



## تأثير الألياف على ميكروبات الأمعاء في صحة ومرض العائل

### ترجمة: وحدة الدراسات والبحوث

الغذاء هو الحاجة الأساسية لبقائنا وصحتنا وسعادتنا. غير أن النظام الغذائي ليس ضرورياً فقط للحفاظ على نمو الإنسان وتكاثره وصحته، ولكنه أيضاً يعدّل ويضبط توازن وجود الأحياء المجهرية التكافلية التي تستعمر الجهاز الهضمي، أي ميكروبات الأمعاء. نوع وجودة وأصل طعامنا يساهم في تشكّل مجموع ميكروبات الأمعاء لدينا ويؤثر على تكوينها ووظيفتها، مما يؤثر على التفاعلات بينها وبين العائل. في هذه المراجعة، سوف نركز على الألياف الغذائية، والتي تؤثر مباشرة على ميكروبات الأمعاء وتؤدي إلى إنتاج المُستقلبات (نواتج الهضم) الرئيسية مثل الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة، ومناقشة كيفية تأثير الألياف الغذائية على البيئة الميكروبية للأمعاء، فسيولوجية العائل، والصحة. إن فكرة أبقراط "دع الطعام يكون الدواء الخاص بك والدواء يكون غذاءك" لاتزال ذات أهمية بالغة منذ آلاف السنين، ولكنها تتطلب النظر في كيفية استخدام النظام الغذائي لتعديل البيئة الميكروبية في الأمعاء لتعزيز الصحة.

### المقدمة

تتخذ تريليونات من الأحياء الدقيقة المتنوعة مأوى لها في قناتنا الهضمية. وهي ضرورية لتطور وأداء وظائف الأمعاء. تشكل "ميكروبات الأمعاء" هذه مجتمعاً معقداً حيث تتفاعل مع بعضها ومع العائل (الأمعاء) لتنظيم العمليات الحيوية الضرورية للصحة. في العقد الماضي، زاد بشكل كبير إدراكنا للأدوار الحيوية لهذه الميكروبات والتي تشمل تحسين نمو الأطفال واكتمال نمو الجهاز المناعي وتحسين هضم الجلوكوز والدهون.

العلاقة بين الإنسان والميكروبات المعوية الخاصة به يمكن اعتبارها تكافلية وحسن تعايش عندما يوجد التوازن الصحي للميكروبات في الأمعاء، ولكنها قد تختل باختلال ذلك التوازن، مما يؤدي إلى تطور العديد من الأمراض المزمنة المتعلقة بحالة الالتهابات الكامنة. وقد لوحظت زيادة في الإصابة بالأمراض المرتبطة بتلك الميكروبات بشكل كبير على مدار القرن الماضي، مما يشير إلى وجود علاقة بين التغيير في نمط الحياة ونوعية الغذاء، مما يعرقل تكاثر ميكروبات الأمعاء ويسبب فقدان الأنواع المفيدة والوقائية منها.

في الواقع، فإن النظام الغذائي (الغربي)، الذي يحتوي على نسبة منخفضة من الكربوهيدرات التي لا يمكن للإنسان هضمها بذاته ولكن يمكن هضمها بالاستعانة بالميكروبات، مثل الألياف، يقلل من تنوع ميكروبات الأمعاء ويؤدي إلى اختفاء أنواع بكتيرية معينة من الجهاز الهضمي. وبالتالي، فإن تناول كميات قليلة من الألياف الغذائية وزيادة كميات الدهون والسكر (وهي التي لا تحتاج لوجود الميكروبات لتفكيكها) في غذائنا، والتي تعد نموذجاً لنمط الحياة والتغذية الغربيين قد يساهم جزئياً على الأقل في استنفاد أصناف بكتيرية معينة. وقد تؤدي هذه التغيرات في توازن البكتيريا إلى اختلالات وظيفية تساهم في زيادة تطور الأمراض الالتهابية المزمنة مثل أمراض الأمعاء الالتهابية (IBD) كداء كرونز والتهاب القولون التقرحي وسرطان القولون والمستقيم (CRC) والحساسية وأمراض المناعة الذاتية والسمنة والأمراض المرتبطة بها. ويمكن الوقاية من هذه الأمراض جزئياً على الأقل، عن طريق تناول الألياف الغذائية في محاولة لسد "فجوة الألياف" من خلال تعديل النظام الغذائي.

سنناقش فيما يلي كيف تؤثر الألياف الغذائية على بيئة الميكروبات المعوية وفسيولوجية (وظائف أعضاء) العائل والصحة من خلال التركيز بشكل خاص على الآليات التي يؤدي بها نظام غذائي منخفض الألياف إلى تعطيل النظام البيئي الميكروبي ثم إلى قابلية الإصابة بالأمراض الالتهابية المزمنة.

## الألياف الغذائية: تعاريفها وخصائصها ومنشأها

كان تعريف الألياف الغذائية مثار جدل وتطور خلال العقد الماضي. فقد اعتمدت معظم الدول تعريف لجنة الدستور الغذائي منذ عام 2009 والتي تعرف الألياف الغذائية بأنها بوليمرات كربوهيدرات صالحة للأكل، تضم ثلاث وحدات أحادية أو أكثر مقاومة للإنزيمات الهاضمة الداخلية، وبالتالي فهي لا تتحلل أو تمتص في الأمعاء الدقيقة، وتنتمي إلى الفئات التالية:

- (1) بوليمرات الكربوهيدرات الصالحة للأكل التي توجد بشكل طبيعي في الأطعمة مثل الفواكه والخضروات والبقول والحبوب؛
- (2) بوليمرات الكربوهيدرات الصالحة للأكل التي تم الحصول عليها من المواد الخام الغذائية بالوسائل الفيزيائية والإنزيمية والكيميائية والتي لها فائدة فسيولوجية مثبتة؛
- (3) بوليمرات كربوهيدرات اصطناعية ذات فائدة فسيولوجية مثبتة.

على الرغم من أن معظم الهيئات الوطنية تلتزم بهذا التعريف، توجد بعض الاختلافات بين تعريفات الألياف الغذائية، وهي تتعلق أساساً باعتبار بعض الكربوهيدرات مثل اللجنين lignin والمواد الأخرى الموجودة في جدران الخلايا المرتبطة بالسكريات المتعددة كألياف غذائية، وبالحد الأدنى لعدد الوحدات الأحادية للكربوهيدرات التي سيتم تضمينها.

يتم تصنيف الألياف الغذائية وفقاً لعدة معايير، بما في ذلك مصدر الغذاء الأساسي، هيكلها وتركيبها الكيميائي، قابليتها للذوبان في الماء واللزوجة، وقدرتها على التخمر.

تنقسم الألياف الغذائية حسب هيكلها وتركيبها الكيميائي: إما إلى متعددة السكريات (عديد السكريات غير النشوية [NSPs] والنشا المقاوم [RS]) والسكريات قليلة التعدد المقاومة [ROS]. وعلى عكس ROS، فإن معظم NSPs القابلة للذوبان لزجة وخاصة البوليمرات ذات الوزن الجزيئي العالي مثل صمغ الغار، بعض البكتين، بيتا-جلوكان والسيلليوم psyllium مما يعني أنها قادرة على تشكيل هلام في مجرى الأمعاء وبذلك يمكن أن تؤخر امتصاص الجلوكوز والدهون التي تؤثر على عملية الأيض بعد الأكل والارتفاع المفاجئ لنسبة الجلوكوز في الدم.

وتنقسم الألياف حسب قابليتها للذوبان في الماء إلى: ألياف غير قابلة للذوبان في الماء وألياف قابلة للذوبان فيه. يكون لمعظم الأشكال غير القابلة للذوبان مثل السليلوز شبه السليلوز تأثيراً تكتلياً على البراز، حيث تصل إلى القولون ولا يتم هضمها كلياً أو ببطء شديد بواسطة بكتيريا الأمعاء وبالتالي تساعد في مكافحة الإمساك. في حين لا تساهم معظم الألياف القابلة للذوبان في تكتل البراز، ولكن يتم تخميرها بواسطة بكتيريا الأمعاء، وبالتالي تؤدي إلى نواتج أيضية مثل الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة (SCFAs). توجد الألياف القابلة وغير القابلة للذوبان في مصادر الطعام المختلفة مثل البقوليات، الخضروات، المكسرات، البذور، الفواكه والحبوب بنسب مختلفة.

وليست كل أنواع الألياف موجودة في نفس الفئات الغذائية. فمثلاً، يمكن العثور على النشا المقاوم فقط في الأطعمة النشوية مثل الحبوب، البقوليات، الدرنات والفواكه غير الناضجة مثل الموز الأخضر، بينما يتوفر البكتين بكثرة في الفواكه وبعض الخضروات، في حين يوجد بيتا-جلوكان والأرابينوكسيلان في الحبوب.

على الرغم من وجود الألياف في مجموعة واسعة من مصادر الأغذية النباتية فإن استهلاكها منخفض في نمط غذاء الدول الغربية. لذا فإن تحسين الأطعمة بإضافة الكربوهيدرات غير القابلة للهضم المستخرجة أو المركبة أو استخدامها في المكملات الغذائية يشكل استراتيجية لزيادة تناول الألياف. وتتوفر مجموعة كبيرة من بوليمرات الكربوهيدرات والسكريات قليلة التعدد تجارياً، ولكن تبقى المصادر الطبيعية أفضل وأكثر أماناً. تعتبر بعض هذه المركبات بريبيوتك "prebiotics" على أساس أنها تمارس فوائد صحية عن طريق تحفيز النمو الانتقائي لمجموعات بكتيرية مفيدة في الأمعاء. ومع ذلك فإن تعيين ألياف معينة فقط كالبريبيوتيك بناءً على هذه المعايير هو أمر اعتباطي إلى حد ما. كما سنصف في الأقسام التالية، فإن جميع الألياف تقريباً ستحدث تحولات محددة في تكوين الميكروبيوم (النبيت الميكروبي) بسبب التفاعلات التنافسية، وأي من هذه التحولات التركيبية تساهم في فوائد صحية إذا كانت ذات صلة وظيفية. في المقابل، لا تعتمد الآليات التي أثبتت أنها تساهم في الفوائد الصحية على الاستخدام الانتقائي للكربوهيدرات، بل تعتمد على المركبات الأيضية (مثل السلاسل الدهنية القصيرة، SCFAs)،

التغيرات الفسيولوجية (كانخفاض درجة الحموضة) أو حماية الطبقة المخاطية. لذلك قد يكون من المفيد تغيير تركيز التفكير في مفهوم البريبيوتك بعيداً عن التأثير الانتقائي للمكونات الغذائية المحددة على المجتمعات الميكروبية في الأمعاء إلى الآثار البيئية والوظيفية لتخمير الألياف وهو الأمر الأكثر أهمية لفيسيولوجية العائل.

## تأثير الألياف الغذائية على البيئة الميكروبية في القناة الهضمية

النظام الغذائي له تأثير كبير على تكوين وتنوع وثرء ميكروبات الأمعاء. فالمكونات المختلفة من النظام الغذائي تشكل مع الوقت مجتمعات بكتيرية القناة الهضمية. الأنماط الغذائية طويلة الأجل وخاصة تناول البروتين والدهون الحيوانية (بكتيرويديز Bacteroides) مقابل الكربوهيدرات أو الأطعمة النباتية (بريفوتيللا Prevotella) تشكل وترتبط بما يسمى بالنمط المعوي "enterotypes" وهو تصنيف للكائنات الحية على أساس النظام البيئي البكتيريولوجي في ميكروبيوم الأمعاء، وهذا يعني أن الأنواع البكتيرية التي تستوطن الأمعاء تعتمد على النظام الغذائي طويل الأمد. هذا التباين الثنائي في نسبة Prevotella / Bacteroides لوحظ بين سكان المناطق الصناعية وغير الصناعية، مما يوحي بأن هذه المجموعات البكتيرية متأثرة باختلافات طويلة الأمد في النظام الغذائي، مثل اللحوم (التي تزيد من Bacteroides في الغرب) والألياف الغذائية (التي تزيد من Prevotella في السكان غير الغربيين). إن مقارنة ميكروبات الأمعاء للأطفال من المجتمعات الريفية (بوركينافاسو) مقارنة بالمدن الحضرية (إيطاليا) يعكس تأثير النظام الغذائي على الميكروبيوم. دي فيليبو (De Filippo) وآخرون وجدوا فرقاً كبيراً في تكوين ميكروبات الأمعاء في كلا المجموعتين بعد الفطام. وقد لاحظوا زيادة كبيرة في وفرة البكتيريا من الأجناس Prevotella و Xylanibacter المرتبطة بمستويات أعلى من الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة (SCFAs) في عينات البراز لدى الأطفال من (بوركينافاسو)، مما يعكس قدرة هؤلاء الأفراد على تحطيم الكربوهيدرات المعقدة. هذه الاختلافات لا علاقة لها بالعرق حيث أن مجتمعات البكتيريا المعوية في أطفال بوركينافاسو الذين يعيشون في المناطق الحضرية أكثر تشابهاً مع الأطفال الإيطاليين على العكس من المناطق الريفية، فعندما ينتقل الناس إلى المناطق الحضرية يتعرضون لنمط حياة غربي، بما في ذلك الحصول على الطعام الغني بالدهون والسكريات البسيطة. وفقاً لذلك، تحتوي الميكروبات الخاصة بالأطفال الذين يعيشون في المناطق الحضرية من بوركينافاسو على بكتيريا أكثر ملاءمة لاستقلاب البروتين الحيواني والدهون والأطعمة الغنية بالسكر، في حين أن الأطفال الذين يعيشون في المناطق الريفية لديهم خزان بكتيري (غني بـ Prevotella، Treponema، Succinivibrio) المتكيفة لتخمير الألياف والكربوهيدرات من الخضروات. ومن المثير للاهتمام أن المجتمعات الميكروبية لأطفال بوركينافاسو الذين يعيشون في المناطق الحضرية كانت مماثلة لتلك الخاصة بالأطفال الإيطاليين، مما يبرز التأثير الهام للنظام الغذائي المستقل عن جينات العائل.

وتدعم هذه النتائج دراسة قام بها شنور (Schnorr) وآخرون والتي أظهرت أن أفراداً من الصيادين من عرقية هادزا (Hadza) يمتلكون مستويات أعلى من وفرة الميكروبات والتنوع البيولوجي مقارنةً بالعينة الضابطة الحضرية الإيطالية. زادت الميكروبات المعوية لهؤلاء الأفراد من العصوانيات Bacteroidetes وقلصت من وفرة الفيرميكتوس Formicutes، وبشكل غير متوقع يفتقرون تقريباً إلى شعبة البكتيريا الشعاعية (Actinobacteria) بما في ذلك انخفاض مستويات بكتيريا البيفيدوبكتيريوم (Bifidobacterium). ومن المثير للاهتمام أن إنتاج الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة (SCFA) في الهادزا Hadza كان يتميز بزيادة تركيزات البروبيونات (propionate) في حين أن المجموعة الإيطالية كانت تحتوي على مزيد من البيوترايت (butyrate). قد يعكس هذا التمايز في إنتاج الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة الاختلافات في التنوع الغذائي المتعلقة بكمية ونوع الألياف والكربوهيدرات التي يستهلكها كلا المجتمعين. وبالمثل، أظهر تحليل الميكروبيوم للسكان الملاويين، الفنزويليين والأمريكيين من الأطفال إلى البالغين اختلافات كبيرة، والتي ارتبطت بالحمية والثقافة. تميزت ميكروبات أمعاء الرضع الملاويين والفنزويليين بإثراء الجينات البكتيرية المساهمة في التخليق الحيوي لفيتامين ب 12، استخدام جليكان glycan للعائل وهدم وتفكيك اليوريا، بينما لوحظ زيادة القدرة على استقلاب الفوكوز أو السكر السداسي (fucose) عند الرضع الأمريكيين. وفي نفس الدراسة تبين وجود فروق هامة في الوظائف الميكروبية بين البالغين في الولايات المتحدة مقابل الملاويين والفنزويليين والتي تتوافق مع صفات آكلة اللحوم (استهلاك البروتين) مقابل آكلة الأعشاب (استهلاك الألياف الغذائية) على التوالي. بناءً على هذه الملاحظات، فإن

التغيرات البيئية في نمط الحياة وليس جينات العائل هي الأكثر تأثيراً على تنوع الميكروبات في القناة الهضمية، ويؤدي العيش على نظام التغذية في الدول الصناعية إلى نزوب واستنفاد واضح للأنواع المختلفة من تلك الميكروبات. من الآليات الأخرى التي تسبب انخفاض التنوع لميكروبات الأمعاء استخدام المضادات الحيوية، الممارسات الطبية السريرية (مثل العمليات القيصرية) وممارسات الصحة العامة. بالتوافق مع هذه الفكرة، لوحظ أن أكثر الميكروبات تنوعاً حتى الآن، توجد في شعب اليانومامي (Yanomami)، وهم مجموعة من السكان الأصليين لديهم اتصال محدود بالعالم الصناعي. ولوحظ أيضاً أن التنوع أعلى من نظيره في الغرب حتى في سكان المناطق غير الصناعية الذين لديهم إمكانية الوصول إلى المضادات الحيوية مثل ريف بابوا غينيا الجديدة. من هنا يمكن القول إن العوامل البيئية الأخرى التي تميز بين السكان الغربيين وغير الغربيين مثل الغذاء قد تكون أكثر أهمية. يستهلك السكان غير الغربيين أغذية أقل تكريراً ونسب أعلى من الألياف الغذائية، مما يشير إلى أن هذا المكون الغذائي يساهم في ثراء الميكروبات. قام سوننبرغ (Sonnenburg) وآخرون بالتحقيق في عواقب نقص الألياف (المشار إليها باسم ((MACs)) microbiota-accessible carbohydrates) على الفئران التي زرعت في أمعائها ميكروبات معوية بشرية، وأظهرت النتائج أن اتباع نظام غذائي منخفض MAC أدى إلى انخفاض كبير في تنوع الميكروبات خلال ثلاثة أجيال فقط، والتي لم يتمكن الباحثون من استعادتها عندما تم نقل الفئران لنظام غذائي طبيعي MAC. ومن المثير للاهتمام أنهم لاحظوا أيضاً انخفاضاً موسمياً في تنوع الميكروبيوم لدى صيادي هادزا في تنزانيا. فقد تباينت تركيبة الميكروبات ووظيفتها في هذا المجتمع وفقاً للتغيرات الموسمية، وعكست عادة النظام الغذائي وكذلك نوع الطعام الذي يتم تناوله. خلال موسم الرطوبة يقل تمثيل الكازيمات (CAZymes)، وهي الإنزيمات النشطة لتكسير وتمثيل السكريات، في الميتاجينوم [metagenome](#) والمرتبطة بالتحليلات الوراثية للمجتمعات الميكروبية الخاصة بتكسير الكربوهيدرات النباتية، وارتبطت بدورة اختفاء/ ظهور وحدات OTU (وحدات تصنيفية عملية) محددة مثل عائلة ال (Prevotellaceae) المفقودة لدى سكان المناطق الصناعية.

ملاحظات موسمية مماثلة وجدت في الدببة البنية ذات السبات الحر والتي زادت فيها الميكروبات المرتبطة باستخدام الألياف خلال أواخر الربيع واستنفدت خلال السبات. أدى إثراء هذه البكتيريا إلى زيادة الكفاءة في حصاد السعرات الحرارية من نظام غذائي غني بالألياف. وبالتالي لا يبدو أن الانخفاض الدوري في تناول الألياف له آثار طويلة الأمد على الميكروبيوم، في حين أن الانخفاض طويل المدى في تناول الألياف، كما في العالم الغربي، قد يؤدي إلى اختفاء دائم للأصناف الميكروبية، على غرار النتائج التي ظهرت في الفئران. بالإضافة إلى الآثار طويلة المدى للنظام الغذائي على الميكروبيوم على النحو المبين أعلاه، تستجيب ميكروبات الأمعاء خلال 24 ساعة فقط للتغيرات الجذرية في تكوين المغذيات الكبيرة. فمثلاً، زادت الأنواع الميكروبية ذات القدرة على تحطيم الألياف عندما تم إطعام البشر بنظام غذائي نباتي. وبشكل مماثل، لوحظ إعادة ترتيب دراماتيكية وسريعة في الميكروبيوم البشري في غضون 24 ساعة بعد الحد من تناول الكربوهيدرات (بما في ذلك الألياف) إلى 30 جم / يوم في دراسة حديثة لمجموعة من البشر. كما هو متوقع أدى فقدان الكربوهيدرات إلى انخفاض كبير في وفرة البكتيريا الهاضمة للألياف في حين زادت وفرة اللاكتوكوكوس (*Lactococcus*) وإيجيرثيلا (*Eggerrthella*) والبكتيريا العقدية (*Streptococcus*) مما أدى إلى انخفاض مستويات الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة SCFAs.

## الألياف تشكل شبكات الغذاء للبكتيريا

تؤدي الإدارة الجيدة لحمية الألياف الغذائية إلى تهيئة البيئة الملائمة في القناة الهضمية عن طريق توفير الغذاء اللازم للنمو الميكروبي، مما يسمح للأنواع الميكروبية القادرة على استخدام هذا الغذاء بالنمو والتكاثر. يضم المايكروبيوم المعياري 130 جليكوسيد هيدرولاز (glycoside hydrolase) و 22 من عديد السكاريد لياز (polysaccharide lyase) و 16 عائلة من الكربوهيدرات استريز (esterase) وهذا يوفر مرونة الميكروبيوم للتبديل بين مصادر الطاقة المختلفة للألياف حسب توفرها. الأنواع البكتيرية التي تنتمي إلى شعبة فرميكوتس (Firmicutes) وشعبة البكتيريا الشعاعية (Actinobacteria) هي المستجيب



الرئيسي للألياف الغذائية على الرغم من أن واحدتها تحتوي على عدد قليل نسبياً من إنزيمات استقلاب الألياف. ومع ذلك، فإن عمومها يقوم بأدوار أكثر تخصصاً، مثل الشروع في تكسير المركبات المعقدة. فعلى سبيل المثال، تبين أن النشا المقاوم (RS) يثري الأنواع *Parabacteroides distasonis* في مجموعة فرعية من الأفراد الذين يعتمدون على هذا النوع من النشا في طعامهم. على النقيض من ذلك فإن استهلاك الألياف غير القابلة للهضم لدى الإنسان مثل الجلاكتوليجوزاكاريدات (galactooligosaccharides) يحفز بشكل رئيسي أنواع البيفيدوبكتريوم (*Bifidobacterium*) التي تمتلك الآلية الأنزيمية لاستخدام هذه الخاصية بكفاءة. ليست القدرة الأنزيمية (كمحلل أولي أساسي فقط) هي التي تحدد قدرة الميكروب على الاستفادة من الألياف الغذائية ولكن أيضاً قدرته على "الالتصاق" بالمكون، وتحمل الظروف البيئية المتغيرة من خلال الألياف (مثل زيادة الحموضة من خلال التخمر) والاستفادة من منتجات تحليل الكربوهيدرات (محللات الألياف الثانوية) والألياف (من خلال التغذية المتقاطعة). يمكن أن تعمل محللات الألياف الأولية كـ "حجر الزاوية" في استخدام الألياف المعقدة من خلال ما يمكن اعتباره "طائفة أو فصيلة" من الأنواع. فمثلاً يعتبر (*R. bromii*) أحد الأنواع الرئيسية لتحلل النشا المقاوم، ويساهم بشكل كبير في إنتاج البيوترات (butyrate) في القولون على الرغم من أن النوع نفسه لا ينتجه. من المرجح أن توجد أنواع مماثلة رئيسية لأنواع الألياف الغذائية الأخرى لكن لم يتم تحديدها بعد.

يظهر تأثير الألياف الغذائية على تكوين الميكروبات العديد من الخصائص المتسقة. أولاً، تقتصر التحولات المرصودة التي تحدثها الكربوهيدرات غير القابلة للهضم في البشر (بغض النظر عما إذا كانت مقبولة كبريبايوتك prebiotics أم لا) على عدد محدود من الأصناف. ثانياً، قد يكون حجم التغيرات المخفزة كبيراً حيث تشكل أنواعاً معينة أكثر من 30% من إجمالي المتسلسلات التي تم الحصول عليها عن طريق تسلسل amplicon للميكروبات البرازية. مع ذلك يتم الحفاظ على هذه التغيرات فقط طالما يتم استهلاك المكون. ثالثاً، تتسم الاستجابة الميكروبية للألياف الغذائية بأنها فردية. سبب هذه الفردية ليست مفهومة بعد. قد يفتقر الأفراد إلى الأنواع الرئيسية أو يفتقرون إلى سلالات تمتلك القدرة الأنزيمية على استخدام مكون معين.

## التمثيل الغذائي الميكروبي للألياف الغذائية والآثار الوظيفية

الألياف الغذائية هي مصدر طاقة مهم للميكروبات التي تقطن القولون. تقوم البكتيريا اللاهوائية تحت ظروف معوية معينة بتنشيط آلياتها المكونة من إنزيمات رئيسية ومسارات أيضية يمكن أن تستقلب الكربوهيدرات المعقدة مما يؤدي إلى إنتاج نواتج هضم مثل الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة SCFAs.

الأحماض الدهنية القصيرة SCFAs هي منتجات عضوية تتكون أساساً من أسيتات (acetate)، بروبونات (propionate) وزيدات (butyrate). تمتلك SCFAs أدواراً رئيسية في تنظيم عملية التمثيل الغذائي للعائل والجهاز المناعي وانتشار الخلايا. تم العثور على تركيز عالٍ من SCFAs في الأعور والقولون القريب حيث يتم استخدامها كمصادر للطاقة في الخلايا الظهارية والمخاطية في القولون (وخاصة butyrate)، ولكن يمكن أيضاً نقلها إلى الدورة الدموية الطرفية عبر الوريد البابي للعمل على أنسجة الكبد والأنسجة المحيطة. على الرغم من أن مستويات SCFAs منخفضة في الدورة الدموية الطرفية، فمن المقبول الآن أنها تعمل بمثابة جزيئات إشارة وتنظم العمليات البيولوجية المختلفة في العائل.

إن تناول كميات قليلة من الألياف الغذائية لا يؤدي فقط إلى تقليل التنوع الميكروبي وإنتاج SCFA، ولكن أيضاً يحول الأيض الميكروبي نحو استخدام مكونات أقل ملائمة، خاصة البروتينات الغذائية التي تطلق الببتيدات النشطة حيوياً أثناء عملية الهضم والتي تستضيف الأنسجة المخاطية (mucins) مما قد يسبب ضرراً للعائل. إن إمداد متطوعين من البشر بنظام غذائي غني بالبروتين قليل الكربوهيدرات لم يقلل بشكل كبير من إنتاج مجموع SCFAs والبيوترات وهي نوع من الأحماض الدهنية قصيرة

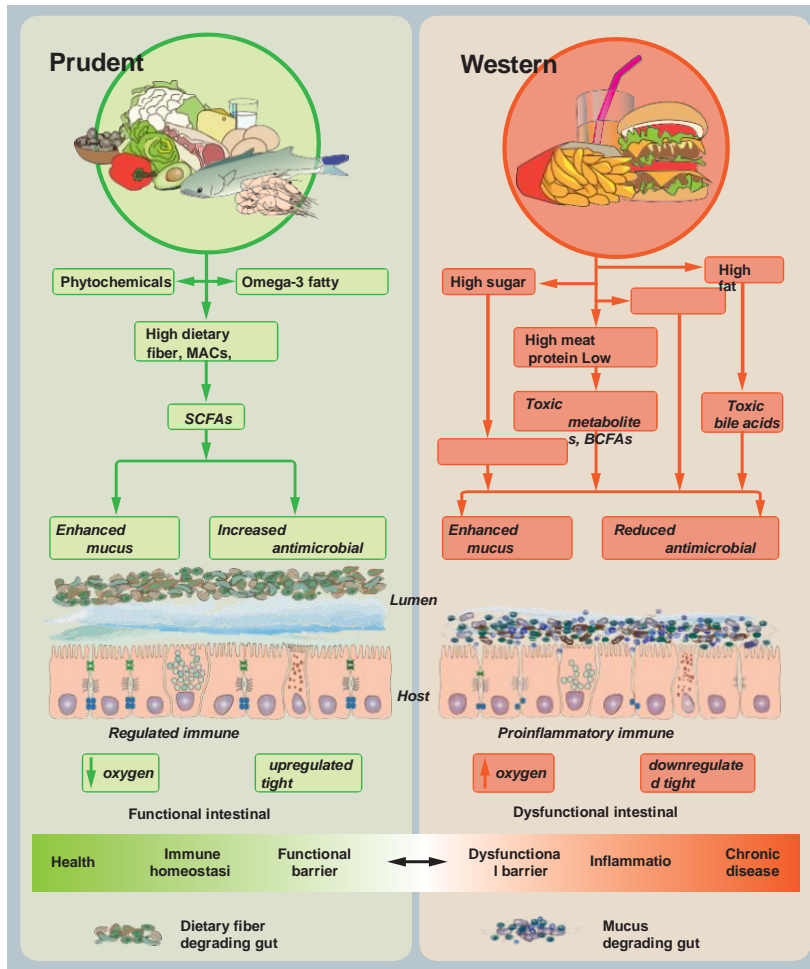


السلسلة فقط، ولكنه أدى أيضًا إلى زيادة في نواتج الاستقلاب الضارة المحتملة المستمدة من تخمير الأحماض الأمينية، بما في ذلك الأحماض الدهنية ذات السلسلة المتفرعة، الأمونيا، الأمينات، مركبات N-nitroso، المركبات الفينولية بما في ذلك p-Cresol، الكبريتيدات، المركبات الإندولية وكبريتيد الهيدروجين. تساهم الطبيعة السامة لهذه النواتج الأيضية في تطور الأمراض المزمنة، ولا سيما سرطان القولون. بالنظر إلى المفاضلة بين تحليل السكريات وتحلل البروتينات في عملية التخمير، من المرجح أن يثبط نظام غذائي غني بالألياف تخمير البروتين الذي يمنع العديد من الآثار الضارة من اللحوم والدهون، مما يجعل هذه المكونات الغذائية أقل ضرراً.

## تأثير الألياف الغذائية والأحماض الدهنية قصيرة السلسلة على العائل

### إنتاج المخاط ومستويات أكسجين اللومينول (Luminal Oxygen Levels)

تتم تغطية النسيج الطلائي المبطن للقناة الهضمية وحمايتها بواسطة طبقة من المخاط وبالتالي الحفاظ على البكتيريا منفصلة عن الغشاء المخاطي. واحدة من الآليات المستخدمة من قبل العائل لمنع غزو الميكروبات والتعرض للعدوى هو الحفاظ على طبقة المخاط سليمة وجيدة البناء. تعتبر الميكروبات في الأمعاء والنظام الغذائي عنصرين مهمين للحفاظ على التركيب والإنتاج الطبيعي للمخاط المعوي. تؤدي الميكروبات المعدلة الناتجة من اتباع نظام غذائي منخفض في الألياف إلى تدهور شديد في طبقة المخاط ويمكن أن تزيد من القابلية للإصابة بالتهابات وتطور الأمراض الالتهابية المزمنة (الشكل 1).



**الشكل 1.** تأثير نظام غذائي منخفض وعالي الألياف على تكوين الأحياء المجهرية للأمعاء وتنوعها ووظائفها في فسيولوجيا العائل: يساهم النظام الغذائي الغني بالألياف في الحفاظ على ميكروبات الأمعاء الصحية المرتبطة بالتنوع المتزايد والوظائف مثل إنتاج الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة. وتأثير النظام الغذائي للمجتمعات الصناعية، والذي يتميز بانخفاض استهلاك الألياف، وزيادة استهلاك البروتين والسكر، حيث يقل تنوع ميكروبات القناة الهضمية ويتم تقليل البكتيريا وتغيير وظائفها، بما في ذلك انخفاض كبير في قدرتها على إنتاج SCFAs، ويرتبط مع ظهور الأمراض الالتهابية المزمنة.

تناول الألياف الغذائية يعزز إنتاج SCFAs من قبل بكتيريا القناة الهضمية ويعزز إنتاج المخاط والببتيد المضادة للميكروبات. بالإضافة إلى ذلك فإن SCFAs تقلل مستويات الأكسجين وبالتالي تحافظ على وظائف الجهاز المناعي. هذه العمليات البيولوجية تتعطل عندما تحول النظام الغذائي نحو نمط الحياة الغربية وربما يؤدي إلى زيادة التعرض للعدوى و IBD، وضعف وظائف الأعضاء.



تحفز الألياف الغذائية والأحماض الدهنية قصيرة السلسلة إنتاج وإفراز المخاط، ويحافظ كل من (acetate) و (butyrate) على توازن إنتاج وإفراز المخاط. بكتيريديز ثايوتيكومرون (*Bacteroides thetaiotaomicron*) (المنتج الأسيتات والبروبيونات) يعزز تمايز الخلايا الكأسية والتعبير عن الجينات المرتبطة بالمخاط. في المقابل يقلل (*Faecalibacterium prausnitzii*) (مستهلك للأسيتات ومنتج للبيوترات) تأثير الأسيتات على المخاط ويمنع الإفراط في إنتاجه، وبالتالي الحفاظ على بنية وتشكيل النسيج الطلائي للأمعاء. علاوة على ذلك يمكن للألياف الغذائية أن تحفز ميكانيكا نسيج الأمعاء لإفراز المخاط.

يؤدي النقص لفترات طويلة في الألياف الغذائية إلى إلحاق الضرر بحاجز المخاط ويرتبط بزيادة وفرة البكتيريا المفككة للميوسين (المخاطين) مثل (*Akkermansia muciniphila*). علاوة على ذلك عندما يخلو النظام الغذائي من الألياف الغذائية، تقوم بعض بكتيريا الأمعاء بتبديل عملية هضمها لاستخدام الجليكان ميوسين mucin glycans عن طريق تحفيز التعبير الجيني للأنزيمات المحلل للمخاط. تمشيا مع هذا فإن تغذية فئران بالحمية الغربية (المحتوى المنخفض للغاية من الألياف) يزيد من قابلية اختراق الطبقة المخاطية الداخلية وخفض معدل نموها مما يجعل المخاط قابل للاختراق ومن ثم قد يزيد من قابلية الإصابة بالتهابات. ومن المثير للاهتمام، أن كمية قليلة من الإنيولين (1 %) (وهي بروبايوتك لها تأثير bifidogenic) أو إدارة (*Bifidobacterium longum*) منعت عيوب المخاط. مكملات الإنيولين تصحح قابلية اختراق الطبقة المخاطية الداخلية بينما مكملات *B. longum* استعادت خلل معدل نمو المخاط مما يوحي بأن هذين العاملين غير مرتبطين ببعضهما ويمكن تنظيمهما بعوامل مختلفة. إدارة كلاهما لم يحسن من الخصائص الأيضية للحيوانات البدينة. وفي المقابل تناول كميات كبيرة من الإنيولين (20 %) منع من اختراق الميكروبات، حسن من صحة الأمعاء وأدى إلى حل الالتهابات المنخفضة المرتبطة بالتحسن في معايير التمثيل الغذائي للفئران. إذن، يبدو أنه على الرغم من أن المستويات المنخفضة للإنيولين كافية لاستعادة التأثيرات المحلية في الأمعاء (بما في ذلك الحماية من الالتهابات المعوية) إلا أن هناك حاجة لتركيز أعلى لتحقيق فوائد التمثيل الغذائي، مشيراً إلى وجود آليات منفصلة تعتمد على الجرعة. على أية حال فإن هذه الجرعات الكبيرة من الإنيولين لن يتم على الأرجح تحملها في البشر (الشكل 1).

أظهر اكتشاف حديث مهم من مختبر بولمر (Bäumler) أن أكسدة بيتا من البيوترات بواسطة خلايا القولون (colonocytes) تستهلك الأكسجين وتؤدي إلى وسط لاهوائي في القناة الهضمية. نظراً لأن البكتيريا المنتجة للبيوترات حساسة جداً للأكسجين، حيث يقل تعدادها بشكل أكبر مما يقلل من كمية إنتاج البيوترات. تؤدي حلقة التغذية الأمامية هذه إلى زيادة مستويات الأكسجين-اللومينول مما يسمح للبكتيريا البروتينية مثل الإشريكية القولونية (*Escherichia coli*) والسالمونيلا المعوية (*S. enterica*) و (*Typhimurium*) بالازدهار. هذه الآلية الجديدة لم توفر فقط شرحاً للعديد من الأمراض المرتبطة بنظام غذائي منخفض الألياف، ولكن أيضاً فهما ميكانيكا لسبب ملاحظة التنوع الميكروبي المنخفض في كل من البشر والفئران على نظام غذائي منخفض الألياف.

## الجهاز المناعي

تساهم الميكروبات المعوية الصحية في نضوج وتطور الجهاز المناعي. تتمثل إحدى هذه الآليات من خلال الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة SCFAs والتي يعرف عنها أنها تعمل على توليد خلايا T القولونية المنظمة (Tregs) بطريقة تعتمد على GPR43، وكذلك عن طريق حث أستلة (acetylation) بروتينات الهيستون H3، (histone H3). تبعاً لذلك، فإن التغذية الغنية بالألياف للأنس أثناء الحمل والرضاعة تعدّل من الظروف الدقيقة للغدة الزعترية وتعبير منظم المناعة الذاتية (Aire) (عامل يعبر عنه في الغدة الزعترية وهي نسيج ليفي أساسي) وهو أمر ضروري لنضج الخلايا التائية. أدى تناول الأم للألياف إلى زيادة مستويات البيوترات في دم الجنين وساهم في تعزيز تعداد خلايا (Treg) المحيطة والغدة الزعترية للحيوانات بطريقة تعتمد على GPR41. على النقيض من ذلك، فإن النظام الغذائي الذي يحتوي على نسبة عالية من الدهون يحث على حدوث انكماش وتقلص (شيخوخة) مبكر للغدة الزعترية يظهر في انخفاض عدد خلايا الكريات البيضاء وزيادة موت الخلايا التائية النامية. قد تساعد



هذه الأنماط الظاهرية في تفسير سبب سرعة الشيخوخة في الغدة الزعترية وتغيير بنية الأنسجة للمفاوية الأولية في الأشخاص الذين يعانون من السمنة المفرطة.

تؤكد هذه الملاحظات مجتمعة على الدور المهم للأحماض الدهنية قصيرة السلسلة SCFA في تنظيم والحفاظ على الوظيفة الطبيعية للجهاز المناعي الفطري والمتكيف، وبالرغم من أننا قصرنا المناقشة على بضعة أمثلة، فهناك العديد من الروابط بين تناول الألياف والجهاز المناعي والأمراض كما هو موضح في (الشكل 1).

## المنفعة الموضعية لتناول الألياف

### أمراض الأمعاء الالتهابية (IBD) وسرطان القولون (CRC)

مع ازدياد معدل الإصابة بأمراض الأمعاء الالتهابية (IBD) في البلدان الغربية تم افتراض ان النظام الغذائي الغربي وقلة تنوع بكتيريا القناة الهضمية (خاصة البكتيريا المنتجة للبيوترات) قد تكون من عوامل زيادة انتشار تلك الأمراض الالتهابية. ويؤيد ذلك ارتباط انخفاض تناول الألياف مع زيادة الإصابة بداء كرون وزيادة التهاب القولون في الفئران. من خلال التحقيق في تأثير أربعين حمية معينة على الفئران، ثبت أن البروتينات كانت لها آثار سلبية ومعرزة لتطور التهاب القولون بينما الألياف الغذائية بالعكس. كما أن التهاب القولون الناجم عن ديكستران سلفات الصوديوم (DSS) تطوّر في الفئران بما يتناسب عكسياً مع كمية الألياف في النظام الغذائي. قد يكون التأثير الوقائي للألياف ناتجاً عن زيادة مستويات الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة في الأعور (cecal SCFAs) خاصة البيوترات التي يعرف أن لها خصائص مضادة للالتهابات أو ربما من خلال GPR43.

التهاب الأمعاء قد يؤدي إلى سرطان القولون (CRC) وهو ثالث أكثر أنواع السرطان شيوعاً. يرتبط هذا النوع بالعوامل الوراثية والبيئية مثل العادات الغذائية والتدخين والنشاط البدني، وقد وُجد أن البكتيريا المنتجة للبيوترات قليلة في مرضى السرطان مقارنة بالمتطوعين الأصحاء، كما وُجد ارتباط بين انخفاض تناول الألياف الغذائية مع زيادة حالات السرطان. إذن، فليس من المستغرب وجود دعوات صحية معتمدة من قبل إدارة الأغذية والعقاقير FDA للوجبات الغذائية قليلة الدسم والغنية بمنتجات الحبوب المحتوية على الألياف والخضروات والفواكه، لتقليل احتمال الإصابة ببعض أنواع السرطان.

## المنفعة الجهازية لتناول الألياف

### داء الانسداد الرئوي المزمن والربو

لا تصنع الألياف الغذائية الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة في الأمعاء فحسب، بل يمكن أن تؤثر أيضاً على وظائف الرئة. فقد وُجد أن المرضى الذين يعانون من الربو الحاد المستمر يستهلكون المزيد من الدهون والقليل من الألياف مقارنة بالأصحاء. وبالمثل أظهرت دراسة أخرى وجود علاقة عكسية بين تناول ألياف الحبوب وخطر الإصابة بمرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD). لقد أدت التغذية الطويلة قليلة الألياف في الفئران إلى تفاقم مرض مجرى الهواء التحسسي، والتي يمكن علاجها عن طريق إعطاء بروبونات. وهكذا يبدو أن الزيادة في أمراض مجرى الهواء المختلفة يمكن أن تقترن بالتخمير الميكروبي للألياف الغذائية.

### السمنة ومرض السكري

السمنة شائعة في كل من البلدان النامية والصناعية، وهي تتأثر بعدة عوامل مثل السلوكيات الغذائية ونمط الحياة الخاصة وترتبط بقلّة التنوع الميكروبي، مما قد يعكس انخفاض تناول الألياف. ويؤيد ذلك ما أظهرته دراسة استطلاعية على 120877 من الأفراد الذين لا يعانون من السمنة المفرطة أن زيادة الوزن على المدى الطويل يرتبط عكسياً مع تناول الألياف الغذائية مما يشير إلى دور تناول الألياف في الحد من زيادة وزن الجسم على المدى الطويل. وبالمثل ترتبط زيادة تناول الألياف بزيادة تنوع الميكروبات في الأمعاء وانخفاض الوزن على المدى الطويل. في دراسة حديثة تم إضافة ألياف غذائية عديدة السكريات





(oligofructose) الغني بالإنولين (inulin) لغذاء الأطفال الذين يعانون من السمعة المفرطة والمتوسطة لمدة 16 أسبوعاً، ولوحظ انخفاض كتلة الدهون لديهم نتيجة لذلك مما يدل على أن زيادة تناول الألياف المخمرة قد تكون لها آثاراً مفيدة على الحد من السمعة.

ترتبط السمعة بالنوع الثاني من السكري (T2D). وبشكل مقارن للسمعة يرتبط السكري بقلّة وفرة البكتيريا الهاضمة للألياف. وفقاً لذلك ترتبط النظم الغذائية ذات المؤشر السكري المرتفع (نسبة عالية من النشا القابل للهضم ومنخفض الألياف) بزيادة خطر الإصابة بهما. إضافة الألياف القابلة للذوبان مثل (oligofructose) والإنولين طويل السلسلة في الغذاء تصحح توازن ميكروبات الأمعاء، تخفف من زيادة وزن الجسم والالتهابات منخفضة الدرجة وتحسن التمثيل الغذائي للجلوكوز (الذي يعزى على الأقل إلى انخفاض نفاذية الأمعاء وتسمم باطني داخلي). علاوة على ذلك، فإن تزويد المتطوعين الأصحاء بالخبز المبني على نواة الشعير (BKB)، الغني بـ (β-glucans) يحسن من أيض الجلوكوز. بالتالي من المغربي التكهن بأنه في حالة السمعة الناتجة من قلة تناول الألياف، وبالتالي فقدان البكتيريا الهاضمة للألياف والمنتجة للبيوترات فإن ذلك قد يؤدي إلى مرض السكري.

### تأثير الألياف الغذائية غير المعتمد على الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة

حتى الآن ركزت هذه المراجعة بشكل أساسي على تخمير الألياف وتحويلها إلى سلاسل دهنية قصيرة السلسلة SCFA، ولكن من المهم الإشارة إلى أن التمثيل الغذائي الميكروبي للألياف له أيضاً تأثيرات إضافية. حمض الفوليك (FA) هو مركب فينولي يمكن العثور عليه في جدار الخلية النباتية ويعمل على تعزيز صلابته وقوته. الأيض الميكروبي للألياف الغذائية الموجودة في حبوب النخالة على سبيل المثال، يؤدي إلى إطلاق حمض الفوليك بواسطة بكتيريا مثل (*L. fermentum NCIMB 5221*) التي لديها جين الاستريز للحمض (FA esterase gene). في الجهاز الهضمي، يمكن أن يعمل الحمض إما محلياً لتعديل وظائف الأمعاء أو نقلها بشكل حر إلى مجرى الدم للتأثير على صحة الأجهزة الأخرى في الجسم. لدى حمض الفوليك خصائص مضادة للأكسدة وللتهابات ويمكن اعتباره علاجاً محتملاً لمختلف الأمراض المزمنة مثل التحلل العصبي neurodegeneration، السمعة، السكري والسرطان. حمض الفوليك يحفز تكوين الخلايا العصبية في الفئران المعالجة بالكورتيكوستيرون (corticosterone) وقد ثبت أنه يمنع السمية المرتبطة بـ Aβ في نماذج مرض الزهايمر. في حالة التهاب القولون التقرحي، العلاج بحمض الفوليك له خصائص مضادة للالتهابات تظهر في تقليل السيتوكين (cytokine) المعزز للالتهابات وزيادة إنتاج الـ Interleukin 10. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لحمض الفوليك أن يمنع تطوّر السمعة الناتجة عن النظام الغذائي، وله تأثيرات مضادة لمرض السكري: الفئران المصابة بالسكري التي عولجت بهذا المركب استرجعت مستوياتها الطبيعي للجلوكوز والأنسولين في الدم.

يمكن للألياف الغذائية أيضاً ربط المغذيات الكبيرة بالدقيقة بما في ذلك أيونات مثل النحاس والكالسيوم والزنك ونقلها إلى القولون النازل (distal gut) حيث يتم إطلاقها عندما يتم استقلاب الألياف بواسطة بكتيريا القولون. زيادة الحموضة من خلال إنتاج SCFAs يزيد من قابلية الذوبان وامتصاص المعادن بواسطة القولون. كما أن بعض هذه الأيونات تعمل كمضاد للميكروبات في ظروف محددة وتساعد في الوقاية من التهابات الأمعاء. إذن، فإننا نفترض أن قدرة الألياف الغذائية المختلفة على ربط الأيونات في الأمعاء قد تعمل على إنشاء خزانات محلية مهمة. تبعاً لذلك فقد ثبت أن الزنك يعزز نشاط التمثيل الغذائي للميكروبات المعوية للخنازير في مرحلة الفطام مما أدى إلى تحسين معايير صحتها الهضمية. وبشكل مماثل أظهرت دراسة حديثة أجريت على الدجاج أن النظام الغذائي ناقص الزنك يؤدي إلى انخفاض تنوع الميكروبات المعوية المرتبطة بقلّة إنتاج SCFA. هذه الملاحظات تشير إلى أن الألياف الغذائية يمكن أن تساهم في الحفاظ على بيئة صحية للأمعاء من خلال توفير المغذيات الدقيقة للبكتيريا والعائل في القولون النازل (distal gut). ومع ذلك أشارت بعض الدراسات إلى أن ربط المعادن بالألياف الغذائية قد يقلل من توفرها للعائل، مما قد يؤدي إلى نقص المعادن. لذلك من المهم تحديد قدرة الربط المعدنية للألياف المختلفة وتأثيراتها على الاستتباب الداخلي.

بالإضافة إلى تنظيم التوافر البيولوجي للعناصر الغذائية كما هو موضح أعلاه، قد تشكل الألياف أيضًا منصات لجلب البكتيريا والجزيئات الحيوية على مقربة من بعض. على سبيل المثال، يمكن أن ترتبط الأحماض الصفراوية المقتزنة في الأمعاء الدقيقة بالألياف قبل أن يتم فك ارتباطها بواسطة أنواع بكتيريديز (*Bacteroides*) ولاكوتوباسيلوس (*Lactobacillus*). حيث يعد فك الارتباط شرطاً مسبقاً للتحويل الحيوي إلى الأحماض الصفراوية الثانوية بواسطة بكتيريا قليلة الوفرة مثل الكلوستريديوم (*Clostridium scindens*). لذا يمكن أن نفترض أن ربط كل من الأحماض الصفراوية وبكتيريا معينة بنفس الألياف (التي تعمل كمنصة) يمكن أن يفسر كيف يمكن للبكتيريا قليلة الوفرة أن تكون بمثابة محولات فعالة للجزيئات الحيوية وبالتالي تزيد من إنتاج الأحماض الصفراوية الثانوية. لدى الأحماض الصفراوية الثانوية مثل أحماض الديوكسيكولييك (deoxycholic) عدد من التأثيرات الفسيولوجية الهامة، وقد ارتبطت بشكل إيجابي بكل من سرطان القولون (CRC) وتحسين التمثيل الغذائي (الشكل 2). ربما يمكن توسيع مفهوم المنصة ليشمل بكتيريا وجزيئات حيوية إضافية.

### مقاس واحد لا يناسب الجميع: كمية الألياف والتخصيص

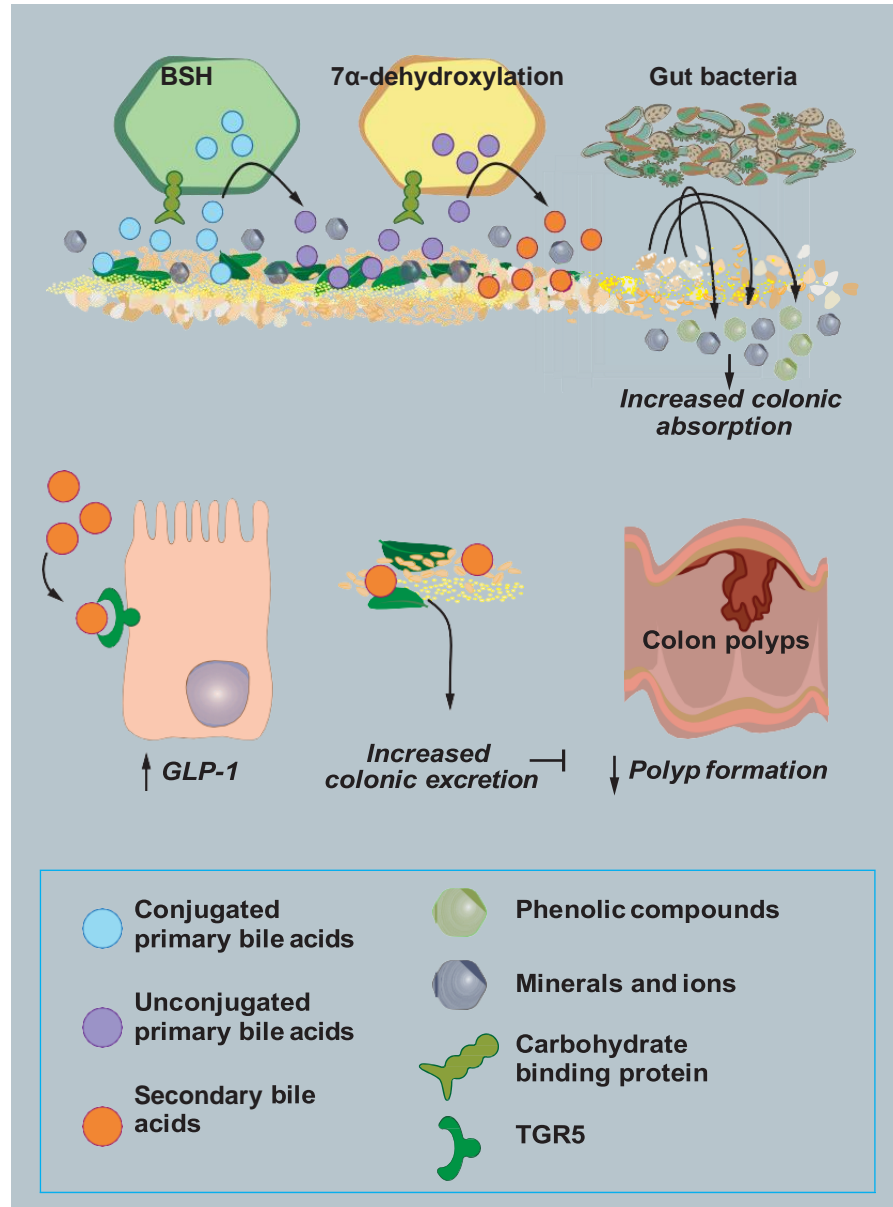
تمت دراسة دور الألياف الغذائية في منع وتخفيف الأمراض الالتهابية المزمنة في البشر على نطاق واسع خلال السنوات الماضية. وقد أظهرت الدراسات التي أجريت على نماذج حيوانية تأثيرات أكثر دراماتيكية لأنها تستخدم كميات أكبر من الألياف مقارنة بالمستويات المستخدمة في التجارب السريرية للإنسان، خاصةً في البريبايوتك (prebiotics) التي تكون جرعتها أعلى أربعين مرة على أساس وزن الجسم. في الواقع، تشبه جرعة الألياف الغذائية المستخدمة في الدراسات الحيوانية الكمية المقدرة من الألياف التي كان يستهلكها أسلافنا قبل تطور الزراعة (< 100 جم / يوم). لذلك حتى جرعات الألياف التي تلي التوصيات الغذائية اليوم (30 جم / يوم) لا تزال أقل بكثير من كميات الألياف التي تم تناولها عندما تم تشكيل التكافل بيننا وبين الميكروبات. من المعروف أن سكان المناطق غير الصناعية الذين يستهلكون كميات من الألياف تزيد عن 50 جم / يوم مثل المناطق الريفية في جنوب إفريقيا وأوغندا خالية إلى حد كبير من الأمراض الالتهابية المزمنة. الأهم من ذلك أن تبديل الأمريكيين من أصل أفريقي إلى نظام غذائي "على الطريقة الإفريقية" مع 55 غرام من الألياف قلل إشارات خطر الإصابة بسرطان القولون في غضون أسبوعين فقط. الاقتراحات الحديثة توصي بوجود كميات من الألياف اليومية تزيد عن 50 غراماً لتحقيق فوائدها الصحية، وذلك بناءً على ملاحظات بأن التدخلات البشرية التي تزيد عن 50 غ / يوم من الألياف أظهرت تحسن ملحوظ في العلامات الصحية التي تم تقييمها. مع ذلك، فإن تحقيق كميات كبيرة من الألياف سيكون أمراً صعباً باستخدام المواد الغذائية المعتادة ولكن يمكن تحقيقه من خلال استكمال إمدادات الغذاء بشكل منتظم بمصادر الألياف الغذائية.

من ناحية ثانية، هناك مخاوف من أن البشر المعاصرين قد يواجهون مشاكل في تحمل جرعات عالية من الألياف لأن تناولها يمكن أن يؤدي إلى آثار جانبية غير مرغوب فيها، مثل امتلاء البطن بالغازات، الانتفاخ، آلام المعدة، الإسهال والإمساك بالتالي ربما تكون سلبية للأفراد الذين يعانون من متلازمة القولون العصبي. إضافة إلى ذلك، تشير بعض الدراسات الحديثة التي أجريت باستخدام نماذج حيوانية إلى أن تناول الألياف مع أو المستقلبات المشتقة منها قد يكون له تأثير سلبي على صحة العائل في حالات معينة مثل التهاب القولون و/ أو سرطان القولون. **على الرغم من أن غالبية البيانات تشير إلى التأثيرات المفيدة للألياف، فقد تكون هناك حالات يلزم فيها توخي الحذر عند تقديم توصيات عامة.**

تجدر الإشارة إلى أن تحمل الألياف يعتمد على الفرد وغالباً ما يتحسن مع مرور الوقت حيث أن الجهاز الهضمي بميكروباته يتكيف مع جرعات أعلى من الألياف الغذائية. من هنا يجب أن يكون النظام الغذائي البشري غني بألياف تتجاوز 50 جم يومياً، خاصة مع إمكانية التأقلم وإذا ما تم استهلاك السكريات المخمرة ببطن مثل RS، أرابينوكسيلان (arabinoxylan)، صمغ الأكاسيا (acacia gum) ومالتوديكترين مقاوم (maltodextrin)، لأن هذه لأنواع يمكن تحملها بشكل أفضل مع جرعات أعلى مقارنة بالسكريات سريعة التخمير مثل (oligofructose) أو (galactooligosaccharides). للتطبيقات المستقبلية،

يمكن للمرء استخدام أنواع محددة من الألياف بطريقة مخصصة (تتوافق مع ملفه الشخصي للميكروبات) لتقليل شدة الآثار الجانبية مع تعزيز الفائدة الفسيولوجية للعائل.

شكل 2 :





## ملاحظات ختامية

ختاماً يمكن اعتبار الألياف الغذائية مركبات أساسية تحافظ على بيئة الأمعاء، خاصةً تنظيم المغذيات الكبيرة وفسولوجية العائل. دراسة ألياف جديدة (المستخرجة والمنقحة من الأغذية وكذلك تلك التي تم تعديلها أو توليفها بشكل انتقائي) من أجل إمكاناتها كالبريبايوتيكات (prebiotics) من الجيل التالي وتحديد استراتيجيات فعّالة لإعادة إنتاج كمية عالية من الألياف من أجل تجديد ميكروبيوم الأمعاء بالميكروبات المفقودة الضرورية سيكون التحدي التالي للتأثير بشكل كبير على الأمراض البشرية المرتبطة بميكروبات القناة الهضمية. أخيراً، سيساعد فهمنا الأفضل لتفاعلات الميكروبات مع الغذاء على تطوير نهج تغذية شخصي يستهدف ويقلل بشكل أكثر كفاءة من حدوث الأمراض الالتهابية المزمنة.



المصدر:

### [The Impact of Dietary Fiber on Gut Microbiota in Host Health and Disease](#)

Kassem Makki, Edward C. Deehan, Jens Walter, and Fredrik Bäckhed,  
Cell Host & Microbe Review, <https://doi.org/10.1016/j.chom.2018.05.012>