

조리방법에 따른 채소의 불용성 식이섬유 함량 변화에 관한 연구

계 수 경

경민전문대학 식품영양과

Effect of Cooking on Water Insoluble Dietary Fiber in Vegetables

Soo-Kyung Kye

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

Abstract

Recently, interests of dietary fiber associated with critical physiological effects have been rising in Korea. However, there are still little studies on exact contents of dietary fiber components which have distinctive physiological effect in the body. In the present study, the contents of fiber components in 15 kinds of vegetables being consumed commonly in Korea were investigated, and the effects of various treatments (cooking and Kimchi fermentation) on fiber were studied. The results are summarized as follows. Fiber contents of vegetables were 11.8~31.9% of neutral detergent fiber (NDF), total insoluble dietary fiber, 10.9~25.4% of acid detergent fiber (ADF), 8.8~23.8% of cellulose, 0.6~10.6% of hemicellulose and 1.0~5.2% of lignin, on dry weight basis. Especially, peppers had higher contents of NDF than the other vegetables. In the vegetables used in the present study, it was found that a great portion of NDF, total insoluble dietary fiber, was composed of cellulose because cellulose covered 63% of NDF. Cooking increased the NDF, ADF and cellulose contents, and most change was due to the change of cellulose. The values of hemicellulose and lignin showed an irregular pattern upon cooking. Fermentation slightly increased NDF, ADF and cellulose, while hemicellulose and lignin showed irregular pattern.

Key words : dietary fiber components, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), cellulose, hemicellulose, lignin, physiological effect

서 론

최근 식이섬유의 섭취가 악성종양을 포함한 장관질환, 동맥경화증, 심장병 등을 비롯한 여러 가지 퇴행성 질병을 억제한다는 보고들¹⁻³⁾이 발표됨에 따라서 식이섬유의 체내에서의 생리기능에 대한 관심이 고조되고 있다.

식이섬유가 체내에서 나타내는 여러 가지 중요한 생리기능은 식이섬유가 지니는 물리화학적 특성에 의해 영향을 받는다고 보고되고 있으며 그 특성들은 여러

종류의 세포벽 구성성분들 각각의 구조와 특성에 의해 영향을 받으므로^{4, 5)} 식이 섬유 각 성분들을 분별 측정할 필요가 있다. 이러한 요구에 부응하여 고안된 방법이 산성세제저항섬유(ADF)와 중성세제저항섬유(NDF)방법인데, NDF방법은 불용성식이섬유의 함량을 잘 나타내고 있으며 신속하고 재현성이 있어 널리 사용되고 있으며, 특히 NDF와 ADF방법을 함께 시행함으로써 인체내에서 특징적인 생리기능을 나타내는 식이섬유의 구성성분들을 각각 분별 측정할 수 있다.^{6, 7)}

우리나라의 경우, 식이섬유의 중요한 급원이 되고 있는 각종 채소의 식이섬유 각 성분들의 함량을 측정

Table 1. Cooking conditions of vegetables in this study

Vegetables	Cooking methods	Cooking time	Weight (g)	Heat mediator	Cooking sample form
Chives 부추 (Sep. 1990)	stir-frying	2min	80	oil 4ml	2cm segment
Cabbage 양배추 (Sep. 1990)	boiling	20min	150	water 1L	cut into a half and shred
	blanching	5min	150	water 1L	
	stir-frying	2min	80	oil 5ml	cut into a half and shred
Water dropwort 미나리 (Oct.1990)	boiling	5min	100	water 1L	
	blanching	1min 30sec	100	water 1L	
Pepper leaf 고추잎 (Oct.1990)	stir-frying (after blanching)	2min 30sec (blanching 1min)	70	oil 5ml	
	blanching	1min 30sec	70	water 1L	
Kwari pepper 파리고추 (Oct.1990)	stir-frying	4min	90	oil 10ml	
	boiling(from cold water)	8min	90	water 200ml	
Radish 무 (Oct.1990)	stir-frying (after boiling)	frying 1min (boiling 4min)	200	water 50ml oil 3ml	shredding
	boiling	10min	200	water 1L	dice
	steaming	5min	200	water 1L	shredding
Garlic 마늘 (Oct.1990)	stir-frying	4min	100	oil 3ml	cut into
	boiling	5min	130	water 500ml	three parts
Edible burdock 우엉 (Jan.1991)	baking	4min	100		
	stir-frying	6min	100	oil 6ml	cut into 5cm segment and shred
Chives 부추 (Sep. 1990)	stir-frying	2min	80	oil 4ml	2cm segment
Cabbage 양배추 (Sep. 1990)	boiling	20min	150	water 1L	cut into a half and shred
	blanching	5min	150	water 1L	
	stir-frying	2min	80	oil 5ml	cut into a half and shred
Water dropwort 미나리 (Oct.1990)	boiling	5min	100	water 1L	
	blanching	1min 30sec	100	water 1L	
Pepper leaf 고추잎 (Oct.1990)	stir-frying (after blanching)	blanching 1min 2min 30sec	70	oil 5ml	
	blanching	1min 30sec	70	water 1L	
Kwari pepper 파리고추 (Oct.1990)	stir-frying	4min	90	oil 10ml	
	boiling(from cold water)	8min	90	water 200ml	
Radish 무 (Oct.1990)	stir-frying (after boiling)	boiling 4min frying 1min	200	water 50ml oil 3ml	shredding
	boiling	10min	200	water 1L	dice
	steaming	5min	200	water 1L	shredding
Garlic 마늘 (Oct.1990)	stir-frying	4min	100	oil 3ml	cut into
	boiling	5min	130	water 500ml	three parts
Edible burdock 우엉 (Jan.1991)	baking	4min	100		
	stir-frying	6min	100	oil 6ml	cut into 5cm segment and shred

() : Purchase date

한 연구가 아직 없으며, 특히 가열조리시 조리 전후에 있어서 식이섬유의 함량이 어떻게 변화하는가에 대해서는 지금까지 검토된 바 없다. 그러므로 각종 채소들을 대상으로 NDF, ADF방법을 사용하여 식이섬유 각 성분의 함량을 측정하고 여러 가지 조리조건과 김치발효에 따른 이들의 변화를 알아보려고 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 시료의 조제

1) 실험재료

한국인이 상용하는 야채(근채류 3종, 과채류 3종, 경채류 2종, 엽채류 7종) 15종을 가락동 농수산물 시장에서 신선한 상태로 구입하여 사용하였으며, 붉은 고추는 건조된 상태로 구입하였다.

2) 조리방법

구입한 채소들은 비가식부를 제거하고 물로 깨끗이 씻은 다음 가정에서 행하는 조리방법에 준하여 Table 1과 같은 조건으로 끓이기(boiling), 데치기(blanching), 찌기(steaming), 볶기(stir-frying), 굽기(baking)하였다. 조리시간은 예비실험을 통해 섭취하기 적절한 상태로 되었을 때로 정하였으며, 조리구구는 끓이기, 데치기, 찌기는 Rinnai gas range를 사용하였고, 볶기와 굽기는 electric frying pan을 사용하였다.

3) 김치제조

김치 발효에 따른 식이섬유 함량의 변화를 알아보기 위하여 다음과 같이 무, 무청, 배추를 처리하여 김치를 제조하였다.

(1) 무 및 무청김치

무는 깨끗이 씻은 후 0.3~0.5cm 두께로 껍질을 벗기고 무의 양끝에서 3cm씩 잘라버렸다. 2cm 길이로 자른 다음 그것을 다시 2×2×2cm cube가 되도록 썰었다. 무청은 깨끗이 씻은 후 4~5cm 길이로 썰었다. 이와 같이 준비한 무 및 무청을 Table 2와 같은 양념 배합 비율로 김치를 제조하였다. 제조된 김치 시료는 250ml 광구병에 300g씩 눌러 담고 밀봉하여 18℃ 향

Table 2. 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 sativum</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 3. 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

온기에서 1일 예비발효시킨 후 40℃에서 2주간 저장하면서 실험에 사용하였다.

(2) 배추김치

배추는 먼저 곁대를 제거하고 절반으로 가른 다음 10% 소금물에 15시간 절인 후 흐르는 물로 3번 세척하여 소쿠리에서 물기를 제거하였다. 김치시료의 표준화를 위해 3×4cm 크기로 썰어 절임배추의 줄기와 잎부분을 동량이 되도록 준비하였다. Table 3과 같은 양념배합비율로 버무린 다음 250ml 광구병에 200g씩 눌러 담고 밀봉하여 18℃ 향온기에서 1일 예비발효시킨

후 40℃에서 2주간 저장하면서 실험에 사용하였다.

(3) 김치시료의 채취

본 실험에서 김치로 사용된 시료는 2주 저장하는 동안 이틀 주기로 채취한 시료중에서 pH 측정과 관능 검사에 기준을 두고⁸⁾ 적숙기라고 판단된 날 채취한 시료이다.

〈 pH 측정 〉

마쇄한 김치시료 20g에 증류수 180ml를 가하여 30분간 추출한 후 그 여과액을 pH meter (Metrohm 632, Swiss)로 측정하였다.

〈 관능검사 〉

관능검사요원은 김치시료로 수회반복 훈련된 6명의 식품공학과 대학원 학생으로 구성하였으며, 김치의 숙성 정도는 이 등⁸⁾의 분류방법에 따라 1: 미숙, 2: 약간 숙성, 3: 적당하게 숙성, 4: 적숙시기가 약간 지난 상태, 5: 과숙, 6: 먹을 수 없을 정도로 과숙 상태 등 6 단계로 구분하여 scoring test⁹⁾로써 관능검사를 실시하였다.

pH측정과 관능검사에 기준을 두고 배추김치는 pH 4.2를 기록한 숙성 10일째, 무와 무청김치는 pH 4.1를 기록한 숙성 14일째 각각 시료를 채취하여 양념을 제거한 후 실험에 사용하였다.

4) 분석을 위한 시료의 조제

위와 같이 준비된 생채소, 조리된 채소, 발효된 채소들을 각각 상온에서 air drying시킨 후 열풍 건조기에서(105℃) 1시간 건조시켰다. 건조된 채소를 분쇄기 (Janke & Kunkel GmbH u.CoKG IKA-Weak, Germany)를 이용하여 45mesh로 간 후 polyethylene 병에 담아 desiccator에 보관하면서 실험에 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 불용성 식이섬유 정량

총 불용성 식이섬유 및 그 구성성분들(cellulose, hemicellulose, lignin) 각각의 함량을 구하기 위해 중성세제저항섬유(neutral detergent fiber, NDF)와 산성세제저항섬유(acid detergent fiber, ADF)

방법을 사용하였다. NDF는 총 불용성 식이섬유 함량을 나타내며 cellulose, hemicellulose와 lignin을 포함하고 ADF는 cellulose와 lignin을 포함한다. 모든 시료의 분석은 3회 반복하였으며 김치시료는 4회 반복 분석하였다.

(1) 산성세제 저항섬유(ADF) 정량

산성 세제 저항섬유(acid detergent fiber)는 AOAC 공정법¹⁰⁾에 의해 분석되었다. 건조시료 1g을 500ml 플라스크에 넣은 다음 여기에 acid-detergent 용액 (1 N H₂SO₄ 1L에 20g의 acetyl trimethyl ammonium bromide를 녹인 용액) 100ml을 실온에서 더하고 역류 냉각기를 달아 가열장치에 연결시켰다. 5~10분 사이에 끓도록 열을 가하고 끓기 시작하면 거품이 생기는 것을 방지하기 위하여 열을 줄여서 끓기 시작한 후부터 60분간 가열하였다.

무게를 재어둔(W₁) 1G3 여과용 유리도가니에 가열시킨 용액을 흡인 여과하고 뜨거운(90~100℃) 증류수를 사용해서 계속적으로 도가니안의 침전물을 씻어 내린 후 acetone 으로 더 이상 용액이 색깔을 띠지 않을 때까지 씻어낸 다음 남은 acetone 을 제거하였다. 도가니안에 남은 물질은 105℃ 전기오븐에서 하룻밤 건조시킨 다음 desiccator에서 식힌 후 무게를 재었다(W₂).

상기 조작과정을 거쳐 ADF의 함량을 다음과 같이 계산하였다.

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

(2) 리그닌(lignin) 정량

리그닌은 ADF와 함께 AOAC 공정법¹⁰⁾에 의해 분석되었다. 앞에서 구한 acid detergent fiber가 들어있는 1G3 여과용 유리도가니안에 1g의 석면을 더한 다음 도가니를 100ml 바이커에 넣어서 도가니들이 쓰러지지 않도록 하였다. 도가니의 내용물에 냉각시켜둔 72% H₂SO₄를 잔사의 표면이 덮힐 정도로 넣고 유리봉으로 저으며 덩어리를 부순 다음 72% H₂SO₄를 유리도가니의 2/3 정도 되도록 붓고 1시간마다 저어주면서 3시간 정치한다. 3시간 후에 감압 하에서 여과하여 pH paper에 산이 없는 것으로 나타낼 때까지 뜨

석운 증류수로 씻어낸 다음 이것을 105℃ 전기오븐에서 하룻밤 건조시키고 desiccator에 옮겨서 1시간 동안 냉각시킨 다음 무게를 측정하였다(W₃).

그 후 450℃의 회화로에서 3 시간 동안 도가니를 회화한 다음 회화로를 끄고 200℃로 냉각되면 desiccator에 옮겨서 1시간 냉각시킨 후 무게를 측정하였다(W₄).

석면 blank는 무게를 재어둔 1G3 여과용 유리 도가니에 1g의 석면을 더한 다음 똑같은 처리과정을 거친 후 회화과정에서 잃어버린 무게를 측정하였다(W₅). 상기 조작과정을 거쳐 lignin 함량을 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Lignin}(\%) = 100 \times (W_3 - W_4 - W_5) / \text{g sample}$$

Cellulose 함량은 ADF와 lignin의 함량 차이로 구하였다.

(3) 중성세제 저항섬유(NDF) 정량

NDF는 AACC에 의해 공인된 방법으로 채택된 Van Soest and Wine⁷⁾의 방법으로 정량하였다.

건조 시료 1 g을 500 ml 플라스크에 넣은 다음 여기에 neutral detergent 용액(sodium lauryl sulfate 30 g, disodium EDTA 18.61 g, sodium borate decahydrate 6.81 g, anhydrous sodium phosphate dibasic 4.56 g, 2-ethoxyethanol 10 ml를 물 1 L에 녹인 후 H₃PO₄로 pH를 6.9~7.1로 조절하였다) 100 ml를 실온에서 더하고 역류 냉각기를 달아 가열 장치에 연결시켰다. 5 ~ 10 분 사이에 끓도록 열을 가하고 끓기 시작하면 거품이 생기는 것을 방지하기 위하여 열을 줄여서 끓기 시작한 후부터 60 분간 가열하였다.

무게를 재어둔(W₁) 1G3 여과용 유리도가니에 가열시킨 용액을 흡인 여과하고 뜨거운(90 ~ 100℃) 증류수를 사용해서 계속적으로 도가니안의 침전물을 씻어 내린 후 acetone으로 더 이상 용액이 색깔을 띠지 않을 때까지 씻어낸 다음 남은 물질을 105℃ 전기오븐에서 하룻밤 건조시킨 다음 무게를 재었다(W₂).

상기 조작 과정을 거쳐 NDF 함량을 다음과 같이 계산하였다.

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

Hemicellulose는 NDF와 ADF의 함량 차이로 구하였다.

한편 마늘의 경우, starch가 많이 함유되어 있어서 여과단계에서 어려움이 있었으므로 NDF측정에 앞서 McQueen 등¹¹⁾의 방법에 따라 시료를 Bacterial α -amylase로 처리해 주었다. 즉 시료 1 g에 30 ml의 α -amylase 용액을 넣은 후 40℃ incubator에서 12 시간 incubation 시킨다. 이때 사용된 α -amylase 용액은 bacterial α -amylase(E. C. No. 3. 2. 1. 1.) 1g을 phosphate buffer(pH 7) 1 L에 녹여 조제하였다.

Frying한 야채의 경우에는 NDF측정에 앞서 Saunderson 등¹²⁾의 방법에 따라 지질을 제거하였다. 즉 시료 1 g당 petroleum ether 40 ml를 넣고 30분간 교반하여 준 후 여과하여 잔사를 건조시켜 사용하였다.

결과 및 고찰

불용성 식이섬유인 cellulose와 hemicellulose 및 lignin을 포함한 neutral detergent fiber(NDF)의 함량이 총 불용성 식이섬유 함량을 의미한다.

1. 불용성 식이 섬유소(IDF) 함량

각종 채소들의 건조물 기준시 불용성 식이섬유의 총 함량 및 성분별 함량은 Table 4에 제시한 바와 같다. NDF 함량은 대파의 11.8% 부터 붉은 고추의 31.9% 까지 매우 다양한 값을 보였으며 특히 고추류에서 높은 함량을 나타내었다. 25% 이상의 비교적 높은 NDF 함량은 붉은고추 > 풋고추 > 우엉 > 파리고추 > 배추잎 > 고추잎 순으로 나타났고, 미나리와 무청은 그 중간값인 22.2와 23% 이었으며, 그보다 낮은 값은 부추 > 상차 > 무 > 마늘 = 배추줄기 > 양배추 > 실파 > 대파의 순으로 NDF 함량이 11.8 ~ 19% 범위였다.

ADF 함량은 10.9 ~ 25.4% 범위였으며, 붉은고추, 풋고추, 배추잎과 우엉에서 각각 25.4, 25.4, 20.8, 20.1%로 비교적 높은 값을 보였고, 실파, 대파, 무가

Table 4. Contents of insoluble dietary fiber of vegetables in dry weight

(%)

	NDF ²⁾	ADF ³⁾	Cellulose	Hemicellulose	Lignin
Chives	19.0±0.1 ¹⁾	15.0±0.3	11.1±0.1	4.0±0.5	3.9±0.1
Cabbage	16.6±0.2	14.4±0.1	12.0±0.1	2.2±0.1	2.4±0.2
Red pepper	31.9±0.4	25.4±0.2	23.8±0.3	6.5±0.4	1.6±0.2
Leaf lettuce	18.0±0.1	15.3±0.1	12.9±0.2	2.7±0.1	2.4±0.1
Water dropwort	22.2±0.3	14.8±0.1	12.6±0.1	7.4±0.2	2.2±0.3
Pepper leaf	25.0±0.3	15.5±0.1	11.0±0.1	9.5±1.1	4.5±0.2
Kwari pepper	26.4±0.2	15.8±0.2	14.0±0.2	10.6±0.2	1.8±0.2
Green pepper	28.0±0.3	25.4±0.2	20.2±0.3	2.6±0.2	5.2±0.3
Welsh onion, small	16.4±0.1	11.7±0.1	9.1±0.2	4.7±0.1	2.6±0.2
Radish	17.6±0.1	10.9±0.3	8.8±0.1	6.7±0.1	2.1±0.1
Radish leaf	23.0±0.2	14.1±0.2	12.7±0.3	8.9±0.2	1.4±0.1
Garlic	17.2±0.1	15.8±0.1	14.8±0.1	1.4±0.2	1.0±0.2
Welsh onion, large	11.8±0.1	11.2±0.1	9.0±0.2	0.6±0.1	2.2±0.1
Edible burdock	27.1±0.1	20.1±0.2	16.9±0.1	7.0±0.3	3.2±0.1
Chinese stalk	17.2±0.1	12.4±0.1	10.9±0.1	4.8±0.2	1.5±0.1
Cabbage leaf	25.8±0.1	20.8±0.1	17.7±0.1	5.0±0.2	3.1±0.1
average	21.5±4.4	16.6±4.3	14.3±3.5	4.9±0.3	2.3±0.9

1) Mean±S. D.

2) NDF: Neutral detergent fiber = cellulose + hemicellulose + lignin

3) ADF: Acid detergent fiber = cellulose + lignin

11 % 수준으로 가장 낮은 편이었으며, 그외의 채소들은 14 ~ 16 % ADF 를 함유하고 있었다.

각 채소에서 NDF 와 ADF 의 함량 차이가 큰 것은 불용성 hemicellulose 함량이 큰 것을 의미한다. 대파와 실파를 비교해 볼 때 ADF값은 비슷하나 실파의 NDF함량이 높은 것은 불용성 hemicellulose 함량이 높기 때문으로 볼 수 있다.

Hemicellulose 함량은 0.6 ~ 10.6 % 범위로 다른 식이섬유성분들보다 채소 종류에 따른 함량의 차이가 심하였으며 총 불용성 식이섬유의 24%정도를 차지하고 있다. Table 4 에서 보는 바와 같이 파리고추에서 그 함량이 10.6 % 로 가장 높았고 대파에서 0.6 % 로 가장 낮았다.

Lignin 함량은 1 ~ 5.2 % 범위였으며 풋고추에서 가장 높았고 마늘에서 가장 낮은 값을 보였다. Lignin 함량은 총 불용성 식이섬유의 12.5% 정도를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

Cellulose 함량은 8.8 ~ 23.8 % 범위였으나 주로

10 ~ 15 % 수준이었다. Cellulose 함량은 붉은고추에서 가장 높았고 실파, 대파와 무에서 각각 9.1, 9.0, 8.8 % 로 가장 낮은 수준이었다. Cellulose 함량은 총 불용성 식이섬유의 63% 정도를 차지하는 것으로 나타났는데 이러한 결과로 부터 본 실험에 사용된 채소들의 경우 불용성 식이섬유의 대부분이 cellulose로 구성 되어 있음을 알 수 있었다.

각 채소의 신선물 기준 시 불용성 식이섬유의 총합량 및 성분별 함량이 Table 5에 제시되어 있는데, 붉은고추를 제외한 채소들의 총 불용성 식이섬유 함량은 1.13~6.50% 범위로써 건조물 기준 시와는 달리 각종 채소에 따른 함량의 차이가 크지 않았다. 붉은고추의 경우 모든 식이섬유 성분의 함량이 다른 채소들에 비해 현저히 높은 것은 건조된 상태로 구입했기 때문에 극히 낮은 수분함량에 기인한 현상이다. 대부분의 채소는 수분함량이 80~90% 정도로 높기 때문에 신선물 기준 시에 식이섬유 함량이 현저하게 감소했으며, 특히 수분 함량이 적은 마늘, 우엉, 고추잎 등은 다른 채

Table 5. Contents of insoluble dietary fiber of vegetables in fresh weight

(%)

	NDF ¹⁾	ADF ²⁾	Cellulose	Hemicellulose	Lignin	Water
Chives	2.13	1.68	1.24(58.2)	0.45(21.1)	0.44(20.7)	88.8
Cabbage	1.21	1.05	0.88(72.7)	0.16(13.2)	0.18(14.1)	92.7
Red pepper	25.80	20.60	19.30(74.8)	5.27(20.4)	1.30(4.8)	19.0
Leaf lettuce	1.13	0.96	0.81(71.7)	0.17(15.0)	0.15(13.3)	93.7
Water dropwort	1.71	1.14	0.97(56.7)	0.57(33.3)	0.17(10.0)	92.3
Pepper leaf	5.50	3.41	2.42(44.0)	2.09(38.0)	0.99(18.0)	78.0
Kwari pepper	3.67	2.20	1.95(53.1)	1.47(40.1)	0.25(6.8)	86.1
Green pepper	4.37	3.96	3.15(72.1)	0.41(9.4)	0.81(18.5)	84.4
Welsh onion, small	1.41	1.01	0.78(55.3)	0.40(28.4)	0.22(16.3)	91.4
Radish	1.76	1.09	0.88(50.0)	0.67(38.1)	0.21(11.9)	90.0
Radish leaf	3.91	2.40	2.16(55.2)	1.51(38.6)	0.24(6.2)	83.0
Garlic	6.50	5.97	5.59(86.0)	0.53(8.2)	0.38(5.8)	62.2
Welsh onion, large	1.18	1.12	0.90(76.3)	0.06(5.1)	0.22(18.6)	90.0
Edible burdock	6.21	4.60	3.87(62.3)	1.60(25.8)	0.73(11.9)	77.1
Chinese stalk	1.55	1.12	0.98(63.2)	0.43(27.7)	0.14(9.1)	91.0
Cabbage leaf	1.34	1.08	0.92(68.7)	0.26(19.4)	0.16(11.9)	94.8
average	1.45	1.10	0.95(66.0)	0.35(23.6)	0.15(10.4)	92.9

1) NDF: Neutral detergent fiber = cellulose + hemicellulose + lignin

2) ADF: Acid detergent fiber = cellulose + lignin

(): % in NDF

소들에 비해 현저히 높은 NDF함량을 나타내었음을 볼 수 있다.

한국에서 식이 섬유성분에 관한 정보는 많지 않은데 이 등¹³⁾은 현미와 백미 겨(bran)의 식이섬유소 함량에 관해 보고하였고, 서 등¹⁴⁾은 5 가지 채소(호박잎, 미나리, 쑥갓, 부추, 고구마 줄기)에서 식이섬유소 함량을 분석 보고하였으며, 이 등¹⁵⁾은 4 가지 채소(무, 상치, 배추, 김치)의 식이섬유소함량을 조사하였다. 서 등¹⁴⁾이 보고한 부추의 식이 섬유소 각 성분들의 함량은 본 연구결과에 비해 모두 낮았고, 미나리에서는 NDF 함량이 19.4 % 로 본 실험 시료에서 보다 낮았으나 ADF 함량은 16.9 % 로 본 시료보다 높았다. 반면 lignin 함량은 같은 수준이었다. 한편 이 등¹⁵⁾의 보고에서 무, 상치, 배추의 ADF 함량은 각각 13.7, 18.8, 21.1 %로 본시료의 ADF 함량보다 높은 값을 보였다.

Herranz 등¹⁶⁾은 스페인에서 상용하는 채소들을 대상으로 cellulose, hemicellulose와 lignin 함량을

NDF와 ADF 방법에 의해 분석하였다. 그 중 부추는 본실험 결과에 비하여 lignin을 제외한 모든 성분들이 낮은 값을 보였고 상치에서는 lignin을 제외한 모든 식이 섬유소 성분들이 본 실험 결과와 비슷하였다.

이상과 같이 채소들의 식이섬유 함량들이 연구자마다 약간씩 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 채소의 식이섬유 함량에는 식물품종, 토양성상, 수확시기, 기후 등 다양한 인자들이 함께 작용할 것으로 보인다.

2. 조리방법에 따른 불용성 식이 섬유소 함량의 변화

시료를 boiling, blanching, steaming, stir-frying 및 baking하였을 때 각 조리방법에 따른 식이섬유의 성분별 함량의 변화는 Table 6 과 같다. 각 성분의 함량은 조리 방법에 따라 영향을 받았는데 무를 제외한 모든 시료에서 NDF 함량은 조리시 증가하였다($P < 0.05$). 그러나 stir-frying한 우엉과 양배추에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. ADF 함량은 양배추와 우엉을 제외한 모든 시료에서 조리시 증가하였으

Table 6. Effect of cooking methods on fractional contents of insoluble dietary fiber of vegetables in dry weight

	(%)				
	NDF ²⁾	ADF ³⁾	Cellulose	Hemicellulose	Lignin
Chives					
raw	19.0±0.1 ^{1)a}	15.0±0.3a*	11.1±0.1a	4.0±0.5	3.9±0.1
stir-frying	26.1±1.0b	21.9±0.5b	18.9±0.2b	4.2±0.1	3.0±0.2
Cabbage					
raw	16.6±0.2a	14.4±0.1ab	12.0±0.1a	2.2±0.1a	2.4±0.2b
stir-frying	18.4±0.1a	13.4±0.1a	12.0±0.6a	5.0±0.1b	1.4±0.1a
blanching	23.1±0.4b	17.0±1.0bc	13.8±0.1a	6.1±0.3c	3.2±0.1c
boiling	25.0±1.5b	19.1±0.3c	17.1±0.3b	5.9±0.2bc	2.0±0.1ab
Water dropwort					
raw	22.2±0.3a	14.8±0.1a	12.6±0.1a	7.4±0.2a	2.2±0.3a
blanching	27.2±0.2b	21.4±0.2b	18.0±0.2b	5.8±0.1b	3.4±0.1ab
boiling	28.6±0.7b	21.8±0.4b	17.6±0.2b	6.8±0.1b	4.2±0.2b
Pepper leaf					
raw	25.0±0.3a	15.5±0.1	11.0±0.1a	9.5±1.1	4.5±0.2b
stir-frying	27.6±0.2b	17.5±0.2	14.4±0.1c	10.1±0.1	3.1±0.1a
blanching	28.0±0.1b	15.9±0.5	13.0±0.1b	12.1±1.1	2.9±0.1a
Kwari pepper					
raw	26.4±0.2a	15.8±0.2a	14.0±0.2a	10.6±0.2c	1.8±0.2a
stir-frying	39.6±0.4c	30.6±0.4c	25.5±0.1c	9.0±0.1b	4.1±0.3b
boiling	28.6±0.3b	23.1±0.3b	19.5±0.2b	5.5±0.3a	3.6±0.2b
Radish					
raw	17.6±0.1b	10.9±0.3a	8.8±0.1a	6.7±0.1c	2.1±0.1ab
stir-frying	13.4±0.2a	11.5±0.6a	10.4±0.1b	1.9±0.1a	1.1±0.1a
boiling	22.0±0.2d	16.0±0.1b	14.4±0.2c	6.0±0.1b	1.6±0.4a
steaming	21.8±0.6d	12.4±0.2a	8.8±0.2a	9.4±0.2d	3.6±0.5b
Garlic					
raw	17.2±0.1a	15.8±0.1a	14.8±0.1b	1.4±0.2ab	1.0±0.2a
stir-frying	18.6±0.1b	18.0±0.2bc	16.8±0.2c	0.6±0.3a	1.2±0.1a
boiling	22.1±0.2c	19.7±0.6c	17.9±0.3d	2.4±0.1b	1.8±0.1a
baking	18.5±0.2b	17.1±0.4ab	13.7±0.1a	1.4±0.2ab	3.4±0.2b
Edible burdock					
raw	27.1±0.1	20.1±0.2	16.9±0.1	7.0±0.3a	3.2±0.1
stir-frying	30.2±1.0	18.0±0.5	16.0±0.2	12.2±0.1b	2.0±0.4

1) Mean±S. D.

* Means followed by same letter are not significantly different at the level using Duncan's multiple range test.

2) NDF: Neutral detergent fiber

3) ADF: Acid detergent fiber

Table 7. Effect of cooking methods on fractional contents of insoluble dietary fiber of vegetables in dry weight

	NDF ²⁾	ADF ³⁾	Cellulose	Hemicellulose	Lignin	Water
(%)						
Chives						
raw	2.13±0.68 ^{1)a}	1.68±0.13a*	1.24±0.11a	0.45±0.33a	0.44±0.16	88.8±0.66b
stir-frying	4.05±0.09b	3.39±0.03b	2.93±0.09b	0.65±0.19ab	0.47±0.20	84.5±0.33a
Cabbage						
raw	1.21±0.02a	1.05±0.01	0.88±0.03a	0.16±0.09a	0.18±0.00a	92.7±1.04b
stir-frying	2.06±0.05ab	1.50±0.02	1.34±0.03b	0.56±0.04b	0.16±0.01a	88.8±2.48a
blanching	1.59±0.01a	1.17±0.01	0.95±0.32a	0.42±0.07ab	0.22±0.00b	93.1±2.21b
boiling	1.20±0.02a	0.92±0.02	0.82±0.09a	0.28±0.03a	0.10±0.00a	95.2±2.11bc
Water dropwort						
raw	1.71±0.02a	1.14±0.28a	0.97±0.11a	0.57±0.00b	0.17±0.00a	92.3±1.42ab
blanching	2.50±0.00b	1.97±0.00ab	1.66±0.01b	0.53±0.00ab	0.31±0.00b	90.8±1.66a
boiling	1.54±0.01a	1.18±0.04a	0.95±0.01a	0.37±0.01a	0.23±0.00a	94.6±4.61b
Pepper leaf						
raw	5.50±0.88a	3.41±0.17a	2.42±0.01a	2.09±0.21	0.99±0.00b	78.0±3.25ab
stir-frying	6.68±0.12b	4.24±0.16ab	3.48±0.03b	2.44±0.11	0.75±0.00ab	75.8±2.37a
blanching	5.82±0.31a	3.31±0.19a	2.74±0.01a	2.52±0.39	0.60±0.00a	79.2±1.34b
Kwari pepper						
raw	3.67±0.13a	2.20±0.26a	1.95±0.37a	1.47±0.01b	0.25±0.01a	86.1±0.91b
stir-frying	6.53±0.21b	5.05±0.37c	4.21±0.69c	1.49±0.02b	0.68±0.00c	83.5±0.11a
boiling	3.80±0.31a	3.07±0.21b	2.52±0.11b	0.73±0.01a	0.48±0.00b	86.7±0.21b
Radish						
raw	1.76±0.01	1.09±0.01	0.88±0.00a	0.67±0.00b	0.21±0.00ab	90.0±1.37
stir-frying	1.45±0.01	1.24±0.01	1.12±0.01b	0.21±0.00a	0.12±0.00a	89.2±1.65
boiling	1.58±0.01	1.15±0.01	1.04±0.01b	0.43±0.00ab	0.12±0.00a	92.8±1.42
steaming	1.87±0.01	1.07±0.01	0.76±0.01a	0.81±0.00b	0.31±0.00b	91.4±1.77
Garlic						
raw	6.50±0.35a	5.97±0.72a	5.59±0.12a	0.53±0.00ab	0.38±0.00a	62.2±1.45b
stir-frying	8.39±0.93b	8.12±0.12b	7.58±0.04c	0.27±0.00a	0.54±0.00ab	54.9±1.01a
boiling	7.98±0.49ab	7.11±0.96b	6.46±0.67b	0.87±0.00c	0.65±0.00b	63.9±0.94b
baking	8.49±0.15b	7.85±0.11b	6.29±0.43b	0.64±0.00b	1.56±0.01c	54.1±0.89a
Edible burdock						
raw	6.21±0.97a	4.60±0.01a	3.87±0.28a	1.69±0.01a	0.73±0.00	77.1±1.37b
stir-frying	9.39±0.28b	5.60±0.02b	4.98±0.01b	3.80±0.01b	0.62±0.00	68.9±1.74a

* Means followed by same letter are not significantly different at the level using Duncan's multiple range test.

1) Mean±S. D.

2) NDF: Neutral detergent fiber

3) ADF: Acid detergent fiber

나 고추잎과 무에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다($P < 0.05$). 마늘과 우엉을 제외한 모든 시료의 cellulose 함량은 조리시 증가하였으나, 무를 steaming 하였을 때와 양배추를 stir-frying 과 blanching 하였을 때는 뚜렷한 증가 현상을 나타내지 않았다. Hemicellulose와 lignin은 조리방법에 따른 변화가 일정하지 않았다.

식이섬유의 함량 변화는 조리 방법에 따라 다소 차이가 있는데 NDF, ADF 및 cellulose는 일반적으로 boiling 하였을 때 가장 큰 증가현상을 나타냈다. NDF는 cellulose, hemicellulose 및 lignin으로 구성되어 있고 ADF는 cellulose 와 lignin 으로 구성되어 있으므로 이들 ADF 와 NDF 의 변화는 cellulose에 의한 영향임을 알 수 있다.

Simpson 등¹⁷⁾은 조리 과정에서 당근의 cellulose와 pectin이 분해된다고 보고하였는데 조직학적인 연구 결과 생 당근의 세포벽 조직은 두껍고 치밀하지만 15분에서 45분까지 조리하였을 때 세포벽이 얇아지고 부서지기 쉬운 상태로 되었다고 보고하였다. 이는 cellulose가 조리과정 중에 주위 물질로부터 유리된 결과로 생각되며 유리된 cellulose가 분석에 유용하게 되므로 원료시료에 비해 조리시 cellulose가 증가한 것으로 생각해 볼 수 있다. 또한, 식이 섬유증의 증가를 조리중 비섬유소 성분의 손실로도 생각해 볼 수 있으므로 좀더 세부적인 연구가 계속 되어야 할 것으로 생각된다. Table 7에서 보는 바와 같이 boiling 시 수분 함량이 모든 시료에서 증가하였으며 stir-frying 때에는 수분함량이 현저하게 감소하였으므로 원료 시료 g 당 NDF의 함량은 stir-frying 시 가장 높다. 그러므로 같은 양의 채소를 섭취한다면 stir-frying 과 baking 같은 건식 조리방법(dry process)으로 조리한 식품이 불용성 식이 섬유를 더 많이 제공할 것이다.

현재 여러 문헌에서 하루에 15 ~ 20 g의 식이섬유로 여러 가지 질병을 예방할 수 있다고 보고되고 있는데,^{18, 19)} 특히 우리의 음식은 조리법이 다양하기 때문에 조리방법에 따른 식이섬유 함량에 관한 조사가 선행되어야 식이섬유의 하루 섭취량을 정확히 파악할 수 있을 것이다.

3. 김치발효에 의한 불용성 식이 섬유소 함량의 변화

우리나라의 대표적인 발효식품은 김치이며 이중 배추김치, 무청김치, 무김치를 가장 많이 섭취하고 있다. 본 실험에서는 김치중의 NDF, ADF, cellulose, hemicellulose 및 lignin 의 함량을 조사하였으며 발효에 의한 변화 정도를 관찰하기 위하여 원료시료와 비교하여 조사하였다. 이 결과는 Table 8 에 제시된 바와 같다.

발효에 의해 NDF, ADF 및 cellulose 는 원료시료보다 증가했으며 이러한 증가 현상은 무와 무청의 NDF 에서만 유의적이었다($P < 0.05$).

Hemicellulose와 lignin은 일정한 경향을 나타내지 않았으며 특히, 무와 무청의 lignin함량은 원료시료의 것과 발효시킨 것과 함량상 차이가 거의 없었다.

배추김치중 NDF, ADF, cellulose의 함량은 현저하게 증가하였으나 표준편차가 컸기 때문에 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않은 것으로 생각된다. 배추줄기 중의 NDF, ADF, cellulose 의 함량은 일반보다 큰 폭으로 증가하는 경향이였다. 배추김치중의 평균 ADF 값은 20.5 % 를 나타내었는데 이 값은 Lee 등¹³⁾의 보고와 유사한 결과이다. Lee 등이 사용한 배추김치는 시장에서 구입한 것으로 ADF 함량이 19.8 % 였다.

본 실험에서 발효에 의한 NDF, ADF 및 cellulose 함량의 증가는 cellulose함량의 증가에 기인한 것인데 cellulose함량은 다음과 같은 이유로 증가했을 것이라고 생각해 볼 수 있다. Cellulose는 세포벽의 기본 골격을 이루는 성분으로 세포벽의 가장 많은 부분을 차지하고 있으며 pectin, hemicellulose, lignin 등의 여러 물질들과 세포벽에서 복합체를 형성하고 있다. 김치 숙성 중 중층(middle lamella)에 세포간 결합물질로 존재하고 있는 pectin은 pectin분해효소에 의해 분해되는 것으로 생각되며²⁰⁾ 한편 계²¹⁾의 실험 결과 김치발효에 의해 물에 불용성인 protopectin은 감소하고 수용성 pectin은 증가하였으므로 이러한 현상에 근거를 두고 생각해 볼 때 김치 발효에 의한 cellulose의 증가는 세포벽에서 cellulose와 연결되어 있던 불용성 pectin이 효소작용에 의해 수용성 pectin으로 되면서 많은 부분의 cellulose가 분석에 유용하게 유리된 것이 아닌가 생각된다.

Table 8. Effect of Kimchi fermentation on fractional contents of insoluble dietary fiber of vegetables
(%, dry weight basis)

	NDF ²⁾	ADF ³⁾	Cellulose	Hemicellulose	Lignin
Radish	17.6±0.1 ^{1)a}	10.9±0.3	8.8±0.1	6.7±0.1	2.1±0.1
Radish Kimchi	19.7±0.1b	12.0±0.2	9.5±0.1	7.7±0.3	2.5±0.2
Radish leaf	23.0±0.2a*	14.1±0.2	12.7±0.3	8.9±0.2	1.4±0.1
Radish leaf Kimchi	26.3±0.2b	15.4±0.3	13.9±0.1	10.9±0.3	1.7±0.2
Chinese cabbage					
stalk	17.2±0.1	12.4±0.1	10.9±0.1	4.8±0.2	1.5±0.1
leaf	25.8±0.1	20.8±0.1	17.7±0.1	5.0±0.2	3.1±0.1
average	21.5±4.4	16.6±4.3	14.3±3.5	4.9±0.3	2.3±0.9
Chinese cabbage Kimchi					
stalk	21.0±0.2	19.6±0.2	18.1±0.1	1.4±0.1	1.5±0.2
leaf	27.0±0.2	21.4±0.2	19.2±0.1	5.6±0.1	2.2±0.2
average	24.0±3.2	20.5±1.1	18.7±0.7	3.5±2.2	1.9±0.6

1) Mean ± S. D.

2) NDF: Neutral detergent fiber

3) ADF: Acid detergent fiber

* Means followed by same letter are not significantly different at the level using Duncan's multiple range test.

요 약

최근 영양 생리적으로 중요성이 인정된 식이섬유가 인체내에서 나타내는 생리기능은 식이섬유의 각 구성 성분들의 함량과 특성에 의해 영향을 받으므로 각 성분들을 분별 측정할 필요가 있으나 국내에서는 식이섬유의 함량을 측정할 연구가 미흡한 실정이며 특히 가열조리시 조리 전후에 있어서 식이섬유 함량이 어떻게 변화하는가에 대해서는 검토된 바 없다. 그러므로 본 연구에서는 한국인이 상용하는 채소 15종(근채류 3종, 과채류 3종, 경채류 2종, 엽채류 7종)에 대해, 식이섬유 각 구성성분의 함량을 측정 비교하였으며, 각종 조리방법과 김치발효에 따른 식이섬유의 함량 변화를 조사하였다. 이상의 결과를 요약하면 다음과 같다.

각종 채소의 불용성 식이섬유 함량은 건물 기준으로 총 불용성 식이섬유인 Neutral detergent fiber (NDF)는 11.8 ~ 31.9 %, acid detergent fiber (ADF)는 10.9 ~ 25.4 %, cellulose는 8.8 ~ 23.8 %, hemicellulose는 0.6 ~ 10.6 %, lignin은 1.0 ~ 5.2 % 범위였으며 특히 고추류에서 총 불용성 식이섬

유함량이 높았다. Cellulose는 총불용성 식이섬유인 NDF의 63%정도를 차지하여 본 실험에 사용된 채소들의 경우 불용성 식이섬유의 대부분이 cellulose로 구성되어 있음을 알 수 있었다.

조리시 NDF, ADF, cellulose 함량은 원료시료보다 증가했으며 이들 성분들의 변화는 cellulose의 함량 변화에 기인했다. 그러나 hemicellulose와 lignin 함량은 일정한 경향을 보이지 않았다. 발효 시 NDF, ADF, cellulose 함량은 원료시료보다 약간 증가했으나, hemicellulose와 lignin은 일정한 경향을 보이지 않았다. 조리나 발효와 같은 처리에 의해 불용성 식이섬유 분획 중 cellulose만이 크게 영향을 받는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Schneeman, B. O. : Physical and chemical properties, methods of analysis, and physiological effects, *Food Technol.*, **40**(2), 104 (1986)
2. Vahouny, G.V. : Dietary fiber, lipid metab-

- olism, and atherosclerosis, *Federation Proc.*, **41**, 2801(1982)
3. 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)
 4. Schneeman, B.O. : Soluble vs Insoluble Fiber- Different physiological responses, *Food Technol.*, **41**(1), 81(1987)
 5. Parrott, M.E. and Thrall, B.E. : Functional properties of various fibers: Physical properties, *J. Food Sci.*, **43**, 759(1978)
 6. Dreher, M.L. : Handbook of Dietary Fiber, Marcel Dekker, Inc., New York, p.60(1987)
 7. Van Soest, P.J. and Wine, R.H. : Use of detergents in the analysis of fibrous feed IV. Determination of plant cell-wall constituents, *J.A.O.A.C.*, **50**(1), 50(1967)
 8. 이혜준 : 김치의 성분변화와 숙성도 판정기준을 위한 신속검사법에 관한 연구, 고려대학교 박사학위 논문(1986)
 9. 이철호, 채수규, 이진근, 박봉상 : 식품공업품질관리론, 유림문화사, 서울, p.142(1984)
 10. A.O.A.C. : Official Methods of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p.82-83(1990)
 11. Mcqueen, R.E. and Nicholson, J.W.G. : Modification of the neutral detergent fiber procedure for cereals and vegetables by using α -amylase, *J.A.O.A.C.*, **62**(3), 676(1979)
 12. Saunders, R.M. and Hautala, E. : IN "Dietary Fiber: Chemistry and Nutrition". Inglett, G.E., Falkehag, S.I., Eds., Academic Press, New York, p.79(1979)
 13. 이희자, 변시명, 김형수 : 현미와 백미의 식이섬유에 관한 연구, 한국식품과학회지, **20**(4), 576 (1988)
 14. 서효정, 윤형식 : 채소류의 식이성섬유소의 함량과 이화학적 특성, 한국영양식과학회지, **18**(4), 403 (1989)
 15. 이경숙, 이서래 : 과일, 채소 중 식이섬유의 분석법 검토 및 함량분석, 한국식품과학회지, **19**(4), 317(1987)
 16. Herranz, J., Concepcion, V.V. and Enrique, R.H. : Cellulose, hemicellulose and lignin content of raw and cooked spanish vegetables, *J. Food Sci.*, **46**, 1927(1981)
 17. Simpson, J.I. and Halliday, E.G. : Chemical and histological studies of the disintegration of cell-membrance materials in vegetables during cooking, *Food Research.*, **6**, 189(1941)
 18. Kelsey, J.L., Behall, K.M. and Prather, E.S. : Effect of fiber from fruits and vegetables on metabolic responses of human subjects. 1. Bowel transit time, number of defecation, fecal weight, urinary excretion of energy and nitrogen and apparent digestibilities of energy nitrogen and fat, *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, 1149(1978)
 19. Keys, A., Anderson, J.T. and Grande, F. : Diet-type(fats constant) and blood lipids in man, *J. Nutr.*, **70**, 257(1960)
 20. 정귀화 : 숙성기간에 따른 무우김치의 Texture와 Dietary fiber의 함량 변화, 서울대학교 석사학위 논문(1989)
 21. 계수경 : The study on the fiber of Kimchi, 한국영양학회 제 26차 학술발표회 초록(1991)

(1995년 6월 9일 수리)