

사업구분 : 기관고유(기관프로젝트)	Code 구분 : LS0201	벼(전반기)
연구과제 및 세부과제명	연구기간	연구책임자 및 참여연구원(☎)
경기쌀의 세계 명품화를 위한 품질 향상 연구	'04~'08	경기도원 작물연구과 김희동(229-5760)
벼 원적외선 건조가 쌀품질에 미치는 영향 구명	'06	경기도원 작물연구과 한상욱(229-5767)
색인용어	건조, 원적외선, 품질	

ABSTRACT

This study was carried out to examine the quality of rice dried by far-infrared ray(FIR) dryer at the range of 40~60°C and to investigate appropriate drying temperature for the good quality rice production. Head rice percent of brown and milled rices decreased as drying temperature increased and significant decrease was found at 55°C and 60°C drying temperature. Whereas occurrence of fissured brown rice and cracked milled rice was significantly affected by drying temperature of both FIR drying and heated air drying. Fissured brown rice significantly increased from 55°C drying and cracked milled rice from 50°C drying.

Whiteness of milled rice was not different up to 50°C drying but significant decrease was found at the FIR drying temperature of 55°C and 60°C.

Toyo taste value and eating quality of rice dried by FIR showed a tendency to decrease at drying temperature of 55°C and 60°C but no significant difference was found among drying temperature treatments.

Quality of rice dried by heated-air dryer at the same temperature range showed similar results compared to those of FIR drying but FIR drying seemed to be better compared to the heated-air drying for maintaining rice quality. Head rice percent at 50°C drying with FIR was 89.6% and cracked rice was 9.6% compared with 84.3% and 12.8% with heated-air drying, respectively. Considering effects of drying temperature on head rice percent, occurrence of fissured and cracked rice and palatability, appropriate drying temperature for FIR dryer was below 45~50°C.

Key words : Far-infrared ray dryer, Rice quality, Drying temperature

1. 연구목표

쌀의 품질은 품종, 재배환경, 재배방법 뿐만 아니라 건조, 저장, 도정방법 등의 수확 후 관리기술에 의해서도 영향을 많이 받는데(이 등, 1990; 전 등, 1991) 특히 벼 건조는 도정 수율과 미질에 크게 영향을 미친다. 농가에서 사용하고 있는 벼 건조방법으로는 천일건조, 개량곳간을 이용하는 상온통풍 저장건조, 국내에 가장 많이 보급되어 있는 순환식 곡물 건조기를 이용하는 열풍건조 등이 있으며 최근에는 고품질 쌀 생산관련 원적외선 건조기가 보급되고 있다.

열풍 순환식 곡물건조는 곡물이 순환되면서 열풍공급과 템퍼링과정을 반복하면서 건조가 이루어지는 대류열전달 방식으로 건조시간이 길고 건조 중 고온의 열풍에 장시간 노출되므로 품질이 저하될 수 있다. 이에 반해 원적외선건조는 복사열전달 방식으로 0.56~1,000 μm 의 원적외선 에너지를 농산물에 조사시키면 열이 침투하게 되고 동시에 농산물의 내부온도가 상승함에 따라 활발한 분자운동을 하면서 수분을 표면으로 이동시키기 때문에 열풍건조방법에 비해 열전달효율이 높고, 농산물을 보다 균일하게 건조가 가능한 것으로 보고되어 있다(김 등, 2002; 김 등 2003; 박승제, 2000; 김 등, 1996; 이 등, 1996).

이러한 원적외선 건조의 장점을 이용하여 곡물의 건조비용 절감과 건조곡물의 품질고급화를 위하여 원적외선·열풍 복합열 건조기가 개발되었고(조 등, 2003), 2006년 현재 경기도내에 1,000여대가 보급되어 있으며 앞으로도 증가될 것으로 전망되고 있다.

벼 건조는 사용목적에 따라 건조온도를 달리 하여야 하며 종자의 경우에는 발아율을 감안하여 40 $^{\circ}\text{C}$ 이하, 일반소비용의 경우에는 50 $^{\circ}\text{C}$ 이하가 권장되고 있으며 50 $^{\circ}\text{C}$ 를 넘으면 동할미가 증가하게 되고, 미립의 물리적 및 화학적 특성이 변하여 식미가 나빠지게 된다(전 등, 1991; 손 등 1988; 농진청작물과학원, 2005).

따라서 본 연구는 원적외선 건조기를 이용한 벼 건조가 열풍건조기에 대하여 건조온도에 따라 미질에 미치는 영향을 구명하고 적정 건조온도를 설정코자 본 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

벼 원적외선 건조기 이용이 쌀 품질에 미치는 영향과 적정 건조온도 설정을 위하여 경기도 이천쌀연구회 가공센터 건조기를 이용하였고, 시험품종은 경기도 벼 재배면적의 75% 이상을 차지하고 있는 추청벼를 이용하였다. 원료곡 생산은 경기도 이천시 백사면에서 규모가 3ha 이상이고 벼 재배 필지가 균일한 농가를 선정하여 이앙기는 5월 23일~24일, 시비관리는 질소, 인산, 칼리 비료를 표준시비량인 10a당 성분량으로 9.0-4.5-5.7kg 수준으로 시용하였다. 기타 재배관리방법은 경기도농업기술원 표준재배법에 준하였으며 벼 수확은 출수후 적산온도 1,100도에 도달되었을 때를 기준으로 하였고 이때의 벼 수분함량은 23%~25% 수준이었다.

수확된 원료곡은 수확직후 곧바로 가공센터로 운반되어 원적외선건조기(NCD-38FX, 신흥)와 순환식열풍건조기(NCD-38AX, 신흥)를 이용하여 건조온도를 40, 45, 50, 55, 60℃ 등 5수준으로 건조하였고 최종 건조수분은 15.5%가 되도록 하였다.

외관품위는 건조된 정조를 임펠라식 현미기(Satake, Japan)를 이용하여 제현한 현미와 시험용 정미기 MC-90A(Toyo Japan)로 도정감율 8.5%로 도정한 백미에 대하여 Cervitec1625 Grain Inspector(Foss, Sweden)를 이용하여 측정하였고, 수분함량은 단립수분측정기 PQ-510(Kett, Japan), 백도는 C-300(Kett, Japan), 쌀의 성분분석은 Infratec1241 Grain Analyzer(Foss, Sweden)를 이용하여 측정하였다. 기계적 식미치는 백미 33g의 시료를 3반복 채취하여 80℃의 더운물에 10분간 취반한 후 미도메타 MA-30A(Toyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 관능평가는 최(1998)의 「양질쌀의 식미검정 방법」에 준하여 밥모양(색깔 및 윤기), 밥냄새(구수한 정도), 밥맛, 찰기, 질감 및 밥맛 총평의 각 항목별로 45℃에서 건조한 표준시료와 비교하여 같은 수준이면 0, 나쁜 쪽으로 3단계(-1~-3), 좋은 쪽으로 3단계(+1~+3) 등 모두 7단계로 구분하여 상대적 평가를 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 건조방법별 건조온도에 따른 외관품위

제현율 및 외관품위 조사결과는 표 1과 같다. 건조온도에 따른 제현율은 원적외선 건조와 열풍건조 모두에서 건조온도 40℃에 비해 다른 건조온도 모든 처리에서 유의한 감소를 보였고 45℃, 50℃, 55℃ 건조온도 간에는 차이를 보이지 않았으나 60℃ 건조온도에서는 유의한 감소가 나타났다. 원적외선 건조에서 현미와 백미 완전미율은 40℃, 45℃, 50℃ 처리에서는 차이가 없었으나 55℃와 60℃ 처리에서는 유의한 감소가 나타났고, 반대로 현미 동할립율은 건조온도 55℃와 60℃ 처리에서 유의한 증가가 나타났다. 또한 백미 쉼미율은 건조온도 40℃와 45℃에서는 변화를 보이지 않았으나 건조온도 50℃부터 건조온도가 높아짐에 따라 유의하게 증가하는 경향을 보였고 60℃의 건조온도에서는 22.5%의 쉼미율 발생을 보여 고온 건조에 따른 완전미율의 감소가 동할립 및 쉼미의 증가에 기인한 것으로 생각되었다.

열풍건조에서도 원적외선 건조에서와 같이 건조온도에 따라 외관품위 변화는 유사한 경향을 나타내었으나, 백미 완전미율이 50℃ 처리에서 부터 유의한 감소를 보였고 이때의 완전미율이 84.3%로 원적외선 건조시의 89.6%에 비해 감소 폭이 크게 나타났다. 또한 백미 쉼미율도 건조온도가 높아짐에 따라 현저히 증가되어 55℃와 60℃ 처리에서 쉼미율이 각각 13.4%, 29.4%로 원적외선 건조에 비해 2.1~6.9% 높게 나타났다. 따라서 원적외선 건조방법이 완전미 생산에 유리할 것으로 생각되었고 이와 같은 결과는 손 등(1988)의 순환식

열풍건조기를 이용한 건조온도별 미질특성 연구에서도 건조온도가 높아짐에 따라 완전미율이 감소하고 동할립이 증가하는 결과와 같은 경향이였다. 그러나 건조온도가 낮을 경우에는 쌀 품질에 미치는 영향은 적으나 건조시간이 길어져 벼 수확이 집중되는 수확기에 건조기의 이용효율이 저하될 뿐만 아니라 연료소요량이 많아지는 단점이 있다(손 등, 1988).

표 1. 건조방법별 건조온도에 따른 제현율 및 외관품질

건조방법	건조온도 (°C)	제현율 (%)	완전미율(%)		동할립율(%) (현미)	쇄미율(%) (백미)	백 도
			현미	백미			
원적외선건조	40	84.3	77.2	90.2	7.5	7.4	37.0
	45	83.9	76.2	92.0	6.8	6.9	38.9
	50	83.8	77.0	89.6	7.9	9.6	38.9
	55	83.8	73.1	87.8	13.7	11.3	36.6
	60	83.4	68.1	76.6	13.8	22.5	36.5
	LSD(0.05)	0.29	3.09	1.76	1.67	1.44	0.14
열풍건조	40	84.3	77.0	90.3	7.8	6.7	37.1
	45	83.7	78.3	90.8	8.5	8.5	37.7
	50	83.6	74.5	84.3	9.9	12.8	36.4
	55	83.7	72.4	82.5	12.2	13.4	37.2
	60	82.7	64.5	68.5	15.4	29.4	36.9
	LSD(0.05)	0.45	2.57	3.28	1.48	3.03	0.14

※ 초기 함수율 23~25% → 15.5%로 건조

쌀의 백도는 원적외선 건조 36.5~38.9, 열풍건조 36.4~37.7 범위로 건조방법에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나 원적외선 건조에서는 55°C와 60°C처리에서 열풍건조에서는 50°C와 60°C처리에서 나타난 바와 같이 비교적 높은 건조온도에서 낮은 경향을 나타내었다.

나. 건조방법별 건조온도에 따른 백미의 단백질함량 및 식미

건조방법 및 건조온도에 따른 백미의 단백질함량과 식미치에 대한 조사결과는 표 2와 같다. 쌀 단백질함량은 6.1~6.2%로 건조방법이나 건조온도에 따른 영향을 받지 않았음을 알 수 있었다.

기계적 식미치와 관능평가에 의한 밥맛 결과는 건조온도별 통계적 유의성은 없었으나 원적외선 건조 55℃, 열풍건조는 50℃부터 감소하는 경향을 보였다. 김 등(1996)은 원적외선 건조기를 이용한 구기자, 고추, 표고버섯 건조에서 건조물의 선택, 건조 소요시간, 소요 에너지 등을 고려했을 때 열풍건조 보다 우수한 결과를 얻었고, 적절한 건조온도는 구기자와 고추는 65℃, 표고버섯은 55℃로 나타났다고 보고하였다. 벼를 대상으로 건조온도 32.7℃~42.5℃ 범위에서 원적외선 건조와 열풍건조를 비교한 김 등(2003)의 연구에서 쌀의 백도, 쌀가루의 아밀로그램 특성 등은 건조방법에 따라 뚜렷한 차이가 없었으나, 밥의 관능평가 결과 원적외선 건조기로 건조한 쌀에 대한 선호도가 높았다고 하였다(조 등, 2003)

표 2. 건조방법별 건조온도에 따른 백미의 단백질함량 및 식미

건조방법	건조온도(℃)	단백질함량(%)	식미치	밥 맛
원적외선건조	40	6.2	81.6	0
	45	6.2	80.3	0
	50	6.1	80.4	0
	55	6.2	79.7	-0.4
	60	6.1	79.5	-0.6
LSD(0.05)		ns	ns	ns
열풍건조	40	6.1	81.3	0
	45	6.2	80.5	0
	50	6.1	80.9	-0.2
	55	6.2	78.1	-0.4
	60	6.1	77.9	-0.6
LSD(0.05)		ns	ns	ns

※ 초기 함수율 23~25% → 15.5%로 건조

원적외선 건조기를 이용한 벼 건조시 완전미율, 동할립율, 썩미율, 제현율 등에서 나타난 결과를 종합해 볼 때 일반적으로 50℃이상의 건조온도에서 통계적으로 유의한 영향을 미친 것으로 나타나 쌀 품질유지를 위한 적절한 건조온도는 45℃~50℃로 판단되었고, 원적외선 건조기의 장점인 균일건조에 따른 쌀의 물리적 특성과 밥맛 등에 미치는 영향에 대해서는 추후 연구가 보완되어야 할 것으로 생각된다.

4. 적 요

고품질 쌀 생산을 위하여 사용이 증가되고 있는 벼 원적외선 건조기에 대하여 건조온도에 따른 품질변화를 평가함으로써 적정 건조온도를 설정하기 위해 수행한 결과는 다음과 같다.

- 가. 원적외선 건조시 현미 및 백미 완전미율은 건조온도가 높아짐에 따라 감소하는 경향이었고 55℃, 60℃처리에서 유의한 감소가 나타났다.
- 나. 현미 동할립율 및 백미 썬미율은 원적외선 건조와 열풍건조 모두에서 건조온도 증가에 따라 영향을 크게 받았으며 현미 동할립율은 55℃, 백미 썬미율은 50℃처리 온도부터 유의한 증가를 보였다.
- 다. 쌀의 백도는 원적외선 건조시 55℃이상의 건조온도에서 감소하는 경향을 보였다.
- 라. 식미치와 밥맛은 55℃와 60℃건조온도에서 낮아지는 경향을 보였으나 통계적인 유의성은 없었다.
- 마. 원적외선 건조는 열풍건조와 비교해 볼 때 건조온도에 따라 유사한 경향을 보였으나 50℃ 건조시 백미 완전미율 89.6%, 썬미율 9.6%로 열풍건조시의 완전미율 84.3% 보다 높고 썬미율 12.8% 보다 낮아 완전미 생산에 유리할 것으로 생각되었다.
- 바. 건조온도에 따른 품질변화를 고려할 때 원적외선 건조시의 적정건조온도는 45℃~50℃이하가 적절한 것으로 판단되었다.

5. 인용문헌

- 최해춘. 1998. 양질쌀의 식미검정방법. 식미 검정기기와 관능검정방법으로 평가. 연구와 지도 39(2):20-22.
- 전우방, 명을재, 이은웅, 권용웅. 1991. 벼의 건조온도가 미질과 식미에 미치는 영향. 한국작물학회지 36(4):345-350.
- 조영길, 한충수, 금동혁, 김유호. 2003. 원적외선·열풍 복합이용형 고품질 곡물건조 시스템 개발. 농진청 농업기계화연구소 공동연구사업 보고서 pp.236.
- 김유호, 조광환, 오성근, 조영길, 한충수. 1996. 원적외선 농산물건조기 연구 개발. 농업논문집 38(2):806-811.
- 김유호, 조영길, 조광환, 이선호, 김영민, 한충수, 이호필. 2002. 벼의 원적외선 건조특성에 관한 연구 (I) 한국식품저장유통학회지. 2002년 제20차 춘계학술발표회 pp.118-119.
- 김유호, 조영길, 조광환, 이선호, 김영민, 한충수, 금동혁, 한종규. 2003. 원적외선 곡물건조기 개발. 한국식품저장유통학회지. 2003년 제22차 춘계학술발표회 pp.173-174.
- 이귀현. 1996. 원적외선 및 열풍건조에 의한 치커리 뿌리의 건조 특성. 한국농업기계학회.

- 1996년 학술발표대회 논문집 pp.90-95.
- 이호진, 서종호, 이은웅. 1990. 벼 품종의 콤바인 수확과 건조방법에 따른 미립질의 변화. 한국작물학회지 35(3):282-286.
- 농진청작물과학원. 2005. 우리 쌀 고품질화 핵심기술 pp.41-54.
- 박승제. 2000. 열풍과 원적외선 겸용 연속식 백삼 건조기의 개발. 한국농업기계학회지. 25(2):115-122.
- 손종록, 이병영, 김영배, 윤인화. 1988. 곡물 건조기의 건조온도별 미질특성에 관한 시험. 농촌진흥청농업기계화연구소 시험연구보고서. pp.500-502.

6. 연구결과 활용제목

- 벼 원적외선 건조기 적정 건조온도(2006, 영농활용)