

예냉처리가 풋옥수수의 냉각속도 및 호흡량 변화에 미치는 영향

손 영 구 · 김 성 열 *

작물시험장, *충남대학교 식품공학과

Effect of Precooling on Removal of Field Heat and Respiration Rate of Vegetable Corn (*Zea Mays L.*)

Young-Koo Son, Seung-Yeol Kim*

National Crop Experiment Station, Suwon

*Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Taejeon

Abstract

To obtain the basic data on precooling effects for establishment the suitable postharvest handling technique or method of keeping high quality of vegetable corn, the sweet, supersweet and waxy corn, (Danok #2, Cocktail #86 and Chalok #1), being mainly consumed as vegetables in Korea, were pre-cooled with ice or vacuum cooling method immediately after harvest. The vacuum cooling was the most effective for the field heat removal of vegetable corn. It took only 30 min. at 4 to 5 torr of cold chamber pressure of vacuum precooler to lower the corn temperature from 30 to 2°C.

The ice cooling was also thought to be a useful precooling method with relatively short cooling time of 6 hrs. The vegetable corn treated with vacuum or ice cooling showed low and stable respiration rates of 25.5 to 43.5 CO₂ mg/kg/hr. when stored at 0~2°C while the samples stored at room temperature (20~25°C) without precooling were as high as 64.1 to 245 CO₂ mg/kg/hr.

Key words : Precooling, Vegetable corn, Field heat, Respiration

서 론

풋옥수수는 일반 종실용 옥수수와는 달리 미생숙 단계에서 수확되기 때문에 다른 신선채소류와 같이 수확후 유통과정에서 호흡, 증산 등의 생리작용을 지속하여 자체 영양성분을 소모하게 되므로 노화, 위조 등에 의한 신선도 저하는 물론 이 화학적 변성을 초래하여 상품성과 식품적 가치를 떨어지게 한다. 이와같은 수확후 생리작용에 영향을 주는 인자로는 온도, 습도, 공기, 미생물 등이 있으며 이들 여러가지 요인들은 단독 또는 복

합적으로 작용하나 그중에서도 온도의 영향이 가장 큰것으로 알려져 있다.[1]

특히 풋옥수수는 0~20°C 사이에서의 Q₁₀값이 2~3으로 높고[2] 5°C의 비교적 낮은 온도조건하에서도 호흡속도가 60 CO₂ mg/kg/hr. 이상에 달하며, 수확시기가 여름철 고온기이므로 수확직후 품온을 0~2°C정도까지 신속하게 낮추어 주지 않으면 품질 지표성분인 당류가 전분으로 변환되어 감미가 떨어지고 경도가 증가되어 품질이 열화되는 것으로 알려져 있다.[3, 4] 따라서 하절기에 수확되는 풋옥수수의 고품질 유지에 의한 부가가

치 증대를 위해서는 수확후 생리대사작용을 억제할 수 있는 예냉처리가 중요하다고 하겠다. 일반적으로 신선작물 품질유지를 위한 예냉처리방법의 선정에는 작물 조직의 물성, 처리 물량 및 과정, 소비자의 선호도 등에 따라 달라질 수 있으나 보다 중요하게 고려되어야 할 점은 작물별 예냉효과와 경제성을 들 수 있다[11] 지금까지 알려진 청과물의 예냉방법으로는 품온저속도가 빠른 냉수예냉, 얼음예냉 및 진공예냉방법등이 적당한 것으로 알려져 있다.[5-7]

그중에서도 여름예냉은 별도의 시설없이 농가단위에서 쉽게 활용이 가능하며, 진공예냉은 예냉속도가 빠르며 균일한 처리가 가능한 등의 장점이 있어서 최근 그 활용성이 증대되고 있다. 특히 풋옥수수는 수확후 상온(25°C)에 방치하면 3시간 후부터 Sucrose가 다당류로 변화되기 시작하며, 24시간후에는 50%가 소실되어 품질이 떨어지므로[8] 적절한 방법으로 예냉처리를 하여 신속하게 품온을 낮추어 주지 않으면 안된다. 이에 본인 등은 풋옥수수의 예냉처리에 따른 냉각속도 및 호흡패턴을 조사하여 수확후 품질관리의 기초자료로 제공하고자 우리나라에서 풋옥수수로 재배되고 있는 단옥수수(단옥 2호), 초당옥수수(Cocktail 86) 및 찰옥수수(찰옥 1호) 품종을 수확 직후 진공 및 얼음 예냉 방법으로 처리한 후 저온(0~2°C)에 저장하면서 기존의 냉풍 예냉 방법(Room cooling)과 비교하여 품종별 예냉처리 효과를 검토하였기에 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 시험에서 사용한 풋옥수수 시료는 1994년 작물시험장 시험포장에서 비닐하우스로 재배된 단옥수수(단옥 2호), 초당옥수수(Cocktail 86) 및 찰옥수수(찰옥 2호)를 단옥수수와 초당옥수수는 출사 후 20일에 찰옥수수는 출사 후 25일에 수확하여 사용하였다.

2. 예냉처리방법

가. 통풍 예냉(Room cooling): 통풍 예냉은 옥수수를 수확 즉시 정선하여 가로 30cm×세로 50cm×높이 35cm 크기의 구멍뚫린 프라스틱 상자에 옥수수 80이삭(20kg내외)을 채워 넣고 0~2°C의 저온저장고에 입고하였다.

나. 얼음 예냉(Icing): 얼음 예냉은 수확후 정선한 옥수수를 두께 5cm, 가로 30cm×세로 50cm×높이 30cm 크기의 보냉상자(Ice box)에 옥수수와 각빙을 1:2의 중량비로 층층히 섞어 넣고 밀봉하여 0~2°C의 저온저장고로 옮겨 품온이 0~2°C가 될때까지 처리하였다.

다. 진공 예냉(vacuum cooling): 진공 예냉은 옥수수를 수확직후 30분 이내에 실험실로 신속하게 옮겨 Stewart[5] 등의 방법에 따라 수돗물에 5분동안 침지한 후 잎자루를 2~3cm 만 남도록 잘라내고 이삭 지엽을 제거하고 3분간 물빼기를 한 후 통풍 예냉 처리시에서와 같은 규격의 상자에 옥수수 80이삭씩 담아 진공 예냉 처리 장치(ULVAC Co., Ltd., Japan)에 넣고 4~5torr까지 감압하여 품온이 0~2°C에 도달할때까지 진공 예냉 처리를 하였다.

3. 조사방법

가. 품온: 예냉중 품온의 측정은 옥수수 예냉상자 내부의 중간 부위에 있는 옥수수포엽과 낱알 사이에 온도 센서를 꽂아 진공 예냉은 5분 간격으로, 얼음예냉은 20분 간격으로 온도를 기록하면서 품온이 2°C이하가 될때까지 온도를 측정하여 그 값을 평균하였다. 대조구는 일반 저온 냉풍 예냉 방식으로 80이삭씩을 동일 규격 상자에 담아 0~2°C의 저온저장고에 입고하여 같은 방법으로 측정하였다.

나. 호흡량: 풋옥수수의 호흡량 조사는 Stanley [1]등의 CO₂ 측정방법을 약간 변형하여 사용하였다. 즉 15ℓ 용량의 desiccator에 옥수수 10이삭(중량 1.5~2.5kg)을 넣고 공기 압축기를 이용하여 습윤 공기를 매 2ℓ/min.의 속도로 desiccator 하부로부터 상부쪽으로 흘러 주었으며 호흡량 측정시에는 1시간

동안 desiccator를 밀폐하여 호흡작용으로 내부에 축적된 CO₂ gas를 Gas Chromatograph (Model : Varian 6000)로 측정하고 CO₂ mg/kg/hr.로 환산하여 표시하였다.

결과 및 고찰

1. 예냉처리방법별 냉각속도

신선 청과물의 예냉처리중 냉각속도는 품온의 제거 효율로서 표시하는데 풋옥수수의 예냉처리방법에 따른 품종별 품온 제거 효과는 그림 1, 2, 3 및 4에서 보는 바와 같다.

일반적으로 수확후 변질이 쉬운 신선 농산물의 선도를 유지하기 위한 수단으로 수확 즉시 저온 저장고에 입고하는 방식을 냉풍예냉(room cooling)이라고 하여 예냉처리의 한 수단으로 분류하고 있다. 그러나 풋옥수수는 수확후 상온에서 3~4 시간만 방치해도 품질지표성분인 당류가 전분으로 변환되어 감미가 떨어지고 경도가 증가되어 질감이 열화되는 것으로 알려져 있다[5, 9]

그림 1에서 보는 바와 같이 풋옥수수는 수확시 30°C에 가까운 높은 품온을 유지하였는데 냉풍예냉 방법은 품온을 1.5°C까지 내리는데 24시간 정도가 소요될 뿐만 아니라 특히 입고초기의 냉각속도가 늦어서 6시간 경과후에도 품종별로 23~24°C의 높은 온도를 유지하므로 풋옥수수의 예냉처리 효과를 기대하기가 어려웠다. 풋옥수수의 품종별 냉각속도는 찰옥수수가, 단옥수수나 초당옥수수에 비하여 다소 늦은 경향을 보였는데 이는 찰옥수수의 늦은 수확에 의한 수분함량이 상대적으로 낮아서 열 교환속도의 차이에서 온 결과로 생각되었다.

이에 비하여 얼음 예냉 처리는 그림 2에서 보는바와 같이 품온 제거 속도가 냉풍 예냉의 경우보다 3~4배 빨라서 수확시 품온이 28.9~29.9°C 이던 것이 1시간 후에는 10.3~12.7°C, 2시간 후에는 5.4~7.4°C, 그리고 6시간 후에는 1.3~1.9°C로 되어 목표 온도인 0~2°C의 범위내로 낮아졌다. 더우기 얼음 예냉 방법은 예냉 중 옥수수의 품온에 의한 얼음의 용해에 따른 용해수가

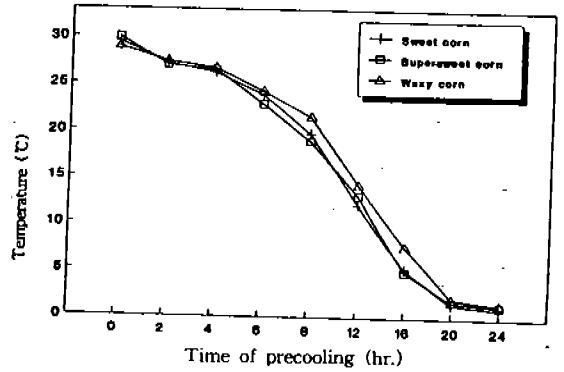


Fig 1. Changes in the temperature of vegetable corn precooling by room cooling method.

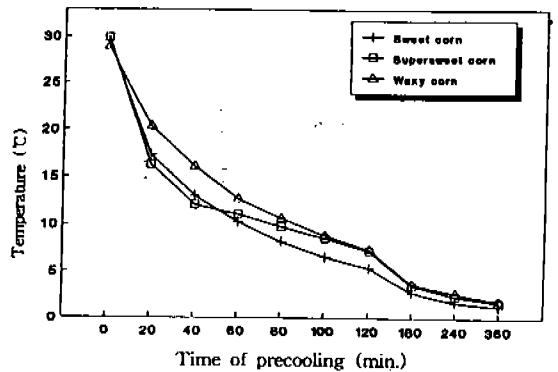


Fig 2. Changes in the temperature of vegetable corn precooling by icing method.

옥수수 포엽에 침투하여 낱알주변의 고습도 유지로 옥수수의 저장중 가장 문제시 되는 건조에 의한 낱알의 함몰(denting)현상을 방지할수 있는 부수적 효과도 얻을 수 있었다. 따라서 풋옥수수의 경우 얼음예냉처리는 농가에서 쉽게 처리가 가능하고 흡수에 의한 내성이 있을 뿐아니라 저온 장해와 같은 문제점도 없으므로 유통 중 신선도 유지 방법으로 매우 유리할 것으로 보인다.

한편 진공예냉은 감압 조건 하에서 작물의 수분이 증발될때 발생하는 증발잠열(2,260KJ/kg)을 냉각 시켜 품온을 내리는 방식으로 예냉 속도가 빠르고 고르며, 포장된 상태에서 처리가 가능한

장점이 있어 최근 보급이 크게 증대되고 있는 추세이다. 풋옥수수의 경우 그림 3 및 그림 4에서 보는 바와 같이 진공조내의 압력을 내리는 순간부터 초기 10분까지의 냉각속도가 커서 half cooling time이 짧을뿐 아니라 품온을 2°C이하로 내리는데 불과 30분 정도가 소요되었으므로 냉각속도만을 고려하면 진공 예냉 처리가 가장 효과가 크다는 것을 알 수 있었다.

이상에서 풋옥수수의 예냉 처리 방법에 따른 품종별 품온 제거 효과를 종합해 볼때 풋옥수수의 품종별 예냉 속도에는 큰 차이가 없으나 예냉 처리 방법에 따른 예냉 속도에는 차이가 있음을 확인하였으며 그중 room cooling 방식은 예냉 소요 시간이 24시간으로 길어서 식용 풋옥수수의 경우 25°C의 상온상태에서는 수확후 3시간 후 부터 품질 지표 성분인 당류가 소실되어서 품질이 떨어진다는 建石[8] 등의 연구 결과 및 식용 풋옥수수의 저장 조건이 저온, 고습조건 (0°C, 98% RH)[3, 9]임을 감안할 때 실용성이 없는 것으로 사료 되었으나 예냉 소요시간이 30분 이내로 짧은 진공 예냉 방식과 예냉 중 저온, 고습도 유지가 가능한 얼음 예냉 방식은 적용성이 클 것으로 기대되었다.

2. 예냉 처리 방법 별 호흡양상

일반적으로 신선 농산물의 수확 후 호흡작용은 작물의 종류, 품종, 성숙도, 수분함량, 체적비, 온도, 가스환경, 상대정도 및 재배조건등에 따라 변이를 나타내며 호흡율의 증가는 곧 저장 수명단축 및 신선도 저하를 의미하기 때문에 고품질 선도를유지를 위해 수확 후 적절한 조치가 요구된다.

특히 온도는 호흡량 조절의 지배적 요인으로 가장 중요하다.

옥수수의 예냉처리방법별 저장온도에 따른 호흡량의 경시적 변화를 품종별로 조사하였는데 이를 sweet corn(그림 5)에서 보면 예냉처리방법별 호흡량은 큰 차이를 나타내지 않았으나 비예냉구의 경우 상온하에서는 저장 5일 후까지도 68~89 C·O₂ mg/kg/hr. 로 매우 높게 나타났으며 저온의 경우에도 예냉 처리구의 호흡량에 근접하는데까지는 2~3일 정도가 소요되었다. 이는 Robinson[2]등

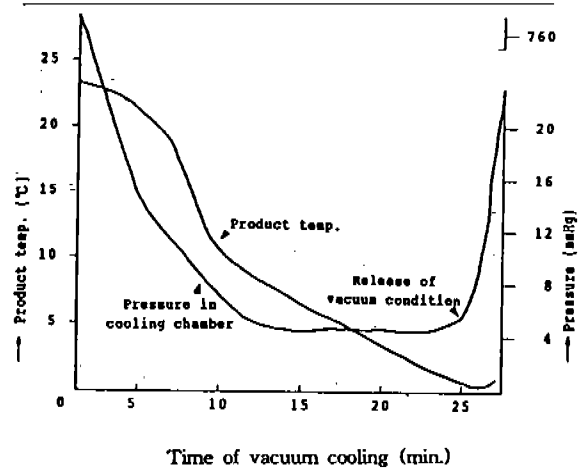


Fig 3. The relationship between the temperature of sweet corn and the chamber pressure during the vacuum cooling

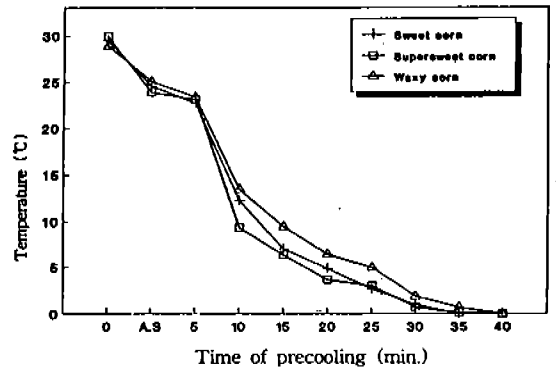


Fig 4. Changes in the temperature of vegetable corn during precooling by vacuum cooling method.

1) A.S : After soaking in running water for 5 min

이 보고한 Sweet corn의 Q₁₀값은 0~20°C의 대기 조건하에서 2.3~2.9로 매우 높았다는 결과 및 建石[8, 10]등의 옥수수 호흡량은 저장초기 온도변이가 크다는 연구 결과와 일치하였다. 따라서 저장 전 신속한 예냉 처리는 저장용 풋옥수수의 품질 유지에 매우 효과적일 것이라는 예측이 가능하였다.

이와 같은 결과는 supersweet corn(그림 6) 및 waxy corn(그림 7)에서도 비슷한 양상을 보였으며 다만 수확 즉시의 품종별 호흡량이 sweet corn 이 267.4 CO₂ mg/kg/hr.로 가장 높았으며 supersweet corn은 258.6 CO₂ mg/kg/hr. 였고 waxy corn은 194.6 CO₂ mg/kg/hr.로 3품종 중 가장 낮은 호흡량을 나타냈는데 이는 옥수수의 품종에 따른 변이 및 낱알의 수분함량 등의 차이에서 나타난 결과로 생각되어졌다.

요 약

우리나라에서 풋옥수수로 재배되고 있는 단옥수수(단옥 2호), 초당옥수수(Cocktail 86) 및 찰옥수수(찰옥 1호)의 예냉 처리 방법에 따른 냉각속도 및 호흡 패턴을 조사하여 예냉효과 구멍 및 수확 후 고품질 유지 기술 확립의 기초자료를 얻고자 풋옥수수를 수확 직후 얼음 및 진공 예냉 처리하고 예냉 중 품은 제거 속도 및 예냉 후 단기지장 중 호흡량을 측정, 기존의 냉풍예냉처리했을 경우와 비교한 결과는 다음과 같다.

풋옥수수의 예냉 처리 방법에 따른 품은 제거 효과는 진공 예냉 처리 방법이 가장 커서 수확 직후 품은 30℃를 2℃이하까지 내리는데 진공 예냉 처리 장치의 진공조 압력을 4~5 torr로 조절하였을 때 30분이 소요되었고 얼음예냉의 경우도 6

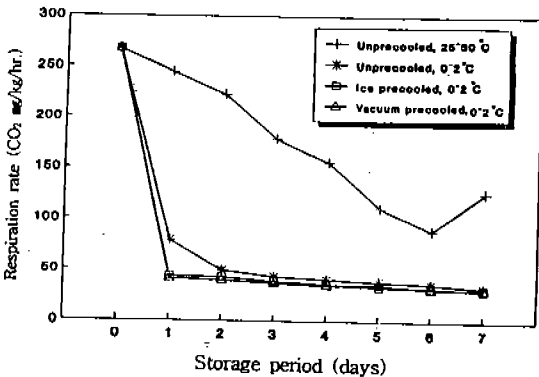


Fig 5. Effect of precooling on respiration rates of the sweet corn during the storage period.

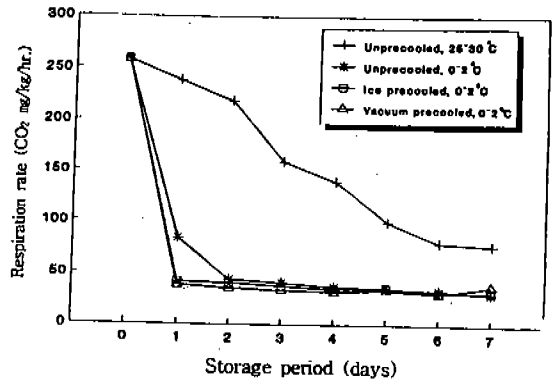


Fig 6. Effect of precooling on respiration rates of the supersweet corn during the storage period.

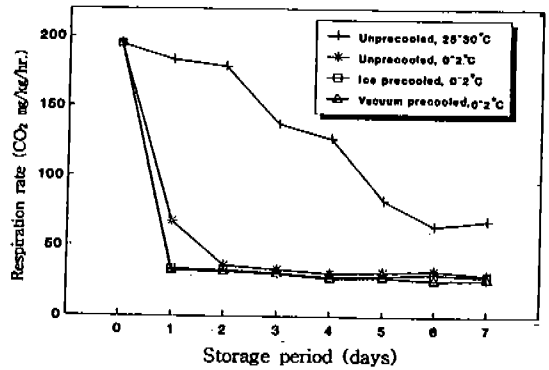


Fig 7. Effect of precooling on respiration rates of the waxy corn during the storage period.

시간이 소요되어 풋옥수수의 효과적인 예냉 처리 방법으로 활용성이 클것으로 기대되었다. 그러나 기존의 냉풍 예냉 처리 방법(room cooling)은 초기 냉각 속도가 늦을 뿐 아니라 예냉 소요 시간이 24시간으로 길어서 풋옥수수의 예냉 방법으로는 적당하지 않았다. 한편 옥수수 품종별 냉각속도에는 큰 차이가 없었으나 낱알의 수분함량이 낮은 찰옥수수가 단옥수수 및 초당옥수수보다 늦은 경향이였으며 예냉 처리 방법별 호흡량은 진공 및 얼음 예냉처리된 옥수수가 0~2℃의 저온저장중 25.5~43.5 CO₂ mg/kg/hr. 의 낮은 범위로 안정된 호흡 패턴을 보였으나 비예냉, 상온저장시는 64.1~245.0 CO₂ mg/kg/hr.로 아주 높았다.

참 고 문 헌

1. Stanley, J. K. (1991) Postharvest physiology of perishable plant products. An AVI Book
2. Robinson, J. E., K. M. Borowne and W. G. Burton(1975) Storage characteristics of some vegetables and soft fruits. Ann. Appl. Biol., 81, 399
3. Tewfik, S. and L. E. Soctt, (1954) Respiration of vegetables as affected by postharvest treatment. J. of Agr. and Food Chem., 2, 415
4. Hardenburg, R. E., A. E. Watada and C. Y. Wang, (1986) The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stock. USDA-ARS Agric., Handbook No. 66.
5. Stewart, J. K, W. R. Barger, (1959) Effect of cooling method and top-icing on the quality of peas and sweet corn. J. Am. Soc. Hort. Sci., 75, 470
6. Kader, A. A., R. F. Kasmire, F. G. Mitchell, M. S. Reid, N. F. Sommer and J. F. Thompson, (1985) Postharvest technology of horticultural crop. Cooperative Extension, Univ. of Calif.
7. Showalter R. K. (1957) Effect of wetting and top icing upon the quality of vacuum cooled and hydrocooled sweet corn. Proc. Fla. State. Hort. Soc., 70, 214
8. 建石耕一, 熊谷光雄, 中村明史, 小林利江, 飯島降志, (1986) 스위트코어의 貯藏中 における 糖類의 組成及び 含量의 變化と 呼吸との 關係. 日食工誌, 8, 592
9. Ashby, B. H., T. Hinsch, L. A. Risse, W. G. Kindya, W. L. Craig and M. T. Turcztn(1987) Protecting perishable foods during transport by truck, U.A.D.A Office of Transportation. Agr. Handbook No. 669
10. 建石耕一, 小林利江, 飯島降志, (1986) 스위트코어의 成熟過程及び 貯藏中 における 糖類의 消長. 日食工誌, 33(8), 598