

국산 밀 병행건조를 위한 순환식 횡류형 곡물건조기 온도별 건조속도 분석

신동관¹, 김훈², 한재웅^{3*}

¹공주대학교 농공학과, ²한국식품연구원 소비안전연구단, ³공주대학교 스마트팜공학과

Analysis of Drying Speed by Temperature in Circulating Cross-flow Grain Dryer for Parallel Drying of Domestic Wheat

Dong-Gwan Shin¹, Hoon Kim², Jae-Woong Han^{3*}

¹Department of Agricultural Engineering, Kongju National University

²Research Group of Consumer Safety, Korea Food Research Institute

³Department of SmartFarm Engineering, Kongju National University

요약 국내 밀 재배면적의 증가로 인하여 밀 생산량이 증가하고 있으나 밀의 수확 후 건조·저장시설의 연구가 미흡한 실정이다. 국내 건조·저장시설에 보급되어 있는 순환식 횡류형 건조기는 미곡 전용건조기로 이를 이용하여 밀을 건조할 경우 건조시간 증가, 건조효율 저하 등이 발생하며, 밀 전용건조기 개발은 밀 생산량에 대비하여 시간과 비용의 효율이 낮다. 따라서 기존건조기를 이용한 병행건조를 수행하는 것이 경제성과 효율성이 있다. 국내 건조·저장시설에 보급되어 있는 순환식 횡류형 건조기의 병행건조를 위하여 국산 밀 병행건조의 건조인자를 분석하였다. 산물상태의 국산 밀을 연구용으로 제작한 1Ton용량의 순환식 횡류형 건조기에 건조하였으며, 건조시물레이션을 이용하여 건조인자의 최적의 건조방법을 확인하여 건조온도를 조절하였다. 종합적인 특성을 고려하였을 때 건조온도 70℃, 유하속도 1,300kg/h 및 송풍량은 20m³/min이 병행조건으로 적절하며, 생산량이 증가하고 있는 국산 밀의 건조·저장 등 수확 후 관리시설의 적정 운영 및 건조장치 설계에 활용할 수 있다.

Abstract Domestic wheat cultivation is increasing, but research on drying and storage facilities after harvesting wheat is insufficient. The circulation-type cross-flow dryers that are distributed in domestic drying and storage facilities are rice-only dryers. When wheat is dried using them, drying time increases, drying efficiency decreases, and there is low cost efficiency. However, it would be economical and efficient to perform parallel drying using an existing dryer. Drying factors of parallel drying of domestic wheat were analyzed for the circulating cross-flow type dryers that are popular in domestic drying and storage facilities. Domestic wheat in the product state was dried in a circulating cross-flow dryer with a capacity of 1 ton, and the drying temperature was adjusted by confirming the optimal drying method and drying factors using a drying simulation. Considering the overall characteristics, a drying temperature of 70℃, a flow rate of 1,300 kg/h, and an airflow rate of 20 m³/min were appropriate for parallel conditions. The results could be used in the design of drying equipment.

Keywords : Cross-flow Dryer, Drying Temperature, Drying Characteristics, Storage, Wheat

본 연구는 농촌진흥청(PJ016023) 및 농림식품기술기획평가원(321039-4)연구지원사업 통해 수행되었음.

*Corresponding Author : Jae-Woong Han(Kongju National University)

email: hanwoong@kongju.ac.kr

Received July 28, 2023

Revised August 29, 2023

Accepted October 6, 2023

Published October 31, 2023

1. 서론

밀은 수확 후에도 살아있는 생명체로서 생명활동을 지속하며 호흡으로 인하여 성분이 변화되고, 수분 증가, 중량감소, 품질 저하 등 양적 및 질적으로 손실을 초래하기 때문에 곡물 내부에 수분을 감소시키는 건조과정이 필요하다[1]. 건조는 피 건조물의 형상, 수분함량, 특징에 따라 건조 방법이 다르며, 품질손상 없이 수분을 감소시키는 공정으로 저장성 향상, 가공성 향상 및 이동의 편리성 등을 위하여 수행되어야 하는 필수 공정이다[2]. 국내 밀 생산은 2020년 밀 산업 육성법이 제정되고 전략 직불제와 이모작 체계를 통하여 생산량이 증가하고 있으며, 국산 밀 재배면적은 2020년 5,224ha에서 2023년 11,600ha로 재배면적의 증가로 인하여 생산량도 증가할 것으로 예측된다. 그러나 국산 밀의 생산량 증가와 함께 국산 밀의 품질기준, 제분 및 가공과 같은 수확 후 처리 시설의 지속적인 연구가 필요하다[3,4]. 국산 밀 수확 시기는 5월 말부터 6월 중순까지로 국내 장마 시기 및 벼의 이앙시기와 중복되어 적기보다 빠른 수확으로 인하여 고수분의 밀의 수확되어 후속 공정에 불리한 조건을 가지고 있다[5]. 밀의 일반적인 가공 및 저장을 위한 목표 함수율은 12.0%, w.b. 이하로 건조하며, 건조 전 고수분의 곡물의 경우 호흡을 통한 곡온 상승으로 건물중량의 손실 및 곰팡이 및 해충이 번식하기 쉬운 환경이 조성되어 급격하게 품질이 저하된다[6]. 건조는 넓은 평지에 자연적으로 건조하는 자연건조와 에너지를 이용하는 기계 건조로 구분되나 국산 밀의 수확시기를 고려할 경우 외부 환경에 영향이 없는 기계 건조를 이용한다[7]. 국내 밀 건조는 농가에서 사용하는 10톤 미만의 순환식 횡류형 곡물 건조기를 이용하고 있으며, 건조·저장 시설에서는 처리용량 30톤 이상의 대형 건조기가 이용되고 있어 다양한 용량의 곡물 건조기가 이용되고 있다[8]. 순환식 횡류형 곡물 건조기는 열원에 의해 가열된 공기가 건조실을 통하여 피 건조물과 접촉하게 되면서, 열에너지가 전달되고 곡물 내 수분이 외부로 이동 및 증발되어 건조기 후면의 배습구로 배출하게 되는 구조이다. 그러나 국내에 보급 되어있는 건조기는 미곡 전용 건조기이며, 이를 이용하여 국산 밀을 건조할 경우 기존 건조물과 건조 인자가 상이하여 건조시간 증가에 따른 유통비 증가, 품질저하 및 건조속도 저하 등이 발생할 수 있다. 건조기의 건조조건을 확인하여 밀 전용 건조기 설계나 기존의 미곡 건조기를 이용한 병행조건에 대한 연구가 필요하며, 병행 건조에 관한 연구는 전무한 실정이다[9,10]. 그러나 현재

국내 밀 생산량을 고려할 경우 밀 전용 건조기에 대한 연구 및 개발은 어려운 실정이며, 기존 곡물 건조기를 이용한 벼 및 국산 밀에 병행 건조 조건을 구명하는 것이 곡물 건조기의 활용성 증대 및 국산 밀 건조기 보급에도 유용하다. 두 곡물을 병행으로 건조할 경우 기존 곡물 건조기의 외형 및 구조 변경 없이 곡물 건조 공정 중 건조온도, 유하속도, 송풍량의 변화를 이용한 건조조건 설정이 필요하다[11,12]. 따라서, 본 연구는 기존 순환식 횡류형 곡물 건조기를 이용하여 국산 밀 건조 병행 조건을 구명하기 위하여 건조조건 변화에 따른 건조속도를 측정하고 분석하기 위하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 실험에 사용한 시료는 2023년 6월 전라남도 영광에서 생산된 금강 밀 사용하였으며, 초기 함수율은 19.45%, w.b.~21.15%, w.b. 이었다. 수확한 밀의 포장열을 제거하기 위하여 건조기에 투입 후 외기를 이용한 통풍 모드를 작동시켜 외기를 1시간 동안 순환시켰다.

2.2 실험용 건조장치 구성

건조실험을 위하여 1톤 용량의 실험용 곡물 건조기(GDR 9VZ, satake, japan)를 이용하였으며, 건조온도 수동제어를 위하여 시간당 10L/h 분사 가능하며, 최소 45℃에서 최대 150℃이하까지 제어가 가능한 버너(LT-20H/L, Olympia industrial, Korea)를 이용하였다. 유하속도는 곡물 건조기에 장착되어 있는 모터에 인버터(LSLV0008G100, LS Corp, Korea)를 설치하여 최대 3,000kg/h 순환이 가능하며, 송풍량 조절은 곡물 건조기에 장착되어 있는 모터에 인버터(LSLV0008G100, LS Corp, Korea)를 설치하여 최대 50m³/min까지 조정이 가능하도록 하였다. 또한 풍속측정계(p5555, TSI, USA)를 이용하여 배습팬의 송풍량을 측정하였다. 기존 곡물 건조기를 이용하여 건조온도, 유하속도, 송풍량의 조절이 가능하도록 제작된 곡물 건조기는 Fig. 1과 같다 [13].

설계된 곡물 건조기의 온도 확인을 위하여 온도센서(T-type, OMEGA, USA)를 이용하였고 외기 1개 지점, 템퍼링실 1개 지점, 냉각실 1개 지점, 배습구 1개 지점 및 건조실의 균일한 온도분포를 확인하기 위하여 건조실



Fig. 1. Design grain dryer

6개 지점 총 10개 지점에 설치하였으며, 온도 수집장치 (MX-100, YOKOGAWA, Japan)에 연결하여 1분마다 기록하였다. 건조 습도 측정은 배습팬에 연통을 연결하여 지면과 수평으로 2미터 지점에 1개 및 외기 1개 지점에 $\varnothing 12\text{mm}$ 외부 온습도 프로브를 온·습도 측정장치 (176p1, Testo, Germany)를 설치하여 실시간으로 수집하였다. 온도센서 측정지점은 Fig. 2와 같다.

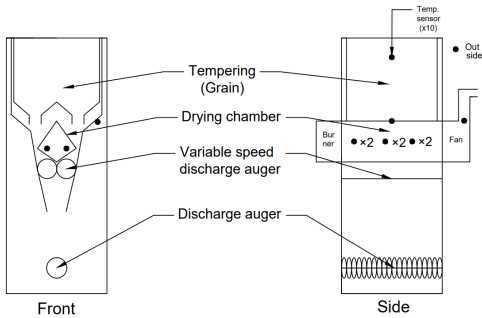


Fig. 2. Sensor measurement location

국산 밀 건조조건을 위하여 순환식 횡류형 밀 건조 시뮬레이션을 이용하여 건조온도, 유하속도, 송풍량의 조건을 도출하여 사용하였고 송풍량과 유하속도는 실험용 건조기의 최적 조건을 사용하였으며, 건조온도를 변화하여 실험하였다. 건조온도는 $50^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$, 유하속도는 $1,300\text{kg/h}$ 및 송풍량은 $20\text{m}^3/\text{min}$ 으로 설정하였으며, 실험조건은 Table 1과 같다[14].

Table 1. Drying test conditions

Drying Temp.	Grain flow rate (kg/hr)	Air flow rate (m^3/min)
50°C	1,300	20
60°C		
70°C		

2.3 건조속도

함수율측정을 위하여 건조 전 및 건조 후 1시간마다 시료를 채취하였으며, 채취한 시료는 단립수분계 (PQ-510, Kett, Japan)를 이용하여 함수율 경시적인 변화를 확인하였고 함수율 12.0% , w.b. 이하로 측정되면 건조를 종료하였다. 실험 종료 후 건조 중 채취한 시료의 함수율측정은 ASABE2016 (S352_2_R2012) $10\text{g}-130^{\circ}\text{C}-19$ 의 상압정온측정법을 이용하였으며, 3회 반복하여 평균값을 이용하였다. 초기함수율과 최종함수율이 실험조건마다 상이하여 건조시간에 따른 함수율 변화의 동일한 비교를 위하여 수분비율로 나타내었으며, Eq. 1 이용하여 함수율을 수분비율로 변환하여 비교하였다[15]

$$MR = \frac{M - M_E}{M_0 - M_E} \quad (1)$$

where, MR = Moisture Ratio (dec),

M = Initial moisture content (%w.b.),

M_0 = Final moisture content (%w.b.),

M_E = Equilibrium moisture content (%w.b.)

2.4 건조소요에너지

연료소비율은 곡물 내의 수분 1kg 을 제거하기 위해 필요한 에너지이며, 사용한 연료량을 측정하기 위하여 전자저울(DB-150, CAS, Korea)를 이용해 건조 전과 후의 연료량을 측정하였다. 초기의 곡물 무게와 함수율 간 증량환산식을 이용하여 열량으로 나타내었으며, 다음 Eq. 2를 이용하여 계산하였다[16,17].

$$E = \frac{B_e}{\Delta M} \quad (2)$$

where, E = Energy required (kj/kg-water),

B_e = Burner energy (kj),

ΔM = Moisture removal amount (kg),

3. 결과 및 고찰

3.1 건조기 온도분포

3.1.1 외기 온 · 습도 측정

건조실험 중 외기온도는 건조온도 50℃의 경우 온도 평균 18.4℃(15.8~35.2℃) 및 습도평균 75.6%(34.9~81.6%), 건조온도 60℃의 경우 온도평균 24.3℃(17.9~37.9℃) 및 습도평균 56.4%(33.8~80.3%), 건조온도 70℃의 경우 온도평균 19.2℃(16.5~25.3℃) 및 습도평균 80.9%(74.5~84.2%)였다.

3.1.2 건조온도 측정

설정한 건조온도마다 도달하는 시간은 상이하였으나 모든 건조조건에서 10분 이내로 도달하였다. Fig. 3은 건조실 온도분포를 나타낸 것이며, 건조온도 50℃(45.4~55℃), 건조온도 60℃(56~64.5℃) 및 건조온도 70℃(66.8~74℃) 설정온도의 ±5도 내외를 유지하였으며, 본 실험에서는 5℃ 내외로 온도변화폭이 적어 설정한 건조온도 잘 유지되었다[15].

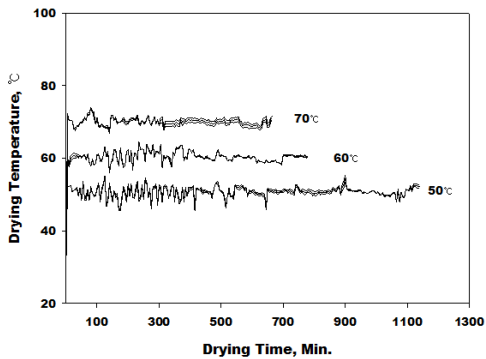


Fig. 3. Temperature distribution in the drying room

3.1.3 배습팬 토출구의 온습도 측정

건조 중 곡물에서 증발된 수분이 배출되는 배습팬 토출구의 온습도 분포는 Fig. 4와 같으며, 건조 시작 후 습도는 건조온도 50℃에서 74.9%, 건조온도 60℃에서 66.6% 및 건조온도 70℃에서 80.3%에서 건조 중 습도는 계속적으로 감소하여 목표함수율 도달 후 습도는 건조온도 50℃에서 35.0%, 건조온도 60℃ 34.4%에서 건조온도 70℃에서 31.9%로 감소하였다. 건조 중 습도는 감소하였으며, 온도는 계속적으로 상승하였으나 건조온

도보다는 낮게 나타났고 모든 건조조건에서 동일한 경향을 나타내었다[18].

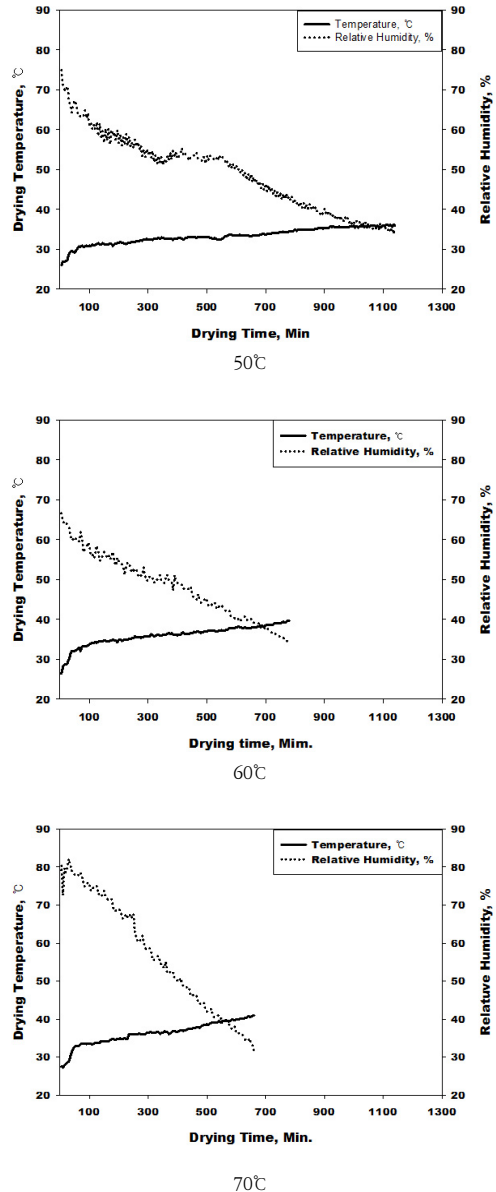


Fig. 4. Exhaust temperature and humidity

3.2 건조속도

Fig. 5는 건조과정 중 함수율 변화를 나타낸 것으로 건조가 진행될수록 함수율은 점차 감소하였다. 건조온도가 높을수록 건조속도가 빨랐으며, 70℃의 건조속도가 가장 빠른 것으로 나타났다.

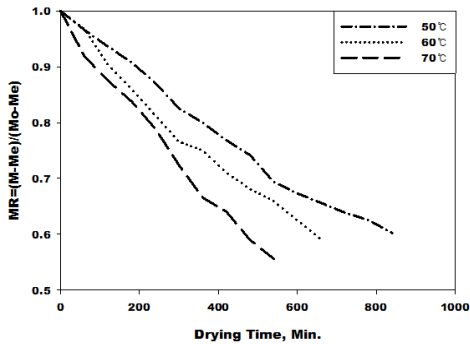


Fig. 5. Moisture rate

Table 2는 건조시간에 따른 건감률을 나타낸 표이다. 50°C에서 함수율 19.5%, w.b.에서 11.7%, w.b.까지 건조시간은 840분으로 건감률은 0.51%, w.b./h 나타났으며, 60°C에서 함수율 19.4%, w.b.에서 11.5%, w.b.까지 건조시간은 660분으로 0.66%, w.b./h 나타났고 70°C에서 함수율 21.1%, w.b.에서 11.8%, w.b.까지 건조시간은 540분으로 건감률은 0.94%, w.b./h로 나타났다. 횡류형 밀 건조시물레이션을 이용한 밀의 건조속도에서 건조속도는 약 0.5%, w.b./h로 보고되었으나 본 실험에서는 건조속도가 비슷하거나 빠르게 나타났다.

Table 2. Drying rate by drying time

Drying Temp.	Initial moisture content (%w.b.)	Final moisture content (%w.b.)	Drying time (min)	Drying rate (%w.b./h)
50°C	19.5	11.7	840	0.51
60°C	19.4	11.5	660	0.66
70°C	21.1	11.8	540	0.94

3.3 건조소요에너지

Table 3는 건조소요에너지를 나타내었으며, 본 실험에서 밀을 건조하기 위한 평균 소요에너지는 9,119 kJ/kg-water로 나타났다. 건조온도 50°C는 함수율 12.0% 이하까지 건조하기 위하여 약 36L의 등유를 소비하였으며, 수분 1kg을 제거하는데 12,331 kJ/kg-water의 열량이 소비되었다. 건조온도 60°C는 약 25L의 등유를 소비하였으며, 물 1kg을 제거하는데 8,398 kJ/kg-water의 열량이 소비되었다. 건조온도 70°C는 약 22L의 등유를 소비하였으며, 물 1kg을 제거하는데 6,629 kJ/kg-water의 열량이 소비되었다. 시간당 수분감소량

을 보면 건조온도 50°C에서 7.7kg, 건조온도 60°C에서 10.0kg 및 건조온도 70°C에서 14.0kg로 나타났으며, 건조온도가 높을수록 건조시간이 짧아 필요한 소요에너지가 줄어들었다.

Table 3. Energy required for drying

Drying Temp.	Fuel consumption (l)	Dry moisture content (kg)	Water removal rate (kg/h)	Energy required (kJ/kg-water)
50°C	36.4	108.8	7.7	12,331
60°C	25.1	110.4	10.0	8,398
70°C	22.6	125.8	14.0	6,629

4. 결론

본 연구는 순환식 횡류형 건조기를 이용하여 국산 밀 건조의 건조속도를 알아보고 건조시설에서 국산 밀 병행 건조를 위한 기초자료 사용하기 위하여 수행되었다.

1. 실험의 조건은 건조온도 3개 수준(50, 60, 70°C), 송풍량 20m³/min 및 유하속도 1,300kg/h에서 수행하였다. 건조실 설정온도에서 온도 차이는 5도 내외로 유지되었다.
2. 건조속도는 50°C에서 건조시간은 14시간 및 건조속도 0.52%, w.b./h로 나타났으며, 60°C에서 건조시간은 11시간 및 건조속도 0.67%, w.b./h로 나타났고 70°C에서 건조시간은 9시간 및 건조속도 0.93%, w.b./h로 나타났다.
3. 건조소요에너지는 건조온도 50°C에서 12,331 kJ/kg-water, 건조온도 60°C에서 8,398 kJ/kg-water 및 건조온도 70°C 6,629 kJ/kg-water으로 나타나 건조온도가 높을수록 건조시간이 단축되어 소요에너지가 감소하는 것으로 나타났다.
4. 건조온도에 따른 건조속도 실험결과 건조속도 및 건조소요에너지를 고려할 경우 건조온도가 높을수록 건조속도가 빠르게 나타났으며, 건조소요에너지가 적게 소비되었으나 건조조건에 따른 건조 품질분석을 고려하여 적절한 국산 밀 건조조건을 결정이 필요한 것으로 판단된다.

References

- [1] D.G.Shin, H.Kim, J.W.Han, Development of Germination Rate Prediction Model for Each Drying Condition for Drying Domestic Wheat, Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol.23, No.10, pp.78 - 84, 2022, DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.10.78>
- [2] H.Kim, H.J.Lee, J.W.Han, Airflow Characteristics of Natural Air Drying for Rough Rice, The Korean Journal of Community Living Science, Vol.24 No.3, pp.391 - 397, 2013, <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=ATN0026923282>
- [3] B.R.Kim. Domestic wheat cultivation area increased by 40.5% year-on-year in 2023[Internet]. Ministry of agriculture, Food and Rural affairs, [cited 2023 Jun 29] Available From: <https://www.mafra.go.kr/home5109/subview.do?enc=Zm5jdDF8QEB8JTjGymJzTjGAG9tZSUyRic5MiUyRjU2NiY5MSUyRmFydGNsVmllldy5kbyUzRg%3D%3D>, (accessed July. 26. 2023)
- [4] S.M.Lee. Results of 2023 Area Survey for Mackerel, Spring Potatoes, Apple, and Pear, Statistics, 2023 [Internet]. department of statistics [cited 2023 Jun 29]. Available From: https://kostat.go.kr/board.es?mid=a10301080800&bid=229&act=view&list_no=426050, (accessed July. 26. 2023)
- [5] Y.B.Kim, J.Yang, S.T.Yoon, Wheat-Rice Double Cropping System in Rice Fields of the Cheonan Area for the Production of Domestic Wheat, Korean Journal of Crop Science, Vol.64, No.3, pp.234-245, 2019, DOI: <https://doi.org/10.7740/kjcs.2019.64.3.234>
- [6] C.S.Park, Establishment of quality control and post-harvest management system in Korean wheat production, Research report, Chonbuk National University, Korea, pp 1-29, DOI: <https://doi.org/10.23000/TRKO201400011314>
- [7] Y.H.Kim, Y.K.Cho, K.H.Cho, D.H.Keum, C.S.Han, J.K.Han, Development of Continuous Grain Dryer, Korea Society for Agricultural Machinery, Vol.5, No.1, pp.338 - 344, 2000, <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=NPAP07964728>
- [8] O.W.Kim, J.H.Ahn, H.Kim, Post-Harvest Technology for Competitiveness of Rice Industry, Food Industry and Nutrition, Vol.21, No.2, pp 1-7, 2016, <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO201610364969841>
- [9] J.B.Park, Development of continuous large scale grain dryer, Research report, Korea Food Research Institute, Korea, pp 11, <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO200200056425>
- [10] J.R.Kim, Y.M.Kim, S.Y.Kim, K.H.Lee, O.J.Kim, Study on Design and Manufacturing Technology of Heat Pump Dryer, The Institute of Electronics and Information Engineering, Vol.2010, No.11, pp 324-328, 2010, <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE01551413>
- [11] W.W.Bong, J.Y.Lee, K.W.Ko, Y.C.Kweon, Development of Control System to Improve Dry Performance of Agricultural Dryer, The Institute of Electronics and Information Engineering, Vol.2016 No.6, pp 1195-1196, 2016, <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE06724650>
- [12] J.W.Han, D.H.Keum, H.Kim, S.J.Hoog, Development of a Rice Circulating Concurrent-flow Dryer(II) - Validation of Drying Simulation Model, Journal of Biosystems Engineering, Vol.32 No.5, pp 309-315, 2007, DOI: <https://doi.org/10.5307/JBE.2007.32.5.309>
- [13] S.J.Park, Y.L. Lee, Optimal Flow Design of High-Efficiency, Cold-Flow, and Large-size Heat Pump Dryer, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol.20, No.5, pp 547-552, 2011, <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE01702222>
- [14] H.Kim, J.W.Han, Low Temperature Drying Simulation of Rough Rice, Journal of Biosystems Engineering, Vol.34, No.5, pp 351-357, 2009, DOI: <https://doi.org/10.5307/JBE.2009.34.5.351>
- [15] Y.H.Kim, Y.K.Cho, K.W.Cho, S.H.Lee, Y.M.Kim, C.S.Han, H.P.Lee, Study on the Characteristics of Far Infrared Ray Drying for Rough Rice(I), Korea Society for Agricultural Machinery, Vol, No, pp 355-361, 2002, <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=NPAP08059149>
- [16] Y.H.Kim, Y.K.Cho, K.W.Cho, S.H.Lee, Y.M.Kim, C.S.Han, D.H.Keum, J.K.Han, Study on the Characteristics of Far Infrared Ray Drying for Rough Rice(III) - Performance test of far infrared ray dryer, Korea Society for Agricultural Machinery, pp 213-219, 2003, <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=NPAP08059350>
- [17] M. A. Billiris, T. J. Siebenmorgen, Energy Use and Efficiency of Rice-Drying Systems II. Commercial, Cross-Flow Dryer Measurements, American Society of Agricultural and Biological Engineers. vol30, No2, pp 217-226 <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=44379>
- [18] J.W.Han, D.H.Keum, J.G.Han, H.Kim, S.J.Hong, Development of a Rice Circulating Concurrent-flow Dryer (I) - Performance Test of Pilot Scale Dryer, Journal of Biosystems Engineering, Vol.31 No.4 = No.117, pp349-354, 2006, DOI: <https://doi.org/10.5307/JBE.2006.31.4.349>
- [19] O.W.Kim, H.Kim, W.Kim, H.J.Lee, J.W.Han, Agricultural Process and Food Engineering Simulation of Wheat Circulating Cross-flow Dryer, Journal of Biocystems Engineering, Vol.40 No.3, pp 232-237, 2015, DOI: <https://doi.org/10.5307/JBE.2015.40.3.232>

신 동 관(Dong-Gwan Shin)

[준회원]



- 2022년 2월 : 공주대학교 생물산업공학부 기계공학전공 (공학사)
- 2022년 2월 ~ 현재 : 공주대학교 농공학과 (대학원생)

<관심분야>

바이오 공정공학

김 훈(Hoon Kim)

[정회원]



- 1998년 2월 : 성균관대학교 농업기계공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과 (공학박사)
- 2000년 4월 ~ 2003년 3월 : 성균관대학교 전임연구원
- 2010년 4월 ~ 현재 : 한국식품연구원 책임연구원

<관심분야>

식품 및 농산가공

한 재 응(Jae-Woong Han)

[정회원]



- 2003년 2월 : 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과 (공학박사)
- 2007년 9월 ~ 2010년 2월 : 성균관대학교 연구조교수
- 2010년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 스마트팜공학과 교수

<관심분야>

바이오공정공학, 바이오에너지