

유자의 냉각특성 및 저장중 품질변화

정진웅 · 이영철 · 김종훈 · 김의웅 · 남궁배
한국식품개발연구원

Cooling Properties and Quality Changes during Storage of Citron (*Citrus junos*)

Jin-Woong Jeong, Young-Chul Lee, Jong-Hoon Kim, Oni-Woong Kim and Bac Nahmgung
Korea Food Research Institute

Abstract

Quality changes in citron (*Citrus junos*) during storage were studied to investigate the efficiency, cooling properties and the washing and storage effects of hydrocooling method. As a result of plotting the nondimensionalized citron temperature versus cooling time, its cooling rate coefficient was shown to be $-0.012 \text{ min}^{-1} \sim -0.017 \text{ min}^{-1}$ ($R^2=0.97\sim 0.99$) at center, and to be $-0.033 \text{ min}^{-1} \sim -0.075 \text{ min}^{-1}$ ($R^2=0.89\sim 0.93$) at surface. During storage, weight loss was more affected by storage temperature than by pretreatment condition and it reached 22~23% after 7 weeks at 15°C and 10~11% after 8 weeks at 5°C in all samples. However, changes in moisture contents of hydrocooled citron were shown to be about 1~2% after 7 weeks while that of non-treated citron was about 3% after 1 week of storage at 5°C. And the change of pH, acidity and soluble solid content were not significantly different between each treatments during storage 5°C and 15°C. Changes in Hunter L, a, and b values of hydrocooled citron were lower than those of non-treated one as the storage time increased. The respiration rate of hydrocooled citron during storage at 15°C was 103.63 mg·CO₂/kg·hr, which is about 50% of that of non-treated citron.

Key words: hydrocooling, quality change, cooling rate coefficient, citron

서 론

최근들어 신선 과채류의 유통이 크게 증가되고 있으나 수확 후 유통 중의 수분손실에 의해 상품가치가 크게 저하되므로 특히 고온기에 생산되는 농산물은 유통기간을 연장하기 위해 예냉처리를 한다. 일반적으로 예냉은 과채류의 품온을 수확 즉시 단시간에 저장 및 수송에 적합한 온도로 내리므로써 신선대사 및 미생물학적 변화속도를 감소시켜 안전한 저장으로 유통기간을 연장시킬 수 있어, 예냉시스템을 설계해야 하는 냉동공학자들은 냉각율의 정확한 예측을 필요로 하고 있다^(1,2). 지금까지 알려진 냉각방식은 주로 공기 냉각으로, 강제순환 방식과 같은 급속냉각은 탈수의 위험을 초래하며, 진공냉각은 열채류와 같은 넓은 표면적을 가진 것에 효율적이나 비용이 비싸다는 단점이 있으나 냉수냉각은 공기냉각에 비해 수분손실이

적고 냉각속도가 빠른 것으로 보고되고 있다⁽³⁾.

한편, 유자는 저장성이 낮아 11월에 수확하여 1개월 이내 밖에 저장할 수 없기 때문에 일본에서도 80~100g 전후의 5~7할 정도 착색한 미숙과나 浮皮상태가 안된 양호한 것을 수확하여 저장하고 있으며, 특히 우리나라와 같이 과피를 주로 식용으로 하고 있는 실정에서는 세척을 겸한 냉각방식의 냉수예냉이 절실히 요구되는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 유자의 수확 후 이물 및 헝잡물 등의 제거를 위한 세척효과와 저장 중의 수분감소의 방지효과를 높이기 위해 침지 및 살수 겸용의 냉수 냉각 방식에 의해 유자의 냉각특성 및 저장 중 품질변화를 검토하여 냉수냉각장치의 제작에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 유자(*Citrus junos*)는 1994년 11월

Corresponding author: Jin-Woong Jeong, Korea Food Research Institute, San 46-1 Baekhyun-dong, Bondang-gu, Seongnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea

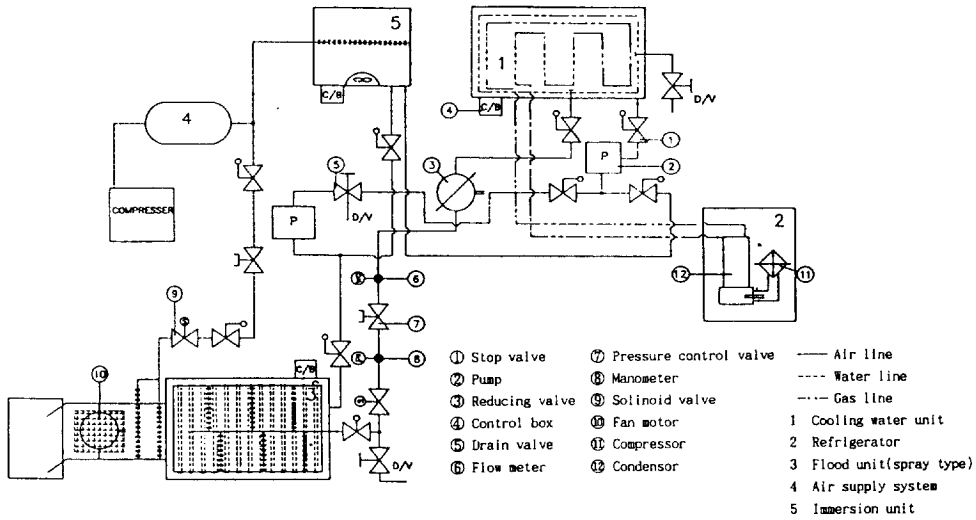


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus

초, 전남 고흥군의 재배농가에서 직접 수확하여 15 kg용 PVC상자에 담아 운반한 것을 사용하였으며, 유자의 크기 및 직경은 각각 6.5 ± 0.3 cm, 150.0 ± 2.5 g 으로 조사되었다.

장치의 설계 및 제작

본 실험에 사용한 냉수냉각 장치는 전보⁽⁶⁾에 소개한 바와 같이 냉각조, 침지조 및 살수조로 구분하였다. 실험장치의 개략도는 Fig. 1과 같다.

전처리 및 저장

본 연구에 사용한 재료의 전처리 방법과 저장시험 처리구는 Table 1과 같다.

즉, 실온(약 15°C수준)에서 3일간 방치한 다음 15°C의 수조에서 10분간 침지 후, 다시 실온에서 3일간 방치한 유자(시료 A)와 5°C 침지조에서 30분간 수냉처리 후 물기를 제거한 것(시료 C)으로 구분하여 10±0.5 kg씩 PVC container에 담아 저장하였다. 이와 같이 수처리 후의 시료는 무처리한 유자(시료 C)와 함께 각각 5°C 및 15°C의 저장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

이화학적 성분분석

중량감소는 초기중량에 대한 감소중량의 백분율로 나타내고, 표면색깔은 색차계(CHROMA Meter, CR-200, Minolta Co., Japan)로 유자의 중간 옆부위, 꼭지 및 밑부분을 각각 5회씩 Hunter L, a, b를 측정하여 산술평균하였다. 그리고 수분함량은 105°C 상압건조법

Table 1. Treatment methods for the storage test of citron

Sample	Treatment condition
A	Predrying for 3 days at 15°C → soaking for 10 min in water bath of 15°C → dried for 1 day at 10°C → storage at 5°C and 15°C
B	No pre-treatment → storage at 5°C and 15°C
C	Hydrocooling of 5°C → removing residual water → storage at 5°C and 15°C

으로, 산도는 0.1 N NaOH용액의 소비 ml를 구연산 농도로 환산하였으며⁽⁶⁾, 가용성 고형물은 굴절당도계 (No. 501, N.O.W. Co., Japan)로, pH는 pH meter (720A, ORION Co., Japan)로 각각 측정하였다.

호흡속도

Couture 등의 방법⁽⁷⁾을 이용하여 측정하였다. 즉, 직접 제작한 아크릴 용기에 측정할 시료를 넣고 온도별에 따라 일정시간 경과 후의 포집된 CO₂가스를 GC분석용 주사기를 이용하여 500 μl를 취한 다음, gas chromatograph (Shimadzu GC-15A, Japan)를 이용하여 아래와 같은 조건에서 측정하였다.

Column	Carbosieve S-II (80-100 mesh)
Injector temp.	230°C
Detector temp.	230°C
Oven temp.	35°C (hold 6 min)-32°C/min-220°C (hold 6 min)
Detector	TCD
Carrier gas	He
Injection volumn	0.5 ml

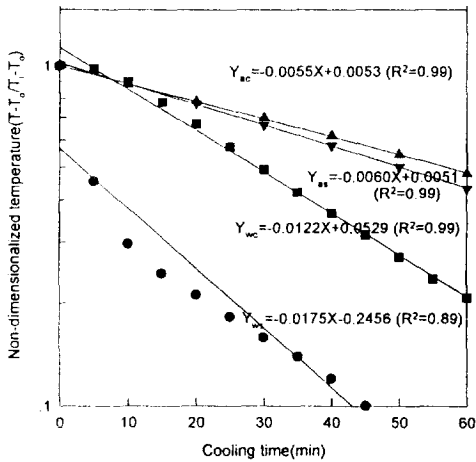


Fig. 2. Time-temperature response of citron by cooling method ($T_i=23.0^{\circ}\text{C}$, $T_0=1.5^{\circ}\text{C}$, $D=6.8\text{ cm}$) Y_{ac} : Temperature ratio at center in still air cooling, Y_{as} : Temperature ratio at surface in still air cooling, Y_{wc} : Temperature ratio at center in hydrocooling, Y_{ws} : Temperature ratio at surface in hydrocooling

온도측정

유자의 부위별 온도측정은 Hackert 등⁽⁶⁾의 방법에 따라 냉각과정의 온도변화를 직경 0.3 mm copper-constantan 열전대를 사용, 자동온도 기록계(Data Logger, Model : DIGI-STRIP III, USA)로 1분 간격으로 연속 측정하였다.

결과 및 고찰

냉각율(cooling rate)

본 실험에서의 냉각율은 냉각시간에 대해 무차원화한 시료온도를 semi-log로 plot하여 해석하였다^(5,9). 먼저 Fig. 2와 같이, 직경(D)이 6.8 cm인 시료 날개에 대하여 plot한 그래프의 기울기를 살펴보면, 냉기온도(T_0) 1.5°C 일 때 초기품온(T_i) 23.0°C 의 유자를 100분간 측정한 결과, 기울기는 표면에서 -0.006 ($R^2=0.99$), 중심에서는 -0.005 ($R^2=0.99$)로 계산되었고, 냉수온도(T_0) 1.5°C 에서는 초기품온 23.0°C 유자의 기울기가 표면이 -0.017 ($R^2=0.89$), 중심은 -0.012 ($R^2=0.99$)로 계산되었다. 이는 정 등⁽¹⁰⁾이 유자를 시료로 동일조건 하에서 침지식과 정지공기식의 냉각속도를 비교한 결과, 침지식이 정지공기식에 비해 약 2.6배 정도 빠르게 냉각되었으며, 또한 단시간에 걸친 예냉처리 시에는 내부 품온 차가 크다는 것과 일치하는 것을 볼 수 있었다.

한편, 냉각중 시료의 energy balance로부터 증발에

Table 2. Cooling rate coefficient for logarithm of non-dimensionalized temperature versus cooling time

Samples	Conditions	Slope ¹⁾	R ²
D=6.9 (center) ²⁾	$T_i=22.9^{\circ}\text{C}$, $T_0=2.0^{\circ}\text{C}$ ³⁾	-0.012	0.99
(surface)	$T_i=23.3^{\circ}\text{C}$, $T_0=2.0^{\circ}\text{C}$	-0.075	0.89
D=6.5 (center)	$T_i=20.2^{\circ}\text{C}$, $T_0=3.0^{\circ}\text{C}$	-0.017	0.99
(surface)	$T_i=20.2^{\circ}\text{C}$, $T_0=3.0^{\circ}\text{C}$	-0.033	0.92
D=5.5 (center)	$T_i=24.7^{\circ}\text{C}$, $T_0=4.0^{\circ}\text{C}$	-0.014	0.99
D=7.0 (center)	$T_i=24.1^{\circ}\text{C}$, $T_0=4.0^{\circ}\text{C}$	-0.013	0.99
D=7.5 (center)	$T_i=24.1^{\circ}\text{C}$, $T_0=4.0^{\circ}\text{C}$	-0.013	0.97
D=7.9 (center)	$T_i=24.3^{\circ}\text{C}$, $T_0=4.0^{\circ}\text{C}$	-0.014	0.99
D=8.0 (center)	$T_i=24.2^{\circ}\text{C}$, $T_0=4.0^{\circ}\text{C}$	-0.012	0.99

¹⁾Slope equals cooling rate coefficients and has units of minute^{-1}

²⁾D: Diameter (cm)

³⁾ T_i : Initial temperature ($^{\circ}\text{C}$), T_0 : Cooling medium temperature ($^{\circ}\text{C}$)

의한 열손실과 시료 내부에 있어 온도구배가 없다고 가정하면 온도변화는 일반적으로 식 (1)과 같은 시간의 함수로서 나타낼 수 있다⁽⁹⁾.

$$(T - T_0 / T_i - T_0) = e^{-(hA/mc)t} \tag{1}$$

여기서 $-hA/mc$ 는 냉각속도계수, T_0 는 냉각매체온도 ($^{\circ}\text{C}$), T_i 는 시료의 초기온도($^{\circ}\text{C}$), h 는 열전달계수($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$), A 는 면적(m^2), m 는 질량(kg), c 는 비열($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$), t 는 시간(min)이다.

이 식을 semi-log로 plotting한 회귀식의 기울기는 cooling rate coefficient와 일치한다. 이와같이 하여 나타낸 시료별 냉각조건에 따른 cooling rate coefficient와 R^2 값을 Table 2에 나타내었다.

처리조건별 저장 중의 이화학적 변화

유자의 처리조건에 따른 저장온도별 중량감소율 변화를 Fig 3에 나타내었다. 먼저, 저장온도 15°C 에서 무처리한 유자 B를 비롯한 모든 시료에서 저장 2주째부터 5% 이상의 증가를 보이면서 저장기간의 경과에 따라 저장 8주 후까지 거의 선형적으로 서서히 증가하여 모든 시료에서 약 20% 이상으로 증가하였고, 중량감소율은 예전처리하여 침지한 시료 A가 다소 낮게 나타났으나 타 시료에 비하여 거의 차이는 볼 수 없었다. 그리고 저장온도 5°C 에서는 저장 2주째까지는 시료 A가 5.06%, 시료 B는 5.45%, 시료 C는 6.14%로 비교적 낮은 중량감소율을 보였으나 저장 8주 후부터는 10~12% 수준으로 나타났다. 이와같이 수냉처리한 시료 C에서 중량감소가 큰 이유는 유자표면에 부착되어 있는 잔류물기가 증발하기 때문인 것으로 판단되었다. 이와 같은 결과를 미루어 볼 때, 일반적으로 상

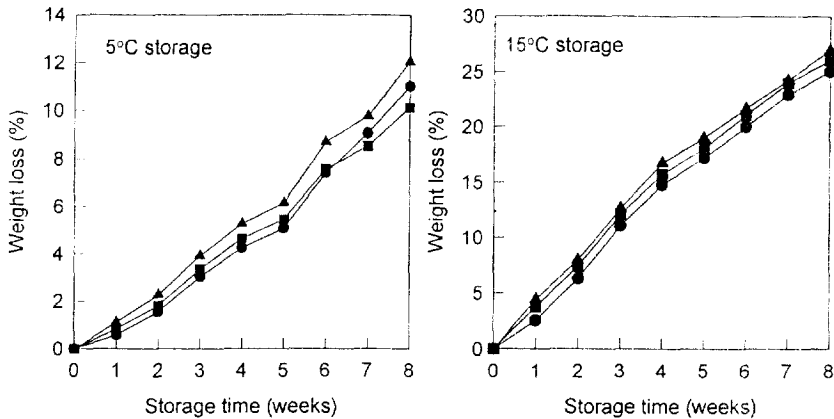


Fig. 3. Changes in weight loss of citron during storage Refer to the sample number of Table 1 for the meaning of legends ●—●, Sample A; ■—■, Sample B; ▲—▲, Sample C

Table 3. Changes in moisture content of citron by treatment condition during storage

(unit : %)

Storage temp. (°C)	Treatment condition ¹⁾	Storage duration (week)							
		0	1	2	3	4	5	6	7
5	A	88.41 ^a	87.13 ^b	86.44 ^c	86.22 ^c	87.28 ^b	86.96 ^{bd}	86.22 ^c	86.83 ^d
	B	88.64 ^a	85.52 ^b	86.39 ^c	85.82 ^b	86.20 ^c	85.66 ^b	84.52 ^d	85.96 ^b
	C	87.28 ^a	86.20 ^b	86.88 ^c	86.66 ^c	87.70 ^d	86.78 ^c	85.76 ^d	86.16 ^b
15	A	88.41 ^a	85.86 ^b	85.89 ^b	85.15 ^c	84.01 ^d	86.28 ^c	85.60 ^b	84.22 ^d
	B	88.64 ^a	86.76 ^b	86.56 ^b	85.90 ^c	85.60 ^c	85.38 ^c	83.30 ^e	85.38 ^{cd}
	C	87.28 ^a	86.90 ^b	85.42 ^c	86.09 ^d	86.72 ^b	85.06 ^c	87.04 ^{ab}	84.19 ^e

¹⁾Sample codes(A,B,C) are the same as explained in Table 1

²⁾Means with same superscripts in a row are not significantly different ($P < 0.05$)

차와 당근과 같은 야채류에 있어서의 중량감소는 저장온도가 낮을수록, 수냉처리로 어느 정도 방지할 수 있으나 유자와 같은 과일류에 있어서의 저장온도에 따른 중량감소의 차는 확실히 나타나지만 냉수처리에 의한 효과는 그다지 크게 나타나지 않음을 볼 수 있었다. 그리고 수냉처리의 효과를 실증하기 위해 무처리한 유자 B와 냉수처리한 유자 A 및 C의 저장 중 수분함량 변화를 검토한 결과는 Table 3과 같다. 즉, 유자의 수분함량 변화는 저장 5°C에서는 저장 1주 후 무처리한 시료 B에서 3% 이상의 수분감소를 보였으나 전처리한 시료 A 및 수냉처리한 시료 C는 저장 7주까지도 약 1~2% 정도로 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 또한, 저장 15°C에서는 시료 A 및 B에서는 저장 4주째 3~4% 정도의 수분감소를 보였으나 수냉처리한 시료 C는 감소경향이 거의 없음을 보여 주었다.

이와 같은 결과로 볼 때, 시료 A 및 C의 중량감소는 냉수처리에 의한 잔류불기의 증발은 급속히 일어나지만 유자 자체의 수분함량 변화는 무처리한 시료 B에 비하여 다소 낮으며, 더우기 저장온도 5°C에서는 거의

외관적 손상이 없는 것으로 보아 냉수처리의 효과가 있음을 알 수 있었다.

색택의 변화

저장중 유자표면에 있어서의 색택 변화를 살펴보기 위해 색치계로 측정된 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 전반적으로 Hunter L 및 b 값은 처리조건에 따라 다소간의 차이는 있었으나 전반적으로 다소 감소하는 경향을 나타낸 반면, a값은 저장기간의 경과에 따라 증가하는 경향을 보여 주었다. 즉, 밝기를 나타내는 L값은 모든 처리구에서 저장 3주째에 약간 떨어지는 경향을 보였으나 이 중에서도 수냉처리한 시료 C가 비교적 변화율이 낮았으며, 황색의 정도를 나타내는 b값도 무처리한 시료 B는 저장 초기에는 서서히 증가하다가 저장 2주째 부터 감소하는 경향을 보였고 예전처리한 시료 A는 초기부터 감소하였으나 수냉처리한 유자 C는 타 시료에 비해 변화속도가 매우 느린 것이 특징적이었다. 그리고 적색을 나타내는 a값은 모든 처리구에서 저장기간의 경과에 따라 증가하는 추세를 보였으나

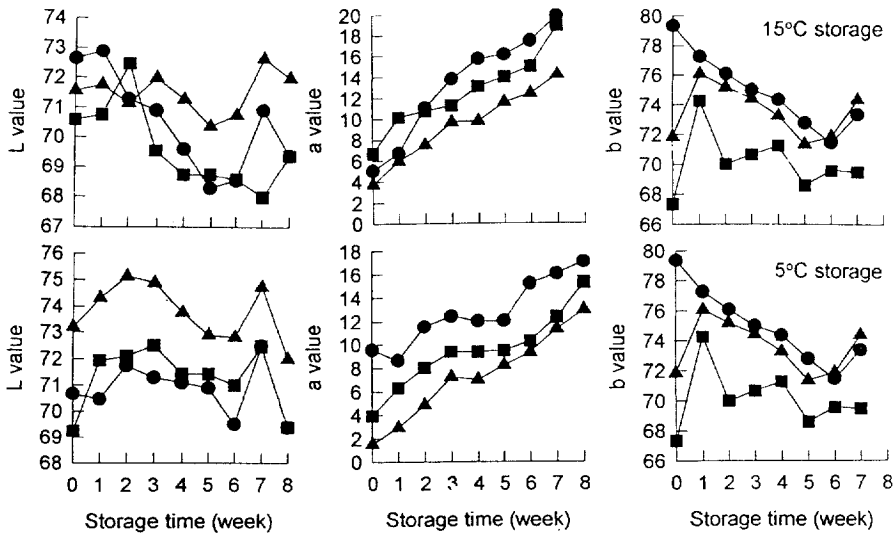


Fig. 4. Changes in Hunter L, and b value of citron during storage at 5°C and 15°C Refer to the sample number of Table 1 for the meaning of legends ●—●, Sample A; ■—■, Sample B; ▲—▲, Sample C

수냉처리한 유자C는 시료 B 및 A에 비해 증가폭이 다소 느리게 나타나 변색의 정도가 타 시료에 비해 느리다는 것을 알 수 있었다.

화학적 품질변화

유자 저장 7주 동안의 pH, 산도 및 가용성 고형분의 변화를 Table 4에 나타내었다.

먼저, pH의 변화를 살펴보면 저장 초기에는 처리조건에 관계없이 pH 3.24~3.27수준으로 나타났으며, 5°C 저장의 경우 무처리한 시료 B에서는 완만한 감소 경향을 나타내어 저장 7주후 pH 3.08인 반면에 수냉처리한 시료 C는 저장 6주후 pH 3.24로 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 그리고 15°C 저장에서는 대체적으로 감소의 폭이 5°C보다는 다소 빠르나 처리조건에 관계없이 모든 처리구에서 유사한 경향으로 감소하였다. 그리고 산도의 변화는 5°C저장에 있어 저장 7주 후 A, B, C 처리구의 산도가 각각 3.55%, 3.83% 및 3.36%로 나타나 무처리구인 B의 경우가 타 처리구에 비해 약간의 미미한 증가를 보였으나 처리구에 따른 큰 차는 볼 수 없었으며 15°C 저장의 경우에도 유사한 경향을 보여 주었다.

한편, 과실의 품질에 있어 중요한 인자 중의 하나인 가용성 고형분 함량의 변화를 살펴본 결과, 처리구별 초기값은 9.4~9.7Bx로, 5°C저장 7주 후에는 10.0~10.2Bx로 약간의 차이를 보였으나 15°C 저장에 있어서는 무처리 시료 B가 저장 7주 후 12.4Bx로 증가한 반면에 수냉처리한 시료 C와 예건처리한 시료 A는

저장 7주 후 11.6Bx로 시료 B보다 다소 적게 증가한 것으로 나타났다.

이와 같은 결과로 볼 때, pH, 산도 및 가용성 고형분 함량의 변화는 전처리조건보다 저장온도의 영향이 큰 것으로 여겨지며, 특히 유자는 저장 중 저온에서는 화학적 변화가 그다지 크지 않으며 저장온도가 높을수록 증가한다는 것을 확인하였다.

호흡속도

수확 후 과채류의 생리현상은 조직 내의 기존물질의 분해작용, 즉 호흡작용과 증산작용으로 인하여 발아, 발근, 시듦, 후숙, 조직의 연화 또는 경화 등 여러 형태로 품질이 저하된다. 이와 같은 수확 후의 호흡량은 과채류의 종류 및 품종, 속도, 저장환경조건 등에 따라 차이가 있으나 대체로 생장이 왕성하고 저장력이 약한 것 즉, 식물의 영양체가 바로 수확의 대상이 되는 엽채류의 호흡량은 근채류에 비해 훨씬 크며 과채류는 일반적으로 그 중간 수준으로 보면 된다⁽¹³⁾. Table 5는 유자를 대상으로 저장온도별에 따른 호흡속도를 측정한 것으로, 유자는 비교적 낮은 온도인 10°C 범위에서는 5°C에 비하여 약 2.2배, 15°C에서는 약 3.4배, 20°C 범위에서는 약 4.1배의 호흡속도를 보여 온도상승에 따른 호흡속도는 증가하였으나 증가경향은 낮은 온도 구간에서 더 크게 나타났다. 이는 김등^(13,14)이 양상치 및 표고버섯에 있어 시험한 결과, 양상치의 호흡속도는 0°C에 비해 25°C의 경우 4배 이상 증가하였고 Q₁₀은 저온측에서 온도상승에 따른 호흡

Table 4. Changes in pH, acidity and soluble solid of citron by treatment condition during storage

Storage temp. (°C)	Treatment condition ¹⁾	Storage duration (week)								
		0	1	2	3	4	5	6	7	
pH	5	A	3.24 ²³⁾	3.34 ^b	3.29 ^{ab}	3.16 ^c	3.10 ^c	3.22 ^{cd}	3.21 ^d	3.12 ^c
		B	3.28 ^c	3.24 ^a	3.22 ^{ab}	3.16 ^c	3.41 ^d	3.30 ^{de}	3.09 ^d	3.08 ^d
		C	3.27 ^c	3.27 ^a	3.26 ^d	3.17 ^b	3.20 ^{bc}	3.22 ^c	3.24 ^c	3.27 ^{cd}
	15	A	3.24 ^a	3.17 ^b	3.16 ^b	3.17 ^b	3.19 ^b	3.19 ^b	3.07 ^c	3.06 ^c
		B	3.28 ^c	3.23 ^b	3.23 ^b	3.09 ^c	3.24 ^{cd}	3.28 ^c	3.08 ^c	3.10 ^c
		C	3.27 ^c	3.20 ^b	3.23 ^b	3.01 ^c	3.24 ^{ab}	3.17 ^{bd}	3.08 ^c	3.10 ^c
Acidity (%)	5	A	2.79 ^a	3.20 ^b	3.59 ^c	3.64 ^d	3.75 ^c	3.73 ^c	3.81 ^d	3.55 ^c
		B	2.61 ^a	3.58 ^b	3.62 ^c	3.40 ^d	3.63 ^{bc}	3.47 ^d	4.10 ^e	3.83 ^b
		C	2.82 ^a	3.34 ^b	3.30 ^b	3.40 ^c	3.79 ^d	3.79 ^d	4.18 ^e	3.36 ^{bc}
	15	A	2.79 ^a	3.89 ^b	3.94 ^{bc}	4.00 ^{cd}	4.08 ^c	4.02 ^d	4.11 ^d	4.23 ^d
		B	2.61 ^a	3.50 ^b	3.71 ^c	3.85 ^d	3.88 ^{de}	3.84 ^{de}	3.69 ^d	4.19 ^e
		C	2.82 ^a	3.46 ^b	3.68 ^c	4.33 ^d	4.10 ^c	4.10 ^c	4.16 ^{cd}	4.20 ^{de}
Soluble solid ("Bx)	5	A	9.7 ^a	9.6 ^a	9.6 ^a	10.8 ^b	10.2 ^{bc}	10.3 ^{bc}	10.2 ^{bc}	10.0 ^{bc}
		B	9.4 ^a	10.2 ^b	9.8 ^{bc}	10.3 ^b	9.9 ^{bd}	10.1 ^{bd}	10.5 ^c	10.2 ^{bd}
		C	9.4 ^a	10.0 ^b	9.6 ^{ab}	9.9 ^{ab}	9.9 ^{ab}	9.9 ^{ab}	10.6 ^c	10.0 ^b
	15	A	9.7 ^a	10.1 ^{ab}	10.1 ^{ab}	10.6 ^b	10.6 ^b	11.0 ^c	12.0 ^d	11.6 ^{cd}
		B	9.4 ^a	9.6 ^a	9.6 ^a	10.4 ^b	11.0 ^c	9.9 ^{ab}	10.2 ^{bd}	12.4 ^e
		C	9.4 ^a	9.5 ^a	10.1 ^b	10.9 ^c	10.2 ^b	10.3 ^b	10.5 ^{bc}	11.6 ^d

¹⁾Sample codes(A,B,C) are the same as explained in Table 1

²⁾Means with same superscripts in a row are not significantly different (P<0.05)

Table 5. Respiration rate of samples by storage temperature

Temperature (°C)	Respiration rate ¹⁾ (mg CO ₂ /kg hr)
5	33.74 ²³⁾
10	74.85 ^b
15	113.87 ^c
20	138.76 ^d

¹⁾All values are means of triplicate determinations

²⁾Means with same superscripts are not significantly different (P<0.05)

속도 증가가 더 크게 나타났다는 보고와 유사하였다. 한편 Fig. 5는 저장온도 15°C에서의 처리구별에 따른 유자의 호흡속도를 비교한 것으로, 수확후 무처리한 유자의 초기 호흡율은 184.31 mg CO₂/kg·hr로서 저장 2일째까지는 비교적 높은 값을 유지하다가 3일째부터 급격히 떨어진 반면에 수냉처리한 유자C는 저장 1일째 호흡량이 무처리구의 약 1/2 수준인 103.63 mg·CO₂/kg hr으로 수냉효과가 호흡억제에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이는 5°C 수냉처리에 의한 낮은 품온으로 인해 자체 호흡속도가 감소했기 때문인 것으로 판단되었다. 그러나 저장기간의 경과에 따라 수냉처리한 유자의 품온 상승과 더불어 저장 3일째에는 73.44 mg·CO₂/kg·hr으로 다소 증가하였으나 타 처리구에 비해 다소 낮은 호흡량으로, 이러

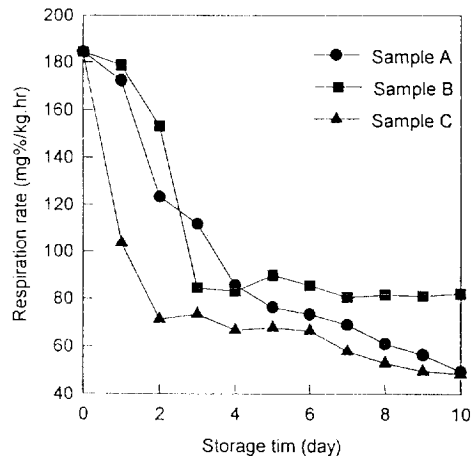


Fig. 5. Changes in respiration of citron during storage at 15°C Sample codes (A, B, C) are the same as explained in Table 1

한 경향은 지속적으로 낮은 호흡을 하고 있음을 보여 주었다.

이와 같은 결과로 볼 때, 냉수처리에 의한 유자는 저장 중 잔류물기에 의해 유자 자체의 수분함량 감소는 무처리한 시료에 비하여 거의 없으며, 더우기 저장 온도 5°C에서는 거의 외관적 손상이 없고 또한, 색택 변화 및 pH, 산도 및 가용성고형분 함량 등의 화학적

변화가 저장 2개월까지도 거의 나타나지 않는 것으로 보아 냉수처리의 효과가 저장성 증대에 상당한 효과가 있음을 알 수 있었다.

요 약

직접 설계한 냉각조, 침지조 및 살수조를 갖춘 냉수 냉각 시스템에서 수냉각에 의한 냉각특성시험을 하므로써 향후 시스템 제작에 필요한 기초자료를 제공함과 아울러 본 시스템에 의한 농산물의 선도유지 및 저장효과를 살펴보기 위해 유자를 시료로 수확 후의 저장기간별 품질변화를 조사하였다. 냉수냉각에 있어 냉각시간에 대해 무차원화한 온도를 semi-log로 plotting한 결과, 유자 중심부의 냉각속도계수는 $-0.012 \sim -0.017 \text{ min}^{-1}$ ($R^2=0.97\sim 0.99$), 표면에서는 $-0.033 \sim -0.075 \text{ min}^{-1}$ ($R^2=0.89\sim 0.93$)로 나타났다. 저장온도에 따른 처리구별 저장시험에서 처리조건에 따른 중량감소율은 모든 시료에서 저장온도 15°C에서 저장 7주 후까지는 선형적으로 서서히 증가하여 약 22~23% 수준을, 저장 온도 5°C에서는 저장 8주후에 10~11%의 중량감소율로 저장온도에 따른 중량감소의 차는 확실히 나타나지만 수냉처리의 효과는 그다지 크게 나타나지 않았으며, 수분함량 변화는 무처리구(시료A)에서 5°C저장, 1주후 3% 이상의 수분감소를 보였으나 수냉처리구(시료C)에서는 저장 7주 까지도 약 1~2% 정도로 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 그리고 저장 초기 pH 및 산도는 무처리구의 경우, 저장온도에 따라 타 처리구에 비해 미미한 변화를 보였으나 큰 차는 볼 수 없었고, 가용성고형분 함량의 변화는 5°C 저장에서는 처리 조건에 관계없이 약간의 증가를 보였으나 15°C 저장에 있어서는 무처리 시료가 저장 7주 후 12.4°Bx로 증가한 반면에 수냉처리한 시료와 예건처리한 시료는 저장 7주 후 11.6°Bx로 다소 적게 증가하였다. 색택변화도 수냉처리한 유자는 무처리한 유자에 비해 저장기간의 경과에 따라 증감속도가 다소 느리게 나타났으며, 15°C 저장시 수냉처리한 유자의 호흡량은 무처리한 유자에 비해 약 1/2 정도 낮은 103.63 mg·CO₂/kg·hr로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농림수산특정연구사업비의 지원으로 수행된 연구 결과의 일부로서, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Ibrahim D., Mustafa Y., Mahmut L. and Huseyin G.: Process Parameters for hydro-cooling apricots, plums and peaches. *Int. J. of Fd. Sci. & Technol.*, **27**(3), 347 (1992)
2. Ranade M. S. and Narayankhedkar K. G.: Thermal characteristics of fruits and vegetables as applied to hydrocooling. *Refrigeration Sci. & Technol.*, **1**, 455 (1982)
3. Matsuda, K.: Hydrocooling methods of sweet corn and carrot. *Refrigeration*, **59**(677), 63 (1984)
4. Iwamoto, M. and Kawano, S.: Hydrocooling of fruits and vegetables. *Refrigeration*, **59**(677), 45 (1984)
5. 정진웅, 김병삼, 김의웅, 남궁배, 박기재 : 침지식 냉수냉각에 의한 상치의 저장중 품질변화. *한국식품과학회지*, **27**(4), 537 (1995)
6. 공업진흥청 : KS H 2110 (과실유통). 한국공업표준협회, 서울, p.4 (1995)
7. Couture, R. and Makhlof, J.: Production of CO₂ after gamma irradiation of strawberry fruit. *J. Food Qual.*, **385**, 13 (1990)
8. Hackert, J. M., Morey, R. V. and Thompson, D. R.: Precooling of fresh market broccoli. *Trans. ASAE*, **30**, 1489 (1987)
9. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers : Refrigeration-System and Application. ASHRAE, p.11.1 (1990)
10. 정진웅, 이영철, 김종훈, 김인환 : 국내산 유자의 가공이용 및 저장성 증대를 위한 기술 개발. *한국식품개발연구원 연차보고서*, G1109-0683, p.59 (1995)
11. Silliker, J. H., Elliott, R. P., Baird-Parker, A. C., Bryam, F. L., Christian, J. H. B., Clark, D. S., Olson, J. C. and Roberts, T. A.: *Microbial Ecology of Foods*. Vol. 1, Academic Press, New York, p.5 (1980)
12. Bennett, A. H. and Wells, J. M.: Hydraircooling-A new precooling method with special application for waxed peaches. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **101**, 428 (1976)
13. 김병삼, 김동철, 이세은, 남궁배, 정진웅 : 진공예냉과 저온유통에 의한 양상추의 선도연장. *한국식품과학회지*, **27**(4), 546 (1995)
14. 김병삼, 정진웅, 남궁배, 김의웅, 조용진 : 예냉시스템 및 관련기술의 개발. *한국식품개발연구원 연차보고서*, E 1291-0530, p.290 (1994)

(1996년 7월 2일 접수)