

벼의 함수율에 따르는 도정수율의 변화(1)

- 건조 과정중 벼의 도정수율 변화-

Optimum moisture content of paddy for milling process(I)

- on the desorption process of paddy-

박경규	홍동혁*	김혁주	나규동	서상훈	하유신
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
K. K. Park	D. H. Hong	H. J. Kim	K. D. Nah	S. H. Seo	Y. S. Ha

1. 서론

벼의 도정수율을 증가 시키는 연구 및 이와 관련된 작업은 매우 오래전부터 높은 관심의 대상이었다. 이는 소량의 수율향상이 실제로는 엄청난 수익을 주기 때문이다. 일반적으로 도정수율은 함수율과 깊은 관계를 가지고 있는 것으로 알려지고 있으며 실제로 많은 미곡종합처리장 또는 일반 정미소에서 수확시기 및 겨울철에 도정되는 벼의 함수율을 16%에서 17% 사이에서 수행하고 있으며, 이는 이 부분에서 도정 수율이 높게 나타나기 때문이라고 알려지고 있다.

그러나 함수율과 도정수율에 관한 연구는 의외로 국내외를 통하여 많지가 않는데 몇가지를 소개하면 다음과 같다. 사다께 연구소에서 보고된 결과에 의하면 장폭비가 1.8이 넘는 장형 품종은 수분이 높으면 쇠미가 되기 쉬워 15% 함수율이 적절한 수분이며 반면 중형품종은 15%에서 15.5%, 우리나라의 품종과 비슷한 원형품종은 16% 내외에서 가공이 적절한 것으로 되어있다.

한편 이 등(1996)의 연구에 의하면 함수율이 13.7%에서 제현율이 82.5%, 현백율이 89.7% 그리고 도정수율이 74.0%로 가장 높게 나타난 것으로 보고되었다. 그러나 대부분의 기존의 연구자료도 도정수율을 측정함에 있어서 도정의 정도를 나타내는 백도의 기준에서 주관적인 정도가 많이 작용을 하여 도정수율과 함수율의 관계설정에서 어려움을 주고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 우리나라에 많이 재배되고 있는 몇가지 품종의 벼에 대한 건조과정 중에 함수율별 도정 수율을 백도의 판정에 가능한 주관적인 요소를 제거하여 도정수율이 가장 높은 최적함수율을 결정함에 있다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

본 실험에 사용된 공시재료는 1999년 10월에 경북대학교 칠곡농장에서 추수한 동진벼와 경북대학교 군위농장에서 추수한 화봉벼를 사용하였으며, 실험전 재료의 함수율은 동진벼가 18%, 화봉벼가 17.5% 였으며, 각각의 재료는 실내온도가 일정한 항온실에서 상대습도를 다르게한 황산희석액을 담은 제습기(Desccator)에 넣어 실험에 필요한 17%, 16%, 15%, 14%, 13%, 12%대의 함수율로 건조시켰다.

=====

* 경북대학교 농업기계공학과

나. 실험장치

실험에 사용된 공시기는 실험용 현미기와 연삭식 정미기, 마찰식 정미기를 사용하였으며 백도 측정은 S사의 백도계를, 함수율 측정은 K사의 제품을 사용하였으며, 무게의 측정은 오차가 0.01인 전자저울을 사용하였다.

다. 실험방법

(1) EMC에 의한 실험용 벼의 함수율 결정

실험에 사용된 초기 함수율이 17-18%인 벼를 각각 12%, 13%, 14%, 15%, 16%, 17%로 조절 하기 위하여 본 연구에서는 실내온도가 20℃에서 정-포스트(Chung-Pfost) EMC식에 의하여 계산된 각각의 함수율에 따르는 상대습도를 산출하였으며, 실내온도가 20℃가 되는 항온실에 각각의 산출된 상대습도가 될 수 있도록 순도 95%의 황산용액을 제습기에 증류수와 혼합한(1985, Chemical Engineering Handbook) 후에 실험에 사용될 벼를 각각의 제습기에 넣은 후에 안정이 될때까지 저장을 하였다.

제습기에 저장된 벼는 도정 실험전에 함수율을 측정 한 결과 초기 함수율이 18%이었던 동진벼는 12.5%, 13.1%, 14.0%, 15.6%, 16.7%, 17.5%의 함수율을 가진 벼를 만들 수 있었으며, 초기 함수율이 17.5%이던 화봉벼는 12.5%, 13.5%, 14.7%, 15.5%, 16.4%, 17.3%의 함수율을 가진 벼를 만들 수 있었다. 이는 본 실험에서 설정을 했던 함수율과 다소 차이가 있었는데 주요인으로는 (1)벼의 품종에 따른 차이로 이론치와 실험치가 일치하지 않는 것과, 또한 (2)황산액의 순도가 낮아 혼합 비율에 오차가 있었던 것으로 추측이 되었다.

(2) 도정 방법

벼의 도정 수율에 미치는 인자들은 매우 다양하다. 본 연구에서는 이러한 많은 다양성을 배제하고 단지 함수율의 영향만을 측정하기 위하여 다음의 방법으로 도정실험을 수행하였다.

- ① 도정 실험은 실내온도가 20℃로 일정하게 유지가 된 항온실에서 수행하였으며,
- ② 도정수율은 농산물 검사소 표준계측방법에 의거하여 측정하였다.
- ③ 도정은 1회 60g을 투입하여 현미기 → 연삭식 정미기 → 마찰식 연미기 순서로 도정한 후 제현율, 현백율, 도정수율, 완전미수율을 구하였으며, 백도는 백도계를 이용하여 3회 측정한 다음 평균치를 사용하였다.
- ④ 현미는 현미기에서 탈부한 후 사미와 미탈부미를 제거한 다음 정미기를 통해 정백하였다.
- ⑤ 또한 도정은 연삭식과 마찰식을 조합하여 사용하였으며, 초기 25초는 연삭식으로 나머지는 마찰식으로 0초, 10초, 20초, 25초, 30초, 35초, 40초, 50초, 60초, 70초, 100초로 각각 도정을 하였다.
- ⑥ 도정 후에는 각각의 함수율별 도정시간에 따르는 백도와 제현율, 도정시간에 따른 현백율, 도정수율, 완전미수율을 구하였으며 이를 시간에 대한 함수로 표시하여 그림으로 나타냈다.

3. 결과 및 고찰

벼의 함수율에 따른 도정수율에 미치는 영향을 알기 위해서 초기함수율이 17-18%인 동진

벼와 화봉벼를 황산회석액을 담은 제습기에 넣어 12-17% 각각의 함수율까지 평형화 (Equilibrium)시킨다음 도정을 실시하여 도정 시간에 따르는 백도, 현백율, 도정수율, 완전미 수율을 구하고 이들을 SIGMA PLOT (Version 5.0) 통계처리프로그램을 이용하여 통계처리 한 후 백도별 함수율에 따른 현백율 및 도정수율을 구하여 도정수율이 높게 나타나는 최적 함수율을 나타내었는데 그 결과를 분석하면 다음과 같다.

가. 함수율별 도정시간에 따르는 백도의 변화

초기 함수율이 18%인 동진벼는 EMC식에 의해 조절된 환경을 통하여 12.5%, 13.1%, 14.0%, 15.6%, 16.7%, 17.5%의 함수율을 가진 벼를 만들 수 있었으며, 초기 함수율이 17.5% 이던 화봉벼는 12.5%, 13.5%, 14.7%, 15.5%, 16.4%, 17.3%의 함수율을 가진 벼를 만들 수 있었다. 이를 현미기로 탈부를 한 후에, 상태가 완전한 현미를 정선한 후에 60g의 현미를 25초간 연삭식 정미기로, 그리고 마찰식 정미기로 도정을 한 후에 시간에 따르는 백도를 측정 한 결과 표 1과 같게 나타났는데 백도는 도정시간이 증가됨에 따라 45전 후까지 증가가 됨을 보여 주고 있으나 품종과 함수율에 따라 약간의 차이가 있었다. 그림 1과 그림 2는 함수율이 15.6%인 동진벼와 13.5%인 화봉벼의 도정 시간에 따르는 백도의 변화를 그림으로 나타낸 것이다.

표 1. 함수율별 도정시간에 따르는 백도의 변화

품 종	함수율	도정시간에 따르는 백도의 변화									
		25초	35초	45초	50초	55초	60초	65초	75초	85초	95초
동진벼	12.5%	22.3	31.8	35.6	37.2	38.2	38.9	39.7	40.1	40.9	41.9
	13.1%	23.6	30.8	35.8	37.1	38.7	39.1	39.8	40.6	41.3	41.3
	14.1%	23.3	31.5	36.4	37.4	38.6	39.6	40.3	41	41.9	43
	15.6%	26.6	34.1	37.3	38.9	40.1	40.6	42.1	42.5	44.3	45.4
	16.7%	26.2	34.8	37.9	39.5	40.7	42	41.4	43.5	46.1	47.7
	17.5%	24.1	31.8	36.7	37.9	38.9	40.4	41.1	40.5	42.5	43.4
화봉벼	12.5%	24.3	34.4	39	40.5	41	41.8	42.4	43	43.2	44.1
	13.5%	25.9	36.5	40.4	41.2	41.9	42.5	44	44.8	45.2	45.9
	14.7%	25.9	35.7	41	42.1	42.9	43.2	43.6	44.9	46.2	46.1
	15.6%	25.7	37.1	42.4	45.2	46.8	45.7	46.1	46.9	48.9	49.8
	16.4%	25.4	35.4	41.1	42.9	44.6	45.8	46.5	47.5	49.6	
	17.3%	25.2	35.7	40.9	42.2	43.3	44.5	45.4	46.8	48.1	49.6

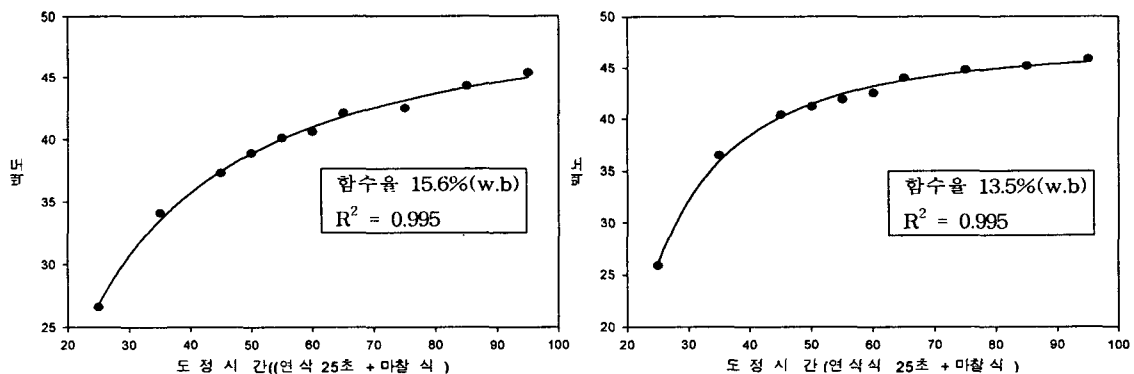


그림 1. 동진벼(좌)와 화봉벼(우)의 도정시간에 따르는 백도의 변화

나. 함수율별 도정시간에 따르는 현백율 및 도정수율의 변화

동진벼와 화봉벼의 시간에 따르는 백도 변화를 측정할 때 동시에 현백율 및 도정수율을 측정하였는데 결과는 표 2, 표 3과 같다. 현백율 및 도정수율은 모두 도정시간이 증가함에 따라 감소하였다.

그림 2 및 3은 함수율이 15.6%인 동진벼와 13.5%인 화봉벼에 대한 도정 시간에 따르는 현백율 및 도정수율이다.

표 2. 함수율별 도정시간에 따르는 현백율

품 종	함수율	도정시간에 따르는 현백율									
		25초	35초	45초	50초	55초	60초	65초	75초	85초	95초
동진벼	12.5%	95.17	90.04	86.51	85.36	84.05	83.12	81.92	79.92	77.5	
	13.1%	95.34	90.84	88.09	86.82	86.25	84.43	83.36	82	80.19	78.29
	14.1%	95.63	90.76	87.63	86.69	85.26	84.35	83.11	81.38	79.27	77.61
	15.6%	94.99	90.44	88.54	87.12	86.38	84.79	82.76	80.59	76.64	70.3
	16.7%	94.99	89.94	88.13	86.15	84.76	82.51	83.05	77.05	69.13	61.75
	17.5%	95.19	90.5	87.99	86.8	84.76	82.45	80.56	81.26	79.36	76.11
화봉벼	12.5%	96.02	90.58	86.88	86.11	84.7	84.66	81.66	81.41	79.14	77.46
	13.5%	95.77	90.28	86.32	84.91	83.07	78.45	78.7	74.46	76.38	75.11
	14.7%	96.11	88.95	80.74	76.98	77.83	78.35	72.91	65.89	56.28	59.74
	15.6%	96.07	90.53	85.34	82.23	69.71	72.43	66.51	66.71	58.15	52.18
	16.4%	95.84	89.82	87.48	81.93	80.24	75.23	74.58	65.75	58.91	42.25
	17.3%	95.81	90.51	85.45	82.68	79.29	75.25	74.67	69.39	64.59	49.83

표 3. 함수율별 도정 시간에 따르는 도정수율

품 종	함수율	도정시간에 따르는 도정수율							
		25초	35초	45초	50초	55초	60초	65초	75초
동진벼	12.5%	77.85	73.97	70.79	70.02	68.71	67.76	67.24	65.43
	13.1%	77.7	74.77	72.43	71.38	70.94	69.46	68.54	67.52
	14.1%	78.51	74.62	72.08	71.26	70.04	69.53	68.08	66.44
	15.6%	78.3	74.64	72.86	71.99	71.22	70.37	68.49	66.95
	16.7%	77.97	73.52	72.74	70.86	69	67.45	68.1	63.14
	17.5%	77.97	73.97	71.76	71.04	69.12	67.46	65.95	66.45
화봉벼	12.5%	78.28	73.1	70.77	69.94	68.9	69.11	66.26	66.65
	13.5%	77.97	73.52	69.82	68.9	72.04	63.15	63.88	60.03
	14.7%	78.06	71.77	65.46	62.37	63.27	63.65	58.71	53.33
	15.6%	77.96	72.73	69	66.54	56.24	58.64	53.51	53.99
	16.4%	76.74	71.91	70.2	65.15	64.51	60.46	59.77	53.15
	17.3%	77.83	73.22	69.43	67.22	64.4	60.59	60.68	56.15

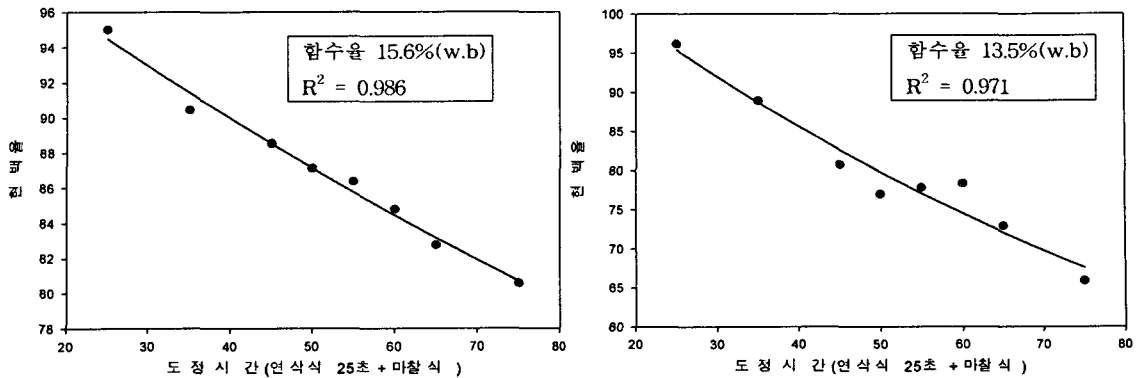


그림 2. 동진벼(좌)와 화봉벼(우)의 도정시간에 따르는 현백율

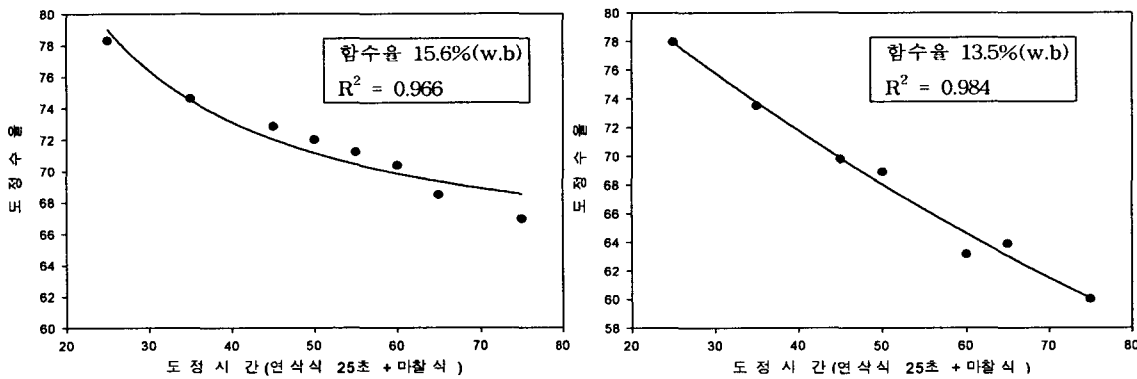


그림 3. 동진벼(좌)와 화봉벼(우)의 도정시간에 따르는 도정수율

다. 함수율과 현백율 및 도정수율의 관계

함수율과 현백율 및 도정수율의 관계는 백도를 기준으로 하여 도정수율이 가장 높은 최적 함수율을 구하였는데, 먼저 ①백도와 도정시간의 관계인 표 1을 통계처리 후에 그림 1과 같이 함수율 별로 그림으로 모두 작성하고, 또한 ②동일한 방법으로 도정시간과 도정수율의 관계를 나타낸 표 3을 함수율별로 통계처리를 하여 그림 3과 같이 모두 그래프로 작성을 한 후에, ③백도와 도정시간과의 관계 그림 1에서 백도가 32.5, 35.0, 37.5, 40.0이 소요되는 시간을 함수율별로 측정하여, ④다시 도정수율과 도정시간의 그림에서 함수율별로 ③에서 측정된 시간에 일치하는 도정수율을 측정하고, 또한 ⑤현백율과 도정시간의 그림에서 ④와 같은 방법으로 함수율별 현백율을 측정하여 그래프로 나타낸 것이 그림 6의 백도별 함수율에 따르는 현백율 및 그림 7의 백도별 함수율에 따르는 도정수율이다. 함수율이 15.6%인 동진벼를 예를들면 백도가 32.5, 35, 37.5, 40에 도달될 때 도정시간은 그림 4에서 나타낸 것과 같이 각각 32.97, 38.13, 45.23, 55.08초가 소요되었으며, 이 때의 도정수율을 구하면 그림 5에 나타난 것과 같이 각각 75.25, 73.57, 71.98, 70.42%이다. 이와같은 방법으로 각 함수율별로 백도별 도정수율을 산출한 다음 그림 7에 나타나는 것처럼 함수율에 따른 백도별 도정수율을 나타내었다. 이때 통계처리한 R²의 값은 모두 0.7~0.9사이로 상당히 높은 상관관계를 보여주었다.

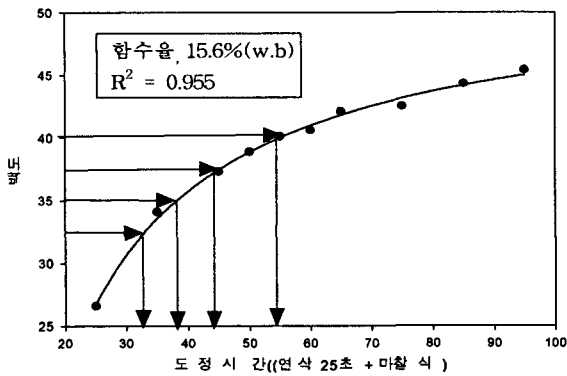


그림 4. 도정시간에 대한 백도 변화

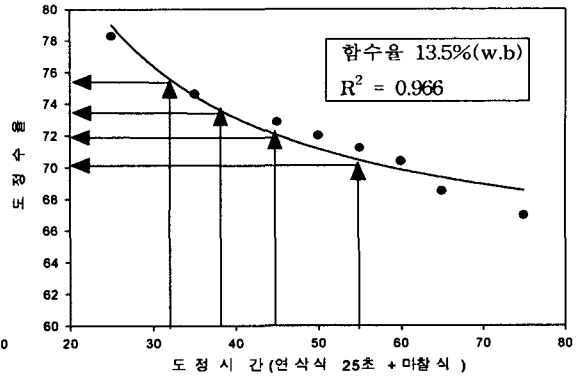


그림 5. 도정시간에 대한 도정수율변화

그림 6 및 그림 7에 나타난 결과에 의하면 현백율 및 도정수율 모두 품종에 관계없이 함수율이 증가함에 따라 증가를 하다가 함수율이 15%에서 16%사이에서 가장 높게 나타나다가 다시 서서히 감소하는 경향을 보여 주고 있다.

미곡종합처리장이나 정미소에서 기준이 되는 10분도는 이론적 현백율이 92%이다. 물론 벼의 품종, 산지, 기상조건, 재배관리, 수확, 건조, 저장방법 등에 따라 차이가 나지만 이를 기준으로 한다면 본 실험에서의 10분도는 백도 35 정도가 10분도가 되는 것으로 판단되어진다. 따라서 백도가 35인 경우에 화봉은 14.7%에서 동진은 15.4%에서 도정 수율이 73.07 및 74.08로 가장 높게 나타났으며, 이는 현백율과 거의 일치하는 결과를 보여주고 있다. 이렇게 15-16%사이가 가장 높은 도정수율을 보이는 것은 이 보다 낮은 저함수율벼의 경우 과건조로 인한 동할의 증가와 현미의 강도가 증가함으로써 도정시간의 증가로 도정진행시에 쇄립의 발생이 증가하여 도정수율이 떨어지며, 함수율이 높은 고함수율 벼의 경우 높은 함수율로 인한 현미의 강도가 저하함으로써 도정시 쉽게 부서져 쇄립의 발생이 증가하여 도정수율이 떨어지는 것으로 생각된다.

따라서 본 실험의 실험결과 백도의 전구간을 통하여 함수율이 15%정도일때가 도정이 가장 효율적인 최적함수율인 것으로 판단된다.

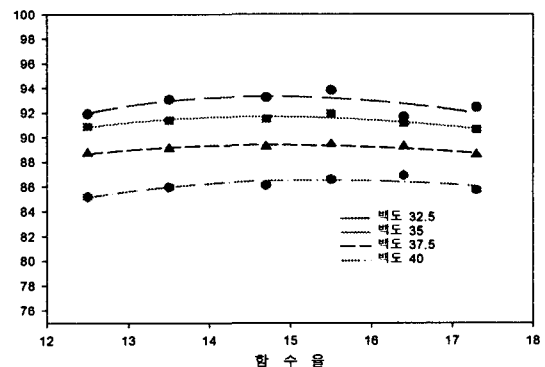
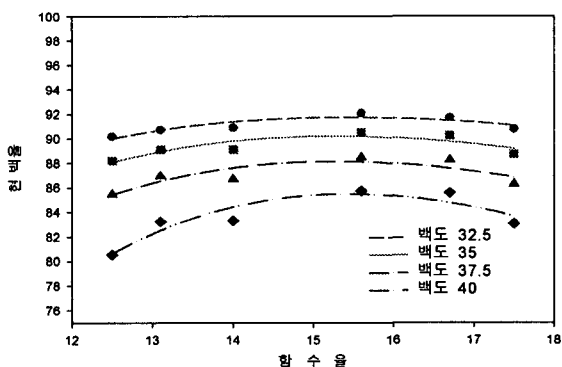


그림 6 동진벼(좌)와 화봉벼(우)의 백도별 함수율에 따른 현백율

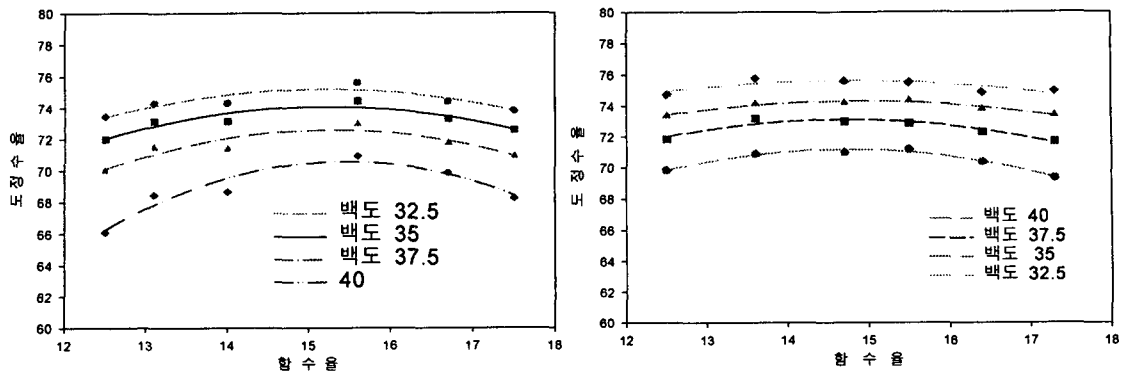


그림 7 동진벼(좌)와 화봉벼(우)의 백도별 함수율에 따르는 도정수율

IV. 결론 및 요약

도정 수율이 가장 높게 나타나는 적정 함수율을 결정하기 위하여 동진벼와 화봉벼를 황산 희석액을 이용하여 EMC 상태로 함수율을 11%에서 17%사이로 조정 한 후에 함수율에 따르는 시간별 백도의 변화, 시간별 도정 수율의 변화를 측정하였으며, 이를 이용하여 백도별 함수율에 따르는 현백율, 백도별 함수율에 따르는 도정수율을 분석하였다.

본 연구에서 분석된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 함수율별 도정시간에 따르는 백도는 함수율별, 품종별로 약간 차이가 있었으나 본 실험에서 수행된 품종은 최대 수치가 42에서 49로 나타났다. 또한 백도는 도정시간에 관한 함수로 나타낼 수가 있었는데 상관 계수 R^2 는 0.95에서 0.99사이로 나타났다.
2. 함수율별 도정시간에 따르는 도정수율도 도정시간, 함수율별, 품종별로 많은 차이가 있었다. 본 실험에서는 도정수율은 시간에 관한 함수로 나타낼 수가 있었는데 도정 시간이 증가함에 따라 감소하였고 또한 함수율이 높아짐에 따라 도정수율은 감소의 폭이 증가하는 것으로 나타났다. 함수율별, 품종별 도정 시간에 따르는 도정수율의 함수관계는 통계 처리결과 상관 계수 R^2 는 0.86에서 0.99사이로 나타났다.
3. 백도별 함수율에 따르는 현백율은 백도 32.5, 35, 37.5, 40에 대하여 종합하면 함수율이 증가함에 따라 현백율은 증가를 하다가 화봉벼의 경우 함수율이 14.7%, 동진벼의 경우 15.4%에서 최대값을 보였으며, 이후 함수율이 증가함에 따라 현백율은 다시 감소하였다.
4. 백도별 함수율에 따르는 도정수율도 함수율이 증가함에 따라 증가를 하였는데 백도 32.5, 35, 37.5, 40에 대하여 종합하면 화봉벼의 경우 함수율이 14.8%에서 동진벼의 경우 15.3%에서 최고점에 도달하여 백도별 함수율에 따른 현백율과 같은 수치를 보였다. 이후 함수율이 증가함에 따라 도정수율은 조금씩 다시 감소하였다.
5. 따라서 벼의 도정시 함수율은 품종에 따라 차이가 있으나 15%정도에서 도정을 하는 것이 가장 효율적인 것으로 나타났다. 그러나 본 연구는 건조중에 있는 벼에 대한 도정수율이 높은 함수율을 실험을 한 것으로 낮은 함수율로 건조가 된 벼에 대한 도정에 대한 적정에 대한 연구는 별도로 계속 수행이 되어야 할 것이며, 아울러 여러 품종에 대한 도정 수율을 극대화 할 수 있는 적정함수율을 지속적으로 수행되어져야 할 것이다.

참고 문헌

1. 고태균 외 6명 1993, 농산가공기계학, 향문사
2. 금동혁, 박상현, 1999, 원형 철제빈용 자동흡습장치 개발, 한국농업기계학회 동계 학술대회 논문집
3. 박준걸 정창화, 노상화, 1982, 도정수율과 성능향상을 위한 연구(Ⅱ), 한국농업기계학회지 7권 1호
4. 사다계 연구소, 현백미 분석 및 최신 정미기술
5. 이상태, 국중락, 최태웅, 김완규, 전경우, 1996, 농검시험소 시험과, 미곡도정수율 시험
- 6 이성범, 정창주, 노상화, 1983, 도정수율과 성능향상을 위한 연구(V), 한국농업기계학회지 8권 1호
7. 정창주, 전용훈, 강화석, 1983, 벼의 재흡습이 도정미 품질에 미치는 영향, 한국농업기계학회지 4권 1호
8. 한충수, 강태환, 고태균, 2000, 현미 조질후 정백특성에 관한 연구, 한국농업기계학회 동계 학술대회 논문집
9. Perry, R.H. 1985, Perry's chemical engineers'handbook. 6th ed.