100またはおおむね100になった（図4）。

(6) 栽培方法

7) ハウスと露地

ハウス栽培の果実は、赤道部と果こう部では、露地栽培より短い処理時間で剥け始めたが、処理

後8時間には、同等の剥皮度になった。果頂部では、剥皮度の推移の差は無かった（図5）。

イ) 有袋と無袋

露地栽培における有袋の果実は、赤道部が処理後 5.5時間から剥け始め、処理後8.5時間には赤道部、果こう部、果頂部いずれの果実部位でも完全に剥けた。しかし、無袋の果実は、いずれの果実部位でも処理後8.5時間まで全く剥けず、処理後9.5時間に赤道部がわずかに剥ける程度であった（図6）。

ウ) 有核と無核

ハウス栽培における有核果実と無核果実は、赤道部、果こう部、果頂部いずれの果実部位およびすべての処理時間で、同等の剥皮度であった（図7）。

(7) 低温貯蔵

低温2か月貯蔵の果実は、「なつたより」では、赤道部、果こう部、果頂部いずれの果実部位も処理後5時間に完全に剥け、処理後5時間の剥皮度が赤道部30、果こう部7、果頂部0の常温4日保存の果実より明らかに短い処理時間で剥皮できた。

「涼峰」では、処理後6時間にいずれの部位も完全に剥け、常温5日保存の果実と同等であった。

「茂木」では、処理後8時間でもいずれの部位も剥皮度100にはならず、常温5日保存の果実と同様に剥皮に時間がかかった（表11）。

表 9 赤道部のクチクラ層の厚さ、果肉硬度および処理時間ごとの酵素剥皮度の推移（2017年）

品種	クチクラ層の厚さ ^z		果肉硬度		果実部位	剥皮度								
	(μm)	標準偏差	(N)	標準偏差		3.5h ^y	4h	4.5h	5h	5.5h	6h	6.5h	7h	8h
麗月	13.8	2.9	3.78	0.8	赤道部	0	0	0	0	0	0	0	20	24
					果こう部	0	0	0	0	0	0	4	20	20
					果頂部	0	0	0	0	0	0	0	0	0
白茂木	10.7	3.2	6.02	1.8	赤道部	0	0	0	4	16	20	28	32	40
					果こう部	0	0	0	0	0	0	20	40	40
					果頂部	0	0	0	0	0	0	0	0	0
田中	10.0	2.4	6.77	0.8	赤道部	4	8	28	44	52	64	68	76	80
					果こう部	0	0	0	0	0	0	0	60	76
					果頂部	0	0	0	0	0	0	0	0	0
なつたより	8.2	2.8	4.18	0.8	赤道部	4	8	16	28	40	52	60	68	84
					果こう部	0	0	0	0	0	0	0	20	20
					果頂部	0	0	0	0	0	0	0	28	28
茂木	8.0	2.3	8.00	2.0	赤道部	4	4	20	20	20	32	44	52	80
					果こう部	0	0	20	20	20	20	20	20	40
					果頂部	0	0	0	0	0	0	0	0	20
BN21号	6.7	2.6	5.00	1.0	赤道部	24	36	56	72	92	100	100	100	100
					果こう部	0	20	20	20	40	52	100	100	100
					果頂部	0	0	0	0	0	20	40	40	60

^z果皮赤道部3箇所のクチクラ層の厚さの平均

^y酵素剥皮処理時間

表10 赤道部のクチクラ層の厚さ，果肉硬度と剥皮度が最初に20以上になった時間との相関(2017年)

	クチクラ層の厚さ	果肉硬度
相関係数	0.97	-0.29
有意差 ^z	*	n. s.

^z*は5%水準で有意差あり． n. s. は有意差なし

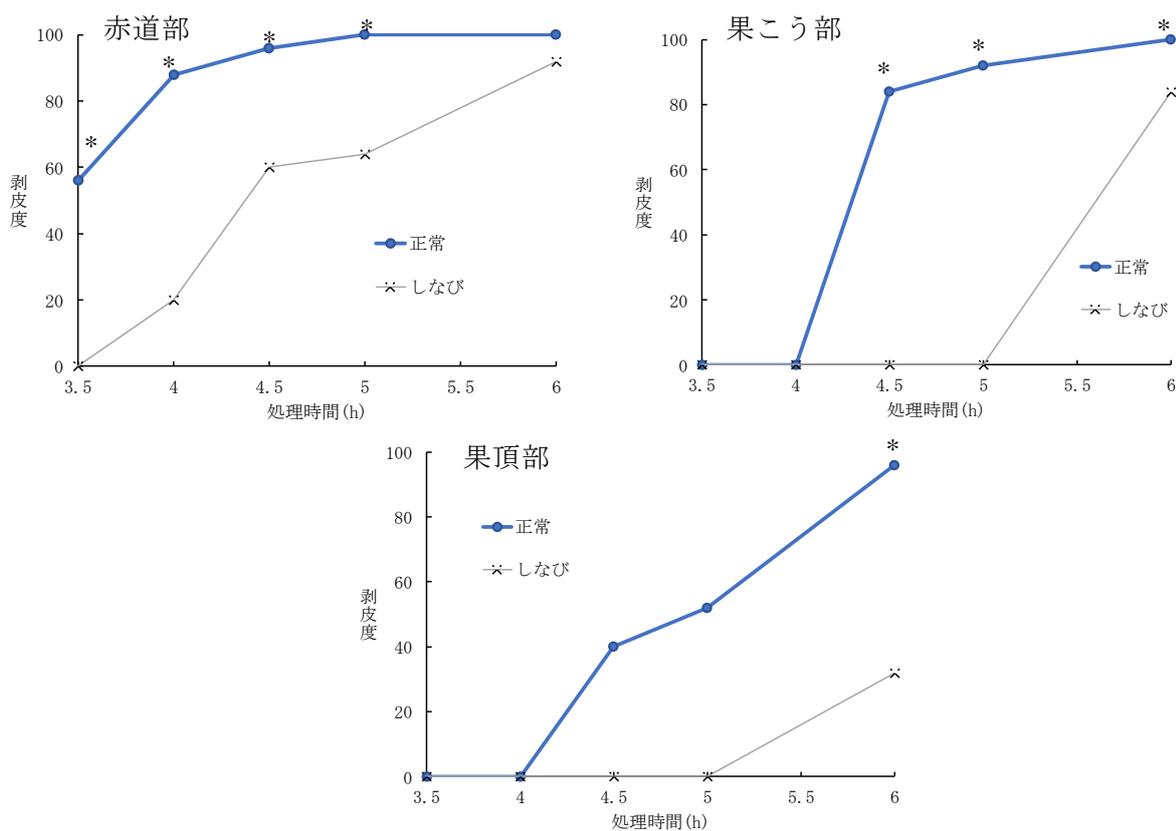


図1 果皮のしなびと酵素剥皮度(収穫3日後,ハウス「長崎早生」2017年)

^z*はマン・ホイットニーのU検定により5%水準で有意差あり

ピワ果実における酵素剥皮の難易要素と剥皮後の果実品質および種子・内皮の除去方法

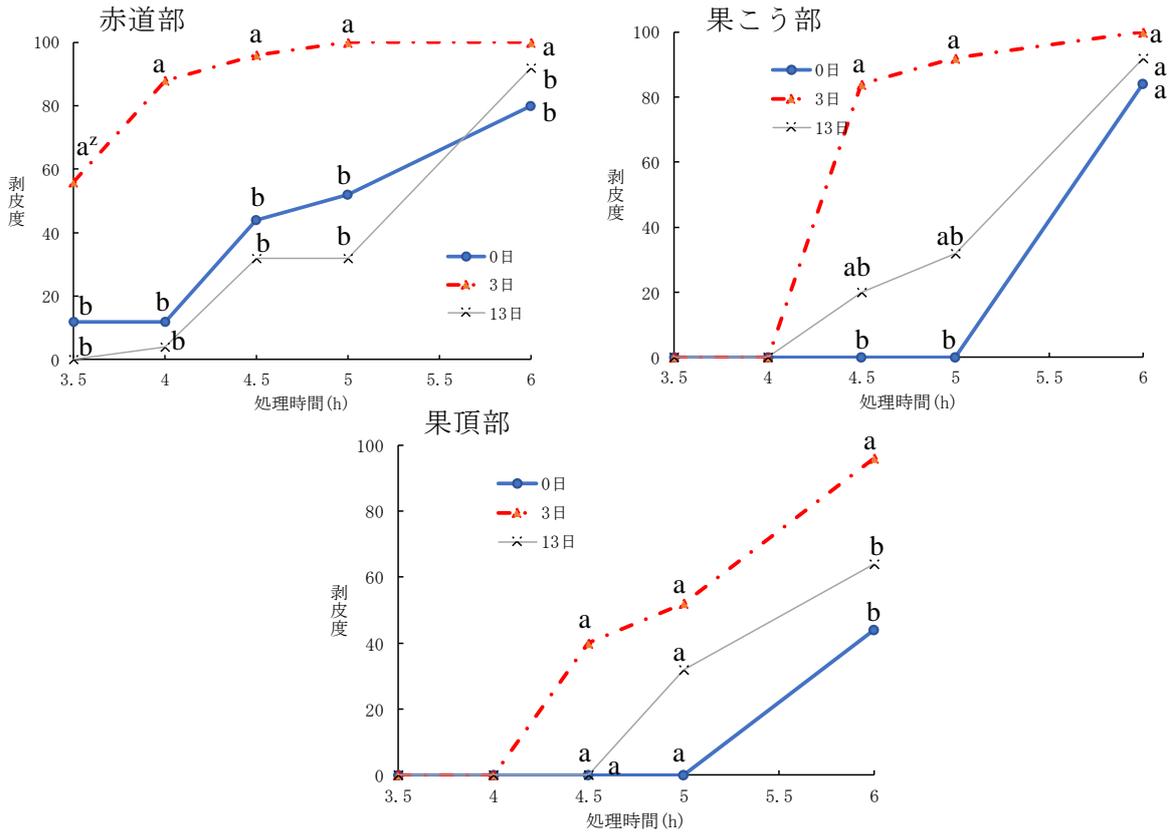


図2 収穫後日数と酵素剥皮度 (ハウス「長崎早生」2017年)
^zマン・ホイットニーのU検定により縦の異なる文字間には5%水準で有意差あり

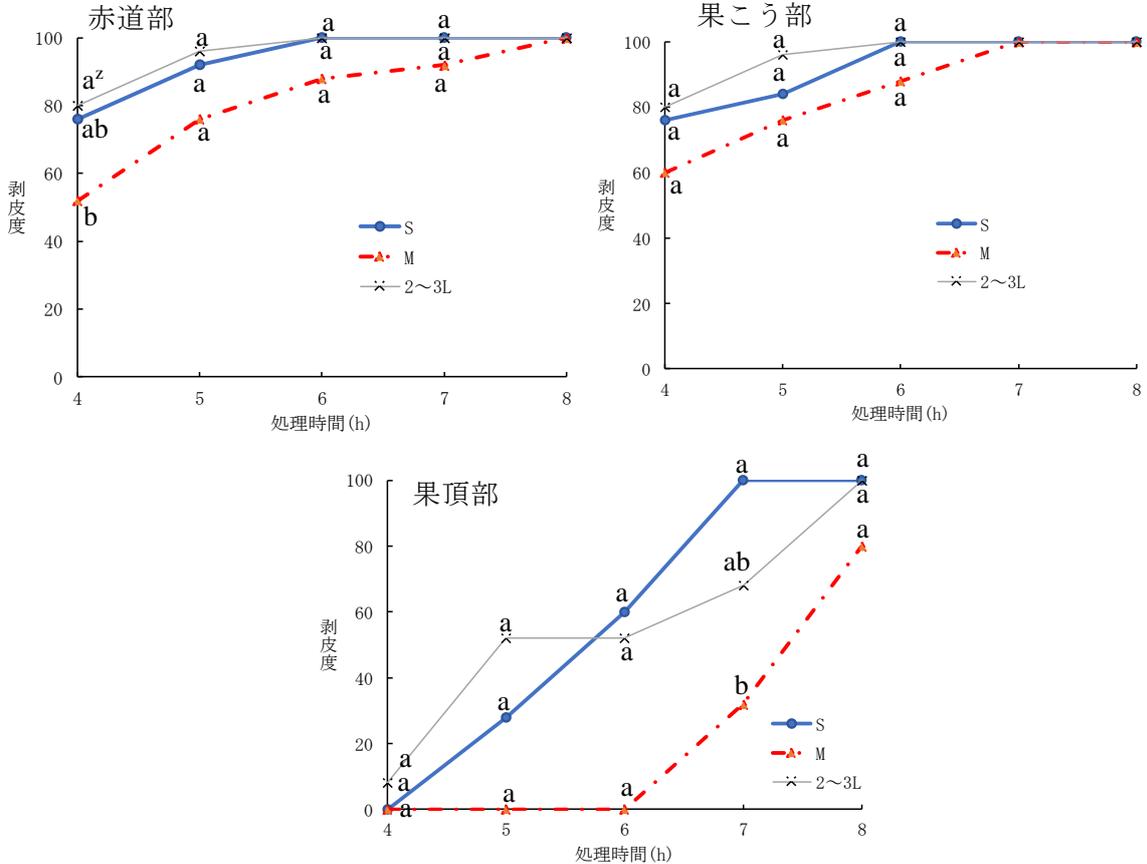


図3 大きさと酵素剥皮度 (ハウス「麗月」2018年)
^zマン・ホイットニーのU検定により縦の異なる文字間には5%水準で有意差あり

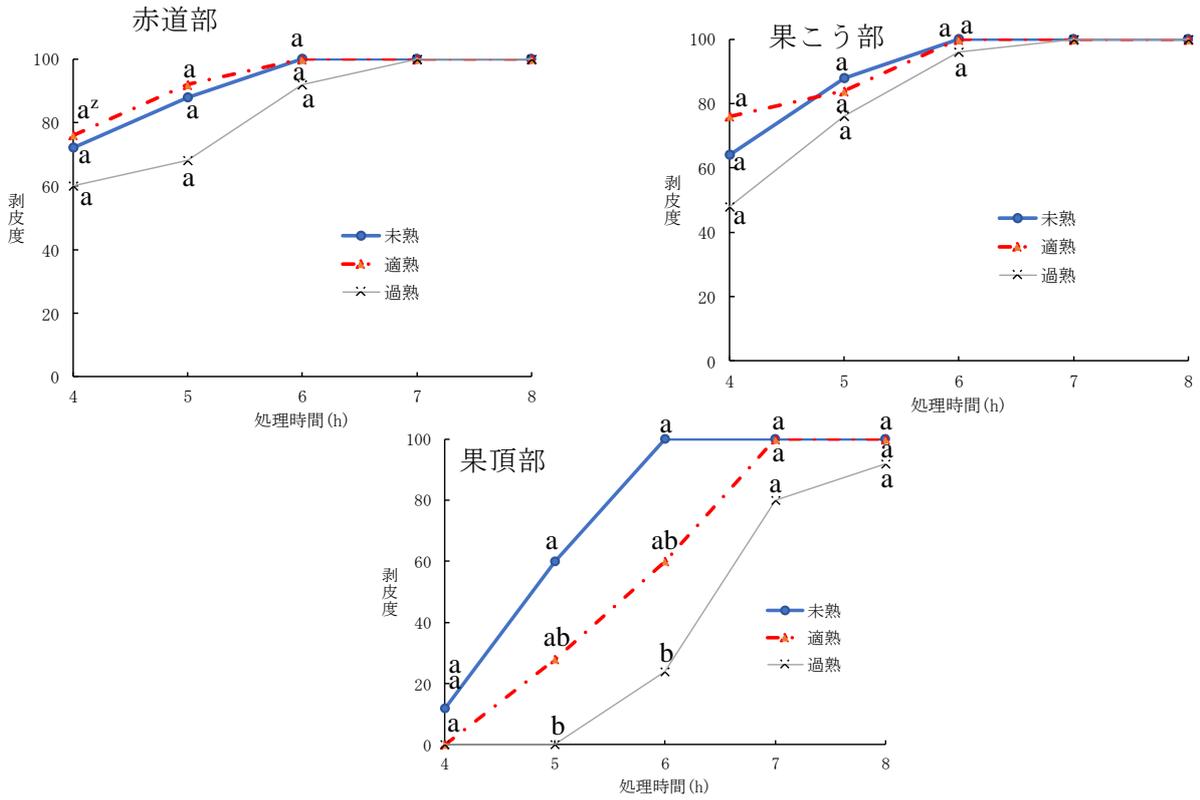


図4 熟度と酵素剥皮度 (ハウス「麗月」2018年)

^zマン・ホイットニーのU検定により縦の異なる文字間には5%水準で有意差あり

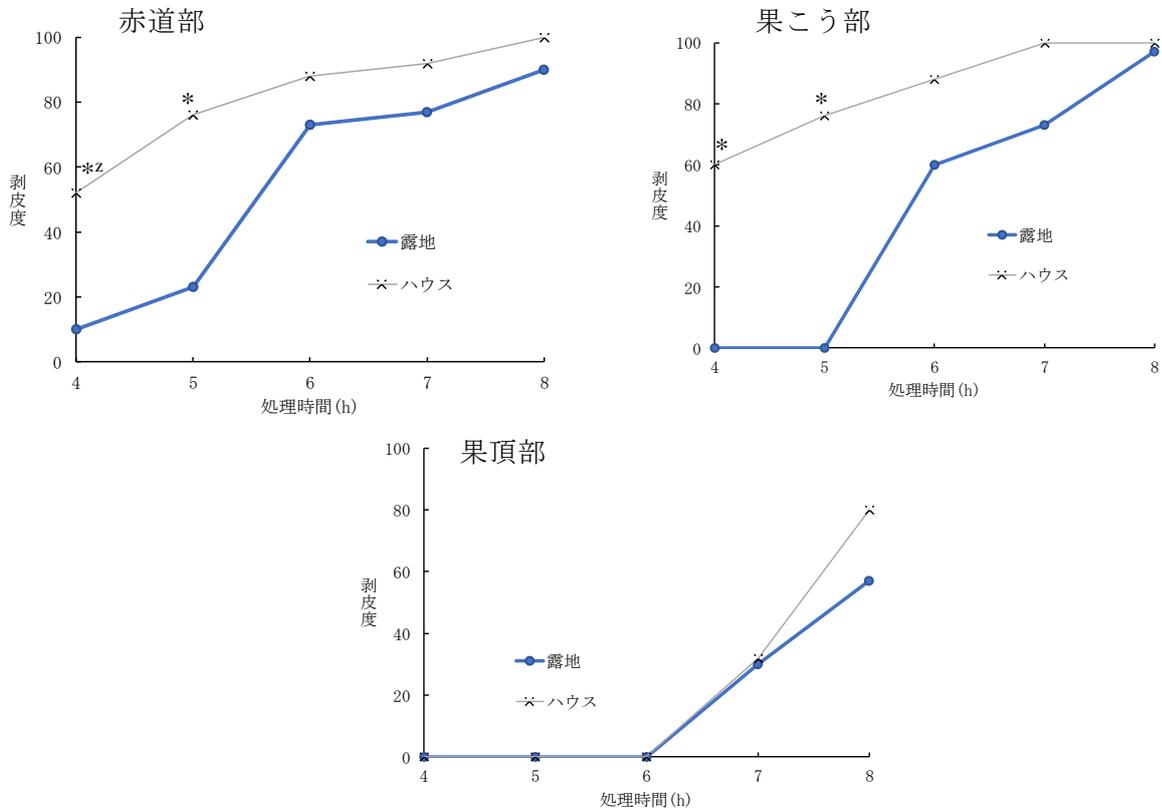


図5 栽培方法 (露地, ハウス) と酵素剥皮度 (「麗月」2018年)

^z*はマン・ホイットニーのU検定により5%水準で有意差あり

ピロ果实における酵素剥皮の難易要素と剥皮後の果実品質および種子・内皮の除去方法

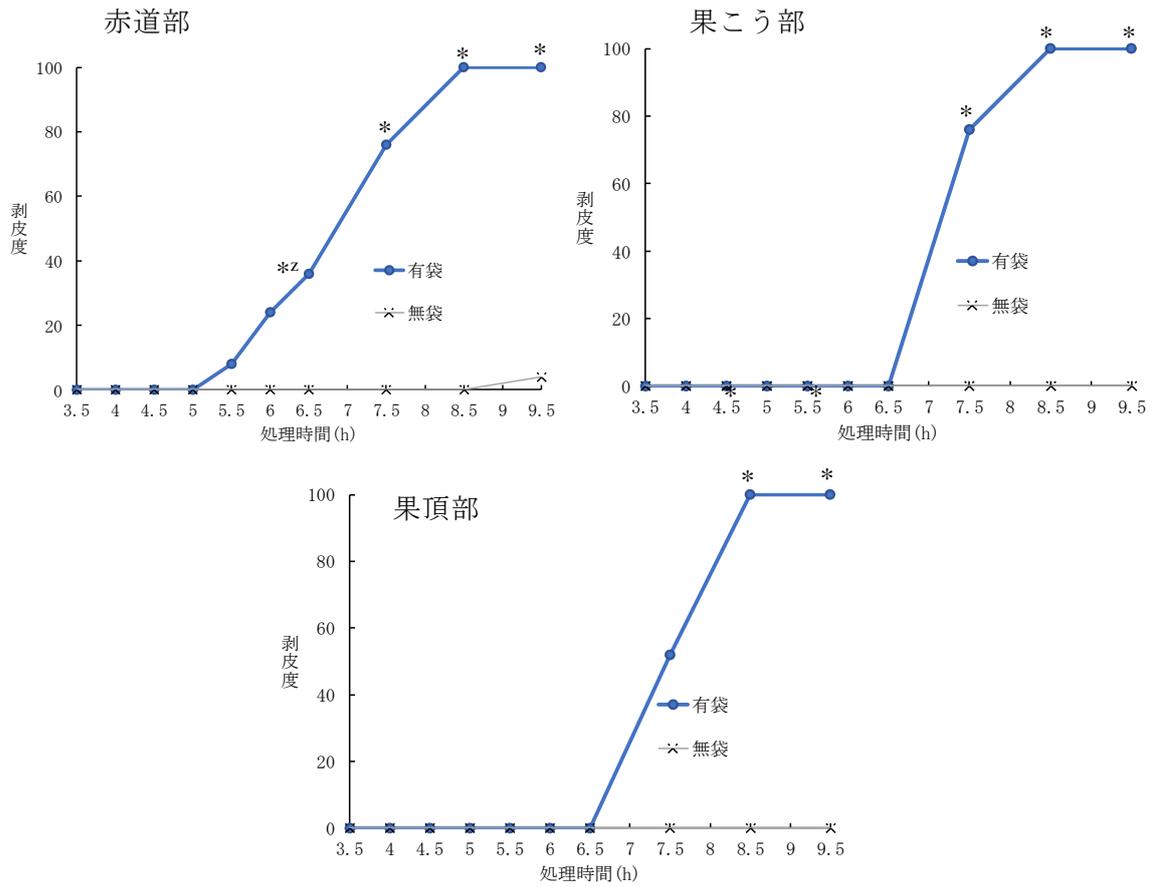


図6 栽培方法（有袋，無袋）と酵素剥皮度（露地「麗月」2017年）

*はマン・ホイットニーのU検定により5%水準で有意差あり

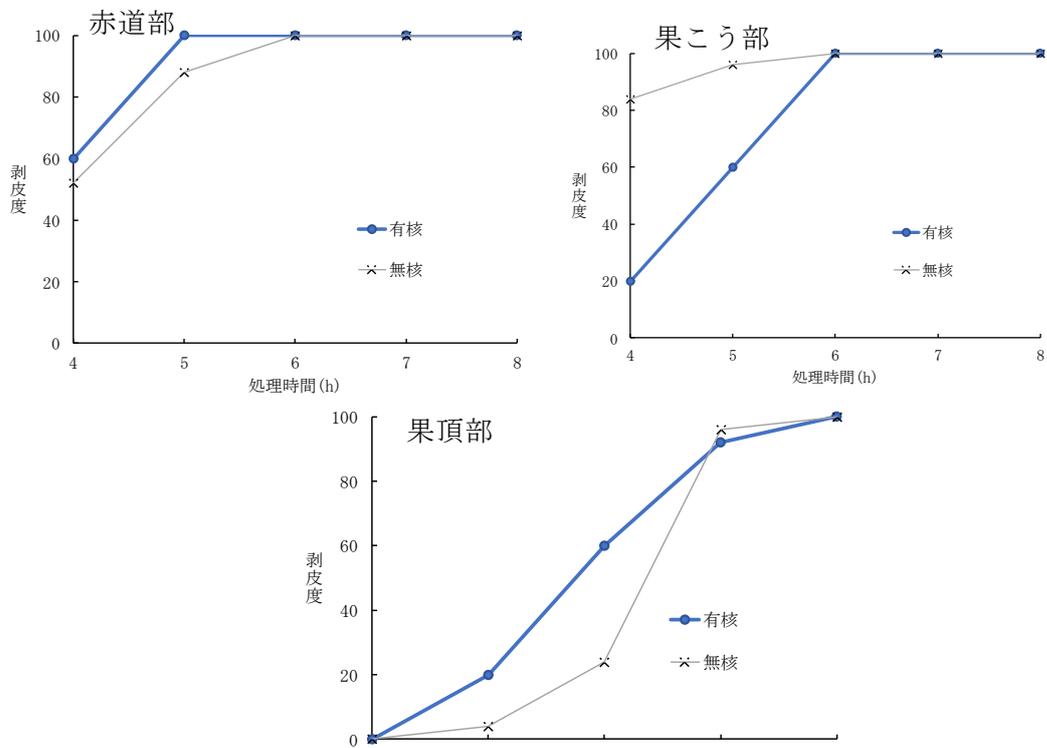


図7 栽培方法（有核，無核）と酵素剥皮度（ハウス「麗月」2018年）

*マン・ホイットニーのU検定により有意差なし

表11 低温貯蔵後の酵素剥皮度 (2018年)

品種	剥皮部位	区分	収穫日 (月/日)	酵素剥皮 処理日 (月/日)	処理時 の収穫 後日数 (日)	剥皮度				
						4h	5h	6h	7h	8h
な つ た よ り	赤道	低温2ヶ月	5/30	7/31	62	90	100	100	100	100
		常温4-5日	5/24	5/28	4	13	30	73	97	100
	有意差					*	*	n. s.	n. s.	n. s.
	果こう	低温2ヶ月	5/30	7/31	62	100	100	100	100	100
		常温4-5日	5/24	5/28	4	0	7	53	93	100
	有意差					*	*	n. s.	n. s.	n. s.
果頂	低温2ヶ月	5/30	7/31	62	90	100	100	100	100	
	常温4-5日	5/24	5/28	4	0	0	0	17	83	
有意差 ²					*	*	*	*	n. s.	
涼 峰	赤道	低温2ヶ月	5/30	7/31	62	80	90	100	100	100
		常温4-5日	5/29	6/3	5	57	83	93	93	100
	有意差					n. s.				
	果こう	低温2ヶ月	5/30	7/31	62	75	90	100	100	100
		常温4-5日	5/29	6/3	5	50	87	100	100	100
	有意差					n. s.				
果頂	低温2ヶ月	5/30	7/31	62	70	100	100	100	100	
	常温4-5日	5/29	6/3	5	13	40	70	70	77	
有意差					*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
茂 木	赤道	低温2ヶ月	6/4	8/6	63	15	50	65	85	90
		常温4-5日	6/4	6/9	5	17	73	87	100	100
	有意差					n. s.				
	果こう	低温2ヶ月	6/4	8/6	63	15	50	65	75	75
		常温4-5日	6/4	6/9	5	0	60	87	100	100
	有意差					n. s.				
果頂	低温2ヶ月	6/4	8/6	63	0	5	50	55	65	
	常温4-5日	6/4	6/9	5	0	0	0	67	100	
有意差					n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	

²*はマン・ホイットニーのu検定により5%水準で有意差あり。n. s. は有意差なし。

2) 酵素剥皮後の果実品質

(1) 果肉色

L*値(明度)は、「麗月」,「長崎早生」,「BN21号」,「涼峰」,「なつたより」では、酵素剥皮が手剥きより明らかに低く、「田中」を除くその他の品種も、酵素剥皮が手剥きより概ね低い傾向にあった。a*値(赤味)は、いずれの品種も酵素剥皮と手剥きとの明らかな差はなかった。b*値(黄味)およびC*値(彩度)は、いずれの品種も酵素剥皮の方が手剥きより高い傾向にあり、両値が明らかに高い「麗月」,「長崎早生」は、酵素剥皮と手剥き間の色差(ΔE)は、7.5, 6.9と大きい差が感じられる値であった。L*値, a*値, b*値, C*値すべてで酵素剥皮と手剥き間に明らかな差がない「茂木」,「白茂木」でも、酵素剥皮と手剥き間の色差(ΔE)は2.6, 2.2とか

なりの差が感じられる値であった(表12)。

(2) 果実品質

糖度は、「BN21号」と「涼峰」では、酵素剥皮が手剥きより低くなったが、他の品種では同等であった。酸含量は、「田中」のみ酵素剥皮が手剥きより低くなったが、他の品種では同等であった。果肉硬度は、すべての品種で同等であった。果肉密度は、「白茂木」では酵素剥皮が中で、手剥きが密であったが、他の品種では手剥きと同等であった(表13)。

(3) 処理温度の違いによる果実品質および食味

果実品質は、処理温度による差はなかった。食味は、30℃および常温では臭いがあったが、15℃および10℃では臭いがなく良好であった(表14)。

表 12 酵素剥皮後の果肉色 (2018 年)

品種	区分	L ^{*y}	a ^{*y}	b ^{*y}	C ^{*y}	ΔE^x
茂木	酵素剥皮	60.5	14.1	46.9	48.9	
	手剥き	61.5	14.7	44.6	47.0	2.6
	有意差 ^z	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
白茂木	酵素剥皮	62.5	6.3	41.1	41.6	
	手剥き	63.8	6.0	39.3	39.7	2.2
	有意差	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
麗月	酵素剥皮	61.9	4.5	39.2	39.4	
	手剥き	66.1	3.4	33.1	33.3	7.5
	有意差	*	n. s.	*	*	
長崎早生	酵素剥皮	63.3	15.9	50.1	52.5	
	手剥き	67.4	13.8	45.0	47.1	6.9
	有意差	*	n. s.	*	*	
BN21号	酵素剥皮	63.0	17.1	51.1	53.9	
	手剥き	67.3	16.5	47.4	50.2	5.7
	有意差	*	n. s.	*	n. s.	
涼峰	酵素剥皮	61.5	15.8	48.7	51.2	
	手剥き	64.1	16.2	48.0	50.7	2.7
	有意差	*	n. s.	n. s.	n. s.	
なつたより	酵素剥皮	59.9	14.1	46.1	46.1	
	手剥き	65.2	14.1	44.6	44.6	5.5
	有意差	*	n. s.	n. s.	n. s.	
田中	酵素剥皮	62.5	14.3	48.2	50.3	
	手剥き	61.9	13.7	44.7	46.8	3.6
	有意差	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	

^z*は t 検定により 5%水準で有意差有り

^yL*は明度、a*は赤味、b*は黄味、C*は彩度を表し数値の大きいほうが程度を増す

^x ΔE は色差を表し、感じ方は0-0.5(かすか)、0.5-1.5(わずか)、1.5-3.0(かなり)、3.0-6.0(目だつて)、6.0-12(大きい)、12以上(非常に大きい)

表13 酵素剥皮後の果実品質 (2018年, 処理温度 30℃)

品種	区分	糖度 (Brix)	酸含量 (g/ml)	果肉硬度 (N)	果肉密度
茂木	酵素剥皮	11.5	0.11	6.8	中
	手剥き	11.8	0.14	8.3	中
	有意差 ^z	n. s.	n. s.	n. s.	-
白茂木	酵素剥皮	11.9	0.20	6.3	中
	手剥き	12.3	0.19	6.6	密
	有意差	n. s.	n. s.	n. s.	-
麗月	酵素剥皮	13.2	0.14	4.1	密
	手剥き	14.7	0.19	3.2	密
	有意差	n. s.	n. s.	n. s.	-
長崎早生	酵素剥皮	11.8	0.16	6.3	密
	手剥き	12.5	0.16	5.6	密
	有意差	n. s.	n. s.	n. s.	-
B N21号	酵素剥皮	11.0	0.15	4.9	やや粗
	手剥き	12.8	0.15	5.0	やや粗
	有意差	*	n. s.	n. s.	-
涼峰	酵素剥皮	11.5	0.11	5.4	中
	手剥き	12.8	0.12	5.7	中
	有意差	*	n. s.	n. s.	-
なつたより	酵素剥皮	11.3	0.16	5.2	密
	手剥き	11.0	0.17	5.6	密
	有意差	n. s.	n. s.	n. s.	-
田中	酵素剥皮	11.6	0.25	8.0	中～粗
	手剥き	12.2	0.33	7.0	中～粗
	有意差	n. s.	*	n. s.	-

^z*はt検定により5%水準で有意差あり. n. sは有意差なし.

表14 酵素剥皮の処理温度と果実品質および食味の関係 (2019年)

品種	処理区	果実品質および食味 調査時				果実品質			食味 ^x
		処理 時間 (h)	剥皮度			果肉 硬度 (N)	糖度 (Brix)	酸含量 (g/100ml)	
			赤道 部	果こ う部	果頂 部				
なつたより	30℃	8	100	100	100	3.2 a ^y	13.5 a	0.10 a	臭う. 食味やや良.
	常温 ^z	12	100	100	100	3.0 a	12.9 a	0.11 a	やや臭う. 食味中.
	15℃	15	100	100	100	3.8 a	13.2 a	0.10 a	臭い感じない. 食味やや良.
	10℃	15	100	100	100	3.5 a	12.9 a	0.11 a	臭い感じない. 食味良.

^z常温は20～23℃ (平均21℃)

^yチューキーの多重検定により縦の同じ文字間には有意差なし

^x1名で食味し, 臭いの有無を中心に調査. 食味は不良, やや不良, 中, やや良, 良の5段階で判定.

3) 酵素剥皮における種子・内皮の除去方法

(1) 割りビワ

割りビワの剥皮後の果実重は、「白茂木」、「長崎早生」および「田中」では酵素剥皮と手剥き間に明らかな差はなかったが、酵素剥皮が手剥きより軽い傾向であった。他の5品種は、酵素剥皮が手剥きより明らかに軽かった。酵素剥皮の可食部分の歩留りは、50.4%～64.3%であり、手剥きより4.4～8.8%低かった（表15）。

(2) 丸ビワ

果肉硬度は、両品種とも、処理温度および作業順序による差はなかった。

身割れ度は、常温処理剥皮前の「茂木」が60、「なつたより」が90で、常温処理剥皮後の10、40より明らかに高かった。ただし、剥皮前の除去でも処理温度が10℃であれば「茂木」15、「なつたより」30と、常温処理剥皮後と同等であった。

歩留まりは、両品種とも、酵素剥皮後に種子・内皮を除去する方法が、酵素剥皮前に除去する方法よりも高い傾向にあった。具体的には、「茂木」では、常温処理剥皮後54.6%、10℃処理剥皮前46.8%、常温処理剥皮前45.7%であった。なお、参考の手剥きの歩留まりは70.8%で最も高かった。「なつたより」では、常温処理剥皮後57.3%、10℃処理剥皮前48.7%、常温処理剥皮前39.6%であった。

内皮の残存は、両品種とも、10℃処理剥皮前および常温処理剥皮前では見られなかったが、常温処理剥皮後では残存していた（表16）。

(3) 割りビワと丸ビワの比較

歩留まりは、剥皮方法にかかわらず割りビワが丸ビワより高かった。作業時間は、剥皮方法にかかわらず丸ビワが割りビワより短かった（表17）。

表 15 割りビワの歩留まり（2018年）

品種	処理区	重量 (g)		歩留まり ^{*)} (%)	歩留まりの 酵素剥皮と 手剥きの差(%)
		前 ^{y)}	後 ^{x)}		
茂木	酵素剥皮	34.6	20.0	57.8	7.6
	手剥き	35.3	23.0	65.3	
	有意差 ^{z)}	n. s.	*	-	
白茂木	酵素剥皮	36.9	21.2	57.5	6.3
	手剥き	37.0	23.6	63.8	
	有意差	n. s.	n. s.	-	
麗月	酵素剥皮	29.5	14.9	50.4	8.8
	手剥き	31.2	18.5	59.2	
	有意差	n. s.	*	-	
長崎早生	酵素剥皮	39.6	24.5	61.9	4.4
	手剥き	40.0	26.5	66.3	
	有意差	n. s.	n. s.	-	
B N21号	酵素剥皮	48.6	31.3	64.3	6.4
	手剥き	48.6	34.4	70.7	
	有意差	n. s.	*	-	
涼峰	酵素剥皮	49.1	28.7	58.5	6.5
	手剥き	49.6	32.2	64.9	
	有意差	n. s.	*	-	
なつたより	酵素剥皮	60.1	37.2	61.9	5.7
	手剥き	60.4	40.8	67.5	
	有意差	n. s.	*	-	
田中	酵素剥皮	57.1	33.0	57.8	7.3
	手剥き	56.8	37.0	65.1	
	有意差	n. s.	n. s.	-	

^{*)}は t 検定により5%水準で有意差あり, n. s. は有意差なし。

^{y)}すべての作業前の果実重各処理6果の平均

^{z)}剥皮および種子・内皮除去後の果実重各処理6果の平均

^{x)}前後の平均重量から算出。

表 16 丸ビワの作業順序および酵素剥皮処理温度と身割れ度および歩留まり (2020年)

品種	剥皮方法	作業順序 ^z	処理温度	酵素剥皮 処理時間 (h)	果肉硬度 (N)	身割れ状態 (%)			身割れ度 ^w	歩留 まり ^v (%)	内皮の 残存
						なし	一部 割れ	こま ざれ			
茂木	酵素剥皮	剥皮前	10℃	25	6.3 a ^x	70	30	0	15 b	46.8	なし
	酵素剥皮	剥皮前	常温 ^y	20	6.0 a	0	80	20	60 a	45.7	なし
	酵素剥皮	剥皮後	常温	20	7.2 a	80	20	0	10 b	54.6	あり
	手剥き	剥皮前	常温	-	4.5 a	100	0	0	0 b	70.8	あり
なつたより	酵素剥皮	剥皮前	10℃	25	4.2 a	50	40	10	30 b	48.7	なし
	酵素剥皮	剥皮前	常温	20	4.2 a	0	20	80	90 a	39.6	なし
	酵素剥皮	剥皮後	常温	20	3.5 a	40	40	20	40 b	57.3	あり

^z剥皮前：種子・内皮の除去→剥皮

剥皮後：剥皮→種子・内皮の除去

^y最低21.8℃ 最高26.9℃ 平均24.8℃

^x果肉硬度はチューキの多重検定, 身割れ度はマン・ホイットニーのU検定により, 品種ごとの縦の異なる文字間に5%水準で有意差あり

^wなし:0, 一部割れ:1, こまざれ:2とし, $\{ (1 \times \text{果数} + 2 \times \text{果数}) / 2 \times \text{調査果数} \} \times 100$ により算出

^v(剥皮および種子・内皮除去後の果実重/すべての作業前の果実重) $\times 100$ により算出. 果実重は10果の平均重量.

^wなし:0, 一部割れ:1, こまざれ:2とし, $\{ (1 \times \text{果数} + 2 \times \text{果数}) / 2 \times \text{調査果数} \} \times 100$ により算出

表 17 割りビワと丸ビワの歩留まりと作業時間(「涼峰」2018年)

剥皮方法	種子・内皮 除去方法	歩留まり ^z (%)	作業時間 ^x (秒/個)
酵素剥皮	割りビワ	60.0	46.2
	丸ビワ	54.4	22.5
手剥き	割りビワ	68.0	44.3
	丸ビワ	57.4	30.0
剥皮方法		n. s. ^y	
種子・内皮除去方法		*	
剥皮方法×種子・内皮除去方法 (交互作用)		n. s.	

^z(剥皮および種子・内皮除去後の果実重÷剥皮前の果実重) $\times 100$

^y多元配置分散分析により*は5%水準で有意差あり, n. s.は有意差なし.

^x作業時間には酵素剥皮液に浸漬した時間は含まない. 作業は1名で行い, 6個全てを剥いた時間から算出.

4. 考察

1) 酵素剥皮の難易要素

処理液浸漬後 3.5 時間から 8 時間の間に, 同一果実の剥皮程度を継続して調査した結果, クチクラ層が薄い品種が厚い品種より短い時間で剥け始めた(表 9, 10). 酵素剥皮は, 果皮組織の細胞間隙に酵素液を導入して, 細胞間隙のペクチン質を分解することで細胞間の接着を乖離させることを原理とした加工法であり, 界面活性剤を併用することで果皮の気孔から酵素液をしみ込みやすくさせて, クチクラ

層とその直下の細胞を切り離す(野口・尾崎, 2015). このことから, クチクラ層が薄いと気孔からしみ込んだ酵素液が速くクチクラ層直下に浸透できるため, 短い時間で剥け始めたと考えられた. なお, 本試験では, 調査時に一部のみが剥けた果実を再度処理液に戻し, 同一果実の剥皮程度を継続して調査したため, 剥けた部分から酵素液が浸透し, 剥皮速度が早まった可能性がある.

果肉硬度は, 剥皮度との相関がなく(表 10), 酵

素剥皮の難易要素ではないと考えられた。

一方、果実部位別の剥皮難易は、いずれの品種も赤道部が他部位より剥皮しやすく、果頂部が剥皮しにくい傾向であった(表9)。野口・尾崎(2015)は、界面活性剤の濃度が薄いと果頂部の皮が残ると報告している。界面活性剤は気孔から酵素液をしみ込みやすくさせる働きを持つことから、果頂部は、気孔からの酵素液の浸透がしにくい部位であると考えられた。クチクラ層の厚さ、気孔の数、クチクラ層とその直下の細胞との密着度など、酵素液の浸透に影響する要因が果実の部位により異なることが示唆された。

果皮のしなびていない果実(正常果)は、どの部位もしなび果より短い時間で剥皮し始めた(図1)。ビワは、高温や乾燥などにより、果頂部にしなびなどの障害が発生しやすくなり、その原因は果頂部への水分の供給が不足して起こると考えられている(神吉, 1982)。しなび果は水分不足のため、果皮と果肉が密着し、間隙が少なくなると、果皮下から横への酵素液の拡散がしにくくなったと考えられた。

収穫3日後の果実は、収穫直後や常温で収穫13日後まで保存した果実よりどの部位も短い処理時間で剥皮できた(図2)。常温で収穫13日後まで保存した果実は、しなび果と同様に考えると、水分が抜けすぎて果皮と果肉が密着し、間隙が少なくなり、果皮下から横への酵素液の拡散がしにくくなったと推察された。反対に、収穫直後の果実は瑞々しく、漲る水分で果皮と果肉が密着しているため、収穫後数日経過した果実のほうが、適度に水分が抜けて、密着度合いが緩むものと推察された。収穫何日後までが適正かまでは突き詰められないが、少なくとも収穫直後やしなびるまで常温で長く置いた果実でないほうが、剥皮しやすいと考えられた。

大きさ別の剥皮度の推移は、いずれの部位もMのみがやや剥けにくい傾向が見られたものの、Mよりも大きいサイズと小さいサイズは、同様の推移であった(図3)。このことから、大きさの酵素剥皮の難易への影響は、少ないと考えられた。

また、熟度の違いによる剥皮度の推移は、過熟果の果頂部において、剥け始めが遅かった(図4)。過熟果の果頂部は、しなびなどの障害がでやすいたことが経験的に知られており、先に述べたしなび果の考察と同じく剥けにくかったと考えられた。

一方、赤道部と果こう部においては、どの熟度でも同様に剥けた(図4)。このことから、熟度の酵素剥皮への影響は、赤道部と果こう部においてはなく、果頂部においてのみ、過熟の影響が出ることが示唆された。しかし、過熟果の果頂部も処理時間の経過とともに他の熟度と同等に剥けるようになった(図4)ことから、酵素剥皮の難易への影響は、少ないと考えられた。

ハウス栽培の果実は、露地栽培の果実より短時間で酵素剥皮できた(図5)。また、無袋栽培の果実は処理9.5時間後に赤道部がわずかに剥けたのみであった(図6)。一般に、ハウス栽培は露地栽培より、有袋栽培は無袋栽培より気温の変化や降雨および太陽光線の影響を受けにくいと考えられる。このため、果皮の状態や果皮と果肉の密着度合いが栽培方法によって異なり、剥皮の難易に影響したものと推察でき、この要因を明らかにするため、栽培方法ごとにクチクラ層の厚さの違い等の確認が必要である。

有核栽培と無核栽培は、同等の剥け方であり(図7)、種子の有無は、酵素剥皮の難易に影響しないと考えられた。「麗月」の無核栽培技術(松浦, 2019)は、開発されて間もないが、今後普及する可能性がある技術である。無核果実は、種子除去の必要がないため加工がしやすく、加工向けの果実としての利用価値も高いと考えられた。

低温2か月貯蔵の果実は、「なつたより」では常温4日保存の果実より短い時間で完全に剥けたが、「涼峰」および「茂木」では常温5日保存の果実と同等の剥け方だった(表11)。「なつたより」と「涼峰」は、低温貯蔵中に裂皮が発生しやすいが、「茂木」は裂皮の発生が少ない(未発表)。「涼峰」はそばかす症や裂皮が多い品種特性を持つ(稗圃ら, 2008※報告の中では裂果と表記)ことから、常温5日保存の果実には既に細かな亀裂が発生し、酵素液が浸透しやすい状態にあったと推測され、低温貯蔵後の果実と同等に剥けたと考えられた。一方、「なつたより」は、常温5日保存の果実にはなかった裂皮が低温貯蔵中に生じ、酵素液が浸透しやすくなって常温5日保存の果実より剥けやすくなったと考えられた。なお、低温2か月貯蔵後の「なつたより」の果実品質は、酸含量はやや低下するが、糖度は収穫直後と同等に維持でき、加工向けとして利用可能であり(田崎・谷本, 2020)、「茂木」と「涼峰」も「なつたより」と同様の結果であった(未発表)。ただし、低温

貯蔵後の果実を酵素剥皮した後の食味については、今回は明らかにできなかった。本試験では、0°C 2か月の低温貯蔵果実を、酵素剥皮処理の直前に 0°C から常温に戻し、常温下で処理液に浸漬した後に、ただちに 30°C のインキュベーターに静置したため、急激な温度変化による食味低下が懸念される。

以上のように、果実の形質と状態では、クチクラ層の厚さ、果実部位、果皮のしなび、収穫後日数がビワの酵素剥皮に影響する要素と考えられた。一方、果肉硬度、果実の大きさ、熟度による影響は、ないあるいは少ないと考えられた。なお、果頂部は、いずれの品種も酵素剥皮しにくい傾向があった(表 9)が、果頂部の切除により対応可能と考えられた。

栽培方法では、ハウス栽培と露地栽培、有袋栽培と無袋栽培の違いが酵素剥皮に影響する要素と考えられた。一方、有核栽培と無核栽培の違いによる影響はないと考えられた。

低温(0°C)での2か月貯蔵は、貯蔵期間中に果皮に亀裂が生じない品種では影響はないが、亀裂が生じる品種では、酵素剥皮に影響する要素であると考えられた。「なつたより」のように貯蔵期間中に裂皮が生じる品種では、むしろ、剥皮時間の短縮に有効であった。低温貯蔵技術は、収穫後、ただちに酵素剥皮できない場合に有効な技術であると考えられた。

2) 酵素剥皮後の品質

酵素剥皮後の果肉色は、手剥き後の果肉色よりも、暗くなる傾向があった(表12)。その色差は肉眼で感じられるほどではあるが、茶色くはなく、剥皮直後の色で加工に使うのであれば問題ないレベルであると考えられた。ビワはポリフェノールとそれを酸化するポリフェノールオキシダーゼ(酸化酵素)を含み、その細胞の構造が壊れるか物理的傷害を受けると液胞に存在するポリフェノール類とポリフェノールオキシダーゼが接触することにより褐変すると考えられている(村田・本間, 1998)。酵素剥皮果実の果肉色は、剥皮した時点で、既に手剥きよりも変色は進んでいたため、その後の変色進度も手剥きより早いと推察された。このことから、剥皮後の果肉の褐変抑制は、手剥きの果実以上に重要であると考えられた。ちなみに、ポリフェノールオキシダーゼは、60~70°C程度で失活する(村田・本間, 1998)ため、加熱により褐変は防止できるが、果肉の軟化や食味低下の懸念がある。加熱せずに褐変を抑制する方法として、ナパージュにより空気と遮断する方

法(富永・谷本, 2016)や、アスコルビン酸(ビタミンC)を還元剤(抗酸化剤)として利用する方法(村田・本間, 1998)などがある。野口・尾崎(2015)は、酵素液にビタミンCを添加することで、剥皮後ビワ果実の褐変を抑制することも可能と報告しており、これらの褐変抑制技術の抑制可能時間や食味に与える影響などを確認し、ビワ酵素剥皮果実にふさわしい褐変抑制技術を明らかにすることが必要であると考えられた。

酵素剥皮後の糖度、酸含量、果肉硬度および果肉密度は、ほとんどの品種で手剥きと同等であり(表13)、手剥きと同等の食味の加工品をつくることができると考えられた。ただし、常温以上で実施した場合は臭いが感じられた(表14)。酵素処理には、植物油由来のグリセリンと植物油由来の脂肪酸を用いて製造された界面活性剤リョートー™ポリグリエステル M-7D を用いた。野口・尾崎(2015)は、リョートー™ポリグリエステル M-7D は、臭いのレベルが低いとしているが、温度が高いとその臭いを感じやすくなると考えられた。また、ウンシュウミカンでは内皮を酵素剥皮する場合、一定時間の処理を受けると加熱殺菌果肉特有のフレーバーの発生が感じられるものの 30°C より 15°C のほうが抑えられるという報告(野口ら, 2015)もある。ビワの場合も酵素剥皮を 10~15°C の低温で処理すると、臭いは感じられなかった(表14)ことから、酵素剥皮の果実を使い、ビワの風味を生かした加工品をつくる場合は、低い温度での酵素剥皮処理が良いと考えられた。また、1)で低温貯蔵後の酵素剥皮について述べたが、0°C低温貯蔵後の急激な温度変化は食味低下が懸念されるため、引き続き 10~15°C の低温で酵素剥皮処理すると、より食味の良い果実が得られると考えられた。特に「なつたより」では、低温貯蔵の果実の方が常温貯蔵の果実より早く酵素剥皮できた(表11)ことから、「なつたより」を収穫後 0°C で貯蔵後に 10°C 程度で酵素剥皮すると、短時間で食味の良い果実が得られると考えられた。

以上のように、酵素剥皮後の果実品質は、手剥きに比べて果肉色が暗くなるため、剥皮後の褐変抑制がより重要となるものの、糖度、酸含量、果肉硬度および果肉密度は、ほとんどの品種で手剥きと同等であり、手剥き果実と同様に加工用として利用できると考えられた。また、処理に時間を要するものの、10~15°C の低温で処理することで、食味の良い果実

が得られることが明らかになった。

3) 酵素剥皮における種子・内皮の除去方法

ビワを可食部だけにするには外皮の他に種子と内皮を除去する必要がある。除去方法は、二つ割（割りビワ）にして種子を取り除く方法と、せん孔器具を使って種子と内皮をくりぬく（丸ビワ）方法がある（松井，1991）。

一方、本試験で酵素剥皮に使用した酵素アクレモセルラーゼ KM は、ペクチナーゼ活性が非常に高く、植物組織を速やかに崩壊および可溶化する（協和化成株式会社，2019）ため、種子・内皮の除去方法を検討する際、歩留まり、身割れ等に対する影響を十分に考慮する必要がある。

割りビワにおける酵素剥皮後の種子・内皮除去は、歩留まりが手剥きに比べ低い傾向となった（表 15）。前述のとおり、酵素アクレモセルラーゼ KM の影響で果肉が身割れしやくすくなり、果頂部除去の際、手剥きより多くの果肉を取り除いた可能性があるが、歩留まりは 50%以上あり（表 15）、実用上問題ないものと考えられた。なお、割りビワにおいて酵素剥皮前に種子・内皮を除去すると、除去した部分から果肉へ酵素液が浸透し、酵素アクレモセルラーゼ KM の影響で果肉が身割れしやくすくなり、さらに歩留まりが悪くなると推察された。

丸ビワでは種子・内皮除去作業を酵素剥皮前および酵素剥皮後と比較し、常温で酵素剥皮処理した場合、酵素剥皮後に除去作業を実施した方が身割れ度が低く、歩留まりが高かった（表 16）。種子・内皮除去後に酵素剥皮処理を行うと、割りビワにおいて酵素剥皮前に種子・内皮を除去する場合と同様に除去した部分から果肉へ酵素液が浸透し、果肉が身割れしやくすくなり、剥皮時に余分な果肉を取り除いてしまい、歩留まりが悪くなったと考えられた。

以上により、割りビワ、丸ビワともに酵素剥皮後に種子・内皮を除去する方法が果肉の身割れが少なく、歩留まりが高い方法と考えられた。さらに、この作業順序で割りビワと丸ビワの歩留まりおよび作業時間を比較すると、歩留まりは割りビワが高く、作業時間は丸ビワが短かった（表 17）。このため、作業効率を優先する場合は丸ビワを、歩留まりを優先する場合は割りビワを選択する必要があると考えられた。一方、県内ではビワゼリー加工業者が多く、種子・内皮除去で取り残した内皮は黒ずんで商品価値が下がるため、これら業者からは内皮が完全に取れている丸ビワが望まれている。本試験で内皮を完全に除去できる丸ビワの作業は、酵素剥皮前に種子・内皮を除去する方法であった（表 16）。ウンシュウミカンでは酵素液にじょうのうを一定時間浸漬し、じょうのうの表面を水洗すると内皮（じょうのう膜）が分離できる（野口ら，2015）。ビワでも酵素剥皮処理液が取り残しの内皮を果肉から分離したのと考えられた。丸ビワにおいて酵素剥皮前に種子・内皮を除去すると、身割れが多くなる欠点が認められたが、酵素剥皮処理を 10℃の低温で行うと身割れが抑えられた（表 16）。これは、低温で処理を行ったため、常温処理より酵素の作用が緩やかとなり、果肉の身割れが少なくなったものと考えられ、野口ら（2015）もウンシュウミカンの内皮（じょうのう膜）を酵素剥皮する際、処理温度が高いほど身割れが多く、15℃処理で身割れが抑えられることを報告している。このことから、丸ビワで内皮を完全に除去する必要がある場合、常温酵素剥皮後に種子・内皮を除去する方法より剥皮処理時間が長く、歩留まりがやや低くなるものの、種子・内皮除去後に 10℃の低温で酵素剥皮する方法も選択肢のひとつと考えられた。

5. 摘要

ビワ果実をできるだけ短い時間で酵素剥皮して食味の良い加工品にするため、酵素剥皮の難易に影響する要素と酵素剥皮後の果実品質および酵素剥皮果実に適する種子・内皮の除去方法を明らかにした。

1) 果実の形質、状態では、果皮のクチクラ層の厚さ、果実部位、果皮のしなび、収穫後日数、栽培方法

ではハウスか露地か、有袋か無袋かが酵素剥皮に影響する要素であった。低温貯蔵は品種によっては酵素剥皮に影響する要素となった。

2) 酵素剥皮した果実は、手剥きの果実よりやや暗い色であったが、糖度、酸含量、果肉硬度および果肉密度は、おおむね手剥きと同等であり、手剥き果実と同様に加工用として利用できると考えられ

た。また、良好な果実品質を得るための処理温度は、処理時間が長くなるものの10~15°Cの低温であった。

3) 酵素剥皮果実に適する種子・内皮の除去方法は、酵素剥皮後に種子・内皮を除去する方法が果肉の

身割れが少なく、歩留まりが高い方法であり、作業効率を優先する場合は丸ビワを、歩留まりを優先する場合は割りビワを選択する必要があると考えられた。

6. 引用文献

- 稗園直史・寺井理治・福田伸二・富永由紀子・根角博久・森田 昭・長門 潤・一瀬 至・佐藤義彦・浅田謙介・橋本基之・中尾 敬・吉田俊雄. 2008. ビワ新品種‘涼峰’. 長崎果樹試研報. 11 : 1-15
- 神吉久遠. 1982. 農業技術体系. ヘそ黒症. 社団法人農山漁村文化協会. 技 115-116
- 公益財団法人中央果実協会. 2020. 令和元年度果物の消費に関するアンケート調査報告書. 中央果実協会調査資料. 253 : 80-81
- 協和化成株式会社. 2019. アクレモセルラーゼ KM. <https://kyowachem.com/acremo-cellulase-km/>
- 松浦 正. 2019. 自家不和合性を示すビワ‘麗月’を用いた種無し果実の開発. 園芸学研究. 18 (別1) : 280
- 松井 修. 1991. 果樹園芸大事典(佐藤公一委員長). ビワ加工. 養賢堂. p1261-1262
- 村田容常・本間清一. 1998. ポリフェノールオキシダーゼと褐変制御ー最新の研究動向ー. 日本食品科学工学会誌. 45(3) : 177-185
- 野口真己. 2015a. 新しいカキの皮むき加工法〜農産物加工での酵素剥皮技術展開の可能性〜. 果実日本. 70(9) : 8-11
- 野口真己. 2015b. 青果物の酵素剥皮ーカンキツ, カキ, ビワの酵素剥皮工程の比較ー. JATAFF ジャーナル. 3(11) : 22-27
- 野口真己・尾崎嘉彦. 2015. ビワ果実の剥皮方法及び剥皮ビワ果実. 特許公開 2015-50951. 特許第5991676号
- 野口真己・松本 光・生駒吉織. 2015. ウンシュウミカン内皮の酵素剥皮の処理温度が官能特性と糖, 有機酸, アミノ酸組成に与える影響. 日本食品科学工学会誌. 62(8) : 402-408
- 玉田圭二. 2010. 本年産びわの目指すもの. 長崎の果樹. 47(2) : 18-21
- 谷本恵美子・中山久之・中里一郎・松浦 正. 2014. ビワ‘麗月’および‘なつたより’の収穫適期判断のためのカラーチャート作成. 長崎農林技研報. 5 : 93-104
- 田崎望夢・谷本恵美子. 2020. ビワ‘なつたより’は0度貯蔵で2カ月間鮮度保持ができる. 園芸学研究. 19 (別1) : 464
- 富永由紀子・谷本恵美子. 2015. 剥皮・カットしたビワ果実の外観・食味を保持できる期間. ながさき普及技術情報. 35 : 41-42

Summary

For the purpose of peeling loquat fruit enzymatically in a shorter time and making it taste good, we clarified the factors that influence the difficulty of the enzymatic peeling, fruit quality after enzymatic peeling, and the method of removing the seeds and the endothelium suitable for the enzyme-peeled loquat fruit.

- 1) As for the character and the state of the fruit, the elements which influence the enzymatic peeling of loquat cultivars were the thickness of cuticular layer, the part of fruit, the shriveling of peel, the number of the days of the post-harvest. As for the method of cultivation, the elements were whether cultivating in a greenhouse or outdoors, and cultivating with a bag or without a bag. The enzymatic peeling of some kinds of cultivars were influenced by the low-temperature storage.
- 2) The flesh of enzyme-peeled loquat fruit was a little darker than that of hand-peeled fruit, but the sugar content, the acid content, the hardness and the smoothness of enzyme-peeled fruit were almost the same as those of

hand-peeled fruit. We suggested that we could use the flesh of enzyme-peeled loquat fruit for processing as well as that of hand-peeled fruit. When we processed enzyme-peeled loquat fruit under low-temperature condition (10-15°C), we needed a longer time but we could get tasty flesh.

- 3) We suggested that the method of the removal of the seeds and the endothelium suitable for enzyme-peeled loquat fruit was to remove them after enzymatic peeling, since the method caused less broken flesh and high yield rate. When we give priority to work efficiency, we suggested that we should choose the method of coring the seeds and the endothelium using perforation apparatus. When we give priority to high yield rate, we suggested that we should choose the method of dividing loquat by a knife completely and taking out the seeds and the endothelium.