

إنزيم Mannanase لتقليل اللزوجة ودعم هضم المواد النباتية الغنية بالمانان

فريق الأبحاث في Enzymes.bio · ويلينغتون، نيوزيلندا · June 21, 2026

الإجابة المباشرة: إنزيم Mannanase Digestive Enzyme – Viscosity Reduction

Enzyme هو إنزيم هضمي/تقني موجّه لتفكيك المانان والغالكتومانان في المواد النباتية، ما يساعد على خفض اللزوجة الناتجة عن هذه السكريات المتعددة وتحسين قابلية الخلط أو الهضم. يكون استخدامه أكثر منطقية عندما يكون مصدر اللزوجة مرتبطًا بمكونات مثل الغوار، كسب نواة النخيل، قشور الصويا، أو مواد نباتية تحتوي على مانان، وليس عندما تكون اللزوجة ناتجة عن نشأ أو بكتين أو بروتينات.

ما هو Mannanase ولماذا يرتبط بتقليل اللزوجة؟

Mannanase، وبصورة أدق في معظم التطبيقات **β -mannanase**، هو إنزيم يحقّر تكسير الروابط داخل سلاسل المانان، وهي سكريات متعددة نباتية تتكون غالبًا من وحدات مانوز ضمن هيكل خطي أو متفرع. توجد هذه البوليمرات في جدران خلايا نباتية ومواد خام علفية وغذائية مثل الغوار، كسب نواة النخيل، قشور الصويا، وبعض البقوليات. عندما تكون هذه السلاسل طويلة وقابلة للترطيب، فإنها تحتجز الماء وتزيد مقاومة التدفق، فتظهر المشكلة العملية باسم **ارتفاع اللزوجة** أو ضعف قابلية المعالجة.

تعمل β -mannanase على قطع الروابط داخل البوليمر بدلًا من إزالة المانان كليًا من الوسط. النتيجة المتوقعة هي تحويل جزء من السلاسل الطويلة إلى أجزاء أقصر، مثل المانو-أوليغوسكريات، وهي أقل قدرة على تكوين شبكة مائية لزجة. هذا يفسر لماذا يظهر المانانيز في الأدبيات العلمية ضمن تطبيقات **viscosity reduction enzyme** وفي سياقات تحسين استخدام الأعلاف النباتية أو تقليل اللزوجة في مستخلصات نباتية غنية بالمانان [1].

من المهم التفريق بين «إنزيم يقلل اللزوجة» و«مذيب عام». المانانيز لا يعالج كل أسباب اللزوجة؛ فهو موجّه أساسًا للمانان والغالكتومانان. إذا كانت اللزوجة ناتجة عن نشأ متجلتن، أو بكتين، أو زيلان، أو بروتينات ذائبة، فإن إنزيمًا آخر أو نظامًا إنزيميًا مختلفًا قد يكون أكثر ارتباطًا بالمشكلة. هذه الانتقائية تتوافق مع ما توضحه دراسات إنزيمات GH5 وGH26، حيث تحدد البنية البروتينية وموقع الارتباط طبيعة الركيزة والتحفيز [2].

البنية الكيميائية للمانان: لماذا يرفع اللزوجة؟

المانان ليس مادة واحدة متطابقة في كل النباتات. توجد أشكال خطية وأشكال متفرعة، مثل **الغالاكتومانان** الذي يحتوي على سلسلة مانان رئيسية مع تفرعات غالاكتوز. هذه التفرعات تؤثر في الذوبان، احتجاز الماء، وإتاحة السلسلة للإنزيم. لذلك قد يختلف تأثير β -mannanase بين غوار عالي اللزوجة، كسب نواة النخيل، أو مكونات علفية تحتوي على ألياف مختلطة.

في الأغذية والأعلاف، تظهر مشكلة اللزوجة خصوصًا عندما تمتص السكريات غير النشوية الماء وتزيد سماكة الوسط. داخل الجهاز الهضمي، يمكن أن يؤدي ذلك إلى إبطاء حركة المغذيات، تقليل اختلاطها بالإنزيمات الهاضمة، وزيادة مقاومة انتشار الجزيئات. في عمليات التصنيع، قد تظهر المشكلة على شكل صعوبة ضخ، بطء ترشيح، عدم تجانس في الخلط، أو ارتفاع الطاقة المطلوبة للمعالجة.

دراسات التحلل الإنزيمي للغلوكومانان، مثل غلوكومانان الكونجاك، تبيّن أن التحلل الإنزيمي يغيّر الخواص الجزيئية للبوليمر وينتج أجزاء أصغر ذات وظائف مختلفة في القناة الهضمية. وهذا يدعم المبدأ العام: تقصير السلسلة يغير سلوك البوليمر، لا من حيث الحجم فقط، بل من حيث التفاعل مع الماء والميكروبيوم والمخاطية المعوية [3].

آلية عمل β -mannanase خطوة بخطوة

1. الوصول إلى الركيزة داخل الوسط

لكي يعمل المانانيز بكفاءة، يجب أن يصل إلى سلاسل المانان. في المواد النباتية الكاملة أو قليلة المعالجة، قد تكون الركيزة جزءًا من جدار خلوي معقد يحتوي على سليلوز، هيميسليلوز، ليغنين، بروتينات، أو دهون. لذلك لا يعتمد الأداء فقط على وجود المانان كتحليل كيميائي، بل على مدى إتاحتها للإنزيم داخل البنية المادية للمكون النباتي.

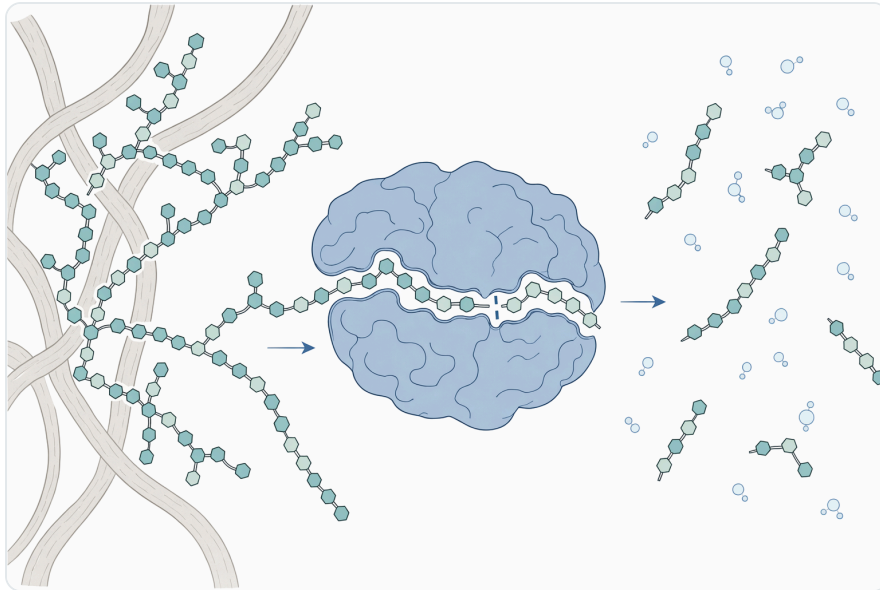


Figure 1. 만난분해효소는 β -만난 골격 내부의 β -1,4 결합을 가수분해하여, 물을 붙잡는 긴 고분자를 더 짧은 조각으로 전환합니다.

في كسب نواة النخيل مثلاً، يشكّل المانان جزءاً مهماً من الألياف، وقد درست أبحاث حديثة تحسين إنتاج المانانيز من **Bacillus subtilis** لاستخدامه في تحلل الألياف أثناء تخمير الحالة الصلبة لهذا النوع من الكسب. هذا النوع من الأبحاث يوضح أن المانان ليس مجرد رقم في تركيب المادة الخام، بل ركيزة مرتبطة ببنية نباتية تتطلب وصولاً إنزيمياً مناسباً [4].

2. الارتباط النوعي وقطع السلسلة

بعد وصول الإنزيم إلى الركيزة، يتعرف على مقاطع مناسبة من سلسلة المانان ويحطّز تكسير روابط β داخل العمود الفقري للبوليمر. في عائلات إنزيمية مثل GH5 وGH26، تحدد جيوب الارتباط في الموقع الفعال كيف توضع السلسلة داخل الإنزيم، وأي روابط تصبح معرضة للتحلل. لهذا السبب تختلف إنزيمات المانانيز في تفضيلها للركائز، ونمط المنتجات، ومدى تحملها لظروف الوسط [5].

دراسات البلورة والطفرات الموجهة على مانانيز من **Bacillus licheniformis** أوضحت أن تفاصيل الأحماض الأمينية في الموقع الفعال تؤثر في الأداء التحفيزي. هذا مهم عملياً لأن عبارة "mannanase" لا تعني أن كل المنتجات أو المصادر الميكروبية تتصرف بالطريقة نفسها؛ فالاختلاف في العائلة الإنزيمية أو البنية قد يغير مدى ملاءمة الإنزيم للركيزة أو البيئة التشغيلية [2].

3. انخفاض الوزن الجزيئي وانخفاض اللزوجة

كلما انخفض متوسط طول السلاسل، تقل قدرة البوليمر على تكوين شبكة عالية اللزوجة. لا يلزم تحويل كل المانان إلى سكريات بسيطة حتى يظهر الأثر؛ في كثير من التطبيقات يكفي كسر جزء من السلاسل الطويلة التي تهيمن على اللزوجة. لهذا السبب يمكن أن تكون β -mannanase فعالة في تقليل اللزوجة حتى عندما يبقى جزء من المادة الكربوهيدراتية في الوسط.

تطبيق واضح لهذا المبدأ ظهر في معالجة مستخلص القهوة، حيث وُصفت عملية لتقليل لزوجة المستخلص عبر التحلل الإنزيمي للمانان. القهوة تحتوي على مانان يمكن أن يساهم في سماكة المستخلص وصعوبة التعامل معه، ولذلك يمثل هذا المثال تطبيقًا مباشرًا لمفهوم إنزيم تقليل اللزوجة المرتبط بالمانان خارج سياق الأعلاف^[1].

أين تكون Mannanase مفيدة عمليًا؟

التغذية الحيوانية والخلطات النباتية

أحد أكثر المجالات دراسةً لإنزيمات β -mannanase هو الأعلاف، لأن كثيرًا من المواد الخام النباتية تحتوي على سكريات غير نشوية قد تقلل الاستفادة الغذائية. في دجاج اللحم، درست أبحاث تأثير إضافة β -mannanase في علائق تحتوي على مكونات نباتية مختلفة، مع متابعة النمو، الاستفادة من المغذيات، ومؤشرات القناة الهضمية أو الأعضاء المناعية. لا تعني النتائج أن الإنزيم يصلح لكل عليقة، لكنها تدعم استخدامه عندما يكون المانان عاملًا مضادًا للتغذية أو مصدرًا للزوجة^[6].

في دراسة على دجاج اللحم قارنت بين إنزيم مفرد ومركب متعدد الإنزيمات في علائق تحتوي على نواتج تقطير الحبوب المجففة مع الذوائب، ظهر الاهتمام العملي بمطابقة الإنزيم مع نوع الألياف في المادة الخام. فالمكونات الغنية بالألياف المختلطة قد لا تستجيب بنفس الطريقة لإنزيم واحد، بينما تكون β -mannanase أكثر ارتباطًا بالجزء الماناني من المصفوفة النباتية^[7].

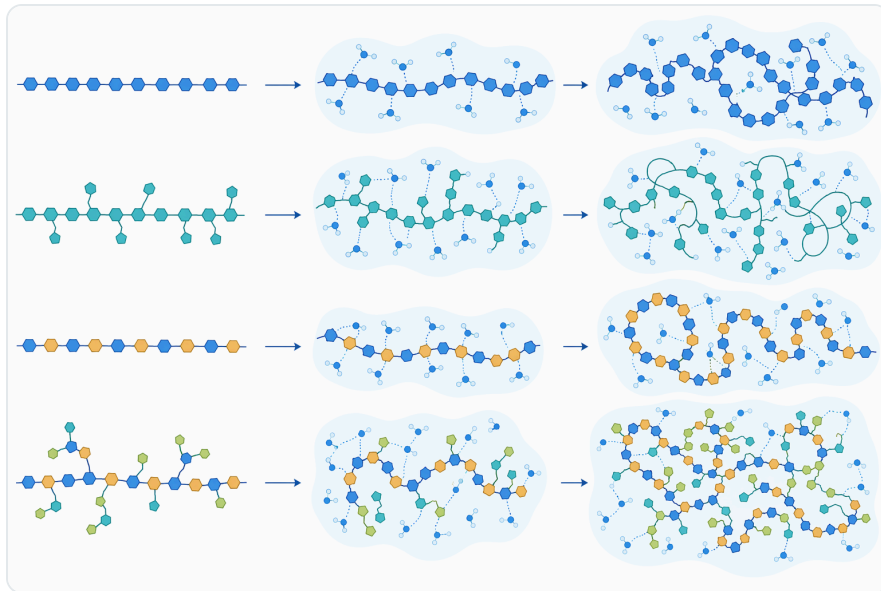


Figure 2. 서로 다른 β -مانان 구조는 골격의 접근성과 수화된 고분자가 만들어 낼 수 있는 점도의 정도에 영향을 줍니다

كما تناولت مراجعة منهجية في إثيوبيا طرق تطبيق الإنزيمات وتأثيرها في أداء دجاج اللحم عند استخدام علائق قائمة على الوجبات النباتية. القيمة هنا ليست في تقديم وصفة استخدام موحدة، بل في تأكيد أن الأداء يعتمد على طريقة إدخال الإنزيم، طبيعة العليقة، ونوع المكون النباتي، وهي عوامل يجب فهمها فنيًا لا تسويقيًا^[8].

الخنازير بعد الفطام

مرحلة ما بعد الفطام حساسة لأن الجهاز الهضمي يتعامل مع انتقال غذائي وميكروبي سريع. أبحاث حديثة درست الأدوار التغذوية والوظيفية لـ β -mannanase في صحة الأمعاء ونمو الخنازير المفطومة عند تغذيتها على نوعين مختلفين من الأعلاف. هذا السياق مهم لأن تقليل اللزوجة ليس الهدف الوحيد؛ فقد يتداخل التحلل الجزئي للمانان مع توفر الطاقة، تخمير الألياف، وتكوين أوليغوسكريات قد تؤثر في بيئة الأمعاء [9].

دراسة أخرى على خنازير ما بعد الفطام بحثت استخدام β -mannanase في علائق ذات محتوى طاقة صافية مخفض، وخلص عنوانها إلى الحفاظ على الأداء مع فائدة اقتصادية إضافية. يجب تفسير ذلك داخل حدود التجربة، لكنه يوضح سبب اهتمام قطاع الأعلاف بالمانانيز: ليس كإضافة معزولة فقط، بل كأداة لإدارة قيمة المكونات النباتية وصياغة العليقة [10].

الدواجن البيضاء والديك الرومي

في الدجاج البيضاء، درست أبحاث إضافة β -mannanase مع إدخال قشور الصويا وتأثير ذلك في الأداء الإنتاجي، الاقتصاديات، جودة البيض، كيمياء الدم، هضم المغذيات، ومورفولوجيا الأمعاء. وجود قشور الصويا في هذا النوع من الدراسات مهم لأنها تمثل مكونًا غنيًا بالألياف، وقد يكون للمانان والغالكتومانان دور في الاستجابة للإنزيم [11].

في إناث الديك الرومي الصغيرة، درست أبحاث تأثير نواتج تقطير القمح المجففة مع الذواجن، مع أو بدون بروتياز β -mannanase، على الأداء. هذا يوضح أن المانانيز قد يُستخدم ضمن استراتيجية أوسع للتعامل مع ألياف وبروتينات مواد خام معقدة، لكن مساهمته الخاصة تبقى مرتبطة بوجود ركائز مانانية قابلة للتحلل [12].

الأسماك والروبيان وتطبيقات الاستزراع

في السلمون القزويني، قارنت دراسة بين مكملات متعددة الإنزيمات و β -mannanase ضمن علائق خارجية، مع متابعة النمو وبعض مؤشرات الدم. الاستزراع المائي يختلف عن الدواجن والخنازير، لكن المنطق التقني مشابه: زيادة استخدام مكونات نباتية في الأعلاف ترفع أهمية إنزيمات تفكيك الألياف غير النشوية [13].

وفي تربية الروبيان، عزلت دراسة بكتيريا منتجة للمانانيز لتطبيقات تكافلية محتملة. الاهتمام هنا لا يقتصر على تقليل اللزوجة؛ بل يمتد إلى قدرة كائنات نافعة أو إنزيماتها على تحويل ركائز نباتية إلى مكونات أكثر قابلية للاستفادة، وهي زاوية مهمة في تطوير أعلاف مائية ذات محتوى نباتي أعلى [14].

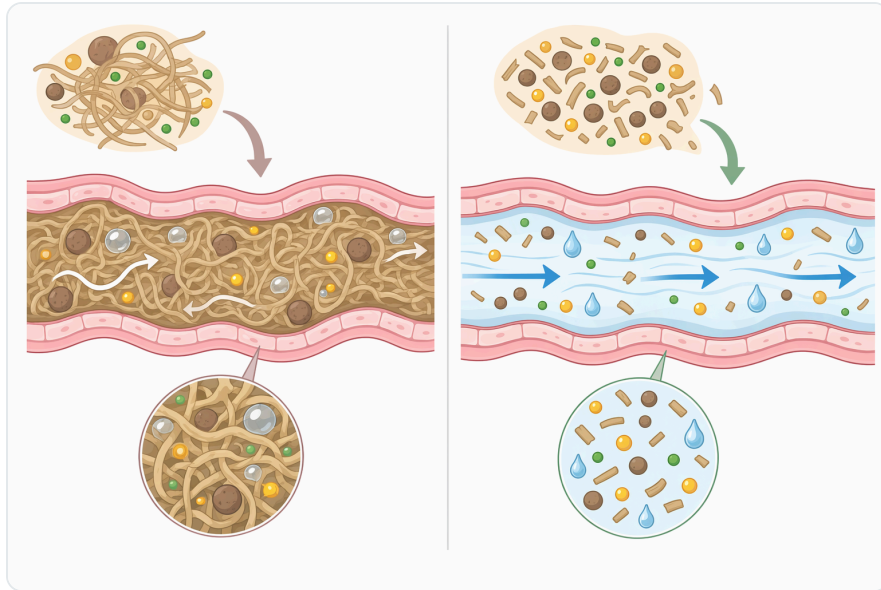


Figure 3. 만난분해효소는 자일라나아제, β -글루카나아제, 셀룰라아제, 펙티나아제와 구별되며, 각 효소는 서로 다른 식물 다당류 계열을 표적으로 합니다.

الأبقار الحلوب والاستدامة

في تغذية الأبقار الحلوب، تناولت مراجعة حديثة فوائد إضافة β -mannanase من حيث التغذية، الأداء، والبيئة. في المجترات، تختلف آلية الهضم بسبب دور الكرش والميكروبيوم، لذلك لا ينبغي نقل نتائج الدواجن أو الخنازير مباشرة. ومع ذلك، يبقى المبدأ قائمًا: تحسين تفكيك مكونات جدار الخلية النباتية قد يؤثر في الاستفادة من العليقة وكفاءة استخدام الموارد [15].

معالجة المستخلصات والمواد النباتية

خارج الأعلاف، تظهر قيمة β -mannanase عندما تكون اللزوجة عقبة في مستخلص نباتي أو وسط غني بالكربوهيدرات الهيكلية. مثال القهوة يوضح ارتباطًا مباشرًا بين تحلل المانان وخفض لزوجة المستخلص، وهو تطبيق صناعي قريب من وصف "viscosity reduction enzyme" [1].

كما دُرست إنزيمات تكسير جدار الخلية من **Aspergillus aculeatus** لتقليل لزوجة الكسافا في تخمير الإيثانول عالي الجاذبية. لا يعني ذلك أن المانانيز وحده هو الإنزيم المسؤول في كل حالة، لكنه يوضح كيف أن تكسير بوليمرات جدار الخلية يمكن أن يخفض اللزوجة ويحسن قابلية التشغيل في أنظمة نباتية كثيفة [16].

مقارنة تطبيقية: متى يكون المانانيز هو الخيار المنطقي؟

الحالة العملية	مصدر اللزوجة أو العائق المحتمل	مدى ارتباط Mannanase بالمشكلة	أمثلة أدلة منشورة
عليقة تحتوي على غوار أو غالكتومانان	سلاسل غالكتومانان عالية الترتيب	مرتفع	تطبيقات β -mannanase في الدواجن والعلائق النباتية [6]
كسب نواة النخيل أو مواد غنية بالمانان	ألياف مانانية ضمن جدار الخلية	مرتفع إلى متوسط حسب الإتاحة	تحلل ألياف كسب نواة النخيل وإنتاج المانانيز [4]
قشور الصويا أو ألياف مختلطة	ألياف متنوعة، منها أجزاء مانانية	متوسط؛ يعتمد على التركيب	دراسات البيّاض مع قشور الصويا و [11] β -mannanase
مستخلص قهوة لزج	مانان قابل للذوبان في المستخلص	مرتفع عندما يكون المانان العامل الرئيس	خفض لزوجة القهوة بالتحلل الإنزيمي للمانان [1]
وسط لزج بسبب نشا أو بكتين أساسًا	بوليمرات غير مانانية	منخفض إذا استُخدم وحده	يتطلب اختيار إنزيم مرتبط بالركيزة لا باللزوجة عمومًا [2]
مواد نباتية كثيفة في التخمر	جدار خلوي متعدد البولييمرات	قد يحتاج نظامًا إنزيميًا أوسع	تقليل لزوجة الكسافا بإنزيمات جدار الخلية [16]

لماذا قد تتحسن القابلية الهضمية أو أداء العليقة؟

عندما ترتفع لزوجة محتوى الأمعاء، قد تقل سرعة انتشار الإنزيمات الهاضمة والمغذيات، وقد يتغير نمط مرور الكتلة الغذائية. بتفكيك المانان، يمكن للمانانيز أن يقلل الحاجز الفيزيائي الذي تصنعه الألياف القابلة للذوبان، فيتحسن التلامس بين المغذيات والإنزيمات الطبيعية أو المضافة. هذا لا يعني أن كل تحسن في الأداء سببه اللزوجة وحدها؛ فالتحلل قد يغير أيضًا توفر الطاقة أو تفاعل الألياف مع الميكروبيوم.

في دجاج اللحم، درست أبحاث حديثة أثر β -mannanase في علائق ذات بروتين قياسي أو منخفض باعتدال، مع متابعة استخدام المغذيات والنمو. أهمية هذه الدراسات أنها تقيم الإنزيم ضمن صياغة علفية واقعية، حيث يتداخل البروتين والطاقة والألياف، بدلًا من النظر إلى المانان كركيزة معزولة في أنبوب اختبار [17].

وفي الدجاج، قد يرتبط المانان أيضًا بإشارات مناعية غير مرغوبة؛ إذ يمكن لبعض مكونات جدران الخلايا أن تُفهم بيولوجيًا كأنماط جزيئية محفزة للمناعة. دراسة على أعضاء مناعية في دجاج اللحم تناولت أثر إضافة β -mannanase في الحالة المورفولوجية لتلك الأعضاء، ما يعكس اهتمامًا بحثيًا يتجاوز الأداء الوزني إلى صحة الجهاز المناعي المرتبط بالتغذية [6].

دور المانو-أوليغوسكريات الناتجة عن التحلل

لا ينتهي دور β -mannanase عند خفض اللزوجة. عندما تُقطع السلاسل إلى أجزاء أقصر، يمكن أن تتكون **mannooligosaccharides** ذات خواص وظيفية مختلفة عن البوليمر الأصلي. بعض الدراسات تركز على إنتاج هذه الأوليغوسكريات من إنزيمات مانانيز محددة، لأنها قد تعمل كركائز تخمير انتقائية أو مكونات ذات أثر بريباوتيكي محتمل في نظم معينة [5].

في أغذية الحيوانات الأليفة، وُصفت مانانيز من **Acinetobacter** مع نواتج تحلل تحتوي على مانو-أوليغوسكريات ذات إمكانات بريباوتيكية تطبيقية. هذا يوضح أن "الهضم" هنا لا يعني فقط تفكيكًا كيميائيًا، بل قد يشمل تحويل بوليمر عالي اللزوجة إلى مزيج أصغر وأكثر تفاعلًا بيولوجيًا [18].



Figure 4. 사료 및 소화 관련 만난분해효소의 활용은 β -만난이 장 내용물의 점도를 높이거나 영양소 접근성을 낮출 수 있는 식물 유래 원료에 초점을 둡니다.

ومع ذلك، يجب عدم المبالغة في تعميم الأثر البريبوتيكي. نوع الأوليغوسكريات، طولها، درجة التفرع، وتركيزها النسبي كلها عوامل تحدد الاستجابة. لذلك فإن الفائدة الأكثر مباشرة ووضوحًا في سياق المنتج هي **تقليل اللزوجة المرتبطة بالمانان**، بينما تبقى الآثار الوظيفية الأخرى مرتبطة بالتركيبية والكائن المستهدف.

التوافق مع الإنزيمات أو الكائنات النافعة الأخرى

في كثير من المواد النباتية، لا يوجد المانان وحده. قد تكون هناك بروتينات، زيانات، سليوز، أو سكريات متفرعة. لذلك يظهر في الأدبيات مفهوم التآزر بين إنزيمات مختلفة؛ مثل دراسة مانانيز حراري من **Lichtheimia ramosa** أظهرت أثرًا تآزريًا مع α -galactosidase في تحلل كسب نواة النخيل. التفسير المنطقي أن إزالة تفرعات أو مكونات جانبية قد تسهّل وصول المانانيز إلى السلسلة الرئيسية [19].

كما وُصفت إنزيمات متعددة المجالات أو ثنائية النشاط في أبحاث حديثة، حيث يمكن للبنية متعددة المجالات أن تحسن الارتباط بالركيزة أو تزيد كفاءة التحلل في مواد نباتية معقدة. هذا مهم فنيًا لأن المادة الخام قد تحتاج تفكيكًا متسلسلًا: فتح البنية، تقليل التفرعات، ثم قطع العمود الفقري للمانان [20].

في المقابل، قد تلعب البروبيوتيك دورًا غير مباشر عبر إنتاج إنزيمات أو تحسين تخمير المواد النباتية. دراسة حديثة على اتحاد من *Bacillus subtilis* و *Lactobacillus fermentum* تناولت تعزيز استخدام كسب نواة النخيل وإمكاناته كعلف وظيفي في الدواجن، وهو اتجاه يربط بين الإنزيمات والميكروبات النافعة في تحسين قيمة الألياف النباتية [21].

عوامل تؤثر في الأداء دون تحويلها إلى "وصفة استخدام"

يعتمد أداء Mannanase على وجود الركيزة المناسبة أولًا. إذا كانت الخلطة لا تحتوي على مانان أو غالاكتومانان بكمية مؤثرة، فلن يكون هناك سبب قوي لتوقع انخفاض كبير في اللزوجة. كما أن وجود المانان في تحليل المادة الخام لا يكفي وحده؛ فالإتاحة الفيزيائية داخل جدار الخلية، حجم الجسيمات، الرطوبة، وزمن التلامس كلها عوامل تؤثر في إمكانية وصول الإنزيم إلى السلسلة.

تتأثر الإنزيمات كذلك ببيئة الوسط لأنها بروتينات وظيفية وليست مواد كيميائية خاملة. أبحاث المانانيز الحراري أو واسع الثبات عبر نطاقات بيئية مختلفة تُظهر أن المصادر الإنزيمية تختلف في تحملها للظروف، لكن ذلك لا يلغي الحاجة إلى مطابقة الإنزيم مع التطبيق. فقد دُرست مانانيز حرارية أو ذات ثبات واسع من كائنات مختلفة، ما يعكس أهمية اختيار الخصائص الملائمة للوسط المستخدم [22].

كما أن التثبيت أو التعديل الإنزيمي قد يغيّر الأداء في التطبيقات الصناعية، كما تدرس أبحاث حديثة تحسين الأداء التحفيزي للمانانيز عبر التثبيت أو التعديل الكيميائي. هذه الأبحاث مفيدة لفهم اتجاهات التطوير، لكنها لا تعني أن كل منتج تجاري يمتلك الخصائص نفسها؛ لذلك يجب الاعتماد على وثائق المنتج المرفقة بدل افتراض خصائص من دراسة على إنزيم آخر [23].

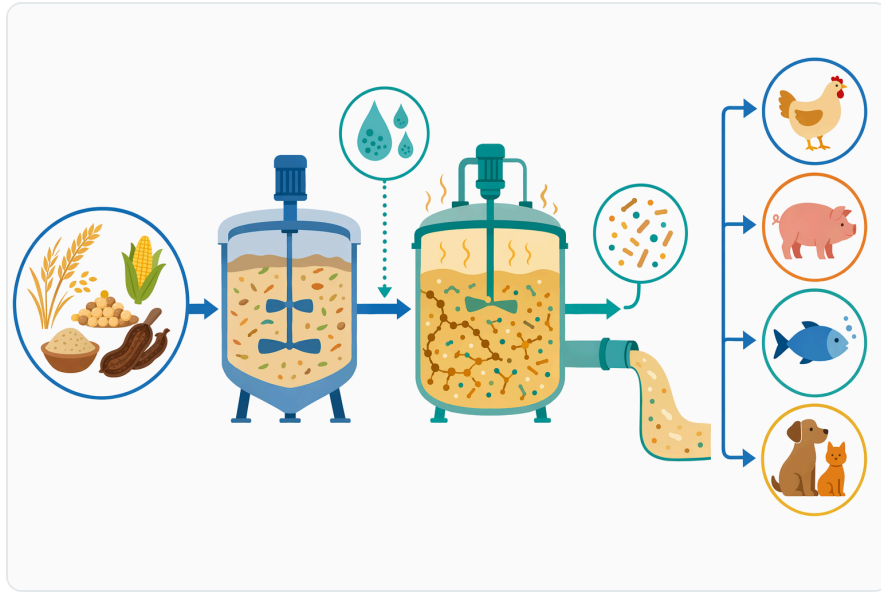


Figure 5. 수분이 있는 식물 가공 공정에서 만난분해효소 처리는 이후의 혼합, 펄핑, 여과, 분리 또는 제형화 전에 만난 고분자를 짧게 만들 수 있습니다

قراءة الأدلة الحيوانية بحذر

أدبيات β -mannanase في الدواجن والخنازير والأسماك والأبقار تشير إلى اهتمام واسع، لكنها ليست كلها متطابقة في التصميم أو النتائج. بعض الدراسات تركز على الأداء، بعضها على الدم أو مورفولوجيا الأمعاء، وبعضها على الاقتصاديات أو الاستدامة. لذلك ينبغي قراءة كل نتيجة ضمن نوع الحيوان، عمره، تركيبة العليقة، والمادة الخام المستخدمة.

في الخنازير، على سبيل المثال، قد يكون الحفاظ على الأداء عند خفض محتوى الطاقة في العليقة نتيجة لتفاعل عدة عوامل، منها تحسين استخدام الألياف أو تقليل أثر مكونات بروتينية صعبة. أما في الدواجن، فقد يكون الأثر أوضح عندما تكون العليقة غنية بغالكتومانان أو مكونات ترفع لزوجة محتوى الأمعاء. لهذا السبب لا يصح تحويل نتائج تجربة واحدة إلى وعد أداء عام [10].

في الأسماك، تختلف الاستجابة لأن القناة الهضمية والتغذية الطبيعية والقدرة على استخدام الكربوهيدرات تختلف جذريًا عن الحيوانات البرية. لذلك تُعد دراسة السلمون القزويني مؤشرًا على إمكانية التطبيق في الاستزراع، لا دليلاً عامًا على كل أنواع الأسماك أو كل التركيبات النباتية [13].

حدود استخدام Mannanase كإنزيم هضمي

يُستخدم وصف "digestive enzyme" هنا بمعناه التقني: إنزيم يساعد على تفكيك بوليمرات نباتية قد تعيق الهضم أو المعالجة. لا ينبغي فهمه كإجراء علاجي أو كبديل عن صياغة غذائية سليمة. في الأعلاف، المانانيز أداة ضمن منظومة تشمل اختيار المواد الخام، توازن الطاقة والبروتين، معالجة العلف، وصحة الحيوان.

كما يجب الحذر من توقع أن انخفاض اللزوجة سيؤدي دائمًا إلى تحسن أداء واضح. إذا لم تكن اللزوجة عاملاً محددًا، أو إذا كانت الركيزة غير متاحة، أو إذا كانت ظروف الوسط تقلل نشاط الإنزيم، فقد يكون الأثر محدودًا. كذلك قد تتطلب المواد النباتية متعددة الألياف إنزيمات إضافية، لأن المانانيز لا يستهدف كل مكونات جدار الخلية.

الأدلة الأقوى لاستخدامه تكون عندما تجتمع ثلاثة شروط: وجود مانان أو غالاكتومانان، مساهمة هذا المكون في اللزوجة أو ضعف الاستفادة، وتوفر بيئة تسمح بالتحلل الإنزيمي. عند غياب أحد هذه الشروط، يصبح تفسير النتائج أكثر تعقيدًا.

معلومات المنتج والتوريد عبر Enzymes.bio

تورد **Enzymes.bio** منتج **Mannanase Digestive Enzyme – Viscosity Reduction Enzyme** عبر الإنترنت كإنزيم موجّه لتقليل اللزوجة المرتبطة بالمانان في التطبيقات المناسبة. Enzymes.bio ليست جهة مصنّعة وليست مختبر اختبار؛ دورها هو إتاحة المنتج للشراء المباشر مع وثائق الدفعة والسلامة المرتبطة بالطلب .



Figure 6. 부분 가수분해를 통해 개별 당으로 완전히 전환하지 않고도 만노올리고당과 더 짧은 조각을 생성할 수 있습니다

يباع المنتج مباشرة عبر الإنترنت بوحدة **1 كجم**، وتُرفق مع الطلب وثائق **CoA** و **SDS**. شهادة التحليل تساعد على توثيق معلومات الدفعة الموردة، بينما توفر نشرة بيانات السلامة إرشادات التعامل، التخزين، والاحتياطات المناسبة. لا يلزم التعامل مع المنتج ككاشف مخبري؛ بل كإنزيم تجاري يجب استخدامه ضمن سياق فني واضح ووثائق السلامة المرفقة .

السلامة والتعامل المسؤول مع الإنزيمات

الإنزيمات بروتينات فعالة وقد تكون مساحيقها أو رذاذها سببًا لمخاطر تنفسية أو تحسسية عند سوء التعامل، وهي نقطة معروفة في إرشادات السلامة المهنية الخاصة بالإنزيمات. لذلك يجب تقليل توليد الغبار، تجنب الاستنشاق، استخدام معدات الحماية المناسبة حسب SDS، والحفاظ على العبوة مغلقة في بيئة ملائمة [24].

لا ترتبط السلامة فقط بسمية المادة، بل بطريقة التعرض. حتى الإنزيمات المستخدمة على نطاق واسع في الغذاء أو الأعلاف قد تتطلب ضوابط مهنية عند المناولة المتكررة أو الكميات العملية. لذلك تكون SDS هي الوثيقة الأساسية للقراءة قبل الاستخدام، لأنها تحدد الاحتياطات، الإسعاف الأولي، وإرشادات التخزين والتخلص وفق تصنيف المنتج المورّد [24].

الخلاصة الفنية

إنزيم **Mannanase Digestive Enzyme – Viscosity Reduction Enzyme** مناسب فنيًا عندما تكون المشكلة مرتبطة بالمانان أو الغالاكتومانان في مواد نباتية أو خلطات علفية أو مستخلصات كثيفة. آليته الأساسية هي تقصير سلاسل المانان، ما يقلل قدرتها على احتجاز الماء وتكوين قوام لزج، وقد ينتج أيضًا مانو-أوليغوسكريات ذات وظائف إضافية محتملة حسب الوسط والتركيبية [5].

تدعم الأدبيات استخدام β -mannanase في الدواجن والخنازير والأسماك والأبقار، إضافة إلى تطبيقات معالجة نباتية مثل خفض لزوجة مستخلص القهوة. ومع ذلك، يجب تفسير كل دليل ضمن شروطه: نوع الحيوان أو المادة، مصدر المانان، طبيعة العليقة، وإتاحة الركيزة للإنزيم [1].

تتوفر Mannanase من Enzymes.bio للشراء المباشر عبر الإنترنت بوحدة 1 كجم، مع إرفاق CoA و SDS مع الطلب. وعند استخدامها في سياقها الصحيح، تمثل أداة إنزيمية موجهة لتقليل اللزوجة ودعم التعامل مع المواد النباتية الغنية بالمانان، لا حلًا عامًا لكل مصادر اللزوجة أو كل مشكلات الهضم.

اطلب Mannanase Digestive Enzyme - Viscosity Reduction Enzyme عبر الإنترنت

يُباع بوحدة 1 kg، وهو متوفر في المخزون وجاهز للشحن. اطلب مباشرة من متجرنا — ادفع عبر الإنترنت وسنعالج طلبك. تُرفق شهادة التحليل ونشرة بيانات السلامة مع كل طلب.

→ [اشتر Mannanase Digestive Enzyme - Viscosity Reduction Enzyme](#)

المراجع

مرقمة حسب ترتيب أول اقتباس. مصادر مفتوحة الوصول، تم التحقق من إتاحتها عند النشر؛ وترتبط أرقام الاستشهاد في النص هنا.

- Chauhan, P. S., Sharma, P., Puri, N., & Gupta, N. (2014). A process for reduction in viscosity of coffee extract by enzymatic hydrolysis of mannan. *Bioprocess and biosystems engineering (Print)*, 37, 1459-1467 .1
- Briganti, L., Manzine, L. R., Mello Capetti, C. C., Araújo, E. A., Oliveira Arnoldi Pellegrini, V., Guimarães, F., Oliveira Neto, M., ... et al. (2024). Unravelling biochemical and structural features of Bacillus licheniformis GH5 mannanase using site-directed mutagenesis and high-resolution protein crystallography studies. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133182 .2
- Yin, J., Ma, L., Xie, M., Nie, S., & Wu, J. (2020). Molecular properties and gut health benefits of enzyme-hydrolyzed konjac glucomannans. *Carbohydrate Polymers*, 237, 116117 .3
- Ong, W. L., Li, Z., Ng, K., & Zhou, K. (2024). Improving Mannanase Production in Bacillus subtilis for Fibre Hydrolysis during Solid-State Fermentation of Palm Kernel Meal. *bioRxiv* .4
- Gao, J., Zheng, H., Wang, X., & Li, Y. (2023). Characterization of a novel GH26 β -mannanase from Paenibacillus polymyxa and its application in the production of mannooligosaccharides. *Enzyme and Microbial Technology*, 165, 110197 .5
- Oliyar, A., Skliarov, P. M., Masiuk, D., Bilyi, D., Logvinova, V., & Lieshchova, M. (2020). Effect of β -mannanase enzyme supplementation on the morphofunctional state of broiler chickens' immunocompetent organs. *Regulatory Mechanisms in Biosystems* .6
- Kwak, M., Ha, D., Park, M. Y., Eor, J., Whang, K., & Kim, Y. (2023). Comparison study between single enzyme and multienzyme complex in distiller's dred grains with soluble supplemented diet in broiler chicken. *Journal of Animal Science and Technology*, 66, 398 - 411 .7
- Werku, T. (2025). Method of Enzyme Application and Effect on the Performance of Broilers Fed Meal-Based Diet in Ethiopia: Systematic Review. *American Journal of Applied Scientific Research* .8
- Baker, J. T., Deng, Z., Sokale, A., Frederick, B., & Kim, S. W. (2024). Nutritional and functional roles of β -mannanase on intestinal health and growth of newly weaned pigs fed two different types of feeds. *Journal of Animal Science*, 102 .9
- Vangroenweghe, F., Goethals, S., Zele, D., & Bruijn, A. (2023). Application of a β -mannanase enzyme in diets with a reduced net energy content in post-weaning piglets resulted in equal performance and an additional economic benefit. *Medical Research Archives* .10
- Shuaib, M., Hafeez, A., Tahir, M., Sufyan, A., Ullah, O., Shams, M. A., Siddiqui, S. A., ... et al. (2024). Effects of β -Mannanase Supplementation and Soyhull Inclusion on Production Performance, Economics, Egg Quality, Blood Biochemicals, Nutrient Digestibility, and Intestinal Morphology in Golden Brown Hens (RIR \times Fayoumi) during Late Peak Production. *Animals*, 14 .11
- Opoku, E. Y., Classen, H. L., & Scott, T. (2015). Effects of wheat distillers dried grains with solubles with or without protease and β -mannanase on the performance of turkey hen poults. *Poultry Science*, 94 2, 207-14 .12
- Zamini, A., Kanani, H. G., Esmaeili, A., Ramezani, S., & Zoriezahra, S. J. (2012). Effects of two dietary exogenous multi-enzyme supplementation, Natuzyme[®] and beta-mannanase (Hemicell[®]), on growth and blood parameters of Caspian salmon (Salmo trutta caspius). *Comparative Clinical Pathology*, 23, 187-192 .13
- Sathitkowitchai, W., Sathapondecha, P., Angthong, P., Srimarut, Y., Malila, Y., Nakkongkam, W., Chaiyapechara, S., ... et al. (2022). Isolation and Characterization of Mannanase-Producing Bacteria for .14

Potential Synbiotic Application in Shrimp Farming. *Animals*, 12

Onche, E., Habeeb, T., Denen, F., & Omale, S. (2025). Exploring the benefits of β -mannanase supplementation in dairy cattle nutrition, performance, and a sustainable environment. *Journal of Central European Agriculture*

Poonsrisawat, A., Wanlapatit, S., Paemanee, A., Eurwilaichitr, L., Piyachomkwan, K., & Champreda, V. (2014). Viscosity reduction of cassava for very high gravity ethanol fermentation using cell wall degrading enzymes from *Aspergillus aculeatus*. *Process Biochemistry*, 49, 1950-1957

Barekatin, R., Hall, L., Chrystal, P., & Fickler, A. (2024). Nutrient utilisation and growth performance of broiler chickens fed standard or moderately reduced dietary protein diets with and without β -mannanase supplementation. *Animal Nutrition*, 19, 131 - 138

Sintuprapa, W., Alaiphol, A., Nitisinprasert, S., Zhou, Z., & Moonmangmee, S. (2024). Biochemical Characterization of Mannanase from Newly Isolated *Acinetobacter* sp. KUB-ST1-1 and its Hydrolysate Containing Mannooligosaccharides: Potential as Applied Prebiotic for Pet Food. *Applied Science and Engineering Progress*

Xie, J., Pan, L., He, Z., Liu, W., Zheng, D., Zhang, Z., & Wang, B. (2020). A novel thermophilic β -mannanase with broad-range pH stability from *Lichtheimia ramosa* and its synergistic effect with α -galactosidase on hydrolyzing palm kernel meal. *Process Biochemistry*, 88, 51-59

Song, X., Li, J., Chang, Y., Mei, X., Luan, J., Jiang, X., & Xue, C. (2024). The Discovery of a Multidomain Mannanase Containing Dual-Catalytic Domain of the Same Activity: Biochemical Properties and Synergistic Effect. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*

Mirawati, M., Akhadiarto, S., Harnentis, H., Ciptaan, G., Zurmiati, Z., Yanti, G., & Srifani, A. (2025). Synergistic probiotic consortium of *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus fermentum* enhances palm kernel meal utilization and functional feed potential in poultry. *Veterinary World*, 18, 3447 - 3463

Luo, Z., Miao, J., Li, G., Du, Y., & Yu, X. (2017). A Recombinant Highly Thermostable β -Mannanase (ReTMan26) from Thermophilic *Bacillus subtilis* (TBS2) Expressed in *Pichia pastoris* and Its pH and Temperature Stability. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 182, 1259-1275

Faki, N. E. V., Toprak, A., Yucebilgic, G., Alagöz, D., Yildirim, D., & Fernández-Lafuente, R. (2025). Enhancing the Catalytic Performance of β -Mannanase via Polyvinyl Alcohol Immobilization and Genipin Modification. *Molecules*, 30

Amfep Safe Handling Guide 2023.Pdf. *Amfep* .24

تواصل مع Enzymes.bio


هل لديك أسئلة حول طلب؟ يسرّ فريقنا مساعدتك.

→ تواصل معنا

الهاتف (الولايات المتحدة) +1 (507) 6057-428

البريد الإلكتروني wholesale@enzymes.bio

54  نخدم العملاء حول العالم

+60  شركاء بحثيون جامعيون

+400  عملاء B2B

© Enzymes.bio 2026 · توريد إنزيمات صناعية & لمعالجة الأغذية · غير مخصص للاستهلاك البشري أو البيع بالتجزئة.