

제분기 조쇄 롤의 간격과 밀알의 성질이 밀가루 회분 함량에 미치는 영향

강희문 · 이승주
동국대학교 식품공학과

Effects of Break Roll Gap and Wheat Kernel Properties on Flour Ash Content

Hee Moon Kang and Seung Ju Lee

Department of Food Science and Technology, Dongguk University

Abstract

Flour ash content was analyzed for different varieties of wheat - HRS(hard red spring), SW(soft white), HRW(hard red winter) by milling with different gaps of break roll of Bühler automatic laboratory mill MLU-202. Wheat kernels were separated by sieving into 3 grades with different kernel size, and used as samples for milling. Break flour, reduction flour, bran and shorts were extracted as final products. Ash content of break and reduction flours increased with decrease in roll gap, and the magnitude of change in ash content was smaller in reduction flour than in break flour. Bran ash content did not change according to the roll gap. Shorts showed the same tendency as flours in the change of ash content as roll gap. Ash content of wheat varieties were in increasing order of SW < HRW < HRS. Kernel hardness of wheat varieties were in increasing order of SW < HRW < HRS, and showed significant (+) correlation with ash content of flours. Kernel size did not significantly influence ash content of flours.

Key words: flour ash content, break roll gap, milling, wheat kernel properties

서 론

밀의 제분이란 밀알을 분쇄하고 사별하는 반복적인 과정이다(김희갑과 김성곤, 1985). 분쇄된 밀가루와 그 밖의 부산물인 밀기울과 shorts를 효과적으로 분리하는 것이 핵심 기술이라 할 수 있다. 밀은 다른 곡류와 명확히 구분되는 특징을 갖는다. 즉, 현미나 보리는 배유가 단단하고 외피가 부드러우데 비하여 밀은 배유가 부드럽고 밀기울이 단단하다. 따라서 현미나 보리는 배유를 그대로 둔 채 마치 껍질을 벗기는 것처럼 외피를 제거하는 도정 방식이 가능하지만, 밀은 특별한 전처리를 하지 않은 채 밀기울을 제거한다면 배유는 동시에 부서지게 된다. 따라서 밀가루 제조에는 걸껍질을 그대로 둔 채 내

부의 배유 만을 뽑아내는 제분 방식을 사용한다.

밀가루의 거래에 있어서 일반적으로 회분 함량이 낮고 색이 밝은 밀가루가 고품질로 인식되며 그 반대는 저품질로 간주된다. 회분은 밀알의 외층에 주로 존재하므로 회분 함량을 낮추기 위해서는 밀기울 부분의 혼입을 최대한 방지해야 한다. 이상적인 제분이란 회분 함량이 낮은 밀가루의 수율(extraction)을 가능한 최대화시키는 것으로 정의할 수 있다.

제분 성능은 밀알의 물리적 성질에 따라 영향을 받는다(Scanlon *et al.*, 1988; Novales *et al.*, 1998). Ohm *et al.*(1998)의 보고에 의하면 밀알의 중량, 밀도, 경도는 제분 특성을 평가하는데 중요한 품질 요인으로 분석되었다. Hosney(1990)의 보고에 의하면 밀의 경도는 가수, 밀가루의 입자분포, 밀가루의 비중, 밀가루의 수율과 상관 관계가 있는 것으로 나타났다.

밀의 제분 성능에 영향을 주는 제분 조작 조건인 롤의 회전속도, 롤 간격, 원료 투입속도 등과 밀의

Corresponding author: Seung Ju Lee, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, 3Ga 26, Pildong, Junggu, Seoul 100-715, Korea
Phone: 02-2260-3372, Fax: 02-2260-3372
E-mail: Lseungju@dongguk.edu

전처리 공정인 가수(tempering) 조건에 대한 여러 연구 결과가 보고되었다(김희갑, 1986; Hsieh, *et al.*, 1980; Manthey와 hareland, 2001; Scanlon과 Dexter, 1986). 이들 대부분의 연구는 특정한 밀 품종에 대한 밀의 제분 성능에 관한 것으로, 다른 계열의 밀 품종을 동시에 비교한 연구는 미진한 실정이다.

본 연구에서는 진보(강희문과 이승주, 2004)에 있어서 밀 품종에 따라 조쇄 과정의 조쇄 롤의 간격이 밀가루의 회분 함량에 미치는 영향을 분석하였다. 현장 제분기와 비교할 때 기능이나 성능 면에서 많은 차이가 있으나 그 원리가 정확히 같다고 알려진 Bühler 실험용 제분기를 사용하여 현장의 복잡한 제분 공정의 가동 조건을 개선하는데 도움이 될 수 있는 기술적인 자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

밀은 미국산 경질적춘맥(HRS: hard red spring), 연질백맥(SW: soft white), 경질적동맥(HRW: hard red winter) 3 종의 정선된 밀을 종류 별로 표준망체를 사용하여 >3.36 mm(LA, large kernel), 3.36~2.63 mm(MI, middle kernel), 2.63~2.38 mm(SM, small kernel)의 크기 별로 각각 3등급으로 나누었다(김성곤과 이원중, 1988). 3 등급의 시료와 모두 혼합한 시료(NS, non-segregated kernel = LA + MI + SM)를 제분에 사용하였다.

일반 성분 분석

밀의 조단백질 함량은 단백질자동분석기(Kjeltec Auto1030, Tecator, Sweden)를 사용하여 kjeldal 법으로 질소함량을 측정하였고 밀가루는 질소계수 5.73을, 밀 및 밀기울(bran)은 8.34를 적용하였다. 수분은 상압건조법에 의하여 시료 2g(±1 mg)을 135°C에서 3시간 건조하였으며, 조회분은 건식회화법에

Table 2. Kernel hardness¹⁾ of wheat varieties according to kernel size

	HRS ²⁾	SW	HRW
LA ³⁾	70.95 ± 17.93 ⁴⁾	28.58 ± 16.95	64.52 ± 16.41
MI	84.39 ± 18.21	33.48 ± 19.08	71.10 ± 18.41
SM	88.16 ± 21.11	40.43 ± 22.50	80.75 ± 21.71
NS	88.23 ± 19.52	33.35 ± 19.77	73.56 ± 20.96

¹⁾Characteristic hardness index of SKCS.

²⁾HRS: hard red spring, SW: soft white, HRW: hard red winter.

³⁾LA (large kernel): > 3.36 mm, MI (middle kernel): 3.36~2.63 mm, SM (small kernel): 2.63~2.38 mm, NS (non-segregated kernel): LA + MI + SM.

⁴⁾Average and standard deviation of 3 replications.

따라 600°C에서 4시간 가열하여 분석하였다(AACC, 1993). 각각의 성분은 3회 반복하여 평균값을 구하였다. 시료의 성분조성은 Table 1과 같다.

밀알의 물리적 성질의 측정

Single Kernel Characterization System(SKCS, 4100, Perten Instruments, Sweden)을 사용하여 밀알의 경도를 측정하였고 그 결과는 Table 2와 같다.

제분

제분의 전처리로서 각각의 시료 4500 g를 HRS와 HRW는 목표 수분함량 16.0%, SW는 목표수분함량 14.0%에 도달하도록 미리 계산된 양의 증류수를 가하여 28°C의 온도에서 HRS와 HRW는 18시간, SW는 10시간 가수 처리하였다(AACC, 1993). Bühler 실험용 제분기(Bühler automatic laboratory mill MLU 202, Bühler Broth, Swiss)는 3개의 조쇄 롤(break roll-1B, 2B, 3B)과 3개의 분쇄 롤(reduction roll-1R, 2R, 3R)로 구성된다(강희문과 이승주, 2004). 시료를 1000 g, 500 g 씩 분할하여 먼저 500 g를 사용, 예비 제분 후 산물을 모두 수거하여 버리고 조쇄 롤의 좌우 조정 손잡이를 이용하여 Table 3과 같이 조정하여 투입 속도를 HRS와 HRW는 130 g/

Table 1. Chemical composition of wheat varieties according to kernel size

	HRS ¹⁾					SW				HRW		
	NS ²⁾	LA	MI	SM	NS	LA	MI	SM	NS	LA	MI	SM
Moisture(%)	11.78	11.38	11.29	11.66	10.49	10.41	10.48	10.29	11.09	11.09	10.84	10.64
Protein(%)	14.29	14.21	13.95	14.56	11.67	10.86	11.05	11.77	11.94	11.79	11.53	12.17
Ash(%)	1.63	1.68	1.61	1.69	1.34	1.26	1.25	1.32	1.58	1.72	1.55	1.61

¹⁾HRS: hard red spring, SW: soft white, HRW: hard red winter.

²⁾LA (large kernel): > 3.36 mm, MI (middle kernel): 3.36~2.63 mm, SM (small kernel): 2.63~2.38 mm, NS (non-segregated kernel): LA + MI + SM.

Table 3. Adjustment of roll gap in Bühler automatic laboratory mill

	Gap of break rolls		Gap of reduction rolls	
	Left end ¹⁾	Right end	Left end	Right end
Narrow	0.30 mm			
Middle	0.35 mm	0.30mm	0.01mm	0.01mm
Wide	0.40 mm			

¹⁾Three break rolls are on one shaft with 2 ends, and 3 reduction rolls are on the other shaft in the same manner.

min, SW는 100 g/min으로 고정하고 시료 1000 g를 제분하여 조쇄 계열 밀가루 3종(1BF, 2BF, 3BF), 분쇄 계열 밀가루 3종(1RF, 2RF, 3RF), 밀기울(bran), shorts의 총 8 종의 산물을 획득하였다. 상기에서 밀 품종에 따라 목표 수분함량과 투입 속도를 달리한 이유는 본 연구의 대상인 조쇄 롤의 간격과 밀알의 크기 및 경도 외의 조건은 최적으로 유지하기 위함이다(김성곤과 이원중, 1988).

결과 및 고찰

조쇄 공정 stream의 회분함량은 Fig. 1과 같다. 조

쇄 공정에서 산출되는 전체 조쇄 계열 밀가루의 회분함량은 조쇄 롤의 간격과 (-)상관관계로 롤의 간격이 좁아질수록 회분함량은 증가하는 것으로 나타났다(Table 4). 조쇄 롤의 간격이 좁아지면 회분을 많이 함유하는 크기가 작은 밀기울들이 많이 발생하여 밀가루에 혼입됨으로 회분함량은 증가한다는 현상과(김성곤과 이원중, 1988) 일치하게 나타났다. 또한 Scanlon *et al.*(1986)는 롤 회전속도를 높이면 밀가루의 회분함량은 낮아진다고 보고하였는데, 롤의 간격을 넓히면 밀알의 투입이 더 용이해져서 마치 롤 회전속도를 높인 효과를 예상할 수 있어 회분함량이 감소한다고 해석할 수 있다.

첫 번째 조쇄 롤의 밀가루 산물인 1BF는 2BF와 3BF에 비하여 조쇄 롤의 간격 감소에 따른 회분함량 증가의 효과가 가장 낮게 나타났다. 이는 조쇄 롤의 간격이 좁아짐에 따라 밀기울의 혼입은 증가하지만, 밀기울과 배유의 분리에 따른 밀가루의 수율 증가가 상대적으로 높아서(Hsieh *et al.*, 1980; 강희문과 이승주, 2004) 회분함량 증가의 효과가 감소하기 때문으로 볼 수 있다. 또한 2BR과 3BR에서는 밀기울이 많이 조쇄되고 밀가루의 수율이 상

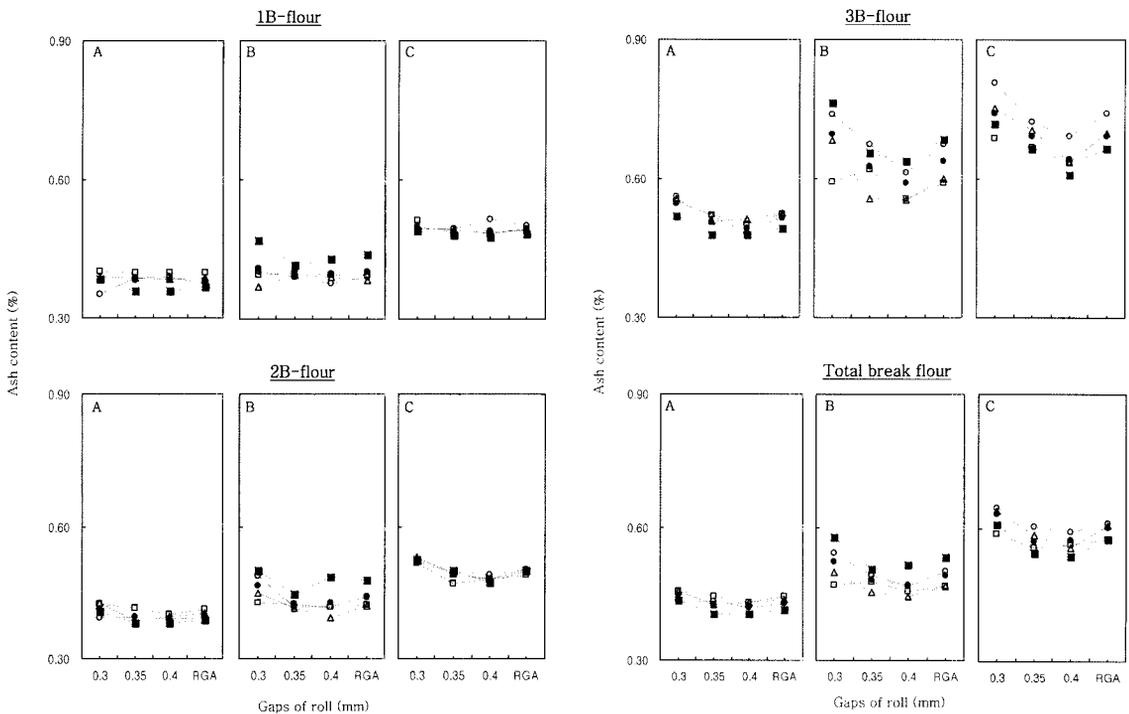


Fig. 1. Ash content of flour from break rolls (1B, 2B, 3B) according to the 1st break roll gap.
 A: soft white, B: hard red winter, C: hard red spring. ○ : LA, △ : MI, □ : SM, ■ : NS, ● : average of ash content of LA, MI, SM and NS (refer to Table 1). RGA: average of roll gaps.

Table 4. Correlation coefficients between ash contents of flours, and single wheat kernel hardness or roll gap

	GOR ²⁾	SKH	GOR for individual WC		
			HRS	HRW	SW
1BF ¹⁾	-0.174	0.745**	-0.339	-0.924	0.911
2BF	-0.889	0.838**	-0.970	-0.825	-0.770
3BF	-0.997*	0.789**	-0.989	-0.983	-0.892
1RF	-0.961	0.825**	-0.993	-0.988	-0.137
2RF	-0.995	0.738**	-0.999**	-0.999**	0.647
3RF	-0.885	0.509	-0.890	-0.893	-0.827
SH	-0.801	-0.603*	-0.928	-0.951	0.955
BR	-0.928	0.772**	-0.960	-0.988	-0.803
BF	-0.879	0.836**	-0.991	-0.823	0.223
RF	-0.945	0.799**	-0.967	-0.977	-0.174
PF	-0.953	0.837**	-0.990	-0.977	0.021
SF	-0.936	0.827**	-0.976	-0.962	-0.089

¹⁾1BF: 1B flour, 2BF: 2B flour, 3BF: 3B flour, 1RF: 1R flour, 2RF: 2R flour, 3RF: 3R flour, SH: short, BR: bran, BF: break flour, RF: reduction flour, PF: patent flour, SF: straight flour

²⁾GOR: gaps of roll, SKH: single kernel hardness, WC: wheat classes, HRS: hard red spring, SW: soft white, HRW: hard red winter.

대적으로 낮아서 회분함량은 더 크게 증가하는 것으로 생각된다.

조쇄 계열 밀가루는 밀의 종류에 따라서 밀알의 경도가 높은 HRS > HRW > SW 순으로 회분함량이 높게 나타났다. 일차적으로는 Table 1에서와 같이 밀 자체의 회분함량의 차이에 그 원인이 있을 수 있다. 한편 Ohm *et al.*(1998)의 보고에 의하면 경도가 높은 밀은 전체 밀가루 수율은 높지만 조쇄 계열 밀가루의 수율은 오히려 낮다고 하였다. 따라서 경도가 높은 밀은 조쇄 밀가루의 수율이 낮은 상태에서 조쇄된 밀기울이 혼입됨으로서 상대적으로 회분함량이 증가한 것으로 사료된다. 또한 제분의 가수과정(tempering)에서 밀알의 수분함량이 증가할 경우 회분함량이 감소한다는 사실(Hsieh *et al.*, 1980)로부터, 가수에 의한 경도 감소가 회분함량의 감소를 유발하였다고 유추할 수 있다.

밀알 크기에 따른 조쇄 계열 밀가루의 회분함량의 차이는 HRS에서 약간 나타났으며 HRW와 SW에서는 무시할 정도이었다. 단 3BF에서는 HRW도 일부 차이를 보였다. 밀알의 크기는 조쇄 롤의 간격과 유기적인 관계가 있는 것으로 보이지만, 밀알의 크기는 제분 성능과는 직접적인 상관관계가 없는 것으로 보고된 바 있다(Ohm *et al.*, 1998). 상기로부터 밀의 종류에 따른 회분함량의 차이는 밀의 경도가 밀가루의 회분함량과 유의적인 상관관계를

(Table 4) 갖는 것으로 보아 조쇄 롤이 밀알에 주는 물리적인 작용은 밀알의 크기보다는 조쇄 롤의 간격과 밀의 경도가 복합적으로 밀가루의 회분함량에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

분쇄 공정 stream의 회분함량은 Fig. 2와 같다. 전체 분쇄 계열 밀가루의 회분함량은 조쇄 롤의 간격과 (-)상관관계를 보이지만 조쇄 계열 밀가루에 비하여 그 차이가 작은 것으로 나타났다. 롤 간격이 작아짐에 따라 분쇄 계열 밀가루도 역시 회분함량이 증가하는 이유는 조쇄 공정의 최종 부산물인 밀기울의 양이 감소하여 분쇄 공정으로 이행되는 밀기울의 양이 증가하기 때문이다(강희분과 이승주, 2004). 또한 분쇄 계열 밀가루에 혼입되는 밀기울은 조쇄 공정에서 이미 걸러지고 남은 밀기울이므로 그 양의 차이 효과는 자연이 작게 되는 것으로 생각된다.

분쇄 계열 밀가루는 조쇄 계열 밀가루와 같은 양상으로 밀의 종류에 따라 HRS > HRW > SW 순으로 회분함량이 높게 나타났다. 밀알 크기에 따른 회분함량의 차이는 SW와 HRW에서 약간 나타났으며 HRS에서는 무시할 정도이었다. 1RF에서 밀의 종류에 따라 회분함량의 큰 차이를 보였으나, 2RF와 3RF에서는 거의 비슷하게 나타났다. 또한 1RF에서 HRW의 경우 롤 간격의 효과가 높았으며, 밀알 직경에 따른 효과도 상대적으로 그 차이를 보였다. 이상의 현상에 대한 해석은 조쇄 계열 밀가루의 경우와 유사하지만, 상대적으로 더 적은 양의 밀기울로부터 파생된 양에 따른 효과가 더 작다는 차이점이 있다.

상급 밀가루에 해당하는 patent 밀가루(= 1BF + 2BF + 1RF + 2RF)와 제분된 모든 밀가루를 합친 straight밀가루(= patent밀가루 + 3BF + 3RF)의 회분함량은 Fig. 3과 같다. 조쇄 롤의 간격과 (-)상관관계이나 SW에서는 그 효과가 가장 낮았다. 밀의 종류에 따라서 HRS > HRW > SW 순으로 회분함량이 높게 나타났다. 밀알 크기에 따른 회분함량의 차이는 patent 밀가루의 경우 HRW에서 나타났으나 그 추세는 분명하지 않았으며, straight 밀가루의 경우에는 HRW에서 나타났으며 HRS에서는 거의 차이가 없었다.

조쇄 공정의 부산물인 밀기울(bran)의 회분함량은 Fig. 4와 같으며 도표 종축의 백분율 크기에서 보듯이 밀가루보다 회분함량이 더 높으며, 조쇄 롤의 간격과 (-)상관관계를 보였다(Table 4). 밀의 종류에 따라서는 HRS > HRW > SW 순으로 회분함량이 높

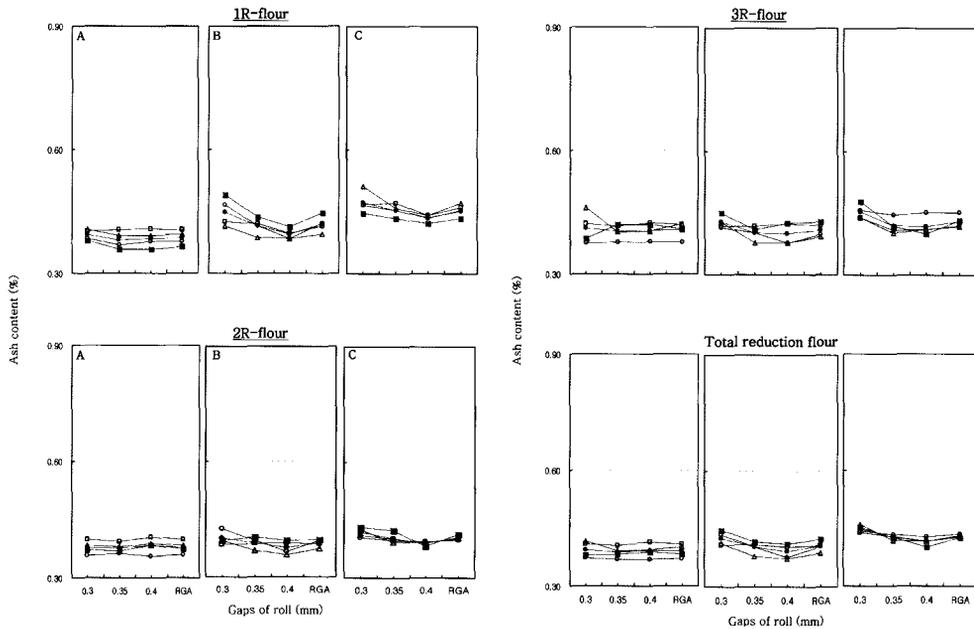


Fig. 2. Ash content of flour from reduction rolls (1R, 2R, 3R) according to the 1st break roll gap.

A: soft white, B: hard red winter, C: hard red spring. ○ : LA, △ : MI, □ : SM, ■ : NS, ● : average of ash content of LA, MI, SM and NS (refer to Table 1). RGA: average of roll gaps.

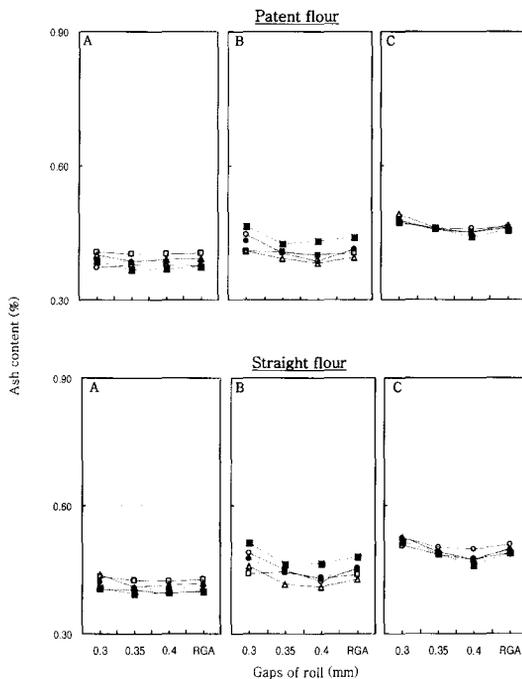


Fig. 3. Ash content of flour of patent and straight flours according to the 1st break roll gap.

A: soft white, B: hard red winter, C: hard red spring. ○ : LA, △ : MI, □ : SM, ■ : NS, ● : average of ash content of LA, MI, SM and NS (refer to Table 1). RGA: average of roll gaps.

게 나타났다. 밀가루의 경우에는 밀 종류에 따른 차이를 품종, 경도의 차원에서 해석할 수 있지만, 밀기울의 경우에는 거의 품종의 회분함량 차이에 기인된 것으로 보아야 한다. 왜냐하면 조쇄 공정의 부산물인 밀기울에는 배유 부분이 거의 없기 때문이다. 대체로 밀알이 클수록 회분함량은 높게 나타났다. 이 또한 Table 1에서와 같이 본래 회분함량이 일부 반영된 것으로 보인다. 결과적으로 밀가루의 회분함량에는 밀의 본래 회분함량의 순서가 그대로 반영되지 않았지만, 부산물인 밀기울인 경우에는 밀의 본래 회분함량의 순서가 그대로 나타났다.

분쇄 공정의 부산물인 shorts의 회분함량은 Fig. 4와 같다. 조쇄 롤의 간격과 (-)상관관계이나 그 변화양은 매우 작았으며 SW에서는 그 차이를 볼 수 없었다. 조쇄 롤의 간격이 좁아지면 부산물인 밀기울의 수율은 낮아지므로(강희문과 이승주, 2004), 전체 밀가루와 shorts에 존재하는 회분함량은 자연이 높아진다. 전체 밀가루인 straight 밀가루의 회분함량이 롤 간격이 감소함에 따라 증가한 것을 고려하면(Fig. 3), 상대적으로 shorts의 롤 간격에 따른 회분함량의 변화는 크지 않음을 예상할 수 있다.

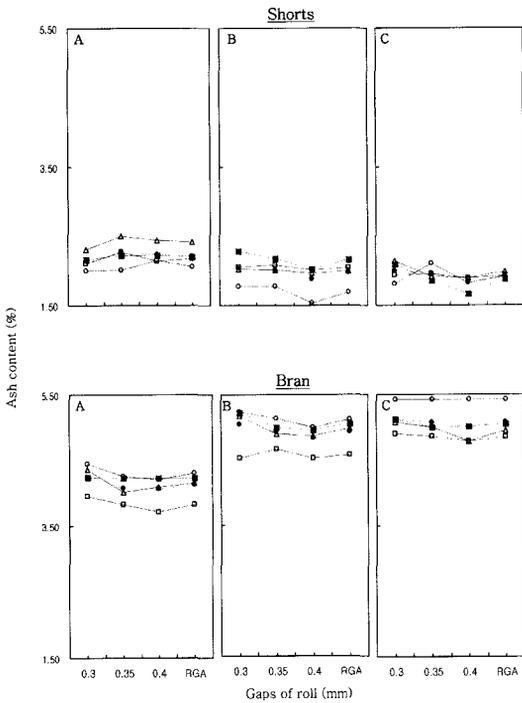


Fig. 4. Ash content of shorts and bran according to the 1st break roll gap.

A: soft white, B: hard red winter, C: hard red spring. ○: LA, △: MI, □: SM, ■: NS, ●: average of LA, MI, SM and NS (refer to Table 1). RGA: average of roll gaps.

요 약

Bühler 실험용 제분기를 사용하여 조쇄 롤의 간격과 밀알의 성질이 미국산 경질적춘맥(HRS: hard red spring), 연질백맥(SW: soft white), 경질적동맥(HRW: hard red winter) 밀가루의 회분함량에 미치는 영향에 관하여 연구하였다. 표준망 체를 사용하여 밀을 3등급의 크기로 분리하여 제분 시료로 사용하였다. 제분의 산물로 조쇄 계열 및 분쇄 계열 밀가루와, 부산물인 밀기울(bran) 및 shorts가 얻어졌다. 롤의 간격이 좁아짐에 따라 조쇄 계열 및 분쇄 계열 밀가루의 회분함량은 증가하였고, 단지 그 변화의 크기는 조쇄 계열 밀가루가 더 높게 나타났다. 밀기울은 롤 간격에 따른 회분함량의 변화가 없

었으며 shorts는 역시 밀가루와 같은 경향을 보였으나 그 변화의 크기가 매우 작았다. 밀의 종류별 회분함량은 HRS > HRW > SW 순으로 높게 나타났다. 밀알의 경도는 HRS > HRW > SW 순으로 높았으며, 밀가루 회분함량과 유의적인 (+) 상관관계를 보였다. 밀알의 크기는 밀가루의 회분함량과 전반적으로 무관한 것으로 나타났다.

참고문헌

강희문, 이승주. 2004. 제분기 조쇄 롤의 간격과 밀알의 성질이 밀가루 수율에 미치는 영향. *산업식품공학* **8(1)**: 17-24

김성근, 이원종. 1988. 실험제분2. 한국제분공업협회 · 미국소맥협회, pp59-75

김희갑, 김성근. 1985. 소맥과 제분공업. 한국제분공업협회, pp34-86

김희갑. 1986. 원료맥의 조절 · 배합. 한국제분공업협회 · 미국소맥협회, pp47-56

AACC. 1993. Methods 26-10A, 26-21A, 26-31 and 44-19. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA.

Hoseney, R.C. 1990. *Principles of Cereal Science and Technology*. AACC, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.

Hsieh, F.H., D.G. Martin, H.C. Black and K.H. Tipples. 1980. Some factors affecting the first break grinding of Canadian wheat. *Cereal Chem.* **57(3)**: 217-223

Manthey, F.A. and G.A. Hareland. 2001. Effects of break-roll differential on semolina and spaghetti quality. *Cereal Chem.* **78(3)**: 368-371

Novales, B., S. Guillaume, M.F. Devaux and M. Chaurand. 1998. Particle size characterization of in-flow milling products by video image analysis using global features. *J. of the Science of Food and Agriculture* **78(2)**: 187-195

Ohm, J.B., O.K. Chung and C.W. Deyoe. 1998. Single-kernel characteristics of hard winter wheats in relation to milling and baking quality. *Cereal Chem.* **75(1)**: 156-161

Scanlon, M.G. and J.E. Dexter. 1986. Effect of smooth roll grinding conditions on reduction of hard red spring wheat farina. *Cereal Chem.* **63**: 431-435

Scanlon, M.G., J.E. Dexter and C.G. Biliaderis. 1988. Particle-size related physical properties of flour produced by smooth roll reduction of hard red spring wheat farina. *Cereal Chem.* **65(6)**: 486-492