

# بكتيناز غذائي لتوضيح عصير التفاح وخفض اللزوجة: إنزيم لمعالجة العكارة وتحسين قابلية الترشيح

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

البكتيناز الغذائي هو إنزيم معالجة يُستخدم في عصير التفاح لتفكيك البكتين، وهو أحد أهم البوليسكريدات المسؤولة عن اللزوجة والعكارة وثبات الجسيمات الدقيقة. عند دمجها في عملية تصنيع مناسبة، يساعد على تحسين الصفاء، تسهيل الفصل والترشيح، وتقليل مقاومة الجريان دون أن يكون بديلاً عن خطوات السلامة أو التثبيت الحراري أو غير الحراري للمنتج النهائي<sup>[1]</sup>.

## ما هو البكتيناز الغذائي ولماذا يهم في عصير التفاح؟

البكتيناز ليس مادة نكهة ولا مادة حافظة، بل مساعد معالجة إنزيمي يستهدف مكونات بكتينية طبيعية تنتقل من جدران خلايا التفاح إلى العصير أثناء الطحن والعصر. في صناعة المشروبات، تُستخدم إنزيمات مثل البكتينازات والسليولازات والهيميسليولازات لتحسين استخلاص العصير، تقليل اللزوجة، وتسهيل إزالة المواد الغروية التي تعيق التوضيح والترشيح<sup>[2]</sup>.

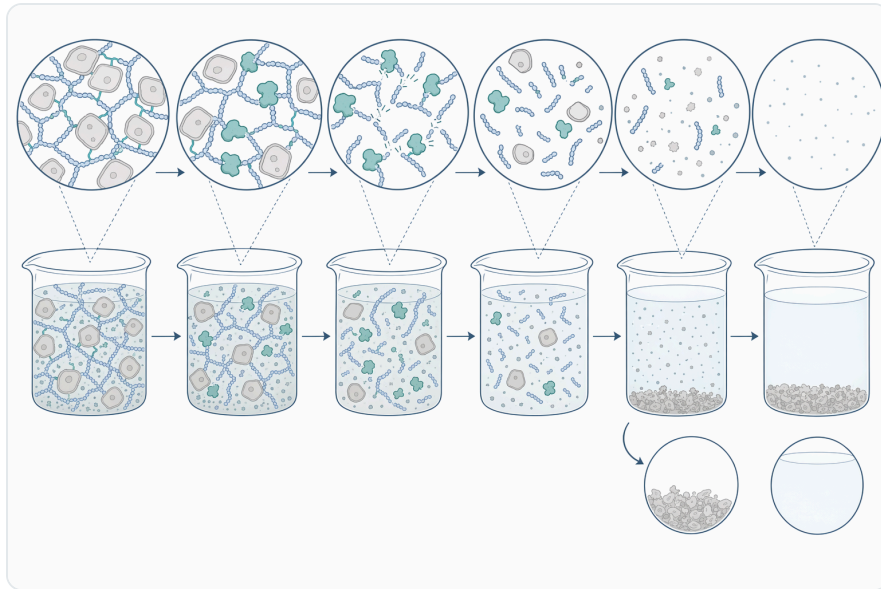
البكتين في التفاح يتكون أساساً من سلاسل غنية بوحدات حمض الغالاكتورونيك، مع درجات مختلفة من الأسترة والتفرع، ما يجعله قادراً على ربط الماء وتكوين وسط غروي يزيد اللزوجة ويثبت الجزيئات النباتية الدقيقة. عندما يبقى البكتين عالي الوزن الجزيئي في العصير، يصبح فصل العكارة أبطأ، ويزداد انسداد وسائط الترشيح، وقد يظهر العصير بمظهر ضبابي حتى بعد الترسيب الأولي<sup>[1]</sup>.

في هذا السياق، يعمل البكتيناز الغذائي لتوضيح عصير التفاح وخفض اللزوجة على تقطيع أو تعديل البكتين إلى أجزاء أصغر وأقل قدرة على تكوين الشبكات الغروية. النتيجة العملية المتوقعة ليست "تبييض" العصير أو تغيير هويته الحسية، بل تقليل العوائق الفيزيائية التي تمنع فصل العوالق وتحسين قابلية العصير للضح والترشيح ضمن خط إنتاج منظم<sup>[3]</sup>.

## آلية العمل: كيف يخفض البكتيناز العكارة واللزوجة؟

يمكن فهم العكارة البكتينية في عصير التفاح كشبكة دقيقة غير مرئية تمسك بالماء والجسيمات الصغيرة. هذه الشبكة ترفع مقاومة الجريان وتقلل احتمال تصادم الجسيمات وترسبها، لأن الوسط يصبح أكثر لزوجة والجزيئات تبقى مستقرة في حالة غروية. البكتيناز يضعف هذه الشبكة عبر تكسير الروابط داخل جزيئات البكتين أو تعديل مجموعاتها الكيميائية، فتفقد قدرتها على تثبيت العكارة<sup>[2]</sup>.

تشمل عائلة البكتينازات إنزيمات ذات وظائف مختلفة، مثل البوليغالاكتورونازات التي تكسر السلاسل البكتينية، والبكتين لياز أو بكتات لياز التي تؤثر في البنية البكتينية بآليات مختلفة، وإنزيمات إزالة الأسترة التي تغير شحنة البكتين وتفاعله مع الجسيمات والمعادن والبروتينات. في عصير التفاح، لا يهم الاسم التصنيفي وحده بقدر ما يهم التأثير الإجمالي: خفض حجم البكتين الفعال وتقليل قدرته على تكوين لزوجة ثابتة [1].



**Figure 1.** 식품 등급 펙티نا아제는 사과 펙틴을 더 짧은 수용성 조각으로 가수 분해하여 점도를 낮추고 청징을 촉진합니다

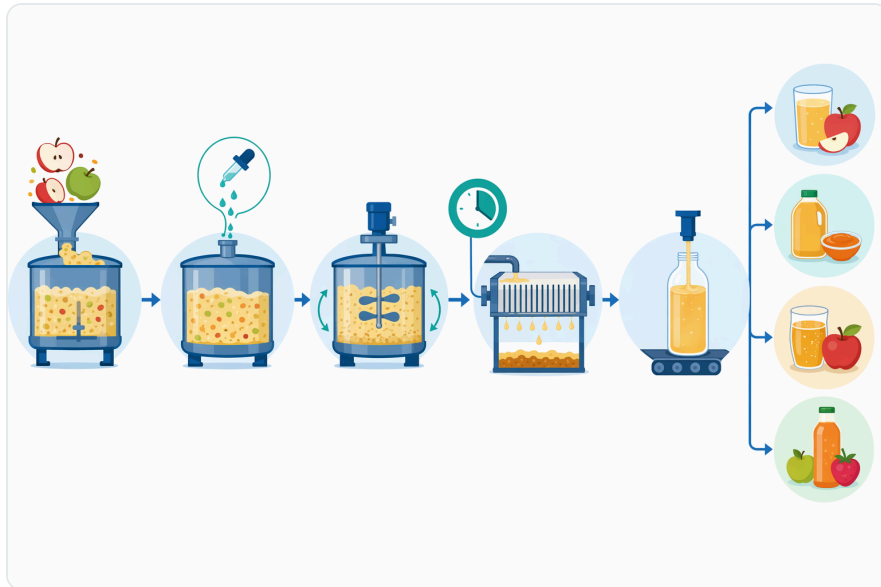
بعد تراجع اللزوجة، تصبح عمليات الفصل اللاحقة أكثر فعالية. فالترسيب يعمل بصورة أفضل عندما تستطيع الجزيئات الدقيقة أن تتقارب وتتجمع، والطرْد المركزي يكون أكثر كفاءة عندما تنخفض مقاومة السائل لحركة الجسيمات، والترشيح يتعرض لحمل أقل عندما لا تبقى شبكة البكتين ممسكة بجزيئات اللب الدقيقة. لذلك يرتبط استخدام البكتيناز عادة بخطوات فصل لاحقة، لا بالاكْتفاء بإضافة الإنزيم وحده [4].

## لماذا يسبب عصير التفاح تحديًا خاصًا في التوضيح؟

عصير التفاح الخام ليس محلولًا بسيطًا من السكريات والأحماض؛ بل يحتوي على بقايا خلايا نباتية، مواد بكتينية، بروتينات، مركبات فينولية، ونواتج أكسدة قد تسهم في العكارة أو اللون أو تفاعلات الترسيب. لذلك قد تكون العكارة في بعض الدُفعات ناتجة أساسًا عن البكتين، بينما تكون في دُفعات أخرى مرتبطة بتفاعل البروتينات والبولىفينولات أو بوجود جسيمات دقيقة مقاومة للفصل [5].

تختلف استجابة العصير للبكتيناز حسب صنف التفاح، النضج، ظروف التخزين، وطريقة الطحن. التفاح غير الناضج أو المخزن بطريقة تغير صلابة الأنسجة قد يعطي عصيرًا ذا سلوك غروي مختلف عن التفاح شديد النضج. كما أن الطحن العنيف قد يحرر مواد جدارية أكثر، فيزيد الحمل البكتيني ويجعل مرحلة المعالجة الإنزيمية أكثر أهمية قبل التوضيح النهائي [6].

تتأثر النتيجة كذلك بتسلسل العملية. إضافة البكتيناز في وقت يسمح له بالتلامس مع البكتين قبل الفصل عادة أكثر منطقية من إضافته بعد إزالة معظم المواد العالقة. ومع ذلك، يجب أن يتوافق توقيت الاستخدام مع هدف المنتج: عصير تفاح صافٍ، عصير عضوي، مركز عصير، أو مادة أولية للسايدر، لأن كل مسار إنتاجي يوازن بين الصفاء، اللون، النكهة، القابلية للترشيح، والاستقرار [6].



**Figure 2.** 사과 가공에서는 분쇄 후 펙티나아제를 첨가해 점도를 낮추고, 주스 추출을 개선하며, 여과를 빠르게 합니다

## الأدلة العلمية على استخدام البكتيناز في توضيح عصير التفاح

توجد أدلة مباشرة على أن البكتينازات التجارية تختلف في أنشطتها الإنزيمية وقدرتها على توضيح عصير التفاح، ما يؤكد أن "البكتيناز" ليس فئة متجانسة تمامًا من حيث الأداء. دراسة عن تحديد الأنشطة الإنزيمية لبكتينازات تجارية مخصصة لتوضيح عصير التفاح أوضحت أهمية ربط التركيب الإنزيمي بالتأثير التطبيقي، لأن إنزيمات مختلفة قد تعطي نتائج مختلفة في الصفاء وخفض البكتين [3].

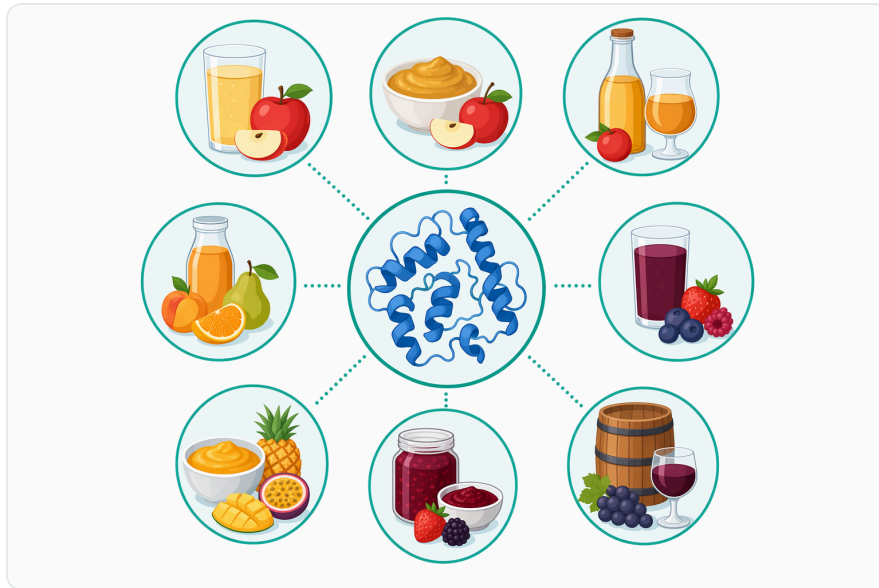
كما تدعم الدراسات التي تجمع بين أكثر من إنزيم فكرة أن العكارة في عصير التفاح ليست ببكتينية فقط. فقد بحثت دراسة عن التأثير التآزري لعدة إنزيمات في توضيح عصير التفاح، وهو ما ينسجم مع الواقع الصناعي: البكتيناز قد يكون الإنزيم المركزي لتفكيك البكتين، لكن وجود هيميسليلوز أو مكونات جدارية أخرى قد يجعل الإنزيمات المساندة مفيدة في بعض التركيبات [4].

وتناولت أبحاث أخرى نمذجة تحسين توضيح عصير التفاح باستخدام بكتيناز وزيلاناز مثبتين، ما يبرز اتجاهين مهمين: الأول هو أن البكتيناز عنصر أساسي في معالجة العكارة واللزوجة، والثاني أن تصميم العملية، وليس الإنزيم وحده، يحدد النتيجة النهائية. النمذجة في هذا النوع من الدراسات تساعد على فهم تفاعل عدة عوامل تشغيلية دون افتراض أن عاملًا واحدًا يفسر كل الأداء [7].

تدعم أبحاث البكتيناز المثبت أيضًا الفكرة الميكانيكية نفسها، حتى إن لم تكن كل خطوط العصير تستخدم إنزيمات مثبتة. فدراسة عن تثبيت البكتيناز على جسيمات مغناطيسية مغلقة بالكيوسان درست تطبيقه في توضيح عصير التفاح، وتُظهر أن تقليل البكتين يمكن ربطه بأنظمة معالجة مصممة للتحكم في التلامس والفصل وإعادة الاستخدام في البيئات البحثية أو التقنية [8].

## ماذا يحقق البكتيناز عمليًا في خط إنتاج عصير التفاح؟

أول نتيجة مستهدفة هي **تحسين الصفاء** عبر تقليل العكارة البكتينية. عندما تنكسر السلاسل البكتينية، يصبح العصير أقل قدرة على إبقاء الجسيمات معلقة، فتنحسر قابلية الفصل بالترسيب أو الطرد المركزي أو الترشيح. هذا لا يعني أن كل عكارة ستختفي، لكنه يعالج سببًا رئيسيًا من أسباب الضبابية في عصير التفاح [3].



**Figure 3.** 식품 등급 펙티나아제는 펙틴으로 인해 혼탁이나 높은 점도가 발생하는 과일 주스 및 과일 가공 분야 전반에 사용됩니다.

النتيجة الثانية هي **خفض اللزوجة**. اللزوجة ليست مجرد خاصية حسية؛ إنها عامل تشغيلي يؤثر في الضخ، انتقال الحرارة، أداء الفلاتر، وزمن المعالجة. في صناعة المشروبات، يُعد استخدام الإنزيمات المحللة للبوليسكريدات وسيلة شائعة لتحسين قابلية السوائل النباتية للمعالجة، خصوصًا عندما تكون الشبكات الجدارية مسؤولة عن مقاومة الجريان [2].

النتيجة الثالثة هي **تحسين قابلية الترشيح**. البكتين غير المفكك قد يكون طبقة هلامية أو شبه هلامية فوق وسائط الترشيح أو الأغشية، ما يرفع المقاومة ويؤدي إلى بطء الإنتاج. تقليل البكتين قبل الترشيح يساعد على جعل الحمل الغروي أخف، لكن أداء الترشيح النهائي يبقى مرتبطًا بنوع المرشح، حجم الجسيمات، وجود البروتينات والبوليفينولات، وترتيب خطوات ما قبل الترشيح [9].

النتيجة الرابعة هي **تحسين اتساق العملية بين الدُفَعَات**. لأن التفاح مادة زراعية متغيرة، قد تختلف كمية البكتين وسلوك العكارة من موسم لآخر. استخدام إنزيم بكتيناز غذائي ضمن إجراء مضبوط يساعد المصنع على تقليل أثر هذا التغير، مع بقاء الحاجة إلى ضبط العملية حسب خصائص العصير الفعلية وليس الاعتماد على افتراضات ثابتة [6]

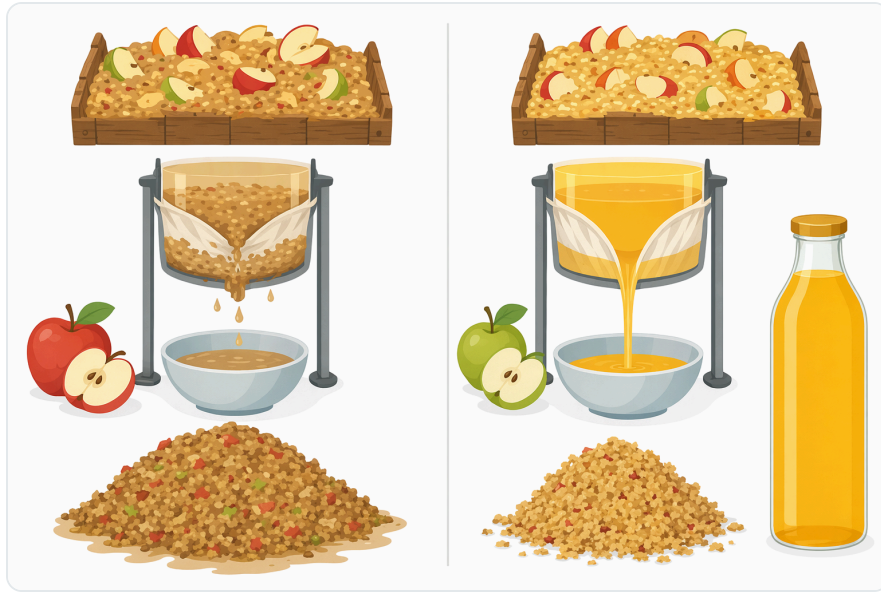
## مقارنة بين خيارات توضيح عصير التفاح

| خيار المعالجة                                  | الهدف الرئيسي                                 | نقاط القوة                                                               | القيود العملية                                                                | ملاءمته مع البكتيناز                                                                                  |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| البكتيناز الغذائي                              | تفكيك البكتين وخفض اللزوجة والعكارة الغروية   | يعالج سببًا جوهريًا من أسباب العكارة في عصير التفاح؛ يدعم الفصل والترشيح | لا يعالج وحده كل عكارة ناتجة عن بروتينات أو بوليفينولات أو جسيمات غير بكتينية | خطوة محورية قبل الفصل أو الترشيح في كثير من عمليات العصير [3]                                         |
| مزيج إنزيمي مثل بكتيناز مع إنزيمات جدارية أخرى | التعامل مع أكثر من مكون جدار الخلية           | قد يعطي تأثيرًا تآزريًا عندما تكون العكارة متعددة المصادر                | يحتاج إلى توافق مع هدف المنتج وتركيبه                                         | مناسب عندما لا يكون البكتين وحده سبب المشكلة [4]                                                      |
| الترشيح أو الترشيح الغشائي                     | إزالة الجسيمات والعوالق من العصير             | يعطي فصلًا فيزيائيًا مباشرًا ويمكن دمجه في خطوط صناعية                   | قد يتأثر بانسداد الأغشية أو ارتفاع الحمل الغروي                               | البكتيناز قد يقلل الحمل قبل الترشيح، بينما يمكن لبعض الأنظمة العمل دون معالجة إنزيمية حسب التصميم [9] |
| التوضيح بمواد أو مكونات مساعدة                 | تقليل العكارة أو التلون أو التفاعلات المؤكسدة | قد يستهدف بروتينات أو بوليفينولات أو مركبات لون                          | قد يغير خصائص حسية أو تركيبية حسب المادة والعملية                             | يُستخدم تكميليًا عندما تكون أسباب العكارة غير بكتينية جزئيًا [5]                                      |

توضح المقارنة أن البكتيناز ليس منافسًا دائمًا للترشيح أو الطرد المركزي، بل غالبًا خطوة تمهيدية تجعل هذه العمليات أسهل. كما أن وجود بدائل أو خطوات مساعدة لا يقلل أهمية البكتيناز؛ بل يضعه في مكانه الصحيح ضمن نظام توضيح متكامل يبدأ بتفكيك السبب الغروي ثم يفصل النواتج والجسيمات بطريقة مناسبة [7].

## البكتيناز والإنزيمات المساندة: متى يكون التأثير التآزري مهمًا؟

في بعض عصائر التفاح، لا يكون البكتين هو المكون الجداري الوحيد المؤثر. قد تسهم الهيميسليلوزات أو المكونات المرتبطة باللب في رفع العكارة أو جعل الجسيمات أكثر مقاومة للفصل. لذلك بحثت دراسات الجمع بين إنزيمات متعددة في توضيح عصير التفاح، ووجدت أن التآزر يمكن أن يكون مهمًا عندما تستهدف الإنزيمات مكونات مختلفة من بنية الخلية النباتية [4].



**Figure 4.** 고온 처리를 많이 필요로 하는 침전이나 여과만으로는 어려운 공정에 비해, 펙티나아제 처리는 사과 주스를 더 빠르게 청징하고 점도를 낮춥니다.

زيلانا ز مثال واضح على إنزيم مساعد محتمل، لأنه يستهدف بعض الهيميسليلوزات التي قد تبقى مع مواد جدار الخلية. وقد درست أبحاث توضيح عصير التفاح باستخدام بكتيناز وزيلانا مثبتين، كما بحثت أعمال أحدث تحسين ثبات زيلانا حمضي لتسهيل تطبيقه في توضيح عصير التفاح. هذه الدراسات لا تجعل الزيلانا بديلاً عن البكتيناز، لكنها تشير إلى أن تصميم خليط إنزيمي قد يكون مفيداً في حالات معينة [10].

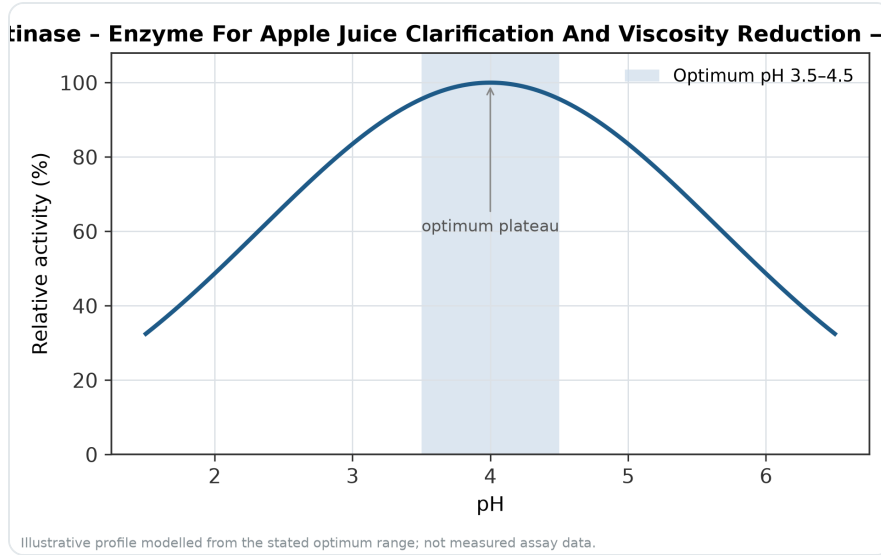
رغم ذلك، يجب تجنب افتراض أن المزيد من الإنزيمات يعني دائماً نتيجة أفضل. فكل إنزيم يغير مكوناً محدداً، وقد يؤثر ذلك في اللزوجة، الترشيح، إطلاق المركبات الذائبة، أو توازن العكارة. لذلك يبقى البكتيناز هو الاختيار الأساسي عندما تكون المشكلة مرتبطة بالبكتين، بينما تُفهم الإنزيمات المساندة كأدوات اختيارية حسب تركيب العصير والنتيجة المطلوبة [11].

## تطبيقات البكتيناز في منتجات التفاح المختلفة

### عصير التفاح الصافي

في عصير التفاح الصافي، يكون الهدف البصري والتشغيلي واضحاً: تقليل العكارة والوصول إلى سائل قابل للترشيح والتعبئة بثبات مقبول. هنا يظهر دور البكتيناز بوضوح، لأنه يستهدف البكتين الذي يمنع الجسيمات من التجمع والترسب. الأدبيات المتعلقة بالبكتينازات التجارية في توضيح عصير التفاح تدعم هذا الاستخدام مباشرة [3].

يُدمج البكتيناز عادة قبل خطوة التوضيح النهائية، بحيث تُمنح المادة البكتينية فرصة للتحلل قبل إزالة الرواسب. وبعد ذلك تُستخدم خطوات فصل مناسبة لإزالة الجزيئات غير الذائبة ونواتج التجمع. هذه العلاقة بين المعالجة الإنزيمية والفصل الفيزيائي هي جوهر التطبيق الصناعي، لأن الإنزيم يغيّر قابلية العصير للفصل ولا يقوم بعملية الترشيح نفسها [7].



**Figure 5.** pH에 따른 식품 등급 펙티나아제(사과 주스 청징 및 점도 감소용 효소)의 상대 활성으로, pH 3.5~4.5에서 최적 활성 구간을 보여줍니다

## مركز عصير التفاح

في إنتاج مركز عصير التفاح، تصبح اللزوجة وقابلية الترشيح أكثر حساسية لأن العصير سيخضع لاحقًا لخطوات فصل وتركيز. أي حمل بكتيني مرتفع قبل التركيز قد يزيد صعوبة الضخ والتبادل الحراري ويؤثر في كفاءة العملية. لذلك يكون خفض البكتين قبل المراحل النهائية أداة مهمة لتحسين قابلية التشغيل، مع ضرورة توافق العملية مع متطلبات اللون والطعم والاستقرار [2].

كما أن الأغشية أو أنظمة الترشيح المستخدمة في بعض عمليات العصير قد تتأثر بدرجة كبيرة بالمواد الغروية. تشير دراسة عن الترشيح الميكروي المتقاطع لعصير التفاح دون معالجة إنزيمية مسبقة إلى أن تصميم نظام الترشيح يمكن أن يحقق توضيحًا بوسائل فيزيائية، لكنه يظل حساسًا لنمط التشغيل والحمل الغروي. لذلك يمكن النظر إلى البكتيناز كخيار لتحسين قابلية العصير للترشيح في خطوط تعتمد على تقليل البكتين قبل الفصل [9].

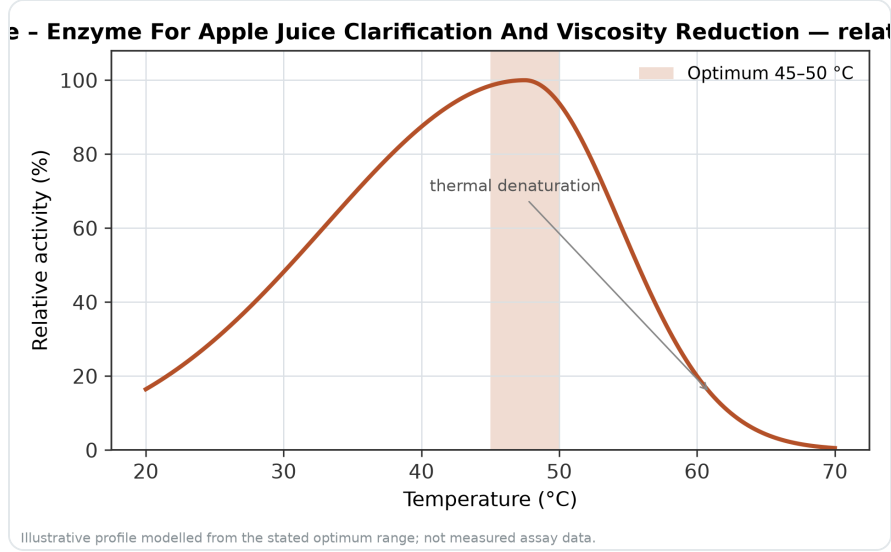
## السايدر والمشروبات المخمرة من التفاح

في السايدر، لا ينحصر القرار في الصفاء فقط، لأن توضيح العصير قبل التخمير قد يؤثر في العناصر الغذائية المتاحة للخميرة وفي مسار التخمير. استخدام البكتيناز قد يساعد على فصل الرواسب وتحضير عصير أكثر انتظامًا، لكنه يجب أن ينسجم مع أسلوب المنتج النهائي، سواء كان السايدر صافياً أو ذا طابع طبيعي أقل ترشيحًا [6].

كما أن تغيير العكارة قبل التخمير قد يغير تفاعلات المركبات الفينولية والبروتينية أو محتوى المواد القابلة للترسيب. لذلك ينبغي فهم البكتيناز في السايدر كأداة للتحكم في المادة الأولية، لا كخطوة تجميلية فقط. هذا مهم خصوصًا عندما يسعى المنتج إلى توازن بين الصفاء، الرائحة، بنية الفم، واستقرار المشروب بعد التخمير [5].

## حدود استخدام البكتيناز: ما الذي لا يفعله الإنزيم؟

البكتيناز لا يعقم العصير ولا يحل محل البسترة أو تقنيات الحفظ. وظيفته الأساسية هي تفكيك البكتين وتسهيل الفصل، بينما تتطلب السلامة الميكروبية والتحكم في التلف خطوات معالجة مستقلة. مراجعات تقنيات معالجة الأغذية غير الحرارية تؤكد أن الحفظ يعتمد على آليات تستهدف الميكروبات والإنزيمات المسببة للتدهور، وهي أهداف مختلفة عن خفض اللزوجة البكتينية<sup>[11]</sup>.



**Figure 6.** 온도에 따른 식품 등급 펙티나아제(사과 주스 청징 및 점도 감소용 효소)의 상대 활성으로, 45~50°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타납니다

كما أن البكتيناز لا يزيل كل أسباب العكارة. إذا كانت الضبابية ناتجة من معقدات بروتين-بوليفينول، أو من أكسدة فينولية، أو من جسيمات دقيقة غير مرتبطة بالبكتين، فقد يحتاج خط الإنتاج إلى خطوات إضافية أو تصميم توضيح مختلف. دراسة عن تأثير معزولات بروتين مصّل اللين في تثبيط الاسمرار وتوضيح عصير التفاح تبرز أن اللون والعكارة قد يرتبطان بمسارات كيميائية غير بكتينية أيضًا<sup>[5]</sup>.

ولا ينبغي النظر إلى البكتيناز كوسيلة لتصحيح مواد خام سيئة أو عمليات عصر غير ملائمة. فإذا كان التفاح متضررًا أو مؤكسدًا بشدة، أو إذا كانت خطوة الطحن تولد حملاً زائدًا من الجسيمات الدقيقة، فقد تتحسن اللزوجة جزئيًا دون الوصول إلى صفاء نهائي مرضٍ. الإنزيم يعمل على ركيزة محددة، لكن جودة المنتج النهائي تعتمد على سلسلة التصنيع كاملة<sup>[6]</sup>.

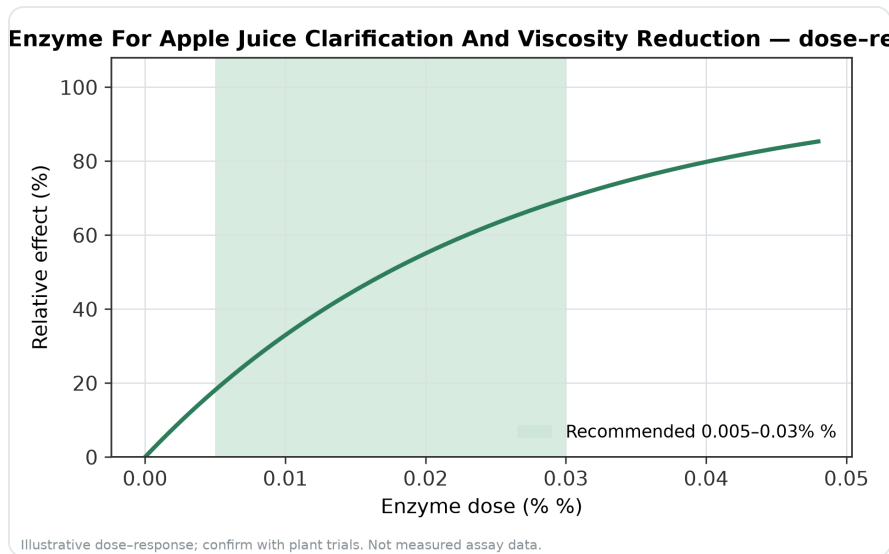
## اعتبارات تشغيلية عامة دون افتراضات ثابتة

تؤثر الحموضة الطبيعية لعصير التفاح وتركيبه السكري والفينولي في أداء الإنزيم، كما يؤثر زمن التلامس وتسلسل الخط وكمية المواد الصلبة العالقة. لذلك تُفهم المعالجة بالبكتيناز كجزء من نافذة تشغيلية يحددها نوع العصير والهدف النهائي، وليس كخطوة ميكانيكية تعطي النتيجة نفسها في كل الحالات. الدراسات التطبيقية على

توضيح عصير التفاح باستخدام إنزيمات حرة أو مثبتة تؤكد أهمية تحسين شروط العملية بدل الاكتفاء باسم الإنزيم [7]

وجود اللب الناعم والجسيمات الدقيقة مهم أيضًا. إذا كان العصير محملاً بكمية كبيرة من مواد الخلية، فقد يحتاج إلى ترتيب فصل مناسب بعد التحلل الإنزيمي حتى لا تبقى النواتج والجسيمات في السائل. أما إذا كانت المشكلة الأساسية ارتفاع اللزوجة مع عكارة محدودة، فقد يكون تأثير البكتيناز أكثر وضوحًا في قابلية الضخ والترشيح من التغيير البصري الفوري [4].

ينبغي كذلك الانتباه إلى أن بعض العمليات الحديثة قد تعتمد على الترشيح المتقاطع أو أنظمة فصل قادرة على توضيح العصير دون معالجة إنزيمية مسبقة. هذا لا يلغي دور البكتيناز، لكنه يعني أن القرار التقني يجب أن يوازن بين طبيعة العصير، حساسية الأغشية للانسداد، متطلبات الصفاء، وتكامل الخط. الأدبيات حول الترشيح الميكروي لعصير التفاح دون إنزيمات توضح أن الفصل الفيزيائي يمكن أن يكون فعالاً عند تصميمه وتشغيله بصورة مناسبة [9].



**Figure 7.** 권장 사용 범위(0.005~0.03%)에서 식품 등급 펙티나아제(사과 주스 청징 및 점도 감소용 효소)의 용량-반응 관계를 예시적으로 보여줍니다

## جودة المنتج ووثائق الاستخدام

بالنسبة للمستخدم الصناعي، تُعد وثائق المنتج جزءًا من التعامل المسؤول مع الإنزيمات الغذائية. شهادة التحليل تساعد على ربط الدفعة التجارية بالموصفات المعلنة، ونشرة بيانات السلامة تساعد فرق التشغيل والسلامة على فهم متطلبات التخزين والتداول والحماية المهنية. عند شراء المنتج من Enzymes.bio، تُرفق وثيقتنا **CoA** و **SDS** مع الطلب.

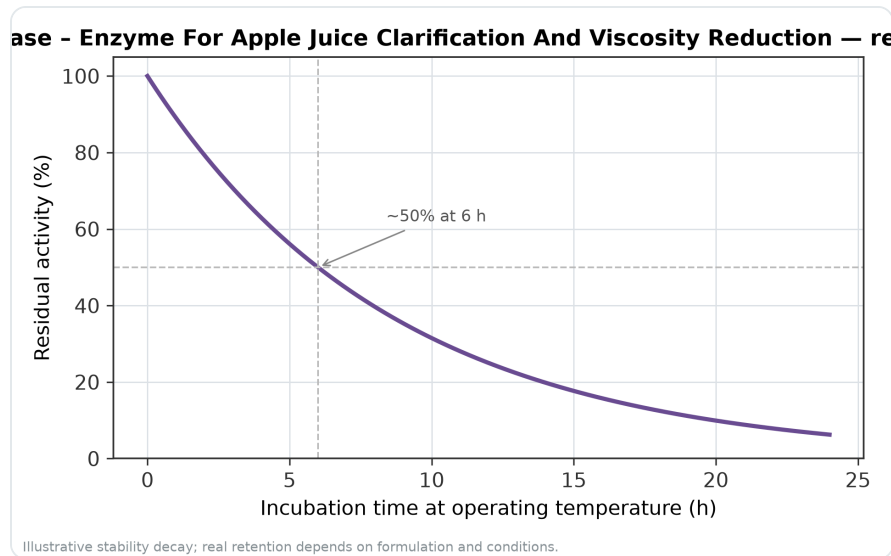
من المهم أيضًا التعامل مع الإنزيم كبروتين نشط قد يسبب حساسية تنفسية أو تهيجًا عند سوء التعامل مع المساحيق أو الرذاذ، حتى عندما يكون مخصصًا للاستخدام الغذائي. لذلك يجب اتباع ممارسات السلامة الداخلية في المنشأة والرجوع إلى نشرة بيانات السلامة المرفقة مع الطلب، خاصة في مناطق الوزن، الإضافة، والتنظيف

الجاف أو الرطب.

ولا تقدم هذه الوثيقة ادعاءات تصنيع خاصة أو بيانات أداء مخصصة لدفعة بعينها؛ فهي تشرح الأساس العلمي والتطبيقي لفئة البكتيناز في توضيح عصير التفاح وخفض اللزوجة. الأداء الفعلي في خط الإنتاج يعتمد على تركيب العصير، نقطة الإضافة، تصميم الفصل، وطريقة تثبيت المنتج النهائي.

## دور Enzymes.bio كمورّد

تقدم Enzymes.bio هذا المنتج كمورّد إنزيمات غذائية عبر الإنترنت، وليست جهة تصنيع ولا مختبر تطوير أو اختبار. لذلك يركز وصف المنتج على الاستخدام التقني للبكتيناز في معالجة عصير التفاح، مع تجنب تقديم شروط تشغيل مخصصة أو بيانات تصنيع لا تخص دور المورّد.



**Figure 8.** 식품 등급 펙티나아제(사과 주스 청징 및 점도 감소용 효소)의 열 안정성 감소를 예시적으로 보여주며, 운전 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다

يباع المنتج مباشرة عبر الإنترنت بوحدة 1 كغ، وتتم معالجة الطلب بعد الدفع الإلكتروني وفق إجراءات المتجر. وتُرفق مع الطلب وثائق CoA و SDS لدعم فرق الجودة والسلامة والتشغيل في استخدام المنتج ضمن بيئة تصنيع غذائي مسؤولة.

## خلاصة تقنية

البكتيناز الغذائي لتوضيح عصير التفاح وخفض اللزوجة يعالج سببًا رئيسيًا من أسباب العكارة وصعوبة الترشيح: البكتين عالي التأثير الغروي. عبر تفكيك هذا المكوّن، يصبح العصير أقل لزوجة وأكثر قابلية للفصل، ما يدعم إنتاج عصير تفاح صافٍ أو مركز أو مادة أولية أكثر انتظامًا للمشروبات المخمرة [3].

الأدلة المنشورة تدعم استخدام البكتيناز في توضيح عصير التفاح، كما تدعم دراسات الإنزيمات المتعددة والترشيح الغشائي فكرة أن أفضل النتائج تأتي من دمج المعالجة الإنزيمية مع تصميم فصل مناسب. ومع ذلك، يبقى البكتيناز أداة لمعالجة البكتين وليس بديلاً عن خطوات السلامة، الحفظ، أو التحكم في العكارة غير البكتينية<sup>[4]</sup>.

عند استخدامه ضمن عملية متكاملة، يوفر البكتيناز وسيلة عملية لتحسين الصفاء، خفض اللزوجة، وتقليل صعوبات الترشيح في عصير التفاح. وتقدمه Enzymes.bio كمورد عبر الإنترنت بوحدة 1 كغ، مع إرفاق CoA و SDS مع الطلب لدعم الاستخدام المهني المنظم.

## اطلب Food-Grade Pectinase – Enzyme For Apple Juice Clarification And Viscosity Reduction 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 Food-Grade Pectinase – Enzyme For Apple Juice Clarification And Viscosity Reduction →

## المراجع

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

1. Souza, T. D., & Kawaguti, H. (2021). Cellulases, Hemicellulases, and Pectinases: Applications in the Food and Beverage Industry. *Food and Bioprocess Technology*, 14, 1446 - 1477
2. Uzuner, S., & Cekmecelioglu, D. (2019). Enzymes in the Beverage Industry. *Enzymes in Food Biotechnology*
3. Ceci, L., & Lozano, J. E. (1998). Determination of enzymatic activities of commercial pectinases for the clarification of apple juice. *Food Chemistry*, 61, 237-241
4. Padma, P., Sravani, P., Mishra, P., Sneha, N., & Anuradha, K. (2017). Synergistic Effect of Multiple Enzymes on Apple Juice Clarification. *Indian journal of science and technology*, 10, 1-5
5. Yi, J., & Ding, Y. (2018). Dual effects of whey protein isolates on the inhibition of enzymatic browning and clarification of apple juice. *Czech Journal of Food Sciences*, 32, 601-609
6. Lauret, R., Sartori, M., Imaizumi, V. M., Brunelli, L. T., & Filho, W. G. V. (2018). ORGANIC APPLE JUICE CLARIFICATION: PHYSICO-CHEMICAL AND SENSORY EVALUATION. *Boletim Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*
7. Hassan, S., Williams, G. A., & Jaiswal, A. K. (2020). Computational modelling approach for the optimization of apple juice clarification using immobilized pectinase and xylanase enzymes. *Current Research in Food Science*, 3, 243 - 255

- Nouri, M., & Khodaiyan, F. (2020). Green synthesis of chitosan magnetic nanoparticles and their application with poly-aldehyde kefiran cross-linker to immobilize pectinase enzyme. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 29, 101681
- Khan, F. (2015). Optimal clarification of apple juice using crossflow microfiltration without enzymatic pre-treatment under different operation modes
- Li, Q., Qin, C., Chen, X., Hu, K., Jian-Li, Liu, A., & Liu, S. (2024). Enhancing the acid stability of the recombinant GH11 xylanase xynA through N-terminal substitution to facilitate its application in apple juice clarification. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131857
- Chacha, J. S., Zhang, L., Ofoedu, C., Suleiman, R., Dotto, J. M., Roobab, U., Agunbiade, A. O., ... et al. (2021). Revisiting Non-Thermal Food Processing and Preservation Methods—Action Mechanisms, Pros and Cons: A Technological Update (2016–2021). *Foods*, 10

## 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 باحثيون جامعيون

+400 عملاء B2B

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