

냉수냉각에 의한 당근의 저장중 품질변화

정진웅 · 김병삼 · 김의웅 · 남궁배 · 이승현
한국식품개발연구원

Changes in Quality of Carrot During Storage by Hydrocooling

Jin-Woong Jeong, Byeong-Sam Kim, Oui-Woong Kim, Bae Nahngung and Sung-Hyun Lee
Korea Food Research Institute

Abstract

Quality changes in carrot 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 carrot temperature versus cooling time, its cooling rate coefficient was shown $-0.0171 \text{ min}^{-1} \sim -0.0121 \text{ min}^{-1}$ ($R^2=0.99 \sim 0.95$), and $-0.0141 \text{ min}^{-1} \sim -0.0038 \text{ min}^{-1}$ ($R^2=0.98 \sim 0.92$) in package conditions. Rate of weight loss and change in moisture content of carrot were not significantly different by treatment conditions during storage at 5°C. During storage at 15°C, however, weight loss of hydrocooled carrot was lower than that of non-treated carrot from the 30th to 40th day. Especially, PE was more effective than tray for packaging hydrocooled carrots. Carrot pretreated with sterilizing agent, packed with PE vinyl film and with residual water removed after hydrocooling showed a lower decaying-rate than any other carrots. Changes in Hunter L and b values of hydrocooled carrot were slower than those of non-treated one. The carotenoids contents of stored carrot (0.736~0.780 mg%) decreased to 9~43% after 40 days of storage at 5°C and before 20 days of storage at 15°C. It could be presumed that the addition of sterilizing agent reduced the initial level of overall microbial and coliform counts and their growth rate during storage.

Key words: carrot, hydrocooling, cooling rate, quality changes

서 론

냉수냉각(hydrocooling)은 일반적으로 0~3°C의 냉수를 냉각매체로 사용하며 통풍식 냉각법과 마찬가지로 전도 및 대류열에 의해 주로 과채류의 열을 제거하는 방법이다. 지금까지는 일부 품목을 제외하고는 거의 실용화되지 않고 있으나 열전달 계수가 공기에 비하여 매우 크기 때문에 통풍식 냉각보다 냉각속도가 빠르며 소요경비도 비교적 저렴할 뿐 아니라 세척도 겸할 수 있는 등 여러가지 잇점을 지니고 있다. 따라서 미국에서는 대량 수확하는 복숭아, 옥수수, 셀러리, 당근 및 고구마 등을 중심으로 냉각에 활용하고 있다^(1,2).

이에 대한 종래의 연구로는 Matsuda⁽²⁾가 옥수수와 당근을 이용하여 살수침지겸용식 냉각장치와 분사식 냉각장치에 의한 냉수냉각의 특성을 소개한 바 있으며, Zahradnik & Reinhart⁽³⁾는 사과와 예냉을 위해 in-

stack hydrocooling기법에 대해, Bennett & Walls⁽⁴⁾는 복숭아를 대상으로 예냉을 위해 공기 및 수류속도에 의한 냉각속도를 예측하여 냉수냉각과 공기식 예냉을 비교 실험한 바가 있다. 또한, Hackert 등⁽⁵⁾은 공기식 및 냉수냉각을 이용하여 broccoli의 냉각속도에 따른 수분함량의 손실에 대해 해석한 바가 있고, Henry 등⁽⁶⁾은 냉수냉각시 손상조절을 사용하여 bell pepper의 저장시험을, Mohammed & Sealy⁽⁷⁾는 수확 직후 수냉 처리한 메론과 무처리한 메론을 대상으로 5~30°C 범위에서 수확 후의 품질변화를 조사한 것 등이 대부분으로 냉수냉각 및 수처리에 의한 예냉 연구는 그다지 많은 편은 아니다. 그러나 최근 들어 예냉경비의 절감 및 세척효과 면에서 중요성이 재인식되고 있어 냉수냉각의 문제점 개선을 위한 연구가 활발히 진행되고 있는 추세이다.

따라서 본 연구에서는 침지식 냉수냉각에 의한 상치의 저장중 품질연구⁽⁸⁾에 이어 침지 및 살수겸용 냉수냉각에 의한 당근의 저장중 품질변화를 검토하여 냉수냉각장치의 제작에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

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

재료 및 방법

재 료

실험에 사용한 당근(*Daucus carota* var. *sativa*)은 1994년 8월, 경남 양산에서 하루 전에 수확하여 골판지 상자에 포장 출하한 것을 서울 가락동 시장에서 직접 구매하였다. 실험재료로서 당근의 선정 이유는 수확시기가 연중이며 특히, 고온기의 수확시 냉각효과가 클 뿐 아니라 수적 등으로 건조현상을 방지할 수 있어 품질유지가 가능하고, 수확 후 흙, 먼지 등의 이물 및 잔류농약 등의 제거가 필수적이라고 판단되었기 때문이다. 또한, 최근에는 당근 등의 채소류는 세척 후 즉시 판매하므로 이에 대한 품질유지의 개선책이 요구되기 때문이다.

장치의 설계 및 제작

본 실험에 사용한 냉수냉각 장치는 Fig. 1과 같이 냉각조, 침지조 및 살수조로 구분하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 냉각조(100×60×90 cm)의 내부에는 동관(3/4 inch)을 3단으로 장착하고, 벽면은 단열 및 녹을 방지하기 위해 내외부에 SUS304와 이연도금철판을, 단열재는 10 cm 두께의 우레탄으로 구성하였으며, 디지털형 자동온도조절기(SAE Digital Equipment, Model MC311, Italy)를 부착하여 수온을 조절하였다. 피냉각물의 냉각효과 상승을 위해 침지조(50×50×70 cm) 바닥면에 교반기(1/4 Hp)를 부착하고 벽면 상부에는 공기공급 파이프를 장착하여 air compressor로부터 2 kg/cm²의 공기로 상부의 냉각수를 순환하게 하였

다. 또한, 냉각수 상부에 부유하는 피냉각물의 침지를 위해 침지조 덮개에 PVC판넬로 누름판(45×45×5 cm)을 부착하였다. 살수조는 예냉과 세정의 효과를 겸하기 위한 것으로 이송벨트는 관형의 stainless belt (120×20 cm)로 속도조절이 용이하도록 DC motor를 부착하고, 이송벨트 위의 피냉각물에 살수가 용이하도록 노즐을 중앙의 좌우에 2개씩 총 24개를 설치하였다. 그리고 냉각조에서 침지조 및 살수조의 원활한 냉각수 공급 및 배수처리를 위해 펌프(1/2 Hp, 25φ)를 설치하고 각 수조의 출입구에 개폐밸브를 달아 냉각수량을 조절할 수 있도록 하였다.

전처리 및 저장

당근의 전처리는 수확후 무처리구와 수냉처리할 시료로 대별하여 포장방법, 소독제 첨가, 탈수처리 등의 처리방법에 따라 세분하였다. 당근을 1 batch당 1박스(중량 20.0±0.1 kg/box)씩 침지조에 넣어 1시간 동안 세척 및 냉각 처리한 후, 즉시 살수조에서 재처리 한 후 저장시 품질변화의 검토를 위해 200±10 g, 400±20 g씩 트레이 및 PE비닐로 각각 소포장하였다. 트레이 포장은 트레이(크기 20×11×1.5 cm, 중량 5.0±0.1 g)에 시료를 담아 식품포장용 필름(LLD-PE, (주)크린랩)으로 한겹 포장하였으며, PE 비닐 포장은 비닐봉지(크기 30×20 cm, 두께 : 0.063 mm)에 시료를 담아 끈으로 묶었다. 소독제는 과채류용 염소계 살균소독제(Kirby-chlor Tablet, 반도약품)를 물 10 l 당 1정을 넣고 30분간 방치하여 희석한 것을 침지수로 사용하였다. 그리고 시료별 저장온도는 5°C와 15°C로 구분 저

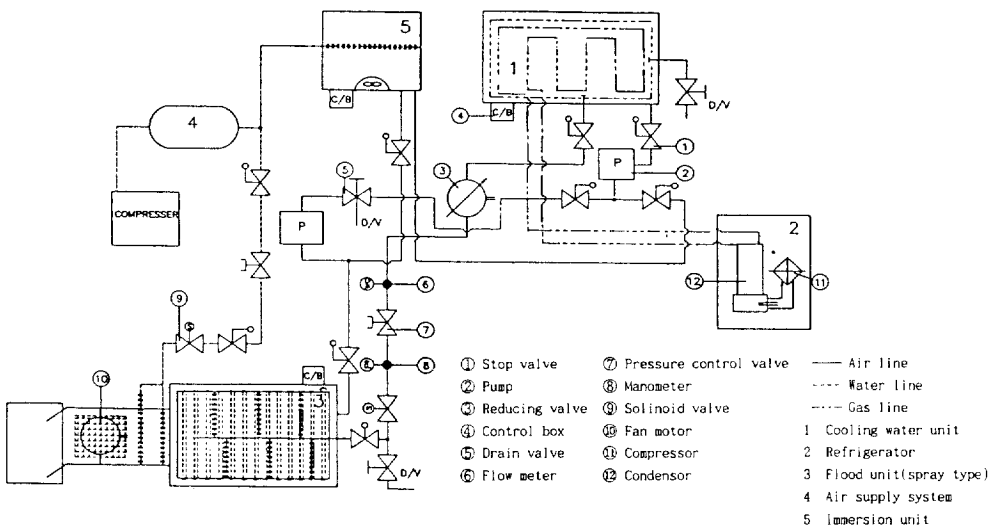


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus

장하였다. 당근의 저장시험을 위한 처리조건은 Table 1에 나타내었다.

이화학적 특성분석

중량감소는 초기중량에 대한 감소중량을 백분율로, 부패율은 초기시료의 개수에 대한 부패시료(변색 및 비가식화된 것이 30% 이상인 것)의 개수를 백분율로 표시하였다. 당근의 표면색깔은 색차계(CHROMA meter, CR-200, Minolta Co., Japan)를 이용하여 하부, 중앙 및 상부 3곳을 선정하여 각각 5회씩 Hunter L, a, b를 측정한 다음 산술평균하였다. 그리고 수분은 105°C 상압건조법, carotenoid 함량은 AOAC법⁹⁾에 따라 분석하였다.

미생물 측정

저장중인 시료 10 g을 0.85% 생리식염수에 넣어 균

질화한 후 단계회석하여 총균수 측정에는 PCA (plate count agar, Difco Lab.)를 이용, 35°C에서 24~48시간 배양후 생성된 집락을 계수, 회석배수를 감안하여 시료 1 g당의 총균수를 구하였다¹⁰⁾. 그리고 대장균군수에는 lauryl sulphate tryptose broth (LST broth, Difco Lab.)와 brilliant-green lactose bile broth (BGLB broth, Difco Lab.)를 사용하여 검체 1 ml를 3개의 LST broth에 접종한 다음, 35°C에서 3~4일간 배양후 가스발생 양성관을 다시 BGLB broth에 접종하고 35°C에서 3~4일간 배양하여 가스발생 양성관으로부터 M.P.N 방법¹⁰⁾에 의해 대장균수를 산출하였다.

온도측정

부위별 온도측정은 Hackert 등⁶⁾의 방법에 따라 예냉중 온도변화를 0.3 mm ϕ copper-constantan 열전대를 사용, 자동온도 기록계(Data Logger, Model DIGI-STRIP III, USA)로 1분 간격으로 연속 측정하였다.

Table 1. Treatment methods for the storage test of carrot

Sample	Treatment condition
A	PE vinyl packing (No pre-treatment) → storage
B	Tray packing (No pre-treatment) → storage
C	Hydrocooling at 1°C → PE vinyl packing → storage
D	Hydrocooling at 1°C → removing residual water → PE vinyl packing → storage
E	Hydrocooling at 1°C → removing residual water → tray packing → storage
F	Hydrocooling after the addition of sterilizing agent to the water of 1°C → removing residual water → PE vinyl packing → storage

결과 및 고찰

냉각시험

Fig. 1과 같이 제작한 실험용 냉수냉각 장치를 이용하여 당근을 대상으로 침지 및 살수겸용 방식에 의한 냉각특성시험을 실시하였다. 냉수온도 4.0°C일 때 PVC상자로 포장한 당근 5 kg용 3박스를 침지조에 넣어 당근의 각 층별 품온을 1분 간격으로 연속 측정한 결과, Fig. 2에서 보는 바와 같이 냉각시간 20분까지는

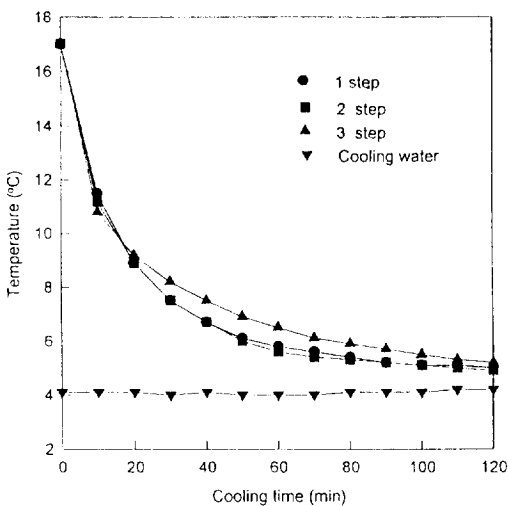


Fig. 2. Cooling curve of carrot by different steps in hydrocooling at 4.0°C

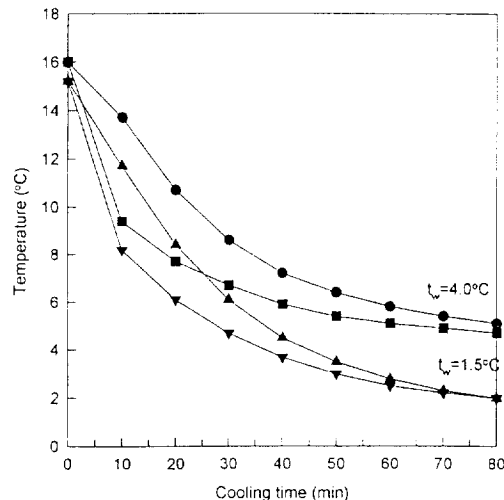


Fig. 3. Cooling curve of carrot in hydrocooling t_w : Cooling water temperature (°C) ●—●, ▲—▲; Center, ■—■, ▼—▼; Surface

적재층별에 따라 온도차는 그다지 크게 나타나지 않았으나 30분 경과 후부터 적재층, 즉 3층, 1층 및 2층의 순으로 0.1~0.8°C 정도의 온도차를 보여 주었다. 또한, 당근의 부위별 온도분포를 살펴본 결과 Fig. 3과 같이 10~20분 경과 후 중심과 표면과의 온도차는 냉각매체온도가 4.0°C일 경우 4.3~2.0°C, 1.5°C에 있어서는 3.5~2.3°C의 온도차로서 냉각매체온도가 낮을수록 중심부와 표면과의 온도차가 적다는 것을 알 수 있으며, 또한 당근을 5°C 이하로 냉각시킬 경우에는 냉각매체 온도에 따라 냉각시간이 약 2배 이상 소요됨을 짐작할 수 있었다.

냉각율(Cooling rate)

본 실험에서의 냉각율은 냉각시간에 대해 무차원화

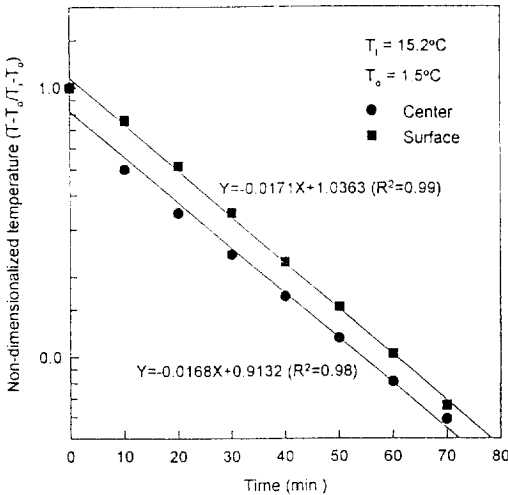


Fig. 4. Time-temperature response for carrot

한 시료온도를 semilog로 plot하여 해석하였다. 먼저 Fig. 4와 같이 시료 날개에 있어 plot한 그래프의 기울기를 살펴보면, 냉수온도 1.5°C, 초기품온 15.2°C의 당근을 70분간 측정된 결과 기울기는 표면에서 -0.017 (R²=0.989), 중심에서는 -0.016 (R²=0.998)로 계산되었다. 한편, 시료의 energy balance로 부터 증발에 의한 열손실과 시료에 있어 온도구배가 없다고 가정하면 일반적으로 다음과 같은 시간의 함수로서 나타낼 수 있다⁽¹²⁾.

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

여기서 $-hA/mc$ 는 냉각속도계수이며, T_0 는 냉각매체온도(°C), T_i 는 시료의 초기온도(°C), A 는 면적(m²), h 는 열전달계수(W/m²K), t 는 시간(min), c 는 비열(kJ/kg K)이다. 이 식을 semilog로 plotting한 회귀식의 기울기는 cooling rate coefficient와 일치한다. 이와같이 하여 나타낸 시료별 냉각조건에 따른 cooling rate coefficient와 R² 값을 Table 2에 나타내었다.

그리고 시료별 포장조건에 따른 냉각속도는 Table 2에 나타낸 바와 같이 당근 5 kg 을 PE비닐 포장과 PVC 상자에 담았을 때의 품온에 대한 냉각속도를 나타낸 것으로 PVC상자의 경우 냉각속도계수가 -0.008 (R²=0.92), 비닐포장의 경우 -0.004 (R²=0.98)로 냉각속도가 약 2배 정도 느렸다. 그리고 당근을 5 kg 용 PVC 상자로 3단 적재하였을 때, 각 단의 냉각속도계수를 보면 1단(밑단)이 -0.075 (R²=0.93), 2단이 -0.077 (R²=0.92) 그리고 3단(윗단)이 -0.067 (R²=0.98)로 차가 있었으며 특히, 밑층의 1단보다 중간층인 2단이 냉각속도가 빠른 것이 특징이었다. 이러한 결과는 Ishibashi 등⁽¹³⁾이 sweet corn을 20 cm 높이로 3단 적재하였을 때

Table 2. Cooling rate coefficient for logarithm of nondimensionalized temperature versus cooling time

Conditions of sample		Position	Slope ¹⁾	R ²
PVC container packing (5 kg)	T _i ²⁾ =17.0°C, T _w ³⁾ =4.0°C	1 step(center)	-0.0075	0.921
		2 step(center)	-0.0077	0.916
		3 step(center)	-0.0067	0.981
PVC tray packing (2.5 kg)	T _i =14.1°C, T _w =4.5°C	Center	-0.0082	0.921
		Surface	-0.0141	0.981
PE vinyl packing (5.0 kg)	T _i =15.3°C, T _w =4.5°C	Center	-0.0038	0.984
		Surface	-0.0049	0.979
W ⁴⁾ =165.0 g	T _i =15.2°C, T _w =1.5°C	Center	-0.0168	0.989
		Surface	-0.0171	0.998
W=196.2 g	T _i =16.0°C, T _w =4.0°C	Center	-0.0130	0.992
		Surface	-0.0144	0.962
W=235.6 g	T _i =15.5°C, T _w =3.0°C	Center	-0.0121	0.960
		Surface	-0.0159	0.954

¹⁾Slop equals cooling rate coefficients of Eq.(1) and has units of minute⁻¹, ²⁾T_i: Initial temperature (°C)

³⁾T_w: Cooling water temperature (°C), ⁴⁾W: Weight (g)

Table 3. Changes in moisture content of hydrocooled and non-treated carrot during storage (unit : %)

Storage temp. (°C)	Storage time (days)	Storage methods ¹⁾					
		A	B	C	D	E	F
5	0	92.83 ^{d 2)}	92.80 ^d	91.45 ^b	91.44 ^b	92.32 ^c	88.89 ^a
	10	92.58 ^d	91.08 ^b	92.24 ^c	93.23 ^c	92.88 ^d	90.98 ^a
	20	92.81 ^e	90.81 ^{ab}	90.73 ^a	91.77 ^c	92.22 ^d	90.94 ^b
	30	92.01 ^d	89.63 ^a	90.32 ^b	91.75 ^c	91.75 ^c	89.26 ^a
15	0	92.83 ^d	92.80 ^d	91.45 ^b	91.44 ^b	92.32 ^c	88.89 ^a
	10	92.03 ^c	91.48 ^b	91.02 ^a	91.19 ^a	95.03 ^b	92.27 ^c
	20	91.44 ^d	90.43 ^b	90.95 ^{bc}	89.38 ^a	94.88 ^c	90.59 ^c
	30	91.72 ^d	89.05 ^a	90.13 ^{bc}	89.56 ^b	93.95 ^c	90.55 ^c

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

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

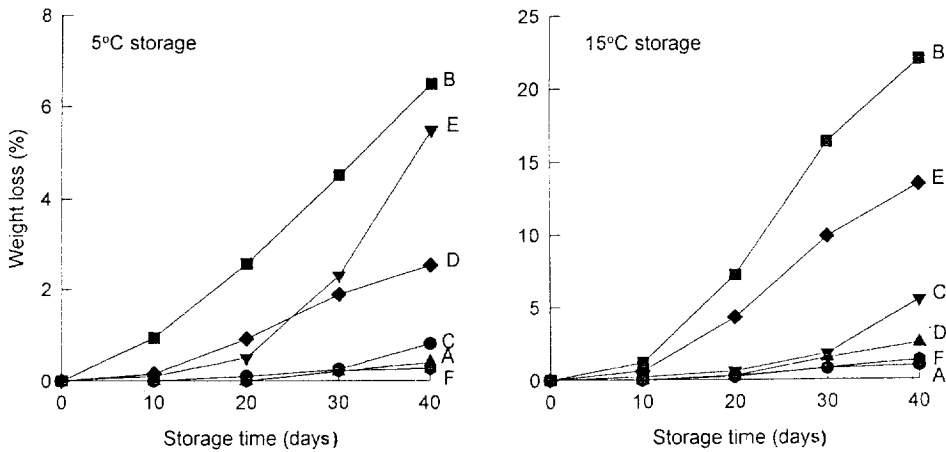


Fig. 5. Changes in weight loss of carrot during storage Refer to the sample number of Table 1 for the meaning of legends

의 냉각속도 시험 결과와 같이 상단의 시료는 상단 수면이 공기층과 접하여 냉각수 온도분포가 균일하지 못할 뿐 아니라 유체 내의 열이동 현상 때문에 중간층의 냉각수 온도가 대체로 주위 온도보다 다소 낮기 때문인 것으로 보고하였다.

처리조건별 저장 중의 이화학적 특성변화

일반적으로 원예농산물은 수확시에 90~95%의 수분을 함유하여 신선도를 유지하고 있으나 수확 후에는 수분의 공급이 차단되므로 호흡작용 및 증산작용에 의해 수분이 감소하여 중량감소와 동시에 조위(시들음)현상이 일어나 최후에는 부패되어 버린다. 수분손실은 유통상 감모율로서 표현되며 권능적인 선도평가의 중요한 항목으로 설정되고 있어 수확 후 중량의 5% 수준의 감소가 발생하면 일반적으로 상품성을 잃어버리는 것으로 보고되고 있다⁽¹⁴⁾. 그 중에서도 시금치 등 일부의 엽채류에 있어서는 반드시 이 한계와는 관계가 없으나 과실 등과 같은 대부분의 원예 농산물

에서는 일단 5%의 중량감소가 일어나면 초기상태로 회복시킬 수 없게 되는 것이 사실이다. 이러한 이유로 본 시험에서는 냉수냉각의 장점을 실증하기 위해 무처리한 당근과 수냉처리한 당근의 저장중 수분함량변화를 살펴보았다. Table 3에서 보는 바와같이 15°C 저장시, 무처리한 시료 A, B는 저장 초기부터 수분함량이 감소하기 시작하였으며, 특히 tray포장한 시료 B에서는 저장 10일째 약 1.3%정도의 감소로 타 시료보다 감소율이 높게 나타났다. 그러나 수냉처리한 당근은 포장조건에 관계없이 수분함량의 감소는 그다지 일어나지 않고 역으로 증가하는 경향을 보이다가 저장 20일 후부터는 점차적으로 감소하는 경향을 보여 주었다. 또한 5°C 저장에 있어서도 수분함량의 감소는 일어나지 않았으나 포장 내부의 물고임 현상 때문에 저장기간이 경과함에 따라 오히려 부패되어 버리므로써 원예농산물 수분한계치 5% 수준과는 관계가 없음을 알 수 있었다.

당근의 저장온도별 중량감소를 변화는 Fig. 5에 나

타넨 바와 같이 저장온도 15°C에서 무처리한 시료 B는 저장 10일까지는 1.18%로 완만한 증가를 보였으나, 저장 10일 후부터는 급격히 증가하여 저장 40일 후에는 22.02%로 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 수냉처리한 시료 E도 저장 10일 후부터 증가 추세를 보여 저장 40일 후에 13.49%를 나타내었다. 그리고 PE포장한 시료 D는 저장 40일 후 2.50%, 트레이 포장한 시료 E는 저장 40일 후 13.49%로 수냉처리 후 포장조건에 따라 중량감소가 크게 좌우됨을 알 수 있었다. 또한 수냉처리 후 탈수여부에 따른 중량감소의 변화는 수냉처리 후 탈수한 시료 D와 탈수처리하지 않은 시료 C를 비교해 보면 15°C 저장온도에서는 저장 40일 후 2.5%, 5.5%인 반면에 저장온도 5°C에서는 저장 40일 후 0.5%, 0.3%로, 탈수처리하지 않은 쪽이 중

량감소율이 낮은 것으로 나타났다.

이와같은 결과를 미루어 볼 때 당근과 같은 야채류에 있어서의 중량감소는 저장온도가 낮을수록, 수냉처리를 함으로써 어느 정도 방지할 수 있는 것으로 나타났으며, 장기간 보관할 목적이 아닌 단시간의 저장에서는 수냉처리 후 PE포장하여 저온에 보관할 경우 선도유지는 기존의 무처리 보관에 비해 크게 향상될 것으로 생각된다. 그리고 수냉처리한 당근에 있어서의 부패율 변화를 살펴보면 Fig. 6에서 보는 바와 같이 저장온도 5°C에서 무처리한 시료 A는 저장 40일 후에 4.65%의 부패율을 보였으나 수냉처리한 시료 C, D, F는 2.0~3.5% 수준이며 그 중에서도 수냉처리 후 탈수하지 않은 시료 C가 부패율이 가장 높은 3.50%로 나타났으며 부패는 저장 3주 후부터 일어나기 시작하였다.

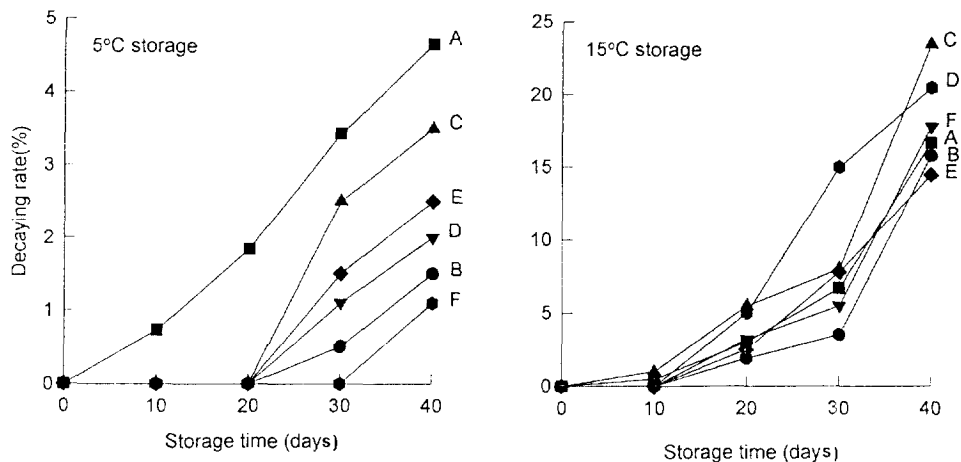


Fig. 6. Changes in decaying rate of carrot during storage Refer to the sample number of Table 1 for the meaning of legends

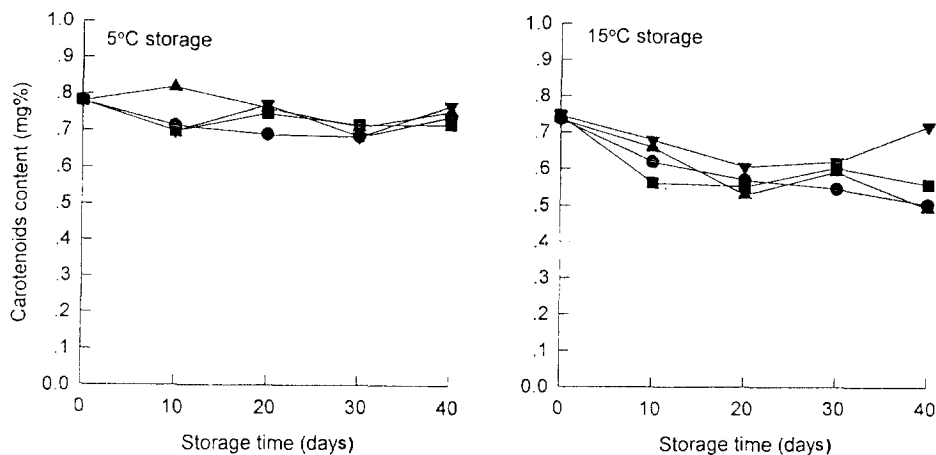


Fig. 7. Changes in carotenoids contents of carrot during storage Refer to the sample number of Table 1 for the meaning of legends ●—●; A, ■—■; B, ▲—▲; D, ▼—▼; F

한편, 부패는 선도평가에 있어 가장 크게 좌우되는 인자로서 한여름과 같은 고온기에 출하되는 야채에 있어서는 매우 중요하다. 특히, 부패에 관여하는 미생물은 일반적으로 저온에서 증식을 크게 억제시킬 수 있으므로 부패하기 쉬운 농산물의 저장관리에서 저온 처리의 효과는 필수적이라 할 수 있다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 당근의 부패율은 미생물 제거 및 저온 효과에 의한 영향이 크다는 것을 확인하였고, 일정 기간 경과 후의 급격한 부패율 증가현상은 포장 내부에서의 수적(물 응축) 때문인 것으로 여겨진다. 그리고 수냉처리는 당근에 부착된 미생물 제거와 저온효과가 있어 당근의 부패율을 억제하므로써 다른 과채류의 저장 전처리 방법으로 이용 가능할 것으로 생각된다.

당근의 카로테노이드 함량은 Fig. 7에서와 같이, 15°C저장의 경우 무처리하여 PE비닐 포장한 시료 A의 초기 carotenoid의 함량이 0.736 mg%에서 저장 20일 후 0.571 mg% 및 40일 후 0.504 mg%로, 무처리하여 트레이 포장한 시료 B의 0.553 mg% 및 0.559 mg%보다 다소 낮게 나타난 반면, 수냉처리하여 비닐 포장한 시료 D에서는 오히려 시료 A보다 다소 적은 0.504 mg% 및 0.495 mg%로 나타났으나, 5°C에서는 전처리 구분에 관계없이 거의 유사한 함량을 나타내어 전처리의 효과보다는 저장온도의 영향이 더 큰 것으로 생각되었다. 한편, Table 4는 15°C저장 시의 당근 색택변화를 나타낸 것으로 냉수처리한 시료에서는 Hunter L, a 및 b값이 저장 30일 후까지도 거의 큰 변화가 없는 것으로 나타난 반면에 무처리구 A 및 B는 저장기간의 경과에 따라 적색 및 황색을 띠는 경향이

Carotenoid함량 변화에 따른 색도변화

Table 4. Changes in Hunter L, a and b values of carrot during storage

Storage temp. (°C)	Treatment methods ¹⁾	Storage time (days)					
		0	10	20	35	40	
5	A	L	43.49	47.25	46.97	50.18	50.54
		a	18.79	21.57	20.31	24.20	21.64
		b	27.10	31.30	30.10	34.01	32.16
	B	L	53.59	45.95	41.73	46.03	47.02
		a	5.25	15.94	13.26	13.44	22.96
		b	13.30	27.64	23.30	23.78	31.72
	D	L	46.47	45.08	50.08	48.37	47.72
		a	23.56	20.16	25.19	24.96	20.90
		b	32.69	28.33	34.92	33.49	29.16
	E	L	53.21	53.71	53.59	56.03	51.35
		a	17.40	19.68	20.15	20.90	22.37
		b	22.28	29.17	29.62	30.70	31.95
F	L	42.96	47.35	50.14	50.07	49.56	
	a	17.81	17.48	19.71	20.59	22.73	
	b	28.48	27.65	31.76	32.39	31.91	
15	A	L	39.91	44.51	43.49	41.73	42.30
		a	13.30	15.62	16.14	13.26	18.01
		b	23.89	26.35	26.35	23.30	28.64
	B	L	51.51	51.17	47.39	46.43	43.54
		a	9.10	9.82	16.64	20.76	16.72
		b	13.89	16.50	26.70	29.90	25.93
	D	L	49.87	46.00	46.71	48.62	47.51
		a	21.02	19.96	20.80	22.14	18.65
		b	30.96	31.17	31.00	32.72	30.11
	E	L	46.36	50.71	47.70	45.48	45.72
		a	24.92	23.71	22.61	23.41	22.68
		b	30.91	29.11	27.56	29.55	30.21
F	L	50.42	49.36	48.14	45.07	44.04	
	a	28.15	23.16	23.91	23.88	18.87	
	b	36.44	30.38	33.59	30.49	27.76	

¹⁾Sample codes (A, B, D, E and F) are the same as explained in Table 1

점차적으로 증가하는 면을 보여 주었다. 즉, 밝기를 나타내는 L값이 무처리한 시료 A 및 B에서는 저장기간에 따라 점진적으로 감소하였으나 냉수처리한 시료에서는 초기부터 크게 감소하는 경향을 보여 주었다. 그리고 황색의 정도를 표시하는 b값은 냉수냉각 처리한 시료에 있어 저장 10~20일 후까지는 감소경향을 보이다가 다시 증가하였으나 무처리한 시료 A 및 B는 지속적으로 감소하였다. 이와같이 수냉처리한 시료가 무처리한 시료에 비해 L 및 b값이 낮은 것은 당근에 묻어 있는 표면물기로 인해 건조한 표면에 비해 다소 어둡게 보이기 때문인 것으로 추측된다. 또한 소독제 처리를 한 시료 F가 미생물의 영향이 적기 때문에 색택변화에 있어서도 변화정도가 느리다는 것을 알 수 있었다.

미생물 변화

수냉 및 무처리 등의 처리조건에 따른 당근의 총균수 변화는 Table 5와 같이 수확 후 냉수냉각을 하지 않은 처리군에 비해 냉수냉각한 처리군이 초기 미생물수가 적은 것으로 나타났으며, 5°C저장에 있어 냉수

냉각 처리군의 경우 초기에는 $1.0 \times 10^2 \sim 7.0 \times 10^2$ cfu/g을 나타낸 반면, 무처리군은 1.1×10^6 cfu/g로 초기 미생물수에서 큰 차이를 나타내었다. 이는 초기 미생물 수가 식품의 shelf-life에 큰 영향을 미치는 요인으로 볼 때 냉수냉각 처리는 초기 미생물 수의 수적 감소에 큰 효과가 있음을 보여 주고 있으며, 또한 소독제 처리한 시료 F는 소독제를 첨가하지 않은 시료구에 비해 큰 차는 없으나 약간의 억제효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고 15°C저장에서도 5°C저장과 유사한 경향을 나타내어 냉수냉각 처리구가 현저한 초기 미생물 수의 감소를 보여 주었고, 소독제 처리구가 상대적으로 느린 미생물 증식을 나타내었다. 그러나 이러한 현상은 Table 6의 대장균군의 변화에서 보다 명확하게 나타나 무처리구의 대장균군수가 초기 2.3×10^4 을 나타낸 반면에 수냉처리구에서는 $1.0 \sim 2.3 \times 10^1$ 을, 저장 30일 경과시에도 무처리구가 $7.5 \sim 6.7 \times 10^5$ 을 나타낸 반면에 수냉처리구에서는 $2.4 \sim 0.24 \times 10^2$ 을 나타내어 대장균군의 초기치 감소 및 소독제 처리에 의한 증식 억제효과를 확인할 수 있었다.

따라서 미생물학적 측면에서는 수냉각 처리에 의해

Table 5. Changes in total microbial count of carrot during storage

(unit : cfu/g)

Storage temp. (°C)	Storage time (days)	Storage methods ¹⁾				
		A	B	D	E	F
5	0	$1.1 \times 10^{6b, 2)}$	1.1×10^{6b}	1.0×10^{2a}	7.0×10^{2a}	1.0×10^{2a}
	10	1.5×10^{6c}	1.6×10^{6c}	3.2×10^{7b}	1.4×10^{3b}	2.4×10^{2a}
	20	1.5×10^{6c}	2.2×10^{6c}	6.7×10^{3b}	1.5×10^{3a}	1.0×10^{3a}
	30	7.2×10^{6c}	3.7×10^{6c}	6.2×10^{4b}	1.5×10^{3a}	1.4×10^{3a}
15	0	1.1×10^{6b}	1.1×10^{6b}	1.1×10^{6b}	7.0×10^{2a}	1.0×10^{2a}
	10	8.4×10^{7c}	2.6×10^{7c}	8.3×10^{3b}	3.3×10^{3a}	7.3×10^{2a}
	20	8.2×10^{8c}	8.5×10^{7c}	5.0×10^{4b}	6.4×10^{3a}	1.1×10^{3a}
	30	7.2×10^{8d}	1.2×10^{8c}	4.9×10^{4b}	1.5×10^{4b}	1.9×10^{3a}

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

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

Table 6. Changes in coliform group of carrot during storage

(unit : cfu/g)

Storage temp. (°C)	Storage time (days)	Storage methods ¹⁾				
		A	B	D	E	F
5	0	$2.3 \times 10^{4b, 2)}$	2.3×10^{4b}	23^a	23^a	10^a
	10	2.1×10^{5c}	2.4×10^{5c}	90^b	93^b	23^a
	20	4.0×10^{5c}	4.3×10^{5c}	530^b	75^a	46^a
	30	7.5×10^{5d}	6.7×10^{5d}	900^c	120^b	43^a
15	0	2.3×10^{4b}	2.3×10^{4b}	23^a	23^a	10^a
	10	2.1×10^{5c}	2.4×10^{5c}	210^b	230^b	43^a
	20	1.1×10^{6c}	9.3×10^{6b}	240^a	230^a	200^a
	30	1.1×10^{7b}	1.1×10^{7b}	2.4×10^{3a}	2.4×10^{3a}	2.4×10^{3a}

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

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

초기 미생물수를 급격히 감소시키므로써 채소류의 shelf-life를 상당히 연장할 수 있을 것으로 여겨졌다. 즉, 수냉처리는 미생물의 증식속도에는 그다지 큰 영향을 미치지 못하지만 초기 미생물수를 감소시키므로써 간접적인 미생물 증식 억제효과를 기대할 수 있고 채소류의 shelf-life를 연장하므로써 저장성과 신선도를 증대시킬 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

직접 설계한 냉각조, 침지조 및 살수조를 갖춘 냉수냉각 시스템에서 수냉각에 의한 냉각특성시험을 하므로써 향후 시스템 제작에 필요한 기초자료를 제공함과 아울러 본 시스템에 의한 농산물의 선도유지, 세척효과 및 저장효과를 살펴보기 위해 당근을 시료로 수확 후의 저장기간별 품질변화를 조사하였다.

냉수냉각에 있어 냉각시간에 대해 무차원화한 온도를 semi-log로 plotting한 결과, 당근의 개체별 냉각속도계수는 $-0.0171 \text{ min}^{-1} \sim -0.0121 \text{ min}^{-1}$ ($R^2=0.99\sim 0.95$)로, 포장 시에는 $-0.0141 \text{ min}^{-1} \sim -0.0038 \text{ min}^{-1}$ ($R^2=0.98\sim 0.92$)로 나타났다. 또한, 저장온도에 따른 처리구별 저장시험에서 처리조건에 따른 수분함량 및 중량감소율은 5°C 저장에서는 미미한 차이만을 나타내었고, 15°C 저장에서는 수냉처리구가 저장 30~40일까지 무처리구에 비해 효과가 있었다. 또한 수냉처리한 후 포장조건에 따른 저장시험에서는 PE비닐 포장이 트레이 포장시보다는 낮은 중량감소율을 나타내었다. 부패율은 수냉처리한 당근 중에도 소독처리한 시료, PE비닐 포장한 시료, 탈수처리한 시료가 타 시료에 비해 낮게 나타났으며, 색택변화도 수냉처리한 당근이 무처리한 시료에 비해 저장기간의 경과에 따라 Hunter L값 및 b값의 변화 정도가 완만하였다. 카르테노이드 함량의 변화는 처리조건에 관계없이 초기치 $0.736\sim 0.780 \text{ mg}\%$ 가 5°C 저장에서 40일 후, 15°C 저장에서 20일 이내에 9~43% 정도 감소되었다. 초기 미생물수도 수냉처리에 의해 상당히 감소시킬 수 있었으며 특히, 소독제 첨가에 의해 총균수 및 대장균군의 초기치 감소와 저장기간에 따른 증식억제 효과를 확인되었다.

문 헌

1. 서울대학교 농업개발연구소 : 청과물 종합 유통시설의 현대화를 위한 기술개발 및 보급 방안. 농림수산부, p. 76 (1992)
2. Matsuda, K.: Hydrocooling methods of sweet corn and carrot. *Refrigeration*, **59**(677), 63 (1984)
3. Zahradnik, J. W. and Reinhart, L. E.: In-Stack hydrocooling for apples. *Trans. ASAE*, **15**, 141 (1972)
4. 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)
5. Hackert, J. M., Morey, R. V. and Thompson, D. R.: Precooling of fresh market broccoli. *Trans. ASAE*, **30**, 1489 (1987)
6. Henry, F. E., Wells, J. M. and Dow, A. T.: The effect of certain precooling and storage conditions on the quality of bell peppers. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, **98**, 314 (1980)
7. Mohammed, M. and Sealy, L.: Hydrocooling and post-harvest quality in melongene. *Trop. Agric.(Trinidad)*, **65**, 161 (1988)
8. 정진웅, 김병삼, 김의웅, 남궁배, 박지재 : 침지식 냉수냉각에 의한 상치의 저장중 품질변화. *한국식품과학회지*, **27**(4), 537 (1995)
9. A. O. A. C.: *Official Methods of Analysis*. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., p.62 (1990)
10. 보건사회부 : 식품공전. 한국식품공업협회, 서울, p.481 (1991)
11. Chesness, J. L. and Hendershott, C. H.: The freezing point of certain vegetable leaves. *Trans. ASAE*, **15**, 479 (1972)
12. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers: *Refrigeration-System and Application*. ASHRAE, p.111 (1990)
13. Ishibashi, S., Shiga, T. and Tanaka, S.: Fundamental concept and procedure of cooling. *Refrigeration*, **64**, 13 (1989)
14. 表 鉉九외 22人 : 榮蔬園藝總論. 郷文社, p.184 (1964)
15. 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)
16. Iwamoto, M. and Kawano, S.: Hydrocooling of fruits and vegetables. *Refrigeration*, **59**, 45 (1984)
17. Kader, A. A.: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California, p.93 (1992)

(1996년 2월 12일 접수)