

## 침지식 냉수냉각에 의한 상치의 저장중 품질변화

정진웅 · 김병삼 · 김의웅 · 남궁배 · 박기재  
한국식품개발연구원

### Changes in Quality of Lettuce During Storage by Immersion-Type Hydrocooling

Jin-Woong Jeong, Byeong-Sam Kim, Oni-Woong Kim, Bae Nahmgung and Kee-Jai Park  
Korea Food Research Institute

#### Abstract

Quality changes of lettuce were studied during storage to investigate the efficiency, cooling properties and the washing and storage effects of immersion-type hydrocooling. As a result of plotting the non-dimensionalized lettuce temperature versus cooling time, its cooling rate coefficient was shown to be  $-0.356 \text{ min}^{-1} \sim -0.255 \text{ min}^{-1}$  ( $R^2=0.99\sim 0.88$ ). Rate of weight loss was not significantly ( $p>0.05$ ) different between lettuces with various treatment conditions during storage at  $5^\circ\text{C}$ . However, during storage at  $15^\circ\text{C}$ , weight loss of hydrocooled lettuce was lower than that of non-treated lettuce after from 10 to 15 days. Especially, The lettuce packed with PE was more effective than that packed with try in terms of packing condition after hydrocooling. Lettuce pretreated with sterilizing agent, packed with PE vinyl film, removed residual water after hydrocooling had lower decaying rate than any other lettuces. Changes of L and b values in hydrocooled lettuce were slower than those of non-treated one. During changes of chlorophyll content, the initial value,  $115.7\sim 147.3 \text{ mg}\%$  was decreased to  $50\sim 60\%$  after 25 days of storage at  $5^\circ\text{C}$  and within 15 days of storage at  $15^\circ\text{C}$ . It could be presumed that the addition of sterilizing agent reduced the initial level of overall total and coliform count and its growth rate during storage. The respiration rate of hydrocooled lettuce at  $5^\circ\text{C}$  was  $23.95 \text{ mg}\cdot\text{CO}_2/\text{kg hr}$ , which is 10% of those of non-treated lettuce.

Key words: hydrocooling, quality change, cooling rate, lettuce

## 서 론

냉수냉각은 냉수를 냉각매체로 사용함으로써 피냉각 물과의 열전도율이 공기에 비해 크기 때문에 냉각속도가 빠르고, 비교적 기계설비도 단순하며, 운전경비도 적어 예냉경비가 저렴하다는 이점이 있다<sup>1,2</sup>. 미국에서는 일찌기 아스파라가스, 셀러리 등에 이를 실용화한 바가 있고, 현재는 당근, 셀러리, 옥수수, 복숭아 등의 많은 농산물에 널리 활용되고 있다<sup>3</sup>. 또한, 일본은 냉수냉각에 관한 연구 보고가 다소 있으나 실용화에는 이르지 못하고 있는 실정이다<sup>4</sup>. 이에 대한 연구는 이미 松田<sup>5</sup>이 옥수수와 당근을 이용하여 살수 침지겸용식 냉각장치와 분사식 냉각장치에 의한 냉수냉각을, Zahradnik와 Reinhart<sup>6</sup>는 사과의 예냉을 위해 Instack hydrocooling 기법에 대해, Hackert 등<sup>7</sup>은 공기식 및 냉수냉각을 이용하여 broccoli의 냉각속도와 수분손실 함량에 대해 해석한 바 있고, Henry 등<sup>8</sup>은 냉수냉각시 손상조절을 사용하여

bell pepper의 저장시험을, Mohammed와 Sealy<sup>9</sup>는 수확직후 수냉처리한 메론과 무처리한 메론을 대상으로  $5\sim 30^\circ\text{C}$  범위에서 저장 후 품질변화를 조사한 것 등이 고작으로 냉수처리에 의한 예냉 연구는 그다지 수행한 바가 없는 형편이다.

따라서 본 연구에서는 냉수냉각장치 제작에 필요한 기초자료를 제공함과 아울러 침지식 냉수냉각에 의한 저장중 상치의 품질변화를 살펴본 결과를 소개하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

실험에 사용한 상치(*Lactuca sativa*)는 1994년 8월 1일, 낙생농협(경기도 성남시)의 비닐하우스에서 재배한 것을 직접 수확 구매하였다. 수확시의 외기온도는  $30^\circ\text{C}$  수준으로 수확 즉시 골판지 상자에 담아 신속히 운반 처리하여 실험에 사용하였다.

대상시료로서 상치의 선정은 수확시기가 연중이며 특히, 고온기의 수확시 냉각효과가 클 뿐아니라 수직 등으로 조위현상을 방지할 수 있어 품질유지가 가능하고,

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

수확시 흙, 먼지 등의 이물 및 잔류농약 등의 제거가 필수적이라고 판단되었기 때문이다. 또한, 최근에는 상처를 세척후 즉시 판매하므로 이에 대한 품질유지의 개선책으로 본 재료를 선정하였다.

장치의 설계 및 제작

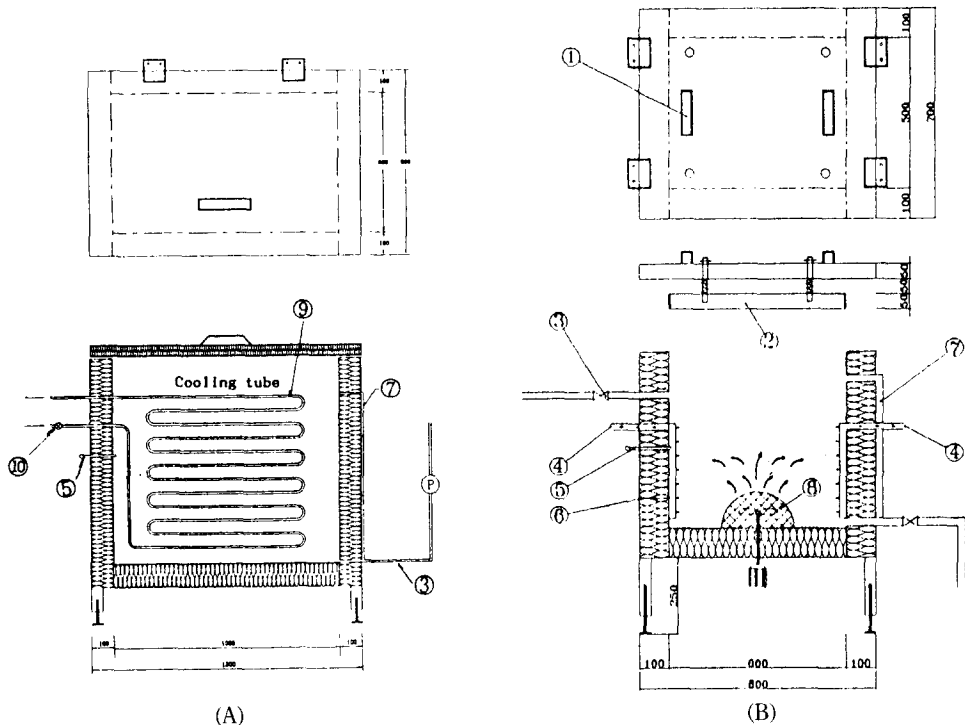
냉수냉각 장치의 냉각조(100×60×90 cm)의 내부에는 1.905 cm 동관을 3단으로 장착하고, 벽면은 단열 및 녹을 방지하기 위해 내외부에 SUS304와 아연도철판을, 단열재는 10 cm 두께의 우레탄으로 구성하였으며, 디지털형 자동온도조절기(SAE Digital Equipment, Model; MC 311, Italy)를 부착하여 수온을 조절하였다. 피냉각물의 냉각효과 상승을 위해 침지조(50×50×70 cm) 바닥면에 1/4Hp 교반기를 부착하고 벽면 상부에는 공기공급 파이프를 장착하여 Air compressor로부터 2 kg/cm<sup>2</sup>의 공기로써 상부의 냉각수를 순환하게 하였다. 또한, 냉각수 상부에 부유하는 피냉각물의 침지를 위해 침지조 덮개에 PVC판넬로 누름판(45×45×5 cm)을 부착하였다. 그리고 냉각조에서 침지조로의 원활한 냉각수 공급 및 배수처리를 위해 펌프(1/2Hp, 25φ)를 설치하고 각 수조의 출입구에 개폐밸브를 달아 냉각수량을 조절할 수 있도록 하였다(Fig. 1).

전처리 및 저장

상치의 전처리는 수확후 무처리구와 수냉처리할 시료로 크게 구분하고 포장방법, 소독제 첨가, 탈수처리 등의 처리방법을 달리하여 세분하였다. 상처를 1 batch당 2 박스(중량 5.0±0.1 kg/box)씩 침지조에 넣어 1시간 동안 수냉처리한 후 저장시 품질변화의 검토를 위해 200±5g, 400±10g씩 트레이 및 PE비닐로 각각 소포장하였다. 트레이 포장은 트레이(크기 20×11×1.5 cm, 중량 5.0±0.1g)에 시료를 담아 식품포장용 랩 필름(LLD-PE, (주) 크린랩)으로 한겹 포장하였으며, PE 비닐 포장은 비닐 봉지(크기 30×20 cm, 두께 : 0.063 mm)에 시료를 담아 끈으로 묶었다. 소독제는 과채류용 염소계 살균소독제(Kirbychlor Tablet, 반도약품)를 물 10l당 1정을 넣고 30분간 방치하여 희석한 것을 침지수로 사용하였다. 이때의 시료별 저장온도는 각각 5℃ 및 15℃로 구분 저장하였다. 그리고 상처의 저장시험을 위한 처리조건을 Table 1에 나타내었다.

이화학적 성분분석

중량감소는 초기중량에 대한 감소중량을 백분율로, 부패율은 초기시료의 개수에 대한 부패시료(변색 및 비가식화된 것이 30% 이상 인 것)의 개수를 백분율로 표

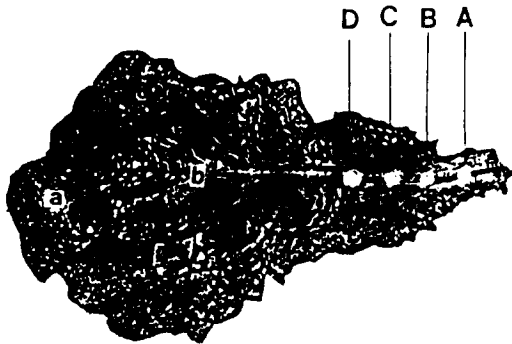


① Hanhle ② Press panel ③ Stop valve ④ Air pipe ⑤ Thermometer  
⑥ Insulating materials ⑦ Flow meter ⑧ Agitator ⑨ Cooling tube ⑩ Expansion valve

Fig. 1. Schematic diagram of experimental cooling unit (A) and immersion unit (B)

**Table 1. Treatment conditions for the storage test of lettuce**

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



**Fig. 2. Regions for temperature and color measurement**

A, B, C and D refer to thermocouple insertion locations  
a and b refer to color measuring position

시하였다. 상처의 표면색깔은 색차계(CHROMA Meter, CR-200, Minolta Co., Japan)를 이용 Fig. 2와 같이 선정한 부위별로 잎사귀 및 잎맥부위 2곳을 각각 5회씩 측정하여 산술평균하였다. 그리고 수분과 Chlorophyll 함량은 AOAC법<sup>(7)</sup>에 따라 분석하였다.

**호흡속도**

Couture 등<sup>(8)</sup>의 방법을 따라 제작한 아크릴 용기에 온도별로 측정할 시료를 각각 1kg씩 넣고 24시간 간격으로 포집한 가스를 500 μl씩 취하여 gas chromatography(Hewlett-Packard 5890)로 다음과 같은 조건에서 측정하였다.

Instrument	Hewlett Packard 5890
Injector temp.	200°C
Detector temp.	200°C
Oven temp.	40°C
Column	Molecular Sieve 5A×Porapak N 3ft, S.S(Parallel type)
Detector	TCD
Carrier gas	He
Injection volumn	0.5 ml

**미생물 측정**

저장된 시료 10g을 0.85% 생리식염수에 넣어 균질화한후 단계희석하여 총균수 측정에는 PCA (Plate Count Agar, Difco Lab.)를 이용, 35°C에서 24~48시간 배양후 생성된 집락을 계수, 회석배수를 감안하여 시료 1g당의 총균수를 구하였다<sup>(9)</sup>. 그리고 대장균군수에는 Lauryl Sulphate Tryptose Broth(LST broth, Difco Lab.)와 Brilliant-Green Lactose Bile Broth(BGLB broth, Difco Lab.)를 사용하여 검체 1ml를 3개의 LST broth 접종한 다음, 35°C에서 3~4일간 배양후 가스발생 양성관을 다시 BGLB broth에 접종하고 35°C에서 3~4일간 배양하여 가스발생 양성관으로부터 M.P.N 방법<sup>(9)</sup>에 의해 대장균군수를 산출하였다.

**온도측정**

상처의 부위별(Fig. 1) 온도측정은 Hackert 등<sup>(4,10)</sup>의 방법에 따라 예냉 중 온도변화를 0.3 mmφ copper-constantan 열전대를 사용, 자동온도 기록계(Data Logger, Model: DIGISTRIP III, USA)로 1분 간격으로 연속 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**냉각특성**

제작한 실험용 냉수냉각장치를 이용 상처를 대상으로 냉각특성시험을 실시하였다.

먼저, 냉수온도 1.5°C일 때 골판지 박스로 포장한 상처 5kg용 1박스를 침지조에 넣어 각 부위별 온도를 1분 간격으로 연속 측정한 결과는 Fig. 3과 같았으며, 냉각 시간 90분까지도 적재부위에 따라 약 4°C 정도의 온도차를 보였고 100분 경과후에는 중간부와 하부에서 약 1°C 정도의 온도차로 비슷한 온도분포를 나타내었다. 또한, 상처 부위별 온도분포는 Fig. 4와 같이 동일 시료 부위에서도 다소의 온도분포차를 보였고 잎맥이 두꺼운 부위일수록 냉각속도는 느렸으나 전반적으로 3분이 경과하면서 품온이 5°C 이하로 저하함을 알 수 있었다. 이와같이 포장시 적재부위에 따른 품온 차는 침지조 상부의 공기층과 수온의 차로 인해 침지되지 않고 떠 있는 부위의 열전달이 다소 느리기 때문인 것으로 판단되었다.

**냉각율**

본 실험에서의 냉각율은 냉각시간에 대해 무차원화한 시료온도를 semilog로 plotting한 결과, 냉수온도 1.5°C일 때, 초기품온 19.0°C 상처에 있어서의 기울기는 -0.365 (R<sup>2</sup>=0.986)로 나타났다(Fig. 5).

시료의 energy balance로부터 증발에 의한 열손실과 시료의 온도구배가 없다고 가정하면 일반적으로 다음과 같은 시간의 함수로서 나타낼 수 있다<sup>(11)</sup>.

$$(T - T_{\infty}) / (T_0 - T_{\infty}) = e^{-hA/mc \tau}$$

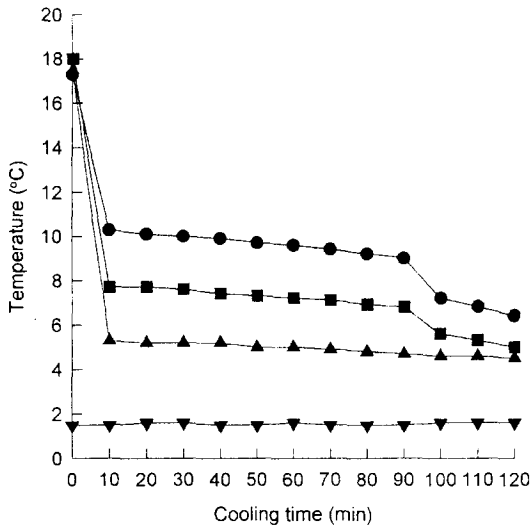


Fig. 3. Cooling curve of lettuce in carton box of 5 kg  
 ●—●, Upper; ■—■, Middle; ▲—▲, Lower; ▼—▼, Cooling water

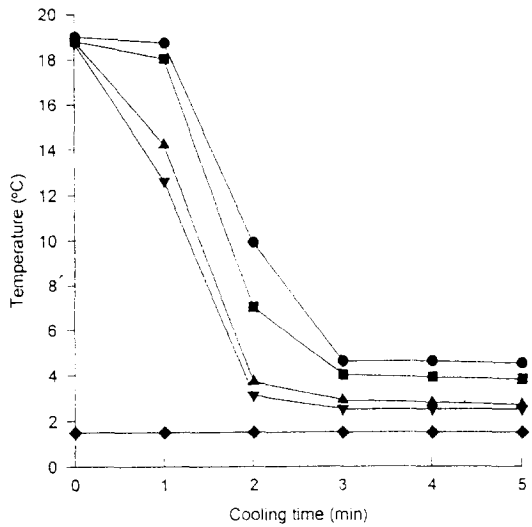


Fig. 4. Cooling curve of lettuce  
 A, B, C and D are thermocouple insertion locations (Refer to the Fig. 2)  
 ●—●, Point A; ■—■, Point B; ▲—▲, Point C; ▼—▼, Point D; ◆—◆, Cooling water

여기서  $-hA/mc$ 는 냉각속도계수이며,  $T_c$ 는 냉각매체 온도(°C),  $T_i$ 는 식료의 초기온도(°C),  $A$ 는 면적( $cm^2$ ),  $h$ 는 열전달계수( $W/m^2K$ ),  $t_c$ 는 시간,  $c$ 는 비열( $kJ/kg \cdot K$ )이다. 이 식을 semilog로 plotting한 회기식의 기율기는 냉각속도계수와 일치한다. 이와같이 하여 나타낸 냉각조건별에 따른 냉각속도계수와  $R^2$ 값을 Table 2에 나타내었다.

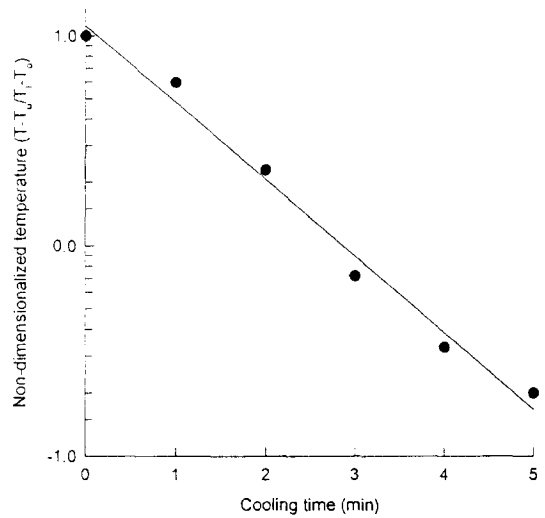


Fig. 5. Time-Temperature response for lettuce

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

Conditions of sample		Slope <sup>1)</sup>	R <sup>2</sup>
Leaf	T <sub>i</sub> =19.0°C, T <sub>o</sub> =1.5°C	-0.365	0.99
Point A	T <sub>i</sub> =19.0°C, T <sub>o</sub> =1.5°C	-0.255	0.88
Point B	T <sub>i</sub> =18.8°C, T <sub>o</sub> =1.5°C	-0.299	0.92
Point C	T <sub>i</sub> =18.8°C, T <sub>o</sub> =1.5°C	-0.303	0.92
Point D	T <sub>i</sub> =18.9°C, T <sub>o</sub> =1.5°C	-0.365	0.93
PE vinyl packing(1 kg)			
Upper	T <sub>i</sub> =20.2°C, T <sub>o</sub> =3.0°C	-0.017	0.99
Lower	T <sub>i</sub> =20.2°C, T <sub>o</sub> =3.0°C	-0.033	0.93

<sup>1)</sup>Slop equals cooling rate coefficients of Eq. (3) and has units of minute<sup>-1</sup>

T<sub>i</sub>: Initial temperature(°C)

T<sub>o</sub>: Cooling water temperature(°C)

Point A, B, C, D: Refer to the legend of Fig. 3.

상치의 직선기율기 즉, 냉각속도계수는 -0.365~-0.255로써 비교적 냉각속도가 빨랐으며, 이 값의 차이는 시료의 두께에 따른 영향으로 생각되었다. 또한 시료별 포장조건에 따른 냉각속도는 상치 1kg을 PE 비닐 포장하였을때, 상부는 냉각속도계수가 -0.017(R<sup>2</sup>=0.99), 하부는 -0.033(R<sup>2</sup>=0.92)으로 무포장시의 냉각속도계수에 비해 냉각속도가 상대적으로 느렸으며, 포장 상하부의 냉각속도 차이도 큰 것으로 나타났다.

처리조건별에 따른 이화학적 변화

일반적으로 원예농산물은 수확시 대략 90~95%의 수분을 함유하여 신선도를 유지하나 수확 후에는 수분의 공급이 차단되고 호흡과 증산작용에 의해 수분이 감소하여 중량감소와 동시에 조위현상이 일어나 최후에는 부패되어 버린다<sup>(12)</sup>.

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

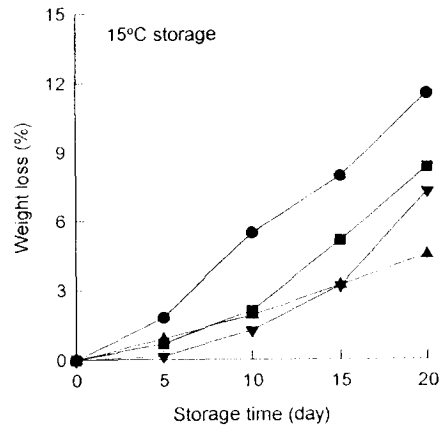
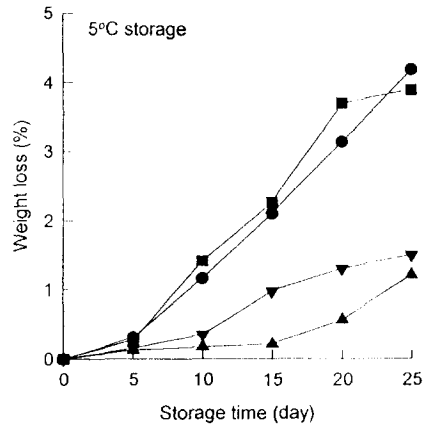
Storage temp.(°C)	Treat-ment	Storage time(days)					
		0	5	10	15	20	
5	A	91.96 <sup>a</sup>	90.69 <sup>b</sup>	90.44 <sup>bc</sup>	90.15 <sup>c</sup>	—	
	B	92.01 <sup>a</sup>	89.66 <sup>bc</sup>	89.67 <sup>bc</sup>	89.01 <sup>c</sup>	—	
	E	91.36 <sup>a</sup>	93.75 <sup>b</sup>	93.00 <sup>c</sup>	92.12 <sup>d</sup>	—	
	F	91.66 <sup>a</sup>	93.22 <sup>b</sup>	93.05 <sup>bc</sup>	92.68 <sup>c</sup>	—	
	15	A	91.96 <sup>a</sup>	91.67 <sup>a</sup>	90.73 <sup>b</sup>	90.15 <sup>c</sup>	91.79 <sup>a</sup>
		B	92.01 <sup>a</sup>	91.53 <sup>ab</sup>	91.23 <sup>b</sup>	90.50 <sup>c</sup>	90.16 <sup>c</sup>
E		91.36 <sup>a</sup>	91.61 <sup>a</sup>	91.71 <sup>a</sup>	90.69 <sup>b</sup>	90.48 <sup>b</sup>	
F		91.66 <sup>a</sup>	91.79 <sup>a</sup>	93.14 <sup>b</sup>	93.63 <sup>b</sup>	92.68 <sup>b</sup>	

Sample codes(A, B, E, F) are the same as explained in Table 1  
<sup>a,b,c,d</sup>Means with same superscripts in a row are not significantly different(P<0.05).

침치식 냉수냉각에 의한 저장중 상치의 수분함량 변화를 검토한 결과는 Table 3과 같았다. 즉, 15°C 저장시 무처리한 시료 A, B는 저장 5일째부터 수분함량의 감소가 시작되었으며, 특히 트레이포장인 시료 B에서는 약 2.5%의 감소율로 타 시료보다 감소율이 높게 나타났다. 그러나 수냉처리한 상치는 포장조건에 관계없이 수분함량의 변화가 미미하였고 오히려 다소의 증가를 나타내었으며, 5°C 저장에서는 수분함량의 감소는 없었으나 포장 내부의 물고임으로 인해 저장기간의 경과에 따라 오히려 부패되어 버리므로써 시금치와 같은 원예농산물 수분함량까지 5% 수준과는 관계가 없음을 알 수 있었다<sup>13)</sup>.

상치의 저장온도별 중량감소율 변화(Fig. 6)를 살펴보면 15°C 저장에서 무처리한 시료 B는 저장 5일째 1.80%에서 저장 10일째 5.48%, 저장 20일째 11.53%로 증가한 반면 수냉처리한 시료 D는 저장 20일째에도 3.82%로 낮은 중량감소율을 나타내었다. 또한, 5°C 저장에서는 트레이 포장한 시료 B와 E가 높게 나타났으며, 특히 시료 E는 시료 자체의 수분감소보다는 수냉처리후 잎사귀 표면에 존재하는 잔류수의 증발에 의한 것으로 생각되었으며, 그 외 수냉처리후의 탈수 여부 및 포장재질 등도 중량감소에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

수냉처리한 상치의 15°C 저장시 부패율 변화는 Fig. 7과 같았다. 즉, 무처리한 시료 A는 저장 10일째 8.9%인 반면 수냉처리한 시료 E는 5.9%로 저장 10일째까지는 수냉처리구의 부패율이 다소 낮았으나 그 이후에는 수냉처리여부에 관계없이 전 시료에 걸쳐 30~40% 수준으로 급격히 증가하였다. 5°C 저장의 수냉처리후 트레이포장한 상치 E는 부패율이 저장 20일째 9.2% 수준인 PE 비닐 포장한 상치 F에 비해 매우 불량한 것으로 나타나, 소독제 처리에 따른 미생물의 번식 억제와 관련이 있는 것으로 여겨졌다. 또한, 수냉처리 후 탈수하지 않은 시료 C는 저장 20일째 20.6%로 탈수처리한 시료 F에 비해



**Fig. 6. Changes in weight loss of lettuce during storage Refer to the sample number of Table 1 for the meaning of legends**

●—●, Treatment B; ▼—▼, Treatment C; ▲—▲, Treatment D; ■—■, Treatment E

약 2배의 부패율을 보여 잔류수에 따른 수분활성도 증가에 의한 것으로 생각되었다.

**클로로필 함량의 변화에 따른 색도변화**

상치의 클로로필함량은 처리조건에 따라 다소 차이는 있으나 저장 초기치는 대략 115.7~147.3 mg%를 나타내었다. Fig. 8은 저장온도별 클로로필 함량의 변화를 나타낸 것으로 15°C 저장에서는 무처리한 시료 A가 초기치 147.3 mg%에서 저장 15일후 53.6 mg%로 타 시료에 비해 가장 빠른 감소를 나타낸 반면, 수냉처리한 시료 F는 초기치 125.5 mg%에서 77.4 mg%로 38.3%의 낮은 감소율을 나타내었다. 또한, 탈수처리한 시료 D가 탈수 처리하지 않은 시료 C보다, 그리고 트레이 포장한 시료 E가 PE 비닐 포장한 시료 D보다 작은 클로로필 함량 변화를 나타내었다. 그러나 5°C 저장에서는 저장 25일후 처리조건에 관계없이 비슷한 수준인 75~90 mg%로 감

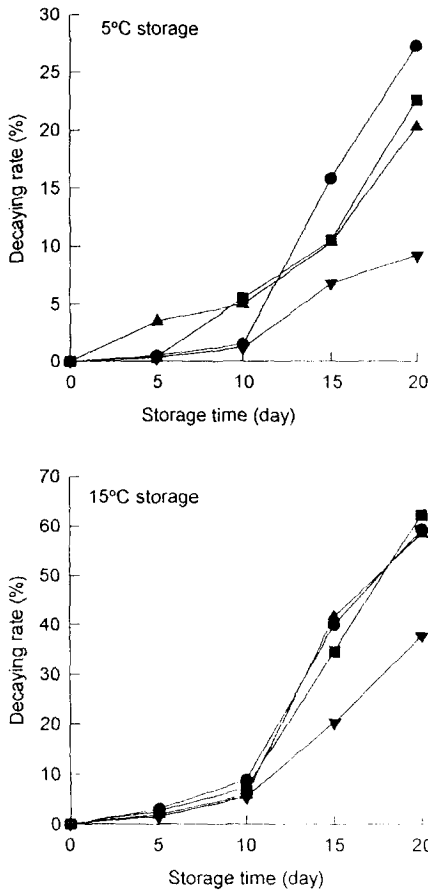


Fig. 7. Changes in decaying rate of lettuce during storage

Refer to the sample number of Table 1 for the meaning of legends

●—●, Treatment A; ■—■, Treatment C; ▲—▲, Treatment E; ▼—▼, Treatment F

소하였으나, 무처리한 시료 A, B는 저장 5일후부터 선형적인 감소를 나타낸 반면, 수냉처리한 시료 C, D, E 및 F는 저장 5일 또는 10일 후부터 감소현상을 보이는 것이 특징적이다. 이러한 현상은 클로로필 함량의 변화가 부패 및 중량감소와 같은 선도저하와 깊은 관련을 가지기 때문인 것으로 여겨진다. 대체로 클로로필 함량의 70% 정도가 소실되면 저장 한계점으로 보고되고 있는 바<sup>14)</sup>, 본 실험에서는 처리조건에 따라 다소 차이는 있으나 대략 50~60% 정도 소실되었을 때 한계점에 도달하였으며, 저장온도 5°C에서는 대체적으로 저장 25일 후 이와 유사한 수준에 도달한데 반하여 15°C 저장에서는 15일 이내에 도달하였다. 이와같은 경향은 상지의 표면색도 변화에서도 마찬가지로 저장기간의 경과에 따라 전반적으로 L값 및 b값은 처리조건에 따라 다소간의 차는 있었으나 대체로 감소하는 경향을 나타낸 반면, a값은 따라 증가

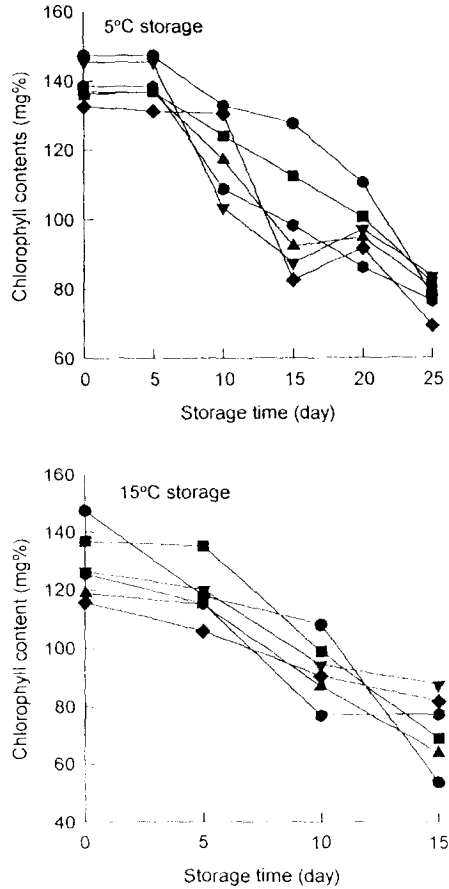


Fig. 8. Changes in chlorophyll contents of lettuce during storage

Refer to the sample number of Table 1 for the meaning of legends

●—●, Treatment A; ■—■, Treatment B; ▲—▲, Treatment C; ▼—▼, Treatment D; ◆—◆, Treatment E; ●—●, Treatment F

하는 경향을 보여 주었다(Table 4). 즉, 밝기를 나타내는 L값은 무처리 시료에서는 저장기간에 따라 지속적인 감소를 보였으나 수냉처리한 시료에서는 저장온도에 따라 다소의 차이는 있으나 저장 20일까지는 큰 감소를 보이지는 않았다. 그리고 황색의 정도를 표시하는 b값도 수냉처리 시료에 있어 저장 10~15일후까지는 무처리한 시료에 비해 변화정도가 완만하였다. 이와같이 저온에서 수냉처리한 시료가 무처리한 시료에 비해 L 및 b값의 변화가 적은 것은 클로로필 함량의 낮은 감소율과 관련이 있는 것으로 추측된다.

미생물 변화

보통 0°C 부근으로의 급격한 온도저하는 대장균, *Pseudomonas acuginosa*, *Salmonella* spp. 등 중온균에 대

**Table 4. Changes in L, a and b values of lettuce during storage** (unit: %)

Storage temp.(°C)	Treatment		Storage time (days)					
			0	5	10	15	20	
5	A	L	45.71	46.55	43.94	43.10	38.01	
		a	-17.68	-18.21	-14.92	-15.48	-7.35	
		b	27.03	27.48	18.42	20.96	13.76	
	B	L	45.23	45.55	43.28	42.31	39.78	
		a	-17.81	-17.54	-13.53	-14.96	-13.60	
		b	25.82	24.74	15.59	20.31	18.05	
	C	L	46.48	47.73	41.14	37.16	39.97	
		a	-19.20	-19.88	-17.07	-12.30	-13.34	
		b	29.66	32.52	23.37	19.15	21.37	
	E	L	45.28	43.98	37.24	41.04	40.15	
		a	-16.51	-16.80	-13.08	-13.31	-16.06	
		b	23.88	23.93	21.20	22.53	24.61	
	F	L	46.31	46.48	44.71	46.42	42.75	
		a	-17.58	-16.72	-17.86	-14.40	-14.11	
		b	25.08	26.21	29.76	21.88	23.08	
	15	A	L	46.76	45.60	48.78	59.69	-
			a	-18.10	-17.91	-18.22	-11.89	-
			b	26.26	26.31	30.75	29.91	-
B		L	45.65	46.01	49.50	38.62	-	
		a	45.65	46.01	49.50	38.62	-	
		b	25.12	23.48	25.75	20.06	-	
C		L	45.72	45.96	38.17	28.70	-	
		a	-18.06	-18.50	-5.84	-5.50	-	
		b	26.28	27.06	12.49	6.60	-	
E		L	45.78	46.97	49.54	35.60	-	
		a	-17.67	-15.52	-8.08	-7.90	-	
		b	25.39	29.74	25.37	16.18	-	
F		L	46.53	45.18	41.91	36.02	-	
		a	-17.54	-15.65	-13.91	-9.93	-	
		b	25.46	24.62	20.90	19.35	-	

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

하여 사멸 또는 치사적 효과를 나타내어 완전한 온도 저하에 비해 중 저온균수의 감소에 매우 효과적인 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려져 있다<sup>(15)</sup>. 저장중 처리조건별 시료의 총균수 변화는 Table 5와 같이 수확후 수냉처리를 하지 않은 시료에 비해 처리한 시료군이 낮은 초기미생물수와 저장중 느린 증식속도를 나타내어 예냉이 초기미생물수의 감소와 성장에 억제 효과가 있음을 알 수 있었다. 5°C 저장에 있어 수냉처리군의 초기총균수는 평균  $2.1 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^3$  cfu/g를 나타낸 반면, 무처리군은 평균  $1.1 \times 10^8 \sim 5.5 \times 10^6$  cfu/g으로 초기미생물수에서 큰 차이를 나타내었다. 또한 소독제처리 시료 F는 소독제를 첨가하지 않은 시료구에 비해 저장 10일후까지 거의 변화를 나타내지 않아 미생물 생육 억제에 효과가 있는 것으로 나타났다.

15°C 저장시에도 5°C 저장시와 유사한 경향을 나타내어 수냉처리구에서 현저한 초기미생물수의 감소를 나타내었다. 이러한 현상은 대장균군의 변화(Table 6)에서도 거의 유사하게 나타나 무처리구의 대장균수가 초기  $3.4 \times 10^5 \sim 6.2 \times 10^5$  cfu/g을 나타낸 반면 수냉처리구에서는  $1.3 \times 10^4 \sim 4.6 \times 10^2$  cfu/g을, 저장 10일까지도 무처리구가  $2.0 \times 10^5 \sim 8.0 \times 10^5$  cfu/g을 나타낸 반면에 수냉처리구에서는  $2.6 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^3$ 을 나타내어 대장균군의 초기치 감소 및 소독제 처리에 의한 증식 억제효과를 확인할 수 있었다. 그리고 초기미생물수가 다소 높게 나타난 것은 상치의 표면적이 비교적 넓어 냉수처리시 잔류수에 의한 높은 수분활성도와 세척상의 어려움 때문인 것으로 생각되었다.

**Table 5. Changes in total microbial count of hydrocooled and non-treated lettuce during storage** (unit : cfu/g)

Storage temp. (°C)	Storage time (day)	Treatment condition				
		A	B	C	E	F
5	0	1.1×10 <sup>6a</sup>	5.5×10 <sup>6a</sup>	2.1×10 <sup>5a</sup>	2.4×10 <sup>5a</sup>	2.5×10 <sup>3a</sup>
	5	2.3×10 <sup>7a</sup>	1.1×10 <sup>7b</sup>	2.5×10 <sup>6b</sup>	1.2×10 <sup>5a</sup>	1.1×10 <sup>3a</sup>
	10	8.0×10 <sup>7b</sup>	1.6×10 <sup>7b</sup>	6.4×10 <sup>7c</sup>	2.9×10 <sup>5a</sup>	1.8×10 <sup>3a</sup>
15	0	1.1×10 <sup>6a</sup>	5.5×10 <sup>6a</sup>	2.1×10 <sup>5a</sup>	2.4×10 <sup>5a</sup>	2.5×10 <sup>3a</sup>
	5	6.0×10 <sup>8b</sup>	1.1×10 <sup>8b</sup>	7.4×10 <sup>7b</sup>	3.0×10 <sup>5a</sup>	3.1×10 <sup>3a</sup>
	10	7.3×10 <sup>8b</sup>	2.1×10 <sup>8b</sup>	1.6×10 <sup>8c</sup>	7.8×10 <sup>6b</sup>	6.0×10 <sup>4b</sup>

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

<sup>a,b,c</sup>Means with same superscripts in a row are not significantly different (P<0.05).

**Table 6. Changes in coliform count of hydrocooled and non-treated lettuce during storage** (unit : cfu/g)

Storage temp. (°C)	Storage time (day)	Treatment condition				
		A	B	C	E	F
5	0	3.4×10 <sup>5a</sup>	6.2×10 <sup>5a</sup>	1.3×10 <sup>4ab</sup>	5.2×10 <sup>3a</sup>	4.6×10 <sup>2a</sup>
	5	3.0×10 <sup>5a</sup>	1.0×10 <sup>5b</sup>	9.0×10 <sup>3b</sup>	6.6×10 <sup>3a</sup>	3.0×10 <sup>2a</sup>
	10	8.0×10 <sup>5b</sup>	2.0×10 <sup>5b</sup>	2.6×10 <sup>4ac</sup>	2.0×10 <sup>4b</sup>	1.0×10 <sup>3b</sup>
15	0	3.4×10 <sup>5a</sup>	6.2×10 <sup>5a</sup>	1.3×10 <sup>4a</sup>	5.2×10 <sup>3a</sup>	4.6×10 <sup>2a</sup>
	5	7.8×10 <sup>5b</sup>	9.2×10 <sup>5ab</sup>	2.1×10 <sup>5b</sup>	4.9×10 <sup>4b</sup>	7.6×10 <sup>2a</sup>
	10	3.0×10 <sup>6c</sup>	1.0×10 <sup>6b</sup>	5.0×10 <sup>5b</sup>	3.0×10 <sup>5c</sup>	5.0×10 <sup>3b</sup>

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

<sup>a,b,c</sup>Means with same superscripts in a row are not significantly different (P<0.05).

**Table 7. Respiration rate of samples at different storage temperature**

Temperature(°C)	Respiration rate(mg CO <sub>2</sub> /kg·hr)
5	104.17 <sup>a</sup>
15	188.75 <sup>b</sup>
20	184.31 <sup>c</sup>
30	389.28 <sup>d</sup>

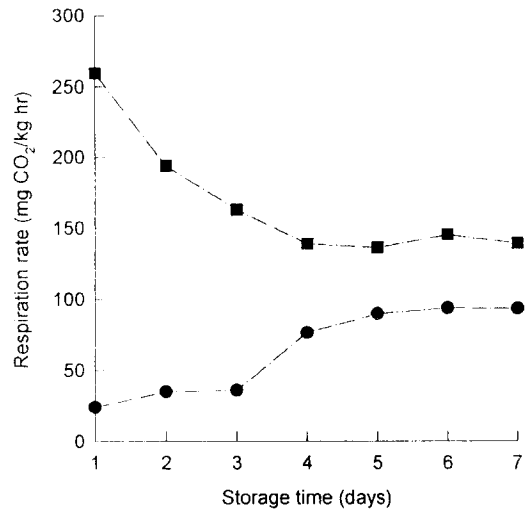
All values are means of triplicate determinations.

<sup>a,b,c,d</sup>Means with same superscripts are not significantly different(P<0.05).

**호흡속도**

Table 7은 본 실험에 사용한 상치를 대상으로 저장 온도별 호흡속도를 조사한 것으로, 상치의 호흡량은 5°C에서의 104.17 mg CO<sub>2</sub>/kg·hr에서 온도상승에 따라 증가하여 30°C에서는 389.28 mg CO<sub>2</sub>/kg·hr로 약 3.7배 정도의 증가를 보였으며 특히, 20°C와 30°C 사이에서 가장 활발하여 약 2배 이상의 차이를 보였다.

한편, 5°C에서 수냉처리한 상치와 수확후 그대로 운반되어진 상치를 15°C에 저장하여 저장기간에 따른 호흡율을 비교한 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 수확후 무처리한 상치에서는 저장 1일째 259.29 mg CO<sub>2</sub>/kg·hr의 호흡율로서 일반적인 과채류의 호흡량에 비해 다소 높게 나타났다. 이와같은 높은 호흡량은 수확작업에 따른 절단 등의 상치에 의한 것으로 여겨졌다. 그리고 수냉처리한 상치의 1일째 호흡량은 무처리구의 약 1/10 수준인 23.95



**Fig. 9. Changes in respiration rate of lettuce during storage at 15°C**

●—●, Hydrocooling at 5°C; ■—■, Non-treatment

mg CO<sub>2</sub>/kg·hr로 수냉처리에 의해 상당한 차이를 나타내었으며, 이는 5°C 수냉처리에 의한 낮은 품온으로 인해 자체 호흡속도가 감소했기 때문인 것으로 생각되었다. 그러나 저장기간의 경과에 따라 예냉처리한 상치의 품온상승과 더불어 호흡작용의 활성화로 저장 4일째에는



76.71 mg CO<sub>2</sub>/kg·hr로 증가하여 무처리한 상치의 약 55 % 수준으로 근접하였다. 저장 7일째에는 93.48 mg CO<sub>2</sub>/kg·hr로 무처리한 상치 139.50 mg CO<sub>2</sub>/kg·hr에 비해 다소 낮은 호흡량을 나타내어 지속적으로 낮은 호흡을 하고 있음을 보여 주었으며 수냉처리가 과채류의 호흡 억제에 큰 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다.

요 약

본 연구에서는 냉각조 및 침지조를 직접 설계제작하여 이에 대한 성능시험 및 수냉각에 의한 냉각특성을 검토함으로써 향후 시스템 제작에 필요한 기초자료를 제공함을 목적으로 하였고 아울러 본 장치에 의한 세척효과 및 저장효과를 살펴보기 위해 상치를 시료로 수확 후 저장기간별 품질조사를 실시하였다. 침지식 냉수냉각에 있어 냉각시간에 대해 무차원화한 온도를 semi-log로 plotting한 결과, 상치의 냉각속도계수는 -0.365 min<sup>-1</sup> ~ -0.255 (R<sup>2</sup>=0.99~0.88)로 나타났다.

또한, 저장온도에 따른 처리구별 저장시험에서 처리 조건에 따른 수분함량의 유의적 차이는 없었으나, 상치의 중량감소율은 5℃ 저장에서는 미미한 차이만을 나타내었고 15℃ 저장에서는 수냉처리구가 저장 10~15일까지 무처리구에 비해 효과가 있었다. 또한 수냉처리 후 포장조건에 따른 저장시험에서는 PE 비닐 포장이 트레이 포장시보다는 낮은 중량감소율을 나타내었다. 부패율은 수냉처리한 상치에 있어 소독처리한 시료, PE비닐 포장한 시료, 탈수처리한 시료가 타 시료에 비해 낮게 나타났다으며, 색택변화도 수냉처리한 상치는 무처리한 시료에 비해 저장기간의 경과에 따라 L값 및 b값의 변화 정도가 완만하였다.

클로로필함량 변화는 초기치 115.7~147.3 mg%가 5℃ 저장에서 25일 후, 15℃ 저장에서 15일 이내에 50~60% 수준으로 감소되었고, 초기미생물수도 수냉처리에 의해 상당히 감소시킬 수 있었으며 특히, 소독제 첨가에 의한 총균수 및 대장균군의 초기치 감소와 저장기간에 따른 증식억제 효과를 확인할 수 있었다. 또한, 5℃ 수냉처리 시의 호흡량은 무처리한 상치에 비해 약 1/10 정도 낮은 23.95 mg CO<sub>2</sub>/kg·hr로 나타났다.

문 헌

1. 서울대학교 농업개발연구소: 청과물 종합 유통시설의

현대화를 위한 기술개발 및 보급 방안. 농림수산부, p.76 (1992)

2. 松田好祐: スイートコンとニンジンの冷却法. 冷凍, 59, 63 (1984)

3. Zahradnik, J.W. and Reinhart, L.E.: In-Stack hydrocooling for apples. *Trans. ASAE*, 15, 141 (1972)

4. Hackert, J.M., Morey, R.V. and Thompson, D.R.: Pre-cooling of fresh market broccoli. *Trans. ASAE*, 30, 1489 (1987)

5. 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)

6. Mohammed, M. and Sealy, L.: Hydrocooling and post-harvest quality in melongene. *Trop. Agric.(Trinidad)*, 65, 161 (1988)

7. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., p.62 (1990)

8. Couture, R. and Makhlof, J.: Production of CO<sub>2</sub> after gamma irradiation of strawberry fruit. *J. Food Qual.*, 385, 13 (1990)

9. 보건사회부: 식품공전. 한국식품공업협회, 서울, p.481 (1991)

10. Chesness, J.L. and Hendershott, C.H.: The freezing point of certain vegetable leaves. *Trans. ASAE*, 15, 479 (1972)

11. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers: *Refrigeration-System and Application*. ASHRAE, 11.1 (1990)

12. 表 鉉九외 22人: 菜蔬園藝總論. 郷文社, p.184 (1964)

13. Iwamoto, M. and Kawano, S.: Hydrocooling of fruits and vegetables. *Refrigeration*, 59, 45 (1984)

14. Kader, A.A.: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California, Davis, p.93 (1992)

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.I, Academic press, New York, p.5 (1980)

16. Ishibashi, S., Shiga, T. and Tanaka, S.: Fundamental Concept and Procedure of cooling. *Refrigeration*, 64, 13 (1989)

17. 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)

(1995년 4월 3일 접수)