البروتياز الحمضي الغذائي لتخمير صلصة الصويا والخل: إنزيم مساعد لتحلل البروتين وبناء النكهة

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

البروتياز الحمضي الغذائي هو إنزيم مساعد يُستخدم عندما تكون القيمة التقنية للعملية مرتبطة بتفكيك بروتينات الصويا أو الحبوب أو البقول إلى ببتيدات وأحماض أمينية قابلة للذوبان. في صلصة الصويا، يكون دوره أكثر وضوحًا لأنه يدعم تكوين النيتروجين الأميني ومواد الطعم الأولية، بينما يكون دوره في الخل مساندًا فقط عند وجود خامات غنية بالبروتين، ولا يحل محل الخمائر أو بكتيريا حمض الأسيتيك المسؤولة عن إنتاج الحمض [1].

ما هو البروتياز الحمضي الغذائي في سياق التخمير؟

البروتياز الحمضي الغذائي هو إنزيم بروتيني يعمل على قطع الروابط الببتيدية في البروتينات ضمن أوساط تميل إلى الحموضة. في تطبيقات التخمير الغذائي، لا يُنظر إليه كعامل نكهة منفرد، بل كأداة لتحويل البروتينات الكبيرة في فول الصويا، القمح، البقول، كُسب البذور، أو مواد الحبوب إلى ببتيدات قصيرة وأحماض أمينية حرة. هذه الجزيئات الأصغر تكون أكثر قابلية للذوبان وأيسر دخولًا في شبكة التحولات الميكروبية والكيميائية التي تصنع الطعم النهائي في الصلصات المخمرة [2].

في صلصة الصويا تحديدًا، يتداخل عمل البروتياز مع منظومة الكوجي والمورومي. الكوجي يوفّر إنزيمات من عفن بادئ مثل **Aspergillus oryzae** أو **Aspergillus niger**، ثم تستمر التحولات في الهريس الملحي بمشاركة بكتيريا وخمائر متعددة. الدراسات الحديثة على صلصة الصويا تؤكد أن تكوين الببتيدات، الأحماض الأمينية، والمواد المتطايرة لا ينتج عن مسار واحد، بل عن تتابع إنزيمي وميكروبي متشابك يبدأ من تحلل البروتين والنشا وينتهي بمركبات الرائحة والطعم [3].

تورد Enzymes.bio البروتياز الحمضي الغذائي كمورّد B2B عبر الشراء المباشر عبر الإنترنت، وليس بوصفها جهة تصنيع أو مختبر اختبار. المنتج متاح بوحدة 1 كغ، وتُرفق مع الطلب وثائق المنتج الأساسية مثل شهادة التحليل CoA ونشرة بيانات السلامة SDS. لذلك تُعرض هذه المقالة كوثيقة تقنية لفهم التطبيق والآلية وحدود الاستخدام، لا كبديل عن التحقق الداخلي من ملاءمة العملية داخل منشأة العميل.

لماذا يهم التحلل البروتيني في صلصة الصويا؟

صلصة الصويا ليست مجرد محلول ملحي ملوّن؛ هي نظام تخمير طويل يعتمد على تحويل بروتينات الصويا والقمح إلى مركبات أصغر تملك أثرًا مباشرًا وغير مباشر في الطعم. البروتينات الكبيرة لا تعطي وحدها العمق الحسي المطلوب، بينما ترتبط الأحماض الأمينية والببتيدات القصيرة بالطعم الأومامي، الامتلاء الفموي، وتقليل خشونة بعض النغمات الحسية. كما أن نواتج التحلل البروتيني تصبح مواد أولية لمسارات توليد الكحولات، الأحماض، الإسترات، الألدهيدات، وبعض المركبات الناتجة من تفاعلات لاحقة [4].

توضح دراسات الميتاجينوم في تخمير صلصة الصويا أن جودة النكهة ترتبط بتفاعل المجتمع الميكروبي مع المسارات الأيضية، وليس فقط بوجود مادة خام جيدة. الكائنات الدقيقة تؤثر في تفكيك البروتينات والسكريات، ثم في تحويل نواتجها إلى مركبات نكهة. لذلك فإن إضافة بروتياز حمضي، عند توافقها مع تصميم العملية، تستهدف مرحلة محددة من هذه الشبكة: زيادة توافر الببتيدات والأحماض الأمينية القابلة لأن تستعملها الكائنات الدقيقة أو تدخل في تفاعلات بناء النكهة [1].

في دراسات حديثة على الكوجي، ظهر أن **A. oryzae** يؤثر في مسارات تكوين النكهة في صلصة الصويا عبر إنزيمات متعددة، منها البروتيازات والبيبتيدازات. أهمية هذه النقطة أن البروتياز الحمضي التجاري لا ينبغي فهمه كبديل كامل عن الكوجي أو عن الميكروبيوم الطبيعي، بل كتعزيز انتقائي لوظيفة إنزيمية موجودة أصلًا في النظام التقليدي: تقطيع البروتين إلى وحدات أصغر تصلح للتخمر اللاحق [4].

آلية العمل: من بروتين الصويا إلى ببتيدات وأحماض أمينية

على المستوى الجزيئي، تتكون البروتينات من سلاسل طويلة من الأحماض الأمينية المتصلة بروابط ببتيدية. يقوم البروتياز الحمضي بخفض حاجز كسر هذه الروابط في وسط مناسب، فينتج خليطًا من ببتيدات بأطوال مختلفة وأحماض أمينية حرة. الفرق العملي بين البروتين الأصلي ونواتج التحلل كبير: البروتين قد يكون محدود الذوبان أو محجوبًا داخل بنية المادة الخام، بينما الببتيدات والأحماض الأمينية تنتشر في الوسط وتشارك بسهولة أكبر في الطعم والتخمر [5].

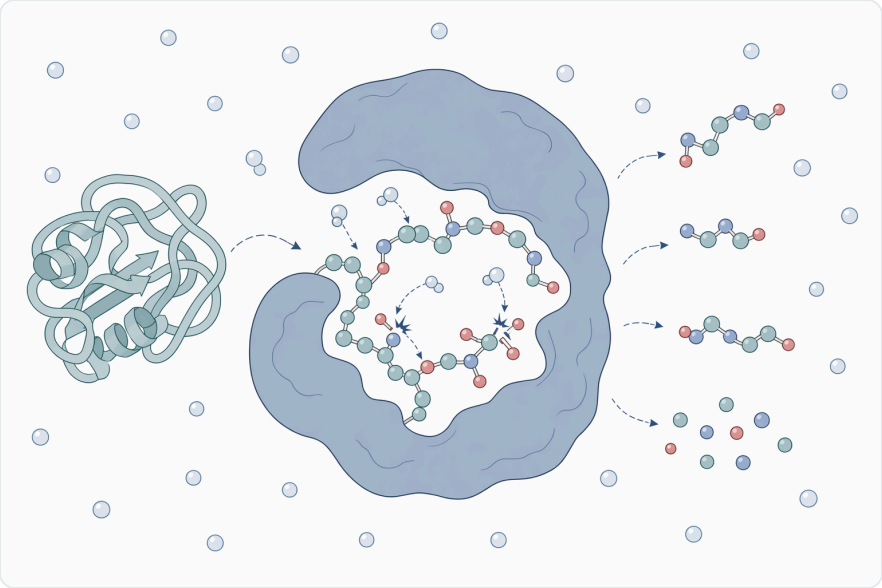

Figure 1. 산성 프로테아제는 산성 또는 산이 생성되는 식품 매트릭스에서 식품 단백질을 분해해 수용성 펩타이드, 아미노산, 아미노태 질소를 증가시킨다.

هذا التحلل لا يعني "تسييلًا" عشوائيًا للمادة الخام فقط. عندما تُقطع البروتينات، تنكشف مجموعات جانبية لها أثر حسي، مثل الأحماض الأمينية المرتبطة بالأومامي أو الحلاوة الخفيفة أو المرارة. كما تستطيع الببتيدات القصيرة أن تؤثر في الإحساس بالفم، وربما في توازن الملوحة والعمق. الأدبيات الخاصة بدور البروتينات في الخصائص الحسية للأغذية توضح أن البروتينات ونواتج تحللها لا تعمل فقط كمغذيات، بل كعناصر تحدد القوام، الإحساس الفموي، وحمل النكهة [2].

في صلصة الصويا، لا تنتهي القصة عند تكوين الأحماض الأمينية. بعض الأحماض الأمينية تدخل في مسارات أيضية ميكروبية، وبعضها يشارك لاحقًا في تفاعلات تولد ألدهيدات وكيتونات ومركبات عطرية أخرى. كما أن تفاعل نواتج البروتين مع السكريات المختزلة يفتح المجال لتكوين مركبات لون ورائحة معقدة أثناء المعالجة أو النضج. لذلك فالبروتياز الحمضي لا "يصنع" النكهة النهائية مباشرة، بل يزيد مخزون البوادئ الكيميائية التي تتغذى عليها شبكة النكهة [6].

الكوجي والموروومي: أين يتكامل البروتياز الحمضي؟

تخمير صلصة الصويا يمر عادةً بمرحلتين وظيفيتين: مرحلة كوجي غنية بالنشاط الإنزيمي، ثم مرحلة هريس ملحي تتطور فيها المجتمعات الميكروبية والمواد العطرية. في الكوجي، تُنشّط العفنات الغذائية إنتاج إنزيمات تكسر البروتين والنشا. في الموروومي، تستكمل البكتيريا والخمائر تحويل الجزيئات الصغيرة إلى أحماض عضوية، كحولات، إسترات، ومركبات متطايرة أخرى. دراسات تعاقب المجتمعات الميكروبية في صلصة الصويا تؤكد أن تغير الأكسجين والبيئة الفيزيائية يؤثر في الكائنات الدقيقة وفي خصائص النكهة بين أنماط التخمير المختلفة [7].

عند التفكير في البروتياز الحمضي، تكون الفكرة العملية هي إعطاء النظام قدرة إضافية على التحلل البروتيني في نقطة تسمح للإنزيم بالعمل قبل أن تصبح الظروف أكثر تقييدًا. الملح، الحموضة، تركيز المواد الصلبة، وتطور الميكروبيوم كلها عوامل قد تغير مقدار التحلل الفعلي. لذلك فإن استخدامه في صلصة الصويا يجب أن يكون

مكملًا لتصميم التخمير، لا افتراضًا بأن الإنزيم سيعطي النتيجة نفسها في كل هريس أو كل وصفة [8].

تبيّن دراسة مقارنة عن صلصة صويا قائمة على كُسب فول الصويا ومخمرة بواسطة **A. oryzae** و**A. niger** أن نوع الكائن المنتج للإنزيمات يؤثر في تكوين الببتيدات وملف النكهة. هذه النتيجة مهمة تجاريًا لأنها تعني أن "البروتياز" ليس مفهومًا واحدًا بسيطًا؛ فاختلاف مصدر الإنزيم وطبيعة المادة الخام وبيئة التخمير ينعكس على خريطة الببتيدات ونهايات الطعم [3].

العلاقة بين البروتياز الحمضي والطعم الأومامي والعمق الحسي

الأومامي في صلصة الصويا يرتبط أساسًا بوجود أحماض أمينية وببتيدات ومركبات متوازنة مع الملوحة والحموضة والحلاوة الخفيفة. لا يكفي رفع كمية الأحماض الأمينية بشكل غير منضبط؛ فالتوازن الحسي يعتمد على نسب المركبات، لا على مركب واحد. الدراسات التي تتبع تغير جودة صلصة الصويا أثناء التخزين أو العمر التخزيني تظهر أن ملف المستقلبات يتغير مع الزمن، وأن النكهة النهائية نتيجة ديناميكية مستمرة بعد التخمير أيضًا [9].

البروتياز الحمضي قد يساعد على زيادة تحرير مكونات الطعم، لكنه يمكن أن يزيد أيضًا ببتيدات ذات مرارة إذا كان التحلل غير متوازن أو إذا كانت المادة الخام غنية بتسلسلات معينة. لهذا السبب يكون ضبط العملية مهمًا: المطلوب ليس أعلى تحلل ممكن، بل تحلل كافٍ يرفع الذوبانية والنيتروجين الأميني ويدعم النكهة دون دفع المنتج نحو خشونة أو مرارة زائدة. الأدبيات حول تخمير بروتينات البقول ببكتيريا حمض اللاكتيك تبرز أن التحلل الإنزيمي يغير تركيب البروتين والببتيدات والخواص الوظيفية، وأن النتيجة تعتمد على خصوصية الإنزيم والبروتين [5].

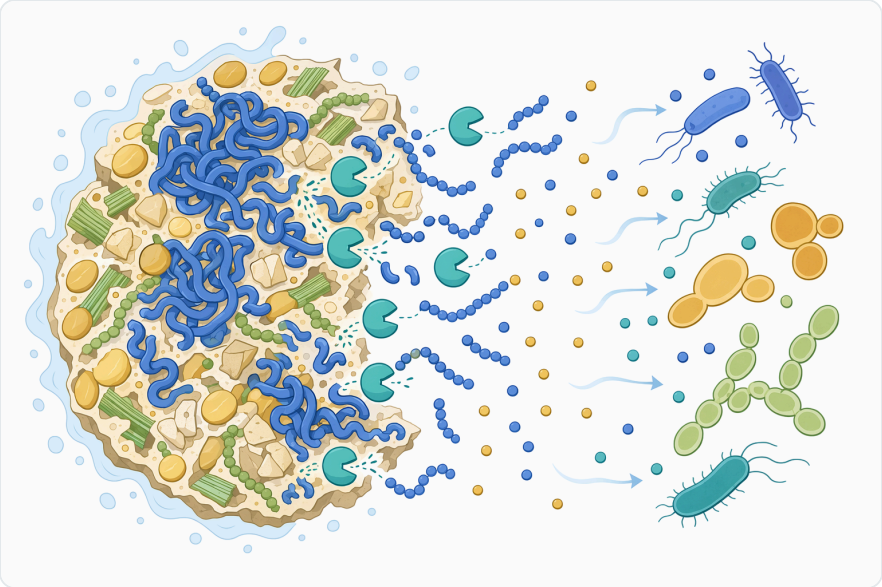

Figure 2. 단백질 분해는 기질의 일부를 불용성의 매트릭스 결합 단백질에서 미생물과 풍미 반응이 이용할 수 있는 수용성 질소 화합물로 전환한다.

تكوين نكهة شبيهة بصلصة الصويا في أنظمة أخرى، مثل تخمير **Bacillus subtilis**، يوضح أن مسارات الأحماض الأمينية يمكن أن تكون محورية. على سبيل المثال، تشير دراسة حديثة إلى أن تقويض L-threonine قاد تكوين رائحة شبيهة بصلصة الصويا في تخمير **Bacillus subtilis**. المعنى التطبيقي أن تحرير الأحماض الأمينية ليس نهاية المسار، بل بداية لتحولات ميكروبية نوعية يمكن أن تعطي مركبات رائحة محددة [10].

تطبيقات البروتياز الحمضي في صلصة الصويا والصلصات النباتية

الاستخدام الأقوى علميًا للبروتياز الحمضي هو في صلصة الصويا أو المنتجات الشبيهة بصلصة الصويا، خاصة عندما يكون الهدف دعم تحلل بروتينات فول الصويا أو القمح أو كُسب الصويا. دراسات متعددة الأوميكس على صلصات الصويا التقليدية أو الإقليمية تبين أن نوع المادة الخام ونظام الكوجي يغيران تطور النكهة والمجتمع الميكروبي، وهذا يجعل الإنزيمات البروتينية أداة مهمة ضمن إدارة التركيب النهائي [11].

يمكن أيضًا استخدام المفهوم نفسه في توابل نباتية قائمة على البقول، مثل قواعد صلصة من البازلاء أو مواد بروتينية نباتية أخرى. تطوير توابل شبيهة بصلصة الصويا من البازلاء الصفراء يوضح أن المجال لا يقتصر على فول الصويا، بل يمكن لتخمير بروتينات البقول أن ينتج منتجات مالحة عميقة الطعم عند توافر مصادر نيتروجين قابلة للتحول ونظام تخمير مناسب [12].

في قواعد النكهة النباتية، يساهم التحلل الإنزيمي في تحسين الذوبانية وتقليل حجم البروتينات التي قد تسبب عكارة أو ترسيبًا أو إحساسًا رمليًا. دراسات التحلل الإنزيمي لبروتين البازلاء تشير إلى أن تفكيك الكسور البروتينية يؤثر في التفاعلات التي تقود تكوين الجل والخواص الريولوجية أثناء التخمير. حتى عندما لا يكون الهدف تكوين جل، فإن الرسالة التقنية واضحة: حجم البروتين وتفاعلاته يحددان القوام وسلوك المنتج في المعالجة [13].

جدول مقارنة: دور البروتياز الحمضي حسب التطبيق

التطبيق	الدور التقني للبروتياز الحمضي	قوة الدليل العملي	ما لا ينبغي افتراضه
صلصة الصويا التقليدية أو المعدّلة	دعم تحلل بروتينات الصويا والقمح إلى ببتيدات وأحماض أمينية، وتوفير مواد أولية لمسارات النكهة	قوية نسبيًا، لأن صلصة الصويا تعتمد أساسًا على التحلل البروتيني والميكروبي	لا يستبدل الكوجي أو الخمائر أو بكتيريا حمض اللاكتيك
توابل نباتية شبيهة بصلصة الصويا	تحسين ذوبانية البروتينات النباتية وبناء قاعدة نيتروجينية للطعم	متوسطة إلى قوية حسب المادة الخام ونظام التخمير	لا يضمن نكهة صلصة صويا كاملة دون نظام تخمير مناسب
خل الحبوب أو الخل القائم على خامات بروتينية	تحضير أو تليين المصفوفة البروتينية وتوفير نيتروجين قابل للاستفادة	محدودة ومساندة مقارنة بصلصة الصويا	لا يحوّل الإيثانول إلى حمض أسيتيك
معالجات بروتين نباتي قبل التخمير	تقليل حجم البروتينات وتعديل القوام والذوبانية	مدعومة بأبحاث البروتينات النباتية والتخمير	ليس كل تحلل مرغوبًا؛ الإفراط قد يؤثر في المرارة والقوام

البروتياز الحمضي في الخل: دور مساعد لا دور حمضي مباشر

في الخل، يجب الفصل بين مسارين مختلفين: تحلل البروتينات من جهة، وتكوين حمض الأسيتيك من جهة أخرى. إنتاج الخل يعتمد على تحويل السكريات أولًا إلى إيثانول بواسطة الخمائر، ثم أكسدة الإيثانول بواسطة بكتيريا حمض الأسيتيك في وجود الأكسجين. لذلك، لا يقوم البروتياز الحمضي بإنتاج حمض الأسيتيك، ولا يمكن اعتباره بديلًا عن **Acetobacter** أو **Komagataeibacter** أو غيرها من بكتيريا حمض الأسيتيك [14].

مع ذلك، قد يكون للبروتياز الحمضي دور في أنواع خل تعتمد على حبوب أو مواد نباتية تحتوي على بروتينات أو نيتروجين عضوي، مثل بعض أنواع خل الحبوب أو الخل العطري التقليدي. في هذه الحالات، يمكن أن يساعد التحلل البروتيني في تحرير ببتيدات وأحماض أمينية تدعم تغذية الوسط وتؤثر في الخلفية الحسية، بينما تبقى المرحلة الحاسمة في إنتاج الحمض مرتبطة ببكتيريا حمض الأسيتيك. دراسات الخل العطري تبين أن ديناميكية المجتمع الميكروبي والمستقلبات تتغير أثناء التخمر الأسيتي، وأن النكهة تتشكل من شبكة أوسع من مجرد الحمضية [15].

تُظهر أبحاث على بكتيريا حمض الأسيتيك المعزولة من صناعة الخل، بما في ذلك **Komagataeibacter intermedius**، أن هذه الكائنات تستطيع النمو في أوساط نباتية مثل مولاس الصويا وأن تنتج مركبات بنيوية مثل السليلوز البكتيري. هذا يؤكد أن خامات الصويا أو مشتقاتها قد تكون بيئات معقدة لبكتيريا الخل، لكن الدور الأساسي لهذه البكتيريا يبقى أكسدة الإيثانول، بينما يبقى البروتياز عاملًا مساعدًا لمعالجة مكونات البروتين عند الحاجة [16].

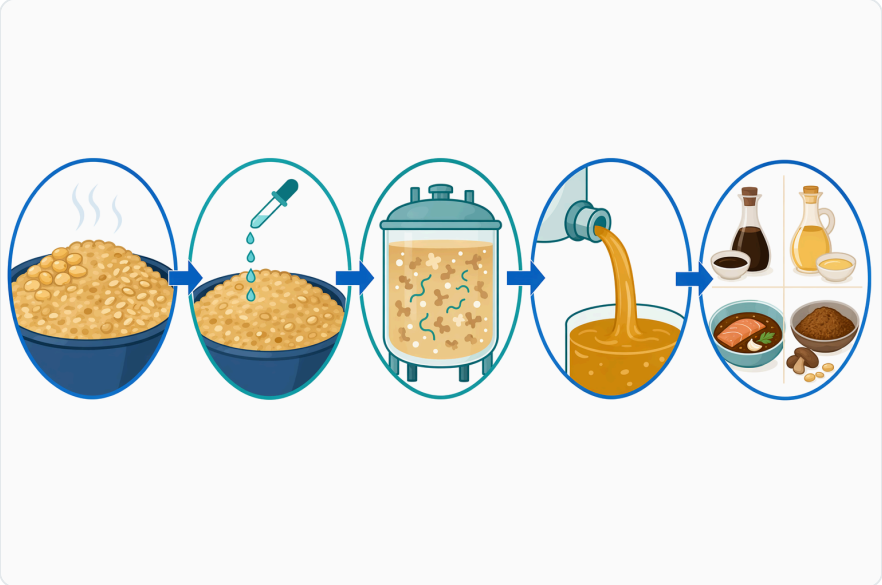

Figure 3. 간장식 발효에서 산성 프로테아제는 단백질이 풍부한 원료가 펩타이드, 아미노산, 아미노태 질소, 숙성된 감칠맛으로 이어지는 핵심 과정을 돕는다.

في بعض عمليات الخل التقليدية، جرى استخدام **Aspergillus niger** في التحصين أو دعم الجودة، كما في خل باونينغ الصناعي، مع تغيرات محدودة نسبيًا في المجتمع الميكروبي خلال جولات متعددة. هذا لا يعني أن البروتياز الحمضي وحده يفسر جودة الخل، لكنه يوضح أن الفطريات والإنزيمات المرتبطة بها قد تكون جزءًا من هندسة

المادة الخام والنكهة في منتجات خل معقدة [17].

حدود الأداء: الملح، الحموضة، المادة الخام، وتوازن التحلل

أول حد يجب فهمه هو أن النشاط الإنزيمي في التطبيق الواقعي لا يساوي بالضرورة النشاط المعلن أو المقاس في ظروف معيارية. في صلصة الصويا، يمكن للملح العالي، تركيز المواد الصلبة، تغير الحموضة، وتراكم المستقلبات أن يغير قابلية البروتينات للتحلل. لذلك، تظهر فائدة البروتياز الحمضي عندما يُمنح فرصة واقعية للوصول إلى الركيزة والعمل ضمن نافذة مناسبة من العملية، لا عندما يُضاف إلى بيئة تمنع تفاعله فعليًا [7].

ثاني حد هو خصوصية المادة الخام. بروتين فول الصويا ليس كبروتين البازلاء أو القمح أو كُسب الكانولا؛ لكل منها بنية وتفاعلات مختلفة مع الماء والأملاح والإنزيمات. في كُسب البذور الزيتية مثل الكانولا، أظهرت المعالجة بالتخمير والإنزيمات تغيرات في المركبات الفينولية والبروتينات القابلة للذوبان، ما يدل على أن المصفوفة النباتية الكاملة—not البروتين وحده—تتحكم في ناتج المعالجة [18].

ثالث حد هو التوازن الحسي. التحلل الجزئي قد يحسن الذوبانية والطعم، بينما التحلل المفرط قد يغيّر القوام أو يرفع مرارة بعض الببتيدات أو يضعف الإحساس بالجسم. في جل بروتين الصويا الناتج عن التخمير، أثرت بروتيازات بكتيريا حمض اللاكتيك في الجزيئات البروتينية والببتيدات والأحماض الأمينية، وانعكس ذلك على بنية الجل. هذا المثال يوضح أن البروتياز لا يغير النكهة فقط، بل قد يغير البنية الفيزيائية للمنتج [19].

قراءة الدليل العلمي: ما القوي وما المحدود؟

الدليل الأقوى يتعلق بصلصة الصويا، لأن جميع مراحلها الأساسية تعتمد على إنزيمات تفكك البروتين والكربوهيدرات ثم على مجتمعات ميكروبية تحول الناتج إلى نكهة. الدراسات الحديثة حول "الميكروبيوتا الوظيفية الأساسية" في صلصة الصويا تربط بين الكائنات الدقيقة ومسارات المستقلبات المسؤولة عن النكهة المميزة، وهذا يدعم منطق استخدام إنزيم بروتيني مساعد عندما تكون نقطة التحكم هي تحرير الركائز النيتروجينية [20].

الدليل المتوسط يتعلق بالمنتجات النباتية الشبيهة بصلصة الصويا، مثل توابل البقول أو قواعد النكهة المخمرة. هذه المنتجات تستعير منطق صلصة الصويا لكنها لا تملك دائمًا نفس الميكروبيوم أو نفس تاريخ النضج أو نفس نسبة الصويا والقمح. لذلك، يستطيع البروتياز الحمضي أن يدعم بناء قاعدة ببتيدية وأمينية، لكن النكهة النهائية تحتاج تصميم تخمير كاملًا وليس إنزيمًا واحدًا [12].

الدليل الأكثر حذرًا يتعلق بالخل. علم الخل يضع بكتيريا حمض الأسيتيك في مركز العملية، وتوضح المراجعات الحديثة أن نضج الخل وجودته يتأثران بأكسدة الإيثانول، الأكسجين، نوع البكتيريا، والخامة. البروتياز الحمضي يدخل فقط عندما يكون البروتين جزءًا مهمًا من الخامة أو عندما يراد تعديل الخلفية النيتروجينية والحسية، وليس كإنزيم مسؤول عن تكوين الحموضة [21].

Figure 4. 산성 프로테아제는 식초 기질에서 단백질 가수분해를 돕지만, 에탄올을 아세트산으로 산화시키는 역할은 여전히 초산균이 담당한다.

اعتبارات عملية لاستخدامه في منظومة تخمير غذائي

عند إدخال البروتياز الحمضي في عملية صلصة صويا أو صلصة نباتية مخمرة، ينبغي النظر إلى تسلسل العملية: هل المادة الخام مطحونة أو مطبوخة بما يكشف البروتين؟ هل توجد سكريات كافية لمسارات النكهة اللاحقة؟ هل المجتمع الميكروبي قادر على استهلاك الببتيدات والأحماض الأمينية بدل تركها دون تحول؟ هذه الأسئلة تقنية داخلية تخص تصميم العملية، لأن التحلل البروتيني يعطي مواد أولية، لكنه لا يضمن وحده المسارات الميكروبية المطلوبة [1].

في الخل، يصبح السؤال العملي مختلفًا: هل توجد بروتينات في الخامة تستحق المعالجة؟ في خل الفواكه الصافي، قد يكون الدور محدودًا جدًا مقارنة بدور الخميرة وبكتيريا حمض الأسيتيك. أما في خل الحبوب أو الخل العطري أو الوسائط التي تحتوي على صويا أو بقول أو نواتج حبوب، فقد يكون تحرير النيتروجين العضوي مفيدًا للخلفية الحسية أو لتغذية وسط التخمير، مع بقاء إنتاج الحمض تابعًا للكائنات المؤكسدة للإيثانول [22].

من منظور تطوير المنتج، يمكن النظر إلى البروتياز الحمضي كأداة لضبط "ملف الهضم البروتيني" لا كحل عام لكل مشكلات التخمير. فإذا كان العيب في ضعف نمو الخمائر أو نقص الأكسجين في التخمر الأسيتي أو اختلال المجتمع الميكروبي، فلن يعالج البروتياز المشكلة الأساسية. أما إذا كان العيب في بطء تفكك البروتين أو ضعف الذوبانية أو انخفاض توافر الببتيدات، فقد يكون إدخاله منطقيًا ضمن تصميم تجريبي مضبوط [11].

الفوائد المتوقعة عند الاستخدام المناسب

الفائدة الأولى هي دعم تحرير الأحماض الأمينية والببتيدات التي ترتبط بالطعم الأومامي والامتلاء الحسي في الصلصات المخمرة. هذا مهم خصوصًا في صلصة الصويا، حيث يعتمد الطعم النهائي على توازن بين الملوحة، الحموضة، الحلاوة الخفيفة، المرارة المقبولة، والعمق الناتج عن المستقلبات النيتروجينية. دراسات النكهة في

صلصة الصويا تؤكد أن الببتيدات وملف المركبات المتطايرة يتغيران حسب الكائنات المستخدمة وظروف التخمير [3].

الفائدة الثانية هي تحسين استغلال البروتين النباتي. عندما تبقى البروتينات في صورة كبيرة أو ضعيفة الذوبان، لا تسهم بكفاءة في الطعم أو القوام أو تغذية التخمر. التحلل الإنزيمي يمكن أن يحول جزءًا من هذا البروتين إلى كسور أصغر تدخل في الوسط المائي وتصبح أكثر ارتباطًا بالخواص الوظيفية. مراجعات تحسين التوافر الحيوي ووظائف البروتينات والببتيدات النباتية تشير إلى أن استراتيجيات التحلل والمعالجة يمكن أن ترفع القيمة الوظيفية لهذه المكونات [23].

الفائدة الثالثة هي المرونة في تطوير منتجات جديدة. المنتجات الشبيهة بصلصة الصويا من البقول، هيدروليزات البروتين النباتي، قواعد الحساء المالحة، أو صلصات الحبوب المخمرة كلها تستفيد من التحكم في درجة التحلل البروتيني. أبحاث إنتاج توابل غنية بالنيتروجين الأميني من بروتينات مثل السبيرولينا توضح أن الجمع بين التحلل والتخمير يمكن أن يوجّه المنتج نحو قاعدة نكهة مالحة وغنية بالمركبات النيتروجينية [24].

ما الذي لا يفعله البروتياز الحمضي؟

لا يقوم البروتياز الحمضي بإنتاج حمض الأسيتيك في الخل. هذه الوظيفة تعود إلى بكتيريا حمض الأسيتيك التي تؤكسد الإيثانول، ويعتمد نجاحها على الأكسجين، نوع السلالة، تركيب الوسط، وإدارة التخمير. لذلك، أي وصف مهني لاستخدام البروتياز في الخل يجب أن يربطه بمعالجة البروتينات أو دعم الوسط، لا بتحويل الكحول إلى حمض [14].

Figure 5. 산성 프로테아제는 대두박, 유지종자 압착박, 콩류, 곡물 부산물, 막걸리박 및 기타 단백질이 풍부한 발효 기질에 활용될 수 있다.

لا يصنع البروتياز الحمضي نكهة صلصة الصويا الكاملة بمفرده. النكهة النهائية تحتاج إنزيمات متعددة، كائنات دقيقة، ملحًا، زمنًا، وتفاعلات كيميائية لاحقة. دراسات صلصة الصويا التي تتتبع تعاقب الميكروبات والمستقلبات تظهر أن النكهة تتكون عبر شبكة ديناميكية، وأن تغيير عامل واحد لا يكفي للتنبؤ بالنتيجة كاملة [8].

لا ينبغي أيضًا افتراض أن زيادة التحلل دائمًا أفضل. في الأغذية البروتينية، قد يؤدي تغيير حجم الببتيدات إلى تحسينات أو عيوب حسب الهدف: ذوبانية أعلى، قوام مختلف، مرارة محتملة، أو تغير في الإحساس الفموي. لذلك، القيمة التقنية للبروتياز الحمضي تأتي من استعماله ضمن حدود عملية واضحة، لا من اعتباره مسرّعًا عامًا للتخمير [19].

موقع المنتج ضمن سلسلة توريد B2B

بالنسبة لمستخدمي Enzymes.bio، المنتج هو بروتياز حمضي غذائي متاح للشراء المباشر عبر الإنترنت بوحدة 1 كغ، مع إرفاق CoA وSDS مع الطلب. هذا يناسب الشركات التي تحتاج إلى إنزيم غذائي مساعد لتجارب تطوير أو إنتاج محدد في صلصة الصويا، الصلصات النباتية المخمرة، أو بعض قواعد الخل ذات المكونات البروتينية. ولا ينبغي فهم Enzymes.bio كجهة تصنيع أو مختبر؛ دورها هنا هو التوريد التجاري للمنتج والوثائق المصاحبة.

عند دمج البروتياز الحمضي في عملية قائمة، يجب أن يظل القرار مرتبطًا بخصائص الخامة والمنتج النهائي. في صلصة الصويا، يكون المنطق العلمي قويًا لأن التحلل البروتيني جزء مركزي من تكوين النكهة. في الخل، يكون المنطق انتقائيًا ومشروطًا بوجود بروتينات ذات أثر حسي أو غذائي في الوسط. هذا التمييز يحمي التطبيق من المبالغة ويجعل الإنزيم أداة دقيقة ضمن هندسة التخمير [15].

خلاصة تقنية

البروتياز الحمضي الغذائي هو إنزيم مناسب لدعم تحلل البروتينات في بيئات تخمير غذائية تميل إلى الحموضة، خاصة عندما تكون المادة الخام غنية ببروتينات الصويا أو الحبوب أو البقول. في صلصة الصويا، يستند استخدامه إلى أساس علمي قوي نسبيًا، لأن تكوين الببتيدات والأحماض الأمينية والنيتروجين الأميني جزء محوري من بناء الطعم والنكهة. أما في الخل، فدوره مساند ومحدود بالخامات البروتينية، بينما يبقى إنتاج حمض الأسيتيك مسؤولية بكتيريا حمض الأسيتيك [20].

أفضل صياغة عملية للمنتج هي أنه إنزيم مساعد لتحسين توافر الركائز البروتينية داخل منظومة تخمير، وليس بديلًا عن الكوجي أو الخمائر أو بكتيريا حمض اللاكتيك أو بكتيريا حمض الأسيتيك. عند استخدامه ضمن تصميم مناسب، يمكن أن يدعم الذوبانية، تحرير الببتيدات والأحماض الأمينية، وتكوين قاعدة نكهة أعمق في صلصة الصويا والصلصات النباتية المخمرة، مع تطبيق أكثر حذرًا في الخل المعتمد على خامات بروتينية [3].

اطلب Acid Protease (Food Grade, 100,000 U/G) – Specialized Enzyme For Soy Sauce And Vinegar Fermentation 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 Acid Protease (Food Grade, 100,000 U/G) – Specialized Enzyme For Soy Sauce And Vinegar Fermentation →

المراجع

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

1. Liu, H., Chen, Z., Ma, M., Zhang, Y., Li, D., Lu, J., & Chen, X. (2023). Metagenomic analysis of the relationship between microorganisms and flavor development during soy sauce fermentation. *Food Bioscience*.
2. Wijesekara, T., & Ekaette, I. (2025). The Role of Proteins in the Sensory Perception/Organoleptic Properties of Food. *Food Chemistry International*.
3. Dong, B., Bai, L., Li, Z., Xu, X., Nie, Y., Sun, B., Sun, Y., ... et al. (2025). Flavor profile and peptide formation in soy sauce fermented from soybean meal by Aspergillus oryzae and Aspergillus niger.. *Food Chemistry*, 495 Pt 3, 146631.
4. Zhao, C., Zhang, Y., Li, S., Lin, J., Lin, W., Li, W., & Luo, L. (2024). Impacts of Aspergillus oryzae 3.042 on the flavor formation pathway in Cantonese soy sauce koji.. *Food Chemistry*, 441, 138396.
5. Du, Q., Li, H., Tu, M., Wu, Z., Zhang, T., Liu, J., Ding, Y., ... et al. (2024). Legume protein fermented by lactic acid bacteria: Specific enzymatic hydrolysis, protein composition, structure, and functional properties.. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 238, 113929.
6. Arihara, K., Yokoyama, I., & Ohata, M. (2021). Bioactivities generated from meat proteins by enzymatic hydrolysis and the Maillard reaction.. *Meat Science*, 180, 108561.
7. Zhang, W., Zeng, J., Huang, M., Zhao, M., & Feng, Y. (2025). The Interpretation of Dissolved Oxygen on Flavor Characteristics and Microorganism Community Succession between Soy Sauce Fermented in Tank and Soy Sauce Fermented in Pond.. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
8. Xie, Y., Liao, S., Li, Y., Wang, X., Lu, Y., Fu, Q., He, Q., ... et al. (2025). Insights into Physicochemical Characteristics, Flavor Development, and Microbial Succession During the Natural Fermentation of Sichuan-Style Black Soybean Soy Sauce. *Foods*, 14.
9. He, K., Zhao, M., Tong, X., & Feng, Y. (2025). Reveal the flavor quality changes of soy sauce during shelf life through metabolomics.. *Food Chemistry*, 501, 147650.
10. Ran, L., Wu, Y., Jin, J., Zhang, L., Li, C., Tong, S., Wen, F., ... et al. (2025). l-Threonine Catabolism Driven Flavor Formation: A Key Pathway for Soy Sauce-Like Aroma in Bacillus subtilis Fermentation.. *Journal of Food*

. *Science*, 90 8, e70466

Chen, K., Zhang, N., Liu, W., Wang, C., Hu, Y., Shen, C., Zeng, L., … et al. (2025). Defatted Soybean Meal-Based .11
Koji Promotes Flavor Development in Deyang Baiwo Soy Sauce: A Comparative Multi-Omics Study.
.*Fermentation*

Irwanti, S., Grebenteuch, S., Bogdanova, M., & Rohn, S. (2025). Development and Characterizing of Soy-Sauce .12
.Like Seasoning from Yellow Pea (Pisum sativum). *Lebensmittelchemie*

Klost, M., Giménez-Ribes, G., & Drusch, S. (2020). Enzymatic hydrolysis of pea protein: Interactions and .13
protein fractions involved in fermentation induced gels and their influence on rheological properties. *Food*
.*Hydrocolloids*

Al-Kharousi, Z. S., Al-Ramadhani, Z., Al-Malki, F. A., & Al-Habsi, N. (2024). Date Vinegar: First Isolation of .14
.Acetobacter and Formulation of a Starter Culture. *Foods*, 13

Li, W., Tong, S., Yang, Z., Xiao, Y., Lv, X., Weng, Q., Yu, K., … et al. (2022). The dynamics of microbial community .15
and flavor metabolites during the acetic acid fermentation of Hongqu aromatic vinegar. *Current Research in*
.*Food Science*, 5, 1720 - 1731

Gomes, R., Sousa Faria-Tischer, P. C., Tischer, C., Constantino, L., Freitas Rosa, M., Chideroli, R. T., Pádua .16
Pereira, U., … et al. (2021). Komagataeibacter intermedius V-05: An Acetic Acid Bacterium Isolated from
Vinegar Industry, with High Capacity for Bacterial Cellulose Production in Soybean Molasses Medium. *Food*
.*Technology and Biotechnology*, 59, 432 - 442

Liu, A., Wang, R., Jian-Li, Li, Q., He, L., Chen, S., Ao, X., … et al. (2021). Multiple rounds of Aspergillus niger .17
biofortification confer relatively stable quality with minor changes of microbial community during industrial-
. scale Baoning vinegar production.. *Food Research International*, 150 Pt A, 110768

Tian, Y., Zhou, Y., Kriisa, M., Anderson, M., Laaksonen, O., Kütt, M., Föste, M., … et al. (2022). Effects of .18
fermentation and enzymatic treatment on phenolic compounds and soluble proteins in oil press cakes of
. canola (Brassica napus).. *Food Chemistry*, 409, 135339

Ren, Y., & Li, L. (2022). The influence of protease hydrolysis of lactic acid bacteria on the fermentation .19
induced soybean protein gel: Protein molecule, peptides and amino acids.. *Food Research International*, 156,
. 111284

Zhang, L., Xiong, S., Du, T., Xu, Y., Zhao, X., Huang, G., Guan, Q., … et al. (2024). Unraveling the core functional .20
microbiota involved in metabolic network of characteristic flavor development during soy sauce
.fermentation. *Food Bioscience*

Mota, J., & Vilela, A. (2024). Aged to Perfection: The Scientific Symphony behind Port Wine, Vinegar, and .21
.Acetic Acid Bacteria. *Fermentation*

Zhukovskaya, S. V., Babaeva, M., Agafoshkina, A. E., Vorobjov, D. A., Sakharova, S. I., & Yakovlev, A. N. (2024). .22
Selection of the optimal composition of mash from local raw materials for the cultivation of acetic acid
bacteria in the production of apple cider vinegar. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering*
.*Technologies*

Shadrack, S. M., Wang, Y., Mi, S., Lu, R., Zhu, Y., Tang, Z., Mcclements, D., … et al. (2025). Enhancing .23
bioavailability and functionality of plant peptides and proteins: A review of novel strategies for food and

. pharmaceutical applications.. *Food Chemistry*, 485, 144440

24. Phan, D. T., Trinh, H. L. G., Nguyen, C., & Le, D. (2026). Optimization of Hydrolysis and Fermentation of Spirulina Platensis Proteins for Production of Amino Nitrogen-Enriched Seasoning. *International Journal of Food Science & Technology*.

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.