

한국인 상용 채소류의 식이섬유 조성에 관한 연구

계 수 경

단국대학교 대학원 생명융합학과

Studies on Composition of Dietary Fiber in Vegetables

Soo-Kyung Kye

Dept. of Medical Consilience, Graduate School, Dankook University, Gyeonggi-do 448-701, Korea

ABSTRACT

The distinctive physiological effect of dietary fiber in the body were studied according to contents and characteristics of each fiber component. In the present study, the composition of fiber in vegetables was investigated, and the effect of heat treatments on fiber content was studied. Contents of total pectin were 0.89~2.75 g/100 g on dry weight basis, with most contents from 1~2 g/100 g. The hot water soluble pectin (HWSP) content of vegetables ranged from 0.33~0.98 g/100 g, sodium hexametaphosphate soluble pectin (HXSP), from 0.29~0.81 g/100 g and HCl soluble pectin(HCLSP), from 0.30~1.40 g/100 g. HCLSP showed the greatest variation according to the type of vegetables. Every vegetable types showed similar contents of these three pectic fractions. Fiber contents of vegetables ranged from 8.8~23.8% for cellulose, 0.6~10.6% for hemicellulose, 1.0~5.2% for lignin, 10.9~25.4% for acid detergent fiber (ADF) and 11.8~31.9% for neutral detergent fiber (NDF) on dry weight basis. Especially, peppers showed higher contents of NDF than the other vegetables. It was found that a great portion of NDF, which is total insoluble dietary fiber, was composed of cellulose since cellulose constituted 63% of NDF. Heat treatment reduced total pectin content in all vegetables regardless of the heating methods and the greatest reduction was observed upon boiling. HWSP content increased, whereas HXSP and HCLSP contents decreased. Heat treatment increased the NDF, ADF and cellulose contents, and most changes were due to changes in cellulose content. The values of hemicellulose and lignin showed irregular pattern upon heating. Contents of total dietary fiber (TDF) were 1.20~7.11% on fresh weight basis. Garlic, edible burdock and pepper leaf showed higher contents of TDF than other vegetables. It was found that a great portion of TDF was composed of insoluble dietary fiber.

Key words : Dietary fiber, heat treatment, vegetables, neutral detergent fiber, pectin

서 론

한 때 영양소로서의 가치가 없다고 하여 경시되어 왔던 식이섬유는 오늘날 각종 질병의 발생을 억제한다는 것이 널리 알려지면서 영양 생리적으로 그 중요성을 인정받고 있다(Liu *et al* 2012, Slavin JL 2001).

식이섬유가 체내에서 나타내는 생리 기능은 여러 가지 세포벽 구성 성분들 각각의 특성에 의해 영향을 받는다(Schneeman BO 1987, Parrott & Thrall 1978). 셀룰로오스와 리그닌은 보습력을 지니므로 변의 용적을 증가시키고, 발암 물질을 희석시켜 장 통과 시간을 단축시킴으로써 변비 예방과 대장암의 발생을 감소시키며, 펙틴은 담즙산과 결합함으로써 혈청콜레스테롤을 저하시키는 작용이 있다(Schneeman BO 1986, Kendall *et al* 2010). 한편, 불용성 식이섬유(셀룰로오스, 헤미

셀룰로오스, 리그닌)는 철분, 구리, 마그네슘 등의 무기질과 결합하는데(Lee & Garcia-Lopez 1985), 이러한 특성으로 인해 고 식이섬유를 섭취한 사람의 경우, 이들 무기질의 배출이 증가하여 무기질의 불균형을 초래할 수 있다(Drews *et al* 1979).

이상에서 보듯이 식품의 총 식이섬유 함량은 같아도 그 구성 성분별 함량비가 다를 경우, 서로 다른 생리 기능을 나타낼 수 있다. 그러므로 세포벽을 구성하는 식이섬유 각 성분들을 분별 측정할 필요가 있다. 현재 다양한 채소들의 식이섬유 각 분획별 함량 정보는 매우 미비한 실정이며, 더욱이 식품은 가열 섭취하는 경우가 대부분이나, 열처리 시 식이섬유 함량 변화에 관한 연구는 거의 없다. 그러므로 본 연구에서는 채소를 대상으로 식이섬유 각 성분들의 함량과 열처리에 따른 변화를 조사하여, 추후 생리 기능 연구를 위한 기초 자료로 이용하고자 한다.

† Corresponding author : Soo-Kyung Kye, Tel : +82-31-875-3950,
E-mail : muffin123@daum.net

1. 실험 재료

본 실험에서 사용한 채소는 한국인이 상용하는 15종으로 주로 양념류나 김치 재료 등에 쓰이는 채소들을 포함하고 있으며, 가락동 농수산물 시장에서 신선한 것을 구입하여 사용하였고, 붉은 고추는 건조된 상태로 구입하였다. 그 내용은 Table 1과 같다.

2. 열처리 방법

열처리 방법에 따른 식이섬유의 함량을 알아보기 위하여, 일반적으로 생으로 섭취되기 보다는 다양한 열처리 과정을 거치는 채소들을 대상으로 다음과 같은 처리를 하였다.

구입한 채소들은 비가식부를 제거하고, 물로 깨끗이 씻은 다음 가정에서 행하는 열처리 방법(Table 2)과 같은 조건으로 끓이기(boiling), 데치기(blanching), 찌기(steaming), 볶기(stir-frying), 굽기(baking)를 하였다. 시간은 예비 실험을 통해 섭취하기 적절한 상태로 되었을 때로 정하였으며, 열원은 propane gas를 사용하였고, 습식 열처리 기구는 stainless steel pot을, 건식 열처리 기구는 frying pan을 사용하였다.

Table 1. Korean vegetables used in this study

Korean name	English name	Scientific name
양배추	Cabbage	<i>Brassica oleracea</i> L.
배추	Chinese cabbage	<i>Brassica pekinensis</i>
부추	Chives	<i>Allium tuberosum</i> Rottl. E.R.
우엉	Edible burdock	<i>Arctium lappa</i> L.
마늘	Garlic	<i>Allium sativum</i> L.
풋고추	Green pepper	<i>Capsicum annum</i> L.
고추잎	Pepper leaf	<i>Capsicum annum</i> L.
파리고추	Kwari pepper	<i>Capsicum annum</i> L. var. 'Kwari'
상치	Leaf lettuce	<i>Lactuca sativa</i>
무	Radish	<i>Raphanus sativus</i> L.
무청	Radish leaves	<i>Raphanus sativus</i> L.
붉은 고추(건)	Red pepper(dried)	<i>Capsicum annum</i> L.
미나리	Water dropwort	<i>Oenanthe japonica</i> (Bl.) Dc
대파	Welsh onion(large)	<i>Allium fistulosum</i> L.
실파	Welsh onion(small)	<i>Allium fistulosum</i> L.

Table 2. Heat treatment conditions of vegetables

Vegetables	Heating methods	Heating time	Weight(g)	Heat mediator	Sample form
Cabbage	Boiling	20 min	150	Water 1 L	
	Blanching	5 min	150	Water 1 L	Cut into a half and shred
	Stir-frying	2 min	80	Oil 5 mL	
Chives	Stir-frying	2 min	80	Oil 4 mL	2cm segment
Edible burdock	Stir-frying	6 min	100	Oil 6 mL	Cut into 5cm segment and shred
Garlic	Stir-frying	4 min	100	Oil 3 mL	
	Boiling	5 min	130	Water 500 mL	Cut into three parts
	Baking	4 min	100		
Kwari pepper	Stir-frying	4 min	90	Oil 10 mL	
	Boiling (from cold water)	8 min	90	Water 200mL	
Pepper leaf	Stir-frying (after blanching)	2 min 30 sec blanching 1 min	70	Oil 5 mL	
	Blanching	1 min 30 sec	70	Water 1L	
Radish	Stir-frying (after boiling)	Frying 1 min boiling 4 min	200	Water 50mL oil 3 mL	Shredding
	Boiling	10 min	200	Water 1 L	Dice(2×2×0.5 cm) shredding
	Steaming	5 min	200	Water 1 L	
Water dropwort	Boiling	5 min	100	Water 1 L	Cut into 6cm segment
	Blanching	1 min 30 sec	100	Water 1 L	

3. 분석을 위한 시료의 조제

준비된 생 채소, 열처리 채소들을 각각 상온에서 1일 air drying 시킨 후 열풍 건조기(70℃)에서 1시간 건조시켰다. 건조된 채소를 분쇄기(Janke & Kunkel GmbH u.CoKG IKA-Weak, Germany)를 이용하여 45 mesh로 간 후 polyethylene 병에 담아 desiccator에 보관하면서 실험에 사용하였다.

4. 실험 방법

1) 일반 성분

시료의 일반 성분은 AOAC 공정법(AOAC 1990)에 의하여 측정하였다.

2) 가용성 식이섬유, 펙틴질의 분획 및 정량

펙틴질의 분석에 앞서 건조 시료로부터 불순물과 당질을 제거하기 위해 AOAC 공정법(AOAC 1990)을 사용하여 알코올 불용성 물질(Alcohol Insoluble Solid, AIS)을 추출하였다.

Starch가 많은 마늘의 경우, 펙틴질의 분획에 앞서 Samuel (1968)의 방법에 따라 AIS에 α -amylase 처리를 해주었으며, stir-frying 한 채소의 경우에는 Saunders & Hautala(1979)의 방법에 따라 지질을 제거하였다.

제조한 AIS 0.5g을 취하여 증류수, Na-hexametaphosphate 용액, HCl 용액 등을 용매로 하여, 순차적으로 추출하며 각각 methoxyl group 함량이 비교적 높은 열수 가용성 펙틴(hot water soluble pectin, HWSP), methoxyl group 함량이 비교적 낮은 인산 가용성 펙틴(sodium hexametaphosphate soluble pectin, HXSP), protopectin인 염산 가용성 펙틴(HCl soluble pectin, HCLSP)을 분획하였다(Kim & Lee 1999).

McComb & McCready(1952)의 방법에 따라 펙틴질을 다음과 같이 정량하였다.

앞의 각 방법으로 얻은 HWSP, HXSP, HCISP의 분획물을 각각 1 mL씩 취하여 15 mL 용량의 시험관에 넣었다. 여기에 95% 황산을 6 mL씩 첨가하여 뚜껑을 꼭 닫고 흔든 후 끓는 수조에서 15분 간 가열하였다. 냉각 후 각 시험관에 carbazole reagent(0.15 g의 carbazole을 100 mL의 absolute ethanol에 녹인 것)를 0.5 mL씩 첨가하였다. Carbazole reagent를 첨가한 각 펙틴 용액을 실온에서 25분 간 방치시킨 후 spectrophotometer를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 blank test는 시료 대신 1 mL의 absolute ethanol을 사용하여 펙틴과 동일 조건으로 하였다. 표준 곡선은 monohydrogalacturonic acid 0.001(10 ug)~0.035%(350 ug) 용액을 위와 같은 방법으로 처리하여, 동일 조건의 spectrophotometer에서 흡광도를 측정하여 작성하였다. 이 표준 곡선을 이용하여 각 시료의 펙틴 분획물 함량을 계산하였다.

3) 불용성 식이섬유 정량

총 불용성 식이섬유 및 그 구성 성분들(cellulose, hemicellulose, lignin) 각각의 함량을 구하기 위해 cellulose와 lignin을 포함하는 산성세제 저항 섬유 함량과 lignin 함량 및 cellulose, hemicellulose, lignin을 포함하는 중성세제 저항 섬유의 함량을 구하였다.

(1) 산성세제 저항 섬유(Acid Detergent Fiber, ADF) 및 리그닌(Lignin) 정량

ADF와 lignin은 AOAC 공정법(AOAC 1990)에 의해 분석되었다. 건조 시료 1 g을 500 mL 플라스크에 넣은 다음, 여기에 acid-detergent 용액(1N H₂SO₄ 1 L에 20 g의 acetyltrimethyl ammonium bromide를 녹인 용액) 100 mL를 실온에서 더하고, 역류 냉각기를 달아 가열 장치에 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 도가니 안의 침전물을 씻어 내린 후, acetone으로 더 이상 용액이 색깔을 띠지 않을 때까지 씻어낸 다음 남은 acetone을 제거하였다. 도가니 안에 남은 물질은 105℃ 전기 오븐에서 하룻밤 건조시킨 다음 desiccator에서 식힌 후 무게를 재었다(W₂).

상기 조작 과정을 거쳐 ADF의 함량을 다음과 같이 계산하였다.

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

앞에서 구한 ADF가 들어 있는 1G3 여과용 유리도가니 안에 1 g의 석면을 더한 다음, 도가니를 100 mL 비이커에 넣어서 도가니들이 쓰러지지 않도록 하였다. 도가니의 내용물에 냉각시켜둔 72% H₂SO₄를 잔사의 표면이 덮일 정도로 넣고, 유리봉으로 저으며 덩어리를 부순 다음 72% H₂SO₄를 유리도가니의 2/3 정도 되도록 붓고, 1시간마다 저어주면서 3시간 정지한다. 3시간 후에 감압 하에서 여과하여 pH paper에 산성 반응이 나타나지 않을 때까지 뜨거운 증류수로 씻어낸 다음, 이것을 105℃ 전기 오븐에서 하룻밤 건조시키고, desiccator에 옮겨서 1시간 동안 냉각시킨 다음 무게를 측정하였다(W₃).

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

석면 blank는 무게를 재어둔 1G3 여과용 유리도가니에 1

g의 석면을 더한 다음, 똑같은 처리 과정을 거친 후, 회화 과정에서 잃어버린 무게를 측정하였다(W_5). 상기 조작 과정을 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.

(2) 중성세제 저항섬유(Neutral Detergent Fiber, NDF) 정량

NDF는 AACC(American Association of Cereal Chemist)에 의해 공인된 방법으로 채택된 Van Soest & Wine(1967)의 방법으로 정량하였으며, neutral detergent 용액을 사용하여 ADF와 동일한 방법으로 정량하였다.

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

Hemicellulose는 NDF와 ADF의 함량 차이로 구하였다.

한편, 마늘의 경우, starch가 많이 함유되어 있어서 여과 단계에서 어려움이 있었으므로 NDF 측정에 앞서 McQueen & Nicholson(1979)의 방법에 따라 시료를 Bacterial α - amylase로 처리해 주었다.

Stir-frying한 채소의 경우에는 NDF 측정에 앞서 Saunders & Hautala(1979)의 방법에 따라 지질을 제거하였다.

4) 총 식이섬유 함량

대부분의 채소와 과일의 경우, 수용성 식이섬유 중 gum과 mucilages 등은 극히 소량이므로 불용성 식이섬유와 펙틴 함량을 더하여(Concepcion *et al* 1982) 총 식이섬유 함량으로 하였다.

5) 통계 처리(Statistical Analysis)

본 연구의 모든 실험은 3회 반복하여 평균값을 구했으며, 결과는 One way analysis of variance에 의해 분산 분석되었으며, 통계 처리는 Statistic graphics program을 사용하였다. 각 평균 간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test에 의해 실시되었으며, 모든 유의성을 $p < 0.05$ 수준에서 비교되었다.

결과 및 고찰

1. 시료의 일반 성분

시료로 사용된 15종의 채소들의 수분, 조지방, 조단백질, 조회분 및 조섬유의 함량은 Table 3에서 보는 바와 같다. 각종 채소의 수분 함량은 대부분 83~93.7% 정도로 매우

Table 3. Proximate analysis of the vegetables

(%)

Vegetables	Moisture	Crude fat	Crude protein	Crude ash	Crude fiber
Cabbage	92.7±0.5 ¹⁾	0.8±0.3	1.5±0.1	1.0±0.2	0.6±0.1
Chinese cabbage	92.9±0.7	0.3±0.1	2.0±0.1	0.4±0.1	0.6±0.1
Chives	88.8±0.2	0.5±0.1	4.0±1.0	0.8±0.1	1.0±0.2
Edible burdock	77.1±0.1	0.5±0.2	2.5±0.2	0.8±0.2	2.3±0.2
Garlic	62.2±0.3	0.6±0.0	2.8±0.1	1.3±0.2	2.4±0.3
Green pepper	84.4±0.3	0.5±0.2	2.2±0.1	0.7±0.1	2.9±0.2
Kwari pepper	86.1±0.3	0.4±0.2	3.0±0.1	0.5±0.2	1.8±0.1
Leaf lettuce	93.7±1.0	0.5±0.1	1.8±0.1	0.7±0.1	0.3±0.1
Pepper leaf	78.0±0.1	1.0±0.3	3.9±0.2	3.0±0.1	3.4±0.2
Radish	90.0±1.1	0.5±0.1	1.8±0.1	0.6±0.1	0.6±0.2
Radish leaf	83.0±0.4	0.7±0.0	2.6±0.1	1.2±0.2	1.4±0.3
Red pepper	19.0±0.1	12.2±0.4	8.0±0.5	5.3±0.3	20.3±0.4
Water dropwort	92.3±0.2	1.1±0.1	2.0±0.2	0.5±0.0	0.8±0.1
Welsh onion(large)	90.0±0.5	0.6±0.2	1.2±0.2	0.6±0.1	0.6±0.1
Welsh onion(small)	91.4±0.8	0.6±0.1	1.5±0.2	0.5±0.0	0.7±0.1

¹⁾ Mean±S.D.

높았으나, 고추잎, 마늘, 우영의 경우는 각각 78.0, 62.2, 77.1%로 다른 채소들에 비해 낮은 편이었다. 붉은 고추는 건조된 상태로 구입했으므로 19.0%의 극히 낮은 수분 함량을 나타내었다. 붉은 고추를 제외한 모든 채소에서 조지방 함량은 0.3~1.1% 범위로써 미나리와 고추잎에서 가장 높았으며, 조단백 함량은 1.2~4.0% 범위로 부추와 고추잎에서 가장 높았다. 한편, 조회분 함량은 0.4~3.0%, 조섬유 함량은 0.3~3.4 %로써 고추잎에서 매우 높았다.

2. 식이섬유소 함량

1) 펙틴 성분의 함량

원료 채소의 건조물 기준 시 총 펙틴 함량 및 성분별 함량은 Table 4와 같다. 각종 채소의 총 펙틴 함량은 0.89~2.75 g/100 g의 범위로 채소 종류에 따라 함량에 차이가 있었으나,

대부분 1~2 g/100 g 수준이었다. 실과의 총 펙틴 함량은 0.89 g으로 가장 낮은 값을 나타내었고, 배추잎은 2.75 g의 가장 높은 값을 나타내었다. 무, 배추잎과 배추 줄기의 총 펙틴 함량(2.30 g, 2.75 g, 2.47 g)은 다른 채소들과 비교하여 현저하게 높은 것으로 나타났다.

고추류 간의 총 펙틴 함량은 붉은 고추에서 가장 낮았고, 파리 고추와 풋고추의 함량은 비슷했으며, 파류에서는 대파의 펙틴 함량이 실과의 것보다 높게 나타났다.

세 가지 펙틴 분획의 비율은 각 채소에서 대략 비슷한 수준을 보여 주었다. 그러나 마늘에서 열수 가용성 펙틴 함량이 인산 가용성 펙틴이나 염산 가용성 펙틴 함량보다 현저하게 높았으며, 배추잎과 무에서는 염산 가용성 펙틴 함량이 열수 가용성 펙틴 함량이나 인산 가용성 펙틴 함량보다 현저하게 높게 나타났다. 배추의 경우, 줄기에서는 열수 가용성 펙틴 함량이, 잎에서는 염산 가용성 펙틴 함량이 각각 높게

Table 4. Contents of pectic substances of vegetables in dry weight

(g/100g)

	HWSP ¹⁾	HXSP ²⁾	HCLSP ³⁾	Total pectin ⁴⁾
Cabbage	0.43±0.07 ^{5)ab}	0.29±0.01 ^{a6)}	0.48±0.04 ^b	1.20±0.05
Chinese cabbage				
Stalk	0.98±0.02	0.81±0.02	0.68±0.04	2.47±0.02
Leaf	0.81±0.04	0.70±0.01	1.24±0.01	2.75±0.01
Average	0.90±0.10 ^{ab}	0.78±0.09 ^a	0.96±0.05 ^b	2.64±0.02
Chives	0.48±0.02 ^{ab}	0.42±0.05 ^a	0.37±0.01 ^a	1.27±0.02
Edible burdock	0.65±0.01 ^{bc}	0.37±0.05 ^a	0.40±0.03 ^a	1.42±0.04
Garlic	0.89±0.01 ^c	0.37±0.01 ^a	0.35±0.02 ^a	1.61±0.01
Green pepper	0.63±0.05 ^{ab}	0.55±0.03 ^b	0.40±0.01 ^a	1.58±0.01
Kwari pepper	0.55±0.02 ^{ab}	0.60±0.01 ^b	0.42±0.04 ^a	1.57±0.02
Leaf lettuce	0.33±0.03 ^a	0.40±0.01 ^{ab}	0.36±0.05 ^a	1.09±0.02
Pepper leaf	0.55±0.02 ^b	0.49±0.04 ^{ab}	0.36±0.02 ^a	1.40±0.03
Radish	0.49±0.02 ^{ab}	0.41±0.02 ^a	1.40±0.04 ^c	2.30±0.04
Radish leaf	0.51±0.01 ^b	0.35±0.01 ^{ab}	0.40±0.06 ^a	1.26±0.03
Red pepper	0.48±0.06 ^b	0.42±0.02 ^{ab}	0.33±0.03 ^a	1.23±0.04
Water dropwort	0.40±0.01 ^a	0.35±0.02 ^a	0.49±0.01 ^{ab}	1.24±0.01
Welsh onion(large)	0.45±0.03 ^{ab}	0.37±0.02 ^a	0.43±0.02 ^a	1.25±0.02
Welsh onion(small)	0.33±0.03 ^{ab}	0.26±0.01 ^a	0.30±0.02 ^a	0.89±0.01

¹⁾ HWSP : Hot water soluble .

²⁾ HXSP : Sodium hexametaphosphate soluble pectin.

³⁾ HCLSP : HCl soluble .

⁴⁾ Total pectin = HWSP + HXSP + HCLSP.

⁵⁾ Mean±S.D.

⁶⁾ Means in a column followed by different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test($p<0.05$).

나타났으므로, 이러한 결과로부터 배추 줄기와 잎에 존재하는 펙틴의 특성이 다름을 알 수 있다.

각종 채소의 열수 가용성 펙틴 함량은 0.33~0.98 g/100 g의 범위로 배추 줄기에서 가장 높게 나타났으며, 상치와 실파에서 가장 낮은 것으로 나타났다. 인산 가용성 펙틴 함량은 0.29~0.81 g/100 g의 범위로 배추 줄기에서 가장 높게 나타났으며, 양배추에서 가장 낮게 나타났다. 염산 가용성 펙틴 함량은 0.30~1.40 g/100 g의 범위로 무에서 가장 높았으며, 실파에서 가장 낮았는데, 세 가지 펙틴 분획 중에서 염산 가용성 펙틴이 채소 종류에 따라 가장 큰 차이를 보여 주었다.

각 채소의 신선물 기준 시, 총 펙틴 함량은 마늘, 우엉, 고추잎 등에서 높게 나타났으며, 상치, 실파, 양배추, 미나리 등에서 낮게 나타났다(Table 5). 붉은 고추의 총 펙틴 함량이 다른 채소에 비해 현저히 높은 것은 건조된 상태로 구입했기 때문에 극히 낮은 수분 함량에 기인한 현상이다. 이상과 같

이 펙틴 함량이 건조물 기준 시와 다른 양상을 나타낸 이유는 각 채소의 수분 함량에 기인한 것으로 특히 마늘의 경우, 매우 낮은 수분 함량으로 인해 다른 채소들에 비해 현저히 높은 펙틴 함량을 나타내었음을 볼 수 있다.

Cha *et al*(2003) 등이 보고한 청매실의 펙틴 분획별 함량은 water soluble pectin 65 mg, sodium hexameta soluble pectin 37 mg, HCl soluble pectin 423 mg/100 g fresh weight로 본 연구 결과와 비슷했으나, HCLSP 함량은 차이가 있었다.

Kang *et al*(2000)의 연구 결과, 밀감 과육의 펙틴 함량이 WSP(= HWSP) 64.27, HMP(= HXSP) 25.5, HSP(= HCLSP) 88.7, total pectin 178.45로써, 본 결과와 비교 시 HWSP와 total pectin은 배추와 비슷했고, HXSP는 상치, HCLSP는 우엉과 비슷한 값을 보였다.

2) 불용성 식이섬유소 함량

Table 5. Contents of pectic substances of vegetables in fresh weight

(mg/100g)

	HWSP ¹⁾	HXSP ²⁾	HCLSP ³⁾	Total pectin ⁴⁾
Cabbage	31.4±0.1 ⁵⁾	21.2±0.5	35.0±0.1	87.6±0.6
Chinese cabbage				
Stalk	88.2±1.0	72.9±0.3	61.2±0.2	222.3±1.0
Leaf	42.1±0.3	36.4±0.5	64.5±0.6	143.0±0.9
Average	65.2±1.7	54.7±1.3	62.9±1.5	182.8±1.1
Chives	53.8±1.5	47.0±0.2	41.4±0.2	142.2±0.9
Edible burdock	148.9±0.5	84.7±0.2	91.6±1.1	325.0±0.9
Garlic	336.4±3.4	139.9±0.3	132.3±2.2	608.6±1.9
Green pepper	98.3±1.5	85.8±0.2	62.4±0.6	246.5±1.4
Kwari pepper	76.5±1.1	83.4±1.3	58.3±0.3	218.2±1.2
Leaf lettuce	20.8±0.1	25.2±0.3	22.7±0.2	68.7±0.2
Pepper leaf	121.0±0.8	107.8±2.4	79.2±0.9	308.0±1.9
Radish	49.0±0.2	41.0±0.3	140.0±0.2	230.0±0.3
Radish leaf	86.7±0.7	59.5±1.4	68.0±2.8	214.2±2.0
Red pepper	388.8±2.9	340.2±2.7	267.3±1.9	996.3±2.4
Water dropwort	30.8±0.1	27.0±0.1	37.7±0.1	95.5±0.1
Welsh onion(large)	45.0±0.3	37.0±0.6	43.0±2.0	125.0±1.5
Welsh onion(small)	28.4±0.1	22.3±0.4	25.8±0.2	76.5±0.4

¹⁾ HWSP : Hot water soluble pectin.

²⁾ HXSP : Sodium hexametaphosphate soluble pectin.

³⁾ HCLSP : HCl soluble pectin.

⁴⁾ Total pectin = HWSP + HXSP + HCLSP.

⁵⁾ Mean±S.D.

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

각종 채소들의 건조물 기준 시 불용성 식이섬유의 총 함량 및 성분별 함량은 Table 6에 제시한 바와 같다.

Cellulose 함량은 8.8~23.8%였으나, 주로 10~15% 수준이었다. Cellulose 함량은 붉은 고추에서 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 결과로부터 본 실험에 사용된 채소들의 경우, 불용성 식이섬유의 대부분이 cellulose로 구성되어 있음을 알 수 있었다(Fig. 1).

Hemicellulose 함량은 0.6~10.6% 범위로 다른 식이섬유 성분들보다 채소 종류에 따른 함량의 차이가 심하였으며, 총 불용성 식이섬유의 24% 정도를 차지하고 있다. 파리고추에

서 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.

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 붉은 고추 > 풋고추 > 우엉 > 파리고추 > 배추잎 > 고추잎 순으로 나타났고, 미나리와 무청은 그 중간 값인 22.2와 23%이었으며, 그보다 낮은 값은 부추 > 상치 > 무 > 마늘 = 배추줄기 > 양배추 > 실파 > 대파의 순으로 NDF 함량이 11.8~19% 범위였다.

ADF 함량은 10.9~25.4% 범위였으며, 붉은 고추, 풋고추, 배추잎과 우엉에서 각각 25.4, 25.4, 20.8, 20.1%로 비교적 높

Table 6. Contents of insoluble dietary fiber of vegetables in dry weight (%)

	Cellulose	Hemicellulose	Lignin	NDF ²⁾	ADF ³⁾
Cabbage	12.0±0.1 ^{bc4)} (72.7)	2.2±0.1 ^{bc} (13.2)	2.4±0.2 ^{bc} (14.1)	16.6±0.2 ¹⁾	14.4±0.1
Chinese cabbage					
Stalk	10.9±0.1(63.2)	4.8±0.2(27.7)	1.5±0.1(9.1)	17.2±0.1	12.4±0.1
Leaf	17.7±0.1(68.7)	5.0±0.2(19.4)	3.1±0.1(11.9)	25.8±0.1	20.8±0.1
Average	14.3±3.5 ^{cde} (66.0)	4.9±0.3 ^{def} (23.6)	2.3±0.9 ^{bc} (10.4)	21.5±4.4	16.6±4.3
Chives	11.1±0.1 ^b (58.2)	4.0±0.5 ^d (21.1)	3.9±0.1 ^{cd} (20.7)	19.0±0.1	15.0±0.3
Edible burdock	16.9±0.1 ^c (62.3)	7.0±0.3 ^g (25.8)	3.2±0.1 ^c (11.9)	27.1±0.1	20.1±0.2
Garlic	14.8±0.1 ^{cde} (86.0)	1.4±0.2 ^{abc} (8.2)	1.0±0.2 ^a (5.8)	17.2±0.1	15.8±0.1
Green pepper	20.2±0.3 ^f (72.1)	2.6±0.2 ^c (9.4)	5.2±0.3 ^f (18.5)	28.0±0.3	25.4±0.2
Kwari pepper	14.0±0.2 ^{cde} (53.1)	10.6±0.2 ^j (40.1)	1.8±0.2 ^{ab} (6.8)	26.4±0.2	15.8±0.2
Leaf lettuce	12.9±0.2 ^c (71.7)	2.7±0.1 ^c (15.0)	2.4±0.1 ^{bc} (13.3)	18.0±0.1	15.3±0.1
Pepper leaf	11.0±0.1 ^b (44.0)	9.5±1.1 ⁱ (38.0)	4.5±0.2 ^d (18.0)	25.0±0.3	15.5±0.1
Radish	8.8±0.1 ^a (50.0)	6.7±0.1 ^{fg} (38.1)	2.1±0.1 ^b (11.9)	17.6±0.1	10.9±0.3
Radish leaf	12.7±0.3 ^{bc} (55.2)	8.9±0.2 ⁱ (38.6)	1.4±0.1 ^{ab} (6.2)	23.0±0.2	14.1±0.2
Red pepper	23.8±0.3 ^g (74.8)	6.5±0.4 ^{fg} (20.4)	1.6±0.2 ^{ab} (4.8)	31.9±0.4	25.4±0.2
Water dropwort	12.6±0.1 ^{bc} (56.7)	7.4±0.2 ^{ghi} (33.3)	2.2±0.3 ^b (10.0)	22.2±0.3	14.8±0.1
Welsh onion(large)	9.0±0.2 ^a (76.3)	0.6±0.1 ^a (5.1)	2.2±0.1 ^b (18.6)	11.8±0.1	11.2±0.1
Welsh onion(small)	9.1±0.2 ^a (55.3)	4.7±0.1 ^{def} (28.4)	2.6±0.2 ^{bc} (16.3)	16.4±0.1	11.7±0.1

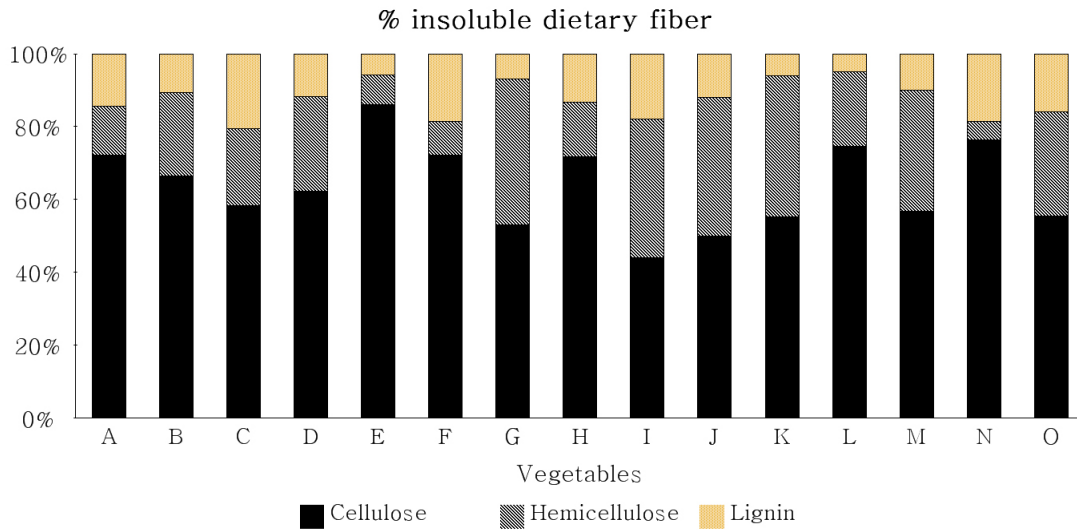
¹⁾ Mean±S.D.

²⁾ NDF : Neutral detergent fiber = Cellulose + Hemicellulose + Lignin.

³⁾ ADF : Acid detergent fiber = Cellulose + Lignin.

⁴⁾ Means in a column followed by different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test($p<0.05$).

() : % in NDF.



Insoluble dietary fiber(= NDF) = Cellulose + Hemicellulose + Lignin

- | | | | |
|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| A : Cabbage | B : Chinese cabbages | C : Chives | D : Edible burdock |
| E : Garlic | F : Green pepper | G : Kwari pepper | H : Leaf lettuce |
| I : Pepper leaf | J : Radish | K : Radish leaf | L : Red pepper |
| M : Water dropwort | N : Welsh onion(large) | O : Welsh onion(samll) | |

Fig. 1. Contents of insoluble dietary fiber of vegetables in dry weight.

은 값을 보였고, 실파, 대파, 무가 11% 수준으로 가장 낮은 편이었으며, 그 외의 채소들은 14~16% ADF를 함유하고 있었다. 각 채소에서 NDF와 ADF의 함량 차이가 큰 것은 불용성 hemicellulose 함량이 큰 것을 의미한다. 대파와 실파를 비교해 볼 때 ADF 값은 비슷하나, 실파의 NDF 함량이 높은 것은 불용성 hemicellulose 함량이 높기 때문으로 볼 수 있다.

Suh & Yoon(1989)은 5가지 채소(호박잎, 미나리, 썩갓, 부추, 고구마 줄기)에서 식이섬유소 함량을 분석 보고하였으며, Lee & Lee(1987)은 4가지 채소(무, 상치, 배추, 김치)의 식이섬유소 함량을 조사하였다. Suh & Yoon(1989)이 보고한 부추의 식이 섬유소 각 성분들의 함량은 본 연구 결과에 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, Lee & Lee (1987)의 보고에서 무, 상치, 배추의 ADF 함량은 각각 13.7, 18.8, 21.1%로 본 시료의 ADF 함량보다 높은 값을 보였다.

Herranz *et al*(1981)은 스페인에서 상용하는 채소들을 대상으로 cellulose, hemicellulose와 lignin 함량을 NDF와 ADF 방법에 의해 분석하였다. 그 중 부추는 본 실험 결과에 비하여 lignin을 제외한 모든 성분들이 낮은 값을 보였고, 상치에서는 lignin을 제외한 모든 식이 섬유소 성분들이 본 실험 결과와 비슷하였다.

이와 같이 채소들의 식이섬유소 성분 함량들이 연구자마다

다 차이가 있는 것은 식물의 종류, 토양 성상, 구입 시기 등 다양한 인자들이 작용하기 때문이다. Herranz *et al*(1981)은 같은 채소에서도 연구자에 따라 식이섬유 함량에 차이가 있었으며, 봄과 여름의 양배추 사이에서도 NDF, ADF, cellulose 함량에 차이가 있었다고 한다. 따라서 채소의 식이섬유소 함량에는 토양, 기후, 수확 시기와 식물 품종들이 함께 작용할 것으로 보인다.

3. 열처리에 따른 식이섬유소 함량의 변화

1) 열처리에 따른 펙틴 성분 함량의 변화

여러 열처리 방법에 따른 펙틴 성분 함량의 변화는 Table 7과 같다. 모든 시료에 있어서 시료 내에 존재하는 총 펙틴의 양은 원료 시료에 비해 열처리 시 감소하였으며, 열처리 방법에 따라서도 차이가 있었는데, boiling의 경우, 가장 큰 감소 현상을 나타내었다. 그러나 이상과 같은 결과는 무와 양배추에서만 유의적이었다. 펙틴의 분획별 변화를 살펴보면, 세 가지 분획 중 열수 가용성 펙틴은 증가하였으나, 인산 가용성 펙틴과 염산 가용성 펙틴은 감소하였다.

Kertesz LI(1951)는 열처리에 의해 일부 비수용성 펙틴이 수용성 펙틴으로 변화한다고 보고했는데, 본 실험에서 인산 가용성과 염산 가용성 펙틴은 비수용성 펙틴이므로 위의 보고에 근거를 두고 생각해 볼 때 펙틴 분획의 변화는 두 가지

Table 7. Effect of heat treatment on fractional contents of pectic substances of vegetables (mg/0.5g AIS)

	HWSP ¹⁾	HXSP ²⁾	HCLSP ³⁾	Total pectin ⁴⁾
Cabbage				
Raw	3.55±0.01 ^{5)a}	2.49±0.04 ^{b6)}	3.97±0.01 ^c	10.01
Stir-frying	4.11±0.02 ^c	2.32±0.01 ^b	3.10±0.04 ^b	9.53
Blanching	3.85±0.05 ^b	2.13±0.02 ^b	3.22±0.02 ^b	9.20
Boiling	3.80±0.01 ^b	1.62±0.01 ^a	2.56±0.01 ^a	7.98
Chives				
Raw	3.01±0.02 ^a	2.67±0.04 ^b	2.34±0.01 ^b	8.02
Stir-frying	3.29±0.03 ^b	2.50±0.01 ^a	1.92±0.02 ^a	7.71
Edible burdock				
Raw	5.83±0.04 ^a	3.27±0.02 ^b	3.61±0.03 ^b	12.71
Stir-frying	6.43±0.02 ^b	2.56±0.01 ^a	2.72±0.01 ^a	11.71
Garlic				
Raw	7.92±0.04 ^a	2.30±0.01 ^c	3.08±0.02 ^c	14.30
Stir-frying	8.75±0.01 ^c	2.97±0.02 ^b	2.29±0.01 ^a	14.01
Boiling	8.40±0.01 ^b	2.66±0.02 ^a	2.49±0.02 ^b	13.55
Baking	8.86±0.02 ^c	2.70±0.01 ^a	2.16±0.01 ^a	13.72
Kwarl pepper				
Raw	3.29±0.02 ^a	3.59±0.01 ^b	2.52±0.06 ^b	9.40
Stir-frying	3.65±0.02 ^b	3.40±0.01 ^{ab}	2.04±0.02 ^a	9.09
Boiling	3.71±0.01 ^b	3.22±0.01 ^a	1.98±0.03 ^a	8.91
Pepper leaf				
Raw	3.90±0.05 ^a	3.44±0.02 ^c	2.56±0.01 ^b	9.90
Stir-frying	4.51±0.01 ^b	2.42±0.02 ^a	2.28±0.03 ^a	9.21
Blanching	4.50±0.04 ^b	2.73±0.02 ^b	2.27±0.01 ^a	9.50
Radish				
Raw	3.81±0.02 ^a	3.22±0.04 ^c	10.96±0.02 ^c	17.99
Stir-frying	4.98±0.02 ^c	2.96±0.01 ^b	9.12±0.01 ^a	17.06
Boiling	4.40±0.01 ^b	2.72±0.02 ^a	9.08±0.02 ^a	16.20
Steaming	4.86±0.03 ^c	3.01±0.01 ^b	9.63±0.01 ^b	17.50
Water dropwort				
Raw	2.46±0.05 ^a	2.15±0.02 ^c	2.96±0.02 ^c	7.57
Blanching	2.85±0.03 ^{bc}	1.77±0.03 ^a	2.58±0.01 ^b	7.20
Boiling	3.01±0.01 ^c	1.91±0.02 ^b	2.06±0.01 ^a	6.98

1) HWSP: Hot water soluble pectin.

2) HXSP: Sodium hexametaphosphate soluble pectin.

3) HCLSP: HCl soluble pectin.

4) Total pectin = HWSP + HXSP + HCLSP.

5) Mean±S.D.

6) Means in a column followed by different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test($p<0.05$).

비수용성 펙틴 분획이 열처리 시 열에 의해 열수 가용성 펙틴으로 변화하였기 때문인 것으로 사료된다.

Simpson & Halliday(1941)도 열처리된 시료의 경우, 원료 시료에 비해 protopectin은 감소하였고, 열수 가용성 펙틴의 함량이 증가했다고 보고하였는데, protopectin인 HCLSP 펙틴이 감소한 본 결과와 일치했다. 한편, 펙틴은 온도가 높아 질수록 더욱 빨리 분해된다고 보고되고 있는데(Albersheim *et al* 1960), Johnston *et al*(1983) 등은 적절한 상태가 될 때까지 열처리 할 경우에 필요한 시간과 온도와의 조화된 효과는 펙틴의 함량에 별 차이를 초래하지 않는다고 보고하였으며, 이런 조건 하에서는 열처리 시 시료의 펙틴 소실에 영향을 미치는 주요 인자가 물과의 접촉이라고 하였다.

본 실험에서 무의 경우 boiling했을 경우, steaming보다 펙틴의 감소가 현저했는데($p<0.05$), 그 이유는 steaming한 시료의 경우에는 열처리 수에 의해 시료 내의 펙틴이 직접 용출되지 않고, 단지 시료를 둘러싸고 있는 얇은 수증기 층에 의해서만 영향을 받게 되어 펙틴의 손실이 적었던 것으로 생각되며, boiling의 경우에는 시료가 다량의 조리 수에 완전히

잠겨 있기 때문에 열처리에 의해 분해된 펙틴이 조리 수에 용출되어 펙틴의 손실이 컸던 것으로 사료된다. 파리고추와 미나리의 경우, 파리고추는 열처리 시간도 길고 찬물에서부터 boiling했기 때문에 미나리보다 펙틴의 손실이 클 것으로 생각했으나, 비슷한 감소 현상을 나타내었다. 그 이유는 미나리의 조리 수가 파리고추의 5배나 되었기 때문으로 생각된다.

2) 열처리에 따른 불용성 식이섬유소 함량의 변화

열처리 방법에 따른 식이섬유의 성분별 함량의 변화는 Table 8, Table 9와 같다. 각 성분의 함량은 열처리 방법에 따라 영향을 받았는데, 무를 제외한 모든 시료에서 NDF 함량은 열처리 시 증가하였다($p<0.05$). 그러나 stir-frying한 우엉과 양배추에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. ADF 함량은 양배추와 우엉을 제외한 모든 시료에서 열처리 시 증가하였으나, 고추잎과 무에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p<0.05$).

마늘과 우엉을 제외한 모든 시료의 cellulose 함량은 열처리

Table 8. Effect of heat treatment on fractional contents of insoluble dietary fiber of vegetables in dry weight (%)

	Cellulose	Hemicellulose	Lignin	NDF ²⁾	ADF ³⁾
Cabbage					
Raw	12.0±0.1 ^{1)a}	2.2±0.1 ^{a4)}	2.4±0.2 ^b	16.6±0.2 ^a	14.4±0.1 ^b
Stir-frying	12.0±0.6 ^a	5.0±0.1 ^b	1.4±0.1 ^a	18.4±0.1 ^a	13.4±0.1 ^a
Blanching	13.8±0.1 ^a	6.1±0.3 ^c	3.2±0.1 ^c	23.1±0.4 ^b	17.0±1.0 ^{bc}
Boiling	17.1±0.3 ^b	5.9±0.2 ^{bc}	2.0±0.1 ^{ab}	25.0±1.5 ^b	19.1±0.3 ^c
Chives					
Raw	11.1±0.1 ^a	4.0±0.5 ^a	3.9±0.1 ^b	19.0±0.1 ^a	15.0±0.3 ^a
Stir-frying	18.9±0.2 ^b	4.2±0.1 ^a	3.0±0.2 ^a	26.1±1.0 ^b	21.9±0.5 ^b
Pepper leaf					
Raw	11.0±0.1 ^a	9.5±1.1 ^a	4.5±0.2 ^b	25.0±0.3 ^a	15.5±0.1 ^a
Stir-frying	14.4±0.1 ^c	10.1±0.1 ^a	3.1±0.1 ^a	27.6±0.2 ^b	17.5±0.2 ^b
Blanching	13.0±0.1 ^b	12.1±1.1 ^{bc}	2.9±0.1 ^a	28.0±0.1 ^b	15.9±0.5 ^a
Water dropwort					
Raw	12.6±0.1 ^a	7.4±0.2 ^b	2.2±0.3 ^a	22.2±0.3 ^a	14.8±0.1 ^a
Blanching	18.0±0.2 ^b	5.8±0.1 ^a	3.4±0.1 ^{ab}	27.2±0.2 ^b	21.4±0.2 ^b
Boiling	17.6±0.2 ^b	6.8±0.1 ^{ab}	4.2±0.2 ^b	28.6±0.7 ^b	21.8±0.4 ^b

¹⁾ Mean±S.D.

²⁾ NDF : Neutral detergent fiber.

³⁾ ADF : Acid detergent fiber.

⁴⁾ Means in a column followed by different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test($p<0.05$).

Table 9. Effect of heat treatment on fractional contents of insoluble dietary fiber of vegetables in dry weight (%)

	Cellulose	Hemicellulose	Lignin	NDF ²⁾	ADF ³⁾
Edible burdock					
Raw	16.9±0.1 ^{1)a}	7.0±0.3 ^{a4)}	3.2±0.1 ^a	27.1±0.1 ^a	20.1±0.2 ^b
Stir-frying	16.0±0.2 ^a	12.2±0.1 ^b	2.0±0.4 ^a	30.2±1.0 ^b	18.0±0.5 ^a
Garlic					
Raw	14.8±0.1 ^b	1.4±0.2 ^{ab}	1.0±0.2 ^a	17.2±0.1 ^a	15.8±0.1 ^a
Stir-frying	16.8±0.2 ^c	0.6±0.3 ^a	1.2±0.1 ^a	18.6±0.1 ^b	18.0±0.2 ^{bc}
Boiling	17.9±0.3 ^d	2.4±0.1 ^b	1.8±0.1 ^a	22.1±0.2 ^c	19.7±0.6 ^c
Baking	13.7±0.1 ^a	1.4±0.2 ^{ab}	3.4±0.2 ^b	18.5±0.2 ^b	17.1±0.4 ^{ab}
Kwarl pepper					
Raw	14.0±0.2 ^a	10.6±0.2 ^c	1.8±0.2 ^a	26.4±0.2 ^a	15.8±0.2 ^a
Stir-frying	25.5±0.1 ^c	9.0±0.1 ^b	4.1±0.3 ^b	39.6±0.4 ^c	30.6±0.4 ^c
Boiling	19.5±0.2 ^b	5.5±0.3 ^a	3.6±0.2 ^b	28.6±0.3 ^b	23.1±0.3 ^b
Radish					
Raw	8.8±0.1 ^a	6.7±0.1 ^c	2.1±0.1 ^{ab}	17.6±0.1 ^b	10.9±0.3 ^a
Stir-frying	10.4±0.1 ^b	1.9±0.1 ^a	1.1±0.1 ^a	13.4±0.2 ^a	11.5±0.6 ^a
Boiling	14.4±0.2 ^c	6.0±0.1 ^b	1.6±0.4 ^a	22.0±0.2 ^c	16.0±0.1 ^b
Steaming	8.8±0.2 ^a	9.4±0.2 ^d	3.6±0.5 ^b	21.8±0.6 ^c	12.4±0.2 ^a

¹⁾ Mean±S.D.

²⁾ NDF : Neutral detergent fiber.

³⁾ ADF : Acid detergent fiber.

⁴⁾ Means in a column followed by different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test($p<0.05$).

시 증가하였으나, 무를 steaming하였을 때와 양배추를 stir-frying과 blanching하였을 때는 뚜렷한 증가 현상을 나타내지 않았다. Hemicellulose와 lignin은 열처리 방법에 따른 변화가 일정하지 않았다. 그러나 건식 열처리 방법의 경우(stir-frying과 baking), hemicellulose는 증가하는 경향이었고, lignin은 감소하는 경향을 보였다.

식이섬유의 함량 변화는 열처리 방법에 따라 다소 차이가 있는데, NDF, ADF 및 cellulose는 일반적으로 boiling 하였을 때 가장 큰 증가 현상을 나타냈다. NDF는 cellulose, hemicelluloses 및 lignin으로 구성되어 있고, ADF는 cellulose와 lignin으로 구성되어 있으므로 이들 ADF와 NDF의 변화는 cellulose에 의한 영향임을 알 수 있다.

Simpson & Halliday(1941)은 열처리 과정 중 당근의 cellulose와 pectin이 분해된다고 보고하였는데, 조직학적인 연구 결과, 생 당근의 세포벽 조직은 두껍고 치밀하지만 15분에서 45분까지 열처리 하였을 때 세포벽이 얇아지고 부서지기 쉬

운 상태로 되었다고 보고하였다. 이는 cellulose가 열처리 과정 중에 가수분해되거나 주위 물질로부터 유리된 결과로 생각되며, 유리된 cellulose가 분석에 유용하게 되므로 원료 시료에 비해 열처리 시 cellulose가 증가한 것으로 생각된다.

한편, Reistad & Frolich(1984)의 보고에 의하면 열처리에 따른 식이섬유의 증가는 열처리 중 비 섬유소 성분의 손실로 생각된다고 하였다. Table 8, Table 9에서 보는 바와 같이 boiling 시 수분 함량이 모든 시료에서 증가하였으며, stir-frying 시에는 수분 함량이 현저하게 감소하였으므로 원료 시료 g 당 NDF의 함량은 stir-frying시 가장 높다. 그러므로 같은 양의 채소를 섭취한다면 stir-frying과 baking(dry process)으로 열처리한 식품이 불용성 식이섬유를 더 많이 제공할 것이다.

우리의 음식은 열처리 방법이 다양하기 때문에, 열처리 방법에 따른 식이섬유 함량에 관한 조사가 선행되어야 식이섬유의 하루 섭취량을 정확히 파악할 수 있을 것이다.

그럼에도 불구하고 채소의 열처리 방법에 따른 식이섬유

성분별 함량에 관한 연구는 거의 보고되어 있지 않다. 그러므로 다양한 방법으로 열처리된 식품 중의 식이섬유 함량에 관한 연구가 앞으로 계속되어야 할 것이다.

4. 총 식이섬유소 함량

Table 10에서 보는 바와 같이 불용성 식이섬유와 가용성 펙틴의 합으로 계산한 채소들의 총 식이섬유 함량은 건조된 상태로 구했던 붉은 고추만 제외하고, 신선물 기준으로 1.20~7.11% 범위였으며, 상치에서 가장 낮고, 마늘에서 가장 높았다. 총 식이섬유 함량 중 대부분을 불용성 식이섬유가 차지했다. Lee *et al*(1993)이 보고한 일부 채소들의 총 식이섬유 함량은 0.99~7.42% 범위로 본 실험 결과와 비슷했다.

양배추와 상치는 각각 1.72%, 1.62%로 본 결과보다 약간

높았으며, 마늘과 배추는 7.42%, 1.45%로 비슷했고, 무는 1.54%로 약간 낮았다.

Park *et al*(1996)의 연구 결과, 배추의 총 식이섬유 함량은 1.2%로 본 결과보다 낮았으나, 그 중 불용성 식이섬유가 가용성 식이섬유보다 더 많다는 결과는 동일했다. 한편, 일부 과일류의 총 식이섬유 함량은 0.19~2.91%로서 채소류의 함량보다 낮았는데(Lee *et al* 1993), 이상의 결과로부터 부분적인 하나, 채소들의 총 식이섬유 함량이 우리가 흔히 섭취하는 과일들의 총 식이섬유 함량보다 더 높다고 사료되며, 섭취량이 가장 높은 식품군이 채소류임을 고려해 볼 때(보건복지부 2008) 채소가 훌륭한 식이섬유 급원임을 알 수 있다.

Concepcion *et al*(1982)이 보고한 과일들의 식이섬유 함량 중 총 불용성 식이섬유 함량은 0.15~2.09%, 펙틴 함량은 0.12~1.00%였고, 본 실험 결과 채소들의 불용성 식이섬유 함량이 1.20~7.11%, 펙틴 함량이 0.07~0.61%로서 이상의 결과

Table 10. Contents of insoluble dietary fiber (NDF) and soluble dietary fiber (pectic substances) of vegetables
(%, fresh weight basis)

	IDF ¹⁾	SDF ²⁾	TDF ³⁾
Cabbage	1.21(93.1)	0.09	1.30
Chinese cabbage			
Stalk	1.55(87.6)	0.22	1.77
Leaf	1.34(90.5)	0.14	1.48
Average	1.45(90.0)	0.18	1.63
Chives	2.13(93.8)	0.14	2.27
Edible burdock	6.21(95.0)	0.33	6.54
Garlic	6.50(91.4)	0.61	7.11
Green pepper	4.37(94.6)	0.25	4.62
Kwari pepper	3.67(94.3)	0.22	3.89
Leaf lettuce	1.13(94.2)	0.07	1.20
Pepper leaf	5.50(94.7)	0.31	5.81
Radish	1.76(88.4)	0.23	1.99
Radish leaf	3.91(94.9)	0.21	4.12
Red pepper	25.80(96.3)	1.00	26.80
Water dropwort	1.71(94.5)	0.10	1.81
Welsh onion(large)	1.18(90.1)	0.13	1.31
Welsh onion(small)	1.41(94.6)	0.08	1.49

¹⁾ IDF : Insoluble dietary fiber(NDF = Cellulose + Hemicellulose + Lignin).

²⁾ SDF : Soluble dietary fiber(Pectic substances).

³⁾ TDF : Total dietary fiber = IDF + SDF.

() : % IDF in TDF

Table 11. Total dietary fiber and crude fiber contents in fresh vegetables
(%)

	TDF ¹⁾	CF ²⁾	TDF/CF ratio
Cabbage	1.30	0.6	2.7
Chinese cabbage			
Stalk	1.77	0.6	
Leaf	1.48		
Average	1.63		2.72
Chives	2.27	1.0	2.27
Edible burdock	6.54	2.3	2.84
Garlic	7.11	2.4	2.96
Green pepper	4.62	2.9	1.59
Kwari pepper	3.89	1.8	2.16
Leaf lettuce	1.20	0.3	4.00
Pepper leaf	5.81	3.4	1.71
Radish	1.99	0.6	3.32
Radish leaf	4.12	1.4	2.94
Red pepper	26.80	20.3	1.32
Water dropwort	1.81	0.8	2.26
Welsh onion(large)	1.31	0.6	2.18
Welsh onion(small)	1.49	0.7	2.13

¹⁾ TDF : Total dietary fiber = IDF + SDF.

²⁾ CF : Crude fiber.

들을 종합해 볼 때, 부분적이긴 하나, 채소가 과일에 비해 펙틴을 적으나, 불용성 식이섬유는 훨씬 더 많이 제공할 것으로 생각된다. 한편, 불용성 식이섬유 분획 중 cellulose는 평균 63% 정도로 높게 나타났으므로(Table 6), 각종 채소로부터 불용성 식이섬유 중에서도 특히 고농도의 cellulose를 공급 받을 수 있을 것으로 사료된다.

Table 10에서 보는 바와 같이 마늘, 우엉, 고추잎의 경우, 총 식이섬유의 함량이 다른 채소들에 비해 매우 높은 것으로 나타났으며, 특히 마늘의 경우 가장 높은 것으로 나타났다. 마늘은 우리나라의 경우, 모든 요리에 거의 빠지지 않고 가장 많이 쓰이는 양념류 채소이기 때문에, 상당히 중요한 식이섬유 급원으로 생각된다. 총 식이섬유/조섬유 비율은 1.32~4.00으로 붉은 고추가 가장 낮고, 상치가 가장 높았으나, 채소 종류 간 차이가 크지 않았다(Table 11).

요 약

식이섬유가 인체 내에서 나타내는 중요한 생리 기능은 각 구성 성분들의 함량과 특성에 의해 영향을 받으므로, 본 연구에서는 채소를 대상으로 식이섬유 각 성분들의 함량을 분별 측정하고, 열처리 시 변화를 조사하였다. 이상의 결과를 요약하면 다음과 같다.

각종 채소의 총 펙틴 함량은 건조물 기준으로 0.89~2.75 g/100 g의 범위였으며, 대부분 1~2 g/100 g 수준이었다. 펙틴의 각 분획 별 함량의 경우, 열수 가용성 펙틴 함량은 0.33~0.98 g/100 g, 인산 가용성 펙틴 함량은 0.29~0.81 g/100 g의 범위였고, 염산 가용성 펙틴 함량은 0.30~1.40 g/100 g의 범위로 세 가지 펙틴 분획 중에서 채소 종류에 따른 변이가 가장 컸다. 이상의 세 가지 펙틴 분획의 비율은 각 채소에서 대략 비슷한 수준이었다.

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%, lignin는 1.0~5.2% 범위였으며, 특히 고추류에서 총 불용성 식이섬유 함량이 높았다. Cellulose는 총 불용성 식이섬유인 NDF의 63% 정도를 차지하여 본 실험에 사용된 채소들의 경우, 불용성 식이섬유의 대부분이 cellulose로 구성되어 있었다.

가열 방법에 따른 펙틴 함량의 변화에 있어서, 총 펙틴 함량은 가열 처리 시 원료 시료에 비해 감소했으며, boiling시 가장 크게 감소하였다. 펙틴의 세 분획 중 열수 가용성 펙틴(HWSP) 함량은 증가했고, 비수용성 펙틴인 인산 가용성 펙틴(HXSP)과 염산 가용성 펙틴(HCLSP) 함량은 감소했다. 가열 처리에 의한 NDF, ADF, cellulose 함량의 변화는 원래 시

료보다 증가했으며, 이들 성분들의 변화는 cellulose의 함량 변화에 기인했다. 그러나 hemicellulose와 lignin 함량은 일정한 경향을 보이지 않았다. 총 식이섬유 함량은 신선물 기준으로 1.20~7.11% 범위였으며, 마늘, 우엉, 고추잎 등에서 높았다. 총 식이섬유 함량의 대부분이 불용성 식이섬유로 구성되어 있음을 알 수 있었다. 총 식이섬유/조섬유 비율은 1.32~4.00으로 붉은 고추가 가장 낮고, 상치가 가장 높았으나, 채소 종류 간 큰 차이를 보이지 않았다.

감사의 글

이 연구는 2013학년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구되었음.

문 헌

- 보건복지부 (2008) 국민 건강 영양조사 제 4기 2차보도 p 24.
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA. pp 82-781.
- Albersheim P, Neukom H, Deuel H (1960) Splitting of pectin chain molecules in neutral solution. *Arch Biochem Biophys* 90: 46-53.
- Cha HS, Hong Si, Chung MS (2003) Changes in mineral and pectic substances of Korean mature-green mume(*Prunus mume* Sieb. et Zucc) fruits packed in plastic films with gas absorbents during storage. *Korean J Food Sci Technol* 35: 149-154.
- Concepcion VV, Herranz J, Blanco I, Enrique RH (1982) Dietary fiber in spanish fruits. *J Food Sci* 47: 1840.
- Drews LM, Kies C, Fox HM (1979) Effect of dietary fiber on copper, zinc and magnesium utilization by adolescent boys. *Am J Clin Nutr* 32: 1893-1897.
- Herranz J, Concepcion VV, Enrique RH (1981) Cellulose, hemicellulose and lignin content of raw and cooked spanish vegetable. *J Food Sci* 46: 1927.
- Johnston DE, Kelly D, Dorrian PP (1983) Losses of pectic substances during cooking and the effect of water hardness. *J Sci Food Agric* 34: 733.
- Kang MJ, Koh KS, Koh JS (2000) Changes in pectin of satsuma mandarin during ripening and storage. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7: 38-43.
- Kendall CWC, Esfahani A, Jenkins DJA (2010) The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloid*

- 24: 42-48.
- Kertesz LI (1951) The Pectic Substances. *Interscience Publishers, Inc.*, New York. pp 150-160.
- Kim YK, Lee GC (1999) Contents of pectin substance and minerals and textural properties of leek added *Kimchi* during fermentation. *Korean J Soc Food Sci* 15: 258-263.
- Lee K, Garcia-Lopez JS (1985) Iron, zinc, copper and magnesium binding by cooked pinto bean neutral and acid detergent fiber. *J Food Sci* 50: 651.
- Lee KS, Lee SR (1987) Determination of dietary fiber content in some fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 19: 317-323.
- Lee KS, Lee SR (1993) Analysis of dietary fiber content in Korean vegetable foods. *Korean J Food Sci Technol* 25: 225-231.
- Liu W, Ko KH, Kim HR, Kim IC (2012) The effect of insoluble dietary fiber extracted from Chinese cabbage waste on plasma lipid profiles in rats fed a high fat diet. *J Korean Soc Food Sc: Nutr* 41: 33-40.
- McComb EA, McCready RM (1952) Colorimetric determination of pectic substances. *Analytical Chemistry* 24: 1630.
- McQueen RE, Nicholson JWG (1979) Modification of the neutral detergent fiber procedure for cereals and vegetables by using α -amylase. *J Assoc Off Anal Chem* 62: 676.
- Park KY, Ha JD, Rhee SH (1996) A study on the contents of dietary fibers and crude fiber in *Kimchi* ingredients and *Kimchi*. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 69-75.
- Parrott ME, Thrall BE (1978) Functional properties of various fibers: Physical properties. *J Food Sci* 43: 759-765.
- Reistad R, Frolich W (1984) Content and composition of dietary fiber in some fresh and cooked Norwegian vegetables. *Food Chem* 13: 209.
- Samuel K(1968) Pectic substances of dry beans and their possible correlation with cooking time. *J Food Sci* 33: 438.
- Saunders RM, Hautala E (1979) In "Dietary Fiber : Chemistry and Nutrition". Inglett, G. E., Falkehag, S. I., Eds., *Academic Press*, New York. p 79.
- Schneeman BO (1986) Physical and chemical properties, method of analysis, and physiological effects. *Food Technol* 40: 104.
- Schneeman BO (1987) Soluble vs insoluble fiber-different physiological responses. *Food Technol* 41: 81.
- Simpson JI, Halliday EG (1941) Chemical and histological studies of the disintegration of cellmembrane materials in vegetables during cooking. *Food Research* 6: 189-195.
- Slavin JL (2001) Dietary fiber and colon cancer. In Handbook of Dietary Fiber, Cho SS, Dreber ML. eds. Marcel Dekker Inc, New York, NY, USA. pp 31-45.
- Sub HJ, Yoon HS (1989) Quantative analysis and physico-chemical properties of dietary fiber in vegetables. *J Korean Soc Food Nutr* 18: 403-409.
- Van Soest PJ, Wine RH (1967) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J Assoc Off Anal Chem* 50: 50-54.

접 수: 2014년 1월 11일
 최종수정: 2014년 1월 28일
 채 택: 2014년 2월 14일