

농산물 수송 최적화 시스템 (I)

-축적열과 저장기간-

Optimum Transport Systems of Agricultural products (I)

-Accumulated Heat Units and Shelf Life-

홍 종 호* 이 홍 주*

정 회 원 정 회 원

J.H. Hong H.J. Lee

1. 서론

과채류는 수확시기와 수확후 처리방법에 따라 보존기간에 많은 영향을 미치게 되고 특히 수송기간, 수송방법, 수송환경, 포장방법 등에 따라 농산물의 품질이 좌우되어 수송기간을 연장시킬수 있는 관건이 되며 결과적으로 고품질의 신선한 농산물을 소비자에게 공급할수 있는 열쇠를 지고 있다. 우리나라의 농산물은 다양한 품종이 여러지역에서 분산생산되고 있으며 수송환경이 좋지 않은 농촌에서 생산되어 도시로 운송되고 중개상을 거쳐 최종적으로 소비자에게 공급되는 복잡한 유통과정을 거치고 있다.

그러나 최근에는 농산물을 수송할 때 적재함에 넣어 운반하도록 제도화하여 수송과정 중에 도로에 떨어져 발생하는 사고 등을 미연에 방지하고 전천후 수송이 가능하도록 하며 또한 도소매시장에서 발생하는 쓰레기 문제등을 개선하고 작업자의 작업환경도 개선하려는 방향으로 정책을 추진해 가고 있다. 적재함으로 수송되는 농산물의 경우 실내외의 온습도와 통풍조건등을 적절히 유지시켜 수분 증발산량을 줄여 농산물의 상대습도를 충분히 유지시킬수 있는 반면 생물의 호흡량이 증가되어 실내환경이 악화되므로 호흡곤란으로 농산물의 부패가 가속화 될 수 있어 이에 대한 환경조절이 요구된다.

서구에서 주로 생산되고 소비되는 아스파라가스는 가장 썩기 쉬운 야채로 알려져 있다. 따라서 소비자에게 신속히 운송되지 않으면 쉽게 부패되는 특성이 있다. 구미에서는 아스파라가스의 수확후 운송취급과정에서 발생하는 축적열과 수송기간중의 환경조절에 관한 연구가 활발하다. 우리나라에서도 이러한 농산물을 대상으로 수송과정이나 매장보관온도의 관리 등을 분석 파악하여 우리의 현실에 알맞는 시장상태를 역추적해 보는 것도 많은 도움이 될 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 수확된 아스파라가스의 축적열이 저장기간에 어떤 영향을 미치는가

+ 본 연구는 한경대학교 교비해외파견 연구지원비에 의하여 수행되었음.

* 한경대학교 농학부 생물자원기계학과

를 파악하기 위하여 항온항습기에 의한 컨테이너 모형 냉장저장 방식으로 시뮬레이션하여 품질과의 관계를 분석하여 우리나라의 농산물 수송과정과 도소매상에서의 관리 등에 야기될 수 있는 문제를 사전에 도출하여 농산물 장기 수송 시스템을 파악하려는 한 과정으로 연구에 임했다.

여기에 발표되는 논문은 주제중의 일부분이며 기계적 물성분석 결과와 부패지수의 상관성, 컨테이너 내외부의 환경 등에 관한 연구는 다음호에 발표될 것이며 이 자료를 토대로 우리나라의 주요 과채류에 대한 적용연구를 계속해 나갈 예정이다.

2. 재료 및 방법

아스파라가스는 몬트리올 근교 Ile perrot 의 개인 농장에서 재배되는 것을 손으로 수확하여 180 mm 길이로 다듬고 분류했다. 줄기는 곧고 외상이 전혀 없는 포엽이 닫힌 일등품의 재료만을 선별했다. 수확시의 온도는 20°C였다. 순은 수확후 0, 2, 4, 8, 12, 16, 24시간에 걸쳐 냉장 저장되었다. 수확후 즉시 처리된 순은 10분 동안 염소 소독된 얼음물에 담근후 순의 온도가 1°C 에 달했을 때에 즉시 물을 흠뻑 적신 타올로 싸서 저장고로 옮겨 얼음물이 저장된 폴리에틸렌 박스에 넣어 뿌리부분이 7 mm 가량 잠기도록 세워 저장하였다. 나머지 처리는 각각의 처리시간 동안 20°C의 상온에서 보관된 후 즉시 처리된 방법과 동일하게 적재하였다.

각 처리는 4개의 순으로 하고 5반복 처리했다. 순의 밑둥 15 mm 지점을 비닐 끈으로 약간 느슨하게 묶었고 수확후 컨테이너(수송시간에 해당되는 시간)의 온도는 1°C 로 유지했고 습도는 90%로 일정하게 유지하였다. 컨테이너에서 매장까지의 운송시간은 24시간으로 일정하게 처리했다. 수확부터 78시간이 지난후의 매장에서의 보관 온도는 1°C, 5°C, 10°C, 24°C로

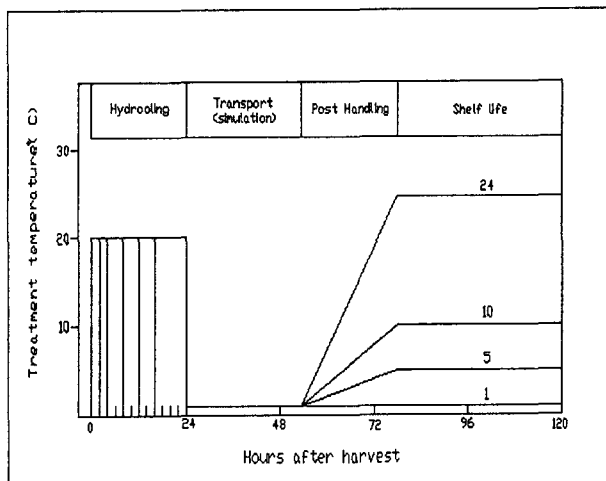


Fig.1 Handling temperature profiles during delayed hydrocooling experimentation.

처리했다. 일반적으로 아스파라가스의 보관온도는 0-2°C , 습도는 90-95%을 유지하도록 미국청과협회에서 권장하고 있다.

그러나 현실적으로 0°C로 유지시킬 경우 동결될 가능성(-0.6°C에서 동결)이 있어 안전하게 1°C를 기준으로 했고 실제 도소매상에서 판매될 때의 온도는 0°C에서 상온까지 다양하다. 판매보관 기간중의 평균온도는 24°C였다. 시험처리된 과정의 전체 다이어그램은 그림1과 같다.

각처리의 부패지수와 중량감모율은 매일 아침 같은 시간대에 조사했다. 부패지수의 측정은 미국청과협회에서 실시하고 있는 Macro검사방법으로 0-9까지의 지

수로 5명이 각각 판정한 기준을 평균하여 구했다. 그 판정기준은 그림2와 같다.

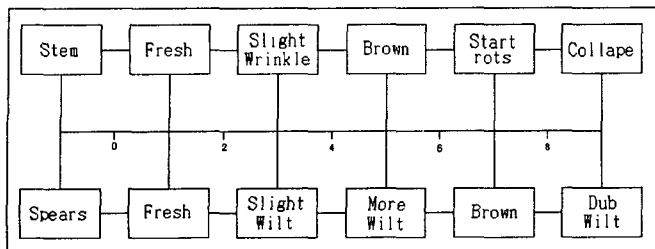


Fig.2. Standard Scales of overall visual quality at stem and spears.

의 상대습도는 90%였고 매장으로 운송되는 시간의 상대습도는 68%였다. 그러나 매장에서 의 상대습도는 68%에서 92%까지 4처리가 모두 달랐다.

부패지수 6에 도달하면 팔 수 없는 상품이고 보존수명이 끝나는 점이다. 따라서 보존기간의 판정기준은 부패 지수 6에 도달하는 일수로 분석했다. 축적된 열은 전체 취급 시간동안 발생된 열을 합한 값으로 각처리곡선을 적분한 값이다. 수확기간동안의 상대습도는 72%였으며 운송기간동안

3. 결과 및 고찰

가. 저장일수

부패지수 6에 도달되는 저장일수는 그림3과 같다. 아스파라가스를 수확후 즉시 냉장처리 한 경우를 살펴보면, 매장보관 온도를 1°C에서 보관 유지 했을 때는 24°C의 상온에서 유지 했을 때보다 2배이상 보관일수를 연장할 수 있었다. 수확후 24시간을 상온에서 유지했다가 냉장처리한 경우에도 비슷한 경향을 보였으나 보관일수는 반정도로 줄어들어 9일동안 신선도를 유지할수 있었다. 나머지 처리의 경우에도 결과는 비슷한 경향이었고 1°C의 매장에서 보관하는 경우가 상온에서 보관하는 경우보다 1.6배에서 2.1배까지 보관일수를 연장할 수 있었다. 결과적으로 매장에서의 보관온도 상승이 저장일수를 단축시킬수 있는 결정적인 악영향을 초래하는 것으로 분석되었다. 또한 수확후 즉시 냉장처리 하는 경우가 늦게 처리하는 경우보다는 보관일수를 연장시킬수 있지만 매장에서의 보관온도를 낮게 유지시키는 것보다는 영향이 적은 것으로 분석되었다. 특히 수확후 2시간 이내에 냉장처리하는 경우가 저장일수를 크게 연장시킬수 있는 것으로 판단된다. 따라서 아스파라가스의 저장일수를 연장시키기 위해서는 수확후 2시간 이내에 냉장처리해야 하며 매장에서의 보관온도는 0-2°C를 유지시키고 습도는 90%이상으로 유지시키는 것이 필수적인 매장 보관방법이었다.

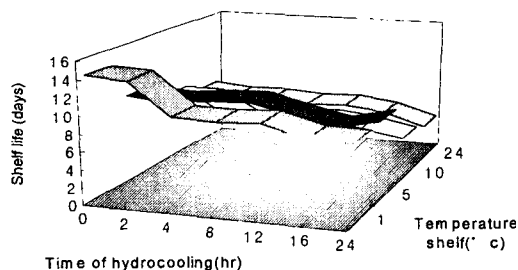


Fig.3. Shelf life in days to reach visual rating 6.

나. 중량감모율

수확후 96시간이 경과했을 때의 저장상태별 중량감모율은 그림4와 같다. 아스파라가스를 수확후 즉시 냉장처

리한 경우를 살펴보면, 매장보관온도를 1℃와 5℃에서 유지했을 때는 시들음 현상이 극히 서서히 진행되어 중량감모율이 4-6%정도로 아주 적게 나타났다. 그러나 매장보관온도를 10℃와 24℃로 유지했을 때는 8-16%까지 급격히 증가하여 시들음이 급속히 진행됨을 알수 있었다.

수확후 처리시간별로 본 중량감모율도 2시간이내에 처리한 경우에는 4-9%정도로 비교적 완만한 변화를 보이지만 2시간이 경과된 이후의 처리에서는 5-16%까지의 급격한 중량감모율을 보였다. 특히 24시간이 경과한 후 냉장처리한 경우는 5-16%까지의 급속한 감모현상을 보여 시들음 현상을 주도한 것으로 보인다.

결과적으로 아스파라가스의 보관일수를 연장시킬수 있는 최선의 방법은 5℃이하의 매장보관 온도로 수확후 처리시간을 2시간이내에서 냉장처리하여야 중량감모율을 최소화 할 수 있을 것으로 판단되었다.

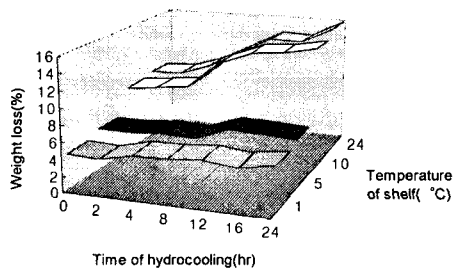


Fig.4. Weight loss at 96 hours after harvest.

3.1-5.7, 수확후 24시간의 경우는 3.2-6.8로 수확후 냉장처리가 지연될 경우 부패에 많은 영향이 있는 것으로 분석되었다.

매장보관온도도 부패지수에 결정적인 영향을 미쳐 매장보관온도를 5℃이하로 처리했을 때의 부패지수는 4이하로 나타나 수확후 4일이내에는 상품성을 충분히 유지하고 있는 것으로 분석되었다. 그러나 10℃와 24℃로 유지했을 경우에는 급속히 부패가 진행되어 6.9까지 부패

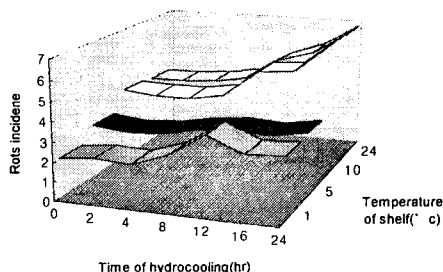


Fig.5. Incidence of rots at 96 hours after harvest.

다. 부패지수

수확후 96시간이 경과되었을 때의 부패지수는 그림2의 기준에 따라 조사된 결과로 그림5와 같다. 아스파라가스를 수확후 즉시 냉장처리한 경우와 2, 4, 8시간이 경과한후 냉장처리 했을 때의 부패지수는 4 이하로 줄기에 조금의 잔주름이 생겼으며, 잎도 조금 시들음이 나타나는 정도로 아무런 색깔변화의 징후도 나타남이 없이 좋은 신선도를 유지하고 있었다. 그러나 수확후 12시간이 경과했을 때에 냉장처리한 경우의 부패지수는 3.9-5.1, 수확후 16시간의 경우는

3.1-5.7, 수확후 24시간의 경우는 3.2-6.8로 수확후 냉장처리가 지연될 경우 부패에 많은 영향이 있는 것으로 분석되었다.

매장보관온도도 부패지수에 결정적인 영향을 미쳐 매장보관온도를 5℃이하로 처리했을 때의 부패지수는 4이하로 나타나 수확후 4일이내에는 상품성을 충분히 유지하고 있는 것으로 분석되었다. 그러나 10℃와 24℃로 유지했을 경우에는 급속히 부패가 진행되어 6.9까지 부패지수가 상승하여 줄기의 부패가 뚜렷이 진행되고 있으며 잎은 뚜렷한 갈색을 띄고 있어 더 이상 판매할 수 없는 상태에 도달해 있었다.

따라서 부패지수를 줄일수 있는 최선의 방법은 매장보관온도를 5℃이하로 처리하고 수확후 냉장처리 지연시간도 4시간 이내로 하는 것이 이상적이었다.

라. 축적열량

부패지수 6에 도달했을 때의 축적된 열량은 그림6과 같다. 아스파라가스를 수확후 즉시 냉장처리 했을 경우의 축적된 열량은 매장보관온도에 따라 292 °C · hr에서부터 2928 °C · hr까지의 많은 차이를 보인다. 수확후 24시간 상온에 보관했다가 냉장처리된 경우에는 매장보관온도에 따라 642 °C · hr에서 1346 °C · hr로 완만한 상승을 나타낸다. 그러나 상온에서 매장보관된 경우 24시간이후에 냉장처리된 경우를 제외하고는 300 °C · hr에서 2100 °C · hr정도로 냉장처리 지연시간과 상관없이 거의 일정한 상승을 보여 총 축적된 열량이 1300 °C · hr정도에 이르면 부패지수6에 도달되는 것으로 나타나 수확후 총축적된 열량이 부패지수와 깊은 상관이 있는 것으로 분석되었다.

1°C로 매장에 보관했을 때의 총축적된 열량은 냉장지연 처리시간에 따라 290-640 °C · hr, 5°C의 경우는 910-1050 °C · hr, 10°C의 경우는 1800-1050 °C · hr, 24°C의 경우는 2928-1345 °C · hr로 나타나 5°C이하로 보관했을 경우에는 총축적된 열량이 처리지연시간과 비례하며, 10°C이상에서 보관했을 경우에는 역상관관계로 나타나 주목된다. 이것은 5°C이하의 보관온도에서는 저장일수를 14일 이상 유지시킬수 있는 반면 10°C이상의 매장보관온도에서는 4일

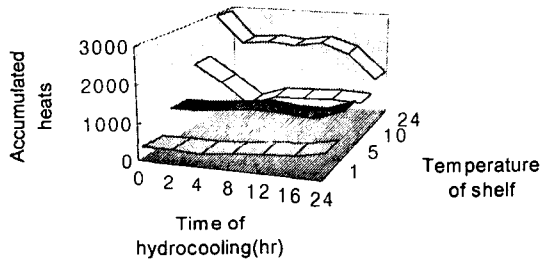


Fig.6. Accumulated heat units at rots incidence 6.

이내에 부패지수 6에 도달된 결과와 관련되는 것으로 분석되었다.

그림7은 매장보관온도와 평균축적열과의 관계를 나타낸다. 매장보관온도가 높을수록 부패지수6에 도달하는 평균축적열은 직선적으로 증가되었다. 상온보관에서 24시간이후에 냉장처리된 순은 평균축적열량이 2300°C · hr였으나 나머지의 다른 처리들은 1300°C · hr에 이르면

부패지수 6에 도달되는 것으로 나타나 매장보관온도를 10°C이하로 유지하는 것이 이상적인 것으로 분석되었다.

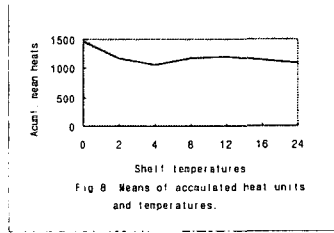
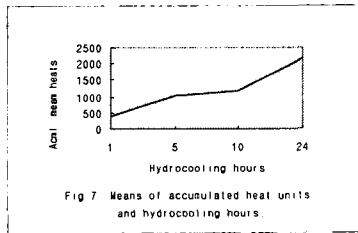
그림8은 지연된 냉장처리시간과 평균축적열의 관계를 나타낸다. 수확후에 지연된 냉장처리시간에 따른 평균축적열은 수확 즉시 처리된 경우에만 1500 °C · hr 였고, 2시간에서 24시간까지 지연된 나머지의 처리의 경우에는 대부분 1100 °C · hr로 일정하게 나타나 총축적열이 1100 °C · hr 에 이르면 부패지수 6에 도달하는 것으로 분석되었다. 수확후 즉시 냉장처리할 경우에는 총축적된 열량을 다른 처리보다 400 °C · hr 이상 더 확보할 수 있어 총저장기간을 2배이상 연장시킬수 있었다.

4. 요약 및 결론

수확된 아스파라가스의 축적된 열량이 저장기간에 어떤 영향을 미치는가를 파악하여 농산물 수송과정과 매장관리 등에서 야기될수 있는 문제점을 사전에 도출하여 농산물 수송 시스템

템을 확립하고자 실시한 시험에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

가. 저장일수를 연장시키기 위해서는 수확후 2시간 이내에 냉장처리 하여야 하며 매장보관 온도는 적어도 5℃이하를 유지하는 것이 이상적이였다. 그러나 가장 이상적인 처리방법은 수확후 2시간 이내에 냉장처리하여 1℃로 매장에서 보관하는 것이 가장 좋은 것으로 분석되었다.



나. 중량감모율을 최소화 할 수 있는 보관 방법은 5℃이하의 매장보관온도를 유지하고 2시간 이내에 냉장처리 하는 것이 이상적이였다.

다. 수확후 96시간이 지난 시점에서의 부패지수는 수확후 8시간 이내에 냉장저장한 경우에는 4이하였으나 12시간이 경과했을 때부터는 5.1-6.8 로 급격히 상승하여 품질 저하로 나타났다.

라. 수확후 96시간이 지난 시점에서의 부패지수는 매장보관온도를 5℃이하로 처리 했을 때는 4이하로 나타났고, 10℃이상에서는 6.7까지 급격히 상승하였다.

마. 상온으로 매장에 보관된 순은 평균축적열량이 2300℃·hr 였으나 나머지의 처리는 1300℃·hr에 이르면 부패지수 6에 도달되는 것으로 나타나 매장보관온도를 만을 기준으로 할때는 10℃ 이하로만 유지하여도 부패에는 크게 지장이 없는 것으로 분석되었다.

바. 수확후 지연된 냉장처리 시간에 따른 평균축적열은 수확 즉시 처리된 경우에만 1500℃·hr이였고 나머지의 경우에는 대부분 1100℃·hr 정도에서 부패지수 6에 도달하였다. 즉 수확후 즉시 냉장처리할 경우에는 다른 처리보다 총축적열량을 400℃·hr 이상 더 확보할 수 있어 수확후 저장기간을 2배이상 연장시킬 수 있었다.

5. 참고문헌

1. A.F.Bollen, D.W.Brash, B.L.Bycroft. 1998. Air-freight coolchain improvement using insulation and supplemental cooling. Trans. of ASAE. 14(1). 49-53
2. A.S.Siomos, E.Sfakiotakis, C.Dogras, C.Vlachnais. 1995. Handling and transport conditions of white asparagus shipped by refrigerated trucks from Greece to Germany. ACTA Horticulture. 379. 507-511
3. A.S.Siomos, E.Sfakiotakis, C.Dogras, C.Vlachnais. 1995. Quality changes during handling and trnsportion of asparagus shipped by refrigerated trucks from Greece to Germany. ACTA Horticulture. 379. 513-519
4. G.D.Saravacos, A.E.Kostaropoulos. 1995. Transport properties in processing of fruits and vegetables. Food Technology. Sept. 99-105