

진공예냉과 저온유통에 의한 양상추의 선도 연장

김병삼 · 김동철 · 이세은 · 남궁배 · 정진웅

Freshness Prolongation of Crisphead Lettuce by Vacuum Cooling and Cold-Chain System

Byeong-Sam Kim, Dong-Chul Kim, Se-Eun Lee, Gung-Bae Nahm and Jin-Woong Jeong

Korea Food Research Institute

Abstract

Vacuum cooling of crisphead lettuce by pilot-scale vacuum cooling apparatus, transportation under the conventional and cold-chain systems and distribution were carried out for its freshness prolongation and application of cold-chain system for fresh fruits and vegetables. Changes in temperatures of crisphead lettuce were also measured during transportation. Q_{10} value for respiration rate of crisphead lettuce was 1.7~2.4 and its initial freezing point was -0.2°C . Cooling the vegetable to 0°C was possible in less than 30 minutes by vacuum cooling. The shelf-life was extended by more than 90% by the combination of vacuum cooling and low temperature distribution.

Key words: vacuum cooling, crisphead lettuce, cold-chain, shelf-life.

서 론

여름철과 같은 외기온도가 높은 계절에 수확한 청과물은 품온이 높기 때문에 호흡작용이 왕성하며 그 결과 각종 효소 작용에 의한 성분 분해와 품질 저하가 일어나기 쉽다. 특히 효소작용은 온도 의존성이 크기 때문에 품온의 상승에 비례하여 그 활성이 증가하므로 청과물의 선도 연장을 위해서는 품온을 낮출 필요가 있다. 소비자의 식습관이 고급화되고 유통 형태가 변화하게 됨에 따라 청과물에 대한 신선도는 수확 직후의 그대로를 요구하는 단계에까지 접근하고 있으며 이를 위해서는 근본적으로 청과물 유통에 있어서도 예냉(precooling), 저온수송, 저온보관 및 배송 등과 같은 일련의 저온유통시스템이 도입되어야 함을 알 수 있다^(1,2). 예냉 기술중 진공예냉(vacuum cooling)은 30분 이내의 짧은 시간에 청과물의 품온을 0°C 부근까지 강하시킬수가 있으며 예냉 과정중 표층부위의 수분이 증발함으로써 조직 강화의 효과를 부수적으로 가져오기 때문에 양상추와 같은 조직이 취약한 엽채류에 가장 효율적으로 이용되어지고 있다⁽³⁻⁷⁾.

양상추는 결구 상추라고도 하는데 남유럽, 서아시아, 북아프리카 등이 원산지로 주로 호냉성 채소로써 생육 적온은 보통 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 정도이고 토양에 대한 적응력이

높아 유기질이 풍부한 토양이면 어느 토양이든 잘 자라는 편이다. 양상추의 성분 조성을 보면 수분 95.4%, 단백질 1.0%, 지질 0.2%, 탄수화물 2.9%, 회분 0.5%, 무기질 76 mg% 및 소량의 비타민이 함유되어 있다⁽⁸⁾. 즉 다른 채소보다 수분이 많은 채소에 속하며 양배추에 비해 섬유가 적고 잎이 연약하여 쉽게 씹을 수 있어 생식으로 이용되지만 반면 시들거나 부패 등 상품성 저하가 빨라 저장성이 떨어진다. 따라서 영양 성분면에서는 별 특징이 없으나 그 자체의 조직감과 향취 때문에 샐러드용으로 잘 애용되고 있으며 식습관의 서구화 추세와 더불어 매년 생산량이 증가하고 있다.

지금까지 양상추에 관한 연구로는 저장중의 품질 변화나 유통^(9, 10)에 관하여 부분적으로 수행되어져 왔으나 국내에서는 예냉기술을 청과물의 신선도 연장에 적용한 실례를 찾아보기 힘들며 특히 진공예냉 처리의 과채류의 선도 연장 효과에 대한 경우도 마찬가지이다. 따라서 본 연구에서는 국내산 청과물에 대한 저온유통시스템을 개발, 보급시키기 위한 일환으로 우선 국내에서 생산되는 하절기 채소로써 조직이 취약하고 저장성이 약한 양상추를 시료로 하여 선도 연장 및 유통 구조 개선의 방편으로써 진공 예냉 및 저온 유통 시스템을 적용한 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

재료 및 조제

재료 : 본 연구에서 사용한 양상추(Lactuca Sativa L.)

Corresponding author: Byeong-Sam Kim, Korea Food Research Institute San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-city, Kyeonggi-do, 463-420 Republic of Korea

Table 1. Specifications of vacuum cooling apparatus

Item	Specification
Precooling capacity	30 kg-vegetables/batch, 30 min
Vacuum chamber	720 mm(W)×530 mm(L) ×1,050 mm(H)
Vacuum pump capacity	350l/min
Compressor	2HP
Cold trap temperature	-6℃

Table 2. Distribution methods of crisphead lettuce

Treatment	Distribution method
NT	Packing in carton box→Transportation (covered truck)
PTC	Preparation→Wrapping→Packing in carton box→Transportation(cold storage car)
VCC	Preparation→Wrapping→Packing in carton box→Vacuum cooling→Transportation (cold storage car)
VCA	Preparation→Wrapping→Packing in carton box→Vacuum cooling→Transportation (insulating car)

는 crisphead형의 New Lakes 품종으로 1992년 8월 13일 강원도 횡성군 도암면(대관령)의 재배 농가에서 수확한 것을 현장에서 직접 구입하여 사용하였다. 수확은 청명한 날 오전 10시 이전에 수확하여 인근의 저온 저장고(15℃ 정도)로 옮긴 다음 이곳에서 작업을 수행하였다.

조제(調製, Preparation)

에너지 처리를 위한 시료의 조제는 다음과 같이 행하였다. 즉 결구 외엽은 1매만 남기고 제거한 다음 폴리에틸렌 랩으로 wrapping 한 다음 10kg들이 골판지 박스(550×310×300 mm)에 2단으로 포장하였다. 이 때 하단에는切口를 밑으로 향하게 하여 놓고 그 위에 완충 및 흡습 재료를 겹쳐 신문지를 1장 접어서 편 다음 상단에는 하단과는 반대로 절구가 위를 향하게 하여 적재하여 수송중 손상을 받지 않도록 하였다.

진공에너지 처리

양상추는 위에서 조제, 포장한 양상추를 1 batch당 3 박스(1박스당 중량: 7.75~8.70 kg)씩 특별히 설계, 제작한 pilot scale의 진공에너지장치(Table 1)를 이용해 중심부의 품온이 1℃에 도달할 때까지 냉각시켰다.

유통 및 저장 방법

양상추의 유통은 Table 2와 같이 4가지 방식으로 전처리 및 수송한 다음 5±0.5℃(RH 80~90%)의 저장실에서 저장하였다.

감모율 측정

Table 3. Operation condition of HPLC for analysis of ascorbic acid content of crisphead lettuces

Instrument	Waters model 510
Column	Radial pak C ₁₈ cartridge
Mobil phase	Methyl alcohol PIC solution
Flow rate	2 ml/min
Detector	UV 214

초기 중량에 대한 중량 감소 정도를 일정 간격으로 측정하여 백분율로써 나타내었다.

아스코르브산 및 클로로필 측정

양상추 1개를 4등분하여 그 중 한 개를 마쇄시켜 착즙기를 이용, 착즙한 다음 착즙액을 저온에서 원심분리하여 얻은 상징액을 일정량 취해 고속 액체 크로마토 그래프를 이용하여 분석하였으며 이 때의 분석 조건은 Table 3과 같다.

클로로필은 앞에서 조제한 양상추의 외엽 3잎을 이용하여 AOAC법⁽¹⁶⁾에 의해 정량하였다.

표면 색 측정

양상추의 표면 색택(surface color)은 CHROMA METER(CR-200, MINOLTA, JAPAN)를 이용하여 측정하였다. 측정은 각 처리구별로 미리 지정한 5개의 양상추 잎의 일정한 부위에 대해 그 변화 정도를 측정하였는데 측정은 4부위(잎의 중앙에서 전, 후, 좌, 우 각 2 cm 위치)를 측정해 산술 평균하였다. 이 때 calibration plate의 L=97.5, a=-0.49, b=+1.96이었다.

호흡 속도

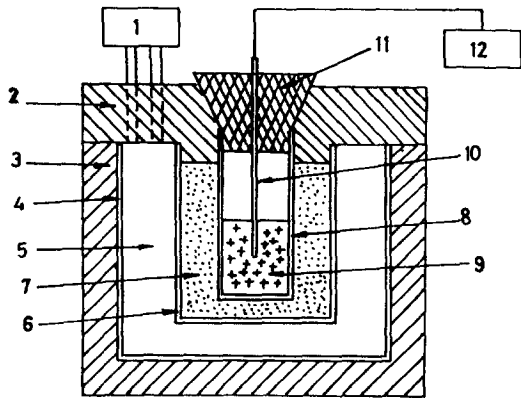
Couture 등⁽¹⁷⁾의 방법을 이용하여 측정하였다. 즉 특별히 제작한 아크릴 용기(내용적 23,073 cm³)에 양상추 한 포기(를) 담고 일정시간(3시간)동안 포집된 탄산가스를 가스분석용 주사기를 이용하여 정확히 500 μl를 취하여 가스크로마토그래프(Shimadzu GC-15A, Japan)를 이용하여 정량하였다.

초기 빙결점

양상추의 초기 빙결점은 Fig. 1과 같은 장치를 제작하여 데이터로거(Data Logger, Model; DIGISTRIP III, U. S.A.)를 이용하여 Time-Temperature Curve를 구하여 Backman법⁽¹⁸⁾에 의해 열평형 온도대를 외삽하여 결정하였다. 이 때 양상추의 온도는 0.3 mm copper-constantan thermocouple을 사용하여 thermocouple을 support device에 고정시킨 다음 잎의 밑면에서 중간 잎맥을 향해 삽입하여 안정 온도를 유지할 때까지 연속적으로 온도를 기록하였다⁽¹⁹⁾.

수송중의 품온 변화

양상추의 수송 과정에서 각 적재 위치에 있어서 양상추의



- 1. circulation thermostat themomix
- 2. Insulation lid
- 3. Insulation
- 4. Cooling bath
- 5. Brine
- 6. Aluminium sample tube
- 7. Air
- 8. Copper sample tube
- 9. Sample
- 10. Thermocouple
- 11. Rubber lid
- 12. Data logger

Fig. 1. Schematic diagram of freezing point measuring apparatus

품은 변화는 Fig. 2와 같이 electronic thermometer(Comak, Type 1621-4, Comak Electronics Ltd. England)를 이용하여 30분 간격으로 측정하였고, 이 때 thermocouple은 Cu/Con을 사용하였다. 이 때 양상추의 품온은 각 골판지 박스의 중간에 위치한 양상추의 기하학적 중심부에 thermocouple을 고정하여 측정하였으며, 박스 내부의 온도는 박스 내부의 양상추와 양상추 사이의 공간의 온도를 측정하였다. 그리고 외기 온도는 차량의 중간 측면의 외기 온도를 측정하였다. 이때 수송 차량은 4.5톤 布帳 트럭을 이용하였고 적재는 한 박스에 평균 8 kg(12개 정도) 정도 담아 6단으로 적재하였다. 시험 날짜는 1992년 8월 13일, 시험 구간은 상원도 횡성군 도암면(내관령)으로부터 서울시 송파구 가락 도매시장까지의 구간에서 행하였다.

관능검사

양상추의 관능적 특성은 별도로 설정한 기준에 의거 변색, 조위, 조직감, 부패 등에 대하여 8인의 판별 요원에 의해 5단계 평점으로 평가하였으며 검사 결과는 SAS 프로그램⁽²⁰⁾을 이용하여 통계학적으로 분석하였다.

*변색(Discoloration)

- 5: 수확 직후의 상태-양상추 고유의 색택을 유지하고 있으며 갈색 또는 붉은 색의 반점이 하나도 없는 상태
- 4: 갈색 또는 붉은색의 반점이 생기기 시작한 상태-반점이 서로 뭉치지 않은 상태

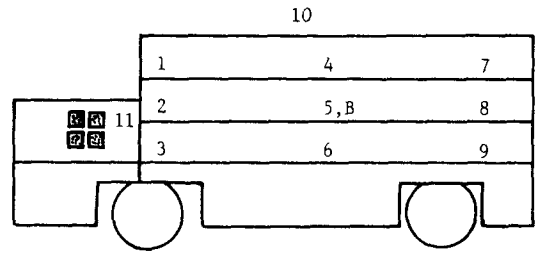


Fig. 2. Disposition of thermocouples to measure temperatures of crisphead lettuces during transportation by a covered truck

1-9: temperatures of crisphead lettuces in carton box, B: temperature of inner space in a carton box, 10: outer air temperature, 11: main temperature measuring apparatus.

- 3: 변색이 어느 정도 진행되었으나 다듬으면 식용은 가능한 상태-반점이 서로 뭉쳐서 커진 상태
- 2: 변색이 심하여 식용은 곤란한 상태
- 1: 변색이 극심한 상태-변색이 50% 이상 진행된 것
- *조위(Wilting)
 - 5: 수확 직후의 신선한 상태
 - 4: 양상추 잎이 약간 시들기 시작한 상태
 - 3: 어느 정도 시들었으나 식용 가능한 상태
 - 2: 시는 정도가 심하여 양상추 고유의 조직감이 상실된 상태
 - 1: 아주 심하게 시든 상태
- *조직감(Firmness, Texture)
 - 5: 수확 직후의 상태-단단하고 씹을 때 아삭아삭한 상태
 - 4: 수확 직후에 비해 약간 조직감이 저하되었으나 그런대로 초기 상태와 비슷한 상태-약간 물러진 상태
 - 3: 조직감이 저하되어 초기 상태와는 차이가 나지만 그런대로 식용이 가능한 상태
 - 2: 물러져서 식용에 적당하지 않은 상태
 - 1: 아주 심하게 물러진 상태
- *부패(Decay)
 - 5: 수확 직후의 상태-부패 흔적이 전혀 없는 상태
 - 4: 부패 흔적이 한두군데 나타나기 시작한 상태
 - 3: 부패 흔적이 5~6군데 나타나 상품 가치를 잃기 시작한 상태로 다듬으면 식용이 가능한 상태
 - 2: 부패가 어느 정도 진행되어 점질물이 많으며 식용은 곤란한 상태
 - 1: 부패가 극심한 상태-부패가 50% 이상 진행되어 전체적으로 부패한 상태
- *종합적 평가(Overall Acceptability)
 - 5: 수확 직후의 신선한 상태
 - 4: 위의 1~4항목 중 품질저하 요인이 1~2개 이상 나타나기 시작한 상태
 - 3: 신선도는 조금 떨어지나 식용은 가능한 상태

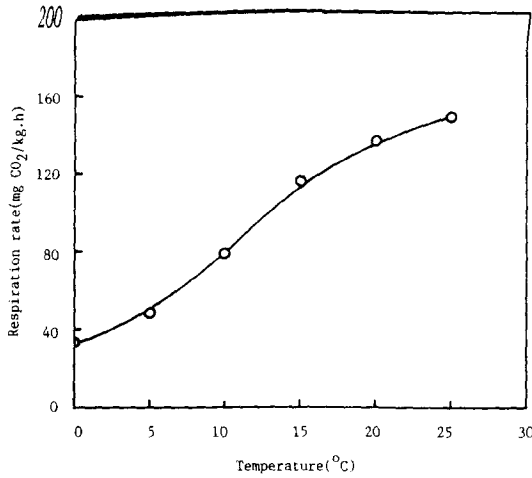


Fig. 3. Respiration rates of a crisphead lettuce at various temperatures

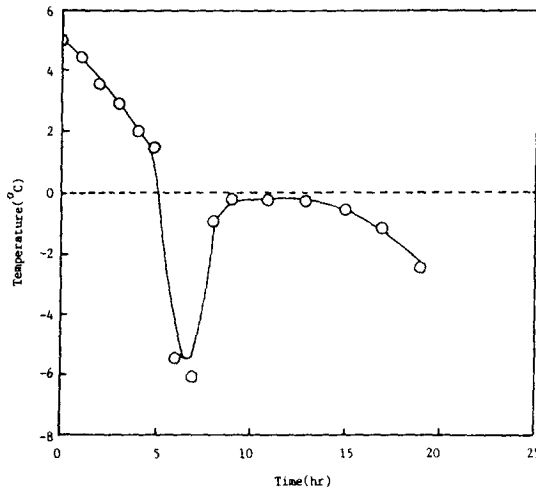


Fig. 4. Time-temperature curve of a crisphead lettuce for the measurement of a initial freezing point

- 2: 신선도가 많이 저하되어 식용이 불가능하고 상품성도 없음
- 1: 신선도가 매우 저하되어 폐기 직전의 상태

결과 및 고찰

호흡특성 및 초기 빙결점

Fig. 3은 양상추의 여러 온도에 있어서의 호흡 속도를 도시한 것이다. 그림에서 보면 양상추의 호흡량은 0°C에서는 33 mg.CO₂/kg.h였으나 온도가 올라감에 따라 계속 증가하여 25°C의 경우 144 mgCO₂/kg.h로 0°C 때의 4배 이상 증가하였다. 그리고 0~10°C에서의 Q₁₀은 약

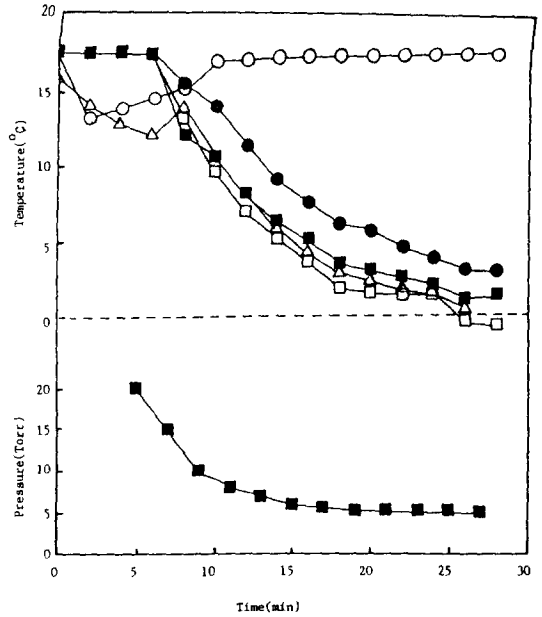


Fig. 5. Vacuum cooling curve of a crisphead lettuce
 ■-■ Leaf temp., ●-● Butt temp., △-△ Wet bulb temp., ○-○ Chamber temp., (---) Boiling point of water

2.4. 10~20°C에서는 1.7로 저온 측에서 온도 상승에 따른 호흡 속도 증가가 더 크게 나타났다. 일반적으로 농산물은 온도의 상승에 따라 호흡 속도는 지수함수적으로 상승하며 종류에 따라 차이가 있지만 Q₁₀은 2~4 정도가 되는 것으로 알려져 있다⁽²¹⁾. 대개 농산물에서는 브로콜리, 아스파라거스, 완두콩, 오코라, 딸기, 시금치, 잎상추 등이 호흡 속도가 크며 양상치는 이들 보다는 작으나 대체로 왕성한 편이다. 따라서 예냉 및 저온 유통의 1차적 대상은 이들 품목들이 고려될 수 있으며 품온 강하를 통해 호흡 속도를 저하시킴으로써 선도를 연장시킬 수 있을 것이다.

Fig. 4는 양상추의 초기 빙결점을 측정하기 위한 Time-Temperature Curve로써 동결전에 -5.5°C의 과냉점에 도달했다가 동결되었으며 외삽법에 의해 초기 빙결점을 구한 결과 -0.2°C 정도로 나타났다. 대체로 채소류의 동결점은 -0.2~-1.8°C로 보고되고 있는데⁽²²⁾ 양상추의 경우는 다른 채소류에 비하여 수분함량이 많아 동결점이 높은 것으로 여겨지며 따라서 예냉, 수송 및 저장중 0°C 이하로 품온을 떨어뜨리지 않아야 한다.

진공예냉 특성

Fig. 5는 pilot scale의 진공 예냉 장치를 이용하여 양상추의 진공 예냉시 냉각 특성 즉 운전중 진공조의 압력, 수분 증발 온도, 양상추의 온도 및 진공조의 건습구 온도의 변화 등을 나타낸 것이다. 그림에서 보면 진공조

Table 4. Operation condition of GC for analysis of CO₂ gas that produced from a crisphead lettuce

Column	Carbosieve S-II (80~100 mesh)
Operation	35°C/6 min-32°C/min-225°C/6 min
Carrier gas	Helium
Detector	TCD
Injector temp.	230°C
Detector temp.	250°C

내의 압력이 저하함에 따라 양상추로부터 수분 증발이 증가하고 품온이 약간씩 저하하면서 수분 증발이 시작된다. 압력이 더욱 강해지면 습구 온도는 하강하다가 다시 상승하여 약 7~8분 후에 최고치에 도달하게 된다.

그림에서 보면 약 17 Torr 부근에서 습구 온도가 재상승하기 시작하는데 이 점에서 수분 증발이 개시되어 증발 잠열에 의해 양상추가 냉각되어져 품온이 급격히 저하하게 되는데 이 점을 flash point라고 부르고 있다. 일반적으로 진공조 내에서 측정된 습구 온도는 품온보다 빨리 저하하고 flash point에서는 일시 상승하게 된다. 이것은 flash에 의해 산물에서 대량으로 발생한 수증기가 습구부에 응축하기 때문에 일어나는 것으로 여겨지고 flash point 이후의 품온은 습구 온도의 변화와 거의 비슷하게 따라가며 저하한다. 보통 습구 온도는 품온보다 0.5°C 낮기 때문에 습구 온도를 측정함으로써 청과물의 품온을 추정할 수가 있어 동결 방지에 활용할 수가 있다⁽²³⁾. 한편 진구 온도 즉 진공조 내의 온도는 초기에 약간 하강하다가 다시 상승하여 초기의 온도를 거의 그대로 유지하였다. 양상추의 일부(leaf)과 줄기(butt) 부분을 비교해 보면 일부분의 품온이 훨씬 빨리 저하하는데 이는 일부분이 표면적이 넓고 두께가 얇기 때문인 것으로 여겨지며 줄기 부분은 상대적으로 두꺼워 표면에서의 증발에 의한 표층부의 냉각과 이어서 내부로의 전도에 의한 열전달에 의해 품온이 강하하기 때문인 것으로 여겨진다. 대체로 줄기 부분은 일부분에 비해 2°C 이상의 차이를 보이고 있다. 그리고 실제 진공조의 압력에 상당하는 물의 비등점보다는 양상추의 실제 품온은 약간 높게 나타났다. 진공 예냉시 수분 증발은 세포 사이의 유리수가 주로 증발하게 되며, 수분 증발에 따른 중량 감소가 문제로 지적되고 있다. 진공예냉 과정에서 보통 3~5% 정도의 중량 감소가 일어나게 되는데⁽²⁴⁾, 본 실험에서는 2.7~3.2% 정도의 범위에서 중량 감소가 일어났다. 한편 중량 감소는 유통 및 저장중 5% 이상 초과한 경우는 조위 현상을 보일 수도 있으나 예냉 처리한 경우는 조직이 상대적으로 단단해서 수송중 파손을 막을 수 있는 장점도 있다.

유통중의 품온 변화

Table 4는 양상추의 수송중 각 부위에 있어서 품온의 변화를 나타낸 것이다. 양상추는 현재 골판지 박스에 포장되어 포장 트럭, 보냉차 및 냉장차에 의해 수송되고

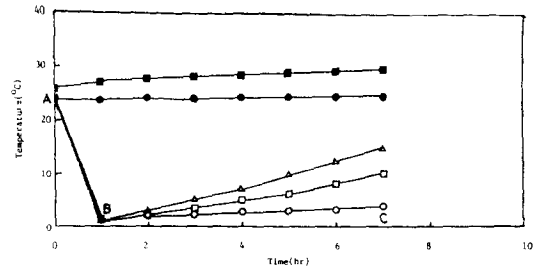


Fig. 6. Changes of temperatures during transportation of crisphead lettuces

○—○ Cold storage car (5°C), □—□ Insulating car, ▲—▲ Covered truck, ●—● Covered truck (non treatment), ■—■ Outside air temperature, A: Heaving, B: Finished vacuum cooling and departure C: Arrival at market

있으며 골판지 박스는 구멍이 있는 것과 없는 것이 함께 사용되고 있으나 구멍이 없는 것은 점차 사라지고 있는 실정이다. 표에서 보면 외기 온도가 30°C 내외를 유지 하더라도 실제 품온은 각 부위별로 약간의 편차는 보였으나 20~25°C 정도로 외기 온도에 비해 낮은 값을 기록하였는데 이는 박스 포장을 하였고, 또 골판지 박스에 두개의 구멍을 만들어주었기 때문에 실제 호흡열이 외부로 잘 방출될 수 있었으며 포장 트럭이 외부의 태양을 차단하는 차광 역할을 해주어서 직사광을 피하게 해주어서 거의 일정하게 유지된 것으로 나타났다. 그리고 수송중에는 외부 공기와 접촉이 쉬운 후방 상층의 경우가 약간 더 낮은 값을 기록하였으며 차량의 속도가 빠를수록 바람에 의해 냉각이 되어 더 낮은 온도를 기록하는 것으로 나타났다. 그러나 이와는 별도로 배추나 시금치와 같이 박스 포장을 하지 않고 2.5톤, 4.5톤, 8톤씩 적재하여 수송한 경우는 내부의 품온 상승이 크게 우려된 것으로 여겨졌다.

특히 본 연구에서는 6시간만에 도매 시장에 도착하였기 때문에 품질이나 품온 변화에 크게 문제가 없었으나 하절기의 피서철과 같은 경우는 소비지까지 10시간 이상 심지어 15시간까지도 소요되기 때문에 품질 관리에 신경을 기울여야 할 것으로 여겨졌다.

Fig. 6은 양상추를 처리 방법과 수송 방법을 달리하여 산지에서 시장까지 수송하는 과정중의 품온 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보면 외기 온도가 22~33°C인 상태에서 수송하였을 때 예냉처리를 하지 않고 보통 상온 트럭으로 수송하였을 때는 수송 과정중 내내 25°C 부근을 나타내었으나 1°C 부근까지 예냉처리하여 수송한 경우는 냉장차를 이용한 경우는 5°C 이하 보냉차를 이용한 경우는 10°C 부근 그리고 상온 트럭을 이용하더라도 15°C 정도까지밖에 온도가 올라가지 않음을 알 수 있었다.

감모율

보통 청과물은 5% 이상 감모하면 외관상 조위(wilting)

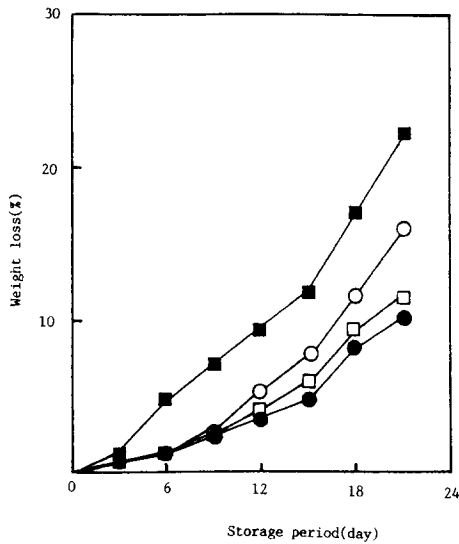


Fig. 7. Changes in the weight loss of crisphead lettuces during storage at 5°C
 ●-● VCC, □-□ VCA, ○-○ PTC, ■-■ NT, Legends are the same at Table 2.

를 인지할 수 있어 상품성이 저하된다고 하는데⁽²⁵⁾ 양상추의 경우 저장고의 상대습도가 90% 이상 되었기 때문에 중량 감모율은 대개 초기에는 호흡에 의한 감모와 표면 증발이 주를 이루다가 저장 말기에 가서는 연부현상과 더불어 수분이 유리되어 크게 증대되는 것으로 여겨졌으며 관능적으로 판단할 때 양상추의 경우는 가장자리의 외엽만 제거하면 감모율이 10% 이하일 때는 외관상 크게 영향을 미치지 않는 것으로 여겨졌다. Fig. 7은 양상추의 저장중 감모율의 변화를 나타낸 것이다. 진공 예냉 처리한 양상추는 18일경에 감모율이 10% 정도 되었으나 전처리만 해서 냉장 수송한 경우는 15일만에, 기존 방식대로 유통한 것은 11일만에 10% 이상 감모되었는데 이러한 현상은 예냉처리에 의하여 호흡작용이 억제되어지기 때문으로 여겨졌다. 즉 장기 저장한 경우 예냉 처리에 의해 초기 수분을 제거하더라도 오히려 비예냉품에 비해 총 감모율에 있어서는 낮은 결과를 나타내었다.

아스코르브산

Fig. 8은 각 처리구별로 수송해 온 양상추를 5°C에 저장한 경우 아스코르브산의 함량변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보면 수송 직후 처리구별 아스코르브산 함량은 진공 예냉 처리후 냉장 수송 및 보냉 수송한 경우가 각각 7.9 mg%와 7.8 mg%, 전처리만 해서 냉장 수송한 경우가 7.4 mg%였고 기존 상온 수송 방식에 의한 경우가 7.0 mg%였다. 즉 기존 방식대로 유통된 경우는 수확 직후 예냉 처리해서 냉장 수송한 경우에 비해 11% 이상 아

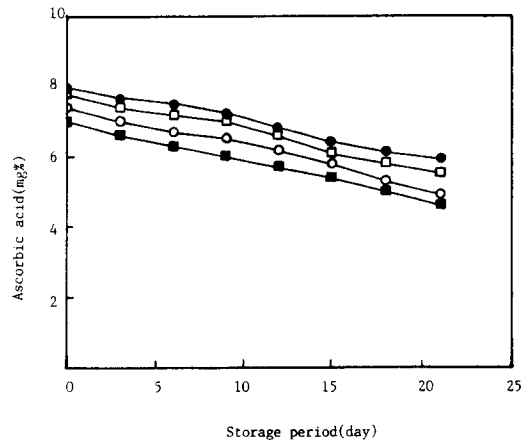


Fig. 8. Changes of ascorbic acid content of crisphead lettuces during storage at 5°C
 ●-● VCC, □-□ VCA, ○-○ PTC, ■-■ NT, Legends are the same at Table 2.

스코르브산이 손실되어짐을 알 수 있었다.

저장중의 아스코르브산의 보존 상태를 보면 저장 21일만에 진공 예냉 처리후 냉장 수송한 경우가 25% 정도, 기존 방식대로 수송한 경우는 42% 정도가 손실되어 약 1.7배 정도 큰 것으로 나타났다.

양상추는 시금치, 무우, 양배추 등의 다른 채소류에 비해 상대적으로 아스코르브산 함량이 적으나⁽⁸⁾, 그 소실 정도나 보존 상태를 볼 때 초기 품온 강하의 중요성을 이들 자료로부터 알 수 있으며 이는 주로 아스코르브산이 온도에 민감한 것이기 때문으로 여겨진다. 특히 쫄갓 같은 경우는 수확 후 1°C에 보관한 경우는 24시간 후에도 아스코르브산이 거의 그대로 유지되나 31°C에 보관한 경우는 15% 정도 밖에 보존되지 않은 것으로 보고되고 있다⁽¹⁾. 따라서 청과물의 경우 초기 품온을 낮춰 저온 유통, 보관할 경우 외관상의 변화 뿐만 아니라 영양 성분의 보존에 효과적일 것으로 여겨진다.

표면 선택과 클로로필

양상추를 생산지에서 저장고까지 수송한 직후 표면 선택은 크게 차이를 인지하기 어려웠다. 특히 기존 방식대로 수송한 경우는 저장고에 도착된 후 외엽을 벗기고 다시 wrapping을 행하였기 때문에 내부는 선택에 의해서 전혀 초기와 차이를 느낄 수 없었다. Table 5는 양상추를 5°C에 저장하면서 처리구별로 L, a 및 b값의 변화를 본 것이다. 표에서 보면 대체로 저장 초기에는 외관상이나 측정 수치상 차이를 인지하기 어려웠으나 저장 기간이 증가함에 따라 L값은 현저히 감소하였으며 a값과 b값은 증가하는 경향을 나타내었다. 그리고 처리구간의 변화를 보면 예냉 처리를 한 처리구들이 비예냉 처리구에 비해 훨씬 완만하게 변화하는 것을 나타내었다.

Table 5. Changes of temperatures of crisphead lettuces during transportation from Daekanryeong to Karak wholesale market

Measured time	Location of thermocouple ¹⁾										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	B
Loading											
12:00	22.8	21.6	24.0	22.5	21.2	22.7	21.0	21.2	23.1	22.6	22.5
12:30	22.5	21.6	23.5	22.0	20.9	22.3	20.7	21.6	22.8	25.0	22.5
Departure from farm											
13:45	22.4	21.7	22.5	21.3	20.3	21.6	20.2	21.2	22.0	23.0	22.0
14:15	22.5	21.7	22.2	21.3	20.3	21.3	20.5	21.3	21.8	26.5	21.8
14:45	23.0	21.9	22.3	21.7	20.5	21.7	21.0	21.3	21.8	28.0	22.0
15:15	22.5	21.5	22.0	21.8	20.1	21.4	20.7	21.0	21.3	30.0	21.6
15:45	22.5	21.5	21.5	21.8	20.0	21.2	20.9	20.8	21.1	32.5	21.5
16:15	23.1	21.6	21.8	22.1	20.1	21.3	21.5	21.2	21.3	30.2	21.6
16:45	23.4	21.6	21.6	22.2	20.1	21.2	21.9	21.1	21.3	28.5	21.4
17:15	23.9	21.7	21.9	22.8	20.2	21.6	22.1	21.2	21.6	32.0	22.0
17:45	24.5	22.5	22.3	23.5	20.8	22.2	22.8	21.7	22.0	28.2	22.4
18:15	24.3	22.8	22.3	23.2	20.6	22.0	22.7	21.5	21.9	29.0	22.2
18:20	Arrival at market										

1) refer to Fig. 3

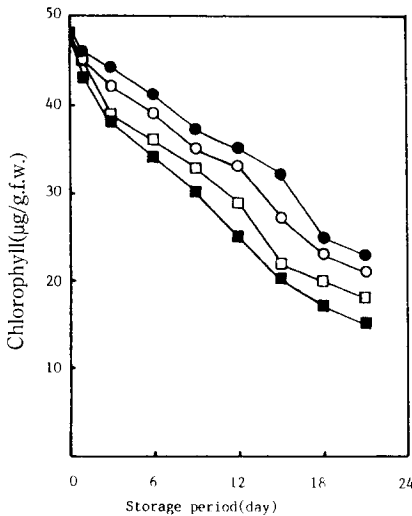


Fig. 9. Changes of chlorophyll of crisphead lettuces during storage at 5°C

●—● VCA, □—□ PTC, ○—○ VCC, ■—■ NT. Legends are the same at Table 2.

이는 표면 색택이 주로 부패나 연부 현상과 더불어 갈색 쪽으로 변화하기 때문에 다른 품질 변수의 저하 경향과 비슷하게 나타난 것으로 여겨졌다.

양상추는 재래종의 상추(청치마)⁽²⁶⁾에 비해 클로로필 함량이 상대적으로 적는데 본 실험에서는 저장 초기에 48 µg/g.f.w로 나타났다. 클로로필 함량의 변화가 부패와 같은 선도 저하와 더불어 일어나는데 대체로 클로로필 함량의 70%, 단백질의 40% 정도가 소실되면 저장 한계점으로 여겨지고 있다⁽¹⁾. 본 실험에서는 약 50% 정도가

소실되었을 때 거의 저장 한계점에 도달하였으며 이는 클로로필 파괴와 별도로 연부 현상 때문에 품질이 열화되었기 때문으로 여겨졌다. 그리고 Fig.9에서 보면 처리구간의 차이를 보면 표면색택의 변화와 마찬가지로 예냉처리한 양상추가 파괴 속도가 느림을 알 수 있었는데, 5°C에서는 21일 후에 대체로 이와 유사한 값에 도달하였으며 대체로 20 µg/g.f.w 이하로 떨어진 경우는 상품성이 현저히 저하됨을 알 수 있었다.

관능적 특성

본 연구에서는 앞에서 분석한 객관적 지표외에 양상추의 품질을 선택, 조위, 조직감 및 부패 등에 대하여 관능적 평가를 병행하였는데 Table은 각 처리구별로 유통되어 온 양상추의 저장중 각 온도에서의 관능적 특성치의 변화를 나타낸 것이다.

Table 6에서 보면 수확 직후의 관능 평점을 5.0으로 하였을 때, 저장고에 도착한 직후의 판단으로는 진공 예냉 처리후 냉장 수송한 것이 4.80, 진공 예냉 처리후 보냉 수송한 것이 4.78, 전처리만 해서 냉장 수송한 것이 4.61 그리고 기존 방식대로 수송한 것은 4.38로 처리구간에 약간의 차이를 보였으나 크게 두드러지는 않았다. 그리고 양상추의 선도 저하는 주로 연부 현상과 함께 수반된 갈색화 현상이 품질 저하의 근간을 이루는 것으로 여겨졌다. 한편 5°C에 저장한 경우 진공 예냉 처리후 냉장 수송한 경우 20일 정도, 진공 예냉 처리후 보냉 수송한 것은 18일 정도 상품성이 유지되었으나 전처리만 해서 냉장 수송한 것은 14일 정도 그리고 기존 방식대로 유통된 것은 11일 정도밖에 상품성이 유지되지 않아 예냉처리에 의하여 초기 품운을 급속히 강하시키는 것이 선도 유지에 효과적인 것으로 나타났다.

Table 6. Changes of L, a and b-values of crisphead lettuce during storage at 5°C

Hunter color	Treatment	Storage period (day)							
		0	3	6	9	12	15	18	21
L-value	NT	72.0	67.3	60.8	55.6	53.4	50.1	45.9	43.8
	PTC	72.3	67.3	61.0	56.4	53.8	50.3	46.8	44.4
	VCC	72.7	69.1	64.8	59.2	56.3	52.8	49.3	47.8
	VCA	72.4	68.2	62.4	58.1	54.9	50.1	47.9	45.3
a-value	NT	-17.0	-14.6	-11.6	-10.0	-8.0	-5.9	-2.4	-0.9
	PTC	-17.2	-14.7	-12.1	-10.3	-8.4	-6.5	-3.8	-1.9
	VCC	-17.6	-15.2	-13.4	-11.4	-9.3	-7.6	-4.7	-3.4
	VCA	-17.4	-15.1	-12.9	-10.8	-9.0	-6.9	-4.2	-3.0
b-value	NT	21.0	21.8	23.9	25.9	27.2	30.4	31.6	33.0
	PTC	20.9	21.3	23.2	25.0	26.8	29.3	30.4	31.8
	VCC	20.4	20.9	22.3	23.8	25.4	27.1	28.9	29.9
	VCA	20.7	21.2	22.8	24.1	25.9	28.0	29.1	30.2

Table 7. Changes of organoleptic characteristics of crisphead lettuces during storage at 5°C

Characteristics	Treatment ¹⁾	Storage Period (day)								
		0	1	3	6	9	12	15	18	21
Discoloration	NT	4.32	4.02	3.82	3.74	3.12	2.61	2.12	1.72	1.54
	PTC	4.80	4.28	4.02	3.89	3.42	3.27	3.94	2.79	2.51
	VCC	4.87	4.63	4.43	4.17	4.02	3.90	3.15	2.98	2.75
	VCA	4.84	4.63	4.26	4.08	3.79	3.50	3.00	2.71	2.62
Wilting	NT	4.72	4.59	4.21	4.04	3.72	3.21	2.99	2.85	2.80
	PTC	4.74	4.62	4.29	4.18	3.91	3.04	3.01	2.91	2.75
	VCC	4.85	4.79	4.71	4.50	4.21	3.99	3.81	3.41	3.12
	VCA	4.84	4.72	4.64	4.39	4.12	3.88	3.71	3.29	3.02
Texture	NT	4.72	4.49	4.23	4.12	3.70	3.20	2.89	2.79	2.73
	PTC	4.77	4.59	4.41	4.22	3.91	3.81	3.35	3.30	2.98
	VCC	4.85	4.80	4.72	4.52	4.24	4.01	3.99	3.52	3.33
	VCA	4.84	4.71	4.70	4.24	4.04	3.98	3.51	3.31	3.07
Decay	NT	4.11	4.00	3.79	3.69	3.11	2.72	2.10	1.69	1.53
	PTC	4.30	4.29	4.00	3.91	3.33	3.26	3.00	2.74	2.49
	VCC	4.69	4.62	4.39	4.15	4.00	3.89	3.72	3.34	2.98
	VCA	4.66	4.59	4.34	4.10	3.89	3.75	3.63	3.02	2.72
Overall Acceptance	NT	4.38 ^a	4.20 ^a	3.94 ^a	3.82 ^a	3.32 ^a	2.85 ^a	2.40 ^b	2.09 ^b	1.96 ^a
	PTC	4.61 ^{ab}	4.40 ^{ab}	4.10 ^b	3.99 ^{ab}	3.55 ^{ab}	3.19 ^b	2.98 ^b	2.81 ^b	2.58 ^b
	VCC	4.80 ^b	4.68 ^b	4.51 ^c	4.27 ^b	4.08 ^c	3.93 ^b	3.56 ^c	3.24 ^c	2.95 ^c
	VCA	4.78 ^b	4.65 ^b	4.41 ^{bc}	4.19 ^b	3.93 ^{bc}	3.71 ^b	3.45 ^d	3.01 ^{bc}	2.79 ^{bc}

¹⁾refer to Table 2.

²⁾Means not followed by the same letter in the same column are significantly different from one another (p<0.05).

요 약

양상추의 선도 연장 및 저온유통시스템 도입을 위하여 특별히 설계, 제작한 실험용 진공예냉장치를 이용하여 예냉처리한 후 저온유통시키면서 선도 연장 효과를 조사하였다. 양상추의 호흡 속도에 대한 온도계수(Q₁₀)는 1.7~2.4, 초기 빙결점은 -0.2°C로 나타났으며, 진공예냉장치를 이용해 30분 이내에 0°C까지 냉각이 가능하였다. 한편 기존의 상온 유통, 예냉처리후 냉장차, 보냉차

및 상온트럭을 이용한 수송 과정중의 품온 변화가 측정되었다. 아울러 처리 방법별로 수송후 5°C에 저온 보관중 품질 변화가 조사되었으며 진공예냉후 냉장차를 이용해 수송한 경우 기존 상온 유통 양상추에 비하여 저장기간이 90% 이상 연장되었다.

문 헌

1. 大久保増太郎: 野菜の鮮度保持. 養賢堂. 東京, p.39 (19

- 91)
2. 長谷川良雄: 低温流通システムの現状と課題. 食品加工技術, **11**, 39 (1991)
 3. 岩元睦夫: 農産物の豫冷と輸送. 農業および園藝, **56**, 111 (1981)
 4. Steven, A.S., Michael, T.T. and Jeffrey, K.B.: Evaluating precooling methods for vegetable packing house operations. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, **101**, 175 (1980)
 5. Kawano, S., Onodera, T., Hayakawa, A. and Iwamoto, M.: Precooling and cold storage of chestnuts. *J. Japan. Soc. Hort.*, **53**, 194 (1984)
 6. Gorenkov, E.S., Shishkina, N.S., Yarkina, N.P. and Vershkovaya, V.V.: Development of the progressive technology of precooling and short term storage of fruits and vegetables in the site of harvesting. IIF-IIR-Commissions B2-C2, DI-Sofia(Bulgaria)(1982)
 7. Henry, F.E.: The effect of certain precooling and storage conditions on the quality of bell peppers. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, **93**, 314 (1980)
 8. 濟藤進, 高間總子: 食品原料學. 理工圖書株式會社, 東京, p.257 (1971)
 9. Bolin, H.R. and Huxsoll, C.C.: Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. *J. Food. Sci.*, **56**, 60 (1991)
 10. Larry, R.B. and Robert, E.B.: Survival and growth of listeria Monocytogenes on lettuce as influenced by shredding, chlorine treatment, modified atmosphere packaging and temperature. *J. Food. Sci.*, **55**, 755 (1990)
 11. Shankargouda, P., Chikkasubbanna, V. and Narayana, J.V.: Effect of preharvest sprays of triacntanol on the storage life of lettuce. *J. Food. Sci. Tech.*, **26**, 156 (1989)
 12. Risse, L.A.: Storage quality of florida crisphead lettuce. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, **94**, 297 (1981)
 13. Midon, H. and Lam, P.F.: Prepackaging and cool storage of lowland lettuce. *Malaysian Agric. J.*, **53**, 151 (1986)
 14. Kader, A.A., Lipton, W.J. and Morris, L.: Systems for scoring quality of harvested lettuce. *Hortscience*, **8**, 408 (1973)
 15. Aharoni, N. and Yehoshua, S.B.: Delaying deterioration of Romain lettuce in polyethylene packages. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **98**, 464 (1973)
 16. A.O.A.C.: Official Methods of Analysis., 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., p.62 (1990)
 17. Couture, R., Makhlof, J.: Production of CO₂ and after gamma irradiation of strawberry fruit. *J. Food Quality*, **13**, 385 (1990)
 18. Fennema, O.R., Powrie, W.D. and Marth, E.H.: *Low temperature preservation of foods and living matter*. Marcel Dekker, Inc., New York, p.137 (1973)
 19. Chesness, J.L. and Hendershott, C.H.: The freezing point of certain vegetable leaves. *TRANS. ASAE*, **15**, 479 (1972)
 20. SAS : SAS/STAT Guide for Personal Computer. SAS Institute Inc., Cary, NC (1988)
 21. 青果物豫冷貯藏施設協議會: 青果物豫冷施設事例集. 統計印刷工業株式會社, 東京 p.5 (1991)
 22. ASHRAE Handbook: *Thermal Properties of Foods*, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, p.30-2 (1989)
 23. Mitsuo, A.: Vacuum cooling system for vegetables. *Refrigeration*, **59**, 30 (1984)
 24. 樽谷隆之, 北川博敏: 園藝食品の流通, 貯藏加工. 養賢堂, 東京, p.54 (1990)
 25. 唐澤信, 土屋久稱: 生鮮食品の強化技術. 日本コンサルタント・グループ, 東京, p.24 (1984)
 26. 양용준, 박권우, 정진철: 수확 전후 요인이 잎상추의 저장수명 및 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **23**, 133(1991)

(1995년 4월 12일 접수)