

## 국내 농산물 및 해조류의 가열처리에 따른 식이섬유 함량 비교

†하기정 · 박빛나\* · 김현영 · 김봉신 · 박여옥 · 최재혁\*\* · 박진주\*\*\*

경상남도농업기술원 농업연구사, \*경상남도농업기술원 연구원,  
\*\*경상남도농업기술원 농업연구관, \*\*\*국립농업과학원 농식품자원부 농업연구사

### Comparison of Dietary Fiber Content according to Heat Treatment of Korean Agricultural Products and Seaweed

†Gi Jeong Ha, Bit Na Park\*, Hyeon Young Kim, Bong Sin Kim,  
Yeo Ok Park, Jae Hyeok Choi\*\* and Jin Ju Park\*\*\*

Associate Researcher, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Jinju 52733, Korea

\*Researcher, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Jinju 52733, Korea

\*\*Senior Researcher, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Jinju 52733, Korea

\*\*\*Associate Researcher, Dept. of Agro-Food Resources, NAAS, RDA, Wanju 55365, Korea

#### Abstract

In this study, the dietary fiber content of 33 kinds of agricultural products and seaweeds was compared with that of raw products after heat treatment. To verify the total dietary fiber analysis method, the recovery rate was reviewed by measuring the total dietary fiber content for 4 standard certified substances. As a result, the recovery rate of the analysis value for the true value was 98.8%~103.1%, which was judged to be reliable. The total dietary fiber of vegetables ranged between 0.61~5.36 g/100 g for raw vegetables and 0.55~4.84 g/100 g for heat-treated vegetables. Among the 24 kinds of vegetables used in the analysis, the total dietary fiber content of heat-treated Korean radish (3.13 g/100 g) was the highest compared to that of raw radish (0.61 g/100 g). The total dietary fiber of beans was between 13.86~29.69 g/100 g for raw beans and 6.72~18.40 g/100 g for heat-treated beans. In particular, the total dietary fiber content of sword beans was the highest in both raw (29.69 g/100 g) and boiled (18.40 g/100 g) beans. The total dietary fiber content of the three types of seaweed was 1.93~4.85 g/100 g in raw seaweed and 0.99~5.72 g/100 g in heat-treated seaweed.

Key words: dietary fiber content, heat treatment, agricultural products, seaweed

#### 서론

식이섬유란 인체의 소화효소로 소화되지 않는 식품 중에 함유된 난소화성 성분의 총칭이다. 식이섬유는 인체에 흡수되지 않으므로 영양학적으로는 가치가 없는 것으로 인식되어 왔다. 그러나 최근 기능성식품에 대한 관심이 고조되어 탄수화물, 단백질, 지방, 비타민, 무기질의 5대 영양소와는 다른 생리기능을 인정하여 제 6의 영양소라고 불리워지고

있다. 식이섬유는 식품의 풍미, 질감 뿐 아니라, 인체 내에서 영양성분의 흡수, 대장 활동, 심혈관계질환 및 당뇨병 관리 등에 직간접적으로 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 최근까지도 식이섬유의 기능 연구가 활발하게 이루어지고 있다(Yeon 등 2016). 식이섬유의 분류는 물리·화학적인 성질에 따라 물에 녹는 수용성(soluble dietary fiber : SDF)과 녹지 않는 불용성(Insoluble dietary fiber : IDF)으로 나뉘며 이에 따라 영양적인 면과 생리적인 특성이 다르게 나타난다(Oh & Ly

† Corresponding author: Gi Jeong Ha, Associate Researcher, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Jinju 52733, Korea. Tel: +82-55-254-1342, Fax: +82-55-254-1319, E-mail: hkjone@korea.kr

1998). 수용성 식이섬유에는 폴리덱스트로오스, 펙틴, 구아검, 카라기난, 알긴산 등이 있으며, 이들은 겔 형성과 보수력을 높여서 위장관 내 내용물의 점성을 높여 식후 포만감을 지속시키고, 장관 내 담즙산의 체외 배출을 유도시켜 혈중 콜레스테롤을 저하시킴으로써, 고혈압 및 비만의 예방과 치료에 효과적이라고 알려져 있다(Kang & Song 1997; Kye SK 2014). 셀룰로스, 헤미셀룰로스, 리그닌 등으로 주로 식물세포의 구조성분에 해당하는 불용성 식이섬유는 장내 박테리아에 의해 분해되지 않아 대부분 배설되며, 대장 점막을 자극하여 장의 연동운동을 촉진시키고, 이에 따라 분변량과 그 횟수를 증가시켜 변비 및 대장암 예방에 효과적인 것으로 알려져 있다(Gropper 등 2009; Choi 등 2014; Kim 등 2014). 이렇듯 총 식이섬유의 함량뿐만 아니라, 그 성분별 함량에 따라서 서로 다른 생리적 기능을 나타낼 수 있다(Kye SK 2014).

식품 중 식이섬유 관련 연구들은 양념류와 김치재료에 쓰이는 채소류의 식이섬유 함량(Kye SK 2014), 채소류, 버섯류, 과일류 등의 총 식이섬유 함량(Hwang 등 1996), 식이섬유 섭취에 따른 생리적 영향(Lee 등 1996; Yim 등 2007), 식품의 식이섬유 분석에 관한 데이터베이스(Lee 등 2008) 등이 있다. 하지만 소비자들은 식품 원재료뿐만 아니라, 대부분 가열처리 등 조리과정 후 섭취하기 때문에 원료의 가열처리 전과 후의 식이섬유 함량 정보를 제공할 필요가 있다. 따라서 식이섬유의 중요한 공급원이 되고 있는 채소류, 두류, 해조류 등의 생 것과 가열처리한 것의 수용성, 불용성 식이섬유 및 총 식이섬유 함량을 분석 비교하고자 하였다. 분석된 자료는 농촌진흥청 국가표준식품성분표 영양성분 database의 자료로 활용될 계획이다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

식이섬유 분석을 위해 수집된 시료는 총 33종 66시료로 채소류 24종, 두류 6종, 해조류 3종이었다. 2019년에서 2021년까지 수집된 시료는 국립농업과학원에서 품목별로 가식부에 대해서 가열처리 등 조건별로 처리한 다음, 균질화한 시료로 질소 충전하여 밀봉된 상태로 배송 받았다. 배송된 시료는  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동상태로 보관하면서 분석을 위해 해동하여 사용하였다. 분석방법 검증을 위해 사용된 표준인증물질(standard reference material: SRM) 역시 농촌진흥청으로부터 제공 받았다. 내부분석물질로 사용된 건조 다시마는 시판 제품을 분쇄한 다음 표준제(Chung Gye, Seoul, Korea)를 사용하여 50 mesh로 하여 냉동보관하면서 분석에 사용하였다.

### 2. 시료의 전처리

분석에 사용된 시료 및 표준인증물질 중 지질 함량이 10%(w/v) 이상 함유된 시료는 0.5 g씩 시료를 채취한 뒤 hexane(Tedia)을 10 mL 가한 다음, vortex mixer(VM-10, Wisemix, Wonju, Korea)로 교반하여 30분간 정치한 후  $2,000\times\text{g}$ , 10분 동안 원심분리하여 지질을 제거하였다. 그리고 24시간 동안 풍건시켜 시료에 잔존하는 hexane을 제거한 후, 식이섬유 분석을 위한 시료로 사용하였다.

### 3. 식이섬유 함량 분석

식이섬유 함량은 AOAC 991.43(AOAC 1995) 분석법이 적용된 식이섬유 분석기기(TDFI, Ankom technology, Macedon, NY, USA)를 사용하여 분석하였다(Ryu 등 2017). 먼저, 시료별로 2개의 IDF bag(Ankom technology)에 각각 0.5 g의 시료를 넣고, 2개의 SDF bag(Ankom technology)에는 1.0 g의 celite(Sigma)을 넣었다. 시료가 들어있는 2개의 IDF bag에 40 mL의 mes-tris buffer(Sigma, St. Louis, Mo, USA)와 증류수 100 mL를 혼합하고, 50  $\mu\text{L}$ 의  $\alpha$ -amylase(Megazyme, Wicklow, Ireland)를 첨가하여  $97^{\circ}\text{C}$ 에서 30분 동안 교반하면서 반응시켰다. 그리고  $60^{\circ}\text{C}$ 까지 냉각시킨 다음, 100  $\mu\text{L}$ 의 protease(Megazyme)를 첨가하여  $60^{\circ}\text{C}$ 에서 30분간 교반하면서 반응시키고, 0.561N HCl(OCI Company Ltd., Seoul, Korea) 및 6N NaOH(OCI Company Ltd.)를 이용하여 시료의 pH를 4.0-4.4로 조정하였다. pH가 조절된 시료에 300  $\mu\text{L}$ 의 amyloglucosidase(Megazyme)를 첨가하여  $60^{\circ}\text{C}$ 에서 30분간 교반하면서 반응시켰다. 반응이 끝난 후 15 mL의 78% ethanol, 95% ethanol을 첨가하여 여과하여 SDF bag에 포집하였다. IDF bag은 장치에서 분리하여 99% 아세톤으로 2회 세척하여 건조하였다. 1 g의 celite(Sigma)가 첨가된 SDF bag(SDF filter bag, Ankom technology)에 IDF bag에서 반응한 시료의 여과액이 포집되면 효소 반응 정지와 총 식이섬유 침전을 위하여 225 mL의 95%(w/v) ethanol을 첨가하여 60분간 정치한 다음 여과하였다. 그리고 각각 15 mL의 증류수, 95%(w/v) ethanol, 78%(w/v) ethanol 순으로 2회 반복하여 세척 및 여과하였다. 여과가 끝난 SDF bag 및 IDF bag을  $105^{\circ}\text{C}$ 에서 90분 동안 건조기(OF-22GW, JEIO TECH, Korea)로 건조시킨 후, 잔사량의 무게를 측정하였다. 잔사량의 무게를 측정한 2개의 SDF 및 IDF bag 중 각각 한 개는 Kjeldal법으로 시료의 단백질 함량을 분석하고, 다른 한 개는  $600^{\circ}\text{C}$ 에서 3시간 동안 회화한 후, 회분함량을 측정하였다. 대조구(blank)는 시료를 첨가하지 않고, 식이섬유 분석방법과 동일하게 수행하였다. 불용성 식이섬유(IDF) 및 수용성 식이섬유(SDF) 함량은 다음의 방법으로 계산하여 g/100 g으로 나타내었고, 이들의 합을 총 식이섬

유(TDF)로 하였다.

$$\text{Dietary fiber content (g/100 g, wet weight)} = \frac{(R - P - A - B)}{S} \times 100$$

R: Average weight of residue after enzyme treatment

P: Protein content of sample

A: Ash content of sample

B: Blank

S: Average weight of sample

#### 4. 분석방법의 검증

본 연구에서 이용된 분석방법을 검증하기 위하여 참값을 알고 있는 표준인증물질(standard reference material: SRM)을 분석하여 참값 대비 분석치의 회수율(recovery, %)을 구하였다. 또한 수용성 식이섬유(SDF), 불용성 식이섬유(IDF) 및 총 식이섬유(TDF)의 내부 분석 품질관리(in-house control)는 AOAC 가이드라인(AOAC 2002)에 따라 분석품질관리(quality control: QC) 시료로 다시마를 이용하여 관리하였다. 분석관리 물질인 다시마 시료를 10회 이상 분석하여 각 성분의 표준값을 확립하고, 이들의 평균값을 기준으로 관리 상·하한선(upper and under control line, mean of analyte content $\pm$ 2 $\times$ standard deviation)과 조치 상·하한선(upper and under action line, mean of analyte content $\pm$ 3 $\times$ standard deviation) 기준을 설정하여 시료를 분석하는 전체 기간 동안 지속해서 QC(quality control) 차트를 작성하여 분석품질관리를 위한 지표로 사용하였다. 분석관리차트의 기준 값 설정 이후 검체를 분석할 때마다 분석관리 시료를 함께 분석하여 그 값을 차트에 기록하여 분석의 품질을 관리하였다(Shin 등 2015; Park 등 2018; Eom 등 2019; Yoon 등 2019).

## 결과 및 고찰

### 1. 분석방법의 검증

식품 원료에 함유되어 있는 식이섬유의 신뢰성 있는 분석

방법의 검증을 위하여 참값을 알고 있는 각기 다른 표준인증물질 4종에 대한 총 식이섬유의 함량을 측정하여 참값과 분석한 데이터의 회수율을 검토하였다. 표준인증물질 4종의 참값에 대한 분석값의 회수율은 98.8~103.1%이었으며, 분석방법의 재현성을 확인할 수 있는 상대표준편차(RSD)는 0.80~1.92%로 나타났다(Table 1). 일반적으로 참값이나 표준값에 대한 분석값이 얼마나 가까운가를 나타내는 정확성(accuracy)의 허용기준은 회수율 90~110%이며, RSD는 2% 이하이다(KFDA 2011; Shin 등 2015). 따라서 표준인증물질의 총 식이섬유 함량 분석 결과는 정확성과 정밀성 측면에서 양호한 결과임을 알 수 있었다. 또한 내부 분석 품질관리를 위하여 다시마를 이용하여 식이섬유에 대한 품질관리도표를 작성하여 분석결과에 대한 신뢰도를 나타내었다. 다시마의 수용성, 불용성 및 총 식이섬유를 10회 이상 반복 분석한 다음 각 성분의 평균값으로 기준값을 정하였고, 이 값의 상·하위 10%를 관리 상한선 및 하한선(upper and under control line)으로 정하여 분석 품질관리를 진행하였다. 모든 분석 데이터가 관리 상한선 및 하한선의 범위 안에 있었으며, 분석이 관리 하에 진행 되었음을 확인할 수 있었다(Fig. 1).

### 2. 채소류의 가열처리에 따른 식이섬유 함량

부추, 돌미나리 등 채소류 24종에 대한 생 것과 가열처리 한 것의 식이섬유 함량을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 채소의 총 식이섬유 함량은 생 것이 0.61~5.36 g/100 g의 범위로 채소의 종류에 따른 함량 차이는 크지 않았다. 가열처리 한 것의 총 식이섬유 함량은 0.55~4.84 g/100 g의 범위를 나타내었다. 생 것의 수용성 식이섬유가 1.0 g/100 g 이상 함유된 채소류는 부추 2종(영양부추, 호부추), 아욱, 양배추, 땅두릅, 참두릅, 도라지 등 7종이었으며, 나머지 채소류는 1.0 g/100 g 미만의 함량을 나타내었다. 채소의 종류별로 생 것과 데치거나 찌는 등 가열처리 한 것의 식이섬유 함량을 비교한 결과는 다음과 같다. 부추는 영양부추의 경우 수용성 식이섬유가 1.14 g/100 g, 불용성 식이섬유가 0.37 g/100 g이었으나, 호부추는 각각 1.90 g/100 g, 3.45 g/100 g으로 품종별로 식이섬

Table 1. Recovery of total dietary fiber of standard reference materials

CRM	Reference value (g/100 g)	Analytical value (g/100 g)	RSD <sup>1)</sup> (%)	Recovery (%)
SRM 2384 (baking chocolate)	14.50	14.73 $\pm$ 0.70	1.92	101.6
SRM 3234 (soy flour)	18.19	18.17 $\pm$ 0.20	1.60	99.9
SRM 3287 (blueberry, fruit)	18.40	18.97 $\pm$ 0.17	1.01	103.1
SRM 1548a (typical diet)	4.31	4.26 $\pm$ 0.11	0.80	98.8

All values represent mean $\pm$ S.D.

<sup>1)</sup> RSD: relative standard deviation.

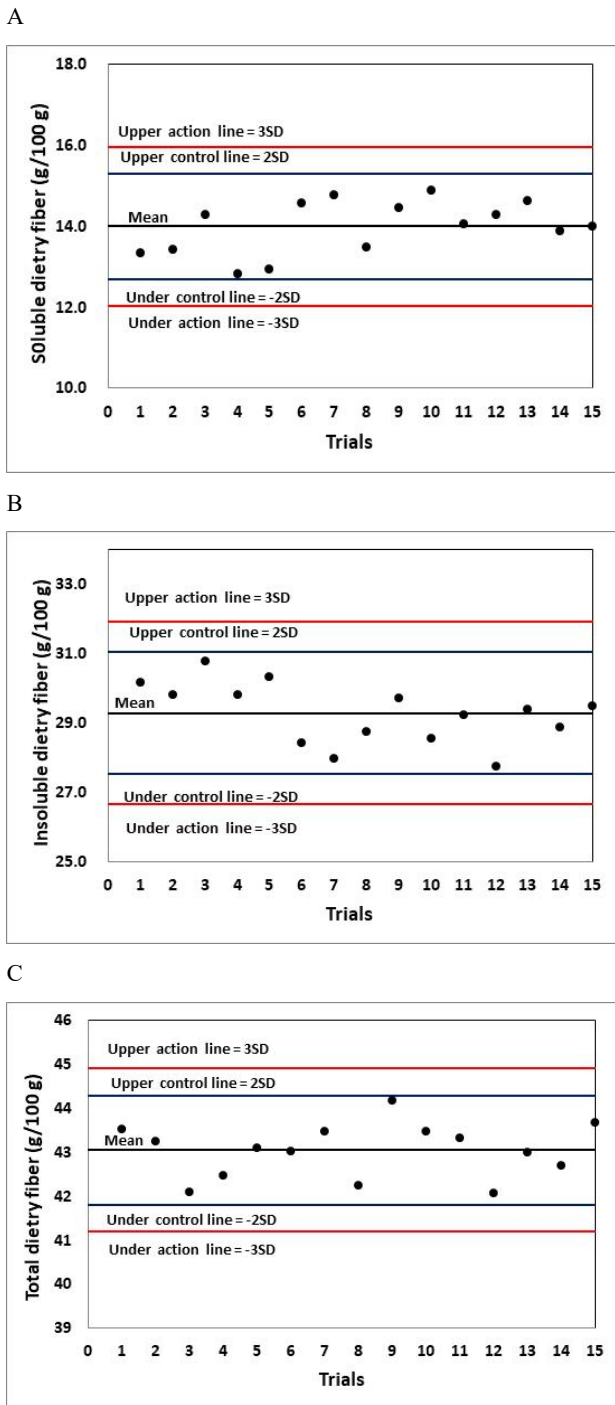


Fig. 1. Quality control charts of SDF (A), IDF (B), TDF (C) analysis. S.D.: standard deviation.

유 함량 차이가 큰 것으로 나타났으며, 두 품종 모두 데친 것의 수용성 식이섬유 및 불용성 식이섬유 모두 생 것에 비해 낮은 함량을 나타내었다. 썩갓, 돌미나리, 공심채, 머위, 머위대, 아욱의 수용성 식이섬유는 0.14 g~1.51 g/100 g의 범

위에서 데치거나 삶은 것은 0.32~1.94 g/100 g의 범위로 모두 증가하였으며, 불용성 식이섬유는 공심채와 머위가 각각 2.12 g/100 g 및 2.17 g/100 g에서 1.60 g/100 g, 1.59 g/100 g으로 감소하였으며, 총 식이섬유 함량은 머위와 머위대를 제외한 나머지 채소는 생 것보다 열처리한 것이 높은 값을 나타내었다. 총 식이섬유에 대한 수용성 식이섬유의 비율은 썩갓, 돌미나리, 공심채, 머위, 아욱, 숙주나물 등의 열처리한 것이 생 것보다 높은 것으로 분석되었다. 반면, 영양부추, 호부추, 머위대, 숙주나물은 생 것에서 수용성 식이섬유의 비율이 더 높게 나타났다. 양배추 생 것의 수용성 식이섬유는 1.56 g/100 g으로 불용성 식이섬유 0.93 g/100 g보다 높은 것으로 나타났지만, 방울다다기 양배추 생 것은 각각 0.28 g/100 g, 2.35 g/100 g으로 분석되었다. 양배추 삶은 것의 수용성 식이섬유는 0.51 g/100 g으로 생 것보다 낮았고, 방울다다기 양배추는 1.05 g/100 g으로 가열처리한 것이 높은 것으로 나타났다. 총 식이섬유에 대한 수용성 식이섬유의 비율은 양배추는 생 것이 62.4%, 끓인 것이 50.0%로 가열처리한 것이 낮아졌지만, 방울다다기 양배추는 생 것이 10.69%, 데친 것은 34.09%로 가열처리한 것이 높은 값을 나타내었다. 가지의 총 식이섬유 함량은 생 것이 2.70 g/100 g이었으나, 찐 것은 1.94 g/100 g으로 가열 후 낮은 값을 나타내었다. 그러나 찐 것의 수용성 식이섬유 함량이 생 것보다 높은 함량을 나타내었고, 총 식이섬유에 대한 수용성 식이섬유의 비율 또한 14.81%에서 45.36%로 크게 높아지는 것으로 분석되었다. 여주는 생 것의 총 식이섬유 함량이 3.31 g/100 g으로 데친 것 1.21 g/100 g보다 높았으며, 데친 것이 수용성 및 불용성 식이섬유 함량 모두 생 것보다 낮은 결과를 나타내었지만 총 식이섬유에 대한 수용성 식이섬유 비율은 데친 것이 생 것보다 높은 값을 나타내었다. 애호박, 추키니 호박, 단호박, 늙은 호박 등 4종의 호박 중 생 것의 총 식이섬유 함량은 단호박이 2.04 g/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 늙은 호박이 0.67 g/100 g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 생 것의 수용성 식이섬유는 0.04~0.24 g/100 g의 범위를 나타내었으나, 가열처리한 것은 0.00~0.74 g/100 g의 범위를 나타내었다. 추키니 호박을 제외한 호박은 열처리한 것이 총 식이섬유 함량이 높은 값을 나타내었다. 호박 시료 중 총 식이섬유에 대한 수용성 식이섬유의 비율이 높은 시료는 애호박으로 삶은 것이 62.71%로 생 것 32.81%보다 높았다. 박은 수용성 식이섬유는 생 것보다 데친 것이 다소 높았으며, 불용성 식이섬유는 반대로 생 것보다 데친 것이 낮은 함량을 나타내었고, 총 식이섬유는 생 것이 1.16 g/100 g이었으나 가열처리한 것이 0.57 g/100 g으로 더 낮은 값을 나타내었다. 팥두릅과 참두릅의 총 식이섬유 함량은 각각 3.62 g/100 g, 3.12 g/100 g으로 채소류 중 비교적 높은 함량을 나타내었으며, 생 것의 수용성 식이

**Table 2. Dietary fiber content according to heat treatment of vegetables**

Sample		SDF	IDF	TDF	SDF/TDF
Crops	Processing	(g/100 g)	(g/100 g)	(g/100 g)	(%)
Chinese chive ( <i>Allium tuberosum</i> R.), Yeongyang	Raw	1.14±0.01	0.37±0.03	1.51±0.01	75.49
	Blanched	0.70±0.01	0.58±0.00	1.27±0.00	55.12
Chinese chive ( <i>Allium tuberosum</i> R.)	Raw	1.90±0.02	3.45±0.03	5.36±0.05	35.45
	Blanched	0.86±0.03	2.86±0.04	3.72±0.02	23.12
Crown daisy ( <i>Chrysanthemum coronarium</i> var. <i>coronarium</i> )	Raw	0.51±0.12	1.33±0.12	1.84±0.01	27.72
	Blanched	1.03±0.12	2.06±0.08	3.09±0.20	33.33
Small water dropwort ( <i>Oenanthe javanica</i> ), Whole	Raw	0.14±0.01	1.02±0.01	1.16±0.00	12.07
	Blanched	0.34±0.05	1.07±0.01	1.41±0.04	24.11
Water-convolvulus ( <i>Ipomoea aquatica</i> ), Morning glory	Raw	0.60±0.03	2.12±0.06	2.72±0.08	22.06
	Blanched	1.26±0.03	1.60±0.00	2.87±0.03	53.16
Butterbur ( <i>Petasites japonicus</i> S. et Z. Max), Petiole	Raw	0.88±0.02	2.17±0.01	3.05±0.01	28.85
	Boiled	0.92±0.00	1.59±0.00	2.50±0.00	36.80
Butterbur ( <i>Petasites japonicus</i> S. et Z. Max), Stem	Raw	0.59±0.00	1.36±0.01	1.95±0.01	30.26
	Blanched	0.32±0.01	1.30±0.10	1.61±0.09	19.88
Curled mallow ( <i>Malva verticillata</i> var. <i>crispa</i> L.)	Raw	1.51±0.01	2.86±0.13	4.37±0.14	34.55
	Blanched	1.94±0.08	2.90±0.02	4.84±0.09	40.08
Mungbean sprouts	Raw	0.44±0.02	0.33±0.01	0.77±0.03	57.14
	Blanched	0.24±0.01	0.48±0.02	0.73±0.02	32.88
Cabbages ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> )	Raw	1.56±0.08	0.93±0.07	2.50±0.01	62.40
	Boiled	0.51±0.02	0.52±0.03	1.02±0.05	50.00
Brussels sprouts ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>gemmifera</i> )	Raw	0.28±0.02	2.35±0.13	2.62±0.11	10.69
	Blanched	1.05±0.07	2.03±0.11	3.08±0.18	34.09
Eggplant ( <i>Solanum melongena</i> L.)	Raw	0.40±0.00	2.3±0.00	2.70±0.00	14.81
	Steamed	0.88±0.03	1.06±0.01	1.94±0.05	45.36
Balsam pear ( <i>Momordica charantia</i> L.)	Raw	0.55±0.03	2.75±0.03	3.31±0.05	16.62
	Blanched	0.38±0.01	0.83±0.00	1.21±0.01	31.40
Pumpkin ( <i>Cucurbita moschata</i> ), Young pumpkin	Raw	0.21±0.01	0.43±0.01	0.64±0.00	32.81
	Boiled	0.74±0.01	0.44±0.00	1.18±0.00	62.71
Pumpkin ( <i>Cucurbita pepo</i> L.), Zucchini	Raw	0.04±0.00	0.86±0.07	0.89±0.07	4.49
	Boiled	0.00±0.00	0.55±0.02	0.55±0.02	0
Pumpkin ( <i>Cucurbita maxima</i> Lam.), Kabocha squash	Raw	0.22±0.02	1.82±0.05	2.04±0.04	10.78
	Steamed	0.11±0.00	2.40±0.03	2.50±0.02	4.40
Pumpkin ( <i>Cucurbita moschata</i> Duchesne), Old	Raw	0.24±0.01	0.42±0.01	0.67±0.01	35.82
	Boiled	0.11±0.01	0.60±0.00	0.71±0.01	15.49
Gourd ( <i>Legenaria siceraria</i> ), Flesh	Raw	0.27±0.01	0.89±0.03	1.16±0.02	23.28
	Blanched	0.31±0.03	0.26±0.04	0.57±0.01	54.39
Dureub ( <i>Aralia cordata</i> Thunb.)	Raw	1.78±0.03	1.84±0.10	3.62±0.13	49.17
	Blanched	1.83±0.07	1.40±0.02	3.24±0.05	56.48
Dureub ( <i>Aralia elata</i> )	Raw	1.14±0.04	1.98±0.06	3.12±0.10	36.54
	Blanched	1.28±0.03	1.57±0.08	2.85±0.11	44.91
Doraji ( <i>Platycodon grandiflorus</i> ), Balloon flower, Roots	Raw	1.75±0.04	0.36±0.01	2.11±0.05	82.94
	Blanched	0.75±0.01	1.57±0.02	2.32±0.01	32.32
Potato ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), Sumi	Raw	0.53±0.03	1.16±0.08	1.69±0.05	31.36
	Steamed	0.29±0.01	1.18±0.06	1.47±0.07	19.73
Radish ( <i>Raphanus sativus</i> L.), Young radish	Raw	0.37±0.10	1.18±0.06	1.56±0.04	23.72
	Blanched	0.40±0.01	0.59±0.00	0.99±0.01	40.40
Radish ( <i>Raphanus sativus</i> ), Korean radish, Roots	Raw	0.10±0.00	0.51±0.01	0.61±0.01	16.39
	Boiled	2.16±0.21	0.98±0.02	3.13±0.23	69.01

All values represent mean±S.D.

섬유가 각각 1.78 g/100 g, 1.14 g/100 g에서 데친 것은 각각 1.83 g/100 g 및 1.28 g/100 g으로 증가하였으며, 불용성 식이 섬유는 1.84 g/100 g, 1.98 g/100 g에서 1.40 g/100 g, 1.57 g/100 g으로 감소하였다. 도라지는 생 것의 수용성 식이섬유 함량이 1.75 g/100 g에서 데친 것은 0.75 g/100 g으로 낮은 값을 나타내었고, 불용성 식이섬유는 데친 것이 1.57 g/100 g으로 생 것(0.36 g/100 g)보다 높았다. 감자는 생 것의 수용성 식이 섬유와 불용성 식이섬유가 각각 0.53 g/100 g 및 1.16 g/100 g이었으나, 찐 것은 0.29 g/100 g 및 1.18 g/100 g으로 수용성 식이섬유는 찐 것이 낮은 값을 나타내었다. 열무는 데친 것이 생 것에 비하여 불용성 식이섬유가 크게 감소하는 것으로 나타났다. 조선무는 분석에 사용된 채소류 중에서 생 것 보다 가열처리 후 총 식이섬유 함량이 가장 큰 폭으로 증가한 시료로 생 것이 0.61 g/100 g, 끓인 것이 3.13 g/100 g으로 분석되었다. 특히 생 것의 수용성 식이섬유가 0.10 g/100 g이었으나, 삶은 것은 2.16 g/100 g의 함량을 나타내어 가열처리 한 것이 생 것에 비해 큰 폭으로 증가한 것으로 나타났다. 분석에 사용된 채소류 24종의 가열처리에 따른 총 식이섬유 함량이 증가한 시료는 13종이었으며, 총 식이섬유 함량에 대한 수용성 식이섬유의 비율이 증가한 시료는 쭈갓, 돌미나리, 공심채, 머위, 아욱, 방울다다기 양배추, 가지, 여주, 호박(애호박), 박, 땅두릅, 참두릅, 열무, 조선무 등이었고, 영양부추 등 나머지 시료는 가열처리한 것이 감소하였다. Seo & Kim(1995)에 의하면 가열처리에 의해 수용성 식이섬유가 증가하는 것은 펙틴질이 가열에 의해 용해되고, 식이섬유의 불용성 성분이 분자량이 작은 물질로 분해되어 수용성 성분으

로 측정되어지기 때문으로 보고된 바 있다. 또한 가열처리 도중 일부 전분 성분이 가열처리 도중 조리수에 빠져 나오면서 감소하는 것으로 보고된 바도 있어, 개별 식품이 보유하고 있는 고유의 성분에 따라 달라지는 것으로 추정된다.

### 3. 두류의 가열처리에 따른 식이섬유 함량

완두콩, 강낭콩, 렌틸콩 갈색, 렌틸콩 빨간색, 병아리콩, 작두콩의 가열처리에 따른 식이섬유 함량을 Table 3에 나타내었다. 분석에 사용된 두류의 총 식이섬유는 작두콩이 29.69 g/100 g으로 나타나 콩류 중 가장 높은 함량을 나타내었으며, 강낭콩 25.65 g/100 g, 병아리콩 21.16 g/100 g, 완두 19.83 g/100 g, 렌틸콩 빨간색이 19.53 g/100 g, 렌틸콩 갈색이 19.53 g/100 g의 순으로 전반적으로 두류의 식이섬유 함량은 높게 나타났다. 두류의 식이섬유 함량은 채소류나 해조류에 비해 월등히 높은 것으로 보아 두류는 식이섬유의 훌륭한 급원으로 생각된다. 수용성 식이섬유는 작두콩 5.92 g/100 g, 강낭콩 5.48 g/100 g, 완두콩 0.56 g/100 g, 렌틸콩 갈색 3.05 g/100 g, 렌틸콩 빨간색이 0.37 g/100 g, 병아리콩이 3.88 g/100 g으로 종류에 따라 큰 차이를 보였다. 두류에는 불용성 식이섬유가 수용성 식이섬유에 비해 높은 함량을 나타내었는데 작두콩이 23.76 g/100 g으로 가장 높았고, 강낭콩>병아리콩>갈색 렌틸콩>빨간색 렌틸콩의 순서로 높은 것으로 분석되었다. 가열처리한 두류의 총 식이섬유 함량은 작두콩이 18.40 g/100 g으로 가장 높았고, 강낭콩 12.45 g/100 g, 완두 11.92 g/100 g, 렌틸콩 갈색 11.11 g/100 g, 병아리콩 8.82 g/100 g, 렌틸콩 빨간색 6.72 g/100 g의 순서로 나타났으며, 모든 시료에서 생

Table 3. Dietary fiber content according to heat treatment of beans

Sample		SDF	IDF	TDF	SDF/TDF
Crops	Processing	(g/100 g)	(g/100 g)	(g/100 g)	(%)
Peas ( <i>Pisum sativum</i> L.), Dried	Raw	0.56±0.01	19.27±0.40	19.83±0.41	2.82
	Boiled	0.77±0.02	11.15±0.36	11.92±0.35	6.46
Kidney bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ), Dried	Raw	5.48±0.05	20.17±0.80	25.65±0.75	21.36
	Boiled	1.99±0.03	10.45±0.14	12.45±0.12	15.98
Lentils ( <i>Lens culinaris</i> Medik.), Brown, Dried	Raw	3.05±0.02	16.48±0.46	19.53±0.45	15.62
	Boiled	0.14±0.00	10.97±0.36	11.11±0.36	1.26
Lentils ( <i>Lens culinaris</i> Medik.), Red, Dried	Raw	0.37±0.00	13.49±0.36	13.86±0.36	2.67
	Boiled	0.83±0.04	5.89±0.04	6.72±0.00	12.35
Chick peas ( <i>Cicer arietinum</i> L.), Dried	Raw	3.88±0.15	17.28±0.08	21.16±0.06	18.34
	Boiled	0.11±0.00	8.71±0.18	8.82±0.18	1.25
Sword bean ( <i>Canavalia ensiformis</i> DC.), Dried	Raw	5.92±0.14	23.76±1.91	29.69±1.77	19.94
	Boiled	3.92±0.14	14.47±0.50	18.40±0.36	21.30

All values represent mean±S.D.

것에 비해 가열처리한 것의 총 식이섬유 함량이 낮게 분석되었다. 또한 완두콩과 렌틸콩 빨간색만 가열처리한 것의 수용성 식이섬유 함량이 다소 높은 값을 나타내었을 뿐, 나머지는 가열처리한 것의 수용성 및 불용성 식이섬유 함량이 생 것보다 낮게 나타났다. 가열처리 한 두류의 식이섬유 함량이 다소 낮아지는 것은 수분을 이용하여 끓임에 따른 높은 수분 함량이 하나의 원인으로 판단된다. Jeong & Sim(2020)의 연구에서 증숙 퀴노아와 볶음 퀴노아와 같이 열처리 과정을 거친 자숙 퀴노아의 총 식이섬유 함량이 오히려 감소하였으며, Hefnawy TH(2011)의 연구에서도 삶은 렌틸콩 종자의 총 식이섬유 함량이 감소하는 경향을 보여, 일부 전분 성분이 조리수에 빠져 나오면서 총 식이섬유 함량이 감소하는 것으로 보았는데 본 연구에서도 유사한 경향을 나타내었다.

#### 4. 해조류의 가열처리에 따른 식이섬유 함량

매생이, 미역, 톳의 가열처리 전후의 식이섬유 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 매생이는 생 것의 총 식이섬유가 1.93 g/100 g이었으나 끓인 것은 2.09 g/100 g으로 높았으며, 가열처리에 따라 수용성 식이섬유는 감소하고 불용성 식이섬유는 높아지는 결과를 나타내었다. 미역은 생 것의 총 식이섬유가 2.08 g/100 g이었으나 끓인 것은 0.99 g/100 g으로 가열처리한 것이 낮은 함량이었으며, 수용성 및 불용성 식이섬유 모두 마찬가지로 결과를 나타내었다. 톳 생것은 4.85 g/100 g으로 분석한 해조류 중 가장 높은 식이섬유 함량을 보였으며, 데친 톳의 총 식이섬유 함량은 5.72 g/100 g으로 증가하였다. 수용성 식이섬유는 생 것이 데친 것보다 높은 함량을 나타내었으며, 불용성 식이섬유는 데친 것이 생 것보다 높은 함량을 나타내었다. 분석에 사용된 해조류의 총 식이섬유에 대한 수용성 식이섬유의 비율은 매생이와 톳 생 것은 각각 20.73%, 57.11%로 나타났고, 가열한 것은 9.57%, 38.64%로 가열처리 후 낮아졌지만, 미역은 생 것(67.79%)보다 끓인 것(68.69%)이 다소 높게 나타났다.

## 요약 및 결론

본 연구는 농산물 및 해조류 33종의 가열처리 유무에 따른 식이섬유 함량을 분석하여 기초 데이터를 마련하고자 하였다. 실험에 사용한 분석법을 검증하여 결과의 신뢰도를 확보하기 위하여 참값을 알고 있는 표준인증물질 4종에 대한 총 식이섬유 함량을 분석한 결과, 회수율은 98.8~103.1%, 상대 표준편차(RSD)는 0.80~1.92%로 양호한 결과를 얻었다. 또한 데이터의 품질관리를 위하여 다시마를 내부표준물질로 선정하여 품질관리도표로 작성하여 데이터를 관리하였다. 채소류 24종, 두류 6종, 해조류 3종에 대한 생 것과 가열처리한 것의 식이섬유 함량을 분석한 결과는 다음과 같다. 채소류 생 것의 총 식이섬유는 0.61~5.36 g/100 g으로 분석되었으며, 수용성 식이섬유는 0.10~1.90 g/100 g으로 나타나 0.42~3.45 g/100 g으로 나타난 불용성 식이섬유 함량에 비해 낮은 함량을 나타내었다. 가열처리한 것의 총 식이섬유 함량은 0.55~4.84 g/100 g의 범위를 나타내었다. 분석에 사용된 채소류 24종의 가열처리에 따른 총 식이섬유 함량이 증가한 시료는 13종이었다. 특히 조선무는 채소류 중에서 생 것보다 가열처리 후 총 식이섬유 함량이 가장 큰 폭으로 증가한 시료로 생 것이 0.61 g/100 g, 끓인 것이 3.13 g/100 g으로 분석되었다. 생 것과 비교하여 가열처리한 채소류의 총 식이섬유 함량에 대한 수용성 식이섬유의 비율이 증가한 시료는 쑥갓, 돌미나리, 공심채, 머위, 아욱, 방울다다기 양배추, 가지, 여주, 호박(애호박), 박, 땅두릅, 참두릅, 열무, 조선무 등이고, 감소한 시료는 영양부추 등 나머지 10종의 채소가 해당되었다. 두류의 총 식이섬유 함량은 생 것이 13.86~29.69 g/100 g으로 가장 높은 함량을 나타낸 것은 작두콩 말린 것 생 것이었고, 가장 낮은 것은 렌틸콩 빨간색 말린 것으로 나타났다. 가열처리한 것의 총 식이섬유는 6.72~18.40 g/100 g으로 전 품목에서 생 것에 비해 낮은 값을 나타내었다. 총 식이섬유에 대한 수용성 식이섬유의 비율은 강낭콩 말린 것 생 것이 21.36%로 가

Table 4. Dietary fiber content according to heat treatment of seaweed

Sample		SDF	IDF	TDF	SDF/TDF
Seaweed	Processing	(g/100 g)	(g/100 g)	(g/100 g)	(%)
Seaweed fulvescens ( <i>Capsosiphon fulvescens</i> )	Raw	0.40±0.00	1.53±0.06	1.93±0.06	20.73
	Boiled	0.20±0.03	1.89±0.06	2.09±0.04	9.57
Sea mustard ( <i>Undaria pinnatifida</i> ), Wild-caught	Raw	1.41±0.06	0.66±0.03	2.08±0.03	67.79
	Boiled	0.68±0.00	0.31±0.00	0.99±0.01	68.69
Seaweed fusiforme ( <i>Hizikia fusiforme</i> )	Raw	2.77±0.03	2.09±0.07	4.85±0.10	57.11
	Blanched	2.21±0.14	3.50±0.16	5.72±0.30	38.64

All values represent mean±S.D.

장 높았으나, 가열처리한 것은 작두콩이 21.3%로 가장 높았다. 매생이, 미역, 툇 등 해조류 3종에 대한 총 식이섬유 함량은 생 것이 1.93~4.85 g/100 g이었으며, 가열처리 한 것은 0.99~5.72 g/100 g으로 매생이와 툇은 가열처리한 것이 더 높은 총 식이섬유 함량을 나타내었다.

본 연구에서는 국내 농산물 및 해조류 등 식품자원의 가열 처리에 따른 식이섬유 함량을 분석하였고, 분석 데이터는 국가표준식품성분 데이터베이스의 기초자료로 제공하고자 한다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호 PJ01453603)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## References

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16<sup>th</sup> ed. pp.71-73. Association of Official Analysis Chemists
- AOAC. 2002. AOAC Guidelines for Single Laboratory Validation of Chemical Methods for Dietary Supplements and Botanicals. pp.18-25
- Choi S, Kim SC, Son BY, Kim KT, Kim MH, Choi Y, Cho YS, Hwang J, Oh M, Oh HK. 2014. Comparison of dietary fiber and amino acid composition in frequently consumed vegetables and fruits. *Korean J Food Cookery Sci* 30:564-572
- Eom HJ, Kang HJ, Yoon HS, Kwon NR, Kim Y, Hong ST, Park J, Lee J. 2019. A study on contents of beta-carotene in local agricultural products. *Korean J Food Nutr* 32:335-341
- Gropper SS, Smith JL, Groff JL. 2009. Advanced Nutrition and Human Metabolism. 5<sup>th</sup> ed. pp.107-119. Cengage Learning
- Hefnawy TH. 2011. Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*). *Ann Agric Sci* 56:57-61
- Hwang SH, Kim JI, Sung CJ. 1996. Analysis of dietary fiber content of some vegetables, mushrooms, fruits and seaweeds. *Korean J Nutr* 29:89-96
- Jeong KY, Sim KH. 2020. Comparison of the nutritional composition of quinoa seeds cultivated in Korea depending on different cooking methods. *Korean J Food Nutr* 33:117-130
- Kang HJ, Song YS. 1997. Dietary fiber and cholesterol metabolism. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26:358-369
- Kim SH, Kim SJ, Lee HS. 2014. Effect of insoluble dietary fiber extracted from *Salicornia herbacea* L. on large intestinal function in rats. *Korean J Food Sci Technol* 46:648-654
- Korea Food and Drug Administration [KFDA]. 2011. NLS Standard Operating Procedure Analytical Methods. pp.5-27. Korea Food and Drug Administration
- Kye SK. 2014. Studies on composition of dietary fiber in vegetables. *J East Asian Soc Diet Life* 24:28-41
- Lee Y, Lee HJ, Lee HS, Jang YA, Kim C. 2008. Analytical dietary fiber database for the National Health and Nutrition Survey in Korea. *J Food Compos Anal* 21:S35-S42
- Lee YK, Lee HS, Kim BW. 1996. Effect of short-term feeding of dietary fiber supplements on glucose metabolism in subjects with non-insulin-dependent diabetes mellitus. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25:846-854
- Oh HI, Ly SY. 1998. A study on nutritional characteristics of common Korean dietary fiber rich foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27:296-304
- Park SH, Song W, Chun J. 2018. Analyses of cholesterol, retinol, beta-carotene, and vitamin E contents in regional food of South Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:429-439
- Ryu JE, Cha SH, Yi JY, Kim YK, Kim DH, Jang KI. 2017. Determination of total dietary fiber content in Muchim, Bokkeum, and Guk (Tang) of eat-out Korean foods. *Korean J Food Nutr* 3:405-412
- Seo WK, Kim YA. 1995. Effects of heat treatments on the dietary fiber contents of rice, brown rice, yellow soybean, and black soybean. *Korean J Soc Food Sci* 11:20-25
- Shin JA, Choi Y, Lee KT. 2015.  $\beta$ -Carotene content in selected agricultural foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:418-424
- Yeon S, Oh K, Kweon S, Hyun T. 2016. Development of a dietary fiber composition table and intakes of dietary fiber in Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). *Korean J Community Nutr* 21:293-300
- Yim JH, Cheong IH, Park TH, Lee YB, Han JH, Park JS, Lee KH, Lee SH, Ahn JB, Kim KY, Lee KH, Sohn HS. 2007. Effect of dietary fiber from soybean hull on the recovery of diarrhea in rats. *Korean J Food Sci Technol* 39:588-592
- Yoon JM, Chung HJ, Kim YW. 2019. Analysis of selected water-soluble vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, and B<sub>12</sub> contents in Namul (wild greens) consumed in Korea. *Korean J Food Nutr* 32:61-68

Received 14 July, 2022  
Revised 28 July, 2022  
Accepted 02 August, 2022