

—총 설—

## 밀의 경도가 밀가루 제품에 미치는 영향

김혁일<sup>†</sup> · 하영득

계명대학교 식품가공학과

### Effects of Flour Products on Wheat Hardness

Hyuk-il Kim<sup>†</sup> and Young-Duck Ha

Dept. of Food Science and Technology, Keimyung University, Taegu 704-701, Korea

#### Abstract

The terms of hard and soft as applied to wheats are descriptions of the texture of the kernel. A hard wheat kernel requires greater force to cause it to disintegrate than those a soft wheat kernel. Factors that can affect the measurement of hardness outnumber those that affect hardness itself. Kernel texture is the most important single characteristic that affects the functionality of a common wheat. It affects the way in which wheat must be tempered for milling; the yield and the particle size, shape, and density of flour particles; and the end use properties in milling, breadmaking, production of soft wheat products, and noodle-making. Papers are reviewed from various sources not only hardness but flour functionality.

**Key words :** hardness, hard wheat, soft wheat, bread, cookie

#### 서 론

1985~1986에 미국의 Federal Grain Inspection Service (FGIS : 미연방 곡물검사기구)에서 “곡물의 강도”란 “강(hard)” 한 밀과 “약(soft)” 한 밀의 특성을 나타내는 표현으로서 주목을 받기 시작하였다.

실제로 밀의 강약은 날알 자체의 조직의 표현이기 때문에 강한 밀 날알을 깨뜨리는데는 약한 밀 날알의 경우보다 더욱 많은 힘을 요구하게 된다. 1896년 Cobb<sup>1)</sup>에 의하여 최초로 밀의 날알을 “bite (씹음)”에

의하여 챌 수 있는 장치가 고안된 이후, Bififer<sup>2)</sup>은 밀 종자간의 조직의 차이를 처음으로 조사하였으며, 그후 많은 사람들이 밀의 강도 규명에 노력하였음에도 불구하고 이 강도 측정에 아직도 표준화된 방법이 없다는 것이 매우 안타까운 일이 아닐수 없다.

육종업자는, 농부가 원하는 밀의 종자를 육종하여야 하며, 이를 위하여 적어도 10~14년의 오랜 기간을 거쳐서 한 품종이 세상에 나오게 된다. 미국의 경우 일반 사기업에서 개량된 밀경작이 1979년 10.2%에서 1984년에 18.7%로 급증하였다<sup>3)</sup>. 이 경우 고려되어야 할 점은 밀의 품질과 농업의 경제성이 극대화 되어야 하며, 또 한 높은 수율과 최종제품 적응성이 뛰어나야 한다.

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

생산자인 농부는 각종 병충해에 대한 저항성과 기후에 대한 내성이 크고, 또한 비료 특성이 높아서 수확율이 높고 매출이 쉬운 품종을 원하게 된다.

제분업자는 이물질이 적고 날알의 크기가 일정하며, 밀가루 수율이 높고, 화분량이 적으며 제분시에 에너지 소모가 적은, 즉 외피와 배유 부분의 분리가 쉬운 종자를 택하게 된다.

최종제품 생산업자의 경우에는 제품생산 적성이 뛰어난 것을 원함은 당연하다. 그 중에서도 제빵업자에게는 수분 흡수능력, 손상전분, 단백질의 양과 질, 색깔, 입자의 크기와 분포, 효소 활성 등이 중요한 결정인자가 되며, 제과업자는 알카리성 수분의 흡수능, 쿠키 지름의 크기, 첨가물에 대한 반응성 등을 중요한 요인으로 본다.

밀의 경우, *Triticum durum*종이 파스타(pasta : spaghetti and macaroni), *T. aestivum*의 강력밀인 hard red winter, hard red spring, hard white spring, hard white winter 등이 주로 제빵용으로 사용이 되며, 같은 *T. aestivum*의 박력밀인 soft red spring, soft red winter, soft white spring, soft white winter 등이 케익이나 비스킷 제조에 가장 적합하다고 알려져 있다(Table 1)<sup>4)</sup>.

밀의 경도가 가장 크게 문제되는 경우는, 비스킷, 쿠키나 크래크 등의 제조시이며, 그 이유는 최종제품의 조직이 조밀(dense)하기 때문이다. 제빵에서는 높은 수분량과 낮은 조밀도 때문에 실제적으로는 심각한 문제점은 적다. 빵의 내부 조직(bread crumb)은 단백질의 질과 량, 밀가루의 강도 등과 관련이 큰 빵의 체적에 의해서 크게 영향을 받는다. 오랫동안 밀의 강도는 제분시 에너지의 요구성, 제분 기계의 조절 등에 크게 영향을 미쳐서 제분업자들만의 문제점으로 간주되었다. 그러나 실제로는 비스킷이나 크래크 제조에서도 심각한 문제점을 유발시킨다.

## 경도에 영향을 미치는 요인들

경도에 영향을 미치는 여러 개념중 기본적인 요인들에 대하여 살펴보기로 한다.

### 유전인자(Genotype)

밀의 경도에 가장 크게 영향을 미치는 것이 각 품종(cultivar) 중의 유전형질이다. Pomeranz<sup>5)</sup>에 의하면 밀의 경도는 밀의 종자(variety)가 밀의 생산지역적 특성(location) 보다 훨씬 영향을 크게 받는다고 하였다. Moss<sup>6)</sup>는 호주밀에서 유전인자가 계절이나 지역적 특성보다도 거의 20배나 높은 분산비(ratio of variance)를 보였다고 발표하였고, Williams와 Sobering<sup>7)</sup>에 의하면 100배나 높은 분산비가 있었다고 하였다.

### 성숙시의 환경(Growing location)

환경적 특성은 단백질 함량과 날알의 무게(kernel weight)에는 크게 영향을 미치나 밀의 경도에는 큰 영향이 없다. 환경적 특성중에서 영향이 큰 경우는 땅의 수분흡수와 질소나 인산같은 비료이다. 그러나 Finney 등<sup>8)</sup>은 박력밀의 경우 강력밀 보다 성숙시의 환경 영향이 더 크다고 하였다.

### 성숙시의 계절(Growing season)

수확시의 강우량과 밀 성숙시의 공기의 온도, 바람의 영향이 크다. 그러나 이경우도 밀의 경도보다는 단백질 함량, 날알의 크기 및 밀도에 더욱 큰 영향을 미친다.

Table 1. Types of wheat grown in exporting countries<sup>9)</sup>

Type	Abbreviation	Chief growing areas	Chief end use
Durum	Durum	Russia, Turkey, Canada, Northern USA	Pasta, Couscous
Hard red spring	HRS	Russia, Canada, Northern USA	Breads
Hard red winter	HRW	Russia, USA, Eastern Europe, Argentina	Breads
Hard white spring	HWS	Australia	Breads
Hard white winter	HWW	Australia	Breads
Soft red spring	SRS	Canada, France	Breads, All purpose
Soft red winter	SRW	Eastern USA, Argentina	Sweet goods, All purpose
Soft white spring	SWS	Pacific NW USA, Canada	Sweet goods, All purpose
Soft white winter	SWW	Pacific NW USA, Australia	Sweet goods, All purpose

### 단백질 함량(Protein content)

Miller 등<sup>9</sup>에 의하면 밀의 경도와 단백질 함량간에는 큰 상관 관계를 보이지 않는다고 하였으며, 다른 연구자들의 발표에서도 두 관계사이의 상관 관계는, -0.17<sup>10</sup>, 0.40<sup>10</sup>, -0.29<sup>11</sup>, 0.22<sup>12</sup> 등으로 큰 영향이 없는 것으로 보고 되었다.

### 수분(Moisture)

이 경우는 측정방법에 따라서 매우 다른 영향을 보여 주었으며, 페네트로메타(penetrrometer), 에너지, 회전우력(torque), 마쇄시간(grinding time)등은 수분 함량이 매우 큰 영향력을 미치나, NIR(Near infrared reflectance), PSI(Particle size index) 방법 등은 큰 영향력이 없음이 보고 되었다.

### 온도(Temperature)

Miller 등<sup>13</sup>은 온도는 특히 박력밀의 경우 마쇄시간을 줄인 반면, 듀럼 밀의 경우 별 영향을 미치지 않았다고 하였다. 또한 Williams 등<sup>14</sup>은 싸이클론 마쇄기(cyclone grinder)의 경우 15~20 샘플을 사용한후 40°C로 안정화 되었다고 하였다.

### 날알의 크기(Kernel size)

에너지나 회전우력 등을 이용한 경우(PSI, NIR)와 날알압착(single-kernel compression)은 큰 영향력을 보였으나, 마쇄나 체질의 경우 큰 영향력을 보여주지 않았다<sup>15, 16</sup>.

### 기타 요인들

발아 손상, 무게 및 외피의 두께 등이며 강력밀의 경우 발아(germination)가 진행될수록 조직이 약하여 견음을 보고 하였고<sup>15</sup> 박력밀에서는 반대의 경향을 보여 주었다. 대부분의 강력분은 박력분에 비하여 적은 표면적을 지니며 높은  $\alpha$ -amylase 활성을 가진다. 외피의 두께는<sup>17</sup>, 호주의 박력밀의 경우 섬유질이 밀가루 수율에 반대의 경향을 보여주었으나 ( $r=-0.88$ ), 강력밀의 경우 큰 영향을 미치지 못하였음을 보여 주었다. 외피가 있는 경우는 밀의 경도와 상호관계를 보여 주었으나, 외피 제거후에는 별로 큰 영향을 보여 주지 못하였다<sup>18</sup>. 외피 제거후의 결과는 수분 함량이 큰 영향을 미쳤다(Table 2).

**Table 2. Correlation coefficient between protein content and hardness indices**

	Whole grain	Debranned grain
Wheat hardness index	-0.749	-0.032
Average particle size	-0.903	0.126
Flour yield	0.868	0.325
Energy of grinding	-0.315	0.496
Torque	0.172	0.408
Time of grinding	-0.435	-0.336
Particle size of wheat	0.231	-0.649
Pearling resistance index	0.198	—

Adopted from Obuchowski and Bushuk<sup>19</sup>

### 밀의 경도 측정

수많은 밀의 경도 측정 방법이 제안 되었으나 아직 까지 공식적으로 표준화된 방법은 없다. 여러가지 복잡한 요인들 때문에 절대치의 밀의 경도를 측정하기란 거의 불가능하다. 곡물 자체가 같은 크기나 모양을 지니지 못하기 때문에 밀날알이 깨어질때 까지 힘을 가할 경우 어떠한 요인이 깨어지게 하는데 가장 큰 영향을 미치는지를 안다는 것을 규명하기란 매우 어렵다. 제조업자들의 경우는 언제나 최종제품(baking test)을 만들어 본 후에야 그 밀가루가 강력밀인지, 박력밀인지 아니면 쉬운 밀인지를 알 수 있는 절대값을 부여 할 수 있게 되어있다. 이미 알려져 있는 수많은 측정 방법을 다음과 같이 크게 세가지로 나누어서 살펴 보고자 한다.

### 가시적 측정방법(Visual methods)

#### 세포 구조(Cellular structure)

강력밀의 경우 전체 세포들의 분포가 박력밀의 경우 보다 크다.

#### 단편의 양상(Manner of fragmentation)

강력밀의 경우, 깨어질때 균열이 세포의 경계에 위치하여 있는 반면 박력밀의 경우, 균열이 아무곳에서나 나타난다. 세포벽의 보존성이 강력밀의 경우가 박력밀에 비하여 크다.

#### 초자질 성질(Hard dark vitreousness, HDV)

초자질의 결정은 전분과 단백질의 표면이 기공에 접하여 연속적인 배유의 세포간질(matrix)을 가짐에 의하여 결정이 되며, 모든 배유부분의 물질들이 주로 수소결합에 의하여 나타나 보여지는 현상이라고 알려져 있다. 기공의 경우는 빛의 산란에 의하여

회계 보여지는 것이다. 날알의 초자질 성질에 의한 분류는 지금은 오직 춘백(spring wheat)에서만 분류의 목적으로 사용되고 있다. 원래 강도는 드럼밀에서 semolina 수율과 관계가 깊기 때문에 많이 고려되었다. 초자질 성질은 밀의 종자보다도 환경요건에 의하여 훨씬 크게 지배된다. 이 방법은 주관적인 방법이기 때문에 semolina나 farina의 수율이 의의 객관적인 방법과는 직접적인 연관이 어렵다.

#### 밀 날알의 측정방법 (Measurement on wheat kernels)

##### 절단 (Indentability)

다이아몬드로 만들어진 표준화된 무게로 밀의 날알을 매끄럽게 절단하는 것.

##### 분쇄 (Crushability)

밀 날알 한개를 깰 때 나타나는 여러 힘이나 양상을 이용하는 것이며 예를 들면, 페네트로미터 (penetrometer), 음향(acoustic), 응력변형(stress-strain), 응집성(cohesive properties) 등이 있다.

##### 펄링 값 (Pearling index)

Barley pearler를 이용하여 외피부분을 갈아낼 때 생기는 힘이나 소요시간을 재는 방법. 그래서 외피의 두께가 이 값에 문제가 된다. 또한 날알의 크기, 생김새, 외피의 양과 성질도 문제가 된다.

##### 마쇄력 (Grinding energy)

Torque, grinding time, brabender hardness tester 등에 의하여, Kosmolak<sup>19)</sup>의 발표에 의하면 밀의 강도에 따른 마쇄시간의 차이를 쉽게 알 수 있다 (Table 3).

Table 3. Hardness and grinding time

Hardness	Grinding time(sec)
Durum hard	24~26
Very hard	27~32
Hard	35~45
Medium hard	46~63
Soft	64~200

Adopted from Kosmolak<sup>19)</sup>

#### 제분시의 측정방법 (Measurement on ground wheat)

##### 흐름성 (Flowability)

일정량의 밀가루 입자가 깔때기를 타고 떨어질 때 비중에 의하여 요하는 시간을 측정하는 방법이다. 입

자의 세밀도, 마찰력에 영향을 많이 받는다. 강력분 일수록 입자가 깨끗하고, 각도가 커서 빨리 흐른다.

##### 총진 밀도 (Packing density)

비중에 의하여 떨어질 때 일정용기에 채워진 부피에 의하여 측정한다.

##### 압축성과 가교성 (Compressibility and bridging)

일정용기에 일정한 무게를 주어서 압축되는 부피를 보는 것으로 밀가루 입자 표면의 성질이 매우 중요한 인자가 된다. 입자와 입자간의 가교성에 의하여 밀가루의 압축성이 달라진다. 보통 두가지가 병합되어 측정된다.

##### 체질 (Sieving)

아마도 가장 많이 사용 되어지는 방법이 particle size index이다. 박력분의 경우 쉽게 작은 입자로 깨어지는 경향이 있으며 그 이유는 자유로운 전분입자가 쉽게 단백질 입자로부터 떨어져 나가기 때문이다.

제분시의 밀가루를 크게 break flour와 reduction flour로 구분하여 보면, break flour의 수율이 밀의 강도에 따라서 매우 다름을 알 수 있다. 박력밀의 경우 강력밀에 비하여 훨씬 높은 break flour 수율을 보여주었으며, 이 때 단백질 함량과는 거의 무관하였다 (Table 4)<sup>20)</sup>.

Table 4. The yield of break flour

Cultivar	Class	Break flour yield(%)	Protein (%)
Vic	Durum	20.7	14.0
Len	HRS	33.4	15.6
Shawnee	HRW	42.5	12.6
Hillsdale	SRS	45.0	10.3
Favor	SWW	57.6	9.5
Caldwell	SRS	63.1	9.3
Logan	SRW	67.1	10.4

Adopted from Faridi et al.<sup>20)</sup>

##### 침전 (Sedimentation)

액체관 (column of liquid)을 사용하여 서로 다른 크기의 입자를 측정하며, 특히 이 방법은 아주 작은 입자 즉, 전분입자 같은 것에 유용하다.

##### N.I.R. (Near Infrared Reflectance : Index 1,680nm)

주로 입자의 크기와 분포에 의하여, 이 방법은 최근에 주로 표준법(reference)으로 많이 이용이 된다.

##### 손상 전분 (Starch damage)

강력밀이 제분시에 더욱 많은 힘을 요구하기 때문

**Table 5. Various methods of expressing wheat texture<sup>a</sup>**

Method or principle	Higher values	Lower values	Typical range
Vitreousness kernel percent	Hard	Soft	0~50% (soft) 50~100% (hard)
Crushing	Hard	Soft	Depends on device
"Biting"	Hard	Soft	Depends on device
Branbender hardness tester			
Work	Hard	Soft	550~900j
GT <sup>c</sup>	Soft	Hard	30~250 sec
HI <sup>b</sup>	Hard	Soft	20~100
FY <sup>c</sup>	Soft	Hard	20~50%
FY <sup>b</sup>	Soft	Hard	5~15%
Particle size index			
Burr <sup>c</sup>	Soft	Hard	6~45
Cyclone <sup>c</sup>	Soft	Hard	35~75%
Grind time <sup>d</sup>	Soft	Hard	30~250 sec
Grind time <sup>e</sup>	Hard	Soft	35~70 sec
Pearl resistance	Hard	Soft	Depends on method
Pearl percent off	Soft	Hard	25~75%
Near-infrared reflectance <sup>f</sup>	Soft	Hard	35~75%
USDA <sup>g</sup>	Hard	Soft	25~75
T at 1,680nm <sup>h</sup>	Hard	Soft	180~420
Dj at 1,680nm <sup>h</sup>	Hard	Soft	40~100

<sup>a</sup>Miller et al.<sup>18)</sup> GT= time to grind 4g of wheat, in seconds ; FY= flour yield (percent of flour obtained by sieving 2g of wheat ground in the BHT for 9 minutes on a sonic sifter, using a 106μm screen

<sup>b</sup>Greenway<sup>21)</sup>, HI= Peak height (Brabender hardness tester) divided by flour yield

<sup>c</sup>Wheat ground in a burr mill such as the Falling number KT-3303 or LabConco 900 or in a cyclone grinder

<sup>d</sup>Kosmolak<sup>19)</sup>

<sup>e</sup>De La Roche and Fowler<sup>22)</sup>

<sup>f</sup>Williams and Sobering<sup>7)</sup>

<sup>g</sup>Norris et al.<sup>23)</sup>

<sup>h</sup>T=typical Technicon InfraAlyzer values ; DJ=Dickey-John values

Values refer to near-infrared optical signals at 1,680nm

**Table 6. Correlation numbers of functional properties of hard wheat<sup>16)</sup>**

	Wheat hardness (Milling)	Wheat protein	Starch damage
Wheat			
Density	0.560	0.596	0.460
Protein	0.748	1.000	0.545
Starch damage	0.845	0.545	1.000
BMHT	-0.794	-0.754	-0.649
SHT(sec)	0.837	0.692	0.759
PSI	-0.911	-0.782	-0.894
Wheat abrasion	0.812	0.698	0.689
NIR	0.942	0.788	0.901

BMHT : Brabender automated microhardness tester

SHT : Stenvert hardness tester

PSI : Particle size index

NIR : Near infrared reflectance

에 더욱 많은 손상 전분이 생성된다.

이상과 같이 매우 다양한 경도 측정방법이 알려져

있기 때문에 어떤 특정한 한가지 방법으로 경도를 측정한 후 그 값을 절대치로 결정하기란 매우 어려운 일이며 또한 위험하다. 지금까지 알려진 측정 방법을 Pomeranz 와 Williams<sup>6)</sup>가 정리하여 발표한것을 Table 5에 나타내었으며, 여러 방법들과 비교 검토하여 본 결과 NIR 방법(AACC Method 39-70A)이 가장 신빙성이 높은 방법임을 Table 6에서 알수 있다.

### 경도의 가설

경도를 지배하는 요인이 매우 복잡하기 때문에 아직 정립이 되어 있지 않으나 아래와 같이 크게 세가지로 나누어 볼 수 있겠다.

#### 부착설 (Adhesion theory)

a) 전분과 단백질의 부착성<sup>24,25)</sup>

- b) 수용성 단백<sup>25)</sup>
- c) 깨어진 전분이 많은 강력분의 경우 단백질과 전분의 결합이 강하기 때문이며, 더욱 wetting이 잘 되어서 강력한 결합을 하고 있다<sup>27,28)</sup>.
- d) 알콜에 용해하는 단백질<sup>29)</sup>
- e) 분자량이 낮은(MW : 15,000) 단백질이 “잘 달라 붙지 않는 성질 : nonstick” (Teflon-like)<sup>30)</sup>
- f) Chromosome 5D<sup>31)</sup>

### 연속성과 비연속성(Continuous (filled) & discontinuous (unfilled))<sup>32)</sup>

강력밀의 경우 단백질이 연속적으로 배열되어 있으나, 박력밀의 경우에는 불연속적으로 배열되어 있다. 이 설은 초자질(vitrousness) 성질에 근거를 두고 있기 때문에 환경적 요인이 크게 작용하여, 종자의 유전적 형질은 큰 요인이 아니다.

### 단백질의 전하(Net charge of protein)<sup>33)</sup>

만일 단백질의 전하가 크면 서로 빙어내는 힘이 커져서 약한 밀이 된다. 이 이론은 단백질이 용액상으로 존재할 경우 잘 적용되나 실제 밀단백은 고형상태이기 때문에 문제점이 있다.

### 제분과 최종제품에 미치는 영향

제분업자는 외피와 배유의 분리가 쉽고 밀가루의 수득율이 높으며, 이물질(speck)의 혼입이 적고 금속이온의 함량이 적은 밀을 선호한다. 제분시에 조절(tempering)에 직접적인 영향을 미치는 것이 경도이지만 경도 뿐만아니라 수분함량, 날알의 크기, 단백질 함량, 곡물 자체의 유전적 형질도 중요하다.

경도는 제분업자에게 있어서 수율, 체질, 흐름성, farina나 semolina의 생산에 매우 중요하다. 강력밀의 깨어짐 특성은 세포와 세포사이(intercellular)의 전단력(shear force)이며, 박력밀의 깨어짐 특성은 세포내부(intracellular)의 단장(fragility)이다.

### 제분시에 미치는 영향

#### 소비 에너지(Power consumption)<sup>34,35)</sup>

제분시 모든 공정 중 milling에만 전체 소요 에너지 중 75%가 소모된다. 박력밀(Soft wheat)에는 12.9 Whr/Kg의 힘이 소요되며, 강력밀(Hard wheat)에는

34.5 Whr/kg의 힘이 요구된다.

#### 조절(Tempering or conditioning)<sup>36,37)</sup>

Tempering의 목적은 배유와 외피가 쉽게 분리되게 외피를 단단하게 해주며, 밀가루 입자가 작게 되기 쉽게하여 에너지 소모가 적게 해주기 위함이다.

요인으로는 a) 밀의 경도, b) 날알의 구조, c) 날알의 크기, d) 떨도, e) 수분 함량, f) 공정온도, g) 곡물의 성숙도, h) 수확후의 성숙도 등이다.

#### 수분 흡수(Flour water absorption)<sup>38,39)</sup>

밀가루의 수분흡수에 미치는 원인으로서는 a) 단백질, b) 손상전분, c) 밀가루 자체의 수분함량, d) 세포막 세로로즈(cellulose)의 성분과 펜토산(pentosan) 등이다.

#### 손상전분(Starch damage)<sup>38,40)</sup>

손상전분의 경우 surface factor, 즉 곡물 자체와 물리표면의 마찰에 의하여, internal factor, 즉 곡물의 내부입자의 각 세포와 다른 응집된 세포덩어리와 물리표면과의 마찰에 의하여 나타난다. 강력밀의 경우 성숙시에 세포 자체가 그대로 존재하나 박력밀의 경우 세포가 깨어지기 때문에 세분시에 에너지 소모량이 적고 또한 손상전분이 적다.

#### 밀가루 수율(Flour yield)<sup>37,41,42)</sup>

박력분의 경우에는 전분입자의 세포 자체가 깨어지지 않고 그대로 존재하나 강력분은 깨어져서 존재하기 때문에 부서짐성(brittleness)과 가소성(plasticity)의 성질이 나타난다.

### 제빵시에 미치는 영향

제빵시에는 밀의 경도가 강력밀의 경우 중요하긴하나 박력밀에 비하여 심각하지는 않다. 제빵 적성에 영향을 미치는 요인을 살펴보면 아래와 같다<sup>4,5,10,11)</sup>.

#### 제빵시의 수분 흡수성(Bread baking absorption)

a) 손상전분: 만일 밀가루 자체가 발효성 당을 지녀서 설탕을 거의 사용하지 않는 경우는 손상전분이 크게 영향을 미친다. 또한 수분 흡수에도 영향을 미쳐서 빵의 식선도에까지 영향을 미친다.

b) 입자의 크기: 수분 흡수에 영향을 미친다. 반죽의 경우, 강력밀은 경직성을 부여하나 박력밀은 늘어진다. 대부분의 박력분의 경우, 말토스(maltose) 함량, 아미로스가(amylose value), 손상전분(starch damage) 함량, 수분 흡수(water absorption)가 강력분에 비하여 낮다. 손상전분을 많게 하거나 더 많은 설탕량을 가하면 좋은 제품의 빵을 얻게 된다. 그 이유는 손상전분이 증가 할수록 발효성당이 증가하며, 빵의

부피에 대한 1%단백질 효율이 박력분과 강력분간에 차이가 없는 것으로 보아 종자로부터 오는 차이라는 것을 알수 있다.

#### 혼합시간 (Mixing time)

#### 빵의 특성 (Loaf properties)

제빵적성을 지배하는 요인은 a) 단백질량, b) 밀의 경도, c) thio group 등이며, 단백질량이 증가하면 disulfide량이 증가하여 손상전분 함량도 증가한다. sulphydryl그룹을 가진 저분자 glutathione이 제빵 적성에도 관계한다. Randall과 Wrigley<sup>43</sup>의 연구 결과에 의하면 sulfur가 적은 토양에서는 강한 밀이 생성되어 반죽이 너무 딱딱하고 놀림성이 부족하여 부피가 적

고 나쁜 조직의 빵이 얻어졌다. 밀의 경도는 또한 저장시의 해충의 침범과도 유관하다고 하는데, 이는 아마도 강한 곡립입자가 잘 깨어지고 먼지를 많이 만들기 때문이라 보여진다. 실제로 제빵적성에 영향을 미치는 것은 밀의 경도라기 보다는 단백질의 양과 질이다. Table 7에 강력밀, 박력밀 그리고 듀럼밀 각기의 서로 다른 특성에 대하여 비교하였다.

#### 제과시에 미치는 영향

손상전분이 품질 및 쿠키 퍼짐성에 크게 영향을 미치기 때문에 케익 제조시에는 오히려 밀가루의 작은 가루가 더욱 문제가 된다. 이러한 현상에는 모두 밀의

Table 7. Mean values of studied parameters in wheats<sup>a</sup>

Parameters	Quality of wheats						
	HRW (16)	HRS (10)	SRW (10)	SWE (10)	SWW (10)	CLB (10)	DUR (11)
Test wt.(1b/Bu)	60.9	61.4	61.9	61.8	61.0	60.7	61.8
1,000Kernel wt.(g)	28.0	32.1	33.3	37.8	36.0	29.1	39.3
Wheat density(g/cc)	1.4594	1.4605	1.4252	1.4224	1.4417	1.4451	1.4583
Wheat ash(%)	1.57	1.56	1.48	1.49	1.46	1.34	1.59
Wheat protein(%)	11.68	13.69	9.65	9.29	9.97	10.48	13.35
Flour yield(%)	72.9	75.2	71.8	69.6	72.1	72.7	70.4
Mill rating (hardness)	6.1	7.3	0.3	1.9	3.2	3.4	9.5
Starch damage(%)	7.0	7.2	4.4	0.2	5.0	4.4	13.8
BMHT(sec)	29.0	28.1	59.5	56.6	42.3	45.7	24.9
SHT(sec)	49.8	49.6	31.8	31.6	31.0	32.0	52.1
SHT(mm)	136.2	136.2	159.2	164.8	151.3	155.0	135.6
PSI(%)	28.0	26.5	41.7	41.3	36.6	38.4	15.7
Abrasion(%)	63.8	61.7	44.2	40.2	40.8	47.1	64.6
NIR	65.1	72.9	26.7	24.2	27.5	28.3	109.2
Flour protein(%)	10.74	13.11	8.56	8.16	8.87	9.42	12.63
Bake absorption(%)	63.93	67.52					
MDT(min)	3.70	3.59	3.30	3.01	2.24	1.99	2.76
Bake mix time(min)	3.92	4.76					
Loaf volume(cc)	879	985					
Crumb grain	3.67	2.47					
Specific loaf volume(cc/1% protein)	58.71	56.00					
Cookie diameter(cm)			9.51	9.46	9.22	9.36	

Table 8. Textural evaluation of five wheat cultivars<sup>19</sup>

Cultivar	Class	Scanning electron microscope	Particle size index	Caracker texture	Flour strength	Cookie width (cm/six cookies)
Becker	SRW	1	58	8	70	17.5
Augsta	ESWW	2	58	7	65	17.5
Scotty	SRW	3	45	12	65	17.7
Was-Mix	WSW	4	52	13	75	16.9
Newton	HRW	5	38	20	140	16.2

유전적 형질(genetics)이 더욱 크게 작용한다. Cracker texture와 PSI의  $r=0.93$ , 그리고 cracker texture와 SEM의  $r=0.90$ 이었으나<sup>3)</sup>, 박력밀의 경우에는  $r=0.03$ 으로서 전혀 상관관계가 없었으며, 여러 밀의 특성을 Table 8과 같이 살펴보았다.

박력밀로 만든 죄종제품의 품질향상을 위하여 개발한 새로운 밀품종중에서 Caldwell종이 가장 뛰어난 죄종제품 적응성을 보였으나 적은 수율 및 병충해와 내해에 약한 특성 때문에 널리 보급되지 못하고 있는 실정이다(Table 9).

이상에서 종합하여 관찰한 결과에 의하여 강력밀과 박력밀의 차이점을 Table 10에 요약하였다.

**Table 9. The baking performances of eastern soft red winter wheats<sup>3)</sup>**

Cultivar	Cookie	Cake	Cracker	Bread
Caldwell	A	B	A	
Coker 747	A	B		F
Adena	A	B	A	F
Hart	B	A		F
Hillsdale	B	D	F	
Arthur	C	B	A	
Titan	C	A	C	F
Compton	D	F	B	D

A : Excellent, F : Very poor

## 결 론

밀의 경도는 글루텐 강도(gluten strength) 외에 거의 모든 점에서 기능적 특성에 영향을 미친다. 경도가 증가할수록 제분사에 에너지의 소모가 많으며, 밀가루의 분말의 형태, 손상전분, 수분흡수능력, 가스생성력 등에 영향력을 미치며, 또한 가스생성력 때문에 빵의 부피, 빵 내부의 조직에도 영향을 미친다. 그러나 이러한 관점에서 우리는 다음과 같은 여러 의문점이 제기된다.

1) 경도와 쿠키조직과는 큰 관련이 없는 것으로 나타나 있는데 왜 이렇게 낮은 상관관계를 보여 주는지?

2) 전분의 어떠한 특성이 콩물의 경도에 영향을 미치는지?

3) 제분 특성은 여러가지 많은 요인들의 복합적인 영향에 기인하게 되는데, 과연 경도 하나만으로 이야기할 수 있을런지?

**Table 10. Overall characteristics of hard and soft wheat**

Class	Hard wheat	Soft wheat
Flours	Gritty	Smooth
Production	Semolina, Farina, Flour	
Flour		
Extraction rate	High	Low
Broken pattern	Shatter	Powder
Particle size range	Wide	Narrow
Granules	More	Less
Protein-starch adherence	Strong	Weak
Composition homogeneity	Great	Low
Size	Regular	Varied (higher % of small particles)
Cell contents	Firmly bonded	Weak bonded
Vitreousness	Vitreous, Flinty	Yellow-berry, Mazy starchy
Energy consumption	High	Low
Gas production	High	Low
Ash	Low	High
Throughput	High	Low
Water-absorption	High	Low
Maltose	High	Low
Amylose	High	Low
Mixing time	Long	Short
Cookie or cracker	Dense	Good
Bread	Good	Bad
Starch granules	Not clean	Clean
Starch damage	High	Low
Protein	High	Low
Protein and starch	Plasticity	Brittleness
Fracture	Cell walls	Through cell
Fissure	Along cell boundaries	Haphazard
Proportion of entire cell	Great	Low
Retention of cell walls	Great	Low
Cleavage pattern	Intercellular	Intracellular

4) PSI에 의하여 죄종 제품의 질을 판단할 수 있으나 적절한 조절과 재분공정의 예측이 가능한지?

5) 여러 경험적 경도 실험법에 의하여 환경요인이나 유전적 형질의 판단이 가능한지?

6) 경도 측정으로 얻은 결과와 지식으로 다른 여러 분석방법과의 관계를 설명할 수 있을런지?

위와 같은 여러 요건들로 미루어 밀의 경도반으로 그 품질을 정확히 알아 낸다는 것은 매우 어렵고 불확실한 일이다. 그래서 반드시 육종업자, 제분업자, 제과및 제빵업자, 식품과학자 등이 서로의 공동관심

사로써 이 문제의 해결에 함께 노력하여야만 될것이다.

## 문 헌

1. Cobb, N. A. : The hardness of grain in the principal varieties of wheat. *Agric. Gazette N. S. W.*, **7**, 279(1896)
2. Biffen, R. H. : On the inheritance of "strength" in wheat. *J. Agric. Sci.*, **3**, 86(1908)
3. Finney, P. L., Gaines, C. S. and Andrews, L. C. : Wheat quality : A quality accessor's view. *Cereal Foods World*, **32**, 313(1987)
4. Pomeranz, Y. and Williams, P. C. : Wheat hardness : Its genetic, structural, and biochemical background, measurement, and significance. In "Advances in cereal science and technology" Pomeranz, Y. (ed.), Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, Vol. 10, p. 471(1990)
5. Pomeranz, Y., Peterson, C. J. and Mattern, P. J. : Hardness of winter wheats grown under widely different climatic conditions. *Cereal Chem.*, **62**, 463(1985)
6. Moss, H. J. : Factors determining the optimum hardness of wheat. *Aust. J. Agric. Res.*, **29**, 1117(1978)
7. Williams, P. C. and Sobering, D. C. : Influence of variables on wheat hardness. (Abstr. 51) *Cereal Foods World*, **29**, 498(1984)
8. Miller, B. S., Pomeranz, Y. and Afework, S. : Hardness(texture) of hard red winter wheat grown in a soft wheat area and of soft red winter wheat grown in a hard wheat area. *Cereal Chem.*, **61**, 201(1984)
9. Sampson, D. R. : Lack of correlation between kernel hardness and protein content in a winter wheat progeny. *Can. J. Plant Sci.*, **62**, 797(1982)
10. Fowler, D. B. and De La Roche, I. A. : Wheat quality evaluation. II. Relationships among prediction tests. *Can. J. Plant Sci.*, **55**, 251(1975)
11. Baker, R. J., Tipples, K. H. and Campbell, A. B. : Herabilities of and correlations among quality traits in wheat. *Can. J. Plant Sci.*, **51**, 441(1971)
12. Trupp, C. R. : Particle size index-breeding behavior and association with protein percentage in wheat. *Crop Sci.*, **16**, 618(1976)
13. Miller, B. S., Afework, S., Hughes, J. W. and Pomeranz, Y. : Wheat hardness. Time required to grind wheat with brabender automatic microhardness tester. *J. Food Sci.*, **46**, 1863(1981)
14. Williams, P. C., Norris, K. H. and Zarowski, W. S. : Influence of temperature on estimation of protein and moisture in wheat by near-infrared reflectance. *Cereal Chem.*, **59**, 473(1982)
15. Pomeranz, Y. and Afework, S. : The effects of kernel size in plump and shrunken kernels and of sprouting on kernel hardness in wheat. *J. Cereal Sci.*, **2**, 119(1984)
16. Pomeranz, Y., Czuchajowska, Z., Shogren, M. D., Rubenthaler, G. L., Boke, L. C., Jeffers, H. and Mattern, P. J. : Hardness and functional (bread and cookie-making) properties of U.S. wheats. *Cereal Foods World*, **33**, 297(1988)
17. Moss, H. J. and Stenvert, N. L. : The determination and properties of the fibrous covering of wheat grain. *Aust. J. Agric. Res.*, **22**, 547(1971)
18. Obuchowski, W. and Bushuk, W. : Wheat hardness : Comparison of methods of its evaluation. *Cereal Chem.*, **57**, 421(1980)
19. Kosmolak, F. G. : Grinding time -A screening test for kernel hardness in wheat. *Can. J. Plant Sci.*, **58**, 415(1978)
20. Faridi, H., Finley, J. W. and Leveille, G. A. : Wheat hardness : A user's view. *Cereal Foods World*, **32**, 327(1987)
21. Greenaway, W. T. : A wheat hardness index. *Cereal Sci. Today*, **14**, 4(1969)
22. De La Roche, I. A. and Fowler, D. B. : Wheat quality evaluation : I. Accuracy and precision of prediction tests. *Can. J. Plant Sci.*, **55**, 241(1975)
23. Norris, K. H., Hruschka, W. R., Bean, M. M. and Slaughter, D. C. : A definition of wheat hardness using near infrared reflectance spectroscopy. *Cereal Foods World*, **34**, 696(1989)
24. Simmonds, D. H., Barlow, R. R. and Wrigley, C. W. : The biochemical basis of grain hardness in wheat. *Cereal Chem.*, **50**, 553(1973)
25. Simmonds, D. H. and O'Brien, T. P. : Morphological and biochemical development of the wheat endosperm. In "Advances in cereal science and technology" Pomeranz, Y. (ed.), Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, Vol. 4, p. 5(1981)
26. Barlow, K. K., Buttrose, M. S., Simmonds, D. H. and Veski, M. : The nature of the starch-protein interface in wheat endosperm. *Cereal Chem.*, **50**, 443(1973)
27. Hoseneay, R. C. : Wheat hardness. *Cereal Foods World*, **32**, 320(1987)
28. Hoseneay, R. C. and Seib, P. A. : Structural differences in hard and soft wheat. *Baker's Dig.*, **47**, 26(1973)
29. Abdelrahman, A. A. and Hoseneay, R. C. : Basis for hardness in pearl millet, grain sorghum, and corn. *Cereal Chem.*, **61**, 232(1984)
30. Greenwell, P. and Schofield, J. D. : A starch granule protein associated with endosperm softness in wheat. *Cereal Chem.*, **63**, 379(1986)

31. Law, C. N., Young, C. F., Brown, J. W. S., Snape, J. W. and Worland, A. J. : The study of grain protein control in wheat using whole chromosome substitution lines. In "Seed protein improvement by nuclear techniques" Int. Atomic Energy Agency, Vienna, p. 483 (1978)
32. Stenvert, N. L. and Kingswood, R. : The influence of the physical texture of the protein matrix on wheat hardness. *J. Sci. Food Agric.*, **28**, 11 (1977)
33. Doeke, G. J. and Belderok, B. : Kernel hardness and baking quality of wheat-A genetic analysis using chromosome substitution lines. *Euphytica*, **25**, 565 (1976)
34. Killborn, R. H., Black, H. C., Dexter, J. E. and Martin, D. G. : Energy consumption during flour milling: Description of two measuring systems and the influence of wheat hardness on energy requirement. *Cereal Chem.*, **59**, 284 (1982)
35. Black, H. C. : The GRL pilot mill. *Assoc. Oper. Miller Tech. Bull.* (Sept.), p. 3834 (1980)
36. Stenvert, N. R. and Kingswood, K. : An autoradiographic demonstration of the penetration of water into wheat during tempering. *Cereal Chem.*, **53**, 141 (1976)
37. Stenvert, N. R., and Kingswood, K. : Factors influencing the rate of moisture penetration into wheat during tempering. *Cereal Chem.*, **54**, 62 (1977)
38. Anonymous : The importance of conditioning Australian wheat for milling. *Wheat Aust.*, **10**, 2 (1977)
39. Evers, A. D. : Wheat endosperm texture. *FMBRA Choleywood, U.K. Bull. June*, p. 109 (1985)
40. Williams, P. C. : Relation of starch damage and related characteristics to kernel hardness in Australian wheat varieties. *Cereal Chem.*, **44**, 383 (1967)
41. Moss, H. J., Stenvert, H. L., Kingswood, K. and Pointing, G. : The relationship between wheat microstructure and flour milling. *Scanning Electron Microsc.*, **3**, 613 (1980)
42. Kent, N. R. : Structural and nutritional properties of cereal proteins. In "Proteins as human food" Lawrie, R. A. (ed.), Butterworths, London, p. 280 (1969)
43. Randall, P. J. and Wrigley, C. W. : Effects of sulfur supply on the yield, composition, and quality of grain from cereals, oilseeds, and legumes. In "Advances in cereal science and technology" Pomeranz, (ed.), Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, Vol. 8, p. 171 (1986)

(1991년 12월 8일 접수)