صحيفة الوقائع الخاصة بالوكالة
IAEA
الصحة البشرية

كيف تساعد تقنية نظيرية في تحديد جودة البروتينات

ما الذي ينبغي أن أعرفه؟

يُشار إلى البروتينات، إلى جانب الكربوهيدرات والدهون، باسم المغذيات الكبيرة لأنه يجب استهلاكها بكميات كبيرة لكي يتمكن جسم الإنسان من الحفاظ على وظائفه الطبيعية. وتُعَدُّ البروتينات ضرورية لبنية جسم الإنسان ونموه، ولتنظيم وظائف أعضائه وأنسجته، وللوقاية من العدوى. كما أنَّ البروتينات جزء لا يتجزأ من المادة الوراثية البشرية. فجميع التفاعلات الإنزيمية والعمليات الهرمونية في الجسم تعتمد على البروتينات.

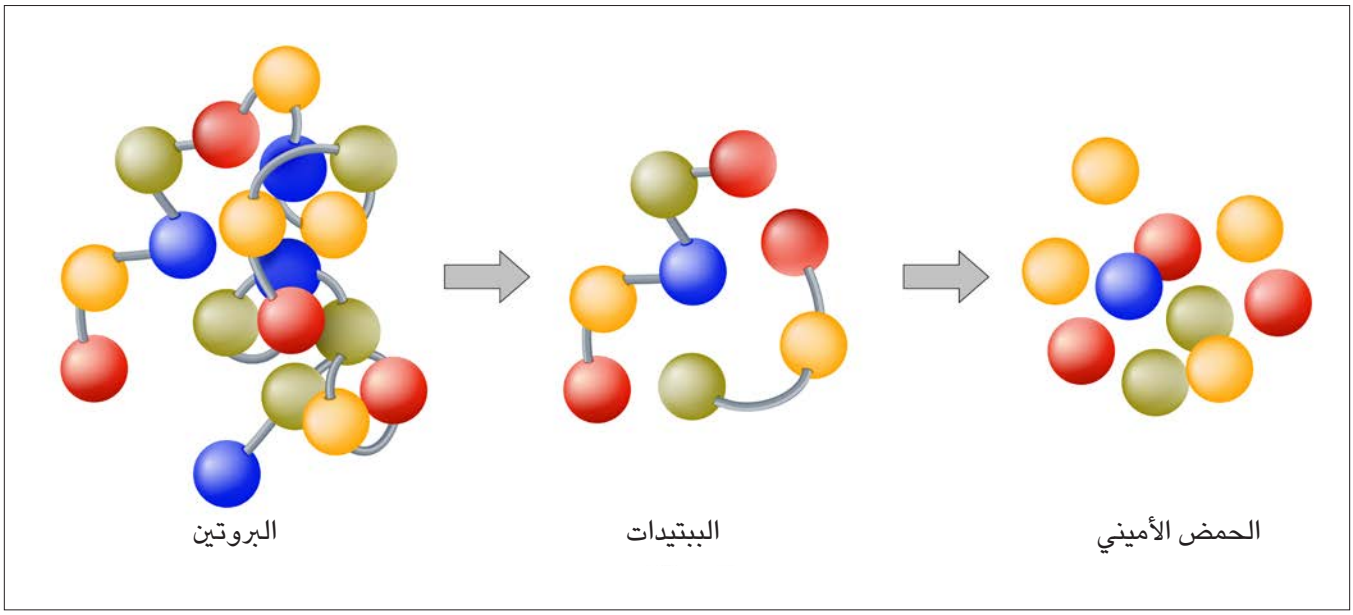
والإمداد بالبروتينات في أول عامين من حياة الإنسان لا يحدِّدُ معدَّل نمو الجسم فحسب، بل يؤثر أيضاً في خطر الإصابة بالسمنة وبالأمراض غير المعدية في مراحل لاحقة من العمر، مثلما يؤثر في معدل التعافي من نقص التغذية الحاد.

وتدعم الوكالةُ الدولَ الأعضاء في استخدام التقنيات النظيرية لتوفير بيانات حيوية بشأن جودة البروتينات، وهو ما يمكن بدوره أن يُساهم في تحسين برامج التغذية.

ممَّ تتكوَّنُ البروتينات؟

تتكوَّنُ البروتينات من ٢٠ حمضاً أمينيًّا، وتُصنَّفُ هذه الأحماض إلى فئتين هما: الأحماض الأمينية غير الأساسية (يمكن الاستغناء عنها) والأحماض الأمينية الأساسية (لا يمكن الاستغناء عنها).

وبوسع جسم الإنسان تركيبُ الأحماض الأمينية غير الأساسية، ولذلك، ليس من الضروري أن تكون هذه الأحماض موجودة في النظام الغذائي. ومن بين هذه الأحماضِ غير الأساسية حمض الألانين، والأسبارتيك، والأسباراجين، والغلوتاميك، والسيرين.



استخدام توليفة من النظائر المستقرة، الديوتيريوم والكربون-١٣، لتعقب مسار هضم البروتينات.
(الصورة من: موقع iStock.com/ttsz©)

المرحلة ١: وسم الأحماض الأمينية الموجودة في الفاصولياء عبر إضافة الديوتيريوم إلى مياه الري خلال مرحلة النمو.
(الصورة من: وانتاني كرينغسينيوس/تايلند)

بيد أنَّ جسم الإنسان غير قادر على إنتاج الأحماض الأمينية الأساسية، وبالتالي، يجب أن تتوافر في النظم الغذائية و/أو المكملات الغذائية. ومن بين الأحماض الأمينية الأساسية حمض الهِستيدين، والإيزولوسين، واللُّوسين، والليزين، والميثيونين، والفينيل ألانين، والثريونين، والتربْتُوفان، والفَالين. وتتوافر هذه الأحماض الأساسية بنسب تركيز متفاوتة في أغذية شتى مثل اللحوم والبقول والحبوب والمكسرات ومنتجات الألبان.

كيف تُحدَّدُ جودة البروتينات؟

تُحدَّدُ جودة البروتينات بحسب قدرة مصادر البروتينات على توفير كميات كافية من الأحماض الأمينية الأساسية. ويُعبَّرُ عن كلٍّ من وجود حمض أميني أساسي مُعيَّنٍ في طعام محدَّد ونسبة امتصاص الجسم لهذا الحمض الأميني بعد مرحلة الهضم على شكل حصيلة. وتُعَدُّ معظم الأغذية التي يكون قوامها الحبوب أغذية مُفتقِرَةً إلى أحماض أمينية أساسية هي الليزين والثريونين والتربْتُوفان، في حين تُعَدُّ الأغذية التي يكون قوامها البقول أغذية مُفتقِرَةً إلى المتيونين. وتميل البروتينات ذات المصدر الحيواني من قبيل البيض والحليب واللحوم إلى أن تكون أفضل من حيث قابليتها للهضم، وما تحتويه من أحماض أمينية أفضل من حيث قابليتها للامتصاص مقارنة بالبروتينات المشتقة من نظم الأغذية المستمدة من مصدر نباتي.

كيف تساعد تقنية المقتفيات النظيرية المستقرة المزدوجة على تحديد جودة البروتينات؟

ثمة تقنية مقتفيات نظيرية مستقرة جديدة — استُحدثت في إطار مشروع بحثي منسق خاص بالوكالة — تقارن نسبة تركيز الأحماض الأمينية الموجودة في الدم بعد تناول وجبة اختبار بنسبة تركيز بروتين قياسي تكون قابليته للهضم معروفة، وذلك باستخدام النظيرين الديوتيريوم والكربون-١٣.

وينطوي هذا الأسلوب على خطوتين هما:

١- تُوسَمُ الأحماض الأمينية الموجودة في غذاء الاختبار من قبيل الحليب أو البذور نظيريًّا بإضافة أكسيد الديوتريوم (D_2O) إلى مياه الشرب الخاصة بالحيوانات أو إلى مياه ريّ النباتات (المرحلة ١).

٢- تُحَضَّرُ وجبة الاختبار من جزء غذاء الاختبار الموسوم والقابل للأكل، ثم يتناولها المشارك في الدراسة ويتناول أيضاً مصدر بروتينات آخر تكون قابلية هضمه عالية ويكون موسوماً نظيريًّا (بالكربون-١٣) (المرحلة ٢). وتؤخذ عينات دم قبل تناول المشارك وجبة الاختبار ويُعاد أخذ عينات أخرى بعد تناوله الوجبة بخمس ساعات، وأخرى بعد ست ساعات، وأخرى بعد سبع ساعات، وأخرى بعد ثماني ساعات، ثم يُحلَّلُ مستوى تركيز الأحماض الأمينية في كل عينة. وعلاوة

المرحلة ٢: استخدام الفاصولياء الموسومة بالديوتيريوم في إعداد وجبة اختبار يتناولها المشاركون في الدراسة من أجل تحديد قابلية هضم البروتينات. (الصورة من: وانتاني كرينغسينيوس/تايلند)

على ذلك، تُجمعُ في إطار هذه العملية عيناتُ تنفسٍ. وتُمكِّن نِسَبُ الأحماض الأمينية الأساسية الموسومة على نحو متباين والموجودة في عينات الدم إلى نِسَبِ تلك الموجودة في وجبة الاختبار المُتناولةِ من تحديد الدرجة الحقيقية لقابلية هضم بروتين الاختبار وامتصاصه.[١] أما عينات التنفس، فتُحلَّلُ من أجل تقييم درجة استرداد الكربون-١٣ ويُعَدُّ ذلك مؤشراً إضافيًّا على امتصاص الأحماض الأمينية.

ما هي فوائد استخدام هذه التقنية؟

قياس معدل هضم الأحماض الأمينية على مستوى الأمعاء الدقيقة، على النحو الذي توصي به منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو)، يقدِّم صورة أدَقَّ مقارنة بتلك الذي يقدِّمها قياسها على مستوى الأمعاء الغليظة. بيد أن الأساليب التقليدية المستخدمة لقياس قابلية هضم الأحماض الأمينية في الأمعاء الدقيقة تُعَدُّ أساليب غازية. أما أسلوب المقتفيات النظيرية المزدوجة المستخدم لقياس معدَّل هضم البروتينات، فهو أسلوب ذو حد أدنى من الغزو. وهو لا يتطلب سوى بضع عينات من الدم تؤخذ في إطار بروتوكول تغذية يدوم ثماني ساعات.

ما هو الدور الذي أدَّته الوكالة في استحداث أسلوب المقتفيات النظيرية المزدوجة؟

في عام ٢٠١٥، استهلت الوكالة مشروعاً بحثيًّا منسقاً مدته أربع سنوات بعنوان "التوافر البيولوجي للبروتينات من النظم الغذائية المعتمدة على النبات"، وما انفكت تدعمه منذ ذلك الحين. ونُفِّذَ هذا المشروع البحثي المنسَّق في سبعة من البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط هي: باكستان، والبرازيل، وتايلند، وجامايكا، والمغرب، والمكسيك، والهند، بدعم من خبراء من فرنسا والمملكة المتحدة. وقدمت الوكالة في إطار هذا المشروع دعماً ماليًّا فيما يتعلَّق بتنفيذ الأنشطة الميدانية وقامت بشراء وتوفير المركَّبات التي تحتوي على النظائر المستقرة وتوفيرها لجميع المواقع التي شملها هذا المشروع البحثي المنسق. كما نظمت الوكالة حلقة عمل تدريبية بغية تيسير الإدارة المُوَحَّدَة للبروتوكول الخاص بالمقتفيات المزدوجة لجميع المواقع. وبالإضافة إلى ذلك، عقدت الوكالة ثلاثة اجتماعات تنسيقية بحثية في فيينا تقاسم خلالها المشاركون المعلومات بشأن الدروس التي استفادوها، والتحديات التي واجهوها والنتائج التي حققوها في هذا الشأن.

[١] يُفترض في هذا الصدد أنَّ عملية الوسم لا تُغيِّرُ السلوك الوظيفي للأحماض الأمينية غير الموسومة.

ما هو الإجراء المتبع في إطار المشروع البحثي المنسق لتحديد جودة البروتينات؟

حدَّدَ المشاركون في المشروع البحثي المنسق أسلوباً لزراعة البقول باستخدام مياه تحتوي على الديوتيريوم بهدف وسم البروتينات الموجودة في البذور من مهدها. واعتُمِدَ إجراء موحد في هذا الشأن وشاركت كافة البلدان السبعة في عملية الوسم: حيث قام العلماء بزراعة حبات اللوبيا الذهبية (Vigna radiata) في الهند وتايلند؛ وحبات الفاصولياء (Phaseolus vulgaris) في البرازيل والمكسيك؛ وحبات الحمص (Cicer arietinum) في باكستان؛ وحبات الفاصوليا الشائعة (Phaseolus vulgaris) في جامايكا؛ وحبات الفول (Vicia faba) في المغرب.

وزُرِعَ في جميع البلدان ما يكفي من الحبات الموسومة لإجراء تجارب شارك فيها من ٧ إلى ١٠ متطوعين بالغين. واستُخدمت حبات البقول الموسومةُ بالنظائر لإعداد وجبات محلية تناولها المتطوعون. ومكَّنت المعارف المكتسبة في هذا الصدد من حساب نتيجةِ جودة البروتينات الموجودة في وجبة الاختبار.

ما هي النجاحات المتحققة فيما يتعلَّق ببناء القدرات وتقاسم المعارف؟

تتاح الآن بيانات جديدة بشأن الدرجة الحقيقية لقابلية هضم البروتينات الموجودة في البقول بالنسبة إلى سبعة بلدان، وهو ما من شأنه تمكين الفاو من وضع توصيات بشأن جودة البروتينات. وأنشئت شبكة من القدرات التحليليةِ القائمة على قياس الطيف الكتلي من أجل تحليل مستوى إثراء الديوتيريوم والكربون-١٣ في البقول وعينات الدم التي جُمعت خلال هذه الاختبارات.

وقد عزز هذا المشروع البحثي المنسق نقل المعارف والخبرات، مما أدى إلى توسيع نطاق الفهم فيما يتعلَّق باستخدام تكنولوجيا النظائر المستقرة. وشمل ذلك تلقي باحثين من جامعة ماهيدول في تايلند الدعم من خبراء في مركز متعاون مع الوكالة تابع لمعهد سانت جون للبحوث، في بنغالور بالهند، وذلك من أجل بناء القدرات في مجال تقييم معدل هضم البروتينات. وبالمثل، وفي إطار الاتفاق التعاوني الإقليمي الأفريقي للبحث والتنمية والتدريب في مجال العلم والتكنولوجيا النوويين، استفاد علماء من المركز الإقليمي المختار للتغذية في الرباط بالمغرب من منحة دراسية ودعم تقني مقدَّم من خبراء معهد AgroParisTech في باريس بفرنسا. وقد نُشر وصف مفصل بشأن أسلوب المقتفيات النظيرية المزدوجة وتطبيقاتها ضمن الثلاث مقالات المستعرضة من النظراء التالية:

١- ديفي س. وآخرون. (٢٠١٨). قياس قابلية هضم البروتينات لدى البشر عبر استخدام أسلوب المقتفيات المزدوجة، المجلة الأمريكية للتغذية الإكلينيكية
American Journal of Clinical Nutrition
.107(6):984–991
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29771297

٢- شيفاكومار، ن. وآخرون. (٢٠١٩). تقييم جودة البروتينات الموجودة في الأغذية التكميلية التي يتناولها الأطفال في الهند، المجلة الأمريكية للتغذية الإكلينيكية
American Journal of Clinical Nutrition 109(5):
.1319–1327
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30920607

٣- كاشياب، س. وآخرون. (٢٠١٩). تحديد الدرجة الحقيقية لقابلية هضم اللّفائفي للبقول لدى البالغين في الهند باستخدام أسلوب المقتفيات النظيرية المزدوجة، المجلة الأمريكية للتغذية الإكلينيكية
American Journal of Clinical Nutrition
.110(4):873–882
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31374575

تصدر صحائف الوقائع الخاصة بالوكالة عن مكتب الإعلام العام والاتصالات
المحرِّرة: آبها ديكسيت • التصميم والتخطيط: ريتو كين

للحصول على المزيد من المعلومات عن الوكالة وعملها، زوروا موقعنا الشبكي www.iaea.org
أو تابعونا على

أو طالعوا منشور الوكالة الرئيسي، مجلة الوكالة، عبر الرابط التالي www.iaea.org/bulletin

IAEA, Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria
البريد الإلكتروني: info@iaea.org • رقم الهاتف: ٠-٢٦٠٠ (١) ٤٣+ • رقم الفاكس: ٧-٢٦٠٠ (١) ٤٣+