

[研究論文]

# カキ‘西条’熟柿 生産における 温度管理の重要性

赤浦和之<sup>1</sup> 福岡博義<sup>2</sup>

1. 島根県立大学短期大学部健康栄養学科  
2. 丸福農園

## キーワード

エチレン処理  
果実温  
西条  
熟柿  
ピューレ

[ARTICLE]

## Importance of Temperature Management in Production of Soft-ripened ‘Saijo’ Persimmons (*Diospyros kaki* Thunb.)

Kazuyuki AKAURA<sup>1</sup>, Hiroyoshi FUKUOKA<sup>2</sup>

1. Department of Health and Nutrition, The University of  
Shimane Junior College  
2. Marufuku Farm

## Keywords

ethylene treatment  
fruit temperature  
Saijo  
soft-ripened persimmon  
puree

## 要約

カキ‘西条’熟柿生産過程における果実外部および内部温度を調査し、熟柿生産現場での温度管理の実態を把握すること、およびその調査結果にもとづいて設定した果実内部温度が、熟柿化に及ぼす影響を調べることを目的として研究を行った。生産現場において室温は17.1℃から28.2℃まで上昇した後、エチレン処理開始前には13.6℃にまで低下した。果実内部の温度は、4.3℃から最高25℃まで上昇した後、エチレン処理開始前には14.2℃に低下した。この調査結果をもとにエチレン処理開始時の果実内部温度が16℃と13℃となるようにしてエチレン処理を行って熟柿化し、熟柿から調製したピューレを用いて脱渋の程度を調べた。また、加熱によるピューレの渋もどりについても調査した。エチレン処理開始時の内部温度20℃の果実から調製したピューレでは、非加熱および70℃加熱で渋味は感じられないのに対し、内部温度16℃と13℃の果実から調製したピューレでは非加熱および70℃加熱で渋味が感じられた。熟柿を安定的に生産するには、果実温度をエチレン処理開始時に20℃まで確実に昇温させる温度管理が重要であると思われた。

## 1 はじめに

カキ‘西条’は一般にそのほとんどがさわし柿や干し柿として食される。ごくまれに‘西条’の熟柿が出回ることがあるが、天然の熟柿をカキ園で採取したものと思われ、生産量は極めて少ない。種苗特性分類調査報告書(カキ)(広島県果樹試験場 1979)によると、‘西条’はさわし柿として品質極上であり、熟柿としても品質優秀と評価されている。‘西条’熟柿の肉質は緻密で多汁であり、中果皮のとろけるような食感や内果皮のゼリーのような食感、従来のカキ加工品には見られない特徴である。‘西条’を熟柿としても利用できれば、‘西条’全体の消費拡大につながるものと期待できる。

‘西条’熟柿の生産技術は既に確立されている

る (Akaura 2008; Akaura and Itamura 2008; Akaura 2010; Akaura and Itamura 2010; 赤浦 2012)。島根県松江市では2012年からこの技術を用いた熟柿生産が始まったが、生産した熟柿にはわずかに渋が残る問題が生じた。温度条件が厳密に管理できる大学の実験室とは異なり、生産現場では適切な温度管理が実施できなかったことがその要因の一つと推察された。そこで2013年に熟柿生産のための専用施設を作り、前年より改善した温度管理のもとでの熟柿生産を行った。

本研究の目的は、改善した温度管理のもとでの熟柿生産過程における果実内部および果実周囲温度を測定し、生産現場での温度管理の実態を把握すること、およびその調査結果にもとづいて設定した果実内部温度が、熟柿化に及ぼす影響を調べることである。

## 2 材料および方法

### 1) 現地における低温貯蔵果実の加温過程の温度調査

カキ‘西条’果実は松江市東出雲町の丸福農園カキ園で10月下旬に採集し、底面が網状のプラスチック製のコンテナ(530×320×200mm)に入れ密封しない状態で2~5℃の低温貯蔵庫内で貯蔵した。この果実を用いて11月7日から加温過程の果実温度および室温測定を行った。低温貯蔵果実の加温から始まる一連の熟柿生産に使用する小部屋は、3壁面と床、天井がすべてコンパネ張りで、広さ約1.8m×2mで高さ2m程度である。部屋の出入り口は幅1690mmの中棧上下がガラスのアルミサッシ製引き戸である。2つの壁面には棚が作られており、棚板は用いず木枠のみでコンテナ底面の通気を考慮した作りになっている。床のほぼ中央部に縦横約30cm深さ約30cmの凹みがあり、この中に練炭火鉢ひとつを置いて部屋を暖房する。

果実の入ったコンテナを低温貯蔵庫から出して床から約60cm上の棚に載せ、温度ロガー(SATO SK-L210T)の注射針型センサーブ

ローブを果実2個の中心部まで差し込み果実内部温度を記録した。同時に、サーモレコーダー(TANDD TR-51i)を使用して果実から約50cm離れた所で室温を記録した。

低温貯蔵果実の加温およびそれに続くエチレン処理方法は、既に赤浦(2012)により確立されている。その標準的な方法では、低温貯蔵しておいた果実は20℃環境下で約6時間放置して20℃まで昇温させた後、一定数の果実を容器に密封し20℃条件下48時間100ppmのエチレン処理を行う。しかし、生産現地では11月は干し柿生産の最盛期でもあり、標準の方法で設定している時間とおりの作業を行うことは難しいこともあるので、昇温終了の日時は現地の共同研究者の判断により決定した。

### 2) 大学研究室における果実温度測定および熟柿生産

カキ‘西条’果実は松江市東出雲町の丸福農園で11月2日に採集した。採集果実は大学に持ち帰った後8個ずつ厚さ0.08mmのポリエチレン袋に密封し、0℃のインキュベーター内で貯蔵した。

果実温上昇時の内部および表面温度の測定実験には0℃貯蔵21日の果実を用いた。貯蔵果実からランダムに1袋を選び、その中の8果を実験に供試した。実験台上約20cmの気温が20±1℃になるようにエアコンを用いて室温を調節しておき、ポリエチレン袋開封直後から温度測定を開始した。果実は、295×390×70mmのポリプロピレン製バスケットに8個がお互いに接触するように一段に配置した。これらの中から果実の側面1面がバスケットに接する果実を2個、果実の側面2面がバスケットに接する果実を2個の計4個について、果実中心部および表面温度の測定を行った。温度測定にはデジタル温度計(YOKOGAWA TX-10)を使用し、果実中心部の温度測定には注射針型センサープローブ(φ1.6×100)、表面温度測定には表面温度測定用センサープローブを用いた。なお、この実験に供試した果実の果実重は、212.0±7.0g(平均値±標準偏差 n=8)であった。

エチレン処理開始時、すなわち低温貯蔵果実の加温終了時、の果実内部温度が熟柿化におよぼす影響についての実験には0°C貯蔵23日の果実を用いた。貯蔵果実からランダムに4袋を選び、32果を実験に供試した。実験台上約20cmの気温が $20 \pm 1^\circ\text{C}$ になるようにエアコンを用いて室温を調節しておき、ポリエチレン袋開封直後から果実測定を開始した。すべての果実を $340 \times 870 \times 100\text{mm}$ のポリプロピレン製バスケットに一段に配置し、その中から大きさのそろった果実8個を選び温度測定対象果実とした。温度ロガー(SATO SK-L210T)の注射針型センサープローブを果実の中心部まで差し込み、果実内部温度を記録した。温度ロガーの表示温度を観察し、内部温度が $13^\circ\text{C}$ および $16^\circ\text{C}$ になった時にエチレン処理を開始した。センサープローブを挿入した状態の温度測定対象果実2果にそれ以外の果実6果を加えた計8果ずつをポリカーボネート製のコンテナ(容量9L)に入れて密封し、 $20^\circ\text{C}$ 条件下エチレン濃度100ppmで48時間処理した。エチレン処理終了後、果実5または6個ずつをステンレスコンテナに入れて有孔ポリエチレン製のフタをし、4日間 $20^\circ\text{C}$ のインキュベーター内で貯蔵し熟柿化を行った。本論文で「熟柿」とは、岩田ら(1969)が提唱した熟度指数IVの「非常に軟弱となる」状態に相当する果実であり、エチレン処理後に果実を追熟させこの状態に変化させることを「熟柿化」と表現することにする。熟柿完成の判断基準となる脱渋の程度は下記の熟柿ピューレについて、非加熱状態で官能検査により調査した。

### 3) 加熱による渋もどりの調査

熟柿ピューレは、赤浦(2014)の方法を用いて調製した。ヘタとその周囲の果肉の一部を切除した熟柿果実を縦半分にカットし、その果実から外果皮を取り除き、さらに果肉を中果皮と内果皮に分離した。内果皮から種子を取り除いた後中果皮と混合し、一定量をホモジナイザー(エクセルオート 12000rpmで2分)で粉碎して熟柿ピューレとした。ピューレは一定量をフリーザーバッグに

分注し、 $-30^\circ\text{C}$ 以下で冷凍保存した。熟柿ピューレは、 $20^\circ\text{C}$ のインキュベーター庫内で解凍後30gずつ50mLの遠心沈殿管に入れて密封し、 $70^\circ\text{C}$ ウォーターバスで30分間加熱した。加熱終了直後水槽内で室温程度まで急冷した後、初めに官能検査により渋味の程度を調査した。官能検査は訓練された成人男性2名と成人女性1名によって行った。続いて加熱した果肉5gを80%エタノール中でホモジナイズし、可溶性タンニンを抽出した。可溶性タンニン含量はカテキンを標準物質としてTaira(1996)のFolin-Denis法により測定した。

## 3 結果および考察

### 1) 現地における低温貯蔵果実の加温過程の温度調査

室温および果実内部温度の変化を図1に示した。練炭1個による暖房を低温貯蔵果実搬入4時間後から開始した。搬入時点の室温は $17.1^\circ\text{C}$ であったが、暖房開始後5時間でピークの $28.2^\circ\text{C}$ まで上昇した。その後燃焼終了とともに室温は低下し加温終了時、すなわちエチレン処理開始前には $13.6^\circ\text{C}$ になった。搬入時点の果実内部温度は $4.3^\circ\text{C}$ で、練炭による暖房開始まで、最初の約2時間は急激に、その後約2時間は緩やかに約 $13^\circ\text{C}$ まで上昇した。暖房による加温開始にともない内部温度は約 $13^\circ\text{C}$ からふたたび急激に上昇し、室温のピークから2時間20分後に最高 $25^\circ\text{C}$ まで上昇した。その後燃焼終了とともに低下し加温終了時には $14.2^\circ\text{C}$ になった。

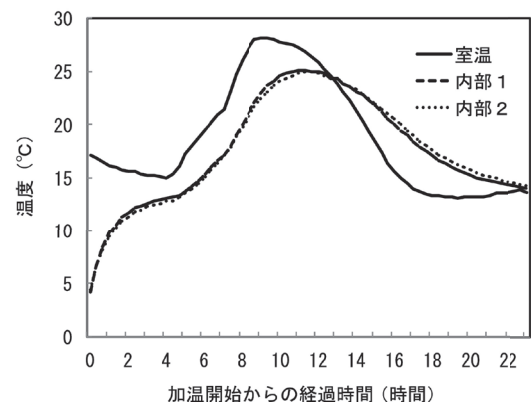


図1 室温および果実内部温度の変化

果実内部温度が20℃以上であった時間帯は、21時40分から翌日の5時40分までであり、この時間帯にエチレン処理が開始できればよかったが、実際には14.2℃になった翌日の12時40分を過ぎてエチレン処理を開始した。前述のようにこの時期は主要産品である干し柿の生産最盛期にあたり、熟柿生産はその仕事の合間を縫っての作業であったため、夜間に果実内部温度の確認とエチレン処理ができなかった。このためエチレン処理開始の最適な時機を逸することになったことに加え、熟柿生産の標準温度としている20℃よりも約6℃も低い果実温度14.2℃でのエチレン処理開始となった。

練炭1個による暖房では、現在の施設では室温の変動が大きく恒温を維持することができないことが明らかになった。また、11月は外気温が急激に低下する時期であり、発生熱量の少ない練炭による暖房の効率もそれにともない低下し、11月中下旬には20℃の恒温を得ることはさらに難しくなると推測される。既に赤浦(2012)により確立されている熟柿生産技術においては、加温開始から熟柿完成までの期間は果実周囲の温度は20℃に管理されており、この温度条件において一定期間で一定品質の熟柿生産が確実になる。今回の調査を行った小部屋は、低温貯蔵果実の加温およびそれに続くエチレン処理、処理後の熟柿化にも使用される。現地での熟柿の安定生産には練炭による暖房は不適であり、これに替えて20℃以上の恒温条件を保持できるエアコンまたは温度調

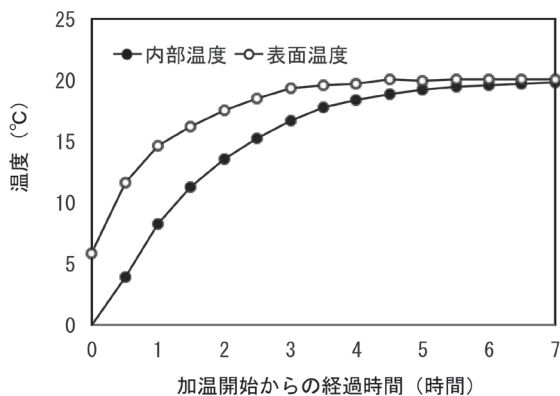


図2 果実表面および内部温度の変化

節器を備えた温風器の導入が望ましいと考えた。

## 2) 大学研究室における果実温度測定および熟柿生産

0℃貯蔵の‘西条’果実を約20℃条件下に置いた時の果実表面温度および内部温度の変化を図2に示した。果実表面の温度は内部よりも早く上昇を開始し、4時間程で20℃近くまで達した。一方内部温度は約6時間後に20℃近くまで達した。表面と内部の温度差は1時間では6.5℃、2時間では4.0℃、3時間では2.8℃と時間経過にもなって減少し、6時間では0.5℃であった。平均果実重が212.0±7.0gと、カキ‘西条’にしてはやや大きい果実においても、20℃条件下では内部温度が20℃近くまで達するには少なくとも6時間かかることが明らかになった。

エチレン処理開始時の果実内部温度がコンテナ内で20℃に達するのに要した時間と20℃保持時間を表1に示した。13℃でエチレン処理を開始した果実では、20℃に達するのに9時間45分要し、果実温度が20℃保持した時間は38時間15分であった。一方、16℃でエチレン処理を開始した果実では、20℃に達するのに要した時間は6時間15分で、果実温20℃保持時間は41時間45分であった。果実温度20℃保持した時間の差は3時間30分であった。4日間20℃のインキュベーター内で貯蔵し熟柿化を行ったこれらの果実から調製したピューレを用いて、脱渋の程度を調査した結果、エチレン処理開始時の内部温度20℃の果実では渋味は感じられなかったが、内部温度16℃および13℃の果実ではわずかな渋味が感じられた(表2)。

表1 エチレン処理開始時の果実内部温度が20℃に達するのに要した時間と20℃保持時間

果実内部温度	20℃に達するまでの時間	20℃保持時間
13℃	9時間45分	38時間15分
16℃	6時間15分	41時間45分

表2 ピューレの渋みの程度と可溶性タンニン含量

果実内部温度	非加熱ピューレ	70°C加熱ピューレ
20°C	- <sup>X</sup>	-(66.0±1.0) <sup>Z</sup>
16°C	±	±(70.0±0.7)
13°C	±	+(84.7±4.9)

X:官能検査による渋みの程度(2名以上の同一評価);

- 渋みを感じない, ± わずかな渋みを感じる,

+ 渋みを感じる

Y:標準誤差 n=3

Z:可溶性タンニン含量 mg/100g F.W.

赤浦ら(2008)は、20°C条件下でエチレン100ppm24時間処理をしたカキ‘西条’果実でも正常に熟柿になり、脱渋が完了していることを認めている。内部温度が20°Cを保持した時間は24時間でも脱渋したのに、これより長い20°C保持時間の16°Cおよび13°Cの果実で脱渋が不十分であったのは、内部温度20°Cを保持した時間に容器内の酸素濃度が低かったことがその要因の1つではないか。果実のMA包装を行うとフィルム内の大気が低酸素状態に変化することが知られており(Ben-Arie and Zutkhi 1992)、カキ果実をポリカーボネート製容器に密封しても同様の効果が得られると考えられる。エチレン処理開始時の内部温度が16°Cおよび13°Cの果実では、内部温度20°Cに達するのにそれぞれ9時間45分および6時間15分要しており、この間に容器内酸素濃度がかなり低下していたと推測された。新開ら(2003)は、低酸素濃度条件がカキ‘横野’果実の軟化を抑制することを報告しており、‘西条’においても容器内の低酸素濃度条件がエチレン処理による軟化の誘起を抑制したことにより脱渋が不十分になったと推察された。

小川ら(2008)はカキ‘刀根早生’のCTSD炭酸ガス脱渋の実用化試験において脱渋温度の影響を調査し、15°C以下では脱渋が不十分であることを認めている。今回の実験でエチレン処理開始時の内部温度が16°Cおよび13°Cの果実を、

内部温度が20°Cの状態では38時間以上エチレン処理しても脱渋が不十分であったのは、内部温度が16°C以下の果実はエチレンに対する反応性が低いことにも起因すると推察された。エチレン処理によるカキ‘西条’熟柿生産の過程は、初期の20°Cでの48時間エチレン処理と後期の20°Cでの4日間の熟柿化の2過程と見ることもできる。カキの脱渋処理においてはその初期の温度条件が重要であると伊庭ら(1985)は述べている。Akaura(2010)は、エチレン処理後の‘西条’果実を10°Cで4日熟柿化させても軟化して脱渋することを報告しており、‘西条’の熟柿化の過程においても初期の温度条件が重要であることが示唆された。

### 3)加熱による渋もどりの調査

70°Cで30分加熱したピューレについて、官能検査による渋味の程度の調査および可溶性タンニンの定量を行ったところ、エチレン処理開始時の内部温度20°Cの果実から調製したピューレでは渋味を感じられなかったのに対し、16°Cのものではわずかな渋味を感じられ、13°Cのものでは明らかな渋味を感じられた(表2)。すなわち渋もどりが認められた。それぞれのピューレの可溶性タンニン含量は、官能検査の結果とよく対応していた。

エチレン処理開始時の内部温度20°Cの果実から調製したピューレでは、非加熱および70°C加熱で渋味は感じられないのに対し、内部温度16°Cと13°Cのピューレでは非加熱および70°C加熱で渋味を感じられた。70~80°Cの加熱温度は、食品加工において多用される殺菌温度帯であり、70°Cで渋もどりが起きるピューレは加工原材料としては不適である。以上の結果から、十分に脱渋した熟柿および70°Cで渋もどりが起きない熟柿ピューレを安定的に生産するには、果実温度をエチレン処理開始時に20°Cまで確実に昇温させる温度管理が重要であると思われる。

## 引用文献

- ・ 赤浦和之, 孫寧静, 板村裕之. エチレンおよび脂肪酸処理がカキ‘西条’果実の熟柿化に及ぼす影響. 園学研, 7: 111-114, 2008.
- ・ Akaura K. Fruit Cracking in ‘Saijo’ Japanese Persimmons (*Diospyros kaki* Thunb.) during Soft Ripening. *Food Preserv. Sci.*, 34: 191-195, 2008.
- ・ Akaura K, Itamura H. Packaging and Storage of Soft-ripened ‘Saijo’ Persimmons for Improving Sales. *Food Preserv. Sci.*, 35: 23-28, 2008.
- ・ Akaura K. Effects of Intermittent Ventilation during Ethylene Treatment and Storage Temperature on Peel Color of Soft-ripened ‘Saijo’ Persimmons. *Food Preserv. Sci.*, 36: 3-8, 2010.
- ・ Akaura K, Itamura H. Effects of Packaging after Ethylene Treatment on Soft Ripening and Fruit Cracking in ‘Saijo’ Persimmons. *Food Preserv. Sci.*, 36: 9-15, 2010.
- ・ 赤浦和之. カキ‘西条’熟柿の生産および品質管理に関する研究. *日食保蔵誌*, 38: 177-183, 2012.
- ・ 赤浦和之. カキ‘西条’未利用果実を用いた熟柿ビューレの生産. *島根県立大学短期大学部研究紀要*, 52: 1-6, 2014.
- ・ Ben-Arie R, Zutkhi Y. Extending the storage life of ‘Fuyu’ persimmon by modified-atmosphere packaging. *HortScience*, 27: 811-813, 1992.
- ・ 広島県果樹試験場. 昭和53年度種苗特性分類調査報告書(カキ), 164, 1979.
- ・ 伊庭慶昭, 福田博之, 垣内典夫, 荒木忠治. 果実の成熟と貯蔵. 養賢堂, 1985.
- ・ 岩田隆, 中川勝也, 緒方邦安. 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係(第1報)カキ果実における呼吸型の climacteric の有無. *園学雑*, 38: 194-201, 1969.
- ・ 小川正毅, 石崎政彦, 角田秀孝, 山内勲, 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*, 10: 295-301, 2011.
- ・ 新開志帆, 矢野隆, 森口一志, 清水康雄. フィルム個装によるカキ‘横野’の脱渋、日持ち性の向上. *愛媛果樹試研報*, 17: 19-25, 2003.
- ・ Taira S. Astringency in persimmon. *Modern methods of plant analysis*. Vol.18 *Fruit Analysis*, Berlin, Springer-Verlag, 1996.

受付:平成26年6月20日 受理:平成26年8月1日