

# \*조질 후 현미의 물성변화와 예측모델개발

## Development of a Predicted Model and Properties Variation of Brown Rice after Conditioning

한충수*	고학균**	송대민***	서정덕*	전하일*	전홍영*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	
C. S. Han	H. K. Koh	D. B. Song	J. D. So	H. I. Jeon	H. Y. Jeon

### 1. 서론

국내 쌀 생산량은 품종 개량 및 생산성 향상 등으로 자급력이 향상된 반면, 생활수준 향상과 식품산업의 발달로 인해 쌀 소비량은 감소하고, 고품질 쌀이 요구되어지고 있다. 현재 수확할 때까지는 고품질의 쌀을 생산할 수 있는 기술과 제반요건이 구비되어 있으나, 열풍 건조할 때 고온건조 또는 과건조, 불량한 건조방법에 의해 품질이 저하되고, 저장중에는 저장고의 시설미비 및 부적합한 저장방법에 따라 함수율이 자연 감소되어 과건조되는 현상이 나타나 품질이 저하된다. 그리고 저장기간이 길수록 함수율은 더욱 감소되어 조직이 매우 단단해지며, 이와 같은 원료를 정백하면 미강층 제거에 정백시간이 길어지고, 과부하로 인하여 도정효율이 저하될 뿐 아니라 소비전력이 증가한다. 또한 겨울철에는 곡온의 저하로 조직이 더욱 단단해져서 이와 같은 현상이 더욱 심화된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 조질(調質)공정이 필요하다<sup>1, 2)</sup>.

조질(調質)이란 곡물에 함수율을 높여 단단한 내부조직을 연화시켜 수율 및 쌀의 품질을 향상시키는 기술로써, 현미로 저장하는 일본을 중심으로 실용화가 되어있다. 현미가 조질공정을 거치게 되면 조직의 연화로 제강이 용이해져서 도정효율이 향상되고, 소비전력량이 감소한다. 또한 정백할 때 마찰열에 의한 수분감소를 보충하여 수율을 향상시킬 수 있다<sup>3, 4)</sup>.

따라서 본 연구에서는 조질 후 경과시간에 따른 함수율변화, 가수량과 동할미발생을 및 강도와의 관계를 규명하여 조질기개발의 기초자료를 제시하고자 한다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 공시재료

본 실험에 사용된 공시재료는 충청북도 오창에서 수확한 1997년산 추청벼이며, 탈부한 후 초기함수율이 16%w.b.(이후 %로만 표시함)인 현미를 함수율 14.6%로 조제하였다.

#### 나. 실험장치

+ 이 연구는 '98년도 진흥청 특정연구과제 연구비 지원으로 수행되었음.

\* 충북대학교 농과대학 농업기계공학과

\*\* 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부

\*\*\* 경상대학교 농과대학 농업기계공학과

그림 1은 시작기로 제작한 조절기(배출량:900kg/min)의 개략도를 나타낸 것이다. 시작기의 주요 요소는 상부 및 하부 호퍼, 수평 및 수직 스크루컨베이어, 스프레이 노즐, 압력 물탱크, 에어 콤프레셔, 제어판 등으로 구성되어 있다.

분사노즐은 상부와 하부 호퍼사이에 위치해 있고, 현미가 상부 호퍼(1)에서 하부 호퍼(2)로 배출될 때 가수되도록 하였다. 노즐의 분사량은 압력물탱크 내의 압력과 에어 콤프레셔에서 분사하는 공기압을 이용하여 조절할 수 있도록 하였다.

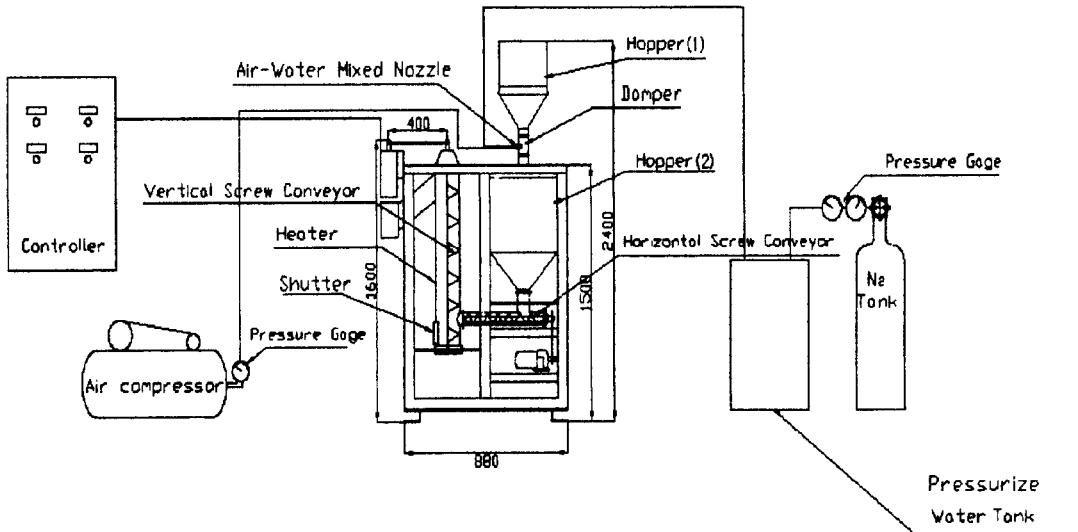


Fig 1. Schematic diagram of experimental equipment.

#### 다. 실험방법 및 측정항목

##### 1) 실험방법

조절기내의 상부호퍼의 출구를 개방하고 배출되는 현미에 스프레이 노즐로 50, 100, 150cc/min을 가수한 후 하부호퍼 출구를 개방하면, 수직·수평스크루컨베이어를 통해 혼합·이송·배출된다.

현미의 물성변화는 가수를 하지 않은 시료(이후 비조질시료로 칭함)와 50, 100, 150cc/min씩 가수한 시료(이후 조절시료로 칭함)를 단열된 플라스틱 용기에 보관하면서 14시간동안 경과시간별로 함수율, 동할미율, 강도의 변화를 측정하였다.

그리고 Gauss-Newton 반복법으로 구한 비선형회귀방정식을 이용하여 경과시간에 따른 현미의 함수율, 동할미율, 강도를 예측하였다. 비선형회귀방정식은 예측값과 실측값의 오차제곱의 합이 최소가 되는 값을 이용하여 모델의 변수 초기값을 결정한 다음, 반복법을 이용하여 가장 근사한 모델의 변수를 결정한다<sup>5)</sup>.

##### 2) 측정항목

(1) 함수율

함수율 측정은 전기저항식함수율측정기(HSMD-53, 한성, 한국)를 사용하였으며, 조질 후 시료를 자크부착비닐 백에 5kg 넣은 후, 항온상태에 보관하면서 경과시간별로 측정하였다.

(2) 동할미율

현미와 백미의 동할미율은 무작위로 시료 50립을 채취하여 동할미투시기(RC-50, Kett, 일본)로 5회 측정 후 평균값을 산출하였다.

(3) 강도

강도는 시료 중 동할미와 미숙립을 제외한 20개의 완전립을 선택하여 경도계(KHT-20N, FUJIWARA, 일본)로 측정 후 평균값을 산출하였다.

(4) 백도

백도는 백도계(C300-3, Kett, 일본)로 5~6회 측정 후 평균값을 산출하였다.

### 3. 결과 및 고찰

가) 함수율 변화 및 예측모델

그림 2는 조질 후 경과시간에 따른 함수율 변화와 예측값을 나타낸 것이다.

그림 2에서와 같이 초기 함수율이 14.6%인 현미에 50, 100, 150cc/min을 가수한 후 11~14시간이 경과되면서 함수율은 평형을 이루어 14.9, 15.1, 15.6%을 나타냈다. 조질 후 측정된 함수율은 예측모델로 예측이 가능하고, 예측모델은 음의 지수함수로 나타났다.

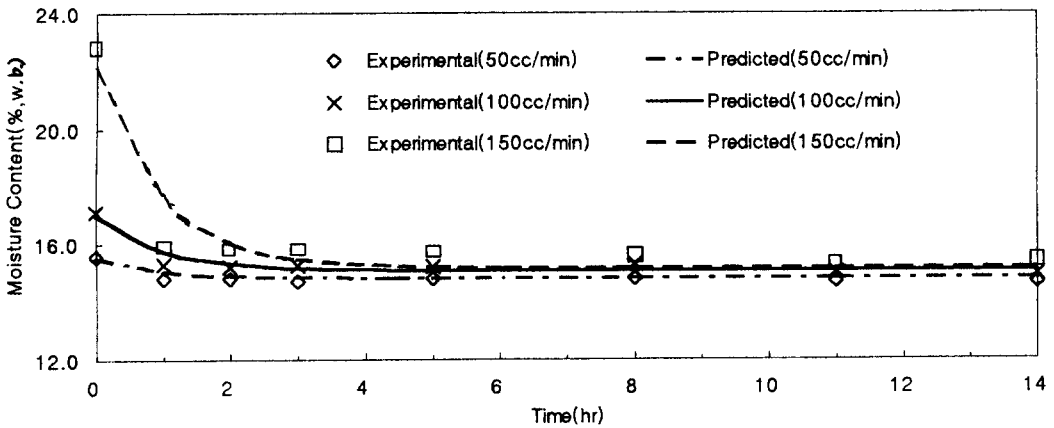


Fig 2. Moisture content variation of brown rice with time lapse after absorption of water sprayed amount of 50, 100, 150cc/min.

표 1에 현미의 함수율 변화에 대한 비선형회귀분석결과 모델( $M_t = A + B \times e^{(-time)}$ )의 매개변수 A 및 B의 값을 나타냈고, 50, 100, 150cc/min의 가수량별 오차제곱의 합은 각각 0.081, 0.493, 4.856로 가수량 150c/min가 다른 가수량에 비해 모델 정밀도가 낮았다.

Table 1. Estimated value of parameter of nonlinear regression model, for moisture content,  $M_c=A+B \times e^{(-\text{time})}$  for each amount of water sprayed to brown rice.

Amount of water sprayed	Parameter	Parameter value	Asymptotic Std. error	Asymptotic 95% confidence Interval		SS*
				Lower	Upper	
50cc	A	14.753	0.048	14.636	14.870	0.081
	B	0.734	0.126	0.426	1.043	
100cc	A	15.057	0.118	14.768	15.346	0.493
	B	1.912	0.310	1.152	2.671	
150cc	A	15.142	0.371	14.235	16.049	4.856
	B	6.926	0.975	4.541	9.311	

SS\* : Residual sum of square with respect to the selected model

나) 동할미율 변화 및 예측모델

그림 3에 조질 후 경과시간에 따른 동할미발생율과 예측값을 나타내었다. 비조질현미의 동할미율은 8.7%이었고 50, 100, 150cc/min을 가수하고 14시간 경과하였을 때 동할미율은 각각 12.0, 23.3, 33.3%를 나타냈다. 14시간 경과 후 비조질에 비하여 50, 100, 150cc/min을 가수한 것의 동할미율은 각각 3.3, 14.6, 24.6% 증가한 것으로 나타났다.

예측값의 경우 동할미율은 3시간 후부터 거의 평형상태를 유지하면서, 실측값과 일치함을 나타냈으나, 14시간 후 100, 150cc/min은 실측치보다 각각 2.97, 2.89% 낮게 예측되었다.

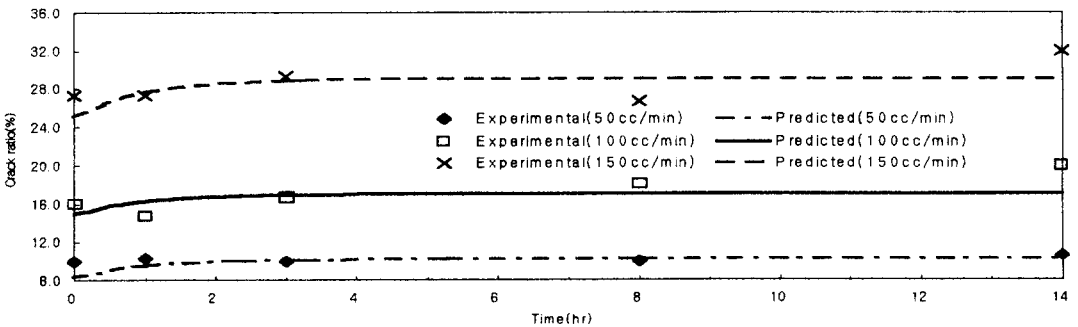


Fig 3. Crack ratio variation of brown rice with time lapse after absorption of water amount of 50, 100 and 150cc/min.

조질 초기에 동할미율 증가는 수분흡수로 인해 조직이 팽창되어 내부응력이 증가하기 때문이라고 판단되고, 다른 하나는 이송·배출할 때의 충격력과 압축력도 영향을 줄 것으로 생각된다<sup>2, 6)</sup>.

표 2에 현미의 동할미율변화에 대한 비선형회귀분석결과와 예측모델( $C_r=B_0+B_1 \times e^{(-\text{time})}$ )의 매개변수 B0 및 B1의 값을 나타내었다. 가수량별 동할미율의 실측값과 예측값과의 오차제곱의 합은 1.494, 15.043, 1.852로 다른 예측모델보다 큰 값을 나타냈다.

Table 2. Estimated value of parameter of nonlinear regression model, for Crack ratio,  $C_R=B_0+B_1 \times e^{(-time)}$  for each amount of water sprayed to brown rice.

Amount of water sprayed	Parameter	Parameter value	Asymptotic Std. error	Asymptotic 95% confidence Interval		SS*
				Lower	Upper	
50cc	B0	10.173	0.206	9.670	10.676	1.494
	B1	-1.826	0.541	-3.139	-0.493	
100cc	B0	17.206	0.784	15.191	19.221	15.043
	B1	-2.058	1.929	-7.017	2.900	
150cc	B0	29.108	0.275	28.401	29.815	1.852
	B1	-3.935	0.677	-5.675	-2.194	

다) 강도변화 및 예측모델

그림 4는 조질 후 가수량에 따른 강도의 변화를 나타내고 있다. 가수후 현미의 강도는 시간이 경과하면서 점차 음의 지수 함수적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 가수량별 1시간 경과 후 강도의 범위는 8.42~7.87kgf 이었고, 시간이 경과되면서 강도는 서서히 감소하여 가수 14시간 후의 50, 100, 150 cc/min을 가수한 현미의 강도는 각각 7.66, 7.58, 7.09kgf이었다. 가수 1시간 경과 후 강도가 높은 이유는 가수된 수분이 완전히 현미에 흡수가 되지 않았기 때문이라고 판단되며, 시간이 경과함에 따라 강도가 감소하는 경향을 나타내는 이유는 수분이 현미의 내부로 흡수되면서 내부 조직이 팽창하며 연화되었기 때문이라고 판단된다.

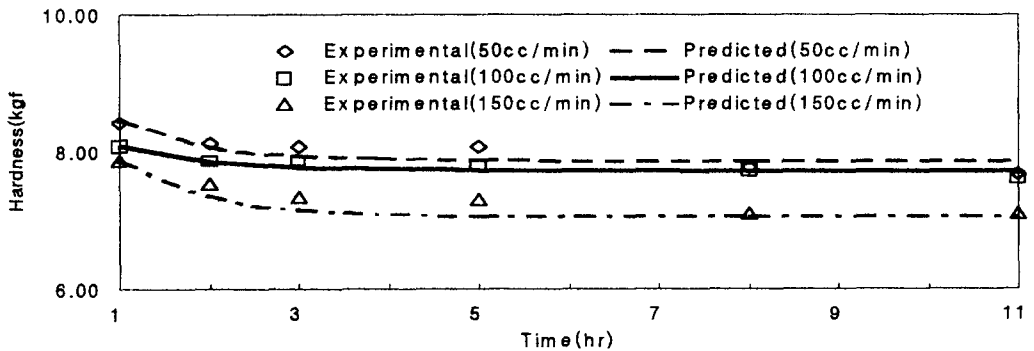


Fig 4. Hardness variation of brown rice with time lapse after absorption of water sprayed amount of 50, 100, 150cc/min.

표 3은 현미의 강도변화에 대한 비선형회귀분석결과 모델( $H_D=A+B \times e^{(-time)}$ )의 매개변수 A, B의 예측값을 나타낸 것이다. 가수량별 강도 실측값과 예측값과의 오차제곱의 합은 각각 0.118, 0.029, 0.400로 작은 값을 나타내 예측모델이 적합한 것으로 판단된다.

Table 3. Estimated value of parameter of nonlinear regression model, for Hardness,  $H_D=A+B \times e^{(-time)}$  for each amount of water sprayed to brown rice.

Amount of water sprayed	Parameter	Parameter value	Asymptotic Std. error	Asymptotic 95% confidence Interval		SS*
				Lower	Upper	
50cc	A	7.849	0.086	7.609	8.087	0.118
	B	1.657	0.533	0.176	3.128	
100cc	A	7.717	0.043	7.598	7.835	0.029
	B	1.016	0.264	0.282	1.750	
150cc	A	7.034	0.158	6.595	7.474	0.400
	B	2.269	0.981	-0.456	4.993	

라) 백도변화

가수량에 따른 현미의 백도는 가수량이 증가할수록 약간 낮아지는 경향을 나타내었다. 비조질 현미의 백도가 18.9, 가수량이 50, 100, 150cc/min인 현미의 경우는 각각 18.6, 18.3, 18.0을 나타냈다.

4. 요약 및 결론

이 연구에서는 조질 후 경과시간에 따른 함수율 변화, 가수량에 따른 동할미율, 강도, 백도 등의 물성을 규명하여 조질기 개발의 기초자료를 제시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

가) 초기함수율이 14.6%인 현미를 50, 100, 150cc/min을 가수하고 14시간이 경과한 후 함수율은 각각 0.3, 0.5, 1.0%의 증가를 보였다.

나) 비조질현미의 동할미율은 8.7%인 것에 비하여 50, 100, 150cc/min을 가수하고 14시간이 경과한 후 동할미율은 각각 12, 23.3, 33.3%를 나타내, 가수량이 증가할수록 동할미율이 증가하는 경향을 나타냈다.

다) 비조질현미의 강도는 8.7kgf였고, 50, 100, 150cc/min를 가수하고 14시간이 경과된 후 강도는 각각 7.66, 7.58, 7.09kgf로 가수량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈다.

라) 조질 후 측정된 함수율, 동할율, 강도는 예측모델로 예측이 가능하였다. 함수율, 강도의 예측모델은 음의 지수함수로 나타났고, 동할율의 예측모델은 양의 지수함수로 나타났다.

마) 백도의 변화는 가수량이 증가함에 따라 약간 감소하는 경향을 보였다.

참 고 문 헌

1. 伊藤和彦外 2人. 1985. 玄米調質に関する研究(第1報). 日本農業機械學會誌. 47(2):169-175.
2. 한충수의 1인. 1996. 현미의 간이수분조질이 도정수율에 미치는 영향. 협동조합연구. 18집.
3. 박호석, 금동혁, 한충수의 5인. 1994. 미곡종합처리장 이론과 실무. 농협대학. pp1~457.
4. 한충수의 3인. 1995. 현미의 경도특성에 관한 연구. 한국농업기계학회. '95동계 논문발표.
5. SAS Institute. 1988. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc.
6. 김종순, 고학균, 송대빈. 1998. 단립종 벼의 수분흡성특성. 농업기계학회지. 23(5):465-472.