異なった温・湿度の予措処理が数種カンキツ 果実の品質に及ぼす影響

邨田卓夫・山脇和樹

静岡大学農学部 422 静岡市大谷

Effect of Conditioning at Different Temperatures and Humidities on Quality of Several Varieties of Citrus Fruits

Takao Murata and Kazuki Yamawaki

Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Ohya, Shizuoka 422

Summary

Effect of conditioning at different temperatures (1°, 5°, 10°, 15°, 20°, or 25°C) and humidities (high or low) for seven days after harvest on the quality of several cultivars of citrus fruits including Hassaku (*C. hassaku* Hort. ex Tanaka), Iyo (*C. iyo* Hort. ex Tanaka cv. Miyauchi), Natsudaidai (*C. natsudaidai* Hayata cv. Kawano), navel orange (*C. sinensis* Osbeck var. *brasiliensis* cv. Morita), Ponkan (*C. reticulata* Blanco cv. Ota) was investigated at the end of storage at 5°±0.5°C, 88±5%, RH.

1. A high rate of weight loss was found in the fruits conditioned at higher temperature and lower humidity during the period of conditioning. However, the rate of weight loss of the fruits conditioned at high temperature and low humidity was less during storage at 5°C compared with those fruits conditioned at low temperature and high humidity. There was no significant effect of the conditioning on the rate of pulp weight to fruit weight or rate of juice volume to fruit weight.

2. The conditioning affected changes in surface color of the fruits. The fruits conditioned at 15°C and low humidity showed the biggest change in color showing a bright orange color among the fruits conditioned differently. The biggest change in color next to the fruits conditioned at 15°C was fruits treated at 10°C. The fruits conditioned at 1° and 25°C showed almost no change in surface color.

3. The fruit conditioned at 15°, 20° or 25°C had a high content of titratable acid (as citric acid) and a high Brix value at the end of storage. In contrast with those fruits, conditioned fruit at 1° or 5°C tended to contain a low level of acidity and Brix.

From above mentioned results, it may be suggested that conditioning at a temperature ranging from 10° to 15°C is effective to improve quality of some varieties and cultivars of citrus fruits during long term storage.

緒 言

予措乾燥は、ウンシュウミカン等の寛皮性カンキツ果実の、長期貯蔵の際の重要な前処理技術で、前報(邨田・山脇, 1989)で述べたように、ウンシュウミカンについては多くの研究報告がみられる。しかし、中晩

生カンキツ果実の予措乾燥についての研究はあまりみられない。前報(邨田・山脇, 1989)では、予措乾燥時の湿度条件が、数種カンキツ果実の予措および貯蔵中の呼吸に及ぼす影響について報告した。

本研究では、異なった温・湿度下での予措処理が、数種カンキツ果実の貯蔵後の品質に及ぼす影響について調査し、中晩生カンキツ類果実の予措処理の意義について考察した。

1991年10月17日受理, カンキツ類果実の生理および貯蔵に関する研究。(第13報). 昭和61・62年度科学研究費科学研究補助金(一般研究C, 61560031). 本研究の要旨は1990年Int. Hort. Congress (Florence, Italy)で発表した。

材料および方法

前報 (邨田・山脇, 1989) 同様, 清水市谷津の栽培農家 (杉山晴信氏) の果樹園で栽培された太田ポンカン (*Citrus reticulata* Blanco cv. Ota; M級), 宮内イヨカン (*C. iyo* Hort. ex Tanaka cv. Miyauchi; L級) は 1986 年 12 月 9 日に, 森田ネーブルオレンジ (*C. sinensis* Osbeck var. *brasiliensis* cv. Morita; M級), ハッサク (*C. hassaku* Hort. ex Tanaka; S~M級) は 1986 年 12 月 22 日に, 川野ナツダイダイ (*C. natsudaïdai* Hayata cv. Kawano; S~M級) は 1987 年 1 月 17 日に収穫し, 収穫当日から 7 日間第 1 表の条件で予措処理した。予措処理は 15℃区 (インキュベーター; 日本医化器機製作所, Type Lp-300A, 外寸 130×58×117 cm) を除いて恒温室で行った。イン

キュベーターおよび恒温室内の風速は, 熱線式風速計 (日吉電機製作所 S101 型) で測定した。予措処理後果実は, 5±0.5℃, 88±5%RH の恒温室で貯蔵した。1 区 10 果とし, コンテナ (43.5×63×18.5 (h) cm) に一段並べとし, 積み重ね, 最上部のコンテナの上部を 0.05 mm LDPE フィルムで覆った。コンテナは 1 か月おきに上下を積みかえた。果実の形質, 成分の分析は常法に従った。果皮色はパネル (5 名) による 7 点法 (0=poor, 6=excellent) と測色色差計 (日本電色 ND101DC 型) によった。データの有意差検定は Duncan の多重検定法によった。

結 果

1. 予措処理が果実形質に及ぼす影響

第 2 表に予措処理および貯蔵終了時の果実の目減り

Table 1. Temperature, humidity and wind velocity for conditioning.

Low: High humidity	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
Temperature (°C)	1±0.6		5±0.5		10±1.0		14.7±1.1		20±1.0		24±1.0	
Humidity (%)	90±5, 95±3		93±5, 98±2		85±7, 95±4		73±9, 93±3		64±8, 92±5		54±10, 88±5	
Wind velocity (cm·sec ⁻¹)	10~12, <5		12~20, <5		12~23, <5		13~36, <8		8~12, <5		10~11, <5	

Table 2. Effect of conditioning at different temperatures and humidities on weight loss of citrus fruits at the end of curing and storage (%).

Conditioned temp. (°C)		1		5		10		15		20		25	
Low: High humidity		L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
Hassaku	Curing	0.57	0.38	0.22	0.14	1.22	0.36	1.55	0.60	2.40	0.43	2.60	0.42
		e	ef	f	f	d	ef	c	e	b	ef	a	ef
	Storage	7.56	7.13	5.86	5.67	7.03	5.47	5.81	6.05	7.49	6.44	7.41	5.44
		a	abc	abc	c	abc	c	bc	abc	bc	abc	abc	c
Iyo	Curing	0.93	0.43	0.60	0.10	1.89	0.63	3.58	1.22	4.60	0.66	6.62	0.48
		ef	gh	fg	h	d	fg	c	e	b	fg	a	fgh
	Storage	7.23	6.11	7.28	7.23	7.78	7.03	8.00	6.22	8.71	4.83	10.1	4.90
		cd	de	cd	cd	bc	cd	bc	de	b	e	a	e
Natsudaïdai	Curing	0.48	0.14	0.37	0.07	1.07	0.89	1.17	0.36	2.44	0.48	2.58	0.32
		d	f	ef	f	bc	c	b	de	a	d	a	def
	Storage	6.44	6.32	6.93	6.67	6.80	6.32	6.41	5.67	6.85	5.36	6.37	4.99
		ab	ab	a	a	a	ab	ab	ab	a	ab	ab	b
Navel orange	Curing	0.73	0.20	0.39	0.09	1.24	0.34	2.56	1.12	3.66	0.79	4.44	0.43
		def	fg	efg	g	d	efg	c	d	b	de	a	efg
	Storage	7.53	7.02	7.70	6.59	7.19	7.08	7.89	6.88	9.58	7.01	9.21	6.28
		abc	bc	abc	c	abc	abc	abc	bc	a	bc	ab	c
Ponkan	Curing	0.93	0.46	0.48	0.41	1.41	0.42	3.46	1.55	4.17	0.53	6.15	0.42
		e	f	f	g	de	fg	c	d	b	f	a	fg
	Storage	7.29	6.68	6.40	6.34	6.72	5.82	8.28	6.91	8.50	4.36	9.78	4.51
		bc	cd	cd	cd	cd	d	b	cd	b	e	a	e

Storage periods: Hassaku; 22 Dec ~ 20 May, Iyo; 9 Dec ~ 8 April, Natsudaïdai; 17 Jan ~ 20 June, navel orange; 15 Dec ~ 30 April, Ponkan; 9 Dec ~ 14 March at 5±0.5°C.

Means in same row with a different letter are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

を示した。予措期間中の目減りは、25℃、20℃、15℃-低湿区で大きく、5℃、1℃-高湿区で小さい傾向が認められた。5℃本貯蔵中は、オレンジを除いて25℃、20℃-低湿予措処理区の果実の目減りが小さいのに対し、低温予措区の果実の目減りは大きい傾向が認められ、貯蔵終了時には、高温・低湿区と低温・高湿区の間目減りの差が小さくなった。また、25℃高湿予措区の果実の目減りは、予措・本貯蔵中とも小さい傾向が認められた。全体的に、ハッサクとナツダイダイの目減りは、予措条件の差による影響が小さかった。貯蔵終了時の果肉率（果肉重量÷果実重量×100）と果汁率（果汁量÷果実重量×100）についても調べた。ナツダイダイ、ネーブルオレンジでは15℃、20℃予措処理区でやや高い傾向が認められたが、ハッサクの果肉率は1℃予措処理区で高く、果実の個体差も影響し、本研究の範

囲内では、予措温・湿度条件と果肉率、果汁率の間に一定の関係を明らかにすることはできなかった（表略）。

2. 予措処理が果皮色に及ぼす影響

第1、2図に貯蔵終了時の宮内イヨカンと森田ネーブルオレンジの官能評価による果皮色と色差計によるa値の変化(Δa)を示した。イヨカン、ネーブルオレンジともに、15℃、10℃予措処理区で果皮色が秀れ、なかでも低湿予措区は良好な橙色を呈する傾向を示した。Δaと官能評価の結果の間には、多少のずれがみられるが、Δa値も15℃、10℃予措処理区で大きく、25℃、1℃予措処理区で小さく、これらの間には5%レベルの有意差が見られた。第3表は貯蔵終了時の果皮色をa/b値で示した。全体としてa/b値は15℃予措区で高く、25℃、20℃、1℃予措区で低い傾向を示し、品種によ

Fig. 1. Effect of conditioning at different temperatures and humidities on peel color of Iyo fruit after storage at 5°C (Color score: 0=poor, 6=excellent).

*See Table 2.

Fig. 2. Effect of conditioning at different temperatures and humidities on peel color of navel orange fruit after storage at 5°C (Color score: 0=poor, 6=excellent).

*See Table 2.

って多少傾向は異なるが、予措処理の温・湿度条件が、貯蔵果の果皮色に強く影響することが明らかになった。ただ、本研究では先に述べたように、15℃予措処理にはインキュベーターを用い、この区の風速と温度のふれが、他の区に比べて大きいこと（第1表）が、問題点としてあげられるが、15℃区の果実の目減りが、他の区に比べてそれほど大きくないこと、目減りが大き

くない高湿区でも果皮色が秀れることから、この程度の風速の影響はさほど問題ではないものと判断した。

3. 予措処理が果実の酸および糖度に及ぼす影響

第4表に貯蔵終了時の果実の酸含量と糖度について示した。一部の例外を除いて、酸含量、糖度ともに25、20、15℃予措区で高く、1、5℃予措区で低い傾

Table 3. Effect of conditioning at different temperatures and humidities on peel color (a/b value) of citrus fruits stored at 5°C, 88% RH.

Conditioned temp.	1		5		10		15		20		25	
Low: High humidity	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
Hassaku	0.23	0.20	0.26	0.20	0.26	0.22	0.20	0.27	0.21	0.23	0.23	0.16
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Iyo	0.78	0.90	0.89	0.88	0.90	0.99	1.05	1.00	0.84	0.80	0.84	0.80
	c	bc	bc	bc	bc	ab	a	ab	c	c	c	c
Natsudaikai	0.71	0.77	0.78	0.80	0.83	0.84	0.84	0.89	0.73	0.77	0.78	0.74
	b	ab	ab	ab	ab	ab	ab	a	b	ab	ab	b
Navel orange	0.83	0.85	0.83	0.85	0.87	0.90	0.97	0.89	0.80	0.78	0.76	0.75
	ab	ab	ab	ab	ab	ab	a	ab	b	b	b	b
Ponkan	0.73	0.67	0.73	0.75	0.78	0.72	0.79	0.81	0.77	0.76	0.80	0.79
	cd	d	bcd	abc	ab	cd	ab	a	ab	abc	a	ab

Significant difference at 5% level (see Table 2).

Table 4. Effect of conditioning at different temperatures and humidities on titratable acidity and Brix in citrus fruits after storage at 5°C.

Conditioned temp.		1		5		10		15		20		25	
Low: High humidity		L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
Hassaku	Acidity ²	2.01	1.90	1.98	2.01	2.00	2.04	2.13	2.12	2.17	2.12	2.26	1.98
		cd	d	d	cd	cd	bcd	abc	abc	ab	abc	a	d
	Bx	11.2	10.4	10.8	10.5	11.2	10.9	11.0	11.4	11.0	12.5	13.0	11.5
		b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	a	b
Iyo	Acidity	1.96	1.98	2.09	2.17	2.08	2.00	2.23	2.10	2.14	2.06	2.11	2.26
		b	b	ab	ab	ab	b	a	ab	ab	ab	ab	a
	Bx	10.2	10.5	10.7	10.2	10.4	10.6	10.9	10.4	11.0	10.4	11.4	11.6
		d	cd	bcd	d	cd	bcd	abcd	cd	abc	cd	ab	a
Natsudaikai	Acidity	2.79	2.50	2.71	2.66	2.79	2.63	2.78	2.74	3.06	2.96	3.01	2.99
		abc	d	bcd	cd	abc	cd	abcd	bcd	a	ab	ab	ab
	Bx	11.3	11.2	11.2	11.3	11.5	11.9	11.7	11.5	11.9	11.9	12.0	12.1
		c	c	c	c	bc	ab	abc	bc	ab	ab	a	a
Navel orange	Acidity	1.92	1.79	1.83	1.89	1.78	1.80	1.79	1.88	1.90	1.92	1.83	1.73
		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	Bx	10.6	10.0	11.0	9.70	10.4	10.7	11.1	10.4	11.1	11.1	10.7	10.7
		bc	abc	a	c	abc	ab	a	abc	a	a	ab	ab
Ponkan	Acidity	0.86	0.74	0.92	0.90	1.06	0.79	1.09	1.00	1.23	1.18	1.48	1.23
		efg	g	def	defg	bcd	fg	bcd	cde	b	bc	a	b
	Bx	10.9	10.5	10.5	11.6	11.5	10.9	11.1	11.0	12.6	11.9	11.8	11.7
		bc	c	c	abc	bc	bc	bc	bc	a	ab	ab	ab

² Acidity; % as citric acid, significant difference at 5% level (see Table 2).

向を示した。第2表にみられるように、貯蔵中の果実の目減りは高温・低湿予措区で多少大きいので、濃縮効果の影響も考慮から除外することはできないが、元来、予措乾燥によるカンキツ果実の目減りは果皮の脱水に基づくこと、目減りがさほど大きくない高湿予措区でも、酸含量、糖度が高いことなどから判断して、25°、20°、15°C予措処理区にみられる高い糖、酸含量の現象は、濃縮効果というよりは、カンキツ果実の糖、酸の代謝(邨田, 1974, 1977)が、予措処理条件の影響をうけるものと推察した。

考 察

コンディショニング処理は、ある種の青果物の低温障害発生の防除に有効であることが知られている(Wang, 1990)。カンキツ類でも、グレープフルーツ(Chunら, 1988; Hatton・Cubbedge, 1982, 1983; Millerら, 1990)、レモン・ポメロ(Ben-Yehoshuaら, 1987)、バレンシアオレンジ(Wild・Hood, 1989)、スタチ(北川ら, 1982)、カボス(佐藤ら, 1988)で、一定の条件のコンディショニングが、貯蔵中の低温障害、生理障害の発生を抑圧することが報告されている。一方、貯蔵温度がカンキツ果実の生理、品質、生理障害に影響することについての報告も多い(Chalutzら, 1981; 長谷川・伊庭, 1983, 1984; Kanlayanaratら, 1988; 邨田, 1971, 1982; Murata, 1988; 邨田, 1989; Shiffmann-Nadelら, 1971; Uth-aibutra・Gemma, 1991)。

本研究では生理障害の発生はほとんどみられず、予措処理の影響も認められなかったが、果実の目減り、果皮色、果実成分には、予措処理の温・湿度条件が明らかに影響した。

適度の予措乾燥はウンシュウミカンの貯蔵中の目減りを抑制するとされているが、本研究の5種類のカンキツ果実でも、25°、20°C-低湿予措区の果実は本貯蔵(5°C)中の目減りが小さい傾向が認められ、25°C高湿予措区の果実は予措・本貯蔵期間を通じての目減りが小さかった。果実の目減り抑制効果については、予措乾燥による果皮の水分活性(Aw値)の低下、果皮の水蒸気透過率の減少、果皮表面のワックス量の増加(牧田, 1987; Uth-aibutra・Gemma, 1991)などがその理由としてあげられる。

果皮色については、Wheaton・Stewart (1973)は‘Temples’と‘Valencia’種のカラリング処理時の温度は、15°~25°Cが果皮の橙色化に有効であることを認

め、長谷川・伊庭(1984)は20°Cの予措乾燥が、10°Cに比べウンシュウミカンの果皮色の橙色化に有効であることを報告している。一方、貯蔵温度もカンキツ果実の果皮色の変化に影響することが知られている(長谷川・伊庭, 1983; Murata, 1988; 邨田, 1989)。カンキツ果実は品種によって、果皮の橙色が商品性を向上させる。貯蔵期間を通じ15°Cに保つことは、冬季気温の低い本邦では、エネルギーコストの面に問題があり、腐敗も増加する危険性があるので、オレンジやイヨカンのように橙色が好まれるカンキツ類では、15°~10°Cで一定期間予措処理し、本貯蔵することが有効であろう。

果実成分については、25°、20°、15°C予措処理区で、貯蔵終了時に高い酸含量、糖度を保持する傾向を示した。前報(邨田・山脇, 1989)で述べたように、予措処理は果実の呼吸を抑制するので、これが糖、酸の減少を抑制する一つの理由にあげられる。

以上のように、15°C前後の温度での予措処理は、中晩生カンキツ果実の本貯蔵の前処理技術として推奨されるものと推論した。

摘 要

ハッサク、イヨカン‘宮内’、ナツダイダイ‘川野’、ネーブルオレンジ‘森田’、ポンカン‘太田’果実を収穫後7日間、1°C(90%:95%RH)、5°C(93%:98%)、10°C(85%:95%)、15°C(73%:93%)、20°C(64%:92%)および25°C(54%:88%)で予措処理し、その後5°±0.5°C、88±5%RHの恒温で貯蔵し、果実品質を調べた。

1. 予措処理中の目減りは、予期したとおり高温・低湿区で大きく、低温・高湿区で小さかった。5°C本貯蔵中の目減りは高温予措区で小さく、貯蔵終了時の果実の目減りの、予措条件の違いによる差は小さくなった。果肉率、果汁率に対する予措処理の影響は明らかでなかった。

2. 果皮色の橙色化に対する予措処理の影響は、15°C処理区で最も大きく、10°C区がこれに次ぎ、1°C、25°C区では橙色化が極端に抑制された。

3. 貯蔵終了時の果実の糖度と酸含量(クエン酸として)は25°、20°、15°C予措区で高く、1°、5°C予措区で低い傾向を示した。

以上の結果から、中晩生カンキツ果実の貯蔵中の品質保持・改善に、10°~15°Cの予措処理が有効であろうと推論した。

引用文献

- Ben-Yehoshua, S., E. Barak and B. Shapiro. 1987. Postharvest curing at high temperature reduces decay of individually sealed lemons, pomelos, and other citrus fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112: 658-663.
- Chalutz, E., J. Walks and M. Schiffmann-Nadel. 1981. The different responses of several citrus fruit cultivars to low temperatures. *Proc. Int. Soc. Citriculture (Tokyo)*. p. 773-774.
- Chun, D., W. R. Miller and L. A. Rises. 1988. Grapefruit storage decay and fruit quality after high-temperature prestorage conditioning at high or low humidity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113: 873-876.
- 長谷川美典・伊庭慶昭. 1983. カンキツ類の貯蔵に及ぼす温度の影響. I. 果皮色に及ぼす影響. 果樹試報. B10: 119-128.
- 長谷川美典・伊庭慶昭. 1984. カンキツ類の貯蔵に及ぼす温度の影響. II. 貯蔵前予措の温度について. 果樹試報. B11: 53-61.
- Hatton, T. T. and R. H. Cubbedge. 1982. Conditioning Florida grapefruit to reduce chilling injury during low-temperature storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 57-60.
- Hatton, T. T. and R. H. Cubbedge. 1983. Preferred temperature for prestorage conditioning of 'Marsh' grapefruit to prevent chilling injury at low temperatures. *HortScience* 18: 721-722.
- Kanlayanarat, S., Oogaki and H. Gemma. 1988. Occurrence of rid-oil spot of Hassaku (*Citrus hassaku* Hort. ex Tanaka) fruit stored under different temperatures and humidities. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 57: 513-520.
- 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: 350-354.
- 牧田好高. 1987. ウンシュウミカンの予措温度条件と貯蔵果の品質. 農流技研会報. 96: 1506-1509.
- Miller, W. R., D. Chun, L. A. Risse and T. T. Hatton. 1990. Conditioning of Florida grapefruit to reduce peel stress during low-temperature storage. *HortScience* 25: 209-211.
- 邨田卓夫. 1971. 柑橘類果実の生理および貯蔵に関する研究. (第2報). 予措乾燥および貯蔵湿度が温州ミカン果実の生理及び品質に及ぼす影響. 園学雑. 40: 280-286.
- 邨田卓夫. 1974. 柑橘類果実の生理および貯蔵に関する研究. (第5報). ミカン果実の有機酸代謝と予措乾燥. 園学雑. 42: 398-401.
- 邨田卓夫. 1977. 柑橘類果実の生理および貯蔵に関する研究. (第8報). 温州ミカン果実の酸および糖の代謝. 園学雑. 46: 375-379.
- 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: 516-520.
- Murata, T. 1988. Temperature responses in citrus fruit after harvest. p. 69-79. In: J. B. Peterson (ed.). *Postharvest handling of tropical and subtropical fruit crops*. FFTC Book Series No. 37. Taipei.
- 邨田卓夫. 1989. 収穫後のカンキツ果実の温度に対する反応. 柑橘研究 15: 31-36.
- 邨田卓夫・山脇和樹. 1989. 異なった湿度で予措乾燥した数種カンキツ果実の呼吸の変化. 園学雑. 58: 723-729.
- 佐藤 隆・三股 正・佐藤瑞穂・白石利雄・秋田忠雄. 1988. カボスの貯蔵に関する研究. グリーンカボスの低温貯蔵技術の確立. 大分柑試研報. 4: 31-51.
- Schiffmann-Nadel, M., F. S. Lattar and J. Waks. 1971. The response of grapefruit to different storage temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 87-90.
- Uthaibutra, J. and H. Gemma. 1991. Influence of storage temperature on ultra-structural changes and water loss of hassaku fruit. *J. Jap. Soc. Cold Preservation of Food* 17: 58-64.
- Wang, C. Y. 1990. Alleviation of chilling injury of horticultural crops. p. 281-302. In: C. Y. Wang (ed.). *Chilling injury of horticultural crops*. CRC Press, Florida.
- Wheaton, T. A. and I. Stewart. 1973. Optimum temperature and ethylene concentrations for postharvest development of carotenoid pigments in citrus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98: 337-340.
- Wild, B. L. and C. W. Hood. 1989. Hot dip treatments reduce chilling injury in long-term storage of 'Valencia' orange. *HortScience* 24: 109-110.