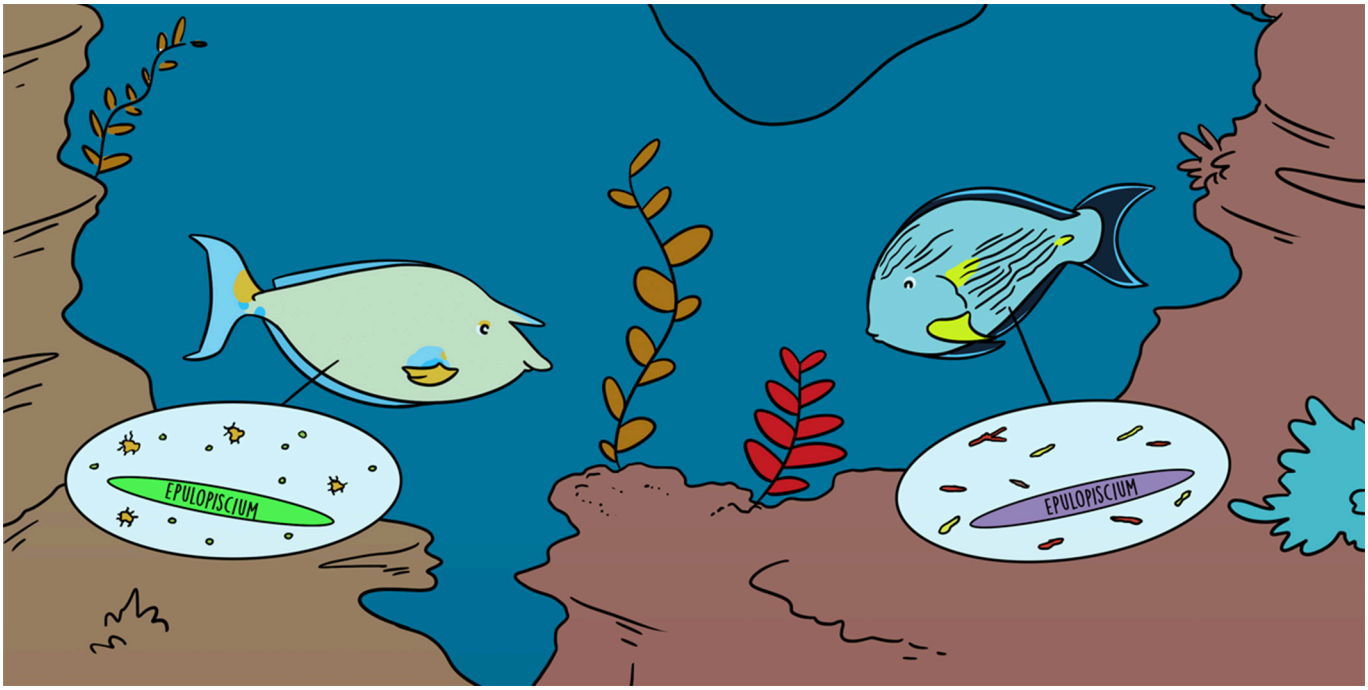
التنوع الحيوي
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 16 أغسطس 2021
doi: 10.3389/frym.2020.00058-ar



شعور بالتُخمة فريد من نوعه: ميكروبات الأمعاء المذهلة تساعد الأسماك الآكلة للعشب على هضم الأعشاب البحرية

Matthew D. Tietbohl[1*], David Kamanda Ngugi[2] and Michael L. Berumen[1]

[1]Division of Biological and Environmental Science and Engineering, Red Sea Research Center, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Saudi Arabia

[2]Leibniz Institute DSMZ - German Collection of Microorganisms and Cell Cultures GmbH Department of Microorganisms, Braunschweig, Germany

تعتمد جميع الحيوانات على مجموعة فريدة من الميكروبات لمساعدتها في عملية هضم الطعام. وينطبق هذا تحديدًا على الحيوانات التي تتغذى على النباتات، والتي تحتاج إلى مزيج معقد من بكتيريا الأمعاء، والمعروفة أيضًا باسم الميكروبات، لهضم المواد النباتية المعقدة التي تقتات عليها. ولكن عندما يتعلق الأمر بالحيوانات البحرية الآكلة للعشب، مثل بعض الأسماك، فإننا لا نعرف الكثير عن الدور الذي تلعبه الميكروبات في المساعدة على هضم الطعام. تختلف الطحالب البحرية، المعروفة باسم الأعشاب البحرية، عن النباتات البرية في نواحٍ عديدة، لذا فمن المرجح أن تكون لدى أنواع الأسماك الآكلة للعشب طرق فريدة في هضمها. لذا، قمنا بدراسة ميكروبات الأمعاء في العديد من الأسماك الآكلة للعشب في البحر الأحمر؛ لمعرفة كيف تساعد تلك الميكروبات الأسماك على هضم الطحالب. من المدهش أننا وجدنا أنه على الرغم من أن هذه الأسماك لديها مجموعات فريدة من ميكروبات الأمعاء، فإنها تتألف من سلالات مختلفة من نوع واحد من البكتيريا العملاقة التي يبدو أنها تطورت لمساعدتها على هضم الطحالب المفضلة لديها.

المراجعون الصغار:

ALANA
العمر:12

IDHANT
العمر:12

KONSTAN-TIN
العمر:12

LILIAN
العمر:11

SHIRHAN
العمر:12

أهمية الأعشاب البحرية اللزجة

ماذا الذي يخطر في ذهنك عندما تسمع كلمة أعشاب بحرية؟ هل يبدو أنها لذيذة بالنسبة إليك؟ في الوقت الذي يعتقد فيه الكثير من الأشخاص أن الأعشاب البحرية، المعروفة للعلماء باسم الطحالب البحرية، عبارة عن كتلة خضراء لزجة وذات رائحة كريهة متشابكة على الشاطئ أو البحيرة أو في أعماقها، فإن العديد من الحيوانات ترى حقًا أن الطحالب لذيذة للغاية! وينطبق هذا بشكل خاص على الأسماك الآكلة للعشب، والتي تُسمى أيضًا بالأسماك العاشبة، فهي تعيش في الشعاب المرجانية، وأصبحت تتغذي بشكل أساسي على أنواع مختلفة من الطحالب. تتمتع الطحالب بأشكال وأحجام عديدة ومختلفة، بدءًا من الطحالب التي تشكل مروجًا قصيرة شبيهة بالعشب وتنمو على الصخور تحت الماء ووصولًا إلى التشكيلات الكبيرة الصلبة الشبيهة بالشجيرات. تشكل الطحالب موائلًا مهمة للعديد من الحيوانات، ولكن يمكن أن تتسبب الكمية الكبيرة من الطحالب في قتل المرجان أو اكتسائه بالعشب، ويمكن أن يؤدي هذا إلى فقدان الشعاب المرجانية للهيكل المعقد الذي يسمح لها بإيواء الآلاف من الأنواع. تلعب الأسماك التي تتناول الطحالب دورًا مهمًا، من خلال التحكم في كمية الطحالب التي تنمو على الشعاب المرجانية، فعندما تتناول هذه الأسماك الطحالب، تخلق مساحة جديدة يمكن أن تستقر فيها كائنات المرجان أو الحيوانات الأخرى وتنمو بها، كما إنها تساعد في الحفاظ على سلامة الشعاب المرجانية وإزالة معظم الطحالب، مما يسمح بنمو الشعاب المرجانية وازدهارها، وخلق المزيد من الموائل للأسماك والحيوانات الأخرى للحياة بها.

ولكن هناك مشكلة كبيرة تواجهها هذه الحيوانات الآكلة للعشب عند تناولها الطحالب. ففي حقيقة الأمر هذه الطحالب ليست سهلة الهضم. إذ تتكون الطحالب، على غرار جميع الكائنات الحية، من خلايا وكل خلية منها لها دور معين. تحتوي خلايا الطحالب على سلاسل معقدة وكبيرة من السكريات تُسمى **متعددات السكاريد** (وتُنطق في اللغة الإنجليزية "pol-ee-sack-ah-ride")، ولكن يمتلك كل نوع من الطحالب داخل خلاياه تركيبة فريدة من نوعها من سلاسل السكريات الكبيرة هذه (شكل 1). وللحصول على الطاقة من الطحالب، تحتاج الأسماك الآكلة للعشب إلى تفكيك هذه السلاسل الكبيرة. وتوجد داخل أمعاء الأسماك جزيئات تُعرف باسم **الإنزيمات** (يمكن اعتبارها مقصات جزيئية أو كيميائية) يمكنها كسر سلاسل السكريات هذه إلى أجزاء أصغر يمكن أن تمتصها أجسام الأسماك. والجدير بالذكر أنه ثمة العديد من الأنواع المختلفة من هذه الإنزيمات التي تعمل بمثابة فئات عمال مختلفة في فريق البناء، فكل إنزيم له مهمة محددة في تفكيك أجزاء مختلفة من الطحالب. ومع ذلك، لا تمتلك جميع الأسماك الأنواع اللازمة من الإنزيمات لتكسير الطحالب. وهنا يأتي السؤال، كيف يمكنها الحصول على العناصر الغذائية من الطحالب التي يصعب هضمها؟

متعدد السكاريد
(POLYSACCHARIDE)

مصدر طاقة مكون من جزيئات من السكريات مرتبطة ببعضها في سلسلة، مثل سكر المائدة. فسكر المائدة هو متعدد سكاريد مكون من جزيئين من السكريات الأحادية، وهما الجلوكوز والفركتوز، مرتبطين معًا.

الإنزيم
(ENZYME)

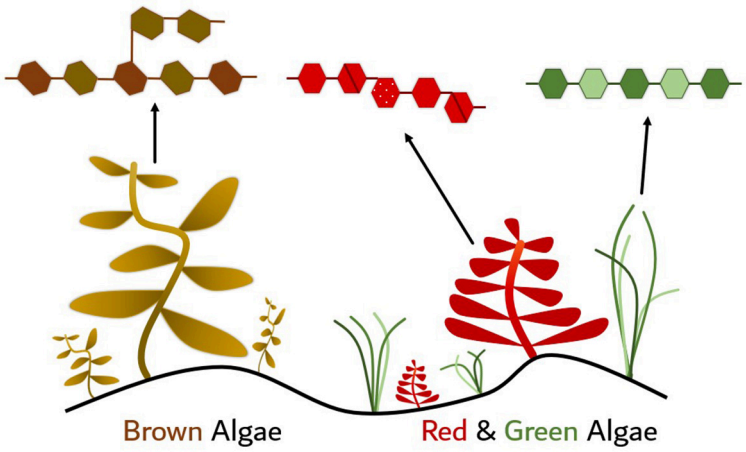
جزيء يساعد على تسريع التفاعلات الكيميائية. ففي عملية الهضم، تُستخدم الإنزيمات لكسر الروابط الكيميائية بين الجزيئات لخلق جزيئات أصغر يسهل هضمها، وتشبه إلى حد ما المقص.

الميكروب
(MICROBE)

كائنات حية صغيرة موجودة في البيئة المحيطة بنا وداخلنا، وتشمل أنواع البكتيريا والجراثيم ذات الصلة. وتؤدي هذه الكائنات دورًا رئيسيًا في مساعدة الحيوانات على هضم طعامها.

المساعدة التي تقدمها الميكروبات في هضم الطعام

على اليابسة، نحن نعرف الكثير عن الطريقة التي تهضم بها الحيوانات الآكلة للعشب متعددات السكاريد المعقدة الموجودة في النباتات، والتي تشبه من الناحية البنيوية الطحالب، حيث تعتمد معظم الحيوانات الآكلة للعشب على **ميكروبات** صغيرة تعيش داخل أمعائها لتكسير المواد الموجودة داخل النباتات. وقد طورت ميكروبات الأمعاء الخاصة هذه الإنزيمات التي تحتاجها للحصول على الطاقة من الطعام، وتعتمد الحيوانات الآكلة للعشب، مثل الأبقار، على ميكروبات الأمعاء لتكسير العشب والتبن الذي تتناوله إلى جزيئات يمكن امتصاصها [1]. كما تلعب



شكل 1

شكل 1

أمثلة على أنواع مختلفة من الطحالب البحرية أو الأعشاب البحرية، بما في ذلك الأنواع البنية والحمراء والخضراء. يحتوي كل نوع من أنواع الطحالب على سلاسل مختلفة من السكريات، تُعرف باسم متعددات السكاريد، والتي تساعد في تكوين خلايا الطحالب، ويعني هذا أن كل سمكة تحتاج إلى أنواع خاصة من الإنزيمات، أو المقصات الجزيئية، للمساعدة في تكسير كل طحلب إلى عناصر غذائية أصغر يسهل هضمها. وفي حال لم يكن لدى الأسماك الإنزيمات المناسبة، فلن تتمكن من تكسير غذائها من الطحالب.

الميكروبات دورًا مهمًا للغاية في مساعدة هذه الحيوانات في الحصول على الطاقة من الأطعمة التي لا تستطيع تناولها بمفردها. ورغم معرفتنا للكثير عن هذه العلاقة وآلية عملها في الحيوانات البرية، فإن الطريقة التي تعمل بها هذه العلاقة في الحيوانات البحرية غير معروفة. من المهم أيضًا معرفة الطريقة التي تهضم بها الحيوانات البحرية، مثل الأسماك، طعامها نظرًا لأن ذلك يتيح لنا فهمًا أفضل لما يمكن أن تتناوله الأسماك وكيفية تشاركها الأنواع المختلفة من الطحالب فيما بينها [2].

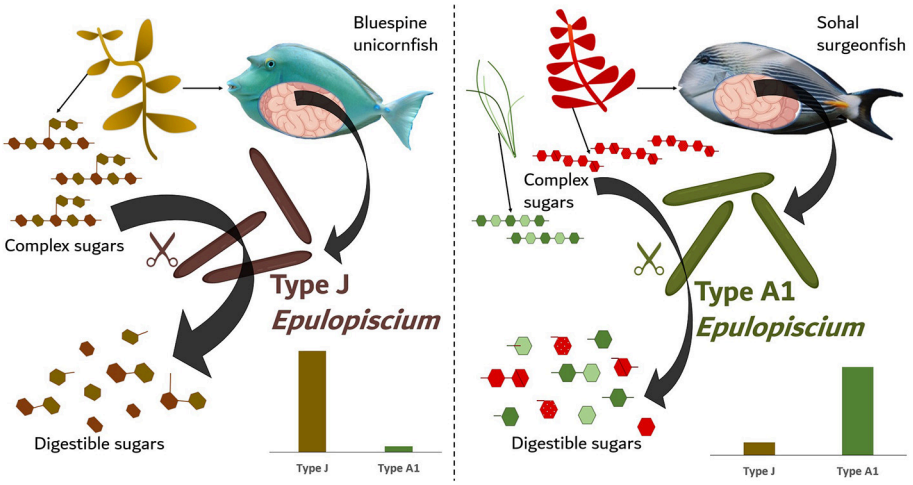
لذلك، كان الهدف من هذه الدراسة إلقاء نظرة أولية على مجموعة ميكروبات الأمعاء في الأسماك الآكلة للعشب الموجودة بالشعاب المرجانية لمعرفة مدى أهمية ميكروبات الأمعاء في المساعدة على عملية الهضم، ومعرفة ما إذا كانت الأسماك المختلفة تمتلك مجموعات مختلفة من ميكروبات الأمعاء أم لا.

ما الخطوات التي اتخذناها؟

لفهم كيفية اعتماد الأسماك الآكلة للعشب على ميكروبات الأمعاء لهضم الطحالب، قمنا بجمع عينات من بطون أسماك آكلة للعشب من فصيلة الجراحيات (التانج)، مثل سمكة أبو قرن وسمكة سُحَل الجراحية في البحر الأحمر. والجدير بالذكر أننا جمعنا الأسماك التي عرفنا أنها تتناول أنواعًا مختلفة من الطحالب لمعرفة ما إذا كانت الاختلافات في النظام الغذائي من شأنها أن تُغير ميكروبات الأمعاء في الأسماك أم لا. بعد ذلك، كان علينا أن نرى ما إذا كانت الميكروبات تمتلك الأدوات المناسبة أو الإنزيمات المطلوبة لتكسير الطحالب التي تم تناولها أم لا. ولكي نفعل هذا، ألقينا نظرة على **النواسخ**، وهي قطع من الحمض النووي تشبه شفرات البناء التي تستخدمها الخلايا لصنع جزيئات مثل الإنزيمات، التي تكونها ميكروبات الأمعاء في الأسماك!

النواسخ (TRANSCRIPT)

والمعروف أيضًا باسم الحمض النووي الريبوزي المرسال (messenger RNA)، وهو عبارة عن نسخة من أحد أجزاء الحمض النووي للخلية، وهو بمثابة تعليمات مرسلة للخلية لمعرفة كيفية بناء أنواع مختلفة من البروتينات، مثل الإنزيمات.



شكل 2

شكل 2

رسم بياني يوضح الاختلافات في ميكروبات الأمعاء بين نوعين من الأسماك من فصيلة الجراحيات التي تتناول أنواعًا مختلفة من الطحالب. تتغذى سمكة أبو قرن في الغالب على الطحالب البنية وبها ميكروبات عملاقة من نوع J Epulopiscium، بينما تتناول سمكة سُحَل الجراحية في الغالب الطحالب الحمراء والخضراء وبها النوع Epulopiscium A1، على النحو الموضح في الرسوم البيانية الصغيرة التي توضح الكمية النسبية لكل نوع من الميكروبات العملاقة. تتمتع هذه الميكروبات العملاقة، التي يبلغ حجمها تقريبًا عرض شعرة الإنسان، بالقدرة على تكسير أنواع الطحالب التي تحب أسماكها المضيفة تناولها حيث تقوم هذه الميكروبات بتفكيك سلاسل السكريات المعقدة، المسماة متعددات السكاريد، إلى قطع أصغر وأكثر قابلية للهضم بمساعدة الإنزيمات الممثلة في الصورة بالمقص الملون. صور المعدة والميكروب مأخوذة من BioRender© وصور الأسماك من FishBase.

إيبولوبيسيوم (EPULOPISCIUM)

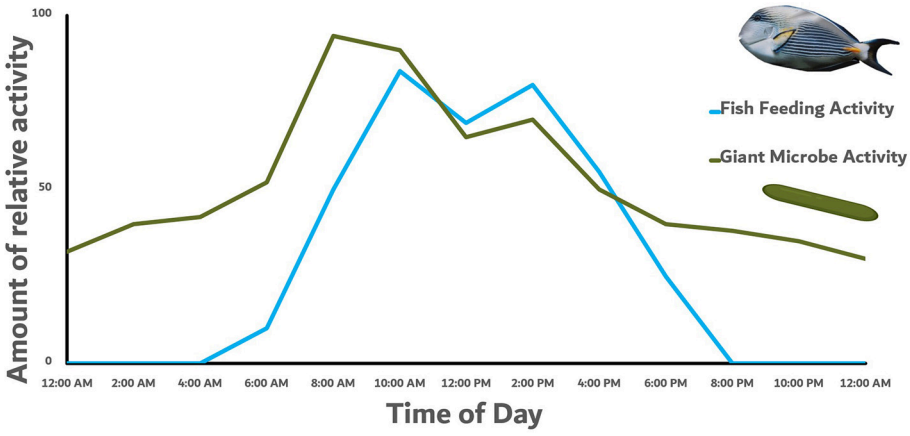
ميكروب كبير (أكبر من عرض الشعرة وأصغر من بيضة الضفدع) يعيش داخل معدة أنواع معينة من الأسماك الاستوائية من فصيلة الجراحيات.

ما النتائج التي توصلنا إليها؟

أولًا، وجدنا أنه من بين جميع الميكروبات الموجودة في بطون جميع الأسماك التي أخذنا عينات منها، كان هناك نوع واحد من الميكروبات موجود بشكل شائع، ألا وهو **الإيبولوبيسيوم**. فالإيبولوبيسيوم (Epulopiscium) (وتُنطق في اللغة الإنجليزية "E-pool-oh- piss-ee-um") هو ميكروب عملاق، أضخم من ميكروبات الأمعاء الشائعة الأخرى بأكثر من 1000 مرة، وبحجم عرض شعرة الإنسان. ومن المثير للاهتمام، أن هذا الميكروب الكبير لم يهيمن على مجموعة ميكروبات الأمعاء فحسب، ولكن وُجد أن هناك أنواعًا مختلفة من الإيبولوبيسيوم تعيش داخل أنواع مختلفة من الأسماك (شكل 2). فكان يوجد داخل بطون الأسماك التي تناولت في الغالب الطحالب البنية أنواع معينة من الإيبولوبيسيوم وهذه الأنواع لم تكن موجودة في بطون الأسماك الأخرى التي كانت تتناول الطحالب الحمراء والخضراء في الغالب. وقد أظهر هذا أنه نظرًا لتناول هذه الأسماك طحالب مختلفة، فقد احتاجت إلى مجموعة مختلفة من ميكروبات الأمعاء لهضم طعامها.

والواقع أنه عندما نظرنا في الإنزيمات التي تصنعها هذه الميكروبات العملاقة، وجدنا أنها أنتجت بعض الإنزيمات التي لديها القدرة على تكسير المكونات المختلفة للطحالب التي تتغذى عليها الأسماك. ويعني هذا أن الأسماك الآكلة للعشب التي تتناول الطحالب البنية لديها ميكروبات أمعاء ذات إنزيمات مخصصة لتكسير الطحالب البنية، ولن تنجح هذه الميكروبات الموجودة في أمعاء الكائنات الآكلة للطحالب البنية في تكسير الطحالب الخضراء أو الحمراء. وما اكتشفناه لأول مرة هو أن الأسماك الآكلة للعشب بها مجموعات خاصة من ميكروبات الأمعاء المزودة بالأدوات الإنزيمية اللازمة لتكسير أنواع معينة من الطحالب التي تتناولها. كان هذا مذهلًا بالفعل، خاصة وأنه يبدو أن كل عمليات الهضم هذه تقودها بكتيريا الإيبولوبيسيوم الضخمة. في الحيوانات الأخرى، وخاصة الثدييات البرية، هناك مجموعة أكثر تنوعًا من ميكروبات الأمعاء تساعد جميعها على تكسير المادة النباتية [3]. ولقد تبين أن الأسماك الاستوائية الآكلة للعشب قد طورت طريقة مختلفة، وربما فريدة، لهضم الطحالب المعقدة التي تتناولها.

علاوةً على ذلك، وجدنا أن كمية هذا الميكروب العملاق وإنزيماته تتغير داخل معدة الأسماك طوال اليوم (شكل 3). فبعد استيقاظ الأسماك الآكلة للعشب، تبدأ يومها في البحث عن الطحالب



شكل 3

شكل 3

رسم بياني يوضح نشاط تغذية سمكة سُحَل الجراحية طوال اليوم. لقد وجدنا أن نشاط ميكروب الإيبولوبيسيوم العملاق يتبع عن كثب نشاط التغذية لدى السمكة المضيفة، وذلك يثبت أنه يلعب دورًا مهمًا في مساعدة الأسماك على هضم الطحالب التي تتناولها طوال النهار، ويكون نشاط الميكروب العملاق أعلى من نشاط التغذية لأنه يتعين عليه هضم الطحالب في معدة السمكة بعد أن تتناول السمكة الطحالب مباشرةً. صور الميكروب مأخوذة من ©BioRender وصورة السمكة من FishBase.

لتناولها، وتقضي معظم يومها في البحث عن طعامها المفضل من الطحالب. وأثناء تناول الطحالب طوال النهار، يكون ميكروب الإيبولوبيسيوم العملاق أكثر نشاطًا وينتج الكثير من الإنزيمات للمساعدة في تكسير الطحالب، ولكن في الليل عندما لا تتناول الأسماك الطعام وتستريح، يتباطأ نشاط الإيبولوبيسيوم ويتوقف عن إنتاج الكثير من هذه الإنزيمات لعدم وجود أي طحالب جديدة في المعدة للمساعدة على هضمها. ونظرًا لأن نشاط الإيبولوبيسيوم يتفاوت وفقًا لكمية الطحالب التي تتناولها الأسماك على مدار يوم كامل، فإن هذا يقدم دليلًا قويًا على أن هذه الأسماك تعتمد اعتمادًا كبيرًا على ميكروب الإيبولوبيسيوم المعوي للمساعدة في تكسير الطحالب التي تتناولها.

ما سبب أهمية هذا الأمر؟

قد يبدو واضحًا أن مجموعات ميكروبات أمعاء الأسماك قد كيّفت نفسها وفقًا للنظام الغذائي للأسماك التي تعيش بداخلها. ولكن لم يسبق أن وصف أحد هذا الأمر بالتفصيل من قبل. فهذا الاكتشاف المتعلق بالعلاقة الوثيقة بين ميكروب الإيبولوبيسيوم والنظام الغذائي للأسماك المضيفة له آثار كبيرة على تحليلنا ورؤيتنا لعملية التغذية على النباتات في الشعاب المرجانية. أولًا، قد توفر هذه الاختلافات الثابتة في أنواع ميكروبات الأمعاء وسيلة لبقاء الأسماك الآكلة للعشب في نفس الشعاب المرجانية وتقليل التنافس على المواد الغذائية المحدودة. فإذا كان بإمكانها التغذي على نوع واحد من الطحالب وهضمه، فمن غير المرجح أن تتغذى على الطحالب التي تستطيع الأنواع الأخرى هضمها. ثانيًا، يعني هذا أن غذاء هذه الأسماك قد يقتصر على ما يمكنها تناوله وهو عكس ما كان متوقعًا من قبل. فقد لا تتمكن الأسماك الآكلة للعشب من الحصول على القدر نفسه من الطاقة من أنواع الطحالب المختلفة التي لا تتناولها عادةً. إذ يمكن لأشياء مثل التلوث أو تغير المناخ أن تغير نوع فصائل الطحالب الموجودة في الشعاب المرجانية وقد تغير أيضًا مجموعة الأسماك الآكلة للعشب بحيث تصبح تتكون فقط من الأنواع التي يمكنها هضم الطحالب الأكثر شيوعًا. ولكننا نعلم أيضًا أن مجموعات ميكروبات الأمعاء قد لا تكون مستقرة دائمًا ويمكن أن تتغير بمرور الوقت [4]. فمع تغير مجموعات الطحالب، قد تتمكن الأسماك الآكلة للعشب من تغيير ميكروبات أمعائها لأنواع مختلفة تتمتع بقدرة أفضل على عملية هضم الطحالب. ومع ذلك، فإن مرونة مجموعات ميكروبات الأمعاء وقابليتها للتغيير تُعد أمرًا لا نعرف عنه إلا القليل في عالم الأسماك البحرية وهو مجال مهم لإجراء أبحاث مستقبلية عنه.

علاوةً على ذلك، من خلال دراسة الأسماك الجراحية الموجودة بالبحر الأحمر، تعرفنا على كيفية اعتماد الأسماك الآكلة للعشب على ميكروبات الأمعاء العملاقة لتتمكن من تناول الطحالب. ولكننا لم ندرس إلا عددًا قليلًا من الأنواع، ولا زال هناك أنواع عديدة مختلفة من الأسماك الآكلة للعشب التي لم تخضع للدراسة بعد. وكلما تعرفنا على هذه العلاقة الفريدة بين الأسماك وميكروبات أمعائها في نطاق البحر الأحمر، كان بوسعنا فهم كيفية قدرة الأسماك الآكلة للعشب على البقاء وأداء وظيفتها هنا في البحر الأحمر وفي جميع أنحاء العالم بشكل أفضل.

مقال المصدر الأصلي

Ngugi, D. K., Miyake, S., Cahill, M., Vinu, M., Hackmann, T. J., Blom, J., et al. 2017. Genomic diversification of giant enteric symbionts reflects host dietary lifestyles. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 114:E7592–601. doi: 10.1073/pnas.1703070114

المراجع

1. White, B. A., Lamed, R., Bayer, E. A., and Flint, H. J. 2014. Biomass utilization by gut microbes. *Ann. Rev. Microbiol.* 68:279–96. doi: 10.1146/annurev-micro-092412-155618
2. Miyake, S., Ngugi, D. K., and Stingl, U. 2015. Diet strongly influences the gut microbiota of surgeonfishes. *Mol. Ecol.* 24:656–72. doi: 10.1111/mec.13050
3. Ley, R. E., Hamady, M., Lozupone, C., Turnbaugh, P. J., Ramey, R. R., and Bircher, J. S., et al. 2008. Evolution of mammals and their gut microbes. *Science* 20:1647–51. doi: 10.1126/science.1155725
4. Jones, J., DiBattista, J. D., Stat, M., Bunce, M., Boyce, M. C., Fairlough, D. V., et al. 2018. The microbiome of the gastrointestinal tract of a range-shifting marine herbivorous fish. *Front. Microbiol.* 9:2000. doi: 10.3389/fmicb.2018.02000

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 16 أغسطس 2021

حرره: Rúben Martins Costa, King Abdullah University of Science and Technology, Saudi Arabia

الاقتباس: Tietbohl MD, Ngugi DK and Berumen ML (2021) شعور بالتُخمة فريد من نوعه: ميكروبات الأمعاء المذهلة تساعد الأسماك الآكلة للعشب على هضم الأعشاب البحرية. Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2020.00058-ar

مُترجَم ومقتبس من: Tietbohl MD, Ngugi DK and Berumen ML (2020) A Unique Bellyful: Extraordinary Gut Microbes Help Herbivorous Fish Eat Seaweeds. Front. Young Minds 8:58. doi: 10.3389/frym.2020.00058

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

COPYRIGHT © 2020 © 2021 Tietbohl, Ngugi and Berumen.
هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

ALANA، العمر: 12
أُدعى Alana وأحب قراءة جميع أنواع الكتب والرسم. لوني المفضل هو الأزرق وغالبًا ما يتغير حيواني المفضل. شخصيتي المفضلة في الكتب هي بيرسي جاكسون (Percy Jackson).

IDHANT، العمر: 12
مرحبًا، أنا أحب السفر، كما أني أحب لعبة الليجو (Lego) أيضًا. لقد عشت في فرنسا لمدة عام تقريبًا. أحب التصوير الفوتوغرافي. وأنا من الهند، وأحب القراءة والعلوم والحياة البرية. حسنًا.. إلى اللقاء.

KONSTANTIN، العمر: 12
أنا من كالينينغراد بروسيا. لدي أخت واحدة تبلغ من العمر سنة واحدة، وأحب البرمجة والغوص الحر. طعامي المفضل هو نيجيري، وقد زرت خمس دول.

LILIAN، العمر: 11
مرحبًا، أُدعى Lili، وأبلغ من العمر 11 عامًا وأنا من دنفر بولاية كولورادو في الولايات المتحدة الأمريكية. أحب القراءة، وخاصةً قصص بيرسي جاكسون (Percy Jackson). أتمنى أن يعجبك مقالنا.

SHIRHAN، العمر: 12
مرحبًا، أُدعى Shirhan ونشأت في بوسطن. أحب قراءة الكثير من الكتب، وخاصةً سلسلة Wing of Fire وآمل أن يعجبك مقالنا.

المؤلفون

MATTHEW D. TIETBOHL
وجد Matt حبه للبحر لأول مرة وهو يرفع الصخور في منطقة المد والجزر في جامايكا، ومنذ ذلك الحين قاده شغفه تجاه البحر. لطالما كان يشعر بالدهشة من تنوع الأنواع والأشكال الموجودة تحت سطح البحر. وبجانب حبه لقضاء الوقت في الهواء الطلق وفضوله الذي لا ينتهي، وجد نفسه يسعى للحصول على درجة الماجستير ثم الدكتوراة في المملكة العربية السعودية، وذلك أثناء دراسته لأعماق البحر

الأحمر. وهو متحمس لمعرفة المزيد عن أسماك الشعاب المرجانية الآكلة للعشب والطرق الجديدة المثيرة لفهم أفضل لكيفية استخدام الأسماك للشعاب المرجانية ودورها في مساعدة الشعاب في جميع أنحاء العالم. matthew.tietbohl@kaust.edu.sa*

DAVID KAMANDA NGUGI

الدكتور David Kamanda Ngugi هو عالم بيئة متخصص في الأحياء الدقيقة ويولي اهتمامه بشكل خاص إلى النظم البيئية البحرية. وهو شديد الاهتمام باستخدام التقنيات المتطورة لفهم التكيفات التطورية وأدوار الميكروبات "النادرة" في المحيطات. درس الدكتور Ngugi الميكروبات في جميع أنحاء العالم، من كينيا إلى المملكة العربية السعودية وألمانيا والعديد من الأماكن الأخرى. ويتمحور عمله حول تدريس المعلومات الأساسية المتعلقة بالأدوار التي تلعبها الميكروبات في دورة المغذيات، والبيئات القاسية، والأنظمة المعوية مثل الحيوانات الآكلة للعشب.

MICHAEL L. BERUMEN

نما حب الدكتور Michael Berumen للحياة المائية لأول مرة أثناء تجواله حول البحيرات والأنهار في أركنساس بالولايات المتحدة الأمريكية. انتقل لدراسة أسماك الفراشة عند الحيّد المرجاني العظيم في أستراليا، ثم ركز دراساته لاحقًا على خصائص الحركة والتواصل في أسماك الشعاب المرجانية. وهو يعمل الآن في المملكة العربية السعودية حيث لا يدرس مختبره حركة الأسماك فحسب، ولكن يركز أيضًا على العديد من الجوانب الأخرى المثيرة المتعلقة بالبيئة والتنوع الحيوي. وكما يقول Mike لجميع طلابه، دائمًا ما يوجد شيء مثير للتعلم في كل رحلة إلى البحر.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology