

アントシアニン含量の多いウメ‘露茜’果実を供給する 効率的な追熟体制の確立

大江孝明¹・北村祐人^{1,5}・城村徳明¹・仲 慶晃^{1,6}・岡田 壮²・丸野精二³・
丸野普治³・佐原重広^{4,6}・植田栄仁^{4,7}

¹和歌山県果樹試験場うめ研究所

²紀州農業協同組合

³株式会社丸野

⁴和歌山県日高振興局農林水産振興部農業水産振興課

Establishment of Efficient Ripening System for Supplying Japanese Apricot ‘Tsuyuakane’ Fruit Containing Rich Anthocyanin

Takaaki Oe¹, Yuto Kitamura^{1,5}, Noriaki Jomura¹, Yoshiaki Naka^{1,6}, Tsuyoshi Okada², Seiji Maruno³,
Shinji Maruno³, Shigehiro Sahara^{4,6} and Yoshihito Ueda^{4,7}

¹*Japanese Apricot Laboratory, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture*

²*Kisyu Japan Agricultural Cooperatives*

³*Maruno Co., Ltd.*

⁴*Hidaka Promotions Bureau, Wakayama Prefecture*

緒 言

ウメ‘露茜’は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所で育成され、2009年に品種登録されたスモモとウメとの種間雑種で（山口ら、2008）、果皮だけでなく果肉まで赤く色づく特徴があり、梅酒や梅シロップなどに加工すると鮮やかな赤色の製品ができることから、その商品性が注目されている（八重垣ら、2012）。和歌山県においても産地化の取り組みが行われているが、地域によっては外観上の果実の赤色着色に年次変動がみられ（大江ら、2013）、着色程度の低い果実を加工した製品は十分に赤い色調が得られず、商品価値が低くなる。また、従来のウメ品種と比べて、果実が色づく収穫期直前に野生動物による被害を受けやすい。その対策のために防柵や防鳥網などの設置を行う場合は、多大なコストと労力がかかる。

これらを解決するため既報（大江ら、2016）では、赤く色づき始めた頃に果実を収穫してエチレン発生剤に由来するエチレン存在下で4日以上追熟させる方法により、樹上完熟果実よりも果実のアントシアニン含量を大幅に高められることを明らかにした。しかし、本方法は少量のガス交換が可能な機能性段ボール箱を用いて一度に数kgの果実を追熟するものであったことから、生産拡大が進む中、北村ら（2018）は、果実をエチレン発生剤とともにコンテナに入れてビニル被覆することで、一度に100kg程度の果実を着色させる効率的な処理方法を開発した。しかし、その後も産地化

⁵現在：摂南大学農学部

⁶現在：和歌山県農林水産部果樹園芸課

⁷現在：和歌山県農林水産部経営支援課

が進み生産量が増加する中で、さらに効率的な方法が求められるようになってきたことから、ここでは一度に大量の果実を追熟するための処理方法を検討した。

材料および方法

1. 追熟における被覆資材の影響（試験1）

2017年に和歌山県日高郡みなべ町気佐藤植栽の‘露茜’（2017年時点で10年生）を供試し、北村ら（2018）が開発したカラーチャートを用い、6月19日に追熟用としての収穫適期であるカラーチャート値（以下、CC値）1~3の果実を採取した。収穫用コンテナ（容量約58liter）に果実を15kgずつ入れ、6コンテナ（3段×2列）を1区として2種類の資材で被覆してゴムバンド等で固定し密封した。被覆資材はカキ脱渋用シート（ボンガード35、日本ウェーブロック（株））および農業用ポリ塩化ビニルシートの2種類で、それぞれ脱渋シート区およびビニル区とした。初期濃度約1,800ppmとなるようエチレンガスを注射器で注入し、うめ研究所屋内の室温で2日間追熟後に開封し、さらに2日間室温で追熟させた。追熟後、不完全着色果（追熟後に緑色部分が残る果実）の重量割合を調査するとともに、各コンテナよりランダムに5果取り出し、同じ被覆資材および段の果実を同じ区とし（各区10果）、果実（果皮を含む果肉）のアントシアニン含量および果実硬度を既報（Oe et al., 2012; 大江ら, 2007a）と同様に調査した。すなわち、アントシアニン含量は5%ギ酸中で果肉をマルチディスパーサー（PB95、（株）エスエムテー）を用いて15,000rpmで1分間ホモジナイズした後、4℃で約24時間抽出し、卓上型遠心分離器（4000、久保田商事（株））を用いて3,500rpmで10分間遠心分離した。上澄みをODSカラム（Shim-pack VP-ODS、（株）島津製作所）を用いてHPLC（LC-20A、（株）島津製作所）で測定した。果実硬度はレオメータ（COMPAC-100II、（株）サン科学）を用いて、60 mm/minの定深度測定、直径5mm円柱プランジャー、侵入1mmの条件で測定した。なお、‘露茜’果実のアントシアニンは‘南高’と同様に、主にシアニジン-3-グルコシド（以下C3G）とシアニジン-3-ルチノシド（以下C3R）であると報告されていることから（赤木ら, 2011）、これらの含量を測定し、合計値をアントシアニン含量とした。

2. 追熟における二酸化炭素濃度の影響（試験2）

2017年にみなべ町気佐藤植栽の‘露茜’から6月12日および19日にCC値1~3の果実を採取した。6月12日採取果実は、最大15kg程度果実が入る22.8Lポリエチレン製容器（以下、ポリ容器）に2.5kgずつCO₂レコーダ（TR-76Ui、（株）ティアンドデイ）とともに入れ密閉し、ボンベ式のエチレン（ジューエルサイエンス（株））を用いて初期濃度が1,000ppmとなるよう注射器で注入し、さらにボンベ式CO₂（ジューエルサイエンス（株））を用いて初期濃度が380, 2,000, 4,000, 6,000および10,000ppmとなるよう注射器で注入した（各区3反復、380ppmは未注入）。2日間追熟後に開封し、さらに2日間ポリ容器内で追熟し、その後、100果当たりの不完全着色果数を調査した。6月19日採取果実はポリ容器に果実を2, 4, 6, 8および10kgずつ入れて密閉し、エチレンを初期濃度1,000ppmとなるよう注入した（各区3反復）。2日間追熟後にトレイに空け、乾燥しないようビニルで覆いさらに2日間追熟した。追熟後、100g当たりの不完全着色果重を調査するとともに、各区1つのトレイから不完全着色果を除いて平均的な10果を取り出し、アントシアニン含量および果実硬度を調査した。続いて、7月3日および10日にみなべ町清川植栽の‘露茜’高接ぎ樹（‘南高’へ高接ぎ後10年）からCC値1~3で果実を採取した。7月3日採取果実はポリ容器に果実を2または

8kg 入れ密閉し、エチレンを初期濃度 1,000ppm となるよう注入した（各区 3 反復）。20 または 30℃で 2 日間追熟後、開封しトレイに空けてビニルで覆いさらに 3 日間追熟した。追熟後、100g 当たりの不完全着色果重を調査するとともに、各トレイから平均的な 3 果を取り出し、各区 9 果のアントシアニン含量および果実硬度を調査した。7 月 10 日採取果実は同様の処理を 2kg で 20℃、8kg で 20℃および 8kg で 30℃についてのみ行った。追熟後、100g 当たりの不完全着色果重を調査するとともに、陥没や褐変等の障害果重を調査した。また、追熟 2 日後の開封時に容器内の CO₂ 濃度をガス検知器（XP-314、コスモス電機（株））で測定した。

3. 追熟におけるコンテナ当たりの処理量の検討（試験 3）

2018 年にみなべ町気佐藤植栽の‘露茜’から 6 月 11 日に CC 値 1~3 の果実を採取した。選果機により 4L, 3L, 2L と L の混合の 3 階級に分け、それぞれ収穫用コンテナあたりの果実量を 15kg, 18kg および 20kg と変えて、JA 紀州が新たに集荷場 2 階に設置したプレハブ式処理庫（株）丸野製、図 1）で追熟した。なお、本処理庫はエチレン濃度および温湿度を制御可能で、最大 140 コンテナ処理可能である。追熟条件は、既報（北村ら、2018; 大江ら、2016）を基にエチレン濃度を 1,000ppm, 温度を 20℃（実測 20~26℃程度）、湿度を 85%（実測 78~90%程度）に設定し 2 日間保持後、エチレンを注入しないで温湿度のみ制御してさらに 2 日間追熟した。追熟後、不完全着色果および腐敗果の重量割合を調査した。また、6 月 18 日に追熟用としては過熟である CC 値 4 以上の果実を採取して選果機により 3L 果実を選別し、収穫用コンテナあたりの果実量を 15, 18 および 20kg と変えてプレハブ式処理庫で追熟した。追熟後、不完全着色果および腐敗果の重量割合を調査した。



図 1 新規に設置したプレハブ式処理庫
2017 年に JA 紀州が集荷場内に設置

4. 大量追熟法の現地実証（試験 4）

2017 年 6 月 19 日から 1 週間ごとに 4 回、JA 紀州に出荷された果実を供試した。果実を収穫用コンテナに 15kg 以下で入れ、プレハブ式処理庫で試験 3 と同様に追熟した。1 回目の 6 月 19 日出荷は約 0.2 トン（17 コンテナ）、2 回目の 6 月 26 日出荷は約 1.5 トン（130 コンテナ）、3 回目の 7 月 3 日出荷は約 2.0 トン（133 コンテナ）、4 回目の 7 月 10 日出荷は約 0.6 トン（49 コンテナ）であった。なお、処理量の多い 2 および 3 回目の試験では、果実から発生する CO₂ の影響を小さくするため、1 日 1 回換気した。追熟後、着色程度を目視で確認するとともに、2 および 3 回目の試験は不完全着色果および腐敗果の重量割合を調査した。なお、これらの割合は秀品として出荷できるかにより判断した。また、集荷場内の出荷物への影響を評価するため、3 回目に処理庫を開放した直後に処理庫前（処理庫扉より約 2m）、処理庫と 1 階への階段との中間付近（同約 15m）、1 階への階段付近（同約 30m）および 1 階の処理庫直下付近（同約 70m）の空気を 500ml ポリプロピレン製容器に捕集し、ガスクロマトグラフ（GC-14B、（株）島津製作所）でエチレン濃度を測定した。

5. 追熟前の低温保存が追熟後の果実品質に及ぼす影響（試験 5）

2018 年にみなべ町気佐藤植栽の 11 年生‘露茜’を供試した。6 月 13 日に CC 値 1~3 で果実を採取し、所内 6℃冷蔵庫で 0, 3, 4, 5 および 6 日保存した。保存後の果実を羽山ら（2009）が供試し

た、少量のガス交換が可能な機能性段ボール箱（容量約 21liter）に 4kg 程度入れ、1 袋当たり 20ml のエチレンを発生させるエチレン発生剤（熟れごろ，日園連）2 袋とともに、20℃の恒温で 4 日追熟した。追熟後、不完全着色果，乾燥果，腐敗果および障害果（部分的に褐変した果実）の割合を調査した。また、6 月 18 日に CC 値 4 以上の果実を採取しコンテナ当たり 15kg 入れ、JA 紀州内の予冷库（5～6℃）で 0，3 および 7 日保存した後、プレハブ式処理庫で試験 3 と同様に 4 日追熟した。追熟後、不完全着色果，乾燥果，腐敗果および障害果の重量割合を調査した。さらに、2018 年に JA 紀州に出荷された‘露茜’果実（8 回出荷，合計 10.5 トン）を供試し、追熟庫に入りきらない果実は JA 紀州内の予冷库（5～6℃）で 3～4 日保存して繰り越しながら、プレハブ式処理庫で追熟した（表 1）。追熟後、不完全着色果，乾燥果，腐敗果および障害果の発生程度を目視で確認した。

表 1 JA 紀州における出荷日ごとの‘露茜’果実の出荷量(2018 年)

	出荷日	出荷量 (トン)
1回目	6月11日	0.2
2回目	6月14日	0.1
3回目	6月18日	1.6
4回目	6月21日	0.2
5回目	6月25日	3.5
6回目	6月28日	1.4
7回目	7月2日	2.5
8回目	7月5日	0.9

6. エチレン処理濃度および処理後環境が追熟後果実の品質に及ぼす影響（試験 6）

2017 年 6 月 26 日にみなべ町清川植栽の‘露茜’高接ぎ樹から CC 値 1～3 の果実を採取した。ポリ容器に果実を 2.3kg 入れ、エチレンを初期濃度 1,000，2,000 および 3,000ppm で注入した。20℃で 1 日追熟後に開封しトレイに空け、ビニルで覆う被覆区，覆わない無被覆区の 2 つの条件でさらに 2 日間追熟した。なお、トレイ内の湿度は被覆区が 99%，無被覆区が 70～88%（平均 82%）であった。エチレン処理終了直後および追熟後の果実重，追熟後の 100 果当たりの不完全着色果数およびアントシアニン含量を調査した。

結 果

1. 大量追熟における被覆資材の影響（試験 1）

不完全着色果率はコンテナの高さによらず脱渋シート区がビニル区に比べて高く，脱渋シート区内では下段ほど高い傾向であった（図 2）。アントシアニン含量はコンテナの高さによらず脱渋シ

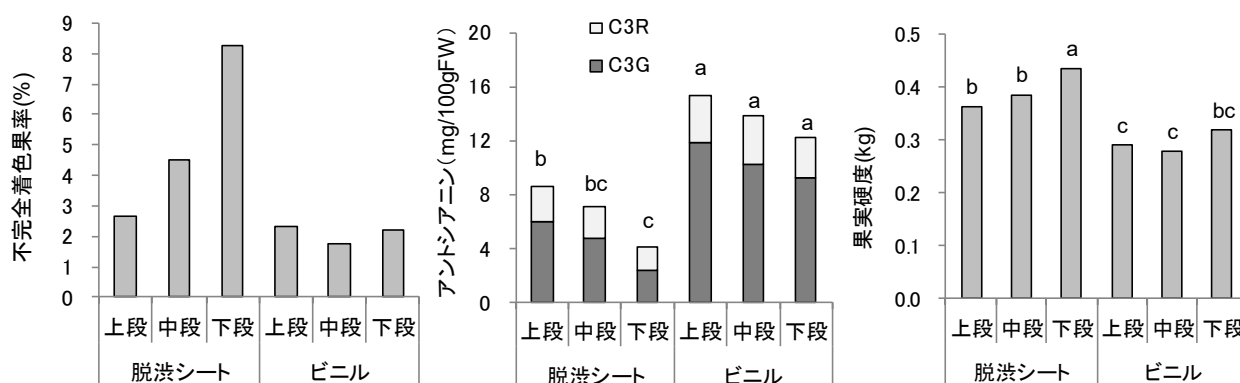


図 2 エチレン処理時の被覆資材の違いが追熟後果実の不完全着色果発生，アントシアニン含量および硬度に及ぼす影響

不完全着色果率は重量による値

C3G はシアニジン-3-グルコシド，C3R はシアニジン-3-ルチノシドを示す

Tukey の多重検定により，異符号間に 5%水準で有意差あり(n=10)

ート区がビニル区に比べて少なく、脱渋シート区内では下段ほど少ない傾向であった。果実硬度はコンテナの高さによらず脱渋シート区がビニル区に比べて大きい傾向であり、脱渋シート区内では下段ほど大きい傾向であった。

2. 追熟における二酸化炭素濃度の影響（試験 2）

処理開始時の CO₂ 濃度を変えて追熟したところ、容器内の CO₂ 濃度は処理開始から 3 時間以内にすべての区で計器の測定上限（10,000ppm）を超え、その後の差は不明であり（データ略）、100 果当たりの不完全着色果数は 380ppm 区で 2,000, 4,000 および 10,000ppm 区に比べて少ない傾向であり、他の区では大差がなかった（図 3）。ポリ容器に入れる果実の量を変えて追熟したところ、8kg 以上入れて追熟すると 100g 当たりの不完全着色果重が他区よりも重く、6kg 以上入れて追熟すると他区よりも果実のアントシアニン含量が少なく、果実硬度が大きかった（図 4）。ポリ容器に入れる果実の量と温度を変えて追熟したところ、8kg 入れて 20℃で追熟すると 100g 当たりの不完全着色果重が他区よりも重く、果実硬度が大きかった（図 5）。また、容器内に果実を 8kg 入れた場合と温度が 30℃の場合、追熟後の果実のアントシアニン含量が 2kg で 20℃のものに比べて少なかった。果実採取日を遅らせた同様の試験において、容器内に 8kg 入れた場合、ほぼすべてが不完全着色果または障害果となり、追熟 2 日後の容器内の CO₂ 濃度は追熟温度 20℃で 38%，30℃で 69%と 2kg で 20℃の 11%に比べて高かった（表 2）。

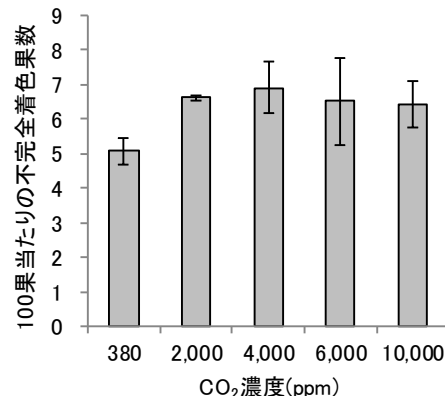


図 3 エチレン処理時の CO₂ 濃度の違いが追熟後果実の不完全着色果発生に及ぼす影響
CO₂ 濃度は容器内の初期濃度
バーは標準誤差を示す(n=3)
Tukey の多重検定により 5%水準で有意差なし

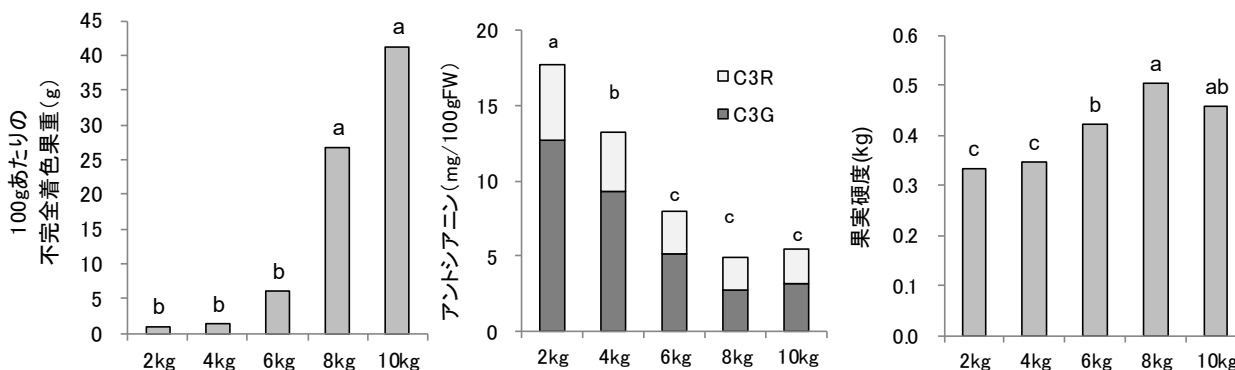


図 4 エチレン処理時の果実量の違いが追熟後果実の不完全着色果発生、アントシアニン含量および硬度に及ぼす影響

横軸の数量は 22.8liter 容器に入れた果実量

Tukey の多重検定により、異符号間に 5%水準で有意差あり(不完全着色果重は n=3, 他は n=10)

C3G はシアニジン-3-グルコシド, C3R はシアニジン-3-ルチノシドを示す

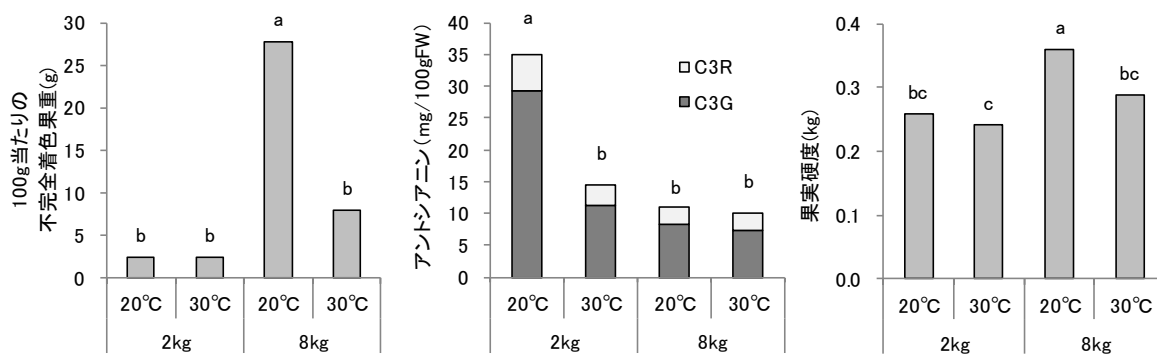


図 5 エチレン処理時の果実量および追熟温度の違いが追熟後果実の不完全着色果発生、アントシアニン含量および硬度に及ぼす影響
 横軸の数量は 22.8liter 容器に入れた果実量および追熟温度
 Tukey の多重検定により、異符号間に 5%水準で有意差あり(不完全着色果重は n=3, 他は n=9)
 C3G はシアニジン-3-グルコシド, C3R はシアニジン-3-ルチノシドを示す

表 2 エチレン処理時の果実量および温度の違いが追熟後果実の不完全着色果および障害果の発生並びに容器内の CO₂ 濃度に及ぼす影響

	100g当りの不完全着色果重(g)	100g当りの障害果重(g) ²	容器内CO ₂ 濃度(%) ³
2kg20°C ^x	4	0	11
8kg20°C	84	16	38
8kg30°C	99	1	69

²障害果は陥没、褐変した果実
³CO₂は追熟2日後にガス検知器で測定
^x果実量は容器(約22.8liter)に入れた重量

3. 追熟におけるコンテナ当たりの処理量の検討 (試験 3)

CC 値 1~3 の果実での試験について、腐敗果は 2L と L の混合の 20kg 区でのみわずかに発生した(図 6) . 不完全着色果割合は 15kg 区および 18kg 区では階級が小さいほど高い傾向がみられたが、

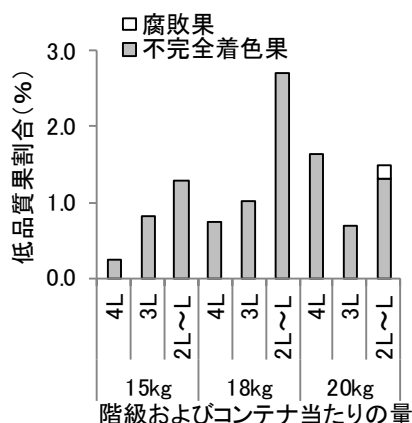


図 6 階級およびコンテナ当たりの処理量の違いが追熟後の低品質果発生に及ぼす影響(CC 値 1~3)
 割合は重量による値

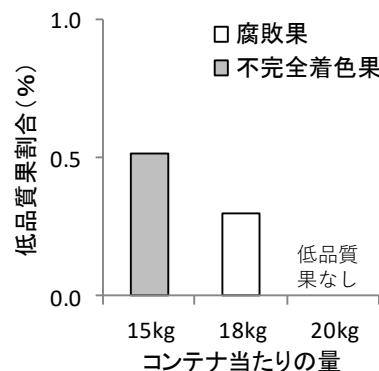


図 7 コンテナ当たりの処理量の違いが追熟後の低品質果発生に及ぼす影響(CC 値 4 以上)
 割合は重量による値

各区ともに3%未満であり、コンテナ当たりの果実量と一定の関係はみられなかった。CC値4の果実での試験について、不完全着色果は15kg区で0.5%、腐敗果は18kg区で0.3%発生とごくわずかであり、20kg区では低品質果の発生がみられなかった（図7）。

4. 大量追熟法の現地実証（試験4）

目視で判断したところ、プレハブ式処理庫に一度に入れる量に関わらず、4回とも大半の果実を赤く色づけることが可能であった（データ略）。6月26日採取果実では不完全着色果率が4.6%、腐敗果が0.2%発生し、7月3日採取果実では不完全着色果が2.5%、腐敗果が1.6%発生した（図8）。処理庫開放直後の周辺のエチレン濃度について、処理庫前で742ppm、処理庫と1階への階段との中間付近で6ppmであり、1階への階段との中間付近や集荷場1階の処理庫直下では検出限界以下であった（表3）。

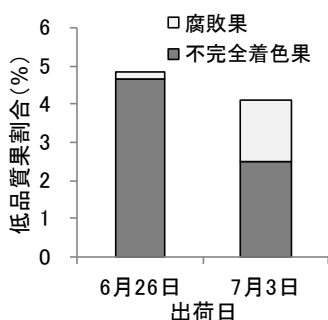


図8 プレハブ式処理庫での追熟が低品質果発生に及ぼす影響

表3 処理庫開放直後の周辺のエチレン濃度

		処理庫扉からの距離	エチレン (ppm)
2階	処理庫前	約2m	742
	処理庫と1階への階段との中間付近	約15m	6
	1階への階段付近	約30m	n.d. ²
1階	処理庫直下付近	約70m	n.d.

²n.d.は検出限界以下を示す

5. 追熟前の低温保存が追熟後の果実品質に及ぼす影響（試験5）

CC値1~3の果実での試験では、冷蔵後追熟することにより腐敗果、障害果および不完全着色果が発生する区としない区がみられたが、冷蔵期間が長いほど多いということとはなかった（図9）。CC値4以上の果実での試験では、冷蔵後に追熟した区で乾燥果、腐敗果および障害果が発生したが、合わせて1%未満とごくわずかであった（図10）。JA紀州に出荷された果実について、追熟庫に入りきらない果実を冷蔵保存して繰越しながら追熟したところ、目視では冷蔵しないものと大差なく追熟後の果実は着色し、品質低下はみられなかった（データ略）。

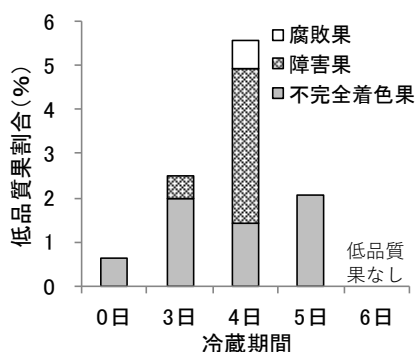


図9 追熟前の冷蔵保存期間が追熟後の低品質果発生に及ぼす影響 (CC値1~3)

障害果は部分的に褐変した果実割合は重量による値

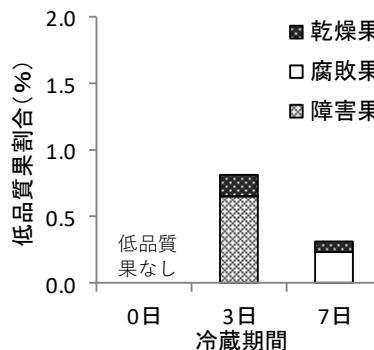


図10 追熟前の冷蔵保存期間が追熟後の低品質果発生に及ぼす影響 (CC値4以上)

障害果は部分的に褐変した果実割合は重量による値

6. エチレン処理濃度および処理後環境が追熟後果実の品質に及ぼす影響（試験6）

エチレン処理終了直後を100とした追熟後の果実重は、同じエチレン濃度では被覆区が無被覆区に比べて大きかった（図11）。100果当たりの不完全着色果数はエチレン濃度2,000ppmが他区よりも多かったが、ビニル被覆の有無による差はみられなかった。果実のアントシアニン含量は同じエチレン濃度では被覆区が無被覆区に比べて多い傾向であった。

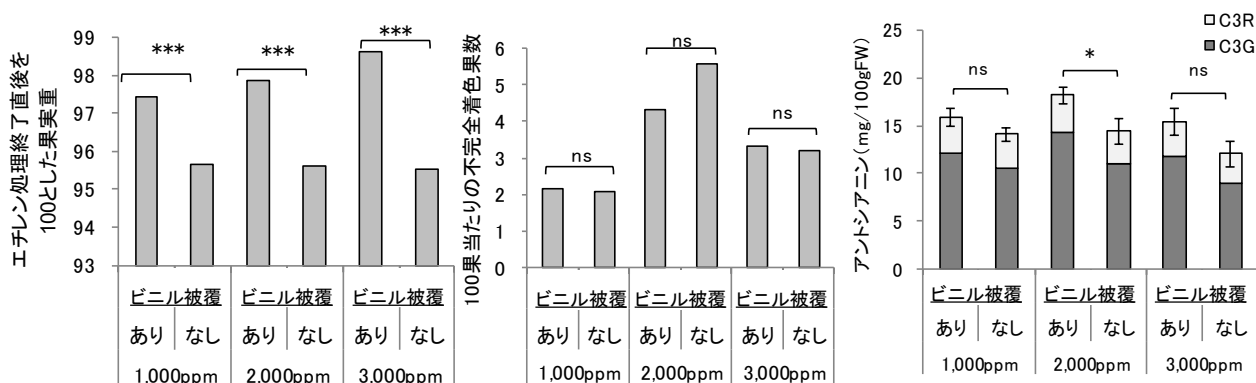


図 11 異なるエチレン濃度で1日処理した後の追熟条件が追熟後果実の重量，不完全着色果発生およびアントシアニン含量に及ぼす影響

C3G はシアニジン 3 グルコシド，C3R はシアニジン 3 ルチノシドを示す

各エチレン濃度において，被覆資材の有無でt検定により***は0.1%水準，*は5%水準で有意差があること，nsは有意差がないことを示す（不完全着色果数はn=3，他はn=9）

バーは標準誤差を示す

考 察

‘露茜’は赤色色素が豊富なウメ品種として注目されているが，年によりアントシアニンの蓄積に差がみられる（大江ら，2013）。そのため，既報（大江ら，2016）では安定してアントシアニンを蓄積させる技術として，果実全体が色づく適熟期よりも早く収穫し，エチレンを添加し4日以上追熟させる方法を確立した。また，本方法を応用し北村ら（2018）は，果実をエチレン発生剤とともにコンテナに入れてビニル被覆することで，一度に100kg程度の果実を着色させる効率的な処理方法を開発した。しかし，その後も生産拡大が進み，追熟処理のさらなる効率化が必要となってきたことから，ここでは一度により大量の果実にエチレン処理する方法を検討した。

本試験の前に，上記の北村ら（2018）が開発したコンテナとビニルによる追熟方法をスケールアップしようとした。追熟処理はJA紀州集荷場内で行うため，他の集荷物に対するエチレンの影響がでないよう，ビニルよりも通気性の低いカキの脱渋に用いられる素材のシートで被覆し，700kg程度の‘露茜’果実を追熟したところ，着色がほとんど進まなかった（未発表データ）。そこで本試験ではまずその要因を明らかにするため，採取日，採取園地が同じ果実を用いて脱渋シートで被覆した場合とビニルで被覆した場合の追熟後の果実品質を比較した。その結果，脱渋シートで被覆し追熟した場合，ビニルで被覆した場合と比べて不完全着色果が多く発生し，アントシアニン含量が少なかった（図2）。また，脱渋シートで被覆した場合，下段のコンテナで不完全着色果が多い傾向であった。エチレンの作用やエチレン生成はCO₂によって抑制されることから（稲葉ら，1989；Ryugo，1993），本試験においても呼吸によってCO₂が生じ，空気よりも重いため脱渋シート内の下部に蓄積したことにより，

このような追熟阻害が引き起こされたと考えられた。果実硬度が大きい点についても、追熟の進行に伴う軟化が抑制されたことによると推察された。

そこで、‘露茜’果実の追熟に対する CO₂ の影響を直接的に明らかにしようとしたが、初期濃度 10,000ppm (1%) 以下の CO₂ 濃度では影響が判然としなかった (図 3)。供試容器内に高濃度の CO₂ を注入することが難しいことや、果実から発生する CO₂ により容器内の CO₂ 濃度が速やかに 1% 以上にまで高まったことから、次にポリ容器内の果実量を変えることで CO₂ の影響を確認しようとした。その結果、容器内の果実が多いと不完全着色果が多く発生し、アントシアニン含量が少ない傾向であった (図 4)。また、同じ 2kg でも追熟温度を 30℃ に高めた場合もアントシアニン含量が少ない傾向であった (図 5)。さらに、採取日を遅らせた果実を 22.8liter ポリ容器内に 8kg 入れた場合、追熟温度が 20℃、30℃ に関わらず、ほぼすべてが不完全着色果または障害果となり、追熟 2 日後の容器内部の CO₂ 濃度は 20℃ で 38%、30℃ で 6% に達していた (表 2)。追熟による着色が可能であった 20℃ で 2kg 入れた場合の CO₂ 濃度 11% に比べて高濃度であったことから、CO₂ 濃度が不完全な着色の一因と推察された。前述の同じ果実重で追熟温度が高い場合にアントシアニン含量が少ない傾向であったことについても、温度を高めたことで呼吸が活発となり容器内の CO₂ 濃度が高まったことによると推察された。よって、追熟時には CO₂ 濃度があまり高まらないように処理量や温度に注意する必要があると判断された。なお、本試験で同じ 20℃ で 8kg 入れた条件でも、果実採取日により追熟の成否に差がみられた。ウメ‘南高’果実において、熟度が進んだ果実の方が収穫後の CO₂ の発生が早く多いことが報告されており (稲葉・中村, 1981)、追熟が抑制される CO₂ 濃度に達するまでの時間の差が要因と推察された。

このようにシート状の資材で被覆し追熟する方法では、CO₂ 濃度を高めずにエチレンの漏れを小さくして追熟することが難しいと判断された。また、1 日の出荷量が数トン以上となると追熟処理に多大な労力を要することが予想されたことから、エチレン濃度や温湿度をある程度制御可能であり、フォークリフトにより出し入れできる最大 140 コンテナを処理可能なプレハブ式のエチレン処理庫を JA 紀州が新たに設置した。ただし、本処理庫を用いた最適な追熟方法は明らかでないことから、追熟条件を検討した。エチレンガス処理濃度について北村ら (2018) は 480ppm および 720ppm では 960ppm に比べて不完全着色果の発生が多くなる傾向であること、温湿度について筆者ら (2015, 2016) は温度 20~25℃ で追熟後のアントシアニン含量が多いこと、エチエン発生剤を用いた試験ではあるが、湿度 50% に比べて 90% で追熟後のアントシアニン含量が多いことを報告していることから、今回はエチレン濃度 1,000ppm、温度 20℃、湿度 85% に設定し 2 日間処理し、さらに 2 日間、温湿度のみ設定して追熟することとした。また、CO₂ 濃度の影響を考え、処理量が多い場合は 1 日 1 回換気しつつ処理することとした。

まず、1 回で処理できる最大量を把握するため、コンテナ当たりの果実量を従来の 15kg から 18kg および 20kg に増やすことが可能かを検討した。その結果、果実量を増やしても熟度に関係なく不完全着色果や腐敗果の発生に影響しないことが確認された (図 6, 7)。ただし、コンテナ重量が重いと選果台への運搬が重労働となるため、通常は 15kg で処理することとした。実際、2018 年に JA 紀州へ出荷された果実をコンテナ当たり 15kg としてプレハブ式処理庫で追熟したところ、処理庫内の量に関わらず 4 回の処理とも大半の果実を赤く色づけることが可能であり、不完全着色果および腐敗果の発生は 5% 未満と実用上問題ない程度であった (図 8)。また、見た目での判断にはなるが、収穫コンテナをビニル被覆する従来法と比べて腐敗やつぶれた果実の発生が抑えられていた。次に、他の出荷物への影響を把握するため処理庫開放直後の周辺のエチレン濃度を調査したところ、処理庫前では

742ppm と一時的に高まったが、約 15m 離れると 6ppm であり、約 30m 離れた場所や出荷物のある集荷場 1 階では検出限界以下であった（表 3）。よって、他の出荷物への影響は小さいと判断され、プレハブ式処理庫を用いた約 2 トンの‘露茜’果実を一度に追熟する技術が確立された。

さらに増産が進み出荷が集中した場合、処理庫に入りきらない可能性があるため、次に果実を冷蔵保存した後追熟できないか検討した。なお、冷蔵温度は後述する JA 紀州所有の予冷库の設定温度に合わせて 6°C として試験を行った。その結果、6°C 程度の冷蔵温度で 7 日以内の保存期間であれば、追熟後果実への影響は小さかった（図 9, 10）。なお、4 日冷蔵保存後に追熟した場合、褐変などの障害果の発生が多かったが、この要因は北村ら（2018）の報告と同様、追熟時に発生した結露によると判断された。一方、ウメ果実は 0~2°C よりも 6~8°C で著しい低温障害が発生し（岩田・緒方, 1976; 緒方・阪本, 1979）、その要因は 1°C よりも 6°C の方が強く酸化ストレスを受けることと報告されている（Imahori et al., 2008）。これらの報告と同様、‘南高’でも 6°C に保存した場合に陥没等の低温障害が多く発生することを確認している（大江ら, 2007b）。しかし、本試験の‘露茜’では低温障害は追熟後も確認されなかった。冷蔵保存期間が 7 日以内と短期間であったことによると考えられるが、スモモ‘ソルダム’の貯蔵適温が 1~5°C であることから（山口, 1993）、スモモの形質を受け継ぎ低温障害が起りにくいことも考えられるため、今後検討を要する。

低温保存後の追熟処理法を大規模で実証するため、JA 紀州へ出荷された果実を用いて、追熟庫に入りきらない果実を JA 紀州所有の予冷库（5~6°C）で冷蔵保存し次の処理機会まで繰越しながら追熟した。すると、見た目での判断になるが、冷蔵しないものと大差なく追熟後の果実は着色し、品質低下果実の量も大差がなかった。このことから、予冷库を活用することで、‘露茜’果実のさらなる増産にも対応できる追熟、供給体制が確立された。

最後に、エチレン処理方法の効率化を検討した。北村ら（2018）はコンテナとビニルを用いた方法において、被覆してエチレンを処理する期間を 1 日としても不完全着色果実の発生は少なく、追熟は可能であったと報告している。ただし、被覆期間 1 日では乾燥した果実の発生がみられ、それより長い被覆期間のものとは比べて果実重の減少率がやや多い傾向であることから、ビニル被覆しエチレンを処理する期間を 2 日間とし、その後開放してさらに 2 日間追熟させる方法が最適であるとしている。しかし、プレハブ式処理庫であれば 1 日エチレンを処理した後、温湿度のみを制御して残りの期間に乾燥しないよう制御可能と考えられる。そこで、エチレン処理を 1 日とした場合の果実品質への影響を検討した。その結果、エチレン処理終了後、果実周辺の湿度を高めた状態にしておけば不完全着色果の発生に影響せず、果実重の減少を小さくできることが明らかとなった（図 11）。よって、大規模での実証は今後必要であるものの、エチレン処理期間を 1 日として効率化を図ることが可能と判断された。なお、追熟中に湿度を高めた方が果実のアントシアニン含量が多い傾向であったが、この要因については不明であり、今後検討を要する。

以上のことから、‘露茜’果実の増産に対応した追熟体制が確立され、着色の濃い果実を食品メーカー等へ一度に多くの量を供給することが可能となった。しかし、JA 紀州に出荷された果実を追熟した場合、筆者らが行った試験よりも不完全着色果や腐敗果が多く見られた（図 6, 7, 8）。北村ら（2018）は、開発した CC 値に基づけば、CC 値 0 の果実では追熟しても不完全着色果の発生が多く、CC 値 1~3 の果実が追熟後に比較的多くのアントシアニン量となり、CC 値 1~3 で収穫することが適当としている。筆者ら（大江ら, 2016, 2017）も、CC 値 1 に該当する着色指数 10 以上となる時期に、不完全着色果の割合が大きく減少すること、逆に CC 値 4 以上に該当する着色指数 40 以上となると追熟後果実のアントシアニン量が少ない傾向であることを報告している。本研究におい

て、JA 紀州に出荷された追熟前の果実を観察すると、全く着色していない果実や全体的に赤く色づいた CC 値 4 を大幅に上回る果実の出荷が多く見られた。したがって着色の濃い果実を安定供給するためには、CC 値 1~3 を基準に果実を収穫することの重要性が改めて確認された。

追熟によりアントシアニン含量を高めた‘露茜’果実は現在多くの商品に用いられているだけでなく、2019 年からは生果としても量販店に流通されており、需要量に供給量が追いついていない状況となっている。供給量が伸びていない一因として、‘露茜’は樹勢が弱く、単位面積あたりの収量が‘南高’と比べて低いため、‘露茜’への転換や新植が思うように進んでいないことが挙げられる。これまでせん定法の開発や授粉品種の選定等が検討されてきたが（下ら，2017；竹中，2016，2018；竹中ら，2013），いっそうの産地拡大のためには今後，樹勢を維持しながらさらに多収生産が可能な整枝せん定等の栽培技術開発が必要である。

摘 要

‘露茜’の生産拡大が進み、着色促進のための追熟処理のさらなる効率化が必要となってきたことから、本試験では、一度により大量の果実を追熟するための処理方法を検討した。

1. 追熟時の CO₂ 濃度が高いと不完全着色果の発生やアントシアニン含量の減少を引き起こすことから、追熟時には CO₂ 濃度が高まらないよう処理量や温度に注意する必要がある。
2. 処理量が多い場合は 1 日 1 回換気しつつ処理することで、プレハブ式処理庫を用いた約 2 トンの‘露茜’果実を一度に追熟する技術が確立された。
3. 6°C 程度の温度で 7 日以内の保存期間であれば追熟後果実の品質への影響は小さいことから、予冷庫を活用することで‘露茜’果実のさらなる増産にも対応できる追熟、供給体制が確立された。
4. エチレン処理終了後、果実周辺の湿度を高めておけば不完全着色果の発生に影響せず、果実重の減少を小さくできることから、プレハブ式処理庫を用いる場合、エチレン処理期間を 1 日として効率化を図ることが可能と判断された。

なお本研究は、生研支援センター革新的技術開発・緊急展開事業「特長ある品種のラインアップによるウメ需要拡大と生産者の所得向上」の支援を受けて行った。

引用文献

- 赤木知裕・大崎秀介・有田 慎・三宅英伸・根来圭一・末原慎也・佐藤尚也・仲 幸彦・松川哲也・三谷隆彦. 2011. 梅果実の紅色色素に関する研究. 農化講演集: 237.
- 羽山裕子・阪本大輔・中村ゆり・榎村芳記. 2009. 硬肉タイプのモモを軟化させるための簡便なエチレン処理方法. 日食保蔵誌. 35: 235-240.
- Imahori, Y., M. Takemura and J. Bai. 2008. Chilling-induced oxidative stress and antioxidant responses in mume (*Prunus mume*) fruit during low temperature storage. *Postharvest Biol. Technol.* 49: 54-60.
- 稲葉昭次・久保康隆・中村怜之輔. 1989. 青果物の呼吸活性に及ぼすエチレンの作用力とその温度特性. 園学雑. 58: 713-718.
- 稲葉昭次・中村怜之輔. 1981. ウメ果実の樹上及び収穫後の成熟. 園学雑. 49: 601-607.
- 岩田 隆・緒方邦安. 1976. ウメ果実の貯蔵と低温障害に関する研究. (第 1 報) 貯蔵中の外観な

- らびに内的変化の一般的様相. 園学雑. 44: 422-428.
- 北村祐人・大江孝明・下 博圭・竹中正好・城村徳明・佐原重広・植田栄仁・川村 実. 2018. ウメ‘露茜’果実の大量追熟法およびそれに適した収穫時期簡易判定法の開発. 和歌山農林水研報. 6: 37-50.
- Oe, T., N. Sakurai, K. Negoro, A. Kuwabara, M. Okamuro T. Mitani and M. Hosohira. 2012. Relationships between surface blushing and qualitative components of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) ‘Nanko’ fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 81: 11-18.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2007a. ウメ‘南高’における梅酒用果実の熟度指標に関する研究. 園学研. 6: 77-83.
- 大江孝明・岡室美絵子・根来圭一・土田靖久. 2007b. ウメ‘南高’の貯蔵温度が果実品質に及ぼす影響. 園学研. 6 (別2) : 281.
- 大江孝明・竹中正好・北村祐人・根来圭一・岡室美絵子・土田靖久. 2017. アントシアニン増量のための追熟に適したウメ‘露茜’果実の収穫指標. 和歌山農林水研報. 5: 91-98.
- 大江孝明・竹中正好・根来圭一・古屋挙幸・三谷隆彦. 2015. 梅類果実の赤化方法. 特許第 5796825 号.
- 大江孝明・竹中正好・根来圭一・北村祐人・松川哲也・三谷隆彦・赤木知裕・古屋挙幸・岡室美絵子・土田靖久. 2016. ウメ‘露茜’果実の追熟条件がアントシアニンの蓄積とその他機能性成分含量に及ぼす影響. 園学研. 15: 439-444.
- 大江孝明・竹中正好・櫻井直樹・根来圭一・古屋挙幸・岡室美絵子・土田靖久. 2013. ウメ‘露茜’果実の熟度と着果条件がアントシアニンの蓄積およびその他の機能性成分含量に及ぼす影響. 園学研. 12: 411-418.
- 緒方邦安・阪本隆志. 1979. 青ウメ, トマト果実の品質保持に対する予冷時の低温ショック的效果について. 園芸学収録9集. 146-150.
- Ryugo, K. 1993. 栽培果樹の形態と機能. 果実の成長と発育. 呼吸とエチレン生成. pp. 127-130. 果樹の栽培と生理 (山木昭平ら訳). 文永堂出版. 東京.
- 下 博圭・竹中正好・北村祐人・佐原重広・川村 実. 2017. ウメ‘露茜’の安定生産のためのせん定法の確立. 和歌山農林水研報. 5: 99-105.
- 竹中正好. 2016. ウメ‘露茜’の早期多収生産および高品質果実の供給技術. pp. 61-65. 果実日本. 71. 日園連. 東京.
- 竹中正好. 2018. ウメ‘露茜’栽培と加工のポイント. 露茜. pp. 141-146. 最新農業技術果樹 vol.11. 農文協. 東京.
- 竹中正好・佐原重広・大江孝明・北村祐人. 2013. ウメ‘露茜’に適した授粉品種の選定. 園学研. 12 (別2) : 108.
- 八重垣英明・山口正己・土師 岳・末貞佑子・三宅正則・木原武士・鈴木勝征・内田 誠. 2012. ウメ新品種‘露茜’. 果樹研報. 13: 1-6.
- 山口正己. 1993. 果実の貯蔵. スモモ. pp. 329-332. 伊庭慶昭ら編著. 果樹の成熟と貯蔵. 養賢堂. 東京.
- 山口正己・八重垣英明・末貞佑子・土師 岳・三宅正則・内田 誠. 2008. ウメ新品種‘露茜’. 園学研. 7 (別1) : 299.