

## Durum 밀겨 제분공정의 부산물에서 추출한 식이섬유와 항산화 활성 성분

윤혜숙, 도정룡

식품안전성 연구본부, 식품자원이용 연구본부

### I. 서론

밀 제분 공정에서 발생하는 부산물은 기술적으로 성능을 향상시키기 위해서 또는 건강에 도움을 주는 성분과 혼합하여 사용할 수 있다. 본 연구의 목적은 Durum 밀겨가 가진 다양한 기능과 영양적 특성을 가지고 있는 분획을 선정하는 것이다. 밀겨 부산물은 산업적인 제분 공정에서 얻었다. 단일 분획물들 이외에도, 두 개의 판매제품인 Bran & Brain 50과 70 또한 Durum 밀 분획 혼합과정에서 채취해 분석하였다. 모든 시료의 보수력(water holding capacity), 수용성 및 불용성 섬유소 함량과 밀 제분 공정 부산물의 항산화 활성을 측정하였다. Durum 밀 부산물의 수용성 식이섬유 함량은 0.9%~4.1% 사이인 반면에 불용성 섬유소는 21%~64% 사이였다. B&B 70은 TDF 함량이 69%인 반면, B&B 50은 42%였다. 각 분획물의 보수력은 불용성 섬유소의 양 및 부산물의 입도와 밀접하게 관련되어 있다. 성형-압출 공정은 수용성 섬유소의 양에 영향을 주지 않았지만, 이와는 대조

적으로 불용성 섬유소의 양의 증가가 발견되었다. 항산화 활성은 내부 겨층의 분획물이 더 높았고 입도가 작은 분획일 수록 항산화 활성이 증가하였다. 일부 Durum 밀 부산물 분획의 항산화 활성은 과일과 신선한 채소류의 일반적인 항산화 활성과 대등하였고, 이는 섬유소와 결합된 페놀성분이 함유되어 있기 때문인 것으로 추정된다. Durum 밀겨층 부산물의 높은 섬유소함량과 항산화 활성은 곡물을 기본으로 한 제품에 사용될 때 특별한 관심의 대상이 된다.

밀의 가공 부산물은 색상, 조리적 성질, 식이섬유소 함량에 따라 독특한 기능적, 영양적 특성을 가지고 있다(Dexter et al., 1994a, Dexter, Symons, & Martin, 1994b).

식이섬유(DF)는 셀룰로스, 리그닌, 헤미셀룰로스, 펙틴, 검류와 다른 polysaccharides 및 식물성의 oligosaccharides를 포함한다. 식이섬유는 사실상 “인간의 소장에서 소화 및 흡수가 되지 않고, 대장에서 완전하게 또는 부분적으로 발효되는 것이 어려운 식물의 가식성 부위 또는 유사 탄수화

물”로 정의된다(Mongeau, 2003). 식이섬유는 물에 대한 용해성에 따라 불용성 식이섬유(셀룰로스, 헤미셀룰로스의 일부와 리그닌)인 IDF와 수용성 식이섬유(펜토산, 펙틴, 검, 점액질)인 SDF의 두 가지로 분류된다.

불용성 식이섬유의 주요한 생리적 효과는 소화관의 연동운동의 개선 효과로 이는 보수력(WHC) 및 점도와 관련이 있다(Schneeman, 1999). 반면에 수용성 식이섬유는 복합적인 기능을 가지고 있다. 소화관의 건강에 유익한 작용을 하는 일부 젓산균과 비피더스 균주에 좋은 기질로 사용되고(prebiotic 효과) (Grizard & Barthelemy, 1999), 혈당지수(glycemic index)를 조절할 수 있고, 혈중 콜레스테롤을 줄인다 (Tudoric, Kuri, & Brennan, 2002). 이런 효과가 일어나는 메카니즘은 일부만 밝혀졌지만, 수용성 섬유소(곡류, 두류, 과일과 채소)의 섬유소의 섭취량과 심장혈관질환 및 암의 위험 사이의 반비례 관계는 확실히 밝혀졌고, 식품 의약 당국에서도 두 가지 건강 지침을 만들었다.

지금까지 밀 제분공정의 부산물들은 주로 압출성형된 아침식사제품인 “all-bran”에 주로 사용되고 있다(Eastman, Orthofer & Solorio, 2001). 이런 제품들은 거의 IDF(수용성 식이섬유의 평균량 함량이 약 1.5%인)만으로 구성된다 (Cui, Wood, Weisz, & Beer, 1999). 제분 공정은 섬유질 강화된 곡류 뿐만 아니라 불용성 섬유소와 수용성 섬유소의 비율을 감소시키기 위해 조절할 수 있다(Dexter & Wood, 1996). Durum 밀 가공공정에서 최근의 발전된 기술적 진보는 Durum 밀 부산물들로 지칭되는 다양한 분획들을 분리할 수 있도록 한다. 주로 IDF를 함유하고 있는 이런 부산물들의 일부는 자유수를 가지고 있을 수 있는 반면에 다른 부산물들은 많은 양의 SDF를 함유하고 있고, 영양적 가치가 매우 크다 (Dexter & Wood, 1996). 다른 무엇보다 제분공정의 변환은 곡류로부터

SDF가 강화된 분획을 얻기 위해 시도되었다. 일부 연구들에서 원재료의 효소적 변형(enzymatic modification)이 수행되었다 (Ingelbrecht, Moers, Abecassis, Rouau, & Delcour, 2001; Quaglia & Carletti, 1995). 다른 저자들은 제분 공정 중의 extrusion-cooking parameter를 적절하게 변환하여 유사한 결과를 얻을 수 있었다 (Ning, Villota, & Artz, 1991; Wang, Klopfenstein, & Ponte, 1993).

Durum 밀 제분공정에서 얻어진 다양한 분획물에 존재하는 섬유소의 화학적으로 분류작업은 이들 부산물을 식품 원료로서 응용 가능한 분야를 선택하기 위해 흥미를 끌 수가 있었다(Feillet, Abecassis, & Laignelet, 1996). 불용성 식이섬유/수용성 식이섬유 비율과 이들 분획물들의 향산화 활성을 고려한 섬유소의 기능적, 영양적 특성은 이런 선택을 결정하는데 사용할 수 있다. 곡물 제품들의 향산화 활성의 지표를 제시한 몇몇 연구들이 있다 (Andlauer & Furst, 1998; Borrelli, Esposito, Napolitano, Ritieni, & Fogliano, 2004; Miller, Rigelhof, Marquart, Prakash, & Kanter, 2000). 향산화 활성은 주로 페놀 성분 때문이고, 페놀 성분은 채소와 과일류, 특정한 곡물에만 함유되어 있다(Andlauer & Furst, 1998; Borrelli, Esposito, Napolitano, Ritieni, & Fogliano, 2004; Miller, Rigelhof, Marquart, Prakash, & Kanter, 2000). 정제하지 않은 곡물로 만든 빵은 향산화 활성을 가지고 있고, 정제곡물로 만든 빵의 향산화 활성의 거의 두 배 이상 크며 (Miller et al., 2000), 정제하지 않은 곡물로 만든 빵은 소화관 전체와 결장 조직을 통과하면서 유리기 흡착제 역할을 할 수 있다. 향산화 성분은 겨 층에 집중되어있음이 분명하지만, 기존의 측정방법으로는 얼마만큼의 유리기와 탄수화물 성분이 향산화 활성을 나타내는지는 명확하지 않다(Zhou, Laux, & Yu, 2004). 이

는 전곡의 항산화활성에 겨층과 배아가 중요한 공헌을 하는 것을 나타내고, 페놀 성분들이 밀의 껍질층과 관련이 있음을 설명할 수 있다(McKeehen, Busch, & Fulcher, 1999; Mueller-Harvey, Hartley, Harris, & Curzon, 1986; Regnier & Macheix, 1996). 이런 증거에도 불구하고, 이들 요인은 Durum 밀 부산물의 특성화와 차별화에 거의 고려되지 않았지만, Durum 밀 부산물의 외피층 및 호분층에 존재하는 항산화 성분을 얻을 수 있음을 추측할 수 있다 (Dexter & Wood, 1996; Martiane-Tomea et al., 2004).

본 연구의 목적은 차별화된 기능성과 영양적 특성을 가지는 Durum 밀 겨 분획의 선정을 위함이다. 밀겨 부산물은 산업적 제분 공정에서 얻었다. 단일 분획물 뿐만 아니라, Durum 밀 부산물의 일부를 혼합하여 생산되는 두 개의 상업적 제품인 Bran & Brain 50 (B&B 50)과 Bran & Brain 70 (B&B 70)을 단일분획물의 특성과 비교하기 위해 선정하였다. 특히, 얻어진 분획물들은 보수력, 섬유소의 특성 (수용성/불용성 섬유소 비율), 항산화 활성을 평가하여 특징지었다. 실험의 결과는 extrusion-cooking(압출-성형) technology를 사용하여 수용성/불용성섬유소 비율이 증가되는 것을 목표로 만들어졌다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시료

세 가지 분획을 각각 A, B, C로 정하였고, Durum 밀 낱알을 연속적으로 마모시켜 얻었다. A 분획은 밀 낱알의 외부 층에 해당되고, B 분획은 중간층, C 분획은 호분층과 가까운 내부층에 해당된다. A, B, C 분획은 체를 500~180 mesh 감소시켜 더욱 세분화하였다. 이 분획물들은 mashing, air through 처리를 추가하였고, B&B 70과 B&B

50으로 알려진 두 개의 상업 제품을 제공받았다. 이들 제품의 특징은 다음과 같다. B&B 70은 수분 5%, 회분 4%, 지질 3%, 단백질 8% 였고, B&B 50은 수분 5%, 회분 6%, 지질 5%, 단백질 11% 였다.

### 2. Extrusion-cooking treatment (압출-성형 처리)

시험 cooking-extrusion(성형-압출) 공장 모델 BC 21(Clextral)을 사용하여 실험을 수행하였다. 실험은 한쌍의 스크류가 동시에 회전하는 extruder에서 수행하였고, 100 mm의 9개의 모듈을 Table 1에 기술한 것처럼 다른 연구자들이 사용한 실험방법을 약간 수정한 방법에 따라 수행하였다(Wang et al., 1993). 압출 과정 후에 기계적 절단 모듈을 사용하여 압출된 제품을 절단하였다.

Table 1. Processing parameters used for the extrusion-cooking treatment

Parameter	Value
Temperature profile in the different modules (°C)	50; 80; 100; 110; 120; 140 (4 steps)
Flow of water added during extrusion (L/h)	3
Temperature of water added during extrusion (°C)	22
Speed of extrusion	400 rpm

### 3. 섬유소의 총량 및 수용성 불용성 섬유소의 양 측정

수용성 섬유소(SDF)의 양은, 선행 연구에서 사용한 방법인 효소중량법(gravimetric enzymatic method)에 따라 불용성 섬유소(IDF)와 총 섬유소

(TDF)의 양으로 나타내었다 (Prosky, Asp, Schweizer, DeVries, & Furda, 1998).

#### 4. 보수력 측정

보수력(WHC)의 평가는 기존의 방법을 약간 수정하여 실시하였다(Ning et al., 1991). 각각의 제품에서 5 g을 취해 25 ml의 증류수에 현탁하고 실온에서 30분간 진탕하였다. 10분간 2500 g에서 원심분리한 시료의 무게를 측정하였고, 무게 차이를 계산하여 보수력을 결정하였다. 분석 결과는 각 제품의 각 g 당 보유하는 물의 g을 결과로 나타내었다.

#### 5. 항산화 활성 측정

항산화 활성은 기존에 연구된 방법인 ABTS (2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)) 방법으로 측정하였다 (Pellegrini, Yang, & Rice-Evans, 1999). 요약하면, Durum 밀 분획물 1g을 10 ml의 메탄올에 현탁시킨 뒤 2500g에서 10분간 원심분리 후, 20 L의 상등액을 ABTS 양이온기를 포함하는 용액 1 mL을 가하였다. 725 nm에서 측정된 흡광도를 Trolox 표준용액과 비교하였다. 항산화 활성은 밀 분획 제품 100 g의 Trolox mmol에 해당하는 양으로 표현하였다.

#### 6. 통계적 분석

모든 통계수치는 Window 용 SPSS(버전 8) 통계 패키지를 사용하여 분석하였다. 값들의 차이는 P<0.05의 유의수준으로 분석하였다. 모든 값들은 모든 결과는 ± 표준편차(± SD)로 나타내었다. 시료는 세 번 반복하여 측정 결과를 나타내었다.

### III. 결과 및 토의

#### 1. Durum 밀 제분과정 부산물에서 섬유소 추출

순차적으로 진행되는 Durum 밀 부산물 제분과정에서 섬유소의 수율은 세 개의 주요 분획들(A, B, C)로 산출하였고, 분획들은 더 작은 mesh의 체로 다시 분획하였다. 모든 하위분획물들의 섬유소 구성은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Yield of SDF and IDF of durum wheat by-products

	Sieve opening	Weight (%)	Soluble fibre SDF (% as is)	Unsoluble fibre IDF (% as is)	SDF/IDF
Fraction A	500 m	31.6	0.9 ±0.3	63.9 ±2.1	0.014
	425 m	12.4	2.1 ±0.2	59.8 ±2.3	0.035
	300 m	21.2	1.8 ±0.5	60.4 ±3.1	0.030
	180 m	22.4	2.5±0.2	58.1 ±2.2	0.043
	Fine	12.4	1.4±0.4	45.9 ±2.0	0.030
Fraction B	500 m	31.0	1.7±0.05	40.3 ±4.2	0.042
	425 m	10.6	-	-	-
	300 m	18.0	1.7±0.1	44.9 ±1.2	0.038
	180 m	24.0	2.3±0.4	46.7 ±2.3	0.049
	Fine	16.4	4.1±0.2	24.7 ±2.1	0.166
Fraction C	500 m	33.0	-	-	-
	425 m	8.8	2.8±0.6	40.6 ±2.2	0.069
	300 m	14.2	3.0±0.3	43.4 ±3.2	0.069
	180 m	25.6	2.8 ±0.1	34.3 ±3.1	0.082
	Fine	18.4	3.1±0.1	20.9 ±1.0	0.148
B&B 50			2.5±0.4	42.0 ±2.2	0.065
B&B 70			1.6±0.3	61.1 ±2.0	0.026
Wheat bran			1.5	35	0.045

Products obtained from different abrasions were sub-fractionated according to their granulometry from 500 m (the most coarse) to fine (the finest).

수용성 섬유소 함량은 0.9~4.1 사이인 반면에, 불용성 섬유소는 20.9~63.9 였다. 두 개의 상업적 판매제품인 B&B 50과 B&B 70은 제분과정 분획물들을 혼합한 것으로, 수용성 식이섬유가 각각 2.5%, 1.6%였고, 불용성식이섬유가 각각 42%, 61% 였다. 결과는 Durum 밀 부산물에서 얻은 분획의 섬유소 분포가 다양함을 나타낸다. 이런 다양성은 특히 수용성 섬유소와 불용성 섬유소(SDF/IDF)

사이의 비율을 고려했을 때 분명히 나타난다. 하위 분획에서 더 높은 비율로 나타난 것은 밀의 내부층(호분층과 가까운)에서 얻은 분획의 입도가 감소되었기 때문이다. A 분획의 하위 분획은 주로 과피에서 유래된 것으로 총 식이섬유 함량이 높은 반면에 C 분획에서 얻은 하위 분획은 밀의 내부층에서 얻은 것으로 총 식이섬유 함량이 적지만, 수용성 섬유소의 함량이 높다. 이들은 다양한 잠재적 응용범위를 가진 제품을 얻기 위해 Durum 밀 제분 공정의 조절이 가능함을 나타낸다. B&B 70은 총 식이섬유 함량이 62.7%이고, 수용성/불용성 식이섬유의 비율은 0.026으로 자유수와의 결합이 필수적이다. 반면에 B&B 50은 2.5%의 수용성 식이섬유를 가지고 있고 수용성/불용성 식이섬유의 비율은 0.065로 일부 제품의 수용성 섬유소의 양을 증가시키는데 유용하게 사용될 수 있다. Durum 밀 부산물의 수용성 식이섬유에 대한 본 연구에서 얻은 수치는 기존의 연구에서 보고된 수치와 잘 일치되고(Dexter & Wood, 1996), Durum 밀 수용성 식이섬유가 주로 pentosan과 글루칸으로 구성되었다고 보고하였다 (Cui et al., 1999; Dexter & Wood, 1996; Ranhotra, Gelroth, Glaser, & Posner, 1992).

## 2. 수용성 식이섬유소와 불용성 식이섬유소 수율에 압출 성형 처리가 미치는 효과

온도 처리는 밀겨의 식이 섬유소의 화학적 구성과 물리적 성질에 큰 영향을 준다(Caprez, Arrigoni, Amado, & Neukom, 1986). 다양한 처리 공정들이 섬유소 함량에 미치는 효과는 곡류의 유형과 공정의 매개변수에 따라 강하게 영향을 받는다. 압출-성형(extrusion-cooking) 공정은 수용성 섬유소의 증가를 가져오는 배당체 결합을 기계적으로 파괴시키는 효과를 얻기 위해 널리 연구되었다 (Lue, Hsieh, & Huff, 1991). 그러나 많은 경우

에 불용성 섬유소의 증가가 관찰되었다(Unlu & Faller, 1998).

본 연구에서는 Durum 밀 겨 분획물로 만들어진 압출된 제품의 수용성 섬유소의 양을 증가시키기 위한 가능성을 평가하기 위해 압출-성형 공정에서 평가하였다. 위 session에서 기술한 시험 공장의 온도 프로파일과 다른 매개 변수들은 이전에 수행된 작업들을 기초로하여 고안되었다 (Lue et al., 1991; Wang et al., 1993). 예비 실험은 두 개의 상업적 제품과 수용성 식이섬유의 함량이 3%인 C 분획 전체에 대해 수행하였다. 결과는 Table 3에 나타내었다.

압출 성형 공정이 수용성 식이섬유 함량에 영향을 미치지 않는다는 앞서 설명한 조건에서 나타난 결과들은 다양한 시료들을 섬유소 유형별로 분류하는 것과는 상관이 없음을 나타낸다. Table 3에 나타난 바와 같이, t test로 분석한 결과, 불용성 섬유소가 근소하지만 유의적으로 증가한 것을 알 수 있었다.

Table 3. SDF and IDF amount in abrasion by-product before and after extrusion-cooking treatment

	Insoluble fibre IDF (%)		
	Before extrusion	After extrusion	Difference (%)
B&B 50	35.0 ± 2.0	38 ± 1.2	+9 ab
B&B 70	61.1 ± 2.1	65.6 ± 0.5	+7 ab
Fraction C	33.9 ± 1.2	37.4 ± 2.0	+10 ab

	Soluble fibre SDF (%)		
	Before extrusion	After extrusion	Difference (%)
B&B 50	2.5 ± 0.4	2.7 ± 0.3	+8 aa
B&B 70	1.6 ± 0.3	1.3 ± 0.2	-18 aa
Fraction C	3.0 ± 0.5	2.8 ± 0.5	-7 aa

선행 연구 조사결과와 경우, 예를 들어 사탕수수 펄프 (Quaglia & Carletti, 1995), 옥수수과 빵은 귀리(Camire & Flint, 1991)에서 수용성 식이섬유소가 증가된 경우가 있었던 반면에, 다른 연구들에서는 섬유소의 유형에 따른 유의적인 차이는 없다고 보고한 것을 알 수 있었다. 최근 들어, 두 개의 보리 가루에 압출 성형 공정 처리한 결과 하나

의 품종은 불용성식이섬유 함량이 증가되었고 다른 하나는 감소한 것이 보고되었고(Vasanthan, Gaosong, Yeong, & Li, 2002), 반면에 건조시킨 콩은 불용성 섬유소가 현저하게 감소됨을 발견하였다 (Kutos, Golob, Kac, & Plestenjak, 2003).

섬유소의 가용화 실험의 다양한 결과를 설명할 때, 원료 성분의 다양성 뿐만 아니라 다양한 실험적 조건들이 고려되어야 한다 (예를 들어 모양과 압출 공정의 스크류의 속도). 실제로, 압출 공정에서 받는 기계적 압박은 다당류 배당체 결합의 파괴가 원인일 것이고, 이로 인해 올리고당이 방출되고 결과적으로 수용성 식이섬유가 증가되는 것이다. 반면에, 불용성 식이섬유의 증가로 인해 두 개의 상반된 현상이 나타난다.

(1) 성형-압출 공정 중에 일어나는 전분의 깰화 및 역분해반응(retro degradation)은 분해할 수 있는 다당류(저항전분)로 바뀌는 것이 아니라 전분 내부 중 일부분을 변화시키는 것이다(Unlu & Faller, 1998). 이런 현상들은 앞서 기술한 섬유소의 정량에서 불용성식이섬유의 증가로 나타났다.

(2) 성형-압출 공정 에서 발생하는 Maillard 반응은 단백질 다당류 복합체를 형성하고, 이들은 효소적 분해에 매우 저항성이 있다(Fogliano, Monti, Musella, Randazzo, & Ritieni, 1999). 이런 공정 결과는 섬유소 결정 과정에 사용된 amylase, protease, 그 밖의 다른 효소들에 의한 수용성 물질의 양이 감소이다(Mongeau, 2003). 식이섬유의 정의에 따르면, Maillard 반응 산물은 식물체 자체에서 생성된 물질이 아니기 때문에 식이섬유라고 생각할 수는 없다. 그러나, 그들은 분석 과정 뿐만 아니라 생리학적 관점에서 식이섬유와 같이 작용한다 (Ames, Wynne, Hofmann, Plos, & Gibson, 1999; Borrelli et al., 2004).

### 3. 보수력(Water holding capacity)

겨가 제거되지 않은 Durum 밀 분획물의 보수력 측정 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 보수력은 각 분

획물에 존재하는 섬유소의 양과 물질의 입도 모두 밀접한 관련이 있다. 보수력은 총섬유소의 양에 비례하고, 입도에 반비례한다. 그러므로, A 분획은 높은 보수력을 가지고 있는 반면에 가장 작은 입자크기를 가진 물질로 구성된 “입자가 고운” 모든 하위분획물은 보수력이 낮다.

Table 4의 결과는 성형-압출 공정 이후에 보수력이 뚜렷하게 증가된 것을 나타낸다.

이런 결과는 선행연구(Camire & Flint, 1991)의 결과와 일치하였고, 이는 주로 열 처리 후에 물과 쉽게 결합하는 전분의 변성과 관련이 있다. 그러나, 보수력이 증가된 원인은 공정 후에 측정된 총 식이섬유의 함량 증가에서 유래되었다고 할 수 있다(Table 3).

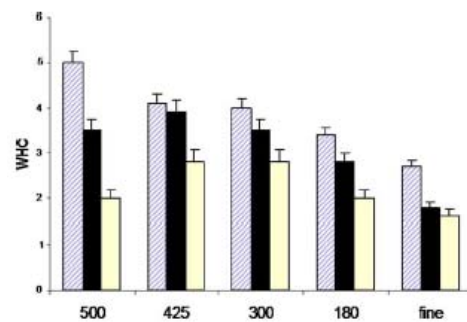


Fig. 1. Water holding capacity (WHC) in bran products and in their sub-fraction at different granulometry. Values are expressed as gram of water per gram of fibre. The granulometry of the sieves decreases from 500 to fine. Shaded bars sub-fractions from fraction A, black bars sub-fractions from fraction B, white bars sub-fractions from fraction C.

Table 4. Water holding capacity (WHC) of durum wheat by-product before and after extrusion-cooking treatment

	WHC (g of water per g of fibre)		
	Before extrusion	After extrusion	Difference (%)
B&B 50	1.5±0.1	3.9±0.2	+160 ab
B&B 70	2.1±0.3	3.1±0.1	+47 ab
Fraction C	1.7±0.2	3.3±0.1	+94 ab

Differences between samples before and after extrusion were evaluated according to the *t* test. Values followed by the same letter are not statistically different (*P* < 0.05).

#### 4. 항산화 활성

Durum 밀 부산물의 항산화활성을 다른 채소류와 비교하여 Fig. 2에 나타내었다. 흥미롭게도, 모든 Durum 밀 겨층 분획물들은 세몰리나 밀과 비교했을 때 항산화활성이 있는 것으로 나타났다. 생체중(fresh weight)을 기초로 했을 때 Durum 밀 부산물의 활성은 적포도주, 토마토 또는 복숭아류와 같이 잘 알려진 항산화 식품과 거의 유사하였다. A와 B 분획의 항산화 활성이 B&B 70, B&B 50과 유사한 값을 가지는 반면에 C 분획은 가장 높은 항산화활성을 나타내었다. 세몰리나 밀은 항산화활성이 미미한 것으로 나타났다. 이런 결과는 호분층이 메탄올에 용해되는 항산화 성분을 풍부하게 가지고 있다는 가설을 입증하는 것이다. 곡류에 존재하는 항산화 성분은 주로 phenolic acid로 이들은 카로티노이드, 토코페롤, 토코트리에놀과 함께 세포벽에 공유결합되어 있다(Andlauer & Furst, 1998; Ho, 1992; Mueller-Harvey et al., 1986; Regnier & Macheix, 1996). 선택된 곡류 낱알에서 높은 항산화 활성이 측정된 것은 페놀 성분의 존재 때문이다(Zielinski & Kozłowska, 2000).

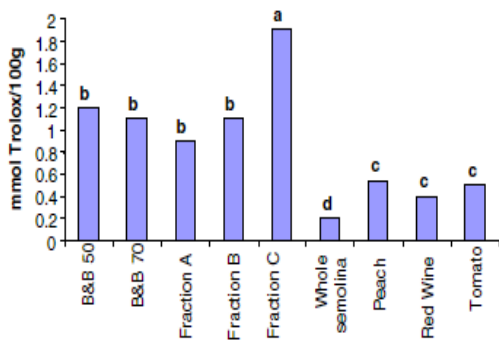


Fig. 2. Antioxidant activity of durum wheat by-product compared with that of common foods. Differences between samples were evaluated according to the *t* test. The antioxidant activity of samples with the same letter is not statistically different ( $P < 0.05$ ).

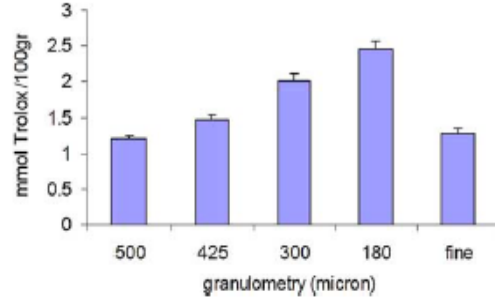


Fig. 3. Antioxidant activity of the sub-fractions of the fraction C at different granulometry.

C 분획에서 얻은 다양한 입도의 하위 분획물의 항산화 활성을 Fig. 3에 나타내었다. 항산화활성은 입도를 감소시킬수록 뚜렷하게 증가하다가 입도가 가장 낮은 정제된 분획에서 활성이 떨어졌다. A와 B 분획 또한 유사한 결과가 관찰되었다 (데이터 나타내지 않음). 이런 실험 결과가 나타난 주요 요인들 두 가지를 설명하면 (i) 낮은 입도를 가진 분획물로부터 항산화 성분이 더 많이 추출된 것 (ii) 낮은 입도의 섬유소는 메탄올에 현탁했을 때 용해도가 증가되기 때문이다. 정제된 분획의 낮은 항산화 활성이 관찰되는 것은 항산화 활성을 갖지 않는 전분의 존재 때문이라고 할 수 있다.

#### IV. 결론

과학자들과 보건 관련 전문가들은 섬유소, 특히 수용성 식이 섬유소의 섭취를 증가시킬 것을 강조한다. 지금까지의 역학 조사 결과는 섬유소가 건강에 미치는 효과와 식이섬유가 특히 항산화 성분과 같은 다른 채소류 성분과 함께 있을 때 건강에 미치는 효과 사이의 차별화가 되지 않는다. 많은 경우에, 섬유소-항산화 성분이 식이섬유가 생리작용에 미치는 효과를 설명할 수 있을 것이다. 일부 연구에서는 이미 밀겨에서 항산화 성분을 추출할 수 있는 것으로 제시되었고, 앞으로는 식이섬유

각각의 항산화에 대한 정보를 원료의 다른 영양적 특성과 함께 제공될 것이다. (Kroon, Faulds, Ryden, Robertson, & Williamson, 1997). 섬유소-항산화 성분 복합체는 장에 존재하는 세균이 소화기에서 항산화 성분을 분해하는 것을 막아준다.

이들 섬유소-항산화 성분 복합체는 섬유소가 풍부하게 함유된 식품(곡류, 두류, 채소류 또는 섬유소가 강화된 기능성 식품)의 일부로 식이섬유를 섭취하는 것이 정제된 섬유소, 정제된 약품, 알약과 다른 조제약품으로 섭취하는 것 보다 더 건강에 유익한 결과가 나타난 것을 설명할 수 있다.

식품산업에는, Durum 밀을 적절한 제분공정을 이용해서 분류할 가능성이 광대하고 다양한 기능성 식품에 사용될 새로운 기능성 원료를 얻는데 있어 새로운 기회가 되었다고 할 수 있다.

## V. 참고문헌

1. Adom, K. K., Sorrells, M. E., & Liu, R. H. (2003). Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 51, 7825-7834.
2. Ames, J. M., Wynne, A., Hofmann, A., Plos, S., & Gibson, G. R. (1999). The effect of a model melanoidin mixture on faecal bacterial populations in vitro. *British Journal of Nutrition*, 82, 489-495.
3. Andlauer, W., & Furst, P. (1998). Antioxidative power of phytochemicals with special reference to cereals. *Cereal Food World*, 43, 356-359.
4. Borrelli, R. C., Esposito, F., Napolitano, A., Ritieni, A., & Fogliano, V. (2004). Characterization of new functional ingredient: coVee silverskin. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 52, 1338-1343.
5. Brown, L., Rosner, B., Willett, W. W., & Sacks, F. M. (1999). Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 30-42.
6. Camire, M. E., & Flint, S. I. (1991). Thermal processing effects on dietary fibre composition and hydration capacity in corn meal, oatmeal and potato peels. *Cereal Chemistry*, 68, 645-647.
7. Caprez, A., Arrigoni, E., Amado, R., & Neukom, A. (1986). Influence of different types of thermal treatment on the chemical composition and physical properties of wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 4, 233-239.
8. Cui, W., Wood, P. J., Weisz, J., & Beer, M. U. (1999). Nonstarch polysaccharides from preprocessed wheat bran: carbohydrate analysis and novel rheological properties. *Cereal Chemistry*, 76, 129-133.
9. Dexter, J. E., Martin, D. G., Saranganey, G. T., Michailides, J., Mathienson, N., Tkac, J. J., et al. (1994a). Preprocessing: effect on durum wheat milling and spaghetti-making quality. *Cereal Chemistry*, 71, 10-16.
10. Dexter, J. E., Symons, S. J., & Martin, D. G. (1994b). Enhancement of durum wheat quality by preprocessing and evaluation of fluorescent imaging as a rapid technique for monitoring preprocessing efficiency. *Association of Operative Millers Bulletin August*, 6415-6420.
11. Dexter, J. E., & Wood, P. J. (1996). Recent applications of debranning of wheat before milling. *Trends in Food Science and Technology*, 7, 35-41.



12. Eastman, J., Orthoefer, F., & Solorio, S. (2001). Using extrusion to create breakfast cereal products. *Cereal Food World*, *46*, 468-471.
13. Feillet, P., Abecassis, J. C., & Laignelet, T. (1996). Past and future trends of academic research on pasta and durum wheat. *Cereal Food World*, *41*, 205-212.
14. Fogliano, V., Monti, S. M., Musella, T., Randazzo, G., & Ritieni, A. (1999). Formation of coloured Maillard reaction products in a gluten-glucose model system. *Food Chemistry*, *66*, 293-299.
15. Grizard, D., & Barthomeuf, C. (1999). Non-digestible oligosaccharides used as prebiotic agents: mode of production and beneficial effects on animal and human health. *Reproduction Nutrition Development*, *39*, 563-588.
16. Ho, C. T. (1992). Phenolic compounds in food. In M. T. Huang, C. T. Ho, & C. Y. Lee (Eds.), *Phenolic compounds in food and their effects on health*. New York: American Chemical Society.
17. Ingelbrecht, J. A., Moers, K., Abecassis, J., Rouau, X., & Delcour, J. A. (2001). Influence of arabinoxylans and endoxylanases on pasta processing and quality. Production of high-quality pasta with increased levels of soluble fibre. *Cereal Chemistry*, *78*, 721-729.
18. Kroon, P. A., Faulds, C. B., Ryden, P., Robertson, J. A., & Williamson, G. (1997). Release of covalently bound ferulic acid from fibre in human colon. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, *45*, 661-667.
19. Kutos, T., Golob, T., Kac, M., & Plestenjak, A. (2003). Dietary fibre content of dry and processed beans. *Food Chemistry*, *80*, 231-235.
20. Lue, S., Hsieh, F., & HuV, H. E. (1991). Extrusion cooking of corn meal and sugar beet fiber: effects on expansion properties, starch gelatinization, and dietary fiber content. *Cereal Chemistry*, *68*, 227-234.
21. Martiane-Tomea, Magdalena, Antonia Murcia, M., Frega, Natale, Ruggieri, Silverio, Jimea Nez, Antonia M., Roses, Francisco, et al. (2004). Evaluation of antioxidant capacity of cereal brans. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, *52*, 4690-4699.
22. McKeehen, J. D., Busch, R. H., & Fulcher, R. G. (1999). Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) phenolic acids during grain development and their contribution to Fusarium resistance. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, *47*, 1476-1482.
23. Miller, H. E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A., & Kanter, M. (2000). Whole-grain products and antioxidants. *Cereal Food World*, *45*, 59-62.
24. Mongeau, R. (2003). Dietary fibre. In R. Macrae, R. K. Robinson, & M. J. Sadler (Eds.), *Encyclopaedia of food science and nutrition* (pp.1362-1387). New York: Academic Press.
25. Mueller-Harvey, I., Hartley, R. D., Harris, P. J., & Curzon, E. H. (1986). Linkage of *p*-coumaroyl and feruloyl groups to cell-wall polysaccharides of barley straw. *Carbohydrate Research*, *148*, 71-85.

26. Ning, L., Villota, R., & Artz, W. E. (1991). Modification of corn fiber through chemical treatments in combination with twin-screw extrusion. *Cereal Chemistry*, 68, 632-636.
27. Pellegrini, N., Yang, M., & Rice-Evans (1999). Screening of dietary carotenoids and carotenoids-rich fruits extracts for the antioxidant activities applying ABTS radical cation decolorization assay. *Methods Enzymology*, 299, 379-389.
28. Prosky, L., Asp, N. G., Schweizer, T. F., DeVries, J. W., & Furda, I. (1998). Determination of insoluble, soluble, and total dietary fibre in foods and food products. Interlaboratory study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemistry*, 71, 1017-1023.
29. Quaglia, G. B., & Carletti, G. (1995). Enzymatic treatments for the production of modified dietary fibre. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49, 130-133.
30. Ranhotra, G. S., Gelroth, J. A., Glaser, B. K., & Posner, E. S. (1992). Total and soluble fiber content of air-classified white flour from hard and soft wheats. *Cereal Chemistry*, 69, 75-77.
31. Regnier, T., & Macheix, J. J. (1996). Changes in wall-bound phenolic acids, phenylalanine and tyrosine ammonia-lyases, and peroxidases in developing durum wheat grains (*Triticum turgidum* L. Var. Durum). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 44, 1727-1730.
32. Schneeman, B. O. (1999). Building scientific consensus: the importance of dietary fiber. *American Journal of Clinical Nutrition*, 25, 691-699.
33. Tudorica, C. M., Kuri, V., & Brennan, C. S. (2002). Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50, 347-356.
34. Unlu, E., & Faller, F. J. (1998). Formation of resistant starch by a twinscrew extruder. *Cereal Chemistry*, 75, 346-350.
35. Vasanthan, T., Gaosong, J., Yeong, J., & Li, J. (2002). Dietary fibre profile of barley Xour as affected by extrusion cooking. *Food Chemistry*, 77, 35-40.
36. Wang, W. M., Klopfenstein, C. F., & Ponte, J. G. (1993). Effects of twin-screw extrusion on the physical properties of dietary fiber and other components of whole wheat and wheat bran and on the baking quality of the wheat bran. *Cereal Chemistry*, 70, 707-711.
37. Zhou, K., Laux, J. J., & Yu, L. (2004). Comparison of Swiss red wheat grain and fractions for their antioxidant properties. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 52, 1118-1123.
38. Zielinski, H., & Kozłowska, H. (2000). Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and different morphological fractions. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48, 2008-2016.
- <출처 : Food Research International, 38, 1167-1173, 2005>