

Neutral Protease Bacillus subtilis لمعالجة الدقيق: بروتياز متعادل لتحسين قابلية تشغيل العجين وتحلل بروتينات القمح

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

Neutral Protease Bacillus subtilis لمعالجة الدقيق هو بروتياز متعادل موجّه لتعديل بروتينات القمح والعجين عبر قطع روابط ببتيدية داخل السلاسل البروتينية، لا عبر تكسير الأحماض النووية. في تطبيقات الدقيق، تكمن قيمته في إضعاف محسوب لشبكة البروتين عندما تكون مقاومة الخلط أو الفرد أو التشكيل أعلى من المطلوب، مع ضرورة ضبط أثره حسب تركيبة الدقيق والعملية. تعرض Enzymes.bio المنتج ضمن فئة البروتياز المتعادل، ويُباع مباشرة عبر الإنترنت بوحدة 1 كجم، وتُرفق مع الطلب وثائق CoA و SDS.

تعريف المنتج وسياقه في معالجة الدقيق

Neutral Protease Bacillus subtilis هو تحضير إنزيمي من فئة البروتيازات المتعادلة، أي الإنزيمات التي تقطع الروابط الببتيدية في البروتينات بكفاءة عملية في أوساط قريبة من التعادل مقارنة بالبروتيازات الحمضية أو القلوية. في الدقيق، لا يكون الهدف عادةً "هضم" البروتين بالكامل، بل إجراء تحليل جزئي مضبوط يغيّر سلوك الغلوتين وبروتينات القمح الأخرى بما يناسب منتجًا نهائيًا محددًا مثل البسكويت، الكراكر، العجائن الرقيقة، أو بعض تطبيقات البثق والتشكيل.

تسمية "Flour-Specific Endonuclease" قد تسبب لبسًا إذا فُرئت حرفيًا؛ فكلمة endonuclease في علم الأحياء الجزيئي تشير غالبًا إلى إنزيمات تقطع DNA أو RNA من الداخل، وهو مجال مختلف عن البروتيازات. لذلك، عند ربط الاسم بفئة Neutral Protease، يكون التفسير التقني الأدق أنه إنزيم **داخلي القطع للبروتينات**؛ أي endopeptidase يهاجم روابط ببتيدية داخل السلسلة البروتينية، وليس نوكليازًا موجّهًا للأحماض النووية. التمييز مهم لأن مجال الإندونوكليازات الحديثة يرتبط عادةً بتسلسلات نووية قابلة للبرمجة أو تحرير جيني، وهي آلية مختلفة تمامًا عن التحلل البروتيني في الدقيق^[1].

في هذا السياق مؤرّد تجاري للمنتج وليس جهة تصنيع أو مختبر تطوير. لذلك ينبغي قراءة المعلومات الفنية بوصفها شرحًا تطبيقيًا لآلية الإنزيم وفئة استخدامه، لا كدعاء بنتائج تصنيع خاصة أو أداء ثابت في كل وصفة. يباع المنتج مباشرة عبر الإنترنت بوحدة 1 كجم، وتُرفق مع الطلب شهادة التحليل CoA ونشرة بيانات السلامة SDS لدعم التوثيق والاستخدام المسؤول داخل بيئات الإنتاج الغذائي أو التطوير التطبيقي.

لماذا يُستخدم البروتياز المتعادل في الدقيق؟

تعمل بروتينات القمح، وخصوصًا مكونات الغلوتين، على تكوين شبكة مرنة تمنح العجين مقاومة وتمددًا واحتفاظًا بالغاز حسب نوع المنتج. في الخبز المرتفع، قد تكون شبكة قوية ومرنة مرغوبة؛ أما في البسكويت والكرakers وبعض العجائن المسطحة فقد تكون المقاومة العالية عائقًا لأنها تزيد انكماش العجين بعد الفرد، وترفع الطاقة اللازمة للتشكيل، وتؤثر في انتظام السماكة. هنا يظهر دور البروتياز المتعادل: تعديل جزئي لبنية البروتين لتقليل المقاومة دون الوصول إلى انهيار كامل في القوام [2].

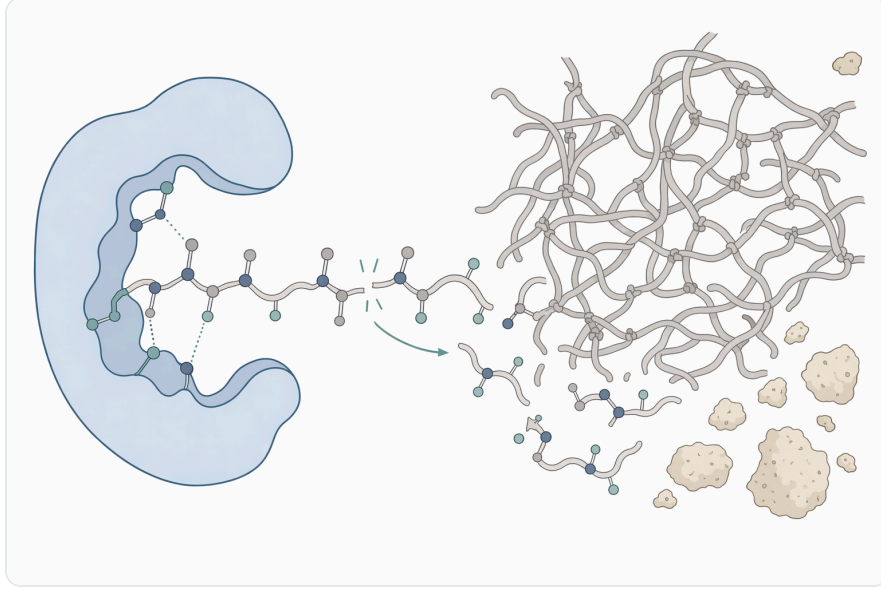


Figure 1. 바실러스 서브틸리스(Bacillus subtilis) 유래 중성 프로테아제는 글루텐 단백질의 펩타이드 결합을 가수분해하여 반죽의 탄성을 낮추고 취급성을 향상시킵니다

من الناحية العملية، يمكن أن يساعد البروتياز المتعادل في تقليل "شدّ" العجين عندما يكون الدقيق أقوى من المطلوب أو عندما تتطلب الوصفة فردًا رقيقًا وسلوكًا أكثر استرخاءً. هذا الأثر لا ينتج من إضافة مادة مزقة أو من تخفيف ميكانيكي فقط، بل من تغيير كيميائي حيوي في أطوال السلاسل البروتينية ونقاط التشابك بينها. كلما زاد القطع البروتيني، تقل قدرة البروتين على بناء شبكة مستمرة، لكن الزيادة المفرطة قد تنتج عجينة لزجة أو ضعيفة أو صعب النقل، ولهذا تكون الفائدة مرتبطة بالتحكم لا بالمبالغة [3].

تفاوت جودة الدقيق بين الدفعات سبب آخر لاستخدام الإنزيمات في "تصحيح الدقيق". اختلاف صنف القمح، موسم الحصاد، ظروف التخزين، درجة الاستخلاص، ومحتوى البروتين يغيّر السلوك الريولوجي للعجين. الإنزيمات لا تلغي هذه الفروقات، لكنها قد تمنح المصنع أداة لتقريب السلوك العملي من نطاق مستهدف، خصوصًا عندما تكون المشكلة مرتبطة بارتفاع مقاومة الشبكة البروتينية أو ببطء استرخاء العجين أثناء الراحة والتشكيل [2].

آلية العمل: قطع داخلي للروابط الببتيدية لا تفكيك كامل للبروتين

البروتياز المتعادل يعمل على الروابط الببتيدية التي تربط الأحماض الأمينية داخل البروتين. عندما يتلامس الإنزيم مع بروتينات القمح في وسط يحتوي ماءً كافيًا للحركة الجزيئية، يرتبط بمناطق قابلة للوصول في السلسلة البروتينية، ثم يحقّز كسر رابطة ببتيدية محددة أو مجموعة روابط ضمن نمط انتقائي يعتمد على بنية موقعه النشط. النتيجة هي تقصير السلاسل الطويلة إلى ببتيدات أكبر أو أصغر، وليس تحويلًا فوريًا كاملًا إلى أحماض أمينية حرة [3].

مصطلح "بروتياز متعادل" لا يعني أن الإنزيم يعمل فقط عند نقطة حموضة واحدة، بل يعني أن نشاطه العملي يتمحور حول بيئات أقل تطرفًا من البروتيازات الحمضية أو القلوية. الأدبيات توضح أن سلوك البروتيازات مع الحموضة خاص بكل إنزيم وبنية وبالمصنوفة المحيطة؛ فحتى البروتيازات المصنفة حمضية يمكن أن يتغير نشاطها قرب التعادل بوجود ببتيدات أو عوامل محيطة، ما يؤكد أن تصنيف pH إطار عام وليس ضمانًا منفردًا للأداء [4].

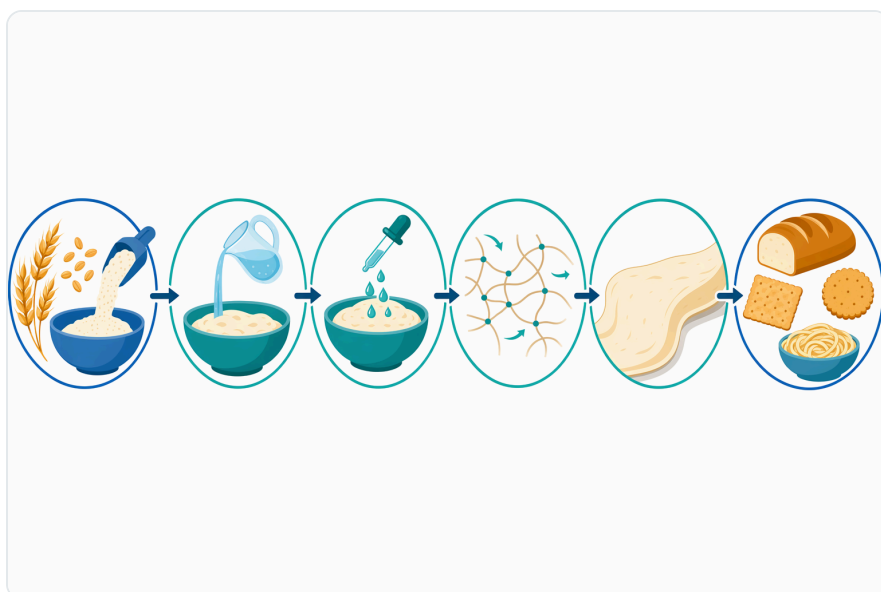


Figure 2. 제분·밀가루 가공 공정에서는 베이킹이나 성형 전에 글루텐 강도를 조절하기 위해 혼합 단계에서 중성 프로테아제를 첨가합니다

في العجين، الأثر الميكانيكي لهذا القطع يظهر لأن بروتينات الغلوتين ليست مجرد مادة غذائية خاملة؛ إنها شبكة فيزيائية-كيميائية تتفاعل مع الماء، الخلط، الأملاح، الدهون، السكريات، والوقت. عندما تقصر بعض السلاسل أو تضعف مناطق اتصالها، تقل مقاومة الشبكة للشد وقد يزيد الاسترخاء. لكن إذا تجاوز التحلل الحد المناسب للمنتج، تتراجع قدرة العجين على الاحتفاظ بالبنية أثناء النقل أو الخبز، وقد تظهر لزوجة أو تفتت أو فقدان للارتفاع حسب التطبيق.

لماذا Bacillus subtilis مصدر مهم للبروتيازات؟

تُعد بكتيريا Bacillus عمومًا من أهم مصادر الإنزيمات الصناعية بسبب قدرتها على إفراز بروتينات خارج الخلية وإنتاج طيف واسع من البروتيازات. دراسات على Bacillus subtilis أظهرت وجود بروتيازات ذات أنشطة وظيفية مختلفة، بما في ذلك بروتيازات ذات اهتمام تطبيقي مثل البروتيازات الحالّة للفيبرين، ما يدعم فكرة أن هذا الجنس البكتيري منصة معروفة للإنزيمات البروتينية خارج الخلية [5].

تنظيم إنتاج البروتياز في Bacillus ليس عشوائيًا؛ فهو مرتبط بشبكات استشعار وتنظيم خلوية. نظام DegS/DegU، مثلًا، معروف بدوره في ضبط أنماط التعبير المرتبطة بالحركة والتمايز في Bacillus subtilis، كما أظهرت دراسات أحدث في Bacillus licheniformis أن أنظمة قريبة من DegS/DegU تشارك في تنظيم التخليق الحيوي للبروتيازات القلوية. هذا لا يعني أن كل منتج تجاري يعتمد الآلية نفسها، لكنه يوضح أن إنتاج البروتياز في Bacillus يخضع لتنظيم جزيئي معقد وليس مجرد إفراز عرضي [6] [7].

الدليل على أهمية البروتيازات الميكروبية لا يقتصر على Bacillus. إنتاج البروتيازات باستخدام مواد زراعية وصناعية منخفضة القيمة، مثل نخالة القمح وغيرها، ورد في دراسات عن كائنات دقيقة مختلفة، ما يعكس القيمة الصناعية العامة لهذه الإنزيمات في تحويل المواد البروتينية أو تحسين خصائصها. وجود نخالة القمح في سياقات إنتاج البروتياز لا يعني أن الإنزيم مخصص تلقائيًا للدقيق، لكنه يؤكد ارتباط البروتيازات بسلاسل القيمة الزراعية والغذائية [8].

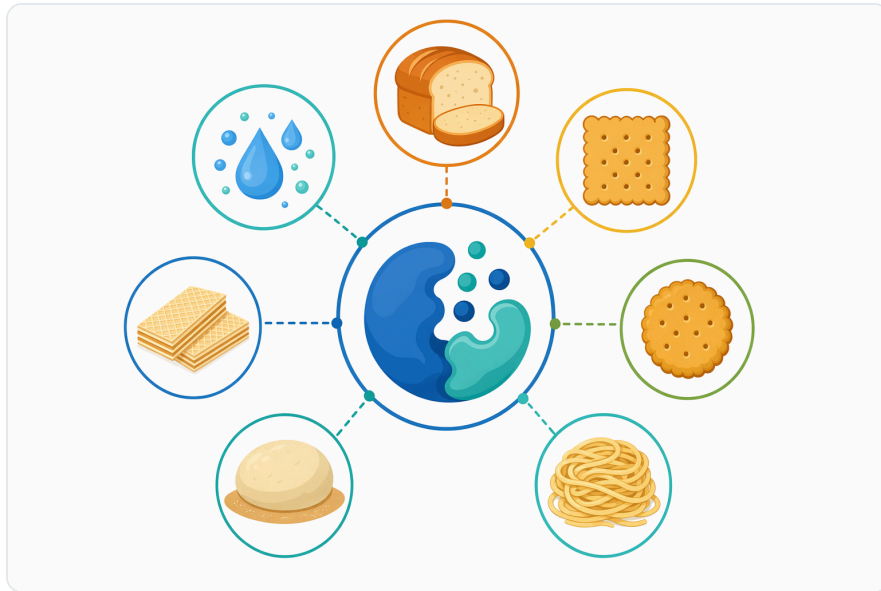


Figure 3. 중성 프로테아제는 제빵 및 곡물 가공에서 반죽의 신장성, 식감, 기계 가공성을 조절하는 데 사용됩니다

البروتياز المتعادل في مقابل إنزيمات الدقيق الأخرى

تطبيقات الدقيق تستخدم عائلات إنزيمية متعددة، ولكل عائلة هدف مختلف. الأميلازات تستهدف النشا، الزيلازات والبننوزانازات تؤثر في مكونات الجدران الخلوية والألياف القابلة للذوبان، الليباز أو الليبوكسيجيناز يؤثران في الدهون أو تفاعلاتها، بينما البروتياز يستهدف البروتين. لذلك لا يصح تقييم البروتياز كما لو أنه محسن حجم فقط أو عامل تبيض أو إنزيم سكريات؛ أثره المركزي هو تعديل الشبكة البروتينية ومخرجاتها الريولوجية [2].

العائلة الإنزيمية في معالجة الدقيق	الركيزة الأساسية	الأثر العملي الشائع	متى يكون البروتياز المتعادل أكثر صلة؟
البروتياز المتعادل	بروتينات القمح والغلوتين	تقليل مقاومة العجين، تحسين الاسترخاء، دعم التحلل البروتيني الجزئي	عندما تكون المشكلة مرتبطة بقوة البروتين أو صعوبة الفرد والتشكيل
الأميلاز	النشا وسلاسل الدكسترين	توفير سكريات قابلة للتخمير أو تعديل اللزوجة المرتبطة بالنشا	ليس بديلاً للبروتياز إذا كانت المشكلة بروتينية
الزيلاز/البننوزاناز	أرابينوكسيلانات وألياف الدقيق	تعديل امتصاص الماء واللزوجة وتوزيع الرطوبة	قد يكمل البروتياز عندما تتداخل الألياف والبروتين في القوام
الليباز/إنزيمات الدهون	الدهون ومركباتها	تعديل التفاعل بين الدهون والبروتين والنشا	قد يؤثر في البنية، لكنه لا يقطع الروابط الببتيدية
الجلوكوز أوكسيداز ونظائرها	ركائز أكسدة محددة	تقوية أو تعديل البنية عبر تفاعلات أكسدة	قد يعطي اتجاهًا معاكسًا للبروتياز إذا كان الهدف إرخاء العجين

هذا الجدول يوضح أن البروتياز المتعادل ليس "محسن دقيق" عام بالمعنى الواسع، بل أداة دقيقة عندما يكون مركز المشكلة هو البروتين. في بعض الصفات، قد يُستخدم ضمن نظام إنزيمي متعدد، لكن جمعه مع إنزيمات أخرى يجب أن يفهم من زاوية التوازن: إنزيمات قد تُضعف الشبكة، وأخرى قد تزيد تماسكها أو تغير توفر الماء. لذلك، الحكم على الأداء لا يكون من اسم الإنزيم وحده، بل من تفاعله مع الدقيق والوصفة والمرحلة الحرارية [2].

التطبيقات الغذائية القريبة: من العجين إلى البروتينات النباتية

إلى جانب معالجة الدقيق، تُستخدم البروتيازات المتعادلة في تحلل بروتينات نباتية مثل الصويا والبازلاء والقمح لإنتاج ببتيدات ذات أحجام أصغر وخصائص ذوبانية أو وظيفية مختلفة. دراسة حديثة على بروتين الصويا أظهرت أن استخدام بروتياز متعادل مع Alcalase يمكن أن يغير نمط إطلاق الببتيدات ويعزز توليد ببتيدات ذات نشاط مضاد للأكسدة، ما يوضح كيف يؤدي اختيار نوع البروتياز إلى "بصمة ببتيدية" مختلفة وليس مجرد درجة تحلل عامة [9].

في مكونات القمح، يمكن أن يكون التحلل الجزئي مفيدًا عند تصنيع مستخلصات أو قواعد نكهة أو مواد بروتينية تحتاج إلى ذوبان أعلى أو لزوجة أقل. البروتينات الكبيرة تميل إلى تكوين تجمعات أو شبكات أو عكارة حسب الوسط، بينما الببتيدات الأصغر قد تكون أسهل توزيعًا في الماء أو أقل تسببًا في الانسداد والترسيب. لكن هذا التحسن المحتمل يأتي مع تغيرات حسية ووظيفية يجب الانتباه إليها، لأن بعض الببتيدات قد تؤثر في المرارة أو اللون أو تفاعلها مع السكريات أثناء التسخين [9].

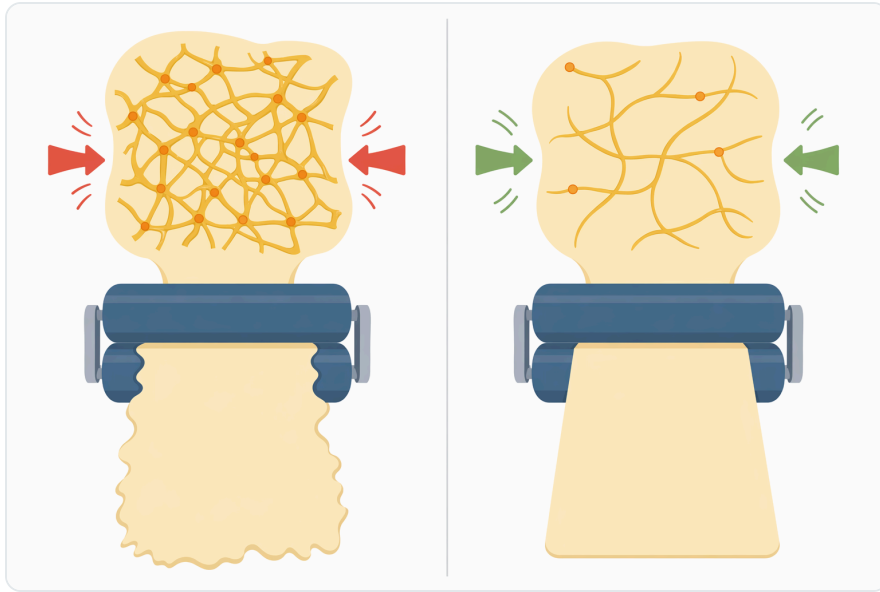


Figure 4. 기계적 또는 화학적 반죽 연화 방법과 비교할 때, 프로테아제 처리는 온화한 공정 조건에서 글루텐을 보다 선택적으로 이완시킬 수 있습니다

في التخمير الغذائي، توفر الببتيدات والأحماض الأمينية مصدر نيتروجين قابلاً للاستخدام للكائنات الدقيقة. لذلك قد يدعم التحلل البروتيني نمو الخمائر أو البكتيريا النافعة في بعض الأنظمة، لكنه ليس عاملاً منفصلاً عن الحموضة والملح والحرارة وتركيبية الوسط. دراسات على التحلل الإنزيمي لكتلة حيوية مثل *Chlorella vulgaris* قبل التخمير الضوئي للهيدروجين أظهرت أن التحلل الإنزيمي والحموضة الابتدائية يغيران مخرجات التخمير، ما يدعم الفكرة العامة بأن المعالجة البروتينية المسبقة يمكن أن تؤثر في العمليات اللاحقة [10].

ما الذي يمكن توقعه في العجين؟

الأثر الأول المتوقع من استخدام بروتياز متعادل مناسب في دقيق قوي هو انخفاض مقاومة العجين للخلط أو الفرد. ميكانيكيًا، يحدث ذلك لأن الشبكة البروتينية تفقد جزءًا من طولها الفعال ونقاط ترابطها، فيصبح العجين أكثر قابلية للتمدد وأسرع استرخاءً. في منتجات تحتاج إلى صفائح متجانسة، قد يساعد ذلك في تقليل الارتداد بعد الفرد وتحسين انتظام السماكة، بشرط ألا يتحول الاسترخاء إلى فقدان كامل للتماسك.

الأثر الثاني هو تغير تحمل العجين للوقت. البروتياز إنزيم يستمر في العمل ما دام محتفظًا بنشاطه ويجد ركيزة وماءً وبيئة مناسبة. لذلك، عجين يُترك للراحة فترة أطول قد يظهر تحللًا أكبر من عجين يُشكّل سريعًا، حتى لو كانت الإضافة نفسها. هذه الخاصية مفيدة إذا استُخدمت بقصد، لكنها قد تصبح مصدر تذبذب إذا تغيرت أزمدة الانتظار بين الخلط والتشكيل أو تغيرت درجة حرارة العجين أثناء التشغيل [3].

الأثر الثالث يظهر في الخبز أو التسخين؛ فالمرحلة الحرارية لا تعكس فقط نشاط الإنزيم، بل تُثبت البنية المتبقية عبر تخثر البروتين وتجلتن النشا وفقدان الماء. إذا كان التحلل قبل التسخين متوازنًا، قد ينتج قوام أكثر هشاشة أو فردًا أفضل في بعض المنتجات. أما إذا كان التحلل زائدًا، فقد يظهر انبساط مفرط أو فقدان بنية أو سطح غير منتظم. لهذا السبب، تقييم البروتياز في الدقيق يجب أن يربط بين مرحلة الخلط، الراحة، التشكيل، والتسخين لا أن يعزل خطوة واحدة.

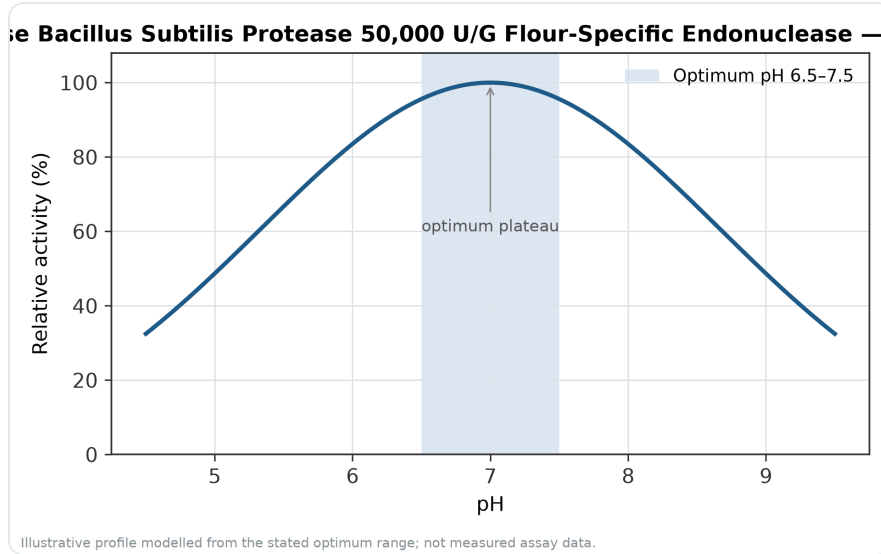


Figure 5. pH에 따른 Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 50,000 U/G 밀가루 전용 엔도뉴클레아제의 상대 활성으로, pH 6.5-7.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다

العوامل التي تتحكم في الأداء داخل الوصفة

الرطوبة عامل حاسم لأن الإنزيم يحتاج إلى حركة جزيئية وانتشار للوصول إلى البروتين. في عجين منخفض الرطوبة، قد يكون توزيع الإنزيم غير متجانس، فينشأ تحلل موضعي بدل تأثير متوازن. كما أن وجود الدهون قد يغيّر وصول الماء إلى البروتين، والسكريات قد تنافس على الماء، والملح قد يؤثر في بنية الغلوتين وفي نشاط بعض البروتينات. لذلك، لا تتصرف الوصفات الغنية بالسكر أو الدهون مثل عجائن الخبز البسيطة.

الحموضة تؤثر أيضًا في النشاط والثبات. البروتياز المتعادل يكون منطقيًا في أنظمة قريبة من التعادل أو ليست شديدة الحموضة، لكن كل تحضير إنزيمي له نطاق عملي خاص. الأدبيات المتعلقة بالبروتيازات تشير إلى أن النشاط عند pH معين قد يتغير بسبب البيبتيدات أو المكونات المحيطة، كما في حالات تعديل نشاط بروتيازات معينة قرب التعادل. هذا يعني أن قراءة اسم "متعادل" وحدها لا تكفي لتوقع الأداء في وصفات تحتوي أحماضًا عضوية أو مكونات مخمرة^[4].

الحرارة تؤثر بطريقتين: ترفع معدل التفاعل ضمن نطاق يحتفظ فيه الإنزيم بنيته، ثم تؤدي لاحقًا إلى فقد النشاط عند انكشاف البنية البروتينية. لكن لا يجوز افتراض ثبات موحد لجميع البروتيازات المتعادلة؛ فدراسة على بروتياز متعادل من *Bacillus cereus* أوضحت أن خصائص مثل الكتلة الجزيئية، التأثير بالمثبطات، ونمط النشاط تختلف

حسب الإنزيم والسلالة. لذلك تُفهم الثباتية باعتبارها صفة للتحضير المحدد والوسط، لا صفة عامة لكل بروتياز متعادل [11].

زمن التلامس ربما يكون أكثر عامل يُساء تقديره. كمية صغيرة من الإنزيم قد تعطي أثرًا كبيرًا إذا امتد الزمن قبل التعطيل، بينما كمية أكبر قد لا تظهر الأثر نفسه إذا كانت الرطوبة أو الوصول إلى البروتين محدودًا. ولذلك لا يمكن فصل الإنزيم عن إيقاع الخط الإنتاجي: زمن الخلط، زمن الراحة، سرعة الفرد، الانتظار قبل الخبز، ودرجة التسخين كلها تحدد النتيجة النهائية.

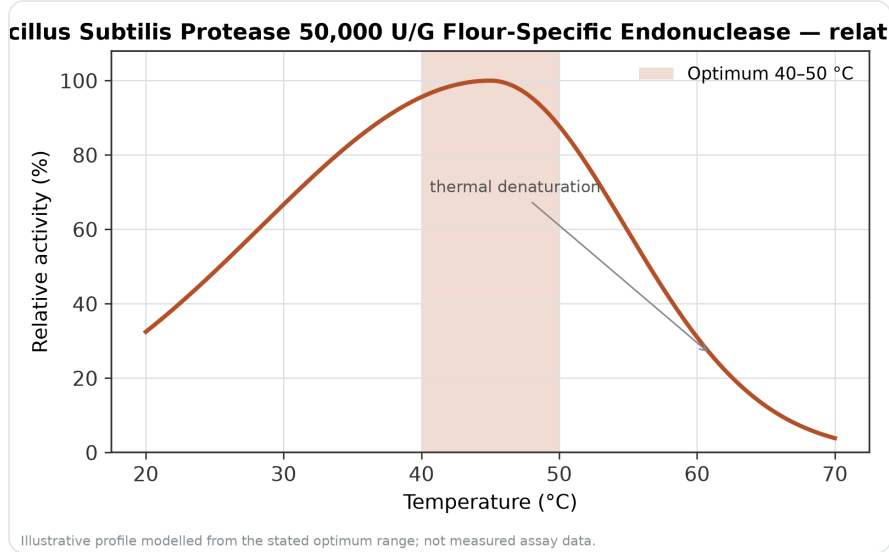


Figure 6. 온도에 따른 Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 50,000 U/G 밀가루 전용 엔도뉴클레아제의 상대 활성으로, 40–50°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 특징적인 활성 감소가 나타납니다

حدود الادعاء: ما المدعوم علميًا وما يحتاج تحققًا تطبيقيًا؟

الدليل العلمي قوي على أن البروتيازات تقطع الروابط الببتيدية وأن Bacillus مصدر مهم لبروتيازات خارج خلوية قابلة للتطبيق. كذلك تدعم دراسات على بروتيازات متعادلة من مصادر مختلفة أن هذه العائلة تمتلك خصائص محفزة حقيقية يمكن توصيفها وربطها بالبنية والوسط. لكن قوة الدليل العام لا تعني أن كل منتج تجاري يعطي النتيجة نفسها في كل دقيق أو كل وصفة [11].

الدليل التطبيقي الخاص بالدقيق أكثر ارتباطًا بمفهوم "تصحيح الدقيق" والضبط الصناعي منه بتجربة منشورة واحدة على كل منتج. المصادر الصناعية المفتوحة حول معالجة الدقيق تذكر استخدام الإنزيمات لضبط خصائص الدقيق، والبروتيازات ضمن الأدوات التي تستهدف البروتين. لكن النتيجة النهائية في بسكويت معين أو كراكر معين أو عجين صفائحي معين تعتمد على بروتين الدقيق، الامتصاص، السكر، الدهون، الملح، الخلط، ومرحلة التعطيل الحراري [2].

هناك أيضًا حد لغوي مهم: وصف "Flour-Specific Endonuclease" لا ينبغي أن يُستخدم لإيهام المستخدم بأنه إنزيم نوكلياز أو أداة جينية. الإندونوكليازات الحقيقية في الأدبيات الحديثة ترتبط بتصميم تسلسلات تقطع أحماضًا نووية ضمن سياقات حيوية وجزئية مختلفة، بينما هذا المنتج موضوعه بروتياز متعادل في الدقيق. لذلك، الصياغة الأكثر أمانًا فنيًا هي وصفه بأنه بروتياز داخلي القلع للبروتينات في مصفوفات الدقيق [1].

السلامة والتوثيق والاستخدام المسؤل

البروتيازات، مثل كثير من الإنزيمات الصناعية، بروتينات نشطة يمكن أن تسبب تهيجًا أو حساسية عند سوء التعامل مع الغبار أو الرذاذ أو التلامس غير المحمي. لذلك تُعد SDS وثيقة مهمة لأنها توضح إرشادات المناولة والتخزين والسلامة المهنية حسب الدفعة والصياغة. كما تساعد CoA في توثيق خصائص الدفعة تجاريًا دون أن تعني بالضرورة أن المورد هو المصنع أو المختبر الذي أجرى كل عمليات التطوير.

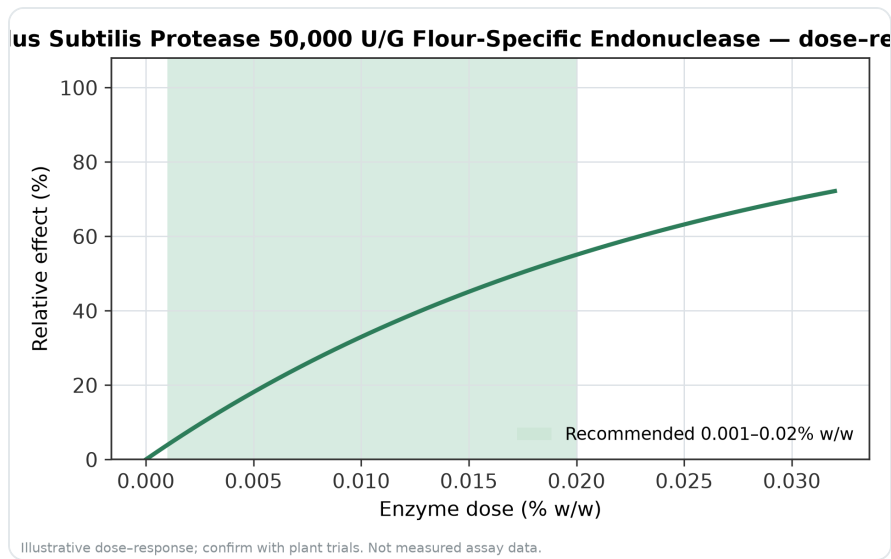


Figure 7. 권장 사용 범위(0.001-0.02% w/w)에서 Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 50,000 U/G 밀가루 전용 엔도뉴클레아제의 용량-반응 관계를 예시한 그래프입니다.

في بيئات الأعذية، يجب دمج استخدام البروتياز ضمن نظام الجودة الداخلي للمصنع، خصوصًا إذا كان المنتج النهائي يعتمد على ثبات القوام أو المطابقة الحسية. الإنزيم نفسه لا يعوض ضعف ضبط الخلط أو التفاوت الكبير في الدقيق، لكنه قد يكون أداة فعالة عندما تُفهم نقطة تدخله بدقة. التعامل المسؤل يعني مراقبة النتيجة الوظيفية في العجين والمنتج النهائي، وليس الاكتفاء باسم الإنزيم أو فئته.

من المهم أيضًا عدم الخلط بين نشاط الإنزيم في الظروف المثالية وبين أدائه داخل العجين. العجين نظام كثيف ومعقد، وليس محلولًا مخبريًا بسيطًا؛ البروتينات فيه مرتبطة بالنشا والألياف والدهون والماء والهواء، وبعض مواقع القلع قد لا تكون متاحة للإنزيم. لذلك قد تختلف الاستجابة بين دقيق وآخر حتى لو بدا محتوى البروتين متقاربًا، لأن نوعية البروتين وتوزيعه وبنية الجسيمات تؤثر في سهولة الوصول.

موقع المنتج ضمن عرض Enzymes.bio

تعرض Enzymes.bio فئة Neutral Protease كتطبيقات مرتبطة بالتحلل البروتيني في الأغذية والعمليات الصناعية، ويقع منتج Bacillus subtilis لمعالجة الدقيق ضمن هذا المنطق: تعديل البروتين لا تعديل النشا أو الألياف. دور Enzymes.bio هنا هو الإتاحة التجارية والبيع المباشر عبر الإنترنت بوحدة 1 كجم، مع إرفاق CoA و SDS مع الطلب، وليس تقديم نفسها كجهة تصنيع أو مختبر تحقق تطبيقي .

بالنسبة للعميل الصناعي، القيمة العملية للمنتج تكمن في كونه أداة إنزيمية محددة الهدف داخل نظام معالجة الدقيق. إذا كان العجين قويًا جدًا أو يحتاج إلى استرخاء أسرع أو يسبب ارتدادًا بعد الفرد، فقد يكون البروتياز المتعادل مناسبًا للاستكشاف التطبيقي داخل العملية. وإذا كانت المشكلة مرتبطة بالنشا أو امتصاص الماء أو ضعف البنية بدل قوتها، فقد لا يكون البروتياز هو نقطة التدخل الأولى.

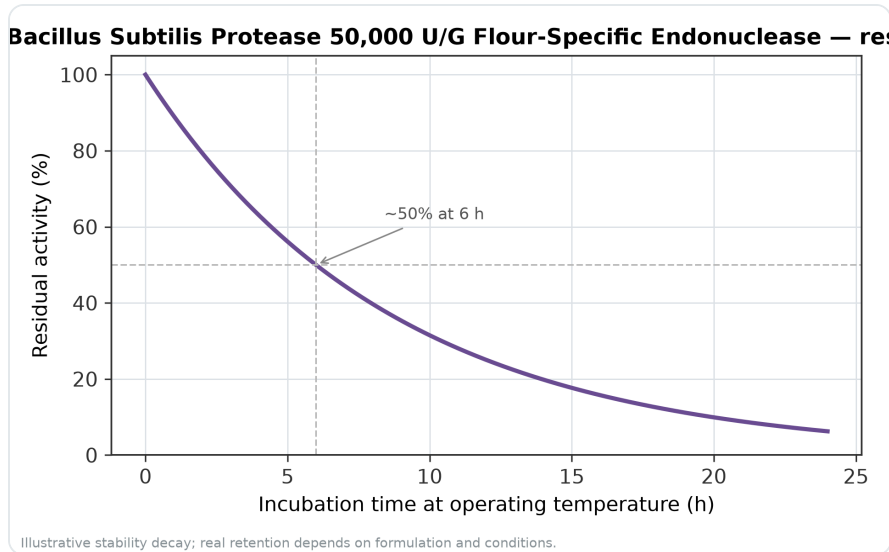


Figure 8. Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 50,000 U/G 밀가루 전용 엔도뉴클레아제의 열 안정성 감소를 예시한 그래프로, 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 모습을 보여줍니다

خلاصة تقنية

Neutral Protease Bacillus subtilis لمعالجة الدقيق هو بروتياز متعادل يستهدف الروابط الببتيدية في بروتينات القمح، ويُستخدم عندما يكون المطلوب تعديلًا محسوبًا في قوة العجين أو قابليته للفرد والتشكيل. قوته لا تأتي من "تفكيك" البروتين بلا حدود، بل من تحلل جزئي مضبوط يغيّر الشبكة البروتينية بقدر يخدم المنتج النهائي.

الأدلة العلمية تدعم بوضوح وظيفة البروتيازات في قطع البروتينات، وتدعم أهمية Bacillus كمصدر لإنزيمات بروتينية خارج خلوية، كما توضح دراسات البروتيازات المتعادلة أن خصائص النشاط والثبات تعتمد على البنية والوسط. أما الأداء الدقيق داخل وصفة قمع معينة، فيظل مرتبطًا بالدقيق والرطوبة والحموضة والملح والدهون والزمن والمرحلة الحرارية [11].

وعند قراءة الاسم التجاري، ينبغي تفسير "Flour-Specific Endonuclease" في إطار فئة البروتياز المتعادل: إنزيم داخلي القطع للبروتينات في مصفوفة الدقيق، لا نوكليازًا للأحماض النووية. بهذا الفهم، يصبح المنتج أداة عملية ضمن تقنيات تصحيح الدقيق ومعالجة العجين، مع توثيق CoA و SDS المرفقين مع الطلب عبر Enzymes.bio .

اطلب Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 50,000 U/G Flour-Specific Endonuclease 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 Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 50,000 U/G Flour-Specific Endonuclease →

المراجع

- مرقمة حسب ترتيب أول اقتباس. مصادر مفتوحة الوصول، تم التحقق من إتاحتها عند النشر؛ وترتبط أرقام الاستشهاد في النص هنا.
1. Zhou, B., Zheng, L., Wu, B., Yi, K., Zhong, B., Tan, Y., Liu, Q., ... et al. (2024). A conditional protein diffusion model generates artificial programmable endonuclease sequences with enhanced activity. *bioRxiv*, 10
 2. Flour Correction. *Qes-enzymesolutions*
 3. Smejkal, G., & Kakumanu, S. (2019). Enzymes and their turnover numbers. *Expert Review of Proteomics*, 16, 543 - 544
 4. Komatsu, M., Biyani, M., Gautam, S. G., & Nishigaki, K. (2012). Peptide-Modulated Activity Enhancement of Acidic Protease Cathepsin E at Neutral pH. *International Journal of Peptides*, 2012
 5. Sompalli, B., & Malaviya, A. (2024). Purification and evaluating in vitro activity of a fibrinolytic protease produced by a mangrove isolate Bacillus subtilis AIBL_AMSB2_M7E32. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*
 6. Amati, G., Bisicchia, P., & Galizzi, A. (2004). DegU-P Represses Expression of the Motility fla-che Operon in Bacillus subtilis. *Journal of Bacteriology*, 186, 6003 - 6014
 7. Zhou, C., Kong, Y., Zhang, N., Zhang, X., Qin, W., Zhang, L., Zhang, H., ... et al. (2025). Transcriptomic analysis of Bacillus licheniformis 2709 reveals the molecular mechanism of alkaline protease biosynthesis regulated by the DegS/DegU two-component system. *International Journal of Biological Macromolecules*, 140868
 8. Boughachiche, F., Rachedi, K., Zerizer, H., Duran, R., Karama, S., Biaci, M., Aknouche, Z., ... et al. (2021). Production of Protease on Wheat Bran by a Newly Isolated Streptomyces SP. Under Solid State Fermentation. *Journal of Bio-Science*
 9. Cai, S., Fan, L., Liu, D., Wei, C., Yang, N., Fu, X., Tang, R., ... et al. (2025). A peptidomics-based investigation of the synergistic effects of neutral and Alcalase proteases on release of antioxidant peptides from soybean

. protein isolates. *Food Chemistry*, 496 Pt 1, 146696

Liu, H., Ru, G., Zhang, Z., Li, Y., Xia, C., Lu, C., & Zhang, Q. (2021). Experimental study on optimization of initial pH for photo-fermentation bio-hydrogen under different enzymatic hydrolysis of chlorella vulgaris. *Bioresource Technology*, 338, 125571

Sierecka, J. K. (1998). Purification and partial characterization of a neutral protease from a virulent strain of Bacillus cereus. *International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, 30 5, 579-95

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 باحثون جامعيون

+400 عملاء B2B

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