

# Pectin Methylesterase Enzimi: Pektin Modifikasyonu ve Meyve Suyu İşlemede Teknik Kullanım

Enzymes.bio Araştırma Ekibi · Wellington, Yeni Zelanda · June 21, 2026

**Pectin Methylesterase (PME)**, pektindeki metil ester gruplarını uzaklaştırarak pektinin yük dağılımını, kalsiyumla etkileşimini, jel davranışını ve proses performansını değiştiren bir biyokatalizördür. Bu nedenle PME, özellikle pektin modifikasyonu, meyve-sebze işleme, meyve suyu berraklaştırma stratejileri ve tekstil liflerinden pektin uzaklaştırma gibi uygulamalarda teknik olarak değerlendirilir <sup>[1]</sup>. Enzymes.bio, Pectin Methylesterase'i 1 kg birimler halinde çevrim içi doğrudan satışa sunan bir tedarikçidir; siparişle birlikte CoA ve SDS sağlanır.

## Pectin Methylesterase nedir?

Pectin Methylesterase, pektin zincirlerinde bulunan metil ester gruplarını hidroliz eden ve böylece pektinin esterleşme derecesini düşüren bir enzimdir. Pektin; meyve, sebze ve bitkisel dokularda hücre duvarı mimarisinin önemli bir bileşenidir ve galakturonik asit ağırlıklı bölgeleri, metillenmiş veya kısmen metillenmiş yapıları ve nötr şeker yan zincirleriyle kompleks bir polisakkarit ailesi olarak davranır <sup>[1]</sup>.

PME'nin etkisi, pektini doğrudan küçük parçalara ayırmaktan çok pektinin kimyasal işlevselliğini yeniden düzenlemeye dayanır. Metil ester grupları uzaklaştığında pektin zinciri üzerinde serbest karboksil grupları artar; bu durum polimerin negatif yük yoğunluğunu, suda davranışını, kalsiyum gibi iki değerlikli katyonlarla etkileşimini ve diğer pektinolitik enzimlere duyarlılığını değiştirebilir <sup>[1]</sup>.

Bu özellik PME'yi "pektin parçalayıcı" enzimlerden ayırır. Pektin lyase ve polygalacturonase gibi enzimler pektin omurgasında zincir kesilmesiyle ilişkilendirilirken, PME çoğunlukla pektinin esterleşme desenini değiştirir; bu desen, sistemde jel oluşumu, viskozite, bulanıklık, filtrasyon davranışı veya lif ayrışması gibi pratik sonuçlara yansiyabilir <sup>[2]</sup>.

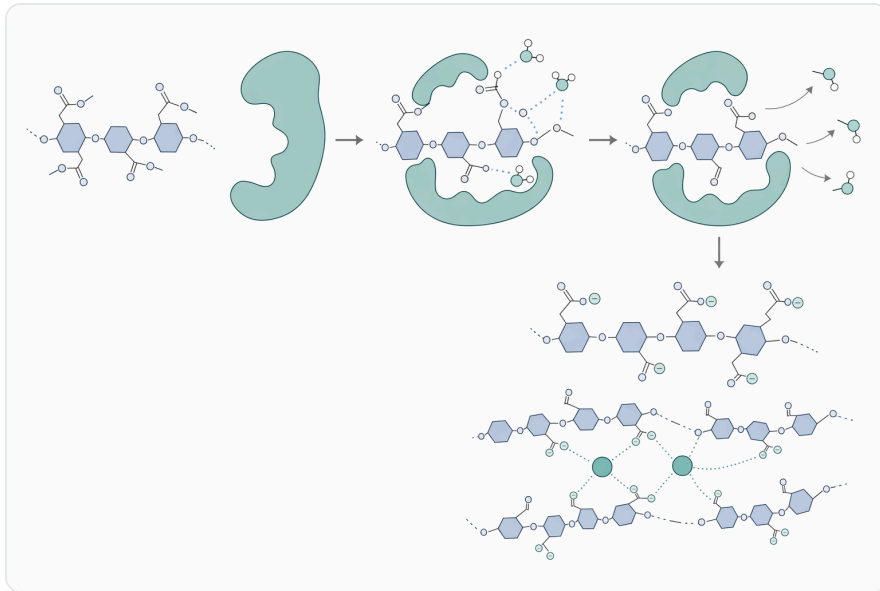
## Temel mekanizma: PME pektini nasıl değiştirir?

PME reaksiyonunun merkezinde pektin zincirindeki metil ester bağlarının hidrolizi bulunur. Reaksiyon sonunda pektin üzerindeki metillenmiş galakturonik asit kalıntılarının bir b6l6m6 serbest karboksil formuna d6n6ř6r; bu d6n6ř6m pektinin iyonik karakterini artırır ve polimerin çevresindeki su, mineral iyonlar ve diğer makromolek6llerle etkileşimini değiştirir <sup>[1]</sup>.

Bu mekanizma 6zellikle kalsiyum içeren sistemlerde 6nemlidir. Daha d6ř6k esterleşme derecesine sahip pektin b6lgeleri, uygun koşullarda kalsiyum k6pr6leriyle daha d6zenli ağlar oluşturabilir; bu durum kalsiyum pektat benzeri jel yapıların gelişmesini veya mevcut dokunun sertleşmesini destekleyebilir <sup>[3]</sup>.

Ancak PME'nin sonucu yalnızca "ne kadar metil ester uzaklaştırıldı?" sorusuyla açıklanmaz. De-esterifikasyonun pektin zinciri 6zerinde bloklar h6linde mi, daha dağınık mı oluştuğu; pH, pektinin kaynağı, proses sıcaklığı, tuz ortamı ve enzimin biyolojik kaynağı gibi değişkenlere bağlı olarak farklı fonksiyonel sonuçlar doğurabilir <sup>[1]</sup>.

Bu nedenle PME kullanılan uygulamalarda toplam pektin miktarı kadar pektinin başlangıç esterleşme durumu, matristeki kalsiyum varlığı, meyve veya bitki dokusunun doğal pH'ı ve eşlik eden diğer pektinolitik aktiviteler de 6nemlidir. Literat6rde farklı kaynaklardan elde edilen PME'lerin karakterizasyon çalışmalarında pH ve sıcaklık gibi koşulların enzim davranışı 6zerinde belirleyici olduğu g6sterilmiştir <sup>[3]</sup>.



**Figure 1.** PME, pektindeki metil ester gruplarını hidroliz ederek serbest karboksil gruplarını artırır ve kalsiyumla etkileşimi değiştirir.

## PME, diğer pektinolitik enzimlerden nasıl ayrılır?

Pektin işleme uygulamalarında PME genellikle tek başına düşünülmez; pektin lyase, polygalacturonase ve pectate lyase gibi enzimlerle aynı proses ekosisteminde yer alabilir. Bu enzimlerin hepsi pektinle ilişkilidir, ancak kimyasal hedefleri ve teknik sonuçları aynı değildir <sup>[2]</sup>.

Enzim	Birincil hedef	Tipik teknik etki	PME ile ilişkisi
Pektin Methylesterase	Pektindeki metil ester grupları	Esterleşme derecesini düşürme, yük dağılımını ve kalsiyum etkileşimini değiştirme	Pektini sonraki enzimatik dönüşümlere veya jelasyona daha uygun hâle getirebilir <sup>[1]</sup>
Pektin lyase	Yüksek esterleşmiş pektin omurgası	Pektin zincirinde parçalanma, viskozite ve bulanıklık azalmasına katkı	PME'den farklı olarak esterli pektin bölgelerinde zincir kesimiyle ilişkilidir <sup>[2]</sup>
Polygalacturonase	Galakturonan omurgasındaki glikozidik bağlar	Pektin depolimerizasyonu, berraklaştırma ve viskozite azaltma	PME sonrası oluşan düşük esterli bölgeler bazı pektinaz sistemleri için farklı substrat davranışı gösterebilir <sup>[4]</sup>
Pectate lyase	Düşük esterli pektat bölgeleri	Pektat omurgasında eliminasyon yoluyla parçalanma	PME, pektat benzeri bölgelerin oluşumunu artırarak bu tip aktivitelerle tamamlayıcı olabilir <sup>[5]</sup>

Bu ayırım pratikte önemlidir; çünkü meyve suyu berraklaştırma hedeflenirken istenen sonuç çoğu zaman yalnızca pektinin kimyasal modifikasyonu değil, aynı zamanda viskozitenin düşmesi, askıda katıların ayrılması ve filtrasyonun kolaylaşmasıdır. PME bu zincirin modifikasyon basamağında yer alabilir, fakat uygulamanın nihai sonucu matristeki diğer pektinaz aktivitelerine ve proses tasarımına bağlıdır <sup>[6]</sup>.

## Başlıca uygulama: pektin modifikasyonu

PME'nin en doğrudan teknik uygulaması, pektinin esterleşme derecesini biyokatalitik olarak değiştirmektir. Bu yaklaşım, pektin bazlı jel sistemlerinde, bitkisel dokuların tekstür yönetiminde, meyve-sebze proseslerinde ve karbonhidrat bazlı biyomateryal geliştirme çalışmalarında önem taşır <sup>[1]</sup>.

Pektin modifikasyonu, kimyasal işleme yerine daha hedefli bir biyokatalitik yaklaşım arandığında değer kazanır. PME, polimer omurgasını doğrudan parçalamadan metil ester gruplarını azaltabildiği için, pektinin molekül ağırlığı korunurken yük yoğunluğu ve kalsiyum bağlama potansiyeli değiştirilebilir [1].

Bu özellik, pektinin yalnızca “kıvam verici” değil, fonksiyonel bir yapı bileşeni olduğu sistemlerde öne çıkar. Örneğin meyve püresi, bitki bazlı formülasyon, lifli yan ürün süspansiyonu veya pektin içeren biyopolimer karışımlarında PME etkisi, son ürünün akış davranışı ve ağ yapısı üzerinde dolaylı veya doğrudan rol oynayabilir [3].

PME kaynaklı pektin modifikasyonunun her zaman aynı sonuçları vermeyeceği özellikle vurgulanmalıdır. Aynı hedeflenen esterleşme azalması, farklı pH veya iyonik koşullarda farklı blok dağılımı ve farklı jel tepkisiyle sonuçlanabilir; bu nedenle uygulama bağlamı, enzimin kendisi kadar belirleyicidir [1].

## Meyve suyu işlemede PME'nin rolü

Meyve sularında pektin; bulanıklık, viskozite, filtrasyon hızı, tortu oluşumu ve bulut stabilitesi gibi kalite ve proses parametrelerini etkileyebilir. Bu nedenle pektinolitik enzimler meyve suyu endüstrisinde yaygın biçimde araştırılmıştır; PME de pektin yapısını değiştiren temel enzimlerden biridir [2].



**Figure 2.** PME pektinin esterleşme desenini değiştirirken pectin lyase, polygalacturonase ve pectate lyase daha çok pektin omurgasındaki parçalanma adımlarıyla ilişkilidir.

PME'nin meyve suyu uygulamalarındaki rolü çift yönlü değerlendirilmelidir. Bir yandan, kontrollü PME kullanımı pektinin diğer pektinazlarla etkileşimini değiştirerek berraklaştırma stratejilerine katkı verebilir; diğer yandan, doğal meyve PME aktivitesi bazı ürünlerde bulut stabilitesi kaybı veya istenmeyen tekstürel değişikliklerle ilişkilendirilebilir [7].

Papaya kabuğunun değerlendirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada, *Aspergillus tubingensis* ile asidik PME üretimi ve bu enzimin meyve suyu berraklaştırma uygulaması araştırılmıştır. Bu çalışma, PME'nin meyve suyu proseslerinde yalnızca teorik değil, deneysel uygulama bağlamında da incelendiğini gösterir [6].

Portakal suyu üzerine yapılan ultra yüksek basınçlı homojenizasyon çalışması ise PME'nin meyve suyu proseslerinde çoğu zaman kontrol edilmesi gereken doğal bir enzim olarak da ele alındığını ortaya koyar. Çalışmada PME aktivitesi ve mikrobiyal özellikler, geleneksel ısıl pastörizasyonla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir [8].

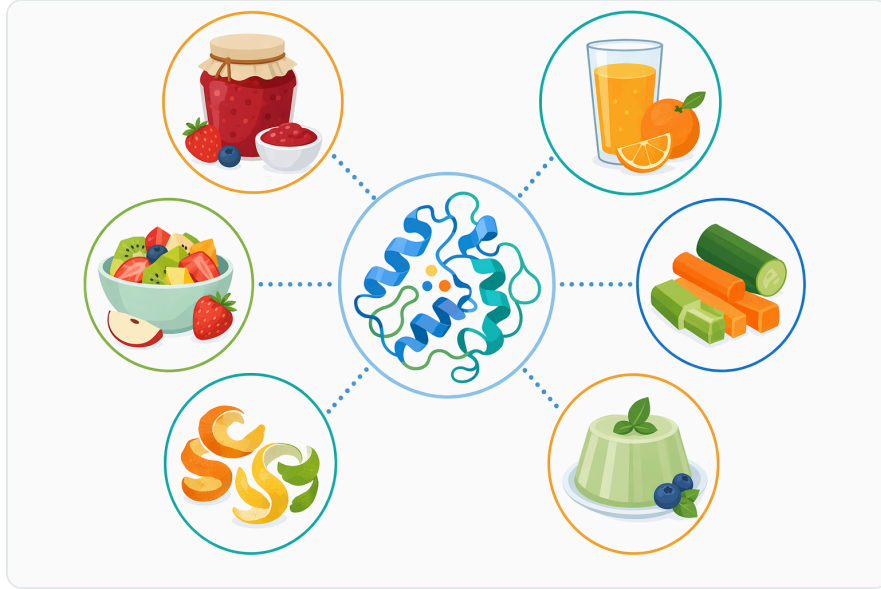
Mandarin suyunda termo-sonikasyonun PME inaktivasyonu ve bulut stabilitesi üzerine etkisinin incelenmesi de aynı noktayı destekler. Meyve suyu teknolojisinde PME bazen istenen pektin dönüşümü için kullanılırken, bazen de ürün stabilitesi açısından azaltılması gereken bir endojen aktivite olarak izlenir [7].

Bu nedenle "PME meyve suyunda her zaman berraklaştırır" veya "PME her zaman bulanıklık bozar" gibi genellemeler teknik olarak doğru değildir. Sonuç; meyvenin pektin yapısına, enzimin kaynağına, eşlik eden pektinazlara, kalsiyum düzeyine, pH'a ve prosesin berrak ürün mü yoksa bulutlu stabil ürün mü hedeflediğine bağlıdır [6].

## **Bitkisel doku, tekstür ve kalsiyum pektat ilişkisi**

Bitkisel dokularda pektin, hücreler arası lamel ve hücre duvarı bütünlüğünde önemli rol oynar. PME'nin metil ester gruplarını azaltması, pektinin kalsiyumla çapraz bağlanmasını etkileyerek doku sertliği, lif ayrışması veya jel benzeri yapıların gelişimi üzerinde belirleyici olabilir [1].

Datura türlerinden elde edilen PME üzerine yapılan saflaştırma ve karakterizasyon çalışması, enzimin bitkisel kaynaklı pektin sistemlerinde uygulama potansiyelini incelemiştir. Bu tür çalışmalar, PME'nin farklı biyolojik kaynaklardan elde edilen varyantlarının pH ve sıcaklık davranışı açısından farklı teknik profiller gösterebildiğini ortaya koyar [3].



**Figure 3.** PME pektin modifikasyonu, meyve-sebze işleme, meyve suyu prosesleri, bitkisel lif ön işlemleri ve pektinli yan ürün değerlendirme alanlarında teknik olarak kullanılır.

Kalsiyum pektat oluşumu, PME mekanizmasının somut çıktılardan biridir. PME ile oluşturulan düşük esterli pektin bölgeleri, ortamda uygun katyonlar bulunduğunda daha düzenli bağlanma alanları sağlayabilir; bu durum pektin bazlı jellerin veya dokusal sertleşmenin temel kimyasal açıklamasıdır <sup>[1]</sup>.

Bu mekanizma gıda formülasyonlarında kontrollü yapı kazanımı için yararlı olabilirken, bazı meyve suyu veya püre proseslerinde istenmeyen topaklanma, filtre tıkanması veya stabilite kaybı gibi sonuçlara da katkıda bulunabilir. Bu nedenle PME, bağlama göre hem fonksiyonel yapılandırıcı hem de kontrol edilmesi gereken proses faktörü olarak düşünülmelidir <sup>[7]</sup>.

## Tekstil ve bitkisel lif işlemede PME

PME'nin gıda dışındaki önemli uygulama alanlarından biri, pektin içeren bitkisel liflerin işlenmesidir. Jüt liflerinin degumming işlemi ve pamuk kumaşın bioscouring uygulaması üzerine yapılan bir çalışmada, rekombinant PME ve pektate lyase enzimleri birlikte değerlendirilmiş ve bu yaklaşım daha çevreci biyoproses bağlamında incelenmiştir <sup>[5]</sup>.

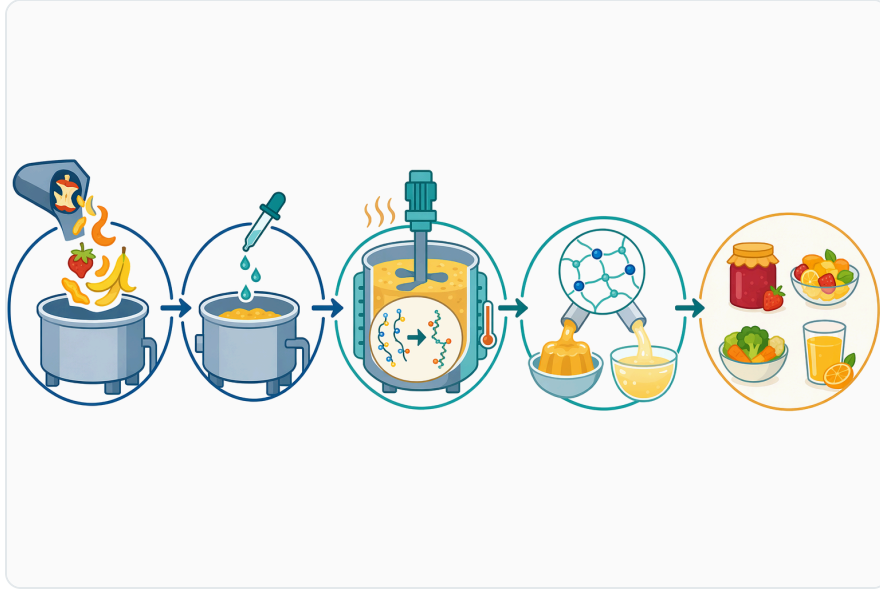
Bitkisel liflerde pektin, lif demetlerini bir arada tutan matriks bileşenlerinden biridir. PME, pektinin metil ester yapısını değiştirerek pektate lyase gibi enzimlerin etkileyebileceği bölgelerin oluşmasına katkı verebilir; bu da lif ayrışması, yüzey temizliği veya ön işlem süreçleri açısından teknik anlam taşır <sup>[5]</sup>.

Tekstil bağlamında PME'nin değeri, geleneksel kimyasal ön işlemlere kıyasla daha seçici ve daha düşük çevresel yük potansiyeli olan biyokatalitik proseslerin parçası olabilmesinden gelir. Ancak bu uygulamalarda sonuç, tek bir enzimin etkisinden çok PME ile birlikte kullanılan enzim kombinasyonu, lif tipi ve proses koşullarının bütününe bağlıdır [5].

Bu nedenle PME'nin tekstildeki rolü "tek başına tüm pektini uzaklaştıran enzim" şeklinde değil, pektin yapısını dönüştürerek pektinaz sistemlerinin çalışmasını destekleyen modifikasyon basamağı şeklinde konumlandırılmalıdır. Bu ayırım, özellikle jüt, pamuk ve diğer lignoselülozik liflerde proses tasarımı açısından önemlidir [5].

## Agro-endüstriyel yan ürünler ve biyokütle değerlendirme

Pektin bakımından zengin meyve-sebze yan ürünleri, biyoproses ve biyorefinery yaklaşımlarında giderek daha fazla ilgi görmektedir. Elma atıklarının sürdürülebilir değerlendirilmesi üzerine bibliyometrik analizler, bu tür yan ürünlerin pektin ve diğer değerli bileşenler açısından araştırma odağı hâline geldiğini göstermektedir [9].



**Figure 4.** Meyve suyu proseslerinde PME kontrollü berraklaştırma stratejisinin bir parçası olabileceği gibi bulut stabilitesi için kontrol edilmesi gereken doğal bir aktivite de olabilir.

PME, bu bağlamda pektini elde etmekten ziyade elde edilen veya matraste bulunan pektinin fonksiyonel özelliklerini değiştiren bir araçtır. Pektin ekstraktlarının jel davranışı, katyon bağlama kapasitesi veya diğer enzimlere duyarlılığı PME ile yönlendirilebilir; bu da biyomateryal, gıda katkısı veya proses yardımcı bileşeni geliştirme çalışmalarında anlamlı olabilir [1].

Biyokütle değerlendirme açısından PME'nin değeri, pektinli yan ürünleri tek tip bir hammadde gibi görmemeyi gerektirir. Elma posası, narenciye kabuğu, papaya kabuğu veya sebze işleme kalıntıları farklı pektin kompozisyonlarına sahiptir; dolayısıyla PME etkisi de başlangıç pektin yapısına ve matristeki minerallere göre değişebilir [9].

Papaya kabuğu kullanılarak asidik PME üretimi ve meyve suyu berraklaştırma uygulamasının incelenmesi, yan ürünlerin yalnızca pektin kaynağı değil, enzim üretimi veya proses geliştirme için de araştırıldığını gösterir. Bu tür çalışmalar PME'nin döngüsel ekonomiyle ilişkili teknik bağlamını güçlendirir [6].

## Proses koşulları: pH, sıcaklık ve matris etkisi

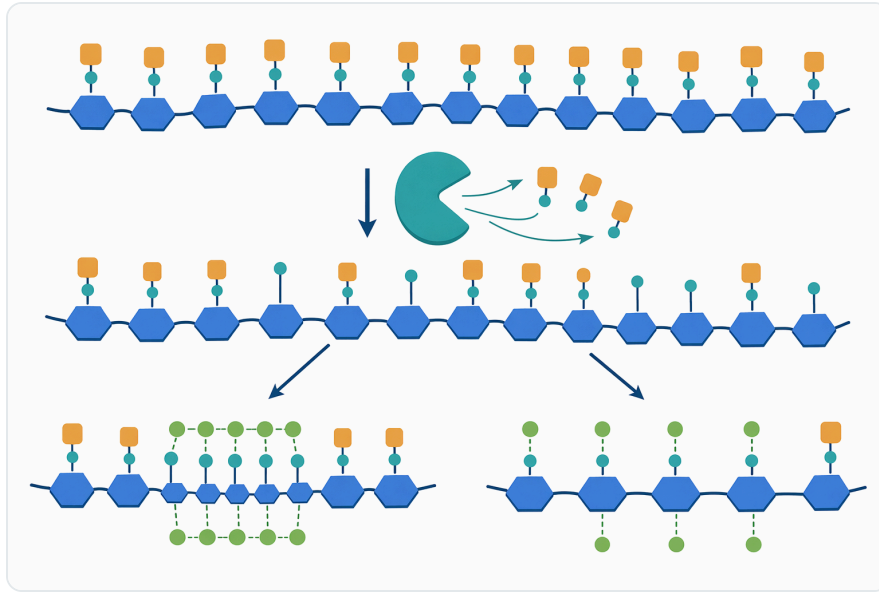
---

PME performansı pH, sıcaklık, iyonik güç, substrat tipi ve proses süresine bağlıdır. Clostridium thermocellum kaynaklı PME'nin klonlanması, ekspresyonu ve karakterizasyonu üzerine yapılan çalışma, farklı kaynaklardan gelen PME'lerin biyokimyasal özelliklerinin uygulama açısından incelenmesi gerektiğini gösteren örneklerden biridir [1].

pH, PME'nin yalnızca hızını değil, pektin üzerinde oluşturduğu de-esterifikasyon desenini de etkileyebilir. Asidik ortamlarda çalışan PME'ler, özellikle meyve suları gibi düşük pH'lı matrislerde ilgi görür; papaya kabuğu temelli çalışmada asidik PME'nin meyve suyu berraklaştırma bağlamında değerlendirilmesi bu açıdan önemlidir [6].

Sıcaklık ise iki yönlü etki yapar: reaksiyon hızını artırabilir, fakat enzimin yapısal stabilitesini veya ürün matrisindeki doğal PME aktivitesini de değiştirebilir. Portakal suyu çalışmasında ultra yüksek basınçlı homojenizasyon ile geleneksel ısıl işlem karşılaştırılırken PME aktivitesi, proses etkinliğinin bir göstergesi olarak incelenmiştir [8].

Termo-sonikasyon, ultrases ve hidrodinamik kaviteasyon gibi ısı olmayan veya hibrit teknolojiler de PME bağlamında araştırılmıştır. Mandarin, jaboticaba ve domates suyu çalışmalarında PME inaktivasyonu veya enzim stabilitesi, ürün kalitesi ve raf ömrü hedefleriyle birlikte değerlendirilmiştir [10].



**Figure 5.** Bitkisel dokularda PME ile düşük esterli pektin bölgelerinin oluşması kalsiyum köprüleri üzerinden sertleşme veya jel benzeri yapı gelişimini destekleyebilir.

Bu bulgular, PME'nin proseslerde iki farklı amaçla ele alınabileceğini gösterir: dışarıdan kullanılan bir biyokatalizör olarak pektin modifikasyonu sağlamak veya hammaddenin doğal PME aktivitesini kontrol ederek ürün stabilitesini korumak. Hangi yaklaşımın uygun olduğu, ürünün berrak mı bulutlu mu olacağına, tekstür hedeflerine ve prosesin ısı/ısı olmayan karakterine bağlıdır [11].

## Güvenlik ve mevzuat bağlamı

Gıda enzimleriyle ilgili güvenlik değerlendirmelerinde PME çoğu zaman "pectinesterase" adıyla, endo-polygalacturonase ve pectin lyase gibi diğer pektinolitik aktivitelerle birlikte ele alınır. EFSA değerlendirmelerinde *Aspergillus niger* kaynaklı bazı gıda enzim preparatlarında pectinesterase aktivitesinin endüstriyel gıda işleme bağlamında incelendiği görülür [12].

Bu tür değerlendirmeler, belirli bir ürünün otomatik olarak belirli bir regülasyon kapsamına girdiği anlamına gelmez; kaynak organizma, üretim prosesi, saflık profili, kullanım amacı ve uygulama ülkesi gibi unsurlar önemlidir. Ancak literatür, pectinesterase içeren gıda enzimlerinin güvenlik değerlendirmelerine konu olduğunu ve bu alanın düzenleyici çerçevede ele alındığını gösterir [13].

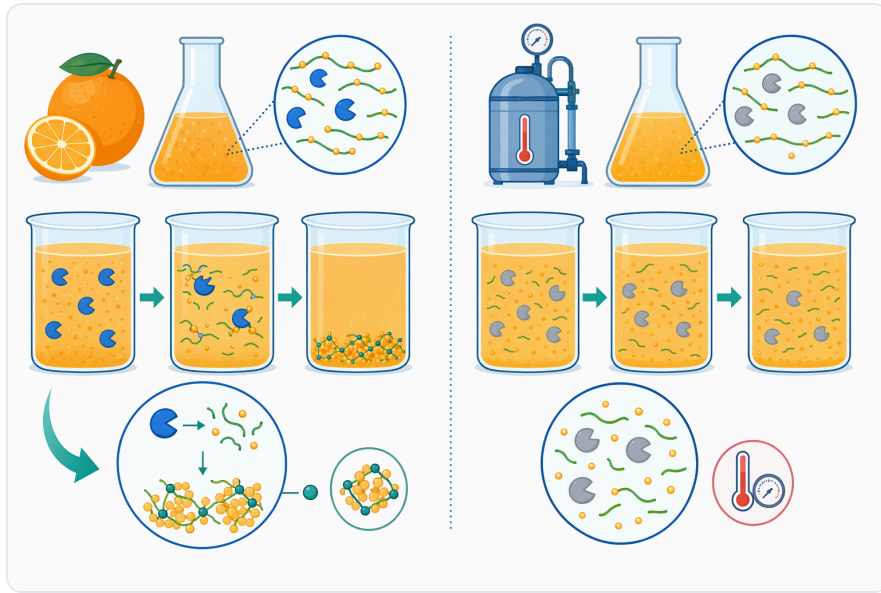
Enzymes.bio bağlamında bu doküman, ürünün teknik arka planını açıklayan bilgi amaçlı bir içeriktir. Ürün siparişiyle birlikte CoA ve SDS sağlanır; bu belgeler partiye özgü ürün bilgileri ve güvenli kullanım detayları için kullanılır.

## Enzymes.bio Pectin Methylesterase ürün bağlamı

Enzymes.bio, Pectin Methylesterase için üretici veya analiz laboratuvarı olarak değil, çevrim içi tedarikçi olarak konumlanır. Ürün 1 kg birimler halinde doğrudan çevrim içi satın alınabilir; sipariş tamamlandığında işleme alınır ve sevkiyat süreci başlatılır.

Bu ürün sayfası bağlamında PME, pektin modifikasyonu, meyve-sebze işleme, berraklaştırma araştırmaları, bitkisel lif ön işlemleri ve pektin bazlı formülasyon geliştirme gibi alanlarda değerlendirilebilecek bir enzimdir. Ürünün belirli bir proseste sağlayacağı sonuç; hammadde, pH, sıcaklık, pektin tipi, kalsiyum düzeyi ve eşlik eden proses adımlarına bağlıdır [1].

PME'nin teknik değeri, pektinli sistemlerde doğrudan ölçülebilir kimyasal bir hedefe sahip olmasından gelir: metil ester gruplarının uzaklaştırılması. Bu hedef, jelasyon, viskozite, filtrasyon, bulut stabilitesi veya lif ayrışması gibi daha üst düzey proses sonuçlarına bağlanabilir, ancak bu bağlantı her uygulamada aynı yönde olmayabilir [7].



**Figure 6.** PME proses tasarımı ya dışarıdan eklenen bir biyokatalizör olarak ya da ürün stabilitesi için azaltılması gereken endojen bir aktivite olarak değerlendirilir.

Bu nedenle Pectin Methylesterase, genel amaçlı bir “pektin giderici” olarak değil, pektin yapısını kontrollü biçimde değiştiren bir biyokatalizör olarak değerlendirilmelidir. Doğru teknik çerçeve, enzimin matristeki pektin kimyasını nasıl değiştirdiğini ve bu değişimin proses hedefiyle uyumlu olup olmadığını anlamaya dayanır [6].

## Teknik değer özet

PME'nin en güçlü bilimsel temeli, pektindeki metil ester gruplarını hidroliz ederek esterleşme derecesini düşürmesidir. Bu mekanizma pektinin yük yoğunluğunu, kalsiyumla bağlanma davranışını ve diğer pektinolitik enzimlerle etkileşimini değiştirir <sup>[1]</sup>.

Meyve suyu uygulamalarında PME hem kullanılabilir hem de kontrol edilmesi gerekebilecek bir enzimdir. Berraklaştırma stratejilerinde pektin modifikasyon basamağına katkı verebilirken, bulutlu meyve sularında doğal PME aktivitesi ürün stabilitesi açısından kritik olabilir <sup>[7]</sup>.

Tekstil ve bitkisel lif işlemede PME, pektin modifikasyonu yoluyla degumming ve bioscouring gibi daha çevreci proseslerin parçası olarak araştırılmıştır. Özellikle PME'nin pektate lyase gibi enzimlerle birlikte kullanıldığı çalışmalar, pektinli bitkisel lif matrislerinde tamamlayıcı etki mantığını ortaya koyar <sup>[5]</sup>.

Agro-endüstriyel yan ürünlerde PME, pektinli biyokütlenin değer kazanması için işlevsel bir modifikasyon aracı olarak görülebilir. Elma atıkları ve papaya kabuğu gibi hammaddeler üzerine yapılan çalışmalar, pektin ve pektinle ilişkili enzimlerin döngüsel biyoproseslerde neden ilgi çektiğini gösterir <sup>[9]</sup>.

Sonuç olarak Pectin Methylesterase, pektin içeren sistemlerde kimyasal yapı ile proses performansı arasında köprü kuran teknik bir enzimdir. Enzymes.bio tarafından 1 kg birimler halinde çevrim içi satışa sunulan PME, siparişle birlikte sağlanan CoA ve SDS eşliğinde, pektin modifikasyonu odaklı uygulamalar için değerlendirilebilir.

### Pectin Methylesterase ürününü online sipariş edin

1 kg birimler halinde satılır; stokta mevcut ve sevkiyata hazırdır. Mağazamızdan doğrudan sipariş verin — online ödeme yapın, siparişinizi işleme alalım. Her sipariş Analiz Sertifikası ve Güvenlik Bilgi Formu dahildir.

[Pectin Methylesterase satın alın →](#)

## Kaynaklar

İlk atıf sırasına göre numaralandırılmıştır. Açık erişimli kaynaklardır; her birinin yayım sırasında erişilebilir olduğu doğrulanmıştır. Metindeki atıf numaraları buraya bağlantı verir.

1. Rajulapati, V., & Goyal, A. (2017). Molecular Cloning, Expression and Characterization of Pectin Methylesterase (CtPME) from Clostridium thermocellum. *Molecular Biotechnology*, 59, 128-140.
2. Yadav, S., Yadav, P., Yadav, D., & Yadav, K. S. (2009). Pectin lyase: A review. *Process Biochemistry*, 44, 1-10.
3. Dixit, S., Upadhyay, S. K., Singh, H., Pandey, B., Chandrashekar, K., & Verma, P. (2013). Pectin Methylesterase of Datura species, purification, and characterization from Datura stramonium and its application. *Plant Signalling & Behavior*, 8.
4. Sharma, N., Patel, S., Rai, A., & Singh, S. P. (2024). Biochemical characterization of a novel acid-active endopolygalacturonase for pectin depolymerization, pectic-oligomer production, and fruit juice clarification. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131565 .
5. Rajulapati, V., Dhillon, A., Gali, K., Katiyar, V., & Goyal, A. (2020). Green bioprocess of degumming of jute fibers and bioscouring of cotton fabric by recombinant pectin methylesterase and pectate lyases from Clostridium thermocellum. *Process Biochemistry*, 92, 93-104.
6. Patidar, M., Nighojkar, S., Kumar, A., & Nighojkar, A. (2016). Papaya peel valorization for production of acidic pectin methylesterase by Aspergillus tubingensis and its application for fruit juice clarification. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 6, 58-67.
7. Sahu, R., Kumar, V., Minj, S. K., Sahu, P., & Thakur, S. (2023). Impact of Thermo-sonication on Pectin Methylesterase (PME) Inactivation & Cloud Stability of Nagpur Mandarin Juice. *International Journal of Plant & Soil Science*.
8. Velázquez-Estrada, R., Hernández-Herrero, M., Guamis-López, B., & Roig-Sagués, A. (2012). Impact of ultra high pressure homogenization on pectin methylesterase activity and microbial characteristics of orange juice: A comparative study against conventional heat pasteurization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 13, 100-106.
9. Oliveira, T. C. G., Sganzerla, W., Ampese, L., Sforça, B. P., Goldbeck, R., & Forster-Carneiro, T. (2022). Sustainable valorization of apple waste in a biorefinery: a bibliometric analysis. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 16.
10. Juliato, R. A., Brito, I. P. C., & Silva, E. K. (2025). Ultrasound-driven chemical and biochemical changes in jaboticaba juice: Phenolic compounds, volatile profile and inactivation of polyphenol oxidase, peroxidase and pectin methylesterase. *Food Chemistry*, 481, 144037 .
11. Vigneshwaran, G., More, P., & Arya, S. (2022). Non-thermal hydrodynamic cavitation processing of tomato juice for physicochemical, bioactive, and enzyme stability: Effect of process conditions, kinetics, and shelf-life extension. *Current Research in Food Science*, 5, 313 - 324.
12. Lambré, C., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Coconcelli, P., Crebelli, R., Gott, D., Grob, K., ... et al. (2022). Safety evaluation of the food enzyme containing endo-polygalacturonase, pectinesterase, pectin lyase and non-reducing end  $\alpha$ -l-arabinofuranosidase activities from the Aspergillus niger strain PEC. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 20.
13. Zorn, H., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Catania, F., Gadermaier, G., Greiner, R., Mayo, B., ... et al. (2026). Safety evaluation of a food enzyme containing endo-polygalacturonase, pectinesterase and pectin lyase activities from the non-genetically modified Aspergillus niger strain CCTCC M 2023236. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 24.


## Enzymes.bio ile iletişime geçin


Siparişinizle ilgili sorularınız mı var? Ekibimiz yardımcı olmaktan memnuniyet duyar.

E-POSTA [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

TELEFON (ABD) [+1 \(507\) 428-6057](tel:+1(507)428-6057)

[Bize ulaşın →](#)

 **400+** B2B müşteriler

 **60+** üniversite araştırma ortakları

 **54** dünya genelinde hizmet

© 2026 Enzymes.bio · Endüstriyel ve gıda işleme enzim tedariki · İnsan tüketimi veya perakende satış için değildir.