

甘夏みかんの自動外皮剥皮装置の開発

在川 功一*1 永田 成敏*2 白木 政二*2

Development of automatic exocarp peeling machine for Amanatsu

Koichi Zaikawa, Naritoshi Nagata and Masaji Shiraki

缶詰や加工食品については需要の拡大が続いており、中でもみかん等柑橘類の缶詰については流通数も多く、売上も非常に高い。一方で原料における柑橘類の中でも甘夏みかんについては、外皮剥皮の難しさから人手による処理が一般的であり、自動化事例は見当たらない。また、高齢化による人員不足や剥皮処理を行う農家への移送・回収時の原料劣化による供給量の低下、燃料費の高騰による輸送コストの増大など多くの課題を抱えている。そこで本研究では甘夏みかんの外皮を自動で剥皮可能な装置を開発し、これらの課題解決を図った。

1 はじめに

缶詰や加工食品については昨今の新型コロナウイルス感染拡大による巣ごもり需要から拡大が続いており、中でも柑橘類の缶詰加工品は流通数も多く、売上が非常に高い¹⁾。一方、原料における柑橘類の中でも甘夏みかんは一般的な温州みかんと比較して外皮が固く、自動での剥皮が困難であるため、人手による剥皮が一般的である。しかし、近年は作業者である農家の高齢化による人手不足や燃料費高騰による輸送コストの増大、輸送中の原料劣化などの課題が発生しており、需要に対して供給が追いつかない状況となっている。

そこで本研究では、甘夏みかんの外皮剥皮の自動化に向けた剥皮方法の検討、ならびに原料処理能力の向上と処理コスト低減を同時に実現可能な自動外皮剥皮装置の開発を行った。

2 研究、実験方法

甘夏みかんの特徴としては温州みかんに比べ、外皮が固く、中果皮（アルベド）が厚いという特徴から内皮を傷つけることなく剥皮することは困難である。そこで以下の4つの剥皮方法について自動化の可能性を調査した。

①自動爪方式

この方式は人手での剥皮作業をイメージした方法であり、図1に示すように果実を押し上げながら外皮とアルベドの間に爪を引っ掛け、外側に開くように剥皮する方法である。

②ピーラー方式

回転する果実にピーラーを押し当て、外皮を連続して剥皮する方法である。りんご、梨などの果実の効率的な処理方法として、一部では自動化され販売されている。

③スパイラルシャフト方式

温州みかんの自動剥皮方法として実用化されている方法であり、内側方向へ回転する2本1対の溝付きシャフト上に果実を滑らせ、外皮を削って巻き込みながら剥皮する（図2）。

④吸引方式

果実中央部の円周方向にアルベドの深さまで切れ目を入れ、上下をカップで挟み、吸引しながらカップを捻って外皮を引き剥がす方法である（図3）。

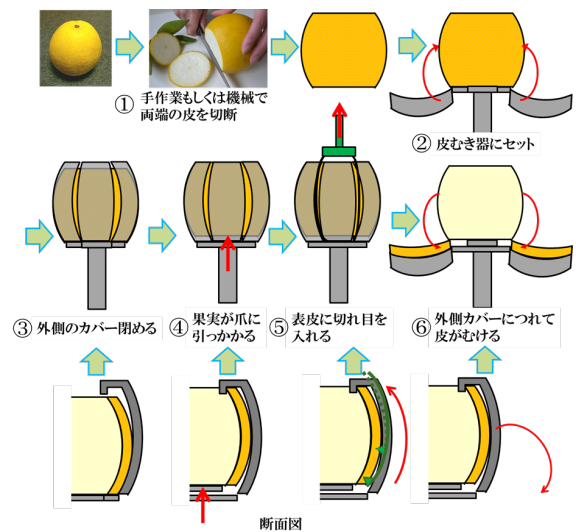


図1 自動爪方式

*1 機械電子研究所

*2 株式会社マルミツサンヨー

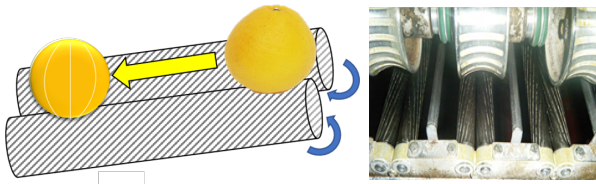


図2 スパイラルシャフト方式

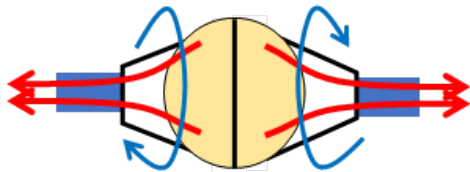


図3 吸引方式

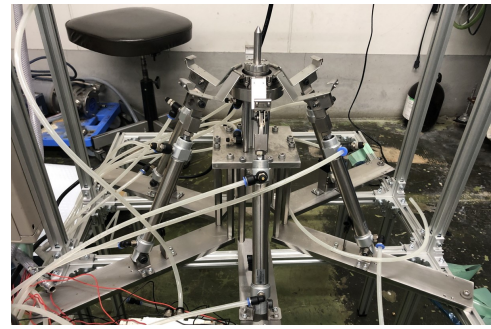


図4 自動爪方式実験機

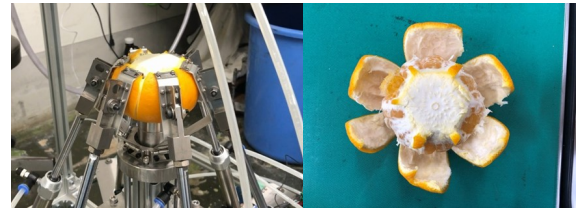


図5 自動爪方式での剥皮状態



図6 ピーラー方式での剥皮状態

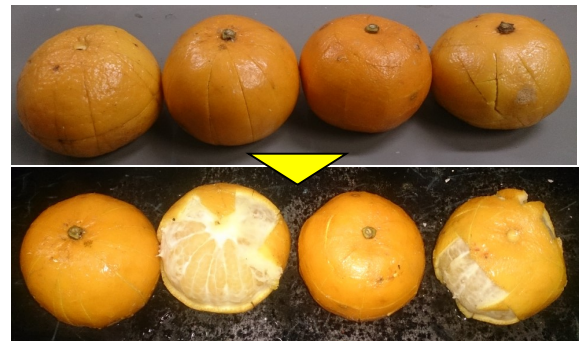


図7 スパイラルシャフト方式での剥皮状態

3 結果と考察

3-1 各剥皮方法の評価

①自動爪方式については、エアシリンダ駆動方式の実験機を作製（図4）した上で実験を実施した。果実を突き上げながら外皮とアルベドの間に爪を引っ掛け、外側へ開くような機構で外皮を剥皮した。結果としては果実を傷つけることなく剥皮可能であったが、最大でも果実全体の2/3程度の剥皮に留まる結果（図5）となり、果実下側の剥皮が困難であるという結果に至った。

②ピーラー方式については、外皮は剥皮可能であるものの、切込みの設定によってアルベドが残存するか内皮を傷つけてしまう結果（図6）となった。内皮を傷つけてしまうと後工程で果肉が原型を留められず、バラバラになってしまうことから、自動化における本方式の採用は困難と判断した。

③スパイラルシャフト方式では、外皮が固いことが影響してシャフトに設けられた溝に噛みこまず、剥皮困難であることが確認された（図7）。前処理として外皮に浅く傷を付けた場合も同様の結果となったことから、採用は困難と判断した。

④吸引方式では、果実を傷つけることなく外皮のみを剥皮することが可能であったが、切れ目を入れた上下どちらかのみが剥皮され、約1/2の外皮が残存する結果に至った。各剥皮方式の結果と評価を表1に示す。

表1 各剥皮方式の比較

剥皮方法	結果	評価
①自動爪	1/3 が残存するが、剥皮状態は良好。	○
②ピーラー	内皮を傷付けてしまい、後工程に支障をきたす可能性が高い。	×
③シャフト	ほぼ剥皮できず、複数回の処理でも目途が立たない。	×
④吸引	1/2 が残存するが、剥皮状態は良好	○

3-2 吸引方式と爪掛下げ方式による剥皮方法の確立

各剥皮方法の結果から①自動爪方式と④の吸引方式での結果が良好であったことから2つの方式を組み合わせることで完全な剥皮が可能かどうかを検討した。吸引による上部剥皮の前工程として外皮の円周方向に切れ目を入れるが、その割合によって次工程の爪の掛下げに影響が及ぶため、実験にて最適な割合を導出した。その結果、上側吸引剥皮時に40～50%の割合において、良好な結果が得られることが確認された(図8)。この割合を反映し吸引方式にて上半分を剥皮した後、ばね鋼を用いた爪を掛下げ、下半分を剥皮することによって完全な剥皮が可能であることを確認した(図9)。

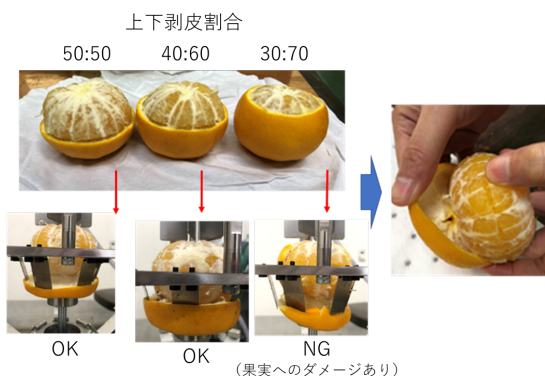


図8 上下剥皮割合の変化による剥皮状態比較

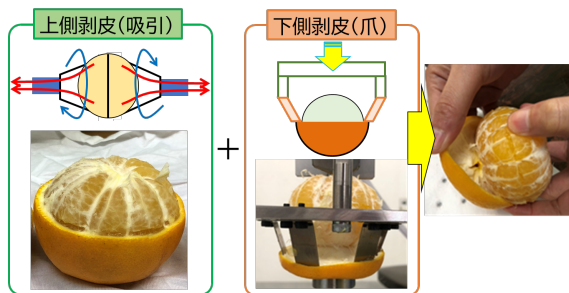


図9 吸引方式と爪掛下げ方式を組み合わせた剥皮

3-3 外皮自動剥皮装置の開発および製作

得られた結果をもとに、完全自動で外皮剥皮が可能な装置開発を実施した。ロータリーインデックステーブルを採用し、果実の投入から外皮剥皮、果実の取り出し、外皮排出までを7工程に分割し、45度ずつ回転しながら処理が進行する装置を設計した(図10)。製作した装置(図11)にて外皮剥皮実験を繰り返し実施し、制御の最適化を実施したところ、タクトタイム5～7sで1工程が処理可能なことが確認された。これに

よって、以下の効果もたらされた。

- ・処理能力約30%向上(従来の手剥きと比べ処理時間が約1/5に短縮)
- ・処理コスト約40%低減
- ・剥皮した外皮の2次利用が可能(処理依頼先への輸送が発生せず、内製化で新鮮な外皮を得られるため食品や香料としての利用が可能となる)

なお、本研究にて開発した剥皮方法や製作した装置については特許出願中(特願2020-165141)である。

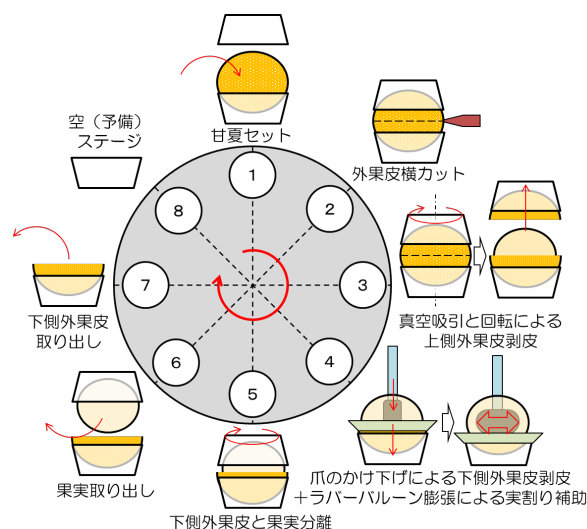


図10 外皮自動剥皮装置設計模式図



(a) 装置外観 (b) 剥皮工程



(c) 果実取出し (d) 外皮取出し

図11 自動外皮剥皮装置

4 まとめ

甘夏みかんの外皮剥皮工程の自動化を検討した結果、吸引と爪の掛下げによる剥皮方式を採用した国内初の甘夏みかん自動外皮剥皮装置を開発した。このことにより、従来の手作業での剥皮と比べ処理能力の大幅向上と処理コストの削減を同時に達成することが確認された。今後は他のデコポン、八朔等、別の柑橘類への適用を検討するとともに、JAや缶詰加工企業への販売等を予定している。

5 謝辞

本研究は令和元年度（公財）福岡県産業・科学振興財団の可能性調査事業によって実施し、装置化については（公財）市村清新技術財団の新技术開発助成を活用して実施いたしました。ここに感謝申し上げます。

6 参考文献

- 1) (公財)日本缶詰びん詰レトルト食品協会：果実缶詰びん詰生産数量の推移，国内生産数量統計(2021) (オンライン) <https://www.jca-can.or.jp/data/pdf/kajitsu.pdf> (参照2023-05-11)