

## 小麥 品質特性的 遺傳 및 環境의 變異

張鶴吉 · 金昌湜\* · 河德模\* · 辛孝善\*

農村振興廳 農村營改善研修院\*東國大學校 食品工學科

# Effect of Genetic-Environmental Interaction on Quality of Wheat

Hak-Gil Chang, Chang-Sik Kim,\* Duk-Mo Hah\* and Hyo-Sun Shin\*

Rural Nutrition Institute, Rural Development Administration, Suwon

\*Department of Food Technology, Dongguk University, Seoul

### Abstract

Seven cultivars of hard and soft wheat were evaluated by regression analysis for five bread quality characteristics to determine varietal response to environments. The regression coefficients were used as the measure of adaptability, and determination coefficients were used as the measure of stability by models of Eberhart and Russell. Phenotypic, genotypic and environmental correlation coefficient estimated for 6 characters tested in this experiments. Statistical analyses confirmed the strong influence of environment on five bread quality. A significant positive correlation exists between protein content, sedimentation value, pelshenke value and specific loaf volume. High heritability was found for sedimentation value ( $h^2=0.747$ ), protein content ( $h^2=0.577$ ) and specific loaf volume ( $h^2=0.551$ ).

### 序 論

밀의 品質特性은 品種과 관련된 遺傳特性과 栽培環境條件에 영향을 받는 環境의 特性으로 구분할 수 있다.<sup>(1)</sup> 밀의 遺傳的 品質特性으로서의 製粉率, 蛋白質含量, rheology特性 및 製品適성에 이르기까지 다양하나 이와 같은 特性은 遺傳的 特性뿐만 아니라 栽培環境條件에 따라서도 큰 영향을 받는다.<sup>(2-7)</sup>

밀의 製粉率은 이론상 82-84%가 되나 品種에 따라서 그 차이는 대단히 크다. 製粉率 증가에서 가장 큰 制限要因이 되고 있는 것은 表皮分離의 어려움에 따른 灰分含量의 증가로서 밀의 製粉特性은 製粉率, 蛋白質 및 灰分含量에 의하여 결정된다.<sup>(9-10)</sup>

밀의 蛋白質含量은 品種에 따라 6~18%로서, 동일 品種에서도 栽培環境條件에 따라 그 含量은 8~18%의 큰 차이를 보이고 있어 밀의 蛋白質含量은 品種의 遺傳性과 環境要因에 의하여 크게 영향을 받고 있다.<sup>(11-13)</sup>

Fallet<sup>(14)</sup>는 蛋白質의 gluten-forming protein은 밀 育種에 있어서 遺傳적으로 조절되는 가장 중요한 特性으로 비교적 栽培環境의 영향을 적게 받는 品種固有의 品質特性이라 하였다. 한편 Mattern<sup>(15)</sup>과 Slicker<sup>(16)</sup>는 蛋白質含量과 沈澱價에 미치는 栽培環境의 영향을 검

토한 바 沈澱價는 蛋白質含量보다 地域에 따라 차이가 적음을 밝혔다.

일반적으로 農業의 形質 및 品質에 관여하는 遺傳因子의 발현에 있어서는 環境에 의하여 큰 영향을 받는다. 따라서 Finlay와 Wilkinson<sup>(17)</sup>은 品種의 適應性 측정방법으로서 각 品種의 數量性을 生産力과 回歸係數로 표시하여 그것을 環境에 대한 Stability parameter로 활용하였고, Eberhart와 Russell<sup>(18)</sup>은 品種의 特性을 나타내기 위한 Stability parameter의 統計學的 모델로서 環境指數와 回歸係數를 이용하였다. 그러나 이와 같은 검토는 種實數量의 遺傳과 環境의 相互關係 究明에만 제한되어 왔다.

최근 Busch 등,<sup>(19)</sup> Kouame 등,<sup>(20)</sup> Johnson 등<sup>(21)</sup> 및 Borghi 등<sup>(22)</sup>에 의해서 밀의 品質特性的 環境適應에 대한 研究結果가 부분적으로 발표되면서 이에 대한 관심은 전반적으로 높아지고 있다. 따라서 本研究은 韓國産 小麥의 品質特性에 대한 遺傳 및 環境의 變異에 관하여 一連의 實驗을 실시한바 그 結果를 보고하는 바이다.

### 材料 및 方法

材料

사용된 材料는 Table 1에서와 같이 7개 硬,軟質 小麥 品種으로서 전국 9개 地域을 시험지로 하여 2년간에 걸쳐 생산된 것을 供試材料로 하였다.

方法

小麥의 品質檢定에 사용된 試料는 각 시험지로 부터 收穫後 1개월 이내에 수거하였으며, 水分含量이 12% 내외로 乾燥 精選하여 材料로 사용하였다.

製粉率은 硬質品種은 15%, 軟質品種은 14%의 水分이 되도록 加水處理하여 각각 48시간, 24시간 실온에 방치한 후 AACC 方法(26-20)<sup>(23)</sup>에 따라 Buhler laboratory mill로 製粉하여 straight-grade粉으로 산출하였다.

蛋白質含量은 Grain Quality Analyzer(GQA-31EL, Neotec Co.)에 의하여 측정하였다.

Pelshenk값과 沈澱價는 각각 AACC 方法 56-50 및 56-20에 준하여 실시하였으며, 製빵適性의 검토는 AACC 方法(10-10A)과 AIB 方法<sup>(24)</sup>을 병행하여 실시하였다. 즉 재료배합과 제조공정은 AACC 方法에 준하였으며, proofing 온도는 AIB 方法에 따라 35°C에서 실시하였다. 製빵시 물의 첨가량은 mixogram에서 산출된 吸水率을 기준으로 첨가하였고 製빵適性의 평가는 빵의 比容積으로 표시하였다.

遺傳 및 環境의 影響에 대한 統計分析은 分析項目別 측정값에 대하여 分散 分析, 遺傳力, 遺傳型相關, 表現型相關 및 環境相關은 Prem Narain 등<sup>(25)</sup>의 分散 分析法이, stability parameter는 Eberhart와 Russell<sup>(18)</sup>의 모델이 입력된 電算機(PDD 11/70, Digital Equipment Corp.)를 사용하여 分析하였다.

가. Stability parameter

品質特性的 適應性 分析은 Eberhart와 Russell의 모델인  $Y_{ij} = \mu_i + B_i I_j + \sigma_{ij}$ 로서 산출하여 평가하였는데, 여기서  $Y_{ij}$ 는  $i$ 번째 品種의  $j$ 번째 地域에서 나타난 평균치이며,  $\mu_i$ 는  $i$ 번째 品種의 지역평균치,  $B_i$ 는 回歸係數,  $I_j$ 는  $j$ 번째 地域의 環境指數,  $\sigma_{ij}$ 는 平均偏差平方和(deviation mean square)로서 誤差에 해당한다. Stability parameter의 回歸값은 環境指數와 각 形質간의 반복치와 回歸를 구한 것이며, 地域適應性은 決定係數( $R^2$ )로서 추정하였다. 이때 回歸係數가 1일때 平均安定性, 1보다 클때 不安定性, 1보다 작을때 安定性, 0일때 絕對適應性을 갖는다.

나. 相關關係

表現型相關등은 共分散 分析法에 의하여 分散 및 共分散을 산출하여 이들을 다음식에 따라 相關係數를 구하고 相關의 有意性을 검정하였다.

$$\circ \text{遺傳相關 } r_G = \frac{\text{Cov} \cdot XY_G}{\sqrt{\sigma^2 X_G \cdot \sigma^2 Y_G}}$$

$$\circ \text{表現型相關 } r_{Ph} = \frac{\text{Cov} \cdot XY}{\sqrt{\sigma^2 X_c \cdot \sigma^2 Y}}$$

$$\circ \text{環境相關 } r_E = \frac{\text{Cov} \cdot XY_E}{\sqrt{\sigma^2 X_E \cdot \sigma^2 Y_E}}$$

이때 Cov. XY, Cov. XT<sub>G</sub>, Cov. XY<sub>E</sub>는 形質 S와 Y와 의 表現型共分散, 遺傳共分散, 環境共分散이고  $\sigma^2 X_G$ 와  $\sigma^2 Y_G$ 는 形質 X와 形質 Y의 遺傳分散,  $\sigma^2 X_E$ 와  $\sigma^2 Y_E$ 는 形質 X와 形質 Y의 環境分散이다.

다. 遺傳力

遺傳力은 集團의 全體變異에 대한 遺傳的 變異로 形質의 變異가 環境의 影響을 받는 정도에 따라서 0~1까지의 값으로 표시하였다.

$$h^2 = \frac{\sigma^2 G}{\sigma^2 G + \sigma^2 E}$$

이때  $\sigma^2 G$ 는 遺傳分散,  $\sigma^2 E$ 는 環境分散이다.

Table 1. List of cultivars and locations used in analysis of the study

Cultivar	Location
Suwon 210 (Hard Wheat)	Suwon
Centurk (Hard Wheat)	Yuncheon
Bezostaya (Hard Wheat)	Chuncheon
Atlas 66 (High protein var.)	Yuseong
Chokwang (Soft Wheat)	Cheongju
Olmil (Soft Wheat)	Chilgog
Kitagamikomugi (Soft Wheat)	Iri
	Gwangju
	Jinju

結果 및 考察

供試品種에 대한 製粉率의 stability parameter는 Table 2와 같다. 일반적으로 收量이 높았던 早光, 울밀, Kitagami의 軟質品種과 Bezostaya는 전체평균이상의 製粉率을, 그리고 硬質品種인 水原210號와 Centurk 및 高蛋白品種인 Atlas 66은 전체평균이하의 낮은 製粉率을 보였다.

한편 早光과 水原210號는 回歸係數가 각각 1.53, 1.56으로 높아 비교적 環境에 예민한 것으로 나타났는데 이것은 높은 回歸값을 갖는 品種은 높은 環境相關과

낮은 環境相關을 동시에 갖는다고 밝힌 Luthra와 Singh<sup>(26)</sup>의 결과와 같았다.

전체적으로 각 品種의 製粉率이 갖는 回歸直線이 성립할 수 있는 確率은 약 8~43% 밖에 되지않아 밀의 製粉率은 品種의 遺傳的 特性에는 차이가 있으나 環境變化와는 일정한 관계가 인정되지 않았다.

각 試料의 蛋白質含量과 Stability parameter와의 관계는 Table 3과 같다. 水原210號와 高蛋白 品種인 Atlas 66은 평균 蛋白質含量이 11.92% 및 10.88%로 供試品種중 가장 높았으며, Bezostaya와 Centurk는 硬質品種임에도 불구하고 軟質品種과 有意差가 없었다.

Pinthus<sup>(27)</sup>에의하면 品種간 遺傳子型的 차이는 각 環境에서 栽培된 全品種의 평균값에 대한 각 品種의 回歸係數로서 평가하였는데, 본 실험에서도 硬, 軟質 品種에 관계없이 回歸係數가 1에 가까워 蛋白質含量의 環境反應은 品種간에 유사하였으며, 決定係數(R<sup>2</sup>)도 0.689~0.960으로 높아서 蛋白質含量은 栽培環境의 변화에 따라 일정하게 변화함을 알 수 있었다.

Pelshenke값의 栽培環境에 따른 stability parameter와의 관계는 Table 4와 같다. 즉, 蛋白質의 質과 아울러 製粉適性을 나타내는 pelshenke값의 전체평균은 84分인데 비해 水原201號, Bezostaya, Centurk의 평균은 각각 109, 106 및 104分으로 높은 水準을 보였으나

Table 2. Stability parameters for flour yield of 7 wheat cultivars grown at 9 locations in 2 years

Cultivar	Flour yield, %		Regr. coeff.	Dev. M.S.	R <sup>2</sup>
	Range	Mean			
Chokwang	64.9-69.7	67.3	1.53	1.50	0.429
Olmil	63.6-67.0	65.3	1.11	1.39	0.299
Kitagami.	65.2-68.1	67.0	0.58	1.02	0.137
Suwon 210	60.8-67.4	63.5	1.56	2.49	0.318
Bezostaya	66.2-70.0	67.3	0.76	1.08	0.203
Centurk	62.6-66.3	64.6	0.51	1.46	0.080
Atlas 66	61.7-66.9	64.6	0.95	2.50	0.148
Mean	60.8-70.0	65.7			
C.V. (%)		3.3			
LSD 5%		1.5			
LSD 1%		1.9			

Table 3. Stability parameters for protein content of 7 wheat cultivars grown at 9 locations in 2 years

Cultivar	Protein content, %		Regr. coeff.	Dev. M.S.	R <sup>2</sup>
	Range	Mean			
Chokwang	8.4-11.0	9.26	0.99	0.043	0.960
Olmil	8.0-10.7	9.36	1.00	0.068	0.939
Kitagami.	8.1-10.2	8.93	0.69	0.034	0.937
Suwon 210	9.9-13.7	11.92	1.33	0.353	0.841
Bezostaya	8.8-11.9	9.98	1.19	0.077	0.951
Centurk	8.7-11.2	9.84	0.95	0.079	0.924
Atlas 66	9.4-12.8	10.88	0.86	0.352	0.689
Mean	8.0-13.7	10.03			
C.V. (%)		9.92			
LSD 5%		0.66			
LSD 1%		0.89			

Atlas66은 蛋白質含量이 높았음에도 불구하고 전체 평균치에도 미치지 못하였다.

回歸係數는 보면 硬質品種中 Bezostaya와 水原201號는 1.0이하로 環境의 變化에도 매우 安定된 反應을 보였다. 반면, Centurk의 回歸係數는 2.55로서 불양한 環境에서는 軟質品種보다도 낮은 pelshenke값을 보였으며, 아울러 양호한 環境에서는 가장 높은 값을 보였다.

早光의 回歸係數는 0.41로서 安定성은 높았으나 決定係數가 낮아서 環境의 變化에 따라 일정하게 반응하지 않음을 알 수 있었으며, 이와 같은 경향은 Kitagami, Bezostaya 및 水原210號에서도 볼 수 있었다. 특히 水原210號는 決定係數가 낮아 環境에 따른 일정한 경향은 볼 수 없으나 어느 環境에서도 평균치 이상의 pelshenke값을 보여 製빵性이 우수한 品種으로 생각할 수 있었다. Atlas 66은 回歸係數가 1.0이고 決定係數도 높아 環境適應性이 우수한 品種이나 평균 pelshenke값이 낮아 製빵適性은 좋지 않다고 생각할 수 있다.

Pelshenke값과 함께 gluten-forming protein의 質을 측정하는 沈澱價의 環境에 대한 stability parameter와의 관계는 Table 5에서 보는 바와 같다. 硬質品種인 水原210號, Bezostaya, Centurk는 供試된 모든 環境條件에서 평균이상의 沈澱價를 보였으며, 回歸係數도 1.12~1.71로서 높아 環境에 대한 反應이 예민한 것을 알 수 있었다.

早光, 올밀 및 Kitagami와 같은 軟質品種의 沈澱價에 대한 環境適應性을 보면 전체적으로 回歸係數가 供

試된 軟質品種보다 낮고 決定係數가 높아 環境에 대한 安定性이 큼을 알 수 있었다.

高蛋白 品種인 Atlas 66은 蛋白質含量이 높았음에도 불구하고 沈澱價와 環境이 無關한 關係를 보인 것은 밀의 글루텐 品質은 비록 環境에 따라 많은 영향을 받기는 하나 Syme등<sup>(28)</sup>, Fallet<sup>(16)</sup> 및 Finney<sup>(29)</sup>가 밝힌 바와 같이 遺傳的으로 조절되는 중요한 특성을 알 수 있었다.

製빵適性을 판단하는 기준이 되는 빵의 比容積의 環境에 따른 stability parameter와의 관계는 Table 6과 같으며, 이들 결과에 있어서 硬, 軟質品種간에는 현저한 차이가 있었다. 水原210號, Bezostaya 및 Centurk의 평균 比容積이 5.0cc/g 이상으로 높고 대부분의 지역에서도 전체평균 이상의 높은 빵의 比容積을 보인 반면 軟質品種과 5.0cc/g 이하의 낮은 比容積을 보였다.

硬質品種의 回歸係數는 0.86~1.24로서 環境에 대한 反應이 비슷한 平均安定性을 보였다. 軟質品種에 있어서 早光과 올밀의 回歸係數는 각각 1.35 및 1.36으로 環境에 대한 反應이 동일하게 나타났다. 또한 決定係數가 높아 環境變化에 따라 일정한 反應을 보였으나 어느 지역에서도 전체평균 이하의 낮은 빵의 比容積을 나타냈다.

供試品種의 製빵性에 관련된 여러가지 특성의 表現型相關, 遺傳型相關 및 環境相關은 Table 7과 같다. 즉, 種實收量은 製粉率과 表現型 및 遺傳型相關에서 高度의 正의 相關이 있었으나 蛋白質含量, 沈澱價, pelshenke값 및 빵比容積과는 負의 相關이 있었다. 이

Table 4. Stability parameters for pelshenke-value of 7 wheat cultivars grown at 9 locations in 2 years

Cultivar	Pelshenke value, min		Regr. coeff.	Dev. M.S.	R <sup>2</sup>
	Range	Mean			
Chokwang	48-71	62	0.41	57.23	0.340
Olmil	50-89	69	0.85	86.39	0.588
Kitagami	45-82	58	0.63	85.32	0.446
Suwon 210	91-138	109	0.72	112.69	0.437
Bezostaya	76-132	106	0.84	404.63	0.232
Centurk	64-166	104	2.55	291.46	0.794
Atlas 66	54-94	77	1.00	14.91	0.922
Mean	45-138	84			
C.V. (%)		27.0			
LSD 5%		15.1			
1%		20.1			

러한 相關關係로 보아 蛋白質含量이나 質이 우수한 硬質品種이 種實收量과 製粉率이 낮게 나타난 것은 硬質 밀이 우리나라에 잘 適應이 되지 않는다는 것으로 해석된다.

遺傳力이 높은 種實收량은 수량증가와 함께 製粉率도 증가되었는데, 이는 種實收量の 증가가 결국 單位面積當 小麥粉의 生産量을 더욱 증가시킨다는 의미로 해석되며, 이와 같은 견해는 Yamazaki등<sup>(30)</sup>에 의해서도 보고된 바 있다. 種實收量과 蛋白質含量間에 負의 相關이 있음은 Syme등<sup>(28)</sup>의 견해와 같이 주위된 環境條件下에서 單位面積當 合成된 蛋白質의 量은 品種間에 비교적 일정한 관계를 갖게 된다고 생각되었다.

蛋白質含量, 沈澱價, pelshenke값 및 暲比容積間에는 차이는 있었으나 전반적으로 높은 正의 相關이 있었고 어느 경우에도 環境相關은 인정되지 않아 이들 특성들은 遺傳性에 의해 강력히 지배됨을 알 수 있다. Jardine등<sup>(31)</sup>도 製暲性과 관련된 蛋白質特性은 環境條件에 대해 비교적 독립적이라 밝혔으며, Finney<sup>(29)</sup>도 한 品種內의 蛋白質機能은 동일하다고 보고한 바 있다.

供試品種의 品質 및 加工特性에 대한 遺傳力을 검토한 결과 Table 8과 같이 沈澱價가 0.747로서 가장 높았으며, 蛋白質含量과 暲比容積도 각각 0.577 및 0.551로서 비교적 높은 遺傳力을 보였다.

이와 같은 밀의 品質이 環境要因에 의하여 크게 영

Table 5. Stability parameters for sedimentation value of 7 wheat cultivars grown at 9 locations in 2 years

Cultivar	Sedimentation, cc		Regr. coeff.	Dev. M.S.	R <sup>2</sup>
	Range	Mean			
Chokwang	20.0-31.5	25.6	0.69	2.28	0.857
Olmil	18.1-31.8	23.7	0.77	3.11	0.846
Kitagami.	22.1-32.5	27.1	0.63	1.21	0.904
Suwon 210	34.3-60.4	47.1	1.40	19.16	0.746
Bezostaya	30.2-49.4	38.0	1.12	3.82	0.904
Centurk	31.4-58.5	42.3	1.71	17.30	0.830
Atlas 66	31.5-48.9	36.6	0.68	19.57	0.408
Mean	18.1-60.4	34.3			
C.V. (%)		15.4			
LSD 5%		3.5			
1%		4.7			

Table 6. Stability parameters for specific loaf volume of 7 wheat cultivars grown at 9 locations in 2 years

Cultivar	Sp. loaf vol., cc/g		Regr. coeff.	Dev. M.S.	R <sup>2</sup>
	Range	Mean			
Chokwang	3.80-4.80	4.38	1.35	0.032	0.681
Olmil	4.10-4.85	4.54	1.36	0.017	0.803
Kitagami.	4.00-5.20	4.47	0.45	0.160	0.045
Suwon 210	5.65-6.25	5.81	0.99	0.032	0.536
Bezostaya	4.90-5.80	5.14	0.86	0.074	0.276
Centurk	5.30-6.25	5.59	1.23	0.064	0.475
Atlas 66	4.40-5.10	4.74	0.76	0.059	0.271
C.V. (%)		8.16			
LSD 5%		0.27			
1%		0.36			

**Table 7. Phenotypic, genotypic and environmental correlations among the characters related to bread quality with 7 wheat cultivars grown in 9 locations**

Characteristic	Correlation coefficient						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
Grain yield (1)	P	—	0.269**	-0.600**	-0.509**	-0.179	-0.243**
	G		0.929**	-0.823**	-0.791*	-0.589	-0.675
	E		0.038	-0.516*	-0.230	0.068	0.098
Flour yield (2)	P			-0.404**	-0.315**	0.200*	-0.145
	G			-0.821*	-0.664	-0.513	-0.652
	E			-0.183	0.051	0.018	0.206
Flour protein (3)	P				0.676**	0.299**	0.192*
	G				0.834*	0.667	0.760*
	E				0.279	0.203	-0.209
Sedimentation value (4)	P					0.576**	0.377**
	G					0.929**	0.977**
	E					0.367	-0.162
Pelshenke value (5)	P						0.213*
	G						0.698
	E						-0.071
Specific loaf volume (6)	P						—
	G						
	E						

\* P : Phenotypic correlation (n = 126)

G : Genotypic correlation (n = 7)

E : Environmental correlation (n = 18)

**Table 8. Heritability estimates for wheat qualities related to bread in tested wheat cultivars**

Characteristic	Heritability
Grain yield	0.534
Flour yield	0.346
Protein content	0.577
Sedimentation value	0.747
Pelshenke value	0.487
Sp. loaf volume	0.551

향을 받기는 하지만 각 形質의 遺傳의 特性이 크게 영향을 미치고 있음을 의미하는 것으로, Johnson 등<sup>32)</sup>은 蛋白質含量的 遺傳性은 0.58~0.82의 범위라고 보고한 바 있으며, Borghi 등<sup>22)</sup>도 pelshenke값, 沈澱價 및 글루텐함량은 각각 0.67, 0.60 및 0.62의 비교적 높은

遺傳力이 있음을 보고하였다.

### 要 約

우리나라에 있어서 小麥品質特性的 遺傳 및 環境的 變異를 究明하기 위하여 硬,軟質 小麥 7品種을 전국 9개 地域에 供試하여 그 關係를 2년에 걸쳐 검토하였다.

Eberhart와 Russell의 統計的 評價方法에 따라 回歸係數는 適應性的 尺度로, 決定係數는 安定性的 尺度로 이용하였다. 아울러 각 品質特性的 遺傳型, 表現型 및 環境相關을 추정하였다.

製粉率은 品種의 遺傳的 特性에는 차이가 있었으나 環境變化와는 무관하였으며, 蛋白質含量은 決定係數가 0.689~0.960으로 環境變化에 따라 일정하게 변화되었다. Pelshenke값과 沈澱價의 環境變化의 영향은 硬質

品種이軟質品種보다 컸다.

蛋白質含量, 沈澱價, pelshenke값 및 暎比容積간에는 表現型 및 遺傳型相關에서 높은 正의 相關이 있었으며, 비교적 높은 遺傳力이 沈澱價( $h^2=0.747$ ), 蛋白質含量( $h^2=0.577$ ) 및 暎比容積( $h^2=0.551$ )에서 인정되었다.

### 文 獻

1. 崔鉉玉, 趙載英, 成泳秀, 曹章煥: 小麥品質檢定方法. 作物改良研究事業所(1975)
2. Ram, H.H. and Srivastava, J.P.: *Cereal Res.*, **3**, 61 (1975)
3. Lebsock, K., Field, C.C., Curney, G.M. and Greenway, W.T.: *Crop Sci.*, **4**, 673 (1964)
4. Miezán, K., Heyne, E.G. and Finney, K.F.: *Crop Sci.*, **17**, 591 (1977)
5. Kim, C.S., Chang, H.G., Hah, D.M., Yoon, J.O. and Shin, H.S.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 223 (1984)
6. Singh, G.G. and Lamb, C.A.: *Agron J.*, **52**, 678 (1960)
7. Pomeranz, Y.: *Advances in Food Res.*, **16**, 335 (1968)
8. Frank, W.W., Shellenberger, J.A. and Pence, R.O.: *Cereal Chem.*, **24**, 381 (1947)
9. Seeberg, E.F.: *Cereal Chem.*, **9**, 25 (1951)
10. Schlesinger, J.S.: *Cereal Sci. Today*, **15**, 370 (1970)
11. Chang, H.G., Chung, K.Y. and Kim, C.S.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, **14**, 350 (1982)
12. Kent, N.L. and Everts, A.D.: *Cereal Chem.*, **46**, 293 (1969)
13. Johnson, V.A., Khan, M.N.A. and Sanchez, C.R.S.: *Cereal Sci. Today*, **17**, 323 (1972)
14. Fallet, P.: *Cereal for food and Beverage*. p. 183. Academic Press (1980)
15. Mattern, P.J. and Eastin, J.D.: *Cereal Sci. Today*, **7**, 278 (1962)
16. Slicker, F.C., Pauli, A.W. and Johnson, J.A.: *Agron. J.*, **56**, 392 (1964)
17. Finlay, K.W. and Wilkinson, G.N.: *Aust. J. Agric. Res.*, **14**, 742 (1963)
18. Eberhart, S.A. and Russell, W.A.: *Crop Sci.*, **6**, 36 (1966)
19. Busch, R.H., Shuey, W.C. and Frohberg, R.C.: *Crop Sci.*, **9**, 813 (1969)
20. Kouame, M., Heyne, E.G. and Finney, K.F.: *Crop Sci.*, **17**, 591 (1977)
21. Johnson, V.A., Mattern, P.J., Schmidt, J.W. and Stroike, J.E.: *4th Intern. Wheat Genetics Symp.*, Univ. Missouri (1973)
22. Borghi, A., Cattaneo, T.M. and Corbellini, M.: *2nd Intern. Winter Wheat Conference*, Zagreb, Yugoslavia, 423 (1975)
23. American Association of Cereal Chemists: *Cereal laboratory methods. Amer. Ass. Cereal Chem.* (1983)
24. Pyler, E.J.: *Baking Science and Technology*. Vol. II. Siebel Publishing Co. (1973)
25. Prem Narain, Bhata, V.K. and Malhotra, P.K.: *Hand of Statistical Genetics*. Indian Agr. Statistics Res. Inst. (1979)
26. Luthra, O.P. and Singh, P.K.: *Theor. Appl. Genet.*, **45**, 143 (1974)
27. Pinthus, M.J.: *Euphytica*, **22**, 121 (1973)
28. Syme, J.R., Craswell, E.T. and Compton, B.L.: *J. Aust. Inst. Agric. Sci.*, **41**, 75 (1975)
29. Finney, K.F.: *Cereal Chem.*, **22**, 149 (1945)
30. Yamazaki, W.T. and Andrews, L.C.: *Cereal Chem.*, **59**, 41 (1982)
31. Jardine, R., Moss, H.J. and Mullaly, J.V.: *Aust. J. Agr. Res.*, **14**, 603 (1963)
32. Johnson, V.A., Mattern, P.J. and Vogel, K.P.: *Bread*, **127**, (1975)

(1985년 10월 14일 접수)