

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



MEGEP

(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

GIDA TEKNOLOJİSİ

ENZİMLERİN ÖZELLİKLERİ

ANKARA, 2007

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılan değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ – 1	3
1. ENZİMLER	3
1.1. Yapısı ve Özellikleri	3
1.2. Adlandırılması.....	5
1.3. Sınıflandırılması.....	5
1.3.1. Oksidoredüktazlar	5
1.3.2. Transferazlar	6
1.3.3. Hidrolazlar	6
1.3.4. Liyazlar	6
1.3.5. İzomerazlar	6
1.3.6. Ligazlar(Sentetazlar).....	6
1.4. Enzim Reaksiyonları.....	6
1.4.1. Browning (Kahverengileşme) Reaksiyonları.....	6
1.4.2. Enzimatik Esmerleşme	7
1.4.3. Yağlarda Lipolitik Ransidite.....	7
1.5. Gıdaların Yapısında Bulunan Önemli Enzimler	7
UYGULAMA FAALİYETİ	10
DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	11
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	12
ÖĞRENME FAALİYETİ – 2	13
2. ENZİM AKTİVİTESİ	13
2.1. Enzim Aktivitesini Etkileyen Etmenler	13
2.1.1. Enzim Konsantrasyonu	13
2.1.2. Substrat konsantrasyonu.....	14
2.1.3. Sıcaklık	15
2.1.4. Ortamın pH' ı.....	16
2.1.5. Su Aktivitesi	17
2.1.6. Enzim İnhibitörleri.....	17
2.1.7. Aktivatörler	19
2.1.8. Basınç	20
2.2 Enzim Aktivitesini Önlemek.....	20
2.3. Gıda Sanayisinde Enzim Kullanımı.....	22
UYGULAMA FAALİYETİ	27
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	30
DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	32
MODÜL DEĞERLENDİRME	33
CEVAP ANAHTARLARI	36
ÖNERİLEN KAYNAKLAR.....	37
KAYNAKÇA	38

AÇIKLAMALAR

KOD	541GI0010
ALAN	Gıda Teknolojisi
DAL/MESLEK	Alan Ortak
MODÜLÜN ADI	Enzimlerin Özellikleri
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül; enzimlerin yapılarını ve özelliklerini kavrayarak, enzim reaksiyonlarını kontrol altına alma bilgilerinin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40 / 32
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Enzimleri incelemek
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül ile gerekli bilgileri alıp, uygun araç gereç ve ekipmanlar sağlandığında bilimsel yöntemlere uygun olarak enzimlerin özelliklerini inceleyebileceksiniz. Amaçlar <ol style="list-style-type: none">1. Tekniğine uygun olarak gıdalardaki enzim aktivitesini inceleyebileceksiniz.2. Enzim aktivitesini önleyebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Sınıf ve laboratuvar ortamı, ısıya dayanıklı kaplar (beher vb), bek, asit, bıçak, analizin yapılacağı materyal (patates, elma vb), su çeker ocak.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Sınıf geçme yönetmeliğine uygun olarak modülün içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen çoktan seçmeli ve eşleştirmeli test sınavları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Modül sonunda ise kazandığınız bilgi, beceri ve tavırları ölçmek amacıyla, uygulama faaliyetlerindeki işlem basamaklarında gösterdiğiniz başarıya göre değerlendirileceksiniz.

GİRİŞ

Sevgili öğrenci,

Canlı hücredeki bütün biyokimyasal reaksiyonlar genetik kontrol altında hücre içinde sentez edilen enzimlerin kontrolü ve düzeni altında gerçekleşir. Buna göre de enzimler yaşam için gerekli temel maddelerdir. İnsanlar, enzim varlığının fark edilmesi ve ortaya konulmasından çok önceleri, bu maddelerin gerçekleştirdiği aktivitelerden bilinçsizce yararlanmayı bilmişlerdir. Örneğin, zengin bir amilaz kaynağı olan malt biracılıktaki papaya enzimi içeren papaya bitkisinin suyu et yumuşatmada kullanılmıştır.

Gıda endüstrisinin temel girdileri genelde bitkisel veya hayvansal kaynaklı ürünlerdir. Buna bağlı olarak işlem görmemiş bitkisel ve hayvansal gıda maddelerinin yapılarında doğal olarak pek çok enzim bulunmaktadır. Gıdalardaki enzimler, gıdaya uygulanan işlemlerden veya gıdanın karşılaşılacağı çevre koşullarından büyük ölçüde etkilenir. Buna göre de enzimler işlem görmüş gıdanın mevcut durumunu ve kalitesini yansıtır. Doğal enzimlerden bazıları gıdanın kalitesini olumlu yönden etkilerken, bir kısmı istenmeyen reaksiyonlara ve bunlara bağlı değişimlere neden olur.

Bu modül ile gıdanın kalitesinde istenen ve istenmeyen yönde değişikliklere neden olan enzimleri tanıyacak ve enzimlerin aktivitesine müdahale etme yöntemlerini bilimsel kurallar kapsamında uygulama becerisi kazanacaksınız.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu faaliyette size verilen bilgi ve beceriler doğrultusunda uygun ortam sağlandığında kimyasal reaksiyonlarda etkili olan enzimlerin aktivitesini bilimsel kurallar doğrultusunda inceleyeceksiniz.

ARAŞTIRMA

Gıdaların yapısında bulunan önemli enzimleri araştırınız. Raporlarınızı arkadaşlarınızla paylaşınız.

1. ENZİMLER

Enzimler canlı hücreler tarafından genetik kontrol altında hücre içinde sentez edilen organik katalizörlerdir. Kataliz deyimi, Yunanca'da, kimyasal reaksiyonlarda etkili olan, reaksiyonu hızlandıran ve kolaylaştıran anlamında kullanılmaktadır. Biyolojik olaylarda ise katalizör olma özelliğinde olan maddelere enzim adı verilmiştir. Genel olarak enzimler belirli maddeler arasındaki belirli reaksiyonları katalize eder.

Besin öğeleri vücutta enzimlerin yardımıyla kullanılır ve tepkimeler sonucu vücut yapısına dönüşür. Yaşamsal olayların tümü enzim gerektirir. Enzimler nükleik asitlerden DNA (deoksiribonükleik asit) denetiminde sentezlenir. DNA yapısındaki küçük bir değişiklik bazı enzimlerin sentezlenmemesine veya bozuk sentezlenmesine neden olur. Bozuk sentezlenen enzim ise etkinlik gösteremez ve vücut çalışmasında çeşitli sorunlara neden olur.

Enzimler olmazsa vücut canlılığını sürdüremez. Sindirim, solunum, büyüme, kas kasılması, fotosentez vb daha birçok fiziksel ve kimyasal olayların oluşumunda enzimler rol oynar.

1.1. Yapısı ve Özellikleri

Bazı enzimler yalnız proteinden oluşmuştur. Fakat çoğunluğunda yapı ve görev bakımından farklı olan “apoenzim” ve “koenzim/kofaktör” olarak adlandırılan iki ayrı grup bulunur.

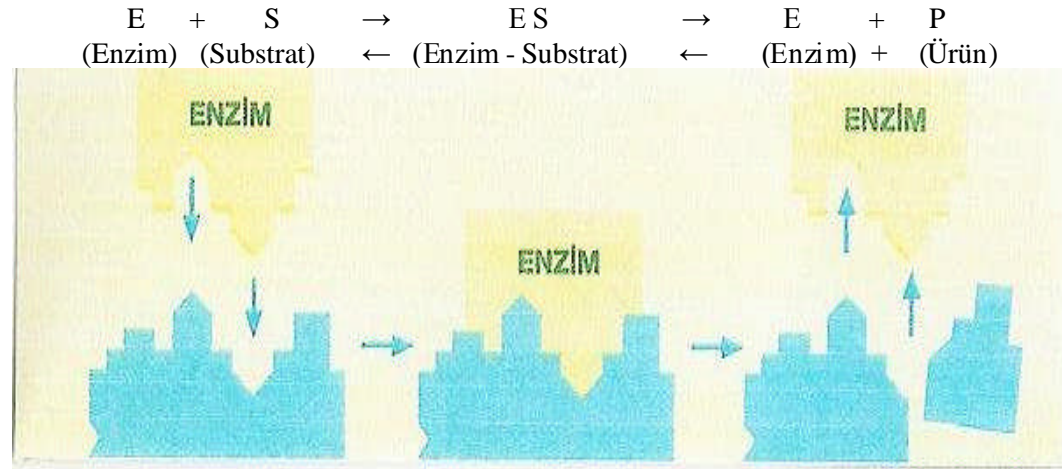
Apoenzim, enzimin özgünlüğünü (spesifikliğini) yani sadece özel bir reaksiyonu katalize etme ve başka bir reaksiyonda görev yapma özelliğini sağlayan kısmıdır. Protein yapısındadır. Isı ile kolayca “denatüre” (proteinin doğal özelliğinin kaybolması) olur.

Koenzim (kofaktör) ise enzimin yardımcı ve etkin biçimidir. Tek başına etkili değildir. Etkinlik gösterebilmesi için apoenzime ihtiyaç duyar. Organik ya da inorganik maddelerden meydana gelmiştir. En önemli yardımcı enzimler vitaminlerdir. Eğer bir koenzim apoenzime kolay ayrılmayacak bir şekilde sıkıca bağlı ise o zaman koenzime “prostetik grup” adı verilir. Apenzim ile koenzimin birlikte oluşturduğu gruba tam enzim anlamına gelen haloenzim (aktif enzim) denir (Şekil 1.1).

Haloenzim → Apenzim + koenzim ya da kofaktör
(aktif enzim)

Şekil 1.1: Bir aktif enzimin yapısı

Enzimler genellikle renksizdir ve suda çözülür. Enzimlerin etki ettiği maddelere substrat (etkin madde) denir. Reaksiyon sonunda meydana gelen maddeye ise ürün adı verilir. Enzim substrat ilişkisi anahtar ile kilidin uyumuna benzer. Enzim molekülünde aktif bölge denilen özel bir bölüm vardır. Enzim substratına geçici olarak aktif bölgeden bağlanır ve substrat-enzim bileşiği (SE) oluşur. Daha sonra substrat ürüne veya ürünlere dönüşür. Enzimler ise reaksiyondan değişmeden çıktıkları için tekrar tekrar kullanılabilir.



1. Enzim substrata yaklaşır
2. Enzimin yapısı substratın özel bir bölümüne uyar
3. Substrat parçalandıktan sonra enzim ayrılır ve tekrar kullanılabilir.

Şekil 1.2: Enzimle substrat arasındaki ilişki

Enzimler genellikle çift yönlü çalışır yani geri dönüşümlüdür. Örnek; lipazın yağı parçalaması (şekil 1.3).

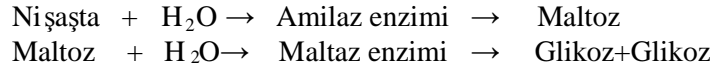
LİPAZ

Yağ ↔ Gliserol + 3 Yağ asidi

Şekil 1.3: Enzimlerin çift yönlü çalışmasının şematik olarak gösterilmesi

Ayrıca çok hızlı çalışır. Örneğin üre, enzim olmadan yüzyılda parçalanırken üreaz enziminin varlığında saniyede 30 000 üre molekülü parçalanabilir.

Her hücrede tepkime çeşidi kadar enzim çeşidi vardır ve takım halinde çalışır. Bir enzimin etki ettiği tepkimenin ürünü, kendinden sonra gelecek enzimin substratını yapar. Örneğin, nişasta parçalanırken amilaz enzimi ürünü olan maltoz, maltaz enziminin substratını oluşturur (şekil 1.4).



Şekil 1.4: Enzimlerin takım halinde çalışmasının şematik olarak gösterilmesi

Enzimlerin bazıları tek substrata etki eder yani spesifiktir. Örneğin, L-laktat dehidrogenaz enzimi laktik asidin yalnızca L-izomerine etki etmekte D-laktik asidi substrat olarak kullanmamaktadır. Bazı enzimler ise çeşitli substratlara etki eder yani daha az özgüdür. Örneğin, heksokinaz enzimi hem glikoza etki eder hem de mannoza etki ederek ürüne dönüştürür.

1.2. Adlandırılması

Enzimler aktif ya da inaktif (etkisiz) durumda olmalarına göre adlandırılır. Enzim inaktif durumda ise substratının sonuna “jen”eki getirilerek adlandırılır. Örneğin, pepsinojen, kimotripsinojen vb. enzim aktif durumda ise etki ettikleri maddenin sonuna “ase=az” eki getirilerek ve etki ettiği reaksiyonun çeşidine adlandırılır. Örneğin, maltoza etki eden, maltaz enzimi, üreye etki eden üreaz enzimi, lipidlere etki eden lipazlar, proteinlere etki eden proteinazlar, dekarboksilasyon reaksiyonunu katalizleyen dekarboksilaz vb. enzimler etkili olduğu substratın sonuna “litik” eki getirilerek de isimlendirilir. Örneğin; proteinleri parçalayan enzimlere “proteazlar” denilebildiği gibi “proteolitik enzimler”de denilir.

1.3. Sınıflandırılması

Enzimler salgılanıp faaliyet gösterdikleri yere göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırmada hücre içinde bulunup, orada aktivitesini gösteren enzimlere “hücre içi”(endojen), salgılandıkları yerden başka yerde faaliyet gösterenlere ise “hücre dışı”(eksojen) enzimler denir.

Enzimler ayrıca etki ettikleri reaksiyon çeşidine göre de sınıflandırılmıştır. Her enzimin 4 rakamlı bir numarası vardır. Örneğin, 3.6.1.3 “ATP Fosfohidrolaz” da birinci numara sınıfını, 2. numara alt sınıfını, 3. numara grubunu, 4. numara da kendine özgü sıra numarasını verir. Buna göre enzimler aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

1.3.1. Oksidoredüktazlar

Oksidasyon-redüksiyon yani yükseltgenme indirgenme reaksiyonlarını katalize eden enzimlerdir. İki gruba ayrılırlar. Oksitlenme, moleküle oksijen eklemekle veya molekülden hidrojen ayrılmakla, böylece + (artı) değer artmasıyla olur. Redüklenme ise bunların tersidir. Bu tepkimeleri düzenleyen enzimler;

- **Dehidrogenaz:** Hidrojen taşıyan ve aktaran enzimlerdir.
- **Oksidazlar:** Elektron kaybeden ve aktaran enzimlerdir.

1.3.2. Transferazlar

Hidrojen dışında bir atomun veya atom grubunun bir molekülden diğerine aktarılmasını sağlar. Örnek transaminaz, fosforilaz vb.

1.3.3. Hidrolazlar

Kimyasal tepkimede büyük moleküllerin yıkılması için kimyasal bağa su eklemek yoluyla veya başka bir gruba suya çevirerek kolay kullanılır hale getiren enzimlerdir. Örnek; proteazlar, karbonhidrazlar, lipazlar vb.

1.3.4. Liyazlar

Su molekülü çıkarmadan molekülleri yıkan enzimlerdir.

1.3.5. İzomerazlar

Molekül içinde değişiklik yaparak onun uzayda dizilişini değiştiren enzimlerdir.

1.3.6. Ligazlar(Sentetazlar)

Enerji kullanarak substrat moleküllerinin birbirine bağlanmasını sağlayan enzimlerdir. Örnek; aminoasitlerin veya yağ asitlerinin aktifleşmesi.

1.4. Enzim Reaksiyonları

Enzimlerin reaksiyonları katalizlemesi (reaksiyon hızını arttırması) diğer katalizörlerden daha hızlıdır. Her kimyasal reaksiyonun gerçekleşmesinde aşılması gereken bir enerji vardır. Bu enerji engeline “aktivasyon enerjisi” (substratın ürüne dönüşmesi için gerekli enerji) denir ve birimi kalori/mol’dur. Reaksiyon hızı, aktivasyon enerjisine bağlıdır.

1.4.1. Browning (Kahverengileşme) Reaksiyonları

Doğada “Browning” reaksiyonları yaygın olarak organik maddelerin çözülmesi işleminin bir parçasıdır ve karbonhidratlarda karşımıza çıkar. Gıda maddelerinde görünen “Browning” olayı ise reaksiyonun başlamasına neden olan faktörler göz önüne alınarak “oksidatif” veya “oksidatif olmayan” olarak sınıflandırılabilir.

- **Oksidatif browning**

Gıdalarda Oksidatif Browning reaksiyonu 2 şekilde olmaktadır. 1.tip olan askorbate oksidaz ve lipoksitaz gibi oksidaz enzimlerinin başlattığı fakat sonradan enzimik olmayan reaksiyonların devam ettirdiği reaksiyonlardır. İkinci tip Oksidatif Browning ise ilk

oksidasyonlar “oksidaz”enzimleri olmadan da başlayabilmektedir. Fakat o zaman reaksiyonlar yavaş gelişmektedir.

➤ **Oksidatif olmayan browning**

Oksidatif browning gibi ilk aşamada enzimlerle başlayabilmektedir. Doğal haldeki ürünlerde bazı enzimler (örneğin; glikozil hidrolazlar) browning reaksiyonunu başlatabilir ve reaksiyon indirgen şekerleri meydana getirir. Bu gelişme hurma, bal, çikolata ve vanilya gibi ürünlerde renk ve aroma oluşumunda önemli bir basamaktır.

1.4.2. Enzimatik Esmerleşme

Meyve ve sebzelerde çarpma, kesme, kabuk soyma, dilimleme vb. gibi mekanik zedelenmelerle bazı renk değişimleri ortaya çıkmaktadır. Pembeden, mavimsi – siyaha kadar olan farklı tondaki bu renk değişimlerine “esmerleşme” denir. Örneğin parçalanmış elmaların esmerleşmesi, hücre öz suyundaki bazı maddelerin hava oksijeninin etkisiyle, oksidasyonunun sonucudur. Bu oksidasyon bazı enzimler tarafından katalize edilmektedir. Enzimatik esmerleşme reaksiyonlarında fenolik maddeler ve spesifik oksidasyon enzimleri rol oynamaktadır.

1.4.3. Yağlarda Lipolitik Ransidite

Yağlar bazı etkiler sonucu hidrolize olarak bozular. Yağlarda ransidite olarak bilinen bu olaylarda, acı bir tat ve istenmeyen bir koku, aroma ortaya çıkar ve bu yağlar bozulmuş olarak tanımlanır. Yağlarda, kısa zincirli (12 karbondan az) yağ asitlerinde görülen ve “Lipaz” enziminin etkisi ile ortaya çıkan bir bozulmadır. Süt yağında ve margarinlerde önemlidir.

1.5. Gıdaların Yapısında Bulunan Önemli Enzimler

Bilindiği üzere insanlar bitki ve hayvansal kaynaklı gıdaları tüketir. Bitkisel ve hayvansal gıda ham maddelerinin yapısında doğal olarak çeşitli enzimler bulunmaktadır.

Doğal enzimler gıdaların kalite özellikleri olan yapı, renk, tat-koku, aroma ve besin değeri üzerine istenen ve istenmeyen yönde bazı değişimlere neden olabilmektedir. Gıdalardaki doğal enzimlerin neden olduğu istenmeyen değişimler enzimatik gıda bozulmaları olarak adlandırılır. Enzimatik bozulmaları önlenmesi için kurutma, dondurma, soğukta muhafaza, sterilizasyon, pastörizasyon, haşlama, inhibitör (engelleyici) madde ekleme gibi gıda muhafaza yöntemleri kullanılır.

Doğal enzimleri varlığı bazı gıdalarda kalitenin oluşması ve gelişmesi için gereklidir. Bu gibi durumlarda, gıdadaki doğal enzim varlığı istenen bir özellik haline geçer. Örneğin, meyvelerin olgunlaşması, bunların yapısında doğal olarak bulunan belirli bazı enzimler tarafından gerçekleştirilmektedir. Taze sıkılmış üzüm suyu yapısındaki pektin nedeniyle genellikle bulanıktır ve süzülmesi güçtür. Bu nedenle pektin, pektik enzimlerle hidroliz edilir ve berrak meyve suyu elde edilir.

Patateste bulunan amilaz enzimleri, yumrunun istenilen tat-koku kazanması yönünde olgunlaşmasını sağlar. Kasaplık hayvan etleri kesimden sonraki dönemde yapısındaki doğal proteazlar sayesinde rigor motris (ölüm sertliği) olayını atlatarak tekrar yumuşak ve gevşek hale geçer.

Gıdalardaki doğal enzimlerin pek çoğu ise gıdada istenmeyen değişikliklere yol açarak bozulmalara neden olmaktadır. Bu tipteki enzimler gıdanın besin değerini düşürebildiği gibi aynı zamanda da gıdanın yapı, tat-aroma, koku ve renginde istenmeyen değişikliklere neden olmaktadır. Bu olumsuzluklara yağların acılaşması (ransidite) ve meyve-sebzelerin enzimatik esmerleşmesi örnek olarak verilebilir. Yağların acılaşması lipaz enzimleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Örneğin, çiğ sütler uygun olmayan sıcaklıkta depolandığında, yapısında doğal olarak bulunan lipaz enzimleri aktifleşmekte ve süt yağını hidrolize ederek yağın acılaşmasına neden olmaktadır. Bitkilerdeki esmerleşme olaylarını ise bazı bitkilerde (elma, muz, mantar, patates vb.) doğal olarak bulunan polifenol oksidazlar gerçekleştirir. Bunlar bitkide bulunan bazı kimyasal maddeleri oksijen varlığında hızla okside etmekte ve esmer renkli ürünlerin oluşumuna neden olmaktadır. Enzimatik esmerleşme olayı; meyve ve sebzelerin kesilmesi, kabuk soyulması veya berelenmesi gibi durumlarında dokuların direk olarak hava ile temas etmesi (oksidasyon) sonucunda oluşmaktadır. Aynı zamanda esmerleşme reaksiyonları; gıdaların yapısında ve tadında da değişimlere neden olabilmektedir.

Bazı taze sebze ve meyvelerdeki yeşil rengin ileri olgunluk döneminde kırmızı, sarı, portakal rengi ve siyaha dönüşmesi de doğal olarak bulunan klorofilaz enziminin aktivitesinden kaynaklanmaktadır. Klorofilaz, lipoksigenaz ve polifenol oksidazlar meyve ve sebzelerdeki pigmentleri etkileyen ve renk değişimlerine neden olan üç temel enzim grubudur.

Bütün bunlara karşılık, bazı doğal enzimlerin belirli gıdalarda oluşturduğu bir olumsuzluk diğer bazı gıdalar için istenen özellik haline dönüşebilmektedir. Örneğin polifenol oksidazların belirli meyvelerde neden olduğu istenmeyen esmerleşme reaksiyonları, çay, kahve, kuru üzüm, kuru erik gibi gıdalarda kahve rengi veya siyah renk oluşumlarına yol açan istenilen bir özelliktir. Meyvelerde doğal olarak bulunan pektik enzimlerin aktivitesi bulanık meyve sularında istenmezken, berrak meyve sularında istenmektedir.

Meyve ve sebzelerde bozulmalara neden olan diğer doğal enzimler ise lipoksidad, klorofilaz ve askorbik asit oksidazdır. Polifenol oksidazlar da dahil olmak üzere, bütün bu enzimler sıcaklığa çok duyarlıdır. Bu enzimler sebzelere uygulanan haşlama işlemi ile kolayca inaktif (etkisiz) hale getirilebilmektedir. Haşlama işleminin başarısı peroksidaz enziminin varlığı ile test edilir. Çünkü peroksidaz sıcaklığa en dayanıklı doğal enzimlerden biridir.

Etin istenilen kırmızı renginden, etteki temel pigment (renk maddeleri) olan oksimiyoglobin sorumludur. Ancak +2 değerli Fe (demir) içeren oksimiyoglobinin +3 değerli Fe içeren metmiyoglobine oksidasyonu, et renginin istenmeyen kahverengiye dönüşmesine neden olur. Bu olay ette, doğal olarak bulunan oksidasyon/redüksiyon enzimleri tarafından oksijen varlığında gerçekleşir.

Lipoksigenaz, buğday ve soya fasulyesi unlarında renk ağarmasından sorumludur. Bu enzimin bir başka yararlı etkisi de ekmekek hamurunun hazırlanması sırasında, glutende (buğday unu proteini) kaliteyi olumlu yönde etkileyen disülfid bağlarının oluşumunu sağlamasıdır. Buna karşılık, lipoksigenaz enzimi bazı gıdalarda enzimatik bozulmalara neden olabilmektedir. Bu enzim klorofil ve karotenleri parçalamakta, gıdalarda çoğunlukla samanimsi tipte bir tat ve aroma değişimine neden olmakta, vitaminler ve proteinler gibi bazı gıda bileşenlerinde oksidatif bozulmalara yol açmakta ve elzem (gerekli) yağ asitleri olan lineoleik, linolenik ve araşidonik asidi oksidasyona uğratmaktadır.



Undaki alfa-amilaz, beta –amilaz ve proteazlar ekmekek kalitesini belirler. Bu enzimler, buğday çeşidine ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak unda farklı miktarlarda bulunur. Bu durum da ekmekek kalitesini direkt olarak etkilemektedir.

Ülkemiz unlarında genel olarak alfa-amilaz eksikliği ve proteaz enzimleri fazlalığı vardır. Bu unlardaki proteaz enzimleri fazlalığı, çoğunlukla buğdayın süne zararlısının etkisine maruz kalması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kaliteli ekmekek yapmak için eksikliği duyulan enzimlerin hazır ticari preparatlar halinde una eklenmesi zorunludur.

Doğal enzimlerden bazı gıdalar için, ısıl işlemin uygulanıp uygulanmadığının veya ısıl işleminin yeterli olup olmadığının anlaşılması açısından da yararlanılmaktadır. Örneğin bir sütteki veya peynirdeki fosfataz enzimi varlığı, bu süte ısıl bir işlemin uygulanmadığının ya da yetersiz uygulandığının, peynirin ise çiğ süttten üretildiğinin bir kanıtıdır. Aynı şekilde, sebze ürünlerindeki peroksidaz veya katalaz enzimi varlığı yetersiz bir haşlamanın işaretidir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Enzim aktivitesini belirlemek için aşağıda verilen işlem basamaklarını uygulayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>Bir patatesi alarak ortasından ikiye bölünüz.</p>	<p>Kesici aracın ve patatesin temiz olmasına dikkat ediniz.</p>
<p>İkiye bölünen patatesleri oda ısısında açıkta (oksijenli ortamda) bekletiniz.</p>  <p>Resim 1.1: Kesilmiş patates</p>	<p>Bekleme süresini tespit ediniz.</p>
<p>Bir süre sonra oluşacak renk değişimini gözleyiniz. Renk değişim nedenlerini arkadaşınızla tartışınız.</p>  <p>Resim 1.2: Oksijenli ortamda bekletilmiş patates</p>	<p>Gözleminiz sonucu oluşan değişikliği nedenleri ile birlikte bir deftere kaydediniz.</p>

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ

Aldığınız eti çalışma tezgahında bırakınız. 1 saat bekletiniz. Oluşan renk değişikliğini inceleyiniz. Yaptığınız işlemleri değerlendirme tablosu ile kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Etin başlangıçtaki rengini gözlemlediniz mi?		
2.	Açıkta (oksijenli ortamda) beklettiğiniz ette renk değişikliği görebildiniz mi?		
3.	Etteki bu renk değişikliğinin nedenini açıklayabiliyor musunuz?		
4.	İşi size verilen zamanda tamamladınız mı?		
5.	Dikkatli çalıştınız mı?		
6.	Araç gereç ve ekipman kullanımına özen gösterdiniz mi?		
7.	Çalışmalarınızı yaparken titiz ve dikkatli davrandınız mı?		
8.	Gözlemlerinizi rapor haline getirip sınıfta tartıştınız mı?		
9.	Çalışmalarınız sırasında sanitasyon kurallarına uymaya özen gösterdiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Yapılan değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. ÖLÇME SORULARI

Aşağıda verilen sorulardaki boş bırakılan noktalı yerlere uygun olanı yerleştiriniz.

- 1 Kimyasal reaksiyonları hızlandıran biyolojik katalizörlere.....denir.
A) Hormon B) Vitamin C) Enzim D) Koenzim E) Hiçbiri
- 2 Enzimlerin protein kısmınadenir.
A) Apoenzim B) Koenzim C) Haloenzim D) Kofaktör E) Substrat
- 3 Enzimlerin etki ettiği maddelere denir.
A)Haloenzim B)Substrat C)Oksidazlar D)Koenzim E)Hiçbiri
- 4 Oksidasyon redüksiyon reaksiyonlarını katalize eden enzimler.....dir.
A) Oksidoredüktazlar B) Oksidazlar C) Lipazlar
D) Hidrolazlar E) Liyazlar
- 5 Bir enzimin aktiflik durumunu sonuna gelen..... ekinden anlayabiliriz.
A)-jen B) -oz C) üre D) -az E) kalımal

Aşağıdaki soruları doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

- 6 () Enzimler genellikle çift yönlü çalışır ve özgüldür.
- 7 () Apoenzim ile koenzimin birlikte oluşturduğu gruba haloenzim=aktif enzim denir.
- 8 () Enzimleri sınıflandırmak istediğimizde 4 grup ile karşılaşırız.
- 9 () Proteazlar, karbonhidratlar ve lipazlar transferaz sınıfı enzimlerindendir
- 10 () Substratın ürüne dönüşmesi için gerekli enerjiye aktivasyon enerjisi denir.
- 11 () Gıdaların yapısında bulunan doğal enzimler o gıdanın renk, tat - koku, aroma ve beslenme değerini her zaman olumlu yönde etkiler.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Verdiğiniz cevaplarınız doğru ise bir sonraki uygulama testine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Bu faaliyette verilen bilgi ve beceriler doğrultusunda uygun ortam sağlandığında kimyasal reaksiyonlarda etkili olan enzimlerin aktivitesini etkileyen etmenleri öğrenecek, bilimsel kurallar doğrultusunda enzimleri inaktifleştirebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

İlinizdeki gıda sektörünü gezerek veya konu ile ilgili kaynaklardan;

- Üretim (proses) sırasında inaktif edilmesi gereken enzim grubunun hangileri olduğunu araştırınız.
- Enzimlerin hangi yöntemlerle inaktif edildiğini araştırınız.

2. ENZİM AKTİVİTESİ

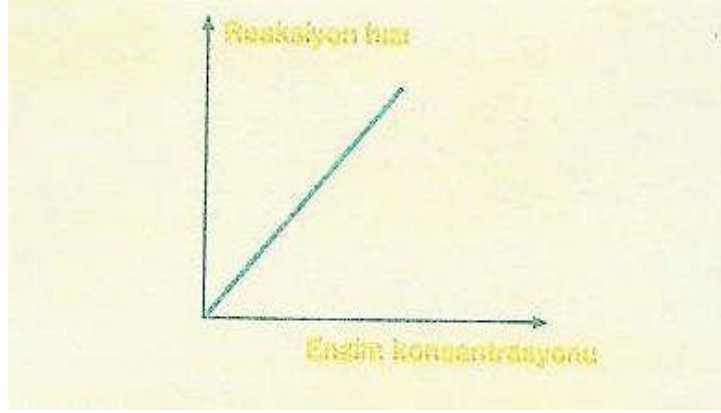
2.1. Enzim Aktivitesini Etkileyen Etmenler

Enzimlerin etkinliğini, dolayısıyla kimyasal tepkimelerin hızını artıran veya azaltan pek çok faktör vardır. Bu faktörler; substrat konsantrasyonu, enzim konsantrasyonu, pH, sıcaklık, su aktivitesi, reaksiyon süresi, reaksiyon ürünleri, enzim inhibitörleri ve aktiviteyi, radyasyon, basınç, kaynama güçleri ve ışık gibi çeşitli fiziksel faktörler ve hormonlar şeklinde sıralanabilir.

Bir enzimatik reaksiyonda, reaksiyon hızı bu faktörlerden değişik derecelerde etkilenmektedir. Ancak enzimatik reaksiyonlarda faktörler arası etkileşim de önemli olmaktadır. Örneğin bir enzimin en iyi aktivite gösterdiği pH değeri farklı ortam sıcaklıklarından etkilenerek değişiklik gösterebilir. Bu nedenle enzimatik reaksiyonlarda, ortam koşulları bir bütün halinde dikkate alınmalıdır. Enzim aktivitesini etkileyen önemli bazı faktörler aşağıda açıklanmıştır.

2.1.1. Enzim Konsantrasyonu

Enzim konsantrasyonunun enzim hızına etkisi, diğer koşullar sabit tutulduğunda, doğrusal bir ilişki gösterir. Yani enzim konsantrasyonu arttıkça enzim hızı da doğru orantılı olarak artar (Şekil 2.1). Ortamdaki her enzim molekülü bağımsız çalıştığı için ne kadar enzim molekülü varsa o kadar çabuk gelişen bir reaksiyon söz konusudur.

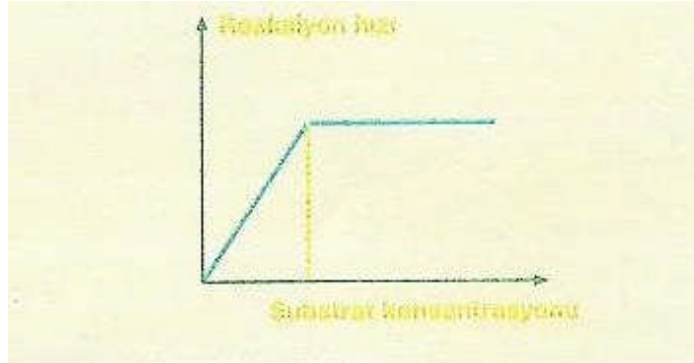


Şekil 2.1: Enzim konsantrasyonunun enzim aktivitesine etkisi

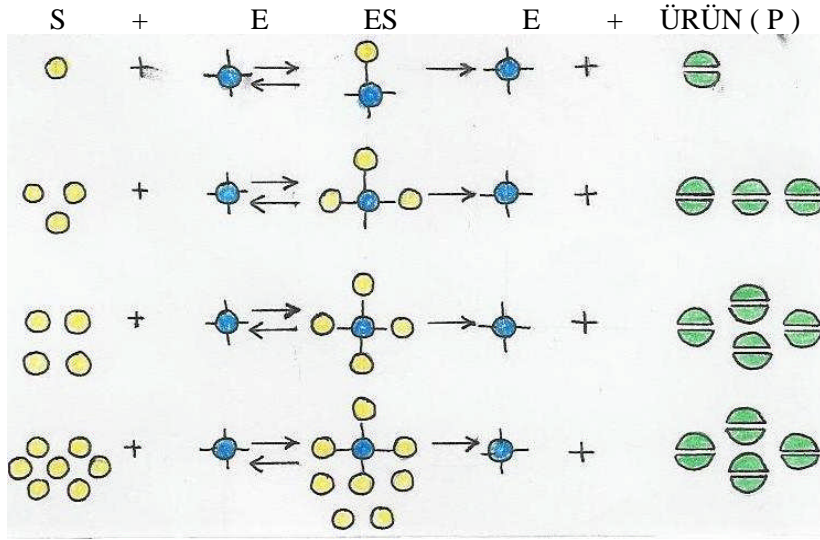
2.1.2. Substrat konsantrasyonu

Enzim miktarının sabit tutulduğu bir ortamda substrat yoğunluğu arttıkça, tepkimenin hızı da artar. Tepkime hızı en yüksek noktaya eriştikten sonra sabit kalır (Şekil 2.2).

Enzim ile substrat, $E+S \longrightarrow ES$ halinde iken enzim çalışmaktadır. Enzim görevini yapıp tekrar serbest iken ve birleşmek için substrat ararken çalışmamaktadır. Eğer ortamda bol substrat varsa enzim sürekli çalışır bir duruma gelir. Bu optimum substrat düzeyinin üzerindeki substrat değerleri, enzim reaksiyon hızına artık katkıda bulunmaz (Çizelge 2.1).



Şekil 2.2: Substrat konsantrasyonunun enzim hızına etkisi

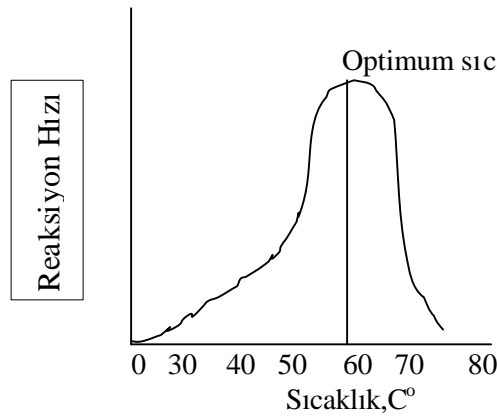


Şekil 2.3: Enzim-substrat konsantrasyonunun etkisi

Dördüncü durumda madde bolluğu söz konusu olduğu halde 3. ve 4. durumlarda sonuçta elde edilen ürün miktarı aynı kalmaktadır.

2.1.3. Sıcaklık

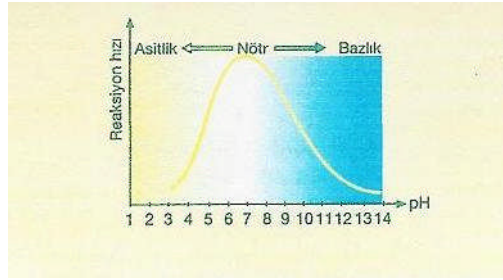
Sıcaklık, enzimlerin hem hızını hem de stabilitesini etkileyen önemli bir faktördür. Bütün diğer koşullar standardize edildiğinde, ortamının sıcaklığı arttıkça reaksiyon hızı da belli bir noktaya kadar artmaktadır. Bu noktadan sonraki sıcaklık artışlarında enzim hızında ani düşüşler meydana gelmektedir. Enzimlerin maksimum aktivite gösterdiği bu düşüş noktasına optimum sıcaklık adı verilir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Sıcaklığın enzim hızına etkisi

2.1.4. Ortamın pH'ı

pH derecesi ortamın asitlik ve bazlık derecesini ifade eder ve 0 - 14 arasında değişir. Ortam pH'ı enzimatik reaksiyonların çoğunda hızı etkileyen önemli bir faktördür. Her enzimin optimum çalıştığı bir pH aralığı vardır ve bu pH'a "optimum pH" denilmektedir.



Şekil 2.5: pH'ın enzim hızına etkisi

Şekilden de görülebileceği gibi enzimlerin pH eğrileri çan şeklindedir ve enzim hızı pH'ın her iki yanında da giderek azalmaktadır.

Enzimlerin optimum pH'ları 2 - 10 arasında değişmektedir. Örneğin pepsinin optimum pH'ı 2 iken, alkalın faspatazın 10'dur. Şekil 2.6.'da bazı enzimlerin optimum pH'ları verilmiştir. Bir enzimin çalıştığı optimum pH değeri mevcut değilse enzimin etkinliği azalır. Ayrıca kuvvetli asitler ve bazlar enzimlerin yapısını bozarak çalışmalarını engeller.

ENZİMLER	OPTİMUM pH
Alkalın fospataz (sütte)	10
B. amilaz (patates)	5
Katalaz (sığır karaciğeri)	3-10
Lipaz (pankreatik)	7
Lipoksigenaz (soya fasülyesi)	7-9
Pepsin (sığır)	2
Peroksidaz(incir)	6
Polifenol oksidaz (şeftali)	6

Tablo 2.1: Bazı enzimlerin optimum pH'ları

2.1.5. Su Aktivitesi

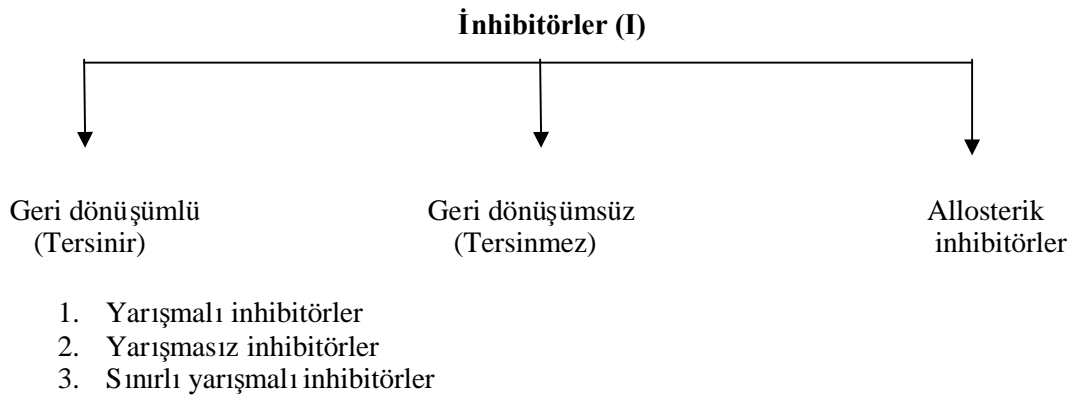
Bir gıdada suyun durumu, o gıdanın su (nem) içeriği ile onun çevresindeki havanın nisbi nemi arasındaki bir ilişki olarak ele alınır. Bu iki değer arasındaki oran ise su aktivitesi (a_w) olarak tanımlanır.

Enzimlerin büyük bir kısmı işlevlerini su içerisinde gösterdiğinden, suyun miktarı da enzim işlevinde etken bir koşuldur. Genellikle % 15'in altında su içeren ortamlarda, enzimler işlev göstermezler. Reçel ve pekmez yapımında bu faktör önemlidir. Sulandırılan reçel, bal ya da pekmez vb nin ekşimesi bu yüzdendir.

Kuru ortamda enzimler sıcaklığa daha fazla dayanır. Nem arttıkça enzimlerin sıcaklığa karşı hassasiyetleri de artar.

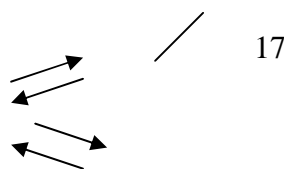
2.1.6. Enzim İnhibitörleri

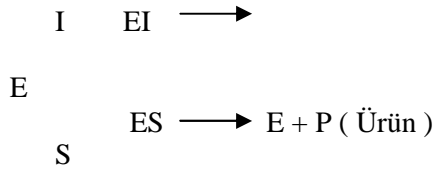
Enzim-substrat kompleksinin oluşmasını değişik şekillerde etkileyen, enzim faaliyetinin azalmasına yol açan doğal veya yapay kimyasal maddelere “enzim inhibitörleri”, bu olaya ise “enzim inhibisyonu” denir. Bu maddeler istenmeyen enzim aktivitesinin önlenmesi veya kontrol altında tutulmasında aracı olarak kullanılır. Enzim inhibitörleri: tersinir-geri dönüşümlü (reversible), tersinmez-geri dönüşümsüz (irreversible) ve allosterik inhibitörler olmak üzere 3 başlıkta incelenebilmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: İnhibitörlerin gruplandırılması

Yarışmalı inhibitörün kimyasal yapısı ve şekli substratinkine çok benzemekte ve enzimin aktif merkezi ile geri dönüşümlü olarak birleşebilmektedir. Ancak oluşan enzim-inhibitör (EI) kompleksinden ürüne geçiş mümkün değildir. Ortamda yarışmalı inhibitör bulunduğu anda, bu inhibitörle substrat arasında enzimle birleşme yönünde bir yarışma olur. Bu durumda ortamdaki enzim moleküllerinin bir kısmı substrat ile birleşmekte ve buradan ürün oluşumu gerçekleşmekte, bir kısım enzim ise inhibitör ile birleşmekte ve ürün elde edilememektedir. Bu ilişkiyi şöyle şematize edebiliriz.

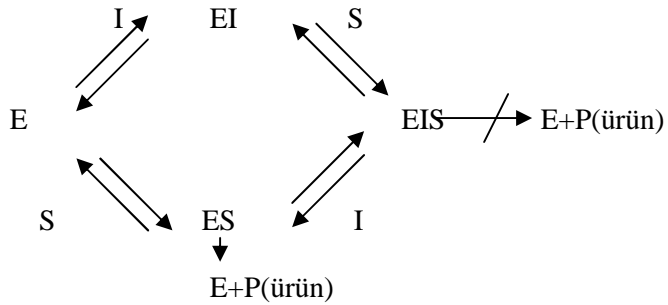




Şekil 2.7: Yarışmalı inhibitörün etkisi

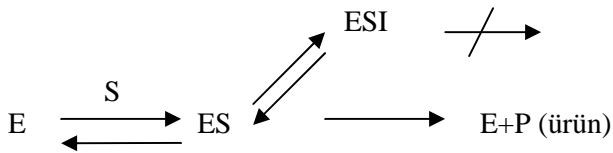
Bu tip inhibisyonu azaltmak içinde ortamdaki substratın konsantrasyonunu arttırabiliriz. Ortamda substratın bol olması, enzimin substratla birleşme şansını arttıracaktır.

Yarışmasız inhibitörler ise substrata hiç benzememekte veya çok az benzemektedir. Enzime aktif merkez dışında diğer bir bölge üzerinden bağlanmaktadır. Bu nedenle, substrat ile inhibitör arasında enzime kompleks oluşturma yönünde bir yarışma söz konusu değildir. Bu durumda da, ortamdaki enzimlerin bir kısmı E,S ve EI kompleksleri halinde ise bir kısım enzim E,I,S kompleksi oluşturmaktadır. E,I,S kompleksinden ürüne geçilememektedir. Ancak enzimin geri dönüşümlü olarak bu kompleksten ayrılarak tekrar serbest hale geçme ve substrat ile ES kompleksi yaparak ürün oluşturma şansı vardır. Bu anlatılanlar aşağıdaki şekilde şema tize edilebilir.



Şekil 2.8: Yarışmasız inhibitörün etkisi

Sınırlı yarışmalı inhibitörler ise ES kompleksine bağlanarak inhibisyona neden olur. İnhibitörün direkt olarak enzime bağlanıp EI kompleksi yapması söz konusu değildir. Şu şekilde şematize edebiliriz.

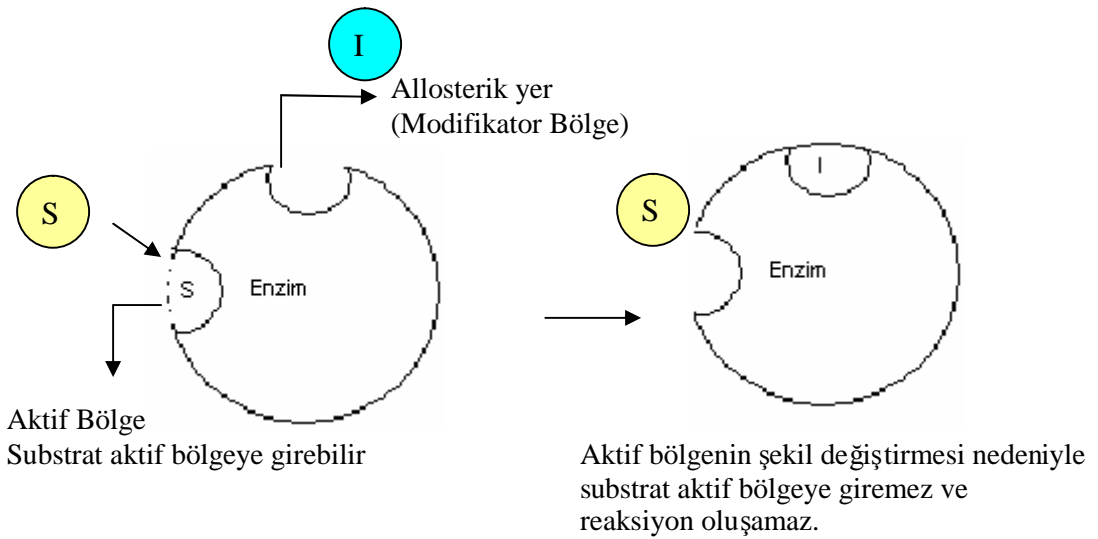


Şekil 2.9: Sınırlı yarışmalı inhibitörün etkisi

Geri dönüşümsüz inhibitörler enzime kovalent bağlarla (elektronların ortaklaşa kullanılması) geri dönüşümsüz olarak bağlanır. EI kompleksinden tekrar serbest enzime dönüş veya ürün oluşumu söz konusu değildir. Bu nedenle ürün oluşumu ancak ortamda serbest enzime birleşebilen substrat üzerinden olabilir. Geri dönüşümsüz inhibitörlere

“enzim zehirleri” adı da verilmektedir. İnhibitörün enzime bağlanması aktif merkez ya da başka bir bölgeden olabilmektedir. Ağır metal iyonlar (Hg^{+2} , Ag^{+2} gibi), oksidan maddeler (hidrojen peroksit vb.), hidroksil amin geri dönüşümsüz inhibitörlere örnek verilebilir.

Allosterik inhibitörler ise yapısında aktif merkez dışında modifikatör adı verilen bir başka bölge daha bulundurur. Allosterik inhibitörler enzimlerin modifikatör bölgesine bağlanır. Bu bağlanma sonucunda, enzimin aktif merkezinde substratın bağlanmasına olanak vermeyen şekilsel bir değişim meydana gelir ve buna bağlı olarak ES kompleksi oluşamaz (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Allosterik inhibitörlerin çalışma mekanizması

2.1.7. Aktivatörler

Bazı enzimler aktivitelerini artırmak için aktivatör adı verilen iyonlar veya küçük moleküllere gereksinim duymaktadır. Aktivatörler genellikle metal iyonlarıdır. Aktivatörlerin bir kısmı yalnızca substratla, diğer bir kısmı ise enzimle birleşerek aktivatör rolü oynar.

Enzimle birleşen aktivatörler küçük metal iyonlarıdır. K^+ , Mg^{+2} , Zn^{+2} , Fe^{+2} , Ca^{+2} ve Co^{+2} , Cl^- , Br^- , F^- , I^- ve OH^- vb. aktivatördür. Örneğin; Cl^- α amilazın aktivitesini 2 kat artırmaktadır. Yalnızca enzimin substratı ile birleşerek görev yapan aktivatörlere di ve trifosfatların Mg^{+2} ve Mn^{+2} ile yaptıkları kompleksler örnek gösterilebilir. Örneğin; $MgATP^{-2}$ (Magnezyum Adenozin Tri Fosfat) gibi.

2.1.8. Basınç

Normal gıda işlemleri enzimleri tek başına inaktive edecek derecede bir basınç yaratmamaktadır. Ancak yüksek sıcaklıklar ile uygulanan basınç enzim inaktivasyonuna neden olmaktadır.

Gıda dokularının dağılmasına olanak vermeyen hidrostatik basınçlar gıdadaki enzimleri tam olarak inaktive etmemektedir. Gıdaların basınçla muamelesinin birkaç alt birimden (polipeptitden) oluşmuş enzimler üzerinde daha etkili olacağı ve basınç yeterli düzeyde ise bu alt birimlerin dağılarak enzim aktivitesinin kaybolabileceği bildirilmektedir.

2.2 Enzim Aktivitesini Önlemek

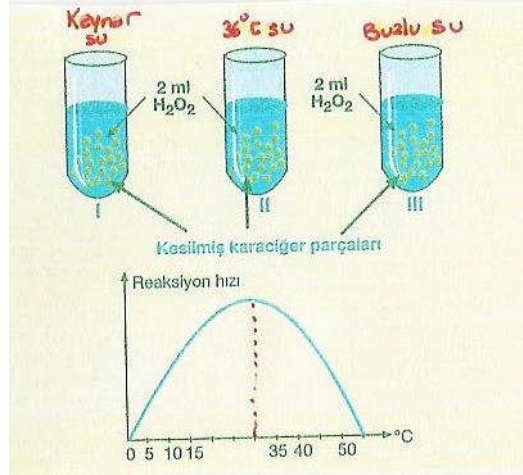
Besin sanayisinde enzim aktivitesinin devamından ileri gelen istenmeyen değişiklikleri önlemek için enzimlerin kontrolü yani enzim faaliyetinin önlenmesi gerekir. Bunun içinde belirttiğimiz enzimlerin özelliklerini göz önünde bulundurmalıyız. Bir defa, enzimin faaliyet gösterebilmesi için substratı ile temas etmesi gerekir ki, çoğu zaman bunu önlemek güçtür.

Gıdaların düşük sıcaklık derecelerinde muhafazası veya gıdalara yüksek sıcaklıklarda bazı ısı işlemlerin (haşlanma, pastörizasyon, sterilizasyon gibi) uygulaması enzimatik bozulmaların önlenmesi ve / veya geciktirilmesinde yaygın olarak başvurulan yöntemlerdir. Her kimyasal reaksiyon gibi enzimli reaksiyonlar da sıcaklık düşmesi ile yavaşlar. Bununla birlikte soğutma, enzim faaliyetini tamamıyla durdurmaz. Fakat sıcaklığı yükseltmekle enzimler tamamen inaktif edilirler.

Düşük sıcaklıklara doğru gidildikçe enzimlerin aktivitesi de giderek azaltılmaktadır. Ancak gıdalardaki doğal enzimler 0°C'nin altındaki donma sıcaklıklarında dahi çok azda olsa aktivite gösterebilir. Buna göre de soğukta veya dondurarak gıda muhafazasında enzimatik bozulmalar geciktirilmekte ve böylece de ürünün raf ömrü (dayanıklılığı) uzatılmaktadır. Ancak enzimler bu koşullarda çok düşük de olsa aktive gösterebilmekte ve depolamanın uzaması durumunda gıdada bozulmalara (renk, yapı, görünüş, tat-arama gibi özelliklerde istenmeyen değişiklikler) neden olabilmektedir.

Gıdalardaki enzimler yüksek sıcaklıklardaki ısı işlemler sonucunda denatürasyona uğrayarak inaktif olmaktadır. Bu özellikten gıda endüstrisinde büyük ölçüde yararlanılmaktadır ve enzimatik gıda bozulmalarının önüne geçilebilmektedir. Örneğin; çiğ süte uygulanan pastörizasyon (100°C'nin altında uygulanan ısı işlem) ile patojen mikroorganizmalar (hastalık yapan gözle görülmeyen canlılar) öldürülmektedir. Aynı zamanda çiğ sütteki enzimlerin tümü inaktif hale geçmektedir. Buna göre de çiğ sütte bulunan ve çiğ süütün uygun olmayan koşullarda muhafazası sırasında aktivite kazanan lipazlar da denatürasyona uğramakta ve bu enzimlerin neden olduğu süt yağının acılaşması (ransidite) sorunu da ortadan kalkmaktadır. Yine ısı işlem uygulanması ile çiğ sebzelerde bulunan ve bozulma etkeni olabilen polifenol oksidaz, lipoksidaz, klorofilaz ve askorbik asit oksidaz gibi enzimler inaktif olur. Böylece bunların neden olduğu bozulmalar da

engellenmiş olur. Enzimlerin uzun süre düşük sıcaklıkta bekletilmeleri de inaktif duruma geçmelerine neden olur (Şekil 2.11).



Şekil 2.11: Sıcaklığın enzim çalışmasına etkisi

Yukarıdaki deney düzeneğinde sıcaklığın katalaz enzimi üzerindeki etkisini görebilirsiniz. Buna göre:

- I. tüpteki yüksek sıcaklık, enzimin yapısını bozduğu için gaz kabarcığı oluşmaz.
- II. tüpün sıcaklığı uygun olduğu için çok sayıda gaz kabarcığı oluşur
- III. tüpte sıcaklık düşük olduğu için enzim aktif değildir. Bu nedenle gaz kabarcığı oluşmaz.

Ürünün kendi enzimi ile mikroorganizmalar tarafından getirilen enzimleri ayırt etmek gerekir. Enzimlerin harap olduğu ısı muamelesinde birçok mikroorganizma harap olursa da bazıları, özellikle spor yapanlar (ortam koşulları mikroorganizmaların yaşamaları için tehlikeli olduğunda kendilerini korumak için yaptıkları kılıf) ısıya dayanabilirler. Bu nedenle bunlar ısıdan sonra gelişip daha çok enzim yapabilirler. Bu taktirde ısı muamelesinden sonra ürünün soğukta saklanması gelişmeyi minimuma düşürür.

Diğer bir enzim kontrol yöntemi kurutmadır. Burada da sorun, yeter kuruluğu elde etmek ve bu kuruluğu sürdürmektir. Tahıllar %13 nemde aylar veya yıllarca korunabilir. Fakat mekanik olarak zarar görmüş olanlar aynı nem düzeyinde de olsa enzimatik yönden etkilenerek çabuk bozulur.

Oksijenin kaldırılması enzim kontrolü için diğer bir olanaktır. Bu takdirde oksijenin varlığını gerektiren enzimli reaksiyonlarda, aerobik mikroorganizmaların (oksijen varlığında yaşayabilen) gelişmesi durur. Oksijen etkisi antioksidan kullanarak da durdurabilir.

Ürünün pH'ını değiştirmekle de bazen enzim kontrolü sağlanabilir. Örneğin istenmeyen fenolaz aktivitesini durdurmak için ortamın pH'ını fenolazın optimum değeri olan 6.5'in altına düşürülür.

Enzimlerin optimum pH'sı çeşitli koşullara bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Optimum pH'da değişikliğe neden olan faktörler, sıcaklık, kofaktör tipi, reaksiyon süresi, enzimin elde edildiği kaynak, substratın tipi ve konsantrasyonu olarak sıralanabilir.

Bugün için bazı fiziksel yöntemlerle de enzim kontrolü yapılabilmektedir. Bunlardan en etkili olanı hızlı elektron demetleridir. Bazen de ultraviyole, X ışınları ve ultrasonik dalgalarda enzimleri etkisizleştirebilmektedir.

Su ile karışma özelliği gösteren organik çözücüler örneğin etanol, ortamda yaklaşık %5-10 konsantrasyonlarda bulunduğu da enzimlerin inaktif oldukları görülmüştür. Ancak bu etki sıcaklığa bağlıdır ve enzimler düşük sıcaklıklarda bu etki karşısında daha karardır.

Birçok ilaç (antibiyotikler, haşere öldürücüler ve bakterisitler gibi kimyasal maddeler) ile de enzim faaliyetleri durdurulabilir. Bu kimyasal maddelerin yiyeceklerde kullanılmasından önce zararlı olmadıklarının saptanması gerekir.

2.3. Gıda Sanayisinde Enzim Kullanımı

Gıda sanayisinde kullanılan enzimler başlıca 3 kaynaktan elde edilir: Bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalar.

Gıda sanayisinde en sık karşılaştığımız enzimler şunlardır:

➤ **Karbonhidrazlar**

Bu enzimler karbonhidratların hidrolizini katalize etmektedirler. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan karbonhidrazlar aşağıda verilmiştir.

• **Amilazlar**

Amilazlar; α -amilaz ve β -amilaz olarak iki sınıfa ayrılır. Bunlar nişastanın hidrolizini katalize eder, başlıca maltoz ve dekstrin ile az miktarda glikoz oluşur. Amilazlar doğada bulunur, elde edilmeleri için kaynak bakterilerdir. Amilazların en yaygın kullanıldığı gıda endüstrisi alanları ekmekçilik, tatlı şurup üretimi ve bira üretimidir.

Normal unda α -amilaz az miktarda bulunmaktadır. Bu nedenle una eklenen ekmek katkı maddelerinde ticari olan, α -amilaz ve / veya malta zorunlu olarak yer verilmektedir. α - ve β -amilazlar, mayanın hamurdan etil alkol fermantasyonunu gerçekleştirmek için gereksinim duyduğu fermente edilebilir şekerlerin oluşmasını sağlar. Yine amilazlar, ekmekçilikte hamur kıvamını azaltır. Bunu önlemek için pişme sıcaklığına dayanıklı, α -amilaz kullanılmalıdır.

◦ İnvvertaz

Karbonhidratlardan invvertaz, sakkarozun hidrolizini sağlayan enzimdir ve sakkaroz, sükröz vb isimleri ile de bilinir. İnvvertaz enzimi gıda endüstrisinde genelde invert şeker eldesi amacıyla kullanılır. İnvvert şekerin iki önemli avantajı sukrazdan daha çözünür olması ve üründe kristalleşme sorunu yaratmamasıdır. Bu nedenle de invert şekerlerle şekerlemecilik ile likör, yapay bal ve dondurulmuş tatlı ve benzeri üretimlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

◦ Laktaz (B.galaktosida)

Bu enzim bir disakkarit olan laktozu monosakkaritleri olan galaktoz ve glikoza hidroliz etmektedir. Laktaz enzimine en yaygın olarak dondurmacılıkta, kumlu veya taneli ürün elde edilmesine neden olan laktoz kristalleşmesinin engellenmesi için başvurulmaktadır. Ayrıca peynir suyunun hayvan yemi olarak değerlendirilmesiyle, ekmekçilikte ve laktoz oranı düşürülmüş veya laktoz içermeyen süt mamüllerin elde edilmesinde kullanılmaktadır.

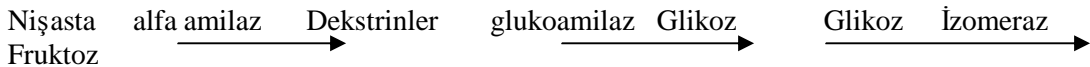
◦ Pektik enzimler (pektinazlar)

Pektik bitkilerin hücre duvarında ve hücre içinde bulunan bir kompleks karbonhidrattır. Pektin ve benzeri pektik maddeler meyve ve sebze sularının eldesinde ürüne geçmekte ve ürüne bulanıklık kazandırmaktadır.

Pektik enzimler, pektini hidrolizi ederek bulanıklık yapma özelliğinin kaybolmasına neden olur. Pektik enzimlerden bazıları şunlardır: pektin metil esteraz (PME, pektaz), polimetilgalakturanazlar (PMG), poligalakturanazlar (PG), pektik asit liyazlar (PAL), pektik asit liyaz enzimi, domates gibi bazı işlem görmemiş gıdalarda yapısal bozulmalara neden olmaktadır.

◦ İzomerazlar

Glikoz izomeraz glikozun fruktoza dönüşmesini katalizleyen bir izomerazdır. Glikoz şurupları bu enzimden yararlanılarak tatlılık derecesi daha yüksek olan fruktoz şuruplarına dönüştürülebilmektedir. Glikoz şurupları özellikle nişastadan elde edilmektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Nişastadan fruktoz şurubu eldesinde kullanılan enzimler

➤ Proteolitik enzimler (proteazlar, proteinazlar)

Bu enzimler proteinlerdeki peptit bağımlı hidrolize eder. Gıdaların yapısı, gıdada mevcut olan veya sonradan eklenen proteazların, proteinleri hidrolize etmesi sonucu değişmektedir. Örneğin, bir protein olan jelatin bileşimine bromelin içeren ananas

eklendiğinde jelleşme özelliğini yitirmektedir. Rennin ve rennet sütü koagüle ederek jelleştirmektedir.

Proteazların gıdanın yapısını değiştirme özelliğinden ekmekçilik ve et endüstrisinde de yararlanılmaktadır. Proteazlar buğday unundaki gluteni (un proteini) hidrolize etmekte ve böylece de hamur vizkozitedeki düşüşle birlikte vizkoelastik bir özellik kazanmaktadır. Böylece hamurun yoğrulma özelliği iyileşmekte, ekmek kalitesi artmaktadır.

Et endüstrisinde papain, fisin ve bromelin gibi bitkisel proteazlar ile fungal proteazlardan et yumuşatma amacıyla yararlanılmaktadır. Bu proteolitik enzimler etteki elastin ve kollajeni (et proteini) kısmi hidrolizasyona uğratarak etin yumuşamasına neden olur. Yine proteazlardan biracılıkta biyolojik olmayan bulanıklığı (biradaki protein ve tanninin gözle görülebilir partiküller halinde kompleks oluşturulması) engellemek için de yararlanılmaktadır. Bu tip uygulamalar ile biralar soğuğa karşı dirençli hale gelirler.

Proteolitik enzimler, gıda endüstrisinde jelatin, pepton ve aspartam (tatlandırıcı) eldesi amacıyla da kullanılmaktadır.

➤ **Lipazlar**

Lipazlar yağları hidrolize eden enzimlerdir. Lipazlara bazı peynir çeşitlerinde ve tereyağlarında özel tat-koku geliştirmek amacıyla başvurulmaktadır.

➤ **Oksidoredüktazlar**

◦ **Glikoz oksidaz**

Bu enzim küflerden elde edilmektedir. Glikoz oksidazın gıda endüstrisindeki kullanımı ise; enzimin bazı gıdalardan çok az miktarda bulunan glikoz ve / veya oksijeninin uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır. Yumurta tozunun elde edilmesinde, kurutma öncesinde glikoz oksidaz kullanımının temel nedeni yumurtadaki eser (az) miktardaki glikozun uzaklaştırılmasıdır. Böylece muhafaza sırasındaki enzimatik olmayan esmerleşme engellenmiş olur . Meyve suları, bira, şarap veya mayonez gibi gıdalarda ise glikoz oksidaz eser miktardaki oksijenin ortamdan uzaklaştırılmasını sağlar. Böylece enzimatik esmerleşmeler ve /veya oksidatif acılaşmalar engellenmiş olur.

➤ **Lipoksigenaz**

Lipoksigenazın gıdalar üzerinde istenen veya istenmeyen yönde değişiklik yaratan bazı etkileri vardır. Lipoksigenaz buğday ve soya fasulyesi ununda karotenoidleri etkileyerek ağarmaya neden olur. Bu durum beyaz ekmek üretiminde istenmesine karşılık makarna üretiminde istenmez. Yine lipoksigenaz, gıdalarda klorofil ve karotenleri parçalayarak istenmeyen renk değişimlerine neden olabilmektedir. Bunun dışında gıdalarda oksidatif tat ve aroma bozulmalarına (samanımsı bir tat ve aroma), vitaminler ve proteinlerde oksidatif parçalanmalara ve elzem yağ asitlerinin (lineoleik, linolenik ve araşidonik asitler) oksidasyonuna da yol açabilmektedir.

Gıda endüstrisinden yararlanılan önemli bazı enzimleri tanımaya çalıştık. Şimdi ise enzimlerin gıda endüstrisindeki kullanım amaçlarından bahsedelim.

Enzimler gıda endüstrisinde genel olarak değişik bir ürün elde etmek ve / veya ürüne istenilen özellikler kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır. Enzimlerden bu amaçlarla yararlanılması konusuna Şekil 2.14,2.15 ve 2.16’da ekmekçilik ile süt ve bira endüstrisinden örnekler verilmiştir.

Enzim	Amaç
Amilaz	Fermantasyonu artırmak, prosesini maksimize etmek, bayatlamayı engellemek
Proteazlar	Hamur işlemenin ve reolojik özelliklerin geliştirilmesi, hamur elastikiyetinin, ekmek hacminin ve ekmek içi yapısının geliştirilmesi ve bayatlamının geciktirilmesi
Glutamil transferaz, glutation oksidaz sisteinil glisin dipepdidaz	Çavdar ekmeği üretiminde hamur hazırlama süresini ve güç harcamasını azaltma, rutubeti artırmak
Pentosanazlar	-S-S- formasyonu ile zayıf hamurları kuvvetlendirmek
Sülfidril oksidaz	

Tablo 2.2: Ekmekçilikte kullanılan enzimler

Enzimler	Fonksiyonu
Kimozin	Süt koagülasyonu(rennet pudingleri için)
Kimozin, fungal proteazlar	Cottage peynirleri ve kalıp peynirleri için
Proteazlar	Peynirlerde tat-koku geliştirme ve olgunlaştırma süresinin azaltılması için
Lipazlar	Peynirlerde tat-koku geliştirme, olgunlaştırma süresinin azaltılmasında
Sülfidril oksidaz	Pişmiş tat-kokusunu uzaklaştırmak
B-Galktosidaz	Laktozu uzaklaştırmak
Mikrobiyal proteazlar	Soya sütünün koagülasyonu nu sağlamada

Tablo 2.3: Süt ve süt ürünleri endüstrisinde kullanılan enzimler

Enzim	Amaç
alfa ve beta Amilazlar	Malt dışı kaynaklı nişastanın maltoz ve dekstirinlere dönüştürülmesi ve böylece mayalara fermente edilebilir karbonhidratlar oluşturulması
Proteazlar (endo ve ekso)	Proteinlerin aminoasitlere hidrolizi ve böylece de mayaların kullanılabileceği azotlu maddelerin oluşturulması
Papain	Birada bulanıklığın engellenmesi
Amiloglukosidaz	Nişastanın tümüyle fermantasyonuna olanak sağlayacak olan amilopektindeki 1-6 bağların hidrolizi (ligt bira)
B-Glukanazlar	Glukanın hidrolizi ile vizkoziteyi azaltmak ve filtrasyonu kolaylaştırmak
Asetolaktat dekarboksiaz	Diasetil oluşumundan sakınarak fermantasyon süresinin kısaltılması

Tablo 2.4: Biracılıkta kullanılan enzimler

Enzimlerden gıda endüstrisinde diğer bazı özel amaçlarla da yararlanılabilmektedir. Örneğin gıda endüstrisinde kullanılan bazı özel katkı maddeleri enzimlerden yararlanılarak üretilmektedir.

Enzimler	Amaç
Aminoaçılazlar	DL-aminoasitlerin çözünür hale getirilmesi
Aspartaz	Aspartik asit üretimi
Proteazlar	Surfektanlar (yüzey aktif maddeler)
Peroksidaz	Fenol resimleri
5'fosfodiseterazlar	Aroma artırıcı cısı olan 5' nükleoditler
5'-adenilik deaminaz	Aroma maddesi 5'-inosinik asit üretimi
Lipazlar(pregastrik)	Peynir ve tereyağı aroma maddeleri
Proteazlar	Peynirlerin olgunlaşma süresini azaltmak Etin tenderizasyonu (yumuşatılması)
Lipazlar/esterazlar	Aroma maddesi esterler
Proteazlar,nükleazlar	Mayo hidrolizinden et tat-kokusu veren maddeler
Fumaraz	Asitleştirici olarak fumerik asit
Tannaz	Propilgallat gibi antioksidanlar
a-galaktosidazlar	Modifiye gıda gamları

Tablo 2.5: Özel katkı maddeleri veya istenilen bir etkinin enzimatik yolla elde edilmesi




Bu konuda diğer bir örnek ise işlem görmemiş (ham) maddelerdeki toksik (zehirli) veya beslenme değerini düşürücü öğelerin enzimatik yolla uzaklaştırılmasıdır.




Enzimler	İstenmeyen
α -galaktosidaz	Rafinoz
β -galaktosidaz	Laktoz
Glikoz oksidaz	Glikoz O ₂
Fitaz	Fitik asit
Tiyoglikozidaz	tiyoglikosidler
Oksalat oksidoz	O ₂
Alkol oksidaz	O ₂
Oksiraz	O ₂
Katalaz	H ₂ O ₂
Sülfidril oksidaz	Okside tat-koku maddeleri
Ürcaz	Karbamatlar
Siyadinaz	Siyanit
Pepsin,kimotripsin,karbsipeptidaz A	Bitter peptitler
Narinjinaz	Narenciye bitkilerindeki bitter bileşikler
Proteazlar	Fenilalanin
α -Amilaz	Amilaz inhibitörleri
Proteazlar	proteaz inhibitörleri

Tablo 2.6: Gıda ham maddelerindeki istenmeyen bileşiklerin enzimatik yolla uzaklaştırılması

UYGULAMA FAALİYETİ

Enzim aktivitesini önlemek için aşağıda verilen işlem basamaklarını uygulayınız.

İşlem basamakları	Öneriler
<p>Bir patatesi alarak dörde bölünüz.</p>  <p>Resim 2.1: Bölünmüş patates</p>	<p>Kesim aracının, patatesin ve patatesin kesildiği ortamın temiz olmasına dikkat ediniz.</p>
<p>Birinci parçayı içinde su bulunan behere koyunuz</p>  <p>Resim 2.2: Su içinde patates</p>	<p>Patatesin suyun içine batmasını sağlayınız.</p>
<p>İkinci parçayı ısı ile muamele ediniz</p>  <p>Resim 2.3: Isıl işlem uygulama</p>	<p>Patatesi bir miktar suyun içerisinde ısı ile işleme maruz bırakabilirsiniz (su banyosu kullanabilirsiniz).</p>

<p>Üçüncü parçayı asitle muamele ediniz.</p>   <p>Resim 2.4:Asitle muamele</p>	<p>Asitle çalıştığınızı unutmayınız ve iş güvenliğine dikkat ediniz (ÇEKER OCAK içinde çalışınız).</p>
<p>Dördüncü parçayı oksijensiz ortamda bekletiniz.</p>  <p>Resim 2.5:Oksijensiz ortamda saklama</p>	<p>Oksijensiz ortamı sağlarken vakumlu ambalajdan yararlanabilirsiniz.</p>

Her dört olayı gözleyiniz.
Oluşan ve oluşmayan değişiklikleri karşılaştırınız.
Oluşan ve oluşmayan değişikliklerin nedenlerini açıklayınız ve arkadaşlarınız ile tartışınız.



Resim 2.6:Uygulanan yöntemlerin renk değişimine etkileri

Oluşan ve oluşmayan değişikliği nedenleriyle birlikte bir deftere kaydediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. ÖLÇME SORULARI

Aşağıda verilen sorularda boş bırakılan noktalı yerlere uygun olan seçeneği yerleştiriniz.

1. Enzimlerin optimum pH'ları arasında değişir.
A) 2-10
B) 1-7
C) 7-14
D) 1-14 pH aralığında rahatça çalışır
E) Hiçbiri
2. ES kompleksine bağlanarak enzimi inhibe eden inhibitörlere..... denir.
A) Yarışmalı inhibitörler
B) Aktivatörler
C) Sınırlı yarışmalı inhibitörler
D) Yarışmasız inhibitörler
E) Substrat
3. Substrata benzemeyen ve enzime aktif merkez dışında diğer bölge üzerinden bağlanan inhibitörlere..... denir.
A) Aktivatörler
B) Yarışmalı inhibitörler
C) Yarışmasız inhibitörler
D) Allosterik inhibitörler
E) Geri dönüşümsüz inhibitörler
4. Polisakkaritlerin hidrolizini katalize eden enzimler dir.
A) Oksidoredüktazlar
B) Karbonhidrazlar
C) Proteolitik enzimler
D) Lipazlar
E) Liyazlar
5. Pektini hidrolize ederek bulanıklık yapma özelliğinin kaybolmasına neden olan enzimler dır.
A) İzomerazlar
B) Lipoksigenazlar
C) İvertazlar
D) Pektinazlar
E) Amilazlar

Aşağıdaki soruları doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

6. () Kuru ortamda enzimler sıcaklığa daha fazla dayanır.
7. () Proteolitik enzimler, proteinlerin peptit bağına etki ederek hidrolize eder.
8. () Sıcaklık enzimlerin hem hızını hem de stabilitesini etkileyen önemli bir faktördür.
9. () Enzim miktarı sabit tutulduğu bir ortamda substrat yoğunluğu arttıkça, tepkimenin hızı yavaşlar.
10. () Yarışmalı inhibitörün yapısı ve şekli substratinkine benzediği için ürün oluşturmada sorun yaşanmamaktadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Verdiğiniz cevaplarınız doğru ise uygulamalı teste geçiniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ

Farklı gıda örnekleri alınız. Uygun yöntem seçerek enzim faaliyetlerini engelleyiniz. Yaptığınız işlemleri değerlendirme tablosu ile kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Gıdanın yapısına ve özelliğine uygun yöntem seçtiniz mi?		
2.	Uyguladığınız yöntem başarı ile sonuçlandı mı?		
3.	İşi size verilen sürede tamamladınız mı?		
4.	Dikkatli çalıştınız mı?		
5.	Araç gereç ve ekipman kullanımına özen gösterdiniz mi?		
6.	Çalışmalarınızı yaparken titiz ve dikkatli davrandınız mı?		
7.	Gözlemlerinizi rapor haline getirip sınıfta tartıştınız mı?		
8.	Çalışmalarınız sırasında sanitasyon kurallarına uymaya özen gösterdiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Seçeneklerinizin hepsi evet ise bir sonraki modül değerlendirme testlerine geçiniz. Cevabı hayır olan işlemleri tekrar deneyiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

A ÖLÇME SORULARI

Aşağıdaki soruları uygun şekilde cevaplandırınız.

1. ve 2. soruyu doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

1. () Gıdalardaki doğal enzimlerin neden olduğu istenmeyen değişimler enzimatik gıda bozulmaları olarak adlandırılır.
2. () Enzim konsantrasyonu arttıkça enzimin reaksiyon hızı da artar.

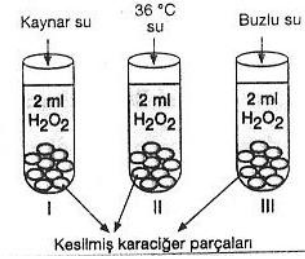
3. ve 4. sorudan boş bırakılan yere uygun ifadeyi getiriniz.

3. Enzim faaliyetinin azalmasına yol açan doğal veya kimyasal maddelere.....denir.
4. Yapısında aktif merkez dışında modifikatör adı verilen bir başka bölgesi daha bulunan enzimlere denir .

Aşağıdaki sorulardan doğru olduğunu düşündüğünüz bir seçeneği işaretleyiniz.

5. Enzim miktarının sabit tutulduğu bir ortamda substrat yoğunluğu arttıkça;
A) Tepkime hızı artar
B) Tepkime hızı değişmez
C) Tepkime hızı önce artar sonra azalır
D) Tepkime hızı önce azalır, sonra artar
E) Tepkime hızı azalır
6. Enzim ve substrat ilişkisi aşağıdakilerden hangisi ile ifade edilir?
A) Enzimin tekrar tekrar kullanabileceği ile
B) Anahtar-kilit ilişkisi ile
C) Enzimlerin çift yönlü çalışması ile
D) Koenzimin tek başına etkili olmaması ile
E) Apoenzimin denatüre olması ile
7. Aşağıdakilerden hangisi enzimin yardımcı ve etkin kısmıdır?
A) Koenzim
B) Apoenzim
C) Holoenzim
D) Aktivatörler
E) İnhibitörler

8. Bazı enzimlerin aktivitesini artırmak için kullanılan iyonlar veya küçük moleküllere ne ad verilir?
A) Yarışmalı inhibitör
B) Yarışmasız inhibitör
C) Sınırlı yarışmalı inhibitör
D) Aktivatör
E) Haloenzim
9. Proteinlerdeki peptit bağımlı hidrolize ederek proteinleri parçalayan enzimler hangi gruptandır?
A) İzomerazlar
B) Lipazlar
C) Amilazlar
D) Oksidoredüktazlar
E) Proteolitik enzimler
10. Aşağıdaki deney düzeneği dikkate alındığında hangi tüplerde enzim etkinliğine bağlı gaz (O_2) çıkışı gözlenmez?



- A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) I ve II
D) I ve III
E) II ve III

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı, cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirterek kendinizi değerlendiriniz (Cevaplarınız doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeniniz ile iletişime geçiniz). Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken zorlandığınız sorular ile ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyip öğrenmeye çalışınız.

B. UYGULAMA TESTİ

5 adet tüp alınız. 1. tüpü tüplükte boş bırakınız. Diğer 4 tüpe kürdan ucunun aldığı kadar mangandioksit (MnO_2) koyunuz ve tüplüğe yerleştiriniz. 3., 4. ve 5. tüplüklere sırasıyla patates, yeşil yapraklı bir sebze ve soğan parçalarını yerleştiriniz. Her bir tüpe 3'er ml hidrojen peroksit ekleyiniz. Sonuçları gözlemleyerek, nedenlerini araştırınız ve rapor halinde yazınız. Sonuçları arkadaşlarınızla tartışınız. Yaptığımız işlemleri değerlendirme tablosu ile kontrol ediniz.

Değerlendirme ölçütleri	Evet	Hayır
Size verilen talimatlar doğrultusunda tüpleri alıp tüplüğe yerleştirdiniz mi?		
Size verilen talimatlar doğrultusunda çalışma örneklerinizi hazırladığımız tüplere ilave ettiniz mi?		
Uygulamanızın temel ayırıcı olan hidrojen peroksidi (H_2O_2) belirtilen miktarda ilave ettiniz mi?		
Oluşan ve oluşmayan değişiklikleri nedenleri ile açıklayabildiniz mi?		
Size verilen süreyi etkin olarak kullanabildiniz mi?		
Dikkatli çalıştınız mı?		
Araç gereç ve ekipman kullanımına özen gösterdiniz mi?		
Çalışmalarınızı yaparken titiz ve dikkatli davrandınız mı?		
Gözlemlerinizi rapor haline getirip sınıfta tartıştınız mı?		
Çalışmalarınız sırasında sanitasyon kurallarına uymaya özen gösterdiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Yapılan değerlendirme sonunda hayır cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız modülü tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız evet ise modülü tamamladınız, tebrik ederiz. Öğretmeniniz size çeşitli ölçme araçları uygulayacaktır. Öğretmeninizle iletişime geçiniz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ – 1 CEVAP ANAHTARI

1	C
2	A
3	B
4	A
5	D
6	D(Doğru)
7	D(Doğru)
8	Y (Yanlış)
9	Y (Yanlış)
10	D(Doğru)
11	Y (Yanlış)

ÖĞRENME FAALİYETİ – 2 CEVAP ANAHTARI

1	A
2	C
3.	C
4	B
5	D
6	D
7	D
8	D
9	Y
10	Y

MODÜL DEĞERLENDİRME SORULARININ CEVAP ANAHTARI

1	D(Doğru)
2	D(Doğru)
3	Enzim inhibitörleri
4	Allosterik enzim
5	A
6	B
7	A
8	D
9	E
10	D

ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- YÜCECAN Sevinç, Suna BAYKAN, **Besin Kimyası**, Besin Kontrol ve Analizleri, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul 1981.
- www.aof.edu.tr/kitap/EHSM/1214/unite09.pdf
- www.aof.edu.tr/kitap/IOLTP/1282/unite03.pdf
- ÖSS Biyoloji, fdd yayınları, 2006

KAYNAKÇA

- BOYHAN Mehmet, Nazife HANÇER, **Biyokimya ve Besin Kimyası**, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul 1987.
- CEMEROGLU Bekir, Jale ACAR, **Meyve ve Sebze İşleme teknolojisi, Güven Yayıncılık, Ankara, 1986.**
- ÇELİK Turan, **ÖSS Biyoloji**, fdd Yayınları, 2006.
- FENNA R. Owen. **Food Chemistry**, Marcel Dekker, New York 1996.
- Bilim ve Kültür Eserleri Dizisi, **Genel Biyoloji**, Devlet Kitapları 1972.
- IŞIKSOLUĞU Müberra, **Beslenme**, Milli Eğitim Basımevi, Ankara 1994.
- KONAR Atilla, **Gıda Kimyası Ders Notları**, Adana, 1998.
- KONAR Atilla, **Biokimya Ders Notları**, Adana, 1998.
- **ÖSS Biyoloji**, fdd Yayınları, 2006.
- SALDAMLI İbilge, **Gıda Kimyası**, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 1998.
- YÜCECAN Sevinç, Suna BAYKAN, **Besin Kimyası**, Besin Kontrol ve Analizleri, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul 1981.
- www.aof.edu.tr/kitap/EHSM/1214/unite09.pdf
- www.aof.edu.tr/kitap/IOLTP/1282/unite03.pdf
- [www.genbilim.com/content/view/154/Enzimlerin Yapısı ve İşleyişi](http://www.genbilim.com/content/view/154/Enzimlerin_Yapisi_ve_Isleyisi)
- www.genetikbilimi.com Enzimlerin Yapısı ve İşleyişi
- www.infoturkish.com /indek.php/Enzim
- [www.torpil.com/torpil/user/anfi/biyoloji/d/ 1.ASPLERİ](http://www.torpil.com/torpil/user/anfi/biyoloji/d/1.ASPLERİ), Enzimler ve özellikleri
- www.wikipedia.org/wiki/Enzim