발 간 등 록 번 호
11-1543000-000590-01

온도 및 습도 제어방법을 적용한 고효율 에너지절감형 농가용 고추건조기의 개발

Development of farm size red pepper dryer by temperature and humidity control method in high efficiency and energy saving

경 북 대 학 교

농 림 축 산 식 품 부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “온도 및 습도 제어방법을 적용한 고효율 에너지절감형 농가용 고추건조기의 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2014년 8월 9일

주관연구기관명 : 경북대학교
주관연구책임자 : 김 태 욱
연 구 원 : 신 동 호
세부연구책임자 : 하 유 신
연 구 원 : 남 상 헌
연 구 원 : 박 경 규
참 여 기 업 : ㈜신 농
연 구 원 : 강 민 균

요 약 문

Ⅰ. 제 목

온도 및 습도 제어방법을 적용한 고효율 에너지절감형 농가용 고추건조기의 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

고추의 건조는 열풍을 건조물에 직접 접촉시켜 피건조 재료에 열에너지가 전달되는 방법인 열풍식 건조기가 주종을 이루고 있다. 이러한 열풍식 건조장치의 경우, 공급되는 열풍은 높은 온도와 낮은 습도를 가지며, 고추의 낮은 온도와 높은 함수율에 접촉시켜 열전달에 의해 수분증발을 유도하여 건조가 진행된다. 공급된 열풍은 고추로부터 증발된 수분에 의해 습도가 높아지게 되고, 이는 배기구를 통해 곧바로 배기된다.

열풍 건조시 고추의 건조과정을 살펴보면, 건조 초기에는 고추의 함수율이 높고 고추로부터 수분의 증발속도도 빠르다. 그러므로 가열된 고온의 건조공기가 건조 잠재력(Drying potential energy)만큼 높은 습도로 외부로 배출되므로 에너지의 이용도가 높다. 그러나 건조 후기에는 함수율이 낮고 건조속도가 떨어지게 되어 공급된 가열공기의 건조 잠재력만큼의 수분을 증발시키지 못한 상태가 된다. 이는 가열공기가 고추내의 수분을 더 증발시킬 수 있는 유효한 에너지를 가지고 있음에도 불구하고, 낮은 습도의 공기로 배기되어 버려지므로 에너지의 이용도가 낮은 원인이 된다.

실제로 에너지의 이용도 측면에서 보면 건조공기의 온도뿐만 아니라 습도도 중요하다. 그렇지만 고추 건조특성과 품질에 관한 선행연구를 살펴보면, 55~80℃에서 건조온도를 달리한 연구, 열풍, 원적외선, 냉동 건조와 같이 건조방법을 달리한 연구, 고추를 절단, 천공을 시켜 건조형태를 달리한 연구, 전기, 태양열와 같이 건조열원을 달리한 연구들이 대부분이며, 이는 건조공기의 온도와 관련된 연구들이 대부분이다. 챔버 내에 온도와 상대습도를 설정하여 고추 건조를 시도한 연구도 있으나, 이 연구는 일정한 상대습도의 조건에서 고추를 건조한 것으로서, 건조시간에 따라서 건조기 챔버 내의 상대습도가 변하는 농가용 고추건조기에 적용하기 어려운 단점이 있다. 또한 열풍 건조시 배기되는 공기의 에너지 이용도를 높이기 위하여, 주

로 열교환장치를 이용하여 배기되는 열을 회수하는 방법이 시도되고 있으나 가격이나 장치가 커진다는 단점이 있다.

본 연구에서는 고추 건조시 배출되는 공기의 건조 잠재력을 최대한 이용하기 위하여, 배출되는 공기의 상대습도를 변화시켜 에너지의 이용도를 높일 수 있는 건조방식을 개발하는데 목적이 있다. 이를 위하여 열풍이 연속으로 배기되는 관행의 건조방식을 배기주기와 시간을 변화시키는 건조방식으로 적용한 후, 이 건조방식이 고추의 건조특성과 건조 에너지, 건조된 고추의 품질 등에 미치는 영향을 분석하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구에서는 고추 건조시 배출되는 공기의 건조 잠재력을 최대한 이용하기 위하여, 배출되는 공기의 상대습도를 변화시켜 에너지의 이용도를 높일 수 있는 건조방식을 개발하는데 목적이 있다. 이를 위하여 열풍이 연속으로 배기되는 관행의 건조방식을 배기주기와 시간을 변화시키는 건조방식으로 적용한 후, 이 건조방식이 고추의 건조특성과 건조 에너지, 건조된 고추의 품질 등에 미치는 영향을 분석하였다.

① 외부 공기의 흡입 및 내부 공기의 배출을 위한 개폐장치를 설치하고, 전기히터 및 송풍기의 용량과 크기를 결정하여, 실험용 건조기를 설계 및 제작하였고,

② 실험용 건조기의 건조 운전 조건을 무배기 건조시간과 배기 건조시간으로 다양하게 변화시킬 수 있는 건조 알고리즘과 제어부를 개발하였으며,

③ 연속배기 조건의 실험과 무배기 시간 및 배기 시간을 다양하게 변화시킨 온습도제어 조건을 설정한 홍고추의 건조실험을 하였으며,

④ 고추 건조에 적합한 건조모델을 Page 모델식으로 산출하여 건조식을 구하였고,

⑤ 건고추의 캡사이신, 색도 및 당도의 성분 측정을 실시하고,

⑥ 각각의 건조 방법별 건고추의 성분과의 유의성을 분석하였으며,

⑦ 이를 이용하여 농가용규모의 건조기를 개발하여 실험실용 건조기와 동일한 건조실험을 하였으며,

⑧ 또한, 온습도제어용 컨트롤러를 제작하여 시작기를 완성하였고,

⑨ 온습도제어용 농산물건조기를 이용한 경제성을 분석하였다.

Ⅳ. 연구개발결과

연구수행 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 기초 실험에서 연속배기방식의 건조는 80℃의 온도에서 무배기 건조 동작을 4시간 실시하고, 그 후의 단계에는 65℃의 일정한 온도로 연속적인 배기 중에 건조하였다. 온습도제어방식의 건조는 연속배기방식과 4시간의 무배기 건조 동작은 같지만 그 후의 단계에서 무배기와 배기를 반복하는 건조 방법으로 하였다. 연속배기방식과 온습도제어방식 모두 평균 함수율 14%까지 건조하였다.

2. 온습도제어방식의 건조 실험에서 1회당 배기 시간이 줄어들수록 비소요 에너지가 연속배기 조건 대비 18.39 MJ/kg에서 13.24 MJ/kg로 28% 감소하며 건조 소요 시간도 짧아지는 경향을 보였다. 배기 동작 전 무배기 건조시간이 길어질수록 비소요 에너지가 연속배기 조건 대비 12.87 MJ/kg로 30% 감소하며 건조 소요 시간도 짧아지는 경향을 보였다. 또한, 무배기 건조 시간이 전체 건조기간 중에 동일한 경우 보다는 2가지로 다르게 하여 건조하였을 경우에 비소요 에너지가 연속배기 조건 대비 12.69 MJ/kg로 31% 절감되고, 건조 시간도 짧아지는 경향을 보였다.

3. 고추 건조에 적합한 건조모델을 확인하기 위해 많이 이용되는 Newton 모델을 변형한 Page 모델을 선택하여 실험상수를 산출하였으며 기초 실험 및 응용실험에서 유의수준이 높게 나타나는 결과를 얻었다.

4. 건고추의 성분 분석은 HPLC 방법으로 캡사이신과 당도를 측정하였고 분광분석의 방법을 통하여 ASTA 값을 색도로 하였다. 연속배기 건조와 비교하여 온습도제어 건조에서의 캡사이신과 ASTA 값이 높게 측정되었으며, 당도값은 큰 차이가 없었다.

5. 건고추에서 측정된 캡사이신, 색도 및 당도값이 건조 방법에 따라 어떤 관계가 있는지 SPSS를 이용한 one way ANOVA 분석을 실시하였다. 각각의 실험에

서 건고추의 성분함량이 서로 관련성이 높은 것으로 조사되었으며 통계적 유의성을 보이고 있었다.

(1) 1회당 배기 시간을 1분, 2분, 20분으로 설정한 실험에서 배기 시간이 짧아질수록 캡사이신, 색도 및 당도가 높은 편을 나타냈다.

(2) 배기 시간을 20분으로 한 경우 무배기 시간을 40분과 70분으로 달리한 실험에서 무배기 시간을 길게 하는 편이 색도의 수치가 높게 나타났으며, 배기 시간을 2분으로 한 경우 무배기 시간을 22분과 30분으로 달리한 실험에서 무배기 시간을 길게 하는 편이 캡사이신과 색도의 수치가 높게 나타났다.

(3) 무배기 시간을 건조 후기로 갈수록 길게 설정한 실험에서 건조 후기로 진행하면서 무배기 시간을 여러 단계로 변화시킬수록 캡사이신은 감소하는 경향을 보였다.

6. 이에 판단해 보면 기초 실험결과 건조 기간 중 적절한 배기를 위하여 무배기 시간을 20~40분으로 설정하되, 건조 후기로 갈수록 1회당 무배기 시간을 길게 하고 배기 시간을 1회당 1분 내외로 하는 온습도제어 건조방법이 소요 에너지, 소요 시간 및 유효 성분 함량면에서 유리한 것으로 비교 분석되었다.

7. 건조 시 흡배기구를 모두 열고 건조하는 기존의 일반적 건조기와 히터에 전원이 공급될 때 흡배기구가 닫히고 히터가 전원이 차단될 때 흡배기구가 열리는 시스템을 적용한 건조기로 실험을 하였다. 건조기간동안 흡배기구는 321회 열림과 닫힘을 반복하였다. 실험 결과는 흡배기시스템을 적용하였을 경우, 관행건조대비 건조시간이 증가하여 건감율, 시간당 고추건조량은 줄어들었지만, 소비전력량, 소요에너지, 비소요동력 등이 감소하여 건조시간은 늘어났지만, 열효율면에서 유리한 건조 방법으로 나타났다.

8. 기존의 전기 건조기의 적정 건조 투입량을 구명하기 위하여, 투입량을 30 kg, 42.6 kg, 58.3 kg, 78.5 kg, 96.2 kg으로 하여 효율적 흡배기 시스템이 적용된 건조기에 5회 실험을 하였다. 고추의 투입량이 많을수록 에너지 효율이 높았으나, 동일 채반 내에 있는 고추의 함수율 편차가 높아졌다. 고추 투입량은 한 개의 채반에 60~65 kg로 했을 때 함수율이 6% 내외였다.

9. 효율적 흡배기시스템을 적용한 건조기를 사용하여, 건조구간 내 온도 변화를 부여하는 방법으로 건조 실험을 하였다. 건조기간동안에 항율건조기간 내 온도 변화를 주었는데, 임계함수율에 도달하기 전까지는 온도가 높을수록 에너지측면과 시간적 측면에서 유리하였으며, 관행 건조 대비 건조시간과 소비전력량 모두 감소하였고 고추 1 kg당 건조에 소요되는 에너지를 절약할 수 있으며, 시간당 건조량도 증가 시킬 수 있는 실험결과를 나타냈었다.

10. 건조시간, 건감율 및 시간당 고추건조량은 관행건조방법 대비 흡배기 시스템을 적용한 경우, 건조시간이 17.5% 길어지면서 건감율과 시간당 고추건조량은 각각 14.3%, 14.9% 줄어들었으며, 온도변화를 둔 방법에서는 관행 대비 건조시간이 36.8% 단축됨으로써, 건감율과 시간당 고추건조량이 각각 45.1%, 40% 증가하는 결과를 나타냈다.

11. 농가용 건조기에의 적용 실험에서 연속환기 조건의 실험과 비교하여 습도 변화 건조조건의 경우 건조시간이 길어지는 결과였지만 소요 에너지면에서는 7.54 MJ/kg에서 6.29 MJ/kg로 16.5% 절감되었다.

12. 농가용 건조기에의 적용 실험에서 습도와 온도 변화 건조조건의 경우에는 건조시간이 거의 동일하면서도 에너지 투입량이 7.54 MJ/kg에서 4.81 MJ/kg로 36.2% 절감되는 결과를 나타내었다.

13. 관행 대비 습도변화만 설정하였을 경우 캡사이신은 높은 편으로 나타났고, 온도 및 습도를 변화시켰을 경우 당도 값이 다소 낮게 측정되는 것으로 분석되었으며 모든 실험에서 색도는 그다지 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 습도 제어만을 했을 경우 품질적인 면에서는 조금 유리하였지만 소요에너지 절감 측면에서 온도와 습도를 제어하는 것이 유리한 것으로 나타났다.

14. 관행의 농가용 건조기의 광열동력비는 744원/kg으로 조사되었는데, 습도제어만 할 경우 광열동력비는 건조 고추 무게당 123 원/kg, 온습도제어일 경우 269 원/kg의 경영비의 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 기존 농가용 농산물 건조기에 기계적인 추가비용없이 경영비를 절감할 수 있어 경제성이 매우 높은 것으로 나타났다.

Ⅴ. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 연구개발 성과

가. 학술지 게재 : 1건

□ 발행기관 : 한국농업기계학회
□ 발행일시 : 2014. 6
□ 게재지명 : 바이오시스템공학 39(2):101-110
□ 발표제목 : Effects of Drying Methods Based on Exhaust Cycle and Time on the Quality and Drying of Red Peppers
□ 저　　자 : 남상헌, 하유신, 김태욱

나. 학술회의 : 4건

1) 2013년 국내학술대회 발표

□ 대 회 명 : 한국농업기계학회 2013 춘계학술대회
□ 일　　시 : 2013. 5. 3.
□ 장　　소 : 충남 예산군 리솜스파캐슬 테마동
□ 발표제목 : 주기적인 배기가 고추의 건조에 미치는 영향
□ 발 표 자 : 남상헌, 하유신, 김태욱

2) 2014년 국내학술대회 발표

□ 대 회 명 : 한국농업기계학회 2014 춘계학술대회
□ 일　　시 : 2014. 4. 30.
□ 장　　소 : 농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부
□ 발표제목 : 주기적인 배기가 건고추의 품질에 미치는 영향
□ 발 표 자 : 남상헌, 하유신, 김태욱

3) 2014년 국내학술대회 발표

□ 대 회 명 : 한국농업기계학회 2014 춘계학술대회
□ 일　　시 : 2014. 4. 30.

□ 장　　소 : 농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부
□ 발표제목 : 농가용 고추 건조기의 적정 작업 조건에 관한 연구
□ 발 표 자 : 하유신, 강민균, 남상헌, 김태욱

4) 2014년 국제학술대회 발표

□ 대 회 명 : 7th ISMAB (International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering)
□ 일　　시 : 2014. 5. 21.~5. 23
□ 장　　소 : 대만 국립일란대학(國立宣蘭大學), 일란시(宣蘭市)
□ 발표제목 : Development of Red Pepper Drying Technique for Energy Saving by the Alternate Ventilation
□ 발 표 자 : 하유신, 남상헌, 김태욱

다. 특허 출원 : 2건

1) 특허 출원

□ 출원일자 : 2013. 10. 04
□ 출원번호 : 10-2013-0118401
□ 출 원 인 : 경북대학교 산학협력단
□ 발 명 자 : 김태욱, 하유신
□ 발명명칭 : 에너지 절감형 고추 건조기

2) 특허 출원

□ 출원일자 : 2013. 12. 20
□ 출원번호 : 10-2013-0160164
□ 출 원 인 : 경북대학교 산학협력단
□ 발 명 자 : 김태욱, 하유신
□ 발명명칭 : 고추 건조 방법

라. 인력양성 : 2건

1) 박사 인력양성

□ 학 위 명 : 박사
□ 일　　시 : 2013. 2.
□ 학위제목 : 간헐환기방식의 에너지 절감용 고추 건조 기술 개발
□ 학 위 자 : 남상헌

2) 석사 인력양성

□ 학 위 명 : 석사
□ 일　　시 : 2013. 2.
□ 학위제목 : 고추 건조기의 적정 작업 조건에 관한 연구
□ 학 위 자 : 강민균

마. 제품화 : 1건

□ 제 품 명 : 온습도제어용 농산물건조기 컨트롤러
□ 주요개발내용 : 자동 공기흡입장치(댐퍼), 컨트롤러, 제어장치, 전기배선도, 온습도제어 프로그램, 사용설명서

2. 성과 활용계획

가. 기술이전

본 연구팀의 참여기업인 ㈜신농에서 사업화를 위해 모든 농산물 건조기에서도 컨트롤러만 바꾸면 범용으로 사용할 수 있도록 온습도제어장치를 상품화하고 이를 기술이전 할 예정임

나. 자체 사업화

본 연구팀의 참여기업인 ㈜신농에서 본격적으로 자체 사업화를 실시할 계획에 있다.

다. 관련 인증 획득

개발된 온습도제어용 건조기는 농업실용화재단의 농산물건조기의 성능검증과 “신기술”, “특허등록”, "NET" 마크를 획득하여 기술의 신뢰성을 높일 예정이며, 정부의

저리 융자 등 자금지원 대상품목 자격을 취득할 예정이다.

라. 논문 게제

온습도 제어방법을 적용한 고추 건조가 품질에 미치는 영향 등에 관한 논문을 한국농업기계학회 등에 2편 더 투고할 예정에 있다.

마. 연시회 개최 및 학술대회 발표

고추재배농가 및 관련단체 등에게 연시회를 개최하고 한국농업기계학회 등 연구회에 연구내용을 발표할 예정에 있다.

바. 영농활용

현재 영양고추시험장에서 품질분석을 통해 상호 협력관계를 유지하고 있으며, 실증시험을 통해 영양고추시험장에서도 영농활용 검토 예정이다. 또한, 고추의 품종에 따라 건조특성이 다르기 때문에 사업화를 위해서는 고추에 품종에 따른 DB구축 연구가 필요하여 지속적으로 이를 연구할 예정이다.

사. 기타

온습도 제어 알고리즘 및 이를 이용한 고추건조기는 세계최초이며, 이를 특허출원하여 기술 우위를 점하여 본 과제에서 나타난 결과를 바탕으로 국내 실정과 유사한 일본 등 세계시장에 개발 상품 수출에도 역점을 둘 예정이다.

SUMMARY

Ⅰ. Title

Development of farm size red pepper dryer by temperature and humidity control method in high efficiency and energy saving

Ⅱ. Objective and Necessity

Hot air drying, which transfers thermal energy to the material to be dried by contacting the hot air on the material, is popular for drying red peppers. The supplied hot air with low humidity induces water evaporation through thermal transfer by contacting on the red peppers which is low in temperature and high in moisture content. The supplied hot air increased humidity by the evaporated moisture from peppers, and the humid air is exhausted through the vent.

The red pepper has high moisture content, but the moisture evaporates fast at the initial stage of the hot air drying. Therefore, highly efficient energy utilization is possible because the heated air with high humidity is exhausted outside as much as drying potential energy. However, the moisture content of the red pepper is reduced at the late stage of drying process, and the moisture does not evaporate as much as the drying potential energy of the heated air. The energy is not used efficiently in that the heated air having the available energy for evaporating the moisture in red peppers is exhausted and wasted.

The humidity as well as temperature of drying air is important in terms of the utilization of energy. However, previous research on drying characteristics and quality of red peppers has focused on the drying temperature: a study with different drying temperature from 55° to 80° , studies with different drying methods such as hot air drying, far-infrared radiation assisted drying, and freeze drying, studies with cut or perforated red peppers and studies with different heat source such as electric heat and solar heat. tried drying red peppers by setting the temperature and relative humidity of the chamber. Their study was conducted with constant relative humidity, but the pepper dryer for farmers cannot maintain a constant humidity due to the changes of relative humidity

with drying time. In addition, a heat recovery system using a heat exchanger was designed to utilize the exhausted hot air, but the size and price of the device was not affordable.

The purpose of this study is to develop a system to optimize drying potential energy of the exhausted hot air by changing relative humidity of the air. For that purpose, the conventional drying method was modified into the system changing exhaust cycle and time. And then the influence of the drying methods on drying characteristics, drying energy, and quality of the dried peppers were analyzed.

Ⅲ. Methods of studies

It shows the structure of the electric dryer blowing hot air fabricated for this study, and a control algorithm was configured to control the drying time with continuous exhaust mode or periodic exhaust mode. Three modes of internal air flow were determined for the experiment: (a) internal circulation mode, (b) continuous exhaust mode, (c) periodic exhaust mode. Internal circulation mode circulated the hot dry air inside the dryer, and the exhaust mode emitted the hot humid air outside the dryer. An air vent was installed on the upper part of the dryer, and it was opened or closed by the mode of (b) and (c). Two valves (top and bottom) were installed to open and close the air flow between hot air supply chamber and drying chamber.

A control device was attached on top of the dryer to control the drying conditions. And the dryer was composed of a combustion chamber with a fan and heater and a drying chamber. The internal dimensions of the drying chamber were 505 mm* 645 mm* 940 mm. Combustion chamber located on the left of the drying chamber had a blowing fan and a 2 kW heater, and the drying chamber had two valves. Both combustion chamber and drying chamber had a valve (top) for air flow from inside to outside. Exhaust time was determined using the volume of the drying chamber and flow rate of exhausted air.

Drying time, temperature, and weight value for three different modes were

determined to control the drying conditions. After switching the heater on and off at the preset time, the exhaust time was set with opening the valve. Subsequently, the drying initiated with closing the valve for the determined temperature of the hot air and the time for internal circulation. The drying completed when reaching the preset weight value.

It shows the schematic diagram illustrating measurement and storage of the data. The inside temperature, relative humidity of the drying chamber, and changes of weight value of the red peppers were measured, and the data was stored.

Page model as in equation was used to examine drying model for red peppers. Constant values A and B were obtained through non-linear regression analysis, and the results were verified.

Continuous exhaust mode following heating and periodic exhaust mode following heating were applied. Periodic exhaust mode repeated heating and exhaust. Table 1 shows each mode applied in this study. Conventional drying method used continuous exhaust mode following heating, therefore, the red peppers were dried to 14 % of average moisture content with four hours heating and at 65°C of exhausting and drying. After four hours heating with 80°C, drying process continued with periodic exhaust mode of 65°C until reaching the target moisture content. Conditions of E-1, E-3, and E-6 were experimented with exhaust times of 20 minutes, two minutes, and one minute in order to examine the drying characteristics depending on exhaust time. In order to examine drying characteristics based on heating time, conditions of E-1 and E2 and E-6 and E-7 were experimented. 20 minutes of the exhaust time went with 40 minutes and 70 minutes of heating, and one minute of exhaust time went with 30 minutes and 22 minutes of heating. Conditions of E-3, E-4, E-5, and E-8 were experimented to examine drying characteristics depending on exhaust cycle. Each exhaust cycle was set at 40 minutes, 40 minutes→55minutes→70 minutes, 40 minutes→50 minutes→60 minutes→70 minutes, and 22minutes→42 minutes.

Specific energy consumption (SEC), water removal rate (WRR), ratio of dry (ROD), and drying capacity (DC) were used to evaluate the required energy

depending on drying methods. Following equations were used for the calculation.

Capsaicin, color, and sugar content were measured to evaluate the quality of dried red peppers based on drying methods. Capsaicin and sugar content were measured by HPLC, and the average of ASTA color value was obtained by spectroscopic analysis using three replications. One-way ANOVA was examined to find out the relationship between the capsaicin, sugar content, and color based on drying methods. If significant relationship was observed, Duncan's post-validation was performed.

IV. Results and conclusion of the research

The purpose of this study is to develop a system to optimize drying potential energy of the exhausted hot air by changing relative humidity of the air. This study modified the conventional drying method into a drying method changing exhaust cycle and time in order to control the relative humidity of the exhausted hot air during drying process. A valve on the vent was controlled according to a preset time to change the exhaust cycle and time. This study analyzed the influence of the two different types of drying method on the drying characteristics, required energy, and quality of the dried peppers: conventional drying method exhausting hot air continuously and new drying method controlling exhaust cycle and time. The results of the study are as follows:

(1) Drying characteristics based on exhaust time showed that drying time increased with exhaust time, and specific energy consumption was reduced by 28 % from 18.39 MJ/kg (conventional method) to 13.24 MJ/kg when exhaust time was set to one minute.

(2) Drying characteristics based on heating time showed that drying time increased with heating time and specific energy consumption was reduced by 30 % from 18.39 MJ/kg (conventional method) to 12.87 MJ/kg when exhaust time was set to 22 minutes.

(3) Drying characteristics based on exhaust cycle showed that drying time increased with exhaust cycle, and specific energy consumption was reduced by 31 % from 18.39 MJ/kg (conventional method) to 12.69 MJ/kg when exhaust

time was set to one minute and exhaust cycle was set to 22 minutes before drying and 40 minutes after drying.

(4) The quality of the dried red peppers showed that capsaicin, color, and sugar content were high as 34.87 mg/100g, 66.33, and 11.87%, respectively, when exhaust time was set to one minute and exhaust cycle was set to 22 minutes before drying and 40 minutes after drying.

(5) As a result, drying conditions with short exhaust time such as one minute and short exhaust cycle (not as long as 20 ~ 40 minutes) were efficient in terms of drying time, required energy and quality of the red peppers.

In order to utilize the drying potential energy of the exhausted air during drying process, the conventional drying method was modified into the drying method controlling exhaust cycle and time. The results showed that drying with exhaust cycle of one minute was more efficient in terms of drying time, required energy, and quality of the dried peppers than the one with exhaust cycle of 20 ~40 minutes.

CONTENTS

Chapter I. Introduction ····· 21
Section 1. Necessity and Objectives ····· 21
1. Necessity ····· 21
2. Objectives ····· 21
Section 2. Objectives and Contents ····· 21
1. Objectives ····· 21
2. Contents ····· 29

Chapter II. Present conditions and points ····· 32
Section 1. Technology level ····· 32
Section 2. Research level ····· 39

Chapter III. Results of the research ····· 42
Section 1. Development of small size dryer controlled by temperature and humidity ····· 42
1. Introduction ····· 42
2. Methods ····· 43
3. Result and Discussion ····· 68
4. Conclusion ····· 98
Section 2. Development of farm size red pepper dryer controlled by temperature and humidity ····· 101
1. Introduction ····· 101
2. Methods ····· 105
3. Result and Discussion ····· 132
4. Conclusion ····· 152
Section 3. Development of Controller by temperature and humidity and economic analysis ····· 154
1. Development of Controller ····· 154
2. Economic Analysis ····· 161

Section 4. Overall Conclusion ····· 163

Chapter IV. Achievement and Contribution ····· 167
Section 1. Achievement ····· 167
Section 2. Contribution ····· 168

Chapter V. Plan of application use ····· 172

Chapter VI. Foreign Information ····· 184

Chapter Ⅶ. References ····· 192

목 차

제 출 문 ····· 1
요 약 문 ····· 3
SUMMARY ····· 12
CONTENTS ····· 17
목 차 ····· 19

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· 21
제1절 연구개발 목적 및 필요성 ····· 21
1. 연구개발의 필요성 ····· 21
2. 연구개발의 목적 ····· 21
제2절 연구개발 목표 및 내용 ····· 21
1. 연구개발의 최종목표 및 주요내용 ····· 21
2. 과제별(세부) 연구개발의 목표 및 내용 ····· 29

제 2 장 국내외 기술개발 현황 ····· 32
제1절 국내·외 기술 현황 ····· 32
제2절 국내·외 특허, 논문, 제품 현황 ····· 39

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 42
제1절 실험실규모 온습도 제어용 고추 건조기 개발 ····· 42
1. 서론 ····· 42
2. 재료 및 방법 ····· 43
3. 결과 및 고찰 ····· 68
4. 요약 및 결론 ····· 98
제2절 농가용규모 온습도 제어용 고추 건조기 개발 ····· 101
1. 서론 ····· 101
2. 재료 및 방법 ····· 105
3. 결과 및 고찰 ····· 132
4. 요약 및 결론 ····· 152
제3절 온습도제어용 컨트롤러 완성 및 경제성 분석 ····· 154

1. 시작기 완성 ····· 154
2. 경제성 분석 ····· 161
제4절 종합 결론 ····· 163

제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도 ····· 167
제1절 목표 달성도 ····· 167
제2절 관련분야 기여도 ····· 168
1. 기술적 측면 ····· 168
2. 경제적·산업적 측면 ····· 169

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획 ····· 172

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 184

제 7 장 참고문헌 ····· 192

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발 목적 및 필요성

1. 연구개발의 배경 및 필요성

가. 고추의 생산 및 이용현황

고추(Capsicum annuum L.)의 원산지는 Brazil의 Amazon강 근처라고 알려져 있으며 가지과(Solanaceae)에 속하는 1년생 초본이다. 우리나라에는 약 400년 전에 도입된 이래 우리의 향신 조미료로서 빠질 수 없는 중요한 위치를 차지하고 있으며(박춘란, 1975, Kang, 1983), 전 세계적으로는 아시아, 아메리카, 아프리카, 유럽 순으로 많이 재배되고 있으며 생산량은 아시아 지역이 다른 지역보다 월등히 많다(FAO, 1998). 원산지인 중남미에서의 요리에는 물론 스페인, 이탈리아, 아프리카의 요리에까지 이용되고 있으며, 우리나라에서는 김치, 고추장, 떡볶이, 매운탕 등을 비롯한 각종 찌개류, 국류 등 대부분의 음식에 첨가되며 최근 매운 맛을 선호하는 젊은 소비자층이 증가하여(한종구, 2009) 국민 1인당 소비량은 연간 고춧가루 기준으로 2.5 kg, 건고추 기준으로는 3.5 kg에 달하고 있다(고학균 등, 1998). 이러한 고추는 세계적으로 27종이 알려져 있는데 그 중에서 C. annuum, C. chinense, C. baccatum, C. frutescens, C. pubesense의 5종이 주로 재배되고 있다(Dewitt & Bosland 1993.).

표 1 Area and production of red pepper in Korea and Province of Gyeongsangbuk-Do

Region	2009		2010		2011	
	Area (ha)	Yield (ton)	Area (ha)	Yield (ton)	Area (ha)	Yield (ton)
Whole nation	44,817	117,324	44,584	95,391	42,574	77,110
Daegu & Gyeongsang buk-Do	9,701	31,152	9,575	20,449	8,649	18,002

* Source : National Statistical Office (2011)

2011년 말 현재 우리나라의 연도별 고추 재배면적을 표 1에 나타내었다. 통계(사

회통계국 농어업통계과) 자료에 따르면 2009년 대비 2011년에는 2,243 ha 감소했으며, 대구·경북의 경우 9,701 ha에서 8,649 ha로 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 중국산 고추 수입량의 증가와 고추가격의 하락으로 노동력이 많이 투입되어야하는 작물이지만 농촌인구의 고령화와 노동력 부족으로 재배면적이 계속 감소하는 추세를 보이면서, 고추 대신 다른 작물을 재배하는 농가가 늘어났기 때문으로 분석되었다.

표 2의 농촌진흥청의 고추재배농가 소득관련 자료에 따르면 10 a를 기준으로 연 1기작을 행하는 농가의 경우, 5,160 kg의 고추를 생산하면 조수입이 1천8백만 원이고, 이 중 생산비가 9백만 원 이상을 차지한다. 9백만 원의 생산비 중 건조를 위한 광열동력비가 전체의 40.7%를 차지하는 것으로 나타났고, 기계건조 방법이 아닌 기계건조와 비닐하우스를 연계하는 건조방법을 사용하더라도 전체 생산비의 약 11%가 에너지 비용으로 소요된다는 조사가 있는 바(고학균 등, 1998), 광열동력비를 낮추는 것은 직접적인 농가의 소득으로 이어질 수 있다.

표 2 고추 재배 농가의 경영비 분석 (년 1기작/10a)

비목별		수량	금액(원)	비고
조수입	주부산물가액	5,160kg	18,030,068	상품화율 95.7%
경영비	광열동력비		3,836,554	경영비 중 40.7%
	그 외 중간재		4,541,100	
	임차료, 고용임금 외		1,044,652	
	계		9,422,306	

※ 고추재배농가 소득자료(농촌진흥청, 2008)

현재 국내에서는 수확 후 생고추를 원형 그대로 건조시킨 후 유통되고 소비되는 것이 일반적이며(고학균 등, 1998) 농가에 보급된 소형 배치식 화력 건조기에서 장시간 연속적으로 건조하는 방법과, 화력 건조기에서 1차로 고온 건조시킨 후 2차로 비닐하우스에서 4~5일간 태양열을 이용하여 건조하는 방법이 주로 이용되고 있다.

농산물 건조기의 생산량은 표 3에 나타내었으며 대부분 온도제어 방식의 전기식 건조기가 2004년도 이후 대량 보급되었고 생산량 추이는 통계청 자료에 의하면 2008년 9,444 대, 2009년 6,456 대, 2010년 5,930 대, 2011년 12,018 대로 2년 동안 감

소하였다가 2010년 대비 2011년도에 2배 이상 증가하였다. 이는 주기적인 교체시기의 도래에 의한 급증된 것으로 판단할 수 있으며 지난 4년간 매년 평균 8,500여 대의 신규 건조기가 생산되어 농가에 보급되고 있다고 할 수 있다.

농가용 고추건조기는 대부분 전기를 이용하여 건조하는데 전기식 고추건조기 시장규모는 한해 약 20만대(약 4천억원) 정도이며, 전국의 고추건조기를 제작하는 회사는 약 70개로서 그 중 대구·경북지역에 40%가 집중되어 있다(한국농기계공업협동조합, 2010).

표 3 건조기 연간 생산대수

연도	2008	2009	2010	2011
생산대수 (대/년)	9,444	6,456	5,930	12,018

* Source : National Statistical Office (2011)

나. 홍고추의 건조방식

건조라 함은 수분을 함유하고 있는 물질과 그 주위 환경 사이에서의 수분이동과 열전달이 일어나는 현상으로서 수분이동은 대류 및 확산에 의해 물질에서 외부로 수분이 이동하는 과정이고 열전달은 대류, 전도 및 복사에 의해 외부환경에서 물질로 열이 전달되는 과정이다(Bruin, Luyben, 1980).

어떤 물질의 건조 특성은 물질 내부에서의 수분 이동과 표면에서의 수분 이동에 영향을 받으며 물질 표면에서의 수분 이동이 자유수 상태가 되는 경우를 항율건조기간(constant rate drying period)이라 하고, 물질 내부에서의 수분 이동이 건조 특성을 지배할 경우를 감율건조기간(falling rate drying period)으로 구분하고 있다(Fortes, Okos, 1980).

고추의 건조는 태양에너지를 이용한 자연건조와 건조기를 이용한 기계식 건조로 크게 나눌 수 있으며, 기계식 건조에는 열원의 종류에 따라서 전기식과 유류식으로 분류될 수 있다. 전기에너지를 사용하는 건조기에서는 공기식 히터를 사용하고 송풍팬에 의해 고온 건조한 공기를 공급하는 열풍식과 원적외선 히터를 사용하여 건조열을 투입하는 원적외선식 건조기로 나눌 수 있다.

상용화 되어 있는 건조기로는 열풍과 건조물을 직접 접촉시켜 건조물 재료에 열에너지가 전달되는 방법인, 열풍식 건조기가 주종을 이루고 있다(문수범 등, 1999).

소형 식품용 건조기 및 농산물 건조기의 경우 대부분이 전기히터를 장착하여 사용하고 있으며, 아래 그림 1과 같이 전기히터에서 발생된 열을 송풍팬의 작동으로 공기유동을 발생시켜 건조기 내부에 열풍을 전달하여 건조시키는 방식이다.

그림 1 시판되는 농산물 건조기

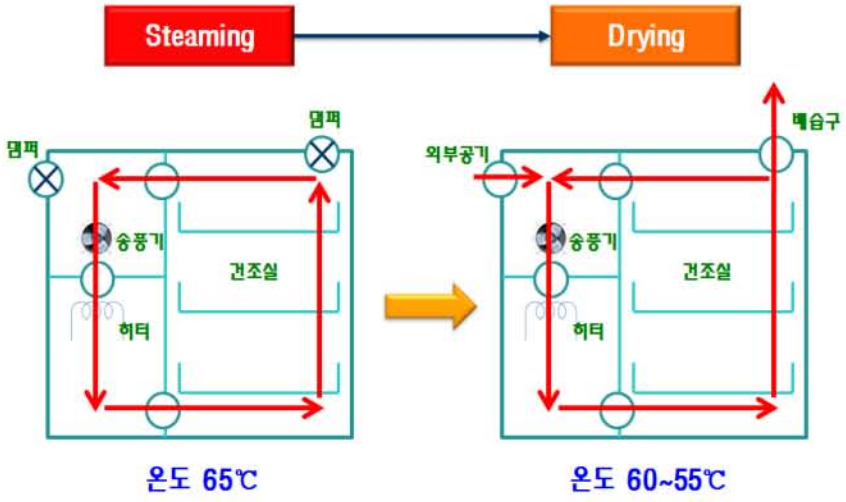


그림 2 관행 고추건조기의 건조방법

관행의 고추 건조는 그림 2와 같이 초기온도 65℃에서 5~6시간 건조시킨 후 60℃에서 7~8시간, 55℃에서 15~17시간동안 건조시키는 온도제어 방법만을 적용시키고 있다. 건조초기에는 고추의 함수율이 높아 고추로부터 수분의 증발속도가 빠르기 때문에 가열된 공기는 건조잠재력(drying potential energy)만큼 고추의 수분

을 증발시킬 수 있어 습도가 높은 공기가 배습구로 배출되며 에너지의 효율을 높일 수 있다. 그러나 고추의 건조가 진행됨에 따라 함수율은 낮아지고 건조속도도 떨어진다. 또한 가열된 공기는 건조잠재력만큼 고추의 수분을 증발시키지 못하고 낮은 습도의 상태로 배습구로 배출된다. 이는 배출되는 공기가 고추의 수분을 증발시킬 수 있는 유효에너지를 가지고 있음에도 불구하고 온도만을 제어함으로 건조효율 저하와 에너지 낭비를 초래하게 된다.

다. 연속배기 건조방식의 문제점

이러한 열풍형 건조장치의 경우, 공급되는 열풍에너지의 높은 온도와 낮은 습도를 피건조 대상물의 낮은 온도와 높은 습도에 접촉시키므로 열전달에 의한 수분증발을 유도하여 건조가 진행되는 것인데, 이러한 건조 형태는 열풍이 순환되면서 피건조물로부터 증발된 수분에 의해 습도가 높아진 열풍을 배기해야하므로 다량의 열에너지가 습도의 배출과 함께 밖으로 버려지게 되는 단점이 있다(문수범 등, 1999).

이렇듯 관행의 열풍 건조에서는 일정한 시간간격동안 일정한 온도로 건조된 공기를 공급하여 대상물을 건조시키고 피건조물 공간을 통과한 일부의 공기는 배기구를 통하여 외부로 보내며, 나머지 일부의 공기는 재가열을 통해서 설정된 일정한 온도의 건조공기가 되어 다시 피건조 대상물에 공급하는 방식을 반복적으로 함으로 건조가 이루어진다.

이 때 주로 열풍형 건조장치의 경우에는 가열된 고온의 건조공기가 건조초기에는 고추의 함수율이 높기 때문에 고추로부터 수분의 증발속도도 빨라서 건조공기의 건조 잠재력만큼 높은 습도값이 되어 외부로 배출되므로 에너지의 효율성을 높일 수 있다.

그러나 고추의 건조가 점점 더 진행됨에 따라 고추의 함수율도 낮아지며 건조속도도 떨어지게 된다. 또한, 가열되어 공급된 공기의 건조 잠재력만큼의 수분을 증발시키지 못한 상태가 되어버리며, 피건조물 내의 수분을 더 증발시킬 수 있는 유효한 에너지를 갖고 있음에도 불구하고 외부로 버려져야하는 상황이 되므로 건조효율의 저하와 에너지 낭비를 일으키게 된다.

또한, 고추를 건조하면 표면은 빨리 건조되고 중심부로 갈수록 건조속도가 느려져 내부에 수분구배가 발생하게 되며, 고추의 과피 하부(꼭지)와 과피 상부에도 수분구배가 발생한다. 이러한 수분구배로 인하여 고추 내부에 응력이 발생하여 건조시간의 증가와 품질이 저하되는 문제점도 발생한다.

라. 연구개발의 필요성

본 연구의 착안점은 그림 3과 같이 고추 건조 시에 Steaming 과정은 관행방법과 동일하지만, 건조과정은 가열된 공기가 가진 건조잠재력만큼 고추의 수분을 증발시킨 후 배출되도록 하는 것이다. 이를 제어하기 위해서는 배습구를 닫고 일정한 습도에 도달하였을 때 배습구를 열어 습도가 높은 공기를 배출시키고, 재차 배습구를 닫고 가열된 공기를 유입시켜 일정한 습도가 되면 배출하는 과정을 반복하는 것이다. 즉, 건조공기의 온도제어 뿐 아니라 습도제어도 동시에 실시하도록 하는 것이다.

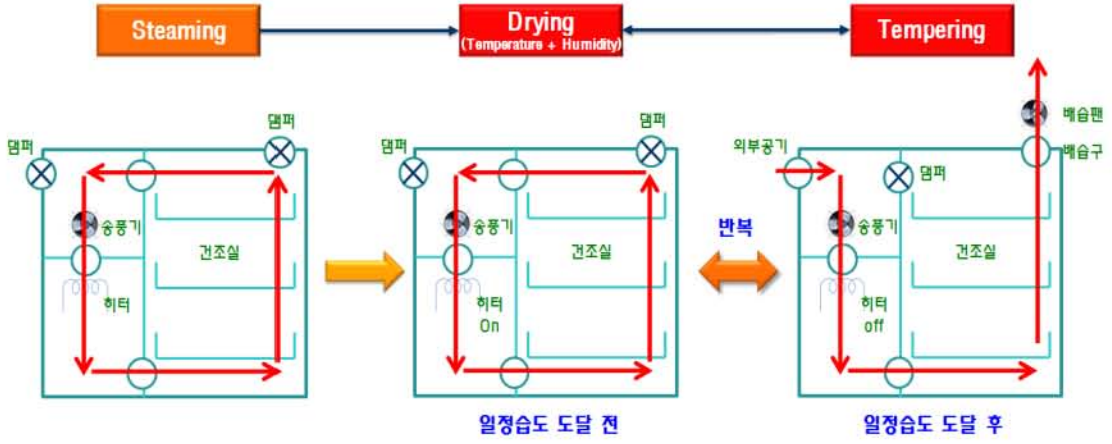


그림 3 개발될 고추건조기의 온습도제어방식의 건조방법

또한, 고추를 건조하면 표면은 빨리 건조되고 중심부로 갈수록 건조속도가 느려져 내부에 수분구배가 발생하게 되며, 고추의 과피 하부(꼭지)와 과피 상부에도 수분구배가 발생한다. 이러한 수분구배로 인하여 고추 내부에 응력이 발생하여 건조시간의 증가와 품질이 저하된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 건조 중에 템퍼링(tempering)이 되도록 일정시간 저온공기(대기)를 건조실내로 유입시키는 과정을 여러 번 거치도록 제어하는 것이다.

농산물 건조에서 Tempering이란 피 건조물에 가열 후에 일정 시간동안 냉각시켜 피 건조물 내부의 수분을 내부 증기압을 통하여 밖으로 스스로 밀려 나오게 하는 효과로 가열과 냉각을 반복적으로 수행함으로 건조효과 증진 및 에너지를 절감시킬 수 있는 방안이다. 벼와 같은 곡물에는 많이 적용되고 있지만 고추와 같은 농산물 건조에는 아직 적용되고 있지 않다.

따라서, 온도와 습도 제어방법을 동시에 적용하였을 경우에 고추의 건조속도와 품

질특성에 대한 분석이 반드시 필요하며, 이를 통해 얻어진 최적의 설계조건으로 에너지 소비를 최소화하고 우수한 품질을 얻을 수 있는 고효율 에너지절감형 고추건조기의 개발이 필요하다.

2. 연구개발의 목적

연속배기 건조방식인 관행의 온풍형 농산물 건조기에서의 건조효율 저하와 에너지 낭비의 문제점을 해결하고 건조 에너지 절감 기술 개발을 위하여 본 연구에서는 건조실 내의 상대습도와 무배기 시간을 기준으로 배기작동을 할 수 있도록 실험 장치를 구성하였다. 그리하여 건조 시 고온 건조공기의 건조 잠재력을 충분히 활용할 수 있도록 하였으며 고추 내부의 수분이 고추의 외피부로 원활히 이동할 수 있도록 템퍼링 효과를 부여하는 건조 방법을 적용하였다. 농산물 건조에서 템퍼링(tempering)이란 피 건조물에 가열 후에 일정 시간동안 냉각시켜 피 건조물 내부의 수분을 내부 증기압에 의하여 바깥으로 스스로 밀려 나오게 하는 효과로 가열과 냉각을 반복적으로 수행함으로써 건조효과의 증진 및 건조 소요 에너지를 절감시킬 수 있는 방안이다. 본 연구에서는 건조 중에 일정 시간동안 저온 공기를 건조실내로 유입 및 배출이 되는 과정을 여러 번 거치도록 하였으며 이러한 템퍼링은 벼와 같은 곡물에는 많이 적용되고 있지만 고추와 같은 농산물 건조에는 아직 적용되고 있지 않다.

그러므로 연구의 목적은 전열 온풍방식의 농산물 건조기에서 건조에 소요되는 에너지를 절감할 수 있는 온습도 제어방식의 건조 기술 개발을 위한 실험 자료를 얻는데 있으며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

(1) 홍고추의 건조에 적합한 건조방식을 선정하고, 다양한 온습도제어방식의 건조 실험을 위해 흡·배기구의 열기 및 닫기 동작이 원활한 개폐장치가 포함된 Layout의 설계, 소요기계의 용량과 크기를 결정하여 실험용 건조기를 설계 및 제작한다.

(2) 건조 실험조건에 의하여 건조기간 중 공급된 고온 건조 공기가 건조실과 기계실을 순환할 수 있도록 하는 내부순환모드, 외부공기를 유입하여 건조실 내를 통과시킨 후 바로 배출시킬 수 있는 배기모드로 전환할 수 있는 건조 알고리즘과 제어시스템을 개발한다.

(3) 온습도제어방식의 건조실험으로 건조 소요 시간, 건조 소요 에너지, 수분 제거율 및 건감율 등을 측정 및 산출하여 템퍼링 방식의 적용이 건조특성에 어떠한 영향이 있는지 연속배기방식의 건조와 비교·분석한다.

(4) 기초 실험 및 적용 실험에서 고추 건조에 적합한 건조모델을 확인하기 위해 Page 모델을 적용하여 실험상수를 산출하고 건조식을 구한다.

(5) 건고추의 캡사이신, 색도 및 당도 등의 성분 측정을 실시한 후 건조방식별 건고추의 유효 성분간 상관관계를 분석한다.

(6) 무배기 건조, 내부순환 건조 및 배기 건조의 시간을 설정하고 반복하는 온습도제어방식을 이용한 건조 기술을 농가용 고추 건조기의 개발에 적용할 수 있는 기초자료를 제시한다.

제2절 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발의 최종목표 및 주요내용

가. 연구개발의 최종 목표

본 연구의 목표는 고추건조기의 에너지 효율을 높이기 위하여, “온도”와 “습도”의 동시제어 방법을 적용하여, 고추 건조 중·후기에 배출되는 가열공기의 건조잠재력을 최대한 이용한 고효율 에너지절감형 농가용 고추건조기 개발

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 연구 내용으로 수행한다.

- 실험실규모 및 시작기 온·습도 제어용 고추 건조기의 설계 및 제작
- 온도 및 습도 제어방법에 따른 고추의 건조 요인시험
- 온도 및 습도 제어방법별 고추의 건조특성 및 품질 분석
- 최적 조건에 따른 건조 제어알고리즘 개발
- 시작기의 에너지수지 분석 및 성능시험
- 시작기의 수정 및 보완
- 관행 대비 경제성 분석

나. 주요 내용

○ 실험실규모 건조장치를 이용한 고추의 건조 및 품질 특성

- 실험실규모 온·습도 제어 건조장치의 설계 및 제작
- 온도 및 습도 제어방법에 따른 고추의 건조 요인시험
- 온도 및 습도 제어방법별 고추의 건조특성 및 품질(캡사이신, 색도, 당도 등) 분석
- 최적 조건에 따른 건조 제어알고리즘 개발

○ 고효율 에너지절감형 고추건조기의 시작기(농가용 전기식 농산물건조기) 개발

- 시작기 설계 및 제작
- 시작기를 이용한 고추의 건조특성 및 품질분석
- 시작기의 에너지수지 분석 및 성능시험

- 시작기의 수정 및 보완
- 관행 대비 경제성 분석

2. 연차별 연구개발의 목표 및 내용

본 연구에서 설정된 목표를 달성하기 위한 연구 내용은 실험실규모 및 시작기 온·습도 제어용 고추 건조기의 설계 및 제작, 온도 및 습도 제어방법에 따른 고추의 건조 요인시험, 온도 및 습도 제어방법별 고추의 건조특성 및 품질 분석, 최적 조건에 따른 건조 제어알고리즘 개발, 시작기의 에너지수지 분석 및 성능시험, 시작기의 수정 및 보완, 관행 대비 경제성 분석 등이다.

본 연구는 고추 건조 시에 온도와 습도 제어방법을 적용하였을 때 고추의 건조속도와 품질특성을 분석하고, 이를 활용하여 고효율 에너지절감형 농가용 고추건조기를 개발하였으, 총 2년 동안 연구가 이루어졌다. 1차년도에는 실험실규모 건조장치를 이용한 고추의 건조 및 품질 특성을 연구하였고, 2차년도에는 고효율 에너지절감형 고추건조기의 시작기(농가용 전기식 농산물건조기 형태)를 개발하였다.

경북대학교에서는 온습도 제어방법에 따른 고추 건조장치, 제어장치 등을 설계하고, 온습도 제어방법별로 고추를 건조하여 고추의 건조특성과 건조모델을 개발하고, 온습도 제어에 따른 건조 에너지수지 분석을 하고, 온습도 제어방식과 관행의 농산물 건조방식에 따른 고추의 품질분석(캡사이신, 색도, 당도 등)을 분석하고, 이에 따른 온습도 제어방식의 최적 알고리즘을 개발하였다. 또한 이를 건조기에 적용하여 온도, 습도센서, 댐퍼 등을 설치하여 성능시험을 실시하고 고효율 에너지 절감형 건조기를 개발하였다.

관행의 고추 건조는 초기온도 65℃에서 5~6시간 건조시킨 후 60℃에서 7~8시간, 55℃에서 15~17시간동안 건조시키는 온도제어 방법만을 적용시키고 있다. 건조초기에는 고추의 함수율이 높아 고추로부터 수분의 증발속도가 빠르기 때문에 가열된 공기는 건조잠재력만큼 고추의 수분을 증발시킬 수 있어 습도가 높은 공기가 배습구로 배출되며 에너지의 효율을 높일 수 있다. 그러나 고추의 건조가 진행됨에 따라 함수율은 낮아지고 건조속도도 떨어진다. 또한 가열된 공기는 건조잠재력만큼 고추의 수분을 증발시키지 못하고 낮은 습도의 상태로 배습구로 배출된다. 이는 배출되는 공기가 고추의 수분을 증발시킬 수 있는 유효에너지를 가지고 있음에도 불구하고 온도만을 제어함으로 건조효율 저하와 에너지 낭비를 초래하게 되므로, 본 연구의 건조방법 알고리즘은 고추 건조 시에 가열된 공기가 가진 건조잠재력만큼 고추의 수분을 증발시킨 후 배출되도록 하는 건조기를 개발하였다.

이를 제어하기 위해서는 배습구를 닫고 일정한 습도에 도달하였을 때 배습구를 열어 습도가 높은 공기를 배출시키고, 재차 배습구를 닫고 가열된 공기를 유입시켜 일정한 습도가 되면 배출하는 과정을 반복하는 것이다. 즉, 건조공기의 온도제어 뿐 아니라 습도제어도 동시에 이루어지도록 컨트롤러를 제작하였다. 또한, 습도제어방식에서 일정 상대습도 도달시 배습하는 것은 건조시간이 증가하면 고추의 함수율이 감소하기 때문에 건조실 내부의 상대습도도 낮아진다. 그렇기 때문에 고추의 건조 구간별로 상대습도를 변화시켜 제어해야 하는데, 이 부분에 대한 습도제어방법을 패턴제어(시간과 구간제어)로 적용하여 컨트롤러를 제작하였다.

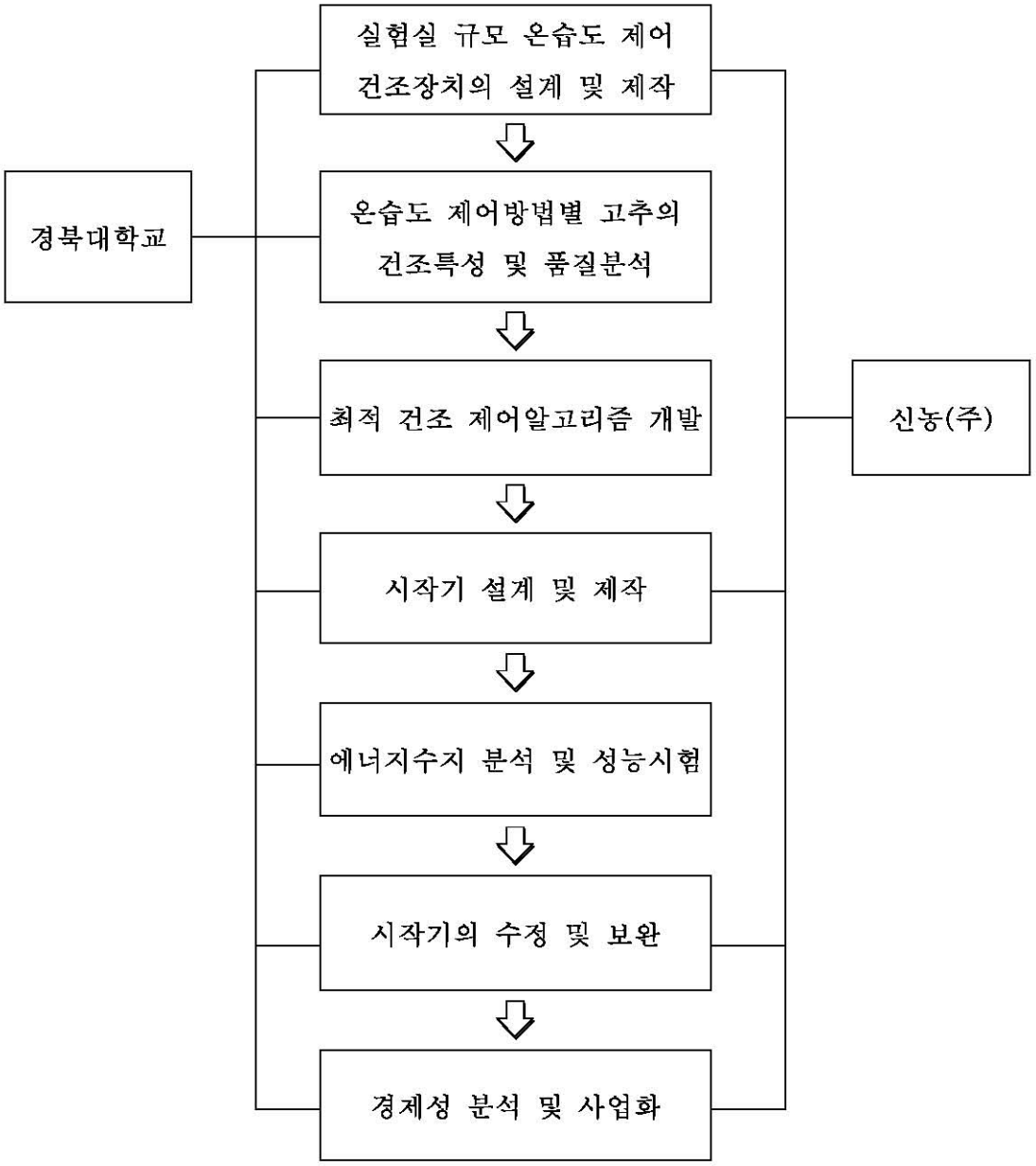
세부과제에 따른 연구개발의 목표와 내용을 다음 표 3에 정리하였다.

표 3 연구개발 목표에 따른 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2012	○ 실험실규모 건조장치를 이용한 고추의 건조 및 품질 특성	- 실험실규모 온·습도 제어 건조장치의 설계 및 제작 - 온도 및 습도 제어방법에 따른 고추의 건조 요인시험 - 온도 및 습도 제어방법별 고추의 건조특성 및 품질분석 - 최적 조건에 따른 건조 제어알고리즘 개발
2차년도	2013	○ 고효율 에너지절감형 고추건조기의 시작기 개발	- 시작기 설계 및 제작 - 시작기를 이용한 고추의 건조특성 및 품질분석 - 시작기의 에너지수지 분석 및 성능시험 - 시작기의 수정 및 보완 - 관행 대비 경제성 분석

표 4에는 연구개발의 업무 분담 및 진행 순서를 차례로 나타내었는데 주관업체인 경북대학교와 참여업체인 신농이 상호 협력하여 수행하는 체계를 그림으로 나타낸 것이다.

표 4 연구 분담 및 진행 체계도



제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내·외 기술개발 현황

고추의 건조 및 건고추의 품질에 관한 연구는 오래 전부터 행해져 오고 있으며 건조의 특성을 연구하기 위하여 여러 가지 경우의 온도 및 습도 조건을 부여하여 건조하여 건조곡선을 얻고 그에 따른 건조모델을 제시하여 최적의 건조조건을 찾는데 노력을 해 오고 있다. 또한, 건고추의 유효성분 함량을 캡사이신, 색도, 당도 및 비타민 등으로 분석하여 어떤 조건에서 건조한 건고추에서 이러한 유효성분들이 높게 나타나는지에 대한 연구도 진행되어 오고 있다.

고추 건조방법을 개선하고 건조특성을 알기 위하여 원형 및 절단고추에 대하여 온도 및 풍속의 영향을 조사하고 고추 건조기작을 고찰하기 위한 연구를 하였으며(전재근 등, 1974), 연구를 통하여 원형고추 건조곡선의 특성은 건조초기에는 어느 정도의 settling down 구간을 가졌고 그 이후 제 1, 2기 감율건조기를 보였으나 저온건조일수록 항속건조양상을 띠어 임계수분함량에 이르는 시간이 최저온도인 55℃에서 15시간이나 되었다고 하였다. 절단고추의 건조곡선에서는 건조속도의 변화가 급감한다고 하였으며, 절단고추의 건조방법은 원형건조에 비해 보다 효과적이어서 각 건조온도에서 모두 약 2배 이상의 건조시간을 단축할 수 있었다고 하였다.

건조시간을 단축하고 우수한 품질의 건조고추를 얻을 수 있는 건조조건을 찾기 위한 연구를 수행(고학균 등, 1987)하였으며, 건조 중 건조조건의 변화가 고추의 건조시간 및 품질에 미치는 영향을 구명하려 하였다. 동일한 건구온도에서는 전처리의 상대습도가 20%, 100%, 70%의 순으로, 건조 속도가 빨랐으며, 동일한 상대습도에서는 건구온도가 높을수록 건조가 빨리 진행되었다고 하였다. Steaming 시간을 오래(3시간 이상) 지속하지 않는 것이 효과적인 것으로 분석되었으며, Steaming 처리를 한 건조조건이 일정시간이 지나면 초기상대습도 70%의 조건보다 더 빨리 건조되며 Steaming 처리보다는 상대습도 20%의 건조조건에서 건조가 더 빨리 진행된다고 하였다. 초기 상대습도 20%로 동일, 서로 다른 초기 건구온도 조건일 때, 온도가 증가함에 따라 건조가 빨리 진행되고 초기에 65℃로 Steaming을 3시간 유지, 55℃, 20% RH로 3시간 건조 후, 건조를 완료하는 고추의 품질이 가장 좋았다고 하였다. 초기에 75℃로 Steaming을 3시간 유지, 55℃, 20% RH로 3시간 건조 후, 건조를 완료하는 조건도 시간 단축, 양질의 고추를 얻을 수 있는 조건으로 분석되었으

며 75℃ 이상의 고온에서 장기간 건조할 경우는 품질 저하의 우려가 있다고 하였다. 건조초기에 65~75℃의 높은 온도에서 적당한 시간동안 배습을 막고 가열하여 건조구동력을 향상시킨 후 공기를 55℃로 가열하여 본 건조를 행하는 건조방법을 제시하였다.

이원석 등(1988)은 고추는 과피의 두께에 따라 건조시간에 큰 차이가 발생하는데 즉, 과피의 두께가 얇을수록 건조는 빨리 진행된다는 것이며, 동일한 건조조건하에서 과피두께가 다른 두 품종간의 건조소요 시간의 차는 건조온도가 낮을수록, 상대습도가 높을수록 크게 나타났다고 하였다. 이 경우 고추의 건조시간을 효율적으로 예측할 수 있는 건조모델은 Page eq.과 Two-term exponential eq. 으로 나타났다고 보고하였다.

고학균 등(1989)은 열풍대류 및 적외선 복사에 의한 건조를 각각 실험한 결과 열원의 종류에 관계없이 고추의 온도가 높을수록 건조소요 시간이 단축된다하였고, 적외선 복사 건조에 의한 고추의 건조특성을 조사한 결과 열풍대류 건조의 경우와 유의하게 나타났고 고추의 건조 소요 시간은 고추의 온도에 영향을 받는다고 보고하였다.

Lee 등(1989)은 농가에서 사용되는 고추건조기의 운전조건을 고추의 건조모델과 품질변화모델을 수치해석적으로 최적화하였으며, 현재 사용되는 풍량은 최적 운전을 위해서는 증가되어야 하고 열풍의 온도와 배기공기의 재순환율을 2단계로 변화시키는 건조방식이 에너지소비를 감소시킬 수 있었다고 하였다.

고학균 등(1990)은 고추 건조가 농가단위에서 행해지는 관계로 별다른 가공없이 유통됨에 따라 여러 가지 문제점이 제기되어 건고추 및 분말고추생산에 관련한 문제점을 해소하고자 하나의 공장단위에서 고추를 가공하려는 변화가 있으며, 연구팀에서는 적외선에 의한 복사건조법을 활용할 가능성을 검토하였다. 복사 거리에 따른 고추의 가열성능이 크게 영향을 받았으며 건조소요 시간은 열풍 대류 건조와 마찬가지로 고추의 온도에 의해 영향을 받았다고 하였다. 단열이 잘 된 건조실에서 적외선 전열기의 전기용량과 복사 거리를 적절히 선택한다면 적외선 건조방법이 적합하다고 보고하였다.

조용진(1993)은 대규모 고춧가루 제조공장용 원료로 적합한 상태의 건고추를 생산하는 방법을 위해 고추과피의 천공율이 고추의 건조속도 및 품질에 미치는 영향을 분석하였는데, 고추 과피의 천공률은 구멍의 크기 및 개수, 고추의 건물중량에 의해 산출될 수 있으며, 고추의 크기에 따라 천공시 구멍의 크기 및 개수가 고려되어야 하며, 천공율이 증가할수록 고추의 건조속도는 매우 크게 증가하고 건조시간

단축으로 인하여 건조에 의한 신미 성분과 색도에 관한 품질 저하가 억제된다는 결과를 보고하였다.

윤용철 등(1999)은 파이프 온실에서 온실용 히트펌프를 이용하여 냉방 시에 발생하는 폐열과 태양에너지를 이용하는 고추 건조방법을 검토하였으며, 실험구는 건조소요 기간이 13일 정도였으며, 대조구는 21일 정도로 나타났다고 보고하였다.

김명호 등(1999)은 인삼의 열풍건조시, 건조과정 중의 수분이동을 확산현상으로 해석한 건조 model에 대해 수치해석을 수행, 함수율 예측치를 구하고 이를 실측치와 비교함으로써 model의 유용성을 검토하였는데 분산형 건조 model은 유사확산형 건조방정식과 거의 동등한 수준의 함수율 예측도를 보였지만, 인삼의 유효수분확산계수 D_(eff)의 정밀한 측정, 그리고 D_(eff)값과 온도, 함수율 간의 상관관계에 대한 추가연구가 필요하다고 하였다. 또한, 연속 건조와 간헐 건조에서의 총 건조 소요 시간은 템퍼링이 전체 건조과정에서 차지하는 비율에 따라 증가하였으나, 템퍼링 구간과 열풍건조 구간 간의 시간비에 정확히 비례하지는 않았다고 하였다. 반면, 건조 소요에너지는 템퍼링 구간과 열풍건조 구간 간의 시간비가 커짐에 따라 감소함이 예측된다고 하였다. 템퍼링에 의해 피건조물 내부의 함수율 구배는 평탄화되어 후속 공정에서의 건조속도 증가를 가져온다는 정설과는 달리 각 건조방법에서의 건조속도들은 서로 차이점을 보이지 않아, 템퍼링 과정의 유무 및 템퍼링 기간의 장단은 건조속도와는 무관함이 예측되었는데 이는 본 연구에서 채택한 템퍼링 과정의 정의에서 비롯된 것으로 추정된다고 보고하였다.

남승호 등(2000)은 고추종합처리시설에서 대용량의 고추 건조시설을 설치하고 최적조건에서 대량 건조 시 건조 비용을 절감하며 품질을 향상시킬 수 있다고 하면서, 건조 장치로는 열효율이 높고 대형화, 자동화가 용이한 터널 건조기를 사용하는 것이 유리하다고 하였다. 터널 건조기를 사용할 시 절단고추를 경제적이고 효율적으로 건조하기 위한 건조공기의 유입구와 배출구에 위치한 피건조물의 함수율 편차를 줄일 수 있는 건조 조건을 구명하기 위해 터널 건조기에서의 절단고추의 건조특성을 구명하였다.

또한, 고추의 건조 후 품질평가 및 비교분석에 관한 연구도 적지 않았는데, 김공환 등(1975)은 55℃의 비교적 저온에서 건조한 고춧가루의 외관 적색도가 일광건조와 비교하여 도리어 높았다고 하였으며, 60℃에서 절단건조하면 일광건조보다 오히려 더 높은 캡산신 함량이 나타나며, 70℃ 이상의 고온에서만 적색도 및 캡산신 함량의 등급이 낮았다고 하였다. 건조온도를 55, 60, 65, 70, 75, 80℃로 구분하여 건조하였을 경우 온도상승에 따라서 캡산신의 함량은 감소하는 경향을 보였다고 하였으

며, 절단 건조의 경우에는 원형 건조에 비하여 캡산신의 함량은 높았으나, 캡사이신의 함량은 55, 60, 65℃에서 20~30% 낮게 나타났다고 보고하였다.

박춘란(1975)은 일광 건조로 25~28℃에서 15일 동안, 오븐 건조로 60℃에서 49시간, 90℃에서 8시간씩 건조하여, 각각의 경우에 과피를 분말로 하여 carotenoid 색소와 capsaicin, vitamin C와 free amino acid 및 free sugar의 성분 변화를 측정하였다. carotenoid 색소는 일광 건조에서 신선 고추와 비교하여 약 4% 증가하였으며, 60℃ 및 90℃로 건조한 것은 약 30%의 감소를 보였다고 하였다. capsaicin의 경우, 일광 건조의 것이 신선 고추보다 약 2배로 증가하였으며 60℃ 및 90℃로 건조한 것도 증가하는 경향이 있다고 하였다. vitamin C는 세 가지 경우 모두 감소하였으며 특히 일광 건조의 것에서 89%로 감소율이 높았다고 보고하였다. 또한, total amino acid의 함량은 일광 건조와 신선 고추와의 차이가 거의 없었으나, 60℃와 90℃로 건조한 경우 각각 24.9%, 67.4%의 감소를 보였으며, total free sugar는 각 처리구에서 모두 감소한 결과를 나타냈으며 특히 glucose의 경우 90℃ 건조구에서 65.9%로 급격히 감소했다고 보고하였다.

최동진 등(1997)은 품종이 '금탑'과 '수비초'인 홍고추를 사용하여 수확 초기(8월 중순), 중기(9월 상순, 하순), 후기(10월 상순)등으로 나누고, 건조방법을 태양열을 이용한 하우스 건조, 열풍기에서 60℃의 온도로 건조, 열풍기에서 5시간 건조 후 하우스에 완전 건조하는 등의 3가지 방법으로 구분하여 건고추의 중량비와 외관색을 조사하였다. 실험에서 외피 색도는 열풍건조보다 하우스 건조가 a(redness), b(yellowness) 값이 높았으며 다소 밝은 붉은색을 나타내는 경향이 있었으며, total carotenoid 함량이 수확시기별로는 중기에 해당하는 9월 하순 수확과에 가장 높았고, 건조방법별로는 열풍건조에 비해서 열풍+하우스건조 및 하우스건조 방법에서 약간 높은 경향을 보였다고 한다. 또한, 총 당 함량은 수확시기나 건조 방법간에 큰 차이가 없다고 보고하였다.

김명호(1997)는 건조 중의 외관 색도의 변화를 관찰하기 위해 홍고추를 원형상태로 몸통상부 세 군데의 표면을 표면색도계로 측정하여 L^*, a^*, b^* 값으로 나타내고, 측정한 L^*, a^*, b^* 값은 인간의 색지각 3속성인 명도, 색상, 채도와 각각 밀접하게 상관되는 L^* (lightness), h_{ab} (hue-angle, $h_{ab}=\arctan(b^*/a^*)$) C^*_{ab} (chroma, $C^*_{ab}=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$)값으로 환산하여 비교하였다. 그 결과 h_{ab}, C^*_{ab} 값의 급격한 감소가 발생하는 건조구간은 큰 폭의 수분함량 변화가 생기는 건조구간과 거의 일치하여 이로부터 건조 중 고추의 표면색 변화는 수분함량의 변화와 밀접한 관련이 있을 것으로 판단된다고 하였다. 또한 열풍건조보다 천일건조시에 명도, 색상, 채도의 저하가 적음을

보였으며 Δh_{ab}가 3.2, ΔC^*_{ab}가 13.6이라는 사실로부터 화건에 의한 고추 외관색도의 저하는 색상의 변화보다는 채도의 감소가 주원인이라고 보고하였다.

정구민 등(2003)은 '마니따'와 일시 수확용 품종인 '원시육성종(HL)'을 이용하여 냉동건조, 태양건조, 실내건조, 열풍건조하여 건조방법별 고추의 품질차이를 구명하였는데 매운 맛 성분인 capsaicinoids 함량은 두 품종 모두 건조방법에 따른 일정한 경향이 없었으며 마니따의 경우 태양건조한 것이 114.6 mg%로 제일 많았고, 냉동건조한 것과 과잉으로 열풍건조한 것이 각각 88.5와 82.2 mg%로 제일 적었다고 한다. HL 품종은 냉동건조한 것이 22.1 mg%로 가장 많았고 열풍건조한 것이 14.1 mg%로 가장 적었다고 한다. 또한, 당 함량은 마니따의 경우 냉동건조한 것이 24.2~25.0% 인데 비해 햇볕, 실내, 열풍, 과잉열풍의 경우에는 16.7~19.0%이었다. HL 품종에 있어서도 냉동건조의 경우 총 당 함량이 가장 많았고 다른 경우의 건조에서는 이것보다 적었다고 보고하였다.

정진웅 등(2007)은 열풍건조기를 이용하여 반건조 고추를 제조하였는데 65℃에서 연속 건조를 하여 표면색도, ASTA값, 비타민, capsanthin, capsaicinoids 및 유리당 함량을 조사하였다. 표면색도와 ASTA값은 건조시간이 증가할수록 ASTA값이 낮아지는 경향이었으며 표면색도 중 L(lightness)값은 높아지고 a(redness) 및 b(yellowness)값은 낮아지는 경향을 나타내었다고 한다. 그리고 비타민 C, capsanthin, capsaicinoids 및 유리당 함량에 있어 모두 반건조고추가 건조고추에 비해 약 8% 높다하였고, 특히 비타민 C에 있어서 2단 및 4단 세절 반건조 고추가 건조고추에 비해 약 40~76% 높게 유지되는 것으로 보고하였다.

이렇듯 여러 가지 열원을 이용한 건조방법이나 다양한 건조조건의 변화를 통하여 고추의 건조 실험을 하였으며 건조방법에 따른 건고추의 품질변화를 측정하여 비교분석하는 연구들이 활발했으나, 습도값을 기준으로 건조조건을 변경하거나 곡물 건조에서 적용하는 템퍼링 효과를 배기조건의 변화 방식으로서 홍고추의 건조에 이용하는 연구는 아직까지 찾아볼 수 없었다.

제2절 국내·외 특허, 논문, 제품 현황

1. 특허

국내 및 국외(미국, 일본, 유럽)을 대상국가로 하여, 최근 20년간의 관련 기술을 특허정보원 자료 검색을 통해 분석하였으며, 그 관련성을 다음 표 5에 나타내었다.

기존 특허는 고추 건조는 건조온도(55~80℃)와 건조방법(천일/열풍/원적외선 건조, 원형/절단/천공고추)에 따른 품질특성에 대한 특허가 대부분이며, 건조시 온도와 습도를 동시에 제어하였을 때 고추품질과 건조기의 성능을 연구한 자료는 없으며, 이러한 제어방법을 적용한 건조 시스템도 개발되어 있지 않으므로 이에 대한 특허 등을 국내에 출원하였다.

표 5 특허 분석에 따른 본 연구 과제와의 관련성

개발기술명		고추 건조기
Keyword		고추 and 건조기 and 건조방법
검색건수		436
유효특허건수		32
핵심특허 및 관련성	특허명	고추 건조방법
	보유국	대한민국
	등록년도	2007(출원)
	관련성(%)	60
	유사점	건조실 내부의 가열과 냉각을 반복하여 건조
	차이점	히터펌프 시스템이 구성되어 가열과 냉각을 반복하여 건조하나, 본 연구개발에서는 온습도 제어와 템퍼링이 가능하도록 하는 시스템과는 차이점이 있음
핵심특허 및 관련성	특허명	하이브리드 건조시스템 및 하이브리드 건조시스템의 제어방법
	보유국	대한민국
	등록년도	2009
	관련성(%)	60
	유사점	건조실 내부의 가열과 냉각을 반복하여 건조
	차이점	냉풍건조기와 데시칸트 건조기의 하이브리드화한 시스템으로 구성되어 가열과 냉각을 반복하여 건조하나, 본 연구개발에서는 온습도 제어와 템퍼링이 가능하도록 하는

		시스템과는 차이점이 있음
핵심특허 및 관련성	특허명	고추건조장치 및 그 건조방법
	보유국	대한민국
	등록년도	2004(출원)
	관련성(%)	60
	유사점	건조실 내부의 가열과 냉각을 반복하여 건조
	차이점	건조와 진공흡입 시스템으로 구성되어 가열과 냉각을 반복하여 건조하나, 본 연구개발에서는 온습도 제어와 템퍼링이 가능하도록 하는 시스템과는 차이점이 있음

2. 논문

한국, 미국, 일본, 유럽 국가를 대상으로 한국학술정보 및 미국농공학회 Database에 대해서 최근 20년간 자료를 검색하여 표 6에 그 관련성을 나타내었다.

기존 논문도 고추의 건조는 건조온도(55~80℃)와 건조방법(천일/열풍/원적외선 건조, 원형/절단/천공고추)에 따른 품질특성에 대한 특허가 대부분이며, 건조시 온도와 습도를 동시에 제어하였을 때 고추품질과 건조기의 성능을 연구한 자료는 없으며, 이러한 제어방법을 적용한 건조 시스템도 개발되어 있지 않으므로 이에 대한 논문 등을 바이오시스템공학지 등에 투고하였다.

표 6 논문 분석에 따른 본 연구 과제와의 관련성

개발기술명		고추 건조기
Keyword		고추 and 건조
검색건수		53
유효논문건수		12
핵심논문 및 관련성	논문명	건조방법에 따른 건고추의 품질평가
	학술지명	한국식품저장유통학회지
	저 자	김재열, 금동혁, 박준희, 강우원, 한충수, 이양근
	게재년도	1996
	관련성(%)	60
	유사점	고추의 건조방법(자연건조, 열풍건조, 원적외선 건조)

	차이점	본 연구개발에서는 온습도 제어와 템퍼링이 가능하도록 하는 시스템과는 차이점이 있음
핵심논문 및 관련성	논문명	건조방법이 고추의 품질에 미치는 영향
	학술지명	자연과학논문집
	저 자	윤화모, 이정엽
	게재년도	2004
	관련성(%)	60
	유사점	고추의 건조방법(원형, 절단, 천공)
	차이점	본 연구개발에서는 온습도 제어와 템퍼링이 가능하도록 하는 시스템과는 차이점이 있음
핵심논문 및 관련성	논문명	고추의 건조과정 최적화에 관한 연구
	학술지명	바이오시스템공학
	저 자	조용진, 고학균, 박재복
	게재년도	2004
	관련성(%)	60
	유사점	고추의 건조방법(열풍온도, 열풍 속도, 건조시간)
	차이점	본 연구개발에서는 온습도 제어와 템퍼링이 가능하도록 하는 시스템과는 차이점이 있음

3. 제품

가. 국내 제품생산 및 시장 현황

○ 국내 농산물 건조기 현황 : 한국농기계공업협동조합(2012. 1월 기준)

- 관련 업체 : 경농산업, 경농테크텍스, (주)경동나비엔, 경안농기계, 귀농, (주)그랜드코리아, 금산공업, 금성실업, (주)대덕따슴이, 대영이앤비(주), 대우정공, 대한산업, 동구정밀공업사, 동국기계, 동양기계, 동양엔지니어링, (주)동일디엠시, 동호기전(주), 두성농기(주), (주)미래인도, 삼성블루칩, 삼성산업, 삼양히트보일러, 새한일사, (주)세종테크, (주)시스윅스, 신농(주), (주)신영에너지, (주)신일종합건조기, 신일테크(주), (합명)신흥기업사, (주)아스텍, 영동농기구제작소, 우성전자테크(주), 우성전자CO, 우진공업, (주)유니크대성, (유)유일, 이천산업, 이화산업사, 중앙정밀(주), (주)지티, 태운기계산업, (주)티원테크,

한국건조기술, 한국정밀(주), 한국종합농기계, 한반도산업, 한성, 한성공업(주), 한양전기기계, 한일정공, 한일지엔코(주), (주)해주이엔지, (주)현대에너텍 등

○ 국외 제품생산 및 시장 현황

- 농산물 건조기 : 일본 (Satake, Iseki, Ibaraki, Taiki, Cooldry, Kawasaki 등)

○ 국내 및 국외시장 분석결과 농산물 건조기 생산업체는 약 70여개가 있으며 주로 전기 건조기 형태의 제품 생산 및 판매가 이루어지고 있으며, 본 연구과제에서는 온습도 제어방식을 전기 건조기 제품 등으로 생산하여 국내 및 국외에 판매할 계획이다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 실험실규모 온습도 제어용 고추 건조기 개발

1. 서론

고추의 건조는 열풍을 건조물에 직접 접촉시켜 피건조 재료에 열에너지가 전달되는 방법인 열풍식 건조기가 주종을 이루고 있다. 이러한 열풍식 건조장치의 경우, 공급되는 열풍은 높은 온도와 낮은 습도를 가지며, 고추의 낮은 온도와 높은 함수율에 접촉시켜 열전달에 의해 수분증발을 유도하여 건조가 진행된다. 공급된 열풍은 고추로부터 증발된 수분에 의해 습도가 높아지게 되고, 이는 배기구를 통해 곧바로 배기된다.

열풍 건조시 고추의 건조과정을 살펴보면, 건조 초기에는 고추의 함수율이 높고 고추로부터 수분의 증발속도도 빠르다. 그러므로 가열된 고온의 건조공기가 건조 잠재력(Drying potential energy)만큼 높은 습도로 외부로 배출되므로 에너지의 이용도가 높다. 그러나 건조 후기에는 함수율이 낮고 건조속도가 떨어지게 되어 공급된 가열공기의 건조 잠재력만큼의 수분을 증발시키지 못한 상태가 된다. 이는 가열공기가 고추내의 수분을 더 증발시킬 수 있는 유효한 에너지를 가지고 있음에도 불구하고, 낮은 습도의 공기로 배기되어 버려지므로 에너지의 이용도가 낮은 원인이 된다(Moon et al, 1999).

실제로 에너지의 이용도 측면에서 보면 건조공기의 온도뿐만 아니라 습도도 중요하다. 그렇지만 고추 건조특성과 품질에 관한 선행연구를 살펴보면, 55~80℃에서 건조온도를 달리한 연구(Kim et al, 1975), 열풍, 원적외선, 냉동 건조와 같이 건조방법을 달리한 연구(Koh et al, 1989; Chung et al, 2003), 고추를 절단, 천공을 시켜 건조형태를 달리한 연구(Kim et al, 1975; Yoon and Lee, 2004), 전기, 태양열와 같이 건조열원을 달리한 연구(Park, 1975; Yoon et al, 1999)들이 대부분이며, 이는 건조공기의 온도와 관련된 연구들이 대부분이다. Koh et al(1987)은 챔버 내에 온도와 상대습도를 설정하여 고추 건조를 시도하였다. 이 연구는 일정한 상대습도의 조건에서 고추를 건조한 것으로서, 건조시간에 따라서 건조기 챔버 내의 상대습도가 변하는 농가용 고추건조기에 적용하기 어려운 단점이 있다.

또한 열풍 건조시 배기되는 공기의 에너지 이용도를 높이기 위하여, 주로 열교환 장치를 이용하여 배기되는 열을 회수하는 방법(Back et al., 2002)이 시도되고 있으나 가격이나 장치가 커진다는 단점이 있다.

본 연구에서는 고추 건조시 배출되는 공기의 건조 잠재력을 최대한 이용하기 위하여, 배출되는 공기의 상대습도를 변화시켜 에너지의 이용도를 높일 수 있는 건조방식을 개발하는데 목적이 있다. 이를 위하여 열풍이 연속으로 배기되는 관행의 건조방식을 배기주기와 시간을 변화시키는 건조방식으로 적용한 후, 이 건조방식이 고추의 건조특성과 건조 에너지, 건조된 고추의 품질 등에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

고추의 건조실험에 사용한 홍고추는 수확시기에 산지에서 바로 구입하여 5℃를 유지하는 저온저장고에 보관하였으며, 실험시작 24시간 전에 상온의 실험실에 꺼내어 품온을 상온과 같도록 한 후 실험에 사용하였다.

일반적인 고추의 외형은 그림 4와 같으며, 종단면에서 보는 것과 같이 과피(pericarp), 종자(seed), 태좌(placenta), 꼭지(calyx) 등으로 이루어져 있다.

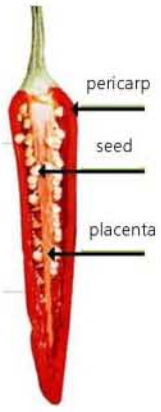


Fig. 4 Shape of a pepper's section

그림 5에 실험에 사용한 홍고추를 나타내었고, 표 7에 10개의 홍고추 샘플에 대한 과장, 장경(D1), 단경(D2)으로 한 과경 및 중량을 측정하여 나타내었다. 과장은 홍

고추의 꼭지를 제외한 전 길이를, 과경은 홍고추의 꼭지로부터 전체 과장의 ⅓ 되는 지점에서 측정하였다. 과중은 꼭지를 포함한 상태로 측정하였다. 평균 과장은 124.56 ㎜, 과경은 장경이 평균 19.44 ㎜, 단경이 16.9 ㎜ 및 과중은 18.76 g의 범위인 홍고추를 사용하였다. 초기함수율은 약 83.5 ~ 84.5% (w.b.)로 측정되었다. 그림 6에는 측정에 사용한 적외선 수분계(FD-720, Kett)를, 표 8에는 그 세부 제원을 나타내었다.

Table 7 Length, diameter and weight of red pepper

Sample No.	Length (㎜)	D1 (㎜)	D2 (㎜)	Weight (g)
1	135.2	18.3	16.1	19.2
2	130.1	19.0	16.9	19.7
3	127.9	21.1	17.8	21.6
4	119.0	21.1	18.5	20.7
5	125.7	19.8	17.2	18.7
6	128.3	20.4	17.8	19.6
7	110.2	19.0	15.1	15.6
8	123.7	19.4	17.4	18.8
9	118.4	18.9	17.1	18.3
10	127.1	17.4	15.1	15.4
Avg.	124.56±7.09	19.44±1.19	16.90±1.14	18.76±1.97

Fig. 5 Red pepper

Fig. 6 Infrared moisture meter

Table 8 Specification of infrared moisture meter

Model	FD-720
Measure method	Detection of weight loss by heating & drying
Sample weight	0.5 ~ 120 g (optional weight sampling)
Readability	Mass 1㎎(0.001 g), Moisture contents 0.1% / 0.01%
Measurement range	0 ~ 100%(Wet Base·Solid content), 0 ~ 500%(Dry Base)
Measure precision	Sample 5 g : 0.05%, / Sample 10g : 0.02%
Measurement mode	Automatic / Time / Prediction measurement
Display format	Digital LCD (137 × 43 ㎜)
Temp. range	30 ~ 180℃(1℃)
Heat source	Max 625W, Infrared quartz heater
External I/O	RS-232C Interface
Power supply	AC 100 ~ 240V (50/60 Hz)
Dimension / Weight	220(W) × 415(D) × 190(H) ㎜ / 4.5 ㎏
Sample pan	Stainless steel (Diameter ϕ130 ㎜, Depth 13 ㎜)
Option	Printer(VZ-330), S/W(KDL-01)

나. 실험장치

(1) 실험용 건조기의 형식 선정

본 연구에서는 고추의 건조에 소요되는 에너지를 절감할 수 있는 건조기 개발에 관한 기초 자료를 수집하고자 홍고추 건조를 위한 건조방식 선정, 건조기 내부의 공기 유로 배치, 실험용 건조기의 Layout 구성, 그에 따른 각 구성품의 용량 및 크기를 결정하였다.

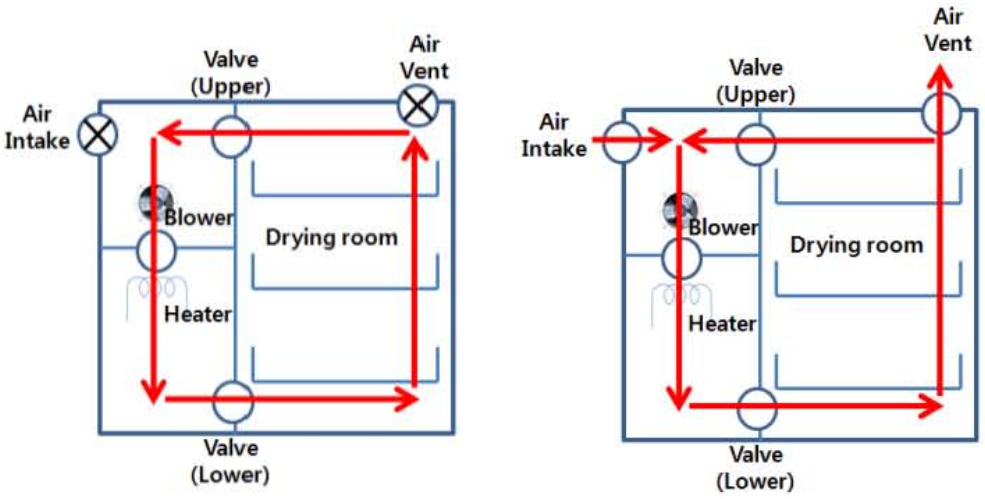
건조기 형식 선정에 있어서는 전기히터를 열원으로 하고 발생하는 열량을 송풍기를 사용하여 열풍으로 공급할 수 있는 전열 온풍방식으로 하였으며, 시작기의 Layout 구성은 흡·배기구 및 내부 순환 밸브를 장착하여 관행의 건조방식과 본 연구에서의 온습도제어 건조방식 시 배기구를 열고 닫을 수 있도록 구성하였다.

실험용 건조기를 구성하는 전기히터, 송풍팬 및 채반 등은 건조실의 체적대비 최적량의 농산물을 투입할 수 있도록 크기를 결정하고 선정하였다.

(2) 실험용 건조기 내부 공기유로 배치

본 연구의 실험용 건조장치의 건조실에서는 송풍기와 히터가 장착된 기계부로부터 공급된 고온 건조한 공기가 각 채반을 통과하여 건조에 필요한 에너지를 공급한 다음 건조실의 상부에 위치한 내부 밸브를 통하여 기계부로 다시 투입된다. 기계부의 송풍팬을 통과하고 다시 전기히터를 통하여 설정된 온도의 열풍으로 가열되어 건조실로 통하는 기계실 하부에 위치한 내부 밸브로 유입되도록 건조장치의 내부 공기유로를 배치하였다. 열풍의 내부순환 후 설정한 시간 및 내부 상대습도의 신호를 받아 건조실 내의 습기를 제거할 수 있도록 건조실 상부에 개폐가 가능한 배기구를 설치하여 무배기 및 배기 작동이 원활하도록 구성하였다.

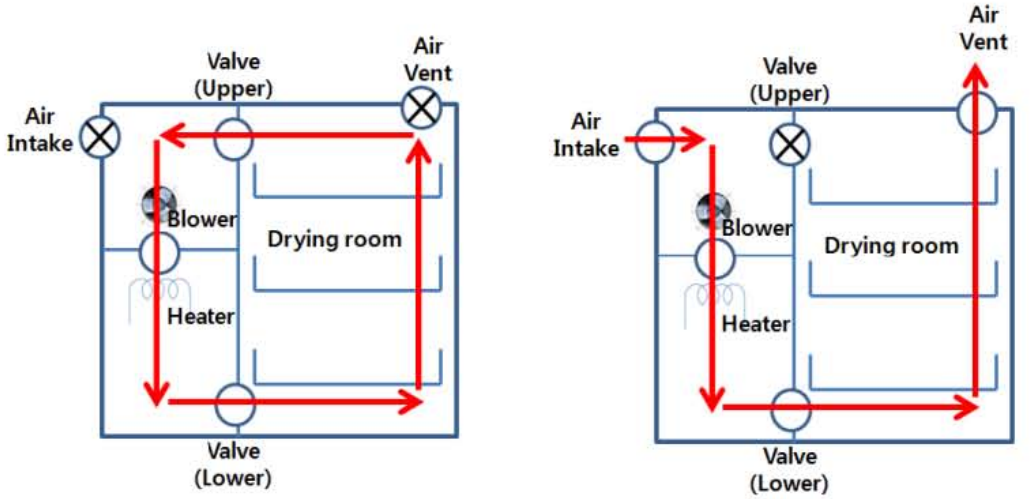
그림 7에 관행의 방법인 가온 순환 건조 후 방식으로 건조할 때의 건조실 내 공기 유로를 도식화하여 나타내었다. 공기 순환 모드에서는 흡·배기구를 닫고 건조실 내부의 상·하 밸브를 연 상태로 공기를 순환하며, 배기모드에서는 흡·배기구와 내부 상·하 덕트를 모두 연 상태로 하여 열풍이 건조실에 공급되어 건조동작을 수행하고 나서 일부는 배출이 되고 나머지 일부는 다시 기계실로 유입될 수 있도록 하였다.



(a) Internal circulation mode (b) Continuous ventilation mode

Fig. 7 Air flow of the existing drying method

그림 8에는 본 연구에서 실험 방법인 가온 순환 건조 후 온습도제어방식으로 건조할 때의 무배기 건조모드, 온습도제어 건조모드의 공기 유로를 도식화하여 나타내었다. 무배기 건조모드에서는 흡·배기구를 닫고 내부의 상·하 밸브를 연 상태로 공기를 순환시키며, 온습도제어 건조모드에서는 흡·배기구는 열고 건조실 내부의 상부 밸브는 닫은 상태로 하여 열풍이 건조실에 공급된 후 순환하지 않고 상부 배기구로 배출되도록 하였다.



(a) Internal circulation mode (b) Alternate ventilation mode

Fig. 8 Air flow of the fundamental test

(3) 실험용 건조기의 구성도

실험용 건조기는 그림 9에 나타낸 형식으로 구성하였으며 건조실의 크기는 폭 505 ㎜, 깊이 645 ㎜ 그리고 높이 940 ㎜로 제작하였다. 건조실 좌측의 기계부에는 송풍팬과 히터 및 건조실로 향하는 개폐가 가능한 상하 밸브를 구성하였다. 건조실과 기계부의 상부에는 각각 외부 공기의 입·출구를 개폐가 원활하도록 구성하였다.

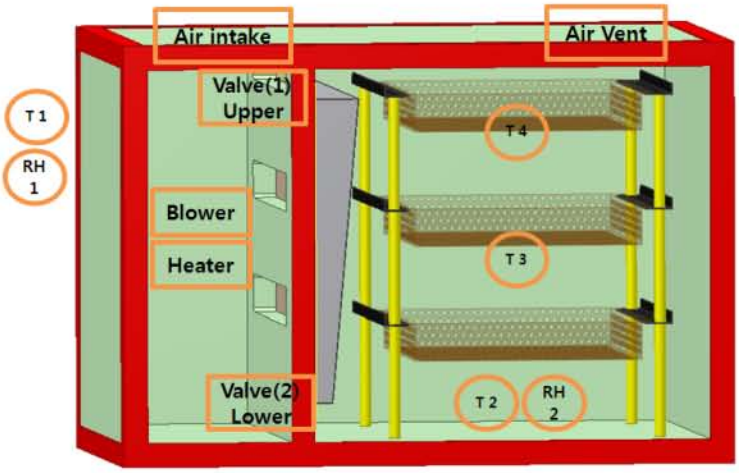


Fig. 9 Schematic diagram of the experimental dryer

(4) 실험용 건조기의 제어장치 개발

일반적으로 건조기의 온도조절은 목표온도에 도달하였을 때 히터에 전원공급을 중단하고 송풍팬을 지속적으로 작동하여 건조동작을 수행하다가 설정 온도이하로 떨어졌을 시 다시 히터에 전원공급을 하여 고온건조 공기를 생산하여 건조실로 공급하는 on-off 온도제어 방식을 도입하고 있다.

본 연구에서는 가온 순환 건조,건조 및 온습도제어 건조조건에 부합하는 송풍팬과 히터의 전원공급, 공기의 흡·배기구 개폐를 원활히 조절할 수 있도록 제어장치를 구성하였다.

(가) 기초 실험용 제어장치의 알고리즘 개발

건조를 수행하면서 템퍼링 효과를 얻기 위해서는 설정 온도까지 공기를 가온하면서 열풍을 순환시켜 건조 및 열풍의 내부순환 동작을 지속시키는 시간을 설정할 수 있어야 한다. 또한, 전기히터의 전원은 끄고 송풍팬의 작동으로 외부의 공기를 흡입하여 건조실내로 불어넣고 배기구를 통하여 외부로 배출하는 배기 동작을 하는 시간의 설정도 가능해야 한다.

그림 10에 기초 실험 시 가온, 열풍의 내부순환 및 공기의 배출 동작을 위한 알고리즘을 나타내었다. 각각의 동작에 필요한 온도 및 시간을 설정한 후, 설정한 열풍 온도값에 도달하기 위하여 히터의 전원공급을 조절하며 내부공기를 순환시킨다.

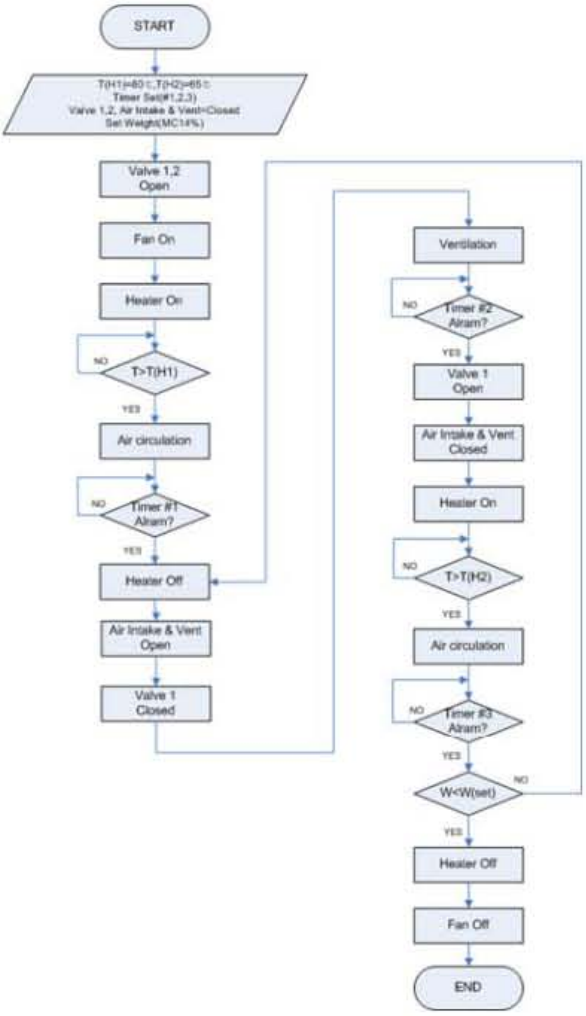


Fig. 10 Algorithm of a basic experiment

가온 순환 시간(Timer #1) 경과 후 히터를 끄고 흡·배기구를 열어 배기 동작을 설정한 시간(Timer #2)동안 실시한다. 그 후, 설정된 열풍 온도와 순환 시간(Timer #3) 동안 흡·배기구를 닫은 상태로 건조를 하여 배기와 순환을 반복하는 온습도제어 건조를 하도록 구성하였다. 그리고 반복되는 배기와 순환 동작을 수행하면서 설정된 중량값에 이르면 히터의 전원공급을 중단하고 열풍의 순환도 중지한 다음 모든 건조 동작을 마무리하는 것으로 구성하였다.

그림 11에는 관행의 방식인 순환 건조 후 연속배기 건조 시에 적용된 가온, 열풍의 내부순환 및 공기의 배출 동작을 위한 알고리즘을 나타내었다.

건조 초기의 가온 순환 건조 및 배기는 전술한 온습도제어 건조와 방법이 같고, 그 후 건조실 내부의 상부 밸브와 흡·배기구를 열고 건조 동작을 하는 연속배기 건조 동작을 하도록 구성하였다. 그리고 설정된 중량값에 이르면 히터에 전원공급

을 중단하고 열풍의 순환도 중지한 다음 모든 건조 동작을 마무리하는 것으로 구성하였다.

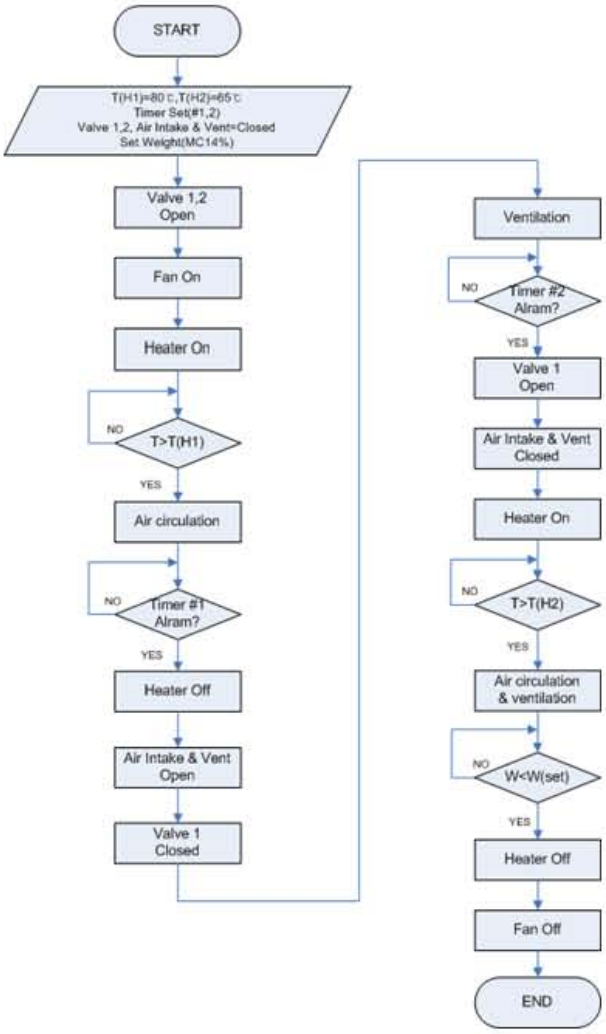


Fig. 11 Algorithm of the traditional drying condition

(나) 제어장치의 제작

개발된 알고리즘으로 가동되도록 제어장치를 제작하였으며, 제어장치의 배선도를 그림 12에 나타내었다.

메인 콘트롤러에 전원이 인가되면, 온도센서와 습도센서로부터 각각의 온·습도값과 시스템의 전체 중량값이 온도 조절기 및 중량 조절기에 입력되어 콘트롤러의 디스플레이창에 표시되며 기 설정해 놓은 구간별 조건들로서 연속배기 방식 및 온습도제어 건조방식의 건조를 수행할 수 있도록 구성하였다.

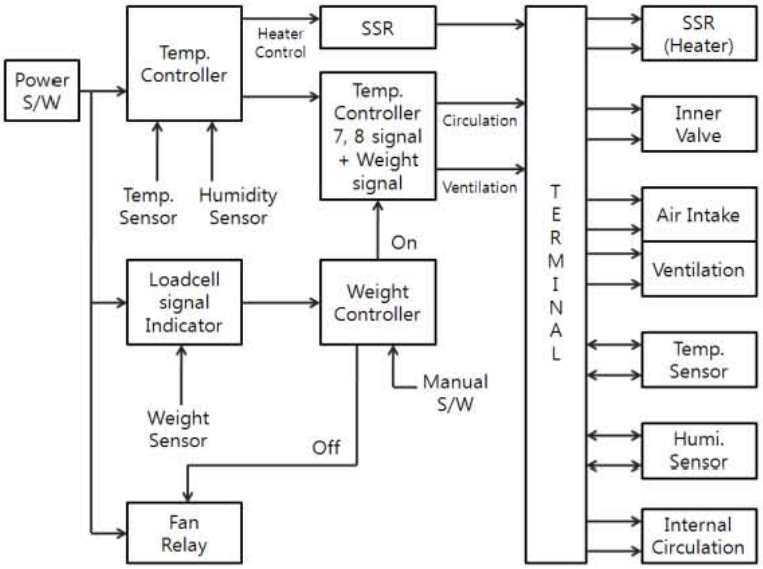


Fig. 12 Wire diagram of the dryer controller used in the prototype dryer as a fundamental study

그림 13에는 실험용 건조기에 사용된 콘트롤 장비(TEMI 850, 삼원테크)를 나타내었다. 건조 중 공급되는 건조공기의 온도를 상승시키는 시간대를 설정하거나 상승한 온도를 유지시키는 시간대를 각각 설정할 수 있도록 시간을 입력하는 세그먼트가 다수개로 구성이 되어있다. 온습도제어 건조 시에는 입력된 시간만큼 배기구를 여는 동작을 원활히 할 수 있도록 건조의 전체 구간을 세분화된 세그먼트로 나누어서 각각 프로그램 할 수 있는 장비이다.

Fig. 13 Controller of a test apparatus

건조 실험 시 시간의 변화에 따른 홍고추의 함수율을 측정하여 목표 함수율에 도달하였을 때 건조기 작동을 중단하여 건조를 마무리해야한다. 그러나, 매 시간마다 건조기 도어를 열어 채반과 함께 홍고추를 꺼내어 중량을 측정하여 함수율을 계산하는 방법은 비효율적이며, 건조조건이 변동될 수 있는 요인을 제공하면서도 피건조물의 함수율 또한 근사치로 얻을 수밖에 없다. 그러므로 정밀도가 높은 대용량 저울을 사용하여 저울의 위에 제작된 실험용 건조기를 올려놓고 중량변화를 실시간으로 측정 및 기록할 수 있도록 하였다. 건조 실험에서의 목표 함수율에 해당하는 중량값을 미리 산정하여, 그 값이 되었을 때 시스템을 대기상태로 전환시켜서 건조작업을 마무리 할 수 있도록 구성하였다.

실험의 종료신호를 감지하는 역할을 담당하는 로드셀(IW2S1 - 150FE, Satorius)은 건조장치의 하부에 위치시켰으며 건조장치 및 콘트롤러부를 지지하고 있다. 측정범위는 0.01~150 kg이며 출력신호는 1~5V 이다.

그림 14에 중량표시용 인디케이터(AF-1000, AXIS)를 나타내었으며, 자세한 제원은 표 5에 나타내었다. 로드셀로부터 입력된 데이터를 변환하여 디스플레이 화면에 소숫점 첫째 자리수까지의 kg 단위로 표시하였다.

Fig. 14 Indicator of weight change for the test

Table 9 Specification of indicator for measuring the weight change

Items	Specification	Items	Specification
Input sensitivity	0.45 μV/D	Hysteresis	0.01 %FS
Zero point adjustment range	-0.6 mV ~ + 42.0 mV	Power supply	AC 110 / 220 V(±10%) 50/60 Hz, 30 VA
Loadcell supply voltage	DC 10 V (±5 V)	Workable Temperature	0 ~ 40 ℃
Max supply voltage	32 mV	Workable humidity	less than 85 % RH
Temperature coefficient	±0.6 μV P.P	Dimension	200 × 105 × 170 (W×H×D)
A/D convert method	double integral	Weight	2.4 kg

그림 15에는 중량 조절기(TZN4S, Autonics)를 나타내었다. 주로 온도조절기로서 많이 사용되고 있는 모델이지만, 본 연구에서는 입력값을 로드셀에서 출력되는 중량값으로 하여 설정한 중량값에 도달하였을 때 건조기의 전원을 차단하는 신호를 출력하는 용도로 적용시켰다.

Fig. 15 Weight controller

다. 실험방법

제작된 실험용 건조 장치를 이용하여 가온 순환 건조 후 연속배기 건조방식과 가온 순환 건조 후 온습도제어 건조방식의 두 가지 방식으로 건조 실험을 실시하였다. 온습도제어 건조방식에서는 고온건조 공기를 내부에서 순환시키는 무배기 시간과 고온 다습한 공기를 외부로 배출하는 배기 시간 즉 온습도제어 조건을 몇 가지로 다양화하여 어떤 조건이 홍고추의 건조에 효율적인 조건을 찾고자 하였다.

그림 16에는 기초 실험용 건조 장치와 실험 데이터를 측정 및 저장할 시스템의 개요도를 나타내었으며, 완성된 기초 실험용 건조장치의 내·외부 모습을 그림 17, 18에 나타내었다.

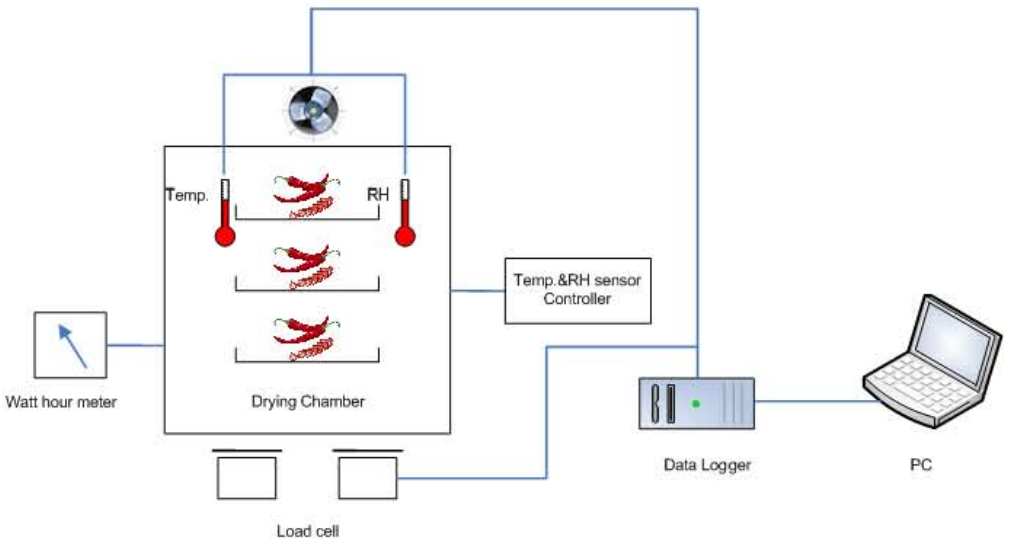


Fig. 16 Schematic for measuring and storage the data in the fundamental test

Fig. 17 The dryer for used in the fundamental test

(a) Inside view (1) (b) Inside view (2)

Fig. 18 Views of the dryer for used in the fundamental test

그리고 기초 실험과 농가용 건조기 적용 실험에서 온·습도, 중량값 등의 정보를 측정 및 저장할 데이터 저장장치 및 개인용 컴퓨터, 온·습도 센서들의 모습을 그림 19, 20에 나타내었다.

Fig. 19 Data Logger & PC used in the test

Fig. 20 Photo of the temperature and relative humidity sensor used for the test

습도 센서(HS-200M, Sentech)의 제원은 표 10과 같다. 출력 신호는 4~20 mA이며 $Y = 6.25X - 25$ 의 일차함수의 관계로 상대습도 0~100 %를 나타내며 그 관계를 그림 21에 나타내었다.

Table 10 Specification of relative humidity sensor

Items	Specification	Items	Specification
Measuring range	5 to 95 %RH	Response time	30 sec. for 90% Change
Unit of measurement	% RH	Output signal	4~20 mA for 0~100% RH
Accuracy	±2% RH from 20~90%	Power supply	DC 15~38 V

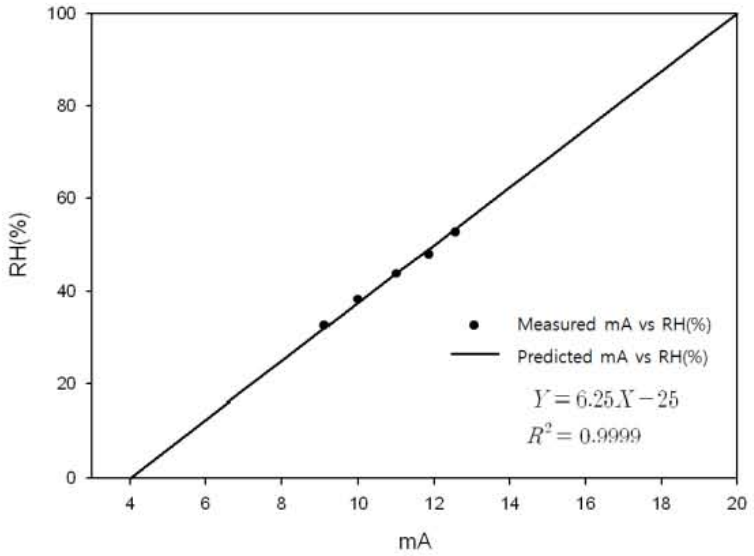


Fig. 21 Relationship between relative humidity sensor output and value of relative humidity

(1) 기초 실험에서의 건조방법

열풍건조의 경우 연속배기 건조방법은 건조 시작 1~6시간 동안 흡기구와 배기구를 모두 닫은 상태에서 설정한 일정 온도를 유지하면서 고온공기를 건조실에 공급하는 가온 순환 동작을 수행한다. 그 다음 단계로서 흡·배기구를 약간 열어 놓은 상태로 55~60℃의 열풍을 공급하는 연속배기 건조를 한다. 이 때, 본 건조 구간에서 지속적으로 일부의 열풍은 건조를 수행한 후 연속배기에 의해 배기되고, 일부의 열풍은 다시 송풍기 및 히터부를 통과하여 건조에 이용된다. 또한, 모든 건조과정은 36시간 이내로 하여 함수율을 14~15%(w.b.)의 수준까지로 하여 상품화 하는 것이 일반적이다.

본 연구에서는 표 11에 나타낸 것과 같이 실험 조건 조작의 단순화와 건조 소요 시간의 단축 등을 위하여 80℃의 온도에서 가온 순환 동작을 4시간 실시하였으며, 그 후의 단계에는 65℃의 일정한 건조공기 온도에서 평균 함수율 14%까지 연속배기 건조로 마무리하는 것을 실험조건으로 하였다.

Table 11 An existing drying method as fundamental studies

No.	Heating with internal circulation		Ventila -tion	Drying with continuous ventilation		Weight of peppers (kg)
	Temp. (℃)	Duration (hr)	Duration (min)	Temp. (℃)	Duration	
T 1	80	4	2	65℃	by 14% MC(w.b.)	3.75

본 연구의 실험 조건인 가온 순환 건조 후 온습도제어 건조방식은 표 12에 나타낸 것과 같으며 각기 다른 건조 조건으로 건조특성을 파악하고자 하였다. 어떤 건조조건이 건조에 유리한 것인지를 파악하기 위하여 관행의 조건인 가온 순환 건조 후 연속배기 건조방식과 소요 전력량, 소요 시간, 비소요 에너지, 수분 제거율 및 건감율 등의 결과를 비교분석하였다.

건조의 방법을 각기 다르게 한 실험에서, 건조 초기에는 건조실에 공급하는 건공기의 온도를 80℃로 하고 외부 공기의 유입 및 배기구를 모두 닫은 상태로 약 4시간 동안 가온 순환 건조과정은 공통으로 하였다. 그 다음 배기와 무배기 건조로 구성된 온습도제어 건조방식으로 목표 함수율까지 건조를 마무리 하는 것으로 실험을 실시하였다.

Table 12 Various conditions by alternate ventilation drying methods as fundamental experiments

No.	Heating with internal circulation		Ventila -tion	Drying with cyclic ventilation			Weight of peppers (kg)
				Heating with internal circulation		Ventila -tion	
	Temp. (℃)	Duration (hr)	Duration (min)	Temp. (℃)	Duration (min)	Duration (min)	
E 1	80	4	20	65	40	20	3.75
E 2	80	4	20	65	70	20	3.75
E 3	80	4	2	65	40	2	3.75
E 4	80	4	2	65	40	2	3.75
				65	55	2	
				65	70	2	
E 5	80	4	2	65	40	2	3.75
				65	50	2	
				65	60	2	
				65	70	2	
E 6	80	4	2	65	30	1	3.75
E 7	80	4	2	65	22	1	3.75
E 8	80	4	2	65	22	1	3.75
				65	42	1	

배기건조 시간의 설정은 건조실 내부의 폭, 깊이 및 높이를 측정하여 건조실의 체적을 계산한 후, 건조실 내의 체적만큼 외부로 배출되는 공기량의 배수 즉 배기횟수를 고려했다.

건조실 내부의 체적은 다음의 식 (1)에 의해 계산한 결과 $0.306\ m^3$으로 나타났으며, 채반 및 건조를 위해 투입한 홍고추의 부피를 감하여 약 $0.302\ m^3$으로 했다.

$$V = W \times D \times H \qquad (1)$$

$$= 0.505 \times 0.645 \times 0.940$$

$$= 0.306\ m^3$$

건조실 내에서 외부로 배기되는 풍속은 그림 22에 나타낸 풍속계(AVM-03, PROVA)로 측정하였으며 세부 제원은 표 13과 같다. 배출 공기의 풍속은 배기구의 원형 단면에서 5회 반복 측정한 평균값인 1.0 m/s로 하였다.

배기구의 직경 94 mm에서 배기 공기유량을 계산하면 6.94×10^{-3} m^3/s가 되어 건조실 내 체적에 해당하는 공기가 모두 바깥으로 나가게 되는데 걸리는 시간은 약 43.5 초로 계산된다.

Fig. 22 Anemometer

Table 13 Specification of the anemometer used in the experiment

Model.		AVM-03
Velocity	Range	0 ~ 45 m/s
	Unit	0.1 m/s
	Accuracy	±3%, 0.1
Temp.	Range	0 ~ 60 ℃
	Unit	0.1 ℃
	Accuracy	±0.8 ℃
Dimension	Body	168 × 88 × 26.2 ㎜
	Vane	132 × 66 × 29.2 ㎜
Display		3-1/2 Digit LCD
Power		9 V Battery 1EA
Weight		350 g

연속배기 및 온습도제어 조건의 실험에서 무배기 건조 후 20분의 배기를 실시하였다. 이는 건조실 체적의 약 30배에 해당하는 배기횟수로서 충분한 배기를 반복하여 온습도제어 건조 조건을 설정하여 실험을 실시한 것이다.

배기작동은 내부의 다습한 고온의 공기를 배출하는 것이므로 열에너지가 건조실 외부로 배출되는 동작이다. 그러므로 과도한 배기를 하는 경우에는 에너지의 낭비를 초래할 수 있으므로 건조실 체적의 약 3배에 해당하는 배기횟수로서 배기 시간을 2분으로 설정하여 건조실험을 실시하였다.

또한, 건조실 체적의 약 1.5배에 해당하는 배기횟수로서 배기 시간을 1분으로 단축한 조건하에서 실험하여 다른 실험조건과 건조 소요 에너지, 건조 시간 및 건고추의 성분분석 결과를 비교하였다.

그림 23에는 실험용 건조기를 온습도제어 조건으로 가동시켰을 때 건조실 내부 공기의 온도와 상대습도 변화의 추이, 흡·배기구, 히터 및 송풍팬에 인가되는 전원의 상태 등을 모식적으로 나타내었다.

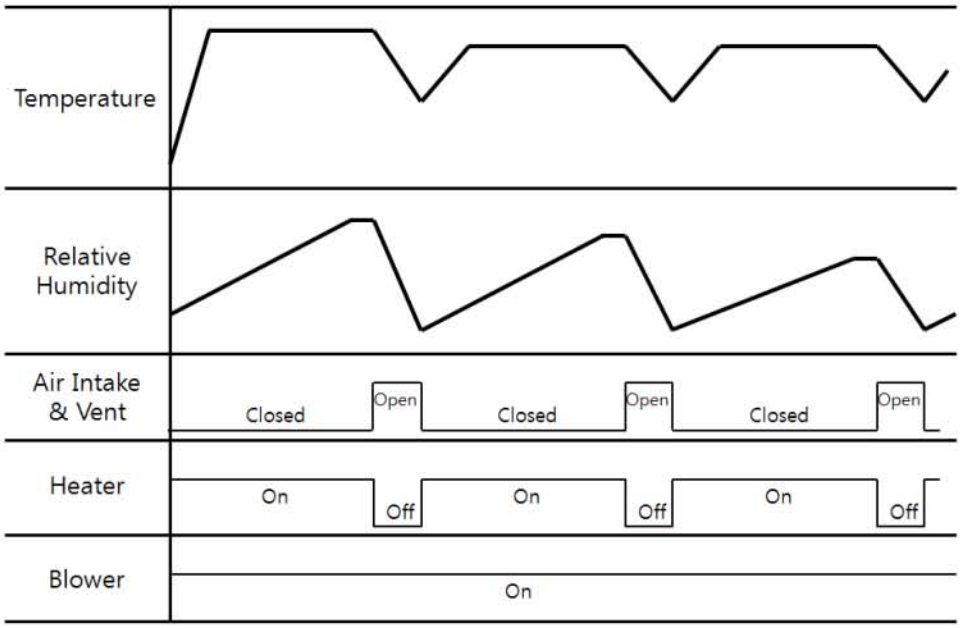


Fig. 23 A proposed control of the temperature and relative humidity during experiment

(2) 고추의 건조모델

고추 건조에 적합한 건조모델을 확인하기 위하여 건조모델 중에서 많이 이용되는 Newton 모델을 변형한 Page 모델을 선택하였으며, 이는 다음의 식 (2)와 같이 표현된다.

$$\frac{M(t)-M_e}{M_o-M_e} = \exp(-At^B) \qquad (2)$$

여기서, $M(t)$: t 시간일 때의 건량기준 함수율(소수)

M_o : 건량기준 초기함수율(소수)

M_e : 건량기준 평형함수율(소수)

A, B는 실험상수이며 건조공기의 온도와 상대습도의 함수로 나타낸다.

건조시간 t는 실험에서 초기의 무배기 건조시간을 모두 포함한 전체 건조시간이며 각각의 실험별 모델식에 의해 계산된 목표 함수율까지의 소요 시간(Drying time)으로 실험 결과에 나타내었다.

평형함수율 M_e 값을 적용하기 위하여 다음의 식 (3)에 나타낸 수정된 Henderson 식을 사용하였으며

$$RH = 1-\exp\{-k(T+C)(100M_e)^n\} \qquad (3)$$

상수값 $k = 1.2188\times10^{-3}$, $n = 0.9913$, $C = 2.576$ 이며 RH : 상대습도(소수), T : 온도(℃) 이고 평형함수율 M_e 로 정리하여 나타내면 다음의 식 (4)와 같다.

$$M_e = 0.01\left\{\frac{\ln(1-RH)}{-k(T+C)}\right\}^{\frac{1}{n}} \qquad (4)$$

위의 Page 모델식에서 $\frac{M(t)-M_e}{M_o-M_e}$은 평균 함수비이며 $M = \frac{M(t)-M_e}{M_o-M_e}$ 으로 놓으면 다음의 식 (5)와 같다.

$$M = \exp(-At^B) \qquad (5)$$

(3) 건조 소요 에너지

공기를 가열하여 건조에 이용하는 대류 건조기의 건조 소요 에너지는 공기가열 에너지, 송풍기 구동 에너지로 구성된다. 공기가열에 소요되는 히터의 열용량은 다음 식(6)으로 계산한다.

$$P_a = \frac{G_a(c_a + c_v H)(T - T_{amb})}{E_b} \quad (6)$$

여기서, P_a : 히터 열용량 (kW)

G_a : 건공기 질량유량 (kg/s)

c_a : 건공기 비열 (1.007 kJ/kg · K)

c_v : 수증기 비열 (1.868 kJ/kg · K)

H : 공기의 절대 습도

T : 열풍온도(℃)

T_{amb}: 외기온도(℃)

E_b : 버너의 열효율(소수)

이며, 송풍기의 소요 동력은 다음 식(7)로 표시된다.

$$P_f = \frac{Q\Delta P}{1000 E_f} \quad (7)$$

여기서, P_f : 송풍기 동력(kW)

ΔP : 송풍기 전압 (Pa)

E_f : 효율(0.5)

건조에 소요되는 에너지는 공기가열 에너지와 송풍기 구동 에너지로부터 구할 수 있다. 공기가열 에너지와 송풍기 구동 에너지의 합 P(kJ)는 다음의 식(8)과 같다.

$$P = 3600(P_a + P_f)t \quad (8)$$

여기서, t (hr)는 건조 소요 시간이다.

가열공기에 의하여 건조기에 공급된 열은 재료의 수분증발잠열 및 재료 가열에 사용되며 일부는 배기열과 건조기 벽체를 통하여 손실된다. 건조기의 열효율은 공급열에 대한 수분증발잠열비로 표시하며, 다음 식(9)로 계산한다.

$$\eta_{th} = \frac{\text{수분증발잠열}}{\text{공급열량}} = \frac{\Delta M h_{fg}}{3600 t_d P_a} \times 100 \qquad (9)$$

여기서, η_{th} : 건조기의 열효율(%)

ΔM : 제거된 수분무게(kg)

h_{fg} : 재료 내의 수분증발잠열(kJ/kg)

건조기의 성능평가를 위하여 건조기 열효율 이외에 비소요 에너지(specific energy consumption, SEC), 비소요 동력(specific power consumption, SPC), 수분제거율(water removal rate, WRR), 건감율(ratio of dry, ROD), 처리능력(Drying capacity) 등이 사용되며 각각 다음과 같은 식(10)~(14)에 의해 계산하였다.

$$\text{SEC} = \frac{\text{총 소요 에너지}}{\text{제거 수분 무게}} = \frac{P}{\Delta M} \text{ [MJ/kg-수분]} \qquad (10)$$

$$\text{SPC} = \frac{\text{소요전력량}}{\text{총처리량}} \text{ [kWh/kg]} \qquad (11)$$

총 처리량 : 목표 함수율 도달 시 건고추의 무게 (kg)

$$\text{WRR} = \frac{\text{제거수분무게}}{\text{건조소요시간}} = \frac{\Delta M}{t_d} \text{ [kg/hr]} \qquad (12)$$

$$\text{ROD} = \frac{\text{함수율의 변화}}{\text{건조소요시간}} = \frac{\Delta MC}{t_d} \text{ [%/hr]} \qquad (13)$$

ΔMC : 함수율의 변화 (%, w.b.)

$$\text{Drying capacity} = \frac{\text{투입한 홍고추 무게}}{\text{건조소요시간}} \text{ [kg/hr]} \qquad (14)$$

(4) 건고추의 성분 측정방법

좋은 품질의 홍고추를 생산하기 위하여 재배시기에 적절한 관리를 하는 것도 중요하지만 주로 건고추를 제조하는 과정에서 발생하는 부패 또는 흑·갈변이 상품적 가치를 저하시키는 요인이 되고 있다. 그러므로 건고추의 색도, 캡사이신 및 당도 등의 유효한 성분이 어느 정도 함유되어 있느냐가 경제적 가치를 매기는 중요한 인자라고 할 수 있을 것이며 캡사이신, 색도 및 당도 측정의 방법은 다음과 같다.

(가) 건고추의 캡사이신 함량 분석

건고추의 Capsaicin 함량의 측정방법은 표 14에 나타내었으며, 세부 사항을 표 15에 나타내었다. 고춧가루 시료 1 g에 acetonitrile 10 ㎖를 Voltex에서 2분간 혼합하고 1 ㎖을 취해 증류수 9㎖을 넣어 혼합한 후 Sepak clean up → 증류수 : acetonitril = 1 : 1 (V : V) ⇒ 10 ㎖를 sepak에 통과시킨다. Sep-pak C18 (Waters)은 Capsaicinoids를 잡고 있는 성질이 있으므로 Sepak이 마르기 전에 증류수 혼합한 용액을 clean up한 sepak에 통과시킨다. acetonitril 4 ㎖을 sepak에 통과시켜 vial에 담고, sepak에 통과시킨 10㎖의 증류수와 acetonitril의 혼합물을 HPLC Autosampler vial에 1 ㎖정도 옮겨 담는다. Chromatogram의 결과의 각 수치에 희석배수 40을 곱해주는 것으로 값을 나타내었다.

Table 14 Conditions for testing the content of the red pepper capsaicin

Item	Conditions
Instrument	Model : Jasco(LC-900) Detector : UV(975), 280 nm
Column	Crest pak C18S column
Mobil phase	Methanol : Deionized Water = 65 : 35
Flow rate	1.0 ㎖/min
Injection volume	15 ㎕
Integrate	Jasco
Chart speed	0.5 cm/min

Table 15 Detailed conditions for analyzing the capsaicin of the red pepper

Column	Creatpak C18S 4.6 ID×150 mm
Pressure	110~120
Temp. of column	30℃
Necessary time	Capsaicin 10.30minutes, D-capsaicin 16.00minutes
Filter (Pre-treatment)	Sep-pak C18 Short Body Cartridges Part No. WAT020515 Lot No. W8348L1 High density Polyethylene 20 ㎛ Frit.
Injection. vol	15.00 ㎕
Ren Length	about 20 minutes

(나) 건고추의 색도 분석

건고추의 색도 분석은 분쇄된 고춧가루 0.05 g에 아세톤 50 ㎖를 부어 흔들어 준 뒤 상온에서 16시간 방치한 후, 여과하고 460 nm에서 분광광도계를 이용하여 흡광도를 측정하여 아래의 식(15)에 의하여 ASTA (American Spice Trade Association) 값을 구하여 나타내었다.

$$ASTA\ 값 = \frac{O.D.값 \times 16.4}{Weight\ of\ Sample} \quad (15)$$

(다) 건고추의 당도 분석

건고추의 당도 분석은 HPLC 방법으로 하였으며, 분석 시 조건과 세부사항을 표 16와 17에 나타내었다. 고춧가루 시료 2 g에 증류수 10 ml를 가하여 250 ml 플라스틱 병에 넣고 잘 섞은 다음, shaking water bath에 25분간 중탕한다. 중탕 시 shaking water bath의 온도는 80℃에서 40 rpm 으로 세팅하여 실시한 후, 꺼내어 상온에서 4시간 동안 정치시킨다. 정치 후 깔때기에 여과한 여액을 0.45 microfilter or sepak(Waters)에 통과시켜 거르고 HPLC Autosampler vial에 넣는다. 분석결과의 각 수치에 희석배수 50을 곱해주는 것으로 당도 값을 나타내었다.

Table 16 Conditions for analyzing the sugar contents of the red pepper

Item	Conditions
Instrument	Model : Jasco(LC-900) Detector : RI930 detector
Column	Carbohydrate column(waters)
Mobil phase	Acetonitile : Deionized Water = 83 : 17
Flow rate	1.0 ㎖/min
Injection volume	20 ㎕
Integrate	Jasco
Chart speed	0.5 cm/min

Table 17 Detailed conditions for analyzing the sugar contents

Column	High Performance Carbohydrate Column 60Å 4 ㎛ 4.6×250 mm HPLC Column Part no. WATO 44355 Lot NO. T81141
Pressure	90~100
Injection. vol	20.00 ㎕
Run Length	35 minute
Temp. of Column	30~35 ℃
RI Temp.	35 ℃
Necessary time	Fructose - 8.30 minute, Glucose - 10.70 minute, Sucrose - 16.00 minute
Filter	Micro Filter Cameo 25 N syringe Filter Nylon 0.45 Nicron, 25 mm, 50/pk. Not No. 69617 or Sep-Pak Plus C18 Short Body Cartridges Part No. WAT020515. Lot No W8348L1 High density Polyethylene 20 ㎛ Frit.

(5) 실험 결과의 상관관계 분석방법

건고추의 캡사이신 함량, 색도 및 당도 측정값을 건조조건과 비교분석하기 위하여

SPSS를 이용하여 one way ANOVA 분석을 통하여 상관관계를 분석하였다. 가온 순환 건조 후 연속배기 건조 조건의 실험과 무배기 시간, 배기 시간 및 건조 후기 무배기 시간의 변경 조건 등을 변수로 건조실험한 건고추 간 캡사이신, 색도 및 당도와의 사이에 어떤 관계가 있는지 F-통계량을 이용한 일원분산분석을 실시하여 건조방법별 상관관계를 비교분석하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 홍고추를 건조함에 있어서 투입되는 에너지를 최소화하여 농가소득 증가 및 노동력 감소에 효과적인 배기 및 템퍼링 방식을 적용한 에너지 절감용 건조 기술 개발을 위한 연구를 수행하였다. 고추의 건조특성을 연속배기 건조 및 온습도제어 건조조건에 의해 분석하고 건조에 필요한 소요 시간, 건조 소요 에너지, 수분 제거율 및 건감율 등의 자료를 수집하였다. 또한 건조방법별 건고추의 캡사이신, 색도 및 당도 등의 성분분석을 실시하고 연속배기 건조의 방법과 비교하여 one way ANOVA 방법에 의해 유의성 분석을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

가. 기초 실험에서의 고추의 건조특성

(1) 연속배기 건조방식에 의한 건조특성

연속배기 건조는 80℃의 온도에서 가온 순환 건조 동작을 4시간 실시하고, 그 후의 단계에는 65℃의 일정한 공급 건조공기 온도에서 평균 함수율 14%까지 건조하는 방법으로 하였다. 건조 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 24에 나타내고 건조실내의 온도 변화와 습도 변화를 그림 25에 나타내었다.

실험 결과를 표 18에 나타내었으며 건조에 투입된 전력량은 15.70 kWh, 소요 시간은 18.40시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율은 각각 18.39 MJ/kg, 0.1671 kg/hr, 3.83 %/hr 로 측정 및 산출되었다.

건조 소요 시간은 Page 모델식으로 구한 건조 모델로부터 목표 함수비에 해당되는 추정값으로 나타낸 것이다.

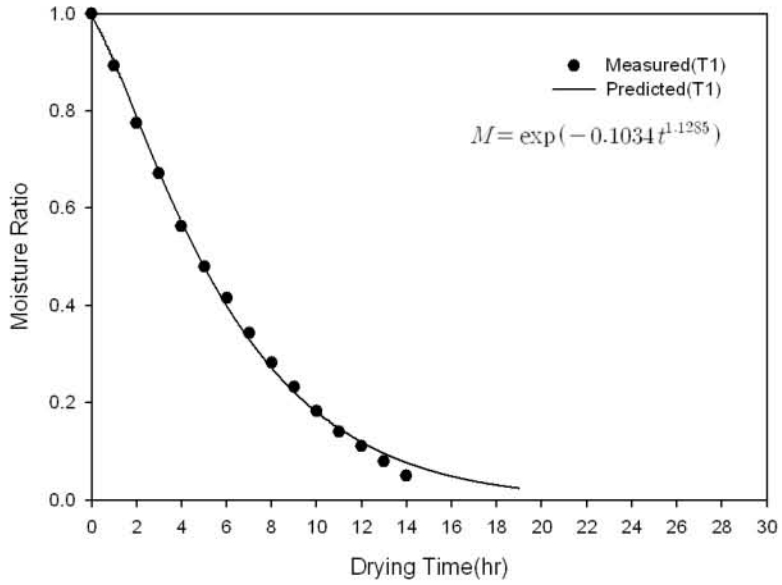


Fig. 24 Moisture ratio vs. drying time by the existing drying method

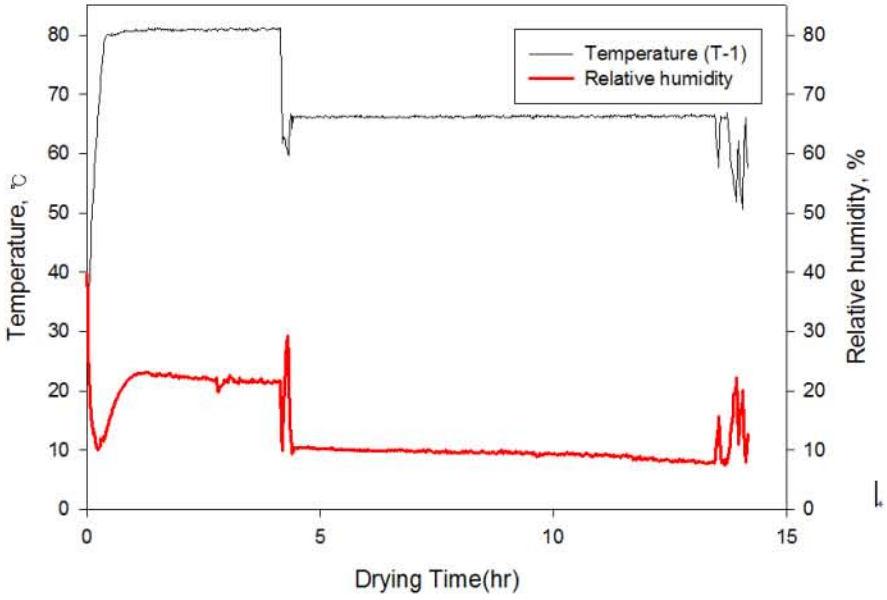


Fig. 25 Change of temperature and relative humidity in the drying chamber by the existing drying method

Table 18 Test results by the existing drying method

	Amount electricity (kWh)	Drying time(hr)	Efficiency (%)	SEC (MJ/kg)
T 1	15.70	18.40	12.76	18.39
	SPC (kWh/kg)	WRR (kg/hr)	ROD (%/hr)	Drying capacity (kg/hr)
	23.24	0.1671	3.83	0.2038

(2) 연속배기 건조방식에 의한 건조 모델

전술한 바와 같이 고추 건조에 적합한 건조모델을 확인하기 위하여 건조모델 중에서 많이 이용되는 Newton 모델을 변형한 Page 모델을 선택하였다.

기초 실험의 연속배기 건조에서 모델식의 계수 A와 B는 표 19와 같이 A는 0.1034, B는 1.2185 으로 계산되었으며 F 값이 13235.7, P값이 0.0001 미만으로서 유의수준이 높게 나타났다.

Table 19 Coefficients of a drying model by the existing drying method

Method of Drying	A	B	R2	F value	P value
T 1	0.1034	1.2185	0.9945	13235.7	< 0.0001

(3) 온습도제어 건조방식에 의한 건조특성

온습도제어방식의 건조실험에서 건조 초기의 연속 순환 건조 동작은 공통으로 한다. 그 후의 단계에서 공급 건조공기는 65℃로서 같지만 배기구를 닫아 놓은 상태로 일정시간을 건조하는 무배기 건조, 설정한 일정시간 동안 배기구를 열고 건조실의 고온 다습한 공기를 배출하는 동작을 수행하는 배기 건조를 반복하여 평균 함수율 14%까지 건조하는 방법으로 하였다.

본 절에서는 각각의 온습도제어방식별 건조특성을 먼저 서술하고 그 다음 유사성이 있는 실험별로 구분하여 건조특성을 서로 비교하였다.

(가) 실험 방법별 건조특성

온습도제어방식의 첫 번째 방법은 무배기 건조 시간을 40분, 배기 시간을 20분으로 설정하여 무배기 건조와 배기 건조를 반복하는 방법으로 건조하였으며 함수율 14%(w.b.)까지 건조하는데 총 배기 시간이 480분이었다. 건조 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 26에 나타내고 건조실내의 온도 변화와 습도 변화를 그림 27에 나타내었다.

실험 결과를 표 20에 나타내었으며 건조에 투입된 전력량은 25.50 kWh, 소요 시간은 28.69시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율은 각각 29.77 MJ/kg, 0.1071 kg/hr, 2.46 %/hr 로 측정 및 산출되었다.

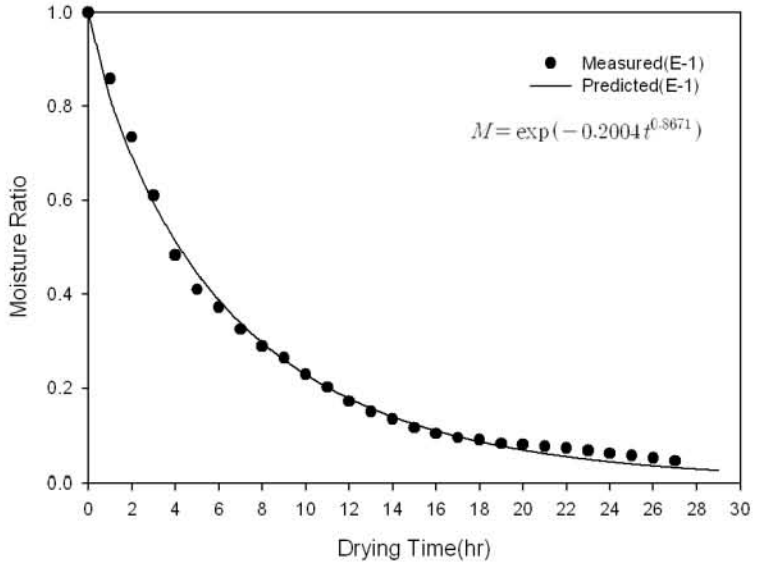


Fig. 26 Moisture ratio vs. drying time when heating time is 40 min. and humid air discharge time is 20 min.

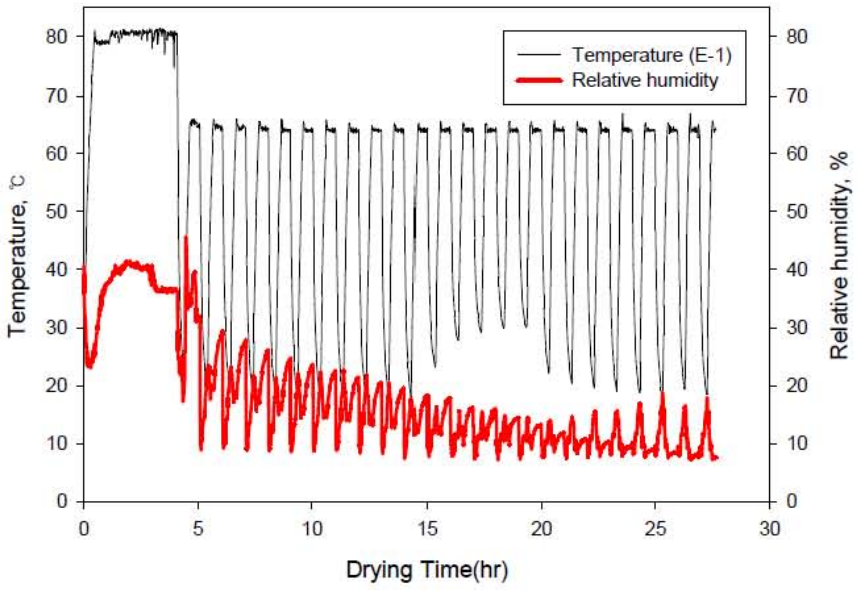


Fig. 27 Change of temperature and relative humidity in the drying chamber when heating time is 40 min. and humid air discharge time is 20 min.

Table 20 Test results when heating time is 40 min. and humid air discharge time is 20 min.

	Amount electricity (kWh)	Drying time(hr)	Efficiency (%)	SEC (MJ/kg)
E 1	25.50	28.69	7.88	29.77
	SPC (kWh/kg)	WRR (kg/hr)	ROD (%/hr)	Drying capacity (kg/hr)
	37.61	0.1071	2.46	0.1311

온습도제어방식의 두 번째 방법은 무배기 건조 시간을 70분, 배기 시간을 20분으로 설정하여 무배기 건조와 배기 건조를 반복하는 방법으로 건조하였으며 함수율 14%(w.b.)까지 건조하는데 총 배기 시간이 260분이었다. 건조 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 28에 나타내고 건조실내의 온도 변화와 습도 변화를 그림 29에 나타내었다.

실험 결과를 표 21에 나타내었으며 건조에 투입된 전력량은 17.16 kWh, 소요 시간은 25.41시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율은 각각 20.22 MJ/kg,

0.1255 kg/hr, 2.80 %/hr 로 측정 및 산출되었다.

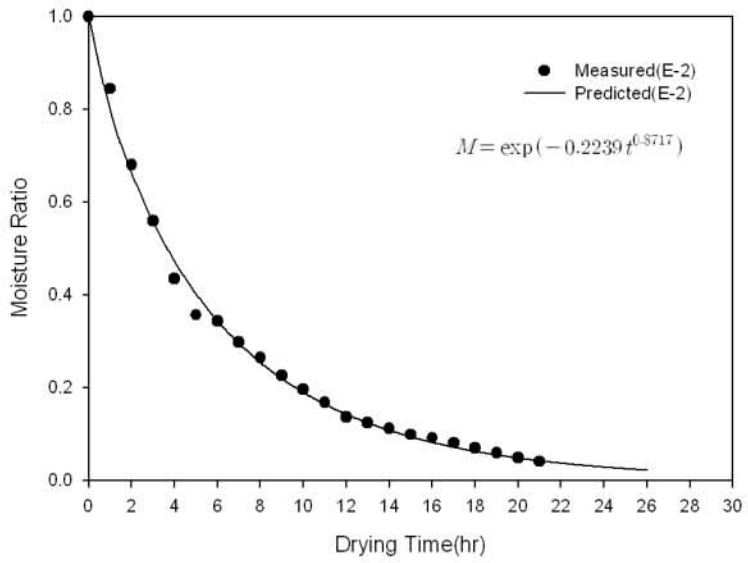


Fig. 28 Moisture ratio vs. drying time when heating time is 70 min. and humid air discharge time is 20 min.

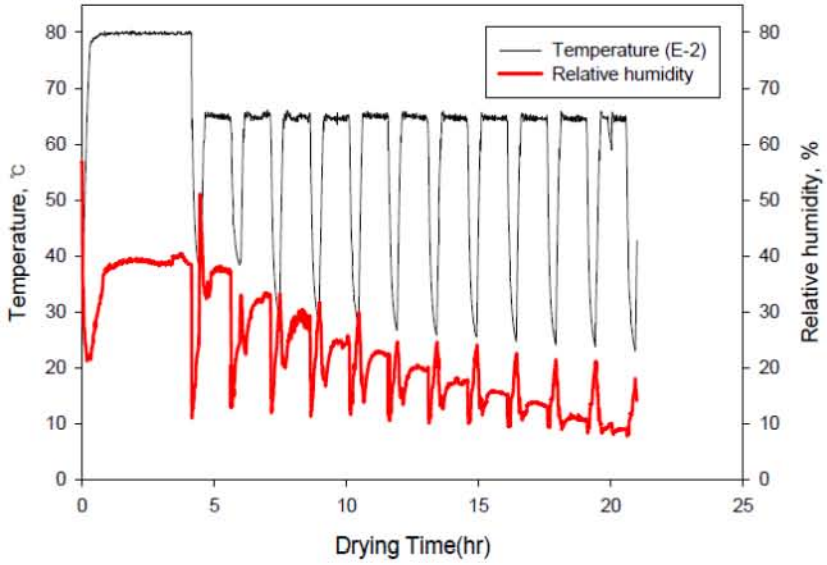


Fig. 29 Change of temperature and relative humidity in the drying chamber when heating time is 70 min. and humid air discharge time is 20 min.

Table 21 Test results when heating time is 70 min. and humid air discharge time is 20 min.

	Amount electricity(kWh)	Drying time(hr)	Efficiency (%)	SEC (MJ/kg)
E 2	17.16	25.14	11.61	20.22
	SPC (kWh/kg)	WRR (kg/hr)	ROD (%/hr)	Drying capacity (kg/hr)
	25.55	0.1225	2.80	0.1482

온습도제어방식의 세 번째 방법은 무배기 건조 시간을 40분, 배기 시간을 2분으로 설정하여 무배기 건조와 배기 건조를 반복하는 방법으로 건조하였으며 함수율 14%(w.b.)까지 건조하는데 총 배기 시간이 52분이었다. 건조 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 30에 나타내고 건조실내의 온도 변화와 습도 변화를 그림 31에 나타내었다.

실험 결과를 표 22에 나타내었으며 건조에 투입된 전력량은 13.04 kWh, 소요 시간은 22.80시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율은 각각 15.07 MJ/kg, 0.1344 kg/hr, 3.09 %/hr 로 측정 및 산출되었다.

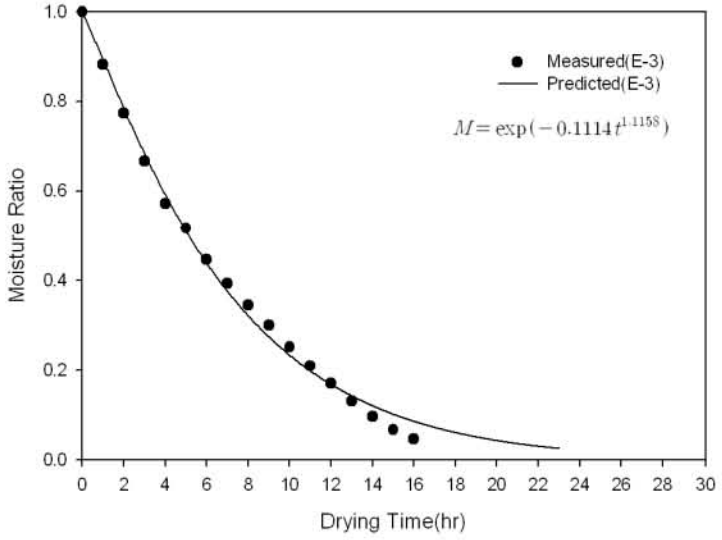


Fig. 30 Moisture ratio vs. drying time when heating time is 40 min. and humid air discharge time is 2 min.

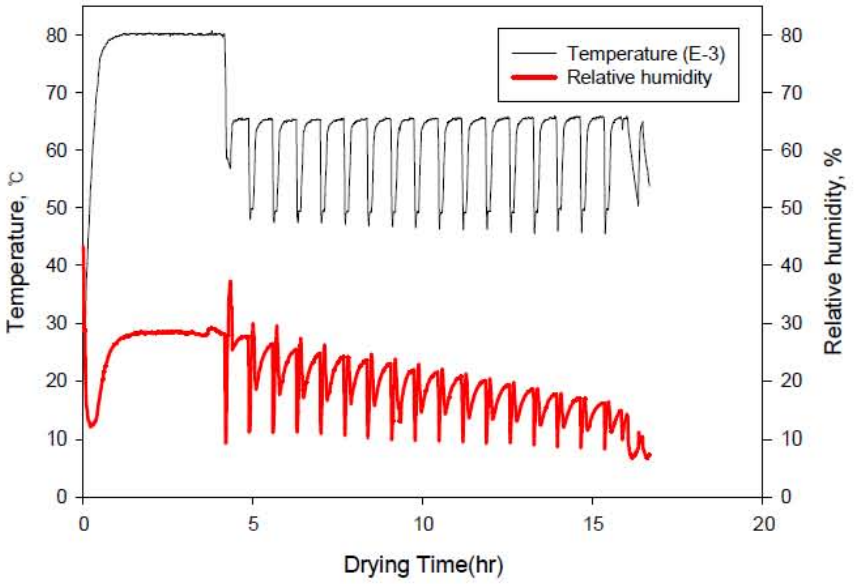


Fig. 31 Change of temperature and relative humidity in the drying chamber when heating time is 40 min. and humid air discharge time is 2 min.

Table 22 Test results when heating time is 40 min. and humid air discharge time is 2 min.

	Amount electricity (kWh)	Drying time(hr)	Efficiency (%)	SEC (MJ/kg)
E3	13.04	22.80	15.57	15.07
	SPC (kWh/kg)	WRR (kg/hr)	ROD (%/hr)	Drying capacity (kg/hrr)
	19.04	0.1344	3.09	0.1666

온습도제어방식의 네 번째 방법은 배기 시간은 2분으로 동일하나 무배기 건조 시간을 건조 초기에는 40분, 중기에는 55분, 후기에는 70분으로 변경하여 무배기 건조와 배기 건조를 반복하는 방법으로 건조하였으며 함수율 14% (w.b.)까지 건조하는데 총 배기 시간이 36분이었다. 건조 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 32에 나타내고 건조실내의 온도 변화와 습도 변화를 그림 33에 나타내었다.

실험 결과를 표 23에 나타내었으며 건조에 투입된 전력량은 11.42 kWh, 소요 시간은 22.11시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율은 각각 13.29 MJ/kg,

0.1388 kg/hr, 3.19 %/hr 로 측정 및 산출되었다.

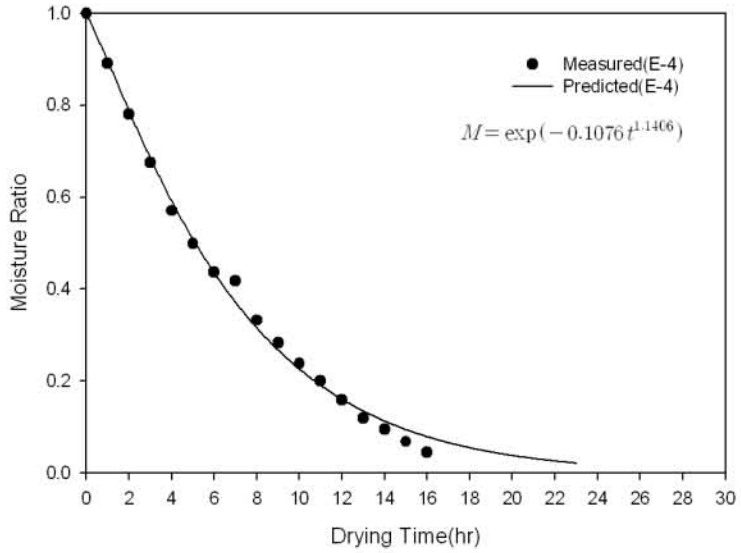


Fig. 32 Moisture ratio vs. drying time when heating time are changed as 40 min., 55 min. and 70 min. in a row and humid air discharge time is 2 min.

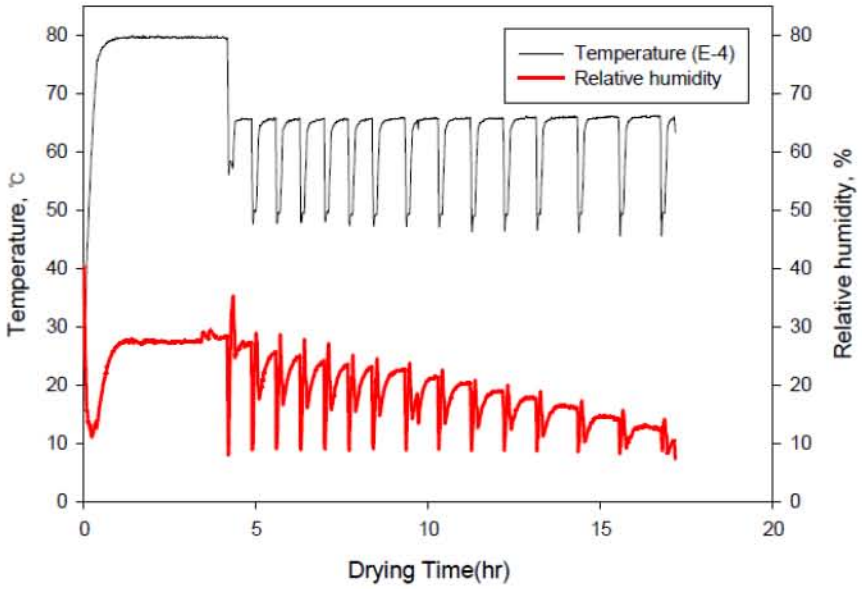


Fig. 33 Change of temperature and relative humidity in the drying chamber when heating time are changed as 40 min., 55 min. and 70 min. in a row and humid air discharge time is 2 min.

Table 23 Test results when heating time are changed as 40 min., 55 min. and 70 min. in a row and humid air discharge time is 2 min.

	Amount electricity (kWh)	Drying time(hr)	Efficiency (%)	SEC (MJ/kg)
E 4	11.42	22.11	17.66	13.29
	SPC (kWh/kg)	WRR (kg/hr)	ROD (%/hr)	Drying capacity (kg/hr)
	16.79	0.1388	3.19	0.1707

온습도제어방식의 다섯 번째 방법은 배기 시간은 2분으로 동일하나 무배기 건조 시간을 건조 초기에서 후기로 갈수록 40분, 50분, 60분, 70분으로 변경하여 무배기 건조와 배기 건조를 반복하는 방법으로 건조하였으며 함수율 14%(w.b.)까지 건조하는데 총 배기 시간이 38분이었다. 건조 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 34에 나타내고 건조실내의 온도 변화와 습도 변화를 그림 35에 나타내었다.

실험 결과를 표 24에 나타내었으며 건조에 투입된 전력량은 12.96 kWh, 소요 시간은 22.93시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율은 각각 15.28 MJ/kg, 0.1343 kg/hr, 3.07 %/hr 로 측정 및 산출되었다.

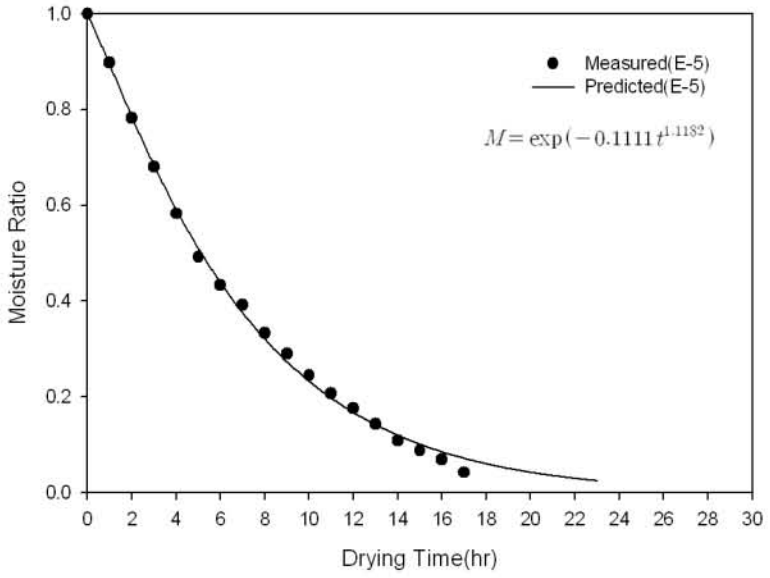


Fig. 34 Moisture ratio vs. drying time when heating time are changed as 40 min., 50 min., 60 min. and 70 min. in a row and humid air discharge time is 2 min.

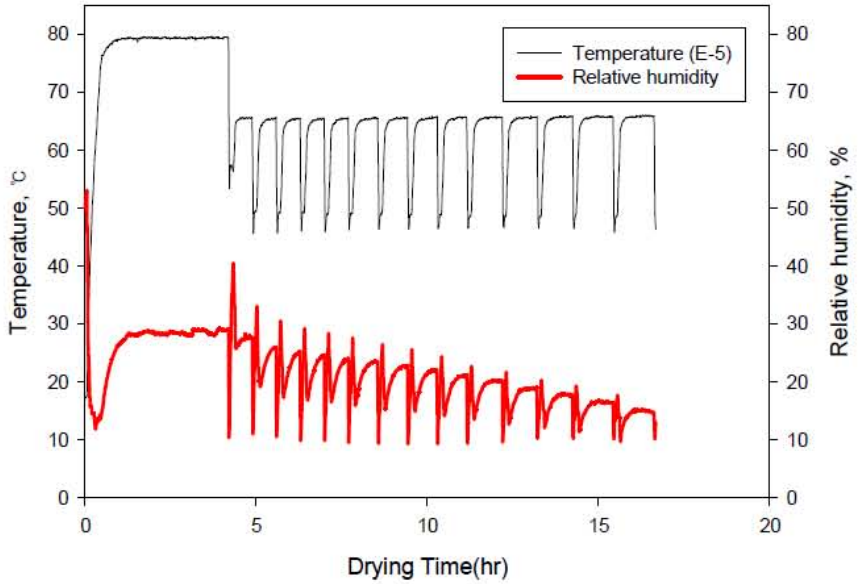


Fig. 35 Change of temperature and relative humidity in the drying chamber when heating time are changed as 40 min., 50 min., 60 min. and 70 min. in a row and humid air discharge time is 2 min.

Table 24 Test results when heating time are changed as 40 min., 50 min., 60 min. and 70 min. in a row and humid air discharge time is 2 min.

	Amount electricity(kWh)	Drying time(hr)	Efficiency (%)	SEC (MJ/kg)
E5	12.96	22.93	15.37	15.28
	SPC (kWh/kg)	WRR (kg/hr)	ROD (%/hr)	Drying capacity (kg/hr)
	19.30	0.1343	3.07	0.1625

온습도제어방식의 여섯 번째 방법은 무배기 건조 시간을 30분, 배기 시간을 1분으로 설정하여 무배기 건조와 배기 건조를 반복하는 방법으로 건조하였으며 함수율 14%(w.b.)까지 건조하는데 총 배기 시간이 32분이었다. 건조 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 36에 나타내고 건조실내의 온도 변화와 습도 변화를 그림 37에 나타내었다.

실험 결과를 표 25에 나타내었으며 건조에 투입된 전력량은 11.30 kWh, 소요 시

간은 20.75시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율은 각각 13.24 MJ/kg, 0.1481 kg/hr, 3.40 %/hr 로 측정 및 산출되었다.

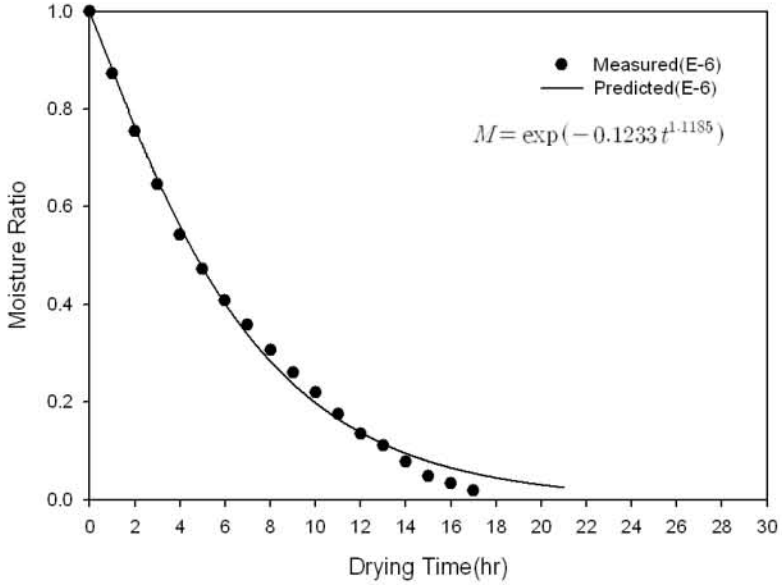


Fig. 36 Moisture ratio vs. drying time when heating time is 30 min. and humid air discharge time is 1 min.

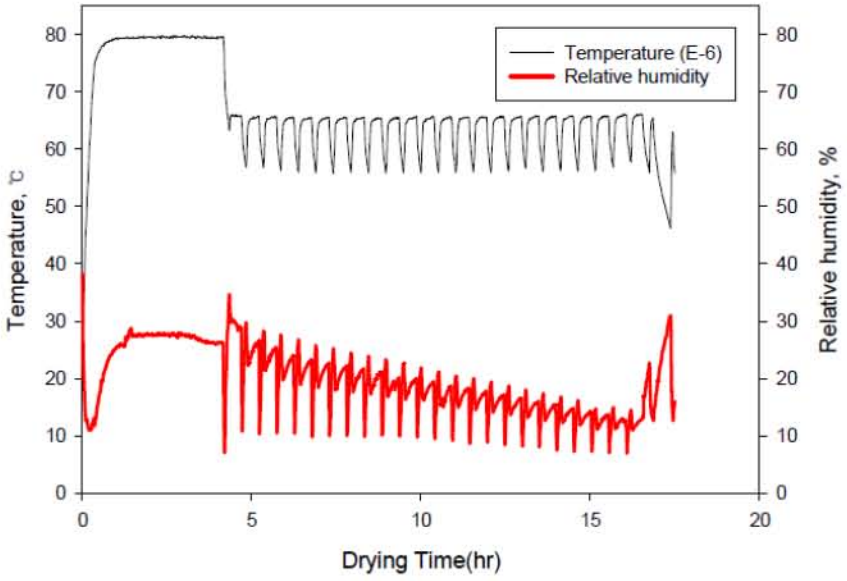


Fig. 37 Change of temperature and relative humidity in the drying chamber when heating time is 30 min. and humid air discharge time is 1 min.

Table 25 Test results when heating time is 30 min. and humid air discharge time is 1 min.

	Amount electricity(kWh)	Drying time(hr)	Efficiency (%)	SEC (MJ/kg)
E 6	11.30	20.75	17.73	13.24
	SPC (kWh/kg)	WRR (kg/hr)	ROD (%/hr)	Drying capacity (kg/hr)
	16.73	0.1481	3.40	0.1807

온습도제어방식의 일곱 번째 방법은 무배기 건조 시간을 22분, 배기 시간을 1분으로 설정하여 무배기 건조와 배기 건조를 반복하는 방법으로 건조하였으며 함수율 14%(w.b.)까지 건조하는데 총 배기 시간이 41분이었다. 건조 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 38에 나타내고 건조실내의 온도 변화와 습도 변화를 그림 39에 나타내었다.

실험 결과를 표 26에 나타내었으며 건조에 투입된 전력량은 10.92 kWh, 소요 시간은 19.78시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율은 각각 16.26 MJ/kg, 0.1556 kg/hr, 3.56 %/hr 로 측정 및 산출되었다.

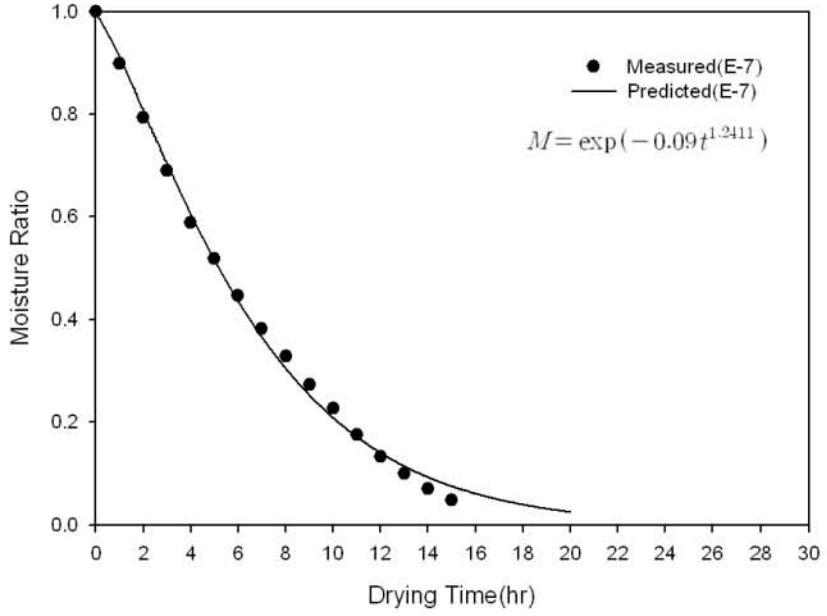


Fig. 38 Moisture ratio vs. drying time when heating time is 22 min. and humid air discharge time is 1 min.

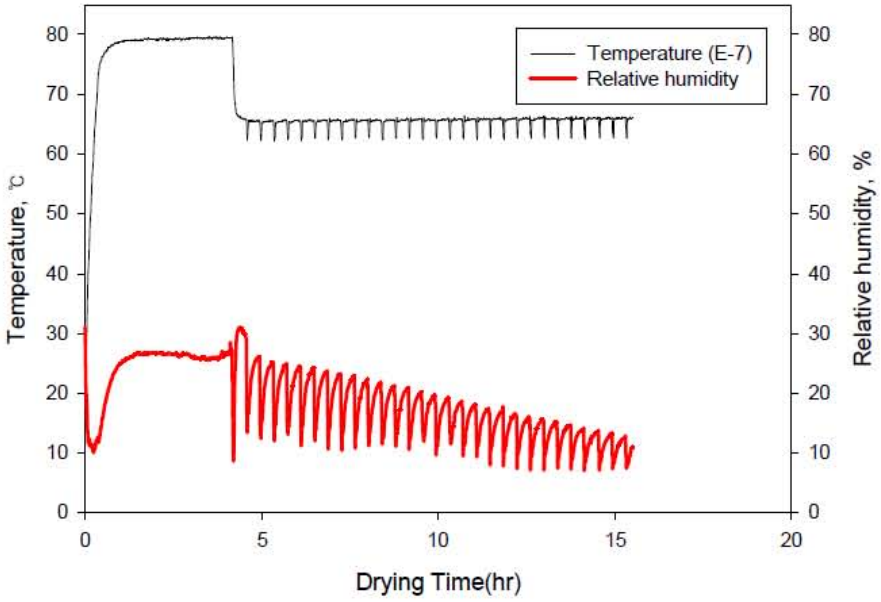


Fig. 39 Change of temperature and relative humidity in the drying chamber when heating time is 22 min. and humid air discharge time is 1 min.

Table 26 Test results when heating time is 22 min. and humid air discharge time is 1 min.

	Amount electricity (kWh)	Drying time(hr)	Efficiency (%)	SEC (MJ/kg)
E 7	10.92	19.78	18.24	12.87
	SPC (kWh/kg)	WRR (kg/hr)	ROD (%/hr)	Drying capacity (kg/hr)
	16.26	0.1556	3.56	0.1884

온습도제어방식의 여덟 번째 방법은 배기 시간은 1분으로 동일하나 무배기 건조 시간을 건조 초기에는 22분, 후기에는 42분으로 변경하여 설정하고 무배기 건조와 배기 건조를 반복하는 방법으로 건조하였으며 함수율 14%(w.b.)까지 건조하는데 총 배기 시간이 27분이었다. 건조 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 40에 나타내고 건조실내의 온도 변화와 습도 변화를 그림 41에 나타내었다.

실험 결과를 표 27에 나타내었으며 건조에 투입된 전력량은 10.83 kWh, 소요 시

간은 18.50시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율은 각각 16.03 MJ/kg, 0.1662 kg/hr, 3.81 %/hr 로 측정 및 산출되었다.

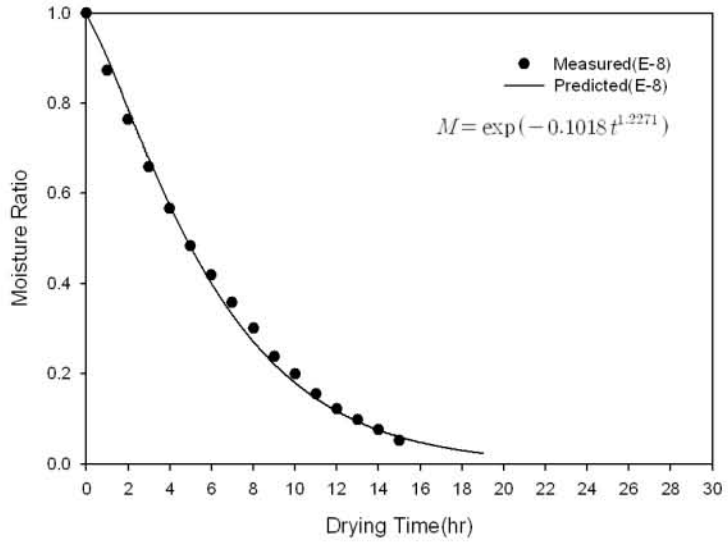


Fig. 40 Moisture ratio vs. drying time when heating time are changed as 22 min. and 42 min. in a row and humid air discharge time is 2 min.

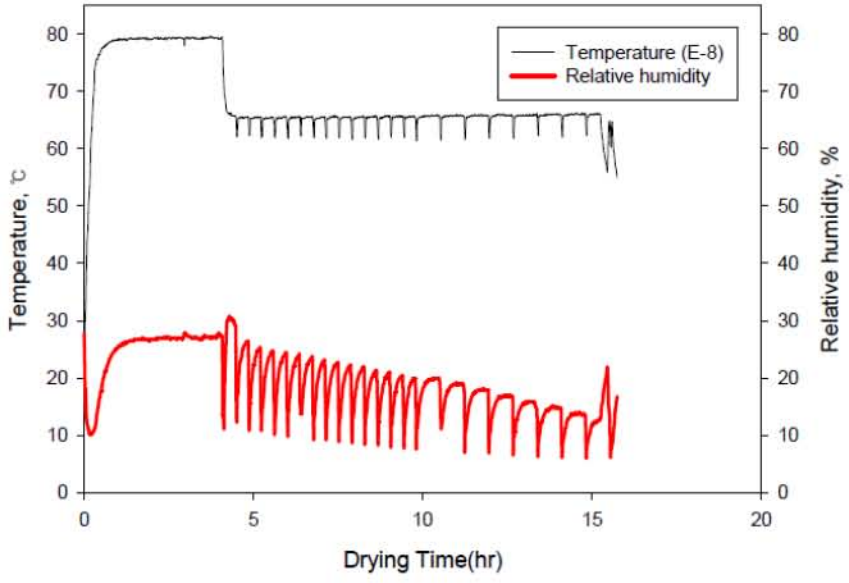


Fig. 41 Change of temperature and relative humidity in the drying chamber when heating time are changed as 22 min. and 42 min. in a row and humid air discharge time is 2 min.

Table 27 Test results when heating time are changed as 22 min. and 42 min. in a row and humid air discharge time is 2 min.

	Amount electricity(kWh)	Drying time(hr)	Efficiency (%)	SEC (MJ/kg)
E8	10.83	18.50	18.50	12.69
	SPC (kWh/kg)	WRR (kg/hr)	ROD (%/hr)	Drying capacity (kg/hr)
	16.03	0.1662	3.81	0.2027

(가) 온습도제어 시간에 따른 건조특성

온습도제어방식으로 건조하는 경우에는 건조실 내부의 상대습도의 유지 조건을 어떻게 하느냐에 따라 몇 가지 조건으로 구분될 수 있다. 온습도제어방식의 건조에서 배기 시간의 장단에 의한 건조 소요 시간, 소요 전력량차이를 비교를 위하여 배기 시간을 각각 1분, 2분, 20분으로 한 실험결과와 연속배기 건조의 실험결과를 비교하여 나타내었다.

각각의 실험조건에서 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 42에 그래프로 나타내었으며, 소비 전력량과 소요 시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율을 표 28에 나타내었다.

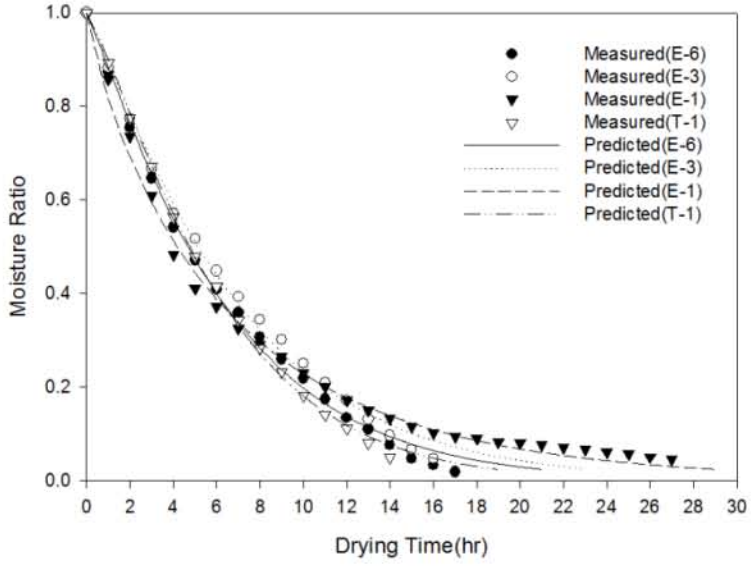


Fig. 42 Comparison of drying curves with the various heating and humid air discharge time

Table 28 Test results of drying with the various heating and humid air discharge time

Test designation	E 6	E 3	E 1	T 1
Amount electricity (kWh)	11.30	13.04	25.50	15.70
Drying time (hr)	20.75	22.80	28.69	18.40
Efficiency (%)	17.73	15.57	7.88	12.76
SEC (MJ/kg)	13.24	15.07	29.77	18.39
SPC (kWh/kg)	16.73	19.04	37.61	23.24
WRR (kg/hr)	0.1481	0.1344	0.1071	0.1671
ROD (%/hr)	3.40	3.09	2.46	3.83
Drying capacity (kg/hr)	0.1807	0.1666	0.1311	0.2038

실험에서 1회당 배기 시간이 길어질수록 소요 전력량이 11.30 kWh, 13.04 kWh 및 25.50 kWh로서 점점 더 증가하였으며, 건조에 소요되는 시간도 20.75시간, 22.80시간 및 28.69시간으로 점점 길어지는 경향을 보였다. 그러므로 비소요 에너지도 13.24 MJ/kg, 15.07 MJ/kg 및 29.787 MJ/kg로 증가하는 결과를 보였다.

연속배기 건조와 비교해서 배기 시간을 20분으로 하는 경우에는 오히려 건조 소요 시간 및 에너지가 모두 증가하는 결과를 나타냈다. 배기 시간을 1분 또는 2분으로 하는 온습도제어의 경우, 건조 소요 시간이 연속배기 건조보다 약 13%이상 증가하는 결과를 보였으나 소요 에너지면에서는 각각 약 28%, 17% 절감되는 것으로 나타났다.

(나) 배기 시간이 일정한 경우 무배기 시간의 차이에 따른 건조특성

온습도제어 건조 방법에서 무배기 시간의 장단에 따른 건조 소요 시간, 소요 전력

량 차이를 비교하기 위하여 배기 시간이 1분이면서 무배기 시간을 각각 22분, 30분으로 한 실험과 배기 시간은 20분이고 무배기 시간을 각각 40분, 70분으로 한 실험과 연속배기 건조의 실험결과를 비교하였다.

각각의 실험조건에서 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 43, 44에 나타내었으며, 소비 전력량과 소요 시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율 등을 표 29, 30에 나타내었다.

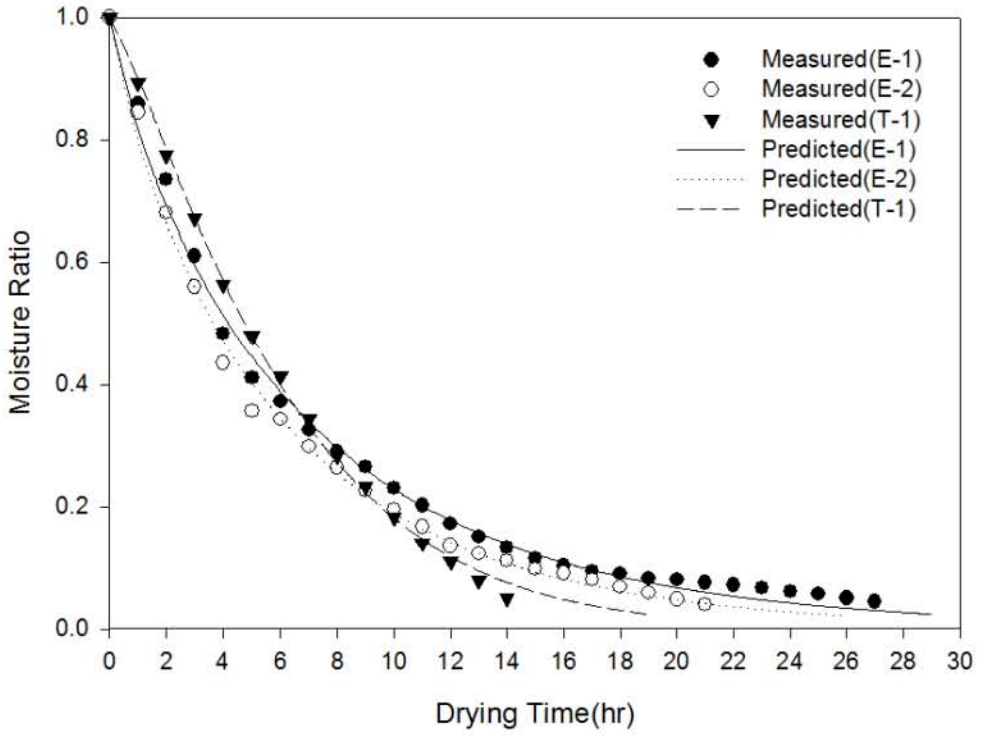


Fig. 43 Comparison of drying curves with the various heating time when humid air discharge time is 20 min.

Table 29 Test results with the various heating time when humid air discharge time is 20 min.

Test designation	E 1	E 2	T 1
Amount electricity (kWh)	25.50	17.16	15.70
Drying time (hr)	28.69	25.14	18.40
Efficiency (%)	7.88	11.61	12.76
SEC (MJ/kg)	29.77	20.22	18.39
SPC (kWh/kg)	37.61	25.55	23.24
WRR (kg/hr)	0.1071	0.1225	0.1671
ROD (%/hr)	2.46	2.80	3.83
Drying capacity (kg/hr)	0.1311	0.1482	0.2038

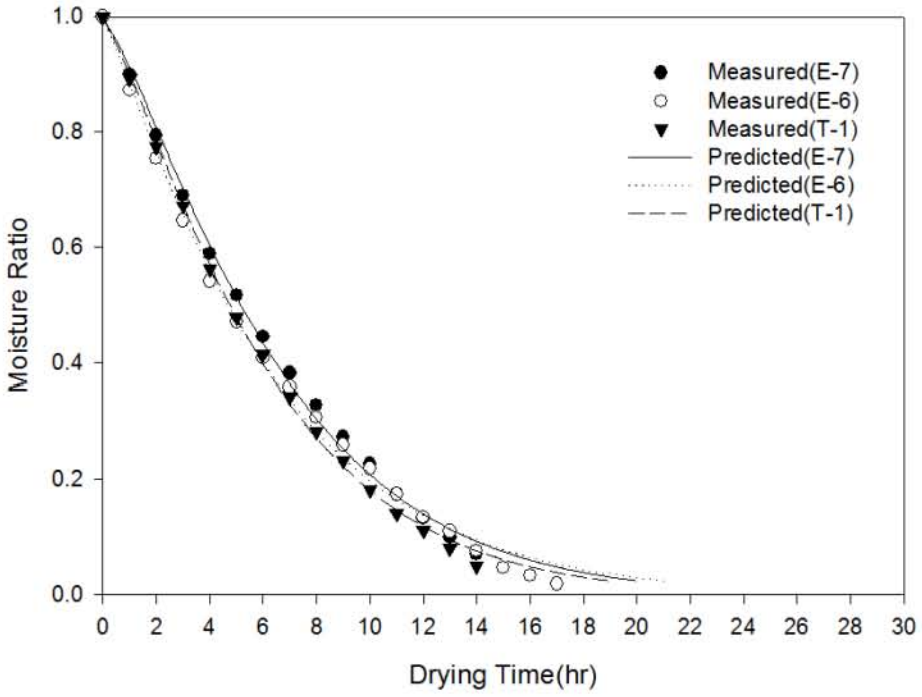


Fig. 44 Comparison of drying curves with the various heating time when humid air discharge time is 1 min.

Table 30 Test results with the various heating time when humid air discharge time is 1 min.

Test designation	E 7	E 6	T 1
Amount electricity (kWh)	10.92	11.30	15.70
Drying time (hr)	19.78	20.75	18.40
Efficiency (%)	18.24	17.73	12.76
SEC (MJ/kg)	12.87	13.24	18.39
SPC (kWh/kg)	16.26	16.73	23.24
WRR (kg/hr)	0.1556	0.1481	0.1671
ROD (%/hr)	3.56	3.40	3.83
Drying capacity (kg/hr)	0.1884	0.1807	0.2038

배기 시간이 20분으로 비교적 길었을 경우에는 무배기 건조 시간이 긴 경우에 소요 전력량이 감소하였으며 건조에 소요되는 시간도 짧아지는 경향을 보였다. 따라서 비소요 에너지 및 비소요 동력도 감소하는 결과를 보였다.

배기 시간이 1분으로 비교적 짧아졌을 경우에는 무배기 건조시간도 짧은 경우에 건조 소요 전력량이 감소하였으며 소요 시간도 짧아지는 경향을 나타냈다.

연속배기 건조와 비교해서는 온습도제어 건조를 한 경우 모든 실험에서 건조 소요 시간이 다소 늘어나는 결과를 얻었으나, 배기 시간이 비교적 짧고 무배기 건조 시간도 짧은 경우에 비소요 에너지가 18.39 MJ/kg 에서 12.87 MJ/kg 으로 최대 30% 감소하는 결과를 나타냈다.

(다) 온습도제어 건조기간 중 무배기 시간의 변화에 따른 건조특성

배기동작을 하기 전 무배기 시간을 동일하게 했을 경우와 2~3개의 시간대로 다양하게 하였을 경우를 비교하였으며, 각각의 실험조건에서 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 45에 나타내었다.

실험별 소비 전력량과 소요 시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율 등은

표 31에 나타내었다.

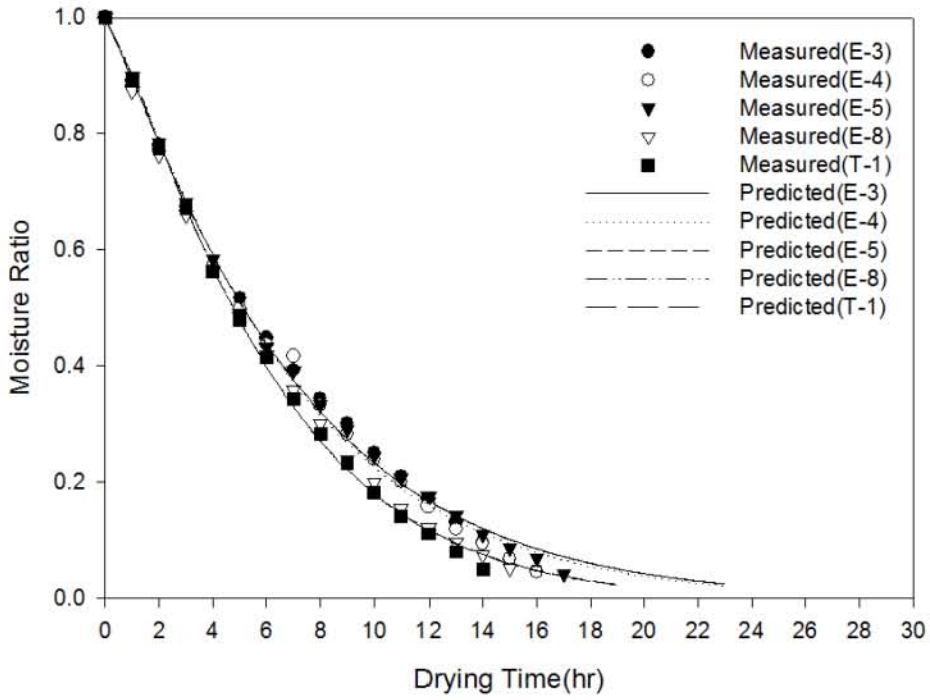


Fig. 45 Comparison of drying curves with the various heating conditions

Table 31 Test results of the drying red pepper with the various heating conditions

Test designation	E3	E4	E5	E8	T1
Amount electricity (kWh)	13.04	11.42	12.96	10.83	15.70
Drying time (hr)	22.80	22.11	22.93	18.50	18.40
Efficiency (%)	15.57	17.66	15.37	18.50	12.76
SEC (MJ/kg)	15.07	13.29	15.28	12.69	18.39
SPC (kWh/kg)	19.04	16.79	19.30	16.03	23.24
WRR (kg/hr)	0.1344	0.1388	0.1343	0.1662	0.1671
ROD (%/hr)	3.09	3.19	3.07	3.81	3.83
Drying capacity (kg/hr)	0.1666	0.1707	0.1625	0.2027	0.2038

무배기 건조 시간을 건조의 전, 중, 후반대에서 40분, 55분 및 70분의 3가지로 다르게 한 경우에 건조 소요 에너지가 비소요 에너지로서 13.29 MJ/kg 이 되어 무배기 시간을 일정하게 했거나 4가지로 세분했을 경우의 소요 에너지 15.07 MJ/kg, 15.28 MJ/kg 의 결과보다 비교적 적게 투입되었다. 건조 소요 시간 또한 22.11시간으로서 22.80시간, 22.93시간의 결과보다 짧았다.

무배기 건조 시간을 40분, 50분, 60분 및 70분의 4가지로 세분하였을 경우에 건조 소요 에너지가 비소요 에너지로서 15.28 MJ/kg 이 되어 무배기 시간을 40분으로 일정하게 했을 경우의 소요 에너지 15.07 MJ/kg 보다 적게 투입되었다. 그러나 건조 소요 시간은 22.93시간으로서 22.80시간 보다 소폭 증가하는 결과를 나타냈다.

연속배기 건조와 비교해서는 무배기와 배기를 반복하며 건조한 경우의 건조 소요 시간이 다소 길어졌으나, 소요 에너지는 모두 적게 투입되는 결과를 나타냈다. 그 중 배기동작을 1회당 1분으로 하고 무배기 건조 시간을 22분과 40분의 2가지로 다르게 하여 실험한 경우에 가장 소요 에너지가 적게 투입되고 건조 시간이 짧았다. 이 경우 소요 에너지가 비소요 에너지로서 18.39 MJ/kg 이 되어 연속배기 건조의 소요 에너지 12.69 MJ/kg 과 비교하면 31% 감소되었으며, 건조 소요 시간은 18.50시간으로서 연속배기 건조의 18.40시간과 거의 같은 결과를 나타냈다.

(4) 온습도제어 건조방식에 의한 건조 모델

전술한 고추 건조에 적합한 건조모델을 확인하기 위하여 건조모델 중에서 많이 이용되는 Newton 모델을 변형한 Page 모델을 선택하였다.

기초 실험의 연속배기 건조에서 모델식의 계수 A와 B는 각각 표 32와 같이 E 1에서 0.2004와 0.8671, E 2에서 0.2239와 0.8717, E 3에서 0.1114와 1.1158 등으로 계산되었으며 A 값이 작을수록 B 값은 클수록 건조 소요 시간이 짧아지는 경향을 확인할 수 있다. 그리고 F값은 2921.19~5693.03의 범위, P값이 0.0001 미만으로서 유의수준이 높게 나타났다.

Table 32 Coefficients of Page equations resulted from test drying with various heating conditions

Method of Drying	A	B	R^2	F value	P value
E 1	0.2004	0.8671	0.9974	5529.41	< 0.0001
E 2	0.2239	0.8717	0.9975	5114.00	< 0.0001
E 3	0.1114	1.1158	0.9984	4731.08	< 0.0001
E 4	0.1076	1.1406	0.9977	5063.98	< 0.0001
E 5	0.1111	1.1182	0.9983	11236.4	< 0.0001
E 6	0.1233	1.1185	0.9983	4927.61	< 0.0001
E 7	0.0900	1.2411	0.9935	5693.03	< 0.0001
E 8	0.1018	1.2271	0.9941	2921.19	< 0.0001

나. 건고추의 성분분석

(1) 건고추의 캡사이신 함량 분석

건고추의 캡사이신 함량 분석 결과는 각각의 건조 조건별로 3회 반복 측정하고 평균값으로 표 33에 연속배기 건조와 온습도제어 건조로 건조한 건고추의 값을 각각 나타내었다.

연속배기 건조에서의 건고추에서는 캡사이신의 함량이 total capsaicinoids로서 15.282 mg/100g, 온습도제어 건조에서의 건고추에서는 캡사이신의 함량이 11.266~34.865 mg/100g의 범위로 측정되었다. 건조 조건별 캡사이신의 함량은 무배기 시간 및 배기 시간의 변화에 따라 차이를 보이고 있으며 온습도제어 건조 조건의 건고추에서 다소 높게 측정되는 경향을 보였다. 그러므로 온습도제어방식의 건조 기술이 건고추 생산에 유리할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 33 Content of capsaicinoids in red peppers dried by traditional drying conditions and alternate ventilation conditions

Method of Drying	total capsaicinoids (mg/100g)	Capsaicin (mg/100g)	Dihydro_capsaicin (mg/100g)
E 1	27.470	18.024	9.446
E 2	23.693	15.612	8.081
E 3	26.165	16.698	9.467
E 4	11.266	7.444	3.822
E 5	17.764	11.892	5.873
E 6	26.050	16.219	9.831
E 7	17.393	11.162	6.231
E 8	34.865	22.877	11.988
T 1	15.282	10.245	5.037

(2) 건고추의 색도 분석

건고추의 색도 분석 결과는 각각의 건조 조건별로 3회 반복 측정하고 평균값으로 표 34에 연속배기 건조와 온습도제어 건조로 건조한 건고추의 값을 각각 나타내었다.

연속배기 건조에서의 건고추에서는 ASTA 값이 51.201, 온습도제어 건조에서의 건고추에서는 49.380~80.579로 측정되었다. 건조 조건별 ASTA 값은 무배기 시간 및 배기 시간의 변화에 따라 차이를 보이고 있으며 온습도제어 건조 조건의 건고추에서 다소 높게 측정되는 경향을 보였다. 그러므로 온습도제어방식의 건조 기술이 건고추 생산에 유리할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 34 Values of ASTA of red peppers dried by traditional drying conditions and alternate ventilation conditions

Method of Drying	ASTA
E 1	69.274
E 2	80.579
E 3	49.380
E 4	51.933
E 5	50.999
E 6	69.170
E 7	62.211
E 8	66.354
T 1	51.201

(3) 건고추의 당도 분석

건고추의 당도 분석 결과는 각각의 조건별로 3회 반복 측정하고 평균값으로 표 35에 연속배기 건조와 온습도제어 건조로 건조한 건고추의 값을 각각 나타내었다.

연속배기 건조에서의 건고추에서는 Total sugar 값이 11.083, 온습도제어 건조에서의 건고추에서는 9.567~12.883 으로 측정되었다. 건조 조건별 당도 함량은 무배기 시간 및 배기 시간의 변화에 따라 근소한 차이를 보이고 있으며 연속배기 조건과 온습도제어 조건의 건고추 간 큰 차이가 없는 경향을 보였다. 그러므로 온습도제어 방식의 건조 기술이 건고추 생산에 불리하지 않을 것으로 판단된다.

Table 35 Values of sugar contents in red peppers dried by traditional drying conditions and alternate ventilation conditions

Method of Drying	Total sugars (%)	Fructose (%)	Glucose (%)	Sucrose (%)
E 1	9.567	5.183	3.483	0.900
E 2	7.733	4.117	2.867	0.750
E 3	12.850	5.467	6.267	1.117
E 4	12.300	5.400	5.867	1.033
E 5	10.867	5.300	4.633	0.933
E 6	12.383	5.400	5.933	1.050
E 7	12.883	5.633	6.267	0.983
E 8	11.817	5.400	5.267	1.150
T 1	11.083	5.150	4.917	1.017

다. 건조방법별 성분분석 결과의 상관관계 분석

(1) 온습도제어 시간에 따른 성분 함량의 분석

연속배기 건조 및 실험에서의 건조에서 유효한 건고추의 성분을 SPSS를 이용하여 one way ANOVA 분석을 통하여 상관관계를 분석하였다.

연속배기 조건의 건조와 온습도제어방법 중 배기 시간을 1회당 1분, 2분, 20분씩 작동한 실험에서의 건고추 간 캡사이신, 색도 및 당도가 어떤 관계가 있는지 F-통

계량을 이용한 일원분산분석을 실시한 결과는 표 36과 같다.

전반적으로 볼 때, 건조방법별 성분함량이 관련성이 높은 것으로 조사되었으며, 캡사이신, 색도, 당도의 순으로 통계적으로 유의적인 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. ($p<0.05$)

Table 36 Results of one way ANOVA dried by controlling of the ventilation conditions

Items	Sum of squares	Mean square	F-value	p-value
Capsaicin	290.002	96.667	46.214	.000
ASTA	1070.250	356.750	43.242	.000
Sugar	19.342	6.447	9.007	.006

- ** : $p<0.01$, *** : $p<0.001$

앞의 분석 결과에서 캡사이신, 색도 및 당도의 함량차이가 정확히 어떤 건조방법에서 기인하는지를 사후분석하였으며 그 결과를 표 37에 나타내었다.

캡사이신의 함량은 유의수준 5%에서 위의 온습도제어 건조방법 실험 6, 3, 1 및 연속배기 건조방법으로 건조하였을 경우 실험 6, 3, 1간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 연속배기 건조의 경우 캡사이신의 함량이 15.2820으로 가장 낮게 나타나 실험방법별 캡사이신의 함량이 차이가 있음을 보여주고 있다. 색도는 유의수준 5%에서 실험 6과 3은 차이가 있고, 실험 3과 1도 차이가 있는 것으로, 실험 6, 1과 연속배기 건조방법간에도 차이가 있는 것으로 나타났다. 당도는 실험 6과 3, 실험 1과 연속배기 건조에서는 차이가 없는 것으로 나타났지만, 실험 6과 1, 실험 3과 1에서는 차이가 있는 것으로 나타났다.

위의 결과에서는 배기를 짧게 할수록 캡사이신, 색도 및 당도가 높은 편으로 나타나 유효성분 함량에 있어서는 유리한 건조방법이라고 판단할 수 있다.

Table 37 Results of Duncan's multiple test dried by the ventilation conditions

Method of drying	Capsaicin	ASTA	Sugar
E 6 (humid air discharge time is 1 min)	26.0497^{b}	69.0000^{b}	12.4000^{bc}
E 3 (humid air discharge time is 2 min)	26.1653^{b}	49.3333^{a}	12.8667^{c}
E 1 (humid air discharge time is 20 min)	27.4700^{b}	69.3333^{b}	9.6000^{a}
Traditional	15.2820^{a}	51.3333^{a}	11.1000^{ab}

• Means with different letters in a column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple test.

(2) 배기 시간이 일정한 경우 무배기 시간의 차이에 따른 성분 함량의 분석

연속배기 건조조건과 온습도제어 건조조건 중 배기 시간을 20분으로 하고 무배기 건조시간을 각각 40분, 70분으로 작동한 실험에서의 건고추 간 캡사이신, 색도 및 당도가 어떤 관계가 있는지 F-통계량을 이용한 일원분산분석을 실시한 결과는 표 38과 같다.

전반적으로 볼 때, 건조방법별 성분함량이 관련성이 높은 것으로 조사되었으며, 색도, 캡사이신, 당도의 순으로 통계적으로 유의적인 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. ($p<0.05$)

Table 38 Results of one way ANOVA dried by controlling of the heating conditions (1)

Items	Sum of squares	Mean square	F-value	p-value
Capsaicin	233.558	116.779	35.004	.000
ASTA	1312.889	656.444	37.872	.000
Sugar	16.722	8.361	6.648	.030

• * : $p<0.05$, ** : $p<0.01$, *** : $p<0.001$

앞의 분석 결과에서 캡사이신, 색도 및 당도의 함량차이가 정확히 어떤 건조방법에서 기인하는지를 사후분석하였으며 그 결과를 표 39에 나타내었다.

캡사이신의 함량과 색도는 유의수준 5%에서 위의 무배기 시간을 40분, 70분으로 하는 조건 및 연속배기조건으로 건조하였을 경우 각각 차이가 있는 것으로 나타나고 있다.

캡사이신은 무배기 시간을 40분씩 하는 실험에서 27.4700으로 가장 높게 나타났으며 무배기 시간의 차이에 따라 캡사이신의 함량이 차이가 있음을 보여준다. 색도는 무배기 시간에 따라 각각 차이가 있는 것으로 나타나며 그 시간이 70분 일 때 80.6667로 가장 높게 나타났다. 당도는 무배기 시간이 짧은 편이 높은 경향을 보였다.

위의 결과에서는 무배기 시간의 장단에 따라서 캡사이신, 색도 및 당도의 차이가 크게 나지 않는 것으로 판단할 수 있다.

Table 39 Results of Duncan's multiple test dried by controlling of the heating conditions (1)

Method of Drying	Capsaicin	ASTA	Sugar
E 1 (Heating and circulation time 40min)	27.4700^{c}	69.3333^{b}	9.6000^{ab}
E 2 (Heating and circulation time 70min)	23.6930^{b}	80.6667^{c}	7.7667^{a}
Traditional	15.2820^{a}	51.3333^{a}	11.1000^{b}

• Means with different letters in a column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple test.

그리고 표 40에 연속배기 건조와 온습도제어 건조 조건 중 배기 시간을 2분으로 하고 무배기 건조시간을 각각 22분, 30분으로 작동한 실험에서의 건고추 간 캡사이신, 색도 및 당도가 어떤 관계가 있는지 F-통계량을 이용한 일원분산분석을 실시하여 결과를 나타내었다.

전반적으로 볼 때, 건조방법별 성분함량이 관련성이 높은 것으로 조사되었으며, 색도, 캡사이신, 당도의 순으로 통계적으로 유의적인 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. ($p<0.05$)

Table 40 Results of one way ANOVA dried by controlling of the heating conditions (2)

Items	Sum of squares	Mean square	F-value	p-value
Capsaicin	195.341	97.671	58.203	.000
ASTA	477.556	238.778	153.500	.000
Sugar	5.180	2.590	0.764	.506

• * : $p<0.05$, ** : $p<0.01$, *** : $p<0.001$

분석 결과에서 캡사이신, 색도 및 당도의 함량차이가 정확히 어떤 건조방법에서 기인하는지를 사후분석하였으며 그 결과를 표 41에 나타내었다.

캡사이신의 함량과 색도는 유의수준 5%에서 위의 무배기 시간을 22분, 30분으로 하는 조건 및 연속배기 조건으로 건조하였을 경우 각각 차이가 있는 것으로 나타나고 있다.

캡사이신은 무배기 시간을 30분씩 하는 실험에서 26.0497로 가장 높게 나타났으며 무배기 시간의 차이에 따라 캡사이신의 함량이 차이가 있음을 보여준다. 색도는 무배기 시간에 따라 각각 차이가 있는 것으로 나타나며 그 시간이 30분 일 때 69.0000으로 가장 높게 나타났으며 무배기 시간의 차이에 따라 캡사이신의 함량이 차이가 있음을 보여준다. 당도는 실험의 조건별로 큰 차이가 없음을 나타내었다.

위의 결과에서는 무배기 시간을 30분으로 하였을 경우 유효성분 함량이 높아지는 유리한 방법인 것을 판단 할 수 있다.

Table 41 Results of Duncan's multiple test dried by controlling of the heating conditions (2)

Method of Drying	Capsaicin	ASTA	Sugar
E 7 (Heating and circulation time 22min)	17.3927^{a}	62.3333^{b}	12.9000^{s}
E 6 (Heating and circulation time 30min)	26.0497^{b}	69.0000^{c}	12.4000^{a}
Traditional	15.2820^{a}	51.3333^{a}	11.1000^{a}

• Means with different letters in a column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple test.

(3) 온습도제어 건조기간 중 무배기 시간의 변화에 따른 성분 함량의 분석

연속배기 건조조건과 온습도제어 건조조건 중 무배기 시간을 40분, 22분-42분으로 변화, 40분-55분-70분으로 변화, 40분-50분-60분-70분으로 변화시키면서 작동한 실험에서의 건고추 간 캡사이신, 색도 및 당도가 어떤 관계가 있는지 F-통계량을 이용한 일원분산분석을 실시한 결과는 표 42와 같다.

전반적으로 볼 때, 건조방법별 성분함량이 관련성이 높은 것으로 조사되었으며, 캡사이신, 색도의 순으로 통계적으로 유의적인 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. ($p<0.05$)

Table 42 Results of one way ANOVA dried by controlling of the various heating conditions

Items	Sum of squares	Mean square	F-value	p-value
Capsaicin	1070.461	267.615	52.728	.000
ASTA	582.000	145.500	42.794	.000
Sugar	8.177	2.044	4.224	.029

- * : $p<0.05$, ** : $p<0.01$, *** : $p<0.001$

앞의 분석 결과에서 캡사이신, 색도 및 당도의 함량차이가 정확히 어떤 건조방법에서 기인하는지를 사후분석하였으며 그 결과를 표 43에 나타내었다.

캡사이신의 함량과 색도는 유의수준 5%에서 위의 건조조건 중 무배기 시간을 40분-55분-70분 또는 40분-50분-60분-70분으로 변화시키는 실험과 연속배기 조건의 실험간에는 차이가 없는 것으로 나타나지만 습도유지를 40분으로 고정하거나 22분-42분으로 변화시키는 조건으로 건조하였을 경우에는 각각 차이가 있는 것으로 나타나고 있다. 습도의 유지시간을 건조 중에 변화시키는 것에 따라 캡사이신의 함량이 차이가 있음을 보여준다. 색도는 무배기 시간을 22분, 42분으로 변화시키는 조건의 실험과 다른 실험간 색도의 차이가 있는 것으로 나타나 무배기 시간을 변화시키는 것이 색도의 변화에 영향이 있음을 보여준다. 당도는 실험군과 연속배기 건조조

건 간의 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며 연속배기 조건과 무배기 시간을 40분으로 설정한 실험간에는 차이가 있음을 보여준다.

위의 결과에서는 무배기 건조시간대를 건조 전기에 22분, 후기에 40분으로 설정하는 것이 유효성분 함량이 높아지는 유리한 방법인 것을 판단할 수 있다.

Table 43 Results of Duncan's multiple test dried by controlling of the various heating conditions

Method of Drying	Capsaicin	ASTA	Sugar
E3 (Heating and circulation time 40min)	26.1653^{c}	49.3333^{a}	12.8667^{c}
E4 (Heating and circulation time 40-55-70min)	11.2660^{a}	52.0000^{a}	12.3333^{bc}
E5 (Heating and circulation time 40-50-60-70min)	17.7643^{b}	51.0000^{a}	10.9000^{a}
E8 (Heating and circulation time 22-42min)	34.8653^{d}	66.3333^{b}	11.8667^{abc}
Traditional	15.2820^{ab}	51.3333^{a}	11.1000^{ab}

• Means with different letters in a column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple test.

4. 결과 및 고찰

고추의 건조에서 문제되는 것 중의 하나는 건조에 소요되는 에너지 투입이 과다한 것이라고 할 수 있다. 본 연구는 이러한 건조 소요 에너지를 절감시킬 수 있는 특히 고추의 건조 시 배출되는 공기의 건조 잠재력을 충분히 활용할 수 있고, 또한 고추 내부의 수분이 고추의 외피부로 원활히 이동할 수 있도록 조건을 설정하여 템퍼링 효과를 얻을 수 있는 건조 방법을 적용하였다. 그리하여 건조에 소요되는 에너지를 절감할 수 있는 고추 건조 기술 개발을 위하여

① 홍고추의 건조에 많이 사용되고 있는 전기히터를 열원으로 하는 전열 온풍방식으로 선정하고, 외부 공기의 흡입 및 내부 공기의 배출을 위한 개폐장치를 설치하고, 전기히터 및 송풍기의 용량과 크기를 결정하여, 실험용 건조기를 제작하였고,

② 실험용 건조기의 건조 운전 조건을 무배기 건조시간과 배기 건조시간으로 다양하게 변화시킬 수 있는 건조 알고리즘과 제어부를 개발하였으며,

③ 연속배기 조건의 실험과 무배기 시간 및 배기 시간을 다양하게 변화시킨 온습도제어 조건을 설정한 홍고추의 건조실험을 하였으며, 고추 건조에 적합한 건조모델을 Page 모델식으로 산출하여 건조식을 구하였고,

④ 건고추의 캡사이신, 색도 및 당도의 성분 측정을 실시하고,

⑤ 각각의 건조 방법별 건고추의 성분과의 유의성을 분석하였으며, 이들의 연구수행 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 기초 실험에서 연속배기방식의 건조는 80℃의 온도에서 무배기 건조 동작을 4시간 실시하고, 그 후의 단계에는 65℃의 일정한 온도로 연속적인 배기 중에 건조하였다. 온습도제어방식의 건조는 연속배기방식과 4시간의 무배기 건조 동작은 같지만 그 후의 단계에서 무배기와 배기를 반복하는 건조 방법으로 하였다. 연속배기방식과 온습도제어방식 모두 평균 함수율 14%까지 건조하였다.

2. 온습도제어방식의 건조 실험에서 1회당 배기 시간이 줄어들수록 비소요 에너지가 연속배기 조건 대비 18.39 MJ/kg에서 13.24 MJ/kg로 28% 감소하며 건조 소요 시간도 짧아지는 경향을 보였다. 배기 동작 전 무배기 건조시간이 길어질수록 비소요 에너지가 연속배기 조건 대비 12.87 MJ/kg로 30% 감소하며 건조 소요 시간도 짧아지는 경향을 보였다. 또한, 무배기 건조 시간이 전체 건조기간 중에 동일한 경우 보다는 2가지로 다르게 하여 건조하였을 경우에 비소요 에너지가 연속배기 조건 대비 12.69 MJ/kg로 31% 절감되고, 건조 시간도 짧아지는 경향을 보였다.

3. 고추 건조에 적합한 건조모델을 확인하기 위해 많이 이용되는 Newton 모델을 변형한 Page 모델을 선택하여 실험상수를 산출하였으며 기초 실험 및 응용실험에서 유의수준이 높게 나타나는 결과를 얻었다.

4. 건고추의 성분 분석은 HPLC 방법으로 캡사이신과 당도를 측정하였고 분광분석의 방법을 통하여 ASTA 값을 색도로 하였다. 연속배기 건조와 비교하여 온습도제어 건조에서의 캡사이신과 ASTA 값이 높게 측정되었으며, 당도값은 큰 차이가 없었다.

5. 건고추에서 측정된 캡사이신, 색도 및 당도값이 건조 방법에 따라 어떤 관계가 있는지 SPSS를 이용한 one way ANOVA 분석을 실시하였다. 각각의 실험에서 건고추의 성분함량이 서로 관련성이 높은 것으로 조사되었으며 통계적 유의성을 보이고 있었다.

(1) 1회당 배기 시간을 1분, 2분, 20분으로 설정한 실험에서 배기 시간이 짧아질수록 캡사이신, 색도 및 당도가 높은 편을 나타냈다.

(2) 배기 시간을 20분으로 한 경우 무배기 시간을 40분과 70분으로 달리한 실험에서 무배기 시간을 길게 하는 편이 색도의 수치가 높게 나타났으며, 배기 시간을 2분으로 한 경우 무배기 시간을 22분과 30분으로 달리한 실험에서 무배기 시간을 길게 하는 편이 캡사이신과 색도의 수치가 높게 나타났다.

(3) 무배기 시간을 건조 후기로 갈수록 길게 설정한 실험에서 건조 후기로 진행하면서 무배기 시간을 여러 단계로 변화시킬수록 캡사이신은 감소하는 경향을 보였다.

이에 종합적으로 판단해 보면 기초 실험결과 건조 기간 중 적절한 배기를 위하여 무배기 시간을 20~40분으로 설정하되, 건조 후기로 갈수록 1회당 무배기 시간을 길게 하고 배기 시간을 1회당 1분 내외로 하는 온습도제어 건조방법이 소요 에너지, 소요 시간 및 유효 성분 함량면에서 유리한 것으로 비교 분석되었다.

제2절 농가용규모 온습도 제어용 고추 건조기 개발

1. 서론

고추(Capsicum annuum var. logum)는 가지과에 속하는 1년생 초본으로 우리나라에는 약 400년 전에 도입되었으며, 이때부터 중요한 기호식품의 하나로 이용되어 왔다. 이는 고추가 캡사이신 등의 카로테노이계 색소와 매운맛을 갖고 있기 때문에 식품에 첨가하면 식품의 색을 다양하게 할 뿐 아니라 냄새와 맛을 크게 증진시키는 효과를 갖고 있기 때문이다.(사동문 외, 2010)

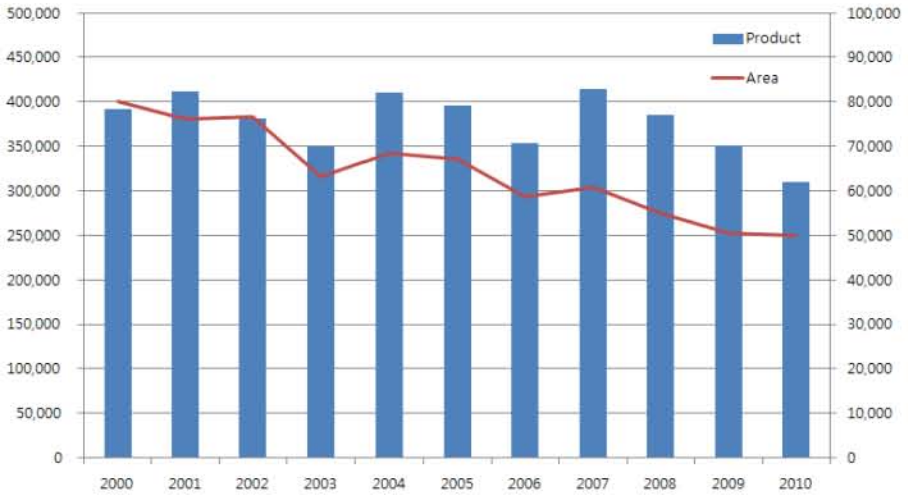


Fig. 46 Production and Area of red pepper (Source : National Statistical Office, 2011)

Fig. 47 Price of red pepper (Source : Korea Agro-Fisheries&Food Trade Corp.)

우리나라 고추는 2000년대에 들어오면서 재배 면적이 지속적으로 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 반면에 고추가격은 2009년 대비 2011년에는 약 2배 이상 상승하였다. 기후변화에 따른 일기불순으로 인하여, 고추의 건조가 어려워지고, 품종이 개량되어 과피가 두꺼워졌으며, 면세유 가격의 상승으로 인하여 건조 비용이 점차 상승하고 있으며, 농촌인구의 고령화와 및 인구 감소 노동력 부족 또한 고추 재배를 꺼리게 되고 있다.

2011년 9월 중순까지 냉동고추 수입량은 5,555톤으로 2011년의 2,727톤에 비해 2배 이상 증가했고 앞으로도 크게 늘어날 것으로 전망된다.(농림수산검역검사본부, 2011) 국내에 수입된 중국산 건고추(냉동고추 건조품)의 원가는 1kg당 5,820원 정도로 추정되며 2011년 9월 21일 도매시장 평균거래가격은 7,100원으로 조사되었다. 한편, 국산 건고추(화건)의 중품 도매평균가격의 1 kg당 22,833원에 비해 가격 경쟁력을 갖추고 있어 향후에도 민간의 중국산 냉동고추 수입이 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 한편 최근 몇 년간 중국산 고추의 가격이 계속 높게 형성되면서 올해는 내몽고, 길림, 신강 등 북방 주산지의 재배면적이 작년보다 약 20%가 증가했다. 최근의 일기불순 및 냉동용 홍고추(물고추)로 수확되는 물량 증가를 감안하더라도 건고추 생산량이 10% 정도 증가할 것으로 보인다(농수산물유통공사, 2011). 국내에서는 지속적으로 재배면적이 감소하는 반면, 중국에서는 지속적으로 생산량과 재배면적을 늘리고 있기 때문에, 앞으로 국내산 고추의 가격은 지속적으로 상승할 것이다.

농촌진흥청의 고추재배농가 소득관련 자료에 따르면 10a를 기준으로 연 1기작을 행하는 농가의 경우, 5,160kg의 고추를 생산하는 것은 조수입으로 1천8백만 원인데 비하여 기계건조 방법을 통하여 건고추로서 판매하기 위하여 9백만원 이상의 경영비용이 소요된다. 9백만 원의 경영비용 중 건조를 위한 광열동력비가 전체의 40.7%를 차지하는 것으로 계산되며, 기계건조 방법이 아닌 기계건조와 비닐하우스를 연계하는 건조방법을 사용하더라도 전체 경영비용의 약 11%가 에너지 비용으로 소요된다는 조사가 있는 바(고학균, 1998), 광열동력비를 낮추는 것은 직접적인 농가의 소득으로 이어질 수 있다.

현재 우리나라에서 고추건조는 태양건조를 할 경우 10일, 농가에 보급된 화력건조기에서 30시간 이상 소요되고, 화력 또는 전기 건조기와 비닐하우스를 연계하여 약 5일정도 건조하는 방법이 있다 또한, 2004년부터 고추 건조용 전기건조기가 대량 보급 되고 있는데, 시장규모는 연간 6만대(약 일천이백억 원) 이상 판매되고 있으며, 전국의 고추건조기를 제작하는 회사는 농기계 가격집 등록기준 약 70개로서 그

중 대구. 경북지역에 40%가 집중되어 있다. (한국농기계공업협동조합, 2011)

보급되는 건조기의 50%이상은 소형 선반식 전기 열풍형이며, 1회 건조량이 50kg~90kg이고, 소요되는 시간은 35~55시간 정도이다. 면세유가 2005년에는 576 원/L 이었는데 2011년에는 1120 원/L 까지 약 175% 가격인상이 되어서 화력 건조기는 경제성이 없으며, 상대적으로 가격이 저렴한 농업용 전기를 이용할 수 있는 전기 건조기로 바뀌고 있는 추세이다. 하지만 이러한 전기 건조기를 사용함에 있어서, 관행의 고추 건조는 초기온도 65℃에서 5~6시간 건조시킨 후 60℃에서 7~8시간, 55℃에서 15~17시간동안 건조시키는 온도제어 방법만을 적용시키고 있다.

건조초기에는 고추의 함수율이 높아 고추로부터 수분의 증발속도가 빠르기 때문에 가열된 공기는 건조잠재력(drying potential energy)만큼 고추의 수분을 증발시킬 수 있어 습도가 높은 공기가 배습구로 배출되며 에너지의 효율을 높일 수 있다. 그러나 고추의 건조가 진행됨에 따라 함수율은 낮아지고 건조속도도 떨어진다.

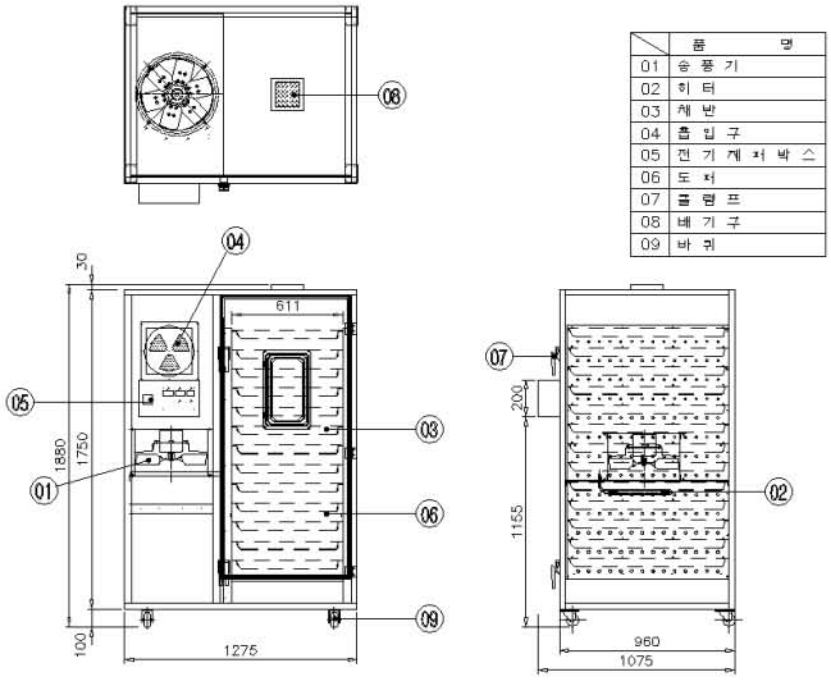


Fig. 48 Schematic diagram of a traditional dryer.

다음의 그림 48에 관행 건조기의 구성도를 나타내었으며 그의 구조는 흡입구(4)로 들어온 외부의 공기가 송풍기(1)를 통하여 히터(2)를 통과하면서 공기가 가열되어 건조실 내부로 들어간 후 습기를 포함한 더운 공기는 배기구(8)로 빠져나가게 된다. 이러한 과정에서 가열된 공기는 건조잠재력만큼 고추의 수분을 증발시키지

못하고 낮은 습도의 상태로 배습구로 배출된다. 이는 배출되는 공기가 고추의 수분을 증발시킬 수 있는 유효에너지를 가지고 있음에도 불구하고 온도만을 제어함으로 건조효율 저하와 에너지 낭비를 초래하게 된다.

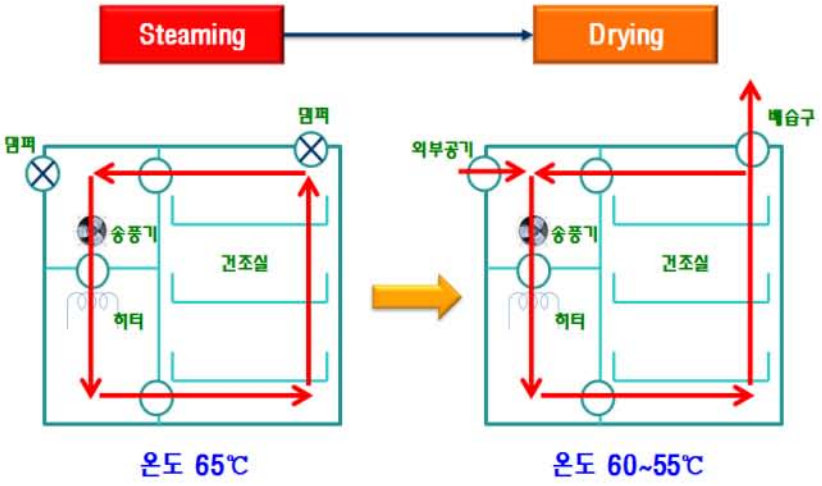


Fig. 49 Drying mechanism of a traditional dryer.

또한 70개가 넘는 건조기 제조회사에서 우후죽순으로 건조기가 보급되고 있으며 대리점 또는 유통업체들을 통하여 2월말부터 보급되기 시작해서 9월 중순까지 보급되나, 건조기는 고추를 수확하는 8월 초부터 9월 중순까지로서 약 45일간만 사용되기 때문에, 영세한 건조기 회사들은 소비자들에게 충분한 사용설명과 사후봉사를 제대로 할 수 없는 실정이며, 이로 인하여 소비자들의 불만이 고조되고 있다.

소비자들은 건조 후 고추의 색이 너무 검다거나, 건조가 전반적으로 균일하지 못하다거나, 같은 양의 고추를 수확했는데 타 농가보다 전기요금이 많이 나온다는 등의 불만을 주로 토로하고 있다.

따라서, 우리나라 고추 재배 농가에 가장 많이 보급되어 있는 농가용 선반식 열풍 전기 건조기의 최적 작동 조건과 고추 건조시 배출되는 공기의 건조 잠재력을 최대한 이용하기 위하여, 배출되는 공기의 상대습도를 변화시켜 에너지의 이용도를 높일 수 있는 건조방식을 구명하고자 하며 구체적인 내용은 다음과 같다.

1) 먼저 시중에 가장 많이 보급 되고 있는 농가용 선반식 열풍 전기 건조기를 구비하여, 기존의 온도제어 단순 배기 시스템과 비교 분석하여, 효율적인 흡·배기 시스템을 구현하며, 소요 에너지 측면과 건조품질을 비교하여 최적 고추 투입량을 구명하고, 건조 작업 효율과 고추의 품질에 영향을 미치는 적정온도 조건을 구명하였다.

2) 앞서 실험실규모의 방식을 농가용규모에 적합하도록 건조장치를 설계하였고, 이를 이용하여 열풍이 연속으로 배기되는 관행의 건조방식을 배기주기와 시간을 변화시키는 건조방식으로 적용한 후, 이 건조방식이 고추의 건조특성과 건조 에너지, 건조된 고추의 품질 등에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

고추의 건조실험에 사용한 홍고추는 강원도 평창에서 재배된 '정통', 경북 밀양에서 재배된 품종이었으며 홍고추를 구입 후 그림 50과 같이 3~5℃를 유지하는 저온저장고에 보관하였으며, 실험시작 24시간 전에 상온의 실험실에 꺼내어 품온을 상온과 같도록 한 후 실험에 사용하였다.

Fig. 50 Low temperature storage system of red pepper used in the experiment.

아래의 그림 51에 실험에 사용한 홍고추를 나타내었고, 10개의 홍고추 샘플에 대한 길이와 평균길이를, 측정된 직경과 평균 직경을, 각의 중량과 평균 중량을 측정 및 산출하였다. 평균 과장은 127.5 mm, 과경은 가장 긴 방향으로 평균 21.8 mm, 과피는 2.4 mm, 과중은 24.8g인 홍고추를 사용하였다.

초기함수율은 시료 량을 약 300g으로 하여 24시간 동안 실험용 오븐을 이용하여 측정하였다. 초기함수율은 약 82.6 ~ 85.6% (w. b.)로 측정되었다.

Fig. 51 Red pepper used in the experiment.

나. 실험장치

(1) 실험용 건조기의 형식 선정

본 연구에서는 최적 건조 작업조건을 구명하기 위해서 일반적으로 농가에 가장 많이 보급되어 있는 소형 선반식 열풍 전기 건조기를 이용하였으며 그 구성도면을 그림 52에 나타내었다.

30 ㎜의 두께로 제작된 우레탄 패널 박스의 상단에 360 W의 모터(01)가 1개가 장착되어 있으며, 송풍기(02)의 상용 회전수는 3250 rpm이며 송풍기 좌. 우측에 각 1개씩 1.6 kW의 전기히터(03)가 장착되어 있는 구조이다. 송풍기는 히터에서 발열된 열과 함께 좌우 덕트로 가열된 공기를 보내며, 10개의 채반(04) 사이에 16개의 9 mm의 지그재그로 뚫려진 구멍으로 열풍이 골고루 보내어진다. 외부의 공기는 흡입조절댐퍼(10)를 통하여 들어오게 되며 건조실 내부를 데운 폐열과 함께 배기구(09)를 통하여 빠져나간다. 건조실 용적은 0.7m^{3}이며 채반의 크기는 600 mm × 900 mm × 50 mm이다. 건조기 형식 선정에 있어서는 전기히터를 열원으로 하고 발생하는 열량을 송풍기를 사용하여 열풍으로 공급할 수 있는 전열 온풍방식으로 하였으며, 시작기의 Layout 구성은 흡·배기구 및 내부 순환 밸브를 장착하여 관행의 건조방식과 본 연구에서의 온습도제어 건조방식 시 배기구를 열고 닫을 수 있도록 구성하였다.

로드셀 위에 건조장치를 올려놓고 건조 진행 중 고추의 변화되는 무게를 측정하였으며, 데이터를 저장용 장치, 개인용 컴퓨터 및 센서 장착의 모습을 그림 53~55에 나타내었다. 그림 56에는 실험 전·후의 건조기 내 고추의 모습을 나타내었다.

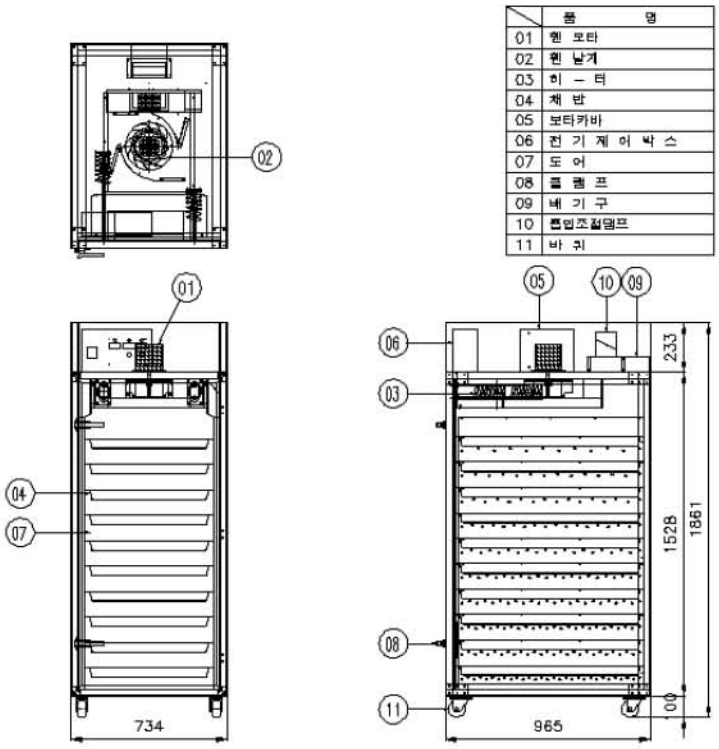


Fig. 53 Schematic diagram of the dryer for the experiment.

Fig. 54 The picture of apparatus for experiment.

Fig. 55 Load cell for the experiment.

Fig. 56 Red pepper before drying(left)vs a after drying(right).

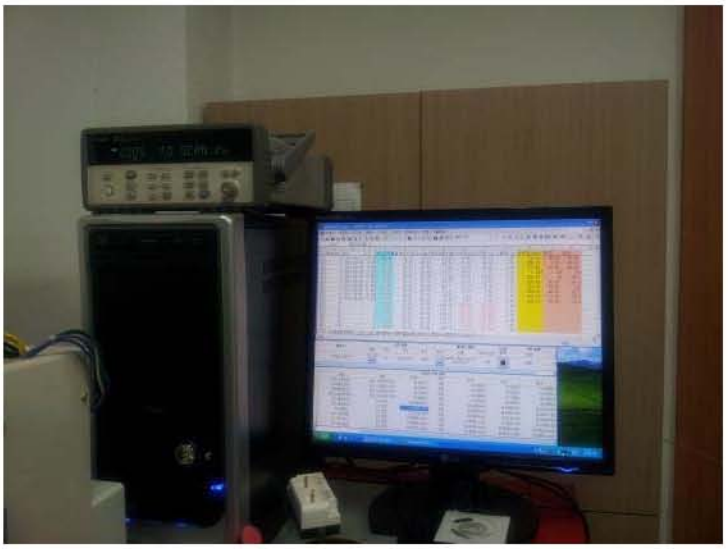


Fig. 57 Data logger for the experiment.

(2) 농가용규모 건조기의 제어장치

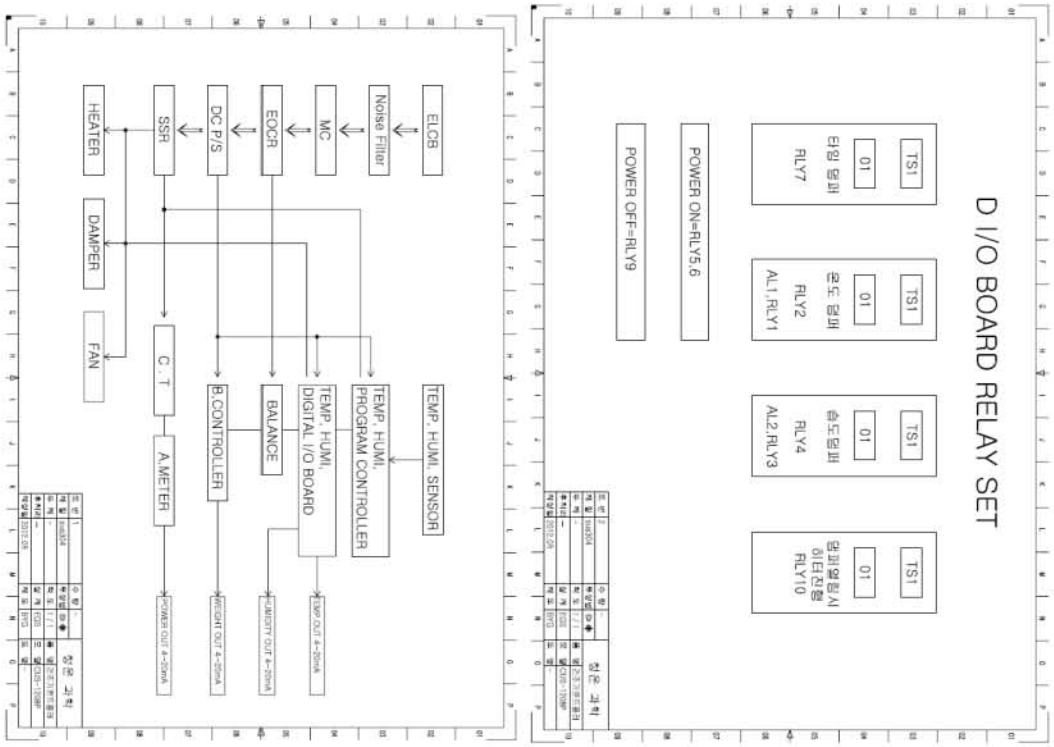
일반적으로 건조기의 온도조절은 목표온도에 도달하였을 때 히터에 전원공급을 중단하고 송풍팬을 지속적으로 작동하여 건조동작을 수행하다가 설정 온도이하로 떨어졌을 시 다시 히터에 전원공급을 하여 고온건조 공기를 생산하여 건조실로 공급하는 on-off 온도제어 방식을 도입하고 있다.

본 연구에서는 가온 순환 건조,건조 및 온습도제어 건조조건에 부합하는 송풍팬과 히터의 전원공급, 공기의 흡·배기구 개폐를 원활히 조절할 수 있도록 제어장치를 구성하였다.

그림 58에는 실험용 건조기에 사용된 콘트롤 장비(TEMI 850, 삼원테크)을 이용한 컨트롤러를 나타내었다. 건조 중 공급되는 건조공기의 온도를 상승시키는 시간대를 설정하거나 상승한 온도를 유지시키는 시간대를 각각 설정할 수 있도록 시간을 입력하는 세그먼트가 다수개로 구성이 되어있다. 온습도제어 건조 시에는 입력된 시간만큼 배기구를 여는 동작을 원활히 할 수 있도록 건조의 전체 구간을 세분화된 세그먼트로 나누어서 각각 프로그램 할 수 있는 장비이다. 건조 실험 시 시간의 변화에 따른 홍고추의 함수율을 측정하여 목표 함수율에 도달하였을 때 건조기 작동을 중단하여 건조를 마무리해야한다. 그러나, 매 시간마다 건조기 도어를 열어 채반과 함께 홍고추를 꺼내어 중량을 측정하여 함수율을 계산하는 방법은 비효율적이며, 건조조건이 변동될 수 있는 요인을 제공하면서도 피건조물의 함수율 또한 근사치로 얻을 수밖에 없다. 그러므로 정밀도가 높은 대용량 저울을 사용하여 저울의

위에 제작된 실험용 건조기를 올려놓고 중량변화를 실시간으로 측정 및 기록할 수 있도록 하였다. 건조 실험에서의 목표 함수율에 해당하는 중량값을 미리 산정하여, 그 값이 되었을 때 시스템을 대기상태로 전환시켜서 건조작업을 마무리 할 수 있도록 구성하였다.

Fig. 58 Controller for the experiment.



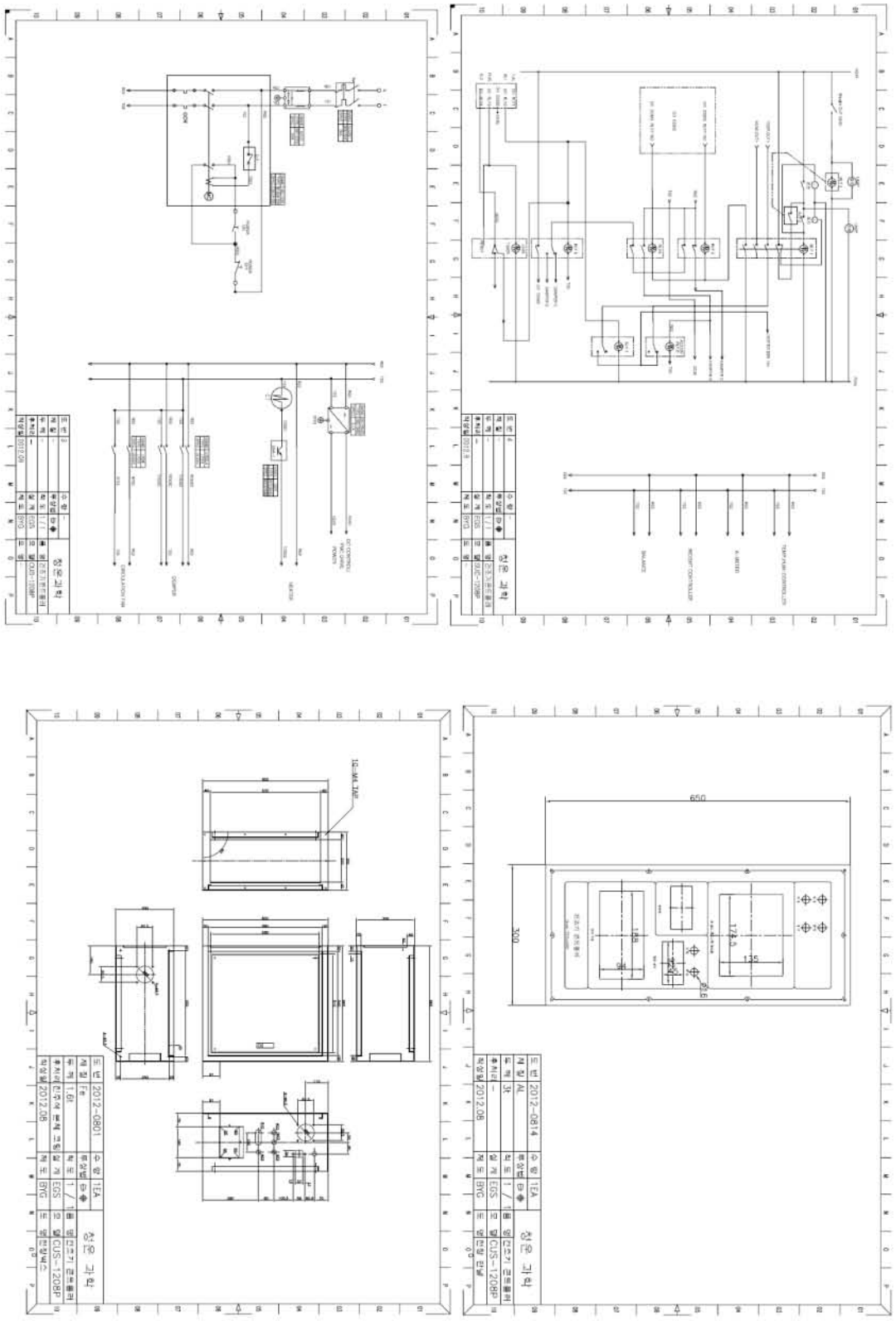


Fig. 59 Controller drawings for the experiment.

농가용 건조기 적용 실험에서의 연속환기 건조는 70℃의 온도에서 무환기 건조를 6시간 실시하고, 그 후의 단계에는 50℃의 일정한 공급 건조공기 온도에서 연속환기 건조의 방법으로 평균 함수율 14%까지 건조했을 때 시간에 따른 함수비의 변화를 나타내었다.

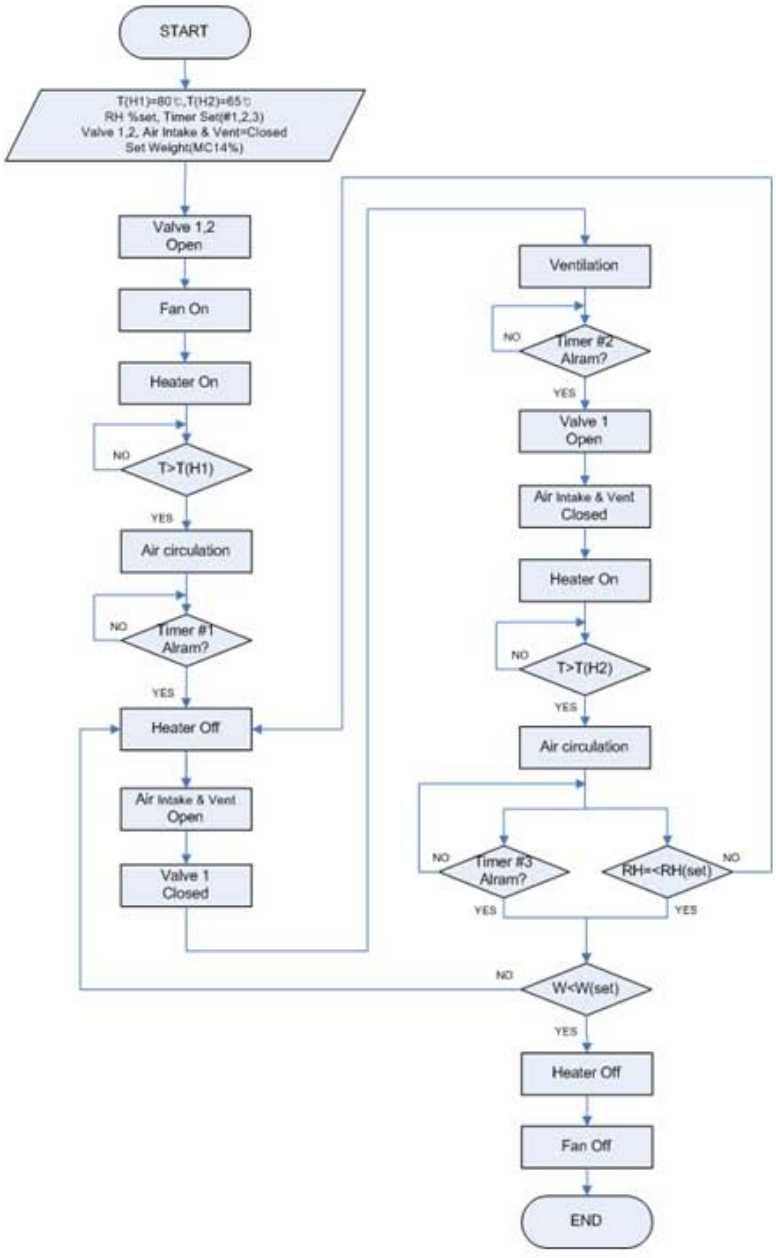


Fig. 60 Algorithm for controlling heating and air circulation of the dryer in the application test.

농가용 건조기를 이용한 적용 실험 장치에서도 기초 실험용 건조기에서와 같이

건조를 수행하면서 설정 온도까지 공기를 가온하고 열풍을 순환시켜 건조 및 열풍의 내부순환 동작을 지속시키는 시간을 설정할 수 있어야 한다. 또한, 전기히터의 전원은 끄고 순환팬의 작동으로 외부의 공기를 흡입하여 건조실내로 불어넣고 배기구를 통하여 외부로 배출하는 환기 동작을 하는 시간의 설정을 할 수 있어야 한다. 특히, 습도 조절을 위해 무환기 구간 후에는 설정된 습도값에 도달하면 배기구를 열어 환기 동작이 가능해야 한다.

그림 60에 농가용 건조기 적용 실험 시 가온, 열풍의 내부순환 및 공기의 환기 동작을 위한 알고리즘을 나타내었다. 각각의 동작에 필요한 온도 및 시간을 설정한 후, 설정한 열풍 온도값에 도달하기 위하여 히터의 전원공급을 조절하며 내부공기를 순환시킨다.

가온 순환 시간(Timer #1) 경과 후 히터를 끄고 흡·배기구를 열어 환기 동작을 설정한 시간(Timer #2)동안 실시한다. 그 후, 설정된 열풍 온도와 순환 시간(Timer #3) 동안 흡·배기구를 닫은 상태로 건조를 하여 환기와 순환을 반복하는 간헐환기 건조를 하도록 구성하였다. 또한, 간헐환기 건조 중에는 설정한 습도값에 도달하면 히터를 끄고 흡·배기구를 열어 설정된 시간동안 환기 동작을 간헐적으로 수행하면서 설정된 중량값에 이르면 전체 건조 동작을 끝낼 수 있도록 구성하였다.

본 연구에서 간헐환기 건조 중 습도의 변화, 온도 및 습도의 변화가 홍고추에 적합한 건조 조건인지 파악하기 위하여 실험용 건조기를 사용하여 얻은 기초 실험 데이터를 농가용 건조기에 적용하는 실험을 실시하였다.

농가용 건조기에서의 가온 순환 건조 후 연속환기 건조방식은 표 44에 나타내었다. 건조 시작의 6시간 동안 가온 순환 건조 동작을 수행하고 난 뒤 50℃의 열풍을 공급하면서 피건조물의 함수율이 14%(w.b.)될 때까지 연속환기 방법으로 건조하는 것으로 하였다.

Table 44 Test condition by the existing drying method

No.	Heating with internal circulation		Ventila -tion	Drying with continuous ventilation		Weight of peppers (kg)
	Temp. (℃)	Duration (hr)	Duration (min)	Temp. (℃)	Duration	
T 2	70	6	1	50	by 14% MC(w.b.)	58.38

또한 농가용 건조기 적용 실험에서 실험 조건은 표 45에 나타내었으며 건조 초기의 가온 순환 건조 과정을 6시간 수행하고 간헐환기 건조 기간에 습도를 조절하는 방법과 온·습도를 모두 조절하는 방법으로 건조 실험을 수행하였다.

Table 45 Various conditions by the developed algorithm as application experiments

No.	Heating with internal circulation		Ventila -tion	Drying with cyclic ventilation			Weight of peppers (kg)
				Heating with internal circulation		Ventila -tion	
	Temp. (℃)	Duration (hr)	Duration (min)	Temp.(℃) /RH(%)	Duration (hr)	Duration (min)	
E 101	70	6	1	50 / 80	5	1	58.34
				50 / 75	5	1	
				50 / 70	5	1	
				50 / 65	5	1	
				50 / 60	5	1	
				50 / 55	5	1	
				50 / 50	5	1	
				50 / 45	5	1	
				50 / 40	5	1	
				50 / 35	by 14% MC(w.b.)		
E 102	70	6	1	70 / 80	5	1	58.10
				70 / 75	5	1	
				60 / 70	5	1	
				60 / 65	5	1	
				50 / 60	5	1	
				50 / 55	5	1	
				50 / 50	5	1	
				50 / 45	by 14% MC(w.b.)		

(3) 농가용규모 건조기의 제어장치의 수정 설계

□ 1차년도에 실험실 수준에서 고추 건조를 테스트한 결과 건조 소요에너지 절감과 품질의 효과가 좋게 나타남.

□ 1안 알고리즘 : 건조 초기에는 건조실 내부의 습도가 높아 건조온도를 높게 설정하여도 고추 품질에 영향을 적게 미칠 것으로 판단됨. 건조 후기에 고추의 함수율이 낮기 때문에 건조실 내부의 습도는 건조 초기의 설정습도보다 빠르게 도달하지 않아 건조에너지의 감소는 기대할 수 있지만 건조시간은 오히려 증가됨. 이것을 이용하여 습도만을 변화시키는 방법과 온도 및 습도를 단계적으로 낮게 변화시키는 방법으로 제어알고리즘 변경

□ 2안 알고리즘 : 건조 설정시간과 설정습도 중 2가지 변수 중 먼저 도달되는 신호에 의해 건조실 내부의 공기(배기)가 제어될 수 있도록 제어 알고리즘 변경

□ 3안 알고리즘 : 아래 그림과 같이 건조시간을 적분하여 설정시간 중 습도의 변화가 안정화되면 건조잠재력이 없다고 판단하여 공기(배기)가 제어될 수 있도록 제어알고리즘 변경.(건조실 내부의 건조잠재력을 최대한 이용하기 위함)

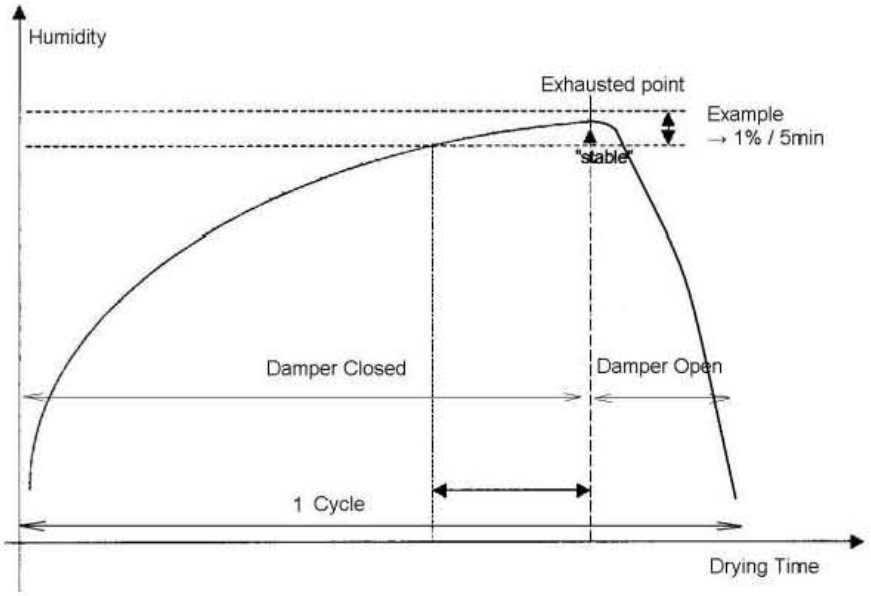
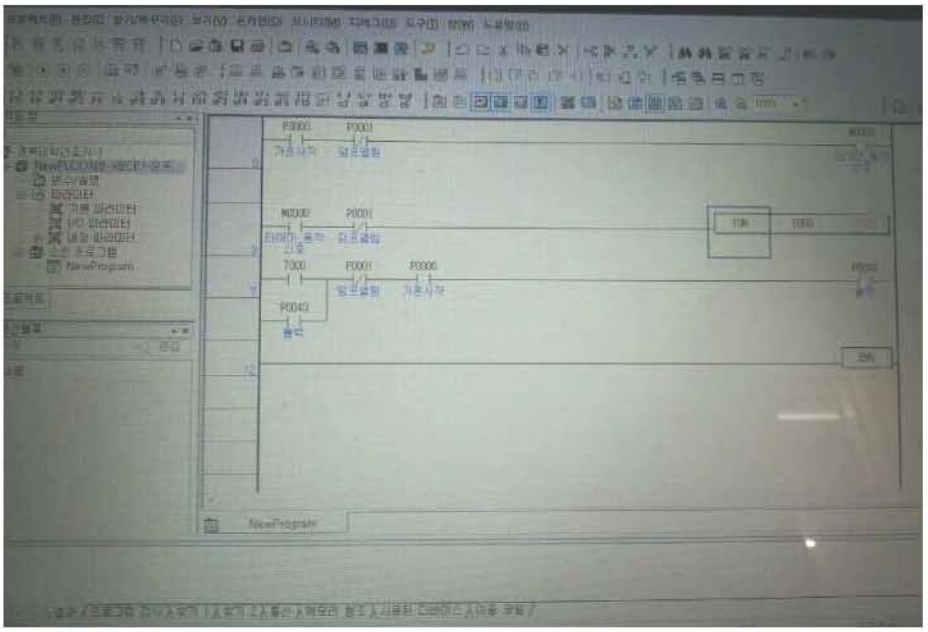


Fig. 61 Drying cycle and exhausted point method.

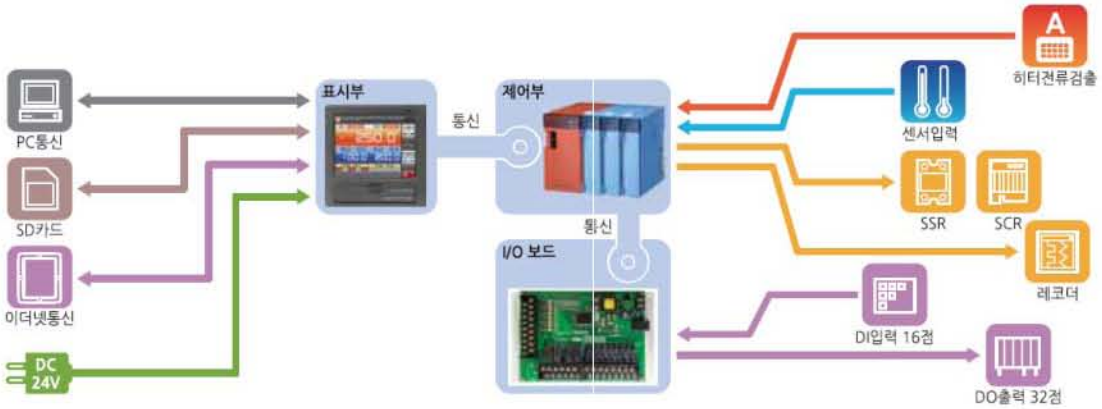
Table 45 Specification of controller

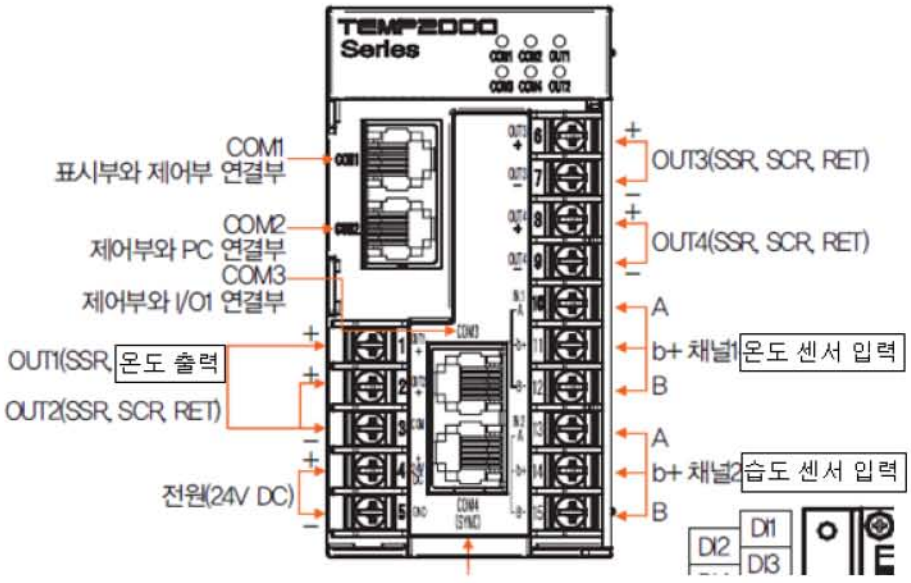
구 분			사 양
화면	디스플레이		5.7" TFT-LCD
	해상도		640(W) x 480(H)
	표시 언어		국문/영문/중문, 국문/영문/일문
	글씨체		3종류의 PV 글씨체(HEAD/NORM/ART)
	초기화면		사용자 설정 초기화면 지원
	사용자화면		16개의 화면을 전자앨범처럼 사용가능
	마운트방식		판넬 마운트, VESA 마운트(MIS-D 75)
제어모드			3,5.7채널 제어
최대 채널수			Max 7채널
패턴 및 세그먼트			40패턴 / Max 600 segments, 최대 999시간 59분 59초 설정가능
입력	열전대		K, J, E, T, R, B, S, L, N, U, W, PL, C,
	측온저항체		Pt100(JIS/IEC), JPt100(JIS)
	Analog Voltage Input		0.4V~2V DC, 1~5V DC, 0~10V, -10~20 mV DC, 1~100 mV DC(4~20 mA , 0~20 mA, 외부저항 250Ω, 500Ω)
출력	Control Output		SSR, SCR
	Current Output		4~20mA DC(부하저항 : 최대600Ω)
	Voltage Output		15V DC(Pulse폭 : 최소 5ms)
	Transmission Output		Main Uniu 1채널, 2채널의(PV, SP)
외부접점 입력(DI)	입력종류		DI 16 Points / DI에 의한 Run, Stop, Hold, Step, DI Error 발생화면 설정, DI감지 지연시간 설정, 운전 패턴 입력
	접점용량		최대 12V DC, 10mA
외부접점 출력(DO)	Relay	C접점 릴레이	Normal Open 30V DC 3A이하, 250V AC 3A이하 Normal Close 30V DC 0.5A이하, 250V AC 1A이하
		A접점 릴레이	Normal Open 30V DC 1A이하, 250V AC 1A이하
	Open Collector		접점 ON시 양단 전압 2V 이하, 누설전류 100㎂이하
Sampling Time			250ms
정도			±0.1% + 1 digit of Full Scale
PID 제어	PID 그룹		총 6그룹(구간 PID 5 /편차 PID 1 또는 세그 PID 6)
	PID 종류		Zone PID, 편차 PID, Seg PID
통신	방식		RS485, 최대 31대 연결가능
	프로토콜		PC Link, PC Link(Checksum), MODBUS RTU, MODBUS ASCII
	속도		최대 115,200 bps, Ethernet 지원

데이터 백업	저장매체	SD카드, SDHC카드(FAT32 포맷)
	저장기능	프로그램 패턴 / 파라메터 설정 값 백업 및 복구 메인채널과 서브채널의 PV중 최대 6점까지 선택저장 가능
전원	정격전압	24VDC
	소비전력	25VA Max
사용환경		-
중량		-



250.0
50.0
100.0
150.0
200.0
250.0
300.0


PC통신
SD카드
이더넷통신
DC 24V
표시부
통신
제어부
I/O 보드
히터전류검출
센서입력
SSR
SCR
레코더
DI입력 16점
DO출력 32점


TEMP2000
Series
COM1
표시부와 제어부 연결부
COM2
제어부와 PC 연결부
COM3
제어부와 I/O1 연결부
OUT1(SSR, 온도 출력
OUT2(SSR, SCR, RET)
전원(24V DC)
OUT3(SSR, SCR, RET)
OUT4(SSR, SCR, RET)
A
b+ 채널1 온도 센서 입력
B
A
b+ 채널2 습도 센서 입력
B
DI2
DI1
DI3

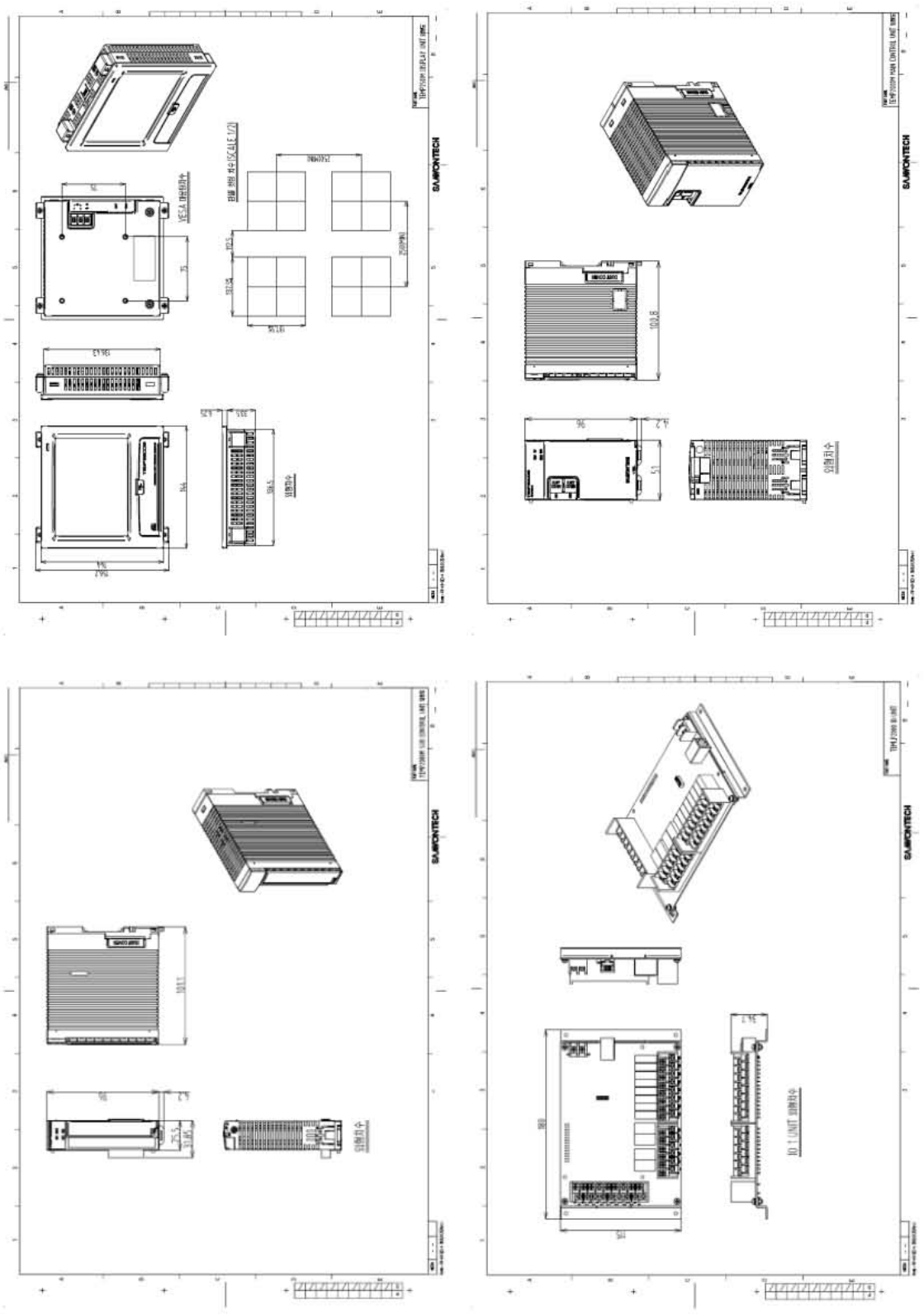


Fig. 62 Modified controller drawings for the experiment.

▌RS232C 통신의 TEMP2520 6 Pin 커넥터 연결

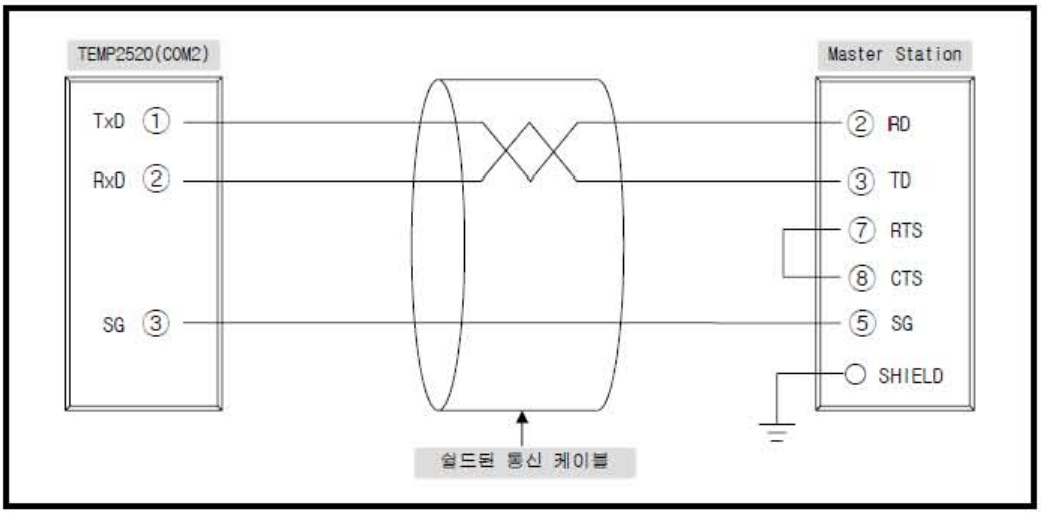


Fig. 63 Communication mothod for the TEMP2520.

제작된 건조 장치를 이용하여 가온 순환 건조 후 연속배기 건조방식과 가온 순환 건조 후 온습도제어 건조방식의 두 가지 방식으로 건조 실험을 실시하였다. 온습도 제어 건조방식에서는 고온건조 공기를 내부에서 순환시키는 무배기 시간과 고온 다습한 공기를 외부로 배출하는 배기 시간 즉 온습도제어 조건을 몇 가지로 다양화하여 어떤 조건이 홍고추의 건조에 효율적인 조건을 찾고자 하였다.

1. 관행의 건조조건

- 50℃로 함수율 14%(w.b.)까지 건조

2. 습도변화 건조조건①

- 50℃ / 습도를 90%RH에서 35%RH까지 단계적으로 낮추며 건조
- 단계별 구분은 15min 동안 해당 단계의 높은 습도값에 도달하지 못하였을 때

3. 습도변화 건조조건②

- 50℃ / 습도를 90%RH에서 35%RH까지 단계적으로 낮추며 건조
- 단계별 구분은 20min 동안 해당 단계의 높은 습도값에 도달하지 못하였을 때

4. 습도변화 건조조건③

- 50℃ / 습도를 90%RH에서 35%RH까지 단계적으로 낮추며 건조
- 단계별 구분은 30min 동안 해당 단계의 높은 습도값에 도달하지 못하였을 때

5. 온/습도변화 건조조건①

- 온도를 50℃→60℃→70℃→60℃→50℃로 단계적으로 변화
  습도를 90%RH에서 35%RH까지 단계적으로 낮추며 건조
- 단계별 구분은 15min 동안 해당 단계의 높은 습도값에 도달하지 못하였을 때

6. 온/습도변화 건조조건②

- 70℃→60℃→50℃로 단계적으로 변화
  습도를 90%RH에서 35%RH까지 단계적으로 낮추며 건조
- 단계별 구분은 15min 동안 해당 단계의 높은 습도값에 도달하지 못하였을 때

7. 시간 설정에 따른 배습 ①

- 건조초기에 배습의 주기가 긴 건조 조건
- 건조후기에 배습의 주기가 짧은 건조 조건

8. 시간 설정에 따른 배습 ②

- 건조초기에 배습의 주기가 짧은 건조 조건
- 건조후기에 배습의 주기가 긴 건조 조건

Table 46 Various conditions by alternate ventilation drying methods as fundamental experiments

No.	Heating with internal circulation		Ventilation	Weight of peppers (kg)
	Temp.(℃) /RH(%)	Duration	Duration	
1 T 200	50/none	by 14%MC(w.b.)	by 14%MC(w.b.)	50
2~4	50 / 90	until RH 90%	from RH 90%	50

E 201 (15분) E202 (20분) E203 (30분)		& in 15min	to RH 30%	
	50 / 85	until RH 85% & in 15min	from RH 85% to RH 30%	
	50 / 80	until RH 80% & in 15min	from RH 80% to RH 30%	
	50 / 75	until RH 75% & in 15min	from RH 75% to RH 30%	
	50 / 70	until RH 70% & in 15min	from RH 70% to RH 30%	
	50 / 65	until RH 65% & in 15min	from RH 65% to RH 30%	
	50 / 60	until RH 60% & in 15min	from RH 60% to RH 25%	
	50 / 55	until RH 55% & in 15min	from RH 55% to RH 25%	
	50 / 50	until RH 50% & in 15min	from RH 50% to RH 25%	
	50 / 45	until RH 45% & in 15min	from RH 45% to RH 25%	
	50 / 40	until RH 40% & in 15min	from RH 40% to RH 20%	
	50 / 35	until RH 35% & in 15min	from RH 35% to RH 20% & by 14%MC(w.b.)	
5 E 204	50 / 90	until RH 90% & in 15min	from RH 90% to RH 30%	50
	50 / 85	until RH 85% & in 15min	from RH 85% to RH 30%	
	60 / 80	until RH 80% & in 15min	from RH 80% to RH 30%	
	60 / 75	until RH 75% & in 15min	from RH 75% to RH 30%	
	70 / 70	until RH 70% & in 15min	from RH 70% to RH 30%	
	70 / 65	until RH 65% & in 15min	from RH 65% to RH 30%	
	60 / 60	until RH 60% & in 15min	from RH 60% to RH 25%	
	60 / 55	until RH 55% & in 15min	from RH 55% to RH 25%	
	50 / 50	until RH 50% & in 15min	from RH 50% to RH 25%	
	50 / 45	until RH 45% & in 15min	from RH 45% to RH 25%	
	50 / 40	until RH 40% & in 15min	from RH 40% to RH 20%	

	50 / 35	until RH 35% & in 15min	from RH 35% to RH 20% & by 14%MC(w.b.)	
6 E205	70 / 90	until RH 90% & in 15min	from RH 90% to RH 30%	50
	70 / 85	until RH 85% & in 15min	from RH 85% to RH 30%	
	60 / 80	until RH 80% & in 15min	from RH 80% to RH 30%	
	60 / 75	until RH 75% & in 15min	from RH 75% to RH 30%	
	50 / 70	until RH 70% & in 15min	from RH 70% to RH 30%	
	50 / 65	until RH 65% & in 15min	from RH 65% to RH 30%	
	50 / 60	until RH 60% & in 15min	from RH 60% to RH 25%	
	50 / 55	until RH 55% & in 15min	from RH 55% to RH 25%	
	50 / 50	until RH 50% & in 15min	from RH 50% to RH 25%	
	50 / 45	until RH 45% & in 15min	from RH 45% to RH 25%	
	50 / 40	until RH 40% & in 15min	from RH 40% to RH 20%	
	50 / 35	until RH 35% & in 15min	from RH 35% to RH 20% & by 14%MC(w.b.)	

	Heating with internal circulation		Ventilation	Repeat	
	Temp.(℃)	Duration	Duration		
7 E 206	50	60min	1min	10 (6hr)	50
	50	50min	1min	11 (6hr)	
	50	40min	1min	15 (6hr)	
	50	30min	1min	20 (6hr)	
	50	20min	1min	30 (6hr)	
	50	15min	1min	by 14%MC(w.b.)	
8 E 207	50	15min	1min	40	50
	50	20min	1min	30	
	50	30min	1min	20	
	50	40min	1min	15	

	50	50min	1min	11	
	50	60min	1min	by 14%MC(w.b.)	

다. 실험방법

제작된 실험용 건조 장치를 이용하여 관행의 건조방법과 흡배기시스템을 이용한 건조특성 비교 실험을 수행하였으며, 최적 건조 투입량을 구명하기 위하여 실험별로 고추의 투입량을 달리하여 건조하였다. 적정온도 구명을 위한 실험에서는 건조기간 중 온도를 달리하여 건조실험을 하였다.

건조방법은 Steaming 구간과 건조구간으로 나누었으며, Steaming 구간에서는 6시간 동안 70℃의 일정한 온도로 가열하였으며, 건조구간에서는 각각의 실험 조건에 적합하도록 건조방법을 달리 하였다. 최종 건조함수율이 약 14%(w. b)에 도달할 때 까지 건조하였다.

(1) 관행 건조시스템과 흡배기 시스템의 비교실험

관행의 건조방법은 70℃에서 6시간 동안 Steaming 한 후 50℃에서 흡배기구를 열고 건조를 하는 것으로 하였으며, 흡배기 시스템의 방법은 초반부에서는 관행의 방법과 같이 70℃에서 6시간 동안 Steaming 한 후 건조온도를 50℃로 설정하였으며, 설정온도를 유지하기 위하여 51℃에서 흡·배기구가 열리면서 히터가 OFF되어 온도가 하강하며, 49℃에서는 흡·배기구가 닫히면서 히터가 ON되고 온도가 상승하는 것으로 하였다.

관행의 방법과 흡배기 방법으로 같은 양의 고추를 건조하는데 소요되는 전력량, 건조시간, 수분제거량, 소요에너지, 건감율, 비소요동력, 열효율, 고추건조량(kg/h)를 수집하여 비교하였다.

(2) 흡배기시스템의 최적투입량 구명실험

최적의 건조를 위한 고추 투입량을 결정하기 위하여 흡배기 시스템의 건조방법으로 30 kg, 42.6 kg, 58.3 kg, 78.5 kg 및 96.2 kg의 고추를 각각 투입하여 총 5회의 건조실험을 하였으며, 각 실험구의 소비전력량, 건조시간, 수분제거량, 소요에너지, 건

감율, 비소요동력, 열효율, 고추건조량(kg/h)를 측정 및 산출하였다.

고추를 건조 후 보관할 때 함수율이 14%까지 건조하고 저온 보관 유통한다. 일반적으로 피 건조물의 함수율이 20% 이상일 때 부패 및 산화가 될 수 있기 때문에, 농업진흥청 농업공학부 실용화재단의 검사 기준에서도 건조 후 전.후. 좌. 우 각열의 상. 중. 하층간 함수 차는 6%, w. b. 이내일 것으로 규정되어 있다.(농산물건조기 검정기준 2. 2-1-(1))

이러한 조건 아래, 함수율이 6%이내 일 때의 고추 최적투입량을 구명하고자 한다.

(3) 구간별 온도변화 실험

어떤 물질의 건조 특성은 물질 내부에서의 수분 이동과 표면에서의 수분 이동에 영향을 받으며 물질 표면에서의 수분 이동이 자유수 상태가 되는 경우를 항율건조기간(constant rate drying period)이라 하고, 물질 내부에서의 수분 이동이 건조 특성을 지배할 경우를 감률건조기간(falling rate drying period)으로 구분하고 있다 (Fortes, Okos, 1980).

항률건조기간에서는 건조실 내 고추의 내부온도가 건조실 내부온도 까지 올라가지 않기 때문에 이 기간에서 온도 변화를 주어 실험을 한다.

외부온도가 약 25℃일 때 70℃에서 6시간 Steaming 후 50℃에서 건조하게 될 때 고추내부의 온도는 24시간 이후부터 건조실 내부온도와 같아지게 된다.

그래서 고추 건조의 최적 온도 조건을 알아내기 위하여 이 항률건조기간에서 70℃에서 6시간 Steaming 후 다음과 같이 3가지 조건으로 실험하여 최적 건조 조건을 구명한다.

① 흡배기 시스템을 적용하고, 70℃에서 6시간 Steaming 이후, 건조구간에서 50℃의 온도로 건조를 마무리 하는 경우와

(70℃ Steaming(6 h) - 50℃ drying)

② 같은 조건으로 70℃에서 6시간 Steaming 이후, 60℃에서 10시간 건조 후 50℃로 온도를 변화시켜 건조를 마무리하는 경우와

(70℃ Steaming(6 h) -60℃drying(10 h) - 50℃drying)

③ 같은 조건으로 70℃에서 6시간 Steaming 이후, 70℃에서 10시간, 60℃에서 10시간, 그 후 건조의 마무리까지는 50℃로 온도 변화를 설정하는 경우로 실험하여 비교한다.

(70℃ Steaming(6 h) - 70℃ drying(10 h) - 60℃ drying(10 h) - 50℃drying)

라. 분석방법

(1) 고추의 건조모델

고추 건조에 적합한 건조모델을 확인하기 위하여 건조모델 중에서 많이 이용되는 Newton 모델을 변형한 Page 모델을 선택하였으며, 이는 다음의 식 (2)와 같이 표현된다.

$$\frac{M(t)-M_e}{M_o-M_e} = \exp(-At^B) \qquad (2)$$

여기서, $M(t)$: t 시간일 때의 건량기준 함수율(소수)

M_o : 건량기준 초기함수율(소수)

M_e : 건량기준 평형함수율(소수)

A, B는 실험상수이며 건조공기의 온도와 상대습도의 함수로 나타낸다.

건조시간 t는 실험에서 초기의 무배기 건조시간을 모두 포함한 전체 건조시간이며 각각의 실험별 모델식에 의해 계산된 목표 함수율까지의 소요 시간(Drying time)으로 실험 결과에 나타내었다.

평형함수율 M_e 값을 적용하기 위하여 다음의 식 (3)에 나타낸 수정된 Henderson 식을 사용하였으며

$$RH = 1-\exp\{-k(T+C)(100M_e)^n\} \qquad (3)$$

상수값 $k = 1.2188\times10^{-3}$, $n = 0.9913$, $C = 2.576$ 이며 RH : 상대습도(소수), T : 온도(℃) 이고 평형함수율 M_e 로 정리하여 나타내면 다음의 식 (4)와 같다.

$$M_e = 0.01\left\{\frac{\ln(1-RH)}{-k(T+C)}\right\}^{\frac{1}{n}} \qquad (4)$$

위의 Page 모델식에서 $\frac{M(t)-M_e}{M_o-M_e}$은 평균 함수비이며 $M=\frac{M(t)-M_e}{M_o-M_e}$ 으로 놓으면 다음의 식 (5)와 같다.

$$M=\exp(-At^B) \tag{5}$$

(2) 건조 소요 에너지

공기를 가열하여 건조에 이용하는 대류 건조기의 건조 소요 에너지는 공기가열 에너지, 송풍기 구동 에너지로 구성된다. 공기가열에 소요되는 히터의 열용량은 다음 식(6)으로 계산한다.

$$P_a=\frac{G_a(c_a+c_vH)(T-T_{amb})}{E_b} \tag{6}$$

여기서, P_a : 히터 열용량 (kW)

G_a : 건공기 질량유량 (kg/s)

c_a : 건공기 비열 (1.007 kJ/kg · K)

c_v : 수증기 비열 (1.868 kJ/kg · K)

H : 공기의 절대 습도

T : 열풍온도(℃)

T_{amb}: 외기온도(℃)

E_b : 버너의 열효율(소수)

이며, 송풍기의 소요 동력은 다음 식(7)로 표시된다.

$$P_f=\frac{Q\Delta P}{1000E_f} \tag{7}$$

여기서, P_f : 송풍기 동력(kW)

ΔP : 송풍기 전압 (Pa)

E_f : 효율(0.5)

건조에 소요되는 에너지는 공기가열 에너지와 송풍기 구동 에너지로부터 구할 수 있다. 공기가열 에너지와 송풍기 구동 에너지의 합 P(kJ)는 다음의 식(8)과 같다.

$$P = 3600(P_a + P_f)t \tag{8}$$

여기서, t (hr)는 건조 소요 시간이다.

가열공기에 의하여 건조기에 공급된 열은 재료의 수분증발잠열 및 재료 가열에 사용되며 일부는 배기열과 건조기 벽체를 통하여 손실된다. 건조기의 열효율은 공급열에 대한 수분증발잠열비로 표시하며, 다음 식(9)로 계산한다.

$$\eta_{th} = \frac{\text{수분증발잠열}}{\text{공급열량}} = \frac{\Delta M h_{fg}}{3600 t_d P_a} \times 100 \tag{9}$$

여기서, η_{th} : 건조기의 열효율(%)

ΔM : 제거된 수분무게(kg)

h_{fg} : 재료 내의 수분증발잠열(kJ/kg)

건조기의 성능평가를 위하여 건조기 열효율 이외에 비소요 에너지(specific energy consumption, SEC), 비소요 동력(specific power consumption, SPC), 수분제거율(water removal rate, WRR), 건감율(ratio of dry, ROD), 처리능력(Drying capacity) 등이 사용되며 각각 다음과 같은 식(10)~(14)에 의해 계산하였다.

$$\text{SEC} = \frac{\text{총 소요 에너지}}{\text{제거 수분 무게}} = \frac{P}{\Delta M} \text{ [MJ/kg-수분]} \tag{10}$$

$$\text{SPC} = \frac{\text{소요전력량}}{\text{총처리량}} \text{ [kWh/kg]} \tag{11}$$

총 처리량 : 목표 함수율 도달 시 건고추의 무게 (kg)

$$\text{WRR} = \frac{\text{제거수분무게}}{\text{건조소요시간}} = \frac{\Delta M}{t_d} \text{ [kg/hr]} \tag{12}$$

$$\text{ROD} = \frac{\text{함수율의 변화}}{\text{건조소요시간}} = \frac{\Delta MC}{t_d} \text{ [\%/hr]} \quad (13)$$

ΔMC : 함수율의 변화 (%, w.b.)

$$\text{Drying capacity} = \frac{\text{투입한 홍고추 무게}}{\text{건조소요시간}} \text{ [kg/hr]} \quad (14)$$

(3) 건고추의 성분 측정방법

좋은 품질의 홍고추를 생산하기 위하여 재배시기에 적절한 관리를 하는 것도 중요하지만 주로 건고추를 제조하는 과정에서 발생하는 부패 또는 흑·갈변이 상품적 가치를 저하시키는 요인이 되고 있다. 그러므로 건고추의 색도, 캡사이신 및 당도 등의 유효한 성분이 어느 정도 함유되어 있느냐가 경제적 가치를 매기는 중요한 인자라고 할 수 있을 것이며 캡사이신, 색도 및 당도 측정의 방법은 다음과 같다.

(가) 건고추의 캡사이신 함량 분석

건고추의 Capsaicin 함량의 측정방법은 표 47에 나타내었으며, 세부 사항을 표 48에 나타내었다. 고춧가루 시료 1 g에 acetonitrile 10 ㎖를 Voltex에서 2분간 혼합하고 1 ㎖을 취해 증류수 9㎖을 넣어 혼합한 후 Sepak clean up → 증류수 : acetonitril = 1 : 1 (V : V) ⇒ 10 ㎖를 sepak에 통과시킨다. Sep-pak C18 (Waters)은 Capsaicinoids를 잡고 있는 성질이 있으므로 Sepak이 마르기 전에 증류수 혼합한 용액을 clean up한 sepak에 통과시킨다. acetonitril 4 ㎖을 sepak에 통과시켜 vial에 담고, sepak에 통과시킨 10㎖의 증류수와 acetonitril의 혼합물을 HPLC Autosampler vial에 1 ㎖정도 옮겨 담는다. Chromatogram의 결과의 각 수치에 희석배수 40을 곱해주는 것으로 값을 나타내었다.

Table 47 Conditions for testing the content of the red pepper capsaicin

Item	Conditions
Instrument	Model : Jasco(LC-900) Detector : UV(975), 280 nm
Column	Crest pak C18S column
Mobil phase	Methanol : Deionized Water = 65 : 35
Flow rate	1.0 ㎖/min
Injection volume	15 ㎕
Integrate	Jasco
Chart speed	0.5 cm/min

Table 48 Detailed conditions for analyzing the capsaicin of the red pepper

Column	Creatpak C18S 4.6 ID×150 mm
Pressure	110~120
Temp. of column	30℃
Necessary time	Capsaicin 10.30minutes, D-capsaicin 16.00minutes
Filter (Pre-treatment)	Sep-pak C18 Short Body Cartridges Part No. WAT020515 Lot No. W8348L1 High density Polyethylene 20 ㎛ Frit.
Injection. vol	15.00 ㎕
Ren Length	about 20 minutes

(나) 건고추의 색도 분석

건고추의 색도 분석은 분쇄된 고춧가루 0.05 g에 아세톤 50 ㎖를 부어 흔들어 준 뒤 상온에서 16시간 방치한 후, 여과하고 460 nm에서 분광광도계를 이용하여 흡광도를 측정하여 아래의 식(15)에 의하여 ASTA (American Spice Trade Association) 값을 구하여 나타내었다.

$$ASTA\ 값 = \frac{O.D.값 \times 16.4}{Weight\ of\ Sample} \quad (15)$$

(다) 건고추의 당도 분석

건고추의 당도 분석은 HPLC 방법으로 하였으며, 분석 시 조건과 세부사항을 표 49와 50에 나타내었다. 고춧가루 시료 2 g에 증류수 10 ml를 가하여 250 ml 플라스틱 병에 넣고 잘 섞은 다음, shaking water bath에 25분간 중탕한다. 중탕 시 shaking water bath의 온도는 80℃에서 40 rpm 으로 세팅하여 실시한 후, 꺼내어 상온에서 4시간 동안 정치시킨다. 정치 후 깔때기에 여과한 여액을 0.45 microfilter or sepak(Waters)에 통과시켜 거르고 HPLC Autosampler vial에 넣는다. 분석결과의 각 수치에 희석배수 50을 곱해주는 것으로 당도 값을 나타내었다.

Table 49 Conditions for analyzing the sugar contents of the red pepper

Item	Conditions
Instrument	Model : Jasco(LC-900) Detector : RI930 detector
Column	Carbohydrate column(waters)
Mobil phase	Acetonitile : Deionized Water = 83 : 17
Flow rate	1.0 ㎖/min
Injection volume	20 ㎕
Integrate	Jasco
Chart speed	0.5 cm/min

Table 50 Detailed conditions for analyzing the sugar contents

Column	High Performance Carbohydrate Column 60Å 4 ㎛ 4.6×250 mm HPLC Column Part no. WATO 44355 Lot NO. T81141
Pressure	90~100
Injection. vol	20.00 ㎕
Run Length	35 minute
Temp. of Column	30~35 ℃
RI Temp.	35 ℃
Necessary time	Fructose - 8.30 minute, Glucose - 10.70 minute, Sucrose - 16.00 minute
Filter	Micro Filter Cameo 25 N syringe Filter Nylon 0.45 Nicron, 25 mm, 50/pk. Not No. 69617 Sep-Pak Plus C18 Short Body Cartridges Part No. WAT020515. Lot No W8348L1 High density Polyethylene 20 ㎛ Frit.

(5) 실험 결과의 상관관계 분석방법

건고추의 캡사이신 함량, 색도 및 당도 측정값을 건조조건과 비교분석하기 위하여 SPSS를 이용하여 one way ANOVA 분석을 통하여 상관관계를 분석하였다. 가온 순환 건조 후 연속배기 건조 조건의 실험과 무배기 시간, 배기 시간 및 건조 후기 무배기 시간의 변경 조건 등을 변수로 건조실험한 건고추 간 캡사이신, 색도 및 당도와의 사이에 어떤 관계가 있는지 F-통계량을 이용한 일원분산분석을 실시하여 건조방법별 상관관계를 비교분석하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 우리나라 농가에 가장 많이 보급되어 있는 소형 선반식 열풍 전기 건조기의 최적 건조 조건을 구명하기 위하여, 적정 배기 시스템을 적용한 소요되는 에너지 및 소요 시간을 수집한 후, 관행의 방법으로 건조할 때와 에너지 소모량을 비교 분석하였다.

그리고 최적 투입량을 찾고, 최적량을 투입하여 관행건조기의 소요 에너지를 수집하였다.

항률건조기간 동안은 고추의 온도가 설정온도 보다 높아지지 않는 다는 점을 착안하여, 건조 설정 온도에 구배를 두어서 건조한 후 비교 분석하였다.

가. 효율적인 흡배기 시스템의 구명

시료를 58kg을 투입하여 관행의 건조방법과 2℃의 편차를 둔 흡배기 시스템을 적용하여 실험을 하였다.

먼저 관행건조는 70℃에서 6시간 Steaming 한 후 50℃에서 흡·배기구를 열고 건조를 하였으며, 흡배기 시스템은 초반부는 관행건조와 같이 70℃에서 6시간 Steaming 한 후 건조온도를 50℃를 설정하고, 51℃에서는 흡·배기구가 닫히면서 히터가 OFF가 됨과 동시에 온도가 떨어지기 시작하며, 49℃가 될 때 흡·배기구가 열리면서 히터가 ON이 되고 온도가 상승하기 시작하였다.

관행건조는 건조구간에서 건조실 내부의 온도 편차가 6℃정도 발생하였으며, 후반부로 갈수록 편차가 3℃까지 줄어들었고, 흡배기시스템을 적용한 건조는 ON &

OFF가 321회 반복 되었다.

건조실 내부의 온도편차는 건조 초반부에는 2℃내외로 , 건조후반부에는 1.5℃이었으며, 외부공기의 온도는 26℃~22℃이었다.

그림 64에 흡배기 시스템을 적용한 건조실험과 관행 건조실험의 시간에 따른 함수비의 변화를 그래프로 나타내었으며, 표 1에 각각의 경우 건조에 소요되는 소비전력량, 건조시간, 수분제거량, 소요에너지, 건감율, 비소요동력, 열효율 및 고추건조량(kg/h)을 나타내었다.

관행의 건조와 비교하여 흡배기 시스템의 경우에 건조에 소요되는 시간은 45.1시간에서 52.8시간으로 7.7시간 약 11%정도 길어졌다. 건조 시간이 길어 지면서, 건감율과 시간당 소요에너지는 관행의 건조 대비 흡배기 시스템을 적용한 건조가 줄어들었지만, 총 소비전력량, 비소요동력, 고추 1kg당 소요에너지 등은 모두 감소하였으며, 열효율이 4.5% point 증가하였고 시간당 소요 에너지는 약 15% 감소하는 결과를 나타냈다.

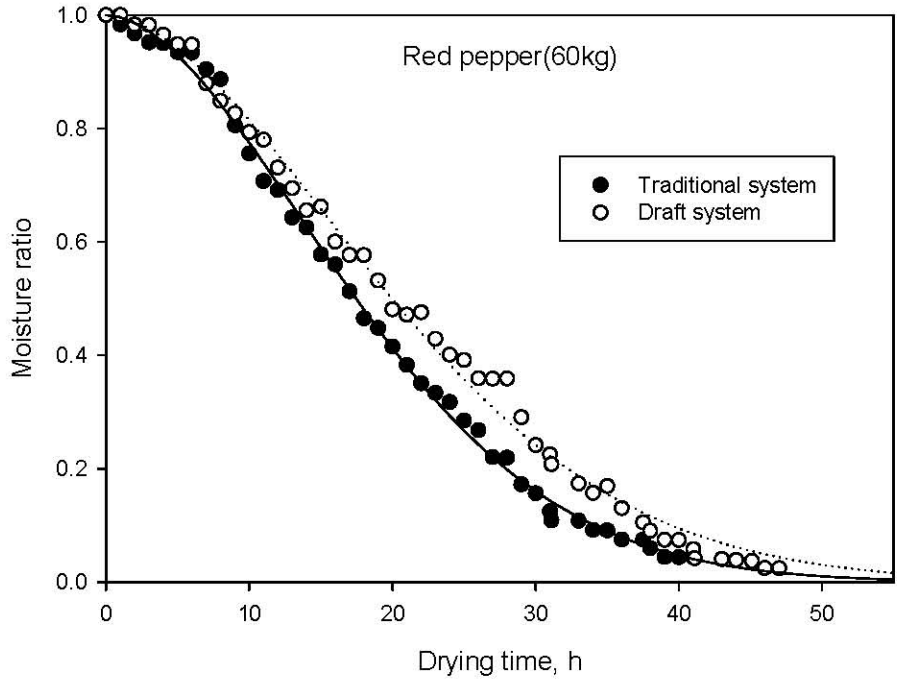


Fig. 64 Comparison of drying curve between the traditional dryer and the modified dryer used in the experiment.

Table 51 Results of the traditional dryer and the modified dryer.

Test	Draft sys. (58kg)	Traditional
Amount electricity (kWh)	84.1	99.9
Drying time(hr)	52.8	45.1
Water removal(kg)	38.92	39.51
Energy consumption (MJ/kg)	7.78	9.10
Ratio of dry (%wb/h)	1.31	1.53
Specific power (kWh/kg-14%wb)	7.43	8.85
Efficiency(%)	30.63	26.18
Ratio of dry(kg/h)	1.08	1.27

나. 고추건조기의 최적 투입량 구명

(1) 투입량에 따른 소요에너지 변화

고추의 최적 투입량을 구명하기 위하여 70℃에서 6시간 동안 Steaming 한 후 흡배기 시스템을 적용하여, 50℃를 유지하면서 30 kg, 42.6 kg, 58.3 kg, 78.5 kg 및 96.2 kg을 각각 투입하는 총 5회의 건조실험을 하여 시간에 따른 함수비의 변화를 다음의 그림 65에 나타내었으며 각각의 실험에서 소비전력량, 건조시간, 수분제거량, 소요에너지, 건감율, 비소요동력, 열효율 및 고추건조량(kg/h)를 측정 및 산출하여 다음의 표 2에 나타내었다.

가장 적은 투입량인 30 kg 일 때, 건조시간은 40시간으로 가장 짧았으며,가장 많은 투입량인 96 kg 일 때, 건조시간은 72.7시간으로 늘어났다. 투입량은 3배 이상 많아졌지만, 건조 소요 시간 2배 이상 늘어나지 않았다.

실험에서 투입량이 많아질수록 건조시간은 40시간에서 72.7시간으로 총소요에너지는 52.2 kWh에서 124.9 kWh로 늘어나지만, 투입량에 정비례하여 건조시간이 늘어나지 않았기 때문에 수분 1 kg당 소요에너지, 비소용동력은 줄어 들었으며, 에너지 효율은 높아지는 것으로 실험에서 나타났다.

실험에서 투입량이 많아질수록 건조시간과 총소요에너지 늘어났지만, 소요에너지와 비소요동력은 줄어 들었기 때문에, 에너지 효율적인 측면에서는 유리하다는 것을 나타 내었다.

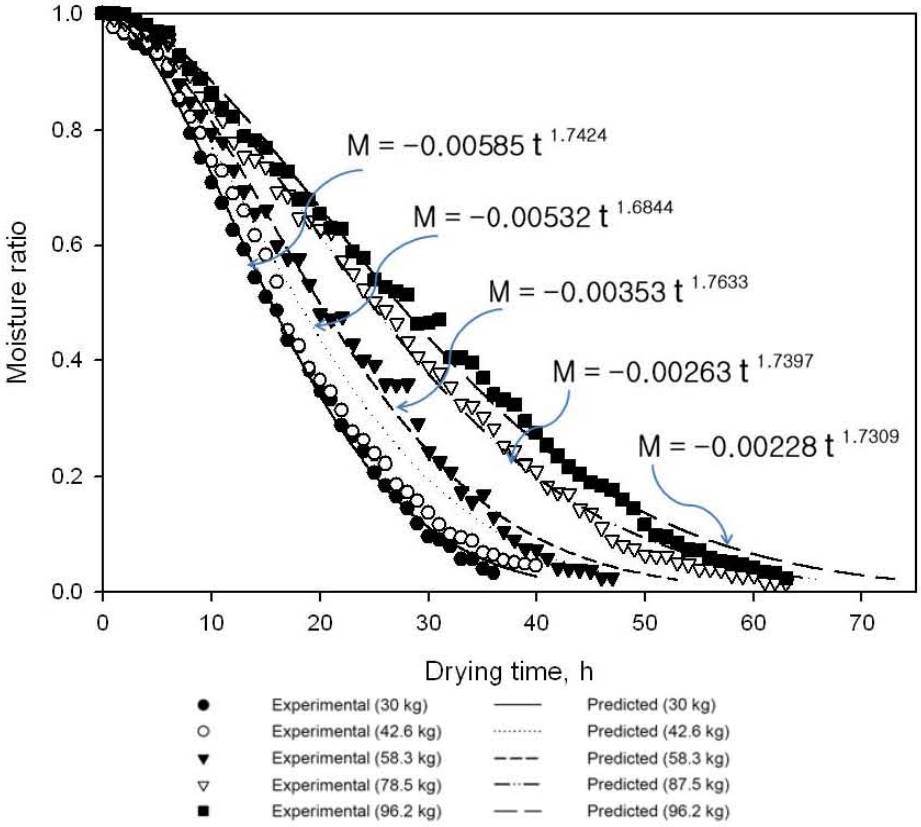


Fig. 65 Drying curves vs. various drying conditions by the modified dryer.

Table 52 The test results of the experiment as various quantities of red peppers.

Test	30kg	43kg	58kg	78kg	96kg
Amount electricity (kWh)	52.2	70.3	84.1	107.9	124.9
Drying time(hr)	40.0	47.5	52.8	65.5	72.7
Water removal(kg)	20.83	29.51	38.92	53.17	64.87
Energy consumption (MJ/kg)	9.02	8.57	7.78	7.31	6.93
Ratio of dry (%wb/h)	1.73	1.45	1.31	1.05	0.95
Specific power (kWh/kg-14%wb)	8.74	8.32	7.43	7.09	6.72
Efficiency (%)	26.42	27.80	30.63	32.61	34.38
Ratio of dry(kg/h)	0.75	0.90	1.08	1.18	1.29

(2) 투입량에 따른 고추 함수율의 편차

건조 후 한 개의 Tray에 있는 가장 많이 마른 고추와 가장 적게 마른 고추의 함수율을 측정하였는데, 그 차이는 30 kg 투입하였을 때는 4% point, 42.6 kg 투입 시 4.8% point, 58.3 kg 투입 시 6% point, 78.5 kg 투입 시 8.5% point 및 96.2 kg 투입 시에는 11% point 이상으로 나타났다. 농업공학연구소 검사규정에 건조 후 함수율의 편차는 6% point 이내 이어야 한다고 되어 있는데, 이는 건조 후 상하지 않는 조건이기 때문이다.

그림 66에 각기 다른 중량을 투입하였을 때 수분 제거 에너지, 채반내 함수율 편차 및 고추 건조율을 나타내었으며, 고추의 투입량이 많아질수록 소요에너지는 감소하였으나, 투입량이 96 kg이었을 때는 한 개의 Tray에 있는 건조된 고추의 편차가 10% 이상이 되며, 투입량이 적어질수록 온도의 편차가 줄어드는 것을 그래프에서 확인할 수 있다.

적정 투입량은 고추 투입량이 많아질수록 에너지 효율은 높으나, 건조 후 편차가 높아지기 때문에 함수율 편차가 5~6% point인 60~65 kg이라 할 수 있다.

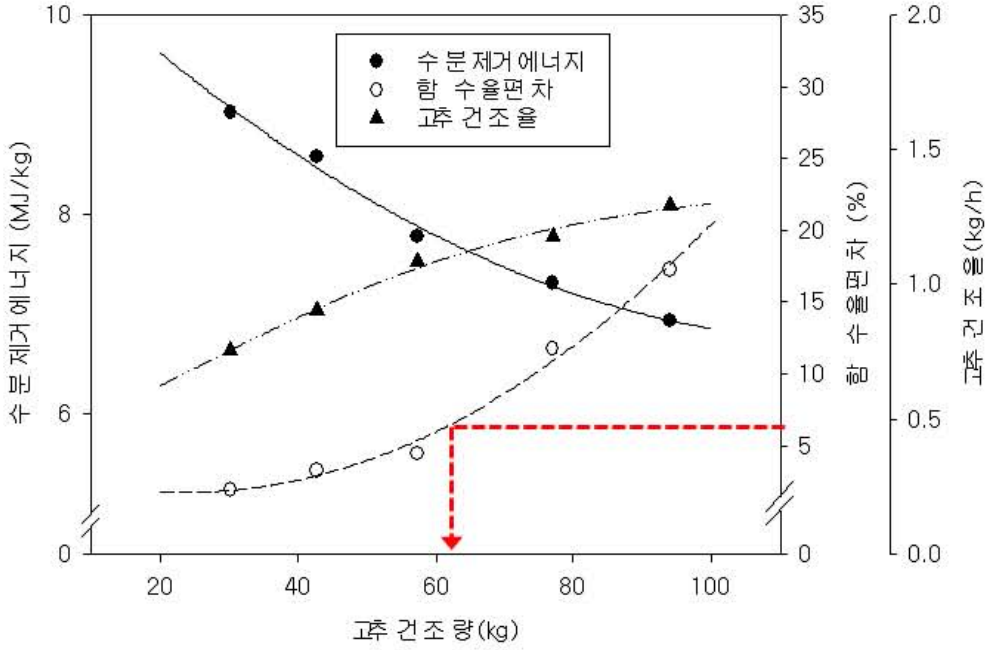


Fig. 66 The deviation of moisture content, energy consumption(MJ/kg) and ratio of dry(kg/h) as the change of quantities of red pepper

다. 구간별 온도변화에 따른 적정건조 온도 구명

흡배기시스템을 적용하면서 70℃에서 6시간 Steaming 후 50℃를 유지하여 건조한 실험과 Steaming 후 70℃와 60℃에서 각각 10시간씩 건조 후 다시 50℃로 낮춰서 건조한 실험에서의 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 67에 나타내었으며, 각각의 실험에서 소비전력량, 건조시간, 수분제거량, 소요에너지, 건감율, 비소요동력, 열효율 및 고추건조량을 표 3에 나타내었다.

흡배기시스템을 적용하여 관행의 건조 방법으로 70℃에서 6시간 Steaming 후 항률건조 기간에서 온도변화를 주지 않고, 50℃로 건조 온도를 설정하여 건조한 실험에서의 결과는 소비전력량은 84.1 kWh, 건조시간은 52.8시간, 수분제거량은 38.92 kg, 소요에너지는 7.78 MJ/kg, 건감율은 1.31 %wb/h, 비소요동력은 7.43 kWh/kg-14%wb, 열효율 30.63 %, 고추건조량은 1.08 kg/h으로 나타났다.(70℃ Steaming(6h) - 50℃ drying)

흡배기시스템을 동일하게 적용하면서 동일한 Steaming 후, 60℃에서 10시간 건조 후 50℃로 낮추어 건조한 실험 결과는 소비전력량 70.2 kWh, 건조시간은 37.5시간, 수분제거량은 40.06 kg, 소요에너지는 6.45 MJ/kg, 건감율은 1.84 %wb/h 비소요동력

은 6.26 kWh/kg - 14%wb, 열효율 36.94 %, 고추건조량은 1.51 kg/h으로 나타났다. (70℃ Steaming(6 h) -60℃ drying(10 h) - 50℃ drying)

흡배기시스템을 동일하게 유지하면서 동일한 Steaming 후 70℃와 60℃에서 각각 10시간씩 건조 후 다시 50℃로 낮춰서 건조한 실험 결과는 소비전력량 63.1 kWh, 건조시간은 31.1시간, 수분제거량은 38.15 kg, 소요에너지는 5.95 MJ/kg, 건감율은 2.22 %wb/h, 비소요동력은 5.59 kWh/kg - 14%wb, 열효율 40.02 %, 고추건조량은 1.78 kg/h으로 나타났다. (70℃ Steaming(6 h) - 70℃drying(10 h) - 60℃drying(10 h) - 50℃drying)

다음과 같이 요약하면, 이번 실험에서는 관행의 건조 방법과 항률건조기간동안 시간별 온도 변화를 주면서 3회 실험을 하였다.

①70℃ Steaming(6 h) - 50℃ drying (관행)

②70℃ Steaming(6 h) - 60℃drying(10 h) - 50℃drying

③70℃ Steaming(6 h) - 70℃drying(10 h) - 60℃drying(10 h) - 50℃drying

흡배기시스템을 적용하면서 70℃에서 6시간 Steaming 후 온도를 단계적으로 낮추면서 건조한 결과(③번)를 50℃의 동일한 온도로 건조한 경우(①번)와 비교하면 건조시간이 52.8시간에서 31.1시간으로 최대 21.7시간 단축되었고, 시간당 전력량, 비소요동력 모두 감소하는 결과를 보였으며, 시간당 소요에너지는 최대 약 20% 감소하였다.

건조 시 항률건조 기간에서 임계 함수율까지 도달하는데 약 20시간 걸리며, 항률건조기간 동안은 피건조물의 내부 온도가 건조실의 온도만큼 올라가지 않는다. 이 기간 동안 관행의 건조와 2가지 방법으로 온도변화를 주어서 실험을 하였으며, Steaming 후 항률건조기간에서 임계함수율에 도달하는 동안에 건조온도를 높일수록 건조시간이 단축되었고, 건조실 내부의 온도만큼 피건조물의 온도가 올라가지 않았으며, 건조 후 관행의 피건조물과 비교했을 때 색상 및 건조 상태가 차이가 없었다. 동시에 전력량, 소요에너지와 비소요동력은 감소하는 것을 실험을 통하여 알 수 있었다.

일반적으로 기존의 전기 건조기로 고추를 건조하는 방법에서 Steaming 후 60℃ 이상에서 건조를 하게 되면 고추의의 색상이 검게 나온다고 하여, 대부분의 사용자들은 50℃ ~ 55℃에서 온도를 설정하여 건조를 하고 있다.

하지만 항률건조기간동안 건조온도를 높여도 피건조물에는 영향을 주지 않았으며,

건조시간을 단축함과 동시에 에너지 효율적 측면에서도 유리한 것을 알 수 있었다.

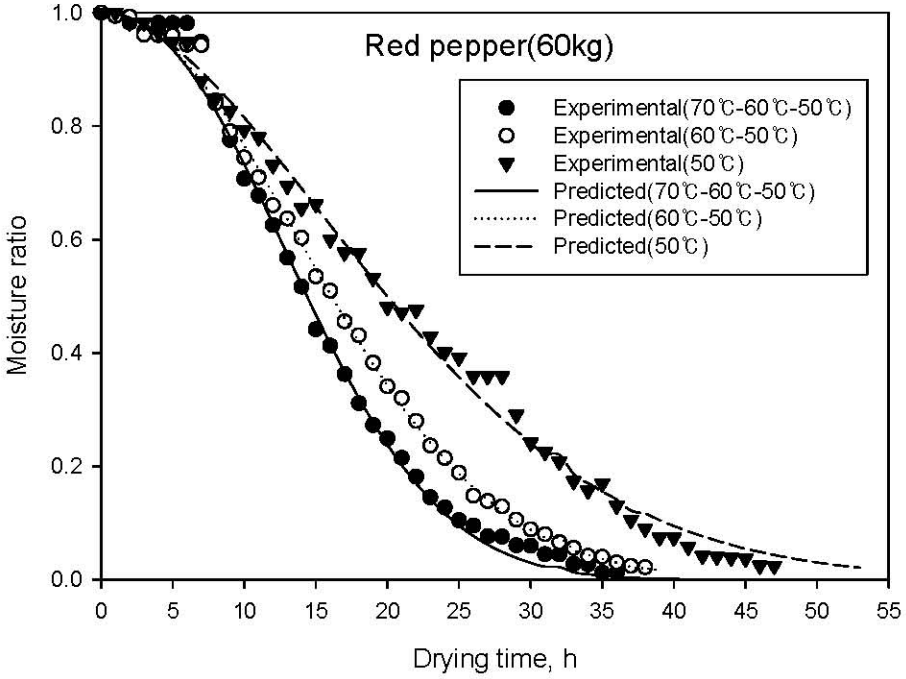


Fig. 67 Moisture content with variable dry temperature.

Table 53 Results of experiment with variable dry temperature

Test	Modified dryer (58kg)	Change of drying temperature (60℃-50℃)	Change of drying temperature (70℃-60℃-50℃)
Amount electricity (kWh)	84.1	70.2	63.1
Drying time(hr)	52.8	37.5	31.1
Water removal (kg)	38.92	40.06	38.15
Energy consumption (MJ/kg)	7.78	6.45	5.95
Ratio of dry (%wb/h)	1.31	1.84	2.22
Specific power (kWh/kg-14%wb)	7.43	6.26	5.59
Efficiency (%)	30.63	36.94	40.02
Ratio of dry (kg/h)	1.08	1.51	1.78

그림 68에 흡배기시스템을 적용하면서 70℃에서 6시간 Steaming 후 50℃를 유지한 건조 실험, 그림 69에 Steaming 후 70℃와 60℃에서 각각 10시간씩 건조 후 다시 50℃로 낮춰서 건조한 실험, 그림 70에 Steaming 후 70℃와 60℃에서 각각 10시간씩 건조 후 다시 50℃로 낮춰서 건조한 실험에서의 건조 시간에 따른 건조기내 온도 및 습도의 변화, 함수율의 변화를 각각 그래프로 나타내었다.

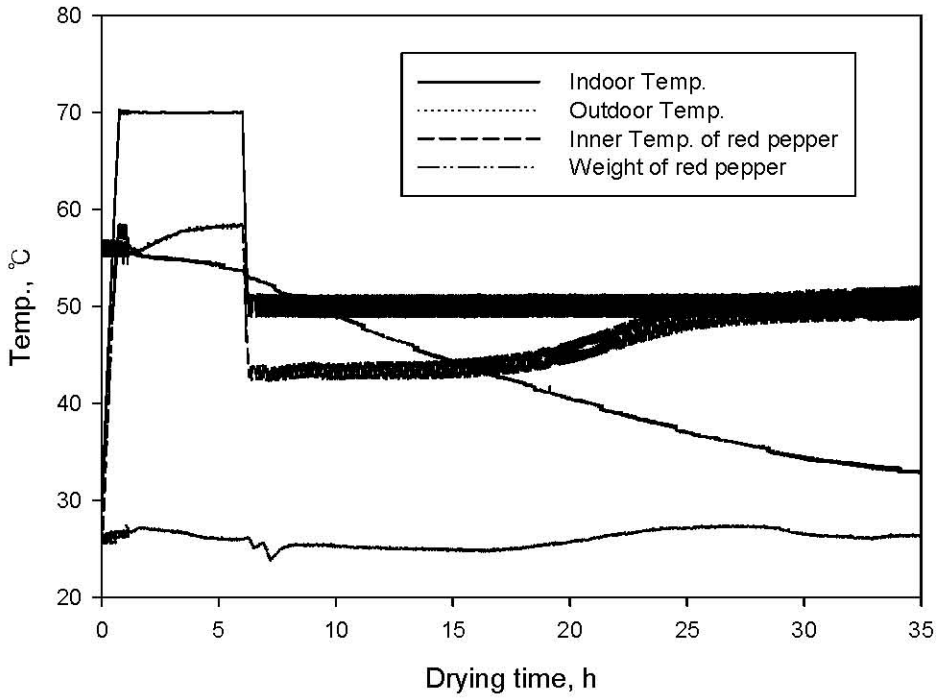


Fig. 68 Change of temperature at indoor temperature, outdoor temperature, inner temperature of red pepper and weight of red pepper.(70℃ Steaming(6h) - 50℃ drying)

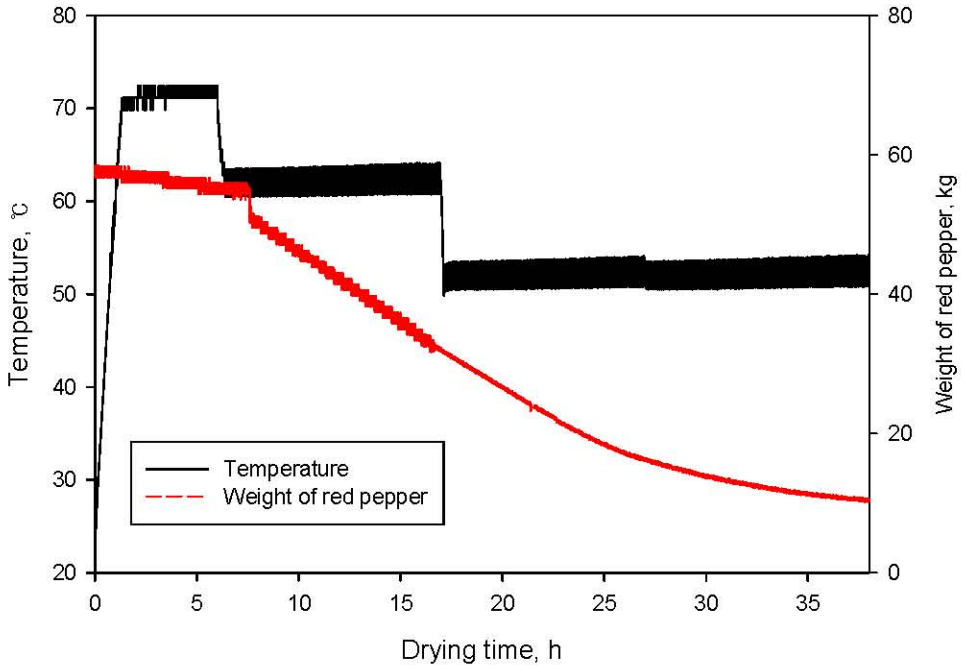


Fig. 69 Change of drying temperature
(70℃ Steaming(6 h) -60℃drying(10 h) - 50℃drying)

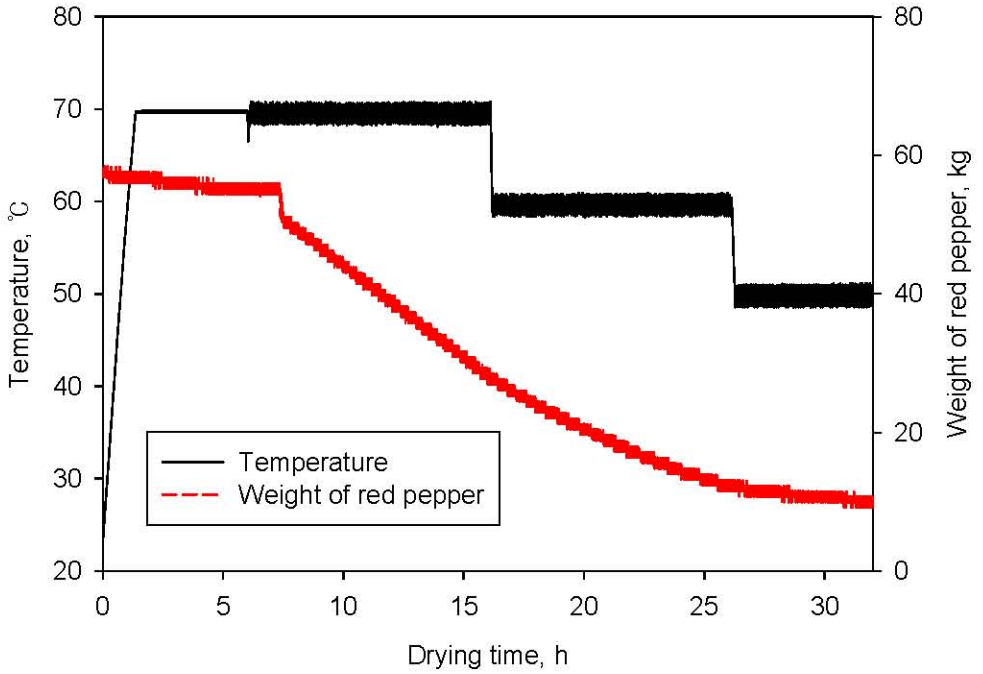


Fig. 70 Change of drying temperature
(70℃ Steaming(6 h) - 70℃drying(10 h) - 60℃drying(10 h) - 50℃drying)

라. 연속환기 건조방식의 건조특성

농가용 건조기 적용 실험에서의 연속환기 건조는 70℃의 온도에서 무환기 건조를 6시간 실시하고, 그 후의 단계에는 50℃의 일정한 공급 건조공기 온도에서 연속환기 건조의 방법으로 평균 함수율 14%까지 건조했을 때 시간에 따른 함수비의 변화를 그림 71에 나타내었다.

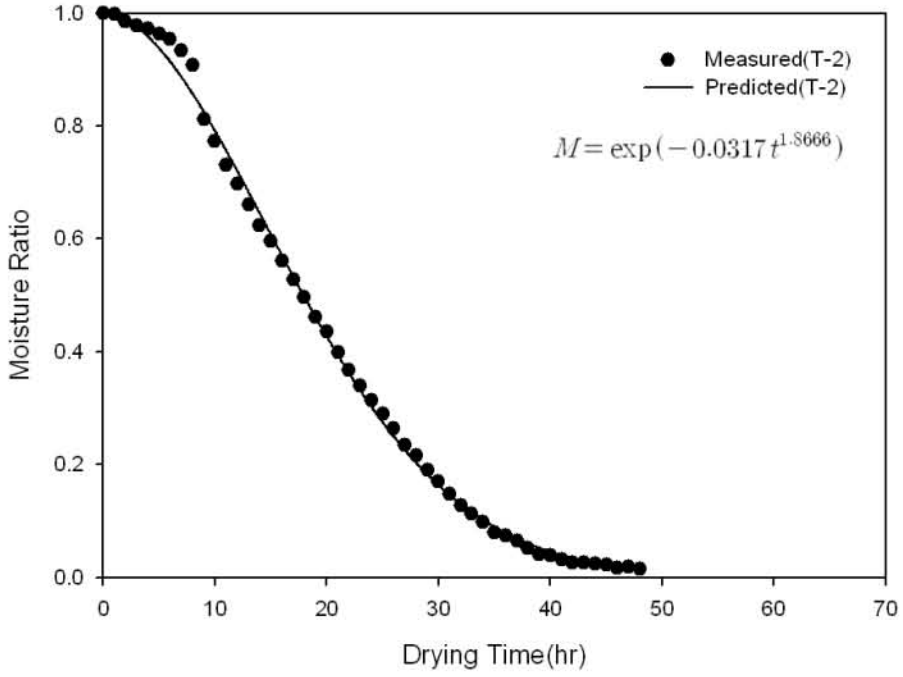


Fig. 71 Drying curve of the red pepper by the existing dryer and drying condition

실험 결과를 표 53에 나타내었으며 건조에 투입된 전력량은 99.52 kWh, 소요 시간은 44.9시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율은 각각 7.54 MJ/kg, 1.07kg/hr, 1.57 %/hr 로 측정 및 산출되었다.

Table 54 Test results of red pepper by the existing dryer and drying condition

No.	Amount electricity (kWh)	Drying time (hr)	Efficiency (%)	SEC (MJ/kg)
T 2	99.52	44.9	31.11	7.54
	SPC (kWh/kg)	WRR (kg/hr)	ROD (%/hr)	Drying capacity (kg/hr)
	9.53	1.07	1.57	1.29

마. 간헐건조 시 습도 변화방식에 따른 건조특성

농가용 건조기 적용 실험에서 6시간의 가온 순환 건조 후 습도만을 단계적으로 낮게 변화시키는 조건으로 건조하였으며 건조 시간에 따른 함수비의 변화는 그림 72에 나타내었다. 건조 초기에 가온 순환 건조 후 건조실 내부의 온도가 급감하고 상대습도가 비교적 높게 유지되고 있어 함수비의 변화가 거의 없는 구간이 관찰되고 있다. 건조실 내의 온도 변화와 습도 변화를 그림 73에 나타내었다.

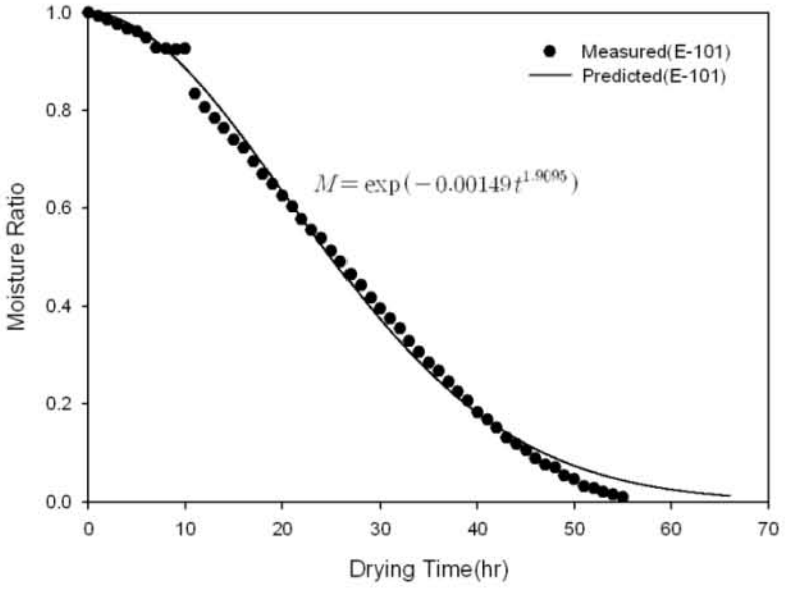


Fig. 72 Drying curve of the red pepper when relative humidity is controlled with an existing dryer

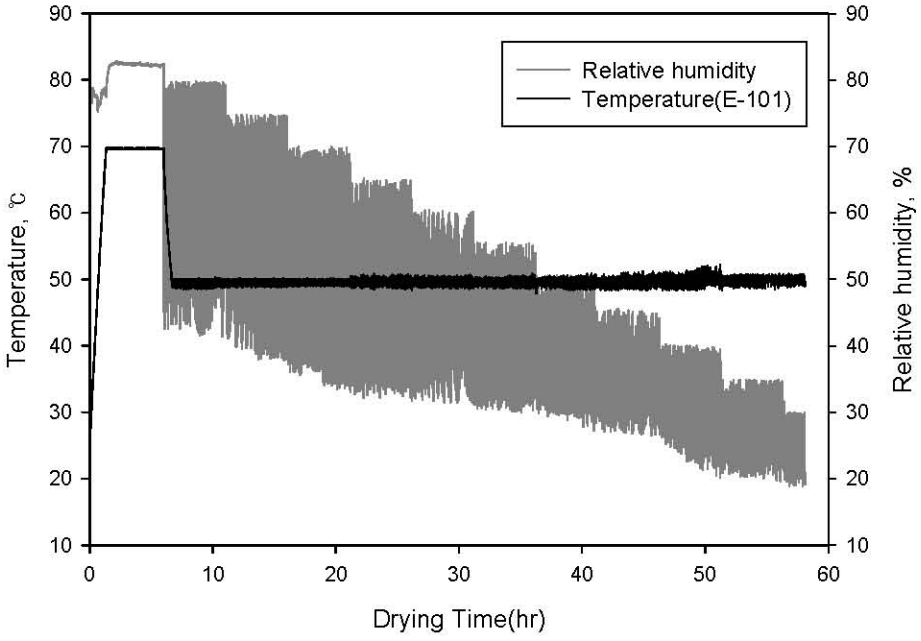


Fig. 73 Change of temperature and relative humidity in the drying chamber when humidity is controlled with an existing dryer

실험 결과를 표 55에 나타내었으며 전 건조기간에서 762분 동안 환기동작이 간헐적으로 이루어졌다. 건조에 투입된 전력량은 84.25 kWh, 소요 시간은 66.4시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율은 각각 6.29 MJ/kg, 0.72 kg/hr, 1.06 %/hr 로 측정 및 산출되었다.

Table 55 Test results as an applications when relative humidity is controlled with an existing dryer

	Amount electricity (kWh)	Drying time (hr)	Efficiency (%)	SEC (MJ/kg)
E 101	84.25	66.4	37.3	6.29
	SPC (kWh/kg)	WRR (kg/hr)	ROD (%/hr)	Drying capacity (kg/hr)
	7.95	0.72	1.06	0.88

바. 간헐건조 시 온·습도 변화방식에 따른 건조특성

농가용 건조기 적용 실험에서 6시간의 가온 순환 건조 후 온도 및 습도를 단계별로 낮게 변화시키는 조건으로 건조하였으며 건조 시간에 따른 함수비의 변화는 그림 74에 나타내었다. 습도 변화방식의 건조특성과 같이 건조 초기에 함수비의 변화가 거의 없는 구간이 관찰되고 있으나 비교적 그 구간이 짧아져 간헐건조 조건 시 가온 순환 건조 후 온도변화를 크게 하지 않는 편이 건조에 적합하다고 판단된다. 건조실내의 온도 변화와 습도 변화를 그림 75에 나타내었다.

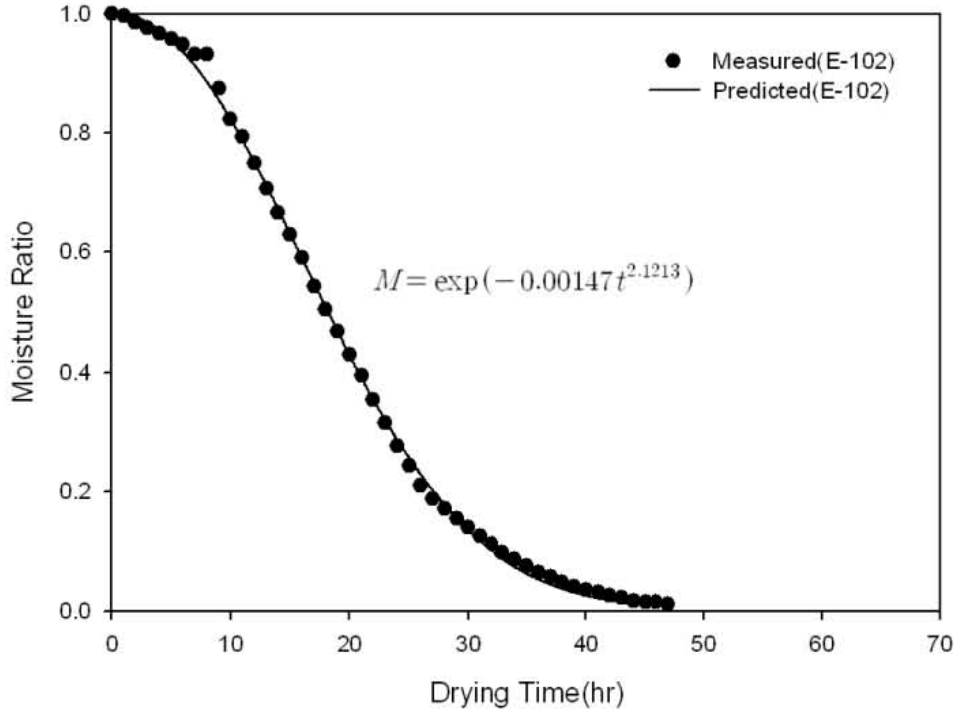


Fig. 74 Drying curve of the red pepper when both temperature and relative humidity are controlled with an existing dryer

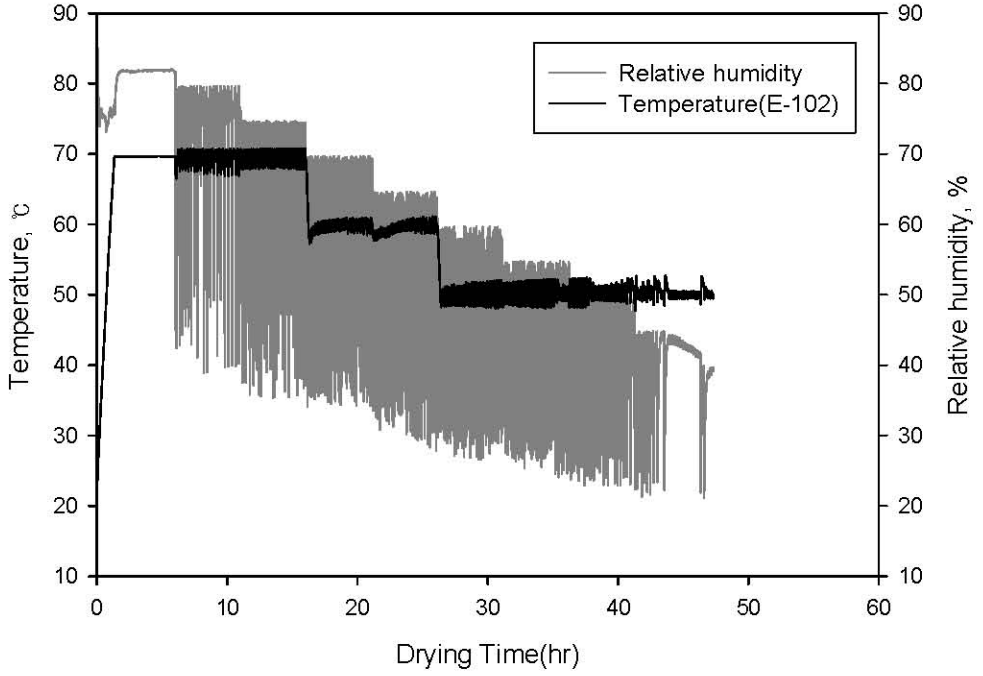


Fig. 75 Change of temperature and relative humidity in the drying chamber when both temperature and humidity are controlled with an existing dryer

실험 결과를 표 56에 나타내었으며 전 건조기간에서 353분 동안 환기동작이 간헐적으로 이루어졌다. 건조에 투입된 전력량은 64.18 kWh, 소요 시간은 43.4시간, 비소요 에너지와 수분 제거율 및 건감율은 각각 4.81 MJ/kg, 1.62 %/hr, 1.09 kg/hr, 로 측정 및 산출되었다.

Table 56 Test results as an applications when both temperature and relative humidity are controlled with an existing dryer

	Amount electricity (kWh)	Drying time (hr)	Efficiency (%)	SEC (MJ/kg)
E 102	64.18	43.4	48.76	4.81
	SPC (kWh/kg)	WRR (kg/hr)	ROD (%/hr)	Drying capacity (kg/hr)
	6.08	1.09	1.62	1.35

사. 농가용 건조기 적용 실험에서의 건조특성 비교

농가용 건조기에 적용한 실험에서 연속환기 건조와 습도, 온도 및 습도를 단계적으로 낮게 하는 실험조건의 건조특성을 그림 76에 건조 시간에 따른 함수비의 변화로 나타내었으며, 실험별 소비 전력량과 소요 시간, 비소요 에너지와 비소요 동력, 수분 제거율과 건감율 등을 표 57에 나타내어 비교하였다.

습도만을 단계적으로 낮게 변화시키며 건조한 경우에 건조 시간이 66.4시간으로 길어졌지만 건조 소요 에너지는 비소요 에너지로서 6.29 MJ/kg 이 되어 연속환기 건조의 7.54 MJ/kg 과 비교하여 약 16.6% 절감되는 결과를 나타냈다.

온도 및 습도를 단계적으로 낮게 변화시키며 건조한 경우에 건조 시간이 43.4시간으로서 연속환기 건조의 44.9시간에 비해 약 3% 단축되며 건조 소요 에너지는 비소요 에너지로서 4.81 MJ/kg 이 되어 연속환기 건조의 7.54 MJ/kg 과 비교하여 약 36.2% 절감되는 결과를 나타냈다.

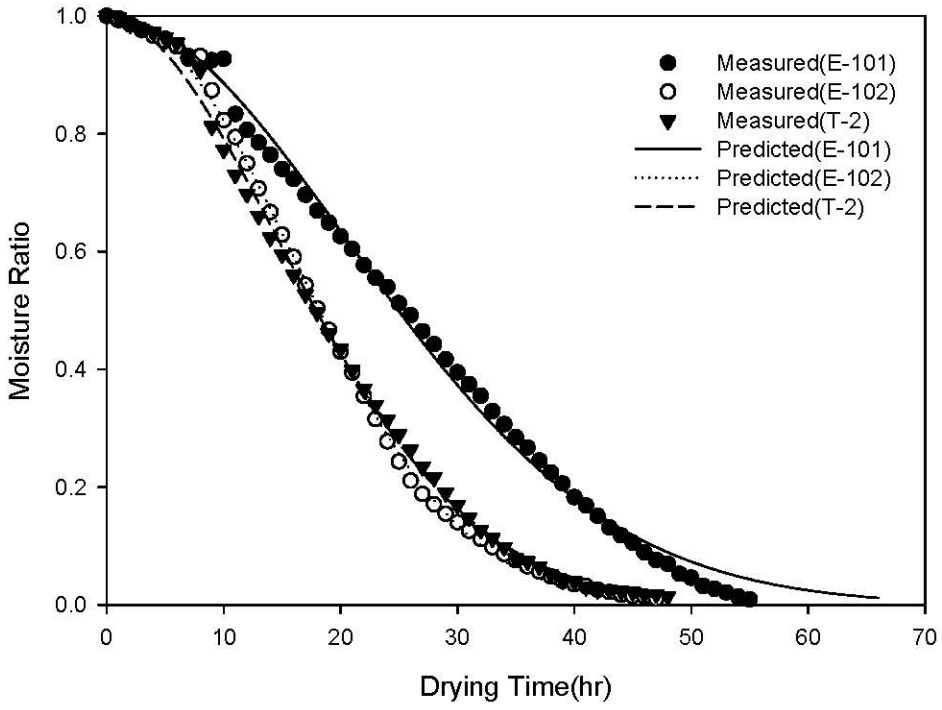


Fig. 76 Comparison of drying curves by the various drying conditions as the application test

Table 57 Comparison of results with the various drying conditions at the application test

Test designation	E 101	E 102	T 2
Amount electricity (kWh)	84.25	64.18	99.52
Drying time (hr)	66.4	43.4	44.9
Efficiency (%)	37.3	48.76	31.11
SEC (MJ/kg)	6.29	4.81	7.54
SPC (kWh/kg)	7.95	6.08	9.53
WRR (kg/hr)	0.72	1.09	1.07
ROD (%/hr)	1.06	1.62	1.57
Drying capacity (kg/hr)	0.88	1.35	1.29

아. 농가용 건조기 적용 실험에서의 건조조건에 따른 건조모델

농가용 건조기 적용 실험에서의 경우에도 기초 실험의 경우와 마찬가지로 고추 건조에 적합한 건조모델을 확인하기 위하여 건조모델 중에서 많이 이용되는 Newton 모델을 변형한 Page 모델을 선택하였다. 건조 조건별 실험에서 계수 A와 B는 표 58과 같이 0.00149와 1.9095, 0.00147과 2.1213 및 0.00317과 1.8666으로 계산되었으며 A 값이 작을수록 B 값은 클수록 건조 소요 시간이 짧아지는 경향을 확인할 수 있다. 그리고 F값이 20589.1 이상이고 P값이 0.0001 미만으로 모든 실험에서 유의수준이 높게 나타났다.

Table 58 Coefficients of Page model resulted from various drying conditions as an application test

Method of Drying	A	B	R^2	F value	P value
E 101	0.00149	1.9095	0.9880	20589.1	< 0.0001
E 102	0.00147	2.1213	0.9812	56912.1	< 0.0001
T 2	0.00317	1.8666	0.9888	28091.4	< 0.0001

자. 농가용 건조기 적용 실험에서의 건조조건에 따른 수정 건조모델

농가용 건조기 적용 실험에서의 경우에도 기초 실험의 경우와 마찬가지로 고추 건조에 적합한 건조모델을 확인하기 위하여 건조모델 중에서 많이 이용되는 Newton 모델을 변형한 Page 모델을 선택하였다. 건조 조건별 실험에서 계수 A와 B는 표 59와 같이 계산되었으며 A 값이 작을수록 B 값은 클수록 건조 소요 시간이 짧아지는 경향을 확인할 수 있다. 그리고 F값이 4214.98 이상이고 P값이 0.0001 미만으로 모든 실험에서 유의수준이 높게 나타났다.

Table 59 Coefficients of Page model resulted from various drying conditions as an application test

Method of Drying	A	B	R2	F value	P value
T3	0.0136	1.4727	0.9548	8041.66	< 0.0001
E301	0.00204	1.6374	0.9443	17285.4	< 0.0001
E302	0.0132	1.4904	0.9516	4214.98	< 0.0001
E303	0.0346	1.3402	0.9537	41318.3	< 0.0001
E304	0.00519	1.5191	0.9479	8821.85	< 0.0001
E305	0.000393	2.0273	0.9151	61460.8	< 0.0001

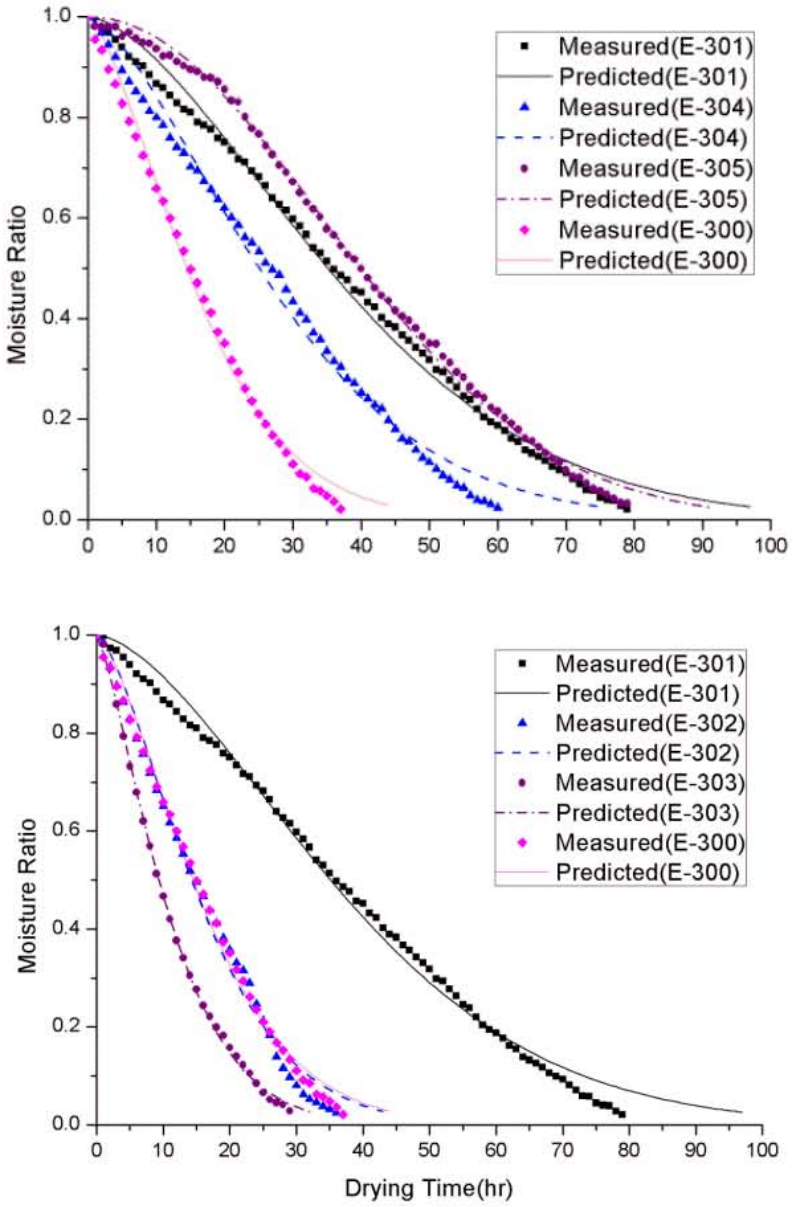


Fig. 77 Comparison of drying curves by the various drying conditions as the application test

차. 농가용 건조기 적용 실험에서의 건초추의 성분분석

건고추의 캡사이신, 색도 및 당도 측정을 한 결과를 표 60에 각각 나타내었다. 캡사이신은 관행 건조에서 total capsaicinoids 로서 22.964 mg/100g, 실험 조건에서는 19.818~26.352 mg/100g 로 측정되었다. 당도는 관행 건조에서 18.617 mg/100g, 실

험 조건에서는 17.250~19.733 mg/100g의 범위로 측정되었다. ASTA 값은 관행 건조에서 59.051, 실험 조건에서는 58.340~60.357 로 측정되었다.

Table 60 Values of capsaicinoids contents, ASTA and sugar contents in red peppers dried by periodic exhaust conditions and traditional drying condition

Method of Drying	total capsaicinoids (mg/100g)	Capsaicin (mg/100g)	Dihydro_capsaicin (mg/100g)	ASTA	Total sugars (%)	Fructose (%)	Glucose (%)	Sucrose (%)
T 2	22.964	2.877	1.471	59.051	18.617	10.767	7.850	0.000
E 101	26.352	4.199	2.420	58.340	19.733	11.183	8.550	0.000
E 102	19.818	1.686	0.883	60.357	17.250	9.583	7.150	0.517

관행의 건조와 실험 조건에 따른 캡사이신, 색도 및 당도가 어떤 관계가 있는지 F-통계량을 이용한 일원분산분석을 하였다. 그 결과 각각의 건조 조건에 따른 성분 함량이 관련성이 높은 것으로 조사되었으며, 캡사이신, 색도, 당도의 순으로 통계적으로 유의적인 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. ($p<0.05$)

실험에서 건고추 간 캡사이신, 색도 및 당도가 함량차이가 정확히 어떤 건조방법에서 기인하는지를 사후분석하였으며 그 결과를 표 61에 나타내었다.

실험에서 관행 대비 습도변화만 설정하였을 경우 캡사이신은 높은 편으로 나타났고, 온도 및 습도를 변화시켰을 경우 당도 값이 다소 낮게 측정되는 것으로 분석되었으며 모든 실험에서 색도는 그다지 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 61 Results of Duncan's multiple test dried by the heating and exhaust conditions

Method of drying	Capsaicin	ASTA	Sugar
T 2	22.9643^{b}	59.0509^{a}	18.6167^{b}
E 101	26.3520^{c}	58.3403^{a}	19.7333^{b}
E 102	19.8183^{a}	60.3575^{a}	17.2500^{a}

- Means with different letters in a column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple test.

4. 요약 및 결론

고추 건조에 있어서 건고추의 갈변 또는 흑변, 균일한 건조의 어려움이나 소요 에너지 비용의 과다함이 국내 보급형 소형 선반식 열풍 건조기의 문제점이 되고 있다. 이에 건조기의 효율을 높이기 위한 최적의 작동 조건을 구명하기 위하여 효율적 흡배기 시스템을 적용한 실험장치가 적용된 건조기를 이용하여 최적투입량을 구명하였다. 또한, 실험실규모의 방식을 농가용규모에 적합하도록 건조장치를 설계하였고, 이를 이용하여 열풍이 연속으로 배기되는 관행의 건조방식을 배기주기와 시간을 변화시키는 건조방식으로 적용한 후, 이 건조방식이 고추의 건조특성과 건조에너지, 건조된 고추의 품질 등에 미치는 영향을 분석하였다.

최적 투입량을 구명하기 위하여 건조 투입량을 달리하였으며, 건조구간 내 건조온도를 변화시키는 방법으로 실험별 소요 전력량, 건조 소요 시간, 건감율 등을 비교하였으며 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 건조 시 흡배기구를 모두 열고 건조하는 기존의 일반적 건조기와 히터에 전원이 공급될 때 흡배기구가 닫히고 히터가 전원이 차단될 때 흡배기구가 열리는 시스템을 적용한 건조기로 실험을 하였다. 건조기간동안 흡배기구는 321회 열림과 닫힘을 반복하였다. 실험 결과는 흡배기시스템을 적용하였을 경우, 관행건조대비 건조시간이 증가하여 건감율, 시간당 고추건조량은 줄어들었지만, 소비전력량, 소요에너지, 비소요동력 등이 감소하여 건조시간은 늘어났지만, 열효율 면에서 유리한 건조 방법으로 나타났다.

2. 기존의 전기 건조기의 적정 건조 투입량을 구명하기 위하여, 투입량을 30 kg, 42.6 kg, 58.3 kg, 78.5 kg, 96.2 kg으로 하여 효율적 흡배기 시스템이 적용된 건조기에 5회 실험을 하였다. 고추의 투입량이 많을수록 에너지 효율이 높았으나, 동일 채반 내에 있는 고추의 함수율 편차가 높아졌다. 고추 투입량은 한 개의 채반에 60~65 kg로 했을 때 함수율이 6% 내외였다.

3. 효율적 흡배기시스템을 적용한 건조기를 사용하여, 건조구간 내 온도 변화를 부여하는 방법으로 건조 실험을 하였다. 건조기간동안에 항율건조기간 내 온도변화를 주었는데, 임계함수율에 도달하기 전까지는 온도가 높을수록 에너지측면과 시간적 측면에서 유리하였으며, 관행 건조 대비 건조시간과 소비전력량 모두 감소하였

고 고추 1 kg당 건조에 소요되는 에너지를 절약할 수 있으며, 시간당 건조량도 증가시킬 수 있는 실험결과를 나타냈었다.

4. 건조시간, 건감율 및 시간당 고추건조량은 관행건조방법 대비 흡배기 시스템을 적용한 경우, 건조시간이 17.5% 길어지면서 건감율과 시간당 고추건조량은 각각 14.3%, 14.9% 줄어들었으며, 온도변화를 둔 방법에서는 관행 대비 건조시간이 36.8% 단축됨으로써, 건감율과 시간당 고추건조량이 각각 45.1%, 40% 증가하는 결과를 나타냈다.

5. 농가용 건조기에의 적용 실험에서 연속환기 조건의 실험과 비교하여 습도 변화 건조조건의 경우 건조시간이 길어지는 결과였지만 소요 에너지면에서는 7.54 MJ/kg에서 6.29 MJ/kg로 16.5% 절감되었다.

6. 습도와 온도 변화 건조조건의 경우에는 건조시간이 거의 동일하면서도 에너지 투입량이 7.54 MJ/kg에서 4.81 MJ/kg로 36.2% 절감되는 결과를 나타내었다.

7. 관행 대비 습도변화만 설정하였을 경우 캡사이신은 높은 편으로 나타났고, 온도 및 습도를 변화시켰을 경우 당도 값이 다소 낮게 측정되는 것으로 분석되었으며 모든 실험에서 색도는 그다지 차이가 없는 것으로 나타났다.

제3절 온습도제어용 컨트롤러 완성 및 경제성 분석

1. 시작기 완성

가. 흡배기 댐퍼 제작

본 연구의 최종적으로 개발된 온습도제어형 건조장치의 건조실에서는 송풍기와 히터가 장착된 기계부로부터 공급된 고온 건조한 공기가 각 채반을 통과하여 건조에 필요한 에너지를 공급한 다음 건조실의 상부에 위치한 내부 밸브를 통하여 기계부로 다시 투입된다. 기계부의 송풍팬을 통과하고 다시 전기히터를 통하여 설정된 온도의 열풍으로 가열되어 건조실로 통하는 기계실 하부에 위치한 내부 밸브로 유입되도록 건조장치의 내부 공기유로를 배치하였다. 열풍의 내부순환 후 설정한 시간 및 내부 상대습도의 신호를 받아 건조실 내의 습기를 제거할 수 있도록 건조실 상부에 개폐가 가능한 배기구를 설치하여 무배기 및 배기 작동이 원활하도록 구성하였다.

건조실의 상부에 그림 78과 같이 댐퍼를 설치하여 흡배기구가 하나로 구성되도록 설계하여 제작하였다. 온습도 제어를 하기 위해서 1개의 흡배기구와 댐퍼를 설치하였다. 댐퍼 하단의 기계부에는 송풍팬과 히터 및 건조실로 향하는 개폐가 가능한 상하 밸브를 구성하였다. 건조실과 기계부의 상부에는 각각 외부 공기의 입·출구를 개폐가 원활하도록 구성하였다.

그림 78 온습도 제어를 위한 댐퍼 제작

나. 온습도제어형 컨트롤러 제작

가온 순환 건조,건조 및 온습도제어 건조조건에 부합하는 송풍팬과 히터의 전원공급, 공기의 흡·배기구 개폐를 원활히 조절할 수 있도록 제어장치를 구성하였다.

메인 콘트롤러에 전원이 인가되면, 온도센서와 습도센서로부터 각각의 온도값이 전체 중량값이 온도 조절기 및 중량 조절기에 입력되어 콘트롤러의 디스플레이창에 표시되며 기 설정해 놓은 구간별 조건들로서 연속배기 방식 및 온습도제어 건조방식의 건조를 수행할 수 있도록 구성하였다.

다음은 건조방법 설정을 위한 여러 가지 조건들을 설정하였고, 이를 이용하여 건조 제어장치를 제작하였다.

(1) 건조방법 설정

제어신호		설정 온도			비고
제어기		댐퍼	송풍기	히터	
건조 방법	#1	Closed	On	On/Off	스티밍 건조
	#2	Open	On	On/Off	일반 건조
	#3	Closed/Open	On	On/Off	설정온도 편차(1~2℃)에 의한 댐퍼 작동
	#4	Closed/Open	On	On/Off	설정시간에 의한 댐퍼 작동*

* 설정시간 : 댐퍼 closed → open 1분 시간 설정, open → closed 10분 시간 설정

(2) 건조방법 변환 설정

제어신호	설정 시간				
제어기	타이머	타이머	타이머	타이머	타이머
건조방법 변환	#1 → #2	#1 → #3	#1 → #4	#1 → #4 → #2	#4 → #3 → #2

* 다양한 모드 변환 가능해야 함

(3) 온도 및 건조방법 변환 설정

제어신호	설정 온도, 설정 시간
고온	고온 + 작동 유지 시간 설정(OO hr OO min)
중온	중온 + 작동 유지 시간 설정(OO hr OO min)
저온	저온 + 작동 유지 시간 설정(OO hr OO min)

(4) 복합 건조 설정

단계	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
온도	고온(70℃)	고온(70℃)	중온(60℃)	중온(60℃)	저온(50℃)
건조방법	#1 (스티밍)	#4(설정시간 댐퍼작동)	#4(설정시간 댐퍼작동)	#4(설정시간 댐퍼작동)	#3(설정온도 편차)
건조단계 시간	5시간	5시간	5시간	10시간	15시간
댐퍼 작동시간		댐퍼 closed→open 1분 설정, open→closed 5분 설정	댐퍼 closed→open 1분 설정, open→closed 10분 설정	댐퍼 closed→open 1분 설정, open→closed 15분 설정	

설정/자동 버튼 5초 이상 누름 내부기능 진입 (1단계 ~ 9단계)
부저음이 2초 동안 울립니다.

현재온도 창	설정온도 창	설정시간 창
1.A	55 (범위 0~99도)	40 (범위 0~99시간)
설정/자동 버튼	올림 내림 버튼	올림 내림 버튼
자동 열림 닫힘 댐퍼 버튼		

댐퍼 버튼 으로 댐퍼 작동 선택 (1.C 1.O 1.A 1.T)
설정 온도 설정 시간을 올림 내림 버튼으로 설정
설정/자동 버튼을 누르면 다음 단계 2.A 로 이동 합니다.

현재온도 창	설정온도 창	설정시간 창
1.A (자동)	55	40
1.O (열림 고정)	55	40
1.C (닫힘 고정)	55	40
1.T (시간 동작)	55	40
1.T	5.	5.
	설정온도 열림 분 설정 (1~99분)	
	설정시간 닫힘 분 설정 (1~99분)	

단: 1.T 댐퍼 시간 동작 선택 시에는 설정/자동 버튼을 누르면
설정온도 창에 댐퍼 열림 시간
설정 시간 창에 댐퍼 닫힘 시간 설정 하면 됩니다.

2단계

현재온도 창	설정온도 창	설정시간 창
2.T	60	5
2.T	5.	5.

1단계와 동일 한 방식으로 설정 합니다..

마지막 단계가 2 단계 이면 3단계 시간을 0 으로 설정 하고
5초 동안 키 입력이 없어면 부저음이 2초 동안 울리고 2단계 까지 저장 하고 빠져 나옵니다..
(이전에 3~9 단계 까지 설정 되어 있어서면 전부 무시 합니다.)
총 시간이 99 시간 이상이면 내부 설정 기능에서 빠져 나오지 못합니다.

현재온도 창	설정온도 창	설정시간 창
3.A	0	0

설정/자동 누르면 단계 건조 / 기본 건조 전환
단계 동작중에는 현재온도 와 단계 전환 하면서 표시 함
단계 건조 동작 중에 댐퍼 버튼을 누르면 설정 된 값을 2초 간격으로 확인

현재온도 창	설정온도 창	설정시간 창
	2 (총 단계 수)	45 (총 시간)
1.A	55	40
2.T	60	5
2.T	5. (댐퍼 열림 시간)	5. (댐퍼닫힘 시간)

(5) 온습도제어형 프로그래밍

다음은 건조방법 설정을 위한 여러 가지 조건들을 설정하였고, CodeWizardAVR (V1.25.3 Professional)을 이용하여 프로그래밍을 하였다. 그림 79는 사용된 소스의 캡쳐화면을 나타내고 있다.

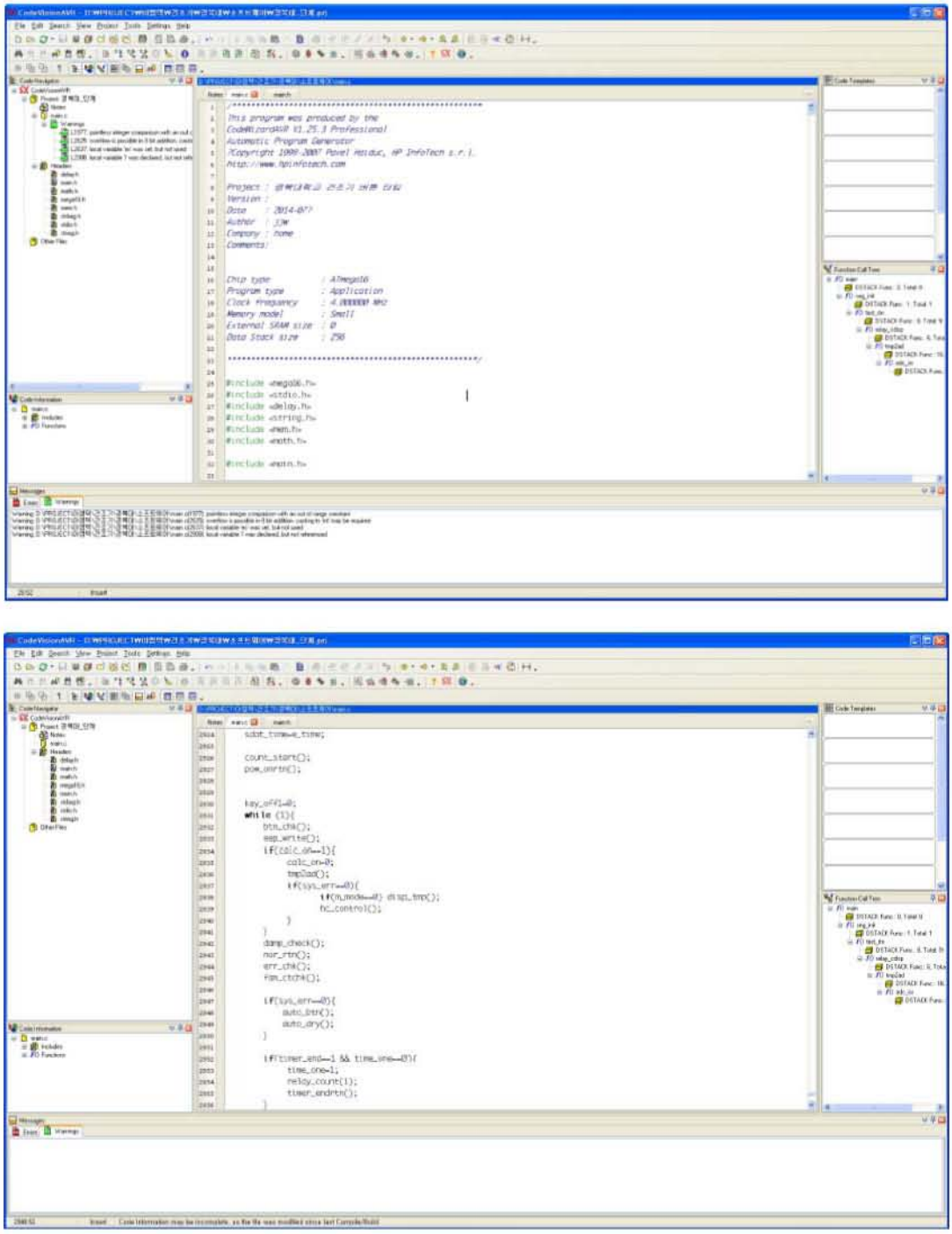


그림 79 CodeWizardAVR을 이용한 프로그램

(6) 메인보드 설계 및 회로도

앞서 여러 가지 건조 조건들을 설정할 수 있는 메인보드를 설계하였고, 그림 80과 81은 사용된 CPU보드와 파워보드의 디자인을 나타내고 있다.

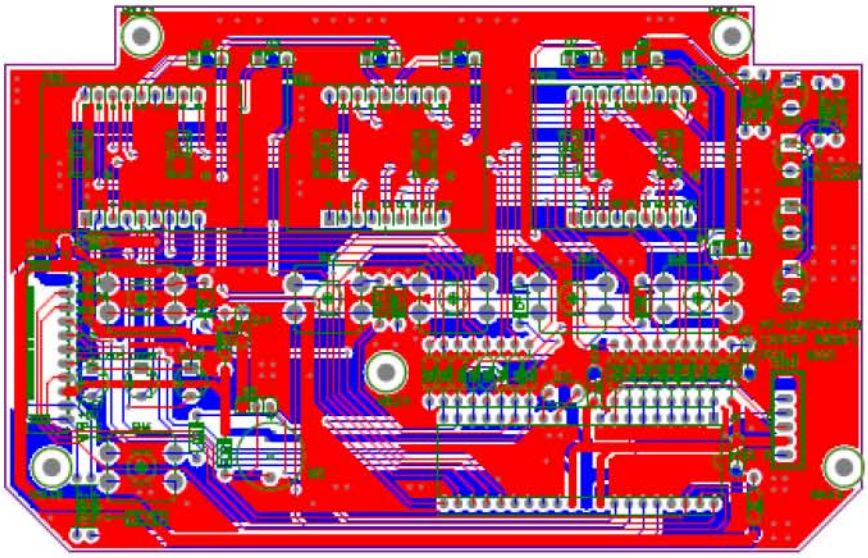


그림 80 CPU board 설계 및 회로도

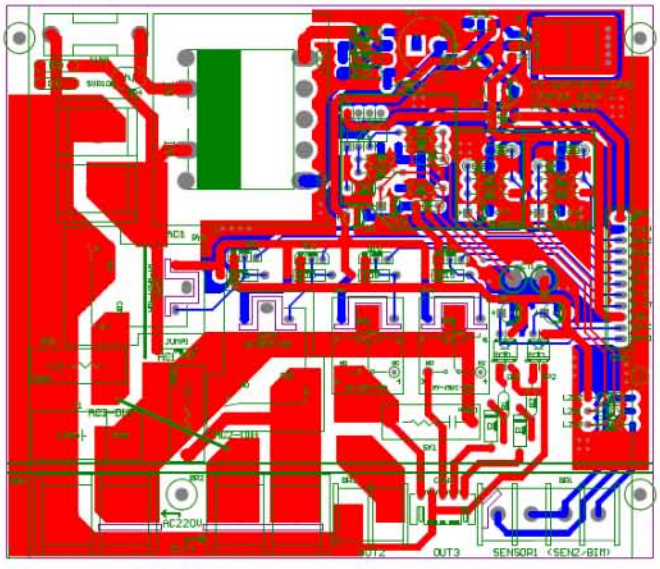


그림 81 Power board 설계 및 회로도

(7) 온습도제어형 컨트롤러 제작

그림 82는 제작완성된 온습도제어형 컨트롤러를 나타내고 있다. 내외부 판넬과 내

부에 장착된 메인보드이다.

그림 82 온습도제어형 컨트롤러 제작 사진

2. 경제성 분석

표 62의 농촌진흥청의 고추재배농가 소득관련 자료에 따르면 10 a를 기준으로 연 1기작을 행하는 농가의 경우, 5,160 kg의 고추를 생산하면 조수입이 1천8백만 원이고, 이 중 생산비가 9백만 원 이상을 차지한다. 9백만 원의 생산비 중 건조를 위한 광열동력비가 전체의 40.7%를 차지하는 것으로 나타났고, 기계건조 방법이 아닌 기계건조와 비닐하우스를 연계하는 건조방법을 사용하더라도 전체 생산비의 약 11%가 에너지 비용으로 소요된다는 조사가 있는 바, 광열동력비를 낮추는 것은 직접적인 농가의 소득으로 이어질 수 있다.

표 62 고추 재배 농가의 경영비 분석 (년 1기작/10a)

비목별		수량	금액(원)	비고
조수입	주부산물가액	5,160kg	18,030,068	상품화율 95.7%
경영비	광열동력비		3,836,554	경영비 중 40.7%
	그 외 중간재		4,541,100	
	임차료, 고용임금 외		1,044,652	
	계		9,422,306	

※ 고추재배농가 소득자료(농촌진흥청, 2008)

시작기의 경우 콘트롤러의 제어방법만이 변경되었기 때문에, 제품의 단가 상승은 별도로 이루어지지 않았다.

또한, 농가용규모의 건조기에 적용한 경우, 습도만 제어하였을 경우 16.5%, 온도와 습도를 동시에 제어하였을 경우, 36.2%의 에너지가 절감되었다. 따라서, 광열동력비의 금액에 적용시켰을 경우, 10a 당 광열동력비는 633,031원이 절감되었고, 온습도 제어를 할 경우에는 1,388,833원이 절감되었다.

이를 고추의 무게로 환산할 경우 광열동력비는 744원/kg으로 조사되었는데, 건조고추 무게당 123 원/kg, 269 원/kg의 경영비의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

따라서 기존 농가용 농산물건조기에 기계적인 추가비용없이 경영비를 절감할 수 있어 경제성이 매우 높은 것으로 나타났다.

표 63 온습도제어형 농산물건조기의 경제성 비교

비목별		수량	관행 (원)	습도제어형 (원)	온습도제어형(원)
조수입	주부산물가액	5,160kg	18,030,068	18,030,068	18,030,068
경영비	광열동력비		3,836,554	3,203,523	2,447,721
	그 외 중간재		4,541,100	4,541,100	4,541,100
	임차료, 고용임금 외		1,044,652	1,044,652	1,044,652
	계		9,422,306	8,789,275	8,033,473

제4절 종합 결론

본 연구에서는 고추 건조시 배출되는 공기의 건조 잠재력을 최대한 이용하기 위하여, 배출되는 공기의 상대습도를 변화시켜 에너지의 이용도를 높일 수 있는 건조방식을 개발하는데 목적이 있다. 이를 위하여 열풍이 연속으로 배기되는 관행의 건조방식을 배기주기와 시간을 변화시키는 건조방식으로 적용한 후, 이 건조방식이 고추의 건조특성과 건조 에너지, 건조된 고추의 품질 등에 미치는 영향을 분석하였다.

① 외부 공기의 흡입 및 내부 공기의 배출을 위한 개폐장치를 설치하고, 전기히터 및 송풍기의 용량과 크기를 결정하여, 실험용 건조기를 설계 및 제작하였고,

② 실험용 건조기의 건조 운전 조건을 무배기 건조시간과 배기 건조시간으로 다양하게 변화시킬 수 있는 건조 알고리즘과 제어부를 개발하였으며,

③ 연속배기 조건의 실험과 무배기 시간 및 배기 시간을 다양하게 변화시킨 온습도제어 조건을 설정한 홍고추의 건조실험을 하였으며,

④ 고추 건조에 적합한 건조모델을 Page 모델식으로 산출하여 건조식을 구하였고,

⑤ 건고추의 캡사이신, 색도 및 당도의 성분 측정을 실시하고,

⑥ 각각의 건조 방법별 건고추의 성분과의 유의성을 분석하였으며,

⑦ 이를 이용하여 농가용규모의 건조기를 개발하여 실험실용 건조기와 동일한 건조실험을 하였으며,

⑧ 또한, 온습도제어용 컨트롤러를 제작하여 시작기를 완성하였고,

⑨ 온습도제어용 농산물건조기를 이용한 경제성을 분석하였다.

이들의 연구수행 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 기초 실험에서 연속배기방식의 건조는 80℃의 온도에서 무배기 건조 동작을 4시간 실시하고, 그 후의 단계에는 65℃의 일정한 온도로 연속적인 배기 중에 건조하였다. 온습도제어방식의 건조는 연속배기방식과 4시간의 무배기 건조 동작은 같지만 그 후의 단계에서 무배기와 배기를 반복하는 건조 방법으로 하였다. 연속배기방식과 온습도제어방식 모두 평균 함수율 14%까지 건조하였다.

2. 온습도제어방식의 건조 실험에서 1회당 배기 시간이 줄어들수록 비소요 에너지가 연속배기 조건 대비 18.39 MJ/kg에서 13.24 MJ/kg로 28% 감소하며 건조 소

요 시간도 짧아지는 경향을 보였다. 배기 동작 전 무배기 건조시간이 길어질수록 비소요 에너지가 연속배기 조건 대비 12.87 MJ/kg로 30% 감소하며 건조 소요 시간도 짧아지는 경향을 보였다. 또한, 무배기 건조 시간이 전체 건조기간 중에 동일한 경우 보다는 2가지로 다르게 하여 건조하였을 경우에 비소요 에너지가 연속배기 조건 대비 12.69 MJ/kg로 31% 절감되고, 건조 시간도 짧아지는 경향을 보였다.

3. 고추 건조에 적합한 건조모델을 확인하기 위해 많이 이용되는 Newton 모델을 변형한 Page 모델을 선택하여 실험상수를 산출하였으며 기초 실험 및 응용실험에서 유의수준이 높게 나타나는 결과를 얻었다.

4. 건고추의 성분 분석은 HPLC 방법으로 캡사이신과 당도를 측정하였고 분광분석의 방법을 통하여 ASTA 값을 색도로 하였다. 연속배기 건조와 비교하여 온습도제어 건조에서의 캡사이신과 ASTA 값이 높게 측정되었으며, 당도값은 큰 차이가 없었다.

5. 건고추에서 측정된 캡사이신, 색도 및 당도값이 건조 방법에 따라 어떤 관계가 있는지 SPSS를 이용한 one way ANOVA 분석을 실시하였다. 각각의 실험에서 건고추의 성분함량이 서로 관련성이 높은 것으로 조사되었으며 통계적 유의성을 보이고 있었다.
   (1) 1회당 배기 시간을 1분, 2분, 20분으로 설정한 실험에서 배기 시간이 짧아질수록 캡사이신, 색도 및 당도가 높은 편을 나타냈다.
   (2) 배기 시간을 20분으로 한 경우 무배기 시간을 40분과 70분으로 달리한 실험에서 무배기 시간을 길게 하는 편이 색도의 수치가 높게 나타났으며, 배기 시간을 2분으로 한 경우 무배기 시간을 22분과 30분으로 달리한 실험에서 무배기 시간을 길게 하는 편이 캡사이신과 색도의 수치가 높게 나타났다.
   (3) 무배기 시간을 건조 후기로 갈수록 길게 설정한 실험에서 건조 후기로 진행하면서 무배기 시간을 여러 단계로 변화시킬수록 캡사이신은 감소하는 경향을 보였다.

6. 이에 판단해 보면 기초 실험결과 건조 기간 중 적절한 배기를 위하여 무배기

시간을 20~40분으로 설정하되, 건조 후기로 갈수록 1회당 무배기 시간을 길게 하고 배기 시간을 1회당 1분 내외로 하는 온습도제어 건조방법이 소요 에너지, 소요 시간 및 유효 성분 함량면에서 유리한 것으로 비교 분석되었다.

7. 건조 시 흡배기구를 모두 열고 건조하는 기존의 일반적 건조기와 히터에 전원이 공급될 때 흡배기구가 닫히고 히터가 전원이 차단될 때 흡배기구가 열리는 시스템을 적용한 건조기로 실험을 하였다. 건조기간동안 흡배기구는 321회 열림과 닫힘을 반복하였다. 실험 결과는 흡배기시스템을 적용하였을 경우, 관행건조대비 건조시간이 증가하여 건감율, 시간당 고추건조량은 줄어들었지만, 소비전력량, 소요에너지, 비소요동력 등이 감소하여 건조시간은 늘어났지만, 열효율면에서 유리한 건조 방법으로 나타났다.

8. 기존의 전기 건조기의 적정 건조 투입량을 구명하기 위하여, 투입량을 30 kg, 42.6 kg, 58.3 kg, 78.5 kg, 96.2 kg으로 하여 효율적 흡배기 시스템이 적용된 건조기에 5회 실험을 하였다. 고추의 투입량이 많을수록 에너지 효율이 높았으나, 동일 채반 내에 있는 고추의 함수율 편차가 높아졌다. 고추 투입량은 한 개의 채반에 60~65 kg로 했을 때 함수율이 6% 내외였다.

9. 효율적 흡배기시스템을 적용한 건조기를 사용하여, 건조구간 내 온도 변화를 부여하는 방법으로 건조 실험을 하였다. 건조기간동안에 항율건조기간 내 온도 변화를 주었는데, 임계함수율에 도달하기 전까지는 온도가 높을수록 에너지측면과 시간적 측면에서 유리하였으며, 관행 건조 대비 건조시간과 소비전력량 모두 감소하였고 고추 1 kg당 건조에 소요되는 에너지를 절약할 수 있으며, 시간당 건조량도 증가 시킬 수 있는 실험결과를 나타냈었다.

10. 건조시간, 건감율 및 시간당 고추건조량은 관행건조방법 대비 흡배기 시스템을 적용한 경우, 건조시간이 17.5% 길어지면서 건감율과 시간당 고추건조량은 각각 14.3%, 14.9% 줄어들었으며, 온도변화를 둔 방법에서는 관행 대비 건조시간이 36.8% 단축됨으로써, 건감율과 시간당 고추건조량이 각각 45.1%, 40% 증가하는 결과를 나타냈다.

11. 농가용 건조기에의 적용 실험에서 연속환기 조건의 실험과 비교하여 습도 변

화 건조조건의 경우 건조시간이 길어지는 결과였지만 소요 에너지면에서는 7.54 MJ/kg에서 6.29 MJ/kg로 16.5% 절감되었다.

12. 농가용 건조기에의 적용 실험에서 습도와 온도 변화 건조조건의 경우에는 건조시간이 거의 동일하면서도 에너지 투입량이 7.54 MJ/kg에서 4.81 MJ/kg로 36.2% 절감되는 결과를 나타내었다.

13. 관행 대비 습도변화만 설정하였을 경우 캡사이신은 높은 편으로 나타났고, 온도 및 습도를 변화시켰을 경우 당도 값이 다소 낮게 측정되는 것으로 분석되었으며 모든 실험에서 색도는 그다지 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 습도 제어만을 했을 경우 품질적인 면에서는 조금 유리하였지만 소요에너지 절감 측면에서 온도와 습도를 제어하는 것이 유리한 것으로 나타났다.

14. 관행의 농가용 건조기의 광열동력비는 744원/kg으로 조사되었는데, 습도제어만 할 경우 광열동력비는 건조 고추 무게당 123 원/kg, 온습도제어일 경우 269 원/kg의 경영비의 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 기존 농가용 농산물 건조기에 기계적인 추가비용없이 경영비를 절감할 수 있어 경제성이 매우 높은 것으로 나타났다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

제1절 목표 달성도

세부연구개발 목표	가중치	평가의 착안점 및 기준	달성도 (%)
온습도 제어용 실험용 건조기 개발	20%	○ 온도 및 습도 제어 시스템을 설계하였는가?	100
		○ 실험실 규모의 고추 건조기를 개발하였는가?	100
고추의 최적 건조조건에 따르는 알고리즘 개발	20%	○ 온도 및 습도 제어방법에 따른 고추의 건조 특성을 분석하였는가?	100
		○ 최적 건조조건에 따른 최적 알고리즘을 개발하였는가?	100
온습도 제어가 가능한 농가용 고추 건조기 제작	20%	○ 농가용(상품화 규모)의 온습도 제어가 가능한 고추 건조기를 개발하였는가?	100
시작기의 성능 테스트 및 수정·보완	20%	○ 개발된 시작기는 관행의 고추 건조기에 비해 고효율 에너지절감형인가?	100
건조기의 경제성	20%	○ 최종적으로 완성된 건조기는 경제성이 있는가?	100

제2절 관련분야 기여도

1. 기술적 측면

가. 소요 에너지 절감

관행의 고추 건조는 초기온도 65℃에서 5~6시간 건조시킨 후 60℃에서 7~8시간, 55℃에서 15~17시간동안 건조시키는 온도제어 방법만을 적용시키고 있다. 건조초기에는 고추의 함수율이 높아 고추로부터 수분의 증발속도가 빠르기 때문에 가열된 공기는 건조잠재력(drying potential energy)만큼 고추의 수분을 증발시킬 수 있어 습도가 높은 공기가 배습구로 배출되며 에너지의 효율을 높일 수 있다. 그러나 고추의 건조가 진행됨에 따라 함수율은 낮아지고 건조속도도 떨어진다. 또한 가열된 공기는 건조잠재력만큼 고추의 수분을 증발시키지 못하고 낮은 습도의 상태로 배습구로 배출된다. 이는 배출되는 공기가 고추의 수분을 증발시킬 수 있는 유효에너지를 가지고 있음에도 불구하고 온도만을 제어함으로 건조효율 저하와 에너지 낭비를 초래하게 된다. 그러나, 개발된 고추건조방법은 고추 건조시간이 20% 줄어들기 때문에 소비되는 전기 소요량도 거의 20%으로 줄어들어 소요에너지의 절감효과가 매우 큰 장점이 있다.

나. 건고추 품질의 균일화

고추를 건조하면 표면은 빨리 건조되고 중심부로 갈수록 건조속도가 느려져 내부에 수분구배가 발생하게 되며, 고추의 과피 하부(꼭지)와 과피 상부에도 수분구배가 발생한다. 이러한 수분구배로 인하여 고추 내부에 응력이 발생하여 건조시간의 증가와 품질이 저하된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 건조 중에 템퍼링(tempering)이 되도록 일정시간 저온공기(대기)를 건조실내로 유입시키는 과정을 여러 번 거치도록 제어하는 것이다. 농산물 건조에서 Tempering이란 피 건조물에 가열 후에 일정 시간동안 냉각시켜 피 건조물 내부의 수분을 내부 증기압을 통하여 밖으로 스스로 밀려 나오게 하는 효과로 가열과 냉각을 반복적으로 수행함으로 건조 품질이 균일화되는 장점이 있다.

다. 새로운 시스템의 개발

본 연구에서 개발된 시스템은 고추 건조 시에 Steaming 과정은 관행방법과 동일하지만, 건조과정은 가열된 공기가 가진 건조잠재력만큼 고추의 수분을 증발시킨 후 배출되도록 하는 것이다. 이를 제어하기 위해서는 배습구를 닫고 일정한 습도에 도달하였을 때 배습구를 열어 습도가 높은 공기를 배출시키고, 재차 배습구를 닫고 가열된 공기를 유입시켜 일정한 습도가 되면 배출하는 과정을 반복하는 것이다. 즉, 건조공기의 온도제어 뿐 아니라 습도제어도 동시에 실시하도록 하는 것이다.

에너지를 절감할 수 있는 온도와 습도를 동시에 제어할 수 있는 장치의 개발이 되었으며, 기존 고추 건조기에 댐퍼와 콘트롤러만 설치하면 새로운 시스템으로 적용할 수 있기 때문에 추가되는 비용은 거의 없다. 따라서 본 연구에서 개발된 기술을 관련분야에 새로운 시스템으로 보급할 수 있다.

2. 경제적 · 산업적 측면

가. 생산비 절감

고추는 수확초기 85% 이상의 고함수율이기 때문에 건조가 필요하며, 고추의 건조비용은 아래의 표 64와 같이 전체 경영비 중 약 41%로 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 10a를 기준으로 연 1기작을 행하는 농가의 경우, 5,160kg의 고추를 생산·판매하기 위하여 9백만 원 이상의 경영비가 소요되며, 그 중 건조를 위한 광열동력비가 전체 경영비 중 40.7%를 차지하고 있어, 광열동력비를 낮추는 것은 바로 농가 소득으로 이어질 수 있다(농촌진흥청, 2008). 따라서 본 연구에서 개발된 기술을 이용할 경우 고추건조 20% 에너지 절감을 할 수 있기 때문에, 10a 규모시에 년간 767천원의 생산비를 절감할 수 있는 효과가 있다.

표 64 고추 재배 농가의 경영비 분석 (년 1기작/10a)

비목별		수량	금액(원)	절감액(원)
조수입	주부산물가액	5,160kg	18,030,068	-
경영비	광열동력비		3,836,554	767,311
	그 외 중간재		4,541,100	-
	임차료, 고용임금 외		1,044,652	-
	계		9,422,306	767,311

나. 기대효과

○ 고추의 건조에 필요한 비용은 전체 경영비 중 약 41%를 차지하는데, 온도 및 습도제어방법을 적용할 경우 고추의 건조속도가 증대되어 건조시간을 줄일 수 있기 때문에 농가 소득이 증대되는 효과가 있다.

○ 건조 대상물의 용량 대비 최적의 건조공정 개발로 고추 건조기는 고효율이면서 에너지가 절감되는 효과가 있다.

○ 고추의 건조가 빨리되고 균일한 수분분포로 건조되기 때문에 건조후에도 품질이 좋아 상품성이 증대되는 효과가 있다.

○ 전국 약 70개 제조업체에 기술이전하여 기업의 기술력 축적과 해당 기기의 매출 증가를 기대할 수 있다.

○ 일반적으로 고추건조기는 전용이 아니라 타 농산물 건조도 병행하기 때문에 이에 대한 제어알고리즘을 이용하여 타 농산물의 건조에서도 활용함으로써 효율적인 건조와 에너지 절감, 상품성이 증대되는 효과가 있다.

○ 농산물 건조와 관련된 제품에 응용이 가능하며, 농산물건조기 시장의 새로운 수요창출과 수출이 증대되는 효과가 있다.

다. 산업화를 통한 파급효과

(단위 : 백만원)

산업화 기준 / 항 목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과	300	1,760	4,400	17,600	35,200	59,260
경제적 파급효과	8	44	110	440	880	1,482
부가가치 창출액	50	75	100	125	150	500
합계	358	1,879	4,610	18,165	36,230	61,242

※ 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치 (연간 판매대수 기준으로 농산물건조기 평균가격 3백만원 적용)

※ 경제적 파급효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통한 농가소득효과, 비용

절감효과 등 추정치(기존 농산물건조기 대비 에너지 절감효과 20% 적용, 소모품 절감에 따른 농가 소득 효과 기준)

※ 부가가치 창출액 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 수출효과, 브랜드가치 등 추정치

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 연구개발 성과

가. 학술지 게재 : 1건

□ 발행기관 : 한국농업기계학회

□ 발행일시 : 2014. 6

□ 게재지명 : 바이오시스템공학 39(2):101-110

□ 발표제목 : Effects of Drying Methods Based on Exhaust Cycle and Time on the Quality and Drying of Red Peppers

□ 저 자 : 남상헌, 하유신, 김태욱

□ 내 용 : 배기주기와 시간을 변화시키기 위하여 배기구에 개폐밸브를 설정시간에 따라 제어할 수 있도록 구성하였고, 이를 이용하여 배기 시간과 주기를 달리하여 실험한 후 고추의 건조특성과 건조 에너지, 건조된 고추의 품질에 미치는 영향 분석

Original Article | Journal of Biosystems Engineering
J. of Biosystems Eng. 39(2):101-110. (2014. 6)
http://dx.doi.org/10.5307/JBE.2014.39.2.101
eISSN : 2234-1862
pISSN : 1738-1266

Effects of Drying Methods Based on Exhaust Cycle and Time on the Quality and Drying of Red Peppers

Sang Heon Nam[1], Yu Shin Ha[1], Tae Wook Kim[2]*

[1]Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea
[2]Department of Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University, Sangju, Korea

Received: March 25th 2014; Revised: April 22nd 2014; Accepted: May 16th 2014

Abstract

Purpose: The purpose of this study is to develop a system to optimize drying potential energy of the exhausted hot air by changing relative humidity of the air. This study modified the conventional drying method into a drying method changing exhaust cycle and time in order to control the relative humidity of the exhausted hot air during drying process. **Methods:** A valve on the vent was controlled according to a preset time to change the exhaust cycle and time. This study analyzed the influence of the two different types of drying method on the drying characteristics, required energy, and quality of the dried peppers: conventional drying method exhausting hot air continuously and new drying method controlling exhaust cycle and time. **Results:** Drying characteristics based on exhaust time showed that drying time increased with exhaust time, and specific energy consumption was reduced by 28% from 18.39 MJ/kg (conventional method) to 13.24 MJ/kg when exhaust time was set to one minute. Drying characteristics based on heating time showed that drying time increased with heating time and specific energy consumption was reduced by 30% from 18.39 MJ/kg (conventional method) to 12.87 MJ/kg when exhaust time was set to 22 minutes. Drying characteristics based on exhaust cycle showed that drying time increased with exhaust cycle, and specific energy consumption was reduced by 31% from 18.39 MJ/kg (conventional method) to 12.69 MJ/kg when exhaust time was set to one minute and exhaust cycle was set to 22 minutes before drying and 40 minutes after drying. The quality of the dried red peppers showed that capsaicin, color, and sugar content were high as 34.87 mg/100g, 66.33, and 11.87%, respectively, when exhaust time was set to one minute and exhaust cycle was set to 22 minutes before drying and 40 minutes after drying. **Conclusions:** In order to utilize the drying potential energy of the exhausted air during drying process, the conventional drying method was modified into the drying method controlling exhaust cycle and time. The results showed that drying with exhaust cycle of one minute was more efficient in term of drying time, required energy, and quality of the dried peppers than the one with exhaust cycle of 20~40 minutes.

Keywords: Capsaicin, Drying potential energy, Humidity, Page model, Specific energy consumption

Introduction

Hot air drying, which transfers thermal energy to the material to be dried by contacting the hot air on the material, is popular for drying red peppers. The supplied hot air with low humidity induces water evaporation through thermal transfer by contacting on the red peppers which is low in temperature and high in moisture content. The supplied hot air increased humidity by the evaporated moisture from peppers, and the humid air is exhausted through the vent.

The red pepper has high moisture content, but the moisture evaporates fast at the initial stage of the hot air drying. Therefore, highly efficient energy utilization is possible because the heated air with high humidity is exhausted outside as much as drying potential energy. However, the moisture content of the red pepper is reduced at the late stage of drying process, and the moisture does not evaporate as much as the drying potential

*Corresponding author: Tae Wook Kim
Tel: +82-54-530-1277; Fax: +82-54-530-1277
E-mail: kimtw@knu.ac.kr

Copyright © 2014 by The Korean Society for Agricultural Machinery
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

(1) Drying characteristics based on exhaust time showed that drying time increased with exhaust time, and specific energy consumption was reduced by 28% from 18.39 MJ/kg (conventional method) to 13.24 MJ/skg when exhaust time was set to one minute.
(2) Drying characteristics based on heating time showed that drying time increased with heating time and specific energy consumption was reduced by 30% from 18.39 MJ/kg (conventional method) to 12.87 MJ/kg when exhaust time was set to 22 minutes.
(3) Drying characteristics based on exhaust cycle showed that drying time increased with exhaust cycle, and specific energy consumption was reduced by 31% from 18.39 MJ/kg (conventional method) to 12.69 MJ/kg when exhaust time was set to one minute and exhaust cycle was set to 22 minutes before drying and 40 minutes after drying.
(4) The quality of the dried red peppers showed that capsaicin, color, and sugar content were high as34.87 mg/100g, 66.33, and 11.87%, respectively, when exhaust time was set to one minute and exhaust cycle was set to 22 minutes before drying and 40 minutes after drying.
(5) As a result, drying conditions with short exhaust time such as one minute and short exhaust cycle (not as long as 20 ~ 40 minutes) were efficient in terms of drying time, required energy and quality of the red peppers.

Conflict of Interest

The authors have no conflicting financial or other interests.

Acknowledgement

This research was supported by IPET (Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries), Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Republic of Korea. This research was supported by Kyungpook National University Research Fund, 2012.

References

Cho, Y. J. 1986. Drying Characteristics and Drying Model of Red Pepper. MS Thesis. Korea, Seoul: Seoul Nat'l University, Department of Agricultural Engineering.
Chung, K. M. and J. M. Hwang. Quality of single harvested red peppers by drying methods. 2003. Korean J. Food Sci. Technol. 35(2): 329-333.
Hoffman, P.G., Lego, M.C. and Galetto, W.G. 1983. Separation and quantitation of red pepper major heat principles by reverse-phase high-pressure liquid chromatography. J. Agric. Food Chem. 31:1326-1330.
Hong, S. H. 1999. The future of red pepper powder industry in Korea. ASTA analytical methods 20.1 Food Ind. Nutr. 4:45-49.
Kim, J. Y., D. H. Keum, J. H. Park, W. W. Kang, Ch. S. Han and Y. K. Lee. 1996. Evaluation of quality of red pepper with variations in drying methods. Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products. 3(2): 137-143.
Kim, K. H. and J. K. Chun. 1975. The effects of the hot air drying of red pepper on the quality. Korean J. Food Sci. Technol. 17(2):69-73.
Kim, M. H. 1997. Color development of whole red peppers during drying. Food Engineering 1(3):174-178.
Koh, H. K, Y. J. Cho and W. S. Lee. 1987. Effects of Variations of Drying Conditions on the Rate of Drying and Quality during Red Pepper Drying. Agric. Res. Seoul Nat'l Univ., 12(1):79-88.
Koh, H. K., Y. J. Cho and S. W. Kang. 1990. Application of an Infrared Drying Process for Red Pepper. 15(3):230-243.
Koh, H. K. 1998. Development of Drying System for Red Pepper. Annual Report of Research in Agriculture and Life Sciences. 2:70-73.
Ku, K. H., N. Y. Kim, J. B. Park and W. S. Park. 2001. Characteristics of color and pungency in the red pepper for kimchi. Korean J. Food Sci. Technol. 33:231-237.
Lee, W. S., H. K. Koh, S. H. Noh and Y. J. Cho. 1988. A Single Layer Drying Equation for Red Pepper. J. Agric. Sci. 13(2):59-71.
Moon, S. B., D. Y. Choi, J. H. Lee, K. K. Kim and S. Y. Choi. 1999. A Study on the thermal characteristics of cayenne by low temperature vacuum dryer. SAREK 1999(1): 410-414.
Page, C. 1949. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers. MS. Thesis.

나. 학술회의 : 4건

1) 2013년 국내학술대회 발표

□ 대 회 명 : 한국농업기계학회 2013 춘계학술대회

□ 일　　시 : 2013. 5. 3.

□ 장　　소 : 충남 예산군 리솜스파캐슬 테마동

□ 발표제목 : 주기적인 배기가 고추의 건조에 미치는 영향

□ 발 표 자 : 남상헌, 하유신, 김태욱

□ 내　　용 : 온습도제어방법과 관행 제어방법으로 고추 건조특성과 품질변화를 분석한 결과, 온습도제어방법으로 건조한 것이 에너지가 절감되고 고추의 품질이 좋은 것으로 나타남

주기적인 배기가 고추의 건조에 미치는 영향*

The effect of periodic exhaust on dry of red pepper

남상헌† 하유신† 김태욱†*

†영남이공대학교 자동차계열 †경북대학교 생물산업기계공학과 †경북대학교 정밀기계공학과

Sang Heon Nam† Yu Shin Ha† Tae Wook Kim†*

†Division of Automobile Yeungnam College of Science & Technology, Daegu 705-703, Korea

†Department of Bio Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

†Department of Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea

서 론

재료 및 방법

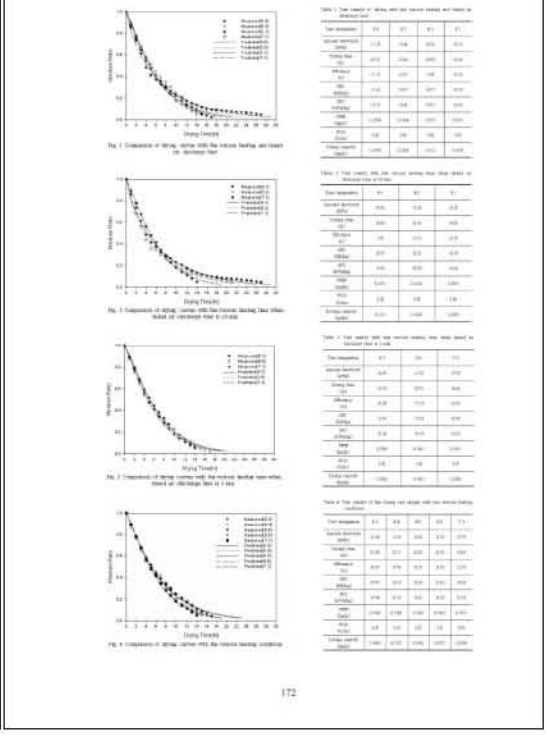
결과 및 고찰

참고문헌

H. K. Koh, Y. J. Cho, W. S. Lee. 1997. Effect of Variations of Drying conditions on the Rate of Drying and Quality during Red Pepper Drying. Agricultural Research Seoul National University. 12(1) : 79-88.

M. H. Kim. 1997. Color Development of Whole Red Peppers During Drying. Food Engineering 1(3) : 174-178.

171



172

2) 2014년 국내학술대회 발표

□ 대 회 명 : 한국농업기계학회 2014 춘계학술대회

□ 일　　시 : 2014. 4. 30.

□ 장　　소 : 농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

□ 발표제목 : 주기적인 배기가 건고추의 품질에 미치는 영향

□ 발 표 자 : 남상헌, 하유신, 김태욱

□ 내　　용 : 일반적인 열풍형 건조장치의 경우, 건조 진행에 따라 건조의 속도가 떨어지게 되어 공급된 공기의 건조 잠재력만큼의 수분을 증발시키지 못한 상태가 된다. 즉 이러한 상태의 공기를 건조기 외부로 버리는 것은 건조효율의 저하와 에너지 낭비를 일으키게 되므로 무배기 시간과 배기 시간을 다양하게 변화시켜 건조하고 건조조건이 건고추의 품질에 미치는 영향을 연구함.

주기적인 배기가 건고추의 품질에 미치는 영향*

The Effect of Periodic Exhaust on Quality of Dry Pepper

남상헌[1] 하유신[1] 김태욱[2]*

[1]경북대학교 생물산업기계공학과, [2]경북대학교 정밀기계공학과

Sang Heon Nam[1] Yu Shin Ha[1] Tae Wook Kim[2]*

[1]Department of Bio Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

[2]Department of Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea

서론

재료 및 방법

결과 및 고찰

참고문헌

H. K. Koh, Y. J. Cho, W. S. Lee. 1987. Effect of Variations of Drying conditions on the Rate of Drying and Quality during Red Pepper Drying. Agricultural Research Seoul National University. 12(1) : 79~88.

M. H. Kim. 1997. Color Development of Whole Red Peppers During Drying. Food Engineering 1(3) : 174~178.

193

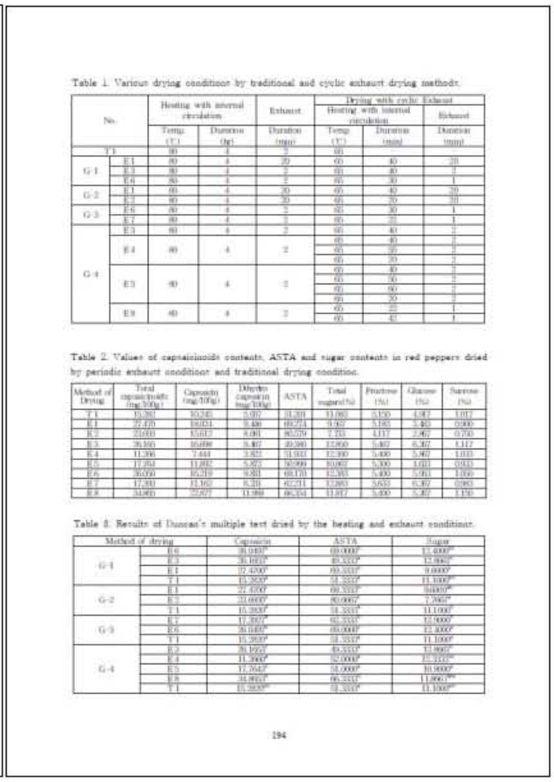


Table 1. Various drying conditions by traditional and cyclic exhaust drying methods.

No.		Heating with internal circulation		Exhaust	Drying with cyclic Exhaust		
					Heating with internal circulation		Exhaust
		Temp. (℃)	Duration (hr)	Duration (min)	Temp. (℃)	Duration (min)	Duration (min)
T1		60	4	2	65	-	-
G-1	E1	60	4	20	65	40	20
	E3	60	4	2	65	40	2
	E6	60	4	2	65	30	1
G-2	E1	60	4	20	65	40	20
	E2	60	4	20	65	20	20
G-3	E6	60	4	2	65	30	1
	E7	60	4	2	65	25	1
G-4	E2	60	4	2	65	40	2
	E4	60	4	2	65	40	2
					65	30	2
					65	20	2
	E5	60	4	2	65	40	2
					65	50	2
					65	60	2
					65	20	2
	E8	60	4	2	65	25	1
					65	45	1

Table 2. Values of capsaicinoids contents, ASTA and sugar contents in red peppers dried by periodic exhaust conditions and traditional drying condition.

Method of Drying	Total capsaicinoids (mg/100g)	Capsaicin (mg/100g)	Dihydro capsaicin (mg/100g)	ASTA	Total sugars(%)	Fructose (%)	Glucose (%)	Sucrose (%)
T1	15.282	10.245	5.037	51.201	11.083	5.150	4.917	1.017
E1	27.470	18.024	9.446	69.274	9.567	5.185	3.483	0.900
E2	23.693	15.612	8.081	80.579	7.733	4.117	2.867	0.700
E3	26.165	16.698	9.467	49.380	13.850	5.467	6.367	1.117
E4	11.266	7.444	3.822	51.933	12.300	5.400	5.867	1.033
E5	17.264	11.892	5.373	50.999	10.062	5.300	3.633	0.933
E6	26.050	16.219	9.831	69.170	12.365	5.400	5.981	1.050
E7	17.283	11.162	6.231	62.271	12.883	3.633	6.367	0.983
E8	34.985	22.977	11.998	66.354	11.817	5.400	5.367	1.150

Table 3. Results of Duncan's multiple test dried by the heating and exhaust conditions.

Method of drying		Capsaicin	ASTA	Sugar
G-1	E6	26.0400	69.0000	12.4000
	E3	26.1633	49.3333	12.8667
	E1	27.4700	69.3333	9.6000
	T1	15.2820	51.3333	11.1000
G-2	E1	27.4700	69.3333	9.6000
	E2	23.6900	80.6667	7.7667
	T1	15.2820	51.3333	11.1000
G-3	E7	17.2933	62.3333	12.9000
	E6	26.0400	69.0000	12.4000
	T1	15.2820	51.3333	11.1000
G-4	E2	26.1633	49.3333	13.8667
	E4	11.2667	52.0000	12.3333
	E5	17.7643	51.0000	10.9000
	E8	34.9857	66.3333	11.8667
	T1	15.2820	51.3333	11.1000

194

3) 2014년 국내학술대회 발표

□ 대 회 명 : 한국농업기계학회 2014 춘계학술대회

□ 일　　시 : 2014. 4. 30.

□ 장　　소 : 농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

□ 발표제목 : 농가용 고추 건조기의 적정 작업 조건에 관한 연구

□ 발 표 자 : 하유신, 강민규, 남상헌, 김태욱

□ 내　　용 : 고추 건조에 있어서 건고추의 갈변 또는 흑변, 균일한 건조의 어려움이나 소요 에너지 비용의 과다함이 국내 보급형 소형 선반식 열풍 건조기의 문제점이 되고 있다. 이에 건조기의 효율을 높이기 위한 최적의 작동

조건을 구명하기 위하여 효율적 흡배기 시스템을 적용한 실험장치가 적용된 건조기를 이용하여 최적투입량을 구명.

농가용 고추 건조기의 적정 작업 조건에 관한 연구*

Study of Optimal Operation Conditions for the Red Pepper Dryer

하유신[1] 강민규[2] 남상헌[1] 김태욱[3]*

Yu Shin Ha[1] Min Kyun Kang[2] Sung Heon Nam[1] Tae Wook Kim[3]*

[1]Department of Bio Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

[2]Shin-nong Co., Ltd, Gimcheon 740-170, Korea

[3]Department of Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea

서론

재료 및 방법

결과 및 고찰

참고문헌

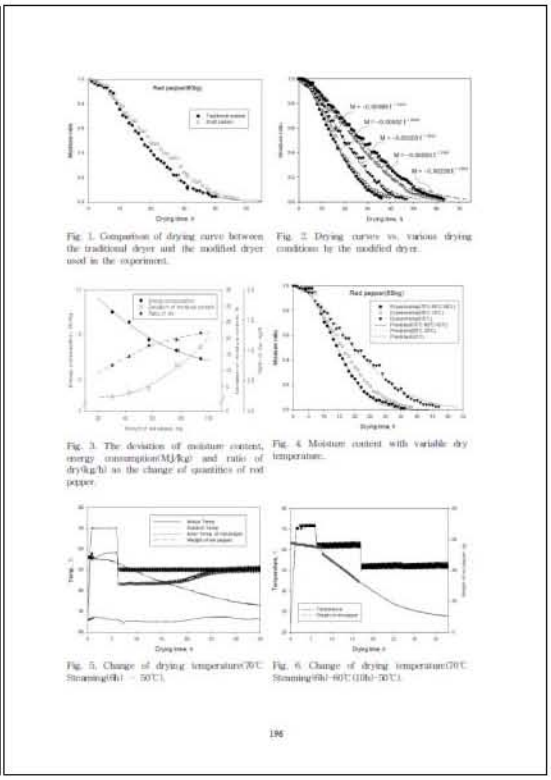


Fig. 1. Comparison of drying curve between the traditional dryer and the modified dryer used in the experiment.

Fig. 2. Drying curves vs. various drying conditions by the modified dryer.

Fig. 3. The deviation of moisture content, energy consumption(MJ/kg) and ratio of dry(kg/h) as the change of quantities of red pepper.

Fig. 4. Moisture content with variable dry temperature.

Fig. 5. Change of drying temperature(70℃ Steaming(6h) - 50℃).

Fig. 6. Change of drying temperature(70℃ Steaming(6h)-60℃(10h)-50℃).

196

4) 2014년 국제학술대회 발표

□ 대 회 명 : 7th ISMAB (International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering)

□ 일 시 : 2014. 5. 21.~5. 23

□ 장 소 : 대만 국립일란대학(國立宜蘭大學), 일란시(宜蘭市)

□ 발표제목 : Development of Red Pepper Drying Technique for Energy Saving by the Alternate Ventilation

□ 발 표 자 : 하유신, 남상헌, 김태욱

□ 내 용 : 본 연구에서는 고추 건조시 배출되는 공기의 건조 잠재력을 최대한 이용하기 위하여, 열풍이 지속적으로 배기되는 관행의 건조방식을 배기주기와 시간을 변화시키는 건조방식으로 적용하였다. 배기주기와 시간을 변화시키기 위하여 배기구에 개폐밸브를 설정시간에 따라 제어할 수 있도록 구성하였고, 이를 이용하여 배기 시간과 주기를 달리하여 실험한 후 고추의 건조특성과 건조 에너지, 건조된 고추의 품질에 미치는 영향 분석

DEVELOPMENT OF RED PEPPER DRYING TECHNIQUE FOR ENERGY SAVING BY THE ALTERNATE VENTILATION

Yu Shin Ha[1], Sang Heon Nam[2], Tae Wook Kim[3]*

[1] Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
[2] School of Mechanical and Automotive Engineering Technology, Yeungnam College of Science & Technology, Daegu 705-703, Korea
[3] Department of Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea
*Corresponding Author-- Voice: +82-54-530-1277, Email: kimtw@knu.ac.kr

Abstract: The purpose of this study is to develop a system to optimize drying potential energy of the exhausted hot air by changing relative humidity of the air. This study modified the conventional drying method into a drying method changing exhaust cycle and time in order to control the relative humidity of the exhausted hot air during drying process. A valve on the vent was controlled according to a preset time to change the exhaust cycle and time. This study analyzed the influence of the two different types of drying method on the drying characteristics, required energy, and quality of the dried peppers: conventional drying method exhausting hot air continuously and new drying method controlling exhaust cycle and time. Drying characteristics based on exhaust time showed that drying time increased with exhaust time, and specific energy consumption was reduced by 28 % from 18.39 MJ/kg (conventional method) to 13.24 MJ/kg when exhaust time was set to one minute. Drying characteristics based on heating time showed that drying time increased with heating time, and specific energy consumption was reduced by 30 % from 18.39 MJ/kg (conventional method) to 12.87 MJ/kg when exhaust time was set to 22 minutes. Drying characteristics based on exhaust cycle showed that drying time increased with exhaust cycle, and specific energy consumption was reduced by 31 % from 18.39 MJ/kg (conventional method) to 12.69 MJ/kg when exhaust time was set to one minute and exhaust cycle was set to 22 minutes before drying and 40 minutes after drying. The quality of the dried red peppers showed that capsaicin, color, and sugar content were high as 34.87 mg/100g, 66.33, and 11.87%, respectively, when exhaust time was set to one minute and exhaust cycle was set to 22 minutes before drying and 40 minutes after drying. In order to utilize the drying potential energy of the exhausted air during drying process, the conventional drying method was modified into the drying method controlling exhaust cycle and time. The results showed that drying with exhaust cycle of one minute was more efficient in terms of drying time, required energy, and quality of the dried peppers than the one with exhaust cycle of 20 ~40 minutes.

Key Words: Drying potential energy, Page model, Specific energy consumption,

The authors are solely responsible for the content of this technical presentation. The technical presentation does not necessarily reflect the official position of the Chinese Institute of Agricultural Machinery (CIAM), and its printing and distribution does not constitute an endorsement of views which may be expressed. Technical presentations are not subject to the formal peer review process by CIAM editorial committees, therefore, they are not to be presented as refereed publications. Citation of this work should state that it is from the 7th ISMAB paper. EXAMPLE: Author's Last Name, Initials. 2014. Title of Presentation. The 7th ISMAB, May 21-23, 2014. Yilan, Taiwan. For information about securing permission to reprint or reproduce a technical presentation, please contact CIAM at ctcheng@dragon.nchu.edu.tw or the Chinese Institute of Agricultural Machinery, c/o Department of Bio-Industrial Mechatronics, National Chung Hsing University, 250 Kuokuang Road, Taichung 40227, Taiwan.

(4) The quality of the dried red peppers showed that capsaicin, color, and sugar content were high as 34.87 mg/100g, 66.33, and 11.87%, respectively, when exhaust time was set to one minute and exhaust cycle was set to 22 minutes before drying and 40 minutes after drying.
(5) As a result, drying conditions with short exhaust time such as one minute and short exhaust cycle (not as long as 20 ~ 40 minutes) were efficient in terms of drying time, required energy and quality of the red peppers.

ACKNOLEDGEMENTS

This research was supported by iPET(Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries), Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Republic of Korea.

REFERENCES

Cho, Y. J. 1986. Drying Characteristics and Drying Model of Red Pepper. MS Thesis. Korea, Seoul: Seoul Nat'l University, Department of Agricultural Engineering.
Chung, K. M. and J. M. Hwang. Quality of single harvested red peppers by drying methods. 2003. Korean J. Food Sci. Technol. 35(2): 329-333.
Hoffman, P.G., Lego, M.C. and Galetto, W.G. 1983. Seperation and quantitation of red pepper major heat principles by reverse-phase high-pressure liquid chromatography. J. Agric. Food Chem. 31:1326-1330.
Hong, S. H. 1999. The future of red pepper powder industry in Korea.ASTA analytical methods 20.1 Food Ind. Nutr. 4:45-49.
Kim, J. Y., D. H. Keum, J. H. Park, W. W. Kang, Ch. S. Han and Y. K. Lee. 1996. Evaluation of quality of red pepper with variations in drying methods. Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products, 3(2): pp.137-143.
Kim, K. H. and J. K. Chun. 1975. The effects of the hot air drying of red pepper on the quality. Korean J. Food Sci. Technol. 17(2):69-73.
Kim, M. H. 1997. Color development of whole red peppers during drying, Food Engineering 1(3):174-178.
Koh, H. K., Y. J. Cho and W. S. Lee. 1987. Effects of Variations of Drying Conditions on the Rate of Drying and Quality during Red Pepper Drying. Agric. Res. Seoul Nat'l Univ., 12(1):79-88.
Koh, H. K., Y. J. Cho and S. W. Kang. 1990. Application of an Infrared Drying Process for Red Pepper. 15(3):230-243.
Koh, H. K. 1996. Development of Drying System for Red Pepper. Annual Report of Research in Agriculture and Life Sciences. 2:70-73.
Ku, K. H., N. Y. Kim, J. B. Park and W. S. Park. 2001. Characteristics of color and pungency in the red pepper for kimchi. Korean J. Food Sci. Technol. 33:231-237.
Lee, W. S., H. K. Koh, S. H. Noh and Y. J. Cho. 1988. A Single Layer Drying Equation for Red Pepper. J. Agric. Sci. 13(2):59-71.
Moon, S. B., D. Y. Choi, J. H. Lee, K. K. Kim and S. Y. Choi. 1999. A Study on the thermal characteristics of cayenne by low temperature vacuum dryer. SAREK 1999(1): 410-414.
Page, C. 1949. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers. MS. Thesis. Purdue University.
Park, Ch. R. 1975. A study on the influence of drying methods upon the chemical changes in red pepper. K. J. N., 8(4) : 167-172.

다. 특허 출원 : 2건

1) 특허 출원

□ 출원일자 : 2013. 10. 04

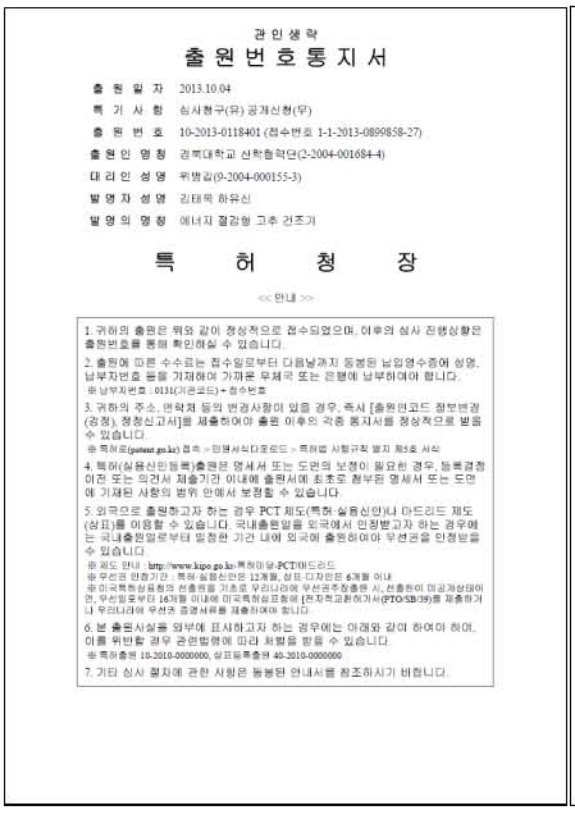
□ 출원번호 : 10-2013-0118401

□ 출 원 인 : 경북대학교 산학협력단

□ 발 명 자 : 김태욱, 하유신

□ 발명명칭 : 에너지 절감형 고추 건조기

□ 발명특징 : 본 발명은 에너지 절감형 고추 건조기에 관한 것으로서, 상, 하부에 이송통 로가 각각 형성되는 격벽과; 내부에 수직으로 장착되는 격벽을 기준으로 건조공간과 장착공간으로 구분되고, 상기 건조공간과 장착공간에는 외부와 연통되는 건조 연통공과 장착 연통공이 각각 형성되며, 상기 공간의 전면에는 입구가 형성되는 케이스와; 상기 건조공간에 설치되고 다량의 고추가 건조되는 건조수단과; 상기 케이스의 건조공간에 장착되고 온도와 습도를 측정하는 적어도 하나 이상의 온도센서 및 습도센서와; 상기 케이스의 장착공간에 장착되고 열을 제공하는 송풍기 및 히터 부와; 상기 케이스에 장착되고 센서와 송풍기 및 히터부를 제어하는 제어부;를 포함하여 이루어진 것



관인생략

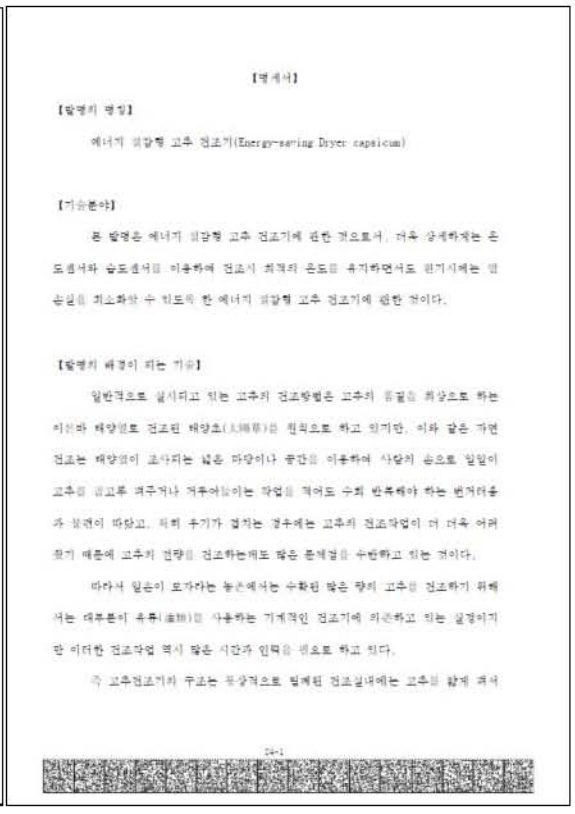
출원번호통지서

출 원 일 자 2013.10.04
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호 10-2013-0118401 (접수번호 1-1-2013-0899858-27)
출원인 명칭 경북대학교 산학협력단(2-2004-001684-4)
대 리 인 성 명 위범감(9-2004-000155-3)
발 명 자 성 명 김태욱 하유신
발 명 의 명 칭 에너지 절감형 고추 건조기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr> 특허/실용 > PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.



【명세서】

【발명의 명칭】

에너지 절감형 고추 건조기(Energy-saving Dryer capsicum)

【기술분야】

본 발명은 에너지 절감형 고추 건조기에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 온도센서와 습도센서를 이용하여 건조시 최적의 온도를 유지하면서도 환기시에는 열손실을 최소화할 수 있도록 한 에너지 절감형 고추 건조기에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

일반적으로 실시되고 있는 고추의 건조방법은 고추의 품질을 최상으로 하는 이른바 태양열로 건조된 태양초(太陽草)를 원칙으로 하고 있지만, 이와 같은 자연 건조는 태양의 조사되는 넓은 마당이나 공간을 이용하여 사람의 손으로 일일이 고추를 널고 뒤주거나 저녁에는 거두어들이는 작업을 적어도 수회 반복해야 하는 번거로움과 불편이 따랐고, 특히 우기가 겹치는 경우에는 고추의 건조작업이 더 더욱 어려웠기 때문에 고추의 건량을 건조하는데도 많은 문제점을 수반하고 있는 것이다.

따라서 일손이 모자라는 농촌에서는 수확된 많은 양의 고추를 건조하기 위해서는 대부분이 유류(油類)를 사용하는 기계적인 건조기에 의존하고 있는 실정이기 만 이러한 건조작업 역시 많은 시간과 인력을 필요로 하고 있다.

즉 고추건조기의 주요는 무상적으로 밀폐된 건조실내에는 고추를 넣게 되서

2) 특허 출원

☐ 출원일자 : 2013. 12. 20

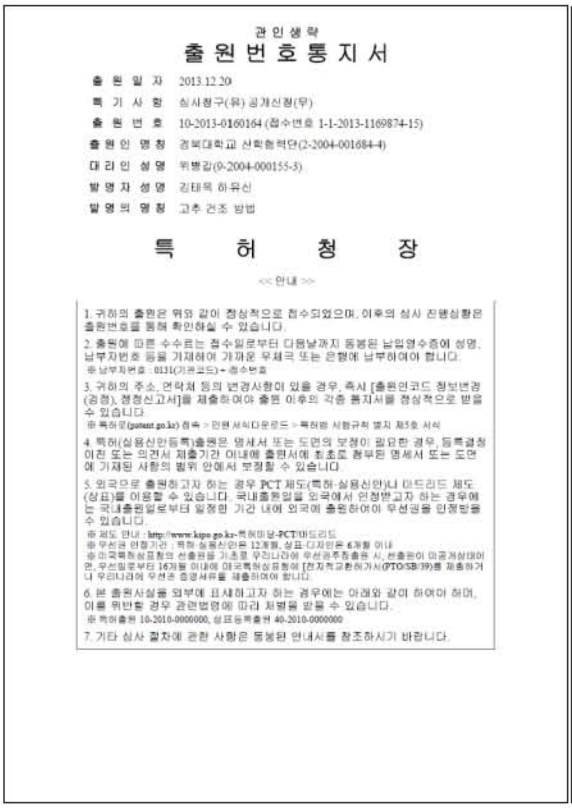
☐ 출원번호 : 10-2013-0160164

☐ 출 원 인 : 경북대학교 산학협력단

☐ 발 명 자 : 김태욱, 하유신

☐ 발명명칭 : 고추 건조 방법

☐ 발명특징 : 본 발명은 고추 건조 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 날씨와 기후 등 의 환경조건과 무관하게 대량의 고추를 건조기를 통해 단시간에 건조하면서도, 최소한의 에너지가 소모되도록 하고, 고추의 최적의 건조효율을 이룰 수 있도록 하는 고추 건조 방법에 관한 것이다.



관인생략

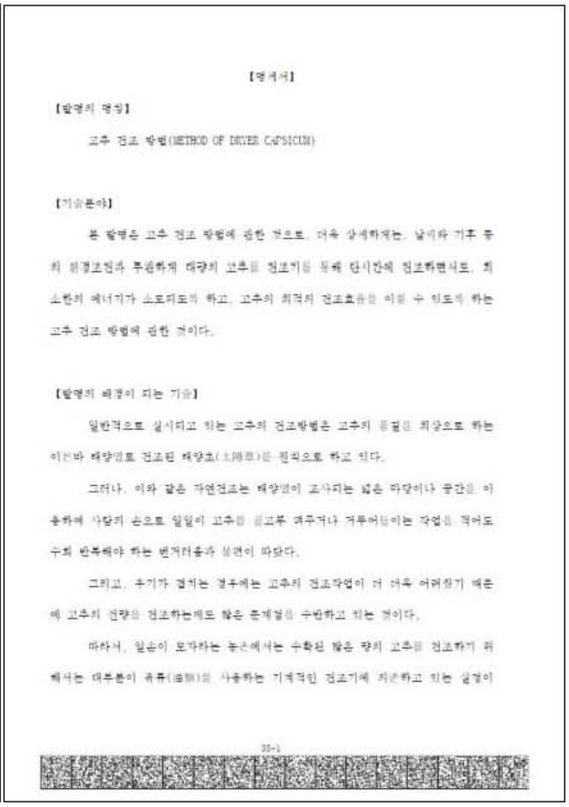
출원번호통지서

출 원 일 자	2013.12.20
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2013-0160164 (접수번호 1-1-2013-1169874-15)
출 원 인 명 칭	경북대학교 산학협력단(2-2004-001684-4)
대 리 인 성 명	위병갑(9-2004-000155-3)
발 명 자 성 명	김태욱 하유신
발 명 의 명 칭	고추 건조 방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.



【명세서】

【발명의 명칭】

고추 건조 방법(METHOD OF DRYER CAPSICUM)

【기술분야】

본 발명은 고추 건조 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 날씨와 기후 등의 환경조건과 무관하게 대량의 고추를 건조기를 통해 단시간에 건조하면서도, 최소한의 에너지가 소모되도록 하고, 고추의 최적의 건조효율을 이룰 수 있도록 하는 고추 건조 방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

일반적으로 실시되고 있는 고추의 건조방법은 고추의 품질을 최상으로 하는 이른바 태양열로 건조된 태양초(太陽草)를 원칙으로 하고 있다.

그러나, 이와 같은 자연건조는 태양열이 조사되는 넓은 마당이나 공간을 이용하여 사람의 손으로 일일이 고추를 골고루 펴주거나 거두어들이는 작업을 적어도 수회 반복해야 하는 번거로움과 불편이 따랐다.

그리고, 우기가 겹치는 경우에는 고추의 건조작업이 더 더욱 어려워지기 때문에 고추의 전량을 건조하는데도 많은 문제점을 수반하고 있는 것이다.

따라서, 일손이 모자라는 농촌에서는 수확된 많은 양의 고추를 건조하기 위해서는 대부분이 유류(油類)를 사용하는 기계적인 건조기에 의존하고 있는 실정이

33-1

라. 인력양성 : 2건

1) 박사 인력양성

☐ 학 위 명 : 박사

☐ 일 시 : 2013. 2.

□ 학위제목 : 간헐환기방식의 에너지 절감용 고추 건조 기술 개발

□ 학 위 자 : 남상헌

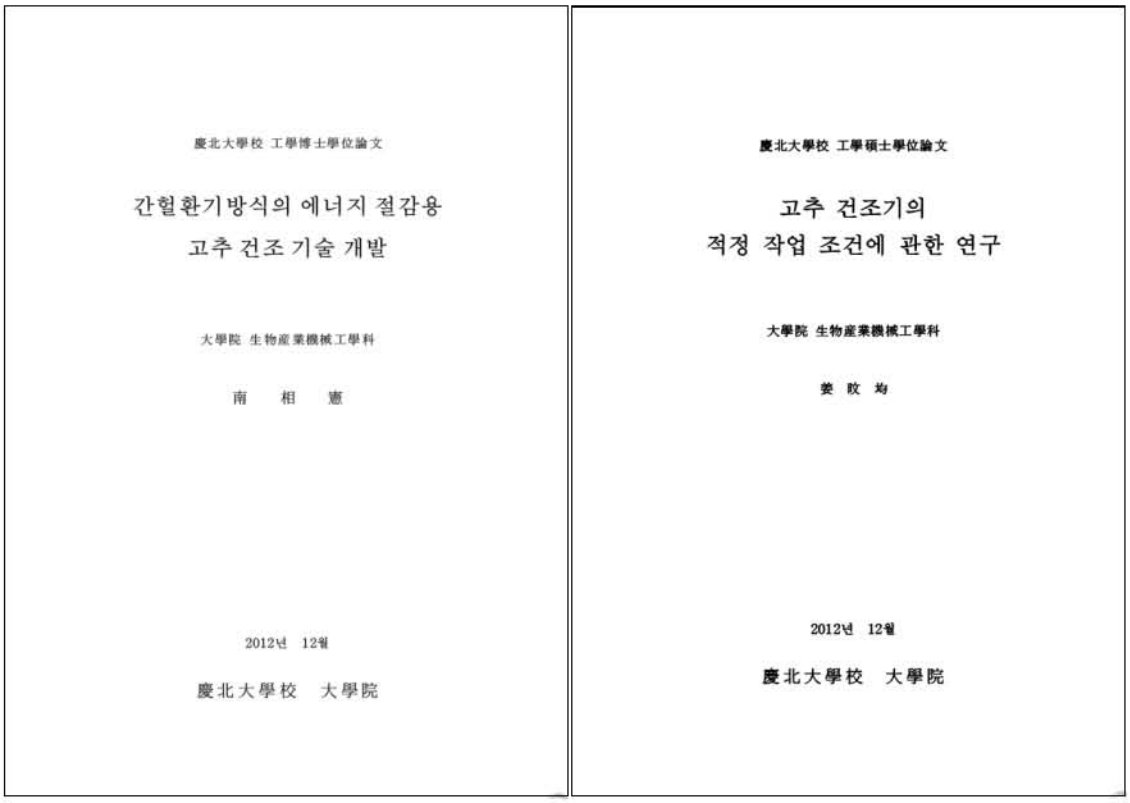
2) 석사 인력양성

□ 학 위 명 : 석사

□ 일 시 : 2013. 2.

□ 학위제목 : 고추 건조기의 적정 작업 조건에 관한 연구

□ 학 위 자 : 강민균



慶北大學校 工學博士學位論文

간헐환기방식의 에너지 절감용
고추 건조 기술 개발

大學院 生物産業機械工學科

南 相 憲

2012년 12월

慶北大學校 大學院

慶北大學校 工學碩士學位論文

고추 건조기의
적정 작업 조건에 관한 연구

大學院 生物産業機械工學科

姜 旼 均

2012년 12월

慶北大學校 大學院

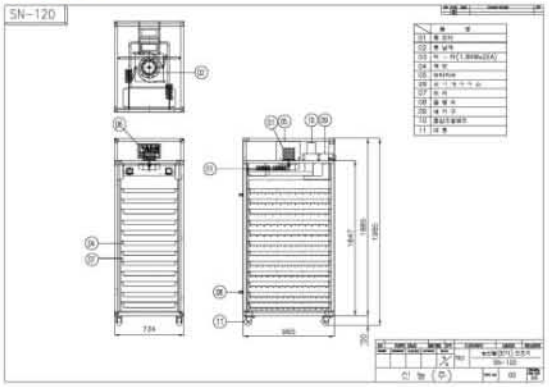
마. 제품화 : 1건

□ 제 품 명 : 온습도제어용 농산물건조기 컨트롤러

□ 주요개발내용 : 자동 공기흡입장치(댐퍼), 컨트롤러, 제어장치, 전기배선도, 온습도제어 프로그램, 사용설명서

1. 제품의 사양

1) 제품의 외형



2) 제품의 제원

사 양		단 위	비 고
외 형 치 수	폭 (mm)	734	
	길이(mm)	965	
	높이(mm)	1985	
송풍기 소비 전력 (kw)		0.3	0.3kw x 1개
히터 소비 전력 (kw)		3.6	1.8kw x 2개
고추 건조 량 (kg)		72	6kg x 12칸

2. 제품의 운전

1) 제어반의 외부 명칭

① 현재 온도 표시부: 현재 온도를 표시 합니다.
② 설정 온도 표시부: 설정된 온도를 표시 합니다.
③ 설정 시간 표시부: 설정된 시간 중 남은 시간을 표시 합니다.
④ 주 전원 스위치: 전원을 연결해 기계를 기동시키고 과부하 시 전원을 차단 합니다.
⑤ 온도조절 단추: 원하는 온도를 "올림", "내림" 단추를 이용해 설정합니다.
⑥ 시간조절 단추: 원하는 시간을 "올림", "내림" 단추를 이용해 설정합니다.
⑦ 공기유입 스위치: 자동-배기구 자동으로 열고 닫힘(고추 건조 시 사용)
열림-배기구 수동으로 열고 닫힘(고추 이외 건조 시)
⑧ 송풍기 작동 램프: 송풍기가 작동할 때 램프가 켜집니다.
⑨ 히트 작동 램프: 히터가 작동할 때 램프가 켜집니다.
⑩ 배습 램프: 배기구를 통해 배습이 될 때 켜집니다.

2) 공기 흡입 장치

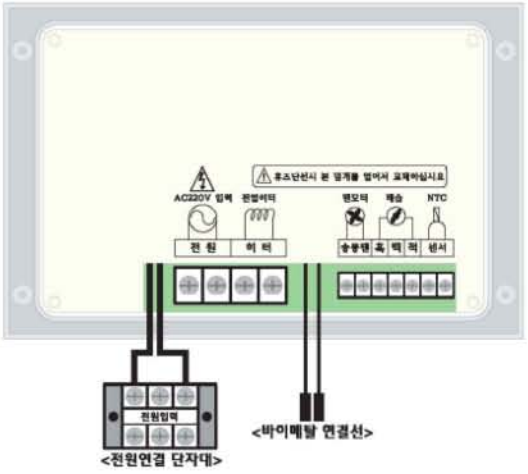
본 제품에는 자동 공기흡입장치(댐퍼)가 설치되어 있어 고추 및 피 건조물 건조 시 효과적으로 사용이 가능합니다.

① 건조기 공기 흡입/ 배출의 원리.
댐퍼가 열려있을 때 건조기에 설치 된 팬의 흡입력에 의해 댐퍼를 통해 유입 된 공기는 팬 주위에 설치 된 2개의 히터를 거쳐 건조실 좌, 우의 벽을 통해 실내로 유입되며, 이때 내부에 공기압이 형성되므로 내부 배출구를 통해 외부 배출구로 공기가 빠져나간다.

② 컨트롤박스의 **공기유입스위치 "자동"** 일 때.
현재의 온도가 설정온도에 도달하면 히터는 자동 "OFF" 되며, 댐퍼는 자동으로 열리게 되고, 현재의 온도가 설정온도보다 낮으면 히터가 자동 "ON" 되며, 댐퍼는 자동으로 닫히게 됩니다.

③ 컨트롤박스의 **공기유입스위치 "열림"** 일 때.
댐퍼가 항상 열려있는 상태로 있으며 내부공기가 항상 배출 된다.

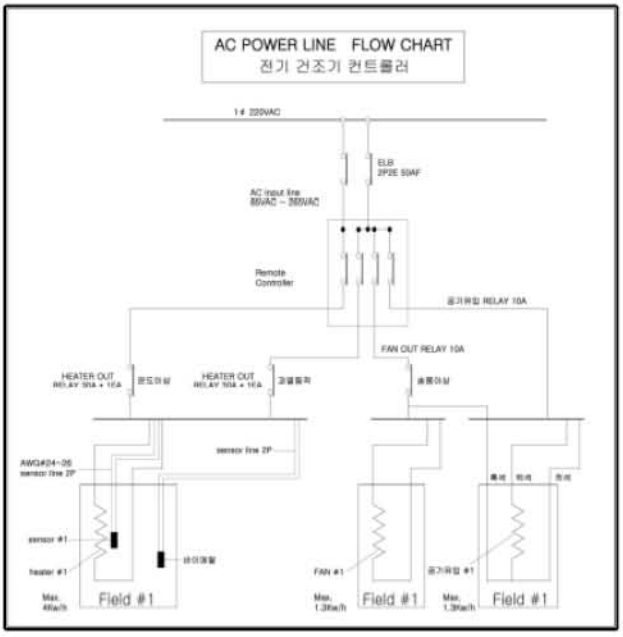
3) 설치 및 시공 결선 방법

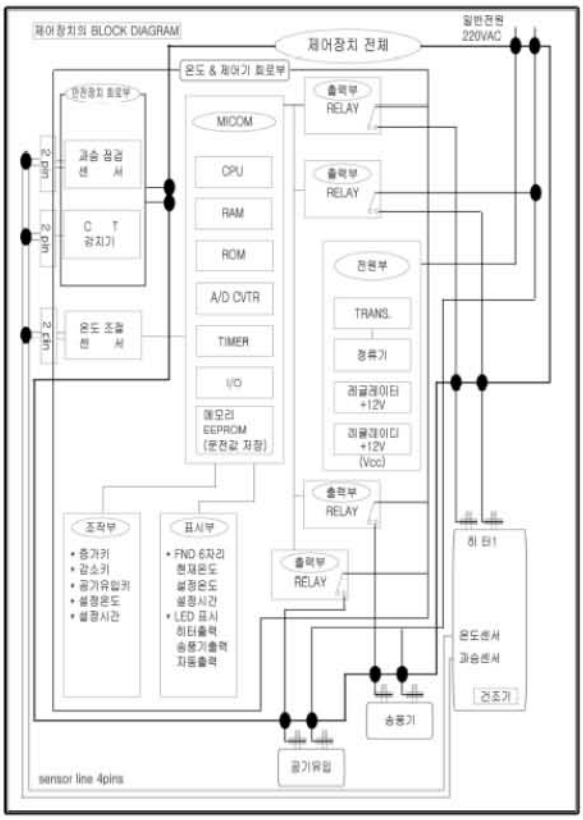


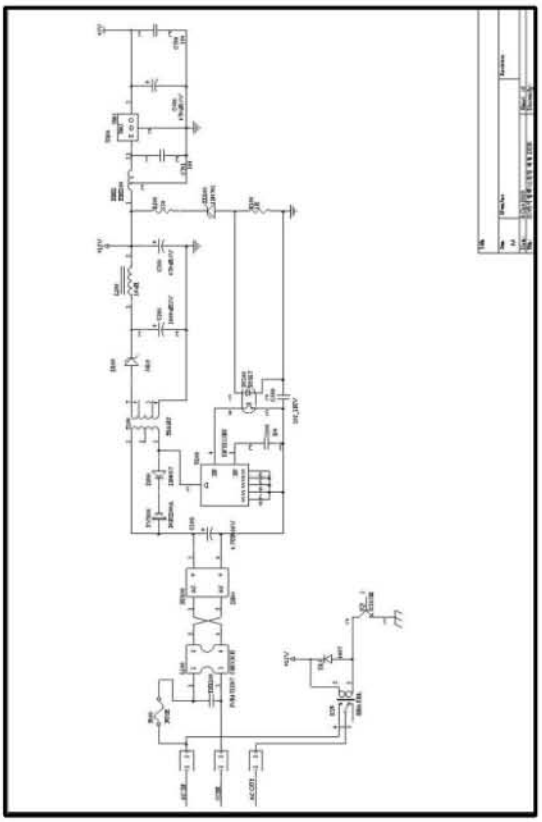
① 전원 연결: 온도조절기에 별도로 부착된 3P 단자대에 주 전원을 연결합니다. 만일, 외장형 누전차단기를 별도로 설치하실 경우 온도조절기 자체에 내장된 전원연결 단자대를 사용 하시면 됩니다.

② 히터 연결: 히터 연결 시 반드시 적정용량을 확인하시고 연결하십시오. 단자 연결 시 수동 드라이버를 사용하여 강하게 조여주십시오.

③ 바이메탈 연결: 건조기 내부에 장착된 바이메탈 온도스위치와 연결합니다. 만일 바이메탈 온도스위치를 사용하지 않을 시는 바이메탈 연결선 2


AC POWER LINE FLOW CHART
전기 건조기 컨트롤러
1Φ 220VAC
ELB
2P2E 50AF
AC input line
85VAC ~ 265VAC
Remote
Controller
공기유입 RELAY 10A
FAN OUT RELAY 10A
HEATER OUT
RELAY 50A + 10A
HEATER OUT
RELAY 50A + 10A
sensor line 2P
AWG#24~26
sensor line 2P
sensor #1
heater #1
FAN #1
Field #1
Field #1
Field #1


제어장치의 BLOCK DIAGRAM
제어장치 전체
일반전원
220VAC
온도 & 제어기 회로부
안전장치 회로부
MICOM
CPU
RAM
ROM
A/D CVTR
TIMER
I/O
메모리
EEPROM
(운전값 저장)
출력부
RELAY
출력부
RELAY
출력부
RELAY
출력부
RELAY
과승 점검
센 서
C T
감지기
온도 조절
센 서
2 pin
2 pin
2 pin
전원부
TRANS.
정류기
레귤레이터
+12V
레귤레이터
+12V
(Vcc)
조작부
• 증가키
• 감소키
• 공기유입키
• 설정온도
• 설정시간
표시부
• FND 6자리
현재온도
설정온도
설정시간
• LED 표시
히터출력
송풍기출력
자동출력
히 터1
온도센서
과승센서
건조기
송풍기
공기유입
sensor line 4pins



2. 성과 활용계획

가. 기술이전

본 연구팀의 참여기업인 ㈜신농에서 사업화를 위해 모든 농산물 건조기에서도 컨트롤러만 바꾸면 범용으로 사용할 수 있도록 온습도제어장치를 상품화하고 이를 기술이전 할 예정임

나. 자체 사업화

본 연구팀의 참여기업인 ㈜신농에서 본격적으로 자체 사업화를 실시할 계획에 있다.

다. 관련 인증 획득

개발된 온습도제어용 건조기는 농업실용화재단의 농산물건조기의 성능검증과 “신기술”, “특허등록”, "NET" 마크를 획득하여 기술의 신뢰성을 높일 예정이며, 정부의 저리 융자 등 자금지원 대상품목 자격을 취득할 예정이다.

라. 논문 게제

온습도 제어방법을 적용한 고추 건조가 품질에 미치는 영향 등에 관한 논문을 한국농업기계학회 등에 투고할 예정에 있다.

마. 연시회 개최 및 학술대회 발표

고추재배농가 및 관련단체 등에게 연시회를 개최하고 한국농업기계학회 등 연구회에 연구내용을 발표할 예정에 있다.

바. 영농활용

현재 영양고추시험장에서 품질분석을 통해 상호 협력관계를 유지하고 있으며, 실증시험을 통해 영양고추시험장에서도 영농활용 검토 예정이다. 또한, 고추의 품종에 따라 건조특성이 다르기 때문에 사업화를 위해서는 고추에 품종에 따른 DB구축 연구

가 필요하여 지속적으로 이를 연구할 예정이다.

사. 기타

온습도 제어 알고리즘 및 이를 이용한 고추건조기는 세계최초이며, 이를 특허출원하여 기술 우위를 점하여 본 과제에서 나타난 결과를 바탕으로 국내 실정과 유사한 일본 등 세계시장에 개발 상품 수출에도 역점을 둘 예정이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 고추의 건조와 품질에 관한 논문

가. Thin layer drying of red pepper (터키)

ELSEVIER

Journal of Food Engineering 59 (2003) 99–104

JOURNAL OF FOOD ENGINEERING

www.elsevier.com/locate/jfoodeng

Research note

Thin layer drying of red pepper

Ebru Kavak Akpinar *, Yasar Bicer, Cengiz Yildiz

Department of Mechanical Engineering, Firat University, Elazig 23279, Turkey

Received 9 May 2002; accepted 19 October 2002

Abstract

The thin layer drying behaviour of red pepper slices is experimentally investigated in a convective dryer and the mathematical modelling by using thin layer drying models in literature is performed. Drying experiments were conducted at inlet temperatures of drying air of 55, 60 and 70 °C and at a drying air velocity of 1.5 m/s. Eleven different thin layer mathematical drying models were compared according to their coefficient of correlation to estimate drying curves. The effects of drying air temperature on the model constants and coefficients were predicted by regression models. According to the results, an approximation of the diffusion model could satisfactorily describe the drying curve of red peppers with a correlation coefficient (r) of 0.9987. The constants and coefficients of this model could be explained by the effect of drying air temperature.
© 2003 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

Keywords: Drying; Thin layer; Red pepper; Mathematical modelling

1. Introduction

Drying is defined as a process of moisture removal due to simultaneous heat and mass transfer (Gögüs, 1994). It is also one of the conservation methods of agricultural products, which is most often used and is the most energy-intensive process in industry (Dincer, 1998). Moreover, drying is one of the oldest methods of food preservation and is a difficult food processing operation mainly because of undesirable changes in the quality of the dried product. Longer shelf-life, product diversity and substantial volume reduction are the reasons for popularity of dried fruits and vegetables, and this could be expanded further with improvements in product quality and process applications. These improvements could increase the current degree of acceptance of dehydrated foods in the market (Maskan, 2001).

Cost-effective and hygienic ways of preserving foods are of great importance given the prevailing insecurity in food supplies throughout the world. The introduction of dryers in developing countries can reduce crop losses and improve the quality of the dried product significantly when compared to the traditional methods of drying such as sun or shade drying. Therefore, simulation models are needed for the design and operation of dryers. Several researchers have developed simulation models for natural and forced convection drying systems (Diamante & Munro, 1993; Ratti & Mujumdar, 1997).

The study of drying behaviour of different materials has been subject of interest for various investigators on both theoretical and application grounds during the past 60 years. Recently, there have been many studies on the drying behaviour of various vegetables and fruits such as mushroom and pollen (Midilli, Olgun, & Ayhan, 1999), potato (Diamante & Munro, 1991; Gögüs, 1994), onion (Sarsavadia, Sawhney, Pangavhane, & Singh, 1999), green pepper, green bean and pumpkin (Yaldız & Ertekin, 2001), grape (Dincer, 1996; Yaldız, Ertekin, & Uzun, 2001), pistachio (Midilli, 2001) and red pepper (Passamai & Saravia, 1997a,b; Kaymak-Ertekin, 2002). In this study, the thin layer drying behaviour of red pepper slices in a convective type dryer has been investigated and mathematical modelling by using thin layer drying models from the literature has been performed.

2. Experimental set-up and procedure

2.1. Experimental set-up

Fig. 1 shows a schematic diagram of a dryer used for experimental work. It consists of a fan, heaters, drying

* Corresponding author. Tel.: +90-424-2370000/5343; fax: +90-424-241-5526.

E-mail addresses: eakpinar@firat.edu.tr (E.K. Akpinar), ybicer@firat.edu.tr (Y. Bicer), cyildiz@firat.edu.tr (C. Yildiz).

0260-8774/03/$ - see front matter © 2003 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.
doi:10.1016/S0260-8774(02)00425-9

나. Hot-air drying characteristics of red pepper (터키)

ELSEVIER

Journal of Food Engineering 55 (2002) 331–335

JOURNAL OF FOOD ENGINEERING

www.elsevier.com/locate/jfoodeng

Hot-air drying characteristics of red pepper

İbrahim Doymaz *, Mehmet Pala

Chemical Engineering Department, Yildiz Technical University, 34210 Esenler, Istanbul, Turkey

Received 16 July 2001; accepted 12 March 2002

Abstract

This work presents a theoretical and experimental study of the drying kinetics of red peppers under different pretreatment and air drying conditions. Red peppers, *Capsicum annuum*, grown in the region of Kahramanmaras, Turkey, were pretreated with various solutions of alkaline emulsion of ethyl oleate (AEEO) and dried afterwards. To date, there has been no work that studied the effect of AEEO pretreatment solution on the drying of red peppers. Our results indicated that pretreated peppers dried faster and had higher Hunter *L* (lightness), $+a$ (redness) and $+b$ (yellowness) values than the untreated and dried peppers. 2% ethyl oleate and 5% K_2CO_3 solution was found to be the most effective dipping solution that provided for whole peppers dried at 50 °C, and yielded best color quality. Drying curves of sliced peppers were obtained using the Page and exponential equations. Comparing the r^2 values of both equations, it was concluded that the Page equation represents drying characteristics better than the exponential equation.
© 2002 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

Keywords: Drying; Red pepper; Pretreatment solution; Modelling

1. Introduction

Pepper, specifically *Capsicum annuum*, is a general name for plants coming from Capsicum species of Solanaceae family, whose products are used as vegetables and spices (Luning, Yuksel, Vuurst-de-Vries, & Roozen, 1995). Pepper is a good source of vitamins A and C, which are important antioxidants (Howard, Smith, Wagner, Villalon, & Burns, 1994; Lee, Howard, & Villalon, 1995). It is eaten as a raw and cooked vegetable and also used commonly in making paste, pickle, and sauce. Red ground pepper made by drying and pulverizing the hot red pepper is used as a spice and flavor ingredient in the food industry (Isidoro, Cotter, Fernandez, & Southward, 1995). Also, Bosland (1994) reported its wide range of medical applications, from increasing appetite, relieving pain associated with arthritis, to diuretic effect.

Red pepper is one of the main agricultural products in Turkey. Pepper growing for the purpose of drying is common in the Kahramanmaras region of Turkey (Abak & Pakyurek, 1995). Drying of red pepper all over the world is carried out by either sunlight or dryers using solar collectors (Atagunduz & Karagulle, 1977; Trim & Ko, 1982; Tiris, Ozbalta, Tiris, & Dincer, 1994; Ayensu, 1997). Traditionally, in Turkey, peppers are dried in the open air and exposed to sunlight, which usually takes 8–10 days. This practice is a common method, yet it has several drawbacks such as time consuming, prone to contamination with dust, soil, sand particles and insects, and being weather dependent (Tuncer, 1995; Oztekin, Bascetincelik, & Soysal, 1999). Therefore, using hot-air dryers, which are far more rapid, providing uniformity and hygiene are inevitable for industrial food drying processes (Minguez-Mosquera, Jaren-Galan, & Garrido-Fernandez, 1994; Chung, Shin, & Choi, 1992). Some experimental studies on pepper drying were reported in the literature. Kim, Rhee, and Shin (1982) reported the color of red pepper changed considerably during drying. Hot-air drying produced red pepper with a blackish red color compared to be sun drying method. Sigge, Hansmann, and Joubert (1998) studied green bell pepper dices dried at different temperatures and relative humidities. Drying rates increased with increasing temperatures and decreasing relative humidity.

Dipping waxed fruits for a few seconds in a cold aqueous emulsion of ethyl oleate or suitable compound (usually fatty acid derivatives used as wetting agents and emulsifiers) greatly reduces drying time (Ponting & McBean, 1970; Guadagni & Safford, 1979; Suarez,

* Corresponding author. Tel.: +90-212-449-17-18; fax: +90-212-449-18-95.

E-mail address: doymaz@yildiz.edu.tr (I. Doymaz).

0260-8774/02/$ - see front matter © 2002 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.
PII: S0260-8774(02)00110-3

다. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (칠레)

Food Chemistry 117 (2009) 647–653

Contents lists available at ScienceDirect

Food Chemistry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchem

Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian)

Antonio Vega-Gálvez [a,*], Karina Di Scala [b,c], Katia Rodríguez [a], Roberto Lemus-Mondaca [a,d], Margarita Miranda [a], Jessica López [a], Mario Perez-Won [a]

[a] Department of Food Engineering, Universidad de La Serena, Avenida Raúl Bitrán s/n, 599 La Serena, Chile
[b] Food Engineering Research Group, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Juan B. Justo 4302, Mar del Plata, Argentina
[c] CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), Avenida Rivadavia 1917, Buenos Aires, Argentina
[d] Department of Mechanical Engineering, Universidad de Santiago de Chile, Av. Lib. Bdo., O'Higgins 3363, Santiago, Chile

ARTICLE INFO

Article history:
Received 16 December 2008
Received in revised form 4 March 2009
Accepted 17 April 2009

Keywords:
Pepper
Air-drying
Antioxidant properties
Total phenolic content
Radical scavenging activity
Vitamin C

ABSTRACT

Red pepper has been recognised as an excellent source of antioxidants, being rich in ascorbic acid and other phytochemicals. Drying conditions, particularly temperature, leads to pepper modifications that can cause quality degradation. In this work, the effects of process temperatures between 50 and 90 °C on physico-chemical properties, rehydration, colour, texture, vitamin C, antioxidant capacity and total phenolics during the drying of red pepper were studied. The rehydration ratio decreased with temperature and the maximum water holding capacity was achieved at 50 °C. Both vitamin C content and the total phenolic content decreased as air-drying temperature decreased. The radical scavenging activity showed higher antioxidant activity at high temperatures (i.e. 80 and 90 °C) rather than at low temperatures (i.e. 50, 60 and 70 °C). Chromatic parameters (L^*, a^*, b^*, C^* and H°), non-enzymatic browning compounds and extractable colour were affected by drying temperature, which contributed to the discolouring of pepper during this process.

© 2009 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

The pepper (*Capsicum annuum*, L.), indigenous to South and Central America, has been introduced worldwide. In particular, red pepper var. Hungarian, also known as Sweet Banana, is a very important product in the manufacture of paprika in different regions of the word. This pepper is highly appreciated for its flavour and colour, being the latter the main quality attribute that determines its overall quality and consequently its final market price (Krajayklang, Klieber, & Dry, 2000). Carotenoids are responsible for the colour of pepper and their contents are related to variety, ripeness and technological factors (Deepa, Kaura, George, Singh, & Kapoor, 2007; Gnayfeed, Daood, Biacs, & Alcaraz, 2001). Carotenoids are natural pigments responsible for the diverse colours in fruits and vegetables and are abundant in peppers. The main pigments in peppers are β-carotene, lutein and capsanthin and they are predominantly provitamin A (Howard, 2001; Rodriguez-Amaya, Kimura, Godoy, & Amaya-Farfan, 2008; Topuz & Ozdemir, 2007). Furthermore, red pepper is an excellent source of vitamin C (Guil-Guerrero, Martinez-Guirado, Rebolloso-Fuentes, & Carrique-Pérez, 2006; Topuz & Ozdemir, 2007) and polyphenols, particularly flavonoids, quercetin and luteolin (Chuah et al., 2008; Materska & Perucka, 2005). The antioxidant activity of phenolics is mainly due to their redox properties which allow them to act as reducing agents, hydrogen donors, single oxygen quenchers and metal chelators (Deepa et al., 2007). Thus, all the mentioned compounds show antioxidant activity as potential action against certain cancers, stimulate the immune system, prevent cardiovascular diseases and delay the aging process, amongst other biological activities (Chuah et al., 2008; Podsedek, 2007).

Dehydration is one of the most widely used methods for fruits and vegetables preservation. Its main objective is the removal of water to the level at which microbial spoilage and deterioration reactions are minimised. However, it is well known that during hot-air drying, vegetables undergo physical, structural, chemical and nutritional changes that can affect quality attributes like texture, colour, flavour, and nutritional value (Di Scala & Crapiste, 2008).

Amongst others, the acceptability of dried products depends mainly on their structural properties, like texture, which is one of the attributes used by consumers in judging their quality. Destruction of the cellular system is one of the most important physical and structural changes that occur during drying (Crapiste,

* Corresponding author. Tel.: +56 51 204305; fax: +56 51 204446.
E-mail addresses: avegag@userena.cl, avegag@gmail.com (A. Vega-Gálvez).

0308-8146/$ - see front matter © 2009 Elsevier Ltd. All rights reserved.
doi:10.1016/j.foodchem.2009.04.066

라. Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper (아르헨티나)

Available online at www.sciencedirect.com
ScienceDirect
LWT 41 (2008) 789–795
LWT
www.elsevier.com/locate/lwt

Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper

Karina Di Scala[a,c,*], Guillermo Crapiste[b,c]

[a]Grupo de Investigación en Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Juan B. Justo 4302, Mar del Plata 7600, Argentina
[b]PLAPIQUI (Universidad Nacional del Sur—CONICET), Camino La Carrindanga km. 7, C.C. 717, 8000 Bahía Blanca, Argentina
[c]CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), Argentina

Received 9 March 2007; received in revised form 13 June 2007; accepted 14 June 2007

Abstract

A mathematical model is proposed to simulate the process of drying of individual pieces of red pepper under constant external conditions and to predict changes in some nutritional and organoleptic attributes of the product. The model was solved numerically to obtain moisture content and temperature as well as ascorbic acid and carotenoids concentration in the product as a function of time. A good agreement between predictions and experimental data at different drying temperatures was obtained.

Water sorption isotherms of red pepper were determined in the range 20–50 °C and represented by two different sorption equations. Drying kinetics were represented by a diffusive model, the effective moisture diffusivity ranging from 5.01 to 8.32×10^{-10} m^2/s with an activation energy of 23.35 kJ/mol. Degradation kinetics for ascorbic acid and total carotenoids were measured in the range 50–70 °C and modelled as first-order reactions. The rate constants increased with temperature and product moisture content. Average activation energies for carotenoids and vitamin C degradation were 50.1 and 26.9 kJ/mol, respectively.
© 2007 Swiss Society of Food Science and Technology. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Drying; Sorption isotherm; Ascorbic acid; Carotenoids; Red pepper

1. Introduction

The increasing demand for high-quality shelf-stable dried vegetables requires the design, simulation and further optimization of the drying process with the purpose of accomplishing not only the efficiency of the process but also the final quality of the dry product. During drying, vegetables undergo physical, structural, chemical, organoleptic and nutritional changes that cause quality degradation (Crapiste, 2000).

Red pepper (*Capsicum annuum* L.), as other vegetables, is a good source of antioxidant substances such as carotenoids (provitamin A) and vitamin C, which confer protection against carcinogenic components and delay the aging process (Howard, Smith, Wagner, Villalon, & Burns, 1994; Simonne, Simonne, Eitenmiller, Mills, & Green, 1997). Dried red pepper or paprika is one of the most important vegetable spices, its quality being determined mainly by colour (Mínguez-Mosquera, Jarén Galán, & Garrido-Fernández, 1992; Nagle, Villalon, & Burns, 1979). Carotenoids are responsible for the colour (Davies, Matthews, & Kirk, 1970; Mínguez-Mosquera & Hornero-Méndez, 1993; Reeves, 1987) and their contents are related to varietal and technological factors (Biacs, Czinkotai, & Hoschke, 1992; Carbonell, Piñaga, Yusá, & Peña, 1986; Mínguez-Mosquera, Pérez-Galvez, & Garrido-Fernandez, 2000).

Some previous research has been presented in the literature on the dehydration of red pepper. Turhan, Turhan, and Sahbaz (1997), Ramesh, Wolf, Tevini, and Jung (2001) and Doymaz and Pala (2002) studied the drying kinetics of red pepper under different pretreatments and drying conditions. Other authors reported the influence of drying on various quality parameters such as carotenoids and non-enzymatic browning (Lee &

*Corresponding author. Grupo de Investigación en Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Juan B, Justo 4302, Mar del Plata 7600, Argentina.
Tel.: +54 2234816600.
E-mail address: kdiscala@fi.mdp.edu.ar (K. Di Scala).

0023-6438/$34.00 © 2007 Swiss Society of Food Science and Technology. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.
doi:10.1016/j.lwt.2007.06.007

마. Intermittent microwave – convective drying of red pepper: Drying kinetics, physical (colour and texture) and sensory quality (터키)

BIOSYSTEMS ENGINEERING 103 (2009) 455–463

Available at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/issn/15375110

Research Paper: PH—Postharvest Technology

Intermittent microwave–convective drying of red pepper: Drying kinetics, physical (colour and texture) and sensory quality

Y. Soysal[a,*], Z. Ayhan[b], O. Eştürk[b], M.F. Arıkan[b]

[a]Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, Mustafa Kemal University, 31040 Antakya, Hatay, Turkey
[b]Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Mustafa Kemal University, 31040 Antakya, Hatay, Turkey

ARTICLE INFO

Article history:
Received 25 April 2008
Received in revised form
27 April 2009
Accepted 12 May 2009
Published online 3 July 2009

In this research, effectiveness of various microwave–convective drying treatments were compared to convective air drying and commercial belt drying to establish the most favourable drying condition in terms of drying kinetics and dried product quality. Quality parameters were colour (L^*, a^*, b^* coordinates), textural characteristics (hardness), and sensory properties (visual appearance, colour, texture and overall acceptance). The microwave drying treatments were done both in the intermittent and continuous modes at two different microwave output powers (597.20 and 697.87 W) using two identical microwave–convective dryers.

Overall, the continuous microwave–convective drying had the lowest drying time among the drying treatments, but it resulted in poor quality product while intermittent microwave–convective drying gave good product quality comparable to convective air drying and commercial belt drying. The intermittent microwave–convective drying conducted at lower drying air temperature and microwave power level with relatively long power-off time resulted in a more stable and gentle drying process concerning dried product quality. Based on the results of this study, the intermittent microwave–convective drying at 35 °C with a pulse ratio of 3.0 at 597.20 W provided considerable savings in drying time when compared to convective air drying and should be the preferred method of drying to produce high quality product with better physical (colour and texture) and sensory attributes.

© 2009 IAgrE. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Ripe fruit of the species in the genus *Capsicum* is consumed fresh or used for production of spice and oleoresin. The main types of spices that are derived from hot, red-coloured chilli fruit or from mild, red-coloured red pepper fruit are known as chilli, paprika spice or paprika flakes. The most important quality characteristics of the dried red pepper are the colour and pungency on which drying process has a major impact (Kim *et al.*, 2002). The red colour of pepper is mainly due to carotenoids (capsantin, capsorubin, and xanthophyllys) and the pungency of pepper is due to the capsaicinoids (Ittah *et al.*, 1993; Mingues-Mosquera & Hornero-Mendez, 1994). Traditionally red pepper is sun-dried where quality of the product

* Corresponding author.
E-mail address: yurtsever.soysal@gmail.com (Y. Soysal).
1537-5110/$ – see front matter © 2009 IAgrE. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.
doi:10.1016/j.biosystemseng.2009.05.010

바. Dehydration kinetics of red pepper (스페인)

Journal of the Science of Food and Agriculture *J Sci Food Agric* **83**:697–701 (online: 2003)
DOI: 10.1002/jsfa.1334

Dehydration kinetics of red pepper (*Capsicum annuum* L var Jaranda)

N Sanjuán,[1] M Lozano,[2] P García-Pascual[1] and A Mulet[1]*
[1]Department of Food Technology, Universidad Politécnica de Valencia, Camí de Vera s/n, E-46071 Valencia, Spain
[2]Instituto Tecnológico Agroalimentario, Apdo 217, E-06071 Badajoz, Spain

Abstract: Shredded and whole red pepper samples were dehydrated in a laboratory drier with a through-flow air velocity of 0.5 ms^{-1} at 50, 55, 60 and 70 °C. Shredded peppers dried faster than whole peppers. The drying behaviour of whole samples was characterised by a constant- and a falling-rate drying period, whilst that of shredded samples was characterised by a falling-rate drying period only. The mass transfer coefficient for whole samples during the constant-rate period was computed experimentally. The effect of temperature on the mass transfer coefficient was described by the Arrhenius model. The activation energy was 58 kJ mol^{-1}. In the falling-rate period the mass transfer was described by a diffusional model, and the effective diffusion coefficient at each temperature was determined. Diffusion coefficients were estimated to lie between 4.38×10^{-11} and 10.99×10^{-11} m^2 s^{-1} for whole peppers and between 37.23×10^{-11} and 99.61×10^{-11} m^2 s^{-1} for shredded peppers. The effect of temperature on the effective diffusion coefficient was described by the Arrhenius equation, with an activation energy of 44 kJ mol^{-1} for whole peppers and 56 kJ mol^{-1} for shredded peppers.
© 2003 Society of Chemical Industry

Keywords: red peppers; drying; mass transfer; diffusion

INTRODUCTION

Paprika is a spice appreciated for its flavour and colour. Its colour, which basically depends on the carotenoid content of the fruit, is the main attribute which determines the quality and price of paprika. Since final water activity and processing time depend on the manufacturing procedure used, it is clear that the drying system, including its preprocessing steps, will have an influence on pigment stability.[1]

The need for reproducibility of quality-controlled products gives rise to the need for result predictability and thus for modelling of the process involved.[2] When developing a drying model, the controlling resistance must first be specified.[3]

The air-drying process may be divided into two main stages: one in which drying proceeds as if the system was pure water being evaporated (constant-rate period) and one with internal control (falling-rate period).[4] In the constant-rate period the resistance to heat and mass transfer is located in the gas phase. As a consequence, the rate of water flow does not change with time. The external resistance is directly related to the air velocity through the mass transfer coefficient between air and solid. This coefficient can be obtained from several correlations. The end of this constant-rate period occurs at a critical moisture content. Turhan *et al*[5] observed a constant drying period in the drying of blanched red peppers. This was attributed to the damage to the cell wall membrane due to heat treatment increasing the amount of free moisture to be removed at the beginning of the process.

In the falling-rate period, when the internal mass transfer resistance controls the process, drying modelling is usually carried out based on the terms of Fick's law combined with the microscopic mass balance. In this case it is assumed that, although different mechanisms can coexist, the diffusive one predominates.[6]

There have been many studies on the influence of storage conditions on the colour and other quality parameters of paprika.[7–9] Some studies on the modelling of pepper drying kinetics and the influence of drying conditions on quality characteristics have also been published. Both empirical[10] and diffusional[1,5,11] models have been proposed. However, in those studies, dehydration of the whole product was not considered, even though it is practised in many processes.

The production of red peppers for obtaining paprika is of great economic importance in the La Vera area (Cáceres, Spain), which has recently been awarded a quality label 'Pimentón of La Vera' (La Vera Paprika). In this area the dehydration of whole peppers is carried out in driers with vertical flow, using oak or ilex wood for combustion. In this traditional drier, neither air velocity nor air temperature control exists. The

* Correspondence to: A Mulet, Department of Food Technology, Universidad Politécnica de Valencia, Camí de Vera s/n, E-46071 Valencia, Spain
E-mail: amulet@tal.upv.es
(Received 24 April 2002; accepted 19 November 2002)

© 2003 Society of Chemical Industry. *J Sci Food Agric* 0022–5142/2003/$30.00

사. Drying kinetics of red pepper (터키)

DRYING KINETICS OF RED PEPPER

MAHIR TURHAN[1] and K. NAZAN TURHAN

Department of Food Engineering
University of Mersin
33160 Çiftlikköy
Mersin, Turkey

AND

FERHUNDE SAHBAZ

Department of Food Engineering
Hacettepe University
06532 Beytepe
Ankara, Turkey

Accepted for Publication January 3, 1997

ABSTRACT

Desorption isotherms of unblanched and blanched red peppers were experimentally obtained at 30C. The desorption data were exploited to estimate equilibrium moisture contents of the peppers at drying temperatures other than 30C by using a semi-empirical method. Red pepper samples were dried in a tunnel-type drier with an air velocity of 2 m/s at 50C, 60C, 70C, and 80C. The blanched samples dried faster than the unblanched ones. The drying behavior of unblanched and blanched samples was characterized by falling rate period, and constant and falling rate drying periods, respectively. The interphase mass and heat transfer coefficients of the blanched sample during the constant rate period were not affected by temperature and estimated to be $1.94*10^{-3}$ kg mol/s.m^2 and 57.3 W/m^2.K, respectively. Effective moisture diffusivity was estimated between $6.83*10^{-10}$-$17.4*10^{-10}$ m^2/s for the unblanched sample and $11.4*10^{-10}$-$31.0*10^{-10}$ m^2/s for the blanched sample within the given temperature range. Effect of temperature on the diffusivity was described by an Arrhenius-type equation with an activation energy of 28.4 kJ/mol for the unblanched pepper and 33.3 kJ/mol for the blanched pepper.

[1] Correspondence to: Dr. Mahir Turhan, P.K. 11, Bahcelievler, Mersin, Turkey, Tel: (0 324) 358 71 16 / 255, Fax: (0 324) 359 08 64, e-mail: turhan@eti.cc.hun.edu.tr, mumf-e@servis.net.tr

Journal of Food Processing and Preservation **21** (1997) 209–223. *All Rights Reserved.*
©Copyright 1997 by Food & Nutrition Press, Inc., Trumbull, Connecticut.

아. Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (칠레)

Available online at www.sciencedirect.com
ScienceDirect
Journal of Food Engineering 79 (2007) 1460–1466
JOURNAL OF FOOD ENGINEERING
www.elsevier.com/locate/jfoodeng

Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo)

A. Vega [a,*], P. Fito [b], A. Andrés [b], R. Lemus [a]

[a] Department of Food Engineering, Universidad de La Serena, Av. Raúl Bitrán s/n. 599, La Serena, Chile
[b] Department of Food Technology, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n. 46022 Valencia, Spain

Received 20 December 2005; received in revised form 12 April 2006; accepted 17 April 2006
Available online 5 May 2006

Abstract

The drying kinetics of the red bell pepper (var. Lamuyo) was studied and modeled at different temperatures (50, 60, 70 and 80 °C), using an air velocity of 2.5 m s^{-1}. Only the falling rate period could be observed during the experiment. Effective moisture diffusivity was estimated to be between 3.2×10^{-9} and 11.2×10^{-9} $m^2 s^{-1}$ within the temperature range studied. The effect of temperature on the diffusivity was described by the Arrhenius equation with an activation energy (E_a) of 39.70 kJ mol^{-1}. The Newton, Henderson–Pabis, Page and Page modified models were applied to the experimentally obtained moisture data. The fit quality of the models was evaluated using the correlation coefficient, sum square error, root mean square error, and Chi-square. Comparisons of the experimental values with the calculated values demonstrated that the Page modified model produced the best fit for every drying curve, representing an excellent tool for estimation of the drying time.
© 2006 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Red bell pepper; Drying; Diffusivity; Fick; Modeling; Arrhenius; Page modified

1. Introduction

Dehydration is an important preservation process which reduces water activity through the decrease of water content, avoiding potential deterioration and contamination during long storage periods. Also, food quality of is preserved, the hygienic conditions are improved, and product loss is diminished (Kaymak-Ertekin, 2002). For these reasons, several methods or combinations of dehydration methods can be used, including solar drying, hot-air, freeze drying, osmotic dehydration, spray drying, impregnation vacuum, etc. Other important objectives of food dehydration are weight and volume reduction, intended to decrease transportation and storage costs (Okos, Narasimhan, Singh, & Witnauer, 1992).

The red bell pepper (var. Lamuyo) is one of the main agricultural products of the regions of Almería, Murcia, and Alicante (Spain) that can successfully undergo dehydration processes by means of hot-air drying, due mainly to a reasonable resistance to heat variations, within a given range of temperatures. Thus, red bell pepper keeps its sweet flavor and brilliant red color, with the latter feature recognized as a significant quality indicator (Vega, 2003). In addition, red bell pepper can be regularly consumed as a raw and cooked vegetable in pastes, pickles and sauces, as well as dried powder, hot spice, or as a condiment (Doymaz & Pala, 2002).

Several factors can influence hot-air drying of food, for example: velocity and temperature of air, water diffusion through material, load density, thickness and shape of the product to be dried. However, the sudden removal of water decreases the nutritional and sensorial value of food (Lenart, 1996), and allows the presence of phenomena such as hardening and shrinkage.

Several mathematical models may be used to describe the drying process and help in its optimization, and assist in the effective design of dryers (Kiranoudis, Maroulis, &

* Corresponding author. Tel.: +56051204305; fax: +56051204446.
E-mail address: avegag@userena.cl (A. Vega).

0260-8774/$ - see front matter © 2006 Elsevier Ltd. All rights reserved.
doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.04.028

제 7 장 참고문헌

1. 강정문, 고학균, 송대빈, 박재복. 1997. 터널건조기를 이용한 가공용 고추의 건조 특성. Food Engineering Progress. 1(3) : 225~260.

2. 고학균, 조용진, 이원석. 1987. 건조조건의 변화가 고추의 건조시간과 품질에 미치는 영향에 관한 연구. 서울대학교논문집. 12(1) : 79-88.

3. 고학균, 조용진, 박재복, 김용현, 강석원. 건고추의 재건조 과정에서 에너지의 효율적 적용. 농업기계학회지. Vol.14 No.4 pp.262~271. 1989.

4. 고학균, 조용진, 강석원. 1990. 고추의 건조공정에서 적외선 건조법의 활용에 관한 연구. 농업기계학회지. 15(3) : 230~243.

5. 고학균. 1998. 가공용 고추의 건조시스템 개발. 농업생명과학연구. 2 : 70~73.

6. 김공환, 전재근. 1975. 고추의 열풍건조가 품질에 미치는 영향. 한국농화학회지. 17(2) : 69~73.

7. 김재열, 금동혁, 박준희, 강우원, 한충수, 이양근. 1996. 건조방법에 따른 건고추의 품질평가, Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products, 3(2) : pp.137~143.

8. 박춘란. 1975. 고추의 건조방법에 따른 성분 변화에 관한 연구(1). 한국영양학회지 8(4) : 167~172.

9. 박춘란, 이강자. 1975. 고추의 건조방법에 따른 성분 변화에 관한 연구(2). 한국영양학회지 8(4) : 173~177.

10. 이원석, 고학균, 노상하, 조용진. 1988. 고추의 건조모델에 관한 연구. J. Agric. Sci. 13(2) : 59~71.

11. 전재근, 김공환. 1975. 고추의 열풍건조특성. 한국농화학회지. 17(1) : 42-48.

12. 조용진. 1986. 고추의 건조특성과 건조모델에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.

13. 조용진. 1991. 고추의 건조과정 모형화 및 최적화에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

14. 조용진. 1993. 고추과피의 천공률이 건조에 미치는 영향. 농업기계학회지. 18(3) : 270~274.

15. 최동진, 장길수, 이중환, 배도함, 최부술, 정희돈. 1997. 고추 수확시기 및 건조방법이 품질에 미치는 영향. 원예학회 학술발표요지. 15(1) : 714~715.

16. 문수범, 최두열, 이정혜, 김경근, 최순열. 1999. 저온진공건조기를 이용한 고추의 열적특성에 관한 연구. 공기조화 냉동공학회 1999 하계학술발표회 논문집. : 410~414.

17. 윤용철, 서원명. 1999. 온실용 히트펌프 시스템의 폐열을 이용한 고추건조. 생물

환경조절학회. : 204~208.

18. 남승호, 고학균, 홍지향, 박재복. 2000. 터널건조기내의 절단고추 건조특성. 농기계학술대회 : 382~388.

19. 최석현. 2007. 고추의 신미성분인 Capsaicinoids의 신규 분석법 개발과 식품분야 응용에 관한연구. 위덕대학교 대학원 박사학위논문.

20. 이혁. 2009. 원적외선을 이용한 농수산물의 건조 및 품질특성. 충남대학교 대학원 박사학위논문.

21. 한종구. 2009. 한국산 대과종 고추 품종의 생리생화학적 특성 및 유전적 관계 연구. 충남대 박사논문.

22. Bruin, S. and K. Ch. A. M. Luyben. 1980. Drying of food materials ; a review of recent development. In Advance in drying. Hemisphere Publishing Corporation, Washington. 1 : 155~215.

23. Fortes, M. and M. R. Okos. 1980. Drying theories ; their basis and limitations as applied to foods and grains. In Advance in drying. Hemisphere Publishing Corporation, Washington. 1 : 119~154.

24. Henderson, S. M. 1974. Progress in developing the thin layer drying equation. Trans. ASAE 17(6) : 1167~1168.

25. Lee, D. S., D. H. Keum, N. H. Park and M. H. Park. 1989. Optimum Drying

Conditions of On-Farm Red Pepper Dryer. Korean J. Food Sci. Technol. 21(5) : 676-685.

26. Myung Ho Kim. 1997. Color Development of Whole Red Peppers During Drying, Food Engineering 1(3) : 174~178.

27. Myung Ho Kim, Chul Soo Kim, Seung Je Park and Chung Ho Lee. 1999. Numerical Study of Tempering Effect on Hot-air Drying of Ginseng, Food engineering progress. 3(1) : 15~21.

28. K.S. Jang, T.R. Kwon, H.G. Kim, M.G. Lee and G.H. Lim. 2003. Effect of Non Draining Moisture on the Quality of Dried Pepper in Drying Methods of Red Pepper), Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21 (SUPPL. I) : 124.

29. Koo Min Chung and Jae Moon Hwang. 2003. Quality of Single -Harvested Red Peppers by Drying Methods. Korean J. Food Sci. Technol. 35(2) : 329~333.

30. Cho, Y. J. 1986. Drying Characteristics and Drying Model of Red Pepper. MS Thesis. Korea, Seoul: Seoul Nat'l University, Department of Agricultural Engineering.

31. Chung, K. M. and J. M. Hwang. Quality of single harvested red peppers by drying methods. 2003. Korean J. Food Sci. Technol. 35(2): 329-333.

32. Hoffman, P.G., Lego, M.C. and Galetto, W.G. 1983. Separation and

quantitation of red pepper major heat principles by reverse-phase high-pressure liquid chromatography. J. Agric. Food Chem. 31:1326-1330.

33. Hong, S. H. 1999. The future of red pepper powder industry in Korea. ASTA analytical methods 20.1 Food Ind. Nutr. 4:45-49.

34. Kim, J. Y., D. H. Keum, J. H. Park, W. W. Kang, Ch. S. Han and Y. K. Lee. 1996. Evaluation of quality of red pepper with variations in drying methods. Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products, 3(2): 137-143.

35. Kim, K. H. and J. K. Chun. 1975. The effects of the hot air drying of red pepper on the quality. Korean J. Food Sci. Technol. 17(2):69-73.

36. Kim, M. H. 1997. Color development of whole red peppers during drying, Food Engineering 1(3):174-178.

37. Koh, H. K., Y. J. Cho and W. S. Lee. 1987. Effects of Variations of Drying Conditions on the Rate of Drying and Quality during Red Pepper Drying. Agric. Res. Seoul Nat'l Univ., 12(1):79-88.

38. Koh, H. K., Y. J. Cho and S. W. Kang. 1990. Application of an Infrared Drying Process for Red Pepper. 15(3):230-243.

39. Koh, H. K. 1998. Development of Drying System for Red Pepper. Annual Report of Research in Agriculture and Life Sciences. 2:70-73.

40. Ku, K. H., N. Y. Kim, J. B. Park and W. S. Park. 2001. Characteristics of color and pungency in the red pepper for kimchi. Korean J. Food Sci. Technol. 33:231-237.

41. Lee, W. S., H. K. Koh, S. H. Noh and Y. J. Cho. 1988. A Single Layer Drying Equation for Red Pepper. J. Agric. Sci. 13(2):59-71.

42. Moon, S. B., D. Y. Choi, J. H. Lee, K. K. Kim and S. Y. Choi. 1999. A Study on the thermal characteristics of cayenne by low temperature vacuum dryer. SAREK 1999(1): 410-414.

43. Page. C. 1949. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers. MS. Thesis. Purdue University.

44. Park, Ch. R. 1975. A study on the influence of drying methods upon the chemical changes in red pepper. K. J. N., 8(4): 167-172.

45. Park, J. G. 2008. Bio-production Machinery Engineering. CIR, Seoul, Republic of Korea.

46. Paek, Y., Y. J. Kim, G. C. Kang, Y. S. Ryou. 2002. Heat Recovery System from Chamber of Agricultural Products Dryer. KSAM Conference Proceeding. 7(2)

47. SAS. 2010. SAS 9.1 User's Guide. SAS Institute Inc., North Carolina, USA.

48. SPSS. 2012. SPSS Statistics 19. User's Guide. Chicago, IL: SPSS, Inc.

49. Yoon, W. M., J. Y. Lee. 2004. Effect of Dying Method on the Quality of Red Pepper(Capsicum annuum var. longum). J. Natural Sciences Pai Chai Univ. 14(1): 139-149.

50. Yoon, Y. C. and W. M. Suh. 1999. Pepper drying by the heat discharged from heat pump system in greenhouse. KSBEC. Conference 8(2): 204-208.

51. Page. C. 1949. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers. M. S. Thesis. Purdue University.

52. Vincent K, Attuquayefio and Ken A, Buckle. 1987. Rapid sample preparation method for HPLC analysis of capsaicinoids in capsicum fruits and oleoresins. Journal of Agriculture Food Chemical 35 : 777-779.

별 첨 자 료

1. 특허자료 (고추건조장치)

【명세서】

【발명의 명칭】

에너지 절감형 고추 건조기{Energy-saving Dryer capsicum}

【기술분야】

본 발명은 에너지 절감형 고추 건조기에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 온도센서와 습도센서를 이용하여 건조시 최적의 온도를 유지하면서도 환기시에는 열손실을 최소화할 수 있도록 한 에너지 절감형 고추 건조기에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

일반적으로 실시되고 있는 고추의 건조방법은 고추의 품질을 최상으로 하는 이른바 태양열로 건조된 태양초(太陽草)를 원칙으로 하고 있지만, 이와 같은 자연건조는 태양열이 조사되는 넓은 마당이나 공간을 이용하여 사람의 손으로 일일이 고추를 골고루 펴주거나 거두어들이는 작업을 적어도 수회 반복해야 하는 번거러움과 불편이 따랐고, 특히 우기가 겹치는 경우에는 고추의 건조작업이 더 더욱 어려웠기 때문에 고추의 전량을 건조하는데도 많은 문제점을 수반하고 있는 것이다.

따라서 일손이 모자라는 농촌에서는 수확된 많은 량의 고추를 건조하기 위해서는 대부분이 유류(油類)를 사용하는 기계적인 건조기에 의존하고 있는 실정이

지만 이러한 건조작업 역시 많은 시간과 인력을 필요로 하고 있다.

즉 고추건조기의 구조는 통상적으로 밀폐된 건조실내에는 고추를 얇게 펴서 담을 수 있도록 바닥이 망상으로 형성된 수개의 접시형태를 가지는 수납용기를 층층히 삽탈적층시킬 수 있게 한 건조대가 마련되어 있기 때문에 일정시간 간격으로 수납용기를 꺼내서 고추를 저어준 후 다시 건조기로 밀어 넣어 건조작업을 계속하고 있으므로 자연건조에 비해 다소 빠른 점이 있고, 특히 많은 량의 건조가 용이하기 때문에 현재도 고추농가에서는 많이 이용하고 있다.

그러나 건조실에서 인위적인 건조열로 건조된 고추는 태양초에 비해 품질이나 영양가가 크게 떨어지기 때문에 소비자에 의한 선호도도 매우 저조한 문제점을 수반하고 있다.

【선행기술문헌】

【특허문헌】

(특허문헌 1) 대한민국 등록실용신안 제20-0436406호

(특허문헌 2) 대한민국 등록특허 제10-1161833호

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 온도센서와 습도센서를 이용하여 건조시 최적의 온도를 유지하면서도 환기시에는 열손실을 최소화할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

또한 격벽에 안내 가이드를 장착하여 건조수단의 상, 하에 위치하는 고추를 균일하게 건조할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

【과제의 해결 수단】

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 상, 하부에 이송통로가 각각 형성되는 격벽과; 내부에 수직으로 장착되는 격벽을 기준으로 건조공간과 장착공간으로 구분되고, 상기 건조공간과 장착공간에는 외부와 연통되는 건조 연통공과 장착 연통공이 각각 형성되며, 상기 공간의 전면에는 입구가 형성되는 케이스와; 상기 건조공간에 설치되고 다량의 고추가 건조되는 건조수단과; 상기 케이스의 건조공간에 장착되고 온도와 습도를 측정하는 적어도 하나 이상의 온도센서 및 습도센서와; 상기 케이스의 장착공간에 장착되고 열을 제공하는 송풍기 및 히터부와; 상기 케이스에 장착되고 센서와 송풍기 및 히터부를 제어하는 제어부;를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

또한 상기 건조공간에 위치하는 격벽의 외면에는 상부로 향할수록 폭이 넓어지는 안내 가이드가 장착되는 것을 특징으로 한다.

또한 상기 안내 가이드의 내부에는 내부통로가 형성되고, 외면에는 간격을 두고 상기 내부통로와 연통되는 외부통로가 형성되며, 상기 외부통로에는 공기를 차단 또는 개방하는 덮개가 장착되는 것을 특징으로 한다.

또한 상기 케이스의 장착되는 격벽을 구성하는 이송통로에는 공기를 이동 또는 차단하면서도 유량을 조절할 수 있는 상, 하부 밸브가 각각 장착되는 것을 특징으로 한다.

또한 상기 케이스와 격벽은 제어부의 조작에 따른 건조 작동시 건조 연통공 및 장착 연통공이 폐쇄되면서 상, 하부 밸브가 개방되고, 환기 작동시에는 건조 연통공 및 장착 연통공이 개방되고, 상부 밸브를 폐쇄되면서 하부 밸브는 개방되도록 한 것을 특징으로 한다.

또한 상기 건조수단은 소정의 간격을 두고 전·후 및 양측에 각각 수직으로 장착되는 지지봉과; 상기 지지봉의 양측에 간격을 두고 장착되는 고정 거치대와; 상기 고정 거치대를 지지봉에 고정하는 고정구와; 상기 고정 거치대에 양측이 각각 지지되고 내부에는 고추가 수용되는 선반;을 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

【발명의 효과】

본 발명에 따르면, 온도센서와 습도센서를 이용하여 건조시 최적의 온도를 유지하면서도 환기시에는 열손실을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 단기간에 환기가 용이하고 그에 따른 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.

또한 격벽에 안내 가이드를 장착하여 건조수단의 상, 하에 위치하는 고추를 균일하게 건조할 수 있을 뿐만 아니라 그에 따른 고추의 상품성도 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명에 따른 에너지 절감형 고추 건조기를 나타낸 사시도.

도 2는 본 발명에 따른 에너지 절감형 고추 건조기를 나타낸 단면도.

도 3은 본 발명에 따른 에너지 절감형 고추 건조기를 구성하는 격벽을 나타낸 사시도.

도 4(a) 및 4(b)는 본 발명에 따른 에너지 절감형 고추 건조기를 구성하는 안내 가이드의 다른 실시 예를 나타낸 도면.

도 5는 본 발명에 따른 에너지 절감형 고추 건조기를 구성하는 건조수단을 나타낸 분해사시도.

도 6은 본 발명에 따른 에너지 절감형 고추 건조기의 건조상태를 나타낸 흐름도.

도 7은 본 발명에 따른 에너지 절감형 고추 건조기의 환기상태를 나타낸 흐름도.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

이하, 본 발명의 구성을 첨부된 도면을 참조로 설명하면, 도 1은 본 발명에 따른 에너지 절감형 고추 건조기를 나타낸 사시도이고, 도 2는 본 발명에 따른 에너지 절감형 고추 건조기를 나타낸 단면도이며, 도 3은 본 발명에 따른 에너지 절감형 고추 건조기를 구성하는 격벽을 나타낸 사시도이고, 도 4(a) 및 4(b)는 본 발명에 따른 에너지 절감형 고추 건조기를 구성하는 안내 가이드의 다른 실시 예를 나타낸 도면이며, 도 5는 본 발명에 따른 에너지 절감형 고추 건조기를 구성하는

건조수단을 나타낸 분해사시도이다.

본원발명인 에너지 절감형 고추 건조기(10)는 격벽(20)과, 내부에 장착되는 격벽(20)을 기준으로 건조공간과 장착공간으로 구분되는 케이스(30)와, 상기 케이스(30)의 건조공간에 장착되는 건조수단(40)과, 상기 케이스(30)의 건조공간에 장착되고 온도와 습도를 측정하는 온도센서(50) 및 습도센서(60)와, 상기 케이스(30)의 장착공간에 장착되는 열을 제공하는 송풍기(70) 및 히터부(80)와, 상기 케이스(30)에 장착되고 센서(50, 60)와 송풍기(70) 및 히터부(80)를 제어하는 제어부(90)과, 상기 격벽(20)에 장착되는 안내 가이드(100) 등으로 구성된다.

상기 격벽(20)은 소정의 크기와 두께를 가지고 형성되고 상부와 하부에는 이송통로(22)가 각각 형성된다.

그리고 상기 이송통로(22)에는 공기를 이동 또는 차단하면서도 유량을 조절할 수 있도록 밸브(24)가 각각 장착된다.

즉 상기 격벽(20)은 케이스(30)의 내부에 수직으로 장착되어 공간을 구획하면서 상부와 하부에 형성되는 이송통로(22)를 이용하여 공기가 연속해서 순환될 수 있도록 한 것이다.

상기 케이스(30)는 건조수단(40)과, 센서(50, 60)와, 송풍기(70)와 히터부(80) 등을 수용할 수 있도록 소정의 크기를 가지고 형성된다.

그리고 상기 케이스(30)는 내부에 수직으로 장착되는 격벽(20)을 기준으로 양측에 건조공간(31)과 장착공간(32)이 형성되며, 상기 건조공간(31)과 장착공간(32)에는 외부와 연통되는 건조 연통공(33)과 장착 연통공(34)이 각각 형성되고,

상기 공간(31, 32)과 대응하는 전면에는 입구(35)가 형성된다.

즉 상기 케이스(30)는 격벽(20)을 기준으로 전면 양측에 입구(35)가 각각 형성되고 내부에는 건조수단(40)과 센서(50, 60)가 장착되는 건조공간(31)과 송풍기(70) 및 히터부(80)가 장착되는 장착공간(32)이 각각 형성되는 것이다.

이때 상기 건조 연통공(33)과 장착 연통공(34)에는 환기 및 건조시 상기 연통공(33, 34)의 개방 또는 폐쇄를 위하여 밸브(36)가 각각 장착된다.

상기 케이스(30)의 건조공간(31)에 설치되는 건조수단(40)은 송풍기(70) 및 히터부(80)를 통해 전달되는 열 공기를 이용하여 상기 건조수단(40)에 수용되는 고추를 건조하게 된다.

그리고 상기 고추를 건조하는 건조수단(40)은 소정의 간격을 두고 전·후 및 양측에 각각 수직으로 장착되는 지지봉(41)과, 상기 지지봉(41)의 양측에 간격을 두고 장착되는 고정 거치대(42)와, 상기 고정 거치대(42)를 지지봉(41)에 고정하는 고정구(43)와, 상기 고정 거치대(42)에 양측이 각각 지지되고 내부에는 고추가 수용되는 선반(44)으로 구성된다.

즉 상기 건조수단(40)은 간격을 두고 양측에 장착되는 전, 후 지지봉(41)에 고정구(43)를 이용하여 고정 거치대(42)를 고정한 후 상기 고정 거치대(42)에 고추가 수용되는 선반(44)의 양측 끝단을 고정할 수 있도록 한 것이다.

이때 상기 지지봉(41)은 높낮이 조절과 보관의 효율성을 위하여 분리구성될 수 있으며, 상기 선반(44)은 균일한 건조를 위하여 전, 후 및 양측에 다수개의 건조 구멍(45)이 형성될 수 있음을 밝힌다.

상기 케이스(30)에 장착되는 온도센서(50)는 건조공간(31)에 적어도 하나

이상 장착되어 건조시 온도를 측정한 후 이를 실시간으로 제어부(90)에 전달하게 된다.

그리고 본원발명에서 상기온도센서(50)는 건조공간(31)의 상, 중, 하에 간격을 두고 장착되되, 상기 온도센서(50)는 공지된 온도센서(50) 중 하나를 택일하여 장착되고 별도의 설명은 생략하기로 한다.

상기 케이스(30)에 장착되는 습도센서(60)는 건조공간(31)에 적어도 하나 이상 장착되어 건조시 습도를 측정한 후 이를 실시간으로 제어부(90)에 전달하게 된다.

그리고 본원발명에서 상기 습도센서(60)는 공지된 온도센서(60) 중 하나를 택일하여 장착되고 별도의 설명은 생략하기로 한다.

상기 케이스(30)의 장착공간(32)에 장착되는 송풍기(70)는 격벽(20)을 구성하는 상부 이송통로(22)를 거쳐 공급되는 공기를 히터부(80)를 이용하여 재가열시킨 후 케이스(30)의 건조공간(31)에 전달하게 된다.

즉 상기 송풍기(70)는 건조수단(40)의 선반(44)에 수용된 고추를 건조시키면서 온도가 낮추어진 공기를 상부 이송통로(22)를 통해 공급받은 후 상기 히터부(80)와 하부 이송통로(22)에 전달되도록 한 것이다.

여기서 상기 송풍기(70)는 공지된 송풍기(70)를 택일하여 구성되고 별도의 설명은 생략하기로 한다.

상기 케이스(30)의 장착공간(32)에 장착되는 히터부(80)는 송풍기(70)를 통해 전달되는 공기를 가열시키는 역할을 하게 된다.

즉 상기 히터부(80)는 송풍기(70)를 통해 전달되는 공기를 히팅 코일을 이

용하여 가열시키게 되는 것이다.

여기서 상기 히터부(80)는 공지된 히터를 택일하여 구성되고 별도의 설명은 생략하기로 한다.

상기 케이스(30)의 외부에 장착되는 제어부(90)는 케이스(30)의 건조공간(31)에 장착되는 온도센서(50)와 습도센서(60)를 통해 전달되는 정보를 바탕으로 송풍기(70)와 히터부(80)를 제어하게 된다.

그리고 상기 제어부(90)는 건조 또는 환기에 따라 상기 연통공(33, 34)에 각각 장착되는 밸브(36)를 제어하게 된다.

즉 상기 제어부(90)는 건조 작동시 케이스(30)를 구성하는 연통공(33, 34)의 내부에 장착되는 밸브(36)를 폐쇄하면서 상기 격벽(20)의 상, 하부 이송통로(22)에 위치하는 밸브(24)를 개방하여 상기 건조수단(40)에 위치하는 고추를 건조하게 되고, 환기 작동시에는 연통공(33, 34)의 내부에 장착되는 밸브(36)를 개방하면서 상기 격벽(20)의 상부 이송통로(22)에 위치하는 밸브(24)를 폐쇄하여 단시간에 건조공간(31) 및 장착공간(32)에 위치하는 열 공기를 환기시킬 수 있게 되는 것이다.

상기 건조공간(31)에 위치하는 격벽(20)의 외면에 장착되는 안내 가이드(100)는 상부로 향할수록 폭이 넓어지도록 형성된다.

즉 상기 안내 가이드(100)는 하부 이송통로(22)를 통해 건조공간(31)으로 유입되는 열 공기를 상부에 신속하게 전달함과 동시에 상기 건조수단(40)에 위치하는 고추에 균일하게 열을 공급하게 되는 것이다.

그리고 상기 안내 가이드(100)는 도시된 4(a) 및 4(b)와 같이 구성될 수 있

는데, 즉 상기 안내 가이드(100)는 내부에 내부통로(102)가 형성되고, 외면에는 간격을 두고 상기 내부통로(102)와 연통되는 외부통로(104)가 형성되며, 상기 외부통로(104)에는 공기를 차단 또는 개방하는 덮개(106)가 장착되는 예를 나타낸 것이다.

이를 좀더 보충설명하면, 상기 안내 가이드(100)는 고추가 수용되는 선반(44)에 맞춰 덮개(106)를 개방 또는 폐쇄하여 안내 가이드(100)의 외면과 더불어 상기 외부통로(104)를 통해 공급되는 열 공기를 이용하여 고추의 건조 효율을 높일 수 있도록 한 것이다.

상기와 같이 구성되는 에너지 절감형 고추 건조기의 실시 예를 참조로 설명하면 다음과 같다.

먼저, 소정의 크기와 두께를 가지고 형성되고 상부와 하부에는 이송통로(22)가 각각 형성되고, 상기 이송통로(22)에는 공기를 이동 또는 차단하면서도 유량을 조절할 수 있도록 밸브(24)가 각각 장착되는 격벽(20)을 형성한 후, 상기 격벽(20)의 외면에 상부로 향할수록 폭이 넓어지는 안내 가이드(100)를 장착한다.

그리고 소정의 크기를 가지며 내부에 수직으로 장착되는 격벽(20)을 기준으로 양측에 건조공간(31)과 장착공간(32)이 형성되며, 상기 건조공간(31)과 장착공간(32)에는 외부와 연통되는 건조 연통공(33)과 장착 연통공(34)이 각각 형성되고, 상기 공간(31, 32)과 대응하는 전면에는 입구(35)가 형성되며, 상기 연통공(33, 34)에는 환기 및 건조시 상기 연통공(33, 34)의 개방 또는 폐쇄를 위하여 밸브(36)가 각각 장착되는 케이스(30)를 구성한다.

다음으로 상기 케이스(30)의 건조공간(31)으로 소정의 간격을 두고 전·후 및 양측에 각각 수직으로 장착되는 지지봉(41)과, 상기 지지봉(41)의 양측에 간격을 두고 장착되는 고정 거치대(42)와, 상기 고정 거치대(42)를 지지봉(41)에 고정하는 고정구(43)와, 상기 고정 거치대(42)에 양측이 각각 지지되고 외부에는 간격을 두고 다수개의 건조 구멍(45)이 형성되며 내부에는 고추가 수용되는 선반(44)으로 구성되는 건조수단(40)을 장착한다.

그리고 상기 케이스(30)의 건조공간(31)에 온도를 측정하는 온도센서(50)와 습도를 측정하는 습도센서(60)를 적어도 하나 이상 장착한 후, 상기 케이스(30)의 장착공간(32)에 간격을 두고 수직방향으로 송풍기(70)와 히터부(80)를 장착한 다음, 상기 케이스(30)의 외면에 제어부(90)를 장착하면 에너지 절감형 고추 건조기(10)의 조립은 완료되는 것이다.

여기서 상기 에너지 절감형 고추 건조기의 조립 순서는 상기와 다르게 구성될 수 있음을 밝힌다.

다음으로 상기와 같이 구성되는 에너지 절감형 고추 건조기의 사용상태를 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 상기 건조수단(40)을 구성하는 선반(44)의 내부에 다량의 고추를 삽입한다.

그리고 상기와 같은 상태에서 고추를 건조하고자 할 경우에는, 상기 제어부(90)를 조작하여, 상기 상, 하부 이동통로(22)에 위치하는 밸브(24)를 개방하고, 상기 연통공(33, 34)에 위치하는 밸브(36)를 차단한 다음, 상기 송풍기(70)의 회전속도 및 히터부(80)의 온도를 설정한다.

다음으로 상기 히터부(80)에서 발생하는 열기는 주변 공기 온도를 상승시키고, 상기 송풍기(70)는 가열된 열 공기를 하부 이송통로(22)로 전달하며, 상기 하부 이송통로(22)로 이동하는 열 공기는 안내 가이드(100)의 외면과 건조공간(31)의 하부에 유입된 후 상부로 이동하면서 선반(44)의 내부에 수용되는 고추를 건조시키게 되는 것이다.

그리고 상기 건조수단(40)의 상부에 위치하는 차가워진 공기는 하부에서 전달되는 공기압에 따라 격벽(20)의 상부 이송통로(22)를 통해 장착공간(32)에 유입된 후 송풍기(70)를 통해 히터부(80)에 전달되는 과정을 연속적으로 거치면서 고추를 건조하게 되는 것이다.

다음으로 상기와 같은 상태에서 케이스(30)의 공간(31,32)를 환기시키고자 할 경우에는, 상기 제어부(90)를 조작하여, 상기 상부 이동통로(22)에 위치하는 밸브(24)를 차단하고, 상기 연통공(33, 34)에 위치하는 밸브(36)를 개방한 다음, 상기 송풍기(70)의 회전속도 및 히터부(80)의 온도를 설정한다.

그리고 상기 장착 연통공(34)에서 유입되는 공기는 송풍기(70)를 통해 하부 이송통로(22)로 이동되고, 상기 하부 이송통로(22)로 이동하는 열 공기는 안내 가이드(100)의 외면과 건조공간(31)의 하부에 유입된 후, 상부로 이동하면서 선반(44)의 내부에 수용되는 고추를 건조한 다음, 상기 건조 연통공(33)을 통해 외부로 배출하게 되는 것이다.

다음으로 상기 온도센서(50)와 습도센서(60)를 통해 건조공간(31)의 온도 및 습도가 설정 값으로 낮춰지면, 상기 제어부(90)는 상, 하부 이동통로(22)에 위치하는 밸브(24)를 개방하고, 상기 연통공(33, 34)에 위치하는 밸브(36)를 차단한

다음, 상기 송풍기(70)와 히터부(80)를 이용하여 고추를 다시 건조하게 되는 것이다.

이상에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명인 에너지 절감형 고추 건조기를 설명함에 있어 특정형상 및 방향을 위주로 설명하였으나, 본 발명은 당업자에 의하여 다양한 변형 및 변경이 가능하고, 이러한 변형 및 변경은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

【부호의 설명】

10 : 에너지 절감형 고추 건조기, 20 : 격벽,

22 : 이송통로, 24 : 밸브,

30 : 케이스, 31 : 건조공간,

32 : 장착공간, 33 : 건조 연통공,

34 : 장착 연통공, 35 : 입구,

36 : 밸브, 40 : 건조수단,

41 : 지지봉, 42 : 고정 거치대,

43 : 고정구, 44 : 선반,

50 : 온도센서, 60 : 습도센서,

70 : 송풍기, 80 : 히터부,

90 : 제어부, 100 : 안내 가이드.

【특허청구범위】

【청구항 1】

상, 하부에 이송통로가 각각 형성되는 격벽과;

내부에 수직으로 장착되는 격벽을 기준으로 건조공간과 장착공간으로 구분되고, 상기 건조공간과 장착공간에는 외부와 연통되는 건조 연통공과 장착 연통공이 각각 형성되며, 상기 공간의 전면에는 입구가 형성되는 케이스와;

상기 건조공간에 설치되고 다량의 고추가 건조되는 건조수단과;

상기 케이스의 건조공간에 장착되고 온도와 습도를 측정하는 적어도 하나 이상의 온도센서 및 습도센서와;

상기 케이스의 장착공간에 장착되고 열을 제공하는 송풍기 및 히터부와;

상기 케이스에 장착되고 센서와 송풍기 및 히터부를 제어하는 제어부;를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 에너지 절감형 고추 건조기.

【청구항 2】

청구항 1에 있어서,

상기 건조공간에 위치하는 격벽의 외면에는 상부로 향할수록 폭이 넓어지는 안내 가이드가 장착되는 것을 특징으로 하는 에너지 절감형 고추 건조기.

【청구항 3】

청구항 2에 있어서,

상기 안내 가이드의 내부에는 내부통로가 형성되고, 외면에는 간격을 두고 상기 내부통로와 연통되는 외부통로가 형성되며, 상기 외부통로에는 공기를 차단 또는 개방하는 덮개가 장착되는 것을 특징으로 하는 에너지 절감형 고추 건조기.

【청구항 4】

청구항 1에 있어서,

상기 케이스의 장착되는 격벽을 구성하는 이송통로에는 공기를 이동 또는 차단하면서도 유량을 조절할 수 있는 상, 하부 밸브가 각각 장착되는 것을 특징으로 하는 에너지 절감형 고추 건조기.

【청구항 5】

청구항 1에 있어서,

상기 케이스와 격벽은 제어부의 조작에 따른 건조 작동시 건조 연통공 및 장착 연통공이 폐쇄되면서 상, 하부 밸브가 개방되고, 환기 작동시에는 건조 연통공 및 장착 연통공이 개방되고, 상부 밸브를 폐쇄되면서 하부 밸브는 개방되도록 한 것을 특징으로 하는 에너지 절감형 고추 건조기.

【청구항 6】

청구항 1에 있어서, 상기 건조수단은,

소정의 간격을 두고 전·후 및 양측에 각각 수직으로 장착되는 지지봉과;

상기 지지봉의 양측에 간격을 두고 장착되는 고정 거치대와;

상기 고정 거치대를 지지봉에 고정하는 고정구와;

상기 고정 거치대에 양측이 각각 지지되고 내부에는 고추가 수용되는 선반;

을 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 에너지 절감형 고추 건조기.

【요약서】

【요약】

본 발명은 에너지 절감형 고추 건조기에 관한 것으로서, 상, 하부에 이송통로가 각각 형성되는 격벽과; 내부에 수직으로 장착되는 격벽을 기준으로 건조공간과 장착공간으로 구분되고, 상기 건조공간과 장착공간에는 외부와 연통되는 건조 연통공과 장착 연통공이 각각 형성되며, 상기 공간의 전면에는 입구가 형성되는 케이스와; 상기 건조공간에 설치되고 다량의 고추가 건조되는 건조수단과; 상기 케이스의 건조공간에 장착되고 온도와 습도를 측정하는 적어도 하나 이상의 온도센서 및 습도센서와; 상기 케이스의 장착공간에 장착되고 열을 제공하는 송풍기 및 히터부와; 상기 케이스에 장착되고 센서와 송풍기 및 히터부를 제어하는 제어부;를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

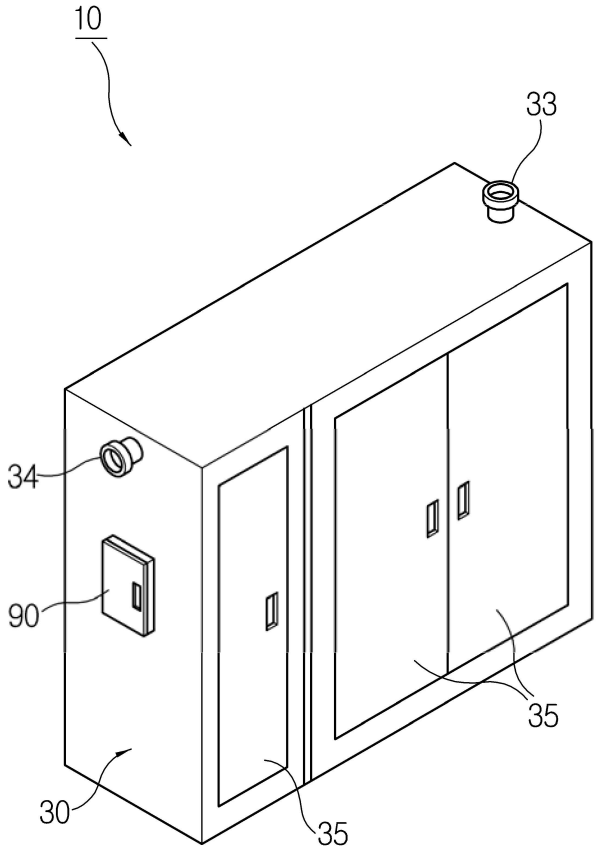
본 발명에 따르면, 온도센서와 습도센서를 이용하여 건조시 최적의 온도를 유지하면서도 환기시에는 열손실을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 단기간에 환기가 용이하고 그에 따른 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.

【대표도】

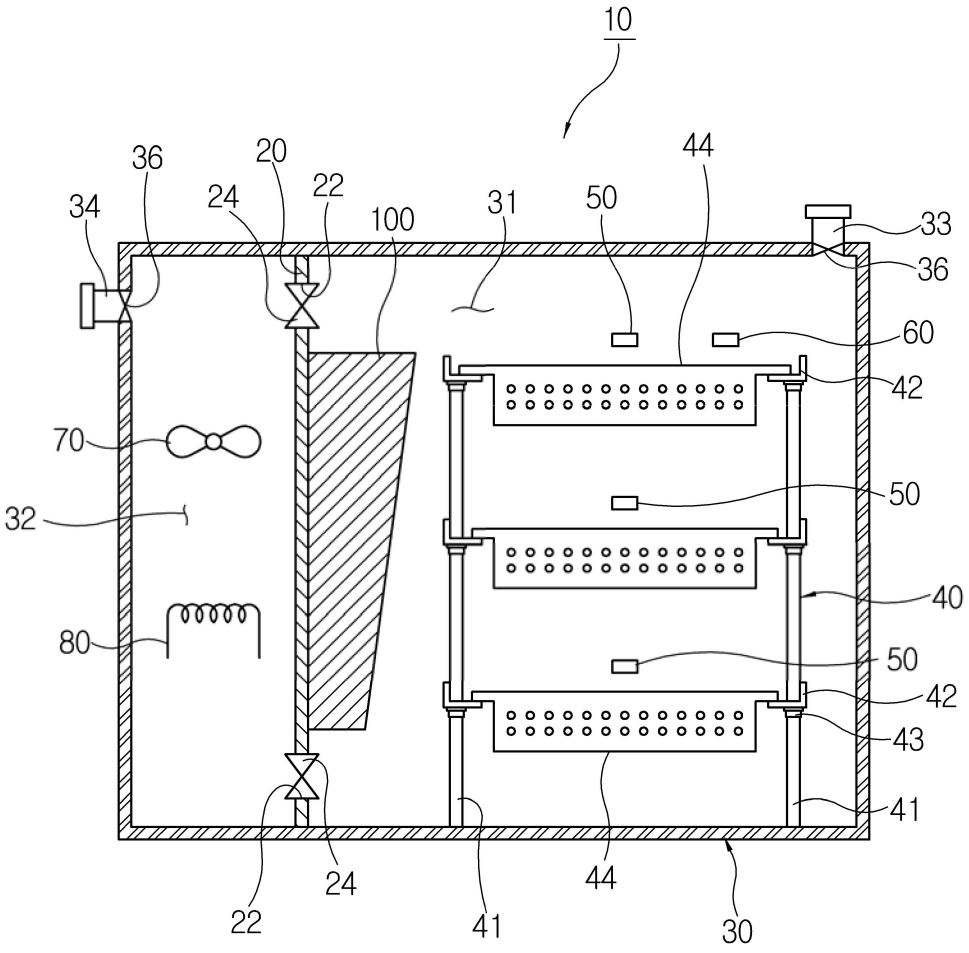
도 2

【도면】

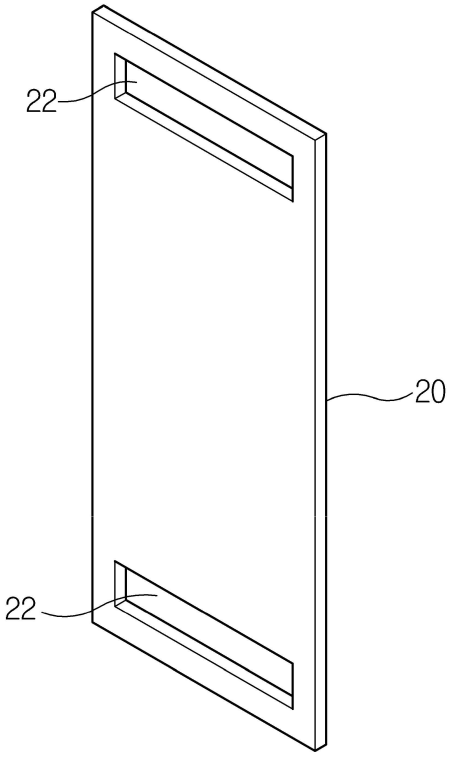
【도 1】



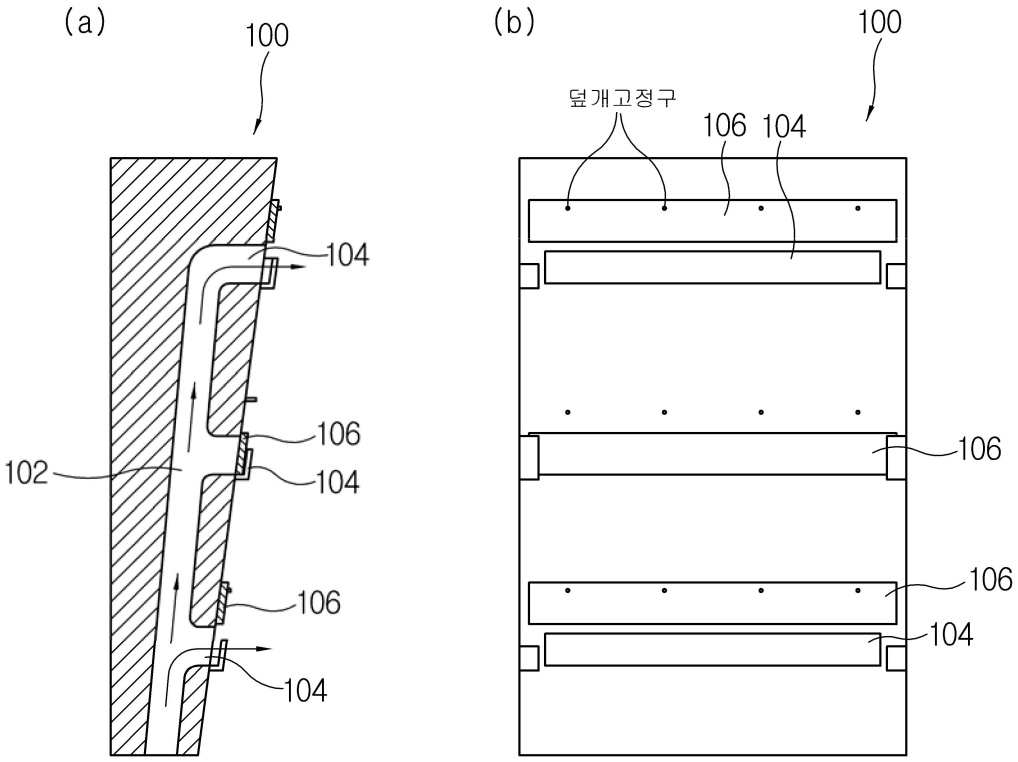
【도 2】


10
36
20
44
34
24
22
100
31
50
33
36
60
42
70
50
32
40
80
50
42
43
41
22
24
41
44
30

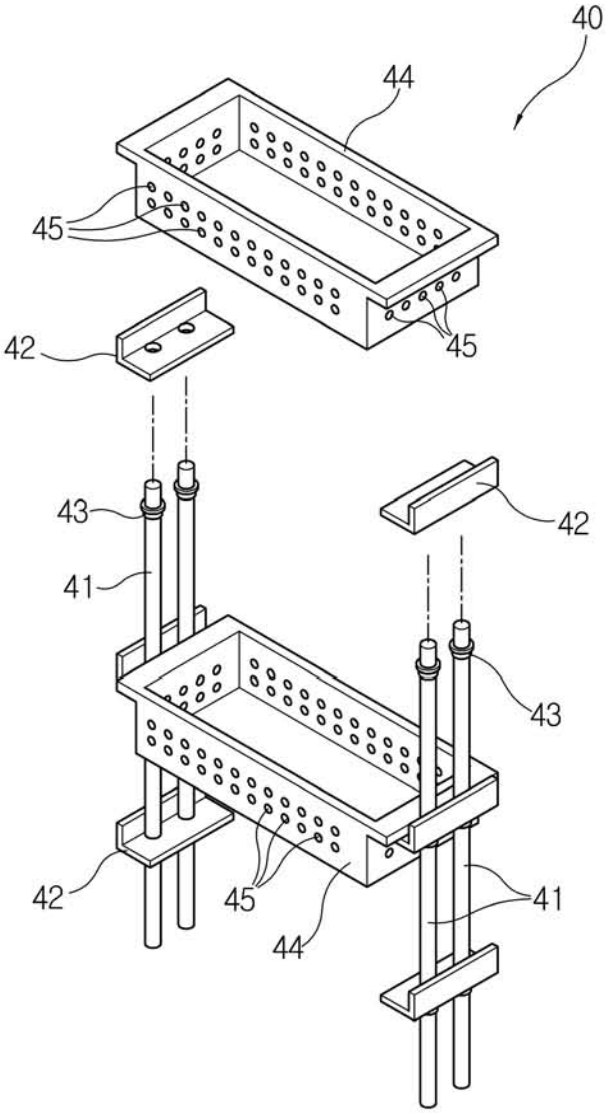
【도 3】



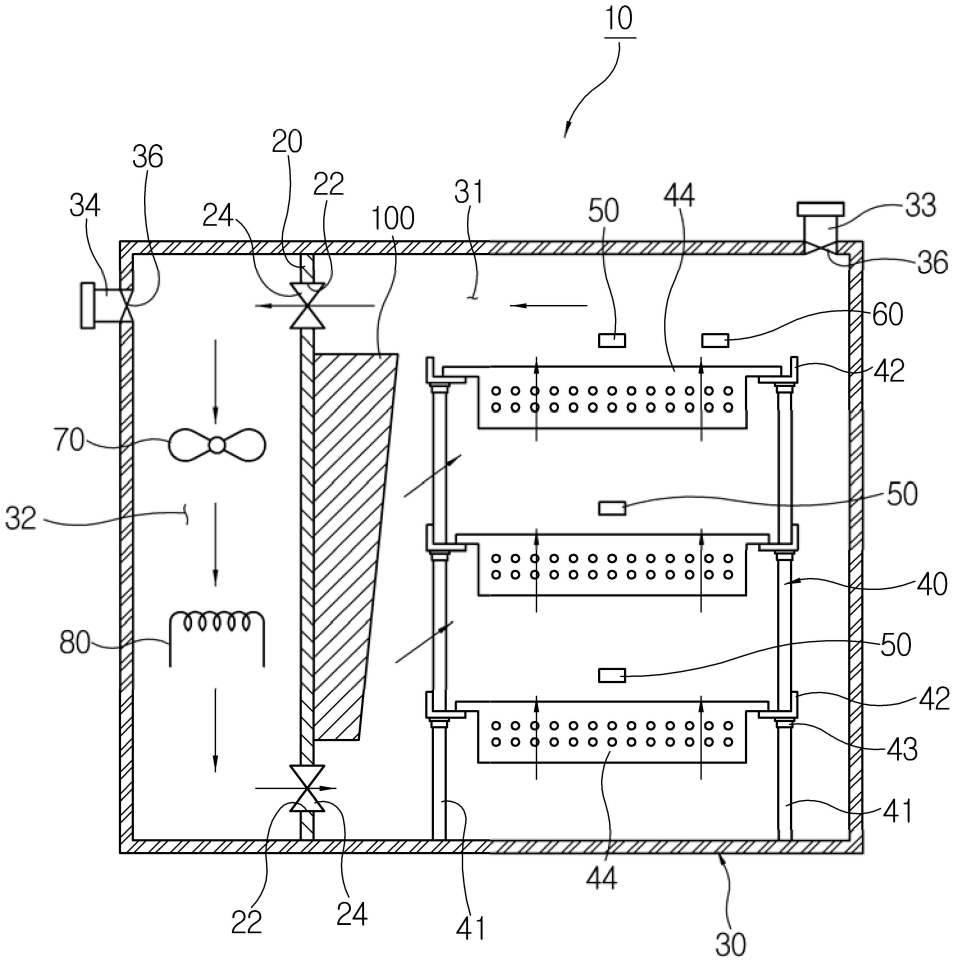
【도 4】



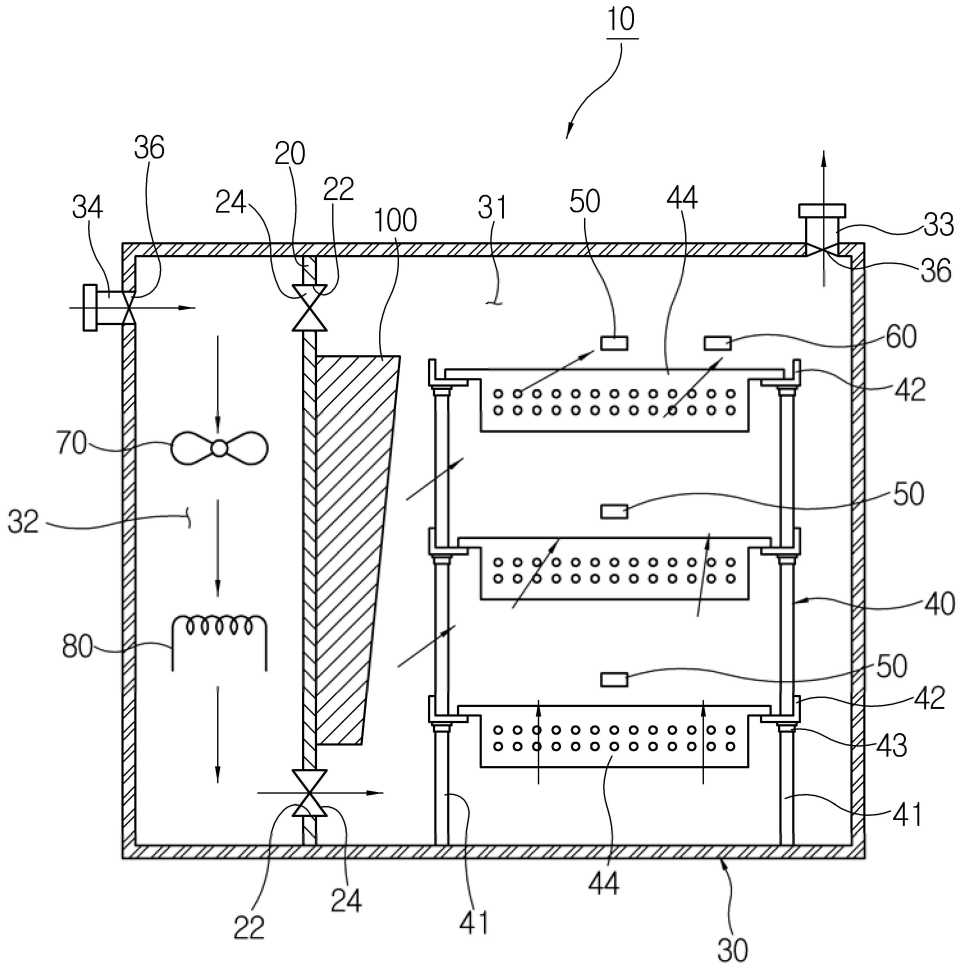
【도 5】



【도 6】


10
36
20
22
31
50
44
33
34
24
100
36
60
42
70
50
32
40
80
50
42
43
41
44
22
24
41
30

【도 7】


10
36
20
34
24
22
100
31
50
44
33
36
60
42
70
50
32
40
80
50
42
43
41
22
24
41
44
30

2. 특허자료 (고추건조방법)

【명세서】

【발명의 명칭】

고추 건조 방법{METHOD OF DRYER CAPSICUM}

【기술분야】

본 발명은 고추 건조 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 날씨와 기후 등의 환경조건과 무관하게 대량의 고추를 건조기를 통해 단시간에 건조하면서도, 최소한의 에너지가 소모되도록 하고, 고추의 최적의 건조효율을 이룰 수 있도록 하는 고추 건조 방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

일반적으로 실시되고 있는 고추의 건조방법은 고추의 품질을 최상으로 하는 이른바 태양열로 건조된 태양초(太陽草)를 원칙으로 하고 있다.

그러나, 이와 같은 자연건조는 태양열이 조사되는 넓은 마당이나 공간을 이용하여 사람의 손으로 일일이 고추를 골고루 펴주거나 거두어들이는 작업을 적어도 수회 반복해야 하는 번거러움과 불편이 따랐다.

그리고, 우기가 겹치는 경우에는 고추의 건조작업이 더 더욱 어려웠기 때문에 고추의 전량을 건조하는데도 많은 문제점을 수반하고 있는 것이다.

따라서, 일손이 모자라는 농촌에서는 수확된 많은 량의 고추를 건조하기 위

해서는 대부분이 유류(油類)를 사용하는 기계적인 건조기에 의존하고 있는 실정이지만 이러한 건조작업 역시 많은 시간과 인력을 필요로 하고 있다.

즉, 고추건조기의 구조는 통상적으로 밀폐된 건조실내에는 고추를 얇게 펴서 담을 수 있도록 바닥이 망상으로 형성된 수개의 접시형태를 가지는 수납용기를 층층히 삽탈적층시킬 수 있게 한 건조대가 마련되어 있다.

그렇기 때문에 일정시간 간격으로 수납용기를 꺼내서 고추를 저어준 후 다시 건조기로 밀어 넣어 건조작업을 계속하고 있으므로 자연건조에 비해 다소 빠른 점이 있다.

그리고, 한번에 다량의 고추를 건조하는 것이 가능하고 날씨와 기후 및 환경에 영향을 받지 않기 때문에 현재도 고추농가에서는 많이 이용하고 있다.

그러나, 건조실에서 인위적인 건조열로 건조된 고추는 태양초에 비해 품질이 떨어지고 건조에 따른 전력사용에 의한 비용소모가 많기 때문에 소비자에 의한 선호도도 매우 저조한 문제점을 수반하고 있다.

또한, 고추가 건조실에서 인위적인 건조열로 건조되는 과정에서 고추의 표피가 탄화되어 제품이 훼손되어 고추의 불량이 발생 되는 문제점이 있었다.

【선행기술문헌】

【특허문헌】

특허문헌 대한민국 등록실용신안 20-0436406

특허문헌 대한민국 등록특허 10-1161833

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명에 따른 고추 건조 방법은, 온도센서와 습도센서를 이용하여 건조시 최적의 온도를 유지하면서도 환기시에는 열손실을 최소화하여 최적의 에너지활용을 통하여 고추를 건조할 수 있는 고추 건조 방법을 제공하는데 목적이 있다.

본 발명에 따른 고추 건조 방법은, 고추를 인위적으로 건조실에서 건조하면서도 고추가 탄화되거나 훼손되면서 고추의 불량이 발생되는 것을 최소화할 수 있는 고추 건조 방법을 제공하는 데 목적이 있다.

본 발명에 따른 고추 건조 방법은, 다량의 고추를 한번에 건조할 수 있고, 날씨와 기후 및 환경에 상관없이 고추를 건조할 수 있는 고추 건조 방법을 제공하는데 목적이 있다.

【과제의 해결 수단】

본 발명에 따른 고추 건조 방법은, 박스형태의 케이스(100) 내부에 구비되는 건조공간(110)에 건조대상인 고추(10)가 적층 배치되도록 하는 준비공정(S100); 상기 준비공정(S100)이 완료된 상기 고추(10)에 건조수단(120)을 통해 온풍을 제공하는 건조공정(S200); 및 상기 건조공정(S200)이 진행되는 상태에서, 상기 케이스(100)의 외부에서 내부를 거쳐 케이스(100) 내부의 공기가 간헐적으로 외부로 배출

되면서 환기되도록 하는 간헐환기공정(S300);을 포함한다.

상기 간헐환기공정(S300) 이후에는, 상기 건조공정(S200)과 간헐환기공정(S300)에 의해 건조되는 상기 고추(10)의 건조상태를 무게를 통하여 확인하는 로드셀(150)과, 상기 로드셀(150)로부터 고추(10)의 건조상태 정보를 전송받아 상기 건조수단(120)의 동작이 정지되도록 하는 제어부(160)에 의해 고추(10)의 건조가 종료되도록하는 건조종료공정(S400)을 포함한다.

상기 준비공정(S100)은, 상기 케이스(100)의 내부를 격벽(130)을 통해 상기 건조공간(110)이 형성된 부위와 건조수단(120)이 배치된 부위로 구획하고, 상기 격벽(130)의 상부와 하부에는 상기 건조수단(120)에서 발생되는 온풍이 상기 케이스(100)의 내부에서 순환되도록 하는 순환통로(140)를 형성하는 건조준비공정(S110)과, 상기 케이스(100)의 외부의 공기가 상기 건조수단(120)이 형성된 부위로 유입될 수 있도록 유입공(170)을 상기 케이스(100)에 천공하고, 상기 케이스(100) 내부의 온풍이 상기 건조공간(110)을 통해 외부로 배출될 수 있도록 배출공(180)을 상기 케이스(100)에 천공하는 환기준비공정(S120)과, 상기 격벽(130)의 상부와 하부에 각각 형성되는 순환통로(140)를 개폐하기 위한 개폐밸브(142)를 배치하는 순환준비공정(S130)과, 상기 케이스(100) 내부에 구비되는 온도센서(102)와, 습도센서(104)와 연결되어 상기 케이스(100)의 외부에서 내부의 상태를 제어할 수 있는 제어판(162)과, 상기 케이스(100)의 외부에서 내부의 상태를 확인할 수 있는 표시창(164)을 상기 제어부(160)와 연결하여 상기 제어부(160)를 통해 제어할 수 있도록 하는 제어준비공정(S140)을 포함한다.

상기 건조공정(S200)은, 히터(122)와 블로워(124)로 이루어진 건조수단(120)을 통해 4 내지 6시간 동안 70 내지 80℃의 온풍을 상기 건조공간(110)에 배치된 고추(10)에 공급하여 고추(10)가 건조되도록 하는 초반건조공정(S210)과, 상기 초반건조공정(S210) 이후 고추(10)의 함수율이 14 내지 15%가 될 때까지 50 내지 70℃의 온풍을 상기 고추(10)에 공급하여 고추(10)가 건조되도록 하는 후반건조공정(S220)을 포함한다.

상기 후반건조공정(S220)은, 50 내지 70℃ 내의 온풍을 상기 고추(10)에 공급하되 시간의 흐름에 따라 점차 온풍의 온도를 낮추면서 상기 고추(10)에 온풍을 공급하는 세분화건조공정(S230)을 포함한다.

상기 간헐환기공정(S300)은, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 80 내지 90%일때 상기 케이스(100) 내부의 공기를 환기하되, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 25 내지 45%가 될때까지 환기한다.

상기 간헐환기공정(S300)은, 상기 케이스(100)를 30초 내지 10분 동안 개방하여 상기 케이스(100)의 내부공기가 환기되도록 한다.

상기 건조종료공정(S400)에서는, 상기 로드셀(150)에 의해 측정되는 상기 고추(10)의 함수율이 14 내지 15%가 될 경우, 상기 로드셀(150)에 연결되는 송신기(152)를 통해 상기 고추(10) 건조 상태정보를 상기 제어부(160)에 송신한다.

상기 간헐환기공정(S300)은, 상기 케이스(100) 내부의 습도변화에 따라 상기 케이스(100)를 개방하여 환기하되, 상기 케이스(100) 내부 습도가 상승되면서 변화되는 상승변화율이 시간당 1 내지 5% 사이가 될 경우, 상기 케이스(100)를 개

방하여 환기시켜 습도를 낮추게 된다.

상기 간헐환기공정(S300)은, 상기 케이스(100) 내부의 습도변화에 따라 상기 케이스(100)를 폐쇄하되, 상기 케이스(100) 내부 습도가 하강되면서 변화되는 하강변화율이 시간당 1 내지 5%사이가 될 경우, 상기 케이스(100)를 폐쇄하여 습도를 높이게 된다.

【발명의 효과】

본 발명에 따른 고추 건조 방법은, 최적의 에너지활용을 통하여 고추를 건조함으로써 고추를 건조하는데 소모되는 비용과 시간을 절감할 수 있는 경제적 효과가 있다.

본 발명에 따른 고추 건조 방법은, 고추의 불량이 발생되는 것을 최소화하면서도 다량의 고추를 건조함과 동시에 고추의 품질을 향상시킬 수 있는 기술적 효과가 있다.

본 발명에 따른 고추 건조 방법은, 날씨와 기후 및 환경에 상관없이 다량의 고추를 건조할 수 있기 때문에, 고추의 수요를 충족하면서 지속적으로 대량생산이 가능한 기술적 효과가 있다.

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 일실시 예에 따른 고추 건조 방법을 개략적으로 나타내는 순서도 이다.

도 2는 본 발명의 일실시 예에 따른 고추 건조 방법의 각 단계를 나타내는 개념도 이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시 예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시 예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시 예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시 예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시 예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭하며, 길이 및 면적, 두께 등과 그 형태는 편의를 위하여 과장되어 표현될 수도 있다.

이하에서는, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 바람직한 실시 예들에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

이하의 상세한 설명에서는, 일 예로 날씨와 기후 등의 환경조건과 무관하게 대량의 고추를 건조기를 통해 단시간에 건조하면서도, 최소한의 에너지가 소모되도록 하고, 고추의 최적의 건조효율을 이룰 수 있도록 하는 고추 건조 방법 [특히, 건조공정, 간헐환기공정, 건조종료공정]의 기술적 구성을 동일하게 적용할 수 있음은 물론이라 할 것이다.

도 1은 본 발명의 일실시 예에 따른 고추 건조 방법을 개략적으로 나타내는 순서도 이다.

도 2는 본 발명의 일실시 예에 따른 고추 건조 방법의 각 단계를 나타내는 개념도 이다.

도 1 및 도 2를 살펴보면, 본 발명에 따른 고추 건조 방법은, 고추(10)를 케이스(100) 내부에 적층 배치하는 준비공정(S100)과, 고추(10)를 건조하는 건조공정(S200), 상기 케이스(100)의 내부 공기를 간헐적으로 환기하는 간헐환기공정(S300), 로드셀(150)을 통해 고추(10) 건조의 종료를 확인하는 건조종료공정(S400)을 거치게 된다.

상기의 공정을 통하여 본 발명에서는, 건조대상물인 상기 고추(10)가 24시간 이내에 함수율 14 내지 15%로 건조되어 다양한 음식에 사용되는 재료가 될 수 있게 된다.

여기서, 상기 고추(10)의 건조는 건조기를 이용한 기계식 건조를 통해 건조가 이루어지고, 전기 또는 화석연료가 사용되어 건조될 수 있다.

상기 케이스(100)를 통한 고추(10)의 건조 방식 또한 열풍이 사용될 수 있고, 원적외선이 사용될 수 있다.

그리고, 상기 고추(10)를 케이스(100) 내부에 적층 배치하여 건조할 수 있고, 고추(10)를 건조하는 과정에서 표면은 빨리 건조되고 중심부로 갈수록 건조속도가 느려져 내부에 수분구배가 발생 되는 것을 방지하기 위해 다수 개의 고추(10)를 각각 다수 개로 커팅하여 건조할 수 있다.

본 발명에서는 일 실시 예로 커팅되지 않은 온전한 고추(10)를 전기에너지를 통하여 열풍으로 건조하는 방식으로 건조하는 과정을 서술하게 된다.

이는 일 실시 예일뿐 고추(10)를 건조함에 있어, 전기에너지 또는 화석연료의 사용과, 열풍 또는 원적외선이 사용되어도 건조공정은 동일하게 수행될 수 있고 그 결과도 유사하게 도출되게 된다.

이렇게 본 발명에 따른 고추 건조방법은, 상기 고추(10)가 음식의 재료로 원활하게 사용될 수 있도록 하기 위해, 상기 고추(10)의 제조과정을 하기에서 상세하게 설명하기로 한다.

준비공정(S100)

상기 준비공정(S100)은, 박스형태의 케이스(100) 내부에 구비되는 건조공간(110)에 건조대상인 고추(10)가 적층 배치되도록 하여 고추(10)가 건조될 수 있도록 준비하는 공정이다.

즉, 상기 준비공정(S100)에서는 상기 고추(10)를 케이스(100)의 내부에 적층 배치하되, 고추(10)가 상호 겹쳐지지 않고 각각 상호 이격된 상태로 배치되도록 하고, 고추(10) 건조에 따른 구성을 준비하게 된다.

이를 위해, 상기 준비공정(S100)은, 상기 케이스(100)의 내부를 격벽(130)을 통해 상기 건조공간(110)이 형성된 부위와 건조수단(120)이 배치된 부위로 구획하고, 상기 격벽(130)의 상부와 하부에는 상기 건조수단(120)에서 발생되는 온풍이 상기 케이스(100)의 내부에서 순환되도록 하는 순환통로(140)를 형성하는 건조준비공정(S110)을 포함할 수 있다.

상기 건조준비공정(S110)에서는 상기 케이스(100) 내부를 격벽(130)을 통하여 상기 고추(10)가 배치되는 건조공간(110)과, 온풍을 발생하는 건조수단(120)으로 구획하게 된다.

이러한, 상기 건조준비공정(S110)은, 상기 격벽(130)의 상부와 하부에는 수평으로 관통되는 순환통로(140)를 천공하여 상기 건조수단(120)에서 발생되는 온풍이, 밀폐된 상기 케이스(100) 내부에서 상기 건조공간(110)과 건조수단(120)이 배치된 부위를 원활하게 순환할 수 있도록 준비하는 것이다.

더불어, 상기 준비공정(S100)은, 상기 케이스(100)의 외부의 공기가 상기

건조수단(120)이 형성된 부위로 유입될 수 있도록 유입공(170)을 상기 케이스(100)에 천공하고, 상기 케이스(100) 내부의 온풍이 상기 건조공간(110)을 통해 외부로 배출될 수 있도록 배출공(180)을 상기 케이스(100)에 천공하는 환기준비공정(S120)을 포함할 수 있다.

상기 환기준비공정(S120)에서는, 외부의 공기가 상기 건조수단(120)이 형성된 부위로 유입될 수 있도록 하는 유입공(170)과, 상기 건조수단(120)에서 발생 되는 온풍이 상기 케이스(100) 내부에서 외부로 배기 될 수 있도록 하는 배출공(180)을 상기 케이스(100)에 형성하게 된다.

즉, 상기 유입공(170)을 통하여 상기 케이스(100)의 내부로 유입된 외부 공기는 상기 건조수단(120)을 통하여 온풍이 되어 상기 케이스(100) 내부를 순환한 후 상기 배출공(180)을 통하여 상기 케이스(100)의 외부로 배기될 수 있게되는 것이다.

그리고, 상기 준비공정(S100)은, 상기 격벽(130)의 상부와 하부에 각각 형성되는 순환통로(140)를 개폐하기 위한 개폐밸브(142)를 배치하는 순환준비공정(S130)을 포함할 수 있다.

상기 순환준비공정(S130)에서는, 상기 유입공(170)과 배출공(180)을 폐쇄한 상태에서 상기 격벽(130)의의 상부와 하부에 각각 형성되는 상기 개폐밸브(142)를 모두 개방하여 상기 건조수단(120)에서 발생 되는 온풍이 상기 케이스(100)의 내부를 원활하게 순환할 수 있도록 할 수 있다.

또한, 상기 케이스(100) 내부의 공기를 환기할 경우, 상기 유입공(170)과 배출공(180)을 모두 개방한 상태에서 상기 개폐밸브(142)도 모두 개방하여 상기 케이스(100) 내부의 온풍이 원활하게 배기될 수 있도록 할 수 있다.

다른 실시 예로, 상기 케이스(100) 내부의 공기를 환기할 경우, 상기 유입공(170)과 배출공(180)을 모두 개방한 상태에서 상기 격벽(130)의 상부에 구비되는 개폐밸브(142)는 폐쇄하고 상기 격벽(130)의 하부에 구비되는 개폐밸브(142)만 개방하여 상기 케이스(100) 내부의 온풍이 빠르게 배출공(180)으로 배기될 수 있도록 할 수 있다.

더불어, 상기 준비공정(S100)은, 상기 케이스(100) 내부에 구비되는 온도센서(102)와, 습도센서(104)와 연결되어 상기 케이스(100)의 외부에서 내부의 상태를 제어할 수 있는 제어판(162)과, 상기 케이스(100)의 외부에서 내부의 상태를 확인할 수 있는 표시창(164)을 상기 제어부(160)와 연결하여 상기 제어부(160)를 통해 제어할 수 있도록 하는 제어준비공정(S140)을 포함할 수 있다.

상기 제어준비공정(S140)에서는, 상기 온도센서(102)와, 습도센서(104)를 통하여 상기 고추(10)가 건조되는 온도 및 케이스(100) 내부의 습도 정보를 확인할 수 있고, 그 정보는 상기 제어부(160)에 형성되는 표시창(164)을 통해 작업자가 원활하게 확인할 수 있게 된다.

그리고, 상기 제어부(160)에 구비된 제어판(162)을 통하여 작업자가 상기 건조수단(120)과 개폐밸브(142), 유입공(170), 배출공(180)을 제어하여, 상기 케이

스(100) 내부의 고추(10)가 원활하게 건조됨과 동시에 케이스(100) 내부가 환기될 수 있게 된다.

건조공정(S200)

상기 건조공정(S200)은, 상기 준비공정(S100)이 완료된 상기 고추(10)에 건조수단(120)을 통해 온풍을 제공하는 공정이다.

이러한 상기 건조공정(S200)을 통하여 상기 고추(10)가 최소한의 에너지를 소비하면서 날씨와 기후 등의 외부환경에 영향을 받지않고도 대량으로 건조될 수 있게 되는 것이다.

이를 위해, 상기 건조공정(S200)은, 히터(122)와 블로워(124)로 이루어진 건조수단(120)을 통해 4 내지 6시간 동안 70 내지 80℃의 온풍을 상기 건조공간(110)에 배치된 고추(10)에 공급하여 고추(10)가 건조되도록 하는 초반건조공정(S210)을 포함할 수 있다.

여기서, 상기 히터(122)는, 외부에서 상기 케이스(100) 내부로 유입된 공기가 온풍이 되도록 열을 발생 및 공급하는 역할을 담당하게 된다.

그리고, 상기 블로워(124)는, 바람을 일으켜서 상기 케이스(100) 내부로 유입되어 상기 히터(122)를 통해 열을 공급받은 온풍이 상기 케이스(100) 내부에서 순환할 수 있도록 하는 역할을 담당하게 된다.

이러한 상기 히터(122)와 블로워(124)는, 외부에 배치된 제어부(160)를 통해 작업자의 지령에 의해 동작하는 것이 바람직하다.

이때, 상기 케이스(100)의 유입공(170)의 인접한 위치에는 케이스(100) 외부의 공기가 내부로 유입되도록 유도하는 흡입기(미도시)가 구비될 수 있다.

이어서, 상기 건조공정(S200)은, 상기 초반건조공정(S210) 이후 고추(10)의 함수율이 14 내지 15%가 될 때까지 50 내지 70℃의 온풍을 상기 고추(10)에 공급하여 고추(10)가 건조되도록 하는 후반건조공정(S220)을 포함할 수 있다.

여기서, 상기 초반건조공정(S210)은, 상기 건조수단(120)을 통하여 4 내지 6시간 동안 70 내지 80℃의 온풍을 상기 건조공간(110)에 배치된 고추(10)에 공급하여 상기 고추(10) 내부의 수분이 외부로 빠져나올 수 있도록 하는 공정이다.

즉, 상기 초반건조공정(S210)은, 템퍼링(tempering)이라고도 하는데, 이러한 템퍼링은 피건조물인 고추(10) 내부의 수분을 내부 증기압에 의하여 표피 외부로 밀려나오도록 하는 것이다.

이때, 상기 초반건조공정(S210)은, 상기 고추(10) 내부의 수분 중에도 고추(10)의 표피의 수분이 중점적으로 외부로 빠져나오게 되어 고추(10)의 함수율이 점차 낮아지게 된다.

이렇게 상기 고추(10)에서 외부로 빠져나온 수분은 상기 케이스(100) 내부에 머물면서 상기 케이스(100) 내부의 습도가 상승되도록 하고, 상승되는 습도는 상기 습도센서(104)를 통하여 확인가능하게 된다.

여기서, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 상승되다가 케이스(100) 내부의 습도가 80 내지 90%가 되면 상기 간헐환기공정(S300)을 통하여 상기 케이스(100) 내부의 습기를 포함한 온풍을 외부로 배출하게 되는 것이다.

특히, 상기 초반건조공정(S210)이 진행되는 4 내지 6시간 동안에는 상기 케이스(100) 내부를 환기시키지 않은채로 건조만 진행하게 된다.

상기 초반건조공정(S210)에서, 상기 건조수단(120)을 통한 온풍의 공급이 4시간 미만이되고, 공급되는 온풍의 온도가 70℃ 미만일 경우 상기 고추(10) 내부의 수분이 원활하게 외부로 빠져나오지 못하여 건조가 제대로 이루어지지 않을 수 있다.

그리고, 상기 건조수단(120)을 통한 온풍의 공급이 6시간을 초과하고, 공급되는 온풍의 온도가 80℃를 초과할 경우 상기 고추(10)의 표피가 부분적으로 탄화되어 제품의 품질이 저하되게 되는 문제가 발생 될 수 있다.

이어서, 상기 후반건조공정(S220)은, 상기 초반건조공정(S210) 이후 고추(10)의 함수율이 14 내지 15%가 될 때까지 50 내지 70℃의 온풍을 상기 고추(10)에 공급하여 고추(10)가 건조되도록 건조하는 공정이다.

상기 후반건조공정(S220)에서는, 상기 고추(10) 내부의 수분 중에도 고추(10)의 표피를 포함하여 종자(seed), 태좌(placenta)와, 고추(10) 외부의 꼭지(calyx)의 수분이 중점적으로 외부로 빠져나오면서 증발될 수 있도록 하여 고추(10)의 함수율이 점차 낮아지게 된다.

마찬가지로, 상기 고추(10)에서 외부로 빠져나온 수분은 상기 케이스(100) 내부에 머물면서 상기 케이스(100) 내부의 습도가 상승되도록 하고, 상승되는 습도는 상기 습도센서(104)를 통하여 확인가능하게 된다.

그리고, 상기 후반건조공정(S220)에서는, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 상승되다가 케이스(100) 내부의 습도가 80 내지 90%가 되면 상기 간헐환기공정(S300)을 통하여 상기 케이스(100) 내부의 습기를 포함한 온풍을 주기적으로 외부로 배출하게 된다.

즉, 상기 후반건조공정(S220)에서는, 상기 초반건조공정(S210)이 진행되는 4 내지 6시간 동안에 무환기로 건조만 진행되던 작업이 끝나고, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 80 내지 90%가 되면 상기 간헐환기공정(S300)을 통해서 주기적으로 케이스(100) 내부의 습기를 포함한 온풍을 외부로 배출하여 환기시키게 된다.

상기 초반건조공정(S210)에서, 상기 건조수단(120)을 통한 온풍의 온도가 50℃ 미만일 경우 상기 고추(10) 내부의 수분이 원활하게 외부로 빠져나오지 못하여 건조가 제대로 이루어지지 않을 수 있다.

그리고, 상기 건조수단(120)을 통한 온풍의 온도가 70℃를 초과할 경우 상기 고추(10)의 표피가 부분적으로 탄화되어 제품의 품질이 저하되게 되는 문제가 발생 될 수 있다.

즉, 상기 상기 후반건조공정(S220)은, 상기 고추(10)의 표피가 탄화되지 않으면서도 고추(10)의 종자, 태좌, 꼭지 내부의 수분을 외부로 증발시켜 고추(10)의 함수율이 14 내지 15%로 낮아지도록 하는 공정이다.

이를 위해, 상기 후반건조공정(S220)은, 50 내지 70℃ 내의 온풍을 상기 고추(10)에 공급하되 시간의 흐름에 따라 점차 온풍의 온도를 낮추면서 상기 고추

(10)에 온풍을 공급하는 세분화건조공정(S230)을 포함할 수 있다.

이러한, 상기 세분화건조공정(S230)은, 온풍에 의해 상기 고추(10) 표피가 탄화되거나 제품의 품질이 저하되는 것을 방지하기 위하여 고추(10)에 공급되는 온풍의 온도를 시간의 흐름에 따라, 처음에 70℃로 그 다음 60℃, 그 다음 50℃로 변경하여 고추(10)를 건조하는 공정이다.

일 실시예로, 상기 후반건조공정(S220)에 소요되는 시간이 총 12시간이라고 할때, 상기 세분화건조공정(S230)에서는, 최초 4시간 동안 70℃의 온풍을 고추(10)에 공급하고, 그 뒤 4시간 동안 60℃의 온풍을 고추(10)에 공급하며, 그 뒤 4시간 동안 50℃의 온풍을 고추(10)에 공급하여 고추(10)가 건조될 수 있도록 하게 된다.

이는 일 실시 예일뿐, 상기 세분화건조공정(S230)에서는, 상기 후반건조공정(S220)에 소요되는 시간을 공급되는 온풍 온도의 변경이 일어나는 횟수만큼 나누어 온풍이 최초 높은온도에서 점차 낮은 온도로 변경되도록 함으로써 고추(10)의 품질 저하를 방지할 수 있게 된다.

여기서, 상기 세분화건조공정(S230)을 포함한 상기 후반건조공정(S220)에서는, 상기 간헐환기공정(S300)을 통하여 케이스(100) 내부의 환기가 주기적으로 이루어지는 것이 바람직하다.

간헐환기공정(S300)

상기 간헐환기공정(S300)은, 상기 건조공정(S200)이 진행되는 상태에서, 상

기 케이스(100)의 외부에서 내부를 거쳐 케이스(100) 내부의 공기가 간헐적으로 외부로 배출되면서 환기되도록 하는 공정이다.

이러한, 상기 간헐환기공정(S300)은, 상기 후반건조공정(S220)이 사직될 때부터 상기 케이스(100) 내부의 습도가 80 내지 90%가 되면 상기 케이스(100)의 유입공(170)과 배출공(180)을 동시에 개방하여, 케이스(100) 내부의 온풍을 포함하는 습기를 외부로 배출하여 환기시키게 된다.

이때, 상기 간헐환기공정(S300)은, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 80 내지 90%일때 상기 케이스(100) 내부의 공기를 환기하되, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 25 내지 45%가 될때까지 환기할 수 있다.

그리고, 상기 간헐환기공정(S300)은, 상기 케이스(100)를 30초 내지 10분 동안 개방하여 상기 케이스(100)의 내부공기가 환기되도록 할 수 있다.

여기서, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 25% 미만이 되거나, 환기지속 시간이 10분을 초과할 때까지 상기 케이스(100)를 환기할 경우, 상기 건조수단(120)을 통해 다시 케이스(100) 내부의 온도를 상승시켜야 하기 때문에, 그에 따른 소모되는 에너지의 양이 많아져 경제적인 문제가 발생 될 수 있다.

또한, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 45%를 초과하거나, 환기지속 시간이 30초 미만일 경우, 상기 케이스(100) 내부의 습도로 인해 상기 고추(10)의 건조효율이 하락되어 건조시간이 장기화 되는 문제가 발생 될 수 있다.

결과적으로, 상기 간헐환기공정(S300)에서 상기 케이스(100)의 환기는, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 25 내지 45%가 되거나, 상기 케이스(100)를 30초

내지 10분 동안 개방하여 환기되도록 하는 것이 바람직하다.

이때, 상기 간헐환기공정(S300)은, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 80 내지 90%일때 상기 케이스(100) 내부의 공기를 환기하되, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 25 내지 45%가 될때까지 환기할 수 있다.

특히, 상기 케이스(100) 내부에 적층 배치된 고추(10)의 건조 잠재능력을 최적화 하기 위하여, 상기 간헐환기공정(S300)에서, 습도의 변화에 따라 상기 케이스(100)를 개방하여 환기하는 시간을 제어할 수 있다.

이때, 상기 케이스(100)가 폐쇄된 무환기상태에서 케이스(100) 내부의 습도가 상승하면서 변화되는 상승변화율이 시간당 1 내지 5% 사이가될 경우, 상기 케이스(100)를 개방하여 케이스(100) 내부를 환기시킬 수 있다.

그리고, 상기 케이스(100)가 개방된 환기상태에서 케이스(100) 내부의 습도가 하강되면서 변화되는 하강변화율이 시간당 1 내지 5% 사이가될 경우, 상기 케이스(100)를 폐쇄하여 케이스(100) 내부를 건조시킬 수 있다.

더불어, 상기 케이스(100) 내부의 습도의 상승변화율과 하강변화율이 시간당 1 내지 5% 사이가될 경우에 케이스(100)의 개폐가 이루어지는 것은 일 실시 예일뿐, 사용자의 필요에 따라, 습도의 상승변화율과 하강변화율이 분당 1 내지 5% 사이가될 때 케이스(100)의 개폐가 이루어질 수 있는 것은 당연하다.

이러한, 공정을 통하여, 고추(10)를 건조하는 소비되는 에너지를 절감할 수 있고, 고추(10) 건조에 소요되는 건조시간을 최소화할 수 있다.

건조종료공정(S400)

상기 건조종료공정(S400)은, 상기 건조공정(S200)과 간헐환기공정(S300)에 의해 건조되는 상기 고추(10)의 건조상태를 무게를 통하여 확인하는 로드셀(150)과, 상기 로드셀(150)로부터 고추(10)의 건조상태 정보를 전송받아 상기 건조수단(120)의 동작이 정지되도록 하는 제어부(160)에 의해 고추(10)의 건조가 종료되도록 하는 공정이다.

이러한, 상기 건조종료공정(S400)에서는, 상기 로드셀(150)에 의해 측정되는 상기 고추(10)의 함수율이 14 내지 15%가 될 경우, 상기 로드셀(150)에 연결되는 송신기(152)를 통해 상기 고추(10) 건조 상태정보를 상기 제어부(160)에 송신할 수 있다.

즉, 상기 준비공정(S100)에서, 상기 고추(10)를 케이스(100) 내부에 적층 배치하기 전에 고추(10)의 함수율과 무게를 측정하게 되는데, 이때 고추(10)의 함수율이 100%가 될 수 있다.

이어서, 상기 고추(10)의 함수율이 100%인 상태에서 고추(10)의 건조를 시작하여 상기 고추(10)의 함수율이 14 내지 15%가 되는 고추(10)의 무게를 갖게되면 상기 로드셀(150)이 그 무게를 확인하여 로드셀(150)과 연결되는 송신기(152)에서 고추(10)의 무게정보를 제어부(160)로 송신하게 된다.

이어서, 상기 제어부(160)가 상기 건조수단(120)의 동작을 정시키시는 지령을 내리게 됨으로써, 건조수단(120)의 동작이 멈추게되고 고추(10)의 건조가 종료

되게 된다.

본 발명에 따른 고추 건조 방법은, 날씨와 기후 등의 환경조건과 무관하게 대량의 고추를 건조기를 통해 단시간에 건조하면서도, 최소한의 에너지가 소모되도록 하고, 고추의 최적의 건조효율을 이룰 수 있도록 하기 위한 것이다.

이렇게, 효율적인 건조를 통하여 건조된 고품질의 고추는 다양한 음식의 재료로 사용될 수 있게 된다.

이를 위해, 본 발명의 바람직한 실시 예로, 상기 건조공정(S200)은, 히터(122)와 블로워(124)로 이루어진 건조수단(120)을 통해 4 내지 6시간 동안 70 내지 80℃의 온풍을 상기 건조공간(110)에 배치된 고추(10)에 공급하여 고추(10)가 건조되도록 하는 초반건조공정(S210)을 포함할 수 있다.

그리고, 상기 건조공정(S200)은, 상기 초반건조공정(S210) 이후 고추(10)의 함수율이 14 내지 15%가 될 때까지 50 내지 70℃의 온풍을 상기 고추(10)에 공급하여 고추(10)가 건조되도록 하는 후반건조공정(S220)을 포함할 수 있다.

상기 후반건조공정(S220)은, 50 내지 70℃ 내의 온풍을 상기 고추(10)에 공급하되 시간의 흐름에 따라 점차 온풍의 온도를 낮추면서 상기 고추(10)에 온풍을 공급하는 세분화건조공정(S230)을 포함할 수 있다.

더불어, 상기 간헐환기공정(S300)은, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 80 내지 90%일때 상기 케이스(100) 내부의 공기를 환기하되, 상기 케이스(100) 내부

의 습도가 25 내지 45%가 될때까지 환기할 수 있다.

상기 간헐환기공정(S300)은, 상기 케이스(100)를 30초 내지 10분 동안 개방하여 상기 케이스(100)의 내부공기가 환기될 수 있다.

이하에서는 실시 예를 통하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

실시예

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 통해 본 발명의 구성 및 작용을 더욱 상세히 설명하기로 한다.

다만, 이는 본 발명의 바람직한 예시로 제시된 것이며, 어떠한 의미로도 이에의해 본 발명이 제한되는 것으로는 해석될 수 없다.

여기에 기재되지 않은 내용은 이 기술분야에서 숙련된 자이면 충분히 기술적으로 유추할 수 있는 것이므로 그 설명을 생략하기로 한다.

1. 고추의 건조

하기 표 1은 본 발명의 바람직한 실시예 1 ~ 5에 따라 고추(10)를 건조하고, 실시예 1 ~ 5 각각 케이스(100) 내부의 습도가 80 내지 90%가 될 때마다 환기하였으며, 각각 환기시간만 다르게 하여 환기시간에 따른 소요전력량, 건조소요시간, 케이스 내부의 습도를 측정하였다.

표 1에서 환기시간은 초(second) 단위이고, 소요전력량은 시간당 소모전력양인 ㎾h 이며, 건조소요시간은 hr(hour) 단위이고, 케이스 내부의 습도 % 단위이다.

【표 1】

구분	환기시간(초)	소모전력량(㎾h)	건조소요시간(hr)	습도(%)
실시예1	1200	25	28	20
실시예2	600	20	24	25
실시예3	60	10	18	30
실시예4	30	7	19	45
실시예5	10	5	25	60

상기 표 1을 참조하면, 상기 고추(10)의 건조시 환기시간이 1200(초) 일 경우, 고추(10)를 건조하는데 소모되는 소모전력량은 25(㎾h)이고, 고추(10)가 건조되는되 소요되는 건조소요시간은 28(hr)이었으며, 케이스(100) 내부의 습도(%)는 20이었다.

그리고, 환기시간이 작아질수록 소모전력량과 건조시간도 작아지고, 습도는 높아지다가, 환기시간이 10(초) 일 경우, 고추(10)를 건조하는데 소모되는 소모전력량은 5(㎾h)이고, 고추(10)가 건조되는되 소요되는 건조소요시간은 25(hr)이었으며, 케이스(100) 내부의 습도(%)는 60이었다.

즉, 환기시간이 너무 작아지면 소모전력량은 작아지는 대신에 습도가 케이스(100) 내부의 습도가 높아져 고추(10)를 건조하는데 소요되는 시간이 오히려 늘어나는 것을 알 수 있다.

결과적으로, 본원 발명에 따른 고추 건조 방법에서는 소모전력량이 합리적이면서도 건조시간의 효율을 최적화하기 위하여, 상기 고추(10)의 건조시 환기시간을 30 내지 600(초)로 하여, 소모전력량이 7 내지 20(㎾h)가 되고, 건조소요시간은 19 내지 24(hr)가 소요되며, 이때 케이스(100) 내부의 습도는 25 내지 45%가 되도록 하는 것이 바람직하다.

상기의 건조방법을 통하여, 본 발명에서는 최적의 에너지활용을 통하여 고추를 건조함으로써 고추를 건조하는데 소모되는 비용과 시간을 절감할 수 있는 경제적 효과를 얻을 수 있게 된다.

그리고, 고추의 불량이 발생되는 것을 최소화하면서도 다량의 고추를 건조함과 동시에 고추의 품질을 향상시킬 수 있는 기술적 효과를 얻을 수 있게 된다.

더불어, 날씨와 기후 및 환경에 상관없이 다량의 고추를 건조할 수 있기 때문에, 고추의 수요를 충족하면서 지속적으로 대량생산이 가능한 기술적 효과를 얻을 수 있게 된다.

이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

【부호의 설명】

S100 : 준비공정

S110 : 건조준비공정

S120 : 환기준비공정

S130 : 순환준비공정

S140 : 제어준비공정

S200 : 건조공정

S210 : 초반건조공정

S220 : 후반건조공정

S230 : 세분화건조공정

S300 : 간헐환기공정

S400 : 건조종료공정

10 : 고추

100 : 케이스

102 : 온도센서

104 : 습도센서

110 : 건조공간

120 : 건조수단

122 : 히터

124 : 블로워

130 : 격벽

140 : 순환통로

142 : 개폐밸브

150 : 로드셀

152 : 송신기

160 : 제어부

162 : 제어판

164 : 표시창

170 : 유입공

180 : 배출공

【특허청구범위】

【청구항 1】

박스형태의 케이스(100) 내부에 구비되는 건조공간(110)에 건조대상인 고추(10)가 적층 배치되도록 하는 준비공정(S100);

상기 준비공정(S100)이 완료된 상기 고추(10)에 건조수단(120)을 통해 온풍을 제공하는 건조공정(S200); 및

상기 건조공정(S200)이 진행되는 상태에서, 상기 케이스(100)의 외부에서 내부를 거쳐 케이스(100) 내부의 공기가 간헐적으로 외부로 배출되면서 환기되도록 하는 간헐환기공정(S300);을 포함하는 고추 건조 방법.

【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기 간헐환기공정(S300) 이후에는,

상기 건조공정(S200)과 간헐환기공정(S300)에 의해 건조되는 상기 고추(10)의 건조상태를 무게를 통하여 확인하는 로드셀(150)과, 상기 로드셀(150)로부터 고추(10)의 건조상태 정보를 전송받아 상기 건조수단(120)의 동작이 정지되도록 하는 제어부(160)에 의해 고추(10)의 건조가 종료되도록하는 건조종료공정(S400)을 포함하는 고추 건조 방법.

【청구항 3】

제 1항에 있어서,

상기 준비공정(S100)은,

상기 케이스(100)의 내부를 격벽(130)을 통해 상기 건조공간(110)이 형성된 부위와 건조수단(120)이 배치된 부위로 구획하고, 상기 격벽(130)의 상부와 하부에는 상기 건조수단(120)에서 발생되는 온풍이 상기 케이스(100)의 내부에서 순환되도록 하는 순환통로(140)를 형성하는 건조준비공정(S110)과,

상기 케이스(100)의 외부의 공기가 상기 건조수단(120)이 형성된 부위로 유입될 수 있도록 유입공(170)을 상기 케이스(100)에 천공하고, 상기 케이스(100) 내부의 온풍이 상기 건조공간(110)을 통해 외부로 배출될 수 있도록 배출공(180)을 상기 케이스(100)에 천공하는 환기준비공정(S120)과,

상기 격벽(130)의 상부와 하부에 각각 형성되는 순환통로(140)를 개폐하기 위한 개폐밸브(142)를 배치하는 순환준비공정(S130)과,

상기 케이스(100) 내부에 구비되는 온도센서(102)와, 습도센서(104)와 연결되어 상기 케이스(100)의 외부에서 내부의 상태를 제어할 수 있는 제어판(162)과, 상기 케이스(100)의 외부에서 내부의 상태를 확인할 수 있는 표시창(164)을 상기 제어부(160)와 연결하여 상기 제어부(160)를 통해 제어할 수 있도록 하는 제어준비공정(S140)을 포함하는 고추 건조 방법.

【청구항 4】

제 1항에 있어서,

상기 건조공정(S200)은,

히터(122)와 블로워(124)로 이루어진 건조수단(120)을 통해 4 내지 6시간 동안 70 내지 80℃의 온풍을 상기 건조공간(110)에 배치된 고추(10)에 공급하여 고추(10)가 건조되도록 하는 초반건조공정(S210)과,

상기 초반건조공정(S210) 이후 고추(10)의 함수율이 14 내지 15%가 될 때까지 50 내지 70℃의 온풍을 상기 고추(10)에 공급하여 고추(10)가 건조되도록 하는 후반건조공정(S220)을 포함하는 고추 건조 방법.

【청구항 5】

제 4항에 있어서,

상기 후반건조공정(S220)은,

50 내지 70℃ 내의 온풍을 상기 고추(10)에 공급하되 시간의 흐름에 따라 점차 온풍의 온도를 낮추면서 상기 고추(10)에 온풍을 공급하는 세분화건조공정(S230)을 포함하는 고추 건조 방법.

【청구항 6】

제 1항에 있어서,

상기 간헐환기공정(S300)은,

상기 케이스(100) 내부의 습도가 80 내지 90%일때 상기 케이스(100) 내부

의 공기를 환기하되, 상기 케이스(100) 내부의 습도가 25 내지 45%가 될때까지 환기하는 고추 건조 방법.

【청구항 7】

제 1항에 있어서,

상기 간헐환기공정(S300)은,

상기 케이스(100)를 30초 내지 10분 동안 개방하여 상기 케이스(100)의 내부공기가 환기되도록 하는 고추 건조 방법.

【청구항 8】

제 1항에 있어서,

상기 건조종료공정(S400)에서는,

상기 로드셀(150)에 의해 측정되는 상기 고추(10)의 함수율이 14 내지 15%가 될 경우, 상기 로드셀(150)에 연결되는 송신기(152)를 통해 상기 고추(10) 건조 상태정보를 상기 제어부(160)에 송신하는 고추 건조 방법.

【청구항 9】

제 1항에 있어서,

상기 간헐환기공정(S300)은,

상기 케이스(100) 내부의 습도변화에 따라 상기 케이스(100)를 개방하여 환

기하되, 상기 케이스(100) 내부 습도가 상승되면서 변화되는 상승변화율이 시간당 1 내지 5% 사이가 될 경우, 상기 케이스(100)를 개방하여 환기시켜 습도를 낮추는 것을 특징으로 하는 고추 건조 방법.

【청구항 10】

제 1항에 있어서,

상기 간헐환기공정(S300)은,

상기 케이스(100) 내부의 습도변화에 따라 상기 케이스(100)를 폐쇄하되, 상기 케이스(100) 내부 습도가 하강되면서 변화되는 하강변화율이 시간당 1 내지 5%사이가 될 경우, 상기 케이스(100)를 폐쇄하여 습도를 높이는 것을 특징으로 하는 고추 건조 방법.

【요약서】

【요약】

본 발명은 고추 건조 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 날씨와 기후 등의 환경조건과 무관하게 대량의 고추를 건조기를 통해 단시간에 건조하면서도, 최소한의 에너지가 소모되도록 하고, 고추의 최적의 건조효율을 이룰 수 있도록 하는 고추 건조 방법에 관한 것이다.

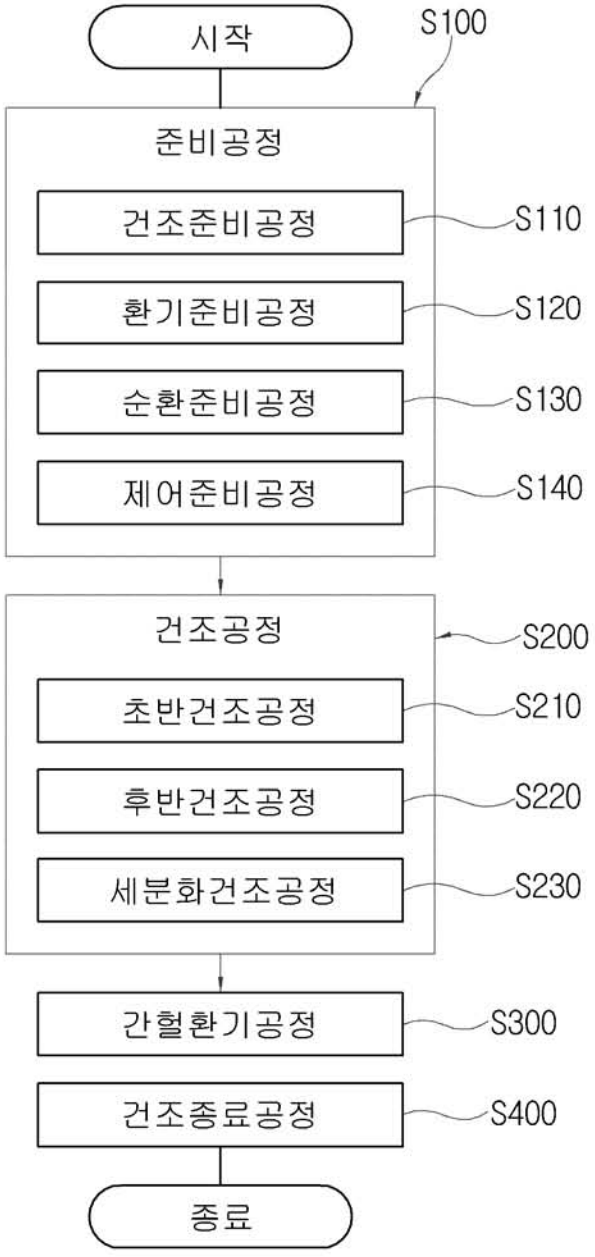
본 발명에 따른 고추 건조 방법은, 박스형태의 케이스(100) 내부에 구비되는 건조공간(110)에 건조대상인 고추(10)가 적층 배치되도록 하는 준비공정(S100); 상기 준비공정(S100)이 완료된 상기 고추(10)에 건조수단(120)을 통해 온풍을 제공하는 건조공정(S200); 상기 건조공정(S200)이 진행되는 상태에서, 상기 케이스(100)의 외부에서 내부를 거쳐 케이스(100) 내부의 공기가 간헐적으로 외부로 배출되면서 환기되도록 하는 간헐환기공정(S300); 및 상기 건조공정(S200)과 간헐환기공정(S300)에 의해 건조되는 상기 고추(10)의 건조상태를 무게를 통하여 확인하는 로드셀(150)과, 상기 로드셀(150)로부터 고추(10)의 건조상태 정보를 전송받아 상기 건조수단(120)의 동작이 정지되도록 하는 제어부(160)에 의해 고추(10)의 건조가 종료되도록하는 건조종료공정(S400);을 포함한다.

【대표도】

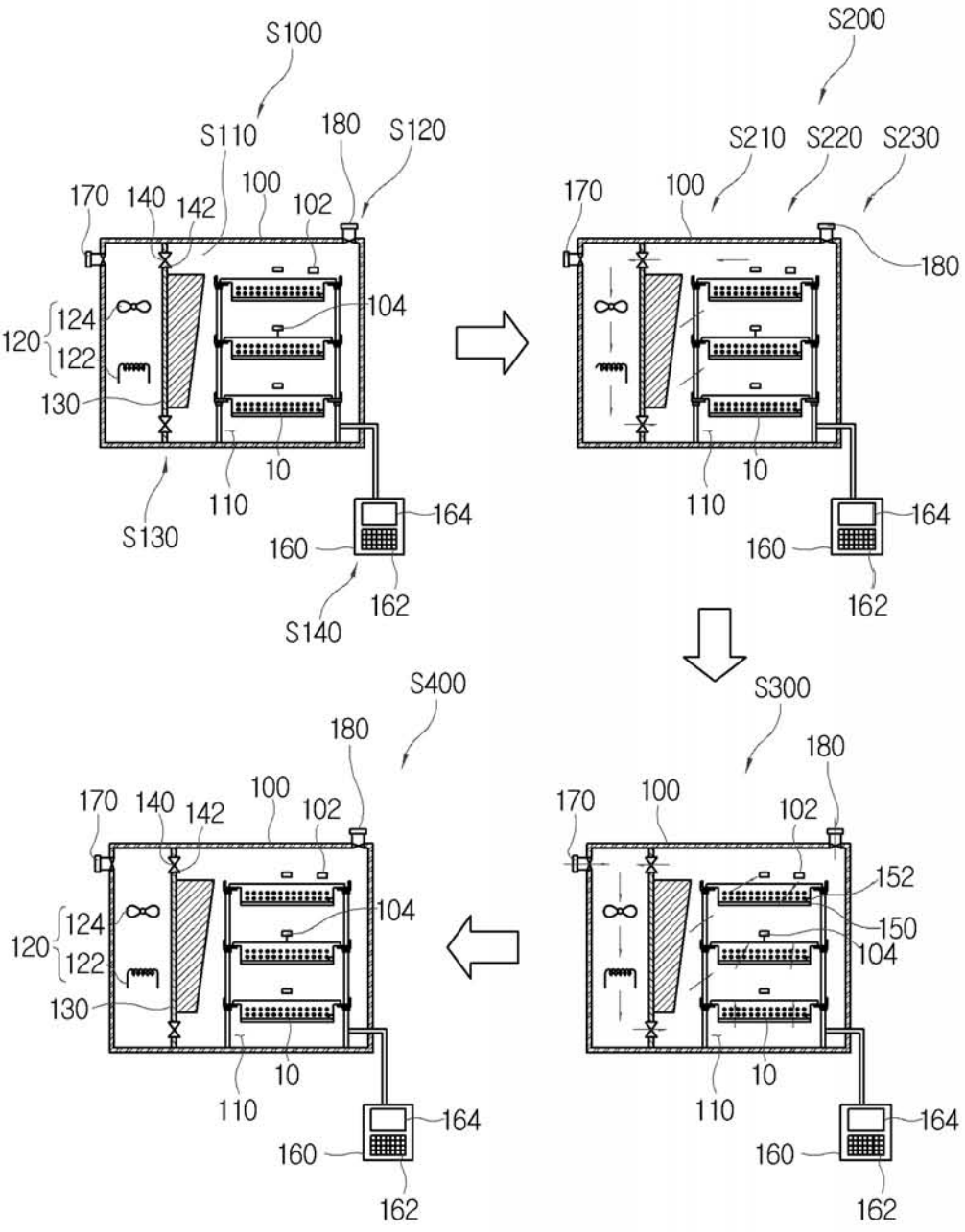
도 1

【도면】

【도 1】


시작
S100
준비공정
건조준비공정
S110
환기준비공정
S120
순환준비공정
S130
제어준비공정
S140
건조공정
S200
초반건조공정
S210
후반건조공정
S220
세분화건조공정
S230
간헐환기공정
S300
건조종료공정
S400
종료

【도 2】


S100
S110
180
S120
170
140
142
100
102
120
124
122
104
130
S130
110
10
164
160
162
S140
S200
S210
S220
S230
S300
152
150
S400

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.