

미곡의 건조 적정 온도에 관한 연구

이병영 · 손종록 · 김영배 · 윤인화

농촌진흥청 농업기술연구소

초록 : 순환식 곡물건조기의 열풍온도별 미질특성을 구명하여 건조적정온도를 확립하기 위하여 2톤 규모의 순환식 열풍건조기를 이용 열풍건조온도를 40℃에서 70℃까지 5℃간격으로 하여 수분함량 24%에서 15%까지 건조하는데 건조효율 및 건조벼의 미질 특성을 조사하여던 바 열풍건조 온도별 소요된 건조일수는 온도가 높을수록 짧았고 석유소요량은 적었다. 동할립은 40~55℃로 건조하였을 때 3~10℃였으나 55℃에서 70℃까지 건조하였을 때 19~30%로 매우 높았으며, 발아율은 40 및 45℃로 건조하였을 때 각각 98 및 93%였으나 50℃로 건조하였을 때 86%로 감소하였으며, 70℃로 건조하였을 때는 30%밖에 안되었다. 도정율은 40℃의 75.86%보다 60, 65 및 70℃에서 각각 1.76, 2.63 및 7.52% 감소하였다. 또한 백미의 완전립율도 건조온도가 높아짐에 따라 감소하였는데 60℃에서부터 감소폭이 급증하는 경향이였다. 알카리 붕괴도 및 호화응집성은 건조 온도가 높아짐에 따라 낮았졌으며 60℃에서 그 폭이 컸다. 취반비는 흡수율, 용적팽창율, 취반용액중의 용출고형물 및 요드 정색도가 증가하였는데 일반적으로 60℃에서 증가 폭이 컸다(1991년 8월 5일 접수, 1991년 9월 24일 수리).

벼는 수확시 수분함량이 22~25% 정도로 높아 도정이나 저장을 위하여는 15% 정도로 건조해야만 한다. 과거에는 주로 천일건조로 콘크리트바닥, 아스팔트 바닥 혹은 함성수지 등에 건조하였으나 최근들어 농촌인구의 도시이동으로 노동력 감소와 더불어 노령화로 농업의 기계화가 급진적으로 발전됨에 따라 벼 건조를 위하여서도 열풍건조기의 이용율이 급증하고 있다. 그런데 단위 시간당 건조량만을 높이기 위하여 고온으로 건조하고 있기 때문에 양적 및 질적 손실이 상당히 많이 일어나고 있다. 그러므로 미질을 고려한 열풍 건조온도를 구명한다는 것은 매우 중요한 과제이다.

미곡 건조에 관한 연구 내용을 보면 금 등¹⁾은 우리나라의 10월중 평균온도 및 상대습도가 각각 14.9℃ 및 68%로 벼의 평형수분함량으로 볼 때 수분함량 15%까지 건조시킬 수 있다고 하였으며, 이²⁾는 밀면적 2.25 m², 높이 1.8 m 크기의 곡물 빈(bin)을 제작하여 태양열집열기를 이용 수분함량을 13.7%까지 건조시키는데 130시간이 걸렸으며, 상온통풍으로는 같은 풍량으로 건조하더라도 325시간 만에 수분함량이 15.1%였다고 하였다. 전 등³⁾은 우리나라의 가을날씨에서 벼의 건조 두께를 6 cm로 하였을 때 수분함량 15% 정도까지 건조시키는데

소요되는 일수는 4~5일이며 이 때 동할립 발생이 가장 낮았다고 하였다. 또한 이 등⁴⁾은 벼의 노천건조시 건조벼의 두께는 5 cm가 적당하였으며, 논바닥에 별짚을 10 cm정도 깔고 그 위에 망사를 덮어 벼를 5 cm 정도의 두께로 벼를 건조하였을 때 일반 노천건조 보다 건조효율이 높고 동할립발생율도 낮았다고 하였다. 또한 이 등⁵⁾은 태양열집열송풍 곡물순환식건조기의 벼 건조효과에 대하여 연구하였다. 이러한 연구결과들은 주로 태양열을 이용한 벼건조 조건 및 효과에 대한 내용들이며 열풍 건조온도에 대한 연구결과는 미흡한 실정이다.

이상과 같은 현황과 연구결과를 기초로하여 필자들은 순환식 곡물 건조기의 열풍 건조 온도별 건조시험을 실시하고 종합 정리하여 보고한다.

재료 및 방법

순환식 곡물건조기의 건조 적정온도를 구명하여 건조효율 및 미질을 향상하기 위하여 신흥기업사에서 제작 보급되고 있는 2톤형 순환식 곡물건조기를 공시기로 하고, '90년 경기도 화성군에서 재배 생산한 추청벼를 공시곡으로 하였으며 열풍건조온도를 40℃에서 70℃까지

5℃간격으로 하여 수분함량 24%에서 15%까지 건조하는데 소요시간과 건조 후 미질특성을 조사하였다.

조사방법으로서 수분함량 15%까지 건조되는데 건조 소요 시간은 건조중 매시간마다 케트(Kett) 수분측정기로 수분을 측정하여 15%에 도달하는 시간으로 나타냈으며, 석유 소비량은 수분함량 15%까지 건조시키는데 소비된 총 석유량을 측정하여 톤당 석유 소비량으로 나타냈다. 그리고 동할립율은 벼의 왕겨층을 손으로 번기고 현미에 동할이 되어 있는 것을 육안으로 판별 100분율로 나타냈으며, 발아율은 사래에 여과지를 깔고 그 위에 벼 정립 100개를 넣어 25℃에서 5일간 발아시킨 후 조사 공시립수에 대한 발아립수를 100분율로 표시하였다. 도정율은 벼를 실험실용 소형 정미기(Stake whiteners: MCM-50)로 순환 도정하면서 New M.G. 용액으로 도정도를 판별 10분도로 가공하여 도정율을 조사하였고, 백미의 품위는 농산물 검사규격⁶⁾에 준하여 완전립 및 쇠립을 조사 100분율로 나타냈다. 알카리 붕괴도는 Little 등⁷⁾의 방법, 호화응집성(gel consistency)은 Cacam-pang 등⁸⁾의 방법에 따라 실시하였으며, 취반특성은 Chikubu 등⁹⁾의 방법에 따라 조사하였다.

결과 및 고찰

Table 1에서 보는 바와 같이 열풍 건조 온도별 초기 수분 24%의 벼를 15%까지 건조시키는데 소요된 건조 시간은 온도가 높을수록 짧고 석유 사용량은 적어 열풍 온도가 40 및 45℃일 때 각각 10시간/2톤 및 9.2l/톤이었는데, 55℃일 때는 각각 4.5시간/2톤, 7.2l/톤였으며, 70℃일 때는 3시간/2톤, 6.0l/톤였다. 이러한 결과로 열풍 건조 온도가 높을수록 건조시간이 짧아지고 석유 소요량도 적어진다는 것을 알 수 있었다.

열풍 건조 온도별 건조벼의 동할립 및 발아율을 Table 2에서 보면 온도가 높아질수록 동할립율은 증가하고 발아율은 떨어졌는데 특히 동할립은 40~55℃로 건조하였

을 때 3~10℃였으나 60~70℃로 건조하였을 때 19~30℃로 매우 높았다. 그리고 발아율은 40 및 45℃로 건조하였을 때 각각 98 및 93%였으나 50℃로 건조하였을 때 86%로 감소하였으며 70℃로 건조하였을 때는 30%밖에 안되었다.

Table 3에서 열풍 건조 온도별 건조벼의 도정특성을 보면 온도가 높을수록 제현율 및 현백율이 떨어졌는데 제현율은 40℃의 82.90%보다 65℃까지는 0.40% 감소하였으나 70℃에서는 1.24%나 감소하였으며, 현백율은 40℃에서 91.51%인데 비하여 55℃까지 0.39% 감소되었으나 60, 65 및 70℃에서 각각 1.9, 2.74 및 8.13%나 감소하

Table 2. Effect of drying temperature on the creacked kernels and germination of dried paddy

Item	Drying temperature (°C)						
	40	45	50	55	60	65	70
Creacked kernels(%)	3	5	7	10	19	28	38
Germination(%)	98	93	86	82	75	60	30

Table 3. Effect of drying temperature on milling recovery and milled rice grade of dried paddy

Drying temp. (°C)	Milling recovery(%)			Grade of milled rice(%)	
	Brown rice	Milled rice ^{a)}	Milled rice ^{b)}	Head rice	Broken rice
40	82.90	91.51	75.86	91.79	8.21
45	82.88	91.44	75.78	91.27	8.73
50	82.85	91.25	75.60	90.15	9.85
55	82.79	91.02	75.35	88.18	11.82
60	82.70	89.61	74.10	71.89	28.11
65	82.50	88.77	73.23	75.26	24.74
70	81.66	83.38	68.08	66.43	33.57

^{a)} Recovery from brown rice

^{b)} Recovery from paddy

Table 1. Effect of drying temperature on the required time and oil for drying 15% from 24% in moisture content of paddy

Item	Drying temperature (°C)						
	40	45	50	55	60	65	70
Time required (hr/2M/T)	10.0	6.0	5.2	4.5	3.9	3.4	3.0
Oil required (l/M/T)	9.2,	8.1	7.4	7.2	7.0	6.8	6.0

Table 4. Effect of drying temperature on alkali disintegration value and gel consistency milled rice

Item	Drying temperature (°C)						
	40	45	50	55	60	65	70
Alkali disintegration value	6.3	6.1	5.8	5.4	4.6	4.2	4.0
Gel consistency (mm)	12.3	12.0	11.7	11.0	10.5	10.2	10.0

Table 5. Effect of drying temperature on cooking quality(%) of milled rice

Cooking quality	Drying temperature (°C)						
	40	45	50	55	60	65	70
Water uptake	201	206	212	217	228	230	239
Expand Volume	219	223	225	228	233	239	240
TSRL*	12	12	13	13	15	15	16
ISIBVRL**	0.220	0.225	0.234	0.240	0.266	0.275	0.282

*TSRL : Total solid in residual liquid

**ISIBVRL : Intensity of starch iodine blue value of residual liquid

였다. 이러한 결과 도정율은 40°C의 75.8%보다 55, 60, 65 및 70°C에서 각각 0.51, 1.76, 2.63 및 7.52% 감소하여 60°C부터 감소폭이 극심해 짐을 알 수 있었다. 또한 백미의 완전립율도 건조온도가 높아짐에 따라 감소하였는데 55°C에서부터 감소폭이 급증하는 경향이였다.

이상과 같은 현상은 열풍 건조 온도가 올라감에 따라 건조속도가 증가하여 곡립 내부와 표면부의 수분차가 심하게 되어 동할립 발생이 많아져 도정중 미립이 쉽게 부서지므로 쉐립 발생이 많아 도정율이 떨어지며 제품

(쌀)중에 완전립율이 감소한 결과임을 알 수 있다.

Table 4에서 건조 온도별 알카리 붕괴도 및 호화응집성을 보면 건조온도가 높아짐에 따라 낮았졌으며 60°C에서 낮은폭이 컸다. 이러한 결과는 미곡의 호화개시 온도가 일반적으로 60°C 내외라는 점을 고려할 때 건조 온도 60°C 이상에서는 건조시 호화가 되어 알카리 붕괴도와 호화응집성이 낮아진다는 것을 알 수 있다.

취반특성을 Table 5에서 보면 건조온도가 높아질수록 취반미의 흡수율, 용적팽창율, 취반용액중의 용출고형물 및 요드 정색도가 증가하였는데 일반적으로 60°C에서 증가폭이 컸다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 순환식 건조기의 열풍건조온도를 높여 주므로서 단위시간당 건조속도가 증가되고 석유소비량이 감소되나 동할립발생이 증가되어 도정율을 떨어뜨리고 쌀의 완전립율을 감소시켜 제품의 품위를 떨어뜨릴 뿐만 아니라 전분의 열변성에 따라 생명력상실로 발아력이 떨어지고 취반특성이 저하되어 미질이 손상되므로 열풍 건조 온도는 종자용의 경우는 주요농산물종자법령집¹⁰⁾에 따르면 벼의 발아율은 85% 이상이어야 하므로 45°C이하로, 일반 소비용의 경우는 농산물검사규격⁶⁾에 쉐미율이 대체 15%, 소쇄 1% 이하라는 점을 감안할 때 55°C이하라는 것이 규명되어진다.

참 고 문 헌

1. 금동혁, 고학균, 최재갑 : 농업기계학회지, 3 : 271 (1981)
2. 이문남, 금동혁, 유능단 : 농업기계학회지, 3 : 64(1978)
3. 전재근, 최부들, 이연철 : 농업기계학회지, 6 : 58(1981)
4. 이병영, 김영배, 윤인화, 한판주 : 농시논문집(환식, 균이, 농가), 27(2) : 121(1985)
5. 이병영, 김영배, 손종록, 윤인화, 한판주 : 한국농화학회지, 32(2) : 103(1989)
6. 국립농산물검산소 : 국내산 농산물(쌀), 농산물검사수첩, 38(1985)
7. Little, R. R., Hilder, G. B. and Dawson, E. H. : Differential Cereal Chem., 35 : 111(2958)
8. Cacampang, G. B., Perez, C. M. and Juliano, B. O. : J. Sci. Food Agric., 24 : 1589(1973)
9. Chikubu, S., Iwasaki, T. and Tani, T. : J. Jpn. Soc. Food Nutr., 13 : 137(1960)
10. 농림수산부, 국립종자공급소 : 주요작물종자법령집, 47 (1982)

Studies on the suitable temperature for rice drying

B. Y. Lee, J. R. Son, Y. B. Kim and I. H. Yoon(Agriculture Sciences Institute, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea)

Abstract : In order to establish the optimum drying temperature of the heated air blast-grain circulation dryer, a 2 ton scale of paddy was used in this experiment. The temperatures of heated air used were 45, 50, 55, 60, 65 and 70°C. Moisture content of the paddy was reduced to 15% from 24% by drying. The higher air temperature, the shorter drying time and the less fuel consumed. The portion of cracked kernels was found to be low as 3~10% at 40~55°C, but was very high to 28~30% at 60~70°C. The germination percent was very high as 98 and 93% at 40 and 45°C, but it was decreased to 86 and 30% at 50 and 70°C, respectively. The recovery yield of milled rice from paddy was decreased by 1.76, 2.63 and 7.52% at 60, 65 and 70°C, respectively, compared with 75.86% as drying at 40°C. The higher heated air temperature, the less head rice of milled rice was recovered, and the decreased ratio was increased 60°C. The higher heated air temperature, the less alkali disintegration value and gel consistency of milled rice and the more water up take, expanded volume, total solid in residual liquid and intensity of starch iodine blue value of residual liquid, and those tendency was found clear from 60°C temperature of heated air.