

# ウメ ‘南高’ 果実の収穫後の保存条件が褐変障害果発生に 及ぼす影響

大江孝明・下村友季子<sup>1</sup>・梶野高志・稲葉有里<sup>2</sup>・土田靖久・菱池政志

和歌山県果樹試験場うめ研究所

## Influences of the Postharvest Condition on Browning of Skin in Japanese Apricot ‘Nanko’ Fruit

Takaaki Oe, Yukiko Shimomura, Yuri Inaba, Takashi Kajino, Yasuhisa Tsuchida and Masashi Hishiike

*Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station*

### 緒 言

和歌山県においてウメは、産出額がミカンに次ぐ基幹品目であり、2022年の生産量は64,400tで、全国生産量の67%を占める（農林水産省，2022a）。国は食品の輸出を拡大するための施策を推進しており（農林水産省，2022b），ウメも梅酒等の加工品が輸出されてきた。加えて近年，香港や東南アジアではウメ果実を家庭で梅酒等に加工する需要が増え，和歌山県産の‘南高’青果もこれら地域に輸出されている（森口，2017）。国内では熟して黄化した果実は高品質な梅干および梅酒の原料等として利用されているが（南部川村梅加工開発センター，1987；大江ら，2012），海外では黄化した果実は劣化した果実と見なされ，商品性が低い（森口，2017）。ウメ果実の収穫期は主に6月で気温が高いため収穫後の熟度進行が早く，3~5日程度で見た目での黄化がみられるが（大江ら，2008），青果の主要な輸出先である香港への船による輸出では，収穫から販売まで2週間程度を要することから（土田ら，2016），鮮度保持技術が必要である。

ウメ果実の鮮度保持期間を延長する技術として，低温貯蔵（岩田・緒方，1976），CA貯蔵（小役丸，1997；小役丸ら，1994，1995），エチレン除去剤（浅見・田中，1990a；宮崎，1983；張ら，1991，1993），1-methylcyclopropene処理（Shi et al.，2013；塩見，2008）および包装資材（浅見・青柳，1997；浅見・田中，1990a，1990b；鈴木ら，2008）が検討されてきている。香港への輸出時の流通温度が5℃程度であることから，和歌山県のJAグループでは，これら技術のうち低温条件下で黄化防止効果の高い資材の探索を行い（森口，2017；土田ら，2016），包装資材としてオーラパック（株式会社ベルグリーンワイズ製）を選抜し使用してきた。しかし，2018年に輸出された青果の多くが褐変するという問題が発生したため（図1），現在，高コストな航空便での対応を強いられている。

低温保存した果実では障害が発生することがあり，核果類ではモモ（Girardi et al.，2005；Lurie and Crisosto，2005）お



図1 輸出時に発生した褐変障害果

<sup>1</sup> 現在：和歌山県農業生産局経営支援課

<sup>2</sup> 現在：和歌山県農林水産政策局食品流通課

よびネクタリン (Zhou et al., 2001) の woolliness (乾燥した粉っぽい食感), ニホンスモモのゲル状軟化 (Taylor et al., 1993), ウメの陥没障害 (岩田・木下, 1978; 岩田・緒方, 1976; 岩田・吉田, 1979) 等が報告されている. ウメの陥没障害は褐変を伴う場合があり, 3~8°Cで発生しやすいことから, 今回の事例でも温度条件が褐変障害果の一因と考えられたが, ほとんどの果実で陥没が認められていなかった. 一方, 主に 20~25°C保存での報告であるが, ウメにおいて低 O<sub>2</sub>濃度や高 CO<sub>2</sub>濃度が果皮または果肉の褐変を引き起こすことが報告されている (浅見・田中, 1990a; 加地ら, 1991; 小役丸ら, 1994, 1995; 宮崎, 1983; 鈴木ら, 2008).

そこで本試験では, 褐変障害の原因を明らかにし, 船での輸出再開につなげるために, 資材包装前後の温度, O<sub>2</sub>および CO<sub>2</sub>濃度等の違いと褐変障害果発生や黄化との関係を調査した.

## 材料および方法

### 1. 予冷温度および保存温度が褐変障害果発生に及ぼす影響 (試験 1)

2020年6月3日および2021年6月2日(ともに青果収穫始期)に, うめ研究所ほ場(和歌山県みなべ町)で収穫した‘南高’果実を用いた. ‘南高’青果の輸出では階級2L(約30g)および3L(約36g)が用いられているため, 2Lおよび3Lを選果機により選別し供試した. 2020年は階級2L, 2021年は階級2L:3L=3:1の割合とし, 果実は収穫日にコンテナに入れて0および5°Cで1日予冷した後, 10kgずつオーラパックで包装して段ボール箱に入れ, 0および5°Cで保存した. 以下, 予冷0°Cで保存0°Cを0-0区とし, 同様に0-5区, 5-0区, 5-5区とする. 包装10, 15および20日後に包装資材内のO<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>濃度を測定し, 直ちに開封して果実表面の結露状態, 褐変障害果発生率および黄化果実の割合を調査した. なお, O<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>濃度はO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>計(AMETEK製CheckPoint3)で測定し, 結露状態は触感で果実表面が完全に乾いている状態を0, 水滴が全面にたっぷり付いている状態を10とした結露指数で示し, 6以上を結露が多いと判断した. 褐変障害果発生率は100果を無作為に抽出し, 程度別に褐変小(果梗部にのみ小さな褐変), 褐変中(果実全体に小さな褐変または果梗部にのみ大きな褐変)および褐変大(果実全体に大きな褐変)に分類し調査した(図2). 黄化割合は, 青果として海外で販売が難しい程度の果実の割合を目視により0~10割で判断した. また, 筆者ら(大江ら, 2012)が‘南高’果実の黄化の指標となることを示した赤道部の果皮色h\*値(100以下が黄化の目安)を包装15日後のみ分光色差計(日本電色, NR11)で測定した.



褐変小 褐変中 褐変大  
図2 褐変障害果の程度別区分

### 2. 保存温度および保存後の温度上昇が褐変障害果発生に及ぼす影響 (試験 2)

2020年6月4日(青果収穫始期)にうめ研究所ほ場で収穫した‘南高’果実(階級2L:3L=9:1)を供試した. 果実は収穫日にコンテナに入れて5°Cで1日予冷した後, 10kgずつオーラパックで包装して段ボール箱に入れ, 0, 5および8°Cで保存した. 包装20日後まで5日ごとに包装資材内のO<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>濃度, 結露指数, 褐変障害果発生率並びに果皮色h\*値を試験1と同様に調査した(一部は未調査). 調査後, 全果実を再度包装して段ボール箱に入れ25°Cに移し, 24時間後にO<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>濃度, 結露指数並びに褐変障害果発生率を調査した.

### 3. CO<sub>2</sub>濃度が褐変障害果発生に及ぼす影響（試験3）

2020年6月3日（青果収穫始期）にうめ研究所ほ場で収穫した‘南高’果実（階級3L）を供試した。果実は収穫日にコンテナに入れて5°Cで1日、さらに8°Cで1日予冷した。その後、ゴム栓を取り付けた密閉容器（容量8.8L、タッパーウェア製ジャイアント）に果実を1.5kgずつ封入し、8°Cで保存した。封入する際、CO<sub>2</sub>ガスの注入量を変え、封入時の容器内のCO<sub>2</sub>濃度が4、10、14、20および37%の5区を設置した。封入12日後まで3日ごとに容器内のO<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>濃度を測定するとともに、封入12日後に開封し褐変障害果発生率を調査した。同様に、2021年6月1日（青果収穫始期）にうめ研究所内で収穫した‘南高’果実（階級2L）を供試した。収穫日にコンテナに入れて5°Cで1日予冷した後、果実を1.5kgずつ密閉容器に封入し、5°Cで保存した。封入時の容器内のCO<sub>2</sub>濃度が0、8、25、32、40および50%の6区を設置した。封入15日後まで3日ごとに容器内のO<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>濃度を測定するとともに、封入15日後に開封し褐変障害果発生率を調査した。また、封入時のCO<sub>2</sub>濃度と褐変障害果発生率および褐変大発生率との関係を調査した。

### 4. 予冷後の低温保存までの高温が褐変障害果発生に及ぼす影響（試験4）

2019年6月10日および2020年6月8日（ともに青果収穫盛期）に、うめ研究所ほ場で収穫した‘南高’果実を用いた。2019年は階級2L：3L＝1：1の割合とし、2020年は階級2Lを供試した。果実は収穫日にコンテナに入れて5°Cで1日予冷した後、10kgずつオーラパックで包装して段ボール箱に入れ、20、25および30°Cで保存した（一部35°Cでも保存し、以下20°C以上での保存を高温保存とする）。2019年は包装72時間後まで12時間おきに段ボール箱を1つ開封して障害果発生率を調査し、その後、全果実を再度包装して5°Cに移し、7日後に褐変障害果発生率を調査した。2020年は包装72時間後まで24時間おきに段ボール箱を1つ5°Cに移し、7日後に包装資材内のO<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>濃度、結露指数並びに褐変障害果発生率を試験1と同様に調査した。

## 結 果

### 1. 予冷温度および保存温度が褐変障害果発生に及ぼす影響（試験1）

包装資材内の状態について、予冷温度および保存日数に関わらず、保存温度0°Cの区は5°Cの区に比べてO<sub>2</sub>濃度が高く、CO<sub>2</sub>濃度が低かった（表1）。結露指数は保存15日および20日において、2020年は0-5区および5-0区で大きい傾向であり、2021年は0-5区が多かった。障害果発生率は予冷0°Cの区で高く、保存15日では特に0-5区で褐変大発生率が高かった（図3）。保存20日では

表1 予冷温度、保存温度および保存期間と包装資材内の状態

	予冷温度	保存温度	包装資材内O <sub>2</sub> 濃度(%)			包装資材内CO <sub>2</sub> 濃度(%)			結露指数(10段階)		
			10日後	15日後	20日後	10日後	15日後	20日後	10日後	15日後	20日後
2020年	0°C	0°C	10.6	10.4	9.7	11.9	12.5	13.9	0	0	0
		5°C	1.9	4.1	1.8	22.5	25.7	31.4	1	6	4
	5°C	0°C	9.5	9.1	9.2	12.5	15.0	16.7	0	2	8
		5°C	3.2	3.8	1.9	19.9	19.7	26.1	2	1	1
2021年	0°C	0°C	15.2	13.9	9.2	7.8	9.4	15.6	0	0	0
		5°C	4.4	6.0	7.0	16.1	24.9	25.6	0	8	7
	5°C	0°C	12.9	8.6	12.9	9.8	15.2	12.3	0	0	2
		5°C	10.1	3.4	5.2	13.2	23.3	25.4	0	0	2

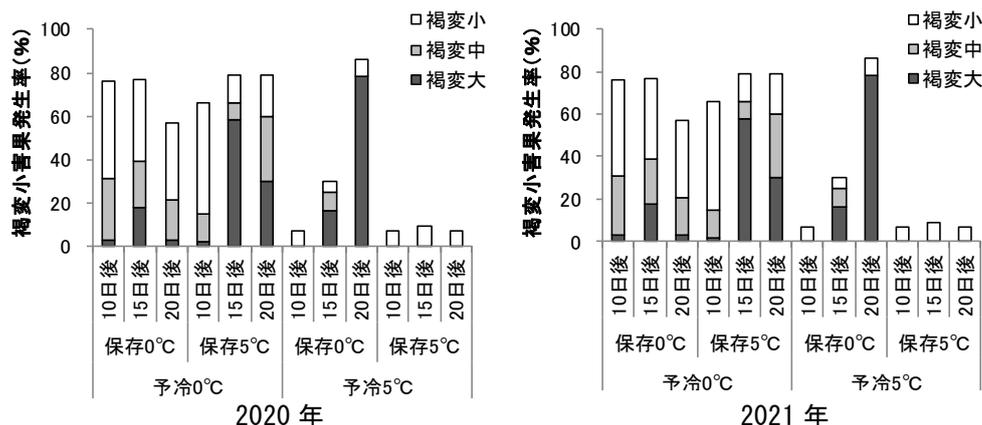


図 3 予冷温度，保存温度および保存期間と褐変障害果発生率

2020 年の 5-5 区を除いたすべての区で障害果発生率が高かった。黄化割合は各区ともほぼ 0 であった（データ省略）。保存 15 日後の果皮色 h\*値はすべての区で 104 以上であり，青果として販売可能な水準であった（表 2）。

表 2 予冷温度および保存温度と 15 日後の果皮色 h\*値

予冷温度	保存温度	果皮色 h*値	
		2020年	2021年
0°C	0°C	105.1 ± 0.5 <sup>z</sup>	105.1 ± 0.5
	5°C	105.7 ± 0.3	104.1 ± 0.5
5°C	0°C	105.7 ± 0.2	104.2 ± 0.5
	5°C	105.0 ± 0.4	105.1 ± 0.3

<sup>z</sup> 平均値 ± 標準誤差 (n=10)

2. 保存温度および保存後の温度上昇が褐変障害果発生に及ぼす影響（試験 2）

包装資材内の状態について，保存日数に関わらず 0°C は 5°C および 8°C に比べ O<sub>2</sub> 濃度が高く，CO<sub>2</sub> 濃度が低かった（表 3）。結露指数は 0°C の保存 20 日で大きかった。褐変障害果について，0°C では 15 日後より褐変大発生率が高まり，20 日後には 78% の果実が褐変大となった（図 4）。5°C および 8°C は 0°C に比べて保存 15 日以降の褐変障害果発生が少なかった。保存 15 日後の果皮色 h\*値

表 3 保存温度および保存期間と包装資材内の状態

保存温度	包装資材内 O <sub>2</sub> 濃度 (%)			包装資材内 CO <sub>2</sub> 濃度 (%)			結露指数 (10 段階)			
	10 日後	15 日後	20 日後	10 日後	15 日後	20 日後	5 日後	10 日後	15 日後	20 日後
0°C	9.5	9.1	9.2	12.5	15.0	16.7	4	0	2	8
5°C	3.2	3.8	1.9	19.9	19.7	26.1	2	2	1	1
8°C	5.0	5.6	1.3	17.6	19.1	33.9	2	0	0	0

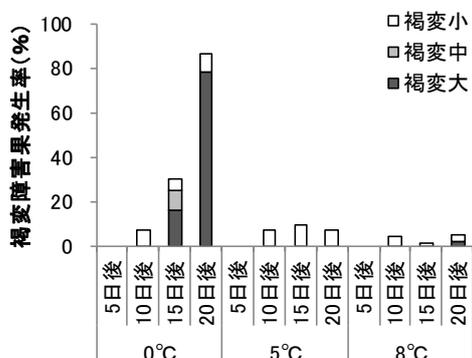


図 4 保存温度および保存期間と褐変障害果発生率

表 4 保存温度と 15 日後の果皮色 h\*値

保存温度	果皮色 h*値
0°C	105.7 ± 0.2 <sup>z</sup>
5°C	105.0 ± 0.4
8°C	104.6 ± 0.4

<sup>z</sup> 平均値 ± 標準誤差 (n=10)

表5 保存温度および保存期間とその後24時間25℃に移した場合の包装資材内の状態

保存温度	包装資材内O <sub>2</sub> 濃度(%)			包装資材内CO <sub>2</sub> 濃度(%)			結露指数(10段階)			
	10日 +25℃	15日 +25℃	20日 +25℃	10日 +25℃	15日 +25℃	20日 +25℃	5日 +25℃	10日 +25℃	15日 +25℃	20日 +25℃
0℃	1.2	0.2	- <sup>z</sup>	32.5	36.5	-	6	6	8	-
5℃	0.5	0.4	0.9	34.4	34.1	40.9	4	6	2	6
8℃	0.7	-	0.8	35.6	-	47.2	4	6	4	6

<sup>z</sup>-:未調査

は、0℃が5℃および8℃に比べて大きい傾向であった(表4)。0℃、5℃および8℃で保存後に25℃へ24時間移した場合、移す前(表3)に比べてすべての区でO<sub>2</sub>濃度が低下し、CO<sub>2</sub>濃度および結露指数が高まり(表5)、褐変障害果発生率も移す前(図4)に比べて高まる傾向であった(図5)。

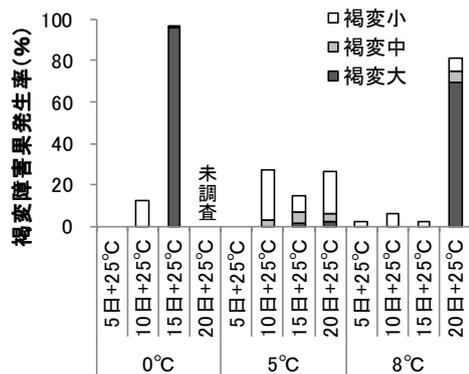


図5 保存温度および保存期間とその後24時間25℃に移した場合の褐変障害果発生率

### 3. CO<sub>2</sub>濃度が褐変障害果発生に及ぼす影響(試験3)

2020年に行った8℃保存での試験について、O<sub>2</sub>濃度は保存6日後まで封入時のCO<sub>2</sub>濃度が高い区ほど低く推移する傾向であり、各区とも6日後には0.7%以下にまで減少した(図6左)。CO<sub>2</sub>濃度は封入時の濃度が高い区ほど高く推移した(図6右)。褐変障害果および褐変大の発生率は封入時のCO<sub>2</sub>濃度が高い区ほど高い傾向であり、37%区では褐変大が44%と多く発生した(図7)。2021年に行った5℃保存での試験について、O<sub>2</sub>濃度は保存6日後まで封入時のCO<sub>2</sub>濃度が高いほど低く推移する傾向であり、各区とも9日後には1.3%以下にまで減少した(図8左)。CO<sub>2</sub>濃度は封入時の濃度が高い区ほど高く推移する傾向であった(図8右)。褐変障害果および褐変大の発生率は封入時のCO<sub>2</sub>濃度が高い区ほど高い傾向であった(図9)。果実封入時のCO<sub>2</sub>濃度は、保存15日後の褐変障害果発生率(図10左)および褐変大発生率(図10右)との間に強い正の相関関係が認められた。

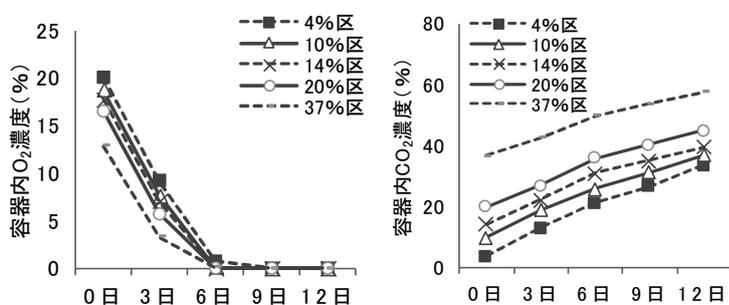


図6 果実封入時の容器内のCO<sub>2</sub>濃度の違いとその後0<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>濃度の推移(8℃保存)

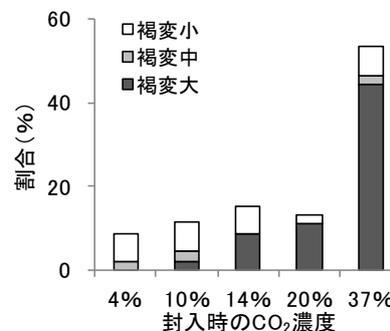


図7 果実封入時の容器内のCO<sub>2</sub>濃度の違いと保存12日後の褐変障害果発生率(8℃保存)

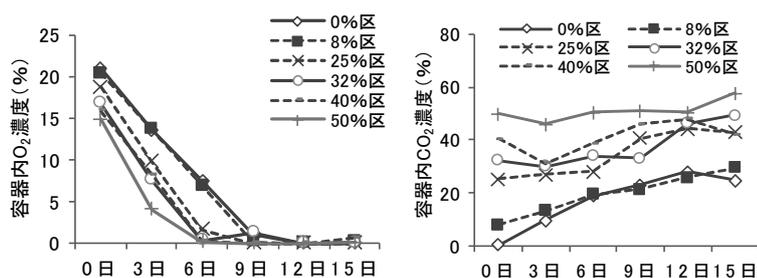


図 8 果実封入時の容器内の CO<sub>2</sub> 濃度の違いとその後の O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 濃度の推移 (5°C 保存)

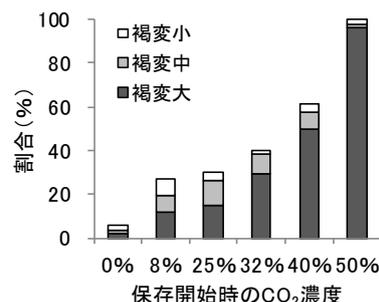


図 9 果実封入時の容器内の CO<sub>2</sub> 濃度の違いと保存 15 日後の褐変障害果発生率 (5°C 保存)

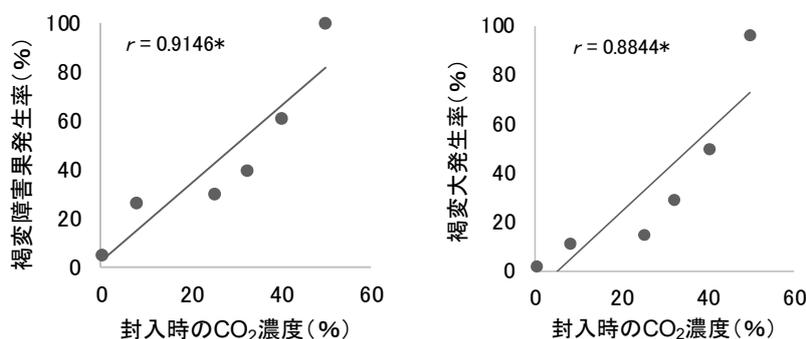


図 10 果実封入時の容器内の CO<sub>2</sub> 濃度と保存 15 日後の褐変障害果発生との関係 (5°C 保存)

注) \*は 5%水準で有意であることを示す (n=6)

#### 4. 予冷後の低温保存までの高温が褐変障害果発生に及ぼす影響 (試験 4)

2019 年の高温保存直後について、褐変障害果は 20°C および 25°C では 72 時間後までほとんど発生せず、30°C でも 36 時間後まではほとんど発生しなかった (図 11 左)。なお、35°C では 24 時間後には全果実で全面が褐変した (データ省略)。その後再度包装して 5°C に 7 日間おくと、高温保存した時間が長いほど、褐変障害発生率が高い傾向であった (図 11 右)。2020 年の包装資材内の状態について、予冷後に高温保存しない場合に比べて、高温保存温度および日数に関わらず CO<sub>2</sub> 濃度および結露指数が高まる傾向であり、結露指数は特に 30°C で大きかった (表 6)。同じ温度では

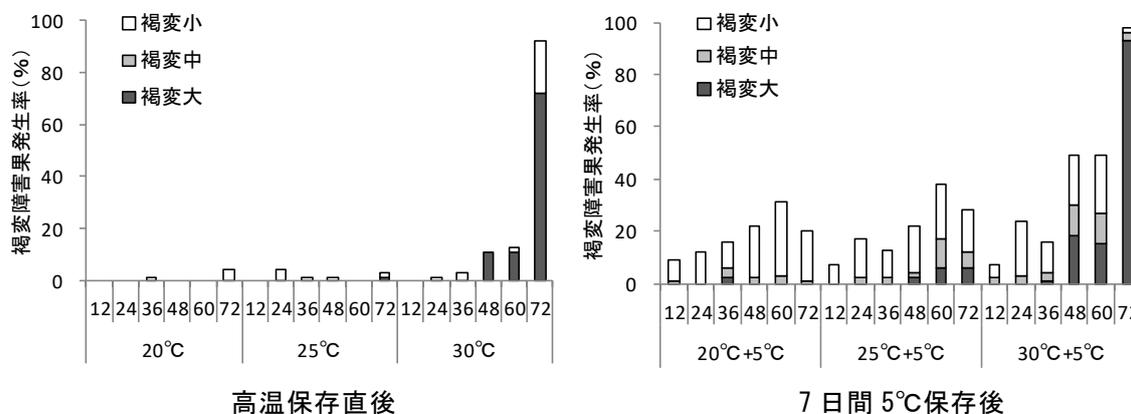


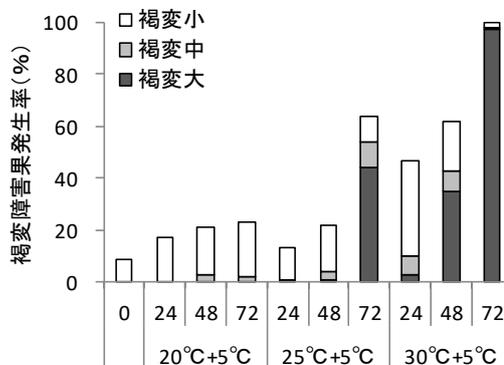
図 11 予冷後の高温保存温度および時間の違いと保存直後およびその後 7 日間 5°C に保存した場合の褐変障害果発生率 (2019 年)

注) 横軸の数字は保存時間を示す

高温保存した時間が長いほど褐変障害果発生率が高く、褐変程度が大きい傾向であった（図 12）。高温保存時間が同じ場合、温度が高いほど褐変障害果発生率が高く、障害程度が大きい傾向であった。

**表 6** 予冷後の高温保存温度および時間の違いとその後 7 日間 5°C に保存した場合の包装資材内の状態（2020 年）

保存温度	高温保存時間	包装資材内濃度(%)		結露指数 (10段階)
		O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	
	0	5.4	16.5	2
20°C	24	2.5	23.0	4
+5°C	48	4.9	21.0	4
	72	6.2	21.6	2
25°C	24	2.9	21.1	4
+5°C	48	4.6	21.9	4
	72	5.4	23.3	8
30°C	24	3.4	22.8	6
+5°C	48	3.3	25.6	6
	72	9.9	20.3	10



**図 12** 予冷後の高温保存温度および時間の違いとその後 7 日間 5°C に保存した場合の褐変障害果発生率（2020 年）  
注）横軸の数字は高温保存時間を示す

## 考 察

ウメ青果の船での輸出では、他の作物とコンテナ内に混載して 5°C 程度の低温で輸送される。このため、和歌山県では JA グループを中心に、‘南高’において低温条件下で黄化防止効果の高い包装資材を検討し、オーラパックが選抜されて使用されてきた（森口，2017；土田ら，2016）。しかし、輸出開始 4 年目である 2018 年に多くの果実が褐変するという問題が発生したことから（図 1），JA グループからの要望を受け、褐変障害の要因を明らかにしようとした。

まず、オーラパック包装前の予冷温度および包装後の保存温度と褐変障害果発生や黄化との関係を調査した。なお、予冷期間は実態に合わせて 1 日とした。その結果、予冷温度または保存温度が 0°C の場合は、それらが 5°C の場合に比べて褐変障害果発生が多いことが明らかとなった（図 3）。オーラパック包装した場合、森口（2017）は 3°C で保存すると 14 日後に褐変障害果が多く発生したと報告している。筆者らは 5°C で予冷し 1°C で保存した場合も褐変障害果が多く発生することを確認している（データ省略）。よって、0~3°C で保存することは褐変障害果の発生を高めるものと判断された。また、予冷期間の 1 日のみ 0°C においても 5°C 保存で褐変障害果発生が多かったが（図 3），予冷および保存ともに 5°C の場合に比べて結露指数が大きかったことから（表 1），後述する果実表面の結露が褐変障害の一因と推察された。果皮の黄化については、予冷および保存温度に関わらず黄化割合はほぼ 0 であり、保存 15 日後の果皮色 h\* 値も 104 以上と（表 2），青果として販売可能な緑色を維持していた。

一方、ウメ果実の低温貯蔵では陥没障害や陥没を伴った褐変障害が発生することが知られており、3~8°C で発生しやすいことが報告されている（岩田・緒方，1976；岩田・木下，1978；緒方・阪本，1979）。0°C および 5°C で行った本試験において、陥没障害の発生は少なかった（データ省略）。田中（2000）はウメ‘十郎’について、5°C であっても湿度 95% の高温条件下であれば果実重の減少

が小さく、陥没障害が認められないことから、陥没障害抑制には水分損失を防ぐことが重要としている。本試験で包装資材内の湿度をいくつか測定したところ、包装直後より 95%以上で推移していたことから（データ省略）、資材内部の湿度が高いため陥没果の発生が少なかったと考えられた。

次に、予冷温度 5°C の条件で保存温度との関係をさらに調査した。その結果、5°C および 8°C の保存では褐変障害果発生が少なく、5°C と 8°C で大差がなかった（図 4）。また、保存 15 日後の果皮色  $h^*$  値は、5°C および 8°C が 0°C に比べて小さい傾向であったものの 104 以上であり（表 4）、青果として販売可能な緑色を維持していた。森口（2017）は実際のウメ輸出において、船内の温度低下には時間を要し、設定温度よりもやや高い温度で推移したと報告しているが、5°C の設定温度より高く推移しても 8°C 以下であれば問題ないと考えられた。一方、低温保存後にオーラパック包装の状態では 25°C に 24 時間おくと褐変障害果発生が多くなる傾向であった（図 5）。よって、包装資材を用いた輸出では、一貫した低温管理（5~8°C）が重要と判断された。

上記の低温から 25°C に移して褐変障害果発生が多くなった際、大きく  $O_2$  濃度が低下し、 $CO_2$  濃度が上昇していた（表 3, 5）。ウメにおいて 20~25°C 保存の場合、 $O_2$  濃度 2~3% 条件下では、 $CO_2$  濃度 10% 以上の条件で果皮や果肉の褐変が生じることが報告されている（浅見・田中, 1990a; 加地ら, 1991）。また、 $O_2$  濃度 3% および  $CO_2$  濃度 8% の条件でも保存 27 日目に小さな褐変が多数発生することが報告されている（加地ら, 1991）。さらに、 $O_2$  濃度が 2% 以下では嫌気呼吸が増加し、縫合線に沿った褐変障害が発生すること（小役丸ら, 1994, 小役丸ら, 1995）、0.5% 以下では果肉褐変が生じること（宮崎, 1983）が報告されている。鈴木ら（2008）は 20°C 保存条件で包装資材を検討した際、 $O_2$  濃度 1% 以下で  $CO_2$  濃度 20% 以上となる資材では果皮の褐変障害が多発したことを報告している。これらは 20~25°C 付近での結果であるが、低温条件でも褐変障害に  $O_2$  および  $CO_2$  濃度が関与すると予想されたため、次に容器内の  $CO_2$  濃度を変えて低温保存し、容器内の  $O_2$  および  $CO_2$  濃度並びに褐変障害果発生との関係を調査した。その結果、果実封入時の  $CO_2$  濃度が高いほどその後の  $CO_2$  濃度が高く推移する傾向であり（図 6, 8）、褐変障害果発生が多くなる傾向が認められた（図 7, 9）。一方、 $O_2$  濃度は果実封入時の濃度に関わらず、8°C 保存では 6 日、5°C 保存では 9 日までに 1.3% 以下に低下していた（図 6, 8）。また、果実封入時の  $CO_2$  濃度と褐変障害果発生率および褐変大発生率との間に強い正の相関関係が認められたことから（図 10）、褐変障害果発生には果実周辺の  $CO_2$  濃度が大きく関与すると判断された。なお、先述の 20~25°C での報告では、 $CO_2$  濃度が 20% 以上で褐変障害果が多く発生し、箴島ら（1987）も 20°C において障害果が急激に増加する  $CO_2$  濃度は 20% であると報告しているが、本試験では 30% 以上の条件で特に多く発生していた（図 7, 9）。また、予冷温度または保存温度を変えて行った試験 1, 2, 4 において、 $CO_2$  濃度が 25% 以上の場合、多くで褐変大と中の合計が 40% 以上であり、 $CO_2$  濃度と褐変障害との関係が認められた（表 1, 図 3, 表 3, 図 4, 表 6, 図 12）。 $CO_2$  濃度が 25% 未満で褐変大と中の合計が 40% 以上の場合は、すべてで結露指数が 8 以上であった。北野ら（1984）は、予冷後に水滴が付着したまま果実をポリエチレン袋に入れ常温におくと果皮に褐変が生じたと報告していることから、褐変障害には結露も関与すると判断された。ただし、 $CO_2$  濃度が 25% 以上であっても褐変障害発生が少ない場合や、 $CO_2$  濃度や結露が少なくても褐変障害発生が比較的多い場合がみられることから、他の要因についても今後検討する必要がある。

最後に、予冷した果実を包装後、低温保存するまでの高温遭遇時間が褐変障害果発生に及ぼす影響について検討したところ、同じ温度では遭遇時間が長いほど、同じ遭遇時間では温度が高いほど褐変障害果発生率が高く、褐変程度が大きい傾向であった（図 11, 12）。ウメでは保存温度が高い

ほど呼吸量が増加することから（乙黒ら，1994），果実からのCO<sub>2</sub>排出量に応じて褐変障害果が増加したと考えられた．よって，包装後はできるだけ温度を高めず，早めに低温保存することが重要と判断された．

本試験で‘南高’の低温輸送時の褐変障害発生にはCO<sub>2</sub>濃度が大きく関係することが明らかとなった．実際のウメの輸出において，褐変障害果発生の有無は年により異なっていたことから，オーラパックのガス透過性は障害が発生するかどうかの境目付近であると考えられる．岩田・吉田（1979）は‘白加賀’において，厚さ0.03mmポリエチレン包装し0°Cおよび5°Cで保存すると低温障害を防止でき，0°Cでは2ヵ月以上障害が発生しないこと，5°Cでも褐変障害果発生が少なかったと報告している．浅見・青柳（1997）は‘長束’において，22~24°Cの室温条件では，酸素透過性が15,000mL・m<sup>-2</sup>・atm・24hr程度の微細孔フィルムが適していることを報告している．今後，船での輸出を再開するためには，‘南高’において褐変障害果発生が少なく黄化防止効果を有する資材の探索が必要である．一方，カキにおいて，CO<sub>2</sub>吸着剤による鮮度保持効果が報告されており（鈴木ら，2021），CO<sub>2</sub>による褐変障害が明らかとなったウメにおいても有効である可能性があり，今後検討する必要がある．また，ウメ（後藤ら，1986；後藤ら，1988；岩田・木下，1978；緒方・阪本，1979），モモ（福田ら，2015）およびリンゴ（王ら，1990）の低温障害発生程度は，収穫熟度，大きさおよび品種に影響を受けることが報告されている．よって，褐変障害果発生についてもこのような違いが予想されることから，褐変障害果の発生が少ない収穫熟度，大きさおよび品種を検討する必要がある．

## 摘 要

本試験では，褐変障害の原因を明らかにし，船での輸出再開につなげるために，資材包装前後の温度，O<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>濃度等の違いと褐変障害果発生や黄化との関係を調査した．

- 1) 予冷温度，保存温度ともに0°Cでは褐変障害果発生が多かった．
- 2) 包装状態では1日の温度上昇で褐変障害果が多くなったことから，包装時は一貫した低温管理が重要と判断された．
- 3) CO<sub>2</sub>濃度が高いほど褐変障害果の発生が多くなる傾向が認められ，褐変障害果発生にCO<sub>2</sub>濃度が大きく関与すると判断された．また，結露も関与すると判断された．
- 4) 包装後，低温保存するまでの温度が高く，日数が長くなるほど褐変障害果発生が多くなるため，包装後はできるだけ温度を高めず，早めに低温保存することが重要と判断された．

包装資材をご提供いただいた株式会社ケイネット，紀南農業協同組合に深く感謝の意を表す．

## 引用文献

- 浅見逸夫・青柳光昭. 1997. 青ウメの高品質出荷技術に関する研究（第3報）．微細孔フィルム小袋包装による鮮度保持. 愛知農総試研報. 29: 231-237.
- 浅見逸夫・田中喜久. 1990a. 青ウメの高品質出荷技術に関する研究（第1報）．環境ガス組成が鮮度に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 22: 259-265.
- 浅見逸夫・田中喜久. 1990b. 青ウメの高品質出荷技術に関する研究（第2報）．種々の出荷用包装資材が鮮度に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 22: 267-274.

- 福田文夫・荒木克也・永易美咲・藤本黎・森永邦久・志水基修・岡村憲一・長谷川圭則・中野龍平. 2015. 0°C付近で貯蔵したモモ 3 品種における品質と低温障害発生の品種間差異. 園学研. 14 (別 1) : 235.
- Girardi, C. L., A. R. Corrent, L. Lucchetta, M. R. Zanuzo, T. S. da Costa, A. Brackmann, R. M. Twyman, F. R. Nora, L. Nora, J. A. Silva and C. V. Rombaldi. 2005. Effect of ethylene, intermittent warning and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripá) during cold storage. *Postharvest Biol. Technol.* 38: 25-33.
- 後藤昌弘・南出隆久・岩田隆. 1986. ウメ果実の収穫熟度及び品種による低温障害感受性並びに低温ショック効果の差異. *食品と低温.* 12: 17-24.
- 後藤昌弘・南出隆久・岩田隆. 1988. ウメ果実の収穫熟度による低温障害感受性の差異とリン脂質成分及び膜透過性との関連について. *園学雑.* 56: 479-485.
- 岩田隆・木下光子. 1978. ウメ果実の貯蔵と低温障害に関する研究. (第 2 報) 低温障害と貯蔵温度, 品種, 熟度との関係ならびにポリエチレン包装の障害防止効果. *園学雑.* 47: 97-104.
- 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.
- 岩田隆・吉田匡央. 1979. ウメ果実の低温障害とその防止. *園学研究集録.* 9: 135-140.
- 加地浩章・池辺哲朗・箴島豊. 1991. 青梅の貯蔵性に及ぼす環境ガス組成の影響. *日食工雑.* 38: 797-803.
- 北野欣信・小川正毅・角田秀孝・前阪和夫・山下重良. 1984. ウメ果実の予冷法に関する研究. *和歌山果樹園試研報.* 8: 10-21.
- 小役丸孝俊. 1997. CA 条件下での青ウメ果実の呼吸生理に及ぼすエチレン除去剤と貯蔵温度の影響. *園学雑.* 66 : 409-418.
- 小役丸孝俊・安達憲司・二田和宏・迫田直一・小田圭昭. 1994. 常温での CA 貯蔵条件下における青ウメ果実の生理と品質変化. *園学雑.* 62: 877-887.
- 小役丸孝俊・塔田和宏・小野嘉則・迫田直一. 1995. 常温での種々の CA 条件下における 4 品種の青ウメ果実の呼吸生理. *園学雑.* 64: 639-648.
- Lurie, S. and C. H. Crisosto. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biol. Technol.* 195-208.
- 南部川村梅加工開発センター. 1987. 梅加工 (梅干) に関する試験並びに実態調査成績第 1 号. 1-3.
- 宮崎丈史. 1983. 青ウメの鮮度保持に及ぼす包装とエチレン除去の効果. *園学雑.* 52: 85-92.
- 森口仁文. 2017. 青梅香港輸出の取り組みと輸送試験・貯蔵試験の結果について. *和歌山の果樹.* 5 月号: 42-46.
- 農林水産省. 2022a. 令和 4 年産びわ, おうとう, うめの結果樹面積, 収穫量及び出荷量. 作物統計調査. <[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou\\_kazyu/index.html#y5](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kazyu/index.html#y5)>
- 農林水産省. 2022b. 政府の輸出促進政策. 政府の取り組み. <[https://www.maff.go.jp/j/shokusan/export/e\\_kyouka\\_senryaku/h28\\_senryaku.html](https://www.maff.go.jp/j/shokusan/export/e_kyouka_senryaku/h28_senryaku.html)>
- 大江孝明・岡室美絵子・根来圭一・土田靖久・細平正人. 2008. 異なる熟度で収穫したウメ '南高' 果実の追熟期間が果実および梅酒の品質に及ぼす影響. *園学研.* 7: 299-303.
- 大江孝明・櫻井直樹・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・岡室美絵子・細平正人. 2012. 高い芳香成分を有する梅酒製造のためのウメ '南高' 果実の熟度指標. *園学研.* 11: 515-521.

- 緒方邦安・阪本隆志. 1976. 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.
- 箴島豊・和田浩二・伊東裕子. 1987. ウメ及びカボスの品質保持に及ぼすエチレン・アセトアルデヒド除去剤とフィルム密封包装の効果. 園学雑. 55: 524-530.
- 乙黒親男・小宮山美弘・金子憲太郎. 1994. 小ウメ‘甲州小梅’果実の生理特性と成分に及ぼす収穫時期および貯蔵温度の影響. 日食保蔵誌. 20: 73-79.
- Shi, T., Z. Li, Z. Zhang, C. Zhang and Z. Gao. 2013. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on antioxidant enzymes of postharvest Japanese apricot. African J. Biotech. 12: 689-694.
- 塩見慎二郎. 2008. ウメ果実の追熟に及ぼす 1-メチルシクロプロペンの影響. ぐらしき作陽大紀要. 41: 97-105.
- 鈴木芳孝・宮崎清宏・鶴永陽子・石川豊・今堀義洋. 2008. パーシャルシール包装による青ウメの鮮度保持技術. 日食保蔵誌. 34: 71-74.
- 鈴木哲也・新川猛・杉浦真由・櫻井直樹・中野浩平. 2021. 二酸化炭素吸着剤を同封したポリエチレン包装によるカキ‘太秋’果実の長期貯蔵. 園学研. 10: 421-427.
- 田中敬一. 2000. 果実の収穫後生理と冷温高湿貯蔵. 日食保蔵誌. 26: 167-172.
- Taylor, M. A., G. Jacobs, E. Rabe and M. C. Dodd. 1993. Physiological factors associated with overripeness, internal breakdown and gel breakdown in plums stored at low temperature. J. Hort. Sci. 68: 825-830.
- 土田靖久・廣畑佳和・榎本雄司・下岡三穂・廣畑賢一. 2016. ウメ‘南高’果実の香港への輸送中における品質変化. 和歌山農林水研報. 4: 77-84.
- 王洪剛・弦間洋・大垣智昭・黒川円. 1990. リンゴ‘千秋’果実の収穫熟度による低温障害感受性, 呼吸活性並びにエチレン生成の差異. 園学雑. 59: 163-169.
- 張世明・茶珍和雄・岩田隆. 1991. 青ウメの常温貯蔵におけるエチレン除去剤とポリエチレン密封包装の影響. 園学雑. 60: 183-190.
- 張世明・茶珍和雄・上田悦範・岩田隆. 1993. 収穫後の青ウメのペクチン質の変化に及ぼす包装とエチレン除去の影響. 日食工. 40: 163-169.
- Zhou, H. W., L. Dong, R. Ben-Ariea and S. Lurie. 2001. The role of ethylene in the prevention of chilling injury in nectarines. J. Plant Physiol. 158: 55-61.