Asparaginase لتقليل الأكريلاميد في الأغذية النشوية: دليل تقني لإنزيم L-Asparaginase

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

إجابة مباشرة: Asparaginase، ويُكتب أيضًا L-asparaginase أو asparaginase ا، هو إنزيم يحفّز التحلل المائي للحمض الأميني L-asparagine إلى L-aspartate مع تحرير الأمونيا، وبذلك يقلّل أحد أهم السلائف الكيميائية لتكوّن الأكريلاميد أثناء الخَبز أو القلي أو التحميص. في الأغذية النشوية، تكون قيمته العملية في معالجة المادة قبل التعرض للحرارة العالية، بينما تظل استخداماته الطبية المعروفة محصورة في مستحضرات دوائية مرخّصة مثل e coli asparaginase وpegylated asparaginase وerwinia asparaginase، ولا تنطبق على الإنزيمات الصناعية أو البحثية غير الدوائية [1].

ما هو إنزيم Asparaginase ولماذا يهم في التصنيع الغذائي؟

Asparaginase enzyme هو إنزيم من فئة الأميدوهيدرولازات؛ أي إنه يعمل على رابطة الأميد في L-asparagine ويحوّلها إلى L-aspartate. هذا التحويل يبدو بسيطًا من منظور كيميائي، لكنه مهم صناعيًا لأن L-asparagine يدخل في تفاعلات ميلارد مع السكريات المختزلة عند التسخين، وهي التفاعلات نفسها التي تمنح اللون والنكهة في المخبوزات والمقليات والمحمصات، لكنها قد تؤدي أيضًا إلى تكوّن الأكريلاميد بوصفه مركبًا حراريًا غير مرغوب فيه [2].

في تطبيقات الأغذية، لا يُستخدم L-asparaginase لإزالة الأكريلاميد بعد تكوّنه، بل لتقليل L-asparagine قبل دخوله في المسار الحراري. لذلك يكون توقيت الإضافة حاسمًا: يجب أن يتلامس الإنزيم مع المادة الخام أو العجين أو السطح الغذائي في مرحلة تتوافر فيها رطوبة وحركة جزيئية كافية، وقبل خطوة الخَبز أو القلي أو التحميص التي تسرّع تكوّن الأكريلاميد [3].

تظهر قيمة asparaginase خصوصًا في منتجات البطاطس، البسكويت، الكراكرز، الوجبات الخفيفة القائمة على الحبوب أو البقول، وبعض المواد النباتية التي تتعرض للتحميص. في هذه المصفوفات، قد يكون خفض الحرارة أو تغيير زمن المعالجة غير كافٍ أو غير مرغوب لأنه يؤثر في اللون والقوام والنكهة؛ أما الإنزيم فيتعامل مع السلف الكيميائي نفسه بدلًا من تغيير صورة المنتج النهائية بالكامل [1].

آلية العمل: كيف يقلّل L-Asparaginase تكوّن الأكريلاميد؟

تعتمد l-asparaginase mechanism of action، أو ما يبحث عنه كثيرون بعبارة asparaginase moa، على ارتباط L-asparagine بالموقع الفعال للإنزيم. بعد الارتباط، تُحفَّز إضافة الماء إلى رابطة الأميد، فتُكسر الرابطة ويتكوّن L-aspartate وتتحرر الأمونيا؛ وبانخفاض L-asparagine المتاح، تقل كمية المادة القادرة على الدخول في مسارات ميلارد المؤدية إلى الأكريلاميد [2].

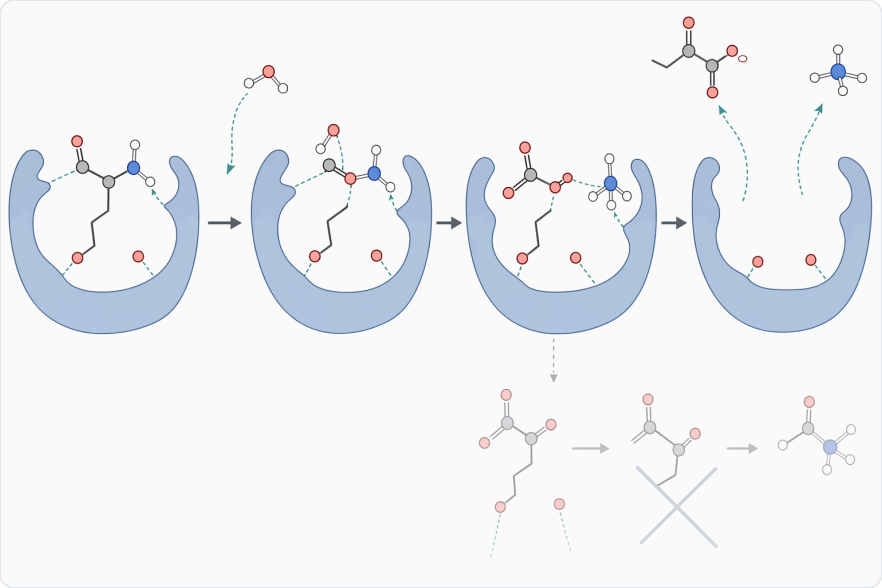

Figure 1. 아스파라기나아제는 유리 L-아스파라긴을 물과 함께 가수분해하여 L-아스파르트산과 암모니아를 생성함으로써, 아크릴아마이드 형성의 핵심 전 .구체를 줄입니다

على مستوى تكوّن الأكريلاميد، لا يكفي وجود الحرارة وحدها؛ فالمسار الشائع يحتاج إلى تفاعل L-asparagine مع سكريات مختزلة ضمن شبكة معقدة من الوسط الغذائي، الرطوبة، الحموضة، الزمن، وانتقال الحرارة. لهذا السبب لا يكون Asparaginase "مثبطًا عامًا" لكل تفاعلات اللون أو النكهة، بل أداة انتقائية تستهدف L-asparagine قبل أن يدخل في السلسلة التفاعلية [3].

توجد فروق بين مصادر الإنزيمات وسلوكها؛ فبعض الإنزيمات الميكروبية تمتلك نشاطًا جانبيًا تجاه ركائز أميدية أخرى بدرجات متفاوتة، كما تختلف في التحمل الحراري والثبات في المصفوفات المعقدة. هذه الفروق مهمة عند تقييم ملاءمة asparaginase enzyme لتطبيق غذائي بعينه، لأن المطلوب ليس مجرد وجود إنزيم باسم واحد، بل توافق وظيفي بين المصدر الإنزيمي وبيئة المنتج [1].

التطبيق الرئيسي: خفض الأكريلاميد في الأغذية الغنية بالنشويات

تُعد إدارة الأكريلاميد من أكثر l-asparaginase uses أهمية خارج المجال الدوائي. عندما تُخبز أو تُقلى أو تُحمّص الأغذية الغنية بالنشويات، قد تتولد مركبات مرغوبة مسؤولة عن النكهة واللون، وفي الوقت نفسه قد يتكون الأكريلاميد إذا توافرت السلائف المناسبة. لذلك يمنح Asparaginase مسارًا هندسيًا مختلفًا: خفض L-asparagine

قبل المعالجة الحرارية بدل الاعتماد الكامل على تقليل شدة التسخين [2].

في منتجات البطاطس، يتأثر تكوّن الأكريلاميد بمحتوى L-asparagine والسكريات المختزلة وبنية النسيج النباتي وطريقة القطع أو التشكيل. يمكن أن يكون الإنزيم أكثر فاعلية عندما تكون منطقة التفاعل قابلة للوصول، مثل السطح أو المصفوفة الرطبة أو المنتج المعاد تشكيله، بينما قد تحد الأنسجة الكثيفة أو القطع السميكة من وصول الإنزيم إلى جميع مواقع الركيزة [1].

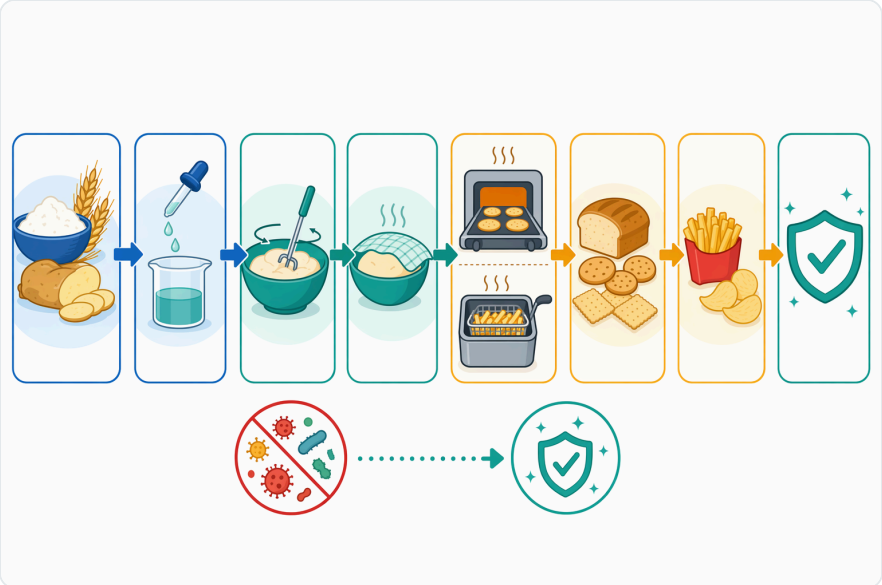

Figure 2. 아스파라기나아제는 굽기, 튀기기 또는 로스팅 전에 적용되어 고온 .의 마이야르 반응이 시작되기 전에 전구체 풀을 낮춥니다

في المخبوزات مثل البسكويت والكراكرز وبعض الخبز المحمص، يُضاف الإنزيم عادةً في مرحلة تسمح بامتزاجه مع العجين أو المكونات الرطبة. هنا لا يغيّر الإنزيم الهدف الحسي الأساسي للخبز، بل يعمل قبل الخَبز على تقليل L-asparagine المتاح في شبكة العجين؛ وتختلف النتيجة حسب تركيبة الدقيق، السكر، الدهون، الرطوبة، وزمن التلامس قبل التسخين [3].

أما في القهوة والكاكاو والمواد النباتية المحمصة، فيكون التحدي أكبر لأن التحميص نفسه يولّد المركبات العطرية المطلوبة. لذلك تُبحث المعالجة الإنزيمية في مراحل سابقة عندما تسمح المادة الخام أو المستخلص أو المعالجة الرطبة بعمل الإنزيم قبل ظروف التحميص الجافة والقاسية؛ ويجب ألا يُفهم الإنزيم هنا كإضافة منفصلة عن تصميم العملية، بل كجزء من هندسة المعالجة المسبقة [2].

مقارنة بين الاستخدام الغذائي والاستخدام الدوائي لمصطلح Asparaginase

تظهر مصطلحات مثل l-asparaginase drug وasparaginase dose وpeg asparaginase price كثيرًا في البحث، لكنها تخص سوقًا دوائيًا منظمًا لا ينبغي خلطه مع تطبيقات الأغذية أو الاستخدامات الصناعية. المستحضرات الدوائية مثل e coli asparaginase وpegylated asparaginase وerwinia asparaginase ترتبط ببروتوكولات علاجية ومراقبة سريرية ومواصفات صيدلانية لا تنطبق على منتجات الإنزيمات الصناعية غير الدوائية [4].

البند	Asparaginase في الأغذية والصناعات	Asparaginase الدوائي المرخّص
الهدف الأساسي	تقليل L-asparagine قبل التسخين للمساعدة في خفض الأكريلاميد	استنزاف L-asparagine في الدم والأنسجة ضمن علاج سرطانات دموية محددة
أمثلة المصطلحات	asparaginase enzyme، l-asparaginase uses، تقليل الأكريلاميد	l-asparaginase drug، pegylated asparaginase، erwinia asparaginase
بيئة العمل	عجائن، أسطح غذائية، مواد نباتية رطبة أو قابلة للترطيب	جسم المريض وتحت إشراف طبي متخصص
التحكم في الأداء	توافق مع الوصفة، الرطوبة، زمن التلامس، الوصول إلى الركيزة	جرعات، مراقبة نشاط علاجي، مناعة، آثار جانبية، تحويل بين مستحضرات
ملاءمة منتج Enzymes.bio	مورد إنزيم للاستخدام الصناعي/التطبيقي المناسب، مع CoA وSDS	غير مخصص للاستخدام البشري أو البيطري أو الحقني

الأدبيات السريرية تذكر أن Asparaginase جزء مهم في علاج ابيضاض الدم اللمفاوي الحاد وبعض اللمفومات، وأن التحديات تشمل فرط الحساسية، تعطيل الإنزيم مناعيًا، ومحدودية توافر بدائل مثل Erwinia asparaginase في بعض السياقات. هذه المعرفة مهمة لفهم قيمة الإنزيم بيولوجيًا، لكنها لا تبرر استخدام أي مسحوق إنزيمي صناعي كدواء أو كحقن أو كبديل لمستحضر مرخّص [5].

لذلك، عند ظهور عبارات بحث مثل l-asparaginase price أو asparaginase dose أو peg l-asparaginase injection price، يجب فهمها بوصفها مرتبطة بسوق الأدوية والحقن والمستحضرات الصيدلانية. لا تقدّم Enzymes.bio هذا المنتج كدواء، ولا تُقدّم معلومات جرعات علاجية أو أسعار مستحضرات طبية، بل تعرض منتج إنزيم يُشترى عبر الإنترنت بوحدة 1kg لأغراض الاستخدام المناسبة خارج الاستخدام العلاجي [4].

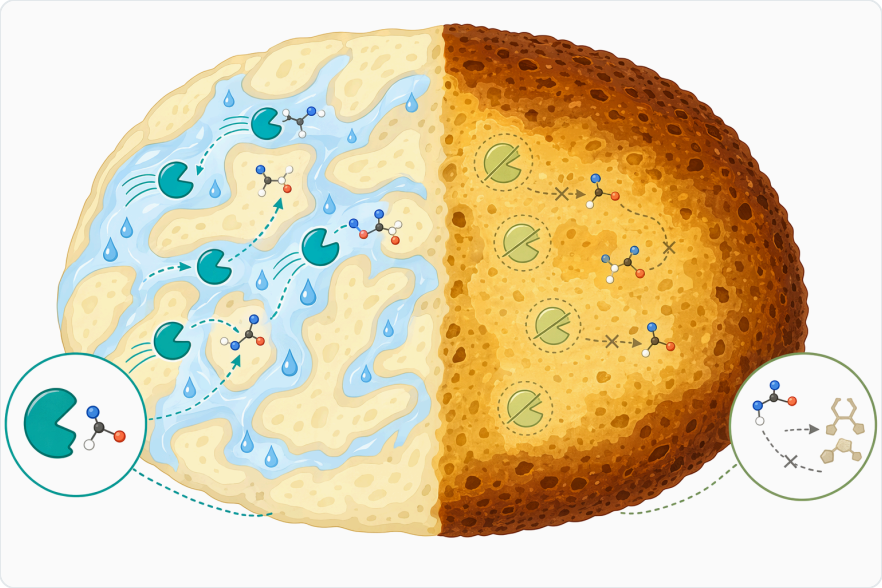

Figure 3. 이 효소는 열과 건조로 인해 효소적 가수분해가 제한되기 전에, 수분이 있는 매트릭스에서 용해성 L-아스파라긴과 접촉해야 합니다.

العوامل العملية التي تحدد نجاح Asparaginase في الأغذية

أول عامل هو وصول الإنزيم إلى L-asparagine. في نظام مائي أو عجين رطب، تكون حركة الجزيئات أعلى عادةً من مسحوق جاف أو نسيج كثيف؛ لذلك تُصمم مرحلة الإضافة بحيث تسمح للإنزيم بالانتشار والتلامس مع الركيزة قبل أن تتوقف فعاليته بسبب ظروف الخَبز أو القلي أو التحميص [1].

العامل الثاني هو زمن التلامس قبل المعالجة الحرارية. يحتاج الإنزيم إلى فترة عمل مناسبة داخل المصفوفة، لكن هذه الفترة ليست رقمًا عامًا يمكن نقله بين المنتجات؛ فهي تتغير مع حجم الجسيمات، نسبة الماء، طريقة الخلط، نوع الدقيق أو النشا، وجود الدهون، وترتيب خطوات العملية. ولهذا تُقيَّم الفاعلية عادةً داخل نموذج المنتج نفسه لا في عزلة عن الوصفة [3].

العامل الثالث هو تركيب المادة الخام. قد تختلف البطاطس والحبوب والبقول في محتوى L-asparagine والسكريات المختزلة، كما تؤثر ظروف التخزين والنضج والمعالجة المسبقة في قابلية تكوّن الأكريلاميد. لذلك قد يعطي الاستخدام نفسه نتائج مختلفة بين دفعات مواد خام أو بين خطوط إنتاج متشابهة ظاهريًا [2].

العامل الرابع هو توافق الإنزيم مع بيئة المنتج. بعض الوصفات عالية الدهون أو منخفضة الرطوبة قد تحد من انتشار الإنزيم، وبعض المكونات قد تغير الحموضة أو اللزوجة أو بنية البروتينات والنشويات. لهذا السبب يجب النظر إلى Asparaginase كجزء من تصميم العملية وليس كإضافة مستقلة تضمن نتيجة ثابتة في كل مصفوفة [1].

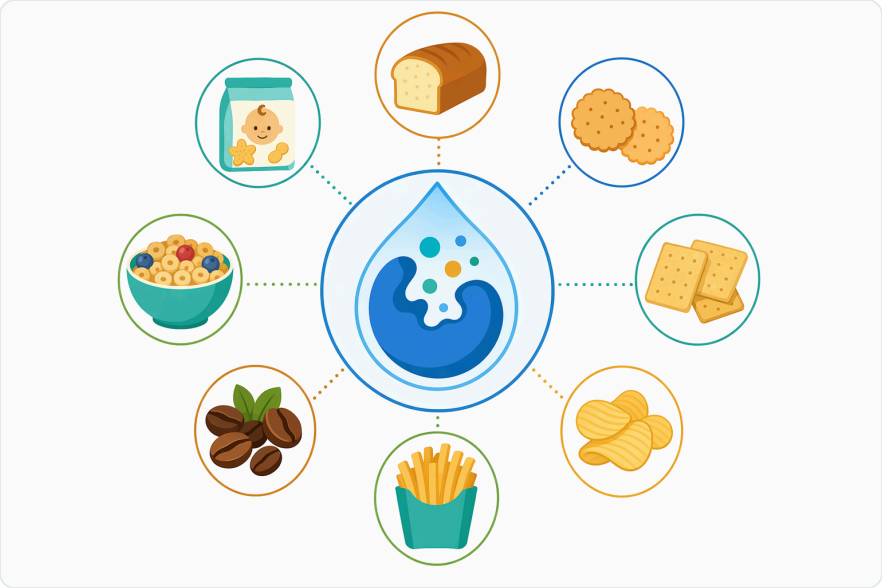

Figure 4. 주요 식품 적용 분야에는 베이커리 제품, 시리얼 스낵, 튀기거나 구
.운 감자 제품, 그리고 수화된 원료의 전처리가 포함됩니다

مصادر L-Asparaginase وتنوعها التقني

تُنتج L-asparaginase طبيعيًا بواسطة كائنات دقيقة متعددة، وقد ركزت المراجعات العلمية على البكتيريا والفطريات والكائنات المحبة للظروف القاسية كمصادر محتملة لإنزيمات ذات خصائص مختلفة. هذا التنوع يفسر لماذا لا تكون كل منتجات asparaginase متطابقة في الأداء، حتى لو اشتركت في الاسم العام والوظيفة الأساسية [1].

اهتمت الأبحاث الحديثة بتحسين إنتاج L-asparaginase من مخلفات زراعية وصناعية، ليس فقط من أجل تقليل التكلفة، بل أيضًا لرفع الاستدامة وتقليل الاعتماد على مواد أولية تقليدية. هذه الدراسات تتعلق بتطوير سلاسل الإنتاج الحيوي عمومًا، ولا تعني أن كل منتج تجاري يستخدم المصدر أو العملية نفسها؛ لكنها توضح أن المجال نشط في البحث عن إنتاج أكثر كفاءة واستدامة [6].

كما درست أعمال أخرى إنتاج L-asparaginase باستخدام مخاليط من مخلفات زراعية وصناعية وتحسين معاملات التخمر، ما يبرز أن أداء الإنزيم النهائي يبدأ من اختيار الكائن المنتج والوسط الحيوي وظروف الإنتاج والتنقية. بالنسبة للمستخدم الصناعي، النتيجة العملية هي أهمية الاعتماد على وثائق الدفعة مثل CoA وSDS بدل افتراض خصائص غير موثقة من اسم الإنزيم وحده [7].

توجد أيضًا دراسات على إنزيمات L-asparaginase ذات ثبات حراري محسّن أو قادمة من كائنات محبة للحرارة. أهمية ذلك في الأغذية ليست أن الإنزيم يجب أن يعمل داخل الفرن أو المقلاة، بل أن الثبات قد يوسّع نافذة المعالجة السابقة للتسخين ويجعل الإنزيم أكثر ملاءمة لبعض العمليات التي تتضمن خطوات دافئة أو مصفوفات صعبة [8].

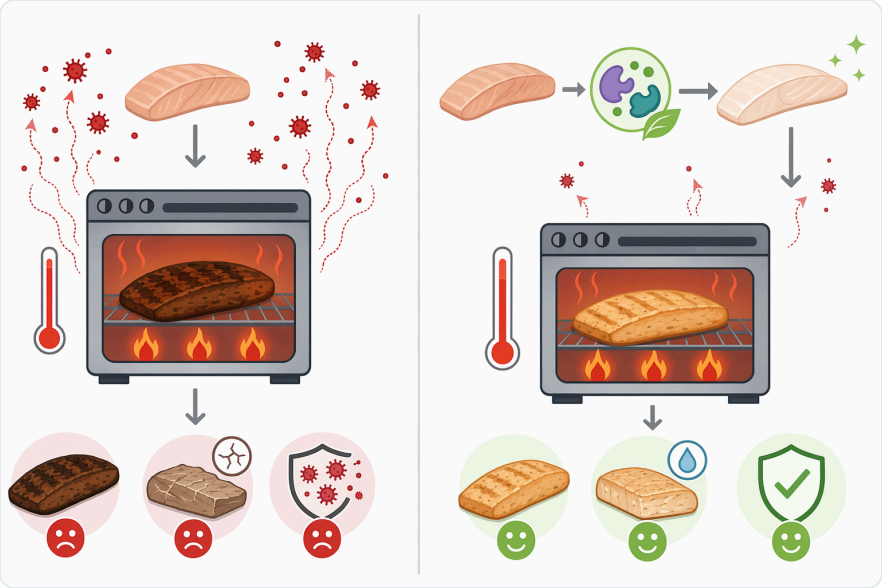

Figure 5. 식품 가공용 아스파라기나아제, 연구용 효소, 인간 종양 치료제, 수의약품 관련 제품은 핵심 반응은 같지만 목적, 관리 기준, 적절한 사용 방식이 다릅니다.

أمثلة تطبيقية بحسب المصفوفة الغذائية

في رقائق البطاطس والبطاطس المقلية، يمكن التفكير في Asparaginase عند وجود مرحلة غسيل أو نقع أو ترطيب أو معالجة سطحية قبل القلي. الهدف ليس تغيير هوية المنتج، بل تقليل L-asparagine في المواضع التي تشارك بقوة في التحمير السطحي، وهو المكان الذي تتكثف فيه تفاعلات ميلارد وتتشكل نسبة كبيرة من المركبات الحرارية [1].

في البسكويت والكراكرز، يندمج L-asparaginase غالبًا مع مرحلة الخلط أو تحضير العجين. عند نجاح التوزيع، ينخفض L-asparagine قبل الوصول إلى حرارة الخَبز، ما يساعد على خفض احتمالية تكوّن الأكريلاميد مع الحفاظ على التحمير المرغوب بدرجة أكبر من الاستراتيجيات التي تعتمد فقط على خفض شدة الخَبز [3].

في الأغذية النباتية الحديثة والوجبات الخفيفة القائمة على البقول أو الحبوب، تزداد أهمية الإنزيم لأن هذه المنتجات قد تجمع بين بروتينات نباتية ونشويات وسكريات وتتعرض لتحميص أو خبز أو بثق حراري. هنا يجب تقييم بنية المنتج: هل الركيزة متاحة؟ هل توجد رطوبة قبل الحرارة؟ هل تسمح اللزوجة أو بنية البروتين بوصول الإنزيم؟ هذه الأسئلة تقنية مرتبطة بالتطوير وليست وعودًا عامة [2].

في القهوة والكاكاو والمواد المحمصة، قد لا تكون الإضافة المباشرة قبل التحميص كافية إذا كانت المادة جافة جدًا أو إذا كان زمن التلامس قصيرًا للغاية. لذلك تركز التطبيقات المنطقية على المعالجات الرطبة أو المراحل السابقة التي تسمح بتفاعل الإنزيم قبل بدء التحولات السريعة في التحميص [3].

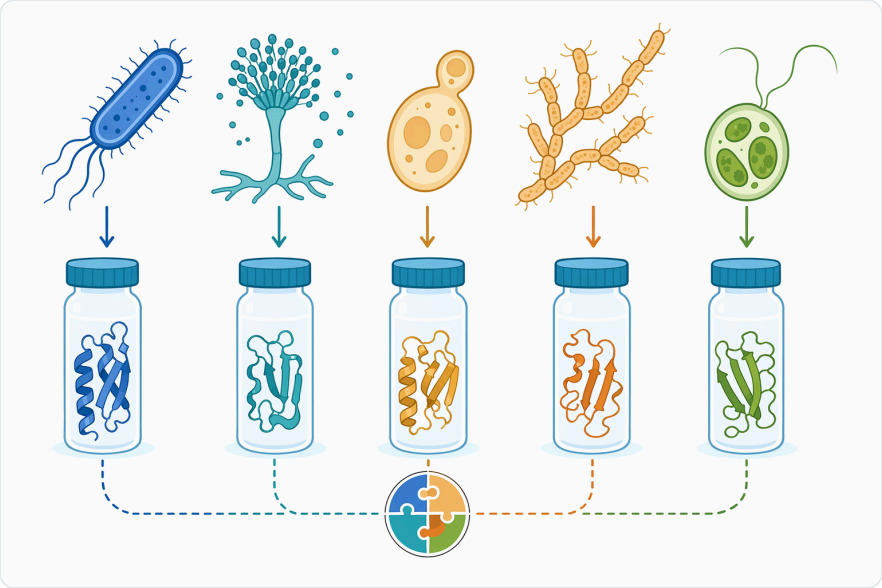

Figure 6. 미생물 유래 아스파라기나아제는 다양한 원천 생물에서 얻을 수 있으며, 원천에 따라 특성이 달라 제품들이 자동으로 서로 대체 가능한 것은 아닙니다.

الفوائد الصناعية المتوقعة وحدودها

الفائدة الأولى هي خفض السلف الكيميائي لتكوّن الأكريلاميد. هذه مقاربة سببية: بدل التعامل مع المنتج بعد نشوء المركب غير المرغوب، يُخفض L-asparagine قبل التسخين. لذلك يكون Asparaginase مناسبًا خصوصًا عندما تشير خبرة المنتج أو بياناته الداخلية إلى أن L-asparagine عنصر مؤثر في تكوّن الأكريلاميد [1].

الفائدة الثانية هي إتاحة مساحة أكبر للحفاظ على الجودة الحسية. فخفض الحرارة أو تقصير الخَبز قد يؤدي إلى لون باهت أو قوام غير مكتمل أو رطوبة غير مرغوبة، بينما يسمح الإنزيم باستهداف ركيزة محددة مع إبقاء تفاعلات اللون والنكهة الأخرى ضمن مجال أقرب إلى التصميم الأصلي للمنتج [2].

الفائدة الثالثة هي المرونة في التطوير. يمكن إدخال l-asparaginase في مراحل مختلفة بحسب المنتج: الخلط، النقع، الرش، الترطيب، أو المعالجة المسبقة. غير أن هذه المرونة لا تعني أن كل مرحلة مناسبة؛ فالمعيار الحقيقي هو ما إذا كان الإنزيم يستطيع الوصول إلى L-asparagine قبل تعطله أو قبل بدء التفاعل الحراري [3].

أما الحدود، فأهمها أن الأكريلاميد لا يتحدد بعامل واحد فقط. إذا كانت الوصفة غنية بالسكريات المختزلة، أو كانت المعالجة الحرارية شديدة، أو كان توزيع الرطوبة غير مناسب، فقد يحتاج المنتج إلى مجموعة إجراءات متكاملة تشمل اختيار المواد الخام، تعديل المعالجة، وتحسين التوزيع، إلى جانب استخدام Asparaginase [1].

السلامة والتعامل ووثائق الدفعة

Asparaginase بروتين إنزيمي، ومثل كثير من مساحيق الإنزيمات قد يسبب الغبار أو الرذاذ تهيجًا أو تحسسًا عند التعرض غير الملائم. لذلك ينبغي التعامل معه وفق ممارسات السلامة المهنية المناسبة، مع الرجوع إلى Safety Data Sheet المرفقة مع الطلب لتحديد احتياطات المناولة والتخزين والتخلص بما يتوافق مع نظام المنشأة [2].

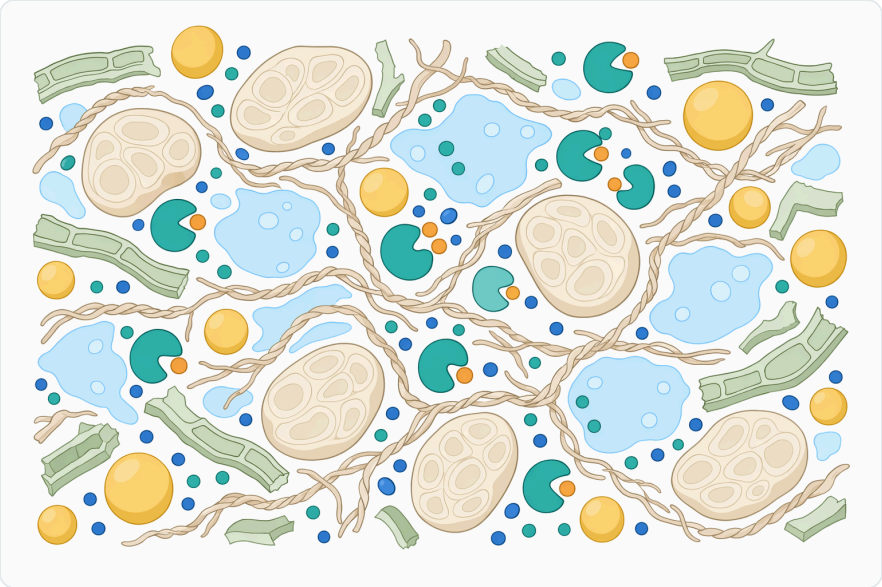

Figure 7. 식품 매트릭스에서 아스파라기나아제는 전분, 당류, 지방, 글루텐 또는 온전한 세포벽이 아니라 접근 가능한 유리 L-아스파라긴에 특이적으로 작용합니다.

تُرفق Certificate of Analysis مع الطلب لتقديم معلومات الدفعة المتاحة، وتساعد هذه الوثيقة في ربط المنتج المستلم ببيانات الجودة المحددة له. ومع ذلك، لا ينبغي تحويل وثيقة تعليمية مثل هذه إلى مواصفة تشغيلية داخلية؛ فكل منشأة مسؤولة عن إدماج المنتج ضمن نظام الجودة، تقييم المخاطر، ومتطلبات الامتثال الخاصة بها [1].

من المهم أيضًا التفريق بين السلامة الصناعية والسلامة الدوائية. ذكر asparaginase class في الطب أو الحديث عن pegylated asparaginase لا يعني أن الإنزيم الصناعي صالح للحقن أو العلاج. أي استخدام بشري أو بيطري أو وريدي أو صيدلاني يتطلب منتجًا مرخصًا ومصممًا لهذا الغرض وتحت إشراف مختصين [4].

معلومات المنتج من Enzymes.bio

توفر Enzymes.bio منتج Asparaginase كمورّد عبر الإنترنت، وليست جهة مصنّعة وليست مختبرًا. يُباع المنتج مباشرة بوحدة 1kg، وتتم معالجة الطلب بعد الدفع الإلكتروني، وتُرفق مع الطلب وثائق CoA وSDS لدعم الاستلام والتعامل الداخلي.

هذه الصفحة موجهة لفرق البحث والتطوير، الجودة، وتطبيقات الأغذية التي تحتاج إلى فهم تقني لوظيفة L-asparaginase وحدود استخدامه. لا تعرض Enzymes.bio المنتج كـ l-asparaginase drug، ولا تقدّم إرشادات علاجية أو معلومات جرعات أو مقارنة أسعار لمستحضرات مثل peg asparaginase price؛ فهذه موضوعات تخص الأدوية المرخصة والأسواق الصيدلانية المنظمة [4].

Figure 8. Enzymes.bio는 아스파라기나아제를 1kg 단위로 온라인 공급하며, .주문 처리, 배송, 시험성적서 및 안전보건자료를 제공합니다

خلاصة تقنية

Asparaginase هو إنزيم محدد الوظيفة: يحوّل L-asparagine إلى L-aspartate، وبذلك يخفض أحد أهم مدخلات تكوّن الأكريلاميد في الأغذية المعرضة للحرارة. تكون أفضل قيمته في المنتجات النشوية والمخبوزات والمقليات والمحمصات عندما يُدمج قبل التسخين في مرحلة تسمح بالرطوبة والتلامس والوصول إلى الركيزة [3].

نجاح استخدام L-asparaginase لا يعتمد على اسم الإنزيم وحده، بل على توافقه مع المادة الخام والوصفة وتوقيت الإضافة وبنية المنتج. لذلك يُنظر إليه كأداة دقيقة ضمن برنامج أوسع لإدارة الأكريلاميد، وليس كبديل عن فهم السكريات المختزلة، الرطوبة، انتقال الحرارة، ونمط التصنيع [1].

أما المصطلحات الطبية مثل e coli asparaginase وerwinia asparaginase وpegylated asparaginase وasparaginase dose فهي مهمة علميًا وسريريًا، لكنها تخص مستحضرات دوائية مرخّصة ولا تنطبق على منتج إنزيمي صناعي أو تطبيقي. بالنسبة لعملاء Enzymes.bio، الرسالة الأساسية هي استخدام Asparaginase في نطاقه المناسب، مع الاعتماد على CoA وSDS المرفقتين ومعالجة المنتج ضمن نظام الجودة والسلامة الخاص بالمنشأة [5].

اطلب Asparaginase 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 Asparaginase →

المراجع

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

1. Chand, S., Mahajan, R. V., Prasad, J. P., Sahoo, D. K., Mihooliya, K. N., Dhar, M. S., & Sharma, G. (2020). A comprehensive review on microbial l-asparaginase: Bioprocessing, characterization, and industrial applications. *Biotechnology and applied biochemistry*, 67.

2. Shakambari, G., Ashokkumar, B., & Varalakshmi, P. (2019). L-asparaginase – A promising biocatalyst for industrial and clinical applications. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*.

3. Sajed, M., Ahmad, N., & Rashid, N. (2022). Temperature dependent autocleavage and applications of recombinant L-asparaginase from Thermococcus kodakarensis for acrylamide mitigation. *3 Biotech*, 12.

4. Hosseini, K., Zivari-Ghader, T., Akbarzadehlaleh, P., Ebrahimi, V., Sharafabad, B. E., & Dilmaghani, A. (2024). A Comprehensive Review of L-Asparaginase: Production, Applications and Therapeutic Potential in Cancer Treatment. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 60, 599 - 613.

5. Vagrecha, A., Tao, V., Corless, R., Colon, C., Redner, A., & Atlas, M. (2023). A comprehensive strategy to address shortage of Erwinia asparaginase in pediatric acute lymphoblastic leukemia. *Expert Review of Clinical Pharmacology*, 16, 763 - 769.

6. Corvello, E., Gambarato, B. C., Veríssimo, N. V. P., Rodrigues, T. Q. J., Pesconi, A. D. R., Carvalho, A. K. F., & Bento, H. (2025). Waste to Value: L-Asparaginase Production from Agro-Industrial Residues. *Processes*.

7. Sharma, D., & Mishra, A. (2023). Synergistic effects of ternary mixture formulation and process parameters optimization in a sequential approach for enhanced L-asparaginase production using agro-industrial wastes. *Environmental science and pollution research international*, 1-16.

8. Mousavi, S., Tariz, Y., Lagzian, M., & Mohammadi, M. (2025). Computer-aided evolution and experimental validation of a novel L-asparaginase from Bacillus sp. SD3 toward enhanced thermal stability.. *International Journal of Biological Macromolecules*, 146363.

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.