한국농화학회지 제42권 제3호(1999)
Hanguk Nongwhahak Hoechi
(J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.)
Vol. 42, No. 3, pp.223~228 (1999)

저장습도가 온주밀감의 저장에 미치는 영향

고정삼* · 이상용

제주대학교 농과대학 원예생명과학부

초 록 : 제주산 궁천조생 온주밀감의 저장효과를 검토하기 위하여 저장 중 각각 3℃, 90%와 85% 상대습도에서 저온저장하였으며, 습도 조절이 안된 상온저장과 비교하였다. 중량감소는 저장 98일까지 각각 90% 습도에서는 3.40%, 85% 습도에서는 6.92%, 상온저장에서는 11.87%로서 습도가 높을수록 중량감소는 적었다. 그러나 90% 습도에서 저장한 감귤은 저장 98일 이후 부패율이 3.87%에서 급격히 증가하여 126일에 48.75%에 이르렀다. 과육율과 가용성고형물은 저장기간 중 큰 변화를 보이지 않았다. 경도는 저장 중 계속하여 감소하였고, 특히 상온저장에서 감소가 심하였다. 산 함량과 비타민 C 변화는 호흡작용에 의해 저장기간이 경과함에 따라 계속하여 감소하였다. 상온저장에서는 저온저장에 비해 착색이 계속 진행됨을 알 수 있었다. 관능평가와 내용성분을 기준한다면 품질 유지를 위해서는 3℃, 85% 상대습도에서 수확후 100일 정도가 조생온주 밀감의 최적 저장기간으로 판단되었다. (1999년 4월 13일 접수, 1999년 5월 17일 수리)

서 론

감귤의 상품성은 겉보기와 신선도, 그리고 내용성분인 산과 당 함량에 따라서 좌우된다. 제주산 감귤 생산량이 년평균 60만톤을 넘어서면서 출하 조절을 위한 저장기술 개발과 실용화가 요구되고 있으나, 현재 생산농가에서는 대부분 간이창고를 이용한 상온저장에 의존하고 있는 실정이다. 국내에서의 감귤 저장에 관한 연구결과들이 일부 보고[1-6]된 바 있으나 이를 실용화하기 위해서는 보다 종합적인 연구가 진행되어야 할 것이다. 감귤저장에 영향을 주는 요인으로는 저장 감귤의 선택에서부터 저장전 처리(豫措), 부패미생물의 제어, 온도와 습도를 포함하는 저장 환경의 조절 등을 들 수 있다. 제주산 감귤을 시료로 하여 저장전 처리,[7] 저장온도에 대한 검토는 이루어졌으나[3,5,6] 저장습도에 대한 검토는 없었다. Iba등[8]은 1963년부터 10년간 온주밀감의 저온저장을 수행한 결과, 저온저장에서 습도가 높으면 상온저장보다 부패과가 증가되고, -2℃에서는 과피가 동결되었으며 1℃~2℃의 경우 미숙과에서 저온장해가 발생하였다고 하였다. 본 연구에서는 상온저장을 포함하여 습도를 달리한 저온저장에서의 감귤의 신선도 유지에 미치는 영향을 검토하였다. 따라서 제주지역에서 주로 생산되고 있는 조생온주 밀감의 신선도 유지와 출하기간을 연장함으로써 물량조절 기능을 향상시키기 위하여 저장 중 습도 조건이 감귤저장에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

저장감귤

본 실험에 사용된 온주밀감은 관행 수확기로 알려진 11월 28일 남제주군 남원읍 한남리 소재 농가에서 재배되고 있는 궁천조생(*Citrus unshiu* Marc. var. *miyagawa*)을 사용하였다. 감귤시료는 착색이 95% 이상이고 부피(浮皮)가 없고 상품성이 큰 중간 크기인 직경 55~65 mm인 것으로 가능한 기계적 손상이 없도록 수확하였다.

저장전 처리

저장감귤은 항곰팡이제로 인다센(유효성분 4-chlorophenyl-butyonitrile 1.5%와 ethylene bis dithiocarbamate 65%)을 1,300배로 희석한 용액(유효농도 기준 0.05%)에 침지 처리한 후 풍건시켰다. 전처리 조건은 중량감소가 3~4%가 되도록 35℃에서 24시간 처리한 다음 저장고에 입고하였다.

저장조건

내부공간이 36×200×270 cm인 농촌진흥청 감귤시험장의 저온저장고와 내부 공간이 180×270×220 cm인 제주대학교 저온저장고에 내부온도를 각각 3±0.5℃가 되도록 조절하였다. 상대습도를 85±2%와 90±2%가 되도록 가습량이 2.4~3 *l*/h인 산업용 초음파가습기(동림엔지니어링)가 설치된 저온저장고와 남제주군 남원읍 한남리 소재 생산농가에서 감귤저장이 이루어지는 상온저장고의 일부를 임대하여 수행하였다. 저온저장고에 입고하기 전에 결점과를 선별한 후 각 처리구의 감귤을 플라스틱 컨테이너(내부면적, 32×48×16 cm)에 약 10 kg(100과/상자)씩 넣었다.

분석방법

부패율은 임의로 선정한 3상자(100과/상자)에 대한 총감귤수당 부패과 발생량을 백분율로 나타내었다. 감귤의 경도는 직경 3 mm(No. 17) probe가 부착된 texture analyzer(model TAXT-2, U.K.)을 사용하여 측정한 후 최대값과 최소값을 제외한 평균값으로 나타내었다. 착즙한 과즙의 산 함량 측정은 적정법에 의해 측정하였으며, 과즙의 가용성고형물은 과즙을 refractometer(RA-510, Kyoto Electronics, Japan)를 사용하여 측정하였다. 총당은 과육을 homogenizer로 분쇄한 다음 0.7 N HCl로

찾는말 : 저온저장, 온주밀감, 저장습도
*연락저자

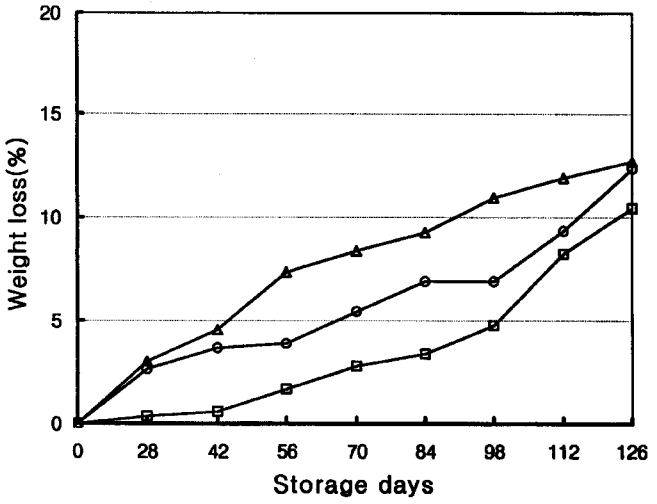

Fig. 1. Changes of weight loss by different relative humidity during storage. -□- 90%, -○- 85%, -△- Room temperature; Cold storage was carried out at 3°C, 85% or 90% relative humidity, and room temperature storage was without humidity control.

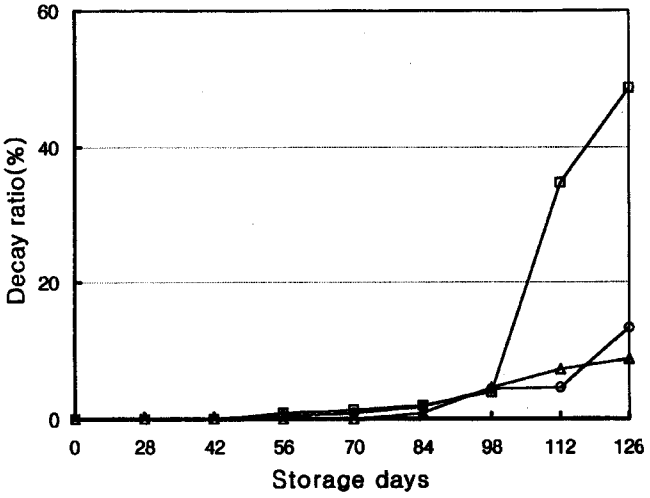

Fig. 2. Changes of decay ratio by different relative humidity during storage. - □ - 90%, - ○ - 85%, - △ - Room temperature.

가수분해한 용액을 0.7 N NaOH으로 중화한 다음 정용한 후 여과한 여액을 시료로 하여 Somogyi-Nelson방법[9]으로 정량하였다. 비타민 C는 시료 10 g를 5% metaphosphoric acid 50 m*l*를 가한 후 마쇄하여 감압여과하고 찌꺼기는 소량의 물로 세척하여 추가로 추출한 후 100 m*l*로 한 다음 hydrazine비색법[10]에 준하여 분석하였다. 감귤의 색도는 색차계(Color Techno System, JP7200F, Japan)에 의해 L, a, b값을 측정하였으며, a/b값을 color index로 나타내었다.

관능검사

저장 감귤의 상품성을 평가하는 방법으로서 관능검사요원은 식품의 관능검사에 대한 경험이 있는 대학생 15명을 선발하였으며, 맛, 색깔, 향기, 외관에 대하여 7점 스마일테스트(7-point scale with smiling, 1 = dislike extremely, 7 = like extremely)로 관능평가를 실시하였다.[15] 저장기간에 따라 출고 후 바로 실시한 것과 출고 후 상온에 방치하여 일정 기간 경과후에 관능검사를 실시하여 유통 중의 상품성을 평가하였다.

결과 및 고찰

저장용 감귤의 물리화학적 특성

Table 1은 감귤을 수확한 후 저장전 감귤의 물리화학적 특성을 분석한 결과로서 가용성고형물은 11.41 °Brix였으며 산 함량은 1.28%였고, 수분 함량은 90.06%, 경도는 945.0 g-force, 비타민 C는 45.61 mg/100 g으로서 비교적 높은 편이었으나 다른 성분은 Koh 와 Kim[11]의 보고와 비슷하였다.

Table 1. Physicochemical properties of *Citrus unshiu* Marc. var. *miyagawa* before storage.

Moisture	90.06	%	Crude fibre	0.33	%
Soluble solids	11.41	°Brix	Crude fat	0.49	%
Acid content	1.28	%	Crude protein	0.61	%
pH	3.11		Ash	0.28	%
Total sugar	7.51	%	Firmness	945.0	g-force
Reducing sugar	2.94	%	Specific gravity	0.85	
Vitamin C	45.91	mg/100 g	Fruit index	1.21	

중량감소와 부패율

습도를 달리하였을 경우 저장기간 중 중량감소와 부패율은 Fig. 1과 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 수분증발에 의한 중량감소는 저장 98일까지 각각 90% 습도에서는 3.40%, 85% 습도에서는 6.92%, 상온저장에서는 11.87%로서 습도가 높을수록 중량감소는 적었다. 그러나 Fig. 2에서 보는 바와 같이 98일 이후 90% 습도에서는 부패율이 급격히 증가하여 저장 126일에 48.75%로서 1/2 정도가 부패되는 것을 알 수 있었다. 상온저장에서는 온습도 조절이 이루어지지 않아 기상조건에 따라 차이가 있었으나 2월 중순까지 상대습도가 80%를 밑돌아 비교적 건조한 상태를 유지하여 저장감귤이 위조현상이 발생하였고, 그 이후는 점차 습도가 높아지는 경향을 보였다.[3]

부패과의 발생은 처리구에 따라 차이가 있었으나 저장 56일부터 부분적으로 나타나기 시작하였다. 부패과의 발생원인으로는 미숙과, 수확할 때의 상처과, 미생물에 오염된 감귤이나 전처리 과정 중에 물리적인 손상에 의한 영향 등이 주요 요인이라고 할 수 있다. 같은 처리를 하더라도 반복 처리구 사이에도 차이가 있었으며, 이에 따라 처리구 사이에 명확한 차이를 해석하기가 어려웠다. 이는 부패원인이 되는 감귤의 혼입 정도가 전체 부패율에 영향을 주는 것으로 판단되었으며, 정확한 부패율을 측정하는 일은 쉽지 않았다. 전체적인 경향으로 볼 때 저장 98일까지 부패율이 5% 미만인 것은 저장전 항균제와 고온처리로 인하여 오염된 미생물 수의 감소와 항균제에 의한 미생물의 생육억제에 기인하는 것으로 여겨진다. 즉, 저장전 항균제 침지처리는 감귤부패에 원인균인 *Penicillium digitatum*과 *Alternaria citri*의 발생빈도를 감소시킬 수 있으나, 저장 후기에는 항균제 활성의 감소와 감귤의 수확후 생리적 작용으로 저장조건에 따라 부패균의 발생빈도가 급격히 높아지는 것으로

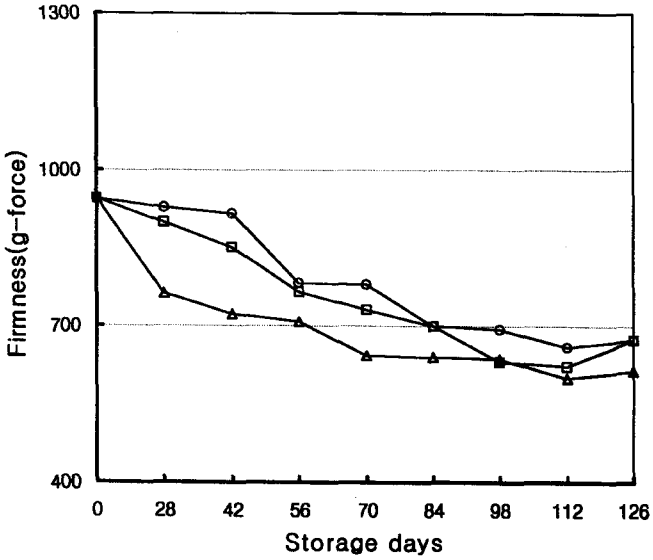

Fig. 3. Changes of firmness by different relative humidity during storage. - □ - 90%, - ○ - 85%, - △ - Room temperature.

판단된다.

물리적 특성의 변화

저장감귤의 경도 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 과육율은 초기 신선한 상태에서는 과피가 차지하는 비율이 높아 낮았으나 저장전 처리로 인하여 다소 증가하여 저장기간 중 거의 일정한 수준을 유지하였다. 그러나 90% 습도에서는 저장 후기에 과습으로 인한 과피 중량의 증가로 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 저장 감귤의 크기가 일정하지 않을 경우 크기가 클수록 껍질이 두꺼워지고[12] 이에 따라 경도가 증가하여 측정 시료 사이에 차이를 나타내는 것으로 보인다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 경도변화는 저장기간이 길어질수록 계속하여 완만하게 낮아졌으며, 85% 습도에서 상대적으로 높게 유지되는 것을 알 수 있었다. 상온저장에서는 저온저장에 비해 경도 저하가 커지는 것은 감귤의 생리적 작용에 의한 껍질조직이 유연

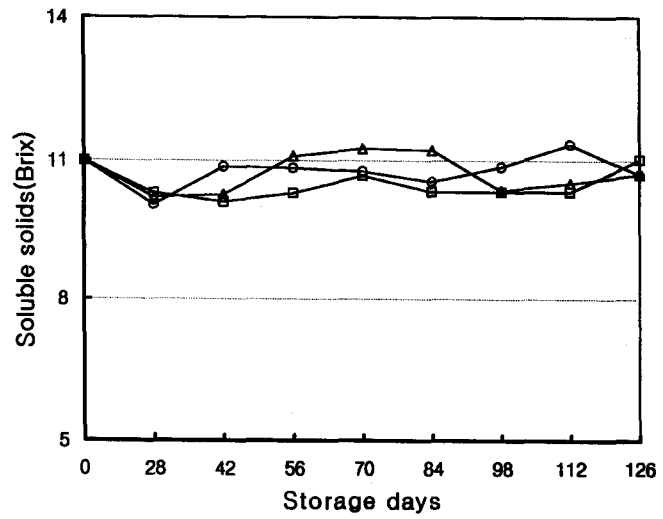

Fig. 4. Changes of soluble solids by different relative humidity during storage. - □ - 90%, - ○ - 85%, - △ - Room temperature.

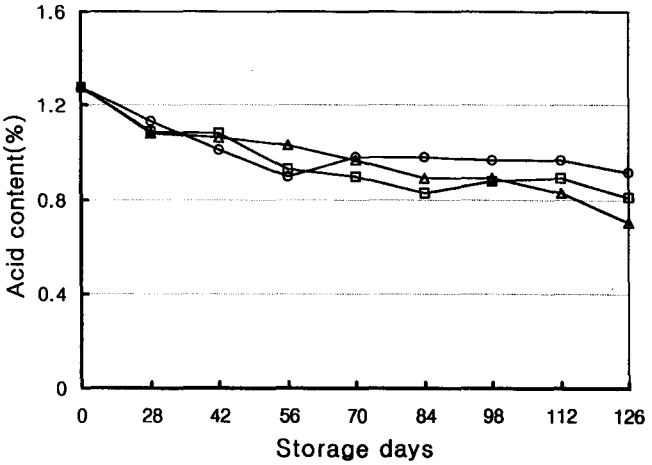

Fig. 5. Changes of acid content by different relative humidity during storage. - □ - 90%, - ○ - 85%, - △ - Room temperature.

화가 일어나고 있음을 알 수 있었다.

내용성분의 변화

저장기간 중 감귤의 내용성분인 가용성고형물과 산 함량의 변화를 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. 가용성고형물은 저장기간 중 큰 변화를 보이지 않았으나 산 함량은 Fig. 5와 같이 모두 시간이 경과할수록 서서히 감소하는 경향이었다. 저장 중 총당 함량도 저장기간이 경과함에 따라 거의 일정하게 유지되었으나 약간 증가하는 경향이었다. Kubo 와 Haginnma[13]에 의하면 감귤은 수확 후에도 계속되는 호흡작용으로 내용성분의 변화와 과피로부터 수분증발이 일어난다고 하였는데, 본 실험에서도 이와 비슷한 결과를 나타내었다. 총당의 경우 과육으로부터 과피로 수분이동에 의한 중량감소를 유발하여 내용성분의 농축효과로 인하여 변화 폭이 크지 않는데 비하여 유기산은 호흡작용의 기질로 사용되는데 기인한 것으로 보인다. Iwasaki등[16]은 저장 중 성분변화를 조사하고 소비자의 기호적인 맛을 조사한 결과 산 함량이 0.7%~0.8%인 상태에서 소비

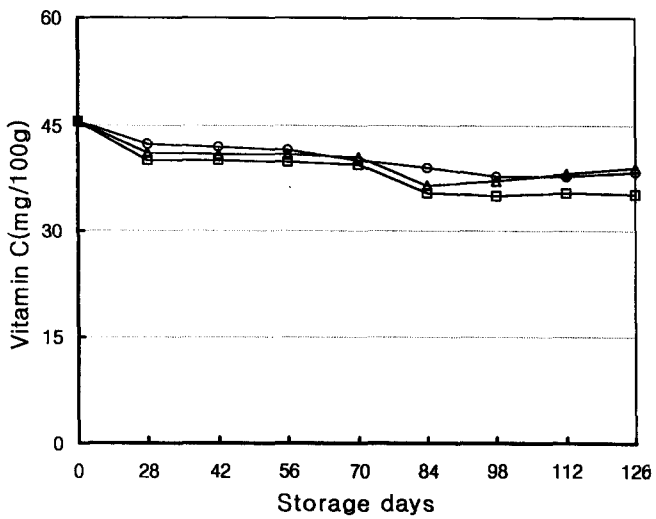

Fig. 6. Changes of vitamin C by different relative humidity during storage. - □ - 90%, - ○ - 85%, - △ - Room temperature.

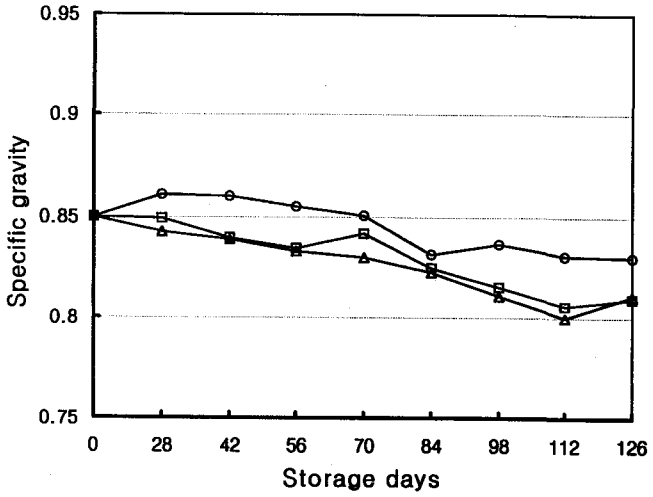

Fig. 7. Changes of specific gravity by different relative humidity during storage. - □ - 90%, - ○ - 85%, - △ - Room temperature.

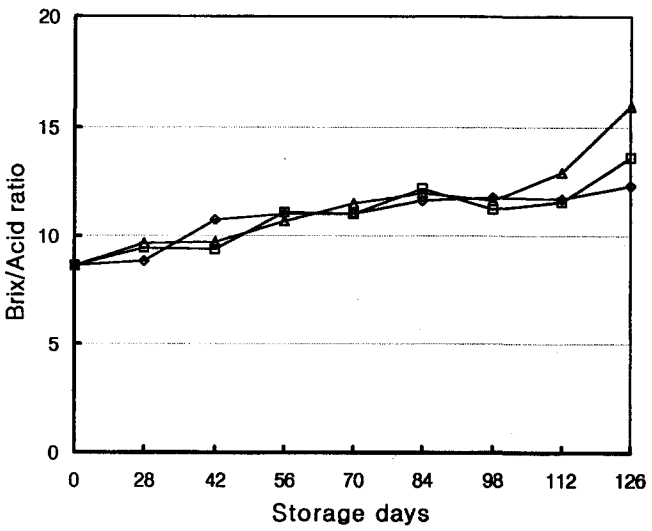

Fig. 8. Changes of Brix/Acid ratio by different relative humidity during storage. - □ - 90%, - ○ - 85%, - △ - Room temperature.

자의 기호성이 높으며 0.7% 이하에서는 당 함량이 많다고 하더라도 기호성은 낮다고 하였다. 상온저장에서는 저장 후기에 산 함량이 감소하여 맛이 담백해지고 풍미가 감소되는 경향이었다. Fig. 6은 저장기간에 따른 비타민 C 함량의 변화를 나타내었다. 저장기간에 따라 비타민 C 함량은 계속하여 서서히 감소되는 경향을 나타내었다.

Table 2에서 보는 바와 같이 저장기간 중 색도의 변화에서는 측정시료에 따라 다소의 차이는 있었으나 L 값은 거의 변화를 보이지 않았다. 저온저장에서 color index(a/b)가 저장 초기에 0.36에서 0.42로 증가한데 비하여 상온저장에서는 계속 증가하여 저장 126일에는 0.47에 이르렀다. 이는 상온저장에서 착색이 계속되는데 비하여 저온저장에서는 착색이 크게 일어나지 않는 것으로 판단되었으며, 저온저장의 경우 완숙과를 저장하는 것이 바람직하다고 여겨졌다.

출고 후 부패율과 관능평가

저장감귤의 상품성을 평가하기 위하여 저장기간별로 출고 후 바로 관능평가를 실시한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다. 또한, 저장한 감귤의 출고 후 shelf life를 예측하기 위하여 98일간 저장한 감귤을 출고한 다음 상온에 방치하여 3일 후와 7일 후의 부패율, 중량감소, 관능검사를 각각 실시하였다(Table

Table 2. Changes of peel color during storage

Storage days	Cold storage								Room temperature storage			
	85% relative humidity				90% relative humidity							
	L	a	b	a/b	L	a	b	a/b	L	a	b	a/b
0	60.07	24.65	67.33	0.36	60.07	24.65	67.33	0.36	60.07	24.65	67.33	0.36
28	62.52	23.57	65.07	0.36	60.45	25.60	67.20	0.38	60.10	26.83	63.43	0.42
42	66.65	25.88	66.28	0.39	66.88	24.59	66.15	0.37	66.22	27.53	65.92	0.42
56	62.07	25.44	64.00	0.40	60.73	25.71	62.10	0.41	61.53	26.97	62.89	0.43
70	61.54	26.36	64.04	0.41	60.86	23.94	62.65	0.38	60.93	26.79	63.85	0.42
84	60.71	25.73	61.66	0.42	60.01	25.84	66.99	0.39	60.74	27.41	62.17	0.44
98	60.39	25.37	64.16	0.40	59.53	25.19	62.41	0.40	59.44	27.52	60.86	0.45
112	61.19	26.09	61.98	0.42	60.05	25.51	63.46	0.40	60.17	28.52	61.74	0.46
126	60.75	25.32	62.82	0.40	60.05	26.02	61.93	0.42	50.08	28.56	60.52	0.47

Table 3. Sensory evaluation of storaged fruit

Storage days	Cold storage								Room temperature storage			
	85% relative humidity				90% relative humidity							
	Taste	Color	Appearence	Flavor	Taste	Color	Appearence	Flavor	Taste	Color	Appearence	Flavor
56	4.31	5.06	5.25	4.31	4.00	4.25	4.00	4.06	4.63	4.75	5.00	4.38
84	4.00	4.66	5.25	5.25	3.58	4.83	4.83	4.83	5.17	4.67	5.17	4.67
98	3.94	4.66	4.72	4.33	3.77	4.94	3.89	4.21	4.22	4.61	4.27	4.00
112	3.75	3.95	4.10	3.90	3.90	4.65	4.30	4.10	4.30	4.44	4.10	4.30
126	3.89	3.67	4.00	4.00	4.22	3.44	3.66	3.72	3.44	2.83	2.22	3.27

Table 4. Decay ratio, weight loss and sensory evaluation of 98 days' stored fruits after drawn out from cold chamber

Treatment	After 3 days						After 7 days					
	Decay ratio(%)	Weight loss(%)	Sensory Evaluation				Decay ratio(%)	Weight loss(%)	Sensory Evaluation			
			Taste	Color	Appearence	Flavor			Taste	Color	Appearence	Flavor
85% RH, cold strage	1.33	1.79	4.38	4.83	4.83	4.22	8.69	5.85	5.00	5.33	5.22	5.00
90% RH, cold strage	1.99	2.60	4.00	4.50	4.94	4.16	11.83	5.90	3.89	4.38	4.25	4.13
Room temp. storage	0.61	1.23	3.78	3.61	3.50	4.18	6.56	4.35	3.75	3.88	3.78	3.38

4). 관능검사 요원이 각각 다른 시기에 감귤에 대한 주관적인 관능평가가 이루어졌기 때문에 일정한 경향을 보인다고는 볼 수는 없다. 그러나 관능평가 결과 85% 습도에서는 126일 저장에서도 3.50점 이상을 유지하여 상품성을 유지한다고 볼 수 있으나, 상온저장에서는 매우 낮은 값을 나타내어 이미 상품으로서의 가치를 상실했음을 알 수 있었다. 상온저장했던 감귤의 경우 중량감소와 부패율이 상대적으로 적은데 비하여 90% 습도에서 저장했던 감귤은 출고.후 생리적 작용이 왕성히 일어나 부패율과 중량감소가 크게 일어나는 것을 알 수 있었다. 관능검사 결과에서 보는 바와 같이 저온저장에서는 3.50점 이상을 유지하여 상품성은 유지한다고 볼 수 있으나, 상온저장한 감귤은 모든 면에서 낮은 점수를 보여 저온저장한 감귤에 비해 상품성이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 따라서 장기간 저장하는 감귤의 경우 저온저장이 필요하다는 것을 보여주고 있다.

관능평가와 내용성분을 기준으로 한 조생온주 밀감의 저장의 경우 Table 3에서 보는 바와 같이 비교적 신선도가 유지되는 100일 정도가 알맞을 것으로 판단되지만 지금까지 품질이 다소 떨어진 온주밀감도 장기간 유통되어 왔던 관습으로 인하여 장기저장한 감귤의 소비가 당분간 지속될 것으로 보인다. 그러나 신선 과일을 선호하는 소비자 구매성향의 변화를 고려한다면 장기 저장하는 온주밀감의 경우 85% 습도에서 온도관리 등이 이루어진 최적 저장조건에서 선도유지를 위한 저온저장의 실용화가 농산물 개방화에 적극 대처할 수 있는 방법으로 여겨진다.

감사의 글

이 논문은 1998년도 학술진흥재단 학술연구조성비(농업과학)에 의해 이루어진 연구결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Park, N. P., Choi, E. H., Byun, K. E. and Back, J. H. (1972) Studies on the storage of citrus fruits. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **4**, 285-290.
2. Yoon, C. H. (1991) Studies on the controlled atmosphere storage of *Unshiu* orange. *Hanguk Nonghwahak Hoechi* **34**, 14-20.
3. Koh, J. S., Yang, Y. T., Song S. C., Kim, S. H. and Kim, J. Y. (1997) Cold storage characteristics of early variety of *Citrus unshiu* produced in Cheju. *Agric. Chem. Biotechnol.* **40**, 117-122,
4. Koh, J. S. and Kim, M. (1996) Cold storage of kiyomi tangor produced in Cheju. *Kor. J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products* **3**, 5-21.
5. Koh, J. S., Yang, S. H. and Kim, S. H. (1996) Cold storage of *Citrus unshiu* Marc. var. okitsu produced in Cheju. *Kor. J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products* **3**, 105-111.
6. Kim, S. H. and Koh, J. S. (1998) Storage life of Satduma mandarin as affected by storage temperature and seal packaging films. *Food Engineering Progress* **2**, 42-48.
7. Koh, J. S., Kim, W. T., Lee, S. Y., Kim, J. Y. and Kang, C. H. (1998) Effects on the storage life of Satsuma mandarin by the pretreatment at various temperatures. *Agric. Chem. Biotechnol.* **41**, 228-233.
8. Iba, Y., Yamada, Y., Nishimura, M., Kakiuchi, N. and Ito, S. (1976) Studies on the cold storage of Satsuma mandarin. *Bulletin of Fruit Tree Research Station*, Ser. B (Okitsu), **3**, 57-92.
9. Hatanaka, C. and Kobara, Y. (1980) Determination of glucose by a modification of Somogyi-Nelson method. *Agric. Biol. Chem.* **44**, 2943-2949.
10. Chu, H. K., Cho, H. H., Park, C. K., Cho, K. S., Chae, S. K. and Ma, S. C. (1995) Food Analysis, Hak Moon Pub. Co., Seoul, p. 355-359.
11. Koh, J. S. and Kim, S. H. (1995) Physicochemical properties and chemical compositions of citrus fruits produced in Cheju. *Agric. Chem. Biotechnol.* **38**, 541-545.
12. Koh, J. S. and Yang, Y. T. (1994) Factors affecting on the evaluation of *Citrus unshiu* produced in Cheju. *Kor. J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products* **1**, 9-14.
13. Kubo, N. and Haginuma, S. (1980) Effect of storage conditions on the quality and some components of Satsuma mandarin. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **49**, 260-268
14. Iwasaki, N., Oogaki, C., Iwamasa, M. and Ishihata, K. (1986) Adatability of citrus species based on the relationships between climatic parameters and fruit quality characteristics. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **55**, 153-168.
15. Meilgaard, M. T. (1990) Sensory evaluation techniques, CRE Press.

Effect of Humidity on the Storage Life of Satsuma Mandarin

Jeong-Sam Koh* and Sang-Yong Lee(*Faculty of Horticultural and Life Science, Cheju National University, Cheju, 690-756, Korea*)

Abstract : The storage effects of satsuma mandarin(*Citrus unshiu* Marc. var. *miyagawa*) by humidity control during storage; 90% relative humidity (RH) and 85% RH at 3°C, and room temperature were investigated. After 98 days' storage, weight losses were 3.40% for 90% RH, 6.92% for 85% RH, and 11.87% for room temperature storage. Decay ratio was increased rapidly from 3.87% on 98 days' to 48.75% on 126 days' storage for 90% RH. Soluble solids and flesh ratio were declined gradually, but the differences were not significantly. Firmness of fruits was continuously reduced during storage, especially on room temperature storage by the softening of the fruits. Acid content and vitamin C were gradually reduced during storage. Coloration was continuously progressed on room temperature, compared to cold storage. In order to keep freshness of the fruits, optimum storage period of early variety of Satuma mandarin was regarded for 100 days at 3°C, 85% RH on the basis of sensory evaluation and chemical compositions.

Key words : cold storage, Satsuma mandarin, relative humidity, citrus fruits

*Corresponding author