

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
중장기 Code		RIMS Code			
연구과제 및 세부과제		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
농산물 저장기술 개발연구		LS0508	'08 ~'10	농산물이용시험장	허남기
1) 엽채류 신선도 유지기술 개발		LS0508	'08 ~'10	농산물이용시험장	김경대
2) 신선채소류 안전저장 및 포장 기술개발		LS0508	'08	농산물이용시험장	김경대
3) 천연 항균물질을 이용한 신선편이 채소 저장성 향상 연구		LS0508	'08 ~'10	농산물이용시험장	허남기
색인용어	친환경농업, IPM, 시범지구, 시범마을, 기반조성				

ABSTRACT

This study is performed to prevent the dew which the transportation happens in the low temperature. The dew was formed when temperature of paprika's surface was lower than dew point temperature. The Packaging material which the zeolite is added prevented the dew is formed. The zeolite had a dew formed suppression effectiveness over 200cm²/5.5L(436mg/L). This is equal to the thing to deal in general paprika 5kg box (445×308×173mm, 23.71L) over the zeolite 10.34g/box.

1. 연구목표

표면온도와 외기의 차이에 의해 작은 물방울이 표면에 서로 붙는 것을 결로현상이라 한다. 이러한 이슬 맺힘 현상은 건축물 및 시설에 발생하여 곰팡이 발생 등의 문제를 일으키기도 한다. 농산물에서는 특히 과수 및 신선채소의 저온저장 후 상온유통에서 발생하여 미생물의 오염, 곰팡이의 약화 등으로 상품성을 저하시키는 원인이 되기도 한다. 과수분야에서는 중량변화, 박스의 파손 등의 상품성 저하 원인이 되어, 결로방지에 대한 연구노력이 있었으며, 그 방지법으로는 상온유통 24시간 전에 온도를 조금씩 상승시키며, 선풍기를 이용하여 물방울들을 말리는 방법과, 비닐포장재를 씌워 외기와외의 접촉을 차단하는 방법을 사용하기도 하였다. 제올라이트는 화산재나 화성암 등의 염수작용에 의해 변성된 광물로 물분자를 함유한 crystalline aluminosilicate로 정의된다. 제올라이트는 3~20Å 정도의 균일한 세공을 지니고 있는 입체상상 구조로서 탈착이 자유로운 수분을 함유하고 있으며 광물 중에서 가장 높은 양이온 교환능과 기체에 대한 선택적 흡착력이 큰 광물로 알려져 있다(하, 1978). 제올라이트의 흡착에 관한 연구로는 천연제올라이트 상규명 및 암모니아 제거 특성(김 등, 1996), 천연제올라이트의 질소 및 산소흡착 특성(서 등, 1981), 한국산 천연제올라

이트의 암모늄과 아연이온의 흡착특성(강, 1989) 등의 이온교환수지, 금속제거제 등에 대한 연구와 천연제올라이트의 전처리 방법에 따른 에틸렌 흡착효과(이 등, 2003)와 같은 가스 흡착능을 이용하는 시험의 소재로 연구되고 있다. 본시험에서는 먼저 착색단고추 등과 같은 농산물 유통시 농산물의 품온과 대기의 온도, 습도 등의 경로 발생 조건을 구명하고, 저온 유통시 간헐적인 고온노출에 의해 발생하는 수분을 제올라이트의 수분 흡수능을 이용하여 포장박스 내에 경로를 억제하는 기술을 개발하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

실험재료인 착색단고추는 춘천시 후평동 소재 농산물 도매상으로부터 구입하여, 춘천시 신북읍 산천리 소재 농산물이용시험장의 저온저장고에서 5℃ 저장 후 사용하였다.

착색단고추의 경로발생조건 구명시험에서 경로발생시 온도와 습도를 측정하기 위한 온·습도측정기로서 Hygrometer (DAGATRON® 2701, Dagatronics Corporation C.P.O. Box 8901, Seoul, Korea)를 사용하였다. 착색단고추의 표면온도와 경로발생 표 작성을 위하여 습공기의 상태량의 관계는 습공기의 전압력이 일정한 경우, 그 상태량의 건·습구온도, 이슬점, 포화점, 엔탈피, 절대온도 중에서 2가지만 알면 다른 값들을 알 수 있는 Psychrometric Chart(농촌진흥청, 1997)를 이용하였다. 기능성포장재의 수분흡수효과 구명을 위하여 사용된 기능성 첨가제는 제올라이트가 첨가된 부직포(상품명 '보', 120g/m², ㈜다채, Korea)를 사용하였다. 수분반응도 측정을 위하여 첨가제에 사용된 것과 같은 국내산 천연제올라이트를 20~50mesh로 조정된 것을 사용하였으며, 수분함량은 105℃ Dry oven (FO-600M, JEIO TECH, Korea)에서 16시간 이상 건조한 제올라이트에 투입한 수분량의 백분율(수분 ÷ 건조제올라이트 × 100)로 하였다. 수분활성측정기(TH-200, NOVASINA, Switzerland)로 수분활성도를 측정하였다. 기능성포장재의 수분흡수효과를 측정하기 위하여 제올라이트가 첨가된 부직포를 각각 100cm²(제올라이트 함량 1.2g), 200cm²(2.4g), 300cm²(3.6g)로 재단하여 5℃ 저온저장고에서 5.5L Lock & Lock 용기(HPL386, Lock & Lock, Korea)에 착색단고추 6개와 함께 넣고, 온도를 안정화시키기 위하여 30분간 방치 후 밀폐하여 고온다습 조건인 온도 25℃, 상대습도 75%로 조정된 저장고로 이동하여 5초간 노출 후 밀폐하여 용기내부의 습도의 변화를 측정하였다. 습도의 측정은 온습도측정장치 HOB0(H08-007-02, Onset computer corporation, US)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

착색단고추를 5℃ 저온에서 고온 다습조건인 온도 29℃, 상대습도 77%의 외부대기에 노출시키고 3분이 지났을 때, 그림 1과 같이 경로가 발생하는 것을 육안으로 확인하였고, 착색단고추를 담고 있는 골판지 박스 역시 경로 발생으로 강도가 약해진 것을 알 수 있었다.



그림 1. 유통과정에서 발생된 착색단고추의 결로현상(5℃ 저장후, 29℃ 77% 노출)

결로는 대상의 표면온도와 대기의 온도, 습도에 영향을 받으며, 수분을 머금은 대기의 이슬점 온도와 착색단고추의 표면온도의 차이에 의해 발생하게 되며, 착색단고추의 표면온도가 대기의 이슬점 온도 보다 낮을 때 이슬이 맺히게 되어 착색단고추의 표면과 방수처리 되지 않은 포장 박스 등에도 영향을 미치게 된다. 신선채소류의 상온 유통시에는 발생하지 않으나, 신선도유지를 위해 저온 저장, 유통시 주로 발생하는 문제점으로 저장고에서 냉장운반차량으로 운반시, 또는 차량에서 매장으로 이동시에 발생하는 것으로 알려져 있다.

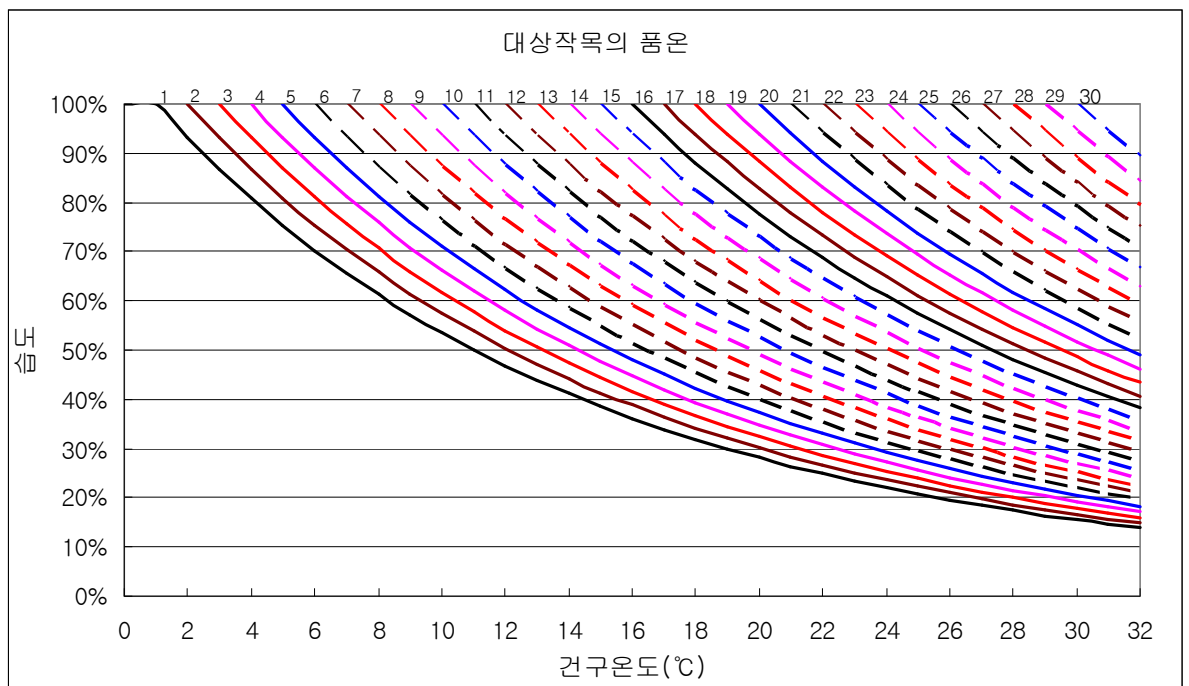


그림 2. 외부 온습도와 품온에 따른 결로발생과의 관계

그림 2는 착색단고추의 표면온도와 외부의 온도와 습도에 의한 결로 발생조건을 보여주는 것으로 착색단고추의 표면온도선이 외부의 온도와 습도 아래에 위치할 경우 결로가 발생하게 된다. 이러한 그림을 통해 결로 발생에 영향을 주는 요인이 작물의 품온에 의한 표면온도와 외부대기의 온도, 습도인 것을 알 수 있으며, 절대습도, 이슬점온도를 적용할 수 있게 된다. 공기 중의 수분을 제거함으로써 상대습도와 이슬점온도를 낮게 유지할 수 있을 것으로 생각되며, 이러한 가정을 통해 제올라이트가 공기 중의 수분을 제거하여 상대습도를 낮추고, 나아가 이슬점온도를 착색단고추의 표면온도보다 낮게 유지하여 결로를 방지할 수 있을 것으로 생각되었다.

수분흡수 기능성 포장재의 수분흡수효과를 확인하고자 시험재료에 첨가된 것과 같은 제올라이트를 이용하여 수분반응도를 조사하였으며, 그 결과는 그림 3과 같았다. 제올라이트에 투입된 수분함량이 50%일 때 수분활성도는 0.8을 보였다. 수분활성도는 수분의 흡습정도를 나타내는 것으로, 이를 측정하여 미생물에 의한 부패가능성에 대한 척도로 사용하기도 한다.

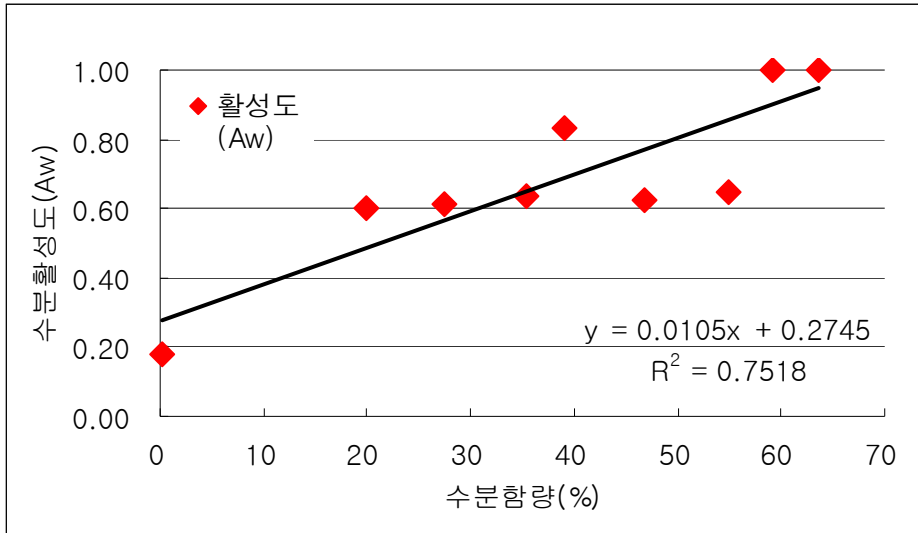


그림 3. 제올라이트의 수분반응도

수분활성도가 0.6 이하에서는 미생물이 번식하지 않으며, 15~17% 수분을 함유하는 소맥분, 쌀, 두류 등이 0.8 정도의 수분활성도를 가진다고 알려져 있다(농산물저장유통학회, 1998). 수분활성도의 정의에 따라 상대습도 80% 정도를 유지할 수 있을 것으로 예상된다. 이를 통해 건조된 제올라이트 10g 첨가시 공기 중의 수분 5g 정도를 흡수하여 결로 발생을 지연시킬 수 있는 것으로 예상되어 진다.

실제적인 사용기술 개발을 위해 밀폐용기와 온습도기록계를 이용한 시험에서 5초 정도의 노출에서 결로 방지효과를 보여주었으며, 30초 이상 노출하게 되는 경우, 제올라이트의 흡수능을 넘어서게 되어 효과를 나타내지 못하는 것을 알 수 있었다.

그림 4는 제올라이트 첨가된 기능성 포장재를 크기별로 밀폐용기에 처리하여 절대습도의 변화량을 보여 주고 있는 것으로 제올라이트 함량이 많을수록 절대습도가 낮게 유지되고 있는 것을 볼 수 있었다.

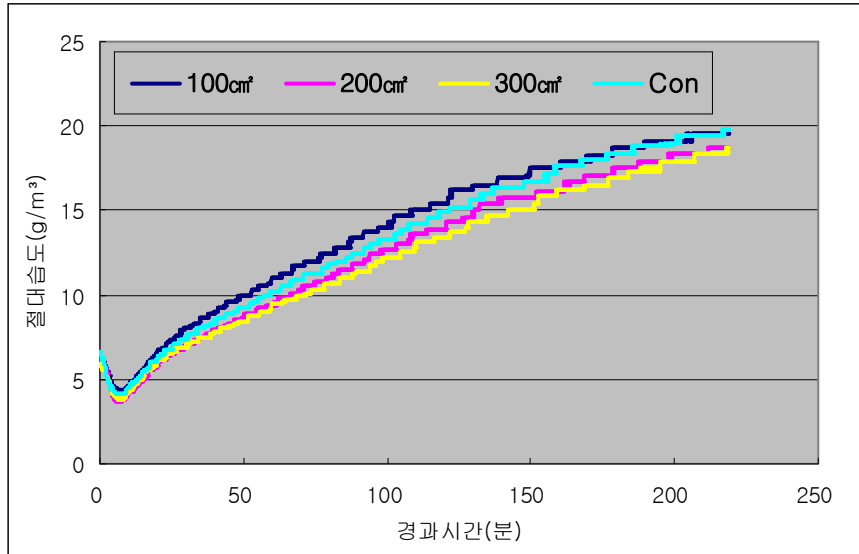


그림 4. 기능성 첨가제 처리시 착색단고추 포장내의 습도변화

218mg/L(120g/m³, 100cm³/5.5L)의 제올라이트 처리시 오히려 높은 절대습도를 보여 주고 있으며, 이는 제올라이트의 수분흡수능에 의해 나타나는 현상으로 밀폐용기 노출시 공기 중의 수분을 단시간 내에 흡수하여 과잉상태가 되었다가 시간이 지나면서 수분을 방출하는 것으로 보인다. 이를 통해 공기 중의 수분량, 포장 박스의 용량에 따라 적정량 이상의 제올라이트를 처리해야 하는 것과 적정량 이하 처리시 오히려 결과가 심해질 것이라는 것을 알 수 있었다. 본 시험에서는 436mg/L (120g/m³, 200cm³/5.5L)이상에서 결로발생 억제 효과를 볼 수 있었으며, 이는 일반적인 착색단고추 5kg용 상자(445×308×173mm, 23.71L)에 10.34g 이상의 제올라이트가 처리되는 것과 동일한 양이었다. 제올라이트의 처리는 다양한 방법으로 사용될 수 있으며, 기존 흡습제와 같이 백(bag)포장을 이용하거나, 본 시험과 같이 부직포 또는 종이에 도포하여 사용하거나, 포장박스 제작시 내부에 도포하여 사용하는 것도 가능할 것으로 생각된다.

제올라이트는 높은 양이온 교환능과 기체에 대한 선택적 흡착력이 큰 광물로서 다양한 곳에서 이용되고 있다. 또한 에틸렌흡착 효과 등도 보고된바 있다. 본 시험에서는 수분흡수능을 이용한 결로방지 기술을 위해 시험하였으며, 저온유통시 단시간의 고온 노출시에 결로방지 기술로 활용이 가능할 것으로 보이며, 에틸렌흡착 효과와 수분활성도에 의한 미생물 생육억제효과도 함께 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 농산물의 종류, 외부습도, 포장방법 및 포장부피를 고려하여 제올라이트의 투입량을 설정하는 정밀한 시험이 필요하였다.

4. 적 요

본 연구에서는 저온유통 중 고온 다습한 대기에 단기간 노출시 발생하는 결로를 억제할 목적으로 가스흡착능과 수분흡수능이 우수한 제올라이트를 이용하여 현장에서 활용가능한 결로방지 기술을 개발하고자 수행하였다. 착색단고추에서 결로발생은 품온에 의한 표면온도가 공기 중의 이슬점온도 보다 낮을 때 발생되었다. 이슬점 온도를 낮추기 위해, 제올라이트 첨가 포장재를 투입하여 포장내부에서 공기 중의 수분을 흡수하여 결로를 억제한 결과, 200cm²/5.5L(120g/m², 436mg/L)이상에서 결로발생 억제 효과를 볼 수 있었으며, 이는 일반적인 착색단고추 5kg 포장용 상자(445×308×173mm, 23.71L)에 10.34g이상의 제올라이트가 처리되는 것과 같은 양이었다.

5. 인용문헌

- 강신정. 1989. 한국산 천연제올라이트의 암모늄과 아연이온의 흡착특성. 한국농화학회 32(4):386-392
- 김화중, 유재철, 이명철, 이기정. 1996. 천연제올라이트의 상규명 및 암모니아 제거 특성. 공업화학 7(1):43-50
- 농촌진흥청. 1997. 습공기선도. 농업용어사전. 945
- 서곤, 김기문, 문희, 박홍철. 1981. 천연제올라이트의 질소 및 산소흡착 특성. 화학공학. 19(5):349-354
- 이보경, 허상선, 이종원, 홍주현, 최용희. 2003. 천연제올라이트의 전처리 방법에 따른 에틸렌 흡착효과. 산업식품공학 7(2):97-101
- 하백현. 1978. 제올라이트의 구조와 성질. 화학공학. 16(1):1-11
- 한국농산물저장유통학회. 1998. 농산물저장유통기술핸드북. 21-24

6. 연구결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목
2008년도 (1년차)	영농활용	신선채소류 포장 결로방지 기술

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도(08)
책임자	농산물이용시험장	농업연구사	김경대	세부과제 총괄	○
공동연구자	농산물이용시험장	농업연구관	김경희	연구자문	○
공동연구자	농산물이용시험장	농업연구사	허남기	연구검토	○
연구보조원	농산물이용시험장	연구보조	윤인주	실무보조	○