

## 식이섬유의 수분결합력에 관한 연구

계 수 경

경민전문대학 식품영양과

### Water Binding Capacity of Vegetable Fiber

Soo-Kyung Kye

Dept. of Food and Nutrition, Kyungmin Junior College, Euijungbu-city, Kyungkido 562-1, Korea

#### Abstract

The water binding capacity(WBC) of acid detergent fiber(ADF) was estimated. The WBC of raw vegetables ranged from 5.1g to 24.7g water /g ADF. WBC was high in peppers and low in welsh onions. The correlation coefficients between WBC and fiber components were examined to find which component is responsible for the determining ability to bind water. The correlation coefficient between WBC and cellulose was +0.8. The binding capacity of water by fiber was affected positively by cellulose. Fermentation increased in WBC of ADF. Changes of WBC in accordance with pH changes were evaluated at pH 2, 5.2 and 6. In all cases, WBC was high in weak acid and neutral.

Key words : water binding capacity, acid detergent fiber, pepper, welsh onion

## 서 론

식이섬유는 여러가지 질병의 발생을 억제하는 것으로 알려져<sup>1-3)</sup> 영양생리적으로 중요하다. 식이섬유가 인체 내에서 나타내는 생리기능은 식이섬유의 물리화학적 특성에 따라 영향 받는다.<sup>4)</sup> 대표적인 특성으로는 수분 결합력(water binding capacity; WBC), 무기질, 지질과의 결합력, 발효성 등이 있다.<sup>4)</sup> 식이섬유는 WBC를 지니며, 수화된 식이섬유는 겔 매트릭스를 형성하여 소장 내용물의 점도를 증가시키고 타영양물의 분산을 늦추어 흡수에 영향을 미친다. 또, 변의 용적을 증가시켜 장벽을 기계적으로 자극하여 장의 운동성을 증가시킨다. 그 결과, 변비를 막고 통변을 쉽게 하여 장내압 및 복압을 저하시켜 대장계실증 등의 여러가지 질병을 예방한다.<sup>1)</sup> 나아가, 잠재성 발암물질의 농도를 희석시키고 이들 물질의 결장의 통과시간을 단축시켜 결장암의 위험률을 감소시키는 역할도 하고 있다.<sup>1)</sup> 암발생의 위험률을 감소시키는데에는 발암물질의 희석효과가 장의 통과시간의 단축보다 훨씬 중요하다. Cellulose와 lignin과 같은 불용성 식이섬유는 강한 보습 작용을 나타낸다.<sup>5)</sup> 본 연구는 우리나라 상용 채소들을 대상으로 식이섬유와 수분과의 결합관계를 조사한 결과이다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에서 사용한 채소는 한국인이 상용하는 야채 15종(근채류 3종, 과채류 3종, 경채류 2종, 엽채류 7종)으로, 가락동 농수산물 시장에서 신선한 것을 구입하여 사용하였다. 붉은 고추는 건조품을 구입하였다. 무우, 무우청 및 배추의 일부로 김치 발효에 따른 식이섬유의 수분결합력의 변화를 알아보기 위하여 김치를 제조하였다. 무우 및 무우청김치 조성은 Table 1, 배추김치는 Table 2와 같다. 제조 후 18℃ 항온기에서 1일 예비발효시킨 후 4℃에 저장하면서 pH 측정과 관능검사 결과에 따라 잘 익은 것으로 판단된 날 김치를 취하여 양념을 제거하고 세척한 후 실험에 사용하였다.<sup>6)</sup>

### 2. 분석용 시료의 조제

생채소와 발효된 채소들을 각각 상온에서 1 일 풍건시킨 후 열풍 건조기(100℃)에서 4시간 건조시켰다. 건조된 채소를 분쇄기(Janke & Kunkel GmbH, CoKG IKA-Weak, Germany)로 45 mesh로 간 후 AOAC 규정법<sup>7)</sup>에 따라 산성세제 저항섬유(acid detergent fiber; ADF), 셀룰로오스 및 리그닌 함량을

**Table 1. Composition of radish Kimchi preparation**

Ingredients (Scientific name)	Distribution % by weight
Radish ( <i>Raphanus sativus</i> L.)	78.0
Red pepper powder ( <i>Capsicum annuum</i> )	1.8
Welsh onion ( <i>Allium fistulosum</i> )	2.5
Garlic ( <i>Allium sativum</i> )	1.2
Ginger ( <i>Zingiber officinale</i> )	0.3
Sugar	1.8
Salt	1.5
Water	12.9

**Table 2. Composition of Chinese cabbage Kimchi preparation**

Ingredients (Scientific name)	Distribution % by weight
Salted Chinese cabbage ( <i>Brassica pekinensis</i> )	83.3
Garlic ( <i>Allium sativum</i> )	1
Welsh onion ( <i>Allium fistulosum</i> )	3
Ginger ( <i>Zingiber officinale</i> )	1
Sugar	0.5
Red pepper powder ( <i>Capsicum annuum</i> )	1
Salt	0.2
Water	10

각각 측정하였으며 ADF를 추출하여 수분결합력 실험 시료로 사용하였다. ADF는 불용성 식이섬유인 셀룰로오스와 리그닌을 포함하고 있으며 ADF 추출방법은 다음과 같다. 건조시료 1g을 500ml 플라스크에 넣은 다음 여기에 acid-detergent 용액 (1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1l에 20g의 acetyl trimethyl ammonium bromide를 녹인 용액) 100ml를 실온에서 더하고 역류 냉각기를 달아 가열장치에 연결시켰다. 5~10분 후 끓도록 열을 가하고 끓기 시작하면 거품이 생기는 것을 방지하기 위하여 열을 줄여서 끓기 시작한 후부터 60분간 가열하였다. IG3 여과용 유리도가나에 가열시킨 용액을 흡인 여과하고 뜨거운(90~100℃) 증류수를 사용해서 계속적으로 도가니안의 침전물을 씻어내린 후 아세톤으로 용액이 색깔을 띠지 않을 때까지 씻어낸 다음 남은 아세톤을 제거하였다. 잔사를 모아 105℃ 전기오븐에서 하룻밤 건조시킨 다음 꺼내어 데시케이터에 보관하여 실험에 사용하였다.

### 3. 수분 결합력 측정

각종 채소로부터 추출한 식이 섬유 (ADF) 를 이용하여 장관내의 pH 범위인 pH 6 에서 원심분리법<sup>8,9)</sup>으

로 수분 결합량을 측정하였다.

식이섬유 (ADF) 0.5 g을 재어 미리 무게를 잰 25 ml 폴리에틸렌 원심관에 담고 여기에 pH 6의 완충액 [(2-2)참조]을 20ml 첨가한 후 1시간 동안 실온에서 평형화시켰다. 이를 6,000×g에서 15분간 원심분리시킨 후 상정액을 버리고 30분간 흡수종이에 튜브를 거꾸로 세워서 물기를 빼고 무게를 재었다. 이것을 다시 냉동 건조한 후 수분을 흡수한 상태의 무게와 건조 무게와의 차이를 수분 결합량으로 계산하였다.

### 4. pH 에 따른 수분 결합력의 변화

위에서부터 장에 이르는 생리적 pH 조건과 유사한 조건에서 식이섬유의 수분결합력 변화를 측정하고자 Parrot and Trall의 연구<sup>10)</sup>를 참고로 pH 2, pH 5.2, pH 6 에서 각각 조사하였다. pH의 완충액은 Hawk 등<sup>11)</sup>의 방법에 따라 다음과 같이 준비하였다. 시료는 4 가지 부류의 채소 중 각 부류에서 대표적인 채소 1 가지씩을 선별하여 사용하였다. (엽채류-배추, 경채류-대파, 근채류-무, 과채류-풋고추)

pH 2.0 완충액 : 0.5 M KCl 50ml와 0.2 N HCl 10.6ml를 합하여 200ml로 희석하였다.

pH 5.2 완충액 : 0.2 M potassium acid phthalate 50ml와 0.2 N NaOH 29.95ml를 합하여 200ml로 희석하였다.

pH 6.0 완충액 : 0.2 M potassium acid phthalate 50ml와 0.2 N NaOH 45.45ml를 합하여 200ml로 희석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 원료 시료섬유의 수분 결합력

15 종류의 채소에서 추출한 ADF의 수분결합력은 Table 3과 같이 5.1~24.7g/g ADF를 나타냈다. 다른 채소보다 붉은고추와 풋고추 등의 과채류의 수분 결합력이 비교적 높았으며 파류 등의 경채류는 낮았다. 채소들의 ADF의 수분결합력은 평균 13.6g H<sub>2</sub>O/g ADF로서 곡류의 식이섬유(울무겨<sup>12)</sup>:평균 5.89g H<sub>2</sub>O/g ADF, 평균 2.63g H<sub>2</sub>O/g TDF, 쌀겨<sup>13)</sup>: 평균 5.60g H<sub>2</sub>O/g NDF)보다 수분 결합력이 2~3배나 높았다.

McConnell 등<sup>14)</sup>은 여러 종류의 채소에서 수분 결합력을 측정하여, 2.0~23.7g/g ADP의 범위를 보고하였다. 양배추는 9.7g/g ADP, 상치는 23.7g/g ADP로 보고하여 본 실험결과와 양배추의 값은 매우 유사하였으나 상치는 큰 차이를 보였다. 이러한 차이는 실험에 사용한 섬유시료의 차이 때문으로 보인다. 즉, McCon-

**Table 3. Water binding capacity of acid detergent fiber of vegetables (g/gADF)**

Water binding capacity	
Chives(부추)	12.2±0.2 <sup>a</sup>
Cabbage(양배추)	9.5±0.1
Red pepper(붉은고추)	24.7±0.3
Leaf lettuce(상치)	14.0±0.2
Water dropwort(미나리)	10.9±0.2
Pepper leaf(고춧잎)	7.6±0.1
Kwari pepper(파리고추)	16.0±0.3
Green pepper(풋고추)	17.1±0.1
Welsh onion, small(실파)	5.1±0.1
Radish(무우)	6.2±0.2
Radish leaf(무우청)	20.9±0.1
Garlic(마늘)	18.8±0.4
Welsh onion, large(대파)	6.8±0.2
Edible burdock(우엉)	15.3±0.2
Chinese cabbage(배추)	18.2±0.3

a : Mean ± S.D.

nell 등<sup>14)</sup>이 불용성 섬유질로 사용한 물질은 ADP (acetone dried powder) 였으나 본 실험에서는 ADF 였다. McConnell 등이 사용한 ADP는 시료를 물에서 균질화시킨 다음, 세포벽을 붕괴시키기 위해 균질화시킨 시료를 -20℃에서 최소 24시간 동안 동결시킨 후 해동시켰고, 가용성 물질과 단백질을 제거하기 위해 40℃ 물로 세척한 후에 아세톤으로 건조시켰다. 그래서 그들이 사용한 ADP 내의 ADF 함량은 채소 종류에 따라 다양하여 3.4~58.9%의 폭넓은 범위를 나타냈다.

본 실험에 사용된 채소의 식이섬유는 수분 결합력이 채소종류에 따라 큰 차이를 나타냈다. 그런 결과를 나타낸 이유는 시료 채소가 추출 식이섬유의 구조와 성분구성이 달랐기 때문으로 보인다. 식물이 다르면 섬유소도 화학구조가 다르므로<sup>15)</sup> 본 실험에 사용된 각종 채소로부터 추출된 ADF는 구성성분인 셀룰로오스와 리그닌의 물리화학적 구조가 각 ADF마다 당연히 다를 것이다. Dreher<sup>16)</sup>은 수분결합력은 식이섬유의 조성에 따라 영향받는다고 보고하였다. 본 실험에 사용된 채소의 ADF들은 구성성분인 셀룰로오스와 리그닌의 조성비가 다르게 나타났다. (Table 4)

우 등<sup>12)</sup>은 울무겨의 ADF와 수분결합력에 관한 연구 보고에서 식이섬유의 수분결합력은 비섬유성 다당류에 의한 것이 아니고 셀룰로오스 성분에 의한 것이라고 보고하였다. 또한 McConnell 등<sup>14)</sup>은 식이섬유의 수분결합력에 관한 연구에서 셀룰로오스가 수분결합력과 밀접한 관계가 있음을 보고하였다.

식이섬유의 각 성분이 수분결합력에 어느 정도 영향을 미치는가 알아보기 위해 각 성분과 수분결합력간의

**Table 4. Contents of insoluble dietary fiber of vegetables in dry weight (%)**

	ADF <sup>b</sup>	Cellulose	Lignin
Chives	15.0±0.3 <sup>a</sup>	11.1±0.1	3.9±0.1
Cabbage	14.4±0.1	12.0±0.1	2.4±0.2
Red pepper	25.4±0.2	23.8±0.3	1.6±0.2
Leaf lettuce	15.3±0.1	12.9±0.2	2.4±0.1
Water dropwort	14.8±0.1	12.6±0.1	2.2±0.3
Pepper leaf	15.5±0.1	11.0±0.1	4.5±0.2
Kwari pepper	15.8±0.2	14.0±0.2	1.8±0.2
Green pepper	25.4±0.2	20.2±0.3	5.2±0.3
Welsh onion, small	11.7±0.1	9.1±0.2	2.6±0.2
Radish	10.9±0.3	8.8±0.1	2.1±0.1
Radish leaf	14.1±0.2	12.7±0.3	1.4±0.1
Garlic	15.8±0.1	14.8±0.1	1.0±0.2
Welsh onion, large	11.2±0.1	9.0±0.2	2.2±0.1
Edible burdock	20.1±0.2	16.9±0.1	3.2±0.1
Chinese stalk	12.4±0.1	10.9±0.1	1.5±0.1
Cabbage leaf	20.8±0.1	17.7±0.1	3.1±0.1
Average	16.6±4.3	14.3±3.5	2.3±0.9

a : Mean ± S.D., b : ADF: Acid detergent fiber = cellulose + lignin

상관관계를 조사한 결과, 수분결합력과 셀룰로오스, 리그닌간의 상관관계수는 각각  $r = +0.8$  ( $Y = -41.8092 + 0.6631X$ ),  $r = -0.8$  ( $Y = 24.5038 - 0.6631X$ )로서 수분결합력은 셀룰로오스 함량에 정비례하여 크게 영향 받는 것으로 나타났다.

## 2. 김치발효에 따른 수분결합력의 변화

세 종류의 김치에서 ADF를 추출하여, 발효에 따른 수분 결합력의 변화를 조사하기 위하여 원료시료와 비교한 결과는 Table 5와 같다.

발효에 따라 수분 결합력은 약간 증가하였으나 배추 김치에서만 유의적으로 나타났다( $P < 0.05$ ). 발효에 따라 수분 결합력은 무우김치는 1.4g/g ADF, 배추김치는 1.8g/g ADF, 무우청은 0.6g/g ADF 증가되었다. 그러나 발효에 따른 증가량과는 관계없이 원료시료의 수분 결합력은 무우청에서 가장 높았고 그 다음 배추, 무우 순이었다. 수분 결합력이 가장 큰 김치는 무우청김치 (21.7g/g ADF)였고, 그 다음 배추김치 (20.0g/g ADF), 무우김치 (6.8g/g ADF) 순이었다.

이상의 결과로부터 우리나라에서 많이 섭취되는 김치 (무우청김치와 배추김치)의 ADF의 수분 결합력이 채소들 중 가장 높은 것으로 나타났다. (Table 3 참조)

김치류는 우리의 대표적 부식으로 사시사철 다량 섭취하므로 김치 식이섬유의 높은 수분결합력은 장관에서 물을 흡수 팽창하여 소화 중인 식품들, 소화 흡수가 끝난 배설물량을 증가시켜 bulk flow에 영향을 미친다.

**Table 5. Effect of Kimchi fermentation on water binding capacity of acid detergent fiber of vegetables** (g/g ADF)

Water binding capacity	
Radish	6.2±0.2
Radish Kimchi	6.8±0.3
Radish leaf	20.9±0.1
Radish leaf Kimchi	21.7±0.3
Chinese cabbage	18.2±0.3 <sup>a</sup>
Chinese cabbage Kimchi	20.0±0.1 <sup>b</sup>

a : Mean±S.D., b : Means followed by same letter are not significantly different at the level using Duncan's multiple range test.

그래서 장의 연동운동을 돕고 배변을 쉽게 하여 장암과 변비 예방 등과 같은 유효한 생리적 기능을 나타낸다.

### 3. pH 에 따른 수분 결합력의 변화

pH 변화에 따른 채소 식이섬유의 수분결합력 변화는 Table 6과 같다.

그 결과, 식이섬유의 수분 결합력 차이는 채소의 종류에 따라 각기 달라 3가지로 나타났다. 풋고추는 pH 6.0 의 중성에서 수분 결합력이 최대값을, pH 2.0의 산성에서는 최대값의 34% 감소한 값을 나타냈다. 대파의 수분결합력은 pH 5.2인 약산성에서 최대를 나타냈고, pH 6에서는 24.4%, pH 2에서는 43.4% 감소하였다. 풋고추와 대파는 pH의 변화에 따라 유의적인 차이를 나타내었으나(P<0.05) 배추와 무우에서는 pH 변화에 따른 수분결합력이 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

소화중인 위장내 환경은 pH 1.0의 강산에서 중성(pH 6.8~7.2)에 이르기까지 변화가 매우 심하다.<sup>17,18)</sup> 그러므로 3가지 pH 상태(pH 2, pH 5.2, pH 6)에서 여러 식이섬유들의 수분 결합력을 조사하는 것은 의미 있는 일이다. 본 연구에서, 채소 종류에 따라 pH에 대한 반응결과가 달랐으나, 산성에서는 수분과의 친화력

**Table 6. Effect of pH on water binding capacity of acid detergent fiber of some vegetables** (g/g ADF)

	pH 2	pH 5.2	pH 6
Green pepper	11.3±0.1 <sup>a</sup>	14.5±0.3	17.1±0.1
Radish	5.9±0.1	6.7±0.2	6.2±0.2
Welsh onion, large	5.1±0.1 <sup>b</sup>	9.0±0.3	6.8±0.2
Chinese cabbage	17.7±0.2	18.0±0.1	18.2±0.3

a : Mean ± S.D., b : Means followed by same letter are not significantly different at the level using Duncan's multiple range test.

이 약하고, 약산성과 중성 부근에서 수분 결합력이 높은 것으로 나타났다.

## 요 약

각종 채소의 식이섬유(ADF)는 수분과 결합력이 있고, 채소 종류에 따라 상당한 차이가 있고, 수분결합력은 셀룰로오스함량에 정비례하여 영향을 받았다. 채소들의 수분결합력은 평균 13.6g H<sub>2</sub>O/g ADF로서 곡류의 식이섬유(올무겨<sup>12)</sup>:평균 5.89g H<sub>2</sub>O/g ADF, 쌀겨<sup>13)</sup>:평균 5.60g H<sub>2</sub>O/g NDF)보다 2~3 배 높았다. 우리가 많이 섭취하는 김치(배추김치, 무우청김치)의 ADF의 수분결합력은 채소들 중 가장 높게 나타났다. 채소류는 곡류 다음으로 많이 섭취되고, 김치는 사시사철 섭취하기 때문에 이들의 식이섬유는 장관에서 물을 흡수하여 팽창하여 소화 중인 식품들, 소화 흡수가 끝난 배설물 부피를 증가시켜 bluk flow에 좋은 영향을 미친다. 그래서 장의 연동운동을 돕고 배변을 쉽게 하여 장암과 변비 예방 등 유효한 생리효과를 나타낼 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- Schneeman, B. O. : Physical and chemical properties, Methods of analysis, and physiological effects, *Food Technol.*, **40**(2), 104(1986).
- Vahouny, G. V. : Dietary fiber, lipid metabolism, and atherosclerosis, *Federation Proc.*, **41**, 2801(1982).
- Heaton, K. W., Haber, G. B. and Burroughs, L. : How fiber may prevent obesity : promotion of satiety and prevention of rebound hypoglycemia, *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, S280(1978).
- Schneeman, B. O. : Soluble vs insoluble fiber-Different physiological responses, *Food Technol.*, **41**(1), 81(1987).
- 한국성인병 예방협회 : 성인병과 식이섬유, p. 20~21 (1996).
- 계수경 : 조리 및 발효에 따른 채소의 식이섬유 함량과 수분 및 무기질 결합력에 관한 연구, 고려대학교 박사학위 논문(1992).
- A.O.A.C. : Official Methods of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, p. 82~83(1990).
- Robertson, J. A. and Eastwood, M. A. : An investigation of the experimental conditions which could affect water holding capacity of dietary fiber, *J. Sci. Food Agr.*, **32**, 819(1981).
- Jauregui, C. A., Regenstien, J. H. and Baker, R. C. : A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water binding property of muscle foods, *J. Food Sci.*, **46**, 1271(1981).
- Parrott, M. E. and Thrall, B. E. : Functional pro-

- perties of various fibers : Physical properties, *J. Food Sci.*, **43**, 759(1978).
11. Hawk, P. B., Oser, B. L. and Summerson, W. H. : "Practical physiological chemistry," 13th ed. The Blakiston Co., New York, p34(1954).
  12. 우지원 : 울무와 염주의 단백질, 지방 및 식이섬유의 이화학적 특성연구, 연세대학교 박사학위논문(1989).
  13. 이희자, 변시명, 김형수: 현미와 백미의 식이섬유에 관한 연구, 한국식품과학회지, **20**(4), 576(1988).
  14. McConnell, A. A., Eastwood, M. A. and Mitchell, W. D. : Physical characteristics of vegetables food-stuffs that could influence bowel function, *J. Sci. Fd. Agric.*, **25**, 1457(1974).
  15. Lin Chen, W. J. and Anderson, J. W. : Soluble and insoluble plant fiber in selected cereals and vegetables, *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 1077(1981).
  16. Dreher, M. L. : Handbook of Dietary Fiber, Marcel Dekker, Inc., New York, p. 60(1987).
  17. Harper, H. A. : Review of physiological chemistry, 15th ed., Lange Publishing Co., Los Altos, CA., p. 231(1975).
  18. Sturkie, P. D. : "Avian physiology," 2nd ed., Cornell Univ. Press, Ithaca, New York, p. 301(1965).

---

(1996년 8월 5일 접수)