

## 도정도에 따른 쌀의 칼라 모델링

### Modelling of Color for Milled Rice according to Milling Degree

김의웅*	김 훈*	이세은*	금동혁**
정희원	정희원	정희원	정희원
O. W. Kim	H. Kim	S. E. Lee	D. H. Keum

#### 1. 서론

도정(milling)과정 중 미강의 제거정도는 도정도(degree of milling)로 나타내는데, 도정도는 현미에서 대한 제거되는 미강의 중량비로서 도정수율(milling yield)은 물론이고 쌀의 품질과 밀접한 관계가 있다. 현미에서 미강이 완전하게 제거되면 백미의 식미가 높아질 뿐 아니라 유통 중 지방의 산패에 의한 변질을 최소화될 수 있으나, 미강이 완전히 제거된 이후까지 과도정이 이루어지면 도정수율이 저하하게 된다. 반면, 미강이 완전히 제거되지 않는 저도정이 이루어지면 도정수율은 높아지나 품질이 저하하게 되므로, 적절한 도정도로 쌀을 가공하는 것은 품질 및 도정수율 측면에서 대단히 중요하다. 그러나, 실제 도정과정에서 도정도를 측정하면서 미강제거정도를 조절하는 것은 불가능하여 주로, 도정정도의 평가는 쌀의 칼라에 의존하고 있는 실정이다.

쌀에 주로 사용되고 있는 칼라시스템에는 백도(whiteness), Lab 및 RGB 등이 있는데, 이 중에서 백도는 일본 등에서 쌀의 도정도 기준으로 사용되고 있으며, Lab 칼라 시스템중 b값은 미국과 일본 등에서 품질관리용으로 적용되고 있다(Yamashita, 1993). 백도는 완전한 어둠을 0으로 하고, Mg 리본을 태웠을 때 발생하는 하얀색 연기를 100으로 하고 그 사이를 100등분한 일종의 빛의 반사지수(reflective index)이다.

현재 국내에서 일부 사용되고 있는 백도계는 일본산이 대부분으로 RGB 등 칼라인자를 측정하여 백도로 환산하는 방법이 사용되고 있다. Velupillai 등(1989)은 4품종의 장립종과 1품종의 단립종 벼를 가공하여 Lab값을 측정한 후, 도정도에 따른 색차(color difference)를 1차 선형 모델로 제안하였으며, Pandey 등(1990)은 7가지 품종의 단립종 현미를 연삭식 정미기로 0~110초간 10초 간격으로 가공하여 도정도와 백도의 변화를 측정하여 도정도에 따른 백도모델을 1차 선형모델로 제안하였다. 그러나, 이들의 1차 선형모델은 실제 도정도에 따라 비선형적으로 변하는 칼라의 변화를 잘 나타내지 못하고 있으며, 백도와 칼라인자들과의 상호 관계에 대해서도 나타낸 연구결과도 찾아볼 수 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 국내산 쌀을 대상으로 도정도에 따른 비선형 백도모델을 개발하고, 백도와 칼라인자와의 상관관계를 구명하는데 목적이 있다.

\* 한국식품연구원 특화연구본부

\*\* 성균관대학교 생명공학부

## 2. 재료 및 방법

### 가. 공시재료

실험에 사용한 벼는 추청, 남평 및 오대 등 3개 품종으로서, 2003년 수확기에 함수율 16.5% 내외의 벼를 RPC에서 구입하여 정선한 후 2℃로 유지되는 저온저장고에 보관하였다. 실험 1일 전에 상온에 노출시켜 곡온이 상온과 평형이 되도록 한 후 벼를 임펠라형 현미기(Shizuoka Seiki, Japan)를 이용하여 제현한 후, 탈부된 현미를 색채선별기(ACS-12, A-Mecs, Korea)에 3회 통과시켜 비정상립을 선별하였다. 실험에 사용한 현미의 함수율은 추청, 남평, 오대가 각각 16.1%(w.b.), 16.3%(w.b.), 15.2%(w.b.)이었다.

### 나. 실험방법

도정도별 백도모형을 개발하기 위하여 3품종의 현미 정상립을 각각 실험용 마찰식정미기(VP-32T, Yamamoto, Japan)를 이용하여 수회 통과시켜 도정하였다. 통과횟수 별로 백미의 백도, Lab 및 도정도를 각각 측정하였다.

백도는 정상립을 선별하여 백도계(CR-300-3, Kett, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하였으며, Lab값은 정상립을 원통형 용기(41×12.5mm)에 담아 흑색패드에서 색차계(CR-300, Minolta Co., Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하였으며, tube는 light- projection tube(CRA33)를 사용하였다. 도정도는 정립 1,000립의 중량을 3회 반복 측정하여 천립중을 구하고 다음 식(1)에 의해 계산하여 사용하였다.

$$\text{도정도}(\%) = \frac{\text{현미 천립중}(g) - \text{백미 천립중}(g)}{\text{현미 천립중}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

3품종 쌀의 도정도에 따른 백도 변화에 대해 품종별로 유의성(Anova, SAS)을 분석하였으며, SAS의 비선형회귀분석 프로그램을 이용하여 백도모형을 개발하였다.

도정도별로 측정된 백도와 Lab값을 이용하여 각 칼라시스템의 칼라인자와 백도와의 상관관계를 구명하였다. 칼라인자간의 변환은 다음 식(2)~(6)을 이용하였다(Jain, 1989 ; Yamashita, 1993).

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.813 & 0.011 \\ 0.000 & 0.010 & 0.990 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

$$L = 116 \left[ \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} \right] - 16 \dots\dots\dots (3)$$

$$a = 500 \left[ \sqrt[3]{\frac{X}{X_0}} - \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} \right] \dots\dots\dots (4)$$

$$b = 200 \left[ \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} - \sqrt[3]{\frac{Z}{Z_0}} \right] \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Hunter Whiteness} = 100 - \sqrt{(100 - L^2) + (a^2 + b^2)} \dots\dots\dots (6)$$

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 도정도에 따른 백도모델

그림 1은 3품종 쌀(추청, 남평, 오대)의 도정도에 따른 백도변화를 나타낸 것이다. 품종에 상관없이 도정도가 증가할수록 백도는 증가하는 경향을 나타내었으나 그 증가폭은 일정하지 않았으며, 백도 약 45부근을 정점으로 도정도가 증가하여도 백도의 증가는 거의 없는 형태를 나타내었다. 도정도에 따른 백도 값의 변화에 대해 품종별로 유의성을 분석한 결과,  $p=0.05$  수준에서 품종별로 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 도정도별 백도변화는 1개 모델로 표현이 가능하였다. 따라서, 비선형형태인 Sigmoid 형태의 식(7)과 같은 모델로 표현이 가능하였으며, 식(7)의 실험상수는 다음 표 1과 같았다. 이 때 결정계수는 0.990이었으며, RMSE는 0.877로서 적합성이 인정되어 도정도에 따른 백도변화를 잘 나타낼 수 있을 것으로 판단되었다.

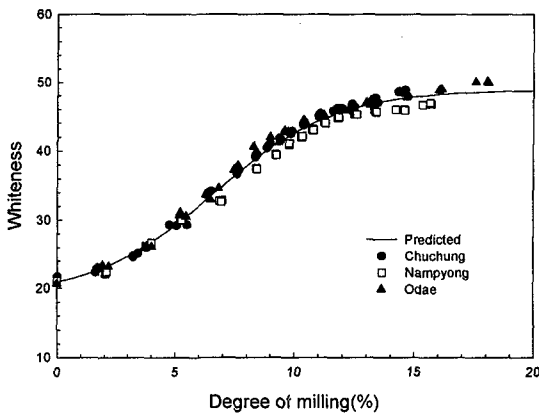


Fig. 1 Comparison of measured and predicted whiteness model according to degree of milling.

$$W = y_0 + \frac{a}{1 + \exp\left(-\frac{(x-x_0)}{b}\right)} \dots\dots(7)$$

여기서,  $W$  : 백도(Whiteness)

$y_0, a, b, x_0$  : 실험상수

$x$  : 도정도(degree of milling)

Table 1 Experiment coefficient of equation (7)

$a$	$b$	$x_0$	$y_0$
30.1818	2.5584	6.6422	18.8087

#### 나. 백도와 칼라인자와의 상관관계

도정도에 따라 색차계로 측정된 Lab값을 식(2)~(6)을 이용하여 각 칼라체계의 칼라인자로 환산한 다음, 측정된 백도와와의 관계를 비교하였다. Lab, RGB체계에서 L, a, b값, B값 및 hunter whiteness는 백도와 2차 선형적인 관계를 나타내었으며, 그 때 결정계수는 각각 0.981, 0.951, 0.990, 0.985 및 0.989를 나타내었다.

그림 2, 3, 4는 b, B값 및 hunter whiteness와 백도와와의 관계를 비교한 것이다. 그림에서와 같이 백도 20~50범위에서 쌀의 칼라체계중 Lab 칼라체계의 b값은 7.8~21.4범위에서 밀접한 관계가 있었다. b값은 미국과 일본 등에서 품질관리용으로 비교적 많이 적용되고 있으며(Yamashita, 1993), 본 연구에서 백도와 밀접한 관계를 나타내고 있었다. b값은 노란색과 파란색의 정도를 나타내는 칼라인자이며, RGB 칼라체계의 칼라인자중에서는 B값이 파란색의 정도를 나타낸다. 따라서, 백도는 쌀의 노란색과 파란색의 정도로서 나타낼 수 있다는 것을 알 수 있었다.

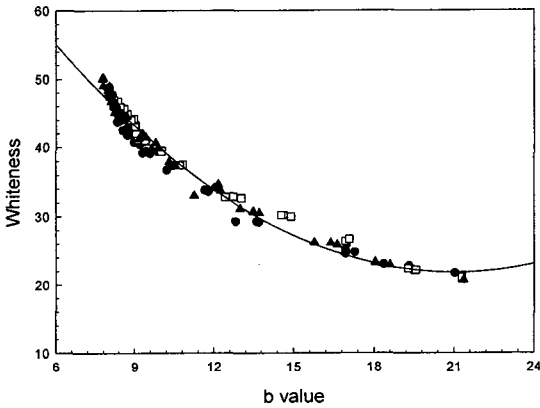


Fig 2. Relationship between b value and whiteness.

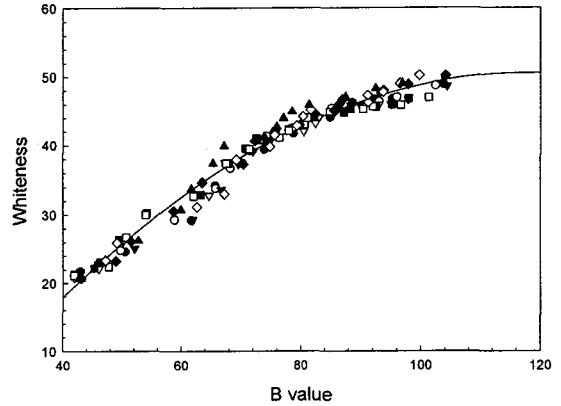


Fig 3. Relationship between B value and whiteness.

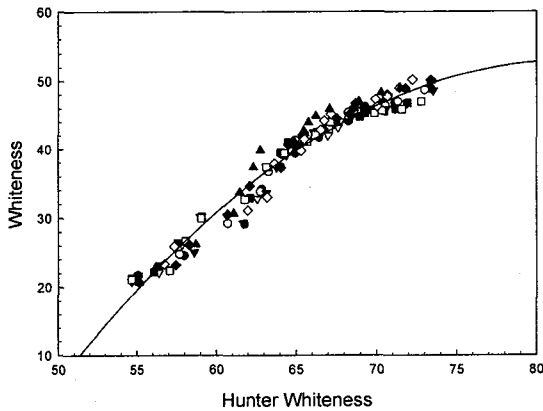


Fig 4. Relationship between hunter whiteness and whiteness.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 3개 품종의 국내산 쌀을 대상으로 도정도에 따른 비선형 백도모형을 개발하고, 백도와 칼라인자와의 상호관계를 구명하고자 수행되었다. 도정도가 증가할수록 백도는 증가하였으며, 백도 45정도를 정점으로 도정도가 증가하여도 백도의 증가는 거의 없는 것으로 나타났다. 도정도에 따른 백도 변화에 대해 품종별로 유의적인 차이가 없었으며, 도정도별 백도 실험치를 이용하여 비선형 백도 모델의 실험상수를 결정하였으며, 결정계수 0.990, RMSE 0.877로서 모델의 적합성이

인정되었다. 도정도에 따라 색차계로 측정된 Lab값을 칼라체계의 칼라인자로 환산한 다음, 측정된 백도와 상호관계를 비교하였다. Lab, RGB체계에서 L, a, b값, B값 및 hunter whiteness는 백도와 2차 선형적인 관계를 나타내었으며, 그 때 결정계수는 각각 0.981, 0.951, 0.990, 0.985 및 0.989로 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. Jain, A. K. 1989. Fundamentals of digital image processing. Prentice-Hall, Inc. pp. 62-72.
2. Pandey J. P. and P. C. Sah. 1990. Modelling of bran removal and whiteness of milled rice. J. Food Technol. 27(5):256-259.
3. Velupillai L. and J. P. Pandey. 1989. Colour and bran removal in rice processing. ASAE Paper No. 87-6042.
4. Yamashita, R. 1993. New technology in grain post-harvesting. Farm Machinery Industrial Research Corp. pp. 183-187.