

채소류의 식이성 섬유소의 함량과 이화학적 특성

서효정 · 윤형식

경북대학교 식품공학과

Quantative Analysis and Physico-chemical Properties of Dietary Fiber in Vegetables

Hyo-Jeong Suh and Hyung-Sik Yoon

Dept. of Food Science & Technology, Kyungpook National University, Taegu, 702-010, Korea

Abstract

Dietary fiber(DF) content and their properties were analyzed in some common vegetables such as Squash(leaf), Water cress, Garland chrysanthemum, Leek and sweet potato(stem).

DF was analyzed by the method of detergent fractionation. Values for neutral detergent fiber(NDF), acid detergent fiber(ADF), lignin, hemicellulose were obtained. NDF for most samples was 13.83%~24.31%, ADF was 11.99%~21.03%, lignin was around 0.56%~3.00%, hemicellulose was about 1.33%~3.88%, cellulose was 9.08%~14.87%, except sweet potato(leaf) (20.47%).

This paper describes two properties of the fiber-of commonly eaten vegetables ; water-holding capacity(WHC) and metal binding. The capacity of the acetone dried powder (ADP) to hold water was estimated. The WHC measurements differed from 7.49 per g of ADP for Water cress to 11.09 per g of ADP for Leek. The binding of Fe, Zn in NDF, ADF obtained from five fiber sources was examined under two pH conditions ; 1) pH2.1, 2) pH6.1. Fe, Zn binding increased with higher pH and differed from DF sources.

서 론

근래에 와서 성인병 및 장 질환자의 수가 급증하게 되어 보건상 큰 문제가 되고 있다.¹⁻³⁾ 이 요인 중 인체의 소화효소에 의해 분해되지 않으며, 식물체 포벽의 구성성분과 pectin, gum 질등으로 정의되는³⁻⁷⁾ 식이성 섬유소(dietary fiber : DF) 성분들이 소화과정을 정상적으로 조절하고^{4, 9)} 비전염성 질병의 예방과 치료등에 효과가 있으며 그 생리적 작용에 대하여 많은 연구가 이루어지고 있다.⁹⁻¹³⁾ 식이성 섬유소의 중요성은 대장에서 구성다당류에 따라 차이는 있으나, 미생물에 의해 분해를 받아 대장 내

pH를 저하시켜 미생물 대사 및 그의 양은 편의 무게, 부피에 영향을 주며,⁴⁾ 또한 다당류 중 극성분자는 보수력(water-holding capacity : WHC)을 가지므로 수화된 DF는 gel matrix를 형성하여 소장내용물의 점도를 증가시키고 타영양물의 분산을 늦추어 흡수에 영향을 주고, 양이온 교환능력을 가져 무기질의 인체내 흡수를 저해하며, 이는 DF의 극성분자가 장내 양이온과 교환하는 것으로 생각되며, 최근 Rubio등은²⁶⁾ nitrosamine과 같은 발암성 물질의 독성 억제에 DF가 효과적임을 보고하였으며, 반면 미량 무기질의 장관에서 체내로의 흡수 이용성에 감소를 유발한다는 많은 보고가 있으며,^{4, 23, 27, 28)} 이외 담

즙산, 콜레스테롤, 독성물질등을 흡착하는 등의 이 화학적 성질로 체내의 생리적 기능에 영향을 주는 것으로 보고 되고있다.^{4, 14-16)}

이에 본 실험에서는 우리나라의 식품에서 전통적으로 많이 이용되는 채소류에 대해 DF의 함량을 측정, 비교하고 이화학적 성질로 in vitro에서의 WHC와 metal과의 binding관계를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용된 재료는 채소류중 호박잎, 미나리, 쑥갓, 부추, 고구마줄기로 가식부위를 정선, 세척하여 50-60°C¹⁷⁾에서 12시간 열풍건조, 마쇄하여 사용하였다.

실험방법

일반성분 : 시료중의 수분, 조지방, 조단백질, 조회분의 함량은 A.O.A.C.법⁶⁾에 준하였다.

식이성 섬유소의 함량 측정 : 식이성 섬유소의 함량 측정은 Van Soest 등의 방법에 따라¹⁷⁾ Fig.1과 같이 하였다. 이때 sodium lauryl sulfate 30g과 EDTA18.61g, sodium borate decahydrate 6.81g, disodium hydrogen phosphate anhydrous 4.56g, 2-ethoxy ethanol 10cc를 1ℓ 증류수에 용해시켜 N.D soln.으로 사용하고, 20gcetyl trimethyl ammonium bromide를 1N-H₂SO₄에 용해시켜 A.Dsoln.으로 하였다. lignin함량은 72% sulfuric acid digestion후 남은 잔사량으로하고, hemicellulose함량은 NDF와 ADF 값의 차로 추정하고, cellulose함량은 ADF와 ADL(acid detergent lignin)의 차이로 나타내었다.^{17, 18)} 그리고 이 잔사를 525°C에서 3hr회화시킨 후 그 손실량을 lignin으로 하였다.

이화학적 특성

시료조제 : 물리적 특성으로 WHC를 조사하기 위해 acetone dried powder(ADP)를 McConnell등의 방법^{14, 19, 20)}에 따라 조제하였다. 즉 신선한 채소를 정선·세척하여 증류수를 첨가하여 마쇄하고 세포

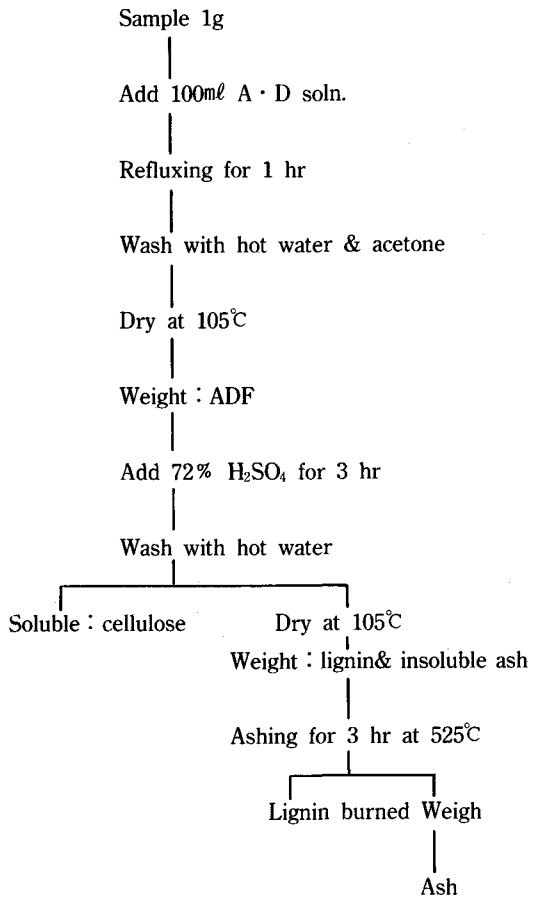
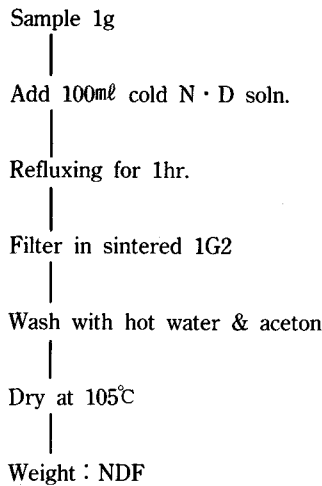


Fig. 1. Determination of dietary fiber by Van Soest's procedure.

벽을 파괴하기 위하여 -20°C 에서 동결하여 24hr 후 해동시켰다. 가용성 물질과 단백질 등을 씻어 내기 위하여 40°C 온수 20배량으로 세척하고 아세톤으로 건조 후 마쇄하여 ADP시료로 하였다.

WHC측정: 시료 1g에 물을 가한 뒤 실온에서 24시간 침지시키고 $1,400\times\text{g}$ 에서 한 시간 원심분리하여 그 상등액을 버리고 pellet의 무게를 측정한다.^{21, 22)}

화학적 특성: 금속이온의 DF에의 흡착도는 NDF와 ADF로 구분하여 Camire등의²³⁾ 방법에 따라 시료 0.5g에 50cc buffer soln.과 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 와 Zn metal을 이용하여 만든 stock soln. 각 1cc를 차례로 첨가 후 pH를 보정하여 shaker bath에서 30°C , 2hr 동안 shaking 후 감압 여과하고 남은 잔사를 소량의 재증류수로 세척 후 kjeldahl digestion flask에 넣어 15cc HCl을 가하여 10분간 끓인 다음 냉각하여 여과한 후 재증류수로 fill up시켜 atomic absorption / flame spectrophotometer로 측정하였다. metal binding에 대한 pH영향을 조사하기 위해, 체내 장관의 환경조건과 유사한 pH2와 pH6으로 나누어 측정하였다.

결과 및 고찰

일반성분

시료의 일반성분 분석결과는 Table 1과 같다. 탄수화물은 고구마줄기에서 54.95%로 가장 높았으며, 미나리는 35.73%로 가장 낮았고, 조단백질은 호박잎이 30.64%, 부추는 29.22%였고 고구마줄기가 가장 낮은 값을 나타내었다.

식이성 섬유소의 함량

각 시료의 DF함량 분석결과는 Table 2와 같다. NDF함량: NDF의 양은 고구마줄기에서 24.31%로 가장 높았고, 부추는 13.83%로 낮았으며 호박잎, 미나리, 쑥갓은 20% 내외였다.

ADF함량: ADF함량은 고구마줄기가 21.03%로 가장 높았고 부추가 11.99%로 가장 낮은 값을 나타냈으며 호박잎, 미나리, 쑥갓은 16% 정도를 나타내었다.

Lignin함량: Lignin함량은 쑥갓이 3.0%로 가장 높고, 고구마줄기가 0.56%로 가장 낮은 값을 보였다.

Table 1. Approximate composition of samples(%)

Sample	Moisture	Crude Protein	Crude Fat	Crude Ash	Carbohydrate
Leaf of squash	8.91	30.64	2.83	12.00	45.62
Water cress	9.46	23.16	3.34	12.45	38.73
Garland Chrysanthemum	8.16	25.29	3.98	17.10	45.47
Leek	10.33	29.22	3.72	10.81	45.93
Stem of sweet potato	10.27	16.03	1.85	16.09	54.95

Table 2. Dietary fiber content of raw materials(%)

Sample	NDF	ADF	Hemicellulose	Lignin	Cellulose
Leaf of squash	20.41	16.83	3.58	1.96	14.87
Water cress	19.41	16.96	2.45	2.38	14.58
Garland Chrysanthemum	20.39	16.12	3.88	3.00	13.12
Leek	13.83	11.99	1.33	2.91	9.08
Stem of sweet potato	24.31	21.03	2.74	0.56	20.47

Table 3. Water-holding capacity

Sample	WHC(g water/g ADP)
Leaf of squash	7.6
Water cress	7.4
Garland chrysanthemum	8.6
Leek	11.0
Stem of sweet potato	8.9

Hemicellulose 및 Cellulose함량 : hemicellulose는 썩갯이 3.88%로 가장 높았으며, 호박잎이 다음으로 높고, 부추가 1.33%로 가장 낮았다. Cellulose는 고구마줄기가 20.47%로 가장 높았고, 부추는 9.08%로 낮은 값을 나타내었다.

입자의 크기에 따른 DF함량은 60mesh 보다 20 mesh시료에서 높은 값을 보였다. 이는 sample입자가 미세할수록 세포로 부터 세포질 내용물이 제거되어 DF양이 낮아진다는 Heller등의²⁴⁾ 보고와 유사하였다.

물리적 특성

WHC측정 : 시료별 WHC 값은 Table 3과 같다. 부추는 11.0%로 가장 높았으며 호박잎과 미나리는 7.4~7.6%로 다소 낮았다.

입자의 영향 : 입자크기에 따른 WHC측정결과 Table 4와 같다. 60mesh에서 1.8~9.8%의 증가율을 나타냈으며 fiber의 fine상태기준을 100-230mesh로 실험한 Sosulski등^{16, 19, 25)}의 결과보다 높으나 kelsay⁹⁾의 보고와는 유사함을 보였다.

WHC에 대한 침지온도와 시간의 영향 : WHC에 대한 침지온도와 시간에 따른 영향은 Table 5와 같다.

WHC에서 큰 차이를 나타낸 부추와 호박잎을 시료로 하여 실험한 결과 부추는 시간이 증가함에 따라 5.3~7.6%의 증가율을 보였고, 호박잎은 7.9~15.9%의 증가율로 부추보다 높았다.

침지시간의 영향은 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향이며 같은 침지시간에서는 온도가 높을수록

Table 4. Variations of WHC with different particle size

Sample	WHC(g water/g ADP)	
	20mesh	60mesh
Leaf of squash	7.56	7.99
Water cress	7.36	7.49
Garland chrysanthemum	8.61	9.20
Leek	10.93	12.00
Stem of sweet potato	8.85	9.19

Table 5. Variations of WHC with different soaking time and temperature.

Sample	Soaking Time (min)	Temp(°C)		
		4	20	37
Leek	30	7.76	10.31	11.03
	90	8.28	10.65	11.72
	150	8.35	10.85	11.82
Leaf of squash	30	7.17	7.74	7.85
	90	7.96	8.51	8.47
	150	8.31	8.35	8.83

WHC가 증가하였으며 부추가 호박잎보다 그 폭이 큰것으로 나타났다. 침지온도의 영향은 부추가 41.5~42.1%의 증가율을 보인 반면 호박잎은 6.3~9.5%의 증가율로 부추보다 낮았으며 이는 fiber sources에 따른 차이가 있을 것으로 사료된다. 온도가 높을수록 증가하여 20℃, 37℃에 비해 4℃에서 침지한 경우 낮은값을 가져 Collins등¹³⁾의 결과와 유

사하였다.

화학적 특성

각 시료의 NDF와 ADF의 endogenous mineral 함량은 Table 6과 같다.

NDF의 경우 호박잎이 157ppm으로 Zn함량이 가장 높고 다음은 고구마잎이었으며 가장 낮은 것은

Table 6. Endogenous mineral content of sample(ppm)

Sample	NDF		ADF	
	pH2	pH6	pH2	pH6
Leaf of squash	157.0	353.0	55.9	278.5
Water cress	62.9	316.0	40.2	184.7
Garland chrysanthemun	32.9	531.5	29.1	238.9
Leek	51.3	520.1	16.8	257.7
Stem of sweet potato	106.6	367.6	99.6	285.8

Table 7. Percentage of total Zn binding

Sample	NDF*		ADF*	
	pH2	pH6	pH2	pH6
Leaf of squash	51.39	5.4	21.4	11.6
Water cress	53.78	5.4	19.9	10.9
Garland chrysanthemun	51.67	9.3	36.3	19.7
Leek	55.0	4.9	32.1	7.2
Stem of sweet potato	19.9	22.8	22.8	26.5

* pH2 : releasing percentage
pH6 : binding percentage

Table 8. Percentage of total Fe binding

Sample	NDF*		ADF*	
	pH2	pH6	pH2	pH6
Leaf of squash	31.5	74.6	43.9	32.9
Water cress	30.5	51.1	34.9	43.9
Garland chrysanthemun	16.1	42.2	47.5	27.2
Leek	50.1	22.9	51.7	20.2
Stem of sweet potato	14.8	86.1	11.8	81.3

* pH2 : releasing percentage
pH6 : binding percentage

썩갓이었다. Fe함량은 썩갓과 부추가 각각 531.5 ppm, 520ppm으로 가장 높았다. ADF의 경우 고구마줄기의 Zn함량이 99.6ppm으로 가장 높았으며, 다음으로 호박잎이 55.9ppm이며 부추가 가장 낮았다. Fe함량은 고구마줄기가 285.8ppm으로 가장 높은 값을 보였다. 전체적으로 Zn보다 Fe함량이 많았다. 체내 소화관의 pH와 유사한 환경조건하에서 5가지 채소의 NDF와 ADF와 Zn, Fe의 binding 관계를 조사한 결과는 Table 7,8과 같다.

pH2의 경우 endogenous mineral content를 기준으로 하였을 때 그 감소율을 나타낸것으로 이는 endogenous mineral함량보다 더 낮은 값을 나타내어 첨가한 metal과의 binding이 전반적으로 일어나지 않고 내인성 mineral이 탈리됨을 보였다. 이는 Thompson등^{23, 27, 29)}과 Camire등²³⁾의 실험결과와 유사하였다.

우리나라에서 전통적으로 이용되고 있는 식용 채소류중 호박잎, 미나리, 썩갓, 부추, 고구마줄기를 시료로 하여 건물양에 대한 DF값으로 NDF, ADF, lignin, hemicellulose, cellulose의 함량을 조사한 결과 각 13.83~24.35%, 11.99~21.03%, 1.33~3.88%, 0.56~3.00%, 9.08~20.47%로 고구마줄기에서 높은 값을 보였다. 물리화학적 성질로 water-holding capacity(WHC)와 mineral binding을 조사한 결과 acetone dried powder(ADP) 시료의 WHC는 7.4~11.0(g water/g ADP)로 부추에서 높은 값을 나타내었으며 침지온도가 높을수록 WHC 값이 증가하였고 37℃일때 가장 높은 WHC값을 나타내어 전체적인 침지온도의 영향을 받는 것으로 나타났다. NDF와 ADF시료의 mineral binding은 pH에 큰 영향을 받았고 특히 pH6에서 높은 binding을 보였으며, Zn이 Fe보다 비교적 높은 binding을 보였다. DF의 종류에 따른 영향도 다소 나타내었다.

문 헌

1. Spiller, Gene A. and Ronald J. Amen : Dietary fiber in human nutrition, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.*, 7, 39(1976).
2. Colmey, J. C. : High fiber foods in the american diet, *Food Tech.*, 32, 42(1978).
3. Scala, J. : Fiber the forgotten nutrient, *Food Tech.*, 40, 102(1974).
4. Schneeman, B. O. : Special report dietary fiber, *Food Tech.*, 40, 102(1986).
5. A Scientific Status Summary : *Food Tech.*, 33, 35(1979).
6. A.O.A.C : Assoc. of Official Chemists, Washington. DC., 125(1980).
7. Hellendoorn, E. W. : Dietary fiber or indigestible residue, *The Am. J. of Clin. Nut.*, 34, 1437(1981).
8. Burkiff, D. P., A.R.P. Walker and N. S. Painter : Dietary fiber and disease, *J.A.M.A.*, 229, 1068(1974).
9. Kelsay, J. L. : Effect of diet fiber level on bowel function and trace mineral balances of human subjects, *Cereal Chemistry.*, 58, 2(1981).
10. Furda, Ivan : forum, Fractionation and examination of biopolymers from dietary fiber, *Cereal Foods World.*, 22, 252(1977).
11. Spiller, Gene A. and H. J. Freeman : Recent advances in dietary fiber and colorectal diseases, *Am. J. Clin. Nut.*, 34, 1145(1981).
12. Burkiff and Denis : Food fiber, *Cereal Foods World.*, 22, 6(1977).
13. Collins, J. L and A. R. post : Peanut hull flour as a potential source of dietary fiber, *J. Food. Sci.*, 46, 455(1981).
14. Rasper, V. F. : Chemical and physical characteristics of dietary cereal fiber, Academic press. New York. 105(1979).
15. 강태순, 윤형식 : 채소류의 식이성 섬유소의 함량과 물리적 특성, *한국영양식량학회지*, 16, 49(1987).
16. Parrot, M. E. and B. E. Thrall : Functional properties of various fibers, *J. Food. Sci.*, 43, 759(1978).
17. Van Soest, P. J. : Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II, *J. A.O.A.C.*, 46, 830(1963).
18. Van Soest, P. J. : Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. III, *J. A.O.A.C.*, 48, 785(1965).
19. McConnell, A. A., M. A. Eastwood and W. O. Mitchell : Physical characteristics of vegetable food stuffs that could influence bowel function, *J. Sci. Fd Agri.*, 25, 1457(1974).
20. Long, O. G. : Water-holding capacity of some african vegetables, fruits and tubers measured

- in vitro, *J. Food. Sci.*, **49**, 762(1984).
21. Rasper, V. F. : Chemical and physical properties of dietary cereal fiber, *Food Tech.*, **33**, 40(1979).
 22. Sosulski, F. W. and A. M. Cadden : Composition and Physiological properties of several sources of dietary fiber, *J. of Fd Sci.* **47**, 1472 (1982)
 23. Camire, A. L. and F. M. Clydesdale : Effect of pH and heat treatment on the binding of calcium, magnesium, zinc and iron to wheat bran and fractions of dietary fiber, *J. of Fd Sci.*, **46**, 548(1981).
 24. Heller, S. N., J. M. Rivers, and L. R. Hacker : Dietary fiber, **42**, 436(1977).
 25. Rubio, M. A. and S. I. Ralkehag : The interactions of carcinogens and a co-carcinogens with lignin and other components of dietary fiber, Academic Press. New York. 251(1979).
 26. Thompson, S. A. and C. W. Weber : Influence of pH on the binding of copper, zinc and iron in six fiber sources, *J. of Fd Sci.*, **44**, 752 (1979).
 27. Tompson, S. A. and C. W. Weber : Copper and Zinc binding to dietary fiber sources : An ion exchange column method, *J. of Fd Sci.*, **47**, 125(1981).
 28. Lee, K. and J. S. Garcia-Lopez : Iron, zinc, copper and magnesium binding by cooked pinto bean neutral and acid detergent fiber, *J. of Fd. Sci.*, **50**, 651(1985).
 29. 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 Agric.*, **32**, 819(1981).

(Received June 2, 1989)