

식품 중 식이섬유(Dietary fiber)의 의미와 기능성 고찰 -식이섬유의 특성과 기능을 중심으로-

General concept of dietary fiber and it's functionality

신동화^{1,*}

Dong-Hwa Shin^{1,*}

¹전북대학교 명예교수

¹Chonbuk National University

Abstract

Dietary fiber is defined as soluble and insoluble polysaccharide consisted in the plant cell wall-associated fibers naturally occurring in fruits, vegetables, and cereal products, and of isolated fibers that are added to processed foods which are also artificially modified.

There are so many difference types of dietary fibers as arabinoxylan, polydextrose chicory, oligosaccharide, inulin, pectin, bran, cellulose, β -glucan, resistant starch and some seaweed polymers as alginate. Most of them provide many biological benefits in the intestine, as lower risk for developing coronary heart disease, stroke, hypertension, diabetes, obesity and some of the gastrointestinal disease like as colon cancer. And also lowering cholesterol levels, improves glycemic and insulin sensitivity to non-diabetic and diabetic persons including immune system. Beside of many benefits, average consumers in developed and under developing

countries take far less amounts of dietary fiber that international organization recommended. Adequate intake of dietary fiber is 14g/1,000kcal base using the energy guide line of 2,000kcal/day for women and 26,000 kcal/day for men, dietary intake is 28g/day of adult women and 36g/day for adult men.

The mechanisms behind the reported effects of dietary fiber on metabolic health are not fully well established. It is suggested that changes in intestinal viscosity resulting mucus increasing, macro-nutrients absorption, rate of passage of large intestinal, production of short chain fatty acids by fermentation. Production of gut hormones and changes of microbiota in intestine.

It is necessary to do more research in this field in the future and combined interdisciplinary works together.

Keywords: dietary fiber, functionality, microbiome, intestinal disease

*Corresponding Author: Dong Hwa Shin

Shindonghwa Food Research Institute

Tel: +82-10-5280-2570

Fax: +82-2-539-9361

Email: dhshin@jbnu.ac.kr

Received February 15, 2019; revised March 5, 2019; accepted March 5, 2019

서론

인간인 호모사피엔스가 이 지구에 모습을 들어 낸 것은 지금으로부터 약 250만 년 전이라고 하는데, 생명체로서 꾸준히 먹이를 필요로 하였고 이들의 역사는 먹이를 확보하기 위한 피나는 노력의 발자취라고 여겨진다. 인류 출현 후 오랜 기간 자연에 있는 식물을 채집하여 먹었고 기회가 있을 때는 동물을 사냥하여 영양원으로 이용했을 것이다. 이때를 수렵, 채집기간으로 구분하고 있으며 240만 년이 넘는 꽤나 긴 기간 동안 이런 형태를 유지하였다. 지금으로부터 1만 년 전까지는 야생에서 먹이를 어렵게 얻었으나 이후 지혜의 발달로 식물을 계획적으로 재배하여 생산하는, 농업을 발전시키게 되었다. 이와 함께 가축 사육도 시작되는 계기가 되었다. 인류 역사상 이때를 농업혁명기라고 한다(브라운, 2007). 이때부터 인간은 농업 산물과 사육한 동물로부터 안정적으로 영양을 섭취하여 육체적 안정을 이루었고, 드디어 정신 영역인 문화를 일으키는 전기가 되었다.

최초 인류의 영양 상태를 추정하기는 어렵겠지만 동물로서 지금의 생리적 기능과 기본적으로 크게 차이나지는 않을 것으로 보인다. 즉 탄수화물 등 5대 영양소를 통하여 에너지를 공급받았고 인체구성성분을 얻었을 것이라 추정한다. 지금까지 5대영양소는 충분히 확보되어 생을 유지할 수 있게 되었으나 현대에 이르러 이를 5대영양소 외에 인체 생리기능에 지대한 영향을 끼치는 성분이 하나 추가되고 있다. 즉 식이섬유(dietary fiber)로 직접 영양공급에 관여하지는 못하나 장내에 들어가 다양한 기능을 한다는 것이 지난 20여 년 동안 많은 연구자들에 의해서 증명되고 있다. 최근 급격한 식생활의 변화에 따라 식물성 보다 동물성 식품의 섭취가 늘고 이에 따라 지방질 함량이 높아짐에 따라 다양한 만성질환이 증가하고 있으며 이들 변화를 우리가 먹는 식단에서 그 이유를 찾고 있다. 가장 중요한 이유는 우리 식단에서 공급되어야 할 식이섬유량의 감소라고 생각하고 있다.

구석기시대 인간들은 식단의 구성으로 봐서 식이섬

유를 77-120g 정도 먹었을 것으로 추정하고 있으며 이는 현재 미국인이 먹고 있는 양의 5-8배에 이른다(Eaton 등, 1996). 이때는 먹을 수 있는 식품재료가 한정되어있고 가장 쉽게 얻을 수 있는 것이 식물자원으로 여기에는 풍부한 식이섬유가 함유되어있었다. 이런 식습관으로 인간의 유전인자에는 식이섬유를 장내에 받아들여 이용할 수 있는 특성을 갖게 되었다고 여겨진다.

최근에 이르러 의사, 식품학자, 영양학자들에 의하여 식이섬유의 필요성과 기능이 속속 밝혀지고 있다. 식이섬유섭취량이 줄어들 경우 당뇨병, 심혈관질환 등 각종 만성병이 증가하는 현상이 밝혀지고 있으며, 비만으로 인한 폐해가 세계적인 문제로 대두되고 있다. 식이섬유 자체는 인체 내 효소에 의해 분해, 소화되지 않기 때문에 별로 도움이 되지 않는다고 여겨지나 여기에 큰 변수가 존재한다. 즉 장내에, 특히 대장에서 공생하고 있는 100조 마리에 이르는 장내 미생물의 역할이다. 인체 대장 안에 공생하고 있는 미생물을 마이크로비옴(microbiome)이라 하는데 이들 미생물의 역할은 이제 겨우 일부를 밝혀내고 있는 초기 단계이다. 대장에 들어온 식이섬유는 이미 정착되어 생명을 유지하고 있는 수많은 종의 미생물들 먹이가 되어 분해되고, 이들 분해산물이 인체의 생리기능에 커다란 긍정적인 역할을 하고 있다. 특히 장내 미생물들은 장 점막형성에 큰 역할을 하며 형성된 장 점막이 위해물질의 흡수를 막고 유해미생물의 인체 침투를 저해하기도 한다. 특히 장내미생물들이 식이섬유를 기질로 하여 생성한 특수 발효산물은 인체의 면역 등 생리기능에 긍정적인 역할을 한다(Science Times, 2018. 1. 3).

식이섬유의 섭취량이 줄어들 경우 장내세균의 활동이 둔화되어 유익 박테리아의 기능을 제대로 발휘하지 못하고 결과적으로 소화기관 내 세포들의 점액생산이 감소되어 장내 이상증상을 유발할 수도 있다.

과실, 채소와 같은 식이섬유가 풍부한 식단은 당뇨병, 심장병, 관절염 등 만성병을 예방하고 변비개선, 장질환 발생 억제 등에 관계하고 있다. 이런 이유로 세계적으로 식이섬유의 중요성이 강조되고 있으며 식단에



Table 1. Definitions of fiber from the Codex Alimentarius Commission (Codex), the European Union (EU), the American Association of Cereal Chemists (AACC), and the Institute of Medicine of the National Academies (IOM).

Codex (2009)	EU (2008)	IOM (2001)	AACC (2000)
Dietary fiber means carbohydrate polymers with ten or more monomeric units, which are not hydrolysed by the endogenous enzymes in the small intestine of humans and belong to the following categories: Edible carbohydrate polymers naturally occurring in the food as consumed; Carbohydrate polymers which have been obtained from food raw material by physical, enzymatic or chemical means and which have a been shown to have a physiological effect of benefit to health as demonstrated by generally accepted scientific evidence to competent authorities; Synthetic carbohydrate polymers which have been shown to have a physiological effect of benefit to health as demonstrated by generally accepted scientific evidence to competent authorities	Fibre means carbohydrate polymers with three or more monomeric units, which are neither digested nor absorbed in the human small intestine and belong to the following categories* Edible carbohydrate polymers naturally occurring in the food as consumed; Edible carbohydrate polymers which have been obtained from food raw material by physical, enzymatic or chemical means and which have a beneficial physiological effect demonstrated by generally accepted scientific evidence; Edible synthetic carbohydrate polymers which have a beneficial physiological effect demonstrated by generally accepted scientific evidence.	Dietary fiber consists of nondigestible carbohydrates and lignin that are intrinsic and intact in plants. Added fiber consists of isolated, nondigestible carbohydrates that have beneficial physiological effects in humans. Total fiber is the sum of dietary fiber and added fiber.	Dietary fiber is the edible parts of plants or analogous carbohydrates that are resistant to digestion and absorption in the human small intestine with complete or partial fermentation in the large intestine. Dietary fiber includes polysaccharides, oligosaccharides, lignin and associated plant substances. Dietary fibers promote beneficial physiological effects including laxation and/or blood cholesterol attenuation, and/or blood glucose attenuation

*Also lignin and other components such as phenolic compounds, waxes, saponins, phytates, cutin, and phytosterols are considered as fiber when closely associated with carbohydrate polymers of plant origin and extracted with the carbohydrate polymers for analysis of fiber.

*Decision on whether to include carbohydrates from 3 to 9 monomeric units should be left to national authorities.

식이섬유를 포함하기 위한 조치가 강조되고 있다. 이제 식이섬유는 우리 건강에 필수요소로 자리 잡고 있다.

이 총설에서는 식이섬유의 정의와 분포, 그리고 다양한 기능에 관한 연구결과를 종합하여 이 분야 연구를 활성화하는데 도움을 주고, 기업측면에서 수행 할 내용을 제시하고자 한다.

본론

식이섬유는 식물성 식품원료에 포함된 성분으로 주로 난소화성 탄수화물의 일종으로 고분자로 구성

되었고 식물 세포벽이나 세포 간 결합물질로 존재한다. 주로 천연소재가 주를 이루나 그 외에 인위적으로 구조를 변형하여 비슷한 기능을 갖도록 하는 경우도 있다.

용해특성은 수용성과 비수용성으로 나누고 수용성의 경우 대부분 점성을 갖게 되나 비수용성은 점성이 없다. 수용성 및 비수용성 특징에 따라 인체 내 기능도 달라지는 경우가 있다. 식물성원료에는 두 가지 특성을 갖는 식이섬유가 같이 존재하는 경우가 많다. 식이섬유의 정의, 분류, 식품 중 식이섬유의 함량과 함께 식이섬유의 다양한 생리기능에 대하여 설명하고 이어서 제품 개발 등 산업적 측면에서 검토하고자 한다.

Table 2. Components of dietary fiber according to the American Association of Cereal Chemists (Lattimer, 2010)

Non Starch polysaccharides and oligosaccharides	Analogous carbohydrates
· Cellulose	· Indigestible dextrins
· Hemicellulose	· Resistant maltodextrins
· Arabinoxylans	· Resistant potato dextrins
· Arabinogalactans	· Synthesized carbohydrates compounds
· Polyfructoses	· Polydextrose
· Inulin	· Methyl cellulose
· Oligofructans	· Hydroxypropylmethyl cellulose
· Galacto-oligosaccharides	· Resistant starches
· Gums	
· Mucilages	Lignin substances associated with the NCP and lignin complex
· Pectins	Waxes, Phytate Cutin Saponin Suberin, Tannin

식이섬유란?

식이섬유(dietary fiber)는 최초로 호주화학자인 Eben Hipsley (1951)가 제안하였다. 이때는 식품 중 lignin, cellulose, hemicellulose로 설명하였다(Raninen 등, 2010). 이후 많은 변화가 있어왔고 이에 따라 간단히 정의하기는 어렵게 되었지만, 일반적으로 위나 소장에서 자

Table 3. Types of Fiber Found in Foods (Haworth 등, 2001)

Name	Food Source	Solubility	Fermentability	Structure
Lignin	All woody plant tissues	Insoluble	Not degraded	Polymers of phenylpropane (noncarbohydrate)
Cellulose	All plant cell walls	Insoluble	Slowly degraded	Glucans
Hemicelluloses	Matrix of all plant cell walls	Insoluble/soluble	Degraded more quickly than cellulose	Arabinoxylans, Galactomannans,
Pectins	Ripe fruit(e.g apples, oranges)	Soluble	Rapidly degraded	Xyloglucans Galactouronans, Arabinogalactans, α -glucans
Gums	Guar, locust bean	Soluble/dispersable	Rapidly degraded	Arabinoxylans Galactomannans, Arabinogalactans
Mucilages	Seeds	Soluble/dispersable	Rapidly degraded	Branched galactans

체 효소에 의하여 분해될 수 없는 고분자 물질로, 식물 기원과 함께 더 넓게 포괄하여 비식물성(동물, 균류 기원)과 인위적으로 변형시킨 물질까지 포함할 수 있다(Nancy 등, 2001). 현대에 이르러 식이섬유의 범위가 넓어졌으며 국제기구마다 조금씩 다른 정의를 내놓고 있다(Table 1).

Table 1에서 보면 4개 기관의 정의 중 Codex 정의가 자세하고 폭넓게 설명하고 있으나 공통적으로 비소화성 탄수화물과 합성품을 포함하면서 기능에 대하여 설명하고 있다. 학술적으로는 고등동물이 소화 흡수할 수 없는 식품성분으로 고분자수용성·비수용성물질로 정의하고 있다(식품과학기술대사전).

식이섬유는 오래전부터 건강식단의 필수 성분으로 인식되고 있으며 식이지침에도 일일권장섭취량을 제시하고 있다.

식이섬유의 분류,

식이섬유는 천연물기원 그리고 수용성여부와 물리 화학적 특성 및 합성식이섬유 등으로 크게 구분할 수 있다. 가장 쉽게 구분하는 것은 수용성과 비수용성으로 이들의 기능은 서로 다르다.

특성에 따라 식이섬유를 분류해 보면 Table 2와 같다.



Table 4. Constituents and characteristic of grain fiber, Inulin, and polydextrose.(Raninen 등, 2010)

Character	Grain fiber	Inulin	Polydextrose
Carbohydrate constituents	Arabinoxylans,β-D-glucans, Cellulose, glucomannans	Inulin	Polydextrose
Associated components	Lignin, proteins, phenolic compounds	Disaccharides and oligosaccharides	Glucose polymer with sorbitol and groups, randomly branched
Structure	Complex plant cell wall architecture composed of different biopolymers	Linear fructose polymer usually with terminal glucose, DP 3-60	chains average DP 12 synthesized
Source	Grains, cereal foods	Isolated usually from chicory	
Water solubility	Partial	Variable	High
Viscosity(gel-forming)	Variable	Low	-
Fermentability	Partial	Rapid	Slow

Table 3에서 보면 크게 3 group으로 나눌 수 있으며 모두 고분자물질이고 수용성, 비수용성이 있다. 식물기원이 많으나 수용성 식이섬유는 pectin, gum류, inulin류, fructan이 있다. 탄수화물 유사 물질들도 있다.

이들 식이섬유의 종류별 존재 및 특성을 보면 Table 3과 같다.

Table 3에서 보면 식물기원 식이섬유들은 수용성 여부나 발효특성에서 차이가 나고 있으며 화학구조도 다르다. 특히 발효특성은 대장에서 장내미생물에 의한 발효가능성과도 관계가 된다. 위나 소장에서 분해되지 않는 식이섬유라 하더라도 대장에서 생존하는 수많은 종의 미생물에 의하여 분해가 일어나고 분해된 산물이 인체 생리기능에 관계된다는 것이 많이 알려지고 있다 (Raninen 등, 2010).

한편 FDA는 천연에 존재하는 식이섬유와 분리 혹은 합성한 식이섬유 범주에 드는 것을 분류하여 다음과 같이 제시하고 있다(FDA, 2019)

- 천연으로 존재하는 식이섬유들로 식품에 첨가할 수 있는 것들.
- Beta-glucan · Soluble fiber, · Psyllium husk
- Cellulose, · Guar gum, Pectin, · Locust been gum
- Hydroxypropyl methyl cellulose

- 식이섬유 범주에 드는 것으로 비소화성 탄수화물로 식이섬유 범주에 드는 것들로 식품에 사용할 수 있는 것들
- Mixed plant cell wall fiber (a broad category that includes fibers like sugarcane fiber and apple fiber, among many others)
- Arabinoxylan, · Alginate · Inulin and inulin-type fructans, · High amylose starch (resistant starch), · Galactooligosaccharide, · Polydextrose, · Resistant matodextrin/dextrin

식이섬유의 종류별 특성을 구분해 보면 Table 4와 같다.

Table 4에서 보면 곡류에는 다양한 성분의 식이섬유가 함유되어있고 식물원에 따라서 다른 식이섬유가 함유되어있다.

존재 기원에 따라 식이섬유를 분류하면 Table 5와 같다.

Table 5에서 보면 기원에 따라서 구성성분이 서로 다를 수 있다. 특히 미생물계는 다른 식물기원과 다른 구성 성분을 갖고 있다.

식이섬유별 성질과 특성을 간단히 설명하면 다음과 같다(Lattimer, 2010).

- Arabinoxylan : Hemicellulose의 일종으로 통곡물 식이섬유의 주성분이고 과피와 배유에 많이 함유, 수용성이고 대장 내 균으로 발효가 됨.

Table 5. 기원에 따른 식이섬유 분류(국가표준식품성분표)

분류	기원	소분류	성분		
불용성	세포벽 구조물질	식물계	셀룰로오스 헤미셀룰로오스 불용성펙틴 리그닌	글루코오스, 셀로비오스 자일로오스, 금루쿠론산, 아라비노스 갈락투론산, 갈락토오스 방향족탄화수소중합체	
		동물계	키틴	글루코사민, 키토비오스	
		비구조물질	동물계	콘드로이친황산	뮤코다당류
		비구조물질	식물계	식물점질물(펙틴) 중자점질물	갈락투론산, 아라비노스 갈락토만난
	해초추출물 한천, 카라기닌, 알긴산			아가로오스, 아가로펙틴, 갈락투론산	
수용성	미생물계	크산틴 플루란	글루쿠론산, 만노오스 클루코스로부터 폴리머글루칸		
	천연고분자 유도체	알긴산계 셀룰로오스계	안긴산, PG에스테르, 카복시메틸셀룰로오스(CMC)		

- Inulin : 과당의 고분자물질이고 양파, 마늘, 밀, 안티초크, 바나나 등에 들어있고 맛을 개선하거나 입안의 촉감에 기여한다. 기능성원료로 사용.
- β -glucan : 포도당의 연쇄물로 β 1-4와 β -3 결합을 하고 있으며 곡류 배유 주로 보리, 귀리에 많이 들어있다. 수용성이고 강한 점성을 갖음.
- Pectin : Galacturonic acid가 α 1-4 결합한 고분자 물질이고 수용성 다당류로 소장을 지나 대장에서 미생물에 의해 분해된다. 감귤 껍질에 0.5%~3.5% 함유됨.
- 겨(Bran) : 곡류의 외피를 구성하고 세포성 외피, 종자껍질, 과피를 형성하고 있다. 장내에서 잘 분해가 되지 않으나 장내에서 식후 혈당 강하에 관계가 없음.
- Cellulose : 포도당의 β 1-4 결합한 고분자물질로 과실이나 채소들의 세포벽 구성 성분이다. 대장에서 발효되어 단쇄지방산(short chain fatty acid)을 생산, 인체에 여러 기능성을 부여함.
- Resistance starch : 소장에서 분해되지 않는 전분으

로 저항성 전분이라 한다. 수용성 섬유같이 작용하며 기초성이나 입안 촉감에 관여한다. 식후 혈당 강하에 기여함.

식품 중 식이섬유 함량과 권장량

여러 식품소재 중 식이섬유량은 많은 차이가 있으며 이들 식이섬유도 수용성, 비수용성으로 나뉘지며 이들의 성분도 차이가 있다. 식이섬유 함량 분석기관에서 곡류, 채소류, 과실류, 균류, 해조류의 식이섬유 함량을 비교한 결과는 Table 6과 같다.

Table 6에서 보면 곡류가 식이섬유 함량이 비교적 높고, 다음으로 두류이며 채소류나 과실류는 생것의 경우 수분함량이 높아 전체적으로 식이섬유 함량은 낮다. 그러나 건조제품은 수분이 제거되어 상대적으로 높은 것을 알 수 있다.

에너지 섭취량을 기준으로, 먹는 식품별 식이섬유 함량을 비교해보면 Table 7과 같다.

Table 7에서 보면 곡물과 데친 채소류, 사과에



Table 6. 식품원료별 식이섬유함량(국립농업과학원, 2016)

식품원료	에너지	총 식이섬유	식품원료	에너지	총 식이섬유		
곡물	귀리(오트밀)	348	18.3	두류	돼지감자(생것)	35	1.8
	메밀(생것)	345	6.3		곤약(생것)	6	2.4
	멥쌀(배아미)	357	1.3		마(생것)	47	2.4
	멥쌀(백미 생것)	354	-		참뿌리(생것)	100	4.4
	멥쌀(추청, 생것)	356	5.7		토란(생것)	53	2.8
	밀(통밀, 생것)	330	16.0		강낭콩(생것)	172	14.1
	밀(도정, 생것)	321	-	녹두(삶은 것)	158	9.8	
	보리(쌀보리, 생것)	346	12.8	리마콩(말린 것)	351	19.6	
	보리(겉보리, 탈맥)	327	17.0	동부(말린 것)	349	20.0	
	보리(미숫가루)	334	12.8	렌즈콩(말린 것)	359	10.5	
	옥수수(배, 생것)	138	4.9	완두콩(생것)	114	8.5	
	조(메, 생것)	357	5.9	작두콩(생것)	125	11.2	
	감자류	감자(생것)	50	2.7	잡두(생것)	341	25.0
감자(구운 것)		68	2.0	쥐눈이콩(말린 것)	403	22.2	
고구마(생것)		117	2.2	대두(말린 것)	409	25.6	
고구마(호박, 생것)		100	2.0	견과류, 종실류	개암(볶은 것)	684	7.4
견과류, 종실류	땅콩(말린 것)	525	13.4	들깨(말린 것)	526	22.0	
	밤(생것)	133	5.4	감(생것)	63	2.8	
	아마씨(볶은 것)	564	24.0	구기자(생것)	68	5.8	
	참깨(말린 것)	558	14.9	굴(생것)	49	1.5	
채소류	배추(봄, 생것)	12	1.2	구지뽕(생것)	71	5.0	
	배추(삶은 것)	14	2.8	대추(생것)	99	3.0	
	보리순(동결건조)	256	41.1	무화가(말린 것)	302	20.8	
	뽕잎(생것)	58	10.7	바나나(생것)	79	1.9	
	브로코리(삶은 것)	27	3.7	배(생것)	37	3.3	
	삼채(생것)	20	4.1	사과(생것)	49	2.3	
	청상추(생것)	20	3.7	살구(말린 것)	243	10.4	
	셀러리(생것)	14	2.2	유자(전체)	46	8.2	
	배추(생것)	13	2.0	포도(텔라워리)	63	4.2	
	배추(봄동)	19	2.5	감(생것)	63	2.8	
				구기자(생것)	68	5.8	
				굴(생것)	49	1.5	
				구지뽕(생것)	71	5.0	
				대추(생것)	99	3.0	
				무화가(말린 것)	302	20.8	
				바나나(생것)	79	1.9	
				배(생것)	37	3.3	
			사과(생것)	49	2.3		
			살구(말린 것)	243	10.4		
			유자(전체)	46	8.2		
			포도(텔라워리)	63	4.2		

서 상당량의 식이섬유를 섭취하고 있으며 전체량으로 보면 밀기울과 굴 껍질에서 얻는 양이 가장 높다. Polygalacturonic acid는 감귤 껍질에서 가장 많이 섭취

하고 있다.

한편 일인 하루 식이섬유 섭취량은 점점 줄어들고 있는데 이에 따른 생리적 기능에 많은 부정적인 영향을

Table 7. Some fiber-providing foodstuffs supplied by an energy intake of 2550 kcal/day, and total dietary fiber and polygalacturonic acid content (Stasse-Wolthusis 등, 1980)

	Diet				Total dietary fiber content	Polygalacturonic acid content
	Low fiber	Vegetable/ fruits	Citrus pectin	Bran		
	g/day				g/100g edible portion	
Low-fiber bread	225	200	225		3.2	0.1
Bran bread				250	8.6	0.1
Raw wheat bran				4	50.4	0.1
Potatoes, cooked	200	150	200	200	3.0	0.2
Vegetables, raw ^c	75		75	75		
Cucumber					0.7	0.2
Lettuce					1.3	0.3
Cabbage					2.6	0.6
Vegetables, cooked ^c		400				
Green cabbage					3.4	0.7
Sliced beans					4.4	0.8
Carrots					2.7	0.9
Endive					5.6	0.8
Beetroots					2.8	0.4
Tomatoes		170			1.4	0.3
Apples, with skin		600			2.3	0.5
Citrus pectin			9		95	76
Planned intake of						
Dietary fiber	15	41	24	34		
Polygalacturonic acid	1	8	8	1		

비치고 있다. 대부분 개발국에서 거주하는 소비자의 식이 섬유량을 10-25 g/일이고, WHO는 37 g을 권장하고 있다(Yoon 등, 2008).

우선 여러 기능을 정상화시키기 위하여 필요한 권장식이섬유 섭취량을 보면 Table 8과 같다.

Table 8에서 보면 나이에 따라 체중 증가에 따라 식이섬유 섭취 권장량이 증가하고 있으며 또 다른 기준은 에너지 섭취량에 따라 식이섬유 섭취량 기준을 제시하고 있다. 즉 섭취열량 1,000 kcal당 10-13 g의 식이섬유를 권장하고 있으며(Millerwe 등, 1994) 어린이에게도 권장하는 양이 다르다(Table 9).

Table 9에서 보면 어린이와 청소년에게 권장하는 식이섬유량은 나이에 따라 증가하는 것을 볼 수 있으며 기관에 따라 약간씩 차이가 있다.

한편 USDA에서 발표한 Dietary Guideline(USDA,

2015)에 따르면 섭취열량 섭취량과 성별에 따라 구분하고 있다(Table 10).

Table 8. Dietary reference intake values for total fiber by life stage (Slavin, 2005)

Life stage	Adequate intake (g/d)	
	Male	Female
1-3y	19	19
4-8y	25	25
9-13y	31	26
14-18y	38	26
19-30y	38	25
31-50y	38	25
51-70y	30	21
>70y	30	21
pregnancy		28
Lactation		29



Table 9. Fiber intake recommendation (AI) in children ages 2–18y old (Kranz 등, 2012)

Age and gender groups	AI for children g total fiber/d
1–3y	19
4–8y	25
AI for boys	
9–13y	31
14–18y	38
AI for girls	
9–13y	26
14–18y	26

Table 10에서 보면 전체 섭취 열량과 권장하는 식이 섬유 함량은 달라지며 성별에 따라서도 차이가 있음을 알 수 있다. 이때 단백질 섭취 권장량은 달라지나 탄수화물 양은 변하지 않고 있다.

식이섬유의 기능

식이섬유는 인체 내에서 다양한 긍정적인 기능을 보이며 크게 다음과 같이 나눌 수 있다.

- 식이섬유가 장통과 중 일어나는 변화

식이섬유가 입을 통하여 위, 소장, 대장을 통과하여 배설 될 때까지 변화를 보면 Fig1.과 같은 과정을 거친다(Harworth 등, 2001).

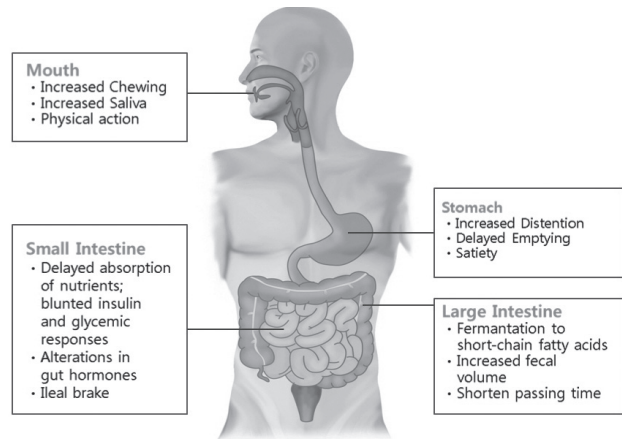


Fig. 1. The effect of fiber action in the gastrointestinal tract

- 식이섬유가 인체에서 일으키는 기능

① 섭취가능 에너지의 희석

대부분 가용성 섬유는 대장에서 일부 발효(40% 정도)되어 단쇄지방산을 생산하나 수용성, 비수용성 섬유는 희석에 의하여 단위무게 당 에너지 농도를 낮춘다.

② 저작기능촉진

섬유질이 많을 때 입속에서 씹는 빈도가 높아져 만족감을 촉진한다.

③ 위 팽창에 관여

씹는 과정에서 생기는 침과 위산에 의해서 포만감을 준다.

Table 10. Daily nutritional goals for age–sex groups based on dietary reference intake & dietary guidelines recommendations (USDA, 2015)

	Source of Goal	Child 1–3	Female 4–8	male 4–8	Female 9–13	Male 9–13	Female 14–18	Male 14–18	Female 19–30	Male 19–30	Female 31–50	Male 31–50	Female 51+	Male 51+
Caloric Level(s) Assessed		1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	1,800	2,200, 2,800, 3,200	2,000	2,400, 2,000, 3,000	1,800	2,200	1,600	2,000
Macronutrients														
Protein, g	RDA	13	19	19	34	34	46	52	46	56	46	56	46	56
Carbohydrate, g	RDA	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
Dietary Fiber, g	14 g/1,000 kal	14	16.8	19.6	22.4	25.2	25.2	28	30.8	28	25.2	30.8	22.4	28

④ 위내 공복감 지연

특히 수용성식이섬유는 점질성으로 영양소를 잡고 있으며 소화지연 및 위에서 통과 시간을 지연시킨다.

⑤ 장내 흡분 조절

에너지 흡수와 체중조절에 관계되는 흡분 생성에 관계된다고 추정된다.

⑥ 열원 배설

주로 과일과 채소류에 함유된 수용성으로 발효가 가능한 식이섬유는 전체적으로 지방과 단백질의 흡수를 감소시킨다(Sckroeder 등, 2013).

• 식이섬유의 여러 기능들

장내에서 식이섬유가 여러 작용을 거쳐 일어나는 기능을 요약하면 Fig 2와 같다.

Fig 2에서 보면 크게 체중감소, 포만감유지, 흡분의 조절, 에너지 흡수제한, 발효에 의한 단쇄지방산 생성을 통하여 다양한 기능을 하고 있다.

전체적으로 식이섬유(DF)는 수용성과 비수용성에 따라 다른 기능을 보여주고 있다(Fig 3).

Fig. 3에서 보면 비수용성은 2형 당뇨병위험을 낮추고 인슐린 감수성을 높이며 장내 변 통과시간을 빠르게 한다. 수용성 식이섬유는 식후 포도당 반응을 낮추고 LDL강화 및 공복감을 감소 시킨다.

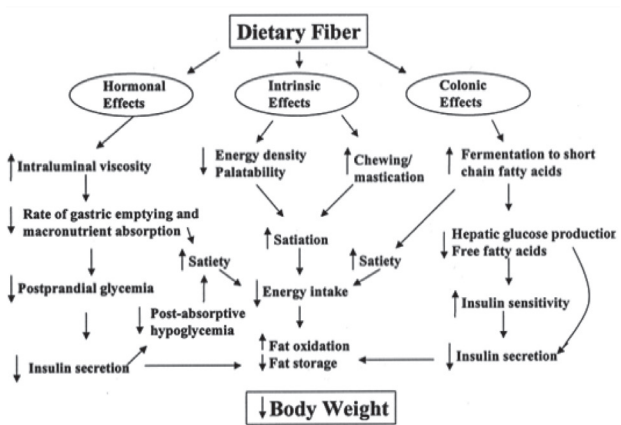


Fig. 2. How many dietary fiber affects physiologic measurements(Slavin, 2005)

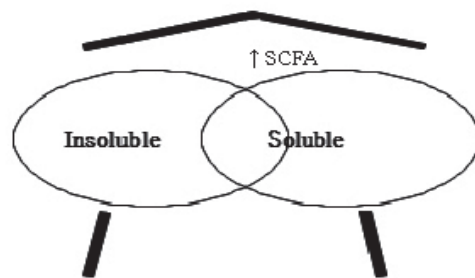
• 심혈관 건강과 섬유

심혈관 질환에 의한 사망자가 계속 증가하고 있으며 세계적으로 3대 사망원인으로 알려져 있다. 이 질병의 원인은 식이, 운동, 흡연으로 알려져 있으며 특히 식품 섭취와 관계가 60%에 이른다(Kris-Etherton 등, 2002). 식이섬유 섭취량이 많아지면 심혈관 질환 발생률이 낮아지며 뇌졸중과 말초혈관 질환, 고혈압, 당뇨, 비만, 고지혈증을 완화시킨다(Lairon 등, 2005).

이 영역에서의 질환으로 관상동맥, 뇌졸중의 발생억제에 식이섭취가 관계되며 보리 중 glucan, 구아검, 귀리, 펙틴 등 식이섬유 종류에 따라서 효과가 달라지고 있다(Anderson 등, 2009).

관상동맥질환에 관계되는 식이섬유는 질병이나 귀리의 β -glucan이 가장 잘 알려져 있으며 FDA에서도 health claim을 하고 있다(US Department of Health and Human Service, 1998). 특히 심혈관 질환과 관계있는 수축기, 이완기 혈압의 저하에 관여한다(Anderson, 1983).

- \uparrow energy density
- \uparrow bulking effect
- \downarrow weight gain
- \uparrow satiety (?)
- $\uparrow \downarrow$ gut hormones
- \downarrow Inflammation
- (?) gut microbiota



- \downarrow risk of type 2 diabetes
- \uparrow insulin sensitivity
- \uparrow gut transit time
- \downarrow postprandial glucose response
- \downarrow total and LDL cholesterol
- \downarrow gastric emptying

Fig. 3. Potential effects of DF consumption, Colonic fermentation with the production with the production of SCFA can be observed with most types of DF to some extent, but it tends to be more pronounced with soluble DF in naturally available foods. (Weickert과 Pfeiffer, 2008)



Table 11. Dietary fiber intake related to relative risk for disease based on estimates from prospective cohort studies

Disease	No. of subject (no. of studies)	Relative risk*	95% CI
Coronary heart disease	158,327(7)	0.71	0.47-0.95
Stroke**	134,787(4)	0.74	0.63-0.86
Diabetes	239,485(5)	0.81	0.70-0.93
Obesity	115,789(4)	0.70	0.62-0.78

* Relative risks adjusted for demographic, dietary, and non-dietary factors.

**Estimates related to whole-grain consumption, total dietary fiber and cereal fiber.

• 당뇨병 예방 및 관리

식이섬유 섭취와 당뇨병 발생억제에 대한 많은 논문들이 발표되어 당뇨병 관계를 밝히고 있다(Anderson, 1983). 대부분 대사기능장애로 일어나며 미국인들의 경우 인구의 8%가 당뇨병에 이환되었고 예비 당뇨병자는 23%에 이른다. 이들의 90%는 2형 당뇨병으로 알려지고 있다.

고 식이섬유 섭취 군에서는 인구집단연구에서 현저하게 발병율을 낮추고 있으며 높은 상관관계를 보이고 있다(Anderson 등, 2009, Anderson과 Conley, 2007).

식이섬유 섭취에 의한 여러 기능을 비교해 보면 Table 11과 같다.

Table 11에서 보면 당뇨병 뿐 만 아니라 식이섬유 섭취는 심혈관 질환 및 비만과도 관계가 있음을 밝히고 있다.

그 외 식이섬유와 당뇨병 관계에 대해서는 많은 연구 결과가 발표되어 깊은 상관관계가 있음을 알 수 있다(Weickert과 Pfeiffer, 2008).

당뇨병예방을 위해서는 25-50 g/day을 권장하고 있으며 이는 15-25 g/1000 kcal에 해당한다(Anderson 등, 2009).

• 비만 예방과 체중 변화

당뇨와 함께 식이섬유에 의한 비만 예방은 많은 연구가 수행되었으며 효과가 임상학적, 생리학적으로 뚜렷이 증명되고 있다(Galister 등, 2008, Anderson, 2008). 실험대상 남녀 포함 100,000명을 대상으로 식이섬유 식이실험을 한 결과 95% 신뢰도에서 0.62-0.78의 상관관계가 있음을 보고하고 있다(Table 11).

식이섬유를 섭취하면 장내에서 만족감을 주는 호르몬(leptin)생성과 연관된다고 보고하였으며 이에 따라 총 에너지 섭취량과도 관계가 될 것으로 판단된다. 식이섬유 섭취량과 체중 감소는 통계적으로 신뢰성을 갖고 체중 감소에 관여한다(Anderson, 2008).

이 결과는 Fig. 4에 잘 나타나고 있다(첫 4주째 식이섬유, Control:식이섬유비율 ; 2.0% : 3.2%, 8주째 2.9%:4.9%, 12주째 2.7%:4.9%).

Fig. 4에서 확실히 나타났듯이 식이섬유의 투여량을 증가시키면 체중 감소가 뚜렷함을 보여주고 있다.

• 위장기능과 건강

식이섬유는 입으로부터 들어가 대장을 거쳐 항문으로 배출될 때까지 많은 변화를 거친다. 식이섬유가 많

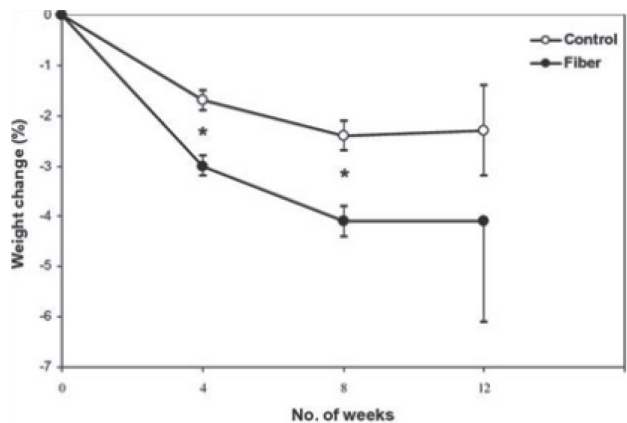


Fig. 4. Weight losses achieved with fiber-supplemented diets versus control diets. Values are means±SEM. Data in 15 studies obtained at 4 and 8 weeks, and additional data in 9 of those studies obtained at 12 weeks. Significant differences were seen at 4 weeks (P=0.0063) and 8 weeks(P=0.0088).

이 함유된 식품은 에너지밀도가 낮고, 먹는데 시간이 더 걸린다. 가용성 식이섬유는 공복감을 지연시키고 소장통과를 지연시킨다. 이 때 위장 내에 여러 호르몬생성을 촉진하여 식욕을 돋운다(Anderson, 2008).

초기 연구자들은 위장기능과 관계되는 질병들이 식이섬유 섭취량 감소와 관계된다고 보았고(Anderson 등, 2009) 집중적인 연구결과, 식도암, 위암, 소화성 궤양, 담낭질환, 변비, 치질등과 관계된다고 보고하였다(Cummings, 2001). 근래 늘어나고 있는 대장암발생도 식이섬유 섭취량 감소와 관계가 있다고 하는데 이는 식이섬유가 발암성물질을 희석시키고 단쇄지방산 생성으로 이들이 보호 작용을 하는 것으로 여긴다(Park 등, 2005). 이후 통곡물 섭취로 대장암발생 억제가 확인되고 있다(Schatzkin 등, 2007). 또한 십이지장궤양도 식이섬유섭취량과 관계가 있다(Ryan-Harshman과 Aldoori, 2004).

식이섬유섭취에 따른 증상 개선에 효과가 탁월한 점은 변비다. 일반적으로 변비는 장 기능 이상에 의해서 일어나는데 하부 복통, 불편, 가스 차는 것, 치질, 설사, 변비를 유발한다. 밀기울, methyl cellulose, 부분 가수분해한 구아 검, 질경이 씨 등이 효과가 있다고 알려져 있다(Anderson 등, 2009). 모두 식이섬유가 많이 함유되어 있는 것들이다.

• 면역 기능과 식이섬유

인간의 소화기관은 가장 비중이 큰 면역기능을 수행한다. 장에 존재하는 림프세포는 인체 중 60%에 해당하는 림프구(lymphocyte)가 분포되어 있다. 장내면역기능은 식이성분, 특히 prebiotic 섭취와 관계가 깊다(Vos 등, 2007). 대부분 prebiotic은 비소화성 탄수화물로 대장에서 발효가 일어난다. Inulin과 oligo당에 대해서 많은 연구가 진행되었고 이들은 Bifidobacteria 나 Lactobacilli의 증식에 도움을 주는 좋은 기질인데, 이들 균이 증식하면서 단쇄지방산을 생성하여 면역체계를 활성화 한다(Vos 등, 2007). 이기작은 단쇄지방산에 의한 pH강하 및 유해 미생물 수를 감소시키는 기능도 포함된다. 그 외 면역기능 개선에는 많은 연구결과가 있

는데 장 기능개선(Stasse-Wdthuis 등, 1980), 장내미생물과 관계된 면역기능개선(Caro 등, 2018) 등이 있다.

식이섬유는 인간이 분비하는 효소에 의해서 분해되지 않으나 장내에 공생하고 있는 수많은 종의 미생물이 분비하는 효소의 작용에 의해서 분해되면서 생산하는 단쇄지방산이나 다른 사물들이 면역기능개선, 장 세포와의 교신, 장내 pH의 조절 등 다양한 역할을 한다.

• 식이섬유 섭취에 의한 대변 량 변화

여러 기원별 식이섬유를 섭취한 결과 대변 량과 장 통과 시간을 비교해 본 결과 Table 12와 같다(Stasse-Wothuis 등, 1980).

Table 11에서 보면 밀기울에서 대변 량이 가장 많이 증가하였고 다음이 채소류였으나 감귤류는 가장 낮았다. 장을 통과하는 시간도 대변 량과 비슷한 경향이였다(Vuksan 등, 2008). 한국인을 대상으로 실험한 결과 식이섬유 섭취 군이 과도한 힘주기, 완전한 배변감이 호전되었고 대장 통과시간이 유의적으로 단축되었다(Kim 등, 2006).

• 장내 미생물에 미치는 영향

식이 섬유 섭취량과 장내 미생물의 분포와 미생물 수도 영향을 받고(Trompette 등, 2013) 장 내 미생물의 발효작용에 의해서 발효 산물과 항산화 기능을 개선한다(Saura-Calixto, 2010). 식이 섬유 원으로 alginates를 급여했을 경우 장내 미생물에 의해서 24시간 이내에 80%가 분해되며 호기성균의 대사에 사용된다고 추정하고 있다

계속 alginates를 급여하는 경우 발효 량이 증가하여 대변에 30%만이 회수되고 있다(Suzuki 등, 1993). 죽순의 식이섬유는 급여 시 분변 중 Lactobacillus속이 유의적으로 증가하고 Bacteriodes 속은 유적으로 감소함을 밝히고 있다(Park과 Jhon, 2013).

이들 연구 결과를 종합해보면 장내 미생물이 발효기작을 통하여 고분자물질인 식이섬유를 분해하여 단쇄지방산이나 다른 대사산물로 전환하고 이들 물질이 생리기능을 발현한다고 본다.



Table 12. Fecal output and mean transit time per group (mean±SD) (Stasse–Wolthuis 등, 1980)

Attribution	Control (n = 16)	Vegetables/fruits (n = 15)	Cirus pectin (n = 14)	Bran (n = 16)
Wet weight(g/24 hr)				
Control period	89 ± 54	89 ± 37	89 ± 34	89 ± 53
Change over experimental period	-1 ± 35 ^a	+49 ± 44 ^b	+10 ± 29 ^a	+77 ± 31 ^b
Level of significance ^c	NS	<i>P</i> < 0.01	NS	<i>P</i> < 0.01
Dry matter(g/100 g wet weight)				
Control period	26 ± 5	26 ± 6	25 ± 3	25 ± 5
Change over experimental period	+2 ± 4 ^a	-3 ± 4 ^b	+1 ± 2 ^a	-3 ± 4 ^b
Level of significance	NS	<i>P</i> < 0.05	NS	<i>P</i> < 0.01
Mean transit time (hr) ^d				
Control period	73 ± 48	66 ± 40	59 ± 25	67 ± 28
Change over experimental period	+18 ± 39 ^a	-13 ± 22 ^b	+4 ± 35 ^{a,b}	-19 ± 19 ^b
Level of significance ^c	NS	<i>P</i> < 0.05	NS	<i>P</i> < 0.01

^{a,b}Common symbols indicate that responses of different groups are not significantly different from each other according to analysis of variance followed by a Tukey range test (9). ^cA paired t test was used to determine whether average changes per group were significantly different from 0. ^dData for 15 subject in the control group.

식이섬유의 부정적인 영향

식이섬유에 대한 긍정적인 연구결과도 많지만 과량 섭취 시 비타민, 무기질, 단백질 그리고 열량흡수를 저해할 수도 있으며(권장량에서는 문제없다고 알려짐), 과량섭취 시 설사를 일으키기도 하고 혐기성 미생물에 의해 수소, 메탄, 탄산가스를 생성하여 장내가 더부룩하기도 한다. 또한 맹장결석의 원인이 되기도 한다(ADA Report, 2002).

앞으로 체질에 따른 개인에 적당한 식이섬유량이 제시될 필요가 있다.

식이섬유의 산업적 측면

지금까지 알려진 결과에 의하면 식생활 변화에 따라 일반식에서, 식이섬유 섭취량이 권고량의 반에도 못미쳐, 건강에 큰 걸림돌이 되고 있다. 식이섬유섭취에 따른 많은 장점이 제시되었으나 소비자들 스스로 일정량의 식이섬유를 따로 매일 먹기는 어렵다. 따라서 일상식에서 권장필요량의 식이섬유를 여러 음식과 함께 먹는 것이 가장 자연스러울 것이다. 이미 제시된 데로 통곡류, 채소류와 과실류의 섭취량을 늘리면 자연스럽게

게 필요 식이섬유량을 충족시킬 수 있으나 이 방법과 함께 식이섬유를 별도로 첨가하여 조제된 식품을 생산, 보급할 수도 있는 것이다.

식이섬유의 건강유익성이 알려짐에 따라 젊은 층에서는 체중과 비만관리, 노장령 층에서는 만성병의 발병과 소화기계 질환억제를 위해 관심이 높아지고 있다. 산업계에서도 식이섬유가 함유된 제품을 생산, 판매를 촉진하고 있으며 앞으로 소비자의 건강 지향적 취향에 따라 전망이 밝은 분야로 판단된다. 이제 법적으로도 식이섬유 함량표기를 제도화하여 소비자가 선택할 수 있도록 하는 것도 식이섬유 섭취량을 늘리는 한 방법이 될 것이다.

Tate & Lyle의 연구에 의하면 소비자 조사에서 응답자의 44%가 더 많은 섬유질이 함유된 식사를 하고 싶다고 당하였고, 유럽 내 기업들도 섬유질 함유 제품 생산에 관심을 갖고 있으며 유제품 업체인 Arla는 식이섬유를 상당량 함유한 요거트를 출시하였다(KATI, 2018.12.31). 대만에서도 식이섬유로 설탕을 대체한 저당식품, 면류, 아이스크림, 초콜릿 등이 출시되고 있으며, 호주 연방과학 및 공업연구소(CSIRO)는 보리를 이용한 변비 및 장내 균 조절식품을 개발하였다(KATI, 2018.12.31).

중국에서는 식이섬유를 EPA, DHA 등과 함께 필수 성분으로 제정하였으며 노인식과 함께 새로운 트렌드로 자리 잡고 있다(KATI, 2018.09.26.). 아울러 식이섬유가 많이 함유된 귀리나 퀴노아가 가공식품에 다양하게 활용되고 있다(KATI, 2018.10.18).

2018년 초 미국 FDA는 8가지 식이섬유를 영양 라벨에 포함시켰고 중국 소비자들 50%는 식이섬유 섭취량을 증가시킨 식이섬유와 관련된 신제품 출시량이 21%나 증가하였다. 이는 장 건강, 체중관리, 대뇌건강에 긍정적 영향이 있다는 것이 확인되면서 중국소비자의 인식이 변하고 있는 경향이다(KATI, 2018.12.06). 소비경향을 보면 간식에서 음료로 확대되고 있으며 “스프라이트 식이섬유+”가 출시되었으며(7.5g 식이섬유 함유), 코카콜라도 비슷한 제품을 내놓고 있다(KATI, 2018.12.25).

ARLA가 식이섬유 함유 제품에 적극적이며, 요거트 100g당 32g의 식이섬유를 함유하고 있으며 평균 0.2-1g의 식이섬유를 함유하는 제품도 같이 나오고 있다. 이들은 기능성식품으로서의 이미지를 부각시키고 있다(KATI, 2018.02.06.).

우리나라에서도 김치에 식이섬유를 넣은 “식이섬유 김치”가 출시되었는데 보통 김치에 비해 식이섬유 함량이 4배로 강화하였다. 이 제품의 목적은 단지 김치만 먹고도 일상생활에서 부족하기 쉬운 식이섬유를 보충할 수 있다고 강조하고 있다(KATI, 2018.01.30.). 이런 제품들의 출현으로 세계적으로는 식이섬유 함유 신상품 개발은 2013년에서 2017년까지 11% 증가하였으며 빵류 18.8%, 스포츠영양식품 13.4%였고 식이섬유 종류는 inulin(18.7%), fractoligo(13.7%), polydextrose(10.3%), 밀섬유(8.2%), 귀리섬유(7.7%)가 활용되고 있다(KATI, 2018.12.26.). 미주시장도 식이섬유 시장이 715,3백만(2018)로 예상되며 연평균 9.5% 증가, 2023년까지 시장규모는 1,230.5백만 불로 예상된다.

우리나라도 식단구성의 변화와 함께 다양한 가공 제품에 식이섬유를 첨가하여 소비자의 건강을 개선하는데 노력할 필요가 있다.

결론

식이섬유(dietary fiber)가 갖고 있는 건강기능성에 대한 인식이 크게 바뀌고 있다. 인간생존에 5대 영양소는 필수이나 식이섬유는 인체 내 여러 생리기능 개선에 관여하여 건강상태를 개선하는데 필수성분으로 인정되고 있다. 특히 인체 내 여러 기능개선에 관여하고 있으며 특히 만성병으로 알려진 심혈관질환 억제, 당뇨병 발현지연, 그리고 세계적으로 문제가 되어, 질병으로 구분하고 있는 비만을 제어할 수 있는 수단으로 식이섬유가 큰 역할을 한다는 것이 과학적으로 소상히 밝혀지고 있다. 또한 특정 암 발생 억제에도 효과가 있다. 식이섬유는 그 자체로서 기능보다는 100조마리에 이르는 장내 미생물에 의한 발효 및 분해 작용으로 단쇄지방산을 생성, 면역기능을 개선하는가 하면 장내점질물질 생성에도 관여하여 독성물질이나 유해미생물의 인체 침투를 막는 기능을 하고 있다. 특히 장내미생물의 먹이원인 prebiotic으로 작용하여 유익 균의 증식을 돕는가 하면 장내미생물 군 총의 다양화에도 기여하고 있다.

우리 식생활에서 육류 소비량이 증가함에 따라 나타나는 대장암, 당뇨병환자 및 심혈관 질환자의 증가는 육류에서 오는 지방류와도 관계가 있으나 채소류나 과일류 섭취 감소로 인한 식이섬유량이 권장량에 미치지 못하는 것보다 깊은 관계가 있다.

세계보건기구(WHO)는 연령별, 성별 일일식이섬유 권장량을 제시하고 있으며 임신부나 수유 시 권장량을 따로 제시하고 있다. 특히 어린이들에게도 적정 권장량을 알리고 있으며, 다른 방법으로는 섭취하는 열량(kcal)별로 필요 식이섬유량을 표시하고 있다. 보통 성인의 경우 25 g/일을 제시하고 있으며 단위열량 별로는 1,000 kcal 당 10-13 g을 권고하고 있다.

식이섬유의 종류는 식물기원으로 비소화성 탄수화물이 주를 이루고 있으나 이들 식이섬유를 변화시켜 만든 제품들도 유용하게 사용하고 있다. 식이섬유 섭취량을 늘리기 위해서는 가장 쉽고 안전한 방법이 채소류와 과일류의 섭취량을 늘리는 것이나 이것이 쉽지 않을 경우 외식업체나 식품가공업체에서 적절한 방법으로

식이섬유를 보충하는 방법을 찾을 수 있을 것이다. 외 식업에서는 식이섬유 함량을 높인 식단구성을 적극적으로 검토해야 할 것이며 식품가공업체에서는 식이섬유 함량이 높은 새로운 제품을 개발하고 이것을 장점으로 제시하여 소비자의 선택을 받도록 해야 할 것이다.

원료 생산 측에서, 특히 주식인 쌀의 품종개량을 통하여 비소화성 전분 함량이 높은 쌀 품종 육종을 촉진하고 과실이나 채소류에서도 수용성 식이섬유 함량을 높이는 방법을 구상할 필요가 있다. 또한 관련 정부부처에서도 식이섬유 섭취지침을 작성, 대국민 홍보를 강화하고 라벨 표시강화와 함께 소금이나 설탕과 같은 적게 먹기 운동에 더하여 식이섬유를 더 먹을 수 있는 운동을 전개해야 할 것이다.

앞으로 식이섬유에 대한 인체 기능성 연구가 국내에서도 활발히 진행되어야 할 것이며 의학, 영양학, 식품과학 분야에서 더욱 관심을 갖고 이들의 기능을 밝히고 소비자가 더 많이 섭취할 수 있도록 지침을 마련하고 관련 가공제품 개발에 노력해야 할 것이다. 특히 이들 관련 분야의 연계, 협동 연구가 활성화되기를 기대한다.

참고문헌

- Aarber GB, Heaton KW, Murphy D, Burroughs LF. Depletion and disruption of dietary fiber. Effect on satiety, plasma-glucose, and serum-insulin. *Lancet* 2: 679-682 (1977)
- ADA Report, Position of the American Dietetic Association: Health implication of dietary fiber. *J. Am. Dietet. Assoc.* pp. 993-1000 (2002)
- Anderson JW, Conley SB. Whole grains and diabetes. pp. 29-45. In: *Whole grain and Health*. Marguaré L, Jacobs DR JR, McIntosh GH, Poutanen K, Reicks M (ed). Blackwell Publishing Professional, Ames, IA, USA (2007)
- Anderson JW, Baird P, Davis Jr RH, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, Waters V, Williams CL. Health benefits of dietary fiber. *Nutr. Rev.* 67: 188-205 (2009)
- Anderson JW. Dietary fiber and associated phytochemical in prevention and reversal of diabetes. pp. 111-142. In: *Nutraceuticals, Glycemic health and Type 2 diabetes*. Pasupuleti VK, Anderson JW, (Ed). Blackwell Publishing Professional, Ames, IA, USA (2008)
- Anderson JW. Plant fiber and blood pressure. *Ann. Intern. Med.* 98: 842-846 (1983)
- Burkitt DP, Trowell ITC. Refined carbohydrate foods and disease: Some application of dietary fiber. London Academic Press (1975)
- Caro VD, Cummings SL, alcamo AM, Piganelli JD, Clark RSB, Morowitz MJ, Aneja RK. Dietary cellulose supplementation modulates the immune response in a Murine endotowemia model. *Shock* 51: 526-534 (2019)
- Cummings JH. The effect of dietary fiber on fecal weight and composition. pp. 183-252. In: *Dietary fiber in human nutrition*. Spiller G (Ed). CRC Press, Boca Raton, FL, USA (2001)
- Eaton SB, Eaton SB 3rd, Konner MJ, Shostak M. An evolutionary enhances understanding of human nutrition requirements. *J. Nutr.* 126: 1732-1740 (1996)
- FDA, Question and answer on dietary fiber, <http://www.fda.gov/Food/Labeling/nutrition/ucm528582.htm>. Accessed Jan. 3, 2019.
- Galisteo M, Duarte J, Zarzuelo A. Effect of dietary fibers n disturbances clustered in the metabolic syndrome. *J. Nutr. Biochem.* 19: 71-84 (2008)
- Howarth NC, SaltzmanE, Robert SB. Dietary fiber and weight regulation. *Nutr. Rev.* 59: 129-139 (2001)
- Kim JY, Kim OY, Yoo HJ, Kim TI, Kim WH, Yoon YD, Lee SH. Effects of fiber supplements on functional contipation. *Korean Nutr. Soc.* 39: 35-43 (2006)
- Kranz S, Brauchla M, Slavin J, and Miller K. What do we know about dietary fiber intake in children and health? The effects of fiber intake on constipation, obesity, and diabetes in children. *Adv. Nutr.* 3: 47-58 (2012)
- Kris-Etherton PM. Etherton TD, Larlson J, Gardner C. Recent discoveries in inclusive food based approaches and dietary patterns for reduction in risk for cardiovascular disease. *Curr. Opin. Lipidol.* 13: 397-407 (2002)
- Lairon D, Arnault N, Bertrais S, Planells R, Clero E, Hercberg S, Boutron-Ruault MC. Dietary fiber intake and risk factors for cardiovascular disease in French adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 82: 1185-1194 (2005)
- Lattimer JM, Haub HD. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients* 2: 1266-1289 (2016)
- Miller WC, Niederpruen MG, Wallace JP, Linderman AK. Dietary fat, sugar and fiber predict body fat content. *J. Am. Diet Assoc.* 94: 612-615 (1994)
- Park EJ, Jhon DY. The nutritional composition of bamboo shoots and the effects of its fiber on intestinal microorganism. *Korea J. Food Cult.* 28: 502-511 (2013)
- Park Y, Hunter DJ, Spiegelman D, Bergkvist L, Berrino F, van den Brandt PA, Buring JE, Colditz GA, Freudenheim JL, Fuchs CS, Giovannucci E, Goldbohm RA, Graham S, Harnack L, Hartman AM, Jacobs DR Jr, Kato I, Krogh V, Leitzmann MF, McCullough ML, Miller AB, Pietinen P, Rohan TE, Schatzkin A, Willett WC, Wolk A, Zeleniuch-Jacquotte A, Zhang SM, Smith-Warner SA. Dietary fiber intake and risk of colorectal cancer: a pool analysis of prospective cohort studies. *JAMA* 294: 2849-2857 (2005)
- Raninen K, Lappi J, Mykkänen H, and Poutanen K. Dietary fiber type reflects physiological functionality. Comparison of grain fiber, inulin and polydextrose. *Nutr. Rev.* 69: 9-21 (2010)

- Ryan-Harshman M, Aldoori W. How diet and lifestyle affect duodenal ulcers. Review of the evidence. *Can Fam Physician*. 50: 727-732 (2004)
- Saura-Calixto F. Dietary fiber as a carrier dietary antioxidants. An essential physiological function. *J. Agric. Food Chem*. 59: 43-49 (2011)
- Schatzkin A, Mouw T, Park Y, Subar AF, Kipnis V, Hollenbeck A, Leitzmann MF, Thompson FE. Dietary fiber and whole grain consumption in relation to colorectal cancer in the NIH-AARP diet and health study. *Am. J. Clin. Nutr*. 85: 1353-1360 (2007)
- Schroeder N, Marguart LF, Gallaber D. The role of viscosity and fermentability of dietary fiber on satiety and adiposity-related hormones in rats. *Nutrients* 5: 2093-2113 (2013)
- Slavin JL. Dietary fiber and body weight. *Nutr*. 21: 411-418 (2008)
- Stasse-Wolthusis M, Hugo, Albers WFF, Jereren JGC, Katan MB, Brydon Wand, East Wood M. Influence of dietary fiber from vegetables and fruits, bran or citrus pectin on serum lipids, fecal lipids, and colonic function. *Am. J. Clin. Nutr*. 33: 1745-1756 (1980)
- Suzuki T, Nakai K, Yoshirai T and Hirano T. Digestibility of dietary fiber in brown alga, Kombu by rats. *Nipponsusan Gakk* 59: 879 (1993)
- Trompette A, Gollwitzer ES, Yadava K, Sichelstiel AK, Sprenger N, Ngom-Bru C, Blanchard C, Junt T, Nicod LP, Harris NL, Marslana B. Gut microbiota metabolism of dietary fiber influences allergic airway and hematopoiesis. *Nature Med*. 20: 159-166 (2014)
- US Department of Health and Human Services Fa DA. Health claims : Soluble fiber from certain foods and coronary heart disease-final rule. *Fed Regist*. 1998; 63: 8103-8121(1998).
- USDA. Dietary guidelines for Americans. 2015-2020 Eighth edition pp. 97-98 (2015)
- Vos Ap, M' Rabet L, Stahl B, Boerm G, Garssen J. Immune-modulatory effects and potential working mechanisms of orally applied non-digestible carbohydrates. *Crit. Rev. Immunol*. 27: 97-140 (2007)
- Vuksan V, Jenkins AL, Jenkins DJA, Rogovik AL, Sievenpiper JL, Jovanovski E. Using cereal to increase dietary fiber intake to the recommended level and the effects of fiber on bowel function in healthy persons consuming north American diets. *Am. J. Clin. Nutr*. 88: 1256-1262 (2008)
- Weickert MO, Pfeiffer FH. Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes *J. Nutr*. 138: 439-443 (2008)
- Yoon SJ, Chu DC, and Juneja LR. Chemical and physical properties, safety and application of partially hydrolyzed guar gum as dietary fiber. *J. Clin. Biochem. Nutr*. 42: 1-7 (2008)
- 국립농업과학원(농촌진흥청). 국가표준식품성분표 1 (제9개정판) p1x1 (2016)
- 브라운 신시아, 이근영 옮김, Big History, pp. 129-156 프레시안북 (2007)
- 식품과학기술대사전, 한국식품과학회 편, p. 522 (2003)