فیبرهای خوراکی

ضامن طبیعی تندرستی

مهدیه مفتخر
دانشجوی دکترای شیمی تجزیه، دانشگاه زنجان

چکیده

نام فیبرهای خوراکی را زیاد شنیده‌ایم. می‌دانیم فیبر برای بدن مفید است و می‌بایست در غذای روزانه مصرف شود. فیبرها شامل موادی نظیر سلولوز، همی‌سلولوز، لیگنین، صمغ، موسیلاژ و پکتین هستند. فیبرهای خوراکی تأثیر بسزایی در سلامت انسان دارند و ما در این مقاله چگونگی عملکرد آن‌ها را بررسی خواهیم کرد.

کلیدواژه‌ها

فیبر، فیبر خوراکی، سلولوز، پکتین، صمغ

مقدمه

نخستین‌بار، به باقی‌ماندهٔ اسکلت سلول‌های گیاهی که درون بدن انسان در برابر آبکافت مقاوم است فیبر گفته شد. فیبر خوراکی[1] بخش هضم‌نشدنی غذاهای گیاهی است که به بهبود عملکرد و تنظیم دستگاه گوارش کمک می‌کند و سبب افزایش جذب آب در بدن می‌شود. در واقع، فیبر مانند اسفنج عمل می‌کند و نیاز بدن به آب را افزایش می‌دهد. فیبر خوراکی مخلوطی از مواد گیاهی تجزیه‌ناپذیر در دستگاه گوارش انسان بوده و فیبرهای نامحلول (مانند سلولوز، همی‌سلولوز، لیگنین) و فیبرهای محلول (از جمله صمغ، پکتین و...) را دربرمی‌گیرد. فیبرهای محلول را که به آسانی در آب حل می‌شوند، می‌توان در پوستهٔ جو، لوبیا، سیب، پکتین مرکبات، صمغ گوار و... یافت. فیبر نامحلول در آب حل نمی‌شود و در غلات کامل، پوستهٔ جو، فیبر سویا و... وجود دارند. این نوع

فیبر به هضم و تنظیم عملکرد دستگاه گوارش به‌ویژه روده کمک می‌کند.

همهٔ فیبرهای خوراکی ـ محلول یا نامحلول ـ شامل چندقندی‌های غیرنشاسته‌ای و اجزای گیاهی دیگر مانند دکسترین، لیگنین، واکس، کیتین، پکتین، بتاگلوکان و الیگوساکاریدها هستند. فیبر محلول نیز هضم‌شدنی نیست اما در عبور از دستگاه گوارش به‌وسیله باکتری‌ها، دچار تغییر می‌شود. این نوع فیبر با جذب آب به ماده‌ای ژلاتینی تبدیل می‌شود و از لوله‌های گوارشی بدن عبور می‌کند اما فیبر نامحلول طی عبور از سیستم گوارشی بدون تغییر باقی می‌ماند.

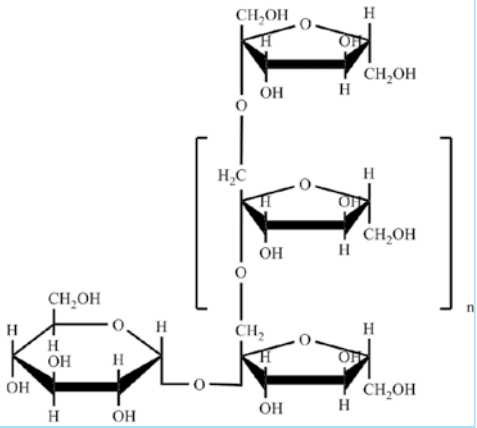
از منابع مهم فیبر محلول، می‌توان به خانوادهٔ باقلا شامل نخودفرنگی، لوبیای سویا و جوی دوسر اشاره کرد. میوه‌ها و سبزی‌هایی مانند کلم بروکلی و کاهو و ریشه‌ها و ساقه‌های زیرزمینی همچون سیب‌زمینی و پیاز نیز دارای این نوع فیبر هستند.

از منابع مهم فیبر نامحلول نیز غلات کامل، پوستهٔ ذرت، سیب‌زمینی، لوبیا سبز، پوستهٔ گوجه‌فرنگی و مغز دانه‌های گیاهی را می‌توان نام برد.

کربوهیدرات‌های شامل کربن، هیدروژن و اکسیژن هستند که در آن‌ها نسبت هیدروژن دو برابر کربن و اکسیژن است. کربوهیدرات‌ها خانواده‌ای شامل قندها، نشاسته‌ها، سلولوز هستند. قندهای ساده یا مونوساکاریدها می‌توانند با هم ترکیب شوند تا کربوهیدرات‌های پیچیده‌تر را تولید کنند. ترکیب دو قند ساده یک دی‌ساکارید می‌دهد، کربوهیدرات‌های شامل ۲ تا ۱۰ قند ساده را الیگوساکارید می‌نامند و آن‌هایی که از تعداد بیشتری قند ساده برخوردارند، پلی‌ساکارید نامیده می‌شوند. از پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای می‌توان به آرابینوکسیلان‌ها، دکسترین، سلولوز و ترکیب‌های گیاهی دیگر مانند اینولین، لیگنین، واکس‌ها، کیتین، پکتین و بتا ـ گلوکان با پیوندهای بتا ـ گلوکوزیدی اشاره کرد.

اینولین

برخی گیاهان، کربوهیدرات‌ها را افزون بر نشاسته، به شکل اینولین هم ذخیره می‌کنند. اینولین‌ها در بسیاری از سبزیجات و میوه‌ها شامل پیاز، تره‌فرنگی، سیر، موز، مارچوبه، کاسنی و آرتیشو وجود دارند. اینولین‌ها که فروکتان هم نامیده می‌شوند، پلیمرهایی شامل واحدهای فروکتوز با پایانه‌های گلوکوز هستند. الیگو فروکتوز ساختاری شبیه به اینولین دارد، اما زنجیرهای آن شامل ۱۰ یا تعداد کمتری واحد فروکتوز است. انحلال‌پذیری اینولین نسبت به الیگوفروکتوز کمتر است و بافتی کِرِم مانند و نرم دارد که طعمی مانند چربی ایجاد می‌کند. آنزیم‌های دستگاه گوارش انسان توانایی هضم اینولین و الیگوفروکتوز را ندارند، اما آن‌ها دستخوش تخمیر می‌شوند. اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و لاکتات که از تخمیر حاصل می‌شوند، به ازای هر گرم اینولین یا الیگوفروکتوز، ۱/۵ کیلوکالری انرژی تولید می‌کنند.



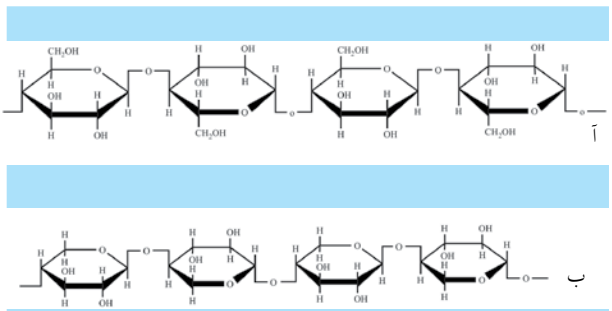
شکل ۱ ساختار اینولین، $n \sim 35$

در صنایع غذایی، از اینولین و الیگوفروکتوز به‌عنوان جایگزینی برای چربی یا شکر و کاهش کالری غذاهایی مانند بستنی، لبنیات، شیرینی‌ها و کیک‌ها استفاده می‌شود.

سلولوز

سلولوز پلیمری از بتا –D گلوکوز است که در مقایسه با نشاسته، گروه‌های CH_2OH– در آن، در بالا و پایین صفحهٔ مولکول گلوکوز قرار گرفته‌اند و در نتیجه زنجیرهای طولانی بدون شاخه تولید می‌کنند. نبودن زنجیرهای جانبی به مولکول‌های سلولوز اجازه می‌دهد تا هر چه بیشتر نزدیک یکدیگر قرار بگیرند و ساختارهای محکمی تشکیل دهند. سلولوز مهم‌ترین مادهٔ ساختمانی گیاهان است. درصد بالایی از چوب را سلولوز تشکیل می‌دهد و کتان، تقریباً سلولوز خالص است. سلولوز می‌تواند به‌وسیله موجودات زنده ذره‌بینی‌هایی که در بدن موریانه و پستانداران زندگی می‌کنند، به واحدهای سازنده‌اش گلوکوز آبکافت شود.

صمغ سلولوز یا کربوکسی‌متیل‌سلولوز مشتقی شیمیایی از سلولوز است که برخی از گروه‌های هیدروکسیل آن با گروه‌های کربوکسی‌متیل ($-CH_2COOH$) جایگزین شده‌اند. خواص صمغ سلولوز بستگی به درجهٔ جانشینی و طول زنجیرهای سلولوز دارد. درجهٔ جانشینی، تعداد گروه‌های کربوکسی‌متیل بر واحد گلوکوز است و در فراورده‌های تجاری از ۰/٤ تا ۱/۵ تغییر می‌کند. صمغ سلولوز غیرسمّی است و در ترکیب با آب، گرانروی بسیار پیدا می‌کند. از این‌رو به‌عنوان غلیظ‌کننده در غذاها و به‌عنوان پایدارکنندهٔ امولسیون در فراورده‌هایی همچون بستنی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



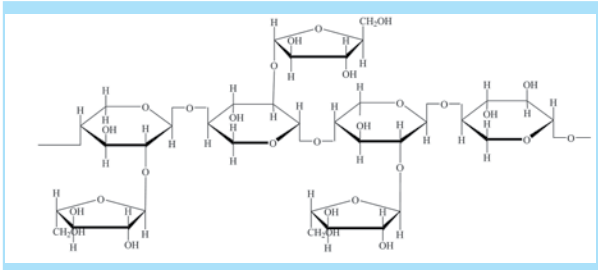
شکل ۲ ساختار (آ) سلولوز و (ب) زیلان

همی‌سلولوز

واژهٔ همی‌سلولوز به‌جای سلولوز، به بخش چندقندی دیواره‌های سلول گیاهی که با محلول‌های قلیایی رقیق قابل استخراج باشند، گفته می‌شود. همی‌سلولوز تقریباً یک سوم کربوهیدرات‌ها در بافت گیاهان چوبی را تشکیل می‌دهد. ساختار شیمیایی همی‌سلولوز شامل زنجیرهای بلند از نوع پنتوز، هگزوز و اسید اورونیک مربوط به آن‌هاست. همی‌سلولوز ممکن است در میوه‌ها، ساقهٔ گیاهان و سبوس غلات یافت شود. همی‌سلولوز قابل هضم نیست اما می‌تواند توسط باکتری‌ها و مخمرها تخمیر شود. پلی‌ساکاریدی که از آبکافت پنتوز حاصل می‌شود، پنتوسان نام دارد. زیلان نمونه‌ای از یک پنتوسان، شامل واحدهای D– زیلوز با اتصالات بتا ـ (٤–۱) است.

آرابینوکسیلان

آرابینوکسیلان‌ها، چندقندی‌هایی هستند که در سبوس غلات و حبوبات مانند گندم و جو یافت می‌شوند. آرابینوکسیلان‌ها شامل یک اسکلت زیلان با L– آرابینوفورانوز (L– آرابینوز در حلقهٔ ۵ عضوی) هستند که به‌طور تصادفی با اتصالات آلفا ـ (۲–۱) یا آلفا ـ (۳–۱) به واحدهای زیلوز درون زنجیر متصل

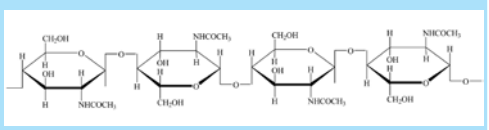


شکل ۳ ساختار آرابینوکسیلان

شده‌اند. چون زیلوز و آرابینوز هر دو پنتوز هستند، آرابینوکسیلان‌ها معمولاً به عنوان پنتوسات طبقه‌بندی می‌شوند. واحدهای آرابینوز هنگام پخته‌شدن مواد غذایی به آب متصل می‌شوند و ترکیب‌هایی چگال تولید می‌کنند که بر انسجام خمیر، حفظ حباب‌های گاز حاصل از تخمیر در لایه‌های نشاسته ـ گلوتن بافت نهایی فراورده‌های غذایی پخته اثر می‌گذارند.

کیتین

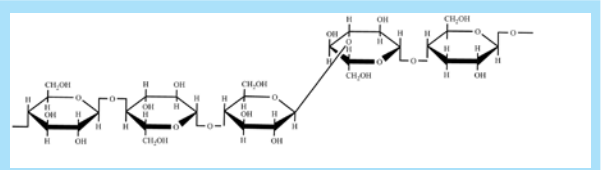
کیتین پلیمری بدون شاخه از N– استیل –D– گلوکوزآمین است. این کربوهیدرات در قارچ‌ها یافت می‌شود و جزء اصلی بندپایان و پوستهٔ اسکلت خارجی جاندارانی همچون حشرات، خرچنگ و میگوهاست. می‌تواند به‌عنوان مشتقی از سلولوز در نظر گرفته شود که در آن گروه‌های هیدروکسیل کربن دوم هر واحد گلوکوز با گروه‌های استامید،



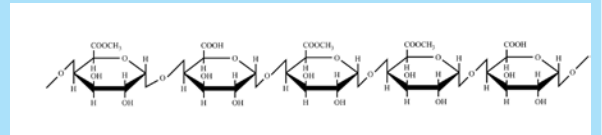
شکل ٤ ساختار کیتین

بتا–گلوکان

بتا–گلوکان‌ها شامل پلیمرهای خطی بدون‌شاخه از بتا–D– گلوکوز، شبیه به سلولوز هستند. بتا–گلوکان‌ها مولکول‌های استوانه‌ای بلند، شامل بیش از ۲۵۰/۰۰۰ واحد گلوکوز تشکیل می‌دهند. این مواد در سبوس غلات مانند جو و جو دوسر یافت می‌شوند و برای کاهش بیماری‌های قلبی از طریق کاهش کلسترول سودمندند. همچنین به‌طور تجاری برای بهبود بافت غذا و به‌عنوان جایگزین



شکل ٥ ساختار بتا ـ گلوکان



شکل ٦ ساختار پکتین

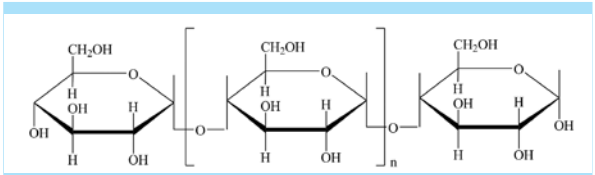
چربی از آن‌ها استفاده می‌شود.

پکتین

پکتین پلی‌ساکاریدی است که به‌عنوان سیمان در دیوارهٔ سلولی همهٔ بافت‌های گیاهی عمل می‌کند. بخش سفید پوست لیمو و پرتقال تقریباً شامل ۳۰ درصد پکتین است. پکتین یک استر متیل‌دار شده از پلی‌گالاکتورونیک‌اسید است و زنجیرهایی شامل ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ واحد گالاکتورونیک‌اسید را دربردارد که با پیوندهای آلفا–(٤–١) به‌هم متصل شده‌اند. درجهٔ استری‌شدن، روی خواص ژله‌ای‌شدن پکتین اثر می‌گذارد. پکتین جزء مهم کمپوت‌های میوه، ژله‌ها و مرباهاست.

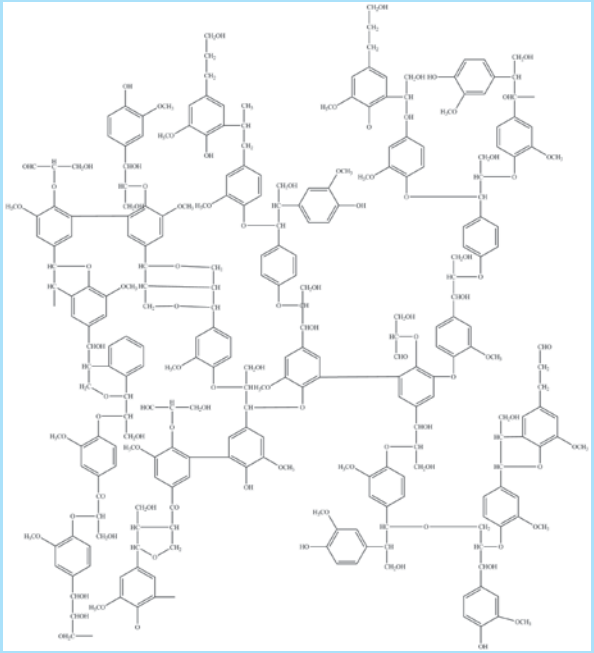
دکسترین

دکسترین‌ها گروهی از کربوهیدرات‌ها با وزن مولکولی کم هستند که از راه آبکافت نشاسته یا گلیکوژن تولید می‌شوند. دکسترین‌ها مخلوطی از پلیمرهای واحدهای D– گلوکوز هستند که به‌وسیلهٔ پیوندهای گلیکوزیدی آلفا–(٤–١) یا آلفا–(٦–١) با هم پیوند دارند.



شکل ۷ ساختار دکسترین

دکسترین‌ها از اثر آنزیم‌هایی مانند آمیلاز روی نشاسته، در جریان فرایند هضم در بدن انسان، در خلال مالت‌سازی یا با به‌کاربردن گرمای خشک در شرایط اسیدی (پیرولیز یا برشته‌کردن) تولید می‌شوند. روش استفاده از گرمای خشک، در صنعت استفاده می‌شود و در جریان پخت، بر سطح نان تولید می‌شود و به آرد، رنگ و تردی می‌بخشد. دکسترین‌های تولید شده به‌وسیلهٔ گرما با عنوان پیرودکسترین شناخته می‌شوند. در جریان برشته‌کردن در شرایط اسیدی، نشاسته آبکافت می‌شود و بخش‌های نشاستهٔ کوتاه زنجیر، دوباره با پیوندهای آلفا–(٦–١) شاخه‌دار شده، مولکول نشاسته تجزیه می‌شود



شکل ۸ ساختار لیگنین

لیگنین

لیگنین ترکیب شیمیایی پیچیده‌ای دارد که اغلب از چوب مشتق شده و بخشی اساسی از دیوارهٔ سلولی ثانویه گیاهان و برخی از جلبک‌هاست. این ماده نخستین‌بار در سال ۱۸۱۹ شناخته شد. نام آن نیز از واژهٔ لاتین لیگنوم به معنی چوب، گرفته شده است. لیگنین یکی از فراوان‌ترین پلیمرهای آلی روی زمین است که یک‌چهارم تا یک‌سوم مادهٔ خشک چوب را تشکیل می‌دهد. این ماده که فضاهای دیوارهٔ سلول بین سلولوز، همی‌سلولوز و پکتین را پر می‌کند، با پیوند کووالانسی به همی‌سلولوز متصل می‌شود و به کمک پیوندهای عرضی که در پلی‌ساکاریدهای گیاهان مختلف وجود دارند، قدرت مکانیکی را در دیوارهٔ سلول افزایش می‌دهد.

اثر فیبرهای خوراکی در سلامتی

بیماری قلبی نتیجه گرفتگی رگ‌های تغذیه‌کنندهٔ قلب است. متأسفانه هنگامی که این گرفتگی به ۷۰ درصد برسد علامت بالینی ایجاد می‌شود که شرایطی بسیار خطرناک و جبران‌ناپذیر است.

مصرف فیبرها، به‌ویژه فیبرهای محلول، به‌دلیل کاهش قند و کلسترول بدخون باعث تعدیل و تنظیم فشار خون و کاهش خطر ابتلا به بیماری قلبی می‌شود. همچنین کلسترول خوب خون را بالا می‌برد که این امر در بهبود عملکرد قلب و رگ‌ها بسیار مؤثر است.

کاهش چربی خون

کلسترول بد و تری‌گلسیریدها چربی‌های زیان‌آور برای بدن هستند که با مصرف فیبرهای محلول کاهش می‌یابند. فیبرهای محلول، کلسترول خوب را که برای بدن سودمند است، افزایش می‌دهند.

سازوکار این فرایندها به‌صورت زیر است:

- پیوند فیبرها با اسیدهای صفرا در رودهٔ کوچک و افزایش دفع این اسیدها از بدن، باعث افزایش تولید اسید صفرا، توسط کبد می‌شود. کبد برای ساخت این اسید، کلسترول بد را از خون جذب می‌کند. در نتیجه مقدار این نوع کلسترول در خون کاهش می‌یابد.
- فیبرها در رودهٔ بزرگ توسط باکتری‌ها تاحدی تخمیر می‌شوند، فیبر محلول نسبت به فیبر نامحلول بیشتر تخمیر می‌شود. در اثر این فرایند، فراورده‌های مختلفی از جمله اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه تولید می‌شوند که شامل استات، بوتیرات و پروپیونات هستند. این اسیدها از راه رودهٔ بزرگ وارد دستگاه گردش خون می‌شوند و به کبد می‌روند و در آنجا با محدودکردن فعالیت آنزیمی، باعث کاهش تولید کلسترول می‌شوند.
- پروپیونیک‌اسید که در فرایند تخمیر به‌دست می‌آید باعث کاهش سطح کلسترول بد و تری‌گلیسرید می‌شود.
- فیبرها باعث کاهش جذب چربی در رودهٔ کوچک می‌شوند، مقدار کلسترول خوب را در خون افزایش می‌دهند و از مقدار تری‌گلیسرید می‌کاهند.

کاهش فشارخون

با مصرف فیبر محلول، فشارخون کاهش می‌یابد. فیبر محلول باعث افزایش حساسیت سلول‌ها به انسولین می‌شود و در نتیجه، مقدار انسولین خون را کاهش می‌دهد. به این ترتیب بافت سلول‌های سازندهٔ دیواره رگ‌ها بهبود یافته، فشارخون کاهش می‌یابد.

تعدیل وزن بدن

مصرف فیبر باعث کاهش احساس گرسنگی و کاهش کالری مصرفی می‌شود. پس از حدود ٤ هفته مصرف روزانه و مداوم فیبر، در حدود ۸۰۰ گرم کاهش وزن دیده می‌شود. با مصرف فیبر محلول، هضم و جذب کربوهیدرات‌ها نیز کاهش می‌یابد. مصرف طولانی‌مدت فیبر محلول، هورمون کوله‌سیستوکینین را که توسط روده کوچک ترشح می‌شود، افزایش می‌دهد. این هورمون باعث تأخیر در تخلیهٔ معده می‌شود که احساس سیری را برای مدت بیشتری ایجاد می‌کند.

محافظت از پاداکسنده‌ها در بدن

فیبرها با پاداکسنده‌ها پیوند برقرار می‌کنند و مانع از بین رفتن آن‌ها در طول دستگاه گوارش می‌شوند. در رودهٔ بزرگ که فرایند تخمیر صورت می‌گیرد، پیوند پاداکسنده با فیبر می‌شکند و جذب سریع پاداکسنده روی می‌دهد.

دیابت

در حالت طبیعی، قندخون به کمک هورمون انسولین در سلول‌ها مصرف می‌شود و در نتیجه مقدار گلوکوز خون در حد طبیعی باقی می‌ماند. اگر گلوکوز خون بیشتر از حد طبیعی باشد، مقدار انسولین کاهش می‌یابد و سلول‌ها در برابر انسولین مقاومت نشان می‌دهند و فرد به دیابت مبتلا می‌شود. مصرف فیبر محلول در افراد مبتلا به دیابت، باعث کاهش مقاومت سلول‌ها نسبت به انسولین می‌شود و در نتیجه نیاز بدن به انسولین کاهش می‌یابد. فیبرها مانع هضم و جذب کامل کربوهیدرات‌ها در بدن و در نتیجه کاهش قندخون می‌شوند. این مواد در افراد سالم هم باعث کاهش انسولین صبحگاهی شده و در نتیجه، تنظیم میزان قند خون می‌شود و موجب کاهش خطر بیماری‌های قلبی، فشارخون و کلسترول می‌گردد.

افزایش جذب روی، کلسیم، آهن و منیزیم

فیبرها توانایی ترکیب با یون‌های روی، کلسیم، آهن و منیزم را دارند. هنگامی که فیبر در رودهٔ بزرگ تخمیر شد، این یون‌ها آزاد و بی‌درنگ جذب بدن می‌شوند.

پیوست

فیبرهای نامحلول با سازوکارهای مختلفی بر عملکرد روده اثر می‌گذارند که به این قرارند:

ـ افزایش حجم مدفوع و نرم‌کردن آن

ـ رقیق‌کردن محتویات روده

ـ افزایش حرکات روده به کمک موادی که از تخمیر فیبرها به‌وسیله باکتری‌های روده آزاد می‌شوند.

در فیبر خوراکی مقدار زیادی پنتوز وجود دارد که باعث جذب آب در روده می‌شود و در نتیجه مدفوع را حجیم‌تر و نرم‌تر می‌کند. همچنین در اثر فرایند تخمیر، گازهای کربن دی‌اکسید، متان و هیدروژن به‌وجود می‌آیند که به افزایش حجم مدفوع کمک می‌کنند.

در اثر تخمیر فیبرها در رودهٔ بزرگ موادی به‌وجود می‌آیند که خاصیت شبه‌هورمونی دارند و به‌ویژه مانند هورمون انترولاکتون در روده عمل می‌کنند. این هورمون باعث محدودشدن رشد انواعی از سلول‌های سرطانی می‌شود. همچنین اسید چرب با زنجیرهٔ کوتاه که در اثر تخمیر به‌وجود می‌آید اثرهای محافظتی در برابر سرطان روده بزرگ ایجاد می‌کند.

1. Dietary Fiber

1. Fiber, Harvard School of Public Health
2. Fiber Health Claims That Meet Significant Scientific Agreement, US Food and Drug Administration.
3. Higgins, J.A. "Resistant starch: metabolic effects and potential health benefits". J AOAC Int. 2004, 87 (3): 761-8. PMID 15287677.
4. Tungland, B.C.; Meyer, D. "Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety" 1:73-92, 2002.
5. Parisi, G.C.; Zilli, M.; Miani, M.P., et al. Dig Dis Sci, 2002, 47 (8): 1697-704.
doi: 10.1023/A:1016419906546. PMID 12184518.
http://www.kluweronline.com/art.pdf?issn=0163-2116&volume=47&page=1697.
6. Marlett, J. A. (2001). "Dietary fiber and cardiovascular diseace". In Dreher ML, Cho SS. Handbook of dietary fiber. New York: M. Dekker. pp. 17-30. ISBN 0-8247-8960-1.
7. US Food and Drug Administration. Health Claims: Soluble fiber from certion foods and risk of heart diseases. Code of Federal Regulation. 2001; 21:101.81.
8. Eastwood, M. A.; Brydon, W.G.; Tadesse, K. (1980). "Effect of fiber on colon function". In Kay R, Spiller GA. Medical aspects of dietary fiber. New York: Plenum Medical Book Co. pp. 1-26.