

ぶしゅかん・直七の青玉果長期貯蔵技術の開発

山岡尚幹・青木こずえ・福井博一*

Development of long term storage technology for green fruit of Busyukan and
Naoshichi

Naoki YAMAOKA, Kozue AOKI and Hirokazu FUKUI*

要 約

ぶしゅかん(餅柚)・直七(田熊スダチ)の未成熟な緑色果(以下, 青玉果)は着色しやすいため, 長期貯蔵技術の開発は青玉果の販路拡大における重要な課題となっている. そこで, ぶしゅかん・直七の最適な貯蔵条件を検討した. その結果, いずれも収穫時期は後期のやや緑色が抜けた頃で, 新聞紙を敷いたポリエチレン袋内に, ぶしゅかんでは果実約 1kg を入れ, 鮮度保持剤クリスパー-HF4 を 1 個同封し, 5℃から 2℃まで 5 日ごとに 1℃下げ以降 2℃で貯蔵する方法が, 直七では果実約 2kg を果実重量 5% 予措後に入れ, 8℃から 2℃まで 5 日ごとに 1℃下げ以降 2℃で貯蔵する方法が緑色を保ち果皮障害を軽減させ, 約 3 か月後までの外観の商品価値の保持を可能にすることが明らかとなった.

キーワード: ぶしゅかん, 直七, 青玉果, 低温貯蔵, 果皮色, 果皮障害, 予措, 低温順化, 鮮度保持剤

はじめに

高知県四万十市では餅柚をぶしゅかん(*Citrus inflata* Hort. ex Tanaka), 宿毛市では田熊スダチ(*Citrus takuma-sudachi* Hort. ex Tanaka)を直七と称し, 各地域で両カンキツの産地づくりに取り組んでいる⁵⁾. ぶしゅかんおよび直七は共にスダチ(*Citrus sudachi* Hort. ex Shirai)やカボス(*Citrus sphaerocarpa* Hort. ex Tanaka)等のような香酸カンキツであり, 青玉果の状態で果汁の香りや酸味を楽しむものとして, 料理や加工品に利用されている. そのため, いずれも搾汁販売が主であるが, ぶしゅかんは 2020 年度から青玉果の販路拡大に取り組んでおり, 直七も本格的な青玉果販売を計画している.

このような中, ぶしゅかんは 8 月中旬から, 直七は 9 月下旬から収穫が始まるが, 収穫期間が 1 か月前後と短く, 収穫適期を過ぎると果皮の黄化が進行し, 香酸カンキツとしての風味を損なうため, 収穫適期を逃さないことが重要となる. 更に, 収穫後も短期間で黄化が進行することから, 青玉果のままで長期貯蔵でき

る技術の開発は産地の重要な課題となっている.

香酸カンキツの青玉貯蔵については, スダチ, カボス, 長門ユズキチ(*Citrus nagato-yuzukichi* Hort. ex Y. Tanaka)等で低温でのポリエチレン袋包装貯蔵の有効性が明らかにされている^{1, 2, 4)}が, 最適な貯蔵条件は同じ香酸カンキツでも種類により異なると考えられる. そこで, ぶしゅかんおよび直七の本格的な青玉果販売に向けた長期貯蔵技術の確立を目指し, 既存のスダチ等の研究事例を参考に貯蔵条件を検討したので, その概要について報告する.

本研究を実施するにあたっては, 四万十ぶしゅかん生産者組合, 四万十ぶしゅかん株式会社, 直七生産株式会社および高知県幡多農業振興センターから多大な協力を賜った. 深く感謝の意を表する.

材料および方法

2022 年に高知県農業技術センター内のインキュベーターを, 2023 年には同インキュベーターおよび予冷庫を用いて貯蔵条件を検討した. 四万十市のぶしゅ

* 現高知県中央西農業振興センター高知農業改良普及所
2026 年 6 月 2 日受理

かん、宿毛市の直七を時期をずらして2回収穫し、収穫した翌日(予措区は2~3日後)に湿度調整用に新聞紙を敷いた厚さ0.03mmのポリエチレン袋内に果実を入れ、袋の口を結び閉じる際になるべく空気が入らないように密閉後、2℃または5℃に設定したインキュベーターおよび予冷库で貯蔵した。袋は、各区ぶしゅかんは4袋、直七は3袋ずつ用意し、毎月1袋ずつ開封して調査した。

本試験では、貯蔵前の予措、インキュベーターまたは予冷库の温度を徐々に低下させる低温順化、貯蔵袋内への鮮度保持剤の同封および封入果実量の違いについて検討した。

1. 試験区の設定

1) ぶしゅかん

(1) 2022年度の試験

収穫日は2022年8月24日(1回目)および9月7日(2回目)とし、ポリエチレン袋に1袋あたり約1kgとなるように、収穫1回目が16個、収穫2回目が14個の果実を封入した。温度を2℃および5℃に設定したインキュベーターで貯蔵することを基本の処理とし以下の区を設けた。2℃または5℃恒温区:貯蔵温度を一定とした区。2℃または5℃予措区:室温28℃に設定し遮光した室内で収穫日から1~2日間机上に並べ、果実の重量を平均約5%減量させた区。8→2℃区または8→5℃区:インキュベーターの温度を8℃から5日ごとに1℃下げ、貯蔵31日目以降は2℃とした区および貯蔵16日目以降は5℃とした区。予措8→2℃区または予措8→5℃区:予措に上記の低温順化を加えた区。2℃または5℃鮮度保持剤同封区:貯蔵袋内に鮮度保持剤を1個同封し、そのまま開封調査まで交換しない区。2℃または5℃鮮度保持剤交換区:約1か月に1度貯蔵袋を開封し鮮度保持剤を新しく交換する区とした。鮮度保持剤には‘クリスパーHF4’(大江化学工業(株)、エチレングスおよびアセトアルデヒドガス除去作用あり、以下k)を用いた。

(2) 2023年度の試験

収穫日は2023年8月28日(1回目)および9月12日(2回目)とした。前年度の試験で結果が最良であった方法に準じ、0.03mm×410mm×280mmのポリエチレン袋に1袋あたり約1kgの果実(13個)とkを1kgあたり1個同封し、貯蔵温度は2℃とすることを基本の

処理とし以下の区を設けた。対照区:基本の処理を行った区。k5倍区:同封するkを5個とした区。5→2℃区:インキュベーターの温度を5℃から5日ごとに1℃下げ、貯蔵16日目以降は2℃とした区。2kg区:約2kgとなるように26個封入した区。大袋区:0.03mm×900mm×900mmのポリエチレン大袋にコンテナ一杯になるように約250個(約18.5kg)封入した区とした。

2) 直七

(1) 2022年度の試験

収穫日は2022年9月20日(1回目)および9月28日(2回目)とし、ポリエチレン袋に1袋あたり約1kgとなるように、10個の果実を封入した。試験区は2022年度のぶしゅかんの試験と同様とした。

(2) 2023年度の試験

収穫日は2023年9月21日(1回目)および10月3日(2回目)とした。前年度の試験で結果が最良であった方法に準じ、予措率を平均約5%とし、0.03mm×410mm×280mmのポリエチレン袋に1袋あたり約1kgの果実(10個)を入れ貯蔵温度は8℃から5日ごとに1℃下げ、貯蔵31日目以降は2℃で貯蔵することを基本の処理とし以下の区を設けた。対照区:基本の処理を行った区。2.5%予措区:果実の重量を平均約2.5%減量させた区。5→2℃区:インキュベーターの温度を5℃から5日ごとに1℃下げ、貯蔵16日目以降は2℃とした区。2kg区:約2kgとなるように20個封入した区。大袋区:0.03mm×900mm×900mmのポリエチレン大袋にコンテナ一杯になるように約200個(約20kg)封入した区。ぶしゅかんおよび直七共にコンテナはユリの球根貯蔵用(外寸600mm×400mm×200mm)を用いた。各試験区の貯蔵方法の概要については表1のとおり。

2. 調査方法

品質調査は貯蔵後約1か月毎にぶしゅかんは4か月後、直七は3か月後まで行った。袋内の酸素、二酸化炭素およびエチレングス(以下O₂、CO₂およびC₂H₄)濃度を測定後、1袋ずつ開封して、果皮色および果皮障害を調査した後、搾汁率、糖度および酸度を測定した。果皮色は各果実の赤道面3か所を、分光測色計(コニカミノルタ社製CM-700d)で測定し、L*値、a*値、b*値から黄化度=L*×b*÷|a*|を算出した。この場合、値が大きいほど黄色であることを示す(写真1)。果皮

障害は障害発生の有無を目視で調査し、果実全体に占める障害面積割合で6段階の指数(0=障害なし, 1=黒点症状, 2=障害割合10%未満, 3=同10%以上25%未満, 4=同25%以上50%未満, 5=同50%以上(写真2), 1以下を商品価値があるとした)で分類し、障害発生日を求めた。搾汁率はハンドジュースャーで絞り得られた果汁量から求め、搾汁液を用いて、糖度(Brix 値)は屈折糖度計(ATAGO 社製 PAL-1)で、クエン酸含量は中

和滴定で求めた。一方、ぶしゅかんは貯蔵3か月および4か月後調査終了後に、直七は貯蔵2か月および3か月後調査終了後に残った果実を用いて日持ち調査を行った。日持ち調査では、全ての区の果実を更に10℃に設定したインキュベーターで1週間保管し、果皮色、果皮障害、糖度および酸度を測定した。なお、調査項目によっては、調査時に腐敗等が発生したものは測定対象から除いた。

表1 ぶしゅかん・直七の各試験区の貯蔵方法の概要(2022年度, 2023年度)

		試験区	予措	封入 果実量 (kg)	鮮度保持剤 (個)	貯蔵温度
2022年度	ぶしゅかん・ 直七	2℃または5℃恒温区	なし	1	0	2℃または5℃一定で貯蔵
		2℃または5℃予措区	5%減量	1	0	同上
		8→2℃または5℃区	なし	1	0	8℃から2℃または5℃まで5日ごとに1℃下げ、以降2℃または5℃一定で貯蔵
		予措8→2℃または5℃区	5%減量	1	0	同上
		2℃または5℃k同封区	なし	1	1	2℃または5℃一定で貯蔵
		2℃または5℃k交換区	なし	1	1(月に1回交換)	同上
2023年度	ぶしゅかん	対照区	なし	1	1	2℃一定で貯蔵
		k5倍区	なし	1	5	同上
		5→2℃区	なし	1	1	5℃から2℃まで5日ごとに1℃下げ、以降2℃一定で貯蔵
		2kg区	なし	2	2	2℃一定で貯蔵
		大袋区	なし	18.5	18	同上
	直七	対照区	5%減量	1	0	8℃から2℃まで5日ごとに1℃下げ、以降2℃一定で貯蔵
		2.5予措区	2.5%減量	1	0	同上
		5→2℃区	5%減量	1	0	5℃から2℃まで5日ごとに1℃下げ、以降2℃一定で貯蔵
		2kg区	5%減量	2	0	8℃から2℃まで5日ごとに1℃下げ、以降2℃一定で貯蔵
		大袋区	5%減量	20	0	同上

注1) 予措は、果実を室温28℃に設定し遮光した室内に収穫日から1～2日間机上に並べ、果実重量が目的の減量率となるまで乾燥させた

2) 鮮度保持剤(k)にはクリスパーHF4[大江化学工業(株)、エチレンガスおよびアセトアルデヒドガス除去作用あり]を用いた

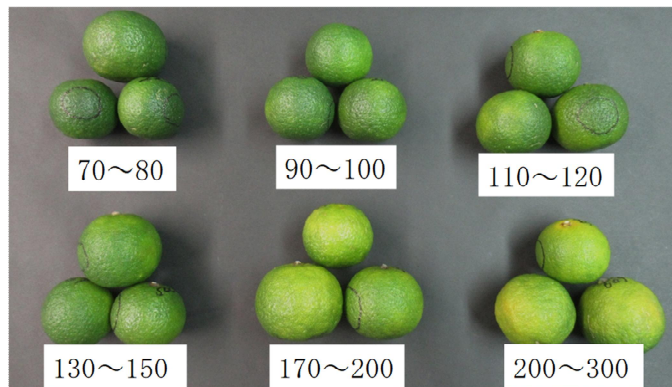


写真1 ぶしゅかんの黄化程度とその指標値



写真2 ぶしゅかんの障害程度と発生指数

結果

1. ぶしゅかん

1) 果皮色の黄化度

2022年度の試験においては、2℃での貯蔵の方が5℃での貯蔵より緑色を保持した期間が長く、予措および8℃からの低温順化またはそれらを組み合わせた

区で黄化が促進された。2023年度の試験においては、対照に比べ5℃からの低温順化による黄化の促進は確認できなかった。封入果実量については、2023年度の試験において、1kgを封入した区では貯蔵が進むにつれて黄化が進む傾向にあったが、2kg区および大袋区では、黄化の進行が遅い傾向にあった(図1)。

2) 果皮障害

2022年度の試験において、2℃恒温区では障害の進行が早かったのに対し、予措、低温順化およびk同封の各処理を加えたその他の2℃での貯蔵では障害の進行は遅く、貯蔵3か月後まで全ての区で障害発生度が1以下となった。kの交換の有無による果皮障害の程度の差は認められなかった。また、収穫時の黄化度が大きかった方（2022年度は収穫2回目、2023年度は収穫1回目）が障害の進行が抑えられる傾向にあった。封入果実量については、2023年度の試験において、1kgまたは2kgを封入した区では貯蔵3か月後まで障害発生度が1以下となったが、2kgを封入した区では1kgを封入した区より貯蔵4か月後の障害が大きかった。大袋区では、収穫1回目は貯蔵2か月後、収穫2回目は貯蔵1か月後までほぼ全ての果実の商品価値が保たれたが、それぞれその1月後の調査時には、障害が著しく進行した（表2、図2）。

3) 搾汁率

2kg区および大袋区では貯蔵2か月後で、1kgを封入した区では両年ともに貯蔵3か月後で低下した（図3）。

4) 糖度

両年ともに貯蔵2か月後以降、貯蔵期間が長くなる

ほど減少する傾向にあった（図4）。

5) クエン酸含量

両年ともに貯蔵2か月後以降、貯蔵期間が長くなるほど減少する傾向にあった（図5）。

6) ガス濃度

C₂H₄濃度は、2022年度は予措を行った区で高い傾向にあったが、その他の区ではほとんど検出されなかった（表3）。また、全ての区にkを同封した2023年度は、C₂H₄はほとんど検出されなかった（データ省略）。

また、両年ともに貯蔵期間が長くなるにつれてO₂濃度は減少し、CO₂濃度は増加する傾向にあった。2023年度の試験において、2kg区および大袋区では、対照区よりO₂濃度が低くCO₂濃度が高く推移し、大袋区ではその傾向が著しかった（図6）。大袋区では呼吸障害による異臭が確認された（データ省略）。

7) 日持ち

果皮障害は全ての区で進行したが、5→2℃区では障害の進行は最も遅かった（図7）。黄化は両年ともに貯蔵終了直後からわずかに進行した（データ省略）。糖度およびクエン酸含量については、両年ともに3、4か月貯蔵終了後（日持ち調査前）から大きな減少はなかった（データ省略）。

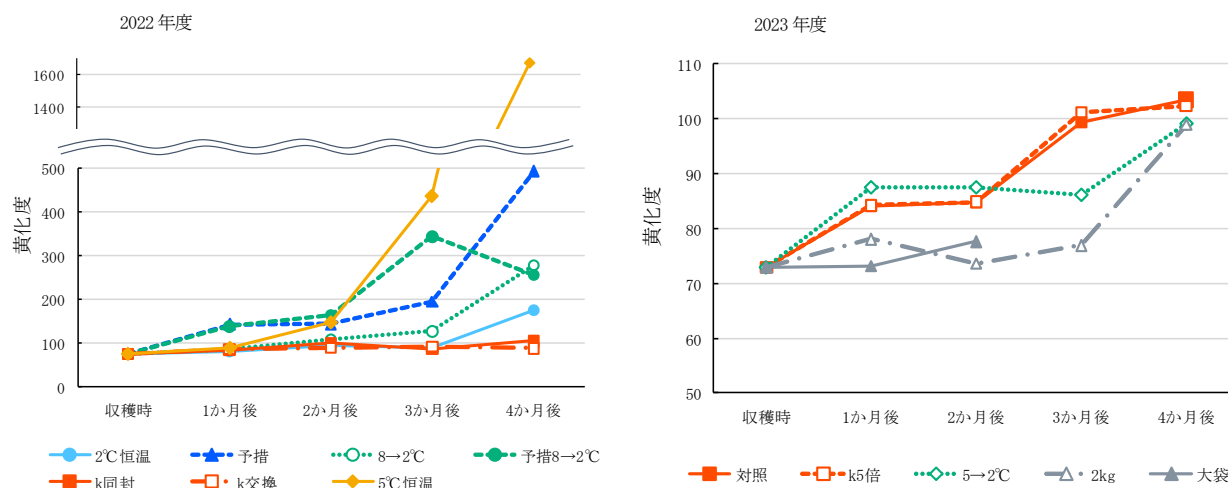


図1 ぶしゅかんの貯蔵方法の違いにおける果皮の黄化度の推移（左 2022年度、右 2023年度）

注1) 収穫1回目、2回目の平均値とした

2) 収穫時の黄化度は、試験に用いた全果実の平均値とした

3) 各区(袋)の調査個数は、2022年度は収穫1回目16個、2回目14個、2023年度は対照区、k5倍区および5→2℃区13個、

2kg区26個、大袋区40個とし、平均値で示した

表2 ぶしゅかんの貯蔵方法の違いにおける果皮の障害発生度の推移(2022年度, 2023年度)

収穫経過月数		2022年度							2023年度				
		2℃				5℃			2℃, k同封				
		恒温	予措	8→2℃	予措8→2℃	k同封	k交換	恒温	対照	k5倍	5→2℃	2kg	大袋
収穫1回目	1か月後	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2か月後	0.9	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0.2	0.3	0.2
	3か月後	2.5	0.5	0.9	0.1	0.6	0.4	1.1	0.3	1.0	0.4	0.9	4.5
	4か月後	3.9	4.2	4.6	1.4	1.5	2.3	4.8	2.2	1.3	0.8	4.0	—
収穫2回目	1か月後	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
	2か月後	1.3	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.8	0.3	0.1	2.6
	3か月後	0.8	0.5	0.4	0.2	0.4	0.2	1.1	0.4	0.7	0.7	1.0	3.6
	4か月後	3.5	1.9	2.7	1.5	1.4	0.9	1.5	0.8	2.0	1.5	2.2	—

注1) 障害発生指数および発生度は1以下を商品価値があるとした

2) 調査個数は図1の注3)と同じ

3) 一は、調査時の品質が悪く、測定不能を示す

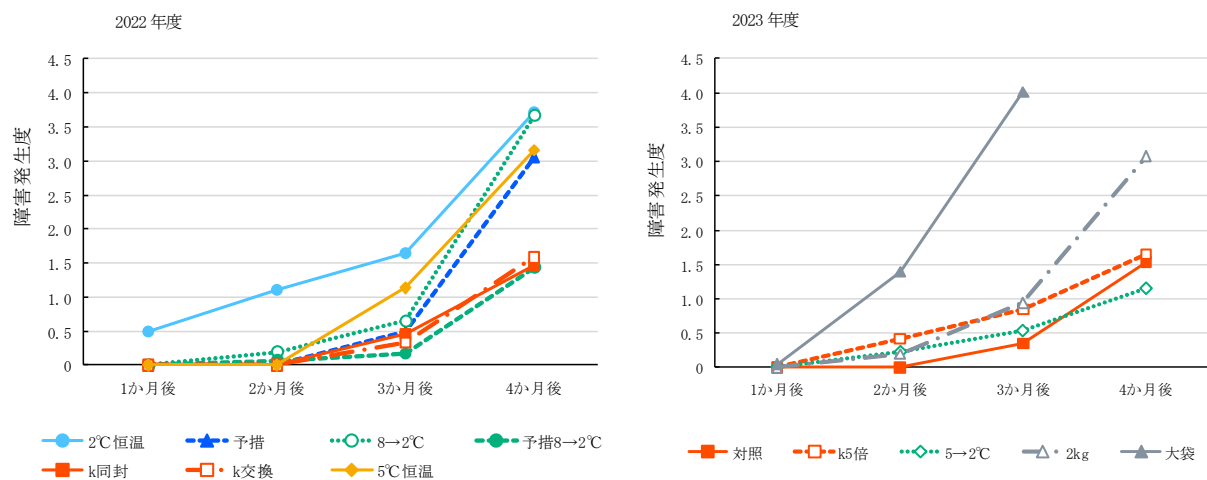


図2 ぶしゅかんの貯蔵方法の違いにおける果皮の障害発生度の推移(左 2022年度, 右 2023年度)

注) 値の算出方法は図1の注1)と同じ

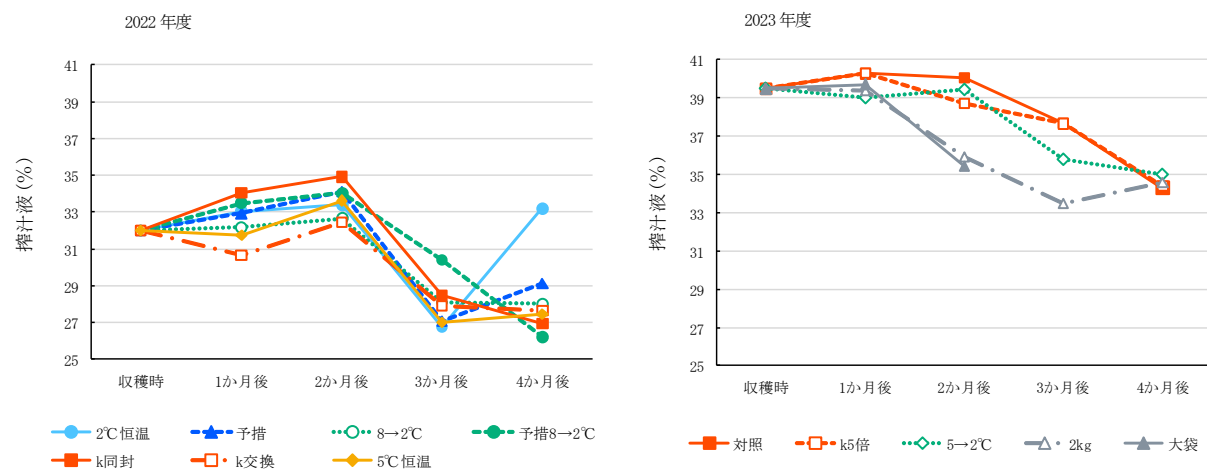


図3 ぶしゅかんの貯蔵方法の違いにおける搾汁率の推移(左 2022年度, 右 2023年度)

注1) 値の算出方法は図1の注1)と同じ

2) 各区(袋)の調査個数は、2022年度は4個、2023年度は対照区、k5倍区および5→2℃区4個、2kg区6個、大袋区8個とし、平均値で示した

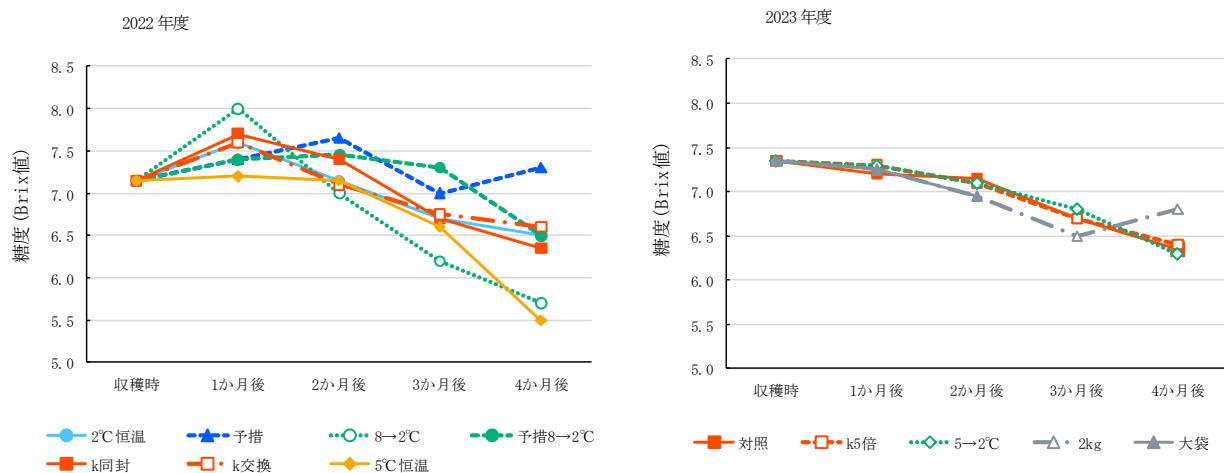


図4 ぶしゅかんの貯蔵方法の違いにおける糖度の推移（左 2022 年度，右 2023 年度）

注1) 値の算出方法は図1の注1)と同じ
2) 調査個数は図3の注2)と同じ

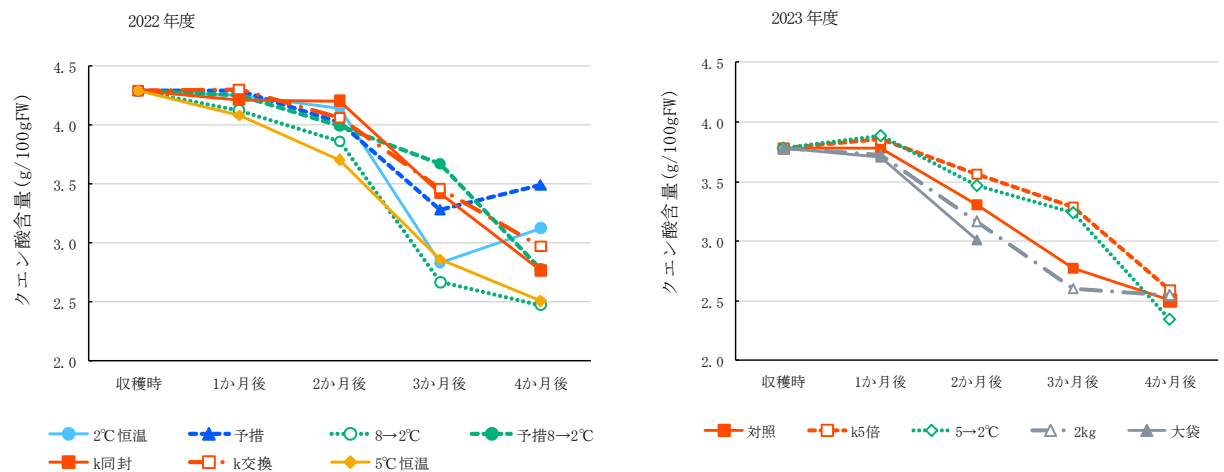


図5 ぶしゅかんの貯蔵方法の違いにおけるクエン酸含量の推移（左 2022 年度，右 2023 年度）

注1) 値の算出方法は図1の注1)と同じ
2) 調査個数は図3の注2)と同じ

表3 ぶしゅかんの貯蔵方法の違いにおける袋内C ₂ H ₄ 濃度の推移(2022年度) (単位: ppm)		2°C恒温	予措2°C	8→2°C	予措8→2°C	2°Ck同封	2°Ck交換	5°C恒温
収穫1回目	1か月後	0	0	0	0	0	0	0
	2か月後	0.2	0	0	0	0	0	0
	3か月後	0	1.1	0.6	1.5	0	0	0
	4か月後	0.1	1.5	0	3.7	0	0	0
収穫2回目	1か月後	0	0	0	0	0	0	0
	2か月後	0.1	0	0.2	0.5	0.3	0	0
	3か月後	0	0.2	0.6	1.0	0	0	0
	4か月後	0	2.9	0	1.3	0	0	0

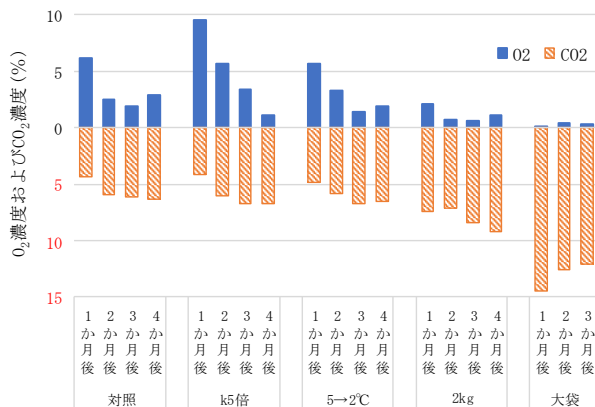


図6 ぶしゅかんの貯蔵方法の違いにおける袋内O₂濃度およびCO₂濃度の推移 (2023年度)

注1) 値の算出方法は図1の注1)と同じ

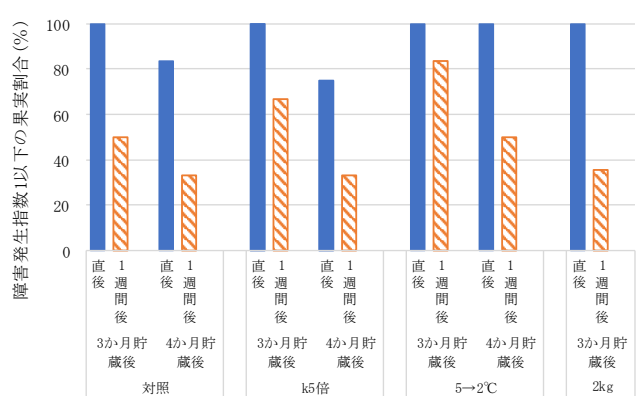


図7 ぶしゅかんの貯蔵終了直後および終了1週間後の貯蔵方法の違いにおける果皮の障害発生指数1以下の果実割合 (2023年度)

注1) 値の算出方法は図1の注1)と同じ

- 2) 各区(袋)の調査個数は対照区, k5倍区および5→2℃区6個, 2kg区14個とし, 平均値で示した
- 3) 障害発生指数は表2の注1)と同じ
- 4) 2kg区の4か月貯蔵後および大袋区は貯蔵終了直後の品質が悪く, 未実施

2. 直七

1) 果皮色の黄化度

2022年度の試験においては, 2℃での貯蔵の方が5℃での貯蔵より緑色を保持した期間が長かった. 予措および低温順化またはそれらを組み合わせると黄化がやや促進された. 2023年度の試験においては, 5→2℃区, 2kg区および大袋区で対照より黄化の進行が遅い傾向にあり, 5→2℃区および2kg区では貯蔵3か月後の黄化度は100以下であった. また, 両年ともに収穫1回目の方が収穫2回目より収穫時から黄化度は小さく, そのまま低い水準で推移した(表4, 図8).

2) 果皮障害

2022年度の試験において, 貯蔵3か月後の障害発生度は, 5℃恒温区では1以下であったのに対し, 2℃恒温区では, 平均3.8と高かった. しかし, 2℃予措区では1.5以下に軽減され, 8→2℃区では0.8以下と更に軽減された. 更に, 予措8→2℃区では0.3以下に保たれ, 予措と低温順化を組み合わせることで障害を軽減できることが示唆された. 同様に, 貯蔵3か月後の障害発生度について, k同封区は平均2.1, k交換区は平均3.0と, kは障害をやや軽減する傾向にあった. また, 収穫2回目の方が収穫1回目より障害の進行が抑えられた. 2023年度の試験では, 大袋区以外の全て

の区で障害発生度は平均1以下であり, 障害発生度に差は認められなかった. 大袋区では, 貯蔵3か月後まで全ての果実で商品価値が保たれたが, 貯蔵3か月後ではほぼ全ての果実の商品価値がなくなった(表5, 図9).

3) 搾汁率

2022年度の試験では, 貯蔵1か月後に高まり, その後は減少もしくは同程度で推移する傾向にあった. 2023年度の試験では, 貯蔵2か月後以降低下する傾向にあった(図10).

4) 糖度

2022年度の試験では, 貯蔵2か月後から減少する傾向にあった. 2023年度の試験では, 貯蔵3か月後に収穫時からわずかに減少する傾向にあった(図11).

5) クエン酸含量

両年ともに貯蔵2か月後から収穫時より減少した(図12).

6) ガス濃度

2022年度の試験において, C₂H₄は特に貯蔵3か月後で検出された袋が多かったが, いずれも1ppm未満と

僅かであった(表6)．2023年度の試験においても同様の傾向にあった(データ省略)．

また、両年ともに貯蔵期間が長くなるほどO₂濃度は減少し、CO₂濃度は増加する傾向にあった．2023年度の試験において、2kg区および大袋区では、その他の果実量1kgの区よりO₂濃度が低くCO₂濃度が高く推移し、大袋区ではその傾向が著しかった(図13)．大袋区では呼吸障害による異臭が確認された(データ省略)．

7) 日持ち

2023年度の試験において、5→2℃区、2kg区および大袋区で貯蔵終了直後の調査同様、黄化の進行は遅い傾向にあった(図14)．果皮障害は収穫1回目では、対照区で3か月貯蔵終了1週間後も8割の果実が商品価値を保っており、収穫2回目では、いずれの区も8割以上の果実が商品価値を保った(図15)．また、両年ともに、糖度は減少する傾向にあり、クエン酸含量はほとんど変化がなかった(データ省略)．

表4 直七の貯蔵方法の違いにおける果皮の黄化度の推移(2022年度、2023年度)

収穫経過月数		2022年度							2023年度					
		2℃						5℃	5℃予措，8→2℃					
		恒温	予措	8→2℃	予措8→2℃	k同封	K交換	恒温	対照	2.5％予措	5→2℃	2kg	大袋	
収穫1回目	収穫時	80	80	80	80	80	80	80	79	79	79	79	79	
	1か月後	84	87	92	110	83	85	97	92	90	85	83	81	
	2か月後	87	86	98	106	87	86	147	99	109	83	87	83	
	3か月後	82	105	115	118	85	80	266	114	117	86	86	128	
収穫2回目	収穫時	99	99	99	99	99	99	99	83	83	83	83	83	
	1か月後	97	94	108	116	104	100	107	113	108	89	97	89	
	2か月後	106	112	128	130	95	106	188	120	105	85	98	82	
	3か月後	113	115	133	151	106	109	348	139	145	100	114	—	

注1) 収穫時の黄化度は図1の注2)と同じ

2) 各区(袋)の調査個数は、2022年度は10個、2023年度は対照区、2.5%予措区および5→2℃区10個、2kg区20個、大袋区40個とし、平均値で示した

3) —は表2の注3)と同じ

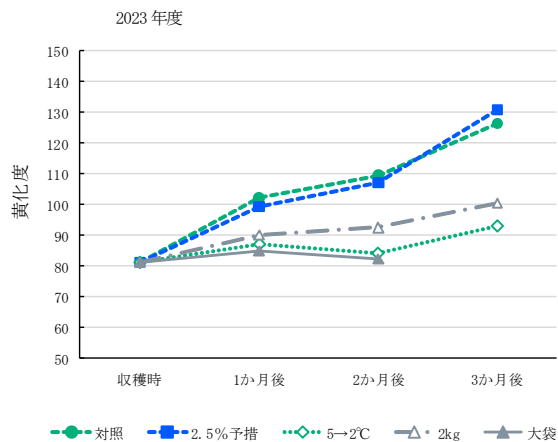
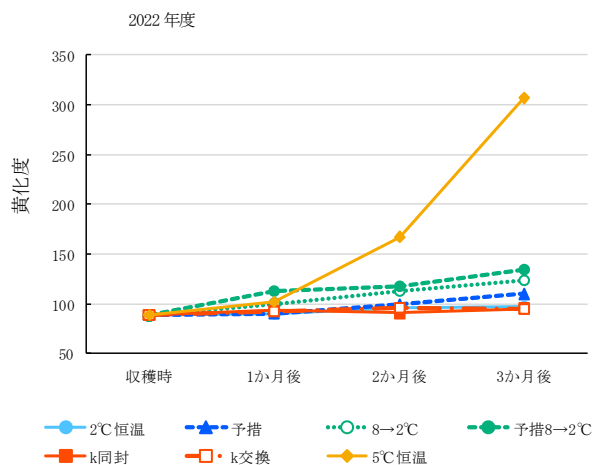


図8 直七の貯蔵方法の違いにおける果皮の黄化度の推移(左 2022年度、右 2023年度)

注) 値の算出方法は図1の注1)と同じ

表5 直七の貯蔵方法の違いにおける果皮の障害発生度の推移(2022年度、2023年度)

収穫経過月数		2022年度							2023年度					
		2℃						5℃	5%予措, 8→2℃					
		恒温	予措	8→2℃	予措8→2℃	k同封	k交換		対照	2.5%予措	5→2℃	2kg	大袋	
収穫1回目	1か月後	1.3	0.7	0	0	0.5	0.8	0.3	0	0	0	0.0	0.0	
	2か月後	1.2	0.4	0	0	0.9	1.2	0.2	0.2	0	0	0.1	0.0	
	3か月後	4.4	1.5	0.8	0.3	3.2	3.7	0.7	0.2	0.7	1.6	0.5	3.0	
収穫2回目	1か月後	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	
	2か月後	0.3	0.5	0	0	0.4	1.0	0.6	0.3	0.1	0	0.0	0.0	
	3か月後	3.2	1.3	0.4	0.2	1.0	2.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.3	4.7	

注1) 障害発生指数および発生度は表2の注1)と同じ

2) 調査個数は表4の注2)と同じ

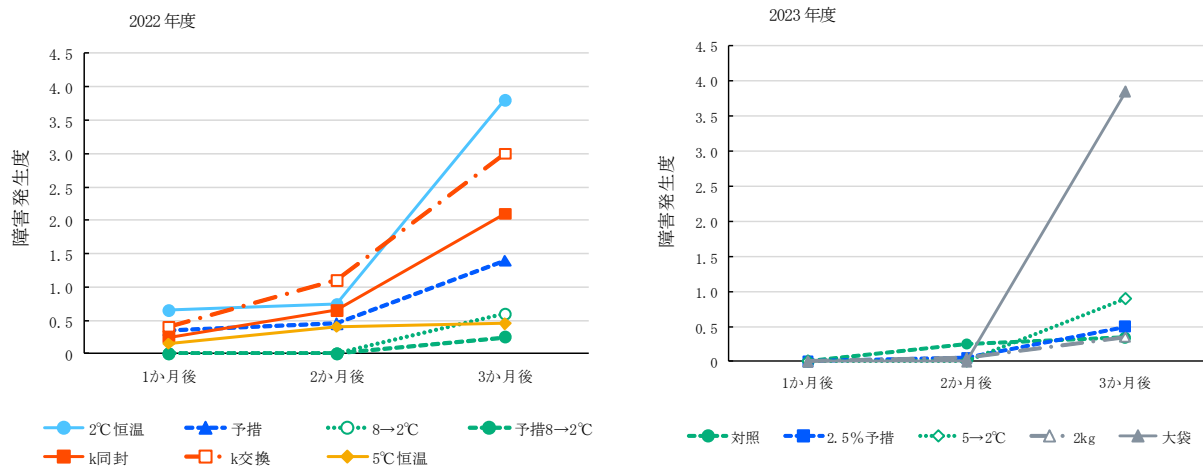


図9 直七の貯蔵方法の違いにおける果皮の障害発生度の推移（左 2022 年度, 右 2023 年度）

注) 値の算出方法は図1の注1)と同じ

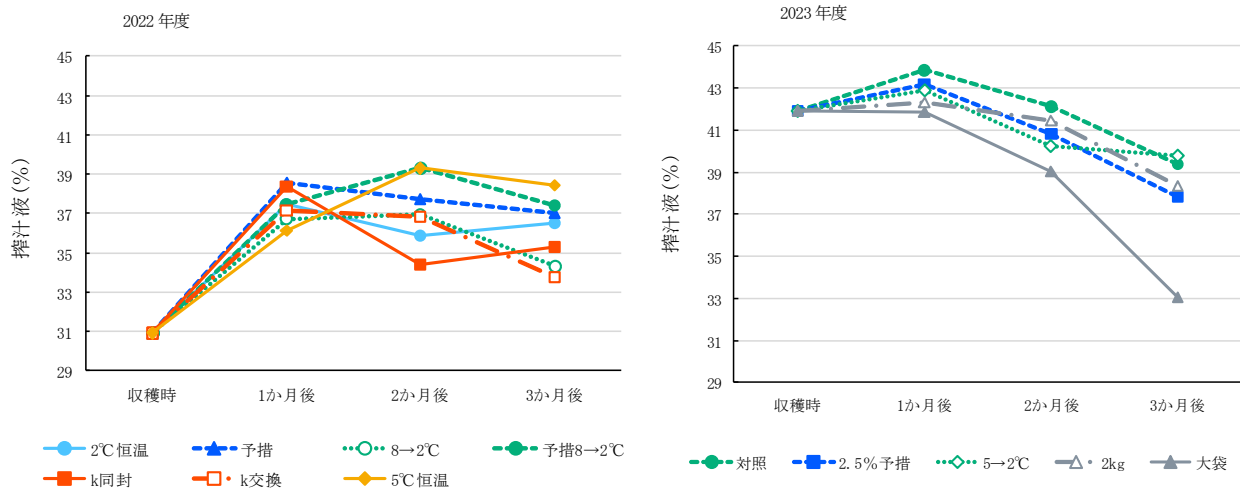


図10 直七の貯蔵方法の違いにおける搾汁率の推移（左 2022 年度, 右 2023 年度）

注1) 値の算出方法は図1の注1)と同じ

2) 各区(袋)の調査個数は、2022 年度は4 個、2023 年度は対照区、2.5%予措区および5→2℃区4 個、2kg 区6 個、大袋区8 個とし、平均値で示した

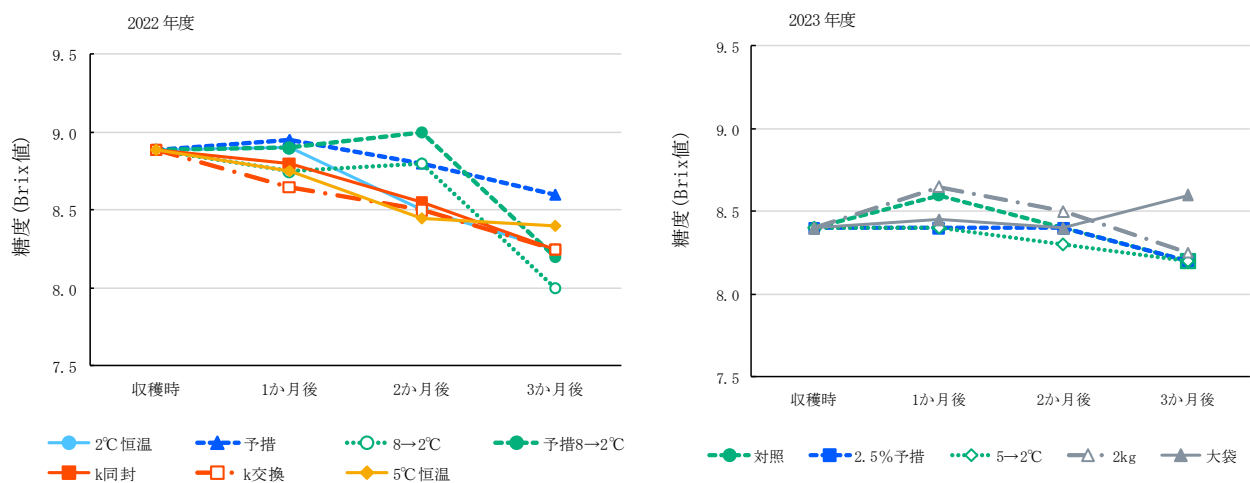


図11 直七の貯蔵方法の違いにおける糖度の推移（左 2022 年度, 右 2023 年度）

注1) 値の算出方法は図1の注1)と同じ

2) 調査個数は図10の注2)と同じ

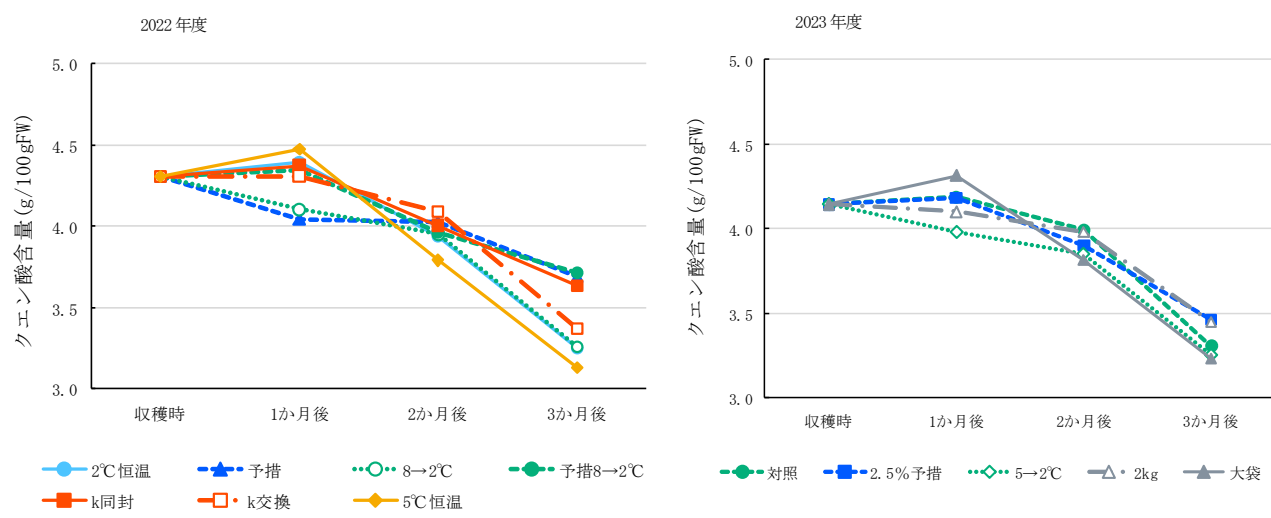


図12 直七の貯蔵方法の違いにおけるクエン酸含量の推移（左 2022年度，右 2023年度）

- 注1) 値の算出方法は図1の注1)と同じ
- 2) 調査個数は図10の注2)と同じ

		表6 直七の貯蔵方法の違いにおける袋内C ₆ H ₁₂ O ₆ 濃度の推移(2022年度) (単位：ppm)						
		2℃恒温	予措2℃	8→2℃	予措8→2℃	2℃k同封	2℃k交換	5℃恒温
収穫1回目	1か月後	0	0	0	0	0	0	0
	2か月後	0	0	0.3	0	0	0	0
	3か月後	0	0	0	0.7	0	0	0
収穫2回目	1か月後	0	0	0	0	0	0	0
	2か月後	0	0	0	0	0	0	0
	3か月後	0	0.2	0.4	0.2	0.1	0	0

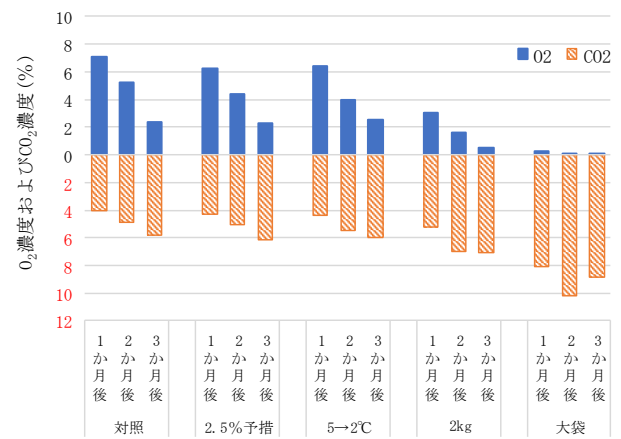


図13 直七の貯蔵方法の違いにおける袋内O₂濃度およびCO₂濃度の推移（2023年度）

注) 値の算出方法は図1の注1)と同じ

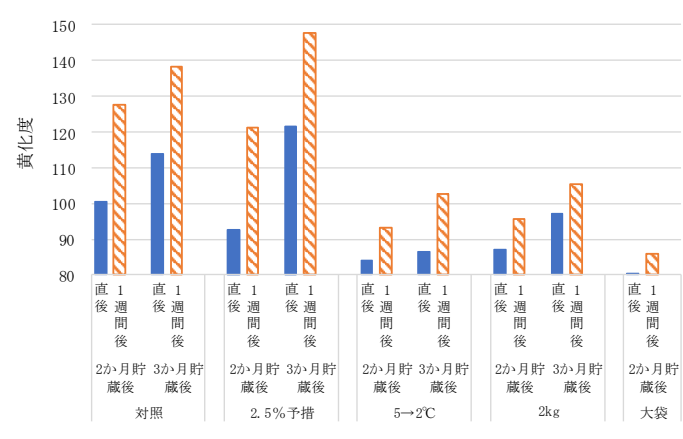


図14 直七の貯蔵終了直後および終了1週間後の貯蔵方法の違いにおける果皮の黄化度（2023年度）

- 注1) 値の算出方法は図1の注1)と同じ
- 2) 各区(袋)の調査個数は対照区、2.5%予措区および5→2℃区5個、2kg区13個、大袋区30個とし、平均値で示した
- 3) 大袋区の3か月貯蔵後は図7の注4)と同じ

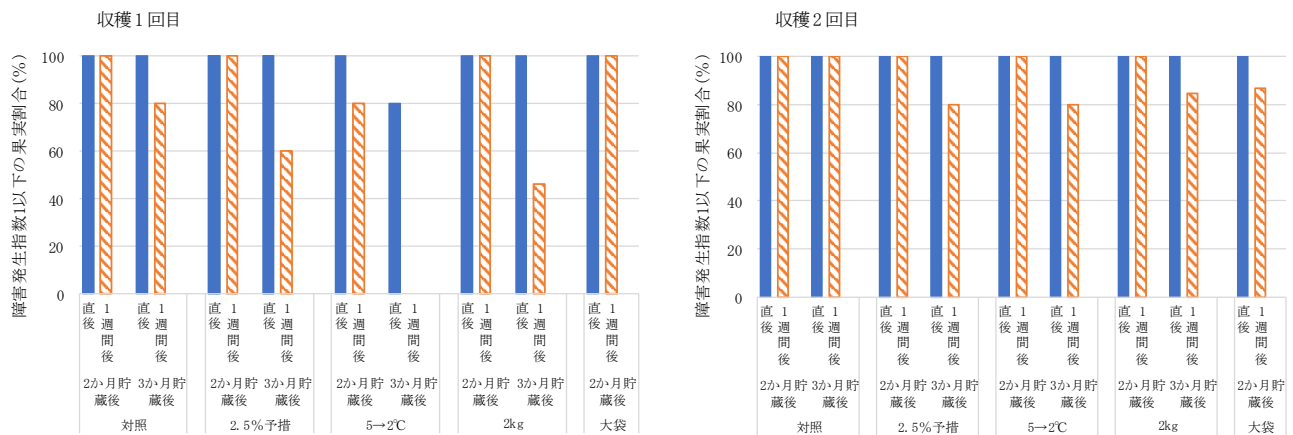


図15 直七の貯蔵終了直後および終了1週間後の貯蔵方法の違いにおける果皮の障害発生
指数1以下の果実割合(2023年度、左 収穫1回目、右 収穫2回目)

注1) 各区(袋)の調査個数は図14の注2)と同じ

2) 障害発生指数は表2の注1)と同じ

3) 大袋区の3か月貯蔵後は図7の注4)と同じ

考察

スダチや長門ユズキチの貯蔵において、貯蔵温度が低いほど緑色保持効果は高い一方で、障害果率が高くなるとされているが、果皮障害の軽減には予措や貯蔵温度を徐々に下げる低温順化处理が有効とされている^{2, 4)}。本試験でも同様に、ぶしゅかん、直七共に2℃での貯蔵では5℃での貯蔵より緑色を保持できたが、果皮障害が多発した。しかし、ぶしゅかんではkの同封および貯蔵温度を貯蔵後5℃から2℃まで5日ごとに1℃下げる処理を組み合わせることにより、緑色を保持したまま果皮障害を軽減することができた。また、直七では果実重量5%予措および貯蔵温度を貯蔵後8℃から2℃まで5日ごとに1℃下げる処理を組み合わせることで、ぶしゅかん同様に商品価値を保つことができた。kの同封については、ぶしゅかんでは果皮障害軽減効果がみられ、直七でもやや効果があったものの、ぶしゅかんの予措を行った区以外ではC₂H₄の発生量が少なかったことから、kのC₂H₄除去効果の関連性は判定できなかった。カンキツのC₂H₄生成については、温州ミカンを用いた生育段階別の調査において、幼果で著しい発生が生じることが明らかにされており³⁾、主に未熟果を利用するスダチやカボスでもC₂H₄の生成が報告されている^{6, 7)}。kの交換については同封と有意な差はなかったため、費用削減および労力軽減の観点からも行わない。貯蔵前の予措については、スダチや長門ユズ

キチで障害抑制に有効である一方、予措程度が大きいと黄化が促進されることが報告されている^{2, 4)}。本試験において、ぶしゅかん、直七いずれも予措により果皮障害は軽減されたが、ぶしゅかんでは黄化の進行が大きくなった。直七では予措による黄化の進行程度は小さかったことから、予措に対する感受性について種による生理的な違いが読み取れる。

収穫時期については、カボスにおいて、収穫時期が遅れるほど障害発生率が低下することが報告されている⁶⁾が、ぶしゅかん、直七でも同様に、いずれも2回の収穫のうち収穫時の黄化度が大きかった方(ぶしゅかんは2022年度は黄化度70より81, 2023年度は71より75, 直七は2022年度は黄化度80より99, 2023年度は79より83)が果皮障害の進行が小さかった。収穫時期は、緑色果として収穫可能な期間の中で、やや緑色が抜けた頃(黄化度の目安として、ぶしゅかんは70半ば〜80, 直七は80半ば〜100)が好ましいと考えられる。袋内の封入果実量については、ぶしゅかん、直七いずれも封入量が多いほど緑色を保持できたが、果皮障害の発生程度が大きい傾向にあった。封入量が多いほど袋内のO₂濃度が低く、CO₂濃度が高い傾向が見られたことから、袋内O₂濃度またはCO₂濃度が果皮障害の進行に関連がある可能性がある。果皮障害と袋内ガス濃度との関係については、スダチにおいて、障害の発生の多い袋でCO₂濃度が高かったことが報告さ

れている⁴⁾。約3か月以上の貯蔵を目指す場合は、今回用いた規格の袋においては、ぶしゅかんの封入量は1kgが望ましいと考えられる。一方で、直七は、収穫時期がやや緑色が抜けた頃であれば、2kgを封入しても1kgと貯蔵3か月後まで障害の進行にそれほど差がなかったことから、緑色をより保持できる2kgが望ましいと考えられる。大袋貯蔵では、ぶしゅかんは1～2か月、直七は2か月後まで貯蔵でき、貯蔵時の労力削減の観点から、1～2か月といった中期的な貯蔵を目的とする場合は大袋貯蔵が有効である。

内容品質については、糖度およびクエン酸含量はぶしゅかん、直七とも2022年度および2023年度の試験いずれも、搾汁率はぶしゅかんは2022年度および2023年度の試験いずれも、直七は2023年度の試験において、貯蔵3か月後には収穫時から低下する傾向にあったが、どの程度の低下まで実需者に許容されるかについては改めて調査の必要がある。

以上のことから、収穫時期はやや緑色が抜けた頃で、新聞紙を敷いたポリエチレン袋内に、ぶしゅかんは約1kgを入れ、鮮度保持剤クリスパーHF4を1個同封し、5℃から2℃まで5日ごとに1℃下げ以降2℃で貯蔵する方法が、直七は約2kgを果実重量5%予措後に入れ、8℃から2℃まで5日ごとに1℃下げ以降2℃で貯蔵する方法が緑色を保ち果皮障害を軽減させ、約3か月後まで外観の商品価値を保持可能であることが明らかとなった。今後、この貯蔵技術が現場で活用されることで、ぶしゅかん・直七の青玉果の流通が活性化し、生産者の所得増大および産地のさらなる発展につな

がることを期待する。

利益相反の有無

著者は開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) 橋永文男・伊藤三郎・福留裕志・清田義成（1982）. カボスの貯蔵に関する研究. 鹿大農学術報告. 第32号. 43-49.
- 2) 平田達哉・中谷幸夫・西岡真理・杉本健治・品川吉延（2012）. 香酸カンキツ「長門ユズキチ」の長期貯蔵技術の開発. 山口農技センター研報. 3: 1-8.
- 3) 兵藤宏・邨田卓夫（1972）. いろいろな生育段階における温州ミカン果実のエチレン生成. 園学雑. 41(4): 405-410.
- 4) 北川博敏・川田和秀・樽谷隆之（1982）. スダチの貯蔵における温度、包装、予措の効果. 園学雑. 51(3): 350-354.
- 5) 高知県（2021）. 幡多地域アクションプラン令和3年
- 6) 邨田卓夫（1982）. カボス果実の貯蔵生理に及ぼす温度の影響. 園学雑. 50(4): 516-520.
- 7) 平夏樹・岡田留伊・寒川萌香・Mitalo W. Oscar・矢野親良・赤木剛士・牛島幸一郎・久保康隆（2022）. エディブルコーティングと1-MCP処理が収穫後のスダチ果実の緑色保持に及ぼす影響. 園芸研. 21(3): 359-366.

Summary

Because immature green fruits of Bushukan(Mochiyu) and Naoshichi(Takumasudachi) are prone to discoloration, the development of long term storage techniques is an important issue for expanding the market for these green fruits. Therefore, we investigated the optimal storage conditions for Bushukan and Naoshichi. As a result, it was found that for both fruits, when harvested late in the season when the green color has slightly faded, the method of placing about 1kg of Bushukan fruit in a polyethylene bag lined with newspaper, enclosing one Kurisupa HF4 freshness retaining agent, and storing it at 2°C after lowering the temperature by 1°C every 5 days from 5°C to 2°C, and for Naoshichi fruit, placing about 2kg of fruit in a polyethylene bag after pretreating by 5% of the fruit weight, and storing it at 2°C after lowering the temperature by 1°C every 5 days from 8°C to 2°C, preserves the green color, reduces damage to the peel, and allows the fruit to maintain its commercial value in appearance for about 3 months.

Key words: Bushukan, Naoshichi, green fruit, low temperature storage, peel color, peel damage, pretreatment, low temperature acclimatization, freshness retaining agent