

搗精收率別 보리의 水和工程中 物性變和에 關한 研究

睦 澈 均 · 南 榮 重

農漁村開發公社 食品研究所

(1983년 2월 17일 수리)

The Changes of Physical Properties of Barley Grain at Various Polishing Yields during Hydration Process

Chul Kyoon Mok and Young Joong Nam

Food Research Institute/A.F.D.C, Suwon, Korea

Abstract

The size distribution and changes of volume and grain hardness of 'Sedohadaka', naked barley of various polishing yields during hydration process at various temperatures were investigated, and were analyzed kinetically.

Both major and minor diameter of barley grain decreased linearly during polishing, and the decreasing rate of major diameter was greater than that of minor diameter.

The volume change of barley grain could be expressed as a power of hydration time, and a break point was found in case of non-polished barley. The changing rate of grain hardness followed the equation of a first-order reaction, and the reaction rate constant increased with decreasing polishing yields and at higher temperature in the range of 20~60°C. The activation energy of hardness change reaction of polished barley during hydration were ranged 5.1~7.8Kcal/mole, and 13.3Kcal/mole of non-polished barley.

緒 論

보리는 제 2의 주곡으로서 食糧需給面에서나 營養學的側面에서 매우 重要한 作物임은 주지의 사실이며, 최근 다양한 보리가공식품이 개발 시판됨에 따라 보리의 加工特性에 關한 資料의 確立이 要求되고 있다.

대부분의 穀類加工工程에 있어서 水和는 最于先的으로 行해지고 있는 필수적인 工程이며 적당한 水和條件의 確立은 以後의 他工神에 소요되는 熱量, 기계적 에너지, 作業時間등을 단축시키기 위

하여 先行되어야 한다.

穀類의 粒重量, 徑, 부피, 比重, 容積密度, 球形度등은 Mohsenin¹⁾에 의하여 確立되었으며, 저장중의 穀物의 파괴에 소요되는 충격에너지^{2,3)} 壓縮作用에 의한 손상율⁴⁾ 및 취반중 텍스츄어의 변화^{5,6,7)} 등에 關한 研究는 行해진바 있으나 水和工程中的 物性變化에 關한 研究는 이루어지지 않아 穀物의 物理的 加工에 필요한 기초자료는 아직 확립되지 않은 실정이다.

본연구에서는 搗精收率別 보리의 水和工程中 物理的 特性變化를 조사하였고, 이를 速度論的으로 解析하였기에 그 結果를 보고한다.

材料 및 方法

1. 시료 및 시료조제

1) 시료: 본실험에 供試된 시료는 1982년산 '세도하다가'를 진라남도 원종장에서 분양받아 사용하였다.

2) 시료조제: 맥아정선기로 粒短徑 2.4~2.0mm 인 것을 選別하여 Satake grain testing mill(Satake Engineering Co., Japan)로 各各 道정수율 95, 90, 70, 50%로 道정하여 4°C에서 저장하며 실험하였다.

2. 실험방법

1) 道정수율별 보리의 粒度分布: 道정된 보리 50g을 맥아정선기에 넣고 25strokes/min로 5분간 선별한 후 체의 각부분에 분포된 穀粒의 전체에 대한 重量퍼센트를 算出하였다.

2) 穀粒의 크기 및 부피: 보리穀粒의 모양을 長軸橢圓體로 가정하고 長徑과 短徑을 profile projector(pp-30, Tokyo optical Co., Japan)로 20배 확대하여 Caliper로 측정하여 다음식에 의하여 穀粒의 부피를 계산하였다.

$$V = \frac{4}{3} \pi ab^2 l \dots \dots \dots (1)$$

또한 異心率을 (2)식에 의해 산출하였다.

$$\epsilon = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \dots \dots \dots (2)$$

3) 水和工程: 보리 1g을 작은 stainless steel망으로 만든 용기에 넣고 일정온도로 유지된 수조에 넣어 일정시간동안 水和시킨후 꺼내어 재빨리 여과지로 表面水分을 제거한 후 칭량하여 吸水量 부피변화 및 穀粒硬度를 測定하였다.

4) 穀粒硬度: 水和된 보리의 곡립경도는 Instron Universal Testing Machine(TM-1140, Instron Co., England)을 사용하여 壓縮試驗을 행하여 측정하였으며, 그 條件은 다음과 같았다.

- crosshead speed: 100mm/min
- chart speed: 100mm/min
- plunger: stainless steel, φ12mm
- clearance: 0.75mm

結果 및 考察

1. 道정수율별 보리의 粒度分布

道정수율별 보리의 粒穀分布는 그림 1과 같이 道정수율이 감소할수록 粒徑이 감소하였으며 粒短

徑 1.6mm이하의 穀粒은 거의 생기지않아 研削式에 의한 道정은 비교적 粒度가 고르게 道정됨을 알 수 있다.

한편 道정수율별 穀粒의 長半徑과 短半徑, 부피 및 異心率은 각각 그림 2, 3, 4와 같이 道정됨에 따라 減少하였다. 長徑의 감소율은 短徑의 경우보다 훨씬 컸으며 감소양상은 거의 直線의이었다. 穀粒의 부피 및 異心率은 道정수율 60%이하에서 급격

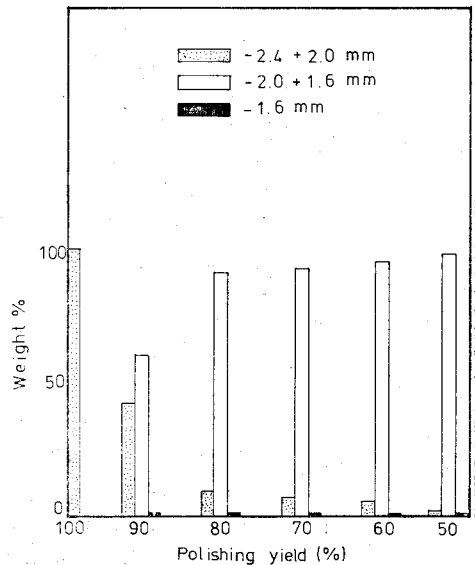


Fig. 1. The size distribution of barley grain at various polishing yields.

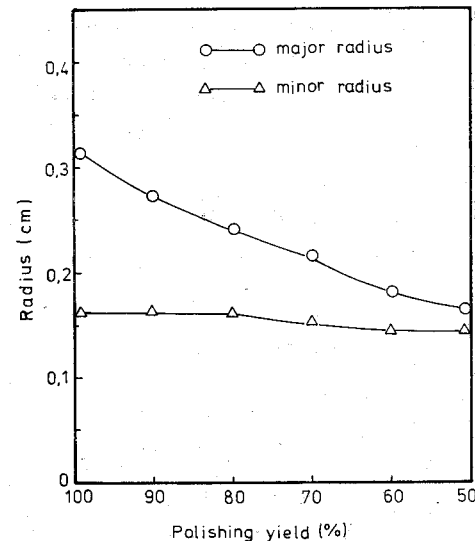


Fig. 2. The changes in major and minor radius of barley grain at polishing yields.

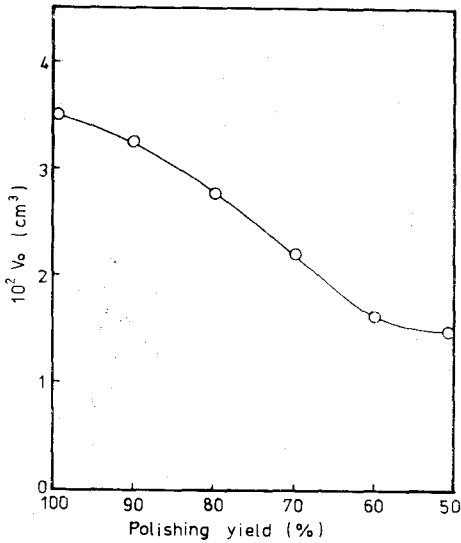


Fig. 3. The changes in volume of barley grain at polishing yields.

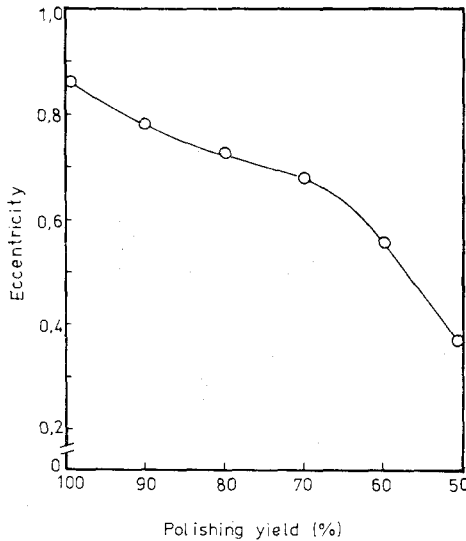


Fig. 4. The changes in eccentricity of barley grain at polishing yields.

히 감소하여 도정수율이 낮을수록 穀粒의 형태는球形으로 되었다.

2. 보리穀粒의 수和中 부피변화

수和中의 보리穀粒의 부피는 그림 5와 같이 對數모눈종이에 작도할 경우 時間에 따라 直線의으로 증가하였다. 도정한 보리는 도정수율에 관계없

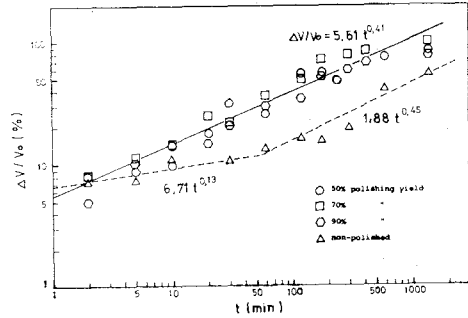


Fig. 5. Volume change of barley grain during hydration at 20°C.

이 같은 速度로 증가한 반면, 도정하지 않은 보리는 不連續的인 증가양상을 나타내었다. 즉 수和時間 1時間以內에서는 매우 느린 速度로 증가하다가以後에는 도정한 보리와 거의 같은 速度로 증가하였다.

이는 보리의 果皮 및 種皮는 角質成分을 含有하여 수和時 물의 침투를 방해하여¹²⁾ 도정하지 않은 보리의 경우 수和速度가 늦기 때문에 나타나는 현상으로 사료되며 Bandopadhyay와 Ghose¹³⁾가 고찰한 바와 같이 수和初期에 穀粒의 내부로 침투된 물은 種皮의 빈 공간을 채우며 이때 부피의 증가는 일어나지 않기 때문에 도정한 보리와 부피증가율의 차이가 나타나는 것으로 여겨진다.

Grosh와 Milner¹⁴⁾는 밀의 수和時 부피증가는 穀粒內部的 균열내로 물이 침투하여 공간을 형성하기 때문에 이루어진다고 하였고, Bandopadhyay와 Ghose¹³⁾는 쌀의 경우 침투된 물의 일부는 곡립내의 전분과 화학적으로 결합하고 일부는 suspension 상태로 존재하므로 흡수된 물의 양과 부피증가량은 일치하지 않는다 하였다. 보리의 경우 흡수된 물의 양과 부피증가량과의 관계는 그림 6에서 보는 바와 같이 초기에는 흡수된 물의 양에 비하여 부피증가량이 낮으나 흡수량 0.25H₂O/g(d,b) 이후에는 거의 같은 速度로 증가하였다. 이 결과는 쌀의 경우¹³⁾ 및 Chung¹⁵⁾이 발표한 밀의 경우와 일치하였다.

3. 수和中의 硬度變化

일반적으로 식품의 텍스처, 색, 향등의 품질 요소의 변화반응은 1차반응을 따른다.¹⁶⁾ 보리穀粒의 수和中에 따른 硬度變化는 그림 7과 같이 수和時間에 따라 減少하였으며 그 양상은 對數的이었다.

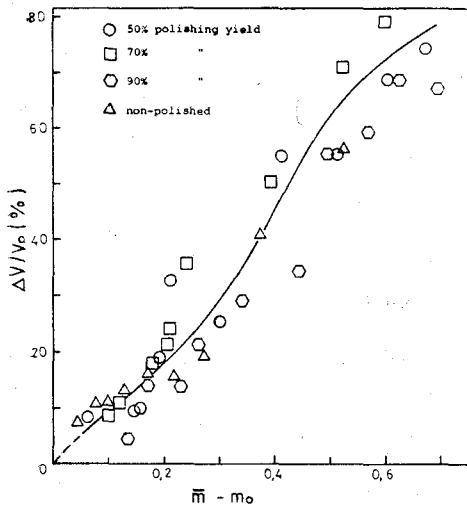


Fig. 6. Plot of volume change of barley grain vs. moisture gain during hydration at 20°C.

따라서 水和中の 穀粒硬度 變化反應은 1차반응에 속함을 알 수 있다.

水和時間에 따른 穀粒硬度的 變化速度는 다음식에 따른다.¹⁶⁾

$$\frac{dH}{dt} = -K_h H \dots\dots\dots (1)$$

그림 7에서 직선의 기울기는 $-K_h$ 가 되고 절편은 H_0 이므로 회귀식으로부터 산출한 도정수율 및 온도별 반응속도상수 및 초기경도는 표 1과 같다.

즉 반응속도상수는 도정수율이 감소할수록, 水和溫度가 높을수록 큰 값을 나타내었는데 이는 보리穀粒의 內胚乳에 존재하는 건분의 水和速度가 種皮 및 果皮部分보다 빠르며, 더 많은 균열이 있기 때문¹⁷⁾인 것으로 사료된다.

한편 반응속도상수와 水和溫度의 逆數와의 관계는 그림 8과 같이 直線의인 관계를 보였는데 이는 Arrhenius 방정식에 의거하여 변화함을 의미한다. 이때 직선의 기울기는 $-E_a/R$ 이므로 이로부터 계산된 水和에 따른 보리穀粒의 硬度變化反應의 활성화에너지는 표 2와 같다.

일반적으로 穀粒의 水和時 물의 확산계수는 Arrhenius 방정식에 의거하여 변화한다.^{6, 13, 18, 19, 20)} 또한 水和中の 穀粒硬度變化는 물의 침투에 의한 조직의 변화에 기인하므로 硬度變化反應의 반응속도상수도 Arrhenius 방정식을 따르는 것으로 여겨진다.

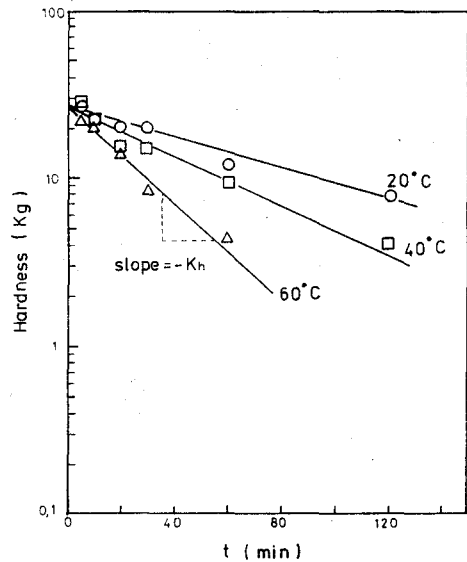


Fig. 7. Hardness change of barley grain of 90% polishing yield during hydration.

Table 1. Hardness changing reaction rate constant of barley grain during hydration at various temp.

Polishing yield (%)	hydration temp. (°C)	$K_h \times 10^4$ (min ⁻¹)	H_0 (kg)
50	20	139	19.65
	40	253	12.75
	60	647	20.35
70	20	106	24.66
	40	193	17.73
	60	354	15.18
90	20	106	26.21
	40	157	25.51
	60	307	25.79
95	20	63.4	30.15
	40	161	26.15
	60	316	30.28
100	20	5.1	35.26
	40	29.3	35.50
	60	79.2	34.36

穀粒硬度變化反應의 활성화에너지는 도정한 보리의 경우 5.1~7.8Kcal/mole이었으며 도정수율에 따른 뚜렷한 차이는 인정되지 않았다. 도정율에 따른 보리의 吸水速度는 별차이가 없었다는睦²¹⁾,

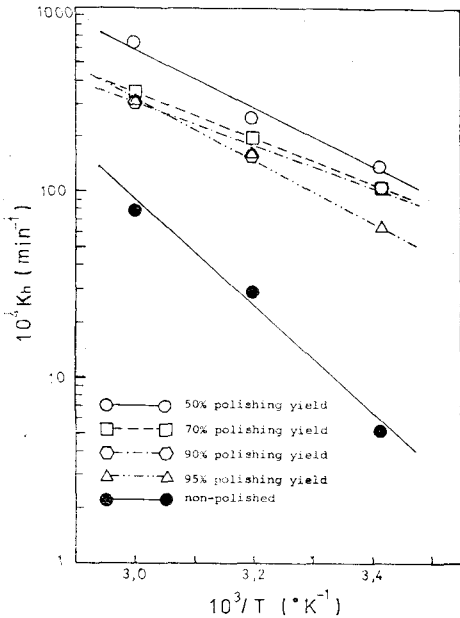


Fig. 8. Hardness changing reaction rate constant as a function of reciprocal of temperature for barley grain.

Table 2. Characteristics of hardness change of barley grain during hydration

Polishing yield(%)	K_h (min^{-1})	E_a (cal/mole)
50	4329.04	7,400
70	235.99	5,840
90	67.75	5,130
95	4240.77	7,800
100	4.89×10^6	13,330

李 등²²⁾의 결과로 미루어 볼 때 수화에 의한 경도 변화도 같은 결과를 보인 것 같다. 반면에 도정하지 않은 보리의 경우는 활성화에너지 13.3Kcal/mole로서 도정한 보리의 경우보다 훨씬 큰 값을 나타냈는데 이는果皮 및 종皮的 수화에 의한物性變化가 전분의 경우보다 훨씬 심하기 때문이며, 그 반응의 온도의존성에 매우 크다는 것을 의미한다. 종皮는 수和初期에만 물질의 투과를 방해하며,²³⁾ 一種의半透膜으로 작용하기 때문에 도정하지 않은 보리의 수和速度는果皮와 종皮的 투과성에 의해 결정된다.²⁴⁾ 실제로 도정하지 않은 보리의 수和反應의 활성화에너지는 도정한 보리의 경우보다 훨씬 크다는 陸²¹⁾의 결과는 穀粒硬度變化는 거의

물의 침투에 의한 내부구조의 변화에 기인함을 입증하고 있다.

앞으로 수和에 의한 穀粒의 부분별 微細構造의變化에 관한 적극적인 연구가 기대된다.

使用記號

- a : 長半徑(cm)
- b : 短半徑(cm)
- E_a : 활성화에너지(cal/hwle)
- H : 시간 t 에서의 硬度(kg)
- H_0 : 산출된 초기경도(kg)
- K_h : 반응속도상수(mm^{-1})
- m_0 : 초기수분함량($\text{gH}_2\text{O/g solid}$)
- m : 시간 t 에서의 수분함량($\text{gH}_2\text{O/g solid}$)
- R : 기체상수($1.987\text{cal}/^\circ\text{k/mole}$)
- t : 수화시간(min)
- T : 절대온도($^\circ\text{k}$)
- V_0 : 穀粒의 초기부피(cm^3)
- ΔV : 시간 t 에서의 곡립부피 증가량(cm^3)
- ε : 異心率

抄 銀

세도하나라의 도정수율별 穀粒分布와 수和中の 부피 및 穀粒硬度變化를 溫度別로 조사하여 速度論적으로 解析하였다.

보리穀粒은 도정됨에 따라 長徑과 短徑이 모두 直線적으로 감소하였으며 減少率は 長徑의 경우가 컸다.

도정한 보리의 수和時 부피증가는 수화시간의 冪數로 표시될 수 있었으며 도정하지 않은 보리의 경우는 불연속적으로 증가하였다.

수和中 보리穀粒의 硬度變化는 1차반응에 속하였으며 반응속도상수는 도정수율이 감소할수록 증가하였다. 온도별 반응속도상수는 Arrhenius 방정식에 의거하여 변화하였으며 활성화에너지는 도정한 보리의 경우 5.1~7.8Kcal/mole, 도정하지 않은 보리의 경우 13.3Kcal/mole이었다.

參 考 文 獻

1. Mohsenin, N.N.: Physical properties of plant and animal materials, p.673, Gordon and Breach Science Publishers, New York(1970)

2. Zoerb, G.C. and Hall, C.W.: J. Agric. Engng. Res., 5 : 83(1960)
3. Bilanski, W.K. and Lal, R.: Trans. of the ASAE, 8 : 411(1965)
4. Narayan, C.V. and Bilanski, W.K.: ASAE paper No. 66-806, Am. Soc. Agr. Engrs., St. Joseph(1966)
5. Suzuki, K. et al.: J. Food Sci., 41 : 1180 (1976)
6. 조은경, 변유량, 김성곤, 유주현 : 한국식품과학회지, 12(4) : 285(1980)
7. 김혜란, 김성곤, 최홍식 : 한국식품과학회지, 12(2) : 122(1980)
8. 최홍식, 김성곤, 변유량, 권태완 : 한국식품과학회지, 10(1) : 52(1978)
9. Silva, C.A.B., Bates, R.P. and Deng, J.C.: J. Food Sci., 46 : 1721(1981)
10. Weast, R.C., Selby, S.M. and Hodgman, C. D.: Handbook of Chemistry and Physics, p. A-203, Chemical Rubber co.(1965)
11. Mohsenin, N.N.: Physical properties of plant and animal materials, p.61, Gordon and Breach Science Publishers, New York(1970)
12. Hinton, J.J.C.: Recent Advances in Processing Cereals, p. 5
13. Bandopadhyay, B. and Ghose, T.K.: Indian J. Technol., 3 : 360(1965)
14. Grosh, G.M. and Milner, M.: Cereal Chem., 36 : 260(1959)
15. Chung, D.S., Fan, L.T. and Sheellenberger, J.A.: J. biochem. microbiol. Technol. Engng. 2 : 377(1961)
16. Lund, D.: Principles of Food Science, Part II Physical Principles of Food Preservation, p.39, Marcel Dekker Inc., New York(1975)
17. Chung, D.S.: Ph. D. thesis, Kansas State University, Kansas(1966)
18. Becker, H.A.: Cereal Chem., 37 : 309(1960)
19. Bandyopadhyay, S. and Roy, N.C.: Indian J. Technol., 14 : 27(1976)
20. Fan, L.T., Chen, H.C., Shellenberger, J.A. and Chung, D.S.: Cereal Chem., 42 : 385 (1965)
21. 陸澈均 : 미발표자료(1982)
22. 이홍식, 이영호, 김영래 : 과학기술처보고서, R-76-37(1976)
23. Brookes, P.A. and Lovett, D.A.: J. Inst. Brew., 82 : 14(1976)
24. Brown, A.J.: J. Inst. Brew., 13 : 658(1907)