

## 미강 식이섬유의 조성과 보수력 및 전분노화에 미치는 영향

이영헌 · 문태화  
서울대학교 식품공학과

### Composition, Water-Holding Capacity and Effect on Starch Retrogradation of Rice Bran Dietary Fiber

Young Heon Lee and Tae Wha Moon

Department of Food Science and Technology, Seoul National University

#### Abstract

Dietary fiber contents in brans of the two representative Korean rice varieties, Chucheong and Sucheon were measured by the AOAC method, and the composition of total dietary fiber (TDF) was analyzed with the acid detergent fiber (ADF) procedure. Rice bran contained more than 25% of TDF, most of which was insoluble dietary fiber. Hemicellulose was shown to be the major constituent and rice bran dietary fiber contained distinctive amounts of cellulose and uronic acid. Consecutive acid-alkaline treatment of rice bran considerably increased soluble dietary fiber (SDF) content and water-holding capacity (WHC). WHC of wheat flour-rice bran dietary fiber mixture increased with the proportion of rice bran dietary fiber. Analysis of the differential scanning calorimetry thermograms revealed that rice bran dietary fiber effectively retarded retrogradation of wheat starch.

Key words: rice bran dietary fiber, water-holding capacity, differential scanning calorimetry, retrogradation.

#### 서 론

우리나라의 주요 식량작물인 벼를 도정할 때의 부산물인 미강은 현미의 7% 정도 얻어진다. 미강의 조성은 벼의 품종, 도정방법 등 여러 요인에 따라 다르나, 수분함량 14%를 기준으로 할 때 조단백질 11~15%, 조지방질 15~20%, 조섬유 7~11%, 조회분 7~10%, 탄수화물 34~52%이다<sup>(1)</sup>. 전세계적으로 5% 정도의 미강만이 미강유 제조에 사용되고 있을 뿐, 지방질을 제외한 다른 주요 성분들은 식품의 소재나 가공식품의 원료로서 많이 활용되고 있지 않으며 대부분은 사료로 이용되거나 농산폐기물로 처리되고 있다. 따라서 미강에 다량 함유된 식이섬유, 단백질 등 유용성분을 분리하여 부가가치가 증대된 식품소재로 이용할 수 있다면 경제적으로 유리할 것이다.

식이섬유는 1953년에 Hipsley<sup>(2)</sup>가 처음으로 'dietary fibre'란 용어를 사용한 이후, 1970년대 초에 Burkitt<sup>(3)</sup>, Trowell<sup>(4)</sup> 등이 식이섬유의 섭취량과 당뇨병, 비만 등 몇몇 만성질환과의 관련성을 제안하면서 식품의 구성성분으로서의 중요성이 재인식되기 시작하여 그 물리화학적 특성과 생리효과에 대한 많은 연구가 수행되어 왔다.

식이섬유가 갖는 특성으로는 수화력, 발효성, 무기질·지질과의 결합력, 점도상승, 양이온 교환능 등이 있으며, 이들 특성으로 인해 음식물의 장내 통과속도를 빠르게 하고, 무기질의 흡수를 저해하며, 장내미생물의 균총을 변화시킨다<sup>(5,6)</sup>. 또한 장기적인 식이섬유의 섭취는 악성 종양을 비롯한 장관의 질환 예방, 동맥경화증 억제, 비만증 및 당뇨병의 예방 등의 효과를 가져오는 것으로 알려져 있다<sup>(7-9)</sup>.

일반적으로 식이섬유는 용해도에 따라 가용성 식이섬유(soluble dietary fiber; SDF)와 불용성 식이섬유(insoluble dietary fiber; IDF)로 구분된다. 헤미셀룰로오스, 펙틴질, 검, 조류 다당류 등은 가용성 식이섬유로 분류되며, 위 내용물의 점도를 높여 위와 소장에서의 영양소의 흡수를 느리게 한다. 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스의 일부, 리그닌 등은 불용성 식이섬유를 이루며, 음식물의 부피를 증가시켜 장을 통과하는 속도를 빠르게 한다<sup>(10)</sup>.

이와 같이 식이섬유가 인체에 미치는 생리적 효과가 밝혀짐에 따라 식품산업계에서도 전세계적으로 식이섬유의 활용에 대한 관심이 증대되어 왔으며, 특히 가용성 식이섬유와 불용성 식이섬유의 생리작용이 상이하다는 것이 알려지면서<sup>(11,12)</sup> 각각의 특유한 기능적 성질을 이용한 식품소재가 계속 연구개발되고 있다. 불용성 식이섬유를 위주로 한 소재로는 corn fiber, soy fiber 및 밀,

Corresponding author: Tae Wha Moon, Department of Food Science and Technology, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

귀리, 보리, 쌀 등 곡류의 겨를 이용한 제품이 개발되어 가공 식품의 제조에 사용되고 있다. 그러나 국내에서는 농산가공 부산물인 미강을 식이섬유소재로 활용하기 위한 체계적인 연구결과는 아직까지 발표되고 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 미강을 식이섬유소재로 활용하는 방법을 개발하는 데 필요한 기초자료를 얻기 위하여 미강에 함유된 식이섬유를 총 식이섬유, 가용성 식이섬유 및 불용성 식이섬유로 구분하여 정량하고 화학적 처리에 따른 미강 식이섬유의 조성변화를 측정하였다. 그리고 보수력(water-holding capacity; WHC)과 식이섬유 첨가에 따른 전분의 노화지연 효과에 관한 실험을 통하여 미강 식이섬유의 기능성을 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 시약

미강은 시중 정미소에서 일반계 품종(Japonica 형)인 추청, 수천 두 가지의 것을 구득하여  $-18^{\circ}\text{C}$ 에 보관하면서 실험에 사용하였으며 그 일반성분은 Table 1과 같다.

Heat-stable  $\alpha$ -amylase, protease, amyloglucosidase 등의 식이섬유 정량용 효소제는 Sigma사(St. Louis, MO, U.S.A.)에서 구입하여 사용하였다.

### 총 식이섬유(total dietary fiber; TDF)의 정량

Prosky 등이 제안한 AOAC 방법<sup>(14)</sup>을 사용하였다. 즉 시료당 두 개씩 1g의 무게를 정확히 재어서 500 ml 비이커에 넣고 여기에 0.05 M phosphate buffer(pH 6.0) 50 ml와 0.1 ml heat-stable  $\alpha$ -amylase를 첨가하였다. 이 비이커를 알루미늄 호일로 덮은 후  $95^{\circ}\text{C}$  water bath에서 15분간 반응시켰다. 이를 실온에서 식힌 다음 0.171 N NaOH 용액으로 pH  $7.5 \pm 0.1$ 로 조정하고 protease 5 mg을 넣어  $60^{\circ}\text{C}$  water bath에서 30분간 반응시킨 후 다시 실온으로 식히고 0.205 M  $\text{H}_3\text{PO}_4$  용액을 넣어 pH  $4.5 \pm 0.2$ 로 맞추었다. 여기에 0.3 ml amyloglucosidase를 첨가하고 알루미늄 호일을 덮은 다음  $60^{\circ}\text{C}$ 에서 30분간 반응시켰다. 반응이 끝난 비이커에 95% ethanol 280 ml를 더하고 실온에서 60분간 방치한 다음 0.5g의 Celite를 고르게 입힌 coarse glass-frit(ASTM 40~60  $\mu\text{m}$ , 60 ml) filter funnel로 흡인, 여과하였다. 이어서 78% ethanol, 95% ethanol, acetone으로 씻어내린 후 침전물이 담긴 funnel을  $105^{\circ}\text{C}$  전기오븐에서 하룻밤 건조시키고 침전물의 무게를 0.1 mg까지 재었다. 두개의 시료중 하나로 Kjeldahl 방법을 사용해서 단백질의 정량하였고 나머지 하나로 회분을 정량한 다음 아래식으로 TDF를 산출하였다.

$$\text{TDF}(\%) = [\text{mg residue} - (\text{mg protein in residue} + \text{mg ash in residue}) - \text{blank}] \times 100 / \text{mg sample}$$

Table 1. Proximate composition of rice bran

Unit: %, dry basis

| Sample    | Crude protein | Crude fat | Crude ash | Carbohydrate |
|-----------|---------------|-----------|-----------|--------------|
| Chucheong | 14.97         | 22.06     | 11.15     | 51.82        |
| Sucheon   | 14.01         | 21.12     | 9.98      | 54.89        |

### 불용성 식이섬유(IDF)의 정량 및 가용성 식이섬유(SDF)의 산출

Prosky 등의 방법<sup>(14)</sup>을 사용하여 효소처리가 끝난 시료를 Celite를 포함한 funnel로 흡인, 여과하고 증류수 10 ml씩으로 두번 씻었다. 이어서 95% ethanol, acetone으로 씻은 다음 TDF정량 방법에서와 같은 처리를 하여 IDF 함량을 구하였다. SDF는 TDF와 IDF의 차이로 구하였다.

### Acid detergent fiber(ADF) 정량

Van Soest의 방법<sup>(15)</sup>에 따라 시료 1g을 500 ml 플라스크에 넣고 acid-detergent 용액(20g의 cetyl trimethyl ammonium bromide를 1 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 l에 녹인 용액) 100 ml를 더하였다. 여기에 역류냉각기를 달아 가열장치에 연결하고 10분 동안 끓인 다음 열을 줄여서 60분간 가열하였다. 가열된 용액을 무게를 재어둔 funnel( $W_1$ )로 여과하고 뜨거운 증류수와 acetone으로 여러 번 씻은 다음 전기오븐에서 하룻밤 건조하여 무게( $W_2$ )를 재 후 다음 식에 의하여 ADF를 계산하였다.

$$\text{ADF}(\%) = (W_2 - W_1) \times 100 / \text{mg sample}$$

### 리그닌 정량 및 셀룰로오스와 비셀룰로오스형 다당류(non-cellulosic polysaccharide; NCP)의 산출

위에서 얻은 ADF에 72%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 를 넣고 3시간 동안 자주 저은 다음 여과하고 pH paper로 산이 없는 것으로 나타날 때까지 뜨거운 증류수로 씻어내렸다. 이 여과물을 전기오븐에서 하룻밤 건조시키고 무게를 재어 리그닌으로 정량하였다. 그리고 셀룰로오스는 ADF와 리그닌의 차이로 구하였으며, NCP는 TDF와 ADF의 차이로 산출하였다<sup>(16)</sup>.

### Uronic acid의 정량

TDF 방법으로 추출한 식이섬유를 72%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 으로  $24^{\circ}\text{C}$ 에서 3시간 동안 1차 가수분해시키고 증류수를 가하여 2 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 으로 만든 후  $100^{\circ}\text{C}$ 에서 2시간 동안 2차 가수분해하였다. 가수분해되지 않은 물질은 여과하여 제거하고 가수분해물은 0.25 M  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 를 사용하여 pH 5~6으로 조정하였다. 이를 1시간 정도 방치한 후 pH를 다시 맞추고 12,000  $\times$ g에서 20분간 원심분리하였다. 상층액을 취하여 rotary vacuum evaporator로 농축시킨

후 양이온 교환 수지(Dowex 50W-X8, 200~400 mesh)를 사용하여 과량의  $Ba^{2+}$  ion을 제거하였다. 이어서 Bitter와 Muir의 방법<sup>(17)</sup>에 따라 황산 시약(0.25 M sodium tetraborate·10H<sub>2</sub>O in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 5 ml를 시험관에 넣고 4°C로 냉각시킨 다음 시료 1 ml를 더하고 시험관을 밀봉한 후 냉각시키면서 처음에는 천천히, 나중에는 세게 흔들어 주었다. 이 시험관을 끓는 수조에서 10분간 가열한 후 실온으로 식히고 carbazole 시약(0.125% carbazole in absolute ethanol) 0.2 ml를 첨가하여 다시 흔들어 준 다음 끓는 수조에서 15분간 가열하였다. 이것을 실온으로 식힌 다음 530 nm에서 흡광도를 측정하여 uronic acid를 정량하였다.

### 화학적 처리에 의한 미강의 변형

Ning 등<sup>(18)</sup>이 corn fiber에 대하여 사용한 방법에 따라 미강과 물을 1:5로 섞은 시료에 다음 네 가지 처리를 하였다. ① 산 처리: 6.0 N HCl로 시료를 pH 2에 맞춘 후 90°C에서 4시간 가열하였다. ② 알칼리 처리: 6.0 N NaOH로 pH 11에 맞춘 후 90°C에서 4시간 가열하였다. ③ 산-알칼리 처리: 산 처리와 알칼리 처리를 연속하여 수행하였다. ④ 알칼리-산 처리: 알칼리 처리와 산 처리를 연속하여 수행하였다. 처리가 끝난 후 상층액을 제거하고 중화시킨 다음 4,000×g에서 10분간 원심분리하여 얻은 침전물을 증류수로 세번 씻어 전기오븐에서 건조시킨 후 분쇄하였다. 이것을 0.59 mm 체로 친 다음 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 보수력 측정

Chen 등<sup>(19)</sup>이 사용한 방법으로 시료 0.5g에 증류수 12.5 ml를 더한 다음 미리 항량을 구한 polyethylene 원심분리관에 담았다. Vortex mixer로 1-2분간 섞은 다음 상온에서 1시간 방치하였다가 12,000×g에서 15분간 원심분리하여 상층액을 버리고 흡수종이에 원심분리관을 거꾸로 세워서 15분 동안 물기를 제거한 후 무게를 재었다. 이것을 다시 건조하여 수분을 흡수한 상태의 중량과 건조 중량과의 차이를 보수력으로 계산하였다.

### DSC(differential scanning calorimetry)를 이용한 노화도 측정

DSC는 thermal analyzer STA 785 model(Stanton Redcroft사, 영국)을 사용하였다. 밀가루 또는 밀가루와 미강 식이섬유를 25:1의 비율로 혼합한 시료 5 mg을 hermetic pan에 넣고 5 µl의 증류수를 micropipet으로 주입한 다음 밀봉하였다. Reference pan은 시료무게에 상응하는 10~15 µl의 glycerol을 넣고 밀봉한 후 사용하였다. 가열 온도 범위는 25°C에서 125°C까지였고 가열속도는 10°C/min, 감도는 8 µV/cm로 하였으며 1차 및 2차 가열은 모두 동일 조건에서 행하였다. 이 때 수분 확산이 충분히 되도록 하기 위해 상온에서 1시간 방치한 후 사용하였다. 이 sample pan을 DSC로 1차 가열하여

Table 2. Dietary fiber content in rice bran Unit: %

| Sample    | Insoluble dietary fiber | Soluble dietary fiber | Total dietary fiber |
|-----------|-------------------------|-----------------------|---------------------|
| Chucheong | 26.48                   | 0.34                  | 26.82               |
| Sucheon   | 25.06                   | 0.51                  | 25.57               |

밀가루 시료의 열특성(호화온도 및 enthalpy)을 구하였다. 1차 가열한 sample pan을 4°C에서 일정기간 저장한 후 다시 2차 가열하여 얻은 DSC endothermic peak 면적을 측정하여 상대적인 노화도를 결정하였다.

## 결과 및 고찰

### 식이섬유 함량

추청, 수천 두 가지 품종의 미강에 함유된 불용성 식이섬유, 가용성 식이섬유, 총 식이섬유 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다.

미강의 총 식이섬유 함량은 실험에 사용한 두 품종 사이에 별 차이가 없었으며, 미강에서 분리한 식이섬유는 대부분이 불용성이고 총 식이섬유의 2% 미만의 소량만이 가용성 식이섬유인 것으로 나타났다. 이 등<sup>(22)</sup>은 4가지 품종의 쌀을 현미, 백미 및 겨로 구분하여 식이섬유 함량을 측정한 결과 품종간에 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았으며 거의 총 식이섬유 함량은 21.01~24.50%라고 보고하였다. 이들이 보고한 값은 본 실험에서 얻은 값보다 1.07~5.81% 낮았는데, 이와 같은 측정치의 차이는 다른 품종의 쌀에서 얻은 미강을 시료로 사용하였고 또한 이용한 식이섬유 분석방법이 다른 데 기인하는 것으로 생각된다.

### 미강 식이섬유의 조성

식이섬유를 구성하는 성분의 미강 중 함량을 보면 추청의 경우 비셀룰로오스형 다당류(NCP) 17.34%, 셀룰로오스 6.50%, 리그닌 2.99%로 분석되었고 수천은 각각 16.22%, 6.97%, 2.38%의 값을 나타내어(Fig. 1) 미강 식이섬유의 주성분은 다른 곡류와 같이 헤미셀룰로오스를 잘 보이고 있다.

한편 이 측정값을 총 식이섬유를 기준으로 환산하면 추청은 NCP 64.63%, 셀룰로오스 24.23%, 리그닌 11.14%이었으며, 수천은 NCP 63.43%, 셀룰로오스 27.26%, 리그닌 9.31%이었다. 이러한 값은 곡류의 식이섬유를 구성하는 NCP, 셀룰로오스, 리그닌의 평균 함량이 75%, 17%, 7%인<sup>(16)</sup> 것과 비교할 때 미강 식이섬유에는 다른 곡류의 식이섬유보다 셀룰로오스가 많이 함유되어 있음을 나타내고 있다. 그리고 가용성 식이섬유를 이루는 성분인 펙틴질의 주요 지표인 uronic acid의 함량을 미강 식이섬유와 미강에 대한 백분율로 나타낸 값은 Table 3과 같다.

Englyst와 Cummings<sup>(21)</sup>는 all bran cereal의 uronic

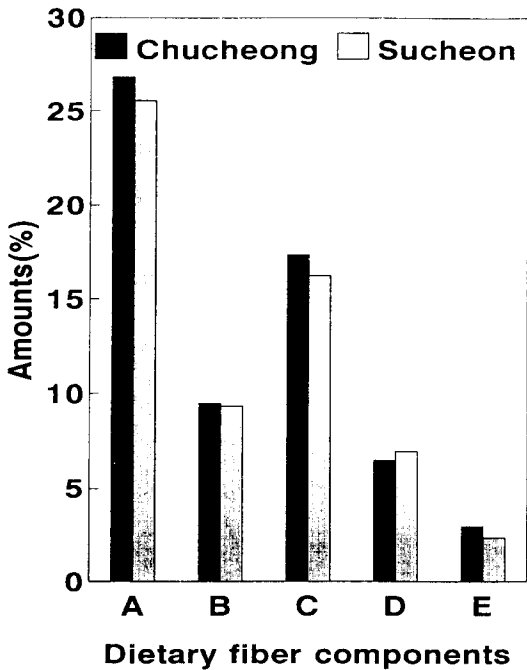


Fig. 1. Dietary fiber components of rice bran  
A: TDF, B: ADF, C: NCP, D: Cellulose, E: Lignin

acid 함량은 0.8%라고 보고한 바 있어, 미강 식이섬유는 다른 곡류보다 펙틴질을 많이 함유하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 밀이나 보리와는 달리 약 10%의 펙틴질과 상당량의 셀룰로오스가 함유되어 있는<sup>(6)</sup> 쌀의 배유 세포벽 조성상의 특징이 미강 식이섬유의 조성에도 나타나고 있음을 알 수 있었다.

화학적 처리에 따른 미강 식이섬유의 조성 변화

화학적 방법에 의한 미강 식이섬유의 가공 적성, 즉 불용성 식이섬유의 가용성 식이섬유로의 변환 정도를 평가하기 위하여, 산 또는 알칼리로 처리한 미강과 처리하지 않은 미강의 SDF와 IDF를 정량하여 그 함량비를 산출한 결과는 Table 4와 같다.

산이나 알칼리로 처리한 시료는 처리하지 않은 미강에 비하여 모두 SDF 함량이 증가하였다. 특히 산과 알칼리를 연속하여 처리한 경우, 추청과 수천의 SDF 함량이 각각 19.45%, 17.80%로 원래 미강의 SDF 함량 1.27%, 1.99%에 비해 상당량 증가하였다. 이와 같이 SDF 함량이 증가한 것은 산 또는 알칼리 처리에 의하여 식이섬유의 구성성분 중 주로 헤미셀룰로오스의 구성당 사이의 글루코시드 결합이 부분적으로 절단되고, 사슬간의 상호작용이 약화되어 사슬 크기가 감소됨으로써 분자의 운동성이 증대되어 물분자와의 반응성이 커져 용해도가 증가되었기 때문으로 생각된다. 식물체 조직에 함유된 대부분의 헤미셀룰로오스는 100C에서 묽은 산으로 처

Table 3. Uronic acid content in rice bran dietary fiber

| Sample    | % uronic acid in |      |
|-----------|------------------|------|
|           | TDF              | Bran |
| Chucheong | 4.87             | 1.31 |
| Sucheon   | 4.79             | 1.22 |

Table 4. Effect of chemical treatments on composition of rice bran dietary fiber

| Sample                | Chucheong |        | Sucheon |        |
|-----------------------|-----------|--------|---------|--------|
|                       | SDF(%)    | IDF(%) | SDF(%)  | IDF(%) |
| Native                | 1.27      | 98.73  | 1.99    | 98.01  |
| Acid treated          | 2.22      | 97.78  | 3.68    | 96.32  |
| Alkaline treated      | 3.89      | 96.11  | 3.84    | 96.16  |
| Acid-alkaline treated | 19.45     | 80.55  | 17.80   | 82.20  |
| Alkaline-acid treated | 5.95      | 94.08  | 10.18   | 89.82  |

리하면 부분적으로 가수분해되어 수용성으로 변환된다고 제시된 바 있다<sup>(22)</sup>. 한편, 산, 알칼리로 연속하여 처리한 경우에 특히 높은 SDF 함량을 나타낸 것은 산 처리에 의하여 식이섬유 구성성분의 구조가 느슨해지고, 식이섬유 입자의 표면 다공성(surface porosity)이 증대됨에 따라 뒤이은 알칼리 처리시 -OH기의 침투 및 가수분해가 용이해졌기 때문일 것이다. Ning 등<sup>(23)</sup>은 corn bran isolate를 산, 알칼리로 연속처리하여 SDF 함량을 1.38%에서 12.00%로 증가시킬 수 있었다고 보고한 바 있는데, 시료의 조성 중 식이섬유 구성성분은 헤미셀룰로오스 55.7%, 셀룰로오스 16.6%, 리그닌 및 회분 0.2%이었으며, SDF의 함량 증가는 주로 헤미셀룰로오스의 가수분해에 기인하는 것으로 설명하였다.

미강 및 미강 식이섬유의 보수력

산, 알칼리 처리가 미강의 기능적 성질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 먼저 보수력을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다.

처리하지 않은 미강의 보수력은 추청과 수천이 각각 4.64g H<sub>2</sub>O/g 고형물, 4.65g H<sub>2</sub>O/g 고형물로 서로 비슷한 값을 나타내었다. 산과 알칼리로 연속하여 처리한 미강의 보수력은 추청 6.71g H<sub>2</sub>O/g 고형물, 수천 5.92g H<sub>2</sub>O/g 고형물로, 처리하지 않은 시료에 비하여 상당히 증가하였으며, 그 외의 처리는 별다른 영향을 미치지 않았다. 이러한 결과는 미강의 보수력이 식이섬유의 함량과 뚜렷한 상관관계가 없음을 나타내는데, 이는 보수력이 전분 등 다른 성분에 의해서도 영향을 받기 때문인 것으로 보인다<sup>(23)</sup>. 산, 알칼리를 연속적으로 처리한 시료의 보수력이 증가한 것은 팽윤과 표면 다공성의 증가 등 물리적 구조의 변화에 따라 수분의 침투와 흡착이 용이해지기

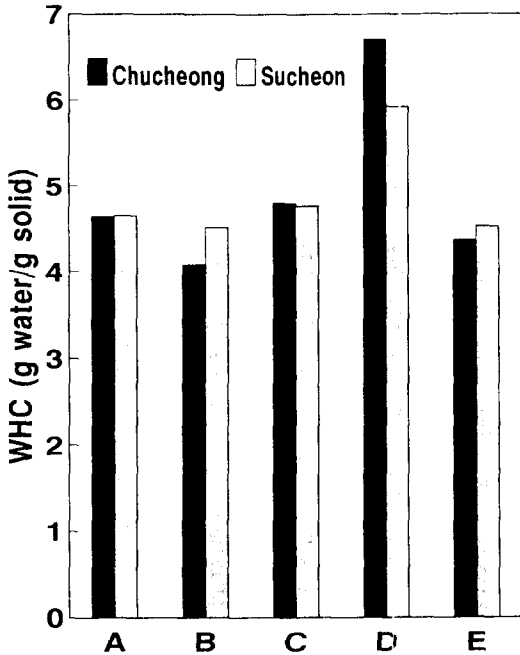


Fig. 2. Effect of chemical treatments on WHC of rice bran

A: Native, B: Acid treated, C: Alkaline treated, D: Acid-alkaline treated, E: Alkaline-acid treated

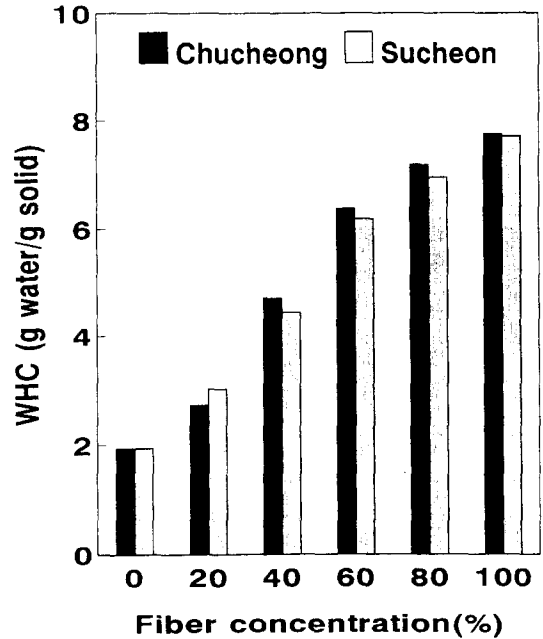


Fig. 3. WHC of wheat flour-rice bran dietary fiber mixtures

때문일 것이다<sup>18)</sup>. Camire와 Flint<sup>23)</sup>는 extrusion에 의해 corn meal, oat meal 등의 보수력은 증가하였으나 potato peel의 보수력은 오히려 감소하였음을 보고하였고, Artz 등<sup>24)</sup>은 extrudate의 보수력은 식이섬유 함량이 증가할수록 감소한다고 보고하였는데 이것은 전분에 비해 헤미셀룰로오스나 셀룰로오스의 보수력이 낮은 데 기인한다고 설명한 바 있다. 이와 같이 보수력 측정결과가 연구자에 따라 차이가 큰 것은 보수력의 측정값이 시료의 종류, 입자의 크기, 측정방법, 측정 전처리 방법 등에 따라 달라지기 때문이다<sup>25)</sup>.

한편, 미강에서 분리한 식이섬유를 여러 가지 함량(0~100%)으로 밀가루에 혼합한 시료의 보수력을 측정한 결과(Fig. 3) 식이섬유의 함량이 증가함에 따라 보수력도 증가하는 경향을 나타내었다. 밀가루만의 보수력은 1.94g H<sub>2</sub>O/g 고형물이었고, 추청과 수천의 미강에서 분리한 식이섬유의 보수력은 각각 7.76g H<sub>2</sub>O/g 고형물, 7.71g H<sub>2</sub>O/g 고형물이었다.

Schaller<sup>26)</sup>가 쌀겨와 밀기울의 보수력을 측정한 결과는 각각 9.7g H<sub>2</sub>O/g 고형물, 8.5g H<sub>2</sub>O/g 고형물이었으며, 이 등<sup>20)</sup>이 4가지 품종의 쌀에서 추출한 NDF의 보수력을 측정한 결과는 평균 5.6g H<sub>2</sub>O/g 고형물로 곡류의 종류, 품종 및 식이섬유의 획득 등에 따라 상이한 측정값이 보고되어 있다.

미강 식이섬유 첨가에 의한 전분의 노화 방지

밀가루와 밀가루에 식이섬유가 첨가된 시료를 DSC를 이용하여 125°C 까지 1차 가열한 다음 4°C 에서 일정한 기간 동안 저장하였다가 다시 2차 가열하여 얻은 DSC thermogram으로부터 열역학적 데이터를 산출하여 Table 5에 나타내었다. 호화 개시온도(T<sub>0</sub>) 및 호화 완료온도(T<sub>c</sub>)와 호화 엔탈피는 수분 함량에 따라 큰 차이를 보이는데<sup>27)</sup> 이 연구에서는 수분:고형물=1:1로 하여 실험을 수행하였다.

시료를 1차 가열하였을 경우 전분의 호화 상전이 현상을 나타내는 첫째 peak로부터 결정된 호화 개시온도와 호화 완료온도는 미강 식이섬유를 첨가한 시료에서 2~6°C 높게 나타났다. 시료를 2차 가열하였을 때의 첫째 peak로부터 결정된 호화 개시온도는 저장기간이나 시료의 종류에 관계없이 1차 가열시 보다 더 낮은 41~45°C 이었다. 현 등<sup>28)</sup>은 쌀가루를 사용한 실험에서 저장기간이 길어질수록 호화 개시온도가 더 낮은 쪽으로 이동된다고 보고하였으나, Nakazawa 등<sup>29)</sup>의 쌀 전분을 사용한 연구에 의하면 저장기간에 따른 호화 개시온도는 27~30°C 로 큰 변화가 없어 본 실험의 결과와 유사한 양상을 나타내었다. 밀가루를 1차 가열한 후 4°C 에서 저장했을 때 첫째 peak의 엔탈피 변화를 보면, 저장기간 7일까지는 그 값이 증가하여 노화가 진행되었음을 알 수 있었다. 한편 미강 식이섬유 첨가시료와 무첨가시료의 엔탈피를 비교해 보면, 각 저장기간에서 미강 식이섬유

**Table 5. DSC characteristics of wheat flour with and without rice bran dietary fiber during storage at 4°C<sup>1)</sup>**

| Sample | 1st heating         |                     |                     |            | Reheating after 3 days |                     |                     |                   |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
|        | T <sub>o</sub> (°C) | T <sub>p</sub> (°C) | T <sub>c</sub> (°C) | ΔH (cal/g) | T <sub>o</sub> (°C)    | T <sub>p</sub> (°C) | T <sub>c</sub> (°C) | ΔH (cal/g)        |
| I      | 58                  | 68                  | 90                  | 0.37       | 41                     | 54                  | 70                  | 0.19 <sup>d</sup> |
| II     | 60                  | 71                  | 93                  | 0.39       | 45                     | 55                  | 67                  | 0.13 <sup>c</sup> |
| III    | 64                  | 71                  | 92                  | 0.34       | 45                     | 55                  | 69                  | 0.14 <sup>c</sup> |

|  | Reheating after 7 days |                     |                     |                   | Reheating after 14 days |                     |                     |                   |
|--|------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
|  | T <sub>o</sub> (°C)    | T <sub>p</sub> (°C) | T <sub>c</sub> (°C) | ΔH (cal/g)        | T <sub>o</sub> (°C)     | T <sub>p</sub> (°C) | T <sub>c</sub> (°C) | ΔH (cal/g)        |
|  | 42                     | 53                  | 76                  | 0.28 <sup>a</sup> | 44                      | 57                  | 69                  | 0.30 <sup>a</sup> |
|  | 42                     | 55                  | 68                  | 0.18 <sup>d</sup> | 44                      | 55                  | 68                  | 0.24 <sup>b</sup> |
|  | 43                     | 54                  | 68                  | 0.21 <sup>c</sup> | 44                      | 55                  | 69                  | 0.22 <sup>c</sup> |

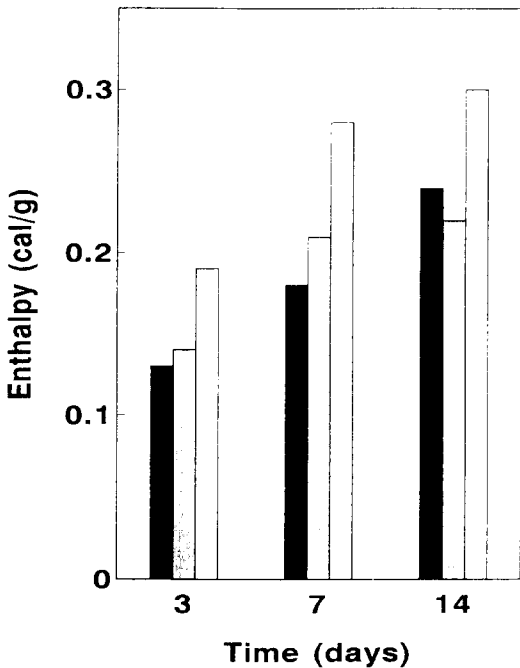
<sup>1)</sup>water/solid=1/1

I: wheat flour

II: wheat flour with 4% Chuchoeng bran dietary fiber

III: wheat flour with 4% Sucheon bran dietary fiber

ΔH values are the means of triplicate determinations. Means with the same superscript letter are not significantly different(P>0.05). Data were analyzed by the ANOVA procedure of SAS and means were compared using the least significant difference(LSD) test.



**Fig. 4. Effect of rice bran dietary fiber on retrogradation of wheat starch during storage at 4°C**

□: Wheat flour, ■: Wheat flour with 4% Chuchoeng bran dietary fiber, ▒: Wheat flour with 4% Sucheon bran dietary fiber

첨가시료의 값이 무첨가시료의 값보다 모두 작아 미강 식이섬유의 첨가에 의해 노화가 지연되었음을 잘 보였다. 식이섬유 첨가에 의해 노화가 지연되는 이유는 식이섬유가 전분입자 사이에 끼어들어 전분의 배열을 불규칙

하게 만들고 회합을 방해하며, 아밀로오스 및 아밀로펙틴의 일부와 결합해서 호화된 전분 분자들이 다시 수소결합하는 것을 막기 때문일 것이다. 강 등<sup>(20)</sup>은 시판 식이섬유, 펙틴, 사과분말을 케익에 첨가하고 glucoamylase에 의한 글루코오스의 생성량을 정량함으로써 호화도를 측정하여 케익의 노화에 미치는 영향을 실험한 결과, 식이섬유의 첨가는 수분함량과 호화도의 감소를 억제시켰다고 보고한 바 있다.

**요 약**

추청과 수천 두 품종의 벼에서 얻은 미강에 함유된 총 식이섬유를 AOAC방법으로 정량하였고, acid detergent fiber(ADF) 방법으로 식이섬유의 성분을 분석하였다. 미강의 식이섬유 함량은 25% 이상이었고 대부분 불용성이었다. 미강 식이섬유의 주성분은 헤미셀룰로오스이였으며 상당량의 셀룰로오스와 uronic acid가 특징적으로 함유되어 있었다. 화학적 처리에 의한 가용성 식이섬유(SDF)의 함량과 보수력(WHC)의 변화를 측정된 결과, 산과 알칼리를 연속적으로 처리한 경우에 SDF함량과 WHC가 뚜렷하게 증가하였다. 미강 식이섬유의 기능성을 조사하기 위하여 밀가루에 미강 식이섬유를 여러가지 함량으로(0~100%) 첨가하고 WHC를 측정된 결과, 식이섬유의 첨가량에 비례하여 밀가루의 WHC가 증가하였다. 또한 differential scanning calorimetry(DSC)로 얻은 thermogram으로부터 미강 식이섬유는 전분의 노화를 지연시킴을 알 수 있었다.

**감사의 글**

본 연구는 재단법인 삼남장학회의 1992년 학술연구비

지원으로 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- Juliano, B.O.: Rice bran. In *Rice: Chemistry and Technology*, 2nd ed., Juliano, B.O.(ed.), American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN., p.647 (1985)
- Hipsley, E.H.: Dietary "fibre" and pregnancy toxemia. *Br. Med. J.*, 1, 420(1953)
- Burkitt, D.P.: Epidemiology of cancer of colon and rectum. *Cancer*, 28, 3(1971)
- Trowell, H.C.: Ischaemic heart disease and fiber. *Am. J. Clin. Nutr.*, 25, 926(1972)
- Kritchevski, D.: Dietary fiber. *Ann. Rev. Nutr.*, 8, 301 (1988)
- Selvendran, R.R., Stevens, B.J.H. and Du Pont, M.S.: Dietary fiber-chemistry, analysis, and properties. *Adv. Food Res.*, 31, 117(1987)
- Prosky, L. and De Vries, J.W.: In *Controlling dietary fiber in food products*. Van Nostrand Reinhold, New York, p.14(1992)
- 山下龜次郎: 食物纖維と疾病 (1)-糖尿病・肥満・動脈硬化・高脂血症. *フトケミカル*, 6(9), 52(1990)
- 海老臣 清: 食物纖維と疾病 (2)-便秘・大腸疾患・コレステロール・膽石症. *フトケミカル*, 6(9), 58(1990)
- Olson, A., Gray, G.M. and Chiu, M.-C.: Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. *Food Technol.*, 41(2), 71(1987)
- Schneeman, B.O.: Soluble vs insoluble fiber-different physiological responses. *Food Technol.*, 41(2), 81(1987)
- Topping, D.L.: Soluble fiber polysaccharides-effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. *Nutr. Rev.*, 49, 195(1991)
- Prosky, L., Asp, N.-G., Furda, I., DeVries, J.W., Schweizer, T.F. and Harland, B.F.: Determination of total dietary fiber in foods and food products-collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 68, 677(1985)
- Prosky, L., Asp, N.-G., Schweizer, T.F., De Vries, J.W. and Furda, I.: Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods, and food products-interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 71, 1017 (1988)
- Van Soest, P.J.: Collaborative study of acid-detergent fiber and lignin. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 56, 781 (1973)
- Slavin, J.L.: Dietary fiber-Classification, chemical analysis, and food sources. *J. Am. Diet. Assoc.*, 87, 1164 (1987)
- Bitter, T. and Muir, H.M.: A modified uronic acid carbazole reaction. *Anal. Biochem.*, 4, 330(1962)
- Ning, L., Villota, R. and Artz, W.E.: Modification of corn fiber through chemical treatments in combination with twin-screw extrusion. *Cereal Chem.*, 68, 632 (1991)
- Chen, H., Rubenthaler, G.L. and Schanus, E.G.: Effect of apple fiber and cellulose on the physical properties of wheat flour. *J. Food Sci.*, 53, 304(1988)
- Englyst, H.N. and Cummings, J.H.: An improved method for the measurement of dietary fiber as the non-starch polysaccharides in plant foods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 71, 808(1988)
- Nikitin, N.I.: Hydrolysis of wood. In *The Chemistry of Cellulose and Wood*. S. Monson Publisher, Jerusalem, Israel. p.548(1966) [*Cereal Chem.*, 68, 632(1991)]
- 이희자, 변시명, 김형수: 현미와 백미의 식이섬유에 관한 연구. *한국식품과학회지*, 20, 576(1988)
- Camire, M.E. and Flint, S.I.: Thermal processing effects on dietary fiber composition and hydration capacity in corn meal, oat meal, and potato peels. *Cereal Chem.*, 68, 645(1991)
- Artz, W.E., Warren, C.C. and Villota, R.: Twin-screw extrusion modification of corn fiber. *J. Food Sci.*, 55, 746(1990)
- Dreher, M.L.: *Handbook of dietary fiber*. Marcel Dekker, Inc., New York(1987)
- Schaller, D.: Fiber content and structure in foods. *Am. J. Clin. Nutr.*, 31, S99(1978)
- Wirakartakusumah, M.A.: Kinetics of starch gelatinization and water absorption in rice. *Ph.D. Thesis*, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI, U.S.A. (1981)
- 현창기, 박관화, 김영배, 윤인화: 쌀 전분의 Differential Scanning Calorimetry. *한국식품과학회지*, 20, 331(1988)
- Nakazawa, F., Noguchi, S., Takahashi, J. and Takada, M.: Gelatinization and retrogradation of rice starch studied by differential scanning calorimetry. *Agric. Biol. Chem.*, 48, 201(1984)
- 상규찬, 백상봉, 이규순: 식이성 섬유와 첨가가 케일의 노화에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, 22, 19(1990)

(1994년 1월 24일 접수)