

Food-Grade Cellulase Enzyme ile Botanik Ekstraksiyon: Hücre Duvarı Parçalama ve Verim Desteği

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

Food-Grade Cellulase Enzyme For Botanical Extraction, bitkisel hammaddelerdeki selülozik hücre duvarı bariyerlerini hedefleyerek çözücü erişimini ve aktif bileşen salımını desteklemek için kullanılan gıda sınıfı bir selüloz preparatıdır. Botanik ekstraksiyonda temel rolü, bitki dokusunun fiziksel direncini azaltmak; polifenoller, pigmentler, polisakkaritler, yağlar veya diğer fitokimyasal bileşenlerin ekstraksiyon ortamına geçişini kolaylaştırmaktır. Enzymes.bio bu ürünü üretici veya laboratuvar olarak değil, çevrim içi doğrudan satış yapan bir enzim tedarikçisi olarak sunar; ürün 1 kg birimler halinde sipariş edilir ve CoA ile SDS siparişiyle birlikte sağlanır.

Selülazın Botanik Ekstraksiyondaki Teknik Rolü

Botanik ekstraksiyonun verimi yalnızca hedef bileşiğin çözücüdeki çözünürlüğüne bağlı değildir; bitki dokusunun hücre duvarı mimarisi de belirleyici bir direnç oluşturur. Selüloz mikrofibrilleri, hemiselüloz, pektik maddeler, lignin ve protein-fenolik kompleksler; özellikle kabuk, sap, yaprak damarı, rizom, çekirdek kabuğu ve meyve posası gibi yapılarda çözücü penetrasyonunu sınırlayabilir ^[1].

Selülaz, bu yapısal bariyerin selülozik kısmına etki eden bir hidrolitik enzim grubudur. Mekanizma basitçe şöyle özetlenebilir: enzim, su içeren ekstraksiyon ortamında selüloz zincirlerine temas eder; selülozun uzun glukoz zincirlerindeki bağların parçalanmasını katalizler; bunun sonucunda hücre duvarının mekanik bütünlüğü zayıflar, doku daha geçirgen hâle gelir ve çözgenin hücre içi veya hücre duvarına bağlı bileşiklere ulaşması kolaylaşır ^[2].

Bu yaklaşım “enzim eklemek = her zaman daha yüksek verim” şeklinde yorumlanmamalıdır. Selülazın etkisi bitki türüne, kullanılan bitki kısmına, partikül boyutuna, ekstraksiyon ortamının su içeriğine, sıcaklığa, pH aralığına, temas süresine ve hedef bileşiğin hücredeki konumuna bağlıdır; enzim destekli ekstraksiyon çalışmalarında bu değişkenlerin sonuç üzerinde belirgin etkisi olduğu sıkça rapor edilmektedir ^[3].

Selüloz uygulandığında ilk etki, selülozik bölgelerde zincir uzunluğunun azalması ve hücre duvarının şişme, gevşeme veya parçalanmaya daha yatkın hâle gelmesidir. Bu durum, çözücünün hücre duvarındaki mikrokannallardan ilerlemesini, hücre içi boşluklara ulaşmasını ve hedef bileşiklerin difüzyon yoluyla ekstraksiyon ortamına geçmesini kolaylaştırabilir [2].

İkinci etki, bitkisel süspansiyonun reolojik davranışında görülebilir. Selülozik ve hemiselülozik yapıların kısmi parçalanması, bazı hammaddelerde karışımın daha kolay pompalanmasına, preslenmesine veya filtrelenmesine katkı sağlayabilir; apple juice clarification üzerine yapılan gıda sınıfı selüloolitik enzim çalışması, bu tür enzimlerin meyve bazlı proseslerde berraklaştırma ve katı-sıvı ayrımıyla ilişkili teknik değerini göstermektedir [6].

Üçüncü etki, daha ılımlı ekstraksiyon stratejilerine alan açmasıdır. Hücre duvarının enzimle ön gevşetilmesi, bazı proseslerde aşırı sıcaklık, uzun süre veya yoğun mekanik parçalama ihtiyacını azaltmaya yardımcı olabilir; bu nedenle enzim destekli ekstraksiyon, “yeşil ekstraksiyon” yaklaşımları içinde değerlendirilen biyokatalitik bir araçtır [7].

Hangi Bileşik Gruplarında Anlamlıdır?

Selüloz destekli botanik ekstraksiyon, özellikle hedef bileşiğin hücre duvarı arkasında veya hücre duvarı ile ilişkili bir matriks içinde bulunduğu durumlarda teknik olarak anlamlıdır. Bu çerçevede polifenoller, flavonoidler, doğal pigmentler, bazı polisakkaritler, bitkisel yağlar ve glikozit formdaki fitokimyasallar için literatürde farklı uygulama örnekleri vardır [8].

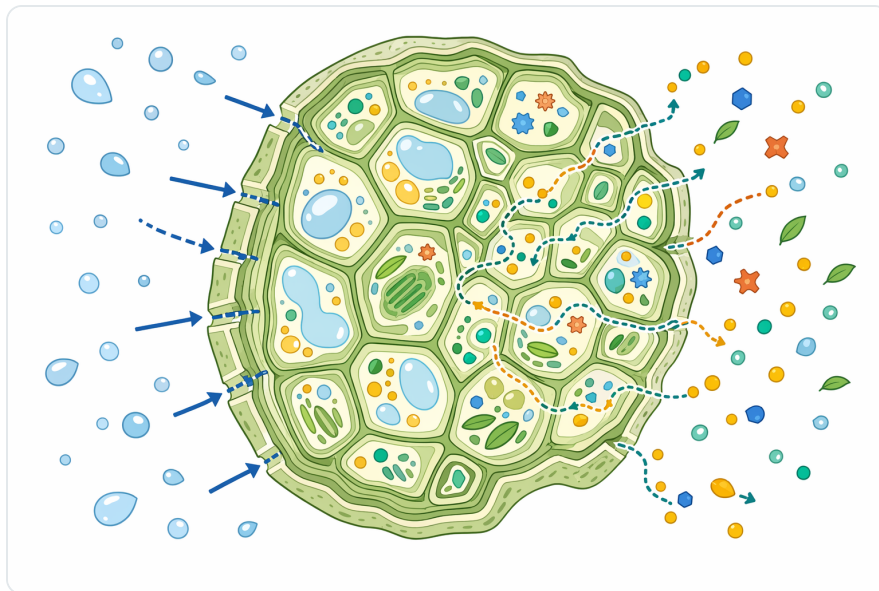


Figure 2. 식물 원료를 절단하거나 분쇄한 뒤에도 셀룰로오스가 풍부한 세포벽 구조는 물질 전달을 막는 물리적 장벽으로 작용할 수 있다.

Polifenoller açısından, ananas kabuğu atıklarından doğal antioksidanların geri kazanımını inceleyen ultrasonik-selüloz ekstraksiyon çalışması, selülozün mekanik destekli ekstraksiyonla birlikte kullanıldığında polifenolik bileşiklerin geri kazanımında değerlendirilebildiğini göstermektedir ^[8]. Benzer şekilde taze çay yapraklarında enzim destekli ekstraksiyonun toplam polifenol içeriği ve antioksidan kapasite üzerindeki etkisi araştırılmıştır ^[9].

Pigmentler için de hücre duvarı parçalama yaklaşımı önemlidir. Klorofil temelli gıda sınıfı yeşil renklendiricilerin geri kazanımına odaklanan bir çalışmada, enzim destekli ekstraksiyonun bitkisel pigmentlerin salımı için kullanılabilecek bir yöntem olduğu gösterilmiştir ^[7]. Bu tür uygulamalarda enzim, pigmentin kimyasal stabilitesini tek başına garanti etmez; ancak pigmentin bulunduğu hücresel yapıların açılmasına katkı sağlayabilir.

Polisakkarit ekstraksiyonunda selüloz daha dikkatli değerlendirilmelidir; çünkü hedef bileşik de bazen hücre duvarı polisakkariti olabilir. *Potentilla anserina* L. polisakkaritleri üzerine yapılan enzim destekli ekstraksiyon çalışması, enzim seçimi ve koşullarının yalnızca verimi değil, elde edilen polisakkaritin karakterizasyonunu ve in vitro antioksidan özelliklerini de etkileyebileceğini göstermektedir ^[4].

Bitkisel yağlar için selülozün rolü, yağın kendisini parçalamak değil, yağ içeren hücrelerin karbonhidrat temelli duvarlarını zayıflatmaktır. African nutmeg tohumlarında selüloz kullanılarak yağ ekstraksiyonunun artırılmasını inceleyen çalışma, selülozün tohum matriksindeki yapısal bariyerleri azaltarak yağ geri kazanımıyla ilişkilendirilebileceğini ortaya koymaktadır ^[10].

Selüloz Destekli Ekstraksiyonun Geleneksel Yaklaşımlarla Karşılaştırılması

Aşağıdaki tablo, botanik ekstraksiyonda selüloz destekli yaklaşımın geleneksel çözücü ekstraksiyonu ve fiziksel destekli yöntemlerle nasıl konumlandığını özetler. Bu tablo bir proses reçetesi değil, karar mantığını teknik olarak karşılaştıran bir çerçevedir.

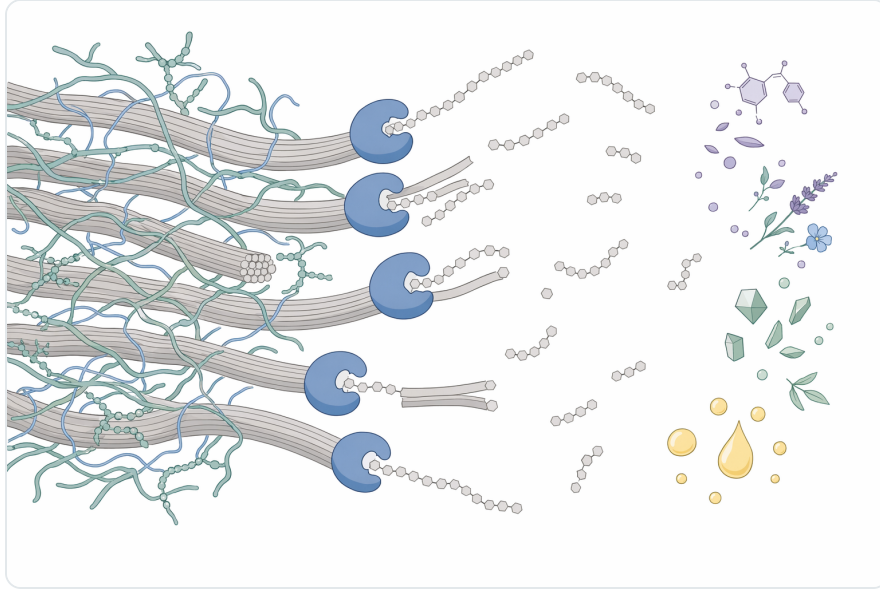


Figure 3. 셀룰라아제는 접근 가능한 세포벽 표면에서 β -1,4 결합 셀룰로오스 사슬을 가수분해하여 지지 구조를 약화시키고 추출액이 이동할 통로를 연다.

Yaklaşım	Temel etki mekanizması	Güçlü yön	Sınırlama	Tipik kullanım mantığı
Geleneksel çözücü ekstraksiyonu	Hedef bileşiğin çözücüye difüzyonu ve çözünmesi	Basit ekipman ve yaygın proses bilgisi	Hücre duvarı bariyeri güçlü ise kütle transferi yavaş kalabilir	Kolay çözünen veya ince öğütülmüş hammaddelerde başlangıç yaklaşımı ^[11]
Selüloz destekli ekstraksiyon	Selülozik hücre duvarı bölgelerinin hidrolizi ve geçirgenliğin artması	Çözücü erişimini ve bağlı bileşik salınımı destekleyebilir	Etki hammadde ve proses koşullarına bağlıdır	Sert, lifli veya hücre duvarı bariyeri belirgin botaniklerde ^[2]
Ultrason + selüloz	Kavitasyonla fiziksel bozundurma ve enzimatik hücre duvarı gevşetme	Mekanik ve biyokatalitik etkiler birlikte çalışabilir	Aşırı koşullar bazı hassas bileşikleri etkileyebilir	Polifenol, polisakkarit veya pigment geri kazanımında optimizasyon gerektiren prosesler ^[5]
Çoklu hücre duvarı enzimi yaklaşımı	Selüloz dışındaki pektik veya hemiselülozik fraksiyonların da hedeflenmesi	Karmaşık bitki duvarlarında daha geniş etki sağlayabilir	Hedef bileşiğe göre yan reaksiyon ve bileşim değişimi izlenmelidir	Posa, kabuk, meyve atığı ve lifli yan akımlarda ^[12]
Fiziksel ön işlem + enzim	Öğütme, ıslatma veya termal yumuşatma	Enzimin substrata temasını kolaylaştırabilir	Enerji girdisi ve proses süresi artabilir	Odunsu, kuru veya yoğun lifli hammaddelerde ^[1]

Yaklaşım	Temel etki mekanizması	Güçlü yön	Sınırlama	Tipik kullanım mantığı
	sonrası enzim erişiminin artması			

Literatürdeki Uygulama Örnekleri

Ananas kabuğu, gıda endüstrisi atıklarının katma değerli bileşiklere dönüştürülmesi açısından iyi bir örnektir. Ultrasonik-selüloz ekstraksiyon yöntemiyle polifenolik bileşiklerin doğal antioksidan olarak geri kazanımını inceleyen çalışmada, selüloz hücre duvarı bariyerini azaltma rolü fiziksel destekli ekstraksiyonla birlikte ele alınmıştır ^[8].

Üzüm posası da benzer şekilde selüloz, pektin ve fenolik bileşikler açısından zengin karmaşık bir matrikstir. Üzüm posası kalıntılarından fenolik bileşik geri kazanımını inceleyen çalışmada ultrason ve enzim destekli ekstraksiyonun birlikte kullanımının, bitki atıklarının değerlendirilmesi için sinerjik bir yaklaşım olarak ele alındığı görülmektedir ^[5].

Çay yapraklarında enzim destekli ekstraksiyonun toplam polifenol içeriği ve antioksidan kapasite üzerindeki etkisinin incelenmesi, selüloz benzeri hücre duvarı enzimlerinin yalnızca tarımsal atıkta değil, aktif bileşik yoğunluğu yüksek yaprak materyallerinde de önem taşıyabileceğini gösterir ^[9].

Zerdeçal ve temulawak rizomları gibi sert nişastalı-bitkisel yapılarda hedef bileşikler hücre içi veya matriks içinde hapsolabilir. Curcumin ekstraksiyon yöntemlerini inceleyen derlemeler, geleneksel çözücü ekstraksiyonunun yanında enzim destekli ve diğer modern yaklaşımların da verim, stabilite ve formülasyon hedefleri açısından değerlendirildiğini belirtmektedir ^[11].

Polygonum cuspidatum örneğinde, termostabil selüloz ile enzim destekli ekstraksiyon ve ardından polydatin-resveratrol dönüşümünü içeren çalışma, selüloz yalnızca “duvarı açan” bir yardımcı değil, başka enzimatik dönüşümlerle entegre edilebilen bir proses bileşeni olarak da değerlendirilebildiğini göstermektedir ^[13].



Figure 4. 식물 추출에서 셀룰라아제는 일반적으로 수화 또는 추출 단계에서 첨가되며, 이는 고액 분리와 최종 농축 또는 건조 전에 이루어진다.

Pitaya kabuğu pektini üzerine yapılan selülaaz destekli ekstraksiyon çalışması ise önemli bir nüansı ortaya koyar: selülaaz kullanımı yalnızca düşük moleküllü fitokimyasallar için değil, gıda bileşeni niteliğindeki biyopolimerlerin geri kazanımında da optimize edilebilir [14].

Mangosteen kabuğundan polisakkarit ekstraksiyonunu inceleyen ultrasonik-selülaaz çalışması da benzer şekilde, selülaazın lifli kabuk materyallerinden fonksiyonel polisakkarit fraksiyonlarının elde edilmesinde araştırıldığını göstermektedir [15].

Proses Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Teknik Değişkenler

Selülaazın botanik ekstraksiyondaki performansı, enzim ve substratın gerçekten temas edip etmediğine bağlıdır. Çok iri parçacıklar, kuru ve yoğun dokular veya lignin oranı yüksek materyaller enzimin selülozik bölgelere erişimini sınırlayabilir; bu nedenle öğütme, ıslatma ve karıştırma gibi fiziksel hazırlık adımları proses sonucunu etkileyebilir [1].

Sulu fazın varlığı kritik önemdedir; çünkü selülaaz hidrolitik bir biyokatalizördür ve reaksiyon ortamında su bulunması gerekir. Tamamen hidrofobik çözücü ağırlıklı sistemlerde enzim etkinliği sınırlanabilir; bu nedenle selülaaz genellikle su içeren ön işlem, maserasyon veya ekstraksiyon fazında değerlendirilir [7].

pH ve sıcaklık da belirleyici parametrelerdir, ancak tek bir evrensel değer vermek doğru değildir. Farklı kaynaklardan elde edilen selülaazlar farklı sıcaklık dayanımı ve çalışma aralıkları gösterebilir; kompost kaynaklı termostabil selülaaz üreten bakterilerin izolasyonunu inceleyen çalışma, selülaaz performansının biyolojik kaynağa ve stabilite özelliklerine göre değişebileceğini göstermektedir [16].

Temas süresi, hedeflenen etkiye göre dengelenmelidir. Çok kısa temas, hücre duvarı üzerinde sınırlı etki oluşturabilir; gereğinden uzun temas ise bazı bitkisel fraksiyonlarda aşırı parçalanma, viskozite değişimi veya hedef bileşiğin istenmeyen matriks bileşenleriyle birlikte ekstrakte edilmesi gibi sonuçlara yol açabilir [3].



Figure 5. Şelülaraze tedaviyle beklenen ana pratik etki, şelülozdan çok fazla şekerin elde edilmesi, şeker miktarının artması, şeker miktarının artması, şeker miktarının artması, şeker miktarının artması, şeker miktarının artması, şeker miktarının artması, şeker miktarının artması.

Enzim destekli ekstraksiyonun fiziksel destekli yöntemlerle birleştirilmesi yaygındır, ancak bu kombinasyon da otomatik olarak daha iyi sonuç anlamına gelmez. Ultrason, hücre duvarı geçirgenliğini artırabilir; fakat enerji girdisi, sıcaklık artışı ve hassas bileşiklerin stabilitesi birlikte değerlendirilmelidir [5].

Gıda Sınıfı Konumlandırma Ne Anlama Gelir?

“Food-grade” ifadesi, ürünün gıda ve gıda bileşeni işleme uygulamaları için konumlandırıldığını gösterir; bu, enzimin nihai üründe nasıl kullanılacağına dair mevzuat, proses ve güvenlik sorumluluklarını ortadan kaldırmaz. Gıda endüstrisinde kullanılan enzimler çok farklı işlevlere sahip olabilir ve uygulama bağlamına göre uygunluk değerlendirmesi yapılır [17].

Botanik ekstraksiyon bağlamında food-grade şelüloz, özellikle bitkisel ekstrakt, doğal renk, aroma, fonksiyonel bileşen, çay-kahve-bitki infüzyonu, meyve-sebze yan akımı veya nutraceutical hammaddesi gibi uygulamalarda proses yardımcısı olarak değerlendirilebilir. Bu kullanımda amaç enzimi tüketilebilir bir bileşen olarak öne çıkarmak değil, ekstraksiyon prosesinde hücre duvarı bariyerini azaltmaktır .

Enzymes.bio'nun konumu burada açıkça tedarikçidir. Şirket, ürünü çevrim içi doğrudan satış modeliyle sunar; üretici, analiz laboratuvarı veya proses tasarım danışmanı gibi konumlandırılmamalıdır .

Enzymes.bio Ürün ve Sipariş Bilgisi

Food-Grade Cellulase Enzyme For Botanical Extraction, Enzymes.bio'nun botanik ekstraksiyon enzimleri kategorisinde yer alan bir üründür. Ürün sayfasında selülozün bitki hücre duvarlarını parçalayarak botanik ve doğal ürün işleme süreçlerinde ekstraksiyon verimini desteklemeye yönelik olduğu belirtilir .

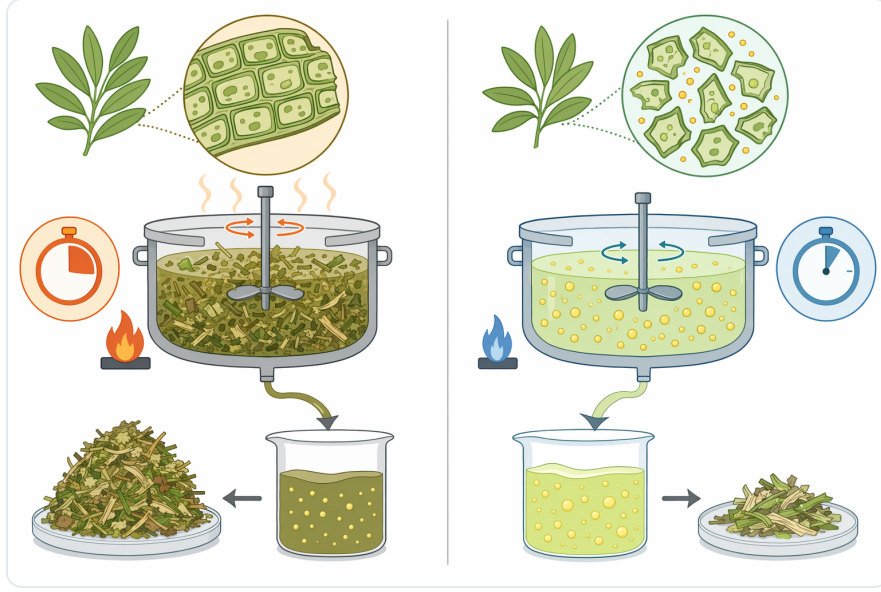


Figure 6. 효소 종류마다 표적으로 삼는 식물 매트릭스 성분이 다르므로, 추출을 제한하는 요인이 펙틴, 전분, 헤미셀룰로오스 또는 단백질이 아니라 셀룰로오스일 때 셀룰라아제가 가장 적합하다.

Ürün 1 kg birimler halinde çevrim içi doğrudan sipariş edilir. Enzymes.bio modeli, numune, özel teklif veya büyük hacimli tedarik yönlendirmesi üzerine değil, ürün sayfası üzerinden standart çevrim içi satın alma akışı üzerine kuruludur .

Siparişle birlikte CoA ve SDS sağlanır. CoA, ürün partisine ilişkin temel kalite dokümantasyonu için; SDS ise güvenli elleçleme, depolama ve iş sağlığı-güvenliği kayıtları için kullanılır .

Gönderim tarafında Enzymes.bio, küresel teslimat modelini ve kargo süreçlerini kendi gönderim politikasında açıklar. Alıcı tarafın ithalat, yerel mevzuat, endüstriyel kullanım uygunluğu ve uygulama sorumluluklarını kendi kullanım bağlamında değerlendirmesi gerekir .

Selülazın Faydasını Gerçekçi Okumak

Selülaz, bitki hücre duvarına yönelik rasyonel ve literatürle desteklenen bir biyokatalizördür; ancak her botanik matrikste aynı sonucu vermez. Örneğin yumuşak, zaten iyi parçalanmış ve hedef bileşiği kolay çözünen bir hammaddede fark sınırlı olabilir; buna karşılık lifli, kabuklu, sert veya hücre duvarı bariyeri güçlü materyallerde etkisi daha belirgin hâle gelebilir ^[1].

Hedef bileşik türü de sonucu değiştirir. Polifenoller, klorofil türevleri, pektin, polisakkaritler veya yağlar farklı hücresel bölmelerde bulunur; bu nedenle selülazın aynı proses koşullarında hepsi için aynı ekstraksiyon profili oluşturması beklenmemelidir ^[4].

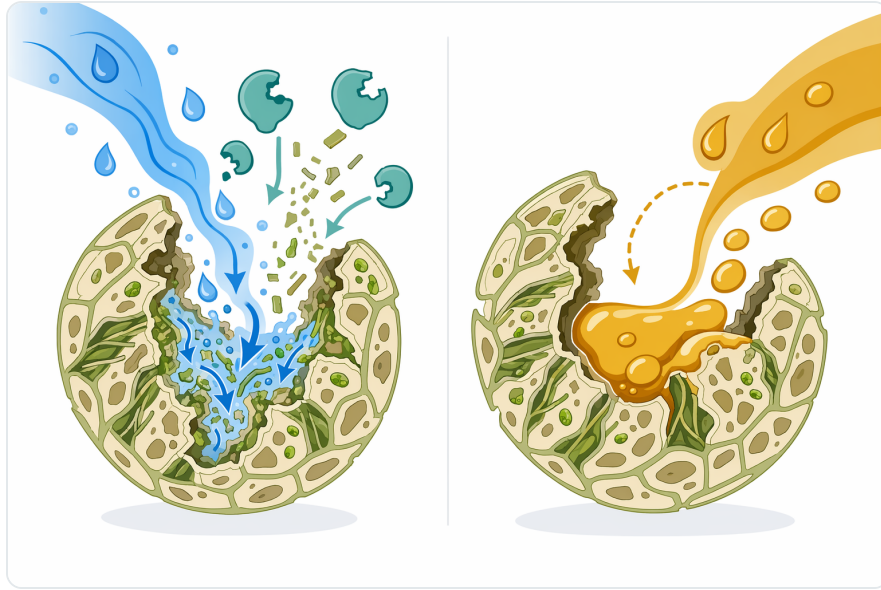


Figure 7. 셀룰라아제는 식물 조직에 대한 물리적 접근성을 높이지만, 목표 성분을 운반할 수 있는 추출 단계의 필요성을 대체하지는 않는다.

Bazı uygulamalarda selülaz tek başına yeterli olabilirken, bazı bitki dokularında pektik veya hemiselülozik bariyerler daha baskındır. Bu durumda selülaz, daha geniş hücre duvarı parçalama yaklaşımının bir bileşeni olarak değerlendirilir; meyve atıklarından pektin geri kazanımına yönelik enzim destekli çalışmalar, hücre duvarı kompozisyonunun enzim seçimi açısından kritik olduğunu göstermektedir ^[12].

Ayrıca enzim destekli ekstraksiyon, daha “nazık” bir yaklaşım sunsa da süreç her zaman daha kısa veya daha ucuz olmayabilir. Enzim maliyeti, proses süresi, sıcaklık kontrolü, karıştırma, su yönetimi ve nihai ekstraktın filtrasyonu toplam proses ekonomisini etkileyen faktörlerdir ^[7].

Uygun Uygulama Senaryoları

Food-Grade Cellulase Enzyme For Botanical Extraction özellikle hücre duvarı bariyerinin ekstraksiyon hızını veya verimini sınırladığı durumlarda anlamlıdır. Bitkisel kabuklar, posalar, lifli yapraklar, tohum dokuları, rizomlar, saplar ve tarımsal yan akımlar bu açıdan öne çıkan hammadde gruplarıdır ^[1].

Polifenol ve antioksidan geri kazanımında, ananas kabuğu ve üzüm posası gibi yan akımların değerlendirilmesi selüloz destekli yaklaşımlar için iyi örnekler sunar. Bu tür hammaddeler hem ekonomik değer yaratma hem de atık azaltma açısından biyoproses uygulamalarına uygundur ^[8].

Doğal pigment ekstraksiyonunda, klorofil gibi bileşiklerin hücresel yapılardan salımı için hücre duvarı geçirgenliğinin artırılması önemlidir. Enzim destekli klorofil bazlı yeşil renklendirici çalışması, gıda sınıfı pigment geri kazanımında bu yaklaşımın araştırıldığını göstermektedir ^[7].

Bitkisel yağlarda, selüloz tohum veya çekirdek dokusunun karbonhidrat duvarlarını zayıflatarak yağ fazının ayrılmasına katkı sağlayabilir. African nutmeg tohumu çalışması, bu mantığın bitkisel yağ ekstraksiyonu bağlamında deneysel olarak ele alındığını göstermektedir ^[10].

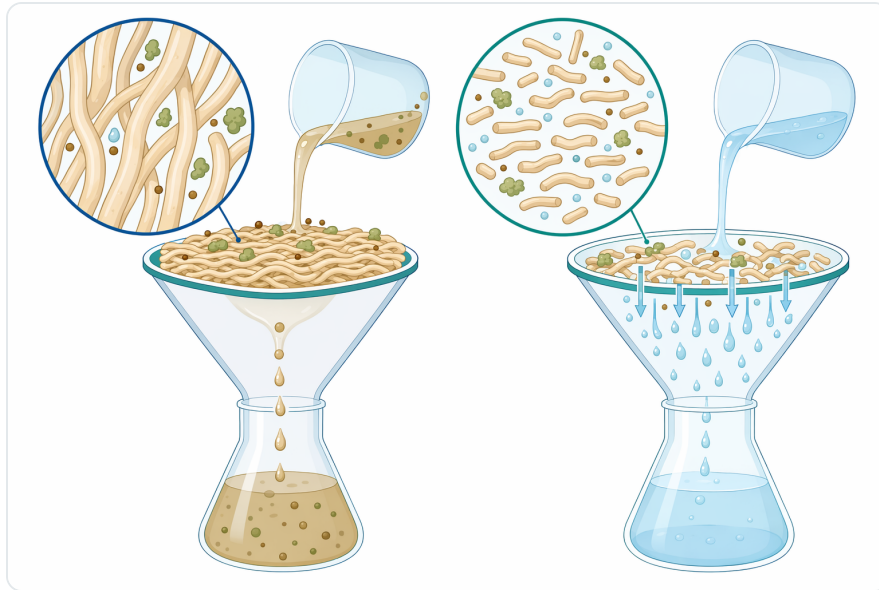


Figure 8. 여과 저항과 탁도가 셀룰로오스가 풍부한 조각에서 비롯될 때, 셀룰라아제는 섬유성 네트워크의 강도를 낮추어 더 깨끗한 분리를 돕는다.

Polisakkarit ve pektin gibi yüksek moleküllü bileşenlerde ise selüloz kullanımı daha kontrollü düşünülmelidir. Pitaya kabuğu pektini ve mangosteen kabuğu polisakkaritleri üzerine yapılan çalışmalar, verim kadar elde edilen biyopolimerin yapısal özelliklerinin de proses sonucunun parçası olduğunu gösterir ^[14].

Sonuç: Botanik Ekstraksiyonda Selülazın Net Değeri

Food-Grade Cellulase Enzyme For Botanical Extraction, botanik hammaddelerde selülozik hücre duvarı bariyerini azaltmaya yönelik teknik bir proses yardımcısıdır. En güçlü gerekçesi, bitki dokusunun fiziksel yapısını gevşeterek çözücü erişimini, kütle transferini ve hedef bileşik salımını desteklemesidir ^[2].

Bu ürün, özellikle lifli, sert, kabuklu veya hücre duvarı açısından dirençli bitkisel materyallerle çalışan ekstrakt üreticileri için anlamlıdır. Polifenol, pigment, polisakkarit, pektin, yağ veya glikozit temelli bileşiklerde fayda potansiyeli vardır; ancak sonuç hammadde, proses koşulları ve hedef bileşiğin matriks içindeki konumuna bağlıdır ^[5].

Enzymes.bio bu ürünü 1 kg birimler halinde çevrim içi doğrudan satışa sunan bir tedarikçidir; ürünle birlikte CoA ve SDS sağlanır. Teknik açıdan doğru beklenti, selülazı evrensel bir verim garantisi olarak değil, botanik ekstraksiyonda hücre duvarı parçalama ve proses işlenebilirliğini destekleyen kanıta dayalı bir biyokatalizör olarak konumlandırmaktır .

Food-Grade Cellulase Enzyme For Botanical Extraction ürününü online sipariş edin

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

[Food-Grade Cellulase Enzyme For Botanical Extraction 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. Teferi, D. A., Kassa, M. G., Belachew, M. T., & Erku, E. G. (2025). Biorefinery and Valorization Strategies for Sugarcane Bagasse: Integrating Food, Health, Economic, and Industrial Applications. *Food Science & Nutrition*, 13.
2. Suhag, S., Yadav, P., Sachdeva, V., Lohan, K., Luhach, V., & Hooda, V. (2025). Enhancing cellulase performance through nanomaterials and MOFs: innovations and applications. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 55, 1096 - 1117.
3. Rafińska, K., Wrona, O., Krakowska-Sieprawska, A., Walczak-Skierska, J., Kielbasa, A., Rafiński, Z., Pomastowski, P., ... et al. (2022). Enzyme-assisted extraction of plant material – New functional aspects of the process on an example of *Medicago sativa* L. *Industrial crops and products (Print)*.
4. Guo, P., Chen, H., Ma, J., Zhang, Y., Chen, H., Ting-Wei, Gao, D., ... et al. (2023). Enzyme-assisted extraction, characterization, and in vitro antioxidant activity of polysaccharides from *Potentilla anserina* L. *Frontiers in Nutrition*,

10.

5. Stanek-Wandzel, N., Zarębska, M., Wasilewski, T., Hordyjewicz-Baran, Z., Krzyszowska, A., Gębura, K., & Tomaka, M. (2025). Enhancing Phenolic Compound Recovery from Grape Pomace Residue: Synergistic Approach of Ultrasound- and Enzyme-Assisted Extraction. *ACS Omega*, 10, 23129 - 23138.
6. Bhattacharya, R., Arora, S., & Ghosh, S. (2024). Bioprocess optimization for food-grade cellulolytic enzyme production from sorghum waste in a novel solid-state fermentation bioreactor for enhanced apple juice clarification.. *Journal of Environmental Management*, 358, 120781 .
7. Mazzocchi, C., Benucci, I., Lombardelli, C., & Esti, M. (2023). Enzyme-Assisted Extraction for the Recovery of Food-Grade Chlorophyll-Based Green Colorant. *Foods*, 12.
8. Kumalaningrum, A. N., Yosep, A., Yuniar, R. A., Simamora, G. R. R., & Avanza, M. R. (2025). Optimization of polyphenolic compound extraction as natural antioxidants from pineapple peel waste (Ananas comosus (L.) Merr.) using ultrasonic-cellulase extraction (UCE) method. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*.
9. Oanh, D. T. Y., Hien, L. T., Duyen, N., Hieu, N., & Dao, D. T. A. (2023). Effect of enzyme – assisted extraction on total polyphenol content and antioxidant capacity from fresh tea leaves (Camellia sinensis). *Vietnam Journal of Chemistry*.
10. Chiwetalu, M. O., Ossai, E., Enechi, O., Ugwu, C., Ozogwu, V. E., Okpala, C. O. R., & Njoku, O. (2022). An enhanced fat extraction from Pycnanthus angolensis (African nutmeg) seeds using cellulase from Aspergillus niger strain BC23. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*.
11. Ciuca, M. D., & Racovita, R. C. (2023). Curcumin: Overview of Extraction Methods, Health Benefits, and Encapsulation and Delivery Using Microemulsions and Nanoemulsions. *International Journal of Molecular Sciences*, 24.
12. Tumilap, K., Ranario, L. M. D., Guno, F. D., Galeon, P. L., Aguilar, E. G. P., Zacal, V. P., & Pérez, J. (2025). A Preliminary and Comparative Study on the Valorization of Marang (Artocarpus odoratissimus Blanco) Fruit Waste Through Enzyme-Assisted Pectin Extraction. *Food Bioengineering*.
13. Wang, C., Liu, X., Zhang, M., Shao, H., Zhang, M., Wang, X., Wang, Q., ... et al. (2019). Efficient Enzyme-Assisted Extraction and Conversion of Polydatin to Resveratrol From Polygonum cuspidatum Using Thermostable Cellulase and Immobilized β -Glucosidase. *Frontiers in Microbiology*, 10.
14. Al-Ezzi, M., Muhammad, K., Gannasin, S. P., & Shukri, R. (2025). Maximising pitaya (Hylocereus polyrhizus) peel pectin yield through cellulase-assisted extraction: A study on enzyme optimisation. *Bioresources and Environment*.
15. Tang, Z., Huang, G., & Huang, H. (2023). Ultrasonic/cellulase-assisted extraction of polysaccharide from Garcinia mangostana rinds and its carboxymethylated derivative. *Ultrasonics sonochemistry*, 99.
16. Chandrarathna, U. A. A. N. (2024). Isolation and characterization of thermo-stable cellulase enzyme producing bacteria from a compost production site. *The 24th International Postgraduate Research Conference*.
17. Food Grade Enzymes for Industrial Food Processing-Amano Enzyme Inc.. Amano-enzyme.

Enzymes.bio ile iletişime geçin

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

E-POSTA wholesale@enzymes.bio

TELEFON (ABD) **+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.