

호주산 제면용 밀가루의 리올로지 성질과 입도분포

윤연희 · 김성곤*

단국대학교 식품영양학과

초 록 : 호주산 표준흰밀(Australian Standard White, ASW)로 제분한 제면용 밀가루 4종의 리올로지 성질과 입도분포를 미국산 경질붉은겨울밀(Hard Red Winter, HRW)과 서부흰밀(Western White, WW)의 혼합밀로 제분한 밀가루와 비교하였다. ASW 밀가루는 미국산보다 단백질과 회분함량이 낮았고, 아밀로그래프 최고점도는 높았다. 파리노그래프 흡수율은 호주산 밀가루가 높았으나 반죽형성시간은 호주산과 미국산 사이에 차이가 없었다. 밀가루 반죽의 저항도와 신장도는 호주산 밀가루가 작았다. 밀가루 입자크기 분포는 시료마다 독특한 경향을 보였다. 파리노그래프 지표는 단백질 또는 익스텐시그래프 지표와 상관을 보이지 않았다. 아밀로그래프 최고점도는 단백질과 (-)상관을, 익스텐시그래프의 신장도는 단백질과 (+)상관을 보였다. (1998년 8월 4일 접수, 1998년 8월 25일 수리)

서 론

밀가루는 우리나라 식품산업에서 가장 중요한 원료의 하나로서 주용도는 제면·제과·제빵이다. 1997년도 밀가루 소비량은 1,709,000톤으로 이중 제면용이 39.0%, 제과·제빵용이 21.0%를 차지하고 있다.¹⁾ 통계청에서는 밀가루 국수를 크게 일반국수, 냉면, 라면과 기타로 구분하는데, 이들 생산량은 1996년도 604,622톤으로 이중 라면이 전체의 82.15%, 건면이 9.40%, 냉면이 3.38%, 기타가 5.06%를 차지하고 있다.²⁾ 우리나라에서는 오랫동안 미국밀인 경질붉은겨울밀(Hard Red Winter wheat, HRW)과 서부흰밀(Western White wheat, WW)을 1:1로 혼합 제분한 밀가루를 제면용으로 이용하여 왔다.³⁾ 그러나 1985년도에 처음으로 호주산 밀이 도입되기 시작하면서 호주산 밀의 제면성에 대한 연구가 시도되었다. 이 등⁴⁾은 호주산 밀 6종류를 대상으로 제분특성과 리올로지 성질을, 이와 이⁵⁾는 호주산 밀의 건면제조 적성을, 이 등⁶⁾은 호주산 밀로 만든 건면의 품질평가 인자에 대하여 보고하였다. 신과 김⁷⁾은 HRW-WW 밀가루와 WW를 호주표준흰밀(Australian Standard White, ASW)로 대체한 HRW-ASW 밀가루의 반죽성질과 호화성질 그리고 제조한 건면의 조리성질 및 기호도를 비교하였을 때 두 시료간의 유의적 차이가 없었다고 하였다.

현재 우리나라에서 생산되고 있는 제면용 밀가루는 매우 다양하나 건면용, 생면용, 숙면용, 라면용 등 용도에 관계없이 호주산 밀 특히 ASW가 많이 쓰이나,⁸⁾ ASW 밀가루의 특성에 대한 연구는 아주 미미한 실정이다. Gang과 Kim⁹⁾은 ASW, HRW와 WW 밀가루 전분의 성질을 비교하였을 때 ASW 전분은 HRW 또는 WW 전분과 다른 성질을 보인다고 하였다. 이 등¹⁰⁾은 국내산 밀을 대상으로 밀가루의 리올로지 성질, 입도분포, 건면의 조리 및 관능특성을 ASW와 비교하였다. 또한 Kim^{11,12)}은 미국산 또는 호주산 밀을 이용

한 라면용 밀가루의 규격에 대하여 보고하였다. 이 연구는 호주산 ASW 밀로 제분한 제면용 밀가루의 입도분포, 호화성질 및 반죽성질을 미국산 밀로 제분한 밀가루와 비교함으로써 호주산 제면용 밀가루의 특성을 이해하기 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

재료

제면용 밀가루는 호주산 ASW 밀로 제분한 밀가루 4개, 미국산 HRW-WW 밀로 제분한 밀가루 1개 등 모두 5개로서 대한제분(주)로부터 제공받아 실험에 사용하였다.

일반성분 분석

시료 밀가루의 수분, 단백질, 회분은 AACC의 표준방법¹³⁾에 따라 분석하였다.

밀가루의 리올로지 성질 측정

밀가루의 호화양상은 브라벤더사의 아밀로그래프를 사용하여 AACC방법¹³⁾ 22-10에 따라 측정하였다. 시료 65 g(수분 14%기준)을 물 450 g에 분산시킨 현탁액을 25°C에서 가열을 시작하여 1.5°C/분씩 상승시키면서 호화개시온도, 최고점도 및 최고점도시의 온도를 구하였다. 호화개시온도는 점도가 10BU(Brabender Units)에 도달하는 온도를 나타내었다.

밀가루의 반죽 성질은 파리노그래프 및 익스텐시그래프를 사용하여 각각 AACC방법¹³⁾ 54-21 및 54-10에 따라 측정하였다. 파리노그래프는 밀가루 300 g(수분 14%기준)을 사용하여 반죽의 굳기가 500±10 BU에 도달하도록 한 다음 파리노그램으로부터 흡수율, 반죽시간, 안정도 및 반죽 저항도값을 구하였다. 반죽의 신장성은 반죽을 30°C 항온 캐비닛에서 45분, 90분, 135분 저장 후 측정하고, 익스텐시

찾는말 : 밀가루, 리올로지, 입도

*연락처

그램으로부터 저항도, 신장도 및 면적을 구하였다.

모든 실험은 2회 반복하고 평균값으로 나타내었다.

입도 분포 측정

밀가루의 입도분포는 레이저 분산법을 이용한 입도 분석기(Coulter LS-100, USA)를 이용하여 시료 1 g을 이소프로필알콜에 분산시킨 다음 시료투입구에 넣고 optional model: fraunhofer, module: fluid, software: 1.50, pump speed: 59, run length: 60 seconds, channel number: 72의 조건으로 분석하고, 입자직경 0.4~900미크론 범위에서 분포비율(부피%), 평균입자직경과 비표면적을 계산하였다.

통계분석

단백질과 회분함량, 리올로지 특성값과 입도분포와의 상호관련성은 SAS 프로그램¹⁴⁾을 이용하여 5% 수준에서 유의성을 검토하였다.

결과 및 고찰

단백질과 회분함량

밀가루의 단백질과 회분함량은 Table 1과 같다. 호주산 ASW 밀가루 1~4번의 단백질 함량은 7.99~8.72%로서, 미국산 밀가루 5번의 9.87% 보다 낮았다. 회분함량은 0.346~0.411% 범위로서 미국산 밀가루가 가장 많았고, ASW 밀가루중 1번시료가 가장 적었다. 현재 생산되고 있는 제면용 밀가루중 건면용은 단백질 9.60~11.18%, 회분 0.370~0.410%, 생면용은 단백질 7.90~9.80%, 회분 0.340~0.383%, 라면용은 단백질 8.70~11.18%, 회분 0.370~0.440% 정도로 알려져 있다.⁹⁾

리올로지 성질

아밀로그래프에 의한 밀가루의 호화를 보면 호화개시온도는 호주산 밀가루 1번이 59.5°C, 나머지는 모두 61.0°C로 시료 1번이 낮은 값을 보였다(Table 1). 최고점도는 호주산 밀가루가 940~1010 BU, 미국산 밀가루가 770 BU로 미국산 밀가루가 현저히 작았다. 이 등¹⁰⁾은 단백질 함량 9.11%, 회분함량 0.39%인 ASW 밀가루의 아밀로그래프 최고점도는 970 BU라고 보고하였는데, 이것은 본 실험결과와 비슷한 것이었다. 또한 Gang과 Kim⁹⁾도 ASW, HRW와 WW 밀가루로부터 분리한 전분의 아밀로그래프 최고점도는 ASW 전분이 HRW 전분 또는 WW 전분보다 현저히 크다고 하였다. 최고점도에서의 온도는 91.0~92.0°C로 큰 차이를 보이지 않았다.

파리노그래프의 흡수율은 59.3~60.3%로서, 호주산 밀가루 3번과 4번이 가장 컸고, 미국산 밀가루가 가장 작았다(Table 1). 반죽형성시간은 1.0~1.3분으로 시료간에 차이를 보이지 않았다. 반죽의 안정도를 보면 4.5~8.1분으로 시료마다 큰 차이를 보였다. 반죽저항도를 보면 호주산 밀가루 중 1, 2, 4번은 미국산 밀가루와 비슷한 값을 보였다. 그러나 호주산 밀가루 3번의 경우 반죽저항도는 45 BU로서 다른 밀가루보다 매우 낮은 값을 보였다. 따라서 호주산 밀가루 3번은 안정도와 반죽저항도가 커 다른 밀가루와 단백질 성질이 다른 것으로 판단된다. 이 등¹⁰⁾은 ASW 밀가루(단백질 9.11%, 회분함량 0.39%)의 반죽형성시간은 2.0분, 안정도는 7.1분, 반죽저항도는 60 BU로 보고하였다.

익스텐시그래프에 의한 밀가루 반죽의 저항도를 보면 호주산 밀가루는 45분후 410~450 BU로서 미국산 밀가루의 480 BU 보다 작았으며, 신장도도 대체로 미국산 밀가루보다 낮은 경향이었다(Table 2). 저항도/신장도의 비를 보면

Table 1. Physicochemical data of noodle flours

Flour No. ¹⁾	Protein ²⁾ (%)	Ash ²⁾ (%)	Amylograph			Farinograph			
			Initial pasting temperature (°C)	Temperature at maximum viscosity (°C)	Maximum viscosity (B.U.)	Absorption (%)	Development time (min)	Stability (min)	Mechanical tolerance index(BU)
1	7.99	0.346	59.5	91.0	1000	59.5	1.1	4.5	70
2	8.59	0.377	61.0	92.0	1010	59.3	1.3	5.1	80
3	8.69	0.380	61.0	91.0	960	60.3	1.0	8.1	45
4	8.72	0.405	61.0	92.0	940	60.3	1.3	6.4	80
5	9.87	0.411	61.0	92.0	770	58.9	1.0	8.5	85

¹⁾Flours 1~4 are ASW and 5 is HRW/WW.

²⁾Protein (N×5.70) and ash contents are on a 14% moisture basis.

Table 2. Extensigraph data of noodle flours

Flour No. ¹⁾	45 min			135 min		
	Resistance (BU)	Extensibility (mm)	R/E ratio	Resistance (BU)	Extensibility (mm)	R/E ratio
1	410	103	3.98	510	98	5.20
2	440	115	3.82	550	102	5.39
3	450	119	3.78	580	106	5.47
4	410	126	3.25	530	112	4.73
5	480	126	3.81	580	119	4.87

¹⁾Flours 1~4 are ASW and 5 is HRW/WW.

호주산 밀가루는 4번이 3.25로 낮았으나, 다른 시료는 미국산 밀가루와 비슷한 값을 보였다. 반죽을 30°C에서 135분 저장했을 때 저항도는 45분에서 보다 100~130 BU 증가하였으나, 신장도는 반대로 5~13 mm 감소하였다(Table 2). 호주산 밀가루중 3번은 저항도 증가정도가 130 BU로 가장 컸으며, 1번은 100 BU로 가장 작았다. 신장도의 감소정도는 호주산 밀가루 1번이 5 mm로 가장 작았고, 2~4번은 13 mm이었다. 미국산 밀가루는 저항도가 100 BU 증가한 반면 신장도는 7 mm가 감소하여 호주산 밀가루 1번과 비슷한 결과를 보였다. 한편 저항도/신장도의 비는 호주산 밀가루중 1~3번은 5.20~5.47로 호주산 밀가루 4번의 4.73, 미국산 밀가루 4.87 보다 큰 값을 보였다.

입도 분포

밀가루의 입자크기 별 분포는 Fig. 1, 2과 같다. 입자크기가 10미크론 이하인 경우 호주산 밀가루 4번이 가장 많았고, 다음이 미국산 밀가루이었다(Fig. 1). 그러나 10미크론 이상인 입자는 40미크론을 중심으로 2중 분포곡선을 보였다(Fig. 2). 이러한 결과는 이 등¹⁹⁾이 보고한 ASW 밀가루의 입도분포와 같은 경향이였다. 입자크기 20미크론까지는 호주산 밀가루 1번과 4번이 많은 경향이였으나, 입자크기 40미크론 이상인 것을 보면 호주산 밀가루 3번과 미국산 밀가루가 많았다.

밀가루 입자크기를 크게 4구간으로 나누어 보면 Table 3과 같다. 시료 밀가루 모두 가장 입자가 작은 것은 0.400미크론이었고, 가장 큰 입자는 호주산 밀가루 1, 2, 3 및 미국산 밀가루로 161.90미크론, 호주산 밀가루 4번은 145.50미크론이었다. 호주산 밀가루 1번과 2번은 입도별 분포 비율이 비슷하였으나, 3번은 19미크론 이하의 입자가 다른 시료

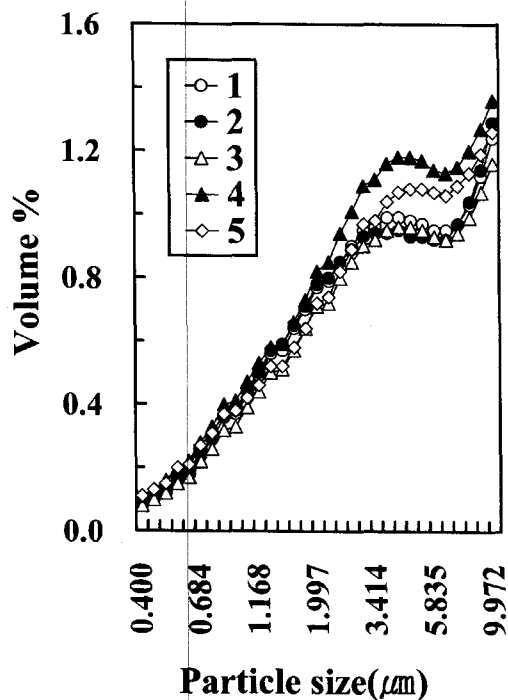


Fig. 1. Particle size distribution of flours smaller than 10 μm.

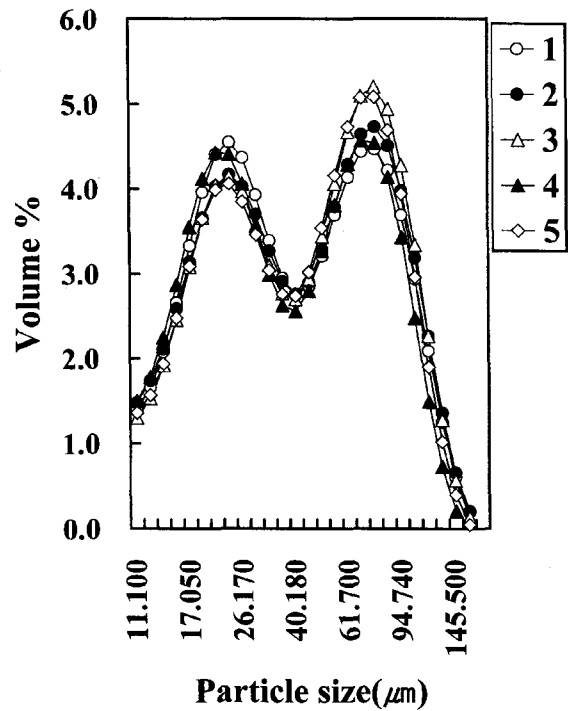


Fig. 2. Particle size distribution of flours larger than 10 μm.

Table 3. Particle size distribution (volume %) of flours

Flour No. ¹⁾	Particle size (μm) ²⁾			
	<19	21~50	55~95	105<
1	35.85	32.41	24.65	7.09
2	35.32	31.05	25.94	7.69
3	33.48	30.68	28.24	7.60
4	39.63	30.68	24.78	4.91
5	35.54	30.46	27.67	6.33

¹⁾Flours 1~4 are ASW and 5 is HRW/WW.

²⁾The smallest particle size was 0.400 μm for all flours and the largest particle size being 161.9 μm except Flour 4 (145.5 μm).

보다 적었으며, 55~95미크론 이상인 큰 입자는 많았다. 호주산 밀가루 4번은 19미크론 이하의 작은 입자가 많았고, 55미크론 이상의 입자가 적었다. 경질밀과 연질밀은 제분성이 다른 잘 알려져 있다.¹⁹⁾ 즉 경질밀은 입자내 가장 약한 지점인 세포벽이 먼저 부서지나, 연질밀은 뚜렷한 패턴없이 부서지며, 연질밀이 경질밀보다 더 고운 입자크기를 갖는다. 따라서 Table 3의 결과는 호주산 밀가루 1~4번은 제분에 쓰인 ASW원료 밀의 경도가 서로 다르다는 것을 가리킨다고 볼 수 있다. 입자크기별 분포차이가 밀의 경도와 직접적인 관련이 있다고 가정할 때, 호주산 밀가루 3번이 경도가 가장 크고, 4번이 경도가 가장 작은 것으로 볼 수 있다. 미국산 밀가루의 입도분포는 호주산 밀가루 3번과 4번의 중간값에 해당하는데, 이러한 이유는 미국산 밀가루는 경질밀(HRW)과 연질밀(WW)의 혼합이므로 경질과 연질의 제분성이 동시에 반영되었기 때문으로 보인다.

밀가루 입도분포(Fig. 1, 2) 결과로부터 입자크기를 Tyler표 준체 메쉬별로 정리한 결과는 Table 4와 같다. 모든 밀가루는 100메쉬체를 거의 다 통과하는 것으로 나타났으며, 메쉬번호

Table 4. Percent thru of flours on different mesh

Flour No. ¹⁾	Mesh number								
	100	115	150	170	200	250	270	325	400
1	99.80	97.94	92.92	89.22	80.53	76.09	68.26	62.19	59.44
2	99.79	97.77	92.31	88.33	79.08	74.44	66.35	60.17	57.41
3	99.86	98.01	92.39	88.11	77.97	72.88	64.15	57.77	55.08
4	100.00	99.06	95.09	91.66	82.98	78.41	70.30	64.22	61.66
5	99.95	98.53	93.67	89.74	79.97	74.90	66.02	59.46	56.73

¹⁾Flours 1~4 are ASW and 5 is HRW/WW.

가 커질수록 통과율은 감소하였다. 호주산 밀가루 3번은 1, 2번에 비하여 200메쉬 이상에서 통과율이 작았다. 호주산 밀가루 4번은 1~3번보다 모든 메쉬에서 통과율이 컸다.

밀가루 입자의 평균입경과 중심입경을 보면 Fig. 3과 같다. 호주산 밀가루중 4번은 평균입경이 39.3미크론으로 가장 작았고, 3번은 45.2미크론으로 가장 컸다. 미국산 밀가루는 호주산 밀가루 2번과 비슷한 값을 보였다. 중심입경은 모든 밀가루에서 평균입경보다 작은 값을 보였으며, 시료별 경향은 평균입경과 비슷하였다. 평균입경과 중심입경의 차이를 보면 호주산 밀가루는 11.8~12.7미크론이었으나, 미국산 밀가루는 11.6미크론으로 호주산 밀가루 시료보다 작았다.

밀가루 입자의 비표면적은 호주산 밀가루의 경우 입도가 큰 3번이 6,096 cm²/ml로 가장 작았고, 입도가 작은 4번이 7,182 cm²/ml로 가장 컸다(Fig. 4). 이 등¹⁰⁾은 ASW밀로 제분

한 밀가루의 비표면적은 6,154 cm²/ml로 보고하였다. 미국산 밀가루의 비표면적은 호주산 밀가루 시료1, 2번에 가까운 값을 보였다.

상관관계

밀가루의 단백질과 회분함량, 리올로지 성질 그리고 입자 크기 간의 상관관계는 Table 5와 같다. 익스텐시그래프의 45분과 135분후 지표는 다른 지표와는 상관관계가 같은 경향을 보이므로 Table 5에는 135분 결과를 제시하였다. 파리노그래프 특성은 단백질, 회분, 익스텐시그래프 지표 및 입도와 상관관계가 없었으나, 아밀로그래프 최고점도는 단백질 함량과 (-)상관을 보였다. 익스텐시그래프의 저항도는 다른 인자와 상관성이 없었으나, 신장도는 단백질 및 회분과

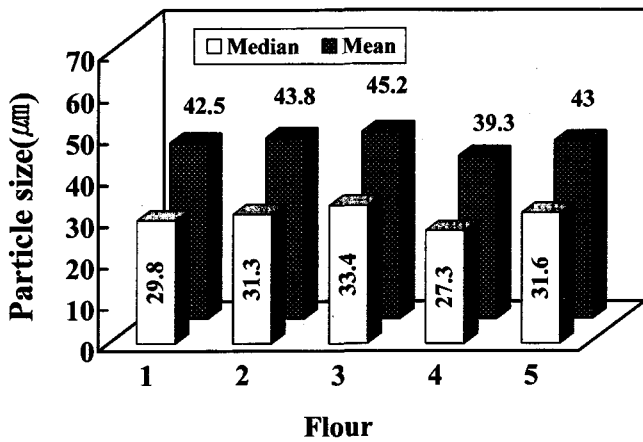


Fig. 3. Median and mean particle size of flours.

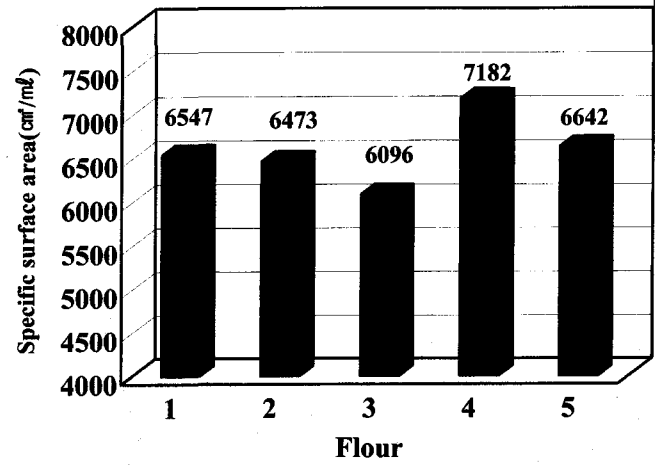


Fig. 4. Specific surface area of flours.

Table 5. Pearson's correlation coefficients

	Protein	Ash	Farinograph		Amylograph peak	Extensigraph ¹⁾			Mean particle size
			Absorption	Stability		Resistance	Extensibility	R/E	
Ash	0.848								
Absorption	-0.429	-0.016							
Stability	0.806	0.717	0.060						
Amylograph peak	-0.936* ²⁾	-0.741	0.443	-0.765					
Resistance	0.747	0.561	-0.130	0.871	-0.576				
Extensibility	0.926*	0.944*	-0.161	0.798	-0.913*	0.577			
R/E	-0.449	-0.637	0.068	-0.193	0.587	0.191	-0.691		
Mean particle size	0.052	-0.316	-0.223	0.248	0.070	0.599	-0.265	0.849	
Specific surface area	0.114	0.451	0.074	-0.179	-0.194	-0.485	0.389	-0.895*	-0.976*

¹⁾After 135 min.

²⁾*=significant at p<0.05.

(+)상관을, 아밀로그래프 최고점도와 (-)상관을, 저항도/신장도의 비는 밀가루의 비표면적과 (-)상관을 보였다. 밀가루의 평균입도는 입자의 비표면적과 (-)상관을 보여, 이 등¹⁰⁾의 보고와 같은 결과이었다.

Chung과 Kim¹⁰⁾은 미국산 밀(HRW/WW)로 제분한 밀가루(단백질 함량 9.12~9.78%)의 경우 파리노그래프와 익스텐시그래프의 지표는 모두 단백질과 (+)상관을 보이거나, 아밀로그래프 최고점도와는 상관을 보이지 않는다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 실험결과와는 상이한 것으로서, 이러한 차이가 호주산 밀의 특징인지는 앞으로 더 연구하여야 할 과제로 생각된다.

감사의 글

이 연구는 단국대학교 대학연구비에 의해 수행되었으므로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Korea Flour Mills Industrial Association (1998) *Flour Milling Industry in Korea*. p.24
2. National Statistical Office (1997) *1996 Report on Mining and Manufacturing Survey*. National Statistical Office, Seoul, Korea.
3. Kim, S.K. and B.N. Kim (1989) Survey on wheat flour utilization in Korea. *Korean J. Dietary Culture* **4**, 109-120.
4. Lee, H.D., C.H. Lee, O.H. Kwon and H.G. Chang (1984) Milling property of Australian wheats and physicochemical properties of the flours. *J. Korean Agri. Chem. Soc.* **27**, 21-28.
5. Lee, H.D. and C.H. Lee (1985) The quality of Korean dried noodle made from Australian wheats. *Korean J. Food Sci. Technol.* **17**, 163-169.
6. Lee, C.H., P.J. Gore, H.D. Lee, B.S. Yoo and S.H. Hong (1987) Utilization of Australian wheat for Korean style dried noodle making. *J. Cereal Sci.* **6**, 283-297.
7. Shin, S.Y. and S.K. Kim (1987) Cooking properties of dry noodle prepared from HRW-WW and HRW-ASW wheat flour blends. *Korean J. Food Sci. Technol.* **25**, 232-237.
8. Kim, S.K. (1997) Overview of Korean noodle industry. *Food and Biotechnol.* **6**, 125-130.
9. Gang, Y.S. and S.K. Kim (1994) Comparison of physicochemical properties of starches isolated from U.S. and Australian wheat flours. *Food and Biotechnol.* **3**, 51-56.
10. Lee, S.Y., H.S. Hur, J.C. Song, N.K. Park, W.K. Chung, J.H. Nam and H.K. Chang (1997) Comparison of noodle-related characteristics of domestic and imported wheat. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**, 44-50.
11. Kim, S.K. (1996) Instant noodles. In *Pasta and Noodle Technology*, Kruger, J.E., Matsuo, R.B. and Drick, J.W., Ed., pp. 195-226, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, U.S.A.
12. Kim, S.K. (1996) Instant noodle technology. *Cereal Foods World* **41**, 213-218.
13. American Association of Cereal Chemists (1983) *Approved Methods of the AACC*. The Association: St. Paul, MN, U.S.A.
14. SAS (1985) *SAS User's Guide: Statistics*, 5th Ed., SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.
15. Hoseney, R.C., P. Wade and J.W. Finley (1988) Soft wheat products. In *Wheat: Chemistry and Technology*, Pomeranz, Y., Ed., Chap. 7, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, U.S.A.
16. Chung, G.S. and S.K. Kim (1991) Effects of salt and alkaline reagent on rheological properties of instant noodle flour differing in protein content. *Korean J. Food Sci. Technol.* **23**, 192-199.

Particle Size Distribution and Rheological Properties of Australian Noodle Flours

Yeon-Hee Yoon and Sung-Kon Kim* (Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul, 140-714, Korea)

Abstract : The characteristics of four samples of noodle flours milled from Australian Standard White(ASW) wheat were compared with one sample of noodle flour prepared from a blend of hard red winter(HRW) and western white(WW) American wheats. The ASW flours had lower content of protein and ash. Farinograms revealed that the absorption of the ASW flours was slightly higher than that of the HRW-WW flour. The mixing time, however, showed no difference between ASW flours and HRW-WW flour. The stability and the mechanical tolerance index were different among ASW flours, which were lower than HRW-WW flour. The ratios of resistance to extension determined by extensigraph for ASW flours were higher except one flour than HRW-WW flour. The flours showed characteristic mean particle sizes, which may reflect the differences in hardness of wheat used in the flour production. Farinograph indices showed no correlations with protein content and extensigraph indices. The amylograph peak viscosity was inversely correlated with the protein content ($p < 0.05$).

Key words : Noodle flour, rheology, particle size

*Corresponding author