

한국산 소맥과 수입 소맥의 단백질 특성 비교

고 봉 경
계명대학교 식품영양학과

A Comparison of Protein Characteristics of Korean and Imported Wheat Varieties

Bong Kyung Koh
Department of Foods and Nutrition, Keimyung University

Abstract

The objective of this study was to investigate the fundamental characteristics of proteins effecting on Korean wheat flour quality. Mixing properties and protein contents of *Eunpa*, *Allgreu*, and *Woori* showed soft wheat characteristics. *Tapdong* had strong dough stability and high protein content like hard wheat flour. However, even though *Greu* had a high protein content, the dough strength was very weak like soft wheat flour. No major difference was observed in protein solubility with water, 0.1N NaCl, 70% ethyl alcohol, 0.1 N acetic acid solution and in sulfur and disulfide contents between Korean wheat flours and imported flours. However, DNS (*Dark Norther Spring*) had more contents of acid insoluble and SDS insoluble proteins compared with Korean wheat varieties. PAGE pattern of *Tapdong* was very similar to imported wheat flours at the high molecular weight regions and characteristic high molecular weight glutenin subunits were observed over 116 kD protein molecular weight region from 4 Korean wheat flours such as *Eunpa*, *Woori*, *Allgreu*, and *Greu*.

Key words: Korean wheat flours, proteins, mixing properties, protein solubility, high molecular weight glutenin subunit

서 론

우리농산물에 대한 관심의 증대와 더불어 한국산 소맥의 소비가 점차 증가되고 있으나 일반적으로 한국산 소맥의 품질이 수입밀 보다 떨어지며, 특히 제빵성이 좋지 못한 것으로 알려졌다^(1,3). 1977년 이전에 주로 육성된 품종인 원광, 영광, 및 조광 등의 밀가루의 단백질 함량은 미국표준 제빵용 소맥분보다 약 10% 적어서 제빵에 사용하기에는 부족하며 미국의 밀과 비교하여 아미노산조성 중 glutamic acid 함량이 낮으므로 반죽 및 제빵성이 떨어진다⁽¹⁾. 그러나 1977년 이후 육성된 품종들인 탐동, 조광, 그루밀 등은 단백질 함량이 약 14% 정도로 상승되었으며 glutamic acids와 proline 등의 아미노산의 함량도 증가되었고⁽²⁾, 제빵용 밀로 육성된 탐동 밀은 수입밀과 비교하여 빵의 품질이 적절하였다. 그러나 비슷한 양의 단백질을 함유하

였더라도 수입산 밀과 비교하였을 때 조광이나 그루밀 등의 제빵성은 떨어지며 연질밀과 같은 특성을 나타내고 있다^(3,4). 실제로 탐동 밀을 제외하고는 대부분의 우리밀은 단백질 함량과 관계없이 중력분에 해당되어 제빵 적성이 상당히 열등하였으며, 시중에 판매되는 우리밀은 대부분 제분 공장에서 여러 종자가 섞여진 혼합 밀이므로 제빵에 이용하는데 있어서 더욱 많은 문제점이 있는 것으로 알려졌다⁽⁵⁾. 따라서, 단순한 단백질 함량만으로 우리밀의 품질과 용도를 결정하기에는 어려움이 있다.

밀가루의 단백질은 gluten이라는 특수한 단백질이 반죽과정에서 삼차원적 망상 구조를 형성함으로써 반죽의 점탄성을 나타내고 빵이나 면의 제조과정에서 특유의 물성을 형성한다. 국수의 품질은 면발의 조직감이 가장 중요한데 이러한 조직감은 전분과 더불어 gluten 단백질의 형성에 의하여 나타난다⁽⁶⁾. 제빵과정에서는 소맥분만이 가지는 가장 중요한 특성인 gluten network을 형성함으로써 발효에 의하여 잘 부풀고 baking 과정을 통하여 해면조직이 잘 발달한 빵을 만들

Corresponding author: Bong Kyung Koh, Department of Foods and Nutrition, Keimyung University, 1000 Dal Suh Gu, Sin Dang Dong, Dae Gu, Korea, 704-701

수 있게 한다. 따라서 gluten의 함량과 그 구조는 밀가루의 품질과 관련되어 단백질의 특성을 평가할 때 일차적으로 고려해야 할 항목이라는 사실은 널리 주지되어졌다⁷⁾. Gluten과 밀가루의 품질 특성에 관한 많은 연구들 가운데, 단백질의 gliadin과 glutenin의 함량은 glutenin의 비율이 높을수록 제빵성이 우수하고⁸⁾, high molecular weight glutenin subunit을 갖는 단백질은 반죽의 탄성을 부여하고 제빵성을 우수하게 하며^{9,11)}, gliadin fraction의 ω -region^{12,14)}과, low molecular weight glutenin fraction의 chromosome 1B 와 1D band를 포함하는 subunit^{15,16)}이 제빵성에 영향을 준다는 보고도 있다.

따라서 본 연구는 밀가루의 제품 특성에 가장 큰 비중으로 영향을 미치는 단백질을 연구하여 한국산 소맥분의 특성을 이해하고자 한다. 특히 밀가루의 단백질 함량 이외의 화학적, 유전적 특성이 한국산 소맥분의 특징적인 품질 특성에 영향을 미칠 것으로 생각되므로 단백질의 화학적 특성과 구조에 관하여 연구하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 제분

실험에 사용되는 소맥은 1996년도에 수확하여 우리밀 살리기 운동본부에서 공급받은 그루(경남 합천), 탐동(전남 광진), 은파(전북 광주), 울그루(충남 예산), 우리(경남 진주) 등의 5품종의 한국산 소맥과, 미국산 Soft White (SW), Dark Northern Spring (DNS) 및 호주산 Austrian Standard Wheat (ASW) 등의 3품종의 수입 소맥을 제일제당으로부터 공급받아 사용하였다.

밀가루의 제분은 원맥을 실온에서 24시간 tempering 하여 수분이 15.5%가 되도록 가수 처리하고 Buhler Mill (MN 55440, Swiss)로 제분하였으며, sifter flour 분을 제외하고 break flour (1B-3B)와 reduction flour (1M-3M)를 합하여 분석 시료로 사용하였다.

밀가루의 일반성분조사

시료의 수분함량과 회분함량은 각각 AACC 방법 44-16¹⁷⁾과 AACC 방법 08-01¹⁷⁾에 의하여 측정하였고, 총 단백질 함량은 Kjeldahl¹⁸⁾ 방법에 의하여 조단백질 함량(N x 5.7)을 측정하였다.

반죽의 물성 시험

밀가루의 반죽 특성은 10 g mixograph (National Mfg.

Co., USA)를 이용하여 AACC 방법 54-40¹⁷⁾에 따라서 시험하였다.

SDS Sedimentation Test

Axford 등¹⁹⁾의 방법에 따라 밀가루를 물에 용해시킨 후 SDS (sodium dodecyl sulfate)-lactic acid 용액에 교반하여 정제한 후 침전되는 밀가루의 부피(mL)를 측정하였다.

Disulfide (-S-S-)와 Sulfhydryl (-SH) 함량 측정

Free sulfhydryl (-SH) 함량은 Chan과 Wasserman²⁰⁾의 방법으로 DTNB (5,5'-dithiobis [2-nitrobenzoic acid], Aldrich, USA) 시약을 사용하여 측정하였으며, disulfide (-S-S-) 함량은 total sulfhydryl을 측정 후 total sulfhydryl로부터 free sulfhydryl 함량을 뺀 값의 1/2 한 값을 disulfide (-S-S-) 함량으로 계산하였다. Total sulfhydryl 함량은 Graveland 등²¹⁾의 방법에 따라 밀가루를 6 N NaOH로 50°C, 30분간 알칼리 가수분해하여 disulfide 결합을 분해하고 2 M H₃PO₄로 중화(pH 7)한 후, free sulfhydryl 함량 측정법과 같은 방법으로 DTNB 시약을 사용하여 정량하였다.

단백질의 추출, 분획 및 함량 측정

밀가루 단백질을 각 용액에 대한 용해도에 따라 추출하기 위하여 50 mg 밀가루를 1.5 mL 동일한 양의 증류수, 0.1 N NaCl, 70% ethyl alcohol 및 0.1 N acetic acid와 1.5 % SDS (sodium dodecyl sulfate) 용액에 각각 분산시킨 후, bead beater (Thomas, USA)에서 speed 38로 2분간 beating 한 후 micro centrifuge에서 3분간 원심분리하고 상징액을 취한다. 용해되지 않은 침전물은 위의 과정을 반복하여 상징액을 다시 취하고 앞의 상징액과 합하여 각각의 용액에 용해되는 단백질 용액을 얻었다.

모든 단백질 용액의 농도는 BCA reagent (Pierce, USA)를 이용한 colorimetric 분석을 시행하여 단백질의 함량을 측정하였으며, albumin (Pierce, USA)으로 작성한 표준곡선을 이용하여 각 추출액의 단백질 농도를 정량 하였다.

단백질의 전기영동

Laemmli²²⁾의 방법을 일부 변형하여 T (total gel concentration) 4%와 C (crosslinker concentration) 2.7%되는 stacking gel 및 12% T와 2.6% C의 separating gel로 이루어진 넓이 8 cm, 길이 7.3 cm, 두께 1.5 mm의 10 well의 gel을 제조하여 Mini protein II electrophoresis

system (Bio Rad, USA)을 이용하여 SDS (sodium dodecyl sulfate) polyacryl amide gel electrophoresis (SDS-PAGE)를 하였다.

단백질의 전기영동 분석을 위한 시료는 100 mg 밀가루를 1.5 mL 물과 0.1N NaCl 용액에 차례로 추출하여 상정액을 제거한 후, 남은 침전물로부터 gluten을 분석하기 위하여 침전물을 2% SDS 용액과 2% β-mercaptoethanol 혼합용액 1 mL에 분산시킨 후 bead beater를 이용하여 위의 단백질 추출과 동일한 방법으로 gluten 단백질을 추출, 원심 분리하여 상정액을 전기영동을 위한 gluten 단백질 시료로 이용하였다. 분리된 단백질 용액 50 μL을 4% β-mercaptoethanol을 포함한 sample buffer 25 μL 용액과 혼합하여 전기영동 분석 시료로 사용하였다. Sample buffer의 제조와 처리는 Koh 등⁽²³⁾의 방법에 따라서 제조하였고, 분자량을 비교하고자 각 gel의 양쪽 끝 well에서 molecular weight marker protein (broad range SDS-PAGE Standard, Bio Rad, USA)도 함께 분석하였다. Koh 등⁽²³⁾의 방법에 따라서 gel의 분리된 단백질은 7% acetic acid solution을 포함한 Comassie blue R250 용액으로 고정, 착색하였으며, computer scanning에 의하여 촬영하였다.

결과 및 고찰

Table 1에 나타난 회분함량은 은파밀이 0.69%의 가장 높은 양을 함유하고 있으며 WW가 가장 적은 0.54%의 회분을 함유하고 있다. 그러나 제빵성이 우수하다고 알려진 DNS의 회분 함량은 0.65%로서 우리를 제외한 다른 한국산 소맥 보다 많은 양의 회분이 함유되어 있으므로 단순히 회분 함량과 한국산 소맥분의 제품성과를 연관하여 설명할 수 있는 뚜렷한 경향이나 차이를 나타내지는 않았다.

그루, 은파 및 탑동밀 등의 단백질 함량은 Table 1의 결과에 따르면 각각 15.3, 12.47%와 12.31%로서 수입 밀인 DNS와 ASW 등과 비교하였을 때 상당히 많은 양의 단백질을 함유하고 있으나 Fig. 1의 반죽의 물성을 나타내는 mixograph에서는 탑동을 제외한 한국밀의 반죽 물성은 매우 약하여 일반적인 경질맥들과 비교하여 단백질의 함량은 충분하지만 수입 강력분과 같

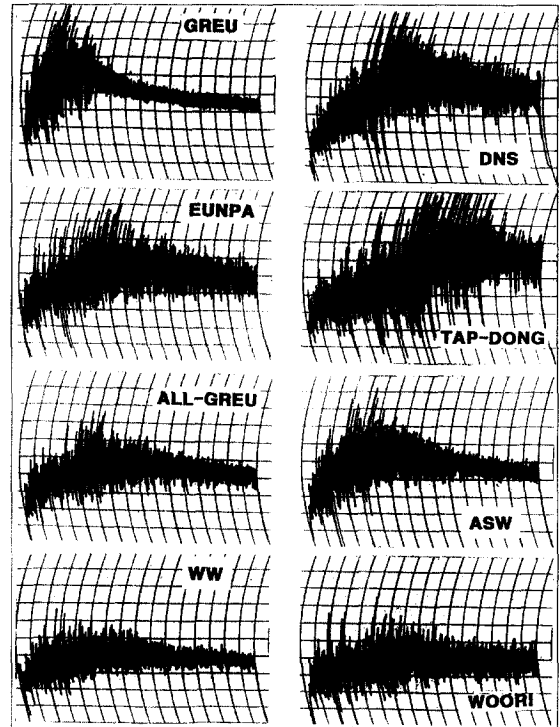


Fig. 1. Mixograms of wheat flours.

은 경질맥의 성질을 띄지 못하고 연질맥과 같이 반죽의 안정성(dough stability)이 매우 약하였다. 특히 그루밀은 많은 양의 단백질을 함유하지만 optimum mixing time 이후의 급속한 dough breakdown 현상이 관찰되므로 전형적인 sticky dough의 문제점을 나타내는 밀가루임을 알 수 있다. 이러한 반죽 특성을 갖는 밀가루로 빵을 만들었을 때는 단백질의 함량이 충분하여도 빵의 체적이 작고 cell size가 작으며 빵의 길감이 질기고 거친 것으로 알려지고 있으며⁽²⁴⁾, 이러한 특성은 원⁽⁵⁾의 실험에서 그루밀로 만든 빵의 품질 특성에서도 확인되었다.

소맥분 단백질을 용해도에 따라서 추출하여 밀가루의 총 단백질 함량에 따른 구성비율을 조사한 Table 2의 결과에 나타난 바와 같이, 단백질의 함량이 적고 연질맥의 반죽 물성을 나타내는 올그루, 우리, WW와 ASW 등의 밀가루는 수입산과 국내산의 분류에 관계

Table 1. Moisture, ash and total protein contents of wheat flours (Dry basis, %)

	Greu	DNS	Eunpa	Tapdong	Allgreu	ASW	Woori	WW
Moisture	8.67	10.44	10.01	9.52	8.85	9.82	10.33	8.9
Ash	0.60	0.65	0.69	0.60	0.57	0.62	0.68	0.54
Total protein	15.30	13.91	12.47	12.31	10.67	10.15	9.15	9.07

Table 2. Solubility of wheat flour proteins in water, 0.1 N NaCl, 70% ethyl alcohol and 0.1 N acetic acid solutions

	Protein (% of total protein) ¹⁾				
	Water soluble	Salt soluble	Alcohol soluble	Acid soluble	Acid insoluble ²⁾
Greu	10.47±2.0	16.64±0.5	36.16±2.5	62.58±1.5	7.42
DNS	12.14±2.0	19.86±0.3	36.72±2.8	59.92±0.4	40.08
Eunpa	12.07±2.5	20.19±0.3	36.12±2.0	64.18±1.8	35.82
Tapdong	11.82±2.0	22.02±0.3	37.56±0.5	69.65±0.3	30.35
Allgreu	11.98±1.0	22.89±0.1	42.34±2.0	72.42±0.3	27.58
ASW	15.89±2.8	25.39±0.5	39.44±0.5	74.89±1.8	25.11
Woori	14.72±1.8	27.26±0.1	37.37±0.5	67.85±0.6	32.15
WW	16.44±1.9	24.83±0.5	41.64±0.6	72.14±0.3	27.86

¹⁾Values are presented as percent of total protein in wheat flour (nitrogen basis) and averages of five experiments±standard deviations.

²⁾Values are calculated as 100-percent of acid soluble protein.

없이 대체로 수용성의 water soluble과 salt soluble 단백질의 함량이 상대적으로 많은 양을 차지하며, 제빵성에 밀접한 관련이 있는 것으로 알려진⁽²⁵⁾ acid insoluble 단백질의 함량은 상대적으로 적은 양이 함유되어 있다. 반면 단백질 함량이 많은 그루, 은파, 및 탑동 등의 한국 밀들은 DNS와 같이 acid insoluble protein의 함량이 상대적으로 많으며 water soluble과 salt soluble 단백질의 함량은 상대적으로 적었다. 특히 수입 강력분으로서 제빵성이 우수하다고 알려진 DNS 밀은 단백질의 40% 이상이 acid insoluble protein으로 구성되어 가장 높은 비율로 함유되어 있으며, Table 3의 결과에서 보는 바와 같이, SDS soluble 단백질의 함량이 가장 낮았다. 즉 acid insoluble protein은 많은 disulfide bond로 구성되어진 단백질들로서 SDS 용액에서도 용해되지 않고 mercaptoethanol 용액 등으로 disulfide 결합을 환원시킬 때 용해되는 high molecular weight insoluble glutenin으로 구성되었으며 이러한 단백질의 함량이 많을수록 밀가루의 제빵성이 우수하다고 알려져있다^(9,11). SDS insoluble high molecular weight subunit을 갖는 단백질의 제빵에 관한 영향은 이미 알려진 사실로서^(10,11), 이러한 단백질의 함량과 SDS sedimentation volume은 상당히 밀접한 관계가 있으므로 일반적으로 SDS sedimentation volume은 밀가루의 품질 평가에 하나의 지표로서 이용하고 있다⁽²⁶⁾. 본 연구의 결과 Table 3에서와 같이, DNS는 전체 단백질의 함량에 대한 SDS insoluble protein 함량이 가장 많으며 한국산 소맥은 대부분 연질맥인 WW와 같이 SDS soluble protein의 함량이 상대적으로 많았으므로 한국산 소맥들의 SDS insoluble protein의 함량이 상대적으로 적음을 알 수 있다. SDS sedimentation volume은 수입산 ASW가 가장 높은 수치를 나타내며 경질맥인 DNS와 탑동이 다음

Table 3. SDS (sodium dodecyl sulfate) soluble protein contents and SDS sedimentation volume of wheat flours

	SDS sol. (%) ¹⁾	SDS sedimentation volume (mL) ²⁾
Greu	64.7±1.6	17.0±0.1
DNS	61.2±2.3	18.5±2.1
Eunpa	67.8±2.5	17.9±0.1
Tapdong	68.7±2.5	19.0±1.4
Allgreu	79.1±2.0	18.0±0.1
ASW	76.0±3.8	20.0±1.8
Woori	77.6±4.8	18.5±0.7
WW	78.7±2.5	17.5±0.7

¹⁾Values are presented as percent of total protein in wheat flour (nitrogen basis) and averages of five experiments ± standard deviations.

²⁾Values are averages of five experiments ± standard deviations.

으로 높은 수치를 나타내었다. 그 밖의 국내산 소맥들은 수입밀인 WW와 흡사한 낮은 수치를 나타내었다.

단백질 1 mg에 대한 disulfide (S-S) 함량은 Table 4에서 나타난 바와 같이, 연질맥인 WW에서 가장 높게 나타났지만 전체 밀가루 1 g을 기준으로 계산한 값은 단백질의 함량이 많을수록 disulfide의 함량이 높게 나타났다. 이러한 결과는 Ewart⁽²⁷⁾, Tsen⁽²⁸⁾과 Archer⁽²⁹⁾ 등의 외국 밀의 연구 결과에서도 보고된 것으로 품종이나 제빵성에 관계없이 밀가루의 단백질 함량이 높을수록 S-S와 SH 함량이 증가한다. SH에 대한 S-S의 함량 비율은 경질맥인 탑동과 ASW는 각각 6.19와 7.50의 높은 비율을 나타내지만 연질맥인 우리와 은파는 각각 5.53과 5.12로 단백질의 disulfide의 구성 비율이 낮다. SS/SH 함량은 품종별 밀의 내재된 glutathione reductase의 함량에 의해 비율이 결정되는 것으로 이러한 효소의 함량이 많을수록 밀 단백질은 disulfide결합

Table 4. Thiol and disulfide contents of wheat flours

	Flour (nmole/g flour)		SS/SH	Protein (nmole/mg prot.)	
	SH	SS		SH ¹⁾	SS ²⁾
Greu	2.22	13.62	6.14	14.51 (3.73) ²⁾	92.13 (19.57)
DNS	1.94	11.08	5.71	13.94 (3.52)	79.60 (10.22)
Eunpa	2.11	10.81	5.12	16.96 (2.30)	86.64 (9.35)
Tapdong	1.93	11.95	6.19	15.71 (1.22)	97.04 (8.76)
Allgreu	1.72	11.60	6.74	16.28 (0.98)	108.66 (15.67)
ASW	1.66	12.46	7.50	16.35 (1.23)	122.72 (13.34)
Woori	1.73	9.56	5.53	18.89 (2.34)	104.87 (12.21)
WW	1.65	9.21	5.58	18.21 (2.01)	101.45 (18.56)

¹⁾SH=free sulfhydryl; S-S=disulfide (disulfide contents were calculated as [total sulfhydryl-free sulfhydryl content]/2. total sulfhydryl= SH+S-S).

²⁾values are averages of five experiments \pm (standard deviations).

을 형성하지 않고 free thiol의 형태로 존재하며 반죽의 탄성을 약화시킨다. 따라서 밀 품종 자체의 glutathione reductase의 효소 활성을 조사할 필요가 있다⁽²⁹⁾. 또한 SS의 함량이 높다하더라도 단백질의 가교 형태가 inter-disulfide 대신 intra-disulfide crosslink인 경우 반죽의 물성은 단백질의 조직형태가 약하므로 연질맥의 특성을 나타낸다⁽³⁰⁾. 연질맥인 울그루는 disulfide의 비율이 6.74로서 상대적으로 높은 데도 불구하고 Fig. 2의 반죽의 물성은 탄성은 적고 점성이 큰 연질맥 형태로 보아서 이러한 반죽 물성을 나타내는 한가지 원인으로 intra-disulfide의 crosslink가 지배적인 형태일 것으로 생각된다.

한국산 소맥분의 단백질 구조를 조사하기 위하여 수용성 분획을 제거한 gluten 단백질을 mercaptoethanol로 가수분해하여 각 단백질의 subunit 분석을 위한 SDS gel electrophoresis 분석한 결과인 Fig 2를 보면 high molecular weight region에서 두 가지 뚜렷한 현상이 관찰되었다. 경질맥의 특성을 띠는 탐동밀을 제외한 4종의 한국 밀에서 116 kD 이상의 high molecular weight protein subunit이 관찰되었다. 이러한 subunit은 Ng와 Bushuk⁽³¹⁾ 및 Margiotta⁽³²⁾ 등의 연구에서 이용되어진 Marquis wheat 등의 gluten에서 확인된 high molecular weight glutenin subunit로 생각되며, Payne 등⁽³³⁾의 연구에서는 일본산 hexaploid wheat과 SS genome을 갖는 몇몇의 diploid wheat 계통의 *Aegilops umbellulata* 밀 등에서 관찰된 1Dx subunits에 속하는 high molecular weight glutenin subunit에 해당되는 것으로, subunit 2.2로 분류하기도 한다. 또한 116 kD영역에 나타나는 triplet band는 탐동을 제외한 4종의 우리밀에서는 doublet로 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 단백질의 high molecular weight subunit의 구조는 한국산 소맥 가운데 경질맥인 탐동밀이 가장 수입밀의 구

Fig. 2. Sodium dodecyl sulfate (SDS) polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE) patterns of Coomassie blue stained proteins. Proteins were extracted from the mixture solution of 1.5% SDS and 2% β -mercaptoethanol (ME) from flours. (TAP: Tapdong, EUN: Eunpa, ALL: Allgreu, WOO: Woori)

조와 일치하는 것을 관찰할 수 있었다.

요 약

그루, 은파 및 탐동 등의 한국산 소맥분의 단백질 함량은 수입 소맥과 비교하여 상당히 많은 양 함유되어 있으나 탐동을 제외한 한국밀의 반죽 물성은 매우 약하여 단백질의 함량이 많음에도 불구하고 연질맥과 같은 반죽물성을 나타내었고, 특히 그루는 가장 많은 양의 단백질을 함유하지만 전형적인 sticky dough의 문제점을 나타내었다. 수입산과 국내산의 분류에 관계없이 단백질 함량이 많은 그루, 은파, 및 탐동 등의 한국 밀들은 DNS와 같이 acid insoluble protein의 함량이 상대적으로 많으며 water soluble과 salt soluble 단백질의 함량은 상대적으로 적었다. 특히 수입 DNS

밀은 전체 단백질의 함량에 대한 40% 이상이 acid insoluble protein이며 SDS insoluble protein 함량 또한 가장 많은 양 함유되어 있었다. 반면 한국산 소맥은 대부분 연질맥인 WW와 같이 SDS insoluble protein의 함량이 상대적으로 적었다. 또한 품종이나 제품성에 관계없이 밀가루의 단백질 함량이 높을 수록 단백질의 S-S와 SH 함량이 증가하였으며, 이러한 결과는 외국문헌에서 알려진 밀가루의 특성과 특별한 차이가 없었다. 그러나 탐동밀을 제외한 4종의 한국 밀에서 gluten의 특징적인 116 kD 이상의 high molecular weight protein subunit이 관찰되었으며, 이러한 subunit은 high molecular weight glutenin subunit에 해당되는 것으로 외국문헌의 경우 subunit 2.2로 분류하기도 한다. 또한 116 kD영역에 나타나는 triplet band는 탐동을 제외한 4종의 우리밀은 doublet로 나타나므로 단백질의 high molecular weight subunit region에서 경질맥인 탐동밀의 구조가 가장 수입밀과 일치하는 것을 관찰할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정 연구과제(과제번호 96-0402-06-01-3)의 일부로 지원에 감사드립니다. 한국산 밀을 제공해 주신 (주)우리밀과 외국산 밀을 제공하고 제분에 도움을 주신 (주)제일제당에 감사드립니다.

문 헌

- Ryu, I.S. and Oh, N.W.: Bread baking characteristics of Korean wheat varieties seen from their amino acid composition (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **12**, 205-208 (1980)
- Kim, C.T., Cho, S.J., Hwang, J.K. and Kim, C.J.: Composition of amino acids, sugars and minerals of domestic wheat varieties (in Korean). *J Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **26**, 229-235 (1997)
- Won, K.L.: Studies on the rheological properties of dough and baking properties of domestic wheat varieties. Thesis. Graduate School of Natural Resources, Korea University (1995) (in Korean)
- Rhee, C.: A study on rheological properties of dough and whole wheat bread-baking test of wheat variety "Cho-Kwang" (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **15**, 215-219 (1983)
- Lim, Y.H.: Studies on the problem and quality improvement of bread with Korean wheat flours. Symposium on revitalization of Woori-mill., Association of woori-mill (in Korean). 135-151 (1994)
- Kruger, J.E.: Noodle quality-what can we learn from the chemistry of breadmaking? In *Pasta and Noodle Technology*, AAAC. Inc., St. Paul, Minnesota, 157-168 (1996)
- Pomeranz, Y.: Proteins. In *Wheat Chemistry and Technology*, 3rd ed., AAAC. Inc., St. Paul, Minnesota, Vol. II, 242-285 (1988)
- MacRitchie, F.: Evaluation of contributions from wheat protein fractions to dough mixing and breadbaking. *J. Cereal Sci.* **6**, 259-268 (1987)
- Shewry, P.R., Halford, N.G. and Tatham, A.S.: High molecular weight subunits of wheat glutenin. *J. Cereal Sci.* **15**, 105-120 (1992)
- Gao, L. and Bushuk, W.: Polymeric glutenin of wheat lines with varying number of high molecular weight glutenin subunits. *Cereal Chem.*, **70**, 475-480 (1993)
- Orth, R.A. and Bushuk, W.: A comparative study of the proteins of wheats of diverse baking qualities. *Cereal Chem.*, **49**, 268-275 (1972)
- Wrigley, C.W., Robinson, P.J. and Williams, W.T.: Association between electrophoresis patterns of gliadin proteins and quality characteristics of wheat cultivars. *J. Sci. Food Agric.*, **32**, 432-442 (1981)
- Van Lonkhuijsen, H.J., Hamer, R.J. and Schreuder, C.: Influence of specific gliadins on the breadmaking quality of wheat. *Cereal Chem.*, **69**, 174-177 (1992)
- Branlard, G. and Dardevet, M.: Diversity of grain proteins and bread wheat quality. I. Correlation between gliadin bands and flour quality characteristics. *J. Cereal Sci.*, **3**, 329-343 (1985)
- Gupta, R.B., Bekes, F. and Wrigley, C.W.: Prediction of physical dough properties from glutenin subunit composition in bread wheats: Correlation studies. *Cereal Chem.*, **68**, 328-333 (1991)
- Gupta, R.B. and Shepherd, K.W.: Two step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW subunits of glutelin. I. Variation and genetic control of the subunits in hexaploid wheats. *Thor. Appl. Genet.* **80**, 65-74 (1990)
- A.A.C.C.: *Approved Methods*, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, 44-16 Moisture of flour, 08-01 Ash in flour, and 54-40 Mixograph of flour, 9th ed. (1995)
- A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., 920.87 Protein in flour, 15th ed. (1990)
- Axford, D.W.E., McDermott, E.E. and Redman, D.G.: Small scale tests of bread making quality. *Milling Feed and Fertilizer*, **66**, 18-20 (1978)
- Chan, K.Y. and Wasserman, B.P.: Direct colorimetric assay of free thiol groups and disulfide bonds in suspensions of solubilized and particulate cereal proteins. *Cereal Chem.*, **70**, 22-26 (1993)
- Graveland A., Bongers, P. and Bosveld, P.: Extraction and fractionation of wheat flour proteins. *J. Sci. Food Agric.* **30**, 71-84 (1979)
- Laemmli, U.K.: Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, **227**, 680-685 (1970)
- Koh, B.K., Karwe, M.V. and Schaich, K.M.: Effects of

- cysteine on free radical production and protein modification in extruded wheat flour. *Cereal Chem.* **73**, 115-122 (1996)
24. Hosney, R.C.: The mixing phenomenon. *Cereal Foods World*, **30**, 453-457 (1985)
 25. Sievert, D., Sapirstein, H.D. and Bushuk, W.: Electrophoretic study of some high molecular weight proteins of the acetic acid-insoluble residue of wheat flours. *Cereal Chem.* **68**, 512-515 (1991)
 26. Moonen, J.E., Scheepstra, A. and Graveland, A.: Use of the SDS-sedimentation test and SDS-polyacrylamide gel electrophoresis for screening breeder's samples of wheat for bread-making quality. *Euphytica*, **31**, 677-690 (1982)
 27. Ewart, J.A.D.: Thiols in flour and breadmaking quality. *Food Chem.*, **28**, 207-218 (1988)
 28. Tsen, C.C. and Anderson, J.A.: Determination of sulfhydryl and disulfide groups in flour and their relation to wheat quality. *Cereal Chem.*, **40**, 314-322 (1963)
 29. Archer, M.J.: Interrelationships between rheologically important thiol, disulfide groups and yield-quality parameters of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *J. Sci. Food Agric.*, **30**, 566-574 (1979)
 30. Bloksma, A.H.: The relation between the thiol and disulfide contents of dough and its rheological properties. *Cereal Chem.*, **49**, 104-118 (1972)
 31. Ng, P.K.W. and Bushuk, W.: Gluten of Marquis wheat as a reference for estimating molecular weights of gluten subunits by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis. *Cereal Chem.*, **64**, 324-327 (1987)
 32. Margiotta, B., Colaprico, G., D'ovidio, R. and Lafiandra, D.: Characterization of high M_r subunits of glutenin by combined chromatographic (RP-HPLC) and electrophoretic separations and restriction fragment length polymorphism (RFLP) analyses of their encoding genes. *J. Cereal Sci.*, **17**, 221-236 (1993)
 33. Payne, P.I., Holt, L.M. and Lawrence, G.J.: Detection of a novel high molecular weight subunit of glutenin in some Japanese hexaploid wheats. *J. Cereal Sci.*, **1**, 3-8 (1983)

(1999년 2월 18일 접수)