

원적외선 세라믹 건조기 개발

주진영, 신용덕*, 고태현*, 이정훈*
 발산공업, 원광대학교 전기전자 및 정보공학부*

Development of Far Infrared Ray-Ceramic Dryer

Jin-Young Ju, Yong-Deok Shin*, Tae-Hun Ko*, Jung-hoon Lee*
 Balsan Industrial, Electrical Electronic and Information Engineering, Wonkwang Univ.,*

Abstract - 원적외선 세라믹 건조기를 개발하기 위하여 탄화규소가 주원료로한 세라믹 발열판을 제작하여 건조기 내부에 설치하여 실험하였다. 발열판 장착위치에 따른 실험결과 위치는 큰 변수가 되지 않았고, 기존 5[kW]용량의 씨즈 히터를 2[kW]의 세라믹 발열판으로 대체하면서 에너지 절약형 원적외선 세라믹 건조기를 제작할 수 있었다. 또한 발열판 자체 온도 분포를 측정할 결과 시간이 흐름에 따라 온도 분포는 약간의 차이가 있기는 하지만 대체적으로 균일한 분포를 나타내었다. 사용에 따른 경년변화를 측정하기 위해 90시간 동안 부하를 걸어 실험하였지만 발열판 자체의 저항이나 소비전력의 변화는 나타나지 않았다.

1. 서 론

건조기에는 많은 종류가 존재하고 있다. 이러한 건조기는 곡물의 저장력 증대를 위하여 곡물의 수분을 14[%] 이하로 건조시킬 수 있는 것으로 피건조물에서 수분을 제거하는 종류를 통틀어 건조기라 한다.

농산물에는 오랫동안 보관에 용이하도록 어느 정도 수분을 간직하여 살아있는 상태를 유지하는 비나 곡물류 등이 있고, 건조 상태에서 상품을 분쇄 또는 포장하여 상품으로 출하하는 대추, 꾀감, 메주, 청국장 등이 있다.

특히 고추는 수확시기의 기상조건이 고온 다습하기 때문에 생고추 상태로 장기간 저장할 수 없다. 생고추로 저장할 수 있는 우수한 저장시설을 갖춘 경우라 하더라도 생고추는 함유율이 대단히 높고 쉽게 부패할 수 있는 연한조직을 갖고 있어 장기간 저장을 기대하기 어렵고 수송에도 불편하기 때문에 건조하여 출하하거나 저장한다. 이러한 고추 건조방식에는 다음과 같은 방법들이 이용되고 있다.

1.1 천일건조

생산농가에서는 명석과 가마니 또는 지붕위에 널어서 햇볕에 말리나, 건조과정중 수시로 잔손질을 하는 불편한 작업공정이 수반된다. 따라서 이 과정이 힘이 들고 불편하므로 손쉽게 건조를 잘하기 위해서는 말뚝을 지상부로부터 40~50[cm] 높이로 두 줄로 박고(넓이 0.8~1[m], 간격 1~1.5[m]) 직경 3[cm] 정도의 막대기로 대를 만들어서 그 위에 발을 쳐서 널게되면 통풍이 잘되고 지면에서 증발되는 수증기의 피해없이 건조시간을 단축할 수 있어 효과적이다.

그러나 기와지붕이나 스투트, 양철 같은 것을 이용하면 건조시간은 빠르나 태양열에 의하여 과실표면의 접촉부위가 변색하게 된다. 고추를 천일 건조할 경우 원형 그대로 건조하는 방법과 절단하여 건조하는 방법이 있다.

1.2 비닐하우스건조

농가에 기존하우스가 있으면 하우스 내에 단을 만들어 그 위에서 고추를 건조하는 방법으로 천일 건조보다 건조시간이 단축되고 비나 이슬을 맞지 않아 일기가 불순할 경우 관리가 쉽고, 고추과실의 부패와 성분의 변화도 적고, 작업도 간편하여 실용적이라 할 수 있다.

주의할 점은 하우스 내에 온도가 높고 과습하기 쉬우므로 환기창을 만들어 온도를 35[°C] 정도로 유지시키고 하우스 내가 과습되지 않도록 하며 자주 뒤집어 준다. 또 지면에서의 수분발산을 막도록 지면에 비닐덮개를 하게 되면 더욱 효과적이고 건조시간을 단축 할 수 있다.

1.3 폴리에틸렌 필름 피복 건조

하우스에 이용되는 폴리에틸렌필름 자루에 구멍을 많이 내어(사방 4~5[m] 간격) 그 안에 고추를 넣어 건조대위에서 건조하는 방법으로 화력건조보다는 효과가 적지만 실용적인 방법이다. 비닐자루 안에 많은 양의 고추를 넣게 되면 건조시간이 많이 소요되고 부패과가 발생할 우려가 있으므로 자루와 함께 퍼서 1~2겹 정도의 두께가 되도록 고추의 양을 조절한다.

1.4 화력건조(열풍건조)

건조기에 열풍을 가하여 단시간 내에 많은 양의 고추를 건조시킬수 있으며 썩는 것과 퇴색(허나리)도 천일건조에 비하여 적다. 건조기에서 건조하는 고추의 양은 1평당 생고추 600kg을 기준으로 하여 건조시킨다.

화력건조방법은 온도조절이나 건조시간을 잘 지키지 않으면 매운맛이 떨어지고 고유의 붉은색이 되지 않으며 검은색을 띄게 되어 상품가치가 저하된다. 특히 건조온도를 60[°C] 이상에서 계속 건조하면 건조시간은 빠르나 고유 색소인 캡산틴이 파괴되어 검은색을 띄게 된다.

또한 화력건조를 위해서 사용되는 방식은 두 가지로 대두된다. 첫째 화석 연료를 이용한 방식인데 현재 식유는 유가 상승과 더불어 건조 비용이 상승하고 있는 실정이다. 둘째 전기를 이용한 방식인데 전기용량이 보통 5[kW]이상으로 설계되어 건조기를 설치하기 위해서는 전력 설비 용량을 늘려야 하는 불편한 점이 있고, 또한 열선으로 씨즈 히터를 사용하고 있기 때문에 니켈-크롬선이 산화되어 잦은 단선이 발생하는 문제점과 단위체적당 발열량이 적어 효율이 떨어지고 있는 실정이다.

이러한 문제점을 개선하기 위하여 본 연구에서는 현재의 니켈-크롬선을 단위체적당 발열량이 높은 세라믹 히터로 개선하여 소비전력을 3[kW]이하로 줄여 에너지 효율을 최대로 하고, 동시에 세라믹 자체에서 나오는 원적외선을 이용해 고추의 매운 맛과 빛깔을 살리면서 건조할 수 있는 시스템을 제작하고자 한다.

2. 본 론

2.1 세라믹 히터 제작, 제어 및 배치

현행 시스템은 씨즈 히터를 송풍기 하단에 배치하여 데워진 공기를 고추에 송풍하여 건조하는 시스템으로 이루어지고 있다. 또한 원적외선을 이용하기 위하여 씨즈 히터 표면이나 전구에 세라믹을 도포하여 사용하고 있는 실정이다.

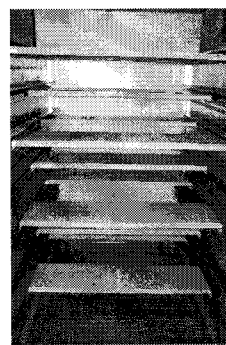
이러한 문제점을 해결하기 위하여 탄화규소가 주성분인 세라믹 발열판을 설계하여 제작된 형태는 그림 1과 같다.



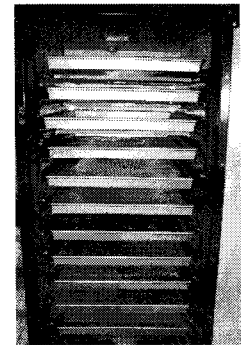
<그림 1> 제작된 발열체

세라믹 히터의 전원은 트랜스를 이용하여 110[V]을 주었다. 이때 제어는 온도제어 방식과 시간제어 방식을 겸용할 수 있도록 설계 제작되었고, 초기에 돌입전류를 제어하기 위하여 TPR 시스템을 적용하였다.

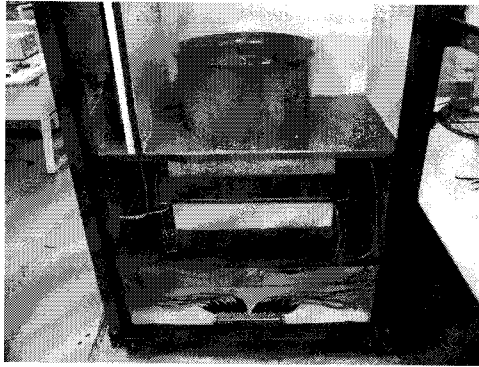
세라믹 히터의 배치는 고추를 수납할 수 있는 트레이의 바로 밑 부분에 설치하여 발열체의 윗면과 아랫면에서 나오는 열을 극대화 시킬 수 있도록 설치하였고, 또 다른 방법으로 송풍기 밑 부분에 세라믹 히터를 집중하여 설치하여 송풍 방식 즉 간접 가열 방법 채택형태로 두 가지 방법에 대하여 실험하였고, 각각의 설치된 형태는 그림 2와 3에 나타내었다.



(a) 트레이 설치 전 <그림 2> 직접 가열 형태



(b) 트레이 설치 후

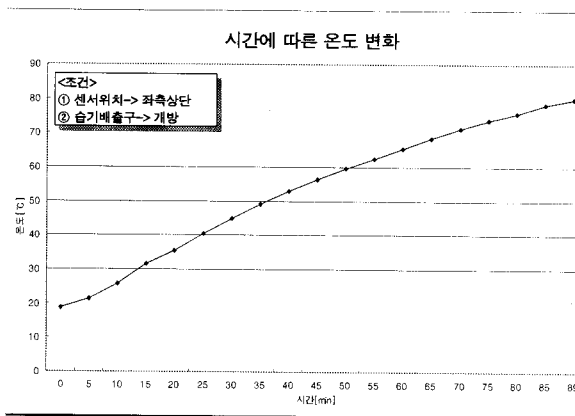


〈그림 3〉 간접 가열 형태

2.2 세라믹 히터 삽입 위치에 따른 실험

2.2.1 직접 가열 방식

세라믹 히터를 그림 2와 같이 트레이 바로 밑 부분에 설치하여 온도 상승률을 실험한 결과는 그림 4와 같다.



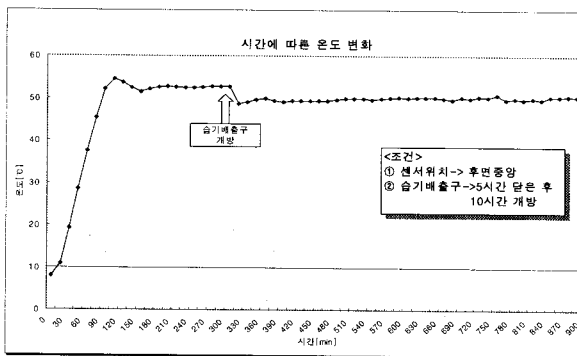
〈그림 4〉 시간에 따른 건조기 내부 온도 변화율

그림 4에 나타나듯이 초기에 온도는 약간 느리게 상승하지만, 전체적으로 온도의 상승은 잘 이루어지고 있으며, 설정온도 80[°C]에 도달하면 TPR이 작동하여 소비전력은 1[kW]미만으로 떨어지면서 온도를 유지하였다.

또한 트레이에 고추를 넣고 실험한 결과 발열체의 모든 분위에서 열이 발산하기 때문에 고추의 건조속도가 빠르게 이루어지지만, 너무 많은 양의 열이 고추에 직접 가열되어 타는 현상도 나타났다.

2.2.2 간접 가열 방식

세라믹 히터를 그림 3과 같이 세라믹 히터를 송풍기 하단에 집중적으로 설치하여 건조하는 간접 가열 방식의 실험한 결과는 그림 5와 같다.

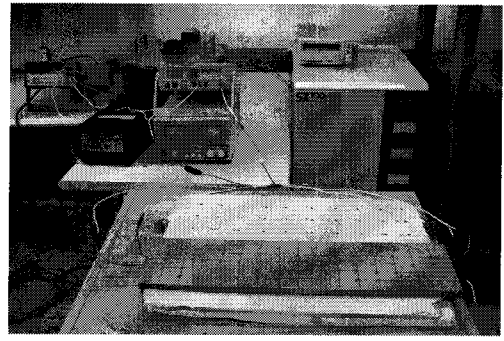


〈그림 5〉 시간에 따른 건조기 내부 온도 변화율

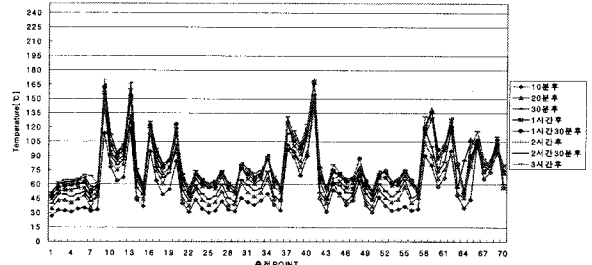
발열판 양쪽에 잡아주는 부분과 전선이 삽입되는 공간을 제작하고, 발열판을 하나씩 삽입하여 실험하였다. 고추를 마찬가지로 한단에만 삽입하여 15시간 실험한 결과 전체 시스템에서 소비되는 전력은 16.6[kWh]가 소비되었고, 대부분의 고추는 너무 건조가 심하게 이루어졌다.

2.3 세라믹 히터의 온도 분포 및 수명 측정

세라믹 발열체의 전체적인 발열량을 조사하기 위하여 임의의 점 70군데를 측정하였다. 이때 측정 장치도는 그림 6과 같고, 실험 결과는 그림 7에 나타났다.



〈그림 6〉 세라믹 발열체 온도 분포 및 경년 변화를 측정



〈그림 7〉 시간에 따른 세라믹 히터의 온도 분포

또한 세라믹 발열체의 사용에 따른 변화를 알아보기 위하여 하루에 10시간씩 총 90시간을 측정하였다. 측정된 결과는 아래와 같다.

〈표 1〉 사용시간에 따른 세라믹 히터 변화를 측정

순서	저항[Ω]	전압[V]	초기전류[A]	최종전류[A]	최고온도[°C]	시간
1	86	110	1.063	0.898	140.2	10
2	89	110	1.023	0.88	140.8	10
3	87	110	1.015	0.882	141.1	10
4	86	110	1.115	0.886	140	10
5	86.7	110	1.015	0.882	141	10
6	86.7	110	1.068	0.878	135	10
7	86.8	110	1.106	0.866	142.2	10
8	86.7	110	1.135	0.877	142.2	10
9	86.6	110	1.141	0.87	139	10

표 1에서 나타나듯이 90시간을 연속해서 실험해 본 결과 세라믹 히터의 특성 변화는 나타나지 않았다.

3. 결 론

원적외선 세라믹 건조기를 개발하기 위해 탄화규소를 주원료로한 세라믹 발열판을 창작하여 실험한 결과 기존의 씨즈 히터와 같은 온도 상승효과를 나타내었다. 또한 소비전력면에서는 기존 씨즈 히터는 약 5[kW]의 소비 전력으로 설계되어 운행되었지만, 이번 세라믹 히터로 교체시 소비 전력을 반 이하로 줄여 약 2[kW]에서도 똑같은 성능을 발휘하여 에너지 절감 효과가 뛰어나게 나타났다.

세라믹 발열판 전체의 온도 분포를 실험한 결과 초기에는 많은 차이가 있지만 시간이 지남에 따라 온도 분포가 어느 정도 균일하게 나타났고, 수명은 약 90시간을 연속 사용하면서 전압, 전류, 최고 온도를 살펴본 결과 아무런 변화가 일어나지 않아 수명면에서도 안정적인 특성을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 중소기업청에서 시행한 산학연 공동기술개발 컨소시엄사업에 의해 지원됨

[참 고 문 헌]

- [1] Y. D. Shin, S. H. Yim, and J. T. Song, "Properties of β -SiC-TiB₂ Electroconductive Ceramic Composites Densified by Liquid-Phase Sintering(II)", *Trans. KIEE*, Vol. 50C[6], pp. 263-270, 2001.
- [2] S. H. Yim, Y. D. Shin and J. T. Song, "The Properties of β -SiC-TiB₂ Electroconductive Ceramic Composites Densified by Liquid-Phase Sintering", *Trans. KIEE*, Vol. 49, No. 9, pp. 510-515, 2000.