إنزيم Beta-Glucanase لتقليل اللزوجة وتحسين الترشيح في معالجة الحبوب والتخمير

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

إنزيم **Beta-Glucanase** هو كربوهيدراز يقطع البيتا-غلوكانات، وهي عديدات سكاريد غنية بالغلوكوز توجد في جدران خلايا الحبوب والخمائر والفطريات، وبذلك يخفض الوزن الجزيئي واللزوجة ويدعم الترشيح والاستخلاص. في التطبيقات العملية، تظهر قيمة **beta glucanase** بوضوح في هريس الشعير والشوفان، مشروبات الحبوب، الأعلاف الحبوبية، وبعض عمليات التخمير والنبيذ عندما تكون البيتا-غلوكانات سببًا في البطء أو الانسداد أو ضعف الانسيابية [1].

ما هو Beta-Glucanase؟ ولماذا يهم صناعيًا؟

Beta-Glucanase ليس إنزيمًا واحدًا بالمعنى الضيق، بل اسم لعائلة من الإنزيمات التي تحلل روابط بيتا-غليكوسيدية داخل عديدات السكاريد المعروفة باسم **بيتا-غلوكانات**. تختلف هذه البيتا-غلوكانات حسب المصدر: ففي الشعير والشوفان والحبوب تكون غالبًا غلوكانات مختلطة الروابط من نمط β-1,3 وβ-1,4، بينما في جدران الخمائر والفطريات تغلب سلاسل β-1,3 مع تفرعات أو ارتباطات أخرى. لذلك يجب فهم **beta-glucanase enzyme function** بوصفها وظيفة انتقائية: تقصير سلاسل بيتا-غلوكان محددة، وليس تفكيك كل مكونات الجدار الخلوي أو تحويل كامل الكتلة النباتية إلى سكريات بسيطة [2].

تظهر أهمية الإنزيم عندما تصبح البيتا-غلوكانات عائقًا تشغيليًا. السلاسل الطويلة القابلة للذوبان أو الانتفاخ تحتجز الماء وتزيد مقاومة الجريان، فتجعل الهريس أكثر سماكة، وتبطئ الفصل الصلب/السائل، وتزيد ضغط الترشيح، وقد تضعف كفاءة الاستخلاص. في المنتجات الحبوبية المدعمة ببيتا-غلوكان، بيّنت دراسات أن نشاط بيتا-غلوكاناز يؤثر في خفض الوزن الجزيئي للبيتا-غلوكان، وهي نقطة محورية لأن الوزن الجزيئي يرتبط باللزوجة والملمس والوظيفة التقنية للمنتج [1].

من الناحية التجارية، يهم هذا الإنزيم لقطاعات B2B مثل التخمير، معالجة الحبوب، الأغذية والمشروبات الحبوبية، الأعلاف، والاستخلاص النباتي. تورد **Enzymes.bio** منتجات Beta-Glucanase للاستخدام الصناعي ومعالجة الأغذية، ويُباع المنتج مباشرة عبر الإنترنت بوحدة **1 kg**، مع إرفاق **CoA** و**SDS** مع الطلب. Enzymes.bio مورّد وليست جهة مصنّعة أو مختبرًا، لذلك تُقرأ وثائق المنتج وشهاداته بوصفها وثائق توريد ودعم استخدام، لا بوصفها ادعاء تصنيع أو تطوير مخبري من طرف الموقع .

البنية الجزيئية للبيتا-غلوكانات: لماذا لا تكفي عبارة "ألياف"؟

البيتا-غلوكانات تُصنّف عادة ضمن الألياف أو عديدات السكاريد غير النشوية، لكنها من منظور صناعي ليست مادة واحدة. اختلاف نوع الرابطة ومكانها وطول السلسلة ودرجة التفرع يغير قابلية التحلل الإنزيمي، والذوبان، والقدرة على تكوين اللزوجة. في الحبوب، تكون السلاسل المختلطة β-1,3/β-1,4 مرتبطة ببنية جدار خلايا الإندوسبيرم، وهي مسؤولة عن جزء مهم من لزوجة مستخلصات الشعير والشوفان عند عدم تحللها بشكل كافٍ [1].

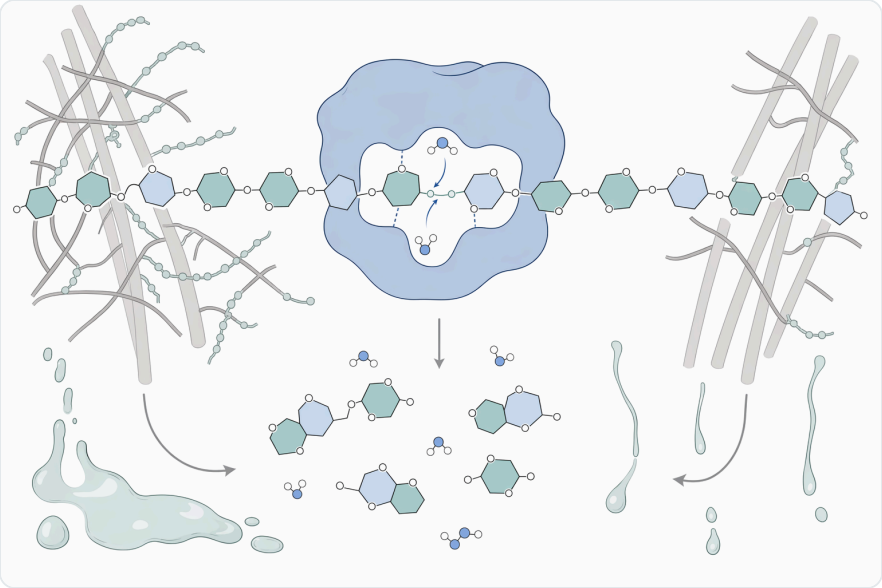

Figure 1. 베타-글루카나아제는 베타-글루칸 다당류를 더 짧은 올리고당으로 가수분해하여 곡물 세포벽의 점도를 낮춥니다.

في المقابل، بيتا-غلوكانات الخميرة والفطريات أكثر ارتباطًا ببنية جدار خلوي مقاوم، وتحتاج غالبًا إلى نشاطات إنزيمية تختلف عن تلك الموجهة أساسًا لغلوكانات الحبوب. لهذا السبب قد نجد في الأدبيات إنزيمات موصوفة مثل **endo-1,3(4)-beta-glucanase** أو **endo-1,4-beta-glucanase** أو **exo-1,3-beta-glucanase**؛ وكل تسمية تشير إلى نمط عمل أو رابطة مفضلة. وجود إنزيمات بيتا-غلوكاناز من مصادر بكتيرية وفطرية وحيوانية أو نباتية يعكس تنوع الركائز الطبيعية التي تطورت هذه الإنزيمات للتعامل معها [3].

هذا التنوع مهم عند تفسير النتائج. إنزيم فعّال على غلوكان الشعير لا يعني بالضرورة أنه الأفضل لجدار الخميرة، والعكس صحيح. كما أن وجود نشاط بيتا-غلوكاناز في خليط إنزيمي لا يعني أنه سيعالج مشكلات البكتين أو الزيلان أو البروتينات الغروية. لذلك يكون استخدام beta glucanase أكثر منطقية عندما يُعرف أن البيتا-غلوكانات، لا مكونات أخرى، هي العامل المسيطر في اللزوجة أو بطء الترشيح أو ضعف الانسيابية [2].

آلية العمل: كيف يقلل Beta-Glucanase اللزوجة ويحسن الترشيح؟

تعمل إنزيمات بيتا-غلوكاناز عبر التحلل المائي للروابط الغليكوسيدية داخل سلاسل البيتا-غلوكان. عندما يقطع الإنزيم سلسلة طويلة إلى سلاسل أقصر، ينخفض متوسط الوزن الجزيئي وتقل قدرة البوليمر على رفع اللزوجة أو تكوين شبكة تحتجز الماء. في المنتجات الحبوبية، أظهرت دراسة مخصصة لهذا الموضوع أن نشاط بيتا-غلوكاناز

يؤدي إلى تدهور الوزن الجزيئي للبيتا-غلوكان، وهو أثر جوهري لفهم تغير القوام والانسيابية أثناء المعالجة [1].

توجد طريقتان عامتان للعمل: إنزيمات **endo** تقطع داخل السلسلة وتخفض الوزن الجزيئي بسرعة نسبيًا، بينما إنزيمات **exo** تزيل وحدات أو أوليغوسكريات من أطراف السلاسل. دراسة على إنزيم **exo-beta-1,3-glucanase** أوضحت أن العملية قد تتأثر بعوامل مثل الاستمرارية في الحركة على الركيزة، وتثبيط الركيزة، ووجود موقع ارتباط ثانوي؛ وهذا يفسر لماذا لا تكون الاستجابة العملية خطية دائمًا عند زيادة كمية الركيزة أو تعقيد المصفوفة [4].

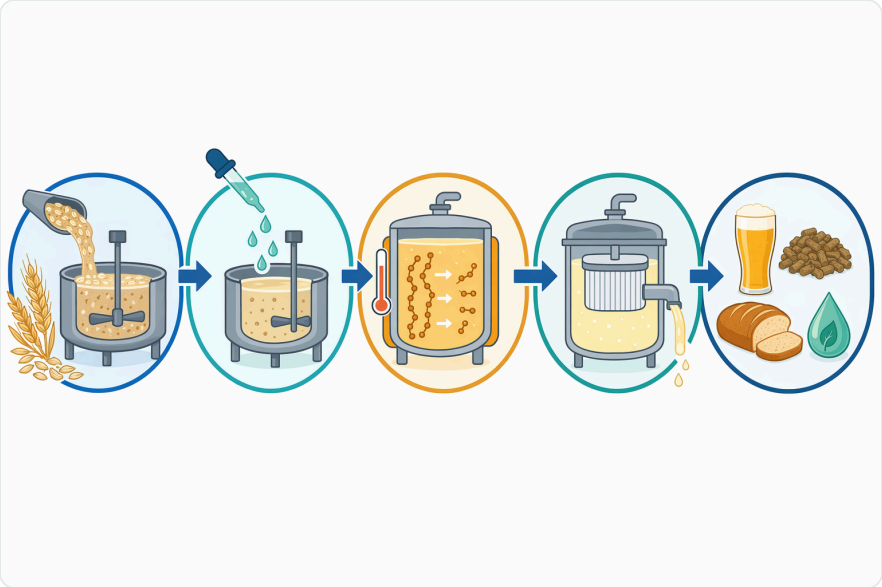

Figure 2. 산업용 베타-글루카나아제 공정은 점성이 높은 곡물 베타-글루칸을 양조, 사료, 제빵 및 발효에 적합한 저점도 흐름으로 전환합니다.

كما أن بعض الإنزيمات لا تقتصر على رابط واحد أو نمط تحلل واحد. وُصف إنزيم Beta-Glucanase من فطر كرشي جديد بأنه يُظهر نشاطات شبيهة بتحرير وحدات قصيرة من السليلوز أو الغلوكان، ما يبرز أن التسمية التجارية "بيتا-غلوكاناز" قد تغطي خصائص محفزة مختلفة بحسب المصدر والتكوين [5]. في المقابل، سُجلت إنزيمات β-1,4-glucanase بكتيرية جديدة من بكتيريا متعايشة مع النمل الأبيض، ما يعكس أن البيئات الغنية بالمواد النباتية المتحللة تُعد مصادر طبيعية لإنزيمات قادرة على التعامل مع بوليمرات الغلوكوز [3].

النتيجة العملية لهذه الآليات هي تقليل مقاومة السائل للحركة، تحسين انتقال الكتلة، فتح جزء من بنية الجدار الخلوي، وتقليل تراكم المواد الغروية التي تُبطئ الترشيح. لكن هذه النتيجة لا تتحقق إلا إذا كانت الركيزة متاحة للإنزيم؛ فالطحن، الترطيب، التسخين السابق، وجود النشا أو البروتين، وتركيب المادة الخام كلها عوامل تحدد مدى وصول الإنزيم إلى بيتا-غلوكاناته المستهدفة [1].

جدول مقارنة: أين يضيف Beta-Glucanase قيمة تشغيلية؟

التطبيق الصناعي	الركيزة أو المشكلة السائدة	وظيفة beta-glucanase enzyme function	الأثر التشغيلي المتوقع	ملاحظة علمية
التخمير وهريس الحبوب	غلوكانات الشعير والشوفان المختلطة الروابط	تقصير سلاسل β-1,3/β-1,4 وخفض الوزن الجزيئي	لزوجة أقل، فصل أسهل، ترشيح أكثر انتظامًا	ارتباط النشاط بانخفاض الوزن الجزيئي موثق في منتجات حبوبية مدعمة ببيتا-غلوكان [1]
مشروبات ومنتجات حبوبية	قوام كثيف أو غير مستقر بسبب ألياف ذائبة	تعديل حجم سلاسل البيتا-غلوكان	ضبط الانسيابية والملمس، مع ضرورة عدم الإفراط إذا كانت اللزوجة الوظيفية مطلوبة	التحكم مهم لأن البيتا-غلوكان نفسه مكوّن وظيفي في بعض المنتجات [2]
الأعلاف الحبوبية	عديدات سكاريد غير نشوية في الشعير والشوفان	تقليل لزوجة محتوى القناة الهضمية وتحسين إتاحة المغذيات	دعم الهضم وأداء العلف في علائق مناسبة	توجد آراء تقييمية حول إضافات تجمع بيتا-غلوكاناز مع زيلاناز في الدواجن والخنازير [6]
النبيذ والتخمير الخميري	غلوكانات من جدران الخميرة أو الفطريات	إضعاف مكونات جدار الخلية أو الغرويات الغلوكانية	تحسين التوضيح وقابلية الترشيح في حالات محددة	تختلف الحاجة حسب مصدر الغلوكان وتركيب المستحضر الإنزيمي [2]
الاستخلاص النباتي	جدران خلايا غنية بعديدات سكاريد	فتح جزء من المصفوفة وتقليل اللزوجة	انتقال أفضل للمكونات القابلة للاستخلاص وترشيح أسهل	غالبًا يكون جزءًا من منظومة إنزيمية لا يعمل وحده على كل مكونات الجدار [7]

التطبيق الرئيسي: معالجة الحبوب والتخمير

في معالجة الحبوب، خصوصًا الشعير والشوفان، يكون التحدي التقني الأكثر شيوعًا هو أن البيتا-غلوكانات الذائبة أو المنتفخة ترفع لزوجة الوسط. في الهريس أو المستخلص، تعني اللزوجة العالية أن الضخ والخلط والترشيح تستهلك وقتًا وطاقة أكبر، وأن فصل السائل عن القشور أو الجسيمات الدقيقة يصبح أبطأ. وظيفة Beta-Glucanase هنا هي تقليل طول السلاسل المسؤولة عن هذه اللزوجة، لا إزالة كل الألياف أو تغيير كل بنية الحبوب [1].

في التخمير، يُبحث عن توازن بين إطلاق المواد القابلة للتخمير والحفاظ على سير العملية دون انسداد أو تباطؤ. عندما تكون غلوكانات الحبوب غير متحللة بما يكفي، يمكن أن تؤثر في سرعة فصل النقيع أو وضوحه أو استقرار الخطوات اللاحقة. لذلك تُستخدم مستحضرات بيتا-غلوكاناز في مراحل تسمح بملامسة كافية للركيزة قبل الترشيح

أو الفصل، مع مراعاة أن فاعلية الإنزيم تعتمد على توافقه مع الوسط وليس على اسمه التجاري فقط [7].

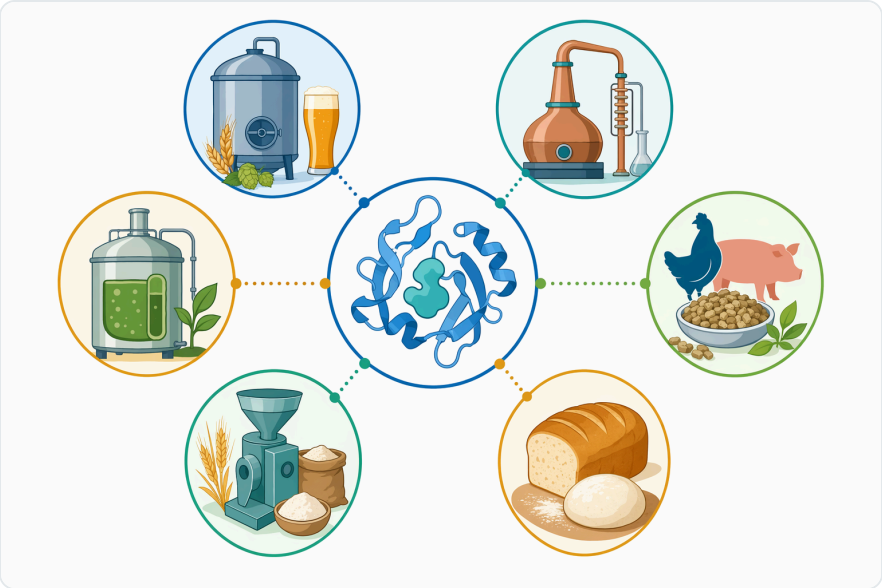

Figure 3. 베타-글루카나아제는 주로 양조, 증류, 동물 사료, 제빵, 곡물 가공 .및 바이오매스 관련 발효에 사용됩니다

ينطبق المبدأ نفسه على مشروبات الحبوب والمستخلصات المدعمة بالبيتا-غلوكان. في بعض المنتجات يكون الهدف الحفاظ على لزوجة معينة لأنها جزء من الإحساس الفموي أو الادعاء الوظيفي، بينما في منتجات أخرى تكون اللزوجة مشكلة تصنيعية. لذلك لا يُستخدم Beta-Glucanase دائمًا لتعظيم التحلل؛ بل يُستخدم أحيانًا لضبط درجة التحلل حتى تنخفض مشكلات المعالجة دون فقد الخصائص المرغوبة للمنتج [2].

الأعلاف الحيوانية: تقليل أثر عديدات السكاريد غير النشوية

في علائق الدواجن والخنازير المعتمدة على حبوب غنية ببيتا-غلوكان، يمكن أن تزيد عديدات السكاريد غير النشوية من لزوجة محتوى الأمعاء وتحد من وصول الإنزيمات الهاضمة إلى المغذيات. لذلك ظهرت إضافات إنزيمية تجمع بين **endo-1,4-beta-xylanase** و**endo-1,3(4)-beta-glucanase** لمعالجة أكثر من جزء من ألياف الحبوب، خصوصًا عندما تكون العليقة غنية بمكونات مثل الشعير أو القمح أو الشوفان [6].

توجد تقييمات حديثة لفعالية إضافات تحتوي على زيلاناز وبيتا-غلوكاناز منتجة بكائنات دقيقة محددة في خنازير مفطومة، ما يعكس استمرار الاهتمام التنظيمي والعلمي بهذا النوع من الإنزيمات في التغذية الحيوانية [8]. كما تناولت تقييمات أخرى سلامة وفعالية مستحضرات تحتوي على **endo-1,4-beta-xylanase** و**endo-1,4-beta-glucanase** لاستخدامها في إناث الخنازير، وهو ما يوضح أن نطاق التطبيق لا يقتصر على دجاج التسمين وحده [9].

في الدواجن، ناقشت آراء علمية إضافات تجمع بين زيلاناز وبيتا-غلوكاناز لجميع الأنواع الرئيسية والثانوية، وتربط استخدامها بتحسين التعامل مع عديدات السكاريد غير النشوية في علائق الحبوب [10]. لكن يجب تفسير ذلك بدقة: الأثر يعتمد على تركيبة العليقة ومحتواها من الركائز القابلة للتحلل، وليس على إضافة الإنزيم بمعزل عن النظام

الغذائي. إذا كانت العليقة منخفضة البيتا-غلوكان أو كان العامل المحدد هو بروتين أو دهون أو معدن، فلن يكون بيتا-غلوكاناز هو العامل الحاسم وحده.

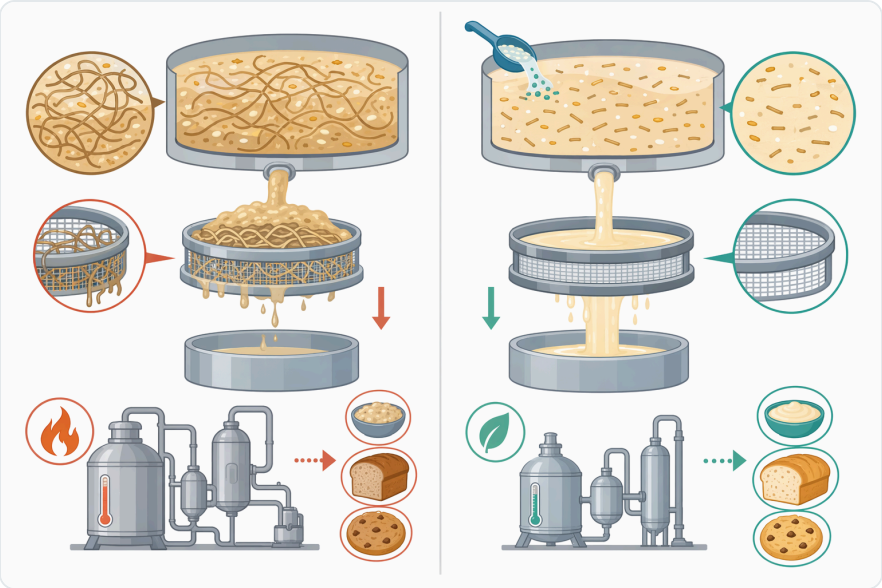

Figure 4. 고온 처리나 무처리 공정에 비해 베타-글루카나아제 처리는 점도를 .낮추고 여과성과 추출물 회수율을 향상시킵니다

توجد أيضًا آراء حول سلامة **endo-1,4-beta-glucanase** كإضافة علفية لدجاج التسمين وطيور أخرى وخنازير مفطومة، ما يساعد العملاء على فهم أن هذا النوع من الإنزيمات له حضور تنظيمي في قطاع الأعلاف [11]. ومع ذلك، لا ينبغي تحويل هذه المراجع إلى توصيات جرعات أو ادعاءات أداء مطلقة؛ فهي تعالج منتجات وسياقات محددة، بينما يظل التطبيق العملي مرتبطًا بالمادة الخام، نوع الحيوان، صيغة العليقة، وإدارة التصنيع.

الأغذية والمشروبات: ضبط القوام دون تدمير الوظيفة

في الأغذية، لا تكون البيتا-غلوكانات دائمًا مشكلة؛ فهي قد تكون مكوّنًا مرغوبًا في منتجات الحبوب بسبب مساهمتها في القوام والوظائف الغذائية. لذلك يتطلب استخدام Beta-Glucanase فهمًا للهدف النهائي: هل المطلوب خفض اللزوجة لتسهيل المعالجة؟ أم الحفاظ على جزء من الوزن الجزيئي لدعم ملمس أو وظيفة معينة؟ مراجعات البيتا-غلوكان في التكنولوجيا الحيوية تؤكد أن هذه البوليمرات ليست مجرد "شوائب" بل مواد ذات قيمة وظيفية تختلف باختلاف المصدر والبنية والمعالجة [2].

في مشروبات الحبوب، قد يساعد إنزيم بيتا-غلوكاناز في تقليل سماكة مفرطة وتحسين قابلية الضخ والتعبئة والترشيح. في المقابل، الاستخدام غير المتوازن قد يخفض اللزوجة أكثر من المطلوب أو يغير الإحساس الفموي. لذلك تُفهم وظيفته كأداة لضبط الوزن الجزيئي بدل اعتبارها خطوة إزالة كاملة للبيتا-غلوكان [1].

وتندرج إنزيمات الهضم والمعالجة الغذائية، ومنها إنزيمات تحلل عديدات السكاريد، ضمن فئة واسعة من الأدوات الصناعية المستخدمة لتحسين التحويل، الاستخلاص، القوام، والثبات في الأغذية. المراجعات العامة للتطبيقات الصناعية للإنزيمات الهاضمة في المنتجات الغذائية تؤكد أن القيمة العملية تأتي من مطابقة الإنزيم للمصفوفة

والهدف، وليس من إضافة إنزيم بشكل عام [7].

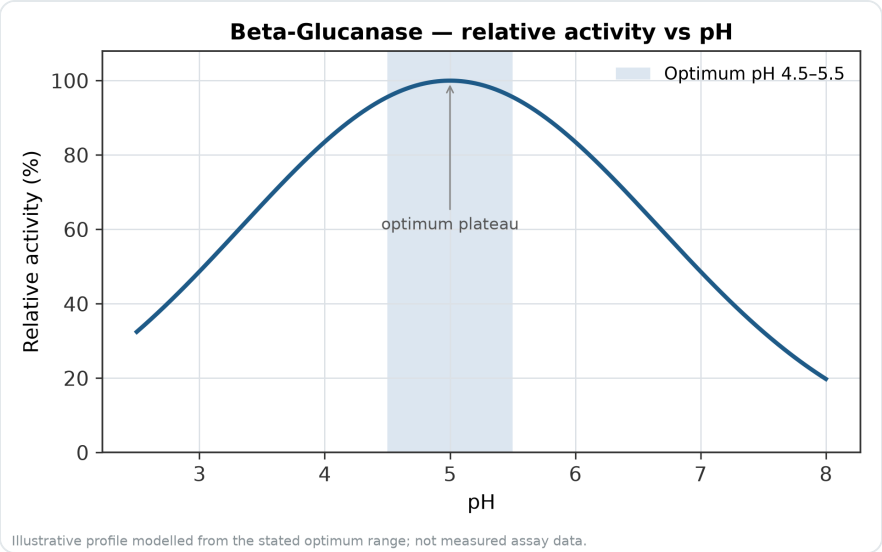

Figure 5. pH에 따른 베타-글루카나아제의 상대 활성으로, pH 4.5~5.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

الاستخلاص النباتي والتحويل الحيوي

في الاستخلاص النباتي، تمثل جدران الخلايا حاجزًا أمام انتقال المركبات إلى الوسط. إذا كانت المصفوفة تحتوي على غلوكانات ترفع اللزوجة أو تعيق تحرير المكونات، يمكن لبيتا-غلوكاناز أن يساعد على فتح جزء من البنية وتقليل مقاومة السائل. لكنه غالبًا لا يعمل وحده؛ فقد تحتاج المصفوفة إلى بكتيناز أو زيلاناز أو سليلولاز أو بروتياز بحسب تركيب الجدار والهدف المستخلص [7].

تظهر إمكانات بيتا-غلوكاناز أيضًا في التحويل الحيوي الدقيق، لا في تقليل اللزوجة فقط. على سبيل المثال، استُخدم **exo-1,3-beta glucanase** في إنتاج مركب طبيعي عالي الحلاوة من خلال تحويل إنزيمي موجه، ما يوضح أن هذه العائلة الإنزيمية يمكن أن تشارك في تصنيع حيوي عالي الانتقائية عندما تكون الركيزة والمسار معروفين جيدًا [12]. هذا النوع من التطبيقات يختلف عن معالجة الحبوب، لكنه يبرز القيمة الأوسع للإنزيمات المتخصصة في روابط بيتا-غلوكان.

كما أن دراسات إنزيمات الغلوكاناز المعدلة أو ذات الخصائص غير التقليدية أظهرت قدرة بعض الأنظمة الإنزيمية على بناء أو تحويل غلوكانات مختلطة الروابط في ظروف مخبرية، ما يؤكد أن العلاقة بين الإنزيم والركيزة ليست مجرد "تكسير" عشوائي، بل تفاعل بنيوي انتقائي يمكن توجيهه تقنيًا [13]. في التطبيقات الصناعية المعتادة، يظل الهدف الأبسط هو خفض اللزوجة وتحسين الترشيح، لكن الخلفية العلمية تساعد في تفسير اختلاف النتائج بين مستحضرات مختلفة.

حدود الأداء: متى لا يكون Beta-Glucanase هو الحل الكامل؟

أول حد واضح هو اختصاص الركيزة. إذا كان بطء الترشيح ناتجًا أساسًا عن بكتين أو بروتينات مترسبة أو نشا غير متحلل أو جسيمات دقيقة، فقد يقدم Beta-Glucanase تحسنًا محدودًا فقط. لا ينبغي استخدامه كبديل عام لكل إنزيمات الجدار الخلوي، لأن عمله المركزي موجه إلى بيتا-غلوكانات معينة، بينما تتطلب بقية المكونات إنزيمات مختلفة.[2]

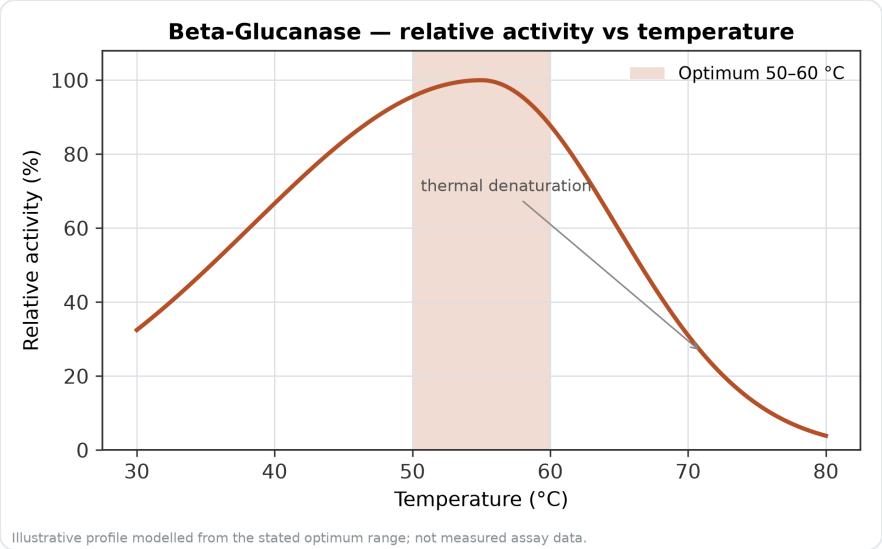

Figure 6. 온도에 따른 베타-글루카나아제의 상대 활성으로, 50~60°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도를 넘으면 열 변성으로 인해 활성이 급격히 감소합니다.

الحد الثاني هو التوازن بين التحلل والوظيفة. في الأغذية الحبوبية، قد تكون البيتا-غلوكانات جزءًا مرغوبًا من القيمة الغذائية أو القوام، لذا فإن خفض وزنها الجزيئي بشكل مفرط قد يغير المنتج النهائي. دراسة تأثير نشاط بيتا-غلوكاناز في منتجات حبوبية مدعمة ببيتا-غلوكان تبرز هذه النقطة لأنها تربط النشاط الإنزيمي بتدهور الوزن الجزيئي، وهو تغير قد يكون مفيدًا أو غير مرغوب حسب هدف المنتج.[1]

الحد الثالث هو اختلاف نمط الإنزيم نفسه. إنزيمات **endo** قد تعطي انخفاضًا سريعًا في اللزوجة لأنها تقطع داخل السلسلة، بينما إنزيمات **exo** قد تكون مناسبة لتحرير أوليغوسكريات أو وحدات طرفية في سياقات محددة. كما أن السلوك الحركي قد يتأثر بتثبيط الركيزة أو مواقع الارتباط الثانوية كما ظهر في دراسة إنزيم exo-beta-1,3-glucanase، لذلك لا يُفترض أن كل زيادة في الركيزة أو زمن المعالجة ستعطي تحسنًا متناسبًا.[4]

السلامة والاستخدام المسؤول في بيئات التصنيع

تاريخيًا، خضعت بعض إنزيمات بيتا-غلوكاناز المنتجة من كائنات صناعية شائعة مثل **Trichoderma reesei** لتقييمات سمية وسلامة منشورة، وهو ما يدعم فهم ملف السلامة ضمن سياقات استخدام محددة.[14] كذلك تناولت هيئات تقييمية إضافات علفية تحتوي على بيتا-غلوكاناز منفردًا أو مع زيلاناز في أنواع حيوانية مختلفة، ما

يدل على أن هذه الإنزيمات معروفة تنظيميًا في تطبيقات الأعلاف، مع بقاء الاستنتاجات مرتبطة بالمنتج والسياق محل التقييم [11].

في مواقع التصنيع، تُدار مستحضرات الإنزيمات باعتبارها مواد بروتينية فعالة قد تسبب تحسسًا عند الاستنشاق أو التعامل غير المنضبط، حتى لو كانت وظيفتها التقنية مفيدة. لذلك تُستخدم وثيقة **SDS** لإرشادات السلامة والتخزين والتعامل، بينما توفر **CoA** معلومات الدفعة ذات الصلة بالتوريد. بالنسبة لمنتج Enzymes.bio، تُرفق هاتان الوثيقتان مع الطلب، والمنتج موجه للاستخدام الصناعي ومعالجة الأغذية وليس للاستهلاك المباشر .

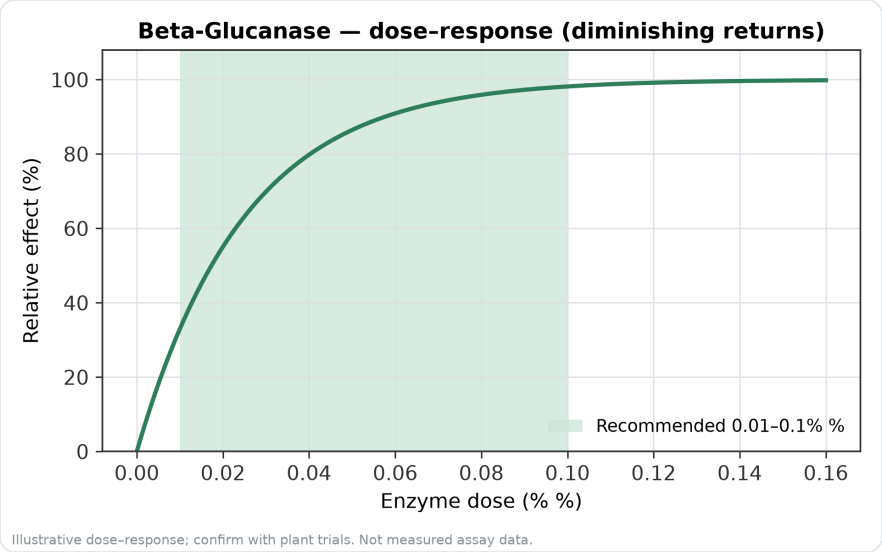

Figure 7. 권장 사용 범위(0.01~0.1%)에서 베타-글루카나아제의 용량-반응 관계를 예시한 그래프입니다.

كيف يندمج Beta-Glucanase ضمن خط العملية؟

أفضل نقطة لإضافة Beta-Glucanase هي المرحلة التي تكون فيها البيتا-غلوكانات مبللة ومتاحة للإنزيم قبل خطوة الفصل أو الترشيح أو الاستخلاص. في هريس الحبوب، يعني ذلك عادةً وجود ماء كافٍ وتلامس جيد بين الإنزيم والمصفوفة. في المستخلصات، يعني ذلك تجنب إضافته بعد أن تكون اللزوجة قد سببت انسدادًا أو صعوبة فصل لا يمكن عكسها بسهولة. وفي الأعلاف، يعتمد الأثر على مرور الإنزيم خلال التصنيع والهضم مع بقاء ركيزته ذات صلة بالعليقة [15].

لا يحتاج المستخدم الصناعي إلى التفكير في Beta-Glucanase كحل منفصل دائمًا؛ كثير من التطبيقات تعمل بمنطق "منظومة إنزيمية". في علائق الحبوب، يظهر اقترانه بالزيلاناز لأن الزيلان والأرابينوكسيلان والبيتا-غلوكان قد تتشارك في رفع لزوجة محتوى الأمعاء أو حجب المغذيات [6]. وفي الاستخلاص النباتي، قد يكون جزءًا من مزيج يستهدف البكتين والسليلوز والهيميسليلوز، بحيث يفتح كل إنزيم جزءًا من المصفوفة بدل أن يُطلب من إنزيم واحد القيام بكل العمل [7].

ومع ذلك، لا ينبغي المبالغة في وصفه. إذا كان الهدف النهائي منتجًا غنيًا ببيتا-غلوكان عالي الوزن الجزيئي، فإن استخدام الإنزيم يجب أن يكون محافظًا أو قد لا يكون مناسبًا أصلًا. أما إذا كان الهدف خفض اللزوجة، تسهيل الترشيح، تحسين الانسيابية، أو تقليل أثر عديدات السكاريد غير النشوية، فهنا يصبح Beta-Glucanase خيارًا تقنيًا منطقيًا ومدعومًا بآلية واضحة [1].

دور Enzymes.bio كمورّد B2B

تقدم Enzymes.bio منتج Beta-Glucanase عبر قناة شراء مباشرة على الإنترنت بوحدة **1 kg**، مع وثائق **CoA** و**SDS** المرفقة مع الطلب. الصياغة الدقيقة هنا مهمة: Enzymes.bio مورّد للإنزيمات وليست جهة مصنّعة أو مختبرًا، ولا ينبغي تقديمها على أنها تطور السلالات أو تجري الاختبارات التحليلية داخليًا. القيمة للعميل تكمن في توافر المنتج للاستخدام الصناعي ومعالجة الأغذية، مع وثائق الدفعة والسلامة اللازمة لدمجه ضمن إجراءات التشغيل الداخلية .

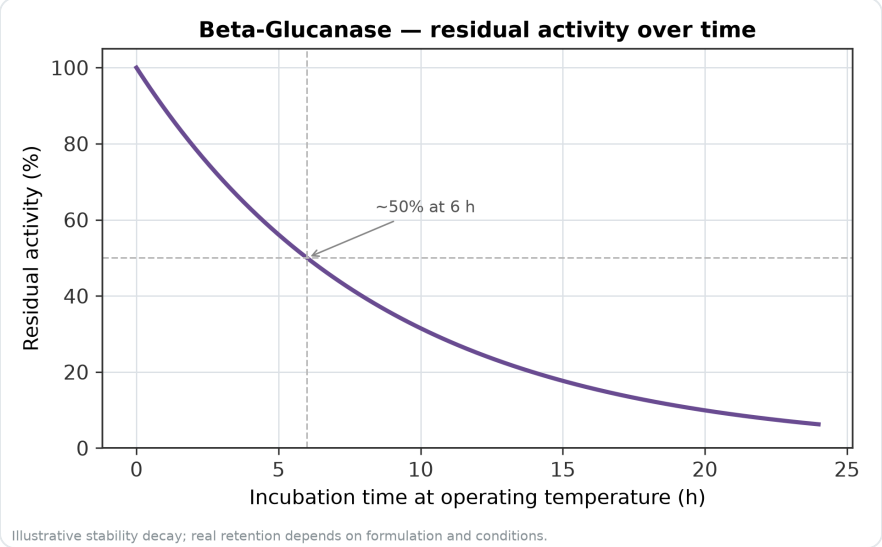

Figure 8. 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 베타-글루카나아제의 열 안정성 저하를 예시한 그래프입니다.

بالنسبة لفرق التطوير والإنتاج، يمكن النظر إلى Beta-Glucanase من Enzymes.bio كأداة لمعالجة مشكلات محددة: لزوجة الهريس، بطء الترشيح، صعوبة تصفية المستخلصات، أو تحسين التعامل مع علائق حبوبية غنية ببيتا-غلوكان. لا يلغي ذلك الحاجة إلى تقييم ملاءمته داخل العملية الفعلية، لكنه يمنح نقطة انطلاق تقنية واضحة مبنية على وظيفة إنزيمية معروفة في الأدبيات [7].

خلاصة تقنية

إنزيم **Beta-Glucanase** يعمل على خفض الوزن الجزيئي للبيتا-غلوكانات، وبذلك يقلل اللزوجة ويدعم الترشيح والانسيابية في الحبوب والتخمير وبعض المستخلصات والأعلاف. قوة الدليل الأعلى تظهر في العلاقة المباشرة بين نشاط الإنزيم وتدهور وزن بيتا-غلوكان الجزيئي، وفي الاستخدامات التنظيمية والعلمية المتكررة ضمن إضافات الأعلاف الحبوبية [1].

أهم ما يجب فهمه هو أن **beta glucanase** ليس "مذيبًا عامًا للألياف"، بل إنزيم متخصص يجب ربطه بنوع الغلوكان والهدف التشغيلي. عندما تكون البيتا-غلوكانات هي السبب في اللزوجة أو بطء الفصل، يكون استخدامه منطقيًا؛ وعندما تكون المشكلة ناتجة عن مكونات أخرى، قد يحتاج إلى إنزيمات مساعدة أو حل مختلف. توفر Enzymes.bio المنتج للشراء المباشر بوحدة 1 kg مع CoA وSDS، بما يناسب الاستخدام الصناعي ومعالجة الأغذية ضمن ضوابط التشغيل الداخلية .

اطلب Beta-Glucanase 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.

اشترِ Beta-Glucanase →

المراجع

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

1. Vatandoust, A. (2012). Beta-Glucanase Activity and its Impact on Beta-Glucan Molecular Weight Degradation in Cereal Products Fortified with Beta-Glucan.
2. Sarkar, N., Mahajan, A., Pathak, S., Seth, P., Chowdhury, A., Ghose, I., Das, S., ... et al. (2025). Beta-Glucans in Biotechnology: A Holistic Review with a Special Focus on Yeast. *Bioengineering*, 12.
3. Javaheri-Kermani, M., & Asoodeh, A. (2019). A novel beta-1,4 glucanase produced by symbiotic Bacillus sp. CF96 isolated from termite (Anacanthotermes).. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131, 752-759 .
4. Genta, F., Dumont, A. F., Marana, S. R., Terra, W., & Ferreira, C. (2007). The interplay of processivity, substrate inhibition and a secondary substrate binding site of an insect exo-beta-1,3-glucanase.. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1774 9, 1079-91 .
5. Chen, Y., Chen, W., Liu, J., Tsai, L., & Cheng, H. (2014). A highly active beta-glucanase from a new strain of rumen fungus Orpinomyces sp.Y102 exhibits cellobiohydrolase and cellotriohydrolase activities.. *Bioresource Technology*, 170, 513-521 .
6. Mézes, M. (2010). Scientific Opinion on the modification of the terms of the authorisation of AveMix® XG 10 (endo-1, 4-beta-xylanase and endo-1, 3(4)-beta-glucanase) as a feed additive for chickens for fattening.. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 8 12, 1919 .
7. Souza Vandenberghe, L. P., Karp, S., Pagnoncelli, M., Rodrigues, C., Medeiros, A., & Soccol, C. (2018). Digestive Enzymes: Industrial Applications in Food Products. *Energy, Environment, and Sustainability*.
8. Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M., Christensen, H., Durjava, M., Dusemund, B., Kouba, M., ... et al. (2024). Efficacy of a feed additive consisting of endo-1,4-beta-xylanase and endo-1,3(4)-beta-glucanase produced

with Talaromyces versatilis IMI 378536 and DSM 26702 (ROVABIO® ADVANCE) for weaned piglets (Adisseo France SAS). *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 22.

9. Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M., Christensen, H., Dusemund, B., Durjava, M. K., Kouba, M., … et al. (2020). Safety and efficacy of Natugrain® TS/TS L (endo-1,4-beta-xylanase and endo-1,4-beta-glucanase) as a feed additive for sows. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 18.

10. Aquilina, G., Azimonti, G., Bampidis, V., Bastos, M., Bories, G., Chesson, A., Cocconcelli, P., … et al. (2016). Safety and efficacy of ROVABIO® SPIKY (endo-1,4-beta-xylanase and endo-1,3(4)-beta-glucanase) as a feed additive for all major and minor poultry species. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 14.

11. Scientific Opinion on the safety of Hostazym® C (endo-1,4-beta-glucanase) as a feed additive for chickens for fattening, all other birds for fattening and piglets (weaned).. *Semantic Scholar* (2015).

12. Wang, H., Xie, H., Zhong, A., & Xie, Q. (2025). Efficient production of the high-intensity natural sweetener siamenoside I by the exo-1,3-beta glucanase (Exo15) from Meyerozyma guilliermondii LHGNSJ-VS01. *3 Biotech*, 15.

13. Faijes, M., Imai, T., Bulone, V., & Planas, A. (2004). In vitro synthesis of a crystalline (1–>3,1–>4)-beta-D-glucan by a mutated (1–>3,1–>4)-beta-D-glucanase from Bacillus.. *Biochemical Journal*, 380 Pt 3, 635-41.

14. Coenen, T., Schoenmakers, A., & Verhagen, H. (1995). Safety evaluation of beta-glucanase derived from Trichoderma reesei: summary of toxicological data.. *Food and Chemical Toxicology*, 33 10, 859-66.

15. Diana, B. (2023). Current Trends with Enzymes Applications in Industrial Broilers Production. *Asian Journal of Dairy and Food Research*.

تواصل مع Enzymes.bio

هل لديك أسئلة حول طلب؟ يسرّ فريقنا مساعدتك.

البريد الإلكتروني **wholesale@enzymes.bio** الهاتف (الولايات المتحدة) **+1 (507) 428-6057**

تواصل معنا →

+400 عملاء B2B **+60** شركاء بحثيون جامعيون **54** نخدم العملاء حول العالم

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