

# Neutral Pectinase E3100 cho ngành giấy: enzyme pectinase trung tính hỗ trợ kiểm soát pectin, DCS và xử lý bột giấy

Nhóm Nghiên cứu Enzymes.bio · Wellington, New Zealand · June 20, 2026

**Industrial Grade Neutral Pectinase E3100** là enzyme pectinase trung tính do Enzymes.bio cung cấp cho ứng dụng giấy và bột giấy, với vai trò chính là phân giải pectin và các chất pectic có thể gây nhiễu trong huyền phù bột. Trong thực tế vận hành, enzyme này phù hợp nhất khi được xem như công cụ hỗ trợ kiểm soát chất hòa tan/keo liên quan đến pectin, cải thiện độ sạch hệ thống và tạo điều kiện thuận lợi hơn cho xử lý bột, thoát nước hoặc các bước công nghệ tiếp theo.

Pectinase không phải là chất tẩy trắng chính, không phải enzyme phân hủy lignin chủ đạo và cũng không thay thế toàn bộ phụ gia hóa học trong nhà máy giấy. Giá trị kỹ thuật của Neutral Pectinase E3100 nằm ở tính chọn lọc với pectin: nó làm thay đổi cấu trúc “chất keo thực vật” trong nguyên liệu sợi, nhờ đó giảm một nhóm thành phần có thể ảnh hưởng đến điện tích, khả năng thoát nước và tương tác phụ gia trong hệ giấy <sup>[1]</sup>.

## Neutral Pectinase E3100 là gì trong bối cảnh giấy và bột giấy?

Neutral Pectinase E3100 là chế phẩm enzyme pectinase cấp công nghiệp được định vị cho ngành giấy, được bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg trên Enzymes.bio. Enzymes.bio là **nhà cung cấp**, không phải nhà sản xuất hay phòng thí nghiệm phát triển enzyme; CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng để hỗ trợ người dùng về thông tin chất lượng và an toàn ở mức tài liệu sản phẩm.

Về bản chất sinh hóa, pectinase là nhóm enzyme xúc tác phân giải pectin và các chất pectic — các polysaccharide phức tạp hiện diện trong thành tế bào thực vật và vùng liên kết giữa các tế bào sợi. Pectin có thể bị biến đổi về khối lượng phân tử, mức độ phân nhánh, trạng thái gel/keo và tính lưu biến khi chịu tác động của các quá trình phân cắt polymer, điều này giải thích vì sao pectinase có thể làm thay đổi hành vi của pectin trong hệ nước-sợi <sup>[2]</sup>.

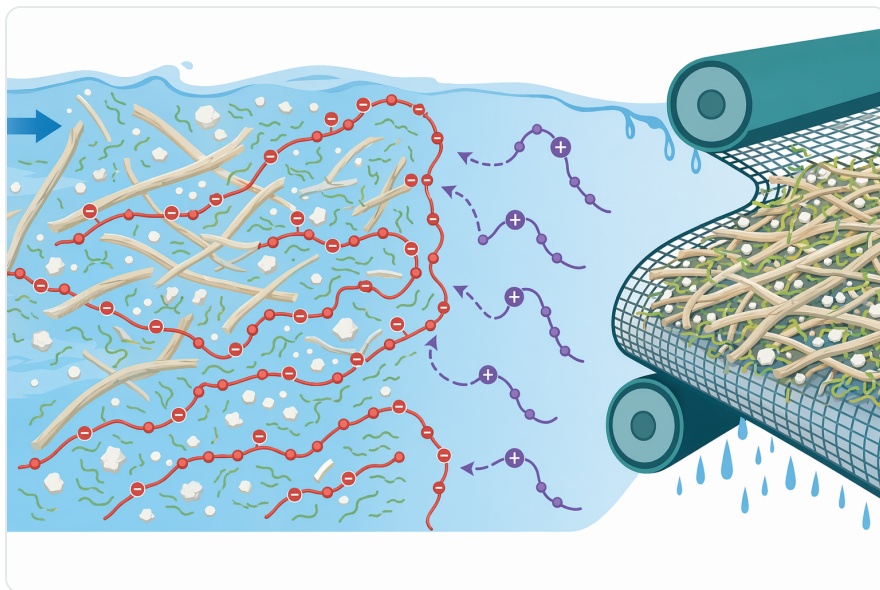
Trong nguyên liệu lignocellulose dùng cho giấy — như gỗ, bã mía, rơm rạ, sợi phi gỗ hoặc giấy tái chế có nguồn gốc thực vật — pectin không phải thành phần chính như cellulose, nhưng có thể đóng vai trò đáng kể ở bề mặt sợi, vùng middle lamella và pha nước tuần hoàn. Các tổng quan về tiền xử lý

lignocellulose nhấn mạnh rằng cấu trúc sinh khối thực vật là hệ phức hợp gồm cellulose, hemicellulose, lignin và các thành phần phụ; việc phá vỡ có chọn lọc các rào cản này có thể cải thiện khả năng tiếp cận sợi trong các bước xử lý tiếp theo <sup>[3]</sup>.

Điểm quan trọng là “pectinase trung tính” không nên được hiểu đơn giản là một hóa chất xử lý mạnh. Trong ứng dụng giấy, nó hoạt động như chất xúc tác sinh học: tham gia phản ứng với cơ chất pectin, làm giảm kích thước hoặc thay đổi đặc tính keo của chất pectic, nhưng không được thiết kế để tấn công toàn bộ nền cellulose hay thay thế các enzyme khác như xylanase, cellulase hoặc laccase .

## Vì sao pectin là vấn đề trong sản xuất giấy?

Trong dây chuyền giấy, các chất có nguồn gốc từ pectin có thể đi vào huyền phù bột, nước trắng và vòng tuần hoàn nước dưới dạng chất hòa tan hoặc chất keo. Nhóm này thường được thảo luận cùng các thành phần gây nhiễu khác như hemicellulose hòa tan, chất chiết, sáp, nhựa, fines và các hạt keo nhỏ; chúng có thể làm thay đổi cân bằng điện tích và ảnh hưởng đến hiệu quả của chất trợ lưu, chất độ, keo nội bộ hoặc polymer cationic <sup>[4]</sup>.



**Figure 1.** 용해된 펙틴성 고분자는 이러한 첨가제가 섬유, 미세분, 충전제와 상호작용하기 전에 양이온성 습부 첨가제를 소모할 수 있다.

Pectin đặc biệt đáng chú ý vì nó có bản chất ưa nước và có thể tạo hệ keo trong môi trường nước. Khi polymer pectin tồn tại ở dạng hòa tan hoặc phân tán keo, nó có thể đóng góp vào “dissolved and colloidal substances” — thường gọi là DCS — làm tăng tải chất hữu cơ trong nước trắng và gây khó dự đoán cho tương tác phụ gia. Trang sản phẩm E3100 mô tả enzyme này theo hướng hỗ trợ phân giải pectin trong huyền phù bột, qua đó nhằm đến việc giảm nhiễu do pectin và cải thiện vận hành hệ giấy .

Ở cấp độ sợi, pectin có thể được hình dung như một phần của “chất keo thực vật” giúp duy trì cấu trúc mô. Khi nguyên liệu được nghiền, nấu, tái huyền phù hoặc xử lý cơ học, một phần pectin và chất pectic có thể thoát ra khỏi nền sợi. Nghiên cứu về pectin trong các hệ thực vật khác cho thấy thay đổi cấu trúc pectin có thể ảnh hưởng rõ đến tính chất vật lý, độ nhớt và hành vi của pha pulp, củng cố nhận định rằng pectin không chỉ là thành phần phụ thụ động [5].

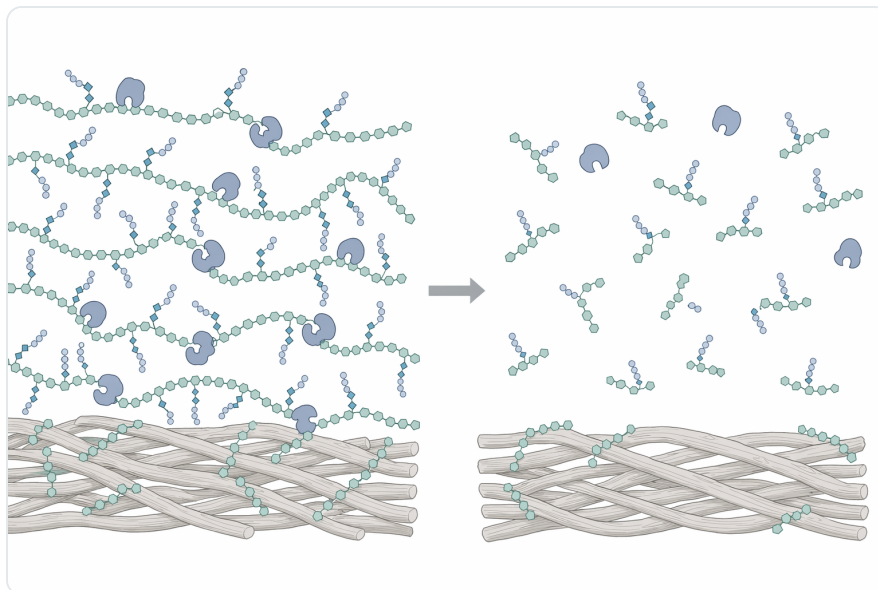
Trong thực tế nhà máy, vấn đề không nằm ở sự hiện diện tuyệt đối của pectin, mà ở mức độ pectin tham gia vào hệ keo và điện tích. Nếu lượng pectin hòa tan/keo cao, hệ thống có thể cần nhiều phụ gia cationic hơn để ổn định điện tích; hiệu quả thoát nước, giữ xơ mịn hoặc giữ chất độn có thể biến động. Vì vậy, pectinase được dùng như một công cụ xử lý nguyên nhân sinh học-keo học thay vì chỉ bổ sung thêm hóa chất để “đè” hiện tượng [1].

## Cơ chế hoạt động của pectinase trung tính trong huyền phù bột

Pectin là polymer giàu đơn vị acid galacturonic, có thể chứa nhóm methyl ester và các nhánh đường trung tính tùy nguồn thực vật. Các nhóm enzyme trong họ pectinase có thể cắt mạch pectin hoặc biến đổi nhóm ester, khiến polymer dài bị chuyển thành đoạn ngắn hơn, giảm khả năng tạo gel/keo và thay đổi tương tác với bề mặt sợi hoặc ion trong nước [2].

Trong bột giấy, cơ chế này có thể được mô tả theo ba tầng. Tầng thứ nhất là **giảm kích thước phân tử của pectin**: khi mạch pectin bị cắt, độ nhớt và khả năng tạo mạng keo có thể giảm. Tầng thứ hai là **giải phóng hoặc làm lỏng lớp pectic trên bề mặt sợi**: lớp này nếu tồn tại trên bề mặt có thể cản trở tiếp xúc giữa sợi với hóa chất hoặc tác động cơ học. Tầng thứ ba là **giảm ảnh hưởng của pectin trong pha nước**, giúp hệ keo ít gây nhiễu hơn đối với phụ gia cationic [1].

Cần phân biệt cơ chế pectinase với xylanase hoặc laccase. Xylanase nhắm vào xylan/hemicellulose và thường được thảo luận trong bối cảnh hỗ trợ tẩy trắng kraft hoặc cải thiện khả năng loại lignin gián tiếp; laccase và các enzyme ligninolytic liên quan đến phản ứng oxy hóa hợp chất phenolic/lignin. Pectinase thì khác: nó tập trung vào pectin và chất pectic, nên lợi ích thường thể hiện ở kiểm soát DCS, bề mặt sợi và khả năng tiếp cận hơn là tẩy lignin trực tiếp [6].



**Figure 2.** 중성 펙티나아제는 전하를 띤 긴 펙틴성 고분자를 양이온 요구량에 미치는 영향이 더 낮은 짧은 조각으로 절단하여 펙틴 관련 간섭을 줄인다.

Tính “trung tính” của E3100 có ý nghĩa thực dụng: nhiều hệ xử lý bột và nước trắng trong papermaking vận hành quanh vùng pH trung tính hoặc gần trung tính. Một enzyme được định vị cho điều kiện trung tính sẽ dễ tích hợp hơn vào các điểm bổ sung trong dây chuyền mà không đòi hỏi thay đổi lớn về pH chỉ để kích hoạt enzyme, dù hiệu quả thực tế vẫn phụ thuộc nhiệt độ, thời gian lưu, nguyên liệu và hóa chất đang có trong hệ .

## Bảng chứng nghiên cứu liên quan đến pectinase trong bột giấy

Nguồn bằng chứng trực tiếp nhất cho ứng dụng pectinase trong giấy là nghiên cứu về xử lý bã mía bằng pectinase trước pulping. Nghiên cứu này khảo sát ảnh hưởng của pectinase đến tính chất nấu bột và hình thái sợi bã mía, cho thấy tiền xử lý enzyme có thể làm thay đổi thành phần và cấu trúc sợi theo hướng có lợi cho quá trình sản xuất bột trong điều kiện được thử nghiệm <sup>[1]</sup>.

Kết quả đáng chú ý của nghiên cứu bã mía là pectinase không hoạt động như một enzyme “ăn cellulose” không chọn lọc. Tác động chính được mô tả nằm ở việc loại bỏ hoặc làm suy giảm một phần pectin và các thành phần liên quan trên nguyên liệu, dẫn đến thay đổi hình thái bề mặt sợi và khả năng xử lý trong bước pulping tiếp theo. Điều này phù hợp với logic công nghệ: loại bỏ lớp pectic có thể giúp hóa chất nấu hoặc tác động cơ học tiếp cận cấu trúc sợi tốt hơn <sup>[1]</sup>.

Bảng chứng này đặc biệt hữu ích cho các nguyên liệu phi gỗ như bã mía, rơm rạ hoặc một số nguồn sợi nông nghiệp, vì nhóm nguyên liệu này thường có cấu trúc và thành phần phụ khác với gỗ. Các tổng quan về tiền xử lý sinh khối lignocellulose nhấn mạnh rằng mỗi nguồn nguyên liệu có mức độ khó xử lý

riêng do khác biệt về lignin, hemicellulose, chất chiết và các thành phần phụ; do đó enzyme tiền xử lý cần được hiểu trong bối cảnh nguyên liệu cụ thể [7].

Ngoài pectinase đơn lẻ, nhiều nghiên cứu trong lĩnh vực bột giấy quan tâm đến “cocktail enzyme” — phối hợp xylanase, cellulase, pectinase hoặc enzyme khác để tác động lên nhiều hàng rào sinh học cùng lúc. Nghiên cứu về sản xuất lignocellulosic nanofibrils bằng xử lý enzyme hỗn hợp cho thấy cách phối hợp enzyme có thể hỗ trợ giảm cường độ xử lý cơ học và cải thiện khả năng tách sợi ở vật liệu lignocellulose, dù không thể quy toàn bộ hiệu quả cho riêng pectinase [8].

Trong biobleaching, xylanase là enzyme được nghiên cứu rộng hơn pectinase vì vai trò của xylan trong liên kết với lignin và khả năng hỗ trợ loại bỏ lignin gián tiếp. Tổng quan về xylanase nắm cho thấy enzyme này có tiềm năng trong tẩy sinh học kraft và bột phi gỗ, nhất là khi mục tiêu là giảm tải hóa chất tẩy hoặc cải thiện độ sáng trong một số hệ [6]. Pectinase nên được đặt đúng vị trí: hỗ trợ xử lý pectin và bề mặt sợi, không phải thay thế enzyme chuyên biệt cho xylan hoặc lignin.

So sánh pectinase với các enzyme giấy–bột giấy thường gặp

| Nhóm enzyme                      | Cơ chất chính trong bột giấy                                      | Vai trò kỹ thuật thường gặp                                                                                   | Điểm khác biệt so với Neutral Pectinase E3100                                                              |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pectinase                        | Pectin, chất pectic, lớp keo thực vật trên/bên trong cấu trúc sợi | Hỗ trợ giảm chất keo liên quan pectin, cải thiện độ sạch hệ bột, hỗ trợ xử lý bề mặt sợi                      | E3100 thuộc nhóm này; phù hợp khi mục tiêu là kiểm soát pectin/DCS hơn là tẩy lignin trực tiếp             |
| Xylanase                         | Xylan và một phần hemicellulose                                   | Hỗ trợ biobleaching, cải thiện khả năng tiếp cận lignin và giảm tải hóa chất tẩy trong một số hệ kraft/phi gỗ | Tác động vào hemicellulose, không phải pectin; bằng chứng biobleaching của xylanase rộng hơn pectinase [6] |
| Cellulase/hemicellulase phối hợp | Cellulose vô định hình, hemicellulose hoặc vùng bề mặt sợi        | Hỗ trợ refining, biến đổi độ thoát nước, tạo fibril hoặc xử lý sợi tái chế tùy điều kiện                      | Cần kiểm soát chặt để tránh ảnh hưởng độ bền; pectinase chọn lọc hơn với chất pectic [8]                   |
| Laccase/enzyme ligninolytic      | Hợp chất phenolic, lignin hoặc chất màu liên quan                 | Hỗ trợ xử lý lignin, màu, nước thải hoặc biến đổi bề mặt trong một số ứng dụng                                | Cơ chế oxy hóa khác hoàn toàn; không nên gộp với vai trò phân giải pectin của E3100 [9]                    |

Bảng trên giúp tránh một hiểu lầm phổ biến: mọi enzyme ngành giấy không làm cùng một việc. Nếu nhà máy đang gặp vấn đề do xylan, pitch, lignin, stickies hoặc màu nước thải, pectinase có thể chỉ giải quyết một phần nhỏ hoặc không phải lựa chọn chính; nhưng nếu nhiều vận hành liên quan đến pectin, chất pectic và DCS có nguồn gốc thực vật, pectinase là công cụ có cơ chế phù hợp hơn .



**Figure 3.** 산성 지향성, 중성 및 알칼리성 펙티나아제 개념은 주로 공정 pH 적합성과 펙틴 분해 활성이 유용한 펄프 또는 바이오매스 환경에서 차이를 보인다.

## Ứng dụng chính của Neutral Pectinase E3100 trong nhà máy giấy

### Xử lý huyền phù bột để kiểm soát pectin và DCS

Ứng dụng trực tiếp nhất của E3100 là bổ sung vào hệ huyền phù bột nhằm phân giải pectin hoặc chất pectic đang tồn tại ở dạng hòa tan/keo. Khi pectin bị cắt mạch hoặc biến đổi, hệ keo có thể trở nên ít gây nhiễu hơn, từ đó hỗ trợ độ sạch nước trắng, giảm dao động điện tích và cải thiện sự ổn định của phụ gia trong quy trình giấy .

Trong các hệ nước tuần hoàn kín hơn, tích lũy DCS thường trở thành vấn đề vận hành quan trọng. Nước trắng chứa nhiều chất hữu cơ hòa tan, keo nhỏ và sản phẩm phân hủy từ sợi có thể ảnh hưởng đến thoát nước, tạo bọt, lắng cặn hoặc hiệu quả polymer. Việc dùng enzyme không loại bỏ nhu cầu quản lý nước hệ thống, nhưng có thể làm giảm một nhóm cơ chất cụ thể thay vì chỉ xử lý triệu chứng bằng phụ gia hóa học <sup>[4]</sup>.

## Hỗ trợ pulping nguyên liệu phi gỗ và phụ phẩm nông nghiệp

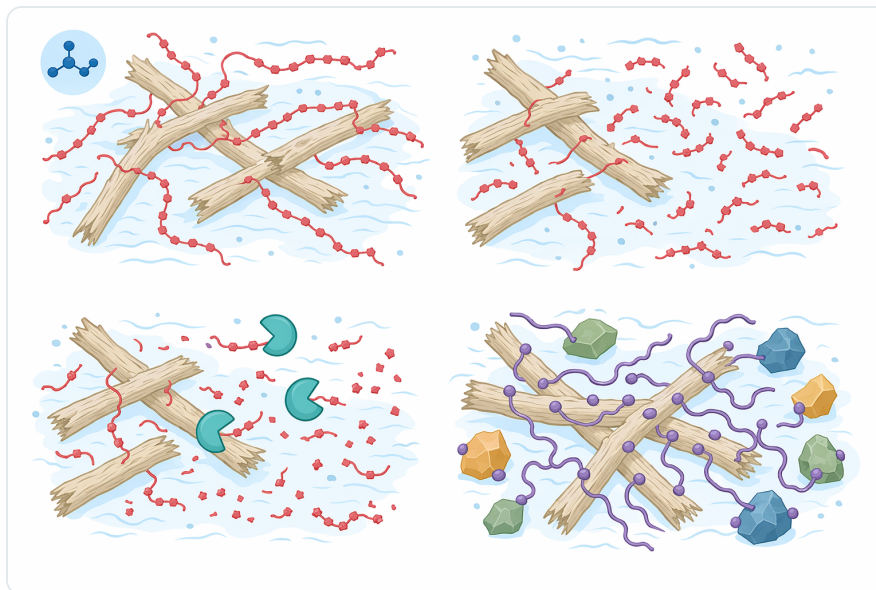
Bã mía, rơm rạ, gai dầu công nghiệp và các nguồn sợi nông nghiệp có thể khác biệt đáng kể so với gỗ về hàm lượng pectin, tro, silica, sáp hoặc chất chiết. Nghiên cứu về các giống gai dầu công nghiệp và sản xuất ethanol lignocellulose cho thấy nguồn sợi phi gỗ có tiềm năng sử dụng vật liệu nhưng cần tiền xử lý phù hợp để mở cấu trúc sinh khối <sup>[10]</sup>.

Với bã mía, bằng chứng thực nghiệm cho thấy pectinase có thể hỗ trợ cải thiện một số đặc tính pulping trong điều kiện nghiên cứu. Cách diễn giải thận trọng là: pectinase có thể hữu ích khi nguyên liệu chứa lớp pectic đáng kể hoặc khi pectin cản trở tiếp cận hóa chất nấu; tuy nhiên, hiệu quả với từng dòng nguyên liệu phải được hiểu theo thành phần sợi và điều kiện dây chuyền, không nên suy rộng thành cam kết phổ quát <sup>[1]</sup>.

## Hỗ trợ beating, refining và xử lý bề mặt sợi

Trong beating và refining, mục tiêu thường là phát triển bề mặt sợi, tăng liên kết sợi-sợi và điều chỉnh độ thoát nước. Nếu pectin hoặc chất keo bề mặt làm giảm hiệu quả tiếp xúc giữa sợi và tác động cơ học, pectinase có thể góp phần “mở” lớp bề mặt, giúp quá trình cơ học diễn ra nhất quán hơn. Các nghiên cứu về xử lý enzyme hỗn hợp trên lignocellulosic nanofibrils cũng cho thấy enzyme có thể hỗ trợ làm giảm cản trở cấu trúc trước các bước phân tách cơ học <sup>[8]</sup>.

Tuy nhiên, pectinase không nên được kỳ vọng tạo hiệu ứng giống cellulase. Cellulase có thể ảnh hưởng trực tiếp đến cellulose, vì vậy có tiềm năng thay đổi mạnh độ bền, fines và độ thoát nước nếu dùng không phù hợp; pectinase nhắm vào pectin nên cơ chế nhẹ và chọn lọc hơn đối với lớp keo thực vật. Đây là lý do E3100 phù hợp với mục tiêu kiểm soát chất pectic hơn là tái cấu trúc sâu nền cellulose .



**Figure 4.** 공개된 과산화물 표백 열기계펄프 연구에서는 펙티나아제 처리가 양이온 요구량 감소 및 양이온성 고분자 성능 향상과 관련이 있음을 보여준다.

### Hỗ trợ biobleaching như một phần của chiến lược enzyme rộng hơn

Pectinase có thể đóng vai trò phụ trợ trong chiến lược biobleaching, nhất là khi pectin trên bề mặt sợi cản trở hóa chất tẩy hoặc enzyme khác tiếp cận cơ chất. Tuy vậy, các bằng chứng mạnh hơn về biobleaching thường liên quan đến xylanase hoặc enzyme oxy hóa lignin, vì chúng gắn trực tiếp hơn với cơ chế loại lignin hoặc mở xylan–lignin trong bột kraft <sup>[6]</sup>.

Vì vậy, với E3100, cách mô tả chính xác là “hỗ trợ chuẩn bị bề mặt sợi và giảm chất nhiễu pectin trước hoặc trong một số công đoạn xử lý”, không phải “enzyme tẩy trắng chính”. Trong các hệ có phối hợp enzyme, pectinase có thể làm một phần việc mà xylanase, cellulase hoặc laccase không tối ưu, nhưng hiệu quả cuối cùng là kết quả của toàn bộ công thức enzyme, nguyên liệu và điều kiện vận hành <sup>[9]</sup>.

### Hỗ trợ vận hành ổn định hơn trong hệ giấy tái chế

Giấy tái chế là nguồn sợi có tính biến động cao, có thể mang theo mực, keo, phụ gia, chất phủ, stickies và nhiều thành phần hữu cơ từ vòng đời sử dụng trước đó. Nghiên cứu về giấy thải như nguồn carbohydrate cho biofuel cho thấy giấy tái chế vẫn là vật liệu lignocellulose có thể được thủy phân sinh học, nhưng thành phần của nó phụ thuộc nhiều vào loại giấy và quá trình xử lý trước đó <sup>[11]</sup>.

Trong hệ tái chế, pectinase không phải giải pháp chính cho mọi loại stickies hay nhựa dính. Tuy nhiên, nếu nguồn xơ tái chế chứa lượng chất pectic đáng kể từ sợi thực vật, phụ gia tự nhiên hoặc nguyên liệu phi gỗ pha trộn, enzyme pectinase có thể hỗ trợ giảm một phần nhiễu keo trong nước trắng. Cách ứng dụng hợp lý là đặt E3100 trong nhóm giải pháp kiểm soát DCS, không phải giải pháp tổng quát cho mọi nhiễm bẩn tái chế.

## Lợi ích kỹ thuật có thể kỳ vọng

Lợi ích thứ nhất là **giảm ảnh hưởng của pectin hòa tan/keo trong hệ bột**. Khi pectin bị phân giải, hệ keo có thể bớt ổn định theo hướng gây nhiễu và dễ được loại ra hơn trong quá trình rửa, thoát nước hoặc tuần hoàn. Đây là lợi ích phù hợp nhất với cơ chế pectinase và với định vị sản phẩm E3100 cho ứng dụng giấy.

Lợi ích thứ hai là **hỗ trợ giảm nhu cầu phụ gia cationic trong một số hệ**. Pectin và các chất pectic có thể đóng góp điện tích âm và tương tác keo; khi chúng được phân cắt, tải nhiều điện tích có thể giảm. Không nên diễn đạt đây là kết quả chắc chắn trong mọi nhà máy, nhưng về mặt cơ chế, pectinase có liên hệ hợp lý với mục tiêu giảm cationic demand do nhóm chất pectic gây ra <sup>[1]</sup>.



**Figure 5.** E3100은 펙틴이 관련될 때 펄프 처리, DCS 감소, 보류 보조제 효율 지원, 미세분 및 충전제 보류, 탈수 지원, 박피 또는 칩 처리, 정련 보조 용도로도 지시되고 있다.

Lợi ích thứ ba là **cải thiện khả năng tiếp cận bề mặt sợi**. Khi lớp pectic tại bề mặt hoặc vùng liên kết sợi được xử lý một phần, hóa chất nấu, enzyme khác hoặc tác động cơ học có thể tiếp cận cấu trúc sợi thuận lợi hơn. Điều này tương đồng với nguyên tắc chung trong tiền xử lý lignocellulose: mở cấu trúc sinh khối giúp các bước chuyển hóa hoặc xử lý tiếp theo hiệu quả hơn <sup>[3]</sup>.

Lợi ích thứ tư là **hỗ trợ chất lượng bột trong nguyên liệu phù hợp**, đặc biệt với một số dòng sợi phi gỗ hoặc phụ phẩm nông nghiệp. Nghiên cứu bã mía cho thấy pectinase có thể tạo thay đổi tích cực về tính chất bột trong điều kiện cụ thể, nhưng kết quả này cần được xem là bằng chứng định hướng, không phải cam kết định lượng cho mọi nguyên liệu hoặc mọi dây chuyền <sup>[1]</sup>.

Lợi ích thứ năm là **góp phần vào chiến lược sản xuất sạch hơn**. Công nghệ enzyme nói chung được quan tâm trong giấy-bột giấy vì có thể hỗ trợ giảm điều kiện xử lý khắc nghiệt hoặc giảm một phần tải hóa chất khi được tích hợp đúng. Các nghiên cứu và tổng quan về enzyme trong xử lý lignocellulose đều nhấn mạnh tiềm năng của tiền xử lý sinh học, dù vẫn cần cân bằng giữa hiệu quả, chi phí, độ ổn định và tính tương thích quy trình <sup>[7]</sup>.

## Giới hạn kỹ thuật cần hiểu đúng

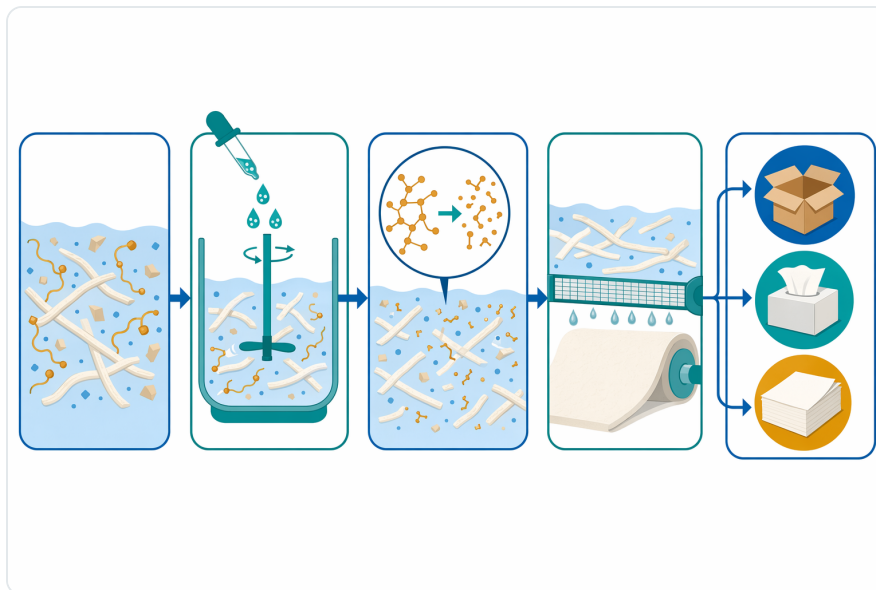
---

Giới hạn đầu tiên là pectinase chỉ xử lý nhóm cơ chất phù hợp. Nếu vấn đề chính của nhà máy đến từ lignin còn lại, chất màu, pitch nhựa, stickies tổng hợp, tinh bột biến tính hoặc chất phủ khoáng, pectinase có thể không phải công cụ chính. Trong các trường hợp này, enzyme khác hoặc giải pháp hóa lý khác có thể phù hợp hơn, chẳng hạn xylanase cho một số mục tiêu biobleaching hoặc enzyme ligninolytic cho các phản ứng liên quan lignin/chất màu <sup>[9]</sup>.

Giới hạn thứ hai là hiệu quả phụ thuộc mạnh vào nguyên liệu. Sợi gỗ kraft đã tẩy, bột cơ, bột tái chế, bã mía và sợi nông nghiệp có hàm lượng pectin và chất phụ khác nhau; vì vậy cùng một pectinase có thể cho kết quả khác nhau. Các nghiên cứu về tiền xử lý lignocellulose thường nhấn mạnh rằng cấu trúc sinh khối và thành phần hóa học quyết định mức độ đáp ứng với enzyme hoặc hóa chất <sup>[12]</sup>.

Giới hạn thứ ba là enzyme nhạy với điều kiện vận hành. Nhiệt độ, pH, thời gian tiếp xúc, độ đặc bột, shear, chất oxy hóa, chất bảo quản, ion kim loại và lịch sử hóa chất đều có thể ảnh hưởng đến hoạt tính thực tế trong hệ. Với E3100, mô tả “trung tính” giúp định hướng vùng ứng dụng, nhưng không đồng nghĩa enzyme sẽ hoạt động như nhau trong mọi điểm bổ sung của dây chuyền.

Giới hạn thứ tư là các chỉ tiêu cải thiện thường mang tính hệ thống chứ không chỉ do enzyme. Ví dụ, thoát nước có thể chịu ảnh hưởng bởi độ nghiền, fines, chất độn, nhiệt độ nước trắng, polymer trợ lưu và tải DCS cùng lúc. Vì vậy, nếu sau khi dùng pectinase thấy cải thiện vận hành, cần hiểu đó là kết quả của enzyme tương tác với toàn bộ hệ giấy, không phải phản ứng đơn giản một nguyên nhân–một kết quả <sup>[4]</sup>.



**Figure 6.** 효과적인 사용은 목표로 하는 습부 화학 작용을 지원하기 전에 효소가 충분한 체류 시간 동안 펙틴 함유 수상과 접촉할 수 있는 위치에 첨가하는 것에 달려 있다.

## Cách tích hợp E3100 vào tư duy vận hành giấy

Một cách tiếp cận thực tế là xác định E3100 như enzyme xử lý **pectin/DCS trong pha bột**, không phải phụ gia tạo tính chất giấy trực tiếp. Nghĩa là mục tiêu sử dụng nên gắn với các hiện tượng như nước trắng nhiều chất keo, dao động điện tích, khó thoát nước, nguyên liệu phi gỗ giàu pectin hoặc nhu cầu làm sạch bề mặt sợi trước xử lý tiếp theo .

Điểm bổ sung phù hợp thường là nơi enzyme có thời gian tiếp xúc với cơ chất pectin trước khi hệ đi qua bước nhiệt, hóa chất mạnh hoặc điều kiện có thể làm giảm hoạt tính. Trong logic sản xuất, điều này có thể là vùng xử lý bột, bể chứa trung gian, dòng slurry hoặc một vị trí trước công đoạn cơ học/hóa học liên quan; tuy nhiên, bài viết này không đưa ra quy trình thử nghiệm hay hướng dẫn định lượng vì điều kiện thực tế khác nhau và E3100 được cung cấp như sản phẩm thương mại kèm tài liệu CoA/SDS khi đặt hàng .

Về quản lý kỳ vọng, pectinase nên được đánh giá theo các chỉ dấu phù hợp với cơ chế: biến động điện tích, trạng thái DCS, độ sạch hệ nước, xu hướng thoát nước, hiệu quả phụ gia cationic hoặc thay đổi xử lý bề mặt sợi. Nếu chỉ theo dõi độ trắng cuối cùng hoặc độ bền giấy mà không xem xét thành phần pectin/DCS, có thể bỏ qua lợi ích chính của enzyme hoặc quy sai nguyên nhân cho các biến động khác

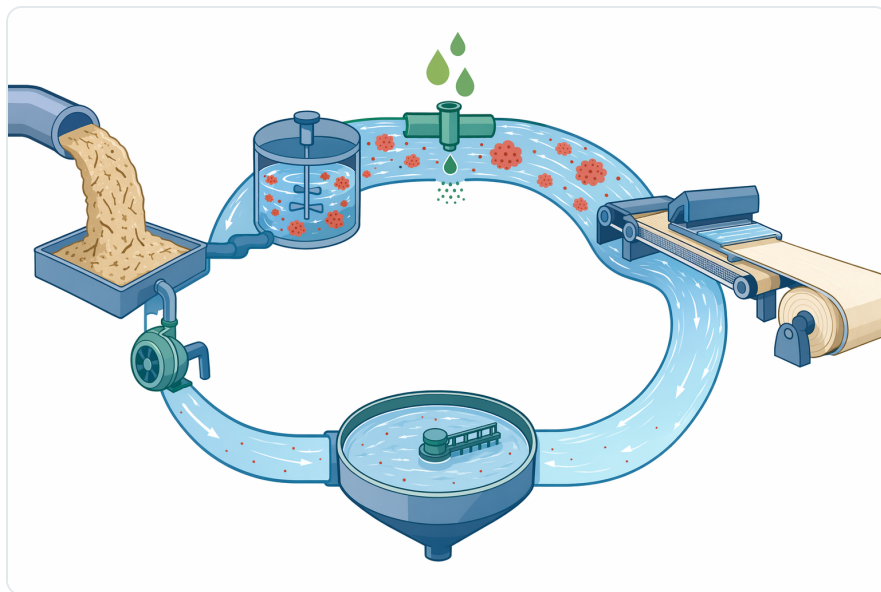
[1]

## Liên hệ với nước thải và sản xuất sạch hơn

Ngành giấy-bột giấy đối mặt với áp lực giảm tải ô nhiễm nước thải, bao gồm COD, màu, hợp chất hữu cơ khó phân hủy và các chất phát sinh từ tẩy rửa hoặc phụ gia. Nhiều nghiên cứu xử lý nước thải giấy tập trung vào oxy hóa nâng cao, quang xúc tác, Fenton, ozon hóa hoặc xử lý sinh học để giảm COD và các chất độc hại sau khi dòng thải đã hình thành [13].

Pectinase không nên được trình bày như công nghệ xử lý nước thải thay thế các quá trình trên. Vai trò hợp lý hơn là **giảm hoặc biến đổi một phần cơ chất pectic ngay trong quy trình bột**, từ đó có thể hỗ trợ hệ vận hành sạch hơn trước khi tải hữu cơ đi vào nước tuần hoàn hoặc xử lý cuối đường ống. Đây là cách nhìn “kiểm soát tại nguồn” chứ không phải “xử lý nước thải độc lập” [14].

Nếu nhà máy đã có vấn đề màu, AOX hoặc COD cao từ công đoạn tẩy, các công nghệ xử lý nước thải chuyên biệt vẫn có vai trò riêng. Nghiên cứu về AOX trong nước thải tẩy giấy, chẳng hạn, xem xét các cơ chế phân hủy hóa học và điều kiện khuấy trộn khác nhau; đây là nhóm vấn đề khác với phân giải pectin trong huyền phù bột [15].



**Figure 7.** 펙틴 유래 DCS가 주요 간섭 요인일 경우, 효소적 탈중합은 양이온 요구량 감소, 더 깨끗한 순환수, 그리고 더 예측 가능한 보류 및 탈수 반응을 지원할 수 있다.

## Vai trò của Enzymes.bio đối với sản phẩm E3100

Enzymes.bio cung cấp Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 qua kênh bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg. Nội dung kỹ thuật này nhằm giúp người đọc hiểu cơ chế và phạm vi ứng dụng của pectinase trong ngành giấy, không mô tả Enzymes.bio như nhà sản xuất enzyme, cơ sở lên men hay

phòng thí nghiệm phân tích .

CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng, giúp người dùng có tài liệu đi kèm cần thiết cho nhận diện lô hàng, an toàn xử lý và quản lý nội bộ. Vì sản phẩm được bán trực tiếp online, thông tin ứng dụng nên được hiểu theo hướng hỗ trợ quyết định kỹ thuật ở cấp quy trình, không phải tài liệu cam kết kết quả vận hành cố định cho mọi nhà máy .

## Kết luận: E3100 phù hợp nhất cho mục tiêu kiểm soát pectin trong hệ giấy

Neutral Pectinase E3100 là enzyme pectinase trung tính cho ngành giấy, phù hợp khi mục tiêu là phân giải pectin và chất pectic trong huyền phù bột, giảm nhiều DCS liên quan pectin và hỗ trợ xử lý bề mặt sợi. Cơ chế của enzyme dựa trên việc cắt hoặc biến đổi polymer pectin, từ đó làm thay đổi tính keo, tương tác điện tích và khả năng tiếp cận sợi trong hệ nước-bột .

Bằng chứng nghiên cứu về xử lý bã mía bằng pectinase cho thấy hướng ứng dụng này có cơ sở thực nghiệm, đặc biệt với nguyên liệu phi gỗ hoặc giàu chất pectic. Tuy nhiên, pectinase không phải chất tẩy trắng chính, không phải enzyme phân hủy lignin chủ đạo và không phải giải pháp vạn năng cho mọi dạng pitch, stickies hoặc nước thải giấy <sup>[1]</sup>.

Cách sử dụng tư duy đúng là đặt E3100 trong nhóm công cụ sinh học hỗ trợ sản xuất giấy sạch và ổn định hơn: nhắm vào pectin, giảm một phần nhiều keo, hỗ trợ thoát nước và tạo điều kiện cho các bước pulping, refining hoặc xử lý hóa học diễn ra thuận lợi hơn. Khi hiểu đúng phạm vi này, pectinase trung tính trở thành một lựa chọn kỹ thuật có cơ chế rõ ràng trong quản lý chất pectic của ngành giấy.

### Đặt mua Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 – Paper Industry Enzyme trực tuyến

Bán theo đơn vị 1 kg, có sẵn trong kho và sẵn sàng giao hàng. Đặt mua trực tiếp trên cửa hàng của chúng tôi — thanh toán trực tuyến và chúng tôi sẽ xử lý đơn hàng. Mỗi đơn hàng đều kèm Chứng nhận Phân tích và Bảng Dữ liệu An toàn.

[Mua Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 – Paper Industry Enzyme →](#)

## Tài liệu tham khảo

Được đánh số theo thứ tự trích dẫn đầu tiên. Các nguồn truy cập mở, đều được xác minh có thể truy cập tại thời điểm xuất bản; số trích dẫn trong bài liên kết đến đây.

1. [Effects Of Pectinase Treatment On Pulping Properties And The Morphology And Structure Of Bagasse Fiber](#). Ncsu.

2. Shi, Q., Zou, M., Wang, J., Song, M., Xiong, S., & Liu, Y. (2022). Ultrasonic effects on molecular weight degradation, physicochemical and rheological properties of pectin extracted from Premna microphylla Turcz.. *International Journal of Biological Macromolecules*.
3. Woźniak, A., Kuligowski, K., Świerczek, L., & Cenian, A. (2025). Review of Lignocellulosic Biomass Pretreatment Using Physical, Thermal and Chemical Methods for Higher Yields in Bioethanol Production. *Sustainability*.
4. Małachowska, E., Dubowik, M., Lipkiewicz, A., Przybysz, K., & Przybysz, P. (2020). Analysis of Cellulose Pulp Characteristics and Processing Parameters for Efficient Paper Production. *Sustainability*.
5. Wang, W., Hu, J., Xu, Y., Li, X., & Bi, J. (2025). Insights into the structural alterations of different pectin fractions and their impact on enzymatic browning during apple pulp processing.. *Food Chemistry*, 492 Pt 3, 145660 .
6. Kmetzki, A. C. F., Henn, C., Moraes, S. S., Silva, N. F. S., & Kadowaki, M. K. (2020). Physicochemical Characteristics of Fungal Xylanases and their Potential for Biobleaching of Kraft and Non-wood Pulps. *Annual Research & Review in Biology*.
7. Kululo, W. W., Habtu, N., Abera, M., Sendekie, Z., Fanta, S., & Yemata, T. A. (2025). Advances in various pretreatment strategies of lignocellulosic substrates for the production of bioethanol: a comprehensive review. *Discover Applied Sciences*, 7.
8. Bian, H., Chen, L., Dong, M., Fu, Y., Wang, R., Zhou, X., Wang, X., ... et al. (2020). Cleaner production of lignocellulosic nanofibrils: Potential of mixed enzymatic treatment. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122506.
9. Yadav, M., & Yadav, H. S. (2015). Applications of ligninolytic enzymes to pollutants, wastewater, dyes, soil, coal, paper and polymers. *Environmental Chemistry Letters*, 13, 309-318.
10. Wawro, A., Batog, J., & Gieparda, W. (2021). Polish Varieties of Industrial Hemp and Their Utilisation in the Efficient Production of Lignocellulosic Ethanol. *Molecules*, 26.
11. Franceschin, G., Favaron, C., & Bertucco, A. (2010). WASTE PAPER AS CARBOHYDRATE SOURCE FOR BIOFUEL PRODUCTION: AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION. *Chemical engineering transactions*, 20, 279-284.
12. Hýsek, Š., Čermák, J., & Lexa, M. (2019). Influence of Lignocellulosic Waste Pre-Treatment on the Characteristics of Bond Rupture. *Sustainability*.
13. Shafeeyan, M. S. (2024). Application of photocatalytic and Fenton processes for the degradation of toxic pollutants from pulp and paper industry effluents. *Water Resources and Industry*.
14. Zhou, C., Zhang, J., Cai, Y., & Xiong, J. (2023). Catalytic Ozonation for Pulp and Paper Mill Wastewater Treatment: COD Reduction and Organic Matter Degradation Mechanism. *Separations*.
15. Erhardt, C. S., Basegio, T., Capela, I., Rodriguez, A. L., Machado, Ê. L., Lopez, D., Tarelho, L., ... et al. (2021). AOX degradation of the pulp and paper industry bleaching wastewater using nZVI in two different agitation processes. *Environmental Technology and Innovation*, 22, 101420.

## Liên hệ Enzymes.bio

Có câu hỏi về đơn hàng? Đội ngũ của chúng tôi luôn sẵn sàng hỗ trợ.

EMAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

ĐIỆN THOẠI (HOA KỲ) **+1 (507) 428-6057**

[Liên hệ với chúng tôi →](#)



**400+** khách hàng B2B



**60+** đối tác nghiên cứu đại học



**54** phục vụ trên toàn cầu

© 2026 Enzymes.bio · Cung ứng enzyme công nghiệp & chế biến thực phẩm · Không dùng cho người tiêu thụ hoặc bán lẻ.