

연질밀(*Triticum aestivum* L. em Thell.)의 이화학적 특성과 sugar-snap cookie의 제조적성

이용숙* · 김종근 · 원준형¹ · 장학길¹

세종대학교 생활과학과, ¹경원대학교 분자·식품생명공학과

Physicochemical Properties and Sugar-Snap Cookie Making Potentialities of Soft Wheat Cultivars and Lines (*Triticum aestivum* L. em Thell.)

Yong Suk Lee*, Jong Goon Kim, Joon-Hyung Won¹ and Hak-Gil Chang¹

Department of Human Life Science, Sejong University

¹Department of Food and Bioengineering, Kyungwon University

Several soft white spring and winter wheat cultivars were evaluated by analyzing physicochemical properties such as Single Kernel Characterization System (SKCS), milling properties, Rapid Visco-Analyzer (RVA), mixograph pattern, and sugar-snap cookie-making potentialities. Results of SKCS revealed kernel hardness had a positive correlation coefficient with test weight ($r = 0.497^*$) and near-infrared reflectance (NIR) hardness ($r = 0.495^*$). SKCS kernel weight had a significantly high correlation of $r = 0.942^{**}$ with SKCS kernel size. The test weight had significantly high correlations with straight-grade flour yield ($r = 0.720^{**}$), break flour yield ($r = 0.490^*$), flour ash content ($r = -0.781^{**}$), and milling score ($r = 0.838^{**}$). The average RVA peak viscosity of the soft white winter wheat was higher (195.1 unit) than the soft white winter wheat varieties (135.7 unit). A correlation was found between RVA peak viscosity and swelling volume. Significant correlation coefficients were obtained among cookie properties, milling properties, protein content, and mixograph absorption. The cookie top grain score had a correlation coefficient of $r = 0.447^*$ with swelling volume.

Key words: soft wheat, sugar-snap cookie, milling, single kernel characterization system

서 론

연질밀(soft wheat, *Triticum aestivum* L. em Thell.) 품질의 중요성은 1907년 Thatcher⁽¹⁾에 의해 처음으로 제시되었다. 그러나 연질밀에 대한 초기의 품질평가는 경질밀과 함께 주로 제빵적성과 관련된 것이었다. 따라서 초기의 품질측정에는 제빵과정에 있어서 발효시간^(2,3), 단백질 특성과 관련된 Mixograph 특성^(4,5) 및 전분의 물리적 특성인 점성⁽⁶⁾ 등이 검토되었다. 제분성이란 종실의 파쇄 또는 변형에 대한 저항성, 제분 후 입자크기의 분포 및 손상전분의 수준으로 결정된다⁽⁷⁾. 일반적으로 연질밀 종실은 쉽게 파쇄되고 전분이 본래의 형태로 잘 분리되며 손상전분이 적은 밀가루를 생산하나, 제빵에 이용되는 경질밀은 제분시 전분이 쉽게 부서지기 때문에

손상전분의 함량도 많고 비교적 거친 밀가루가 만들어진다⁽⁸⁾. 밀의 제분 특성은 patent flour yield와 break flour yield와 밀접한 관계가 있다. 특히 연질밀의 경우에는 straight-grade flour yield와 함께 break flour yield를 측정하는 것은 제분특성을 평가하는 중요한 기준이 되고 있다⁽⁹⁾. 밀 종실의 단백질 함량을 증가시키고 그 품질을 개선하는 것은 밀의 2차 가공특성면에서 대단히 중요하다. 밀의 단백질에 대해서는 그 중요성 때문에 Pomeranz⁽¹⁰⁾, Kasarda 등⁽¹¹⁾ 및 Read와 Thorn⁽¹²⁾에 의해서 광범위하게 연구되었다. 이들의 결과에 의하면, 밀의 단백질함량은 품종에 따라 6~18%로서, 동일 품종 내에서도 재배환경조건에 따라 그 함량은 8~18%의 큰 차이를 보이고 있다. 따라서 밀의 단백질 함량은 품종의 유전성과 환경요인에 의하여 크게 영향을 받는다고 밝히고 있다.

Cookie system은 기본적으로 밀가루, 설탕, 쇼트닝 및 화학팽창제로 구성된다. Cookie 반죽의 특성과 cookie 제품의 텍스처 특성은 이들 주재료의 이화학적 특성과 배합비율에 따라 다르다. 따라서 이에 대한 연구는 아직도 계속되고 있음은 물론 가공방법 및 사용기구에 따른 문제점도 계속 검토되고 있다^(11,13). Cookie의 제조 특성을 평가하기 위해서 밀

*Corresponding author : Yong Suk Lee, Department of Human life Science, Sejong University, 98 Gunja-Dong, Gwangjin-Gu, Seoul 143-747, Korea
 Tel: 82-2-562-2200
 Fax: 82-2-562-2477
 E-mail: yslee1959@hanmail.net

육성의 초기단계에서는 밀가루의 단백질 함량과 alkaline water retention capacity(AWRC) 및 종실의 텍스처 특성을 조사하여 왔는데⁽¹⁴⁾, 이 세 가지 특성이 현재에도 조사되고 있는 것은 재배세대가 진행되어도 유전력이 높다고 평가되었기 때문이다⁽¹⁵⁾. 그러나 밀가루는 원료 자체가 균일하지 못한 단점을 가지고 있기 때문에 밀 종실 및 밀가루의 경도, 단백질, 회분 및 점성, 반죽의 특성과 같은 전반적인 이화학적 분석을 통해서만 용도를 예측할 수 있다.

Cookie 제조에서 가장 중요한 것은 오븐에서 구울 때 cookie의 퍼짐성이 좋은 밀가루의 선택이다. 따라서 밀가루의 선택이나 제조방법은 cookie의 품질을 결정하는 중요한 요소가 된다⁽¹⁶⁾. 퍼짐성이 좋고 바삭거리면서도 부드러운 cookie는 단백질 함량이 낮고(7.0~8.5%) 점성이 낮으며(30~45° Mac-Michael) 퍼짐성이 좋은(8.8~9.5 cm) 특성을 가진 연질 밀가루가 가장 좋은 것으로 알려져 있다^(17,18). 이와 같이 연질밀의 이용에 대하여 많은 연구가 수행되었으나 곡류화학자, 육종가, 제분 및 제품제조사들은 그들이 원하는 바를 아직까지 찾지 못했기 때문에 이에 대한 연구는 계속 수행되고 있다. 우리나라 국민의 식생활에 큰 비중을 차지하고 있는 도입 밀에 대하여 국내에서 제빵, 제면 등에 대해서는 부분적으로 연구된 바는 있으나 cookie에 대한 연구는 수행된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 도입 연질밀에 대한 이화학적 품질특성과 cookie 제조적성을 조사하고 이들 특성간의 상관관계를 구명하고자 일련의 실험을 실시한 바 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용된 재료는 미국 서부밀품질연구소(Western Wheat Quality Lab., Pullman, WA, USA)에서 분양받은 soft white spring(SWS) 밀과 soft white winter(SWW) 밀로서 각각 10품종(또는 계통)을 공시재료로 하였다(Soft white spring wheats: Alpowa, Edwall, Penawawa, Pomerelle, Vanna, WA7850, Wakanz, Wawawai, Whitebird, WPB93108, Soft white winter wheats: Cashup, WA7811, Madsen, Rod, MacVicar, Stephens, 97A-167, KW960039, KW94368, I-114).

종실의 이화학적 품질특성

Test weight(용적중)는 AACC Method 55-10⁽¹⁹⁾에 따라 측정하여 lbs/bu로 표시하였다. Near-infrared reflectance(NIR)에 의한 밀 종실의 hardness 측정은 다음과 같이 실시하였다. 시료를 정선한 다음 12/64-inch의 round-hole sieve를 통과하고 1/12-inch의 round-hole sieve에 모아지는 밀을 공시재료로 하였다. 시료 15 g을 취하여 0.5 mm screen을 사용한 Udy cyclone mill로 분쇄(1 g/sec)하여 균일성을 갖도록 잘 혼합한 다음 NIR(Technicon InfraAnalyzer 400, Technicon, Tarrytown, NY, USA)로 측정하여 NIR hardness value로 표시하였다(AACC Method 39-70A)⁽¹⁹⁾. Single kernel analysis는 각 품종별로 종실 300개를 취하여 Single Kernel Characterization System(SKCS Model 4100, Perten Instruments, Springfield, IL, USA)을 이용하여 kernel hardness, kernel size 및 kernel weight를 측정하였다⁽²⁰⁾. 종실 및 밀가루의 단백질 함량은

AACC Method 39-10⁽¹⁹⁾에 따라서 NIR로 측정하여 종실은 12% m.b.로, 밀가루는 14% m.b.로 환산하여 표시하였다.

제분특성

공시된 모든 재료는 Buhler laboratory mill(Model MLU-202, Buhler Bros., Inc., Uzwil, Switzerland)을 이용하여 AACC Method 26-31⁽¹⁹⁾에 따라 제분하였다. 즉, 정선된 밀은 수분함량이 14%가 되도록 물을 첨가하여 16시간 동안 방치한 후 제분하기 15~20분전에 다시 0.5%의 물을 첨가하여 제분하였다. 이때 feed rate는 100 g/min으로 조정하였으며 제분 수율은 straight-grade flour로 표시하였다. Break flour yield는 제분기의 break rolls를 통과한 것만을 모아서 전체 제분 수율의 무게 비율로 표시하였으며, 제분평점(milling score)은 다음과 같이 계산하였다⁽²¹⁾.

$$\text{Milling score} = 100 - [(80 - \text{flour yield}) + 50(\text{flour ash} - 0.30) + 0.48(\text{milling time} - 12.5) + 0.5(65 - \text{percent long patent}) + 0.5(16 - \text{first tempering moisture})]$$

밀가루의 회분 함량은 시료 4 g를 평량하여 550°C의 회화로에서 15시간 회화시킨 후 방냉하여 무게를 측정 후 표시하였다(AACC Method 08-01)⁽¹⁹⁾.

회화특성

Flour swelling volume(FSV)는 Western Wheat Quality Laboratory 방법⁽²¹⁾에 따라서 밀가루 0.45 g(d.b.)에 12.5 mL의 물을 첨가하여 잘 분산시킨 후 92.5°C의 항온수조에서 30분간 회전시키면서 가온하였다. 다음에 ice water bath에서 급냉시킨 후 25°C에서 5분간 방치하여 실온으로 유지시켰다. 이어서 15분간 1,000×g로 원심 분리시켜 침전된 전분의 높이(mm)를 측정하여 다음 식에 의해 mL/g으로 표시하였다.

$$\text{Flour swelling volume(mL/g)} = (\text{mm} \times 1.52) - 0.30 \text{ mL}/0.45 \text{ g}$$

밀가루의 점도측정은 Rapid Visco Analyzer(RVA, Model 3d, Newport Scientific, Narrabeen, N.S.W., Australia)를 이용하여 측정하였다. 즉, 시료 4.0 g을 정확히 평량하여 점도 측정용 용기에 넣고 증류수 25.0 mL을 첨가하여 현탁액을 만든 후 RVA에 고정시켜서 95°C에서 최고점도를 측정하여 peak viscosity(cenipoise×12)로 표시하였다⁽²¹⁾.

Mixograph 특성

Mixograph 특성은 AACC Method 54-40A⁽¹⁹⁾에 따라서 10 g mixograph(National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)를 사용하여 각 품종별 밀가루의 최적 수분흡수율을 구하여 14% m.b.로 환산하여 최적 수분 흡수율을 구하였다. Mixograph type은 mixograph reference chart에 따라서 표시하였다.

Sugar-snap cookie의 제조특성

본 실험에 사용한 sugar-snap cookie의 배합(Table 1) 및 제조방법은 AACC Method 10-52⁽¹⁹⁾을 다소 변형한 Western Wheat Quality Laboratory 방법⁽²¹⁾에 따라 실시하였다.

Cream mass의 제조는 AACC Method에 따라서 설탕, non-fat dry milk 및 sodium bicarbonate를 함께 체질하여

Table 1. Sugar-snap cookie formula

Ingredients	% (flour basis)
Flour, 14% moisture basis	100
Sugar, only throughs 600 µm-opening sieve	60
Shortening, hydrogenated	30
Nonfat dry milk, throughs 589 µm-openings sieve	3
Sodium bicarbonate(NaHCO ₃)	1.0
Emulsifier	0.24
Sodium bicarbonate(in solution A)	1.0
Ammonium chloride(NH ₄ Cl)(in solution B)	0.68
Sodium chloride(NaCl)(in solution B)	0.26
Deionized water	26

mixer(Hobart N-50, with the flat beater)에 옹긴 후 shortening과 유화제를 첨가하고 low speed에서 30초, medium speed에서 2분 30초, high speed에서 4분간 mixing한 후 scraping한 다음 high speed에서 2분간 mixing하여 cream mass를 만들었다. Cream mass 37.6 g를 cookie dough mixing bowl (National cookie dough micromixer, with head speed of 172 rpm and special cookie dough bowl)에 넣고 A-solution (82.02 g NaHCO₃ for 1 L) 5.0 mL, B-solution(54.14 g NH₄Cl, 20.86 g NaCl for 1 L) 5 mL을 첨가하여 3분간 혼합

하였다. 다음에 밀가루 40 g을 첨가하여 10초간 혼합한 다음 mixer와 bowl pin의 반죽을 scraping하였다. 다시 5초간 혼합, scraping하고 1회 반복한 후 5초간 혼합하여 반죽을 끝냈다. 반죽을 가볍게 등글리기를 한 후 2개로 나누어 cookie sheeter(303-H14 aluminum alloy, 2.0 mm thickness, size 30.5×40.6 cm)에서 sheeting을 하고 cookie cutter(60 mm inside diameter)로 자른 후 즉시 205°C의 oven에서 10분간 구웠다. 구워진 cookie는 실온에서 30분간 방치한 후 cookie spread를 측정하고 cookie top grain (islanding pattern, 가장 좋은 것 10~가장 불량한 것 1)을 평가하였다.

결과 및 고찰

종실의 이화학적 특성

밀의 용적중(test weight)은 종실의 충실도와 관련된 것으로 충실도가 높아서 정립비율이 높다는 것은 1차가공특성 중 가장 중요한 기본조건이다. 또한 밀의 hardness gene은 밀 종실과 밀가루의 여러 가지 품질특성에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 공시된 밀의 용적중과 near-infrared reflectance(NIR) kernel hardness를 측정된 결과는 Table 2에서 보는바와 같다. Soft white spring(SWS) 밀과 soft white winter(SWW) 밀의 용적중 평균치는 각각 60.7 lbs/bu, 59.0 lbs/bu로서 유의성은

Table 2. Varietal differences of test weight, near-infrared reflectance (NIR) hardness and single kernel characterization system (SKCS)

Class and variety	Test weight (lbs/bu)	NIR hardness	SKCS ²⁾		
			Kernel hardness	Kernel weight (mg)	Kernel size (mm)
Soft white spring					
Alpowa	61.0 ^{abcd1)}	19.5 ^e	30.3±13.6	29.3±7.6	2.1±0.4
Edwall	57.7 ^{fg}	23.0 ^d	33.5±16.0	29.8±8.7	2.1±0.5
Penawawa	60.5 ^{bcd}	15.5 ^g	30.7±15.4	28.8±7.5	2.0±0.4
Pomerelle	60.5 ^{bcd}	19.5 ^e	36.4±17.4	26.8±7.8	2.0±0.4
Vanna	62.9 ^{ab}	21.0 ^{dc}	13.3±15.0	37.8±8.9	2.3±0.4
WA7850	59.9 ^{cdef}	16.5 ^f	28.7±18.9	30.1±10.4	2.1±0.5
Wakanz	60.3 ^{cde}	20.5 ^e	37.8±14.9	32.1±8.1	2.3±0.5
Wawawai	62.9 ^{ab}	26.0 ^c	40.0±13.3	40.8±8.0	2.7±0.5
Whitebird	61.4 ^{abc}	26.0 ^c	42.0±16.8	27.6±8.0	2.0±0.4
WPB93108	60.1 ^{cde}	15.5 ^g	33.1±16.4	31.1±8.7	2.2±0.5
Mean	60.7	20.3	32.6	31.4	2.2
Soft white winter					
Cashup	62.2 ^{abc}	16.0 ^f	21.6±15.7	40.0±10.5	2.5±0.6
WA7811	62.2 ^{abc}	35.0 ^a	48.7±18.9	39.1±9.8	2.7±0.6
Madsen	62.3 ^{abc}	30.0 ^b	47.7±13.2	38.4±8.5	2.6±0.5
Rod	60.7 ^{abcd}	31.0 ^b	25.8±13.6	47.7±13.2	2.9±0.7
MacVicar	57.2 ^g	16.5 ^f	20.6±15.1	37.7±10.1	2.3±0.6
Stephens	48.4 ^h	21.0 ^{dc}	13.3±14.1	28.0±7.9	1.8±0.4
97A-167	63.2 ^a	33.5 ^a	28.7±12.5	39.1±6.1	2.5±0.4
KW960039	57.0 ^g	13.5 ^g	24.2±13.9	24.3±7.0	1.6±0.4
KW94368	58.0 ^{efg}	16.0 ^f	21.0±14.4	45.2±11.8	2.7±0.7
I-114	58.7 ^{defg}	25.5 ^c	27.4±17.3	41.3±14.5	2.5±0.7
Mean	59.0	23.8	27.9	38.0	2.4

¹⁾Means with the same letter are not significantly different.

²⁾300 kernels are individually analyzed using a single kernel characterization system(SKCS). The mean and standard deviation from the 300 kernel samples are reported.

Table 3. Correlation coefficient between test weight, near-infrared reflectance (NIR) hardness, single kernel characterization system (SKCS) for 20 soft wheat varieties and lines

Characteristics	NIR hardness	SKCS		
		Hardness	Weight	Size
Test weight	0.347	0.497*	0.333	0.506*
NIR hardness		0.495*	0.456*	0.565**
SKCS hardness			-0.076	0.223
SKCS weight				0.942**

*, **: Significant at the 5 and 1% levels probability, respectively.

없었으나 SWW 밀의 용적중 범위가 48.4~63.2 lbs/bu로서 품종간의 차이가 SWS 밀의 57.7~62.9 lbs/bu보다 컸다. 한편 Single Kernel Characterization System(SKCS)에 의한 종실의 특성에서 SKCS hardness는 SWS 밀이 13.3~42.0으로서 평균 32.6, SWW 밀이 13.3~48.7으로서 평균 27.9로서 전체 평균치는 SWS 밀이 다소 높았으나 품종간의 차이는 SWW 밀이 높았다. Kernel weight는 SWS 밀이 평균 31.4 mg, SWW 밀이 38.0 mg으로 품종간에 65%이상의 차이가 있었으며, 이와 같은 경향은 SWW 밀에서도 동일하였다. Kernel size는 SWS와 SWW 밀이 각각 평균 2.2 mm, 2.4 mm로 큰 차이를 보이지 않았다. 한편 용적중, NIR hardness, SKCS 특성과의 전체적인 관계를 보면 Table 3에서 보는 바와 같다. SKCS

kernel hardness와 size와는 유의적인 상관성이 없었으나 품종에 따라서는 상당한 차이를 보였다. SKCS hardness와 용적중, NIR hardness와의 관계를 보면 각각 $r=0.497^*$ 및 $r=0.495^*$ 의 유의적인 정의 상관성이 있었으며, SKCS kernel weight와 size와는 $r=0.942^{**}$ 의 고도의 정의 상관성이 있었다. Bettge와 Morris⁽²⁰⁾는 밀 종실의 hardness gene은 밀 이용을 결정하는 주요한 요인임을 강조하면서 NIR hardness와 SKCS hardness와는 $r=0.93^{**}$ 의 고도의 정의 상관성이 있음을 밝혔으며, Giroux와 Morris⁽²²⁾도 밀 종실의 SKCS hardness와 NIR hardness와는 $r=0.94^{**}$ 의 유의적 상관성이 있다고 보고한 바 있다.

제분특성

Table 4는 본 연구에 공시된 밀 품종 및 계통에 대한 straight-grade flour yield, break flour yield, 밀가루의 회분 함량 및 제분평점에 대한 제분특성을 종합적으로 검토한 것이다. Straight-grade flour yield는 SWS 밀이 67.3~71.2%(평균 68.7%), SWW 밀이 60.1~71.0%(평균 66.1%)로서 SWS 밀이 SWW 밀 보다 2.56% 높았고 품종 및 계통간의 차이도 적었다. Break flour yield는 SWS 밀이 50.0~54.6%(평균 52.3%), SWW 밀이 43.3~53.5%(평균 46.5%)로서 SWS 밀이 평균 5.8%가 높았으며 품종간의 차이도 적었다. 이와 같은 현상은 밀가루 회분 함량과 제분평점에서 볼 수 있었다. 즉, 그 내용을 보면 회분 함량은 SWS 밀이 평균 0.39%, SWW

Table 4. Milling properties of the tested soft wheat varieties and lines

Class and variety	Straight-grade flour yield (%)	Break flour yield (%)	Flour ash ¹⁾ (%)	Milling score
Soft white spring				
Alpowa	67.4 ^{abcde2)}	50.5 ^{cdef}	0.400 ^{efgh}	81.5 ^{abc}
Edwall	69.9 ^{abc}	53.3 ^{abc}	0.435 ^{bcd}	82.5 ^{abc}
Penawawa	67.3 ^{abcde}	50.0 ^{defg}	0.425 ^{cdefg}	79.8 ^{abc}
Pomerelle	67.1 ^{abcde}	51.9 ^{abcde}	0.390 ^{fgh}	81.7 ^{abc}
Vanna	71.2 ^a	54.6 ^a	0.380 ^{gh}	87.3 ^a
WA7850	67.7 ^{abcde}	52.5 ^{abcd}	0.400 ^{efgh}	81.9 ^{abc}
Wakanz	68.2 ^{abcd}	50.8 ^{bcd}	0.395 ^{fgh}	82.8 ^{abc}
Wawawai	68.7 ^{abcd}	51.5 ^{abcde}	0.340 ^h	87.0 ^a
Whitebird	68.6 ^{abcd}	53.9 ^{ab}	0.340 ^h	86.8 ^a
WPB93108	70.5 ^{abc}	53.7 ^{abc}	0.395 ^{fgh}	85.7 ^{ab}
Mean	68.7	52.3	0.39	83.7
Soft white winter				
Cashup	66.5 ^{cde}	48.9 ^{efgh}	0.395 ^{fgh}	80.6 ^{abc}
WA7811	71.0 ^a	43.6 ^k	0.415 ^{defg}	84.9 ^{abc}
Madsen	70.9 ^{ab}	53.5 ^{abc}	0.470 ^{abcde}	81.4 ^{abc}
Rod	65.5 ^{de}	45.4 ^{ijk}	0.405 ^{defgh}	78.8 ^{abc}
MacVicar	64.1 ^{ef}	45.9 ^{hijk}	0.500 ^{ab}	75.9 ^{bcd}
Stephens	61.1 ^{fg}	43.3 ^k	0.535 ^a	64.9 ^c
97A-167	69.3 ^{abcd}	47.8 ^{fghi}	0.360 ^{gh}	86.5 ^a
KW960039	60.1 ^g	43.9 ^{jk}	0.475 ^{abcd}	67.4 ^{de}
KW94368	65.6 ^{de}	47.0 ^{ghij}	0.435 ^{bcd}	77.0 ^{abcd}
I-114	66.9 ^{bcde}	45.7 ^{ijk}	0.495 ^{abc}	74.8 ^{cd}
Mean	66.1	46.5	0.45	77.2

¹⁾Percentage by weight, corrected to 14% moisture basis.

²⁾Means with the same letter are not significantly different.

Table 5. Simple correlation coefficient between kernel characteristics and milling properties for 20 soft wheat varieties and lines

Characteristics	Milling properties			
	Straight grade flour yield	Break flour yield	Flour ash	Milling score
Test weight	0.720**	0.490*	-0.781**	0.838**
NIR ¹⁾ kernel				
Hardness	0.416	-0.092	-0.301	0.406
SKCS ²⁾ kernel				
Hardness	0.550*	0.323	-0.404	0.538*
Weight	-0.227	-0.254	-0.030	0.151
Size	0.447*	-0.099	-0.198	0.372
Protein				
Wheat	-0.786**	-0.765**	0.889**	-0.938**
Flour	-0.792**	-0.722**	0.880**	-0.937**

¹⁾near-infrared reflectance.

²⁾single kernel characterization system.

*, **: Significant at the 5 and 1% levels probability, respectively.

밀이 평균 0.45%로서 SWS 밀이 0.06% 낮았고, 제분평점은 SWS 밀이 83.7, SWW 밀이 77.2로서 SWS 밀이 SWW 밀에 비해 7%나 높았으며 품종간에 차이도 적었다. 특히 SWS 밀은 제분수율이 높았는데도 회분함량이 SWW 밀보다 낮았다. 한편 종실의 이화학적 특성과 제분특성과의 관계를 보면

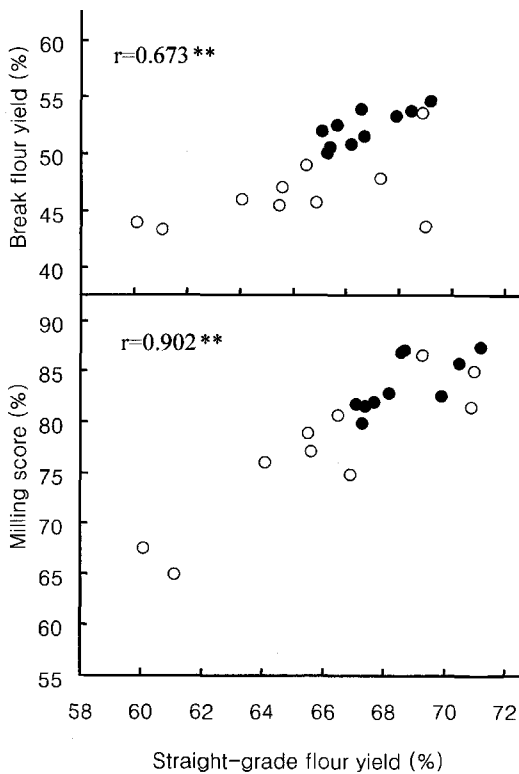


Fig. 1. Relationship among straight-grade flour yield, break flour yield and milling score for 20 soft wheat cultivars and lines.

● ; Soft white spring wheats, ○ ; Soft white winter wheats

Table 5와 같다. 즉, 용적중과 straight-grade flour yield, break flour yield, 밀가루 회분 함량 및 제분평점과는 각각 $r=0.720^{**}$, $r=0.490^{*}$, $r=-0.781^{**}$ 및 $r=0.838^{**}$ 로서 고도의 정 또는 부의 상관성이 있었다. 용적중을 측정하는 두 가지 이유는 유전성과 환경조건인데, 재배환경조건이 나쁘면 용적중은 감소하며 결국 전분특성에 영향을 미치게 된다. 용적중과 제분수율과의 관계를 Barmore와 Bequette⁽²³⁾의 연구에 의하면 51개 연질밀 품종에서 $r=0.195$ 의 낮은 상관밖에 없었으나, Ghadri 등⁽²⁴⁾은 80개의 연질밀 품종실험에서 $r=0.583^{**}$ 으로 비교적 높은 상관을 보였다. 이들의 연구결과에 의하면 용적중이 증가함에 따라서 제분수율은 증가하고 회분함량은 감소한다고 밝혔으며, 본 연구에서도 동일한 경향을 볼 수 있었다. NIR kernel hardness value와 제분특성과의 관계를 보면, SKCS kernel hardness와 straight-grade flour yield에서 $r=0.447^{*}$ 의 유의성을 보였을 뿐 다른 특성들간에는 유의성이 없었다. 한편 종실 및 밀가루의 단백질 함량과 제분특성간의 관계를 보면 모두 고도의 정 또는 부의 상관을 보였고, 특히 종실과 밀가루의 단백질 함량과 제분평점과는 각각 $r=-0.988^{**}$ 및 $r=-0.937^{**}$ 의 고도의 부의 상관을 보여 단백질 함량이 증가함에 따라서 제분수율이 감소되는 것을 볼 수 있었다.

제분 특성간의 상관관계와 분포를 보면, Fig. 1에서 보는 바와 같이 straight-grade flour yield와 break flour yield, 제분평점과는 각각 $r=0.673^{**}$ 및 $r=0.902^{**}$ 의 고도의 정의 상관성이 있었다. 즉, 전체 제분수율이 증가함에 따라서 break flour yield나 제분평점이 증가함을 볼 수 있었다. 한편 밀가

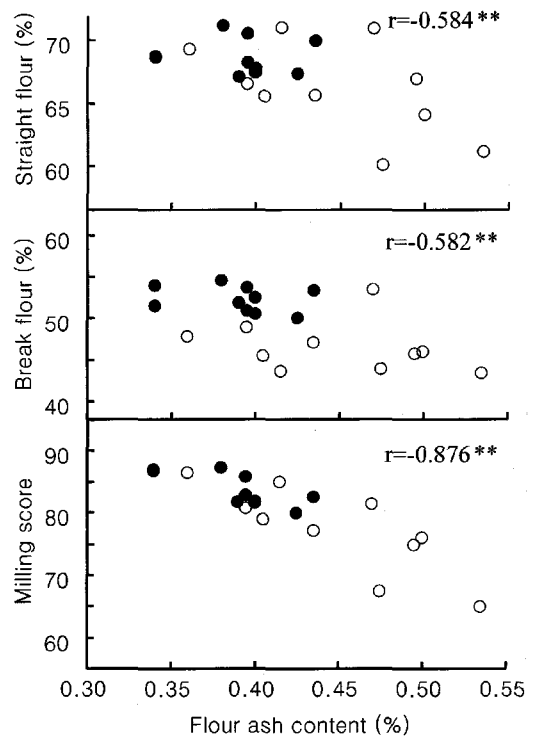


Fig. 2. Relationship among flour ash content, straight grade flour yield, break flour yield and milling score for 20 soft wheat cultivars and lines.

● ; Soft white spring wheats, ○ ; Soft white winter wheats

Table 6. Flour swelling volume and rapid visco-analyzer (RVA) peak viscosity of the tested soft wheat flours

Class and variety	Flour swelling volume (mL/g)	RVA peak viscosity (CP×12)
Soft white spring		
Alpowa	23.0 ^{bc1)}	201 ^{cd}
Edwall	27.1 ^a	230 ^b
Penawawa	27.1 ^a	261 ^a
Pomerelle	22.1 ^{bcd}	149 ^{fg}
Vanna	21.7 ^{bcd}	169 ^{ef}
WA7850	21.0 ^{cd}	164 ^{ef}
Wakanz	23.9 ^b	183 ^{de}
Wawawai	21.9 ^{bcd}	163 ^{ef}
Whitebird	21.7 ^{bcd}	171 ^{ef}
WPB93108	27.7 ^a	260 ^a
Mean	25.9	195.1
Soft white winter		
Cashup	23.4 ^{bc}	116 ^h
WA7811	19.0 ^{fg}	127 ^{gh}
Madsen	20.1 ^{defg}	124 ^{gh}
Rod	20.9 ^{def}	112 ^h
MacVicar	20.1 ^{defg}	136 ^{gh}
Stephens	18.2 ^s	136 ^{gh}
97A-167	22.0 ^{bcd}	213 ^{bc}
KW960039	22.5 ^{bcd}	175 ^{ef}
KW94368	19.9 ^{defg}	85 ⁱ
I-114	19.6 ^{efg}	133 ^{gh}
Mean	20.6	135.7

¹⁾Means with the same letter are not significantly different.

루의 회분 함량은 제분수율을 제한시키는 요인이 되고 있는데 본 연구에서도 Fig. 2에서 보는 바와 같이 밀가루의 회분 함량이 증가함에 따라서 straight-grade flour yield($r = -0.0584^{**}$), break flour yield($r = -0.582^{**}$) 및 제분평점($r = -0.876^{**}$)이 감소하는 것을 볼 수 있었다. 결과적으로 제분특성의 제한요인이 회분 함량임을 알 수 있다. 밀의 제분수율과 회분과의 관계를 나타낸 회분곡선을 보면, 제분수율이 70% 될 때까지는 회분함량의 증가가 완만하나 제분수율 70%에서 80%까지는 증가폭이 커지면서 제분수율이 80%를 넘어서면서 급격하게 증가함을 볼 수 있는데, 이것은 밀 배유의 전형적인 조성이 전분 70%, 단백질 12%정도를 함유하고 있을 뿐만 아니라 표피에 회분 함량이 높기 때문이라 밝히고 있다⁽²⁵⁾.

호화특성

초기에는 밀의 수발아 정도를 측정하기 위하여 개발되어 많이 이용되고 있는 Rapid Visco-Analyzer(RVA)가 최근에는 밀가루 또는 전분의 호화특성을 측정하는 등 여러 가지 용도로 이용되고 있다^(26,27). 즉, RVA는 Brabender amylograph/viscograph와 비교하여 보면 시료량이 적고(밀가루, 전분 3~4g) 측정시간이 짧으며 computer에 의해 측정치가 직접적으로 기록된다는 것이 가장 큰 장점이다. Table 6은 공시 밀가루의 swelling volume과 RVA peak viscosity이다. Swelling volume을 보면, SWS 밀은 21.0~27.7 mL/g(평균 25.9 mL/g),

Table 7. Simple correlation coefficient among kernel characteristics, milling properties and physical starch properties for 20 soft wheat varieties and lines

Characteristics	Physical starch properties	
	RVA ¹⁾ peak viscosity	Swelling volume
Kernel characteristics		
Test weight	0.113	0.238
NIR ²⁾ hardness	-0.282	-0.362
SKCS ³⁾ hardness	-0.104	0.137
SKCS weight	-0.535*	-0.392
SKCS size	-0.414	-0.268
Wheat protein	-0.321	-0.462*
Flour protein	-0.267	-0.436
Milling properties		
Straight flour yield	0.290	0.298
Break flour yield	0.440	0.525*
Ash content	-0.273	-0.338
Milling score	0.324	0.369

¹⁾rapid visco-analyzer.

²⁾near-infrared reflectance.

³⁾single kernel characterization system.

*: Significant at the 5% levels probability.

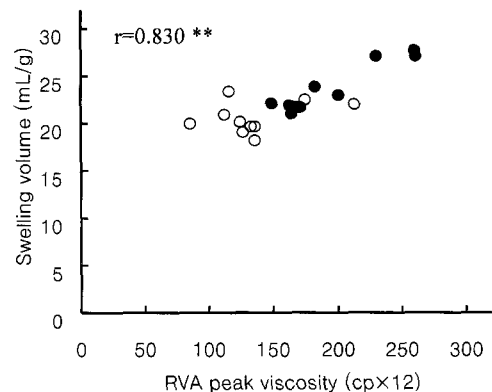


Fig. 3. Relationship between rapid visco-analyzer(RVA) peak viscosity and swelling volume for 20 soft wheat varieties and lines.

● ; Soft white spring wheats, ○ ; Soft white winter wheats

SWW 밀은 18.2~22.5 mL/g(평균 20.6 mL/g)로서 SWS 밀이 높은 경향을 나타냈다. RVA peak viscosity도 SWS 밀이 149~260 unit(평균 195.1 unit), SWW 밀은 85~213 unit(평균 135.7 unit)로서 SWS 밀이 품종간의 변이도 적었고 또 평균 70% 이상의 높은 점성을 보였다. 밀가루 또는 전분의 호화 특성은 반죽의 점성과 직접적인 관계가 있다. 아울러 반죽의 점성은 cookie 퍼짐성 즉, cookie 직경과 깊은 관계가 있는데, Miller와 Hosney⁽²⁸⁾의 연구 결과에 따르면 cookie 직경과 반죽의 점성과는 $r = -0.796^{**}$ 의 고도의 부의 상관이 있음을 밝혔으며, Finney⁽²⁹⁾도 밀가루 전분의 특성 중 점성의 정도는 각 품종이 갖는 유전적 특성이라고 보고한 바 있다. 한편, 전분의 물리적 특성인 RVA peak viscosity, swelling volume과 중질의 이화학적 품질특성, 제분특성과의 관계를 보면 Table 7과 같다. 특히 RVA peak viscosity와 swelling volume은

$r = 0.830^{**}$ 의 고도의 정의 상관관이 있었다(Fig. 3). 이와 관련한 연구결과를 보면, Konik 등⁽³⁰⁾은 swelling volume과 밀가루의 전분함량과는 $r = 0.69^{**}$ 의 고도의 정의 상관관이 있음을 밝혔으며, Zeng 등⁽³¹⁾은 밀전분의 total amylose와 RVA viscosity와는 $r = -0.85^{**}$ 의 고도의 부의 상관관이 있다고 보고했는데, 본 연구에서도 유사한 경향을 보였다. Crosbie⁽³²⁾는 13 품종의 Australian 밀가루에서 분리한 전분에 있어서 swelling power(at 92.5°C)와 amylograph peak viscosity 간에는 고도의 정의 상관($r = 0.80^{**} \sim 0.84^{**}$)이 있음을 보고한 바 있다.

Mixograph 특성

공시된 밀 종류 및 품종별 mixograph 흡수율과 type을 보면 Table 8과 같다. Mixograph 흡수율은 SWW 밀이 52.1~60.9%(평균 56.3%), SWS 밀이 51.1~54.4%(평균 52.8%)으로서 SWW 밀이 평균 3.5%가 높았으며 품종간의 차이도 컸다. Mixograph type은 SWS 밀은 3M이하로서 전형적인 연질밀의 특성을 보인 반면 SWW 밀은 도형이 4H까지 있어 경질밀의 특성까지 보였다. 한편 mixograph 흡수율과 종실 단백질 함량과는 $r = 0.938^{**}$, 밀가루 단백질 함량과는 $r = 0.901^{**}$ 의 고도의 정의 상관관이 있었다(Table 9). Mixograph 흡수율은 제분특성과도 고도의 유의성이 있었다. 즉, straight-grade flour yield, break flour yield 및 milling score와는 각 $r = -0.767^{**}$, $r = -0.765^{**}$ 및 $r = -0.902^{**}$ 의 고도의 부의 상관관이 각각 있어 밀가루의 흡수율이 증가함에 따라 제분성이

Table 8. Mixograph properties of the tested soft wheat flours

Class and variety	Mixograph ¹⁾ absorption (%)	Mixograph type
Soft white spring		
Alpowa	53.9 ^{defgh2)}	4L-6L
Edwall	53.6 ^{defgh}	2M-3L
Penawawa	53.4 ^{defgh}	3M
Pomerelle	53.0 ^{efgh}	3M-4L
Vanna	51.9 ^{gh}	2M
WA7850	54.4 ^{cdefgh}	3M
Wakanz	51.1 ^h	3M-4L
Wawawai	52.0 ^{gh}	3L
Whitebird	52.7 ^{efgh}	2M-1L
WPB93108	51.6 ^h	3M
Mean	52.8	
Soft white winter		
Cashup	54.5 ^{cdefgh}	2M
WA7811	55.8 ^{cde}	2M
Madsen	55.2 ^{cdefg}	2M
Rod	55.5 ^{cdef}	2M-1H
MacVicar	56.7 ^{bcd}	1H
Stephens	60.9 ^a	1H
97A-167	52.1 ^{fgh}	1M-2L
KW960039	59.7 ^{ab}	4H-3H
KW94368	55.4 ^{cdefg}	1H
I-114	57.3 ^{bc}	2M-1H
Mean	56.3	

¹⁾Percentage by weight, corrected to 14% moisture basis.

²⁾Means with the same letter are not significantly different.

감소하는 것을 볼 수 있었다. 회분 함량과는 $r = 0.830^{**}$ 의 정의 상관관이 있었다. 밀가루의 반죽특성은 수화된 gluten-forming protein인 glutenin과 gliadin에 의하여 결정되는 것으로 밀가루에 물이 첨가되고 기계적 에너지가 가해지면 gluten을 형성하여 점탄성, 신전성 등을 갖게 되는 것이다. 그러나 cookie 반죽의 경우 반죽에 의해 gluten이 형성되면 cookie baking시 피짐성이 감소되고 단단한 cookie가 만들어진다⁽³³⁾. 따라서 Finney 등⁽³⁴⁾은 sugar-snap cookie dough는 짧은 시간 내에 반죽이 끝낼 수 있도록 처리하여야 된다고 밝혔다.

Sugar-Snap Cookie의 제조특성

본 연구에 공시된 재료의 cookie 직경과 cookie top grain score를 보면 Table 10과 같다. Cookie 직경을 보면 SWS 밀이 9.07~9.7 cm(평균 9.42 cm), SWW 밀이 8.25~9.25 cm(평균 8.77 cm)로서 SWS 밀이 SWW 밀에 비하여 평균 0.65 cm가 더 컸다. 특히 cookie top grain score는 SWS 밀이 평균 7.2로서 SWW 밀의 4.2에 비해 훨씬 좋은 것으로 보아 cookie 제조적성은 SWS 밀이 우수한 것으로 판단된다. Cookie 직경과 cookie top grain score와의 관계를 보면 Fig. 4와 같이 $r = 0.946^{**}$ 의 고도의 정의 상관관이 있었다. 이와 같은 결과로서 cookie 직경의 크기가 cookie의 품질을 결정하는 주요한 요인임을 알 수 있다⁽³⁵⁾.

Cookie 특성과 종실의 이화학적 품질특성, 제분특성, 단백질 함량, mixograph 특성 및 전분의 물리적 특성과의 관계를 종합적으로 보면 Table 11과 같다. 즉, cookie 특성과 종실의 이화학적 품질특성과는 단지 용적중과 낮은 정의 상관관이 있었을 뿐 다른 측정치와는 상관관계가 없었다. 또 전분의 물리적 특성과 cookie 특성과의 관계를 보면 단지 cookie top grain score와 밀가루의 swelling volume과 $r = 0.447^{*}$ 의 낮은 정의 상관관이 있었을 뿐이다. 그러나 cookie 특성과 제분특성과의 관계를 보면 $r = 0.565^{**} \sim r = 0.926^{**}$ 의 고도의 정 또는

Table 9. Simple correlation coefficient among Mixograph absorption kernel characteristics, and physical starch properties for 20 soft wheat varieties and lines

Characteristics	Mixograph absorption	
Kernel characteristics	Test weight	-0.748 ^{**}
	NIR ¹⁾ hardness	-0.155
	SKCS ²⁾ hardness	-0.400
	SKCS weight	-0.039
	SKCS size	-0.239
Milling properties	Wheat protein	0.938 ^{**}
	Flour protein	0.901 ^{**}
	Milling yield	-0.767 ^{**}
	Break flour yield	-0.765 ^{**}
	Ash content	0.839 ^{**}
Physical starch properties	Milling score	-0.902 ^{**}
	RVA ³⁾ peak viscosity	-0.461 [*]
	Swelling volume	-0.551 [*]

¹⁾near-infrared reflectance.

²⁾single kernel characterization system.

³⁾rapid visco-analyzer.

*, **: Significant at the 5 and 1% levels probability, respectively.

Table 10. Cookie-making characteristics of the tested soft wheat flours

Class and variety	Cookie diameter (cm)	Cookie ¹⁾ top grain score
Soft white spring		
Alpowa	9.07 ^{bcddefg2)}	5.5 ^{cde}
Edwall	9.37 ^{abcdef}	6.0 ^{bcd}
Penawawa	9.08 ^{bcddefg}	6.5 ^{abcd}
Pomerelle	9.49 ^{abcd}	8.0 ^a
Vanna	9.74 ^a	8.0 ^a
WA7850	9.55 ^{ab}	8.0 ^a
Wakanz	9.53 ^{ab}	7.0 ^{abc}
Wawawai	9.44 ^{abcde}	7.5 ^{ab}
Whitebird	9.52 ^{abc}	8.0 ^a
WPB93108	9.43 ^{abcde}	7.5 ^{ab}
Mean	9.42	7.2
Soft white winter		
Cashup	8.98 ^{cdefg}	5.5 ^{cde}
WA7811	8.43 ^{hi}	2.5 ^g
Madsen	9.25 ^{abcdef}	6.5 ^{abcd}
Rod	8.89 ^{gh}	5.0 ^{de}
MacVicar	8.64 ^{ghi}	3.5 ^{fg}
Stephens	8.57 ^{ghi}	2.5 ^g
97A-167	8.97 ^{defg}	4.5 ^{ef}
KW960039	8.25 ⁱ	2.5 ^g
KW943683	8.94 ^{gh}	5.5 ^{cde}
I-114	8.92 ^{efgh}	3.5 ^{fg}
Mean	8.78	4.2

¹⁾A visual evaluation score describing the top grain of the sugar snap cookie. Range of 0 to 10, with 10 being the best.

²⁾Means with the same letter are not significantly different.

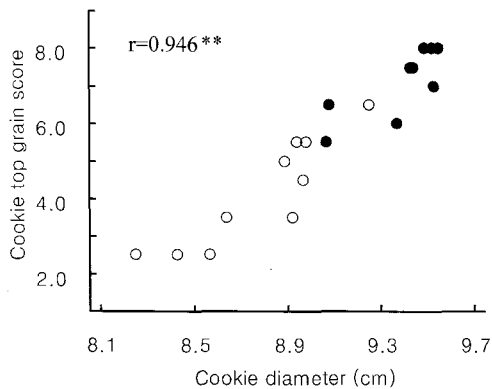


Fig. 4. Relationship between cookie diameter and cookie top grain score for 20 soft wheat varieties and lines.

● ; Soft white spring wheats, ○ ; Soft white winter wheats

부의 상관 있었고, cookie 특성과 단백질 함량과는 $r = -0.695^{**}$ ~ $r = -0.790^{**}$ 의 고도의 부의 상관이 있었으며, cookie 특성과 mixograph 흡수율과는 $r = -0.804^{**}$ 및 $r = -0.799^{**}$ 의 고도의 부의 상관이 있었다.

Cookie 직경과 break flour yield, 종실의 단백질 함량 및 mixograph 흡수율과의 분포를 보면 제분수율이 증가함에 따

Table 11. Simple correlation coefficient among cookie characteristics, kernel characteristics and physicochemical properties for 20 soft wheat varieties and lines

Characteristics	Cookie characteristics	
	Cookie diameter	Top grain score
Kernel characteristics		
Test weight	-0.451*	0.516*
NIR ¹⁾ hardness	-0.060	-0.089
SKCS ²⁾ hardness	0.223	0.295
SKCS weight	-0.117	-0.176
SKCS size	0.024	-0.024
Milling properties		
Straight flour yield	0.644**	0.565**
Break flour yield	0.926**	0.920**
Flour ash	-0.629**	-0.691**
Milling score	0.714**	0.700**
Protein content		
Wheat	-0.747**	-0.790**
Flour	-0.695**	-0.749**
Mixograph properties		
Water absorption	-0.804**	-0.779**
Physical starch properties		
RVA ³⁾ peak viscosity	0.336	0.408
Swelling volume	0.308	0.447*

¹⁾near-infrared reflectance.

²⁾single kernel characterization system.

³⁾rapid visco-analyzer.

*, **: Significant at the 5 and 1% levels probability, respectively.

라서 cookie 직경이 증가하고, 또 단백질 함량과 mixograph 흡수율이 증가함에 따라서 cookie 직경이 감소한 것은 연질 밀의 이화학적 특성과 cookie의 품질특성과의 관계가 잘 표현되었다고 사료된다. 한편 연질밀과 경질밀의 cookie 특성을 비교해 보면 Fig. 5와 같이 경질밀은 cookie baking동안 전혀 퍼짐성이 없는 것을 볼 수 있다. Fig. 6과 Fig. 7은 SWS 밀 품종과 SWW 밀 품종으로 제조된 cookie로서 전반적으로 SWS 밀 품종으로 제조된 cookie가 SWW 밀에 비해 cookie 직경도 크고 top grain이 좋은 것을 볼 수 있다. 이상의 결과에서 보는 바와 같이 밀가루의 품종은 cookie의 품질을 결정하는 중요한 요소임을 알 수 있다. 특히 cookie의 퍼짐성이 연질밀과 경질밀이 현격한 차이를 보이는 것은 밀가루의 단백질 함량과 질에 따른 것으로, 단백질 함량이 높았던 MacVicar, Stephens, KW960039 품종들이 cookie 직경이 작고 top grain score가 낮았다.

요 약

연질밀(*Triticum aestivum* L. em Thell.)로서 soft white spring(SWS) 밀과 soft white winter(SWW) 각각 10품종(또는 계통)을 공시재료로하여 종실의 이화학적 품질특성, 제분특성, 호화특성, mixograph 특성 및 sugar-snap cookie의 제조특성을 측정하고 이들 특성간의 상관관계를 구명하고자 일련의 실험을 실시한 바 그 결과를 보고한다.

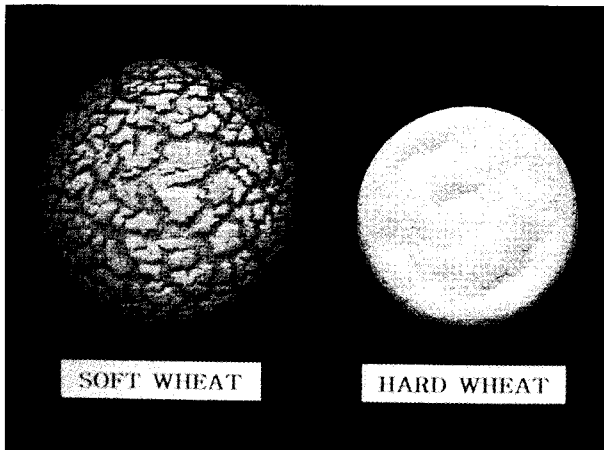


Fig. 5. Cookie characteristics of soft and hard wheat.

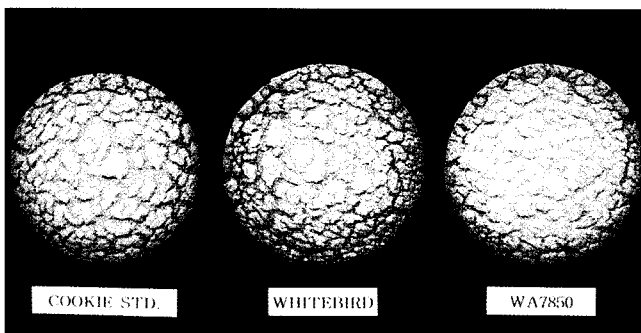


Fig. 6. Cookies baked from soft white spring wheat flours.

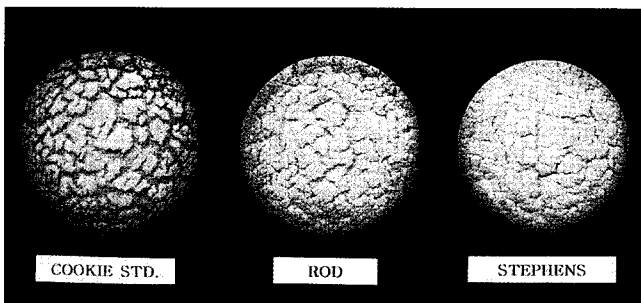


Fig. 7. Cookies baked from soft white winter wheat flours.

Single Kernel Characterization System(SKCS) kernel hardness와 용적중, near-infrared reflectance(NIR) hardness와는 각각 $r=0.497^*$, $r=0.495^*$ 의 정의 상관관이 있었으며 SKCS weight와 SKCS size와는 $r=0.942^{**}$ 의 고도의 정의 상관관이 있었다. 용적중과 straight-grade flour yield, break flour yield, 밀가루 회분 함량 및 제분평점과는 각각 $r=0.720^{**}$, $r=0.490^*$, $r=-0.781^{**}$ 및 $r=0.838^{**}$ 의 고도의 정 또는 부의 상관관이 있었다. 종실의 단백질 함량과 straight-grade flour yield, break flour yield 밀가루 회분 함량 및 제분평점은 각각 $r=-0.786^{**}$, $r=-0.765^{**}$, $r=0.889^{**}$ 및 $r=-0.938^{**}$ 로서 고도의 정 또는 부의 상관관이 있었으며 이와 같은 현상은 밀가루 단백질 함량에서 동일한 결과를 보였다. Mixograph 흡수율과 제분특성과는 고도의 정 또는 부의 상관관이 있었

며, 특히 종실의 단백질 함량과는 $r=0.938^{**}$, 밀가루의 단백질 함량과는 $r=0.901^{**}$ 의 고도의 정의 상관관이 있었다. Cookie 직경과 cookie top grain score는 $r=0.946^{**}$ 의 고도의 정의 상관관이 있었다. Cookie 특성과 제분특성, 단백질 함량 및 mixograph 흡수율과는 고도의 정 또는 부의 상관관이 있었으나 전분특성과는 단지 swelling volume과 cookie top grain score 만이 $r=0.447^*$ 의 정의 상관관이 있었다.

문 헌

1. Thatcher, R.W. Wheat and flour investigations. State Col. Wash. Agric. Exp. Stn. Bull. 84: 48 (1907)
2. Cutler, G.H. and Worzella, W.W. A modification of the Saunders test for measuring "quality" of wheats for different purposes. J. Am. Soc. Agron. 23: 1000-1009 (1931)
3. Culter, G.H. and Worzella, W.W. The wheat-meal fermentation time test of "quality" in wheat as adapted for small plant breeding samples. Cereal Chem. 10: 250-262 (1933)
4. Swanson, C.O. Physical test to determine quality in wheat varieties. Cereal Chem. 13: 179-201 (1936)
5. Swanson, C.O. and Working, E.B. Testing the quality of flour by the recording dough mixer. Cereal Chem. 10: 1-29 (1933)
6. Morgan, R.W. A practical application of the viscosimeter to the mill. Cereal Chem. 1: 288-292 (1924)
7. Anjum, F.M. and Walker, C.E. Review on the significance of starch and protein to wheat kernel hardness. J. Sci. Food Agric. 56: 1-13 (1991)
8. Glenn, G.M., Younce, F.L. and Pitts, J.D. Fundamental physical properties characterizing the hardness of wheat endosperm. J. Cereal Sci. 13: 179-184 (1991)
9. Bode, C.E. The Soft Wheat Quality Laboratory. Cereal Sci. Today. 4: 259-264 (1958)
10. Pomeranz, Y. Composition and functionality of wheat-flour components. pp. 585-674. In: Wheat Chemistry and Technology. Pomeranz, Y. (eds.). AACC, St. Paul, MN, U.S.A (1978)
11. Kasarda, D.D., Nimmon, C.C. and Kohler, G.O. Proteins and amino acid composition of wheat fractions. pp. 227-299 In: Wheat Chemistry and Technology. Pomeranz, Y. (eds.). AACC, St. Paul, MN, U.S.A (1978)
12. Reed, G. and Thorn, J.A. Enzymes. pp. 453-491. In: Wheat Chemistry and Technology. Pomeranz, Y. (eds.). AACC, St. Paul, MN, U.S.A (1978)
13. Wade, P. Biscuits, Cookies and Crackers. Vol. I. The principles of the craft. Elsevier Applied Science, NY, U.S.A. (1988)
14. Briggie, L.W., Yamazaki, W.T. and Hanson, W.D. Heritability of three soft wheat quality characters in the F2 and F3 generations. Crop Sci. 8: 283-285 (1968)
15. Matz, S.A. Base cakes and plain cookies. pp. 119-136 In: Cookies and Cracker Technology. Matz S. A. (eds.). AVI Publishing Company (1968)
16. Yamazaki, W.T. An alkaline water retention capacity test for the evaluation of cookie baking potentialities of soft winter wheat flours. Cereal Chem. 30: 242-246 (1953)
17. Thomson, L.S. Flour needs for the commercial cracker process. Cereal Foods World 21: 642-644 (1976)
18. Yamazaki, W.T. AACC technical committee report: White layer cake test. Cereal Sci. Today 15: 262-268 (1970)
19. American Association of Cereal Chemists. AACC Approved Methods. AACC, St. Paul, MN, U.S.A (2000)
20. Bettge, A.D. and Morris, C.F. Relationships among grain hardness, pentosan fractions, and end-use quality of wheat. Cereal Chem. 77: 241-247 (2000)
21. Morris, C.F., Jeffers, H.C., Engle, D.A., Baldrige, M.L., Patterson, B.S., Bettge, A.D., King, G.E. and Davis, B. Fifty-first annual report of the western wheat quality lab. USDA Agricul-

- tural Research Service (1999)
22. Giroux, M.J. and Morris, C.F. A glycine to serine change in puroindoline b is associated with wheat grain hardness and low levels of starch-surface friabilin. *Theor. Appl. Genet.* 95: 857-864 (1997)
 23. Barmore, M.A. and Bequette, R.K. Weight per bushel and flour yield of Pacific northwest white wheat. *Cereal Sci. Today.* 10: 72-77 (1965)
 24. Ghaderi, A., Everson, E.H. and Yamazaki, W.T. Test weight in relation to the physical characteristics of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). *Crop Sci.* 11: 515-519 (1971)
 25. Farrand, E.A. and Hinton, J.J.C. Study of relationships between wheat protein contents of two U.K. varieties and derived flour protein contents on varying extraction rates. II. Studies by hand dissection of individual grains. *Cereal Chem.* 51: 66-74 (1974)
 26. Ross, A.S., Walker, C.E., Booth, R.L., Orth, R.A. and Wrigley, C.W. The rapid visco-analyzer: A new technique for the estimation of sprout damage. *Cereal Foods World* 32: 827-829 (1987)
 27. Deffenbaugh, L.B. and Walker, C.E. Comparison of starch pasting properties in the Brabender viscoamylograph and the rapid visco-analyzer. *Cereal Chem.* 66: 493-499 (1989)
 28. Miller, R.A. and Hosney, R.C. Use of elongational viscosity of estimate cookie diameter. *Cereal Chem.* 74: 614-616 (1997)
 29. Finney, P.L. Effect of wheat variety on the relationship between falling number and alpha amylase activity. *Cereal Chem.* 62: 258-262 (1985)
 30. Konik, C.M., Mikkelsen, L.M., Moss, R. and Gore, P.J. Relationships between physical starch properties and yellow alkaline noodle quality. *Starch* 46: 292-299 (1994)
 31. Zeng, M., Morris, C.F., Batey, I.L. and Wrigley, C.W. Sources of variation for starch gelatinization, pasting, and gelation properties in wheat. *Cereal Chem.* 74: 63-71 (1997)
 32. Crosbie, G.B. The relationship between starch swelling properties, paste viscosity and boiled noodle quality in wheat flours. *J. Cereal Sci.* 13: 145-150 (1991)
 33. Gaines, C.S. Influence of chemical and physical modification of soft wheat protein on sugar-snap cookie dough consistency, cookie size, and hardness. *Cereal Chem.* 67: 73-77 (1990)
 34. Finney, K.F., Morris, V.H. and Yamazaki, W.T. Micro versus macro cookie baking procedures for evaluating the cookie quality of wheat varieties. *Cereal Chem.* 26: 42-49 (1950)
 35. Yamazaki, W.T. Interrelationships among bread dough absorption, cookie diameter, protein content, and alkaline water retention capacity of soft winter wheat flours. *Cereal Chem.* 31: 35-41 (1954)

(2002년 7월 29일 접수; 2002년 8월 26일 채택)