

Gıda Sınıfı İnülinaz ile Fruktooligosakkarit (FOS) Üretimi: İnülin Bazlı Karbonhidrat İşleme

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

Gıda sınıfı inülinaz, inülindeki β -2,1 fruktozidik bağları kontrollü biçimde hidrolize ederek uzun zincirli fruktanları daha kısa zincirli fruktooligosakkaritlere dönüştürmek için kullanılan bir proses enzimidir. FOS üretiminde temel amaç, inülini tamamen basit şekerlere parçalamak değil, reaksiyon koşullarına bağlı olarak oligosakkarit ağırlıklı bir karbonhidrat profili oluşturmaktır ^[1]. Enzymes.bio bu ürünü üretici veya laboratuvar olarak değil, tedarikçi olarak sunar; ürün çevrim içi olarak 1 kg birimler halinde satın alınır ve siparişe birlikte CoA ile SDS sağlanır .

İnülinazın FOS üretimindeki rolü

İnülinaz, inülin ve inülin benzeri fruktanların enzimatik dönüşümünde kullanılan bir biyokatalizördür. İnülin; hindiba, yer elması, agav, dahlia ve bazı diğer bitkisel kaynaklarda bulunan, ağırlıklı olarak fruktoz birimlerinden oluşan bir fruktan ailesidir. Bu yapıda fruktoz birimleri çoğunlukla β -2,1 fruktozidik bağlarla birbirine bağlanır; zincir uzunluğu ve uç yapısı, kaynağa ve işleme geçmişine göre değişebilir. FOS üretiminde inülinazın önemi, bu uzun zincirli yapıyı daha kısa ve daha çözünür oligosakkarit fraksiyonlarına doğru yeniden şekillendirmesinden gelir ^[2].

Fruktooligosakkaritler, genellikle düşük polimerizasyon derecesine sahip fruktanlar olarak değerlendirilir ve fonksiyonel gıda, prebiyotik bileşen, şeker azaltma stratejileri ve lif benzeri karbonhidrat sistemleriyle ilişkilendirilir. Ancak inülinazın kendisi bir beslenme beyanı değil, bir proses aracıdır; nihai ürünün “prebiyotik”, “lif kaynağı” veya benzeri ifadelerle sunulması, oluşan bileşimin ölçülmesine ve ilgili mevzuata bağlıdır. Literatürde FOS’ların sağlıkla ilişkili yararları geniş biçimde incelenmiş olsa da bu yararlar doğrudan enzime değil, üretilen ve formülasyonda kullanılan oligosakkarit profiline atfedilir ^[1].

Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production, inülin bazlı proseslerde karbonhidrat zincir uzunluğunu ayarlamak isteyen gıda ve bileşen geliştirme ekipleri için konumlanan bir tedarik ürünüdür. Enzymes.bio ürün sayfası, bu enzimi FOS üretimi amacıyla kullanılan gıda sınıfı inülinaz

olarak sunar; tedarikçi modeli çevrim içi satın alma, sipariş işleme ve dokümantasyonun siparişe birlikte sağlanması üzerine kuruludur .

Mekanizma: Uzun fruktan zincirinden FOS profiline

İnülinazın çalışma prensibi, suyun katıldığı bir hidroliz reaksiyonuyla inülin zincirindeki fruktozidik bağların kırılmasıdır. Basitleştirerek anlatmak gerekirse, inülin çok sayıda fruktoz halkasından oluşan bir zincir gibi düşünülebilir; inülinaz bu zincirdeki belirli bağlantıları keserek daha kısa zincir parçaları oluşturur. Reaksiyonun hedefi ve son noktası, oluşan karışımın FOS ağırlıklı mı, daha ileri hidrolize uğramış şeker ağırlıklı mı olacağını belirleyen kritik unsurlardır [3].

FOS üretimi açısından önemli ayırım, enzimin zincirin iç bölgelerindeki bağları keserek oligosakkarit birikimini destekleyen davranışı ile uçtan fruktoz birimlerinin daha fazla serbestleşmesine yol açabilen davranış arasındadır. Uygulamada tek bir ürün profili “kendiliğinden” oluşmaz; substratın zincir uzunluğu, çözünürlüğü, reaksiyon süresi, sıcaklık, pH, karıştırma ve işlem sonlandırma birlikte sonucu belirler. Bu nedenle inülinaz, yalnızca “hidroliz eden” bir madde olarak değil, inülinin moleküler dağılımını yönlendiren bir profil şekillendirme aracı olarak görülmelidir [4].

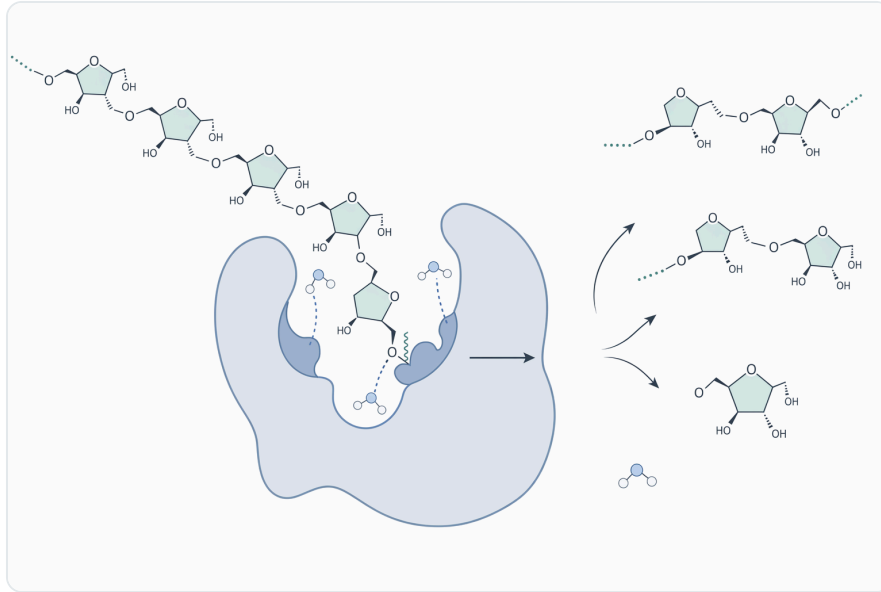


Figure 1. 이눌리나아제는 이눌린의 β -2,1 프룩토시드 결합을 절단하여 긴 프락탄 사슬을 더 짧은 프락토올리고당으로 전환시킨다.

Bu mekanizma, sakkarozdan FOS üretiminde kullanılan transfruktozilasyon yaklaşımından farklıdır. Sakkaroz temelli süreçlerde bazı mikrobiyal enzimler fruktozil gruplarını aktararak yeni oligosakkaritler oluşturabilir; inülinaz temelli süreçte ise başlangıç materyali zaten fruktan yapısındadır ve enzim bu yapıyı kısaltır. Bu fark, hem hammadde seçimini hem de ortaya çıkan oligosakkarit dağılımını etkiler [5].

Tian ve arkadaşlarının levansukraz/endo-inülinaz çift enzim sistemi üzerine çalışması, farklı fruktan yapılarını ve enzim kombinasyonlarını kullanarak FOS ve oligolevan üretiminin optimize edilebildiğini göstermesi bakımından mekanizmayı iyi örnekler. Bu tür çalışmalar, FOS üretiminin tek adımlı ve tek sonuçlu bir işlem olmadığını; fruktan kaynağı, enzim davranışı ve proses mimarisi arasındaki ilişkinin ürünü belirlediğini ortaya koyar ^[6].

İnülinaz yolu ile sakkarozdan FOS üretimi arasındaki fark

FOS üretiminde iki ana biyokatalitik yaklaşım sıkça karşılaştırılır: inülinin hidrolizi ve sakkarozun transfruktozilasyonu. İnülinaz temelli yaklaşımda hammadde olarak inülin veya inülin içeren bitkisel fraksiyonlar kullanılır; işlem, mevcut fruktan zincirlerinin daha kısa oligosakkaritlere ayrılmasına dayanır. Sakkaroz temelli yaklaşımda ise fruktoziltransferaz aktivitesi gösteren mikroorganizmalar veya enzimler, sakkarozdan fruktozil gruplarını transfer ederek FOS oluşturur ^[5].

Bu iki yolun proses mantığı farklı olduğu için hammadde ekonomisi, yan ürün profili ve hedef bileşen stratejisi de farklılaşır. İnülinaz yolu, inülin bakımından zengin bir hammaddenin değerini artırmaya yönelirken; sakkaroz yolu, daha yaygın ve kolay çözünen bir disakkarit üzerinden FOS oluşturmayı hedefler. Rawat ve arkadaşlarının fungal fruktoziltransferazlarla prebiyotik FOS üretimine odaklanan derlemesi, sakkaroz bazlı transfruktozilasyon süreçlerinde fungal enzimlerin önemini vurgular; bu, inülinaz yolunun aynı şey olduğu anlamına gelmez, fakat FOS üretiminde enzim seçiminin ürün dağılımını belirlediğini gösterir ^[3].

Aşağıdaki tablo, bu iki yaklaşımı proses perspektifinden karşılaştırır:

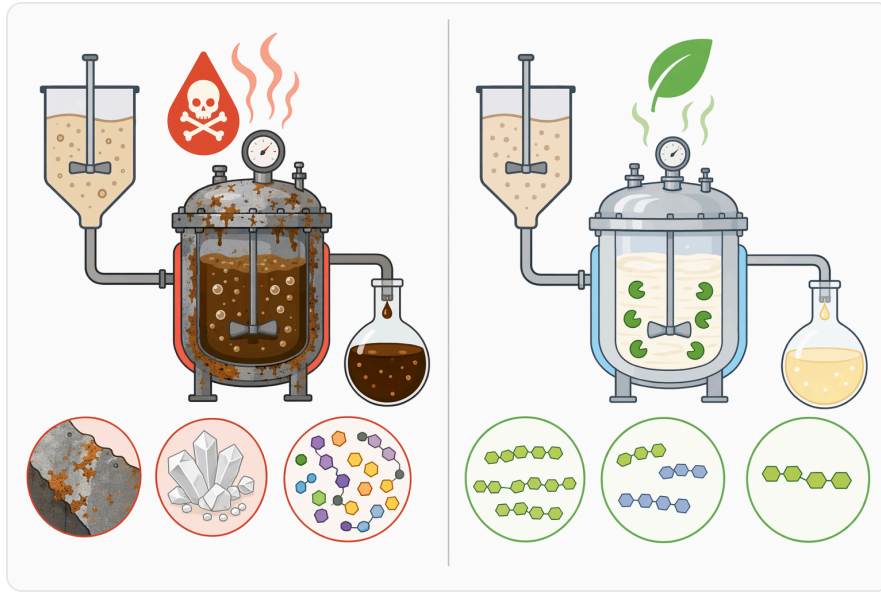


Figure 2. 엔도-이눌리나아제는 프락토올리고당 형성을 위해 사슬 내부 절단을 선호하는 반면, 엑소-이눌리나아제는 사슬 말단에서 과당을 단계적으로 방출한다.

Özellik	İnülinaz ile inülininden FOS	Fruktoziltransferaz aktivitesiyle sakkarozdan FOS
Başlıca hammadde	İnülin veya inülin içeren bitkisel fruktan fraksiyonları	Sakkaroz ağırlıklı şeker çözeltileri
Temel reaksiyon	Mevcut fruktan zincirlerinin hidrolitik olarak kısaltılması	Fruktozil gruplarının aktarımıyla yeni oligosakkarit oluşumu
Ürün profili	FOS, inulooligosakkaritler ve koşullara bağlı daha küçük şekerler	FOS, artık sakkaroz, glukoz/fruktoz ve yan ürünler
Proses odağı	Zincir uzunluğu dağılımını kontrol etmek	Transfer reaksiyonunu hidrolize göre avantajlı tutmak
Uygun olduğu durum	İnülin bakımından zengin bitkisel akışların değerlendirilmesi	Sakkaroz bazlı FOS üretimi ve şeker çözeltisi işleme
Kritik risk	Aşırı hidrolizle FOS yerine basit şeker oranının artması	Transfer/hidroliz dengesinin hedef profilden sapması

Bu karşılaştırma, inülinazın hangi uygulamada anlamlı olduğunu netleştirir: ürün, özellikle inülin veya inülin içeren bitkisel karbonhidrat akışlarının FOS yönünde işlenmesi için uygundur. Sakkarozdan FOS üretimi literatürde güçlü bir alan olsa da, bu ürünün temel konumlandırması inülinin kontrollü hidrolizine dayanır .

Bilimsel kanıt: İnülinaz, FOS ve prebiyotik karbonhidratlar

FOS üzerine güncel derlemeler, bu bileşenlerin mikrobiyal kaynaklarını, üretim teknolojilerini, fonksiyonel yararlarını ve pazar beklentilerini birlikte ele alır. Dias'ın kapsamlı derlemesi, FOS üretiminin yalnızca tek bir mikroorganizma veya tek bir enzimle sınırlı olmadığını; mikrobiyal enzimler, proses koşulları ve hammadde seçiminin bütünleşik olarak değerlendirilmesi gerektiğini gösterir [2].

Belmonte-Izquierdo ve arkadaşlarının fruktoziltransferaz aktivitesi gösteren mikroorganizmalarla FOS üretimi üzerine çalışması, FOS üretim teknolojilerinde mikrobiyal biyokatalizin merkezi rolünü ortaya koyar. Bu kaynak özellikle sakkarozdan FOS üretimi tarafına odaklansa da, FOS endüstrisinde ürün dağılımının enzim davranışına ve reaksiyon ortamına ne kadar bağlı olduğunu anlamak için önemlidir [5].

Nobre ve arkadaşlarının FOS üretimi ve prebiyotiklerin sağlık yararları üzerine derlemesi, FOS'un fonksiyonel gıda ekosistemindeki yerini açıklar. Bu tür literatür, inülinazla üretilen FOS profillerinin neden ticari olarak ilgi gördüğünü anlamaya yardım eder; ancak nihai ürün iddiaları her zaman bitmiş ürün bileşimi ve yerel düzenlemelerle doğrulanmalıdır [1].

Rawat ve arkadaşlarının fungal fruktoziltransferazlara ilişkin güncel derlemesi, fungal enzimlerin FOS üretiminde araştırma ve uygulama açısından öne çıktığını gösterir. İnülinazlar da dahil olmak üzere fruktan dönüştüren enzimler, gıda bileşen endüstrisinin daha seçici, daha düşük sıcaklıkta ve daha kontrollü karbonhidrat işleme stratejilerine duyduğu ihtiyaca yanıt verir [3].

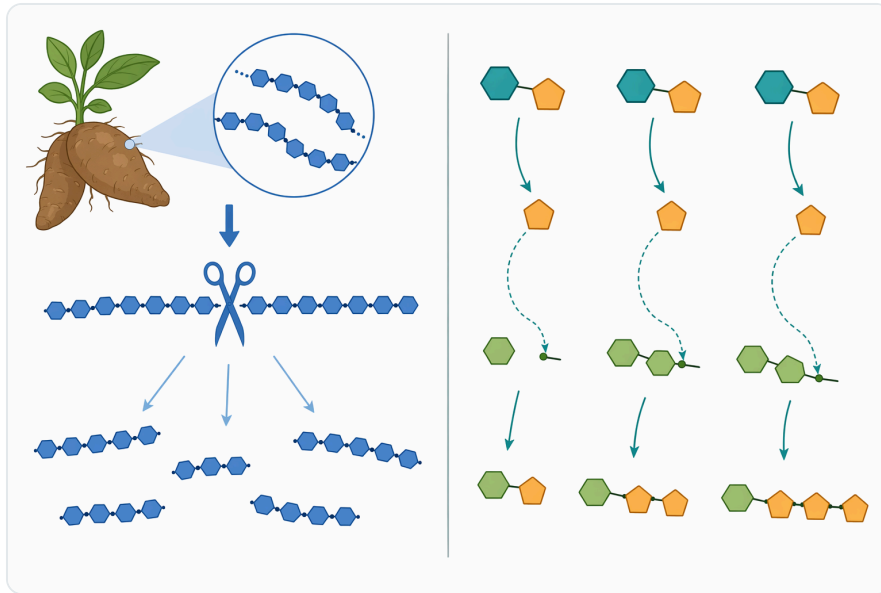


Figure 3. 프락토올리고당은 기존 이눌린 고분자를 짧게 절단하거나, 자당 시스템에서 프럭토실전이효소가 매개하는 전이 반응을 통해 생산할 수 있다.

Araujo Ribeiro ve arkadaşlarının Rhodotorula mucilaginosa kaynaklı inülinazın immobilizasyonu ve FOS üretiminde kullanımı üzerine çalışması, inülinazın yalnızca teorik bir hidrolaz olmadığını, FOS üretimi için uygulamalı olarak da incelendiğini gösterir. İmmobilizasyon odağı, enzimin tekrar kullanılabilirliği ve proses kontrolü gibi endüstriyel bakımdan önemli konuların literatürde çalışıldığını ortaya koyar [4].

Hammadde ve ürün profili: Neden tek bir FOS sonucu yoktur?

İnülin, tek tip bir molekül değildir; farklı kaynaklardan gelen inülinlerin ortalama zincir uzunluğu, çözünürlüğü ve eşlik eden bileşenleri değişir. Hindiba kaynaklı bir inülin fraksiyonu ile yer elması ekstraktı veya daha kompleks bir bitkisel akış aynı enzimle işlendiğinde aynı hızda çözünmeyebilir, aynı viskoziteyi göstermeyebilir ve aynı FOS dağılımını vermeyebilir. Bu nedenle inülinaz prosesinde “hammadde” yalnızca karbonhidrat kaynağı değil, reaksiyonun şekillendirici parametresidir [2].

FOS hedefli proseslerde reaksiyon son noktası özel önem taşır. Kontrollü hidroliz, uzun zincirli fruktanların kısa zincirli oligosakkaritlere dönüşmesini destekler; hidroliz ilerledikçe daha küçük şekerlerin oranı artabilir. Bu nedenle üretim tasarımında amaç, enzimi mümkün olduğunca uzun süre çalıştırmak değil, hedef karbonhidrat dağılımına ulaşıldığında dönüşümü durdurabilecek bir proses penceresi oluşturmaktır [4].

Bitkisel ekstraktlar veya yan akımlar kullanıldığında, pektinler, çözünmeyen lifler, polifenoller, mineraller, proteinler ve diğer karbonhidratlar reaksiyon davranışını etkileyebilir. Bu bileşenler enzimin inüline erişimini, karışımın akışkanlığını ve sonraki ayrıştırma veya yoğunlaştırma adımlarını değiştirebilir. Bu nedenle saf inülin çözeltisinden elde edilen performans beklentisi, kompleks gıda matrislerine doğrudan ve bire bir taşınmamalıdır [1].

Chen ve arkadaşlarının inülinin D-allüloz üretiminde çok enzimli kaskat katalizi kullanması, inülinin yalnızca FOS değil, farklı değerli karbonhidratlara giden bir biyoproses hammaddesi olarak da değerlendirilebildiğini gösterir. Bu çalışma, inülinazın dahil olduğu veya inülinin ön işlem gördüğü sistemlerde, karbonhidrat zincirlerinin kontrollü şekilde dönüştürülmesinin daha geniş bir biyokataliz mantığı içinde ele alınabileceğini gösterir [7].

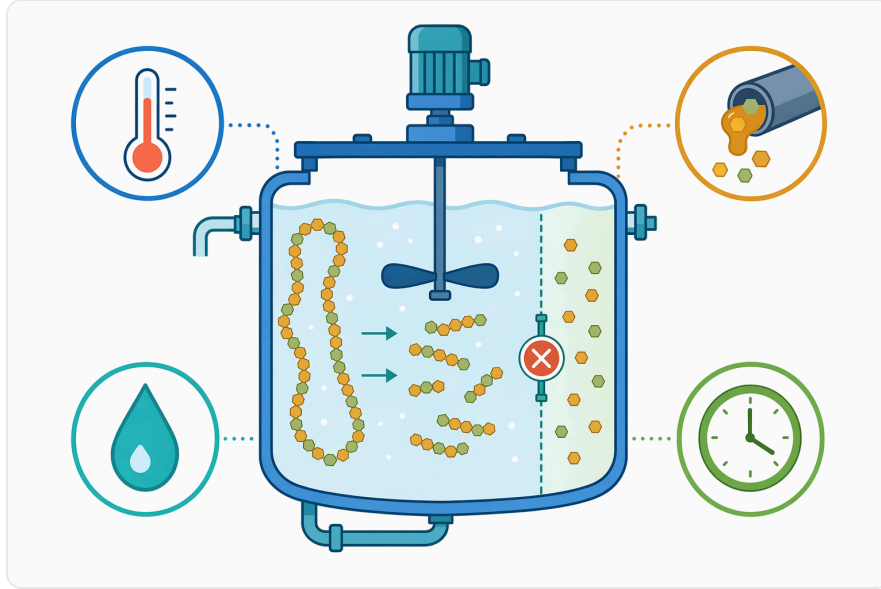


Figure 4. 온도, pH, 고형분 농도, 혼합, 반응 시간은 이눌리나아제 처리 과정에서 프락토올리고당이 축적될지 또는 더 작은 당으로 계속 분해될지에 영향을 미친다.

Gıda proseslerinde beklenen fonksiyonel etkiler

İnülinazla oluşturulan FOS profilleri, uzun zincirli inüline göre farklı çözünürlük ve ağız hissi davranışı gösterebilir. Kısa zincirli oligosakkaritler genellikle proses akışkanlığı, içecek sistemleri, süt ürünleri, şeker azaltılmış formülasyonlar ve fonksiyonel bileşen karışımları açısından daha farklı teknolojik olanaklar sunar. Bu etki enzimin doğrudan duyuasal katkısından değil, enzimin dönüştürdüğü karbonhidrat profilinden kaynaklanır [1].

FOS ve inülin türevleri, prebiyotik literatürde bağırsak mikrobiyotasıyla etkileşimleri nedeniyle incelenir. Bununla birlikte, bir ürünün gerçekten prebiyotik etki gösterdiğini ileri sürmek için hedef popülasyon, doz, bileşim, matris ve klinik veya mevzuatsal bağlam ayrıca değerlendirilmelidir. İnülinaz burada “prebiyotik iddia üreten” bir madde değil, FOS bileşen profili üretmeye yardımcı olan proses enzimidir [2].

Şeker azaltma uygulamalarında FOS’un rolü, yalnızca tatlılıkla sınırlı değildir. Oligosakkaritler; gövde, çözünür katı dengesi, tekstür ve lif benzeri formülasyon katkılarıyla ilişkili olabilir. Ancak inülinaz işlemiyle elde edilen karışımda ne kadar FOS, ne kadar daha küçük şeker ve ne kadar artık inülin bulunduğu, bu teknolojik etkilerin yönünü belirler [3].

İnülinazın endüstriyel kullanım alanları

İnülin bazlı FOS bileşen geliştirme

Bu ürünün en doğrudan kullanım alanı, inülin içeren hammaddelerden FOS ağırlıklı karbonhidrat profilleri geliştirmektir. Bileşen üreticileri veya gıda Ar-Ge ekipleri, uzun zincirli inülini daha kısa fruktan fraksiyonlarına dönüştürerek çözünürlük ve proseslenebilirlik açısından farklı bir bileşen elde etmeyi hedefleyebilir. Bu yaklaşım, FOS üretim teknolojilerinin mikrobiyal ve enzimatik yollarla çeşitlendiğini gösteren literatürle uyumludur [2].

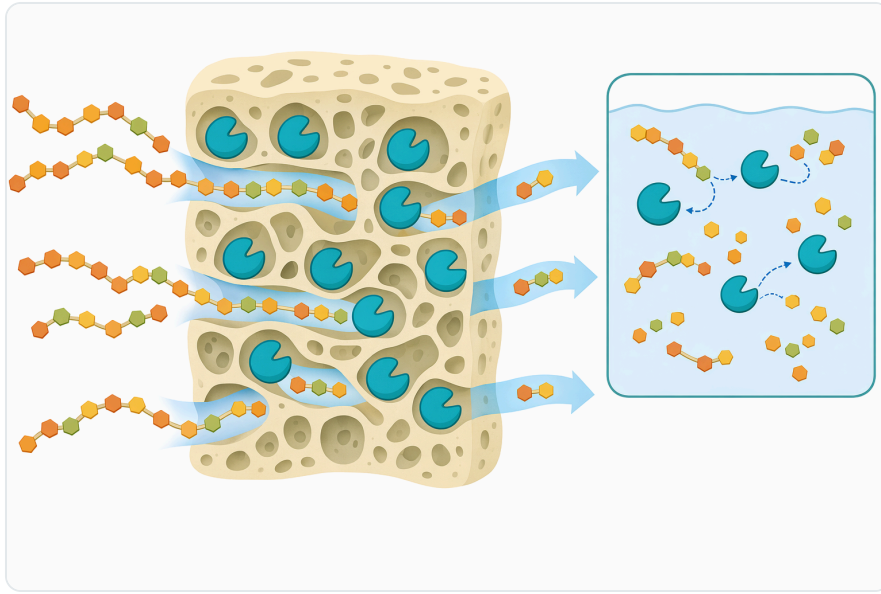


Figure 5. 고정화 이눌리나아제 시스템은 구조화된 물질 안에 촉매를 유지하면서 기질이 효소와 접촉하고 생성물이 반응기를 빠져나가도록 할 수 있다.

Fonksiyonel gıda ve içecek sistemleri

FOS profilleri, içecekler, yoğurt benzeri fermente ürünler, toz karışımlar, barlar, soslar ve beslenme ürünlerinde formülasyon açısından değerlendirilebilir. İnülinazla işlem görmüş bir fruktan akışı, uzun zincirli inüline kıyasla daha farklı çözünme ve tekstür davranışı gösterebilir; bu da özellikle homojenlik ve ağız hissi beklenen sistemlerde önemlidir [1].

Bitkisel yan akımların değerinin artırılması

Agro-endüstriyel yan akımların biyokatalitik olarak daha değerli bileşenlere dönüştürülmesi, sürdürülebilir gıda işleme stratejilerinde giderek daha fazla ilgi görür. İnülin veya fruktan içeren bitkisel akışlar, uygun ön hazırlık ve proses koşullarıyla FOS veya ilgili oligosakkarit profillerine yönlendirilebilir. Bu yaklaşım, FOS üretim teknolojilerinin yalnızca saf hammaddeye değil, daha geniş bitkisel karbonhidrat kaynaklarına da uygulanabileceğini gösterir [5].

Sıcaklık ve pH gibi proses koşulları, enzimin katalitik davranışını ve stabilitesini etkiler; ancak ticari tedarik dokümanında belirli uygulama parametreleri, aktivite tanımları veya analiz yöntemi ayrıntıları yerine, her prosesin kendi matrisine göre doğrulanması gerektiği vurgulanmalıdır. Gıda proseslerinde bileşenlerin doğal tamponlama kapasitesi, çözünür katı içeriği ve ısı geçmişi, enzim davranışını laboratuvar ölçeğindeki model sistemlerden farklılaştırabilir [2].

İşlem sonlandırma da enzim seçimi kadar önemlidir. FOS hedefli bir proses, istenen dağılıma ulaşıldığında hidrolizi kontrol altına alacak bir sonlandırma adımı gerektirir; aksi hâlde ürün profili hedeflenen oligosakkarit dağılımından uzaklaşabilir. Bu, inülinazın hassas yönetilmesi gereken bir biyokatalizör olduğunu ve “daha fazla dönüşüm her zaman daha iyi ürün” anlamına gelmediğini gösterir [6].

Kalite, güvenlik ve dokümantasyon perspektifi

Gıda sınıfı enzimler, gıda prosesinde kullanılacak yardımcıları olarak değerlendirilirken yalnızca katalitik işlevleriyle değil, dokümantasyon ve sorumlu kullanım açısından da ele alınır. Enzymes.bio, ürünleri üretici veya laboratuvar olarak değil, tedarikçi olarak sunar; Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production ürünü de çevrim içi satın alma modelinde listelenen bir tedarik ürünüdür .

Siparişe birlikte CoA ve SDS sağlanması, operasyonel kayıt ve güvenli kullanım süreçleri için önemlidir. CoA, sipariş edilen partiye eşlik eden kalite dokümantasyonunu; SDS ise taşıma, depolama, kullanım ve güvenlik bilgilerini destekleyen belgeyi ifade eder. Bu belgeler, ürünün bir gıda prosesinde sorumlu biçimde ele alınmasına yardımcı olur; ancak belirli bir proseste oluşacak FOS dağılımını garanti eden proses validasyonu yerine geçmez .

Gıda enzimleriyle çalışırken nihai ürün güvenliği, yalnızca enzimin gıda sınıfı olarak sunulmasıyla tamamlanmış sayılmaz. Kullanılan hammadde, proses hijyeni, işlem sonlandırma, alerjen yönetimi, etiketleme ve hedef pazar mevzuatı birlikte değerlendirilmelidir. FOS literatüründe prebiyotik ve fonksiyonel yararlar tartışılrsa da, ticari ürün beyanları bitmiş ürün bileşimi ve mevzuatsal uygunluk üzerinden oluşturulmalıdır [1].

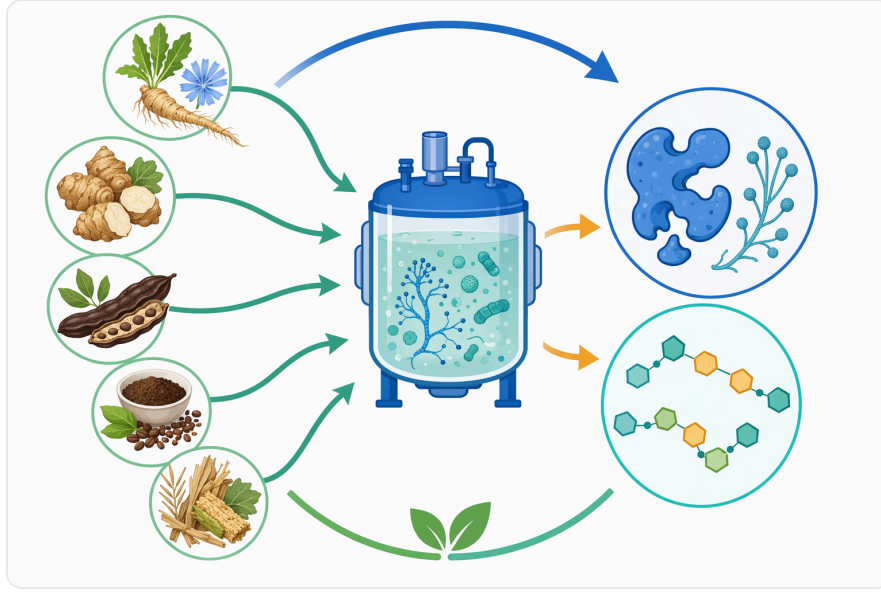


Figure 7. 이눌리나아제 연구는 재생 가능한 식물성 탄수화물 자원, 미생물 효소 생산, 고부가가치 올리고당 원료를 연결한다.

Enzymes.bio tedarik modeli

Enzymes.bio, Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production ürününü inülin bazlı FOS üretimi ve ilgili gıda proses uygulamaları için tedarik eder. Ürün çevrim içi olarak 1 kg birimler halinde satın alınır; sipariş tamamlandığında sipariş işleme ve teslimat süreci ürün sayfasındaki modele göre ilerler .

Bu yaklaşımda Enzymes.bio'nun rolü üretim tesisi veya analiz laboratuvarı gibi sunulmaz. Ürün bilgisi, teknik okuryazarlığı desteklemek ve alıcının enzimin ne yaptığını doğru anlamasına yardımcı olmak üzere açıklanır; belirli bir uygulamada aynı ürün profilinin otomatik olarak elde edileceği iddia edilmez .

CoA ve SDS'nin siparişle birlikte sağlanması, gıda proses ekiplerinin iç kayıt, güvenlik ve tedarik dokümantasyonu açısından ihtiyaç duyduğu temel belgeleri destekler. Bununla birlikte proses performansı; hammadde tipi, hedef FOS profili, işlem koşulları ve sonlandırma stratejisine bağlı olarak değişir .

Uygulama sınırları ve gerçekçi beklenti

İnülinaz, inülin bakımından zengin sistemlerde çok yararlı bir biyokatalizör olabilir; ancak her karbonhidrat akışını otomatik olarak yüksek FOS içerikli bir bileşene dönüştürmez. Eğer hammadde inülin veya benzer β -2,1 bağlı fruktanlar bakımından yetersizse, enzimin hedef bağı bulması sınırlı olur. Bu nedenle ürün, özellikle inülin içeren bitkisel akışlar ve inülin bazlı bileşen geliştirme bağlamında anlamlıdır ^[2].

Nihai ürün profili, enzimin tek başına belirlediği bir sonuç değildir. İnülinin zincir uzunluğu, çözünürlüğü, ekstrakt saflığı, reaksiyon süresi, karışım koşulları ve işlem sonlandırma, FOS ile daha küçük şekerler arasındaki dengeyi şekillendirir. Bu durum, Araujo Ribeiro ve arkadaşlarının inülinazın FOS üretiminde uygulamalı olarak incelendiği çalışmasında görülen proses odaklı yaklaşım ile uyumludur [4].

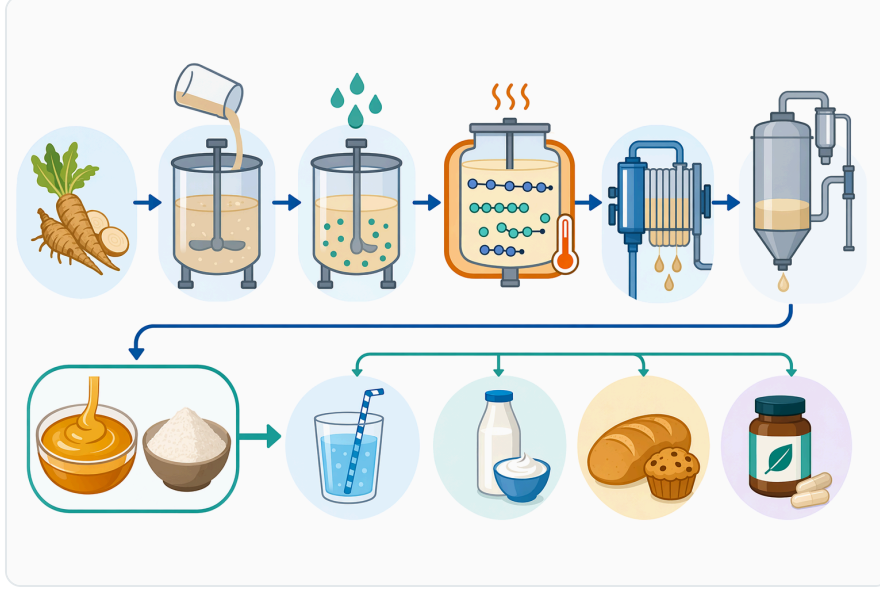


Figure 8. 실용적인 이눌리나아제 공정은 수용성 이눌린 원료액을 준비하고, 효소를 분산시키며, 반응 종말점을 제어한 뒤, 후속 식품 가공 단계를 적용한다.

FOS hedefli uygulamalarda, aşırı hidroliz en temel proses risklerinden biridir. Uzun zincirli inülini kısaltmak istenirken dönüşüm çok ileri taşınırsa oligosakkarit yerine daha fazla fruktoz ve küçük şeker birikebilir. Bu nedenle inülinazın değeri, yalnızca yüksek dönüşüm sağlamasında değil, hedeflenen karbonhidrat dağılımını oluşturacak şekilde kontrollü kullanılabilmesindedir [6].

Teknik sonuç

Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production, inülin bazlı karbonhidrat akışlarını FOS ağırlıklı daha kısa zincirli fruktan profillerine dönüştürmek için kullanılan gıda sınıfı bir proses enzimidir. Mekanizma, inülindeki β -2,1 fruktozidik bağların hidroliziyle zincir uzunluğunun azaltılmasına dayanır; sonuçta FOS, inulooligosakkaritler ve koşullara bağlı olarak daha küçük şekerler içeren bir profil oluşabilir [3].

Bilimsel literatür, FOS'un fonksiyonel gıda ve prebiyotik bileşen alanında önemli bir karbonhidrat grubu olduğunu, üretiminde mikrobiyal ve enzimatik süreçlerin yaygın olarak çalışıldığını göstermektedir. İnülinazın rolü, bu alanda özellikle inülin içeren hammaddelerin kontrollü biçimde kısaltılması ve daha işlevsel oligosakkarit profillerinin elde edilmesiyle ilgilidir [1].

Enzymes.bio bu ürünü tedarikçi olarak sunar; ürün çevrim içi olarak 1 kg birimler halinde satın alınır ve siparişle birlikte CoA ile SDS sağlanır. Ürünün teknik değeri, inülin bazlı FOS üretiminde mekanizması iyi tanımlanmış bir biyokatalitik dönüşüm sağlamasıdır; nihai performans ise her zaman hammadde, proses koşulları ve hedef ürün profiline bağlıdır .

Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production 100G 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 siparişe Analiz Sertifikası ve Güvenlik Bilgi Formu dahildir.

[Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production 100G 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. Nobre, C., Simões, L. S., Gonçaves, D. A., Berni, P., & Teixeira, J. (2022). [Fructooligosaccharides production and the health benefits of prebiotics](#). *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*.
2. Dias, G., Vieira, A. C., Silva, G. B., Simões, N., Milessi, T. S., Saraiva, L. S., Xavier, M., ... et al. (2025). [Fructooligosaccharides: A Comprehensive Review on Their Microbial Source, Functional Benefits, Production Technology, and Market Prospects](#). *Processes*.
3. Rawat, H. K., Nath, S., Sharma, I., & Kango, N. (2024). [Recent developments in the production of prebiotic fructooligosaccharides using fungal fructosyltransferases](#). *Mycology*, 15, 564 - 584.
4. Araujo Ribeiro, G. C., Fernandes, P., Silva, Brandão, H., & Assis, S. A. (2021). [Inulinase from Rhodotorula mucilaginosa: immobilization and application in the production of fructooligosaccharides](#). *Food Science and Biotechnology*, 30, 959 - 969.
5. Belmonte-Izquierdo, Y., Salomé-Abarca, L. F., González-Hernández, J. C., & López, M. G. (2023). [Fructooligosaccharides \(FOS\) Production by Microorganisms with Fructosyltransferase Activity](#). *Fermentation*.
6. Tian, F., Khodadadi, M., & Karboune, S. (2014). [Optimization of levansucrase/endo-inulinase bi-enzymatic system for the production of fructooligosaccharides and oligolevans from sucrose](#). *Journal of Molecular Catalysis B-enzymatic*, 109, 85-93.
7. Chen, Y., Chen, Y., Ming, D., Zhu, L., & Jiang, L. (2023). [Highly efficiency production of D-allulose from inulin using curli fiber multi-enzyme cascade catalysis](#). *International Journal of Biological Macromolecules*, 124468 .

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](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.