

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

GIDA TEKNOLOJİSİ

ENZİMLERİN ÖZELLİKLERİ

Ankara, 2015

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	3
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	5
1.ENZİMLER.....	5
1.1. Enzimlerin Yapısı ve Özellikleri.....	6
1.2. Enzimlerin Sınıflandırılması	8
1.3. Enzim-Substrat İlişkisi	9
1.4. Enzim Reaksiyonları ve Önemi.....	11
1.5. Gıdaların Yapısında Bulunan Önemli Enzimler	12
UYGULAMA FAALİYETİ.....	14
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	16
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	19
2. GIDA SANAYİNDE KULLANILAN ENZİMLER VE İŞLEVLERİ.....	19
2.1.Gıda Sanayinde En Sık Karşılaşılan Enzimler	19
2.1.1. Karbohidrazlar.....	19
2.1.2. Proteolitik Enzimler (Proteazlar, Proteinazlar)	21
2.1.3. Lipazlar.....	21
2.1.4. Oksidoredüktazlar	22
2.1.5. Lipoksigenaz	22
2.2. Enzim Aktivitesi ve Enzim Aktivitesini Etkileyen Etmenler.....	24
2.2.1. Enzim Konsantrasyonu	24
2.2.2. Substrat Konsantrasyonu.....	25
2.2.3. Sıcaklık.....	26
2.2.4. Ortamın pH'ı	26
2.2.5. Su Aktivitesi.....	27
2.2.6. Enzim İnhibitörleri	28
2.2.7. Aktivatörler	31
2.2.8. Basınç	31
2.3. Gıda Kontrolünde Enzimlerin Önemi ve Kullanımı	31
2.3.1.Enzimatik Kararma (Esmerleşme = Browning).....	32
2.3.2. Polifenol Oksidaz Enzimi.....	32
2.4. Gıda Kalite Kontrolde Baz Olan Enzim Kontrolleri.....	34
2.5. Enzim Aktivitesinin Kontrol Altına Alınması	36
UYGULAMA FAALİYETİ.....	39
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	43
MODÜL DEĞERLENDİRME	48
CEVAP ANAHTARLARI.....	50
KAYNAKÇA	51

AÇIKLAMALAR

ALAN	Gıda Teknolojisi
DAL/MESLEK	Alan Ortak
MODÜLÜN ADI	Enzimlerin Özellikleri
SÜRE	40/14
MODÜLÜN AMACI	Bireye / öğrenciye bilimsel yöntemlere uygun olarak enzimlerin yapı, çeşit ve genel özellikleri, enzim aktivitesi ve enzimlerin gıda endüstrisindeki kullanım alanları ve kontrol testleri ile ilgili bilgi ve becerileri kazandırmaktır.
MODÜLÜN ÖĞRENME KAZANIMLARI	<ol style="list-style-type: none">1. Bilimsel yöntemlere göre enzim aktivitesini belirleyebileceksiniz.2. Bilimsel yöntemlere göre enzim faaliyetlerini kontrol altına alma yollarını açıklayabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Sınıf ve laboratuvar ortamı Donanım: Isıya dayanıklı kaplar (beher vb.), bek, askorbik asit, bıçak, analizin yapılacağı materyal (patates, elma, karaciğer, vb.), çeker ocak, tahta maşa, deney tüpleri, hidrojen peroksit.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modülün içinde yer alan her faaliyetten sonra verilen ölçme araçları ile kazandığınız bilgileri ölçerek kendinizi değerlendireceksiniz.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Canlı hücredeki bütün biyokimyasal reaksiyonlar genetik kontrol altında hücre içinde sentez edilen enzimlerin kontrolü ve düzeni altında gerçekleşir. Buna göre 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, biracılıkta; papaya enzimi içeren papaya bitkisi 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 vardır. Gıdaların işlenmesinde son ürüne bu enzimlerin bir kısmının olumlu bir kısmının da olumsuz etkileri bulunmaktadır.

Bu modül ile gıdanın kalitesinde istenen ve istenmeyen yönde değişikliklere neden olan enzimleri tanıyacak ve enzim aktivitesine müdahale etme yöntemleri ile ilgili bilgi ve beceri kazanacaksınız.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

ÖĞRENME KAZANIMI

Bu öğrenme faaliyetinde verilen bilgiler doğrultusunda tekniğine uygun olarak gıdalardaki enzim aktivitesini inceleyebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Doğada enzimlerin sentezlendikleri yerleri araştırınız.
- Enzimlerin yaşamsal önemini araştırınız.
- Araştırmalarınızı arkadaşlarınızla paylaşınız.

1.ENZİMLER

Hayat için iki temel koşuldan biri canlının kendini kopya etmesi yani hücrelerin bölünebilme özelliği diğeri de organizmanın kimyasal reaksiyonları etkin bir şekilde yerine getirebilmesidir ki bu da enzimatik reaksiyonlarla gerçekleşir.

1700'lerin sonunda mide salgıları tarafından etin sindirildiği, tükürük ve bazı bitki özütlerinin nişastayı şekerlere dönüştürdüğü biliniyordu ancak bunun hangi mekanizmayla olduğu bilinmiyordu.

19. yüzyılda Louis Pasteur, maya tarafından şekerin alkole dönüşmesini (fermantasyonu) araştırırken fermentasyonun maya hücrelerinde bulunan bir canlı güç tarafından meydana geldiği sonucuna vardı. "Ferment" diye adlandırdığı bu etmenlerin sadece canlılarda işlev gördüğü düşünülüyordu. Pasteur, "Alkol fermentasyonu yaşam ve maya hücrelerinin organizasyonu ile bağıntılıdır, hücrelerin ölüm ve çürümesiyle değil." diye yazmıştır. Alman fizyolog Wilhelm Kühne (1837-1900) ilk defa enzim terimini kullandı. Bu terim, söz konusu süreci betimlemek için Yunanca "maya içinde" kelimelerinden türetilmişti. Daha sonraları enzim sözcüğü canlı olmayan bileşikler (örneğin pepsin) için kullanılmış, canlılar tarafından üretilen kimyasal aktiviteler için de "ferment" sözcüğü kullanılmaya başlanmıştır.

1897'de Eduard Buchner, içinde canlı hücre bulunmayan maya özütünün (ekstresinin) şekeri fermente etme yeteneği olduğunu gösterdi. Sükroz şekerinin fermentasyonuna yol açan enzime "zimnaz" adını verdi. 1907'de "Biyokimya araştırmaları ve hücreless fermentasyonu keşfi için" adlı çalışmayla Nobel Kimya Ödülünü kazandı. Buchner'in örneği izlenerek enzim adları katalizledikleri tepkimelere göre adlandırılır. Tipik olarak substratın veya reaksiyon tipinin adının sonuna "-az" eklenir. Örneğin laktaz, laktozu parçalayan enzimdir; DNA polimeraz, DNA polimerleri oluşturan enzimdir.

Enzimlerin hücre dışında çalıştığının gösterilmesinin ardından gelen aşama bunların biyokimyasal niteliğinin anlaşılmasıydı. İlk araştırmacılar çoğu enzim etkinliğinin proteinlerle ilişkili olduğunu kaydetmiş ama bazı bilimciler (örneğin Nobel ödüllü Richard Willstätter) proteinlerin sadece gerçek enzimlerin birer taşıyıcısı olduğunu ve proteinlerin kendi başlarına kataliz yapmaktan aciz olduklarını iddia etmiştir ancak 1926'da James B. Sumner, üreaz enziminin saf bir protein olduğunu gösterdi ve onu kristalleştirdi; 1937'de Sumner aynı işi katalaz enzimi için yaptı. Saf proteinlerin enzim oldukları kesin olarak Northrop ve Stanley tarafından bunların sindirim enzimleri tripsin ve kimotripsin üzerinde yaptıkları çalışma sonucunda gösterildi. Bu üç bilimci 1946 Nobel Kimya Ödülünü kazandılar.

Enzimlerin kristalleştirilebildiğinin gösterilmesi, onların yapılarını X-ışını kristalografisi ile çözülmesini mümkün kıldı. Bu ilk defa David Chilton Phillips önderliğinde bir grup tarafından lizozim (Lizozim gözyaşında, tükürükte ve yumurta beyazında bulunan ve bakterilerin hücre duvarını sindiren bir enzimdir.) için başarılı ve 1965'te yayımlandı. Lizozimin yüksek çözünümlü yapısı, yapısal biyoloji sahasının ve enzimlerin nasıl çalıştığının atomik düzeyde anlaşılmasının başlangıcı olmuştur.

Enzimler canlı hücreler tarafından genetik kontrol altında hücre içinde sentez edilen organik katalizörlerdir. Kataliz terimi, Yunancada 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, genellikle renksizdir ve suda çözünür.

Besin öğeleri vücutta enzimlerin yardımıyla kullanılır ve biyokimyasal 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. Sindirimin, solunumun, büyümenin, kas kasılmasının, fotosentez vb. daha birçok fiziksel ve kimyasal olayların oluşumunda enzimler rol oynar.

Gıdalarda etkili olan enzimler ya o gıdanın doğal olarak kendi yapısında bulunur ya da ortamdaki mikroorganizmalar tarafından sentezlenir.

1.1. Enzimlerin Yapısı ve Özellikleri

Enzimler, protein ve yardımcı kısım olmak üzere iki temel bölümden oluşur. Enzimlerin protein yapısında olan kısmına “**Apoenzim**” denir. Proteinlerin yardımcı kısımlarına ise **Koenzim** veya **Kofaktör** denir.

Enzimlerin **Apoenzim** (protein yapısında olan bölümü) kısmı enzimin özgülüğünü (spesifikliğini) yani sadece özel bir reaksiyonu katalize etme ve başka bir reaksiyonda görev yapma özelliğini sağlar. Protein yapısındadır. Isı ile kolayca “denatüre” (proteinin doğal özelliğinin kaybolması) olur.

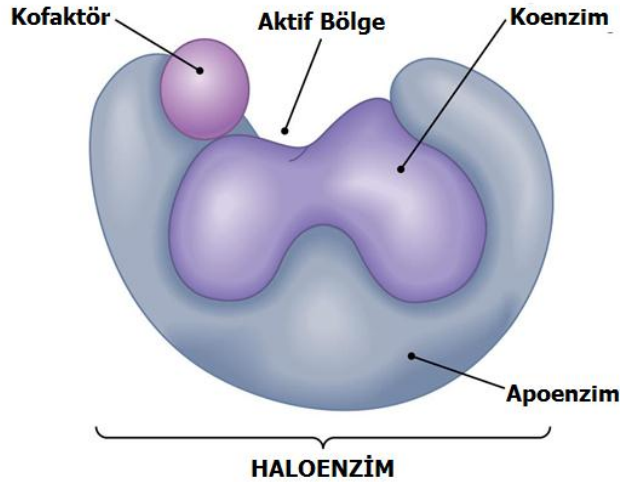
Koenzimleri vitaminler ve metalorganikler (bir metal atomuna, bir ya da daha çok organik köklerin bağlı bulunduğu bileşikler) oluşturur.

Kofaktör olarak adlandırılan yardımcı grubu ise Fe, Mg, Mn veya Zn vb. metaller oluşturur.

Bazı enzimlerde yardımcı kısım bulunmaz, bu enzimler yalnızca proteinden oluşmuştur.

Koenzim ve kofaktör enzimin yardımcı ve etkin biçimidir. Tek başlarına etkili değildir. Etkinlik gösterebilmesi için apoenzime ihtiyaç duyar. Eğer bir koenzim apoenzime kolay ayrılmayacak bir şekilde sıkıca bağlı ise o zaman koenzime “prostatik grup” adı verilir.

Apoenzim ile koenzimin birlikte oluşturduğu gruba tam enzim anlamına gelen **haloenzim** (aktif enzim) denir.



Şekil 1.1: Aktif bir enzimin yapısı

- Enzimler aktif ya da inaktif (pasif = etkisiz) durumda olmalarına göre adlandırılır.
- Enzim inaktif durumda ise substratının sonuna “-jen” getirilerek adlandırılır. Örneğin; sindirim enzimlerinden pepsinojen, kimotripsinojen vb.
- Enzim aktif durumda ise etki ettikleri maddenin sonuna “-ase = -az” getirilerek adlandırılır. Örneğin; maltoza etki eden maltaz enzimi, üreye etki eden üreaz enzimi, lipidlere etki eden lipazlar, proteinlere etki eden proteinazlar vb.

- Aktif durumdaki enzimler etki ettiği reaksiyon çeşidine göre de adlandırılır. Örneğin; dekorboksilasyon (organik asitlerden karboksil grubunun ayrıldığı reaksiyon) reaksiyonunu katalizleyen dekorboksilaz, oksidasyon (oksijenin etkisiyle bileşiklerin parçalandığı reaksiyon) reaksiyonunu katalizleyen oksidaz vb.
- Enzimler etkili olduğu substratın sonuna “-litik” getirilerek de isimlendirilir. Örneğin; proteinleri parçalayan enzimlere “proteazlar” denilebildiği gibi “proteolitik enzimler” de denilebilir.

1.2. Enzimlerin 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:
 - 1. Numara, sınıfını
 - 2. Numara, alt sınıfını
 - 3. Numara, grubunu
 - 4. Numara da kendine özgü sıra numarasını verir.

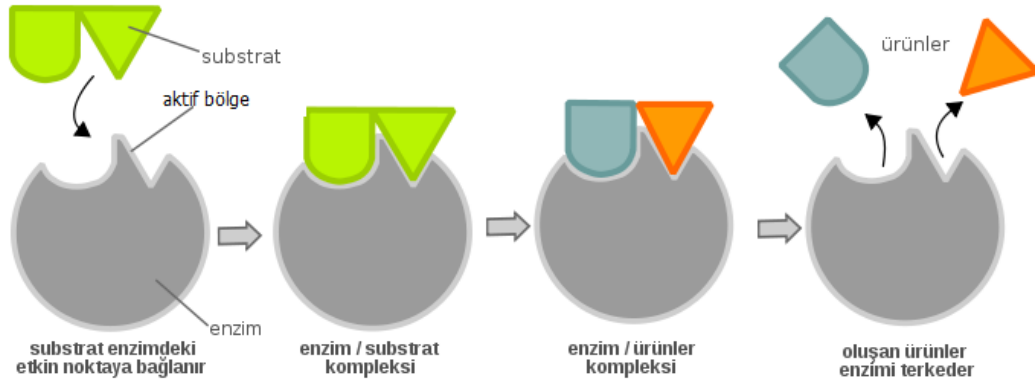
Bu sınıflandırmaya göre enzimler aşağıdaki gruplara ayrılır:

- **Oksidoredüktazlar:** Oksidasyon-redüksiyon yani yükseltgenme indirgenme reaksiyonlarını katalize eden enzimlerdir. İki gruba ayrılırlar. Oksitlenme reaksiyonlarında ya moleküle oksijen eklenir ya da molekülden hidrojen ayrılır. Böylece + (artı) değer artmasıyla bileşik yükseltgenir. Redüklenme ise bunların tersidir. Oksidasyon-redüksiyon tepkimelerini düzenleyen enzimler şunlardır:
 - **Dehidrogenaz:** Hidrojen taşıyan ve aktaran enzimlerdir.
 - **Oksidazlar:** Elektron kaybeden ve aktaran enzimlerdir.
- **Transferazlar:** Hidrojen dışında bir atom veya atom grubunu bir molekülden diğerine aktarır. Örnek: transaminaz (Amino asitlerdeki amin grubunu aktarır.), fosforilaz (Fosfat grubunu aktarır.) vb.
- **Hidrolazlar:** Kimyasal tepkimede büyük moleküllerin yıkılması için kimyasal bağa su ekleyerek veya başka bir grubu suya çevirerek kolay kullanılabilir hâle getiren enzimdir. Örnek: proteazlar, karbonhidrazlar, lipazlar vb.
- **Liyazlar:** $C-O$, $C-C$, $C-N$ gibi bağların hidroliz veya oksidasyondan farklı bir yolla kırılmasını katalizleyen enzimdir. Bu bağların kırılması anında ya substrattan bir grup ayrılmakta ya da substrattaki bir çift bağa bir grup eklenmektedir. Örneğin; fumaraz malik asitten suyun ayrılmasını ve fumarat oluşumunu katalizlemektedir.

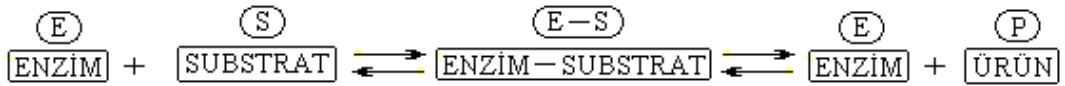
- **İzomerazlar:** Molekül içinde değişiklik yaparak onun uzayda dizilişini değiştiren enzimdir. Örnek olarak rasemazlar, trans izomerazlar verilebilir.
- **Ligazlar (Sentetazlar):** Enerji kullanarak substrat moleküllerinin birbirine kovalent bağla bağlanmasını sağlayan enzimdir. Örneğin; aminoasitlerin veya yağ asitlerinin aktifleşmesi vb.

1.3. Enzim-Substrat İlişkisi

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

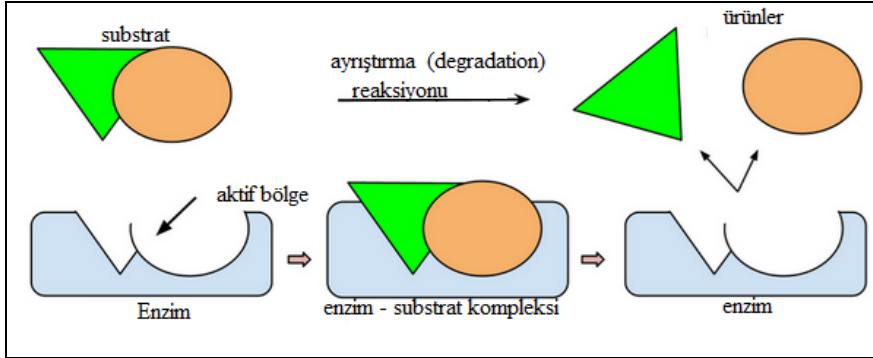


Şekil 1.2: Enzim-substrat ilişkisi

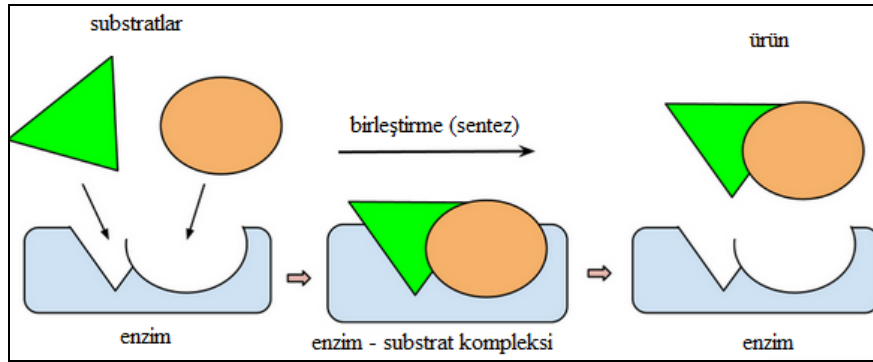


Şekil 1.3: Enzim-substrat ilişkisinin şematik gösterimi

- Enzimler genellikle çift yönlü çalışır yani geri dönüşümlüdür. Enzim tepkimeleri çift yönlü olup moleküllerin parçalanmasını veya birleşmesini sağlar. Örneğin; lipaz enzimi yağı parçalayarak yağı oluşturan gliserol ve yağ asidine parçalayabildiği gibi vücudun ihtiyacına göre tam tersini de yapabilir yani gliserol ve yağ asidini birleştirerek yağa da dönüştürebilir.

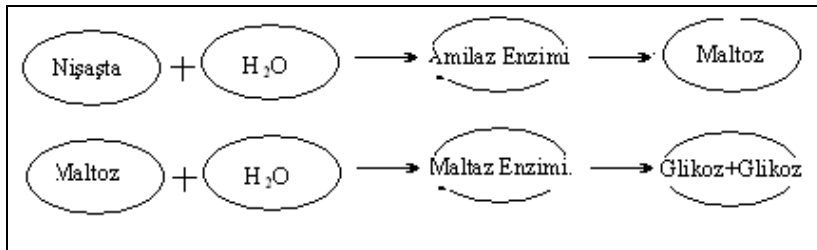


Şekil 1.4: Enzimlerin çift yönlü çalışmasında substratın kendisini oluşturan bileşenlere parçalanma reaksiyonu



Şekil 1.5: Enzimlerin çift yönlü çalışmasında, enzimin iki substratı birleştirerek yeni bir ürün sentezlemesi reaksiyonu

- Enzimler, 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.
- Enzimler takım hâlinde çalışır. Bir enzimin etki ettiği tepkimenin ürünü, başka bir enzimin substratını yapar. Örneğin; amilaz enzimi nişastayı maltoza parçalar, oluşan maltoz maltaz enziminin substratıdır.



Şekil 1.6: Enzimlerin takım hâlinde 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 ederler yani daha az özgüldür. Örneğin; heksokinaz enzimi hem glikoza hem de mannoza etki ederek ürüne dönüştürür.

1.4. Enzim Reaksiyonları ve Önemi

Enzimlerin katalizlediği reaksiyonlar genelde yıkım, yapım veya biyokimyasal dönüşümlerini içeren olaylardır.

- Enzim belli bir substrat veya substrat grubu üzerinde etkili olup belli bir reaksiyonu katalizler. Difüzyon, ozmos ve fotosentezdeki ışıklı devre reaksiyonları gibi birkaç reaksiyon dışında bütün reaksiyonlar enzimler sayesinde gerçekleştirilir.
- Enzimler reaksiyonları başlatmaz ancak başlamış reaksiyonu hızlandırır. Hücrede birkaç saniyede meydana gelen reaksiyonların, enzimsiz olarak gerçekleşmesi beklenirse yıllarca sürebilir.
- Reaksiyonları başlatan aktivasyon enerjisidir. Canlı hücrelerin en önemli aktivasyon enerjisi ATP ve sıcaklıktır. Canlıların vücut ısısı yeterli ise ATP harcanmaz ancak ortam ısısının yetmediği reaksiyonlarda ATP aktivasyonu gerçekleştirir. Her reaksiyonun başlayabildiği bir enerji seviyesi ve sıcaklık vardır. Enzimlerin varlığında reaksiyonlar daha düşük enerji seviyelerinde gerçekleşmektedir. Aynı reaksiyon bütün canlıların hücrelerinde saniyenin daha küçük biriminde gerçekleşmektedir. Canlıların vücut ısısı ise 40 dereceden daha fazla değildir. Cansız ortamda ancak 200-300 derecede gerçekleşebilen bir reaksiyonun hücrede en fazla 40 derecede gerçekleşmesini sağlayan faktör enzimlerdir.
- **Enzimlerin karbohidratlara etkisi:** İnsan beslenmesinde ve gıda sektöründe önemli görevleri olan karbohidratların, proteinlerin ve lipidlerin vücutta ve gıda sektöründe kullanılabilir hâle getirilmesi için bir seri enzim reaksiyonları gerekmektedir.
 - Bir disakkarit olan laktozun (süt şekeri) vücutta sindirimi için laktaz enzimine gereksinimi vardır ki sindirim sırasında bağırsaklarda kendini oluşturan glikoz ve galaktoz monosakkaritlerine ayrışarak emilip kana karışabilsin.
 - Gıda sanayinde kullanılan invert şeker de bir disakkarit olan sakkarozun (çay şekeri) enzimatik yolla kendini oluşturan glikoz ve früktoz monosakkaritlerine parçalanması yoluyla oluşur. Invert şeker oluşumuna inversiyon denir.
- **Enzimlerin proteinlere etkisi:** Proteinler asit, baz veya su gibi ortamlarda bulununca bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini kaybederek denatüre olur. Bu durumda peptid bağları proteolitik enzimlerden daha kolay etkilenir hâle gelir. Enzimin protein yapısında olan apoenzim kısmı asit, baz veya su gibi ortamlarda denatüre olacağından enzimin aktivitesi azalır ya da yavaşlar. Enzimlerin denatürasyonu gıda endüstrisinde çeşitli ürünlerin eldesinde kullanılır. Örneğin süt tozu gibi ürünlerin yapımında sütlerde albümin, globülin denatürasyonu istenir.

- **Enzimlerin lipitlere etkisi:** Lipit hidrolizi de lipaz enzimi tarafından katalize edilmektedir. Lipaz enzimi yağlı tohum, tahıl, süt, meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunmaktadır. Çok düşük sıcaklıklarda bile aktif kalabilmektedir. Bu nedenle donmuş gıdada lipaz enzimi kalite kaybına neden olur. Lipaz tarafından katalize edilen tepkimenin hızı gliserit tipine ve gliseritteki yağ asidine bağlı olarak değişebilmektedir. Hidroliz hızı küçük moleküllü yağ asitlerinde daha hızlıdır. Lipit hidrolizi ile yağın tadı ve kokusu olumsuz yönde etkilenmektedir.

1.5. Gıdaların Yapısında Bulunan Önemli Enzimler

İnsanlar genel olarak bitkisel ve hayvansal kaynaklı gıdaları tüketir. Bitkisel ve hayvansal gıda hammaddelerinin yapısında doğal olarak çeşitli enzimler bulunmaktadır.

Doğal enzimler gıdaların kalite özellikleri olan yapı, renk, tat, koku, aroma ve beslenme değeri üzerine istenen ve istenmeyen yönde bazı değişimlere neden olabilmektedir.

- Doğal enzimler bazı gıdalarda kalitenin oluşması ve gelişimi için gereklidir. Bu gibi durumlarda gıdada ki doğal enzim varlığı istenen bir özellik hâline geçer.
 - Meyvelerin olgunlaşması ve yumuşaması gibi olaylar bu gıdaların yapısında doğal olarak bulunan bazı enzimler tarafından gerçekleştirilir.
 - Taze sıkılmış üzüm suyu, yapısındaki pektin nedeniyle genellikle bulanıktır ve süzülmesi güçtür. Bu nedenle pektin, pektik enzimlerle hidrolize edilir ve berrak meyve suyu elde edilir.
 - Patateste bulunan amilaz enzimleri, yumrunun istenilen tadı, kokuyu kazanmasını ve olgunlaşmasını sağlar.
 - Kasaplık hayvan etleri kesimden sonraki dönemde yapısındaki doğal proteazlar sayesinde rigor motris (ölüm sertliği) olayını atlatarak tekrar yumuşak ve gevşek hâle geçer.
 - Lipoksigenaz, buğday ve soya fasulyesi unlarında renk ağarmasından sorumludur. Bu enzimin bir başka yararlı etkisi de ekmek hamurunun hazırlanması sırasında disülfid bağları ve gluten oluşumunu sağlayarak ekmek kalitesini olumlu yönde etkilemesidir.
- Gıdalardaki doğal enzimlerin birçoğu, gıdanın yapı, tat, aroma, koku ve renginde istenmeyen değişikliklere yol açar, besleme değerini düşürür. Bu olumsuzluklara yukarıda açıklanan yağların acılaşması (ransidite) ve meyve-sebzelerin enzimatik esmerleşmesi örnek olarak verilebilir.
 - Meyve ve sebzelerde bozulmalara neden olan diğer doğal enzimler ise lipoksidaz, klorofilaz ve askorbik asit oksidazdır. Polifenol oksidazlar da dâhil olmak üzere bütün bu bozulma etkeni doğal enzimler sıcaklığa çok duyarlıdır. Bu enzimler sebzelere uygulanan haşlama işlemi ile kolayca inaktif (etkisiz) hâle getirilebilmektedir.



- Bazı taze sebze ve meyvelerdeki yeşil rengin ileri olgunluk döneminde kırmızıya, sarıya, portakal rengine ve siyaha dönüşmesi de doğal olarak bulunan klorofilaz enziminin aktivitesinden kaynaklanmaktadır. Klorofilaz, lipoksigenaz ve polifenol oksidazlar meyve ve sebzelerdeki pigmentleri etkileyen ve istenmeyen renk değişimlerine neden olan üç temel enzim grubudur.
 - Etin istenilen kırmızı rengini oksimiyoglobin verir ancak Fe^{+2} içeren oksimiyoglobin, Fe^{+2} içeren metmiyoglobine okside olması et renginin istenmeyen gri-kahverengiye dönüşmesine neden olur. Bu olay ette doğal olarak bulunan oksidasyon / redüksiyon enzimleri tarafından oksijen varlığında gerçekleşir.
 - Sistin liyaz karnabahar ve brokolide tat ve aroma bozulmasından birinci derecede sorumlu doğal bir enzimdir.
 - Ananastaki proteolitik enzim olan bromelin, jelatinin bileşimine eklendiğinde jelatin jelleşme özelliğini yitirmektedir.
 - Lipoksigenaz enzimi bazı gıdalarda enzimatik bozulmalara neden olabilmektedir. Bu enzim klorofil ve karotenleri parçalar, gıdalarda çoğunlukla samanimsi tat ve aroma değişimine neden olur. Vitamin ve proteinler gibi besin öğelerinde oksidatif bozulmalara yol açar ve elzem yağ asitleri olan lineoleik, linolenik ve araşidonik asidi oksidasyona uğratar.
 - Undaki alfa-amilaz, beta-amilaz ve proteazlar ekmek kalitesini belirler. Bu enzimler, buğday çeşidine ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak unda farklı miktarlarda bulunur. Bu durum da ekmek 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 (Süne zararlısı tükürük bezlerindeki proteazları direkt olarak aktarmaktadır.). Proteazlar da hamurun yumuşamasına, cıvık ve gaz tutma kapasitesinin düşmesine neden olur. Kaliteli ekmek yapmak için una, eksikliği duyulan enzimlerin hazır ticari preparatlar hâlinde eklenmesi zorunludur.
 - Enzimatik bozulmalarını önlemek için kurutma, dondurma, soğukta muhafaza, sterilizasyon, pastörizasyon, haşlama, inhibitör (engelleme) madde ekleme gibi gıda muhafaza yöntemleri kullanılır.
- Enzimlerden gıdalardaki mikrobiyal gelişimin kontrolü endüstriyel artık ve atıkların değerlendirilmesi amacıyla da yararlanılmaktadır. Böylece çevre kirliliği belli ölçülerde de olsa engellenip endüstriyel önemi olan bazı maddeler için kaynak yaratılabilmektedir.
 - Enzimler bazı hastalıkların teşhisinde ve tedavisinde de kullanılmaktadır. Örneğin; karaciğer hastalıklarında veya genetik bozukluklarda bazı enzim miktarları sınırlar dışına çıkar.

UYGULAMA FAALİYETİ

Patatesteki enzim aktivitesini kontrol altına alabilmek için aşağıdaki işlem basamaklarını uygulayınız.

Araç gereçler:

- Patates
- Bir miktar askorbik asit veya limon suyu
- Beher
- Su banyosu veya ısıtıcı tabla
- Cam baget

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Bir patatesi alarak dörde bölünüz.</p> 	<ul style="list-style-type: none">➤ Bilgi sayfalarına çalışınız.➤ Patatesi yıkayınız.➤ Bıçağı kullanırken dikkatli olunuz.
<p>➤ Birinci parçayı içinde su bulunan behere koyunuz.</p> 	<ul style="list-style-type: none">➤ Beherin temiz olmasına dikkat ediniz.➤ Su miktarının patatesin üzerine kadar çıkmasına dikkat ediniz.
<p>➤ İkinci parçayı ısı ile muamele ediniz.</p>	<ul style="list-style-type: none">➤ Isıtma işlemi için ısıtıcı tabla, bek ya da su banyosu kullanabilirsiniz.➤ Su banyosunu çalıştırmadan önce bağlantı kablolarını kontrol ediniz.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Su banyosunun sıcaklığını 70 – 80 °C’de ayarlayınız. Bu sıcaklıkta enzimlerin inhibe olduğunu hatırlayınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Üçüncü parçanın olduğu behere bir miktar askorbik asit (C vitamini) katınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Katı (toz hâlde) askorbik asit bulunmadığı durumlarda suya yarım limon suyu sıkınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dördüncü parçayı oksijensiz ortamda bekletiniz. Bunun için streç veya alüminyum folyolardan faydalanınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Piyasada vakum yapan küçük kaplar ve poşetler bulunmaktadır, yararlanabilirsiniz. ➤ Behere kapattığınız alüminyum veya streç folyonun hava almamasına dikkat ediniz.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Her dört olayı gözlemleyerek tahtaya veya defterinize yazınız. 	 <ul style="list-style-type: none"> ➤ Oluşan değişiklikleri nedenleriyle birlikte bir deftere kaydediniz. ➤ Enzimlerin çalışma şartlarını hatırlayarak sonuçlarla ilgili yorum yapınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Kimyasal reaksiyonları hızlandıran biyolojik katalizörler aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Hormon
 - B) Vitamin
 - C) Enzim
 - D) Koenzim
 - E) Hiçbiri
2. Enzimlerin protein kısmı aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Apoenzim
 - B) Koenzim
 - C) Holoenzim
 - D) Kofaktör
 - E) Substrat
3. Enzimlerin etki ettiği maddeler aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Haloenzim
 - B) Substrat
 - C) Oksidazlar
 - D) Koenzim
 - E) Hiçbiri
4. Bileşikler bağların arasına su sokarak parçalayan enzimler aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Oksidoredüktazlar
 - B) Oksidazlar
 - C) Lipazlar
 - D) Hidrolazlar
 - E) Liyazlar
5. Bir enzimin aktiflik durumunu sonuna gelen ek aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) -jen
 - B) -oz
 - C) -üre
 - D) -az
 - E) -kal\ -mal
6. Ekmek kalitesinde etkili un enzimi aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) İzomerazlar
 - B) Lipoksigenazlar
 - C) İnvertazlar
 - D) Pektinazlar
 - E) Amilazlar

7. Bazı bakteriler salgıladıkları “ürez” enzimini dış ortama bırakarak ortamdaki üreyi NH_3 ve CO_2 'e parçalar. Bu olayda bir ürez enzimi her saniyede 10.000 üre molekülünü parçalayabilir. Bu kadar molekülün enzimsiz olarak parçalanması istenseydi yıllarca beklemek veya ortamı aşırı ısıtmak gerekirdi. Yukarıdaki anlatımda enzimlerin;

I-Reaksiyonu aktiveleştirme enerjisini düşürme,

II-Reaksiyonu hızlandırma,

III-Kendi substratına özgü olma özelliklerinden hangisi ya da hangileri vurgulanmıştır?

- A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) I ve II
D) I ve III
E) II ve III
8. Aşağıdakilerden hangisi bütün enzimlerin ortak özelliklerinden biri değildir?
- A) Katalizör görevi yapmaları
B) Protein yapısında olmaları
C) pH=7'de maksimum çalışmaları
D) Yüksek sıcaklıkta bozunmaları
E) Tekrar tekrar kullanılmaları
9. Enzim miktarının sabit tutulduğu bir ortamda substrat yoğunluğu arttıkça aşağıdakilerden hangisi gerçekleşir?
- 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.
10. Enzim ve substrat ilişkisini karşılayan ifade aşağıdakilerden hangisidir?
- 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
11. Enzimin yardımcı ve etkin kısmı aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Koenzim
B) Apoenzim
C) Holoenzim
D) Aktivatörler
E) İnhibitörler

12. Bazı enzimlerin aktivitesini artırmak için kullanılan iyonlar veya küçük moleküllere verilen isim aşağıdakilerden hangisidir?
A) Yarışmalı inhibitör
B) Yarışmasız inhibitör
C) Sınırlı yarışmalı inhibitör
D) Aktivatör
E) Haloenzim
13. Proteinlerdeki peptit bağına hidrolize ederek proteinleri parçalayan enzimlerin yer aldığı grup aşağıdakilerden hangisidir?
A) İzomerazlar
B) Lipazlar
C) Amilazlar
D) Oksidoredüktazlar
E) Proteolitik enzimler

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

14. Enzim faaliyetinin azalmasına yol açan doğal veya kimyasal maddelere denir.

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

15. () Enzimler genellikle çift yönlü çalışırlar ve özgüdür.
16. () Apoenzim ile koenzimin birlikte oluşturduğu guruba haloenzim=aktif enzim denir.
17. () Proteazlar, karbohidrazlar ve lipazlar transferaz sınıfı enzimlerindendir
18. () Substratın ürüne dönüşmesi için gerekli enerjiye aktivasyon enerjisi denir.
19. () Gıdaların yapısında bulunan doğal enzimler o gıdanın renk, tat, koku, aroma ve beslenme değerini her zaman olumlu yönde etkiler.
20. () Proteolitik enzimler, proteinlerin peptit bağına etki ederek hidrolize eder.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

ÖĞRENME KAZANIMI

Bu öğrenme faaliyetinde verilen bilgiler doğrultusunda tekniğine uygun olarak gıdalardaki enzim faaliyetlerini kontrol altına alabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Enzim kullanarak yapılan gıda ürünlerini araştırınız.
- Enzimlerin hangi yöntemlerle inaktif edildiğini araştırınız.

2. GIDA SANAYİNDE KULLANILAN ENZİMLER VE İŞLEVLERİ

Gıda sektöründe birçok gıdanın üretiminde enzimlerden yararlanılmaktadır. Gıda sektöründe kullanılan enzimler üretim proseslerinde, enzim preparatlarının işlenen gıdaya, direkt katılması suretiyle gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla çoğu kez bitkisel ve hayvansal kaynaklardan veya mikroorganizmalardan belli tekniklerle elde edilen enzimler kullanılmaktadır. Ticari enzim üretiminde daha çok mikroorganizmalardan yararlanılmaktadır. Ticari enzim preparatlarının en yoğun kullanıldığı gıda endüstrisi ana dalları peynir üretimi, ekmekçilik, bira ve şarap gibi fermente içki üretimi, et ürünleri, meyve suyu ve şeker şurupları üretim prosesleridir.

2.1. Gıda Sanayinde En Sık Karşılaşılan Enzimler

Gıda sanayinde farklı amaçlarla çok farklı enzim çeşitleri kullanılmaktadır. Gıda sanayinde en çok kullanılan enzimler ve kullanım amaçları aşağıda verilmiştir.

2.1.1. Karbohidrazlar

Bu enzimler polisakkaritleri hidrolize etmektedir. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan karbonhidrazlar aşağıda verilmiştir.

➤ Amilazlar

α -amilaz ve β -amilaz olarak iki sınıfa ayrılan amilazlar, nişastayı hidrolize eder. Nişastanın hidrolizi sonucu maltoz, dekstrin ve az miktarda glikoz oluşur. Amilazlar doğada bulunur. Ticari olarak elde edilmesi için en çok bakterilerden yararlanılır. 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 ekmekek katkı maddelerinde ticari bir α -amilaz veya malt zorunlu olarak kullanılmaktadır. α - ve β -amilazlar:

- Mayanın hamurdan etil alkol fermentasyonunu gerçekleştirmek için gereksinim duyduğu fermente edilebilir şekerlerin oluşmasını sağlar.
- Ekmekçilikte hamur kıvamını azaltır.
- Nişastanın tatlı şuruplara dönüştürülmesi asit veya enzim hidroliziyle ya da ikisinin birlikte uygulanmasıyla gerçekleşmektedir. Günümüzde bu amaçla daha çok enzim hidrolizinden yararlanılmaktadır.
- Biracılıkta sıcaklığa dirençli bakteriyel amilazlar kullanılmaktadır.

➤ **İnvertaz**

Karbohidraz enzimlerinden invertaz, sakkarozun hidrolizini sağlar; sakkaraz, sükröz vb. isimleri ile de bilinir. İvertaz enzimi gıda endüstrisinde genelde invert şeker eldesi amacıyla kullanılır. İvert şekerin iki önemli avantajı sakkarozdan 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-galaktosidaz)**

Bu enzim bir disakkarit olan laktozu monosakkaritleri olan galaktoz ve glikoza hidroliz etmektedir. Laktaz enzimine en yaygın olarak dondurmacılıkta kullanılmaktadır çünkü kumlu veya taneli ürün elde edilmesine neden olan laktozun kristalleşmesini engeller. Ayrıca peynir altı suyunun hayvan yemi olarak değerlendirilmesinde, ekmekekçilikte ve laktoz oranı düşürülmüş veya laktoz duyarlılığı (intoleransı) olan genetik hastalar için laktoz içermeyen süt ürünlerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır.

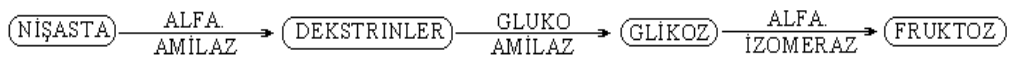
➤ **Pektik enzimler (Pektinazlar)**

Pektik maddeler bitkilerin hücre duvarı ve hücre içinde bulunan bir kompleks karbohidratlardır. Pektik enzimlerden bazıları: pektin metil esteraz (PME, pektaz), polimetilgalakturanazlar (PMG), poligalakturanazlar (PG), pektik asit liyazlar(PAL)dır.

Pektin ve benzeri pektik maddeler meyve ve sebze sularının eldesinde ürüne geçip bulanıklık verir. Pektik enzimler ise pektini hidrolize ederek bulanıklığı giderir.

➤ **İzomerazlar**

Glikoz izomeraz, glikozun fruktoza dönüşmesini sağlayan enzimdir. Glikoz şurupları bu enzimden yararlanılarak tatlılık derecesi daha yüksek olan fruktoz şuruplarına dönüştürülebilmektedir. Glikoz şurupları özellikle nişastadan elde edilmektedir.



Şekil 2.1: Nişastadan fruktoz şurubu eldesinde kullanılan enzimler

2.1.2. Proteolitik Enzimler (Proteazlar, Proteinazlar)

Bu enzimler proteinlerdeki peptit bağına hidrolize eder. Gıdaların yapısı, gıdada mevcut olan veya sonradan eklenen proteazların, proteinleri hidrolize etmesi sonucu değişmektedir.

- Rennin ve rennet sütü kuagüle ederek kazeinin çökmesini ve peynir oluşumunu sağlar.
- Proteazların gıdanın yapısını değiştirme özelliğinden ekmekçilikte ve et endüstrisinde de yararlanılmaktadır. Proteazlar buğday unundaki glütene hidrolize etmekte ve böylece hamurun yoğrulma özelliği iyileşmektedir. Bu da ekmek kalitesini artırmaktadır.
- Et endüstrisinde papain, fisin ve bromelin gibi bitkisel proteazlar ile fungal (mantar) proteazlarından et yumuşatma amacıyla yararlanılmaktadır. Bu proteolitik enzimler etteki elastin ve kollajeni (et proteinleri) kısmını hidrolizasyona uğratarak etin yumuşamasına neden olurlar.
- Proteazlardan biradaki protein ve tanenin bileşerek oluşturduğu biyolojik olmayan bulanıklığı engellemek için de yararlanılmaktadır. Bu tip uygulamalar ile buralar soğuğa karşı dirençli hâle gelir.
- Proteolitik enzimler, gıda endüstrisinde jelatin, pepton ve aspartam (tatlandırıcı) eldesi amacıyla da kullanılmaktadır.

2.1.3. Lipazlar

Lipazlar, yağları hidrolize eden enzimlerdir. Lipazların varlığı genellikle istenmeyen bir tat ve kokunun oluşmasına (ransid tat) sebep olur. Bunun yanı sıra lipazlara, bazı peynir çeşitlerinde ve tereyağlarında özel tat-koku geliştirmek amacıyla başvurulmaktadır.

➤ Yağlarda Lipolitik Ransidite

Yağlar bazı etkiler sonucu hidrolize olarak bozulur. Yağlarda ransidite; yağların ester bağlarının ısısal etmenler, kimyasal maddeler ve enzimler etkisi ile parçalanması sonucu acı tat ve istenmeyen koku, aroma ortaya çıkmasıdır. Bu yağlar bozulmuş olarak tanımlanır.

Ransidite, “Lipaz” enziminin etkisi ile ortaya çıkan 12 karbondan az kısa zincirli yağ asitlerinde görülür. Lipolize uğrayan süt yağındaki kısa zincirli yağ asitleri serbest hâle gelir. Triglisitleri nefis bir tat ve kokuda olan süt yağı asitlerinin %0,1 düzeyinde bile olsa serbest hâlleri hoş olmayan kötü bir tat ve kokuya sahiptir. Bu olumsuz aromaya “ransid-acılaştırılmış tat” denir.

Lipaz, yağı gliserol ve serbest yağ asitlerine parçalar. Lipaz enziminin etkisi ile yağların parçalanmasına “Lipolize olmak” denir. Süt yağında ve margarinlerde önemlidir. Süt ve süt ürünlerinde aşırı miktarda serbest yağ asidinin olması bu ürünlere bozuk (ransid) bir tat verir.

Süt lipazı ve süt yağı arasında yağ kürelerinin yüzeyi bozulmadığı sürece herhangi bir reaksiyon gerçekleşmez fakat yüzeyler tahrip olur olmaz lipaz enziminin substrat bulma şansı doğar ve serbest yağ asitleri açığa çıkar. Yağ asitleri ve bu enzimatik reaksiyonun diğer ürünleri, ürüne “ransit” bir tat verir. Bu nedenle lipaz enziminin ölçüsü kalite kriteri olarak değerlendirilir.

Lipit hidrolizini önlemek için ürüne ısı işlem uygulanarak lipaz enzimi inaktive edilmeli, depolama sıcaklığı ve deponun bağlı nemi düşürülmelidir.

2.1.4. Oksidoredüktazlar

➤ Glikoz oksidaz

Bu enzim küflerden elde edilmektedir. Glikoz oksidaz bazı gıdalarda çok az miktarda bulunan glikozu ya da oksijeni ortamdan uzaklaştırır.

- Yumurta tozunun elde edilmesinde, kurutma öncesinde kullanılan glikoz oksidaz yumurtada eser (çok az) miktarda bulunan glikozu uzaklaştırır. Böylece muhafaza sırasındaki enzimatik olmayan esmerleşme engellenmiş olur.
- Meyve suları, bira, şarap veya mayonez gibi gıdalarda ise glikoz oksidaz eser miktardaki oksijeni ortamdan uzaklaştırarak enzimatik esmerleşme ve oksidatif acılaşmaları engeller.

2.1.5. Lipoksigenaz

Lipoksigenazın gıdalar üzerinde istenen veya istenmeyen yönde değişiklik yaratan bazı etkileri vardır. Lipoksigenazlar, doymamış yağ asitlerinin oksitlenmesine sebep olur. Yapısında koenzim olarak demir bulunur. Demir atomu doymamış yağ asitlerine moleküler oksijenin katılmasını katalizler. Özellikle peynir sektöründe önemli bir enzimdir. Peynirlerde tat-koku geliştirme, olgunlaştırma süresinin azaltılması için kullanılır.

Enzim	Amaç
Amilaz	Fermantasyonu arttırmak, üretim randımanını arttırmak, bayatlamayı engellemek
Proteazlar	Hamur işlemenin ve reolojik özelliklerin geliştirilmesi
Glutamil Transferaz, Glutation Oksidaz Sisteinil Glisin Dipeptidaz	Hamurun elastikiyetinin, ekmek hacminin ve ekmek içi yapısının geliştirilmesi ve bayatlamının geciktirilmesi
Pentosanazlar	Çavdar ekmeği üretiminde hamur hazırlama süresini ve güç harcamasını azaltmak, rutubeti arttırmak
Sülfidril Oksidaz	S-S formasyonu ile zayıf hamurları kuvvetlendirmek

Tablo 2.1: Ekmekçilikte kullanılan enzimler

Enzim	Amaç
Kimozin	Süt koagülasyonu
Kimozin, Fungal Proteazlar	Cottage peynirleri ve kalıp peynirleri için
Proteazlar	Peynirlerde tat-koku geliştirme, olgunlaştırma süresinin azaltılması
Lipazlar	Peynirlerde tat-koku geliştirme, olgunlaştırma süresinin azaltılması
Sülfidril Oksidaz	Pişmiş tat-kokusunu uzaklaştırmak
B-Galaktosidaz	Laktozu uzaklaştırmak
Mikrobiyal Proteazlar	Soya sütünün koagülasyonu

Tablo 2.2: Süt ve süt ürünleri endüstrisinde kullanılan enzimler

Enzim	Amaç
Alfa ve Beta Amilaz	Malt dışı kaynaklı nişastanın maltoz ve dekstrinlere dönüştürülmesi ve mayalara fermente edilebilir karbohidratlar oluşması
Proteazlar	Proteinlerin amino asitlere hidrolizi ve mayaların kullanılabilmesi için azotlu maddelerin oluşması
Papain	Birada bulanıklığın engellenmesi
Amiloglukosidaz	Nişastanın tümüyle fermente ederek amilopektindeki 1-6 bağların hidroliz edilmesi (light bira)
B-Glukanazlar	Polisakkaritlerin hidrolizi ile viskoziteyi azaltmak ve filtrasyonu kolaylaştırmak
Asetolaktat Dekarboksiaz	Diasetil oluşumundan sakınarak fermantasyon süresinin kısaltılması

Tablo 2.3: Biracılıkta kullanılan enzimler

Enzim	İstenmeyen Madde	Enzim	İstenmeyen Madde
A-Galaktosidaz	Rafinoz	Katalaz	H ₂ O ₂
B-Galaktosidaz	Laktoz	Sülfidril Oksidaz	Okside Tat-Koku Maddeleri
Glukoz Oksidaz	Glukoz Ve O ₂	Siyadinaz	Siyanit
Fitaz	Fitik Asit	Pepsin	Bitter Peptitler
Tiyoglikozidaz	Tiyoglikositler	Kimotripsin	
Oksalat Oksidoz	O ₂	Karbsipeptidaz A	
Alkol Oksidaz		Narinjinaz	Narenciyelerdeki Bitter Bileşikler
Oksiraz		Proteazlar	Fenilalanin
A-Amilaz	Amilaz İnhibitörleri	Proteazlar	Proteaz İnhibitörleri

Tablo 2.4: Gıda hammaddelerindeki istenmeyen bileşiklerin enzimatik yolla uzaklaştırılması

2.2. Enzim Aktivitesi ve Enzim Aktivitesini Etkileyen Etmenler

Enzimlerin etkinliğini, dolayısıyla kimyasal tepkimelerin hızını arttıran veya azaltan pek çok faktör vardır. Bu faktörler şunlardır:

- Substrat konsantrasyonu
- Enzim konsantrasyonu
- pH
- Sıcaklık
- Su aktivitesi
- Reaksiyon süresi
- Reaksiyon ürünleri
- Enzim inhibitörleri ve aktiviteleleri
- Radyasyon
- Basınç
- Kaynama güçleri
- Işık gibi çeşitli fiziksel faktörler
- Hormonlar

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

2.2.1. Enzim Konsantrasyonu

Enzim konsantrasyonunun enzim hızına etkisi, diğer koşullar sabit tutulduğunda doğrusal bir ilişki gösterir.

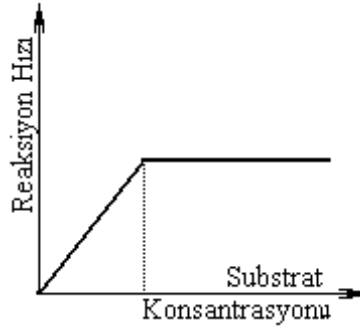
Enzim konsantrasyonu arttıkça enzim hızı da doğru orantılı olarak artar. Ortamdaki her enzim molekülü bağımsız çalıştığı için ne kadar enzim molekülü varsa o kadar çabuk gelişen bir reaksiyon söz konusudur.



Şekil 2.2: Enzim Konsantrasyonunun enzim aktivitesine etkisi

2.2.2. Substrat Konsantrasyonu

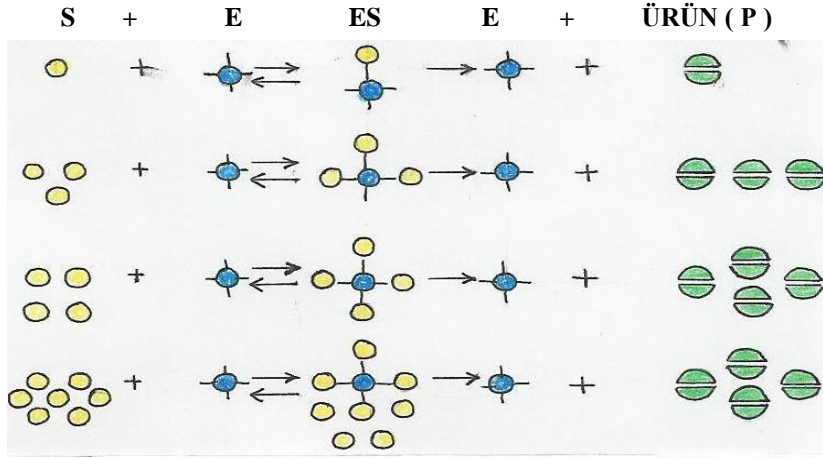
Enzim miktarının sabit tutulduğu bir ortamda substrat yoğunluğu arttıkça tepkimenin hızı da artar. Tepkime hızı en yüksek noktaya eriştikten sonra sabit kalır.



Şekil 2.3: Substrat konsantrasyonunun enzim hızına etkisi

- Enzim ile substrat, $E + S \longrightarrow E-S$ hâlinde iken enzim çalışır.
- Enzim görevini yapıp tekrar serbest iken ve birleşmek için substrat ararken çalışmaz.
- Eğer ortamda bol substrat varsa bu arama süreci ve belli bir substrat yoğunluğunda enzim sürekli çalışır bir duruma gelir.
- Optimum substrat düzeyinin üzerindeki substrat değerleri, enzim reaksiyon hızına artık katkıda bulunmaz.

Gıda zehirlenmesi sonucu hastalara yoğurt gibi substrat maddeler verilir çünkü zehirler vücudun metabolik enzimlerinin çalışmasını engeller. Verilen yoğurdun midede geniş yüzeye yayılması enzimlerin substrat yüzeyini artırır. Substratla enzim yeniden çalışmaya başlayarak zehirin inhibitör etkisinden kısmen kurtulur.

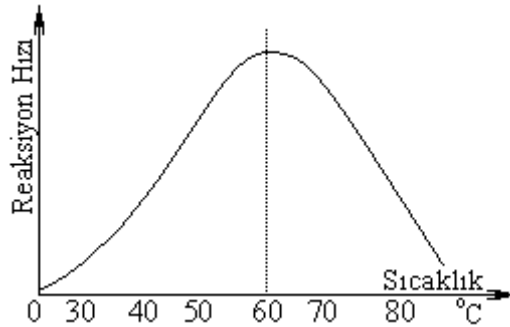


Şekil 2.4: Enzim-substrat konsantrasyonunun etkisi

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

2.2.3. Sıcaklık

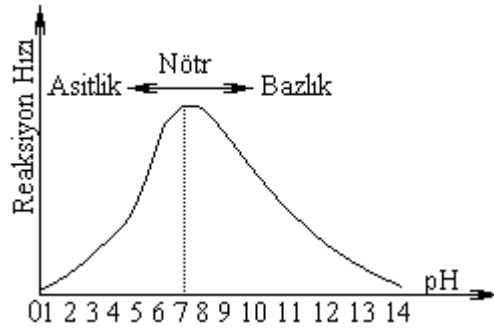
Sıcaklık, enzimlerin hem hızını hem de stabilitesini etkileyen önemli bir faktördür. Bütün diğer koşullar standardize edildiğinde reaksiyon ortamının sıcaklığı arttıkça reaksiyon hızı da belli bir noktaya kadar atmaktadır. Bu noktadan sonraki sıcaklık artışlarında enzim hızında ani düşüşler meydana gelmektedir.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



Şekil 2.5: Sıcaklığın enzim hızına etkisi

2.2.4. 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. Optimum pH'dan daha düşük ve yüksek pH derecelerinde enzim aktivitesi düşer.



Şekil 2.6: pH'nin enzim hızına etkisi

Şekilden de görülebileceği gibi birçok enzim nötr pH'da optimum aktivite gösterir. 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 fosfatazın pH'ı 10'dur. Şekil 2.5'te bazı enzimlerin optimum pH'ları verilmiştir. Bir enzimin çalıştığı optimum pH değeri değiştirilirse enzimin etkinliği azalır. Ayrıca kuvvetli asitler ve bazlar enzimlerin yapısını bozarak çalışmalarını engeller.

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

Tablo 2.5: Bazı enzimlerin optimum pH'ları

2.2.5. Su Aktivitesi

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

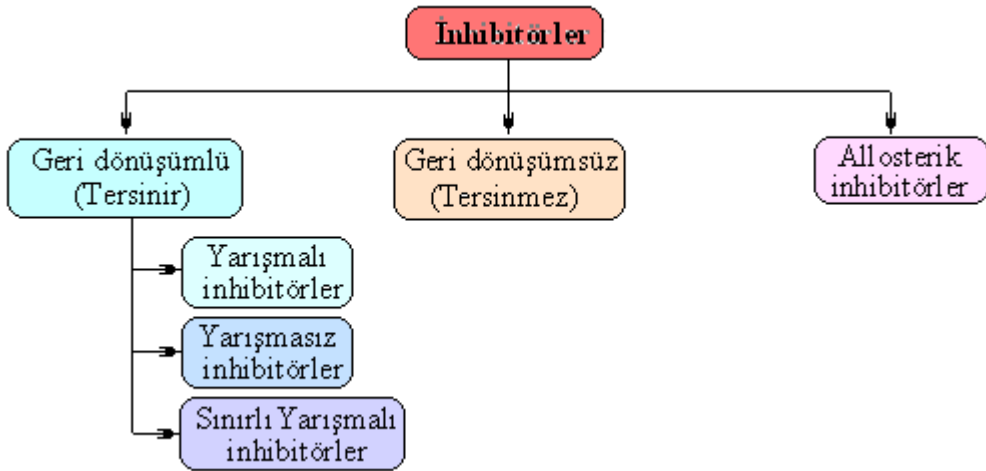
Enzimlerin büyük bir kısmı işlevlerini su içerisinde gösterdiğinden suyun miktarı da enzim aktivitesinde etken bir koşuldur. Genellikle %15'in altında su içeren ortamlarda enzimler çalışmazlar. Reçel ve pekmez yapımında bu faktör önemlidir. Sulandırılan reçelin, balın ya da pekmezin ekşimesi bu yüzdendir.

Kuru ortamda enzimler sıcaklığa daha fazla dayanır. Nem arttıkça enzimlerin sıcaklığa karşı duyarlılığı da artar.

2.2.6. 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 aşağıdaki üç başlıkta incelenir:

- Tersinir-geri dönüşümlü (reversible)
- Tersinmez-geri dönüşümsüz (irreversible)
- Allosterik inhibitörler



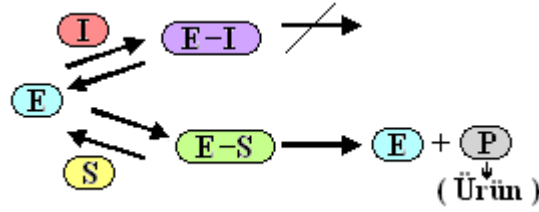
Şekil 2.7: İnhibitörlerin gruplandırılması

- **Tersinir-geri dönüşümlü (reversible) inhibitörler:**
 - **Yarışmalı (Competitive) inhibitörün** kimyasal yapısı ve şekli substratinkine çok benzer. Yarışmalı inhibitör enzimin aktif merkezi ile geri dönüşümlü olarak birleşir ancak oluşan Enzim-inhibitör (E-I) kompleksinden ürüne geçiş mümkün değildir. Ortamda yarışmalı inhibitör bulunduğunda:
 - Bu inhibitörle substrat arasında enzimle birleşme yönünde bir yarışma olur.
 - Ortamdaki enzim moleküllerinin bir kısmı substrat ile birleşir ve ürün oluşur.
 - Bir kısım enzim ise inhibitör ile birleştiğinden ürün elde edilemez.



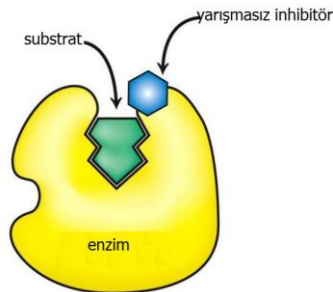
Şekil 2.8: Yarışmalı inhibitörün enzime bağlanma reaksiyonu

Bu tip inhibisyonu azaltmak için de ortamdaki substratın konsantrasyonunu artırılarak enzimle substratın birleşme şansını çoğaltılır.

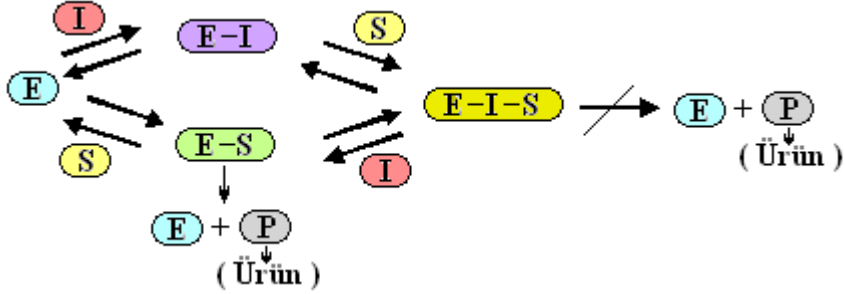


Şekil 2.9: Yarışmalı inhibitörün etkisi

- **Yarışmasız (Uncompetitive) inhibitörler** ise substrata hiç benzemez veya çok az benzer. Yarışmasız inhibitör enzime aktif merkez dışında bir bölge üzerinden bağlanır. Bu nedenle substrat ile inhibitör arasında enzimle kompleks oluşturma yönünde bir yarışma olmaz. Bu durumda:
 - Ortamdaki enzimlerin bir kısmı E-S ve E-I kompleksleri bir kısmı ise enzim E-I-S kompleksi oluşturur.
 - E-I-S kompleksinden ürün oluşmaz.
 - Enzim geri dönüşümlü olarak E-I-S kompleksinden ayrılarak tekrar serbest hâle geçebilir ve enzim substrat ile E-S kompleksi yaparak ürün oluşturabilir.

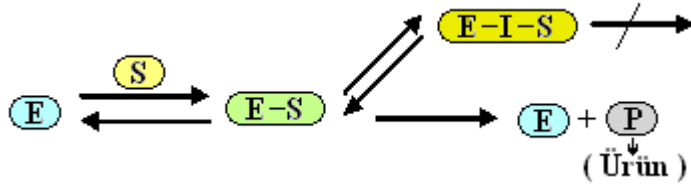


Şekil 2.10: Yarışmasız inhibitörün enzime bağlanma şekli



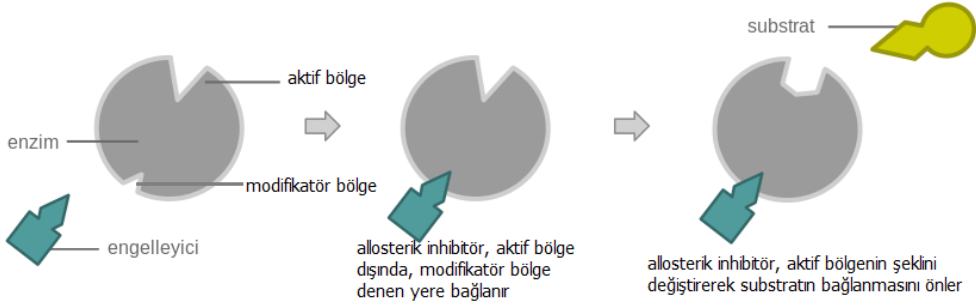
Şekil 2.11: Yarışmasız inhibitörün etkisi

- **Sınırlı yarışmalı inhibitörler**, direkt olarak enzime bağlanıp E-I kompleksi yapmaz. E-S kompleksine bağlanarak inhibisyona neden olur.



Şekil 2.12: Sınırlı yarışmalı inhibitörün etkisi

- **Geri dönüşümsüz inhibitörler**, enzime kovalent bağlarla geri dönüşümsüz olarak bağlanır. İnhibitör, enzime aktif merkez ya da başka bir bölgeden bağlanabilir. E-I kompleksinden tekrar serbest enzim ayrılmaz ve ürün oluşmaz. Ortamda ürün ancak serbest enzimle birleşebilen substrat üzerinden oluşur. Geri dönüşümsüz inhibitörlere “enzim zehirleri” de denir. Hg^{+2} , Ag^{+2} gibi ağır metal iyonlar, hidrojen peroksit vb. oksidan maddeler, hidroksil amin geri dönüşümsüz inhibitörlere örnek verilebilir.
- **Allosterik inhibitörler**, metabolik reaksiyonlarla ilgili son ürün veya başka bir molekül tarafından aktiviteleri kontrol edilen enzimlerdir. Birden çok alt birimden oluşur. Allosterik inhibitörler enzimlerin aktif merkez dışında modülatör=modifikatör denilen bölgesine bağlanır. Bu bağlanma sonucunda:
 - Enzimin aktif merkezinde şekilsel bir değişim meydana gelir ve substrat enzime birleşemez.
 - Sonuçta E-S kompleksi ve ürün oluşamaz.



Şekil 2.13: Allosterik inhibitörlerin çalışma mekanizması

2.2.7. Aktivatörler

“Aktivatör” enzim aktivitelerini arttıran iyon veya küçük moleküllerdir. Aktivatörlerin bir kısmı yalnızca substratla diğer bir kısmı ise enzimle birleşir.

Aktivatörler genellikle küçük metal iyonlarıdır. K^+ , Mg^{+2} , Zn^{+2} , Fe^{+2} , Ca^{+2} ve Co^{+2} , Cl^- , Br^- , F^- , I^- ve OH^- vb. aktivatördürler. Örneğin; Cl^- , α amilazın aktivitesini 2 kat arttırmaktadır. Mg^{+2} ve Mn^{+2} di ve trifosfatlar enzimin substratı ile birleşerek görev yapan aktivatörlerdir. Mg-ATP-2 (Magnezyum Adenozin Tri Fosfat) gibi.

2.2.8. Basınç

Normal gıda üretim işlemleri, enzimleri tek başına inaktive edecek derecede bir basınç yaratmamaktadır ancak yüksek sıcaklıklar ile uygulanan basınç enzimleri inaktive eder.

Gıda dokularının dağılmasına neden olmayan hidrostatik basınçlar gıdadaki enzimleri tam olarak inaktive etmez. Gıdaların basınçla muamelesi polipeptit yapısında birkaç alt birimden oluşmuş enzimler üzerinde daha etkilidir. Daha yüksek basınçta bu alt birimler dağılarak enzim aktivite olur.

2.3. Gıda Kontrolünde Enzimlerin Önemi ve Kullanımı

Gıda endüstrisinde enzim aktivitesi bazen istenen hatta özellikle oluşturulan bir durum bazen de istenmeyen bir durumdur.

Esas yapısı protein olan enzimler, diğer protein grupları gibi amino asit zincirlerinden oluşmakta ve tüm canlı hücrelerde (insan, hayvan, bitki, mikroorganizma) bulunmaktadır. Bu nedenle değişik kaynaklardan elde edilen enzimler unlu mamullerin imalatında, alkol üretiminde, meyve suyu, şarap, süt ürünleri ve nişasta gibi gıda sektöründe yıllardır kullanılmaktadır. Enzimlerin gıda sanayinde proseslerin yardımcı maddesi olarak kullanılmaları gün geçtikçe yaygınlaşmakta ve gıda sektörünün hemen her kolunda uygulama alanı bulmaktadır. Bütün bu uygulama alanlarında önemli olan enzimin çalışmayı sevdiği uygun sıcaklık, pH, vb. ortamları oluşturmaktır.

2.3.1.Enzimatik Kararma (Esmerleşme = Browning)

Gıda sektöründe bazı enzimler istenmeyen etkiler yaratabilmektedir. Bunların içerisinde en çok sorun yaratan enzimatik kararma (esmerleşme = browning) reaksiyonudur.

Gıdalarda renk kararmasının (esmerleşme = browning) birkaç sebebi olabilir; bu sebeplerin en önemlilerinden biri karamelizasyon ve maillard'dır. Karamelizasyon, karbohidratların; maillard ise protein ve karbohidratların ısı ile etkileşimi sonucu oluşan esmerleşme reaksiyonudur. Dolayısıyla bu iki kararma (esmerleşme) reaksiyonu da enzimlerle ilgili olmayan reaksiyonlardır.

Enzimatik esmerleşme kahverengi pigment oluşumu ile sonuçlanan ve polifenol oksidaz enzimi tarafından meyve ve sebzelerde meydana gelen bir kimyasal işlemdir. Polifenol oksidaz enzimi kısaca "PPO" olarak ifade edilir.

Meyve ve sebzelerde, çarpma, kesme, kabuk soyma, dilimleme vb. gibi mekanik zedelenmelerle bazı renk değişimleri ortaya çıkmaktadır. Pembeden, mavimsi – siyaha kadar olan farklı tonlardaki bu renk değişimlerine "esmerleşme" denir. Örneğin; parçalanmış elmaların esmerleşmesi, hücre özsuundaki fenolik maddelerin hava oksijeninin etkisiyle okside olmasının sonucudur. Bu oksidasyon Polifenol Oksidaz enzimi tarafından gerçekleştirilmektedir.

Polifenol enzimlerinin yapısında bakır bulunur. Bakır polifenol enzimlerinin koenzim kısmını oluşturur.

Polifenol oksidaz (PPO) doğada yaygın olarak bulunan bir enzimdir. Sebze ve meyvelerde bulunmasının yanı sıra hayvan, insan ve mikroorganizmaların yapısında da bulunur.

Enzimatik esmerleşme meyvelerde (kayısılar, armutlar, muzlar, üzüm), sebzeler (patatesler, mantarlar, kıvırcık salata) ve ayrıca deniz ürünlerinde (karides, dikenli istakoz ve yengeçler) görülebilir.

2.3.2. Polifenol Oksidaz Enzimi

Polifenol Oksidaz enzimi, bitkilerin mikrobiyal ve viral (virüslerden kaynaklanan) enfeksiyonlara karşı direncini arttıran aynı zamanda da olumsuz iklim koşullarında bitkileri koruma görevi olan maddedir.

PPO enzimi, oksijen aktarma enzimidir. Bitkilerdeki substratı ise bitkilerin stoplazmasında bulunan fenolik bileşiklerdir. Bir elmayı kestiğinizde bir süre sonra kesit yüzeylerin karardığını görürsünüz. Bu kararmanın sorumlusu polifenol oksidaz enzimidir. Bu enzim yani PPO, havanın oksijenini alıp elmada bulunan "tanin" adlı kimyasalla birleştirerek melanin adı verilen esmer renkli pigmentlerin oluşumunu başlatır.

Elmayı kestiginiz veya kabuğunu soyduğunuz zaman kesilme yüzeyindeki hücreler de bölünür, açılır. Buradaki PPO'lar havanın oksijeni ile birleşerek aynen demirin pas yapması gibi bir renk değişimi olayı yaratır. Yere düşen elmaların yüzeyinde oluşan kahverengi noktaların nedeni de aynıdır. Bileşiminde okside olabilecek enzim bulunmayan turunçgillerde, yani portakal, limon ve mandalınada, esmerleşme görülmez.

Meyve ve sebzeler soyulduğunda, ezildiğinde, çürüdüğünde, kesildiğinde, bitki yaşlandığında veya bitki olgunlaştığında, bitki dokusunun içerdiği enzimler kloroplastlardan stoplazmaya geçiş yapar ve serbest hâle geçerek bitki dokusunun içerdiği enzimler açığa çıkar. Havadaki oksijen varlığında polifenol oksidaz enzimi, bitkideki fenolik bileşiklerin (elma kabuğundaki renkler gibi), melanin olarak bilinen kahverengi pigmentlere biyokimyasal dönüşümünde bir basamağı katalize eder. Bu reaksiyon PPO enzimi tarafından katalizlendiğinden enzimatik kahverengileşme olarak adlandırılır.

PFO enziminin gıdalardaki substratı fenolik bileşiklerdir. Sağlıklı meyve ve sebze dokularında PFO enzimlerinin substratları olan fenolik bileşiklerle teması yok denecek kadar azdır. Bunun başlıca nedeni enzim ve substratlarının bitkisel hücrenin farklı kısımlarında yer almalarıdır. Nitekim PFO enzimlerinin bir kısmı sitoplazmada serbest hâde bulunurken büyük bir kısmı hücrenin kloroplast gibi yapılarında hücre zarına bağlı olarak bulunmaktadır. Hasat, taşıma ve işleme sırasındaki etkiler veya uygulanan çeşitli işlemlerle hücre ve buna bağlı olarak doku bütünlüğü bozulmaktadır. Böylece PFO enzimleri kendi substratları olan fenolik bileşiklerle ve havadaki oksijen ile bir araya gelmektedir.

Polifenol Oksidaz enzimi gıda sektöründe özel bir önem taşımaktadır. Gıda endüstrisindeki önemi ise enzimatik kararmaya neden olmasından kaynaklanmaktadır. Bu enzimatik kararma bazı gıdalarda ve ürünlerinde istenir bir durum olmasına rağmen çoğu zaman gıda ürünlerinde istenmeyen bir durumdur.

Polifenol Oksidazlar (PFO'lar) meyve ve sebzelerin hasat, depolama ve işleme kalitesi ve ekonomisini belirleyen çok önemli enzimlerdir. Oksijen geçişine neden olan hasat, depolama ve işleme sırasındaki zedelenme, kesilme ve diğer mekanik zararlar çoğu meyve ve sebzelerde fenolik bileşiklerin melanine (kahverengi pigmentler) dönüşmesine, bu da hızla esmerleşmeye neden olmaktadır. Esmerleşme yüzünden meyve ve sebzelerde önemli kayıplar olmaktadır. Muz, şeftali, kayısı, elma, üzüm, çilek ve bazı tropik meyveler ve suları, ayrıca patates, marul ve diğer yapraklı sebzelerde istenmeyen esmerleşmeler görülmektedir.

Bunlardan farklı olarak çay, kahve, kakao, siyah üzüm, kuru erikte ve siyah incirde PFO aktivitesi istenen bir durumdur çünkü enzim sayesinde bu ürünler istenen son ürün karakteristiklerine kavuşurlar. Çay ve kakao için yapılan kahverengileşme işlemi fermantasyon olarak yanlış adlandırılmaktadır. Fermantasyon reaksiyonları, mikroorganizmaların gerçekleştirdiği bir reaksiyondur ve enzimatik esmerleşmeden farklı bir süreci kapsar.

PFO enzimlerinin neden olduğu esmerleşmeler, ürünün sadece rengine bozulmaya neden olmamakta ve aynı zamanda diğer duyuşsal özelliklerini de etkilemektedir.

2.4. Gıda Kalite Kontrolde Baz Olan Enzim Kontrolleri

Doğal enzimlerden bazı gıdalar için ısı işlemin uygulanıp uygulanmadığının veya ısı işleminin yeterli olup olmadığının kontrolünde yararlanılır. Dolayısıyla bazı enzimlerin gıdanın içinde varlığının veya yokluğunun o gıda için bir kalite kriteri olmaktadır. Gıdalarda kalite kriteri olarak değerlendirilen enzimlerin başlıcaları: peroksit, katalaz ve fosfataz enzimleridir. Enzimatik gıda analizleri çok çabuk ve kolay uygulanır.

➤ **Peroksit Enzimi**

Peroksit enzimi hayvan, bitki ve mikroorganizmaların yapısında bulunan bir enzimdir. Peroksit meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunur. Hücreyi hidrojen peroksinin sebep olduğu oksidatif strese korur. Yapısında koenzim olarak demir bulunur. Meyve ve sebzelerin işlenmesi sırasında rengin bozulması, lezzetin değişmesi, beslenme değerinin azalması olumsuzluklara neden olmaktadır. Peroksitler bir hidrojen kullanarak hücrelerdeki peroksitleri parçalar.

Meyve ve sebze işleme teknolojisinde haşlama genellikle bir ön işlem olarak yapılmaktadır. Haşlama işleminin en önemli amacı ise meyve ve sebzelerdeki enzimleri inaktive etmektir. Peroksidaz enzimi bitkilerde bulunan en dayanıklı enzimdir ve peroksidaz enzimi inaktive olduğunda bütün enzimler inaktive olmuş demektir. Bu nedenle haşlama işleminin yeterli olup olmadığının tespiti amacıyla peroksidaz aktivitesi tayini yapılır.

Peroksit enziminin substratı hücre içinde oluşan H_2O_2 (hidrojen peroksit)'dir.

Renk ve tat değişimlerine neden olan enzimlerden biri olan peroksidazın ısı yolla inaktive edilmesi ile ilgili birçok araştırmalar yapılmıştır çünkü bu enzim sadece gıdanın korunması süresince doğal renk ve tat bozulmasına neden olmamaktadır. Aynı zamanda ısıya dirençli olduğundan haşlama işlemlerinin yeterliliğini gösteren belirteç işlevi görmektedir. Peroksidaz aktivitesinin düşürülmesi veya yok edilmesi başka enzim aktivitelerinin yok edildiğine işaret olmaktadır. Peroksidazın başka bir önemi de ısı işlem sonrasında geçen belli bir süre içinde kendini toparlaması (rejenerasyon) ve özellikle bulunduğu gıdaların muhafazası sırasında olumsuz değişimlere yol açmasıdır.

Peroksit enzimi, hidrojen peroksidi parçalayarak aktif oksijenin açığa çıkmasına neden olur. Aktif oksijen atomu serbest hâlde kalamayıp kolayca okside olabilen maddelere bağlanarak oksitlenmeyi sağlar. Meydana gelen oksidasyon renk değişimi ile kendini gösterdiği için bu özelliğinden yararlanılarak gıda ürünlerine uygulanan pastörizasyon dereceleri çabuk ve basit bir şekilde belirlenmiş olur.

Sütteki enzimler ya anne hayvandan ya da bakteriden gelir. Hayvandan gelen enzimler sütün doğal bileşenleridir. Bakteriyel enzimler, bakteri popülasyonunun tabiatına ve büyüklüğüne göre tür ve miktar bakımından farklılık gösterir. Sütteki enzimlerin birçoğu kalite ve kontrol testleri için kullanılır. En önemlileri: peroksidaz, fosfataz ve lipaz'dır.

➤ **Laktoperoksidaz**

Peroksidaz enzimi çiğ sütte bulunan ve pastörizasyon sıcaklığında inaktif hâle gelen bir enzimdir. Peroksidaz testi, sütün yeterli düzeyde pastörize edilip edilmediğinin kontrolü amacıyla yapılan ve yüksek pastörizasyon sıcaklığında inaktif hâle gelen peroksidaz enziminin varlığının tayini işlemidir. Sütte doğal olarak albumin ile birlikte bulunan peroksidaz enzimi; 70 °C'de 15 dakika, 74 °C'de 6 dakika, 78 °C'de 18 saniyede ve 85 °C'de 8 saniyede inaktif hâle gelir. Dolayısıyla HTST (yüksek sıcaklıkta kısa süre pastörizasyon) yöntemiyle pastörizasyonda inaktif hâle gelmeyen peroksidaz enzimi ancak ultra pastörizasyon yöntemiyle inaktif hâle gelir. Peroksidaz testi, yüksek sıcaklıkta pastörizasyon (ultra pastörizasyon) yöntemiyle yani 85 °C'de kısa süreli ısı işleme tabi tutulmuş içme sütlerinde kullanılır. Ultra pastörizasyon yöntemiyle elde edilmiş pastörize sütlerde peroksidaz aktivitesi görülmesi yüksek sıcaklıkta pastörize edilen süte herhangi bir şekilde çiğ süt karıştığını gösterir. Yüksek sıcaklıkta kısa süre pastörizasyon (HTST) yöntemiyle elde edilen sütlerle ultra pastörizasyon yöntemiyle elde edilen sütleri ayırt etmek amacıyla da bu yöntemden yararlanılır. Diğer bir ifadeyle HTST yönteminde gereğinden fazla yüksek sıcaklık uygulamaları, peroksidaz testi ile tespit edilebilir. Peroksidaz testi negatif tepkime veren içme sütlerin etiketinde “Yüksek sıcaklıkta pastörize edilmiştir.” ifadesi yer almalıdır.

Peroksit enzimi, hidrojen peroksidi parçalayarak aktif oksijenin açığa çıkmasına neden olur. Aktif oksijen atomu serbest hâlde kalamayıp kolayca okside olabilen maddelere bağlanarak oksitlenmeyi sağlar. Meydana gelen oksidasyon renk değişimi ile kendini gösterdiği için bu özelliğinden yararlanılarak süt ve süt mamullerinde uygulanan pastörizasyon dereceleri çabuk ve basit bir şekilde belirlenmiş olur. Bu test “Storch's Peroksidaz Testi” olarak adlandırılır.

➤ **Fosfataz**

Fosfataz bir enzimdir. İçindeki fosforik-asitle birlikte alkolü parçalayabilme özelliği vardır. Süte fosforik-asit esterleri ve açığa çıkan alkolle tepkime verdiğinde renk değiştiren bir reaktif eklenerek sütteki fosfataz varlığı saptanabilir. Renkteki değişiklik sütün fosfataz içerdiğini gösterir. Fosfataz normal pastörizasyon (72 °C'de 15-20 saniye) ile yok edilir. Bundan dolayı fosfataz testi gerçekten pastörizasyon sıcaklığına ulaşıp ulaşılmadığına karar vermek için kullanılır. Fosfataz enzimi, sütte bulunan patojen mikroorganizmaların öldüğü ısı derecelerinde yok olması nedeniyle sütlerin sağlık kontrolünde de kalite ölçüsü olarak değerlendirilir.

Peynirde fosfataz varlığı ise peynirin çiğ süttten üretildiğini gösterir.

➤ **Katalaz**

Katalaz enzimi hayvan ve bitki hücrelerinin peroksizom denen organellerinde bulunur. Katalazın görevi hücre içinde oluşan peroksitin (H_2O_2) su ve oksijene parçalamaktır.

Katalaz, sütte bulunan mikroorganizmalar tarafından da oluşturulabilmektedir. Genel olarak her sütte bulunan katalaz enziminin bazı fizyolojik veya patolojik nedenlerle sütteki miktarı artmaktadır. Özellikle laktasyon periyodunun başında (kolostrumda) ve mastitisli (meme bezi iltahaplanması) hayvanların sütlerinde miktarı daha fazladır. Sütte bu gibi fizyolojik ve patolojik nedenlerle ortaya çıkan durumu ve özellikle peynire işlenecek sütlerin niteliğini saptamak için katalaz testi yapılmaktadır.

Meyve ve sebze ürünlerindeki katalaz enzimi varlığı ise yetersiz haşlamanın işaretidir.

2.5. Enzim Aktivitesinin Kontrol Altına Alınması

Enzimatik esmerleşmeyi kontrol etmek gıda endüstrisindeki en önemli sorunlardan biridir. Gıda endüstrisinde ürünün rengi, tüketicinin kararını etkileyen önemli bir niteliktir ve kahverengi gıdalar özellikle meyveler bozukmuş gibi görünür.



Fotoğraf 2.1: Muzlarda görülen enzimatik esmerleşme

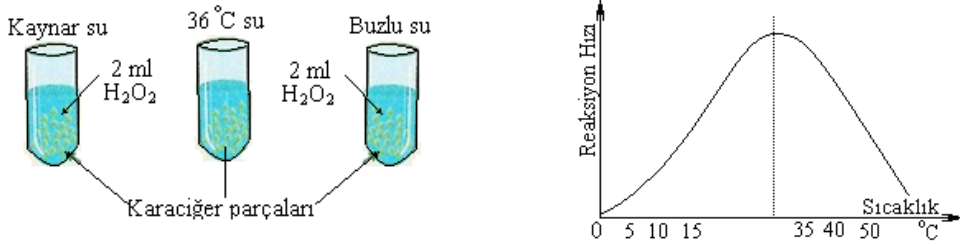
Gıda Sanayinde istenmeyen enzim aktivitesi çeşitli yöntemlerle kontrol altına alınmaktadır. Bunlar;

- **Sıcaklık:** Her kimyasal reaksiyon gibi enzimli reaksiyonlar da sıcaklık düşmesi ile yavaşlar, sıcaklığı yükseltmekle enzimler tamamen inaktif edilir fakat soğutma, enzim faaliyetini tamamıyla durdurmaz. Gıdaların düşük sıcaklık derecelerinde muhafazası veya gıdalara yüksek sıcaklıklarda bazı haşlanma, pastörizasyon, sterilizasyon gibi ısı işlemlerin uygulaması enzimatik bozulmaların önlenmesi ve geciktirilmesinde yaygın olarak başvurulan yöntemlerdir.

Düşük sıcaklıklara doğru gidildikçe enzimlerin aktivitesi de giderek azaltılmaktadır ancak gıdalardaki doğal enzimler 0 °C'nin altındaki donma sıcaklıklarında dahi çok az da olsa aktivite gösterebilir. Buna göre de soğukta veya dondurarak gıda muhafazasında enzimatik bozulmalar geciktirilmektedir. Böylece de ürünün raf ömrü uzatılmaktadır ancak enzimler bu koşullarda çok düşük de olsa aktivite gösterebilmektedir. Depolamanın uzaması durumunda gıdada renk, yapı, görünüş, tat, aroma gibi özelliklerde istenmeyen değişiklikler ve bozulmalara neden olabilmektedir.

Gıdalardaki enzimler yüksek sıcaklıklardaki ısıl işlemler sonucunda denatürasyona uğrayarak inaktive olmaktadır. Bu özellikten gıda endüstrisinde büyük ölçüde yararlanılmaktadır ve enzimatik gıda bozulmalarının önüne geçilebilmektedir. Örneğin; çiğ süte uygulanan pastörizasyon hem patojen mikroorganizmaları öldürür hem de çiğ sütteki enzimlerin tümü inaktif hâle geçer. Buna göre de çiğ sütte bulunan ve çiğ süütün uygun olmayan koşullarda muhafazası sırasında aktivite kazanan lipazlar da denatürasyona uğrar. Lipazların neden olduğu süt yağının acılaştırılması sorunu da ortadan kalkar. Yine ısıl işlem uygulanması ile çiğ sebzede, sebzelerde bulunan ve bozulma etkeni olabilen polifenol oksidaz, lipoksidoz, klorofilaz ve askorbik asit oksidaz gibi enzimler inaktive olarak neden oldukları bozulmalar da engellenmiş olur.

Ürünün kendi enzimi ile mikroorganizmalar tarafından getirilen enzimleri ayırt etmek gerekir. Enzimlerin inaktive olduğu ısı derecelerinde birçok mikroorganizma da inaktif hâle gelir fakat spor yapan mikroorganizmalar ısıya daha dayanıklıdır. Bu nedenle bunlar ısıl işlemden sonra gelişip daha çok enzim yapabilirler. Bunu önlemek için ya sporları da yok edebilen yüksek sıcaklıklar uygulanmalı ya da ısıl işlemden sonra ürün soğukta saklanarak enzim aktivitesi en aza indirilmelidir.



Şekil. 2.14: Sıcaklığın enzim çalışmasına etkisi ve grafiği

Sıcaklığın katalaz enzimi üzerindeki etkisi yukarıdaki deney düzeneğinde görülmektedir.

- 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.
- **Kurutma:** Enzimler aktif olmak için serbest suya ihtiyaç duyar. O hâlde besinlerin kurutulması (dehidratasyon) yoluyla da enzimler inaktifleştirilir. Enzim aktivitesini kontrol etmek için ürünün yeterli kurulukta olması ve kuruluğunu sürdürmesi gerekir. Tahıllar %13 nemde aylarca, yıllarca korunabilir fakat mekanik olarak zarar görmüş olan tahıllar nem düzeyi arttığında enzimatik olarak çabuk bozulur.
 - **Oksijenin kaldırılması:** Enzim kontrolü için diğer bir olanaktır. Ortamdan oksijen uzaklaştırıldığında oksijen varlığını gerektiren enzimli reaksiyonlar ve aerobik mikroorganizmaların gelişmesi durur. Oksijen etkisi, vakum uygulama, antioksidan madde kullanma gibi yöntemlerle durdurulabilir.

PPO'nun sebep olduğu enzimatik kararmayı engellemek için gıda işleme ve paketlemede oksijen; azot gazı, oksijen geçişine izin vermeyen kaplama ve filmler, kontrollü atmosfer uygulamaları ile uzaklaştırılmaktadır.

- **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'ı 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.

- **Fiziksel yöntemler**, günümüzde hızlı elektron demetleri ultraviyole, X ışınları ve ultrasonik dalgalar gibi fiziksel yöntemlerle de enzim kontrolü yapılabilmektedir.
- **Kimyasal yöntemler**, antibiyotikler, haşarat öldürücüleri ve bakterisitler gibi kimyasal maddelerle de enzim faaliyetleri durdurulabilir. Su ile karışma özelliği gösteren organik çözücüler (örneğin etanol), ortamda yaklaşık %5-10 konsantrasyonlarda bulunduğunda da enzimlerin inaktive oldukları görülmüştür ancak bu etki sıcaklığa bağımlıdır ve enzimler düşük sıcaklıklarda bu etki karşısında daha kararlıdır.

Bu kimyasal maddelerin yiyeceklerde kullanılmasından önce zararlı olmadıklarının saptanması gerekir.

UYGULAMA FAALİYETİ-1

Karaciğerde bulunan katalaz enziminin, hidrojen peroksiti (H_2O_2) su ve oksijene parçaladığını deneysel olarak gözlemleyiniz ($H_2O_2 + \text{Katalaz} \rightarrow H_2O + O_2$).

Kullanılan araç ve gereçler:

- Bir miktar karaciğer (Katalaz enzim kaynağı)
- %5'lik Hidrojen peroksit (H_2O_2) çözeltisi
- Tüp, tahta maşa
- Pens ve kibrit

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Deney ortamını ve deneylerle ilgili araç gereçleri hazırlayınız.➤ Karaciğerden bir miktar alıp tüpe sığacak şekilde gelişigüzel parçalara ayırınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyiniz, koruyucu gözlüğünüzü ve eldiveninizi takınız.➤ Bıçak kullanırken güvenlik önlemlerini alınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Parçaları içinde H_2O_2 olan tüpe atınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Karaciğer parçalarını tüpe koyarken penset kullanmayı unutmayınız.➤ Hidrojen peroksit (H_2O_2) çözeltisi ile çalışırken dikkatli olunuz.➤ H_2O_2 çözeltisinin deriyle ve gözle temas etmemesine dikkat ediniz.➤ H_2O_2 çözeltisinin deriyle ve gözle temas etmesi durumunda temas olan bölgeyi bol suyla yıkayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Reaksiyon başladıktan sonra kibriti tüp üzerinde yakınız ve birden alevlerin arttığını görünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Kibriti kullanırken güvenlik önlemlerine dikkat ediniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Sonucu yorumlayınız.	

UYGULAMA FAALİYETİ-2

Enzim aktivitesini etkileyen etmenleri bir dizi deneyle gözlemleyiniz.

İlk olarak enzim miktarının reaksiyon hızına etkisini deneysel olarak gözlemleyiniz. Bunun için karaciğerde bulunan katalaz enziminin miktarını değişken olarak kullanınız.

Kullanılan araç ve gereçler:

- 3 tane deney tüpü
- %5'lik Hidrojen peroksit (H_2O_2) çözeltisi
- Saat
- Bir miktar karaciğer (Katalaz enzim kaynağı)
- Porselen havan

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Karaciğerden tartarak üç eşit miktarda alınız. Birinci grubu deney tüpüne sığacak şekilde normal doğrayınız.	➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyiniz, koruyucu gözlüğünüzü ve eldiveninizi takınız. ➤ Bıçak kullanırken güvenlik önlemlerine dikkat ediniz.
➤ İkinci grubu birinci gruptaki ciğerlerden daha ince parçalar hâlinde doğrayınız.	➤ Bıçak kullanırken güvenlik önlemlerine dikkat ediniz.
➤ Üçüncü grubu ezerek deneye hazırlayınız.	
➤ Ayrı deney tüplerinde bulunan eşit miktarda H_2O_2 çözeltisi olan tüplere kütlesi eşit üç ayrı karaciğer parçalarını koyunuz.	➤ Karaciğer parçalarını tüpe koyarken penset kullanmayı unutmayınız. ➤ Hidrojen peroksit (H_2O_2) çözeltisi ile çalışırken dikkatli olunuz. ➤ H_2O_2 çözeltisinin deriyle ve gözle temas etmesine dikkat ediniz. ➤ H_2O_2 çözeltisinin deriyle ve gözle temas etmesi durumunda temas olan bölgeyi bol suyla yıkayınız.
➤ Bu üç tüpün reaksiyon zamanlarını ölçünüz.	➤ Zamanın başlangıcını ve bitişini not almayı unutmayınız.
➤ Oluşan reaksiyonu gözlemleyerek sonucu yorumlayınız.	

UYGULAMA FAALİYETİ-3

Substrat miktarının reaksiyon hızına etkisini deney yaparak gözlemleyiniz. Bunun için karaciğerdeki katalaz enziminin substratı olan H_2O_2 'nin ortamdaki miktarını değiştirerek oluşan reaksiyonu gözlemleyiniz.

Kullanılan araç ve gereçler:

- Deney tüpü, tahta maşa
- Cam baget
- Bir miktar karaciğer (Katalaz enzim kaynağı)
- %5'lik Hidrojen peroksit (H_2O_2) çözeltisi
- Saat

İşlem Basamakları	Öneriler
Eşit miktarda iki grup karaciğer alınız ve tüpe sığacak şekilde doğrayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyiniz, koruyucu gözlüğünüzü ve eldiveninizi takınız.➤ Bıçak kullanırken güvenlik önlemlerine dikkat ediniz.
Karaciğerleri eşit miktarda deney tüpüne koyunuz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Bu işlemi penset kullanarak yapmaya dikkat ediniz.
Büyük hacimli bir deney tüpüne veya bir behere 50 ml H_2O_2 çözeltisi koyunuz ve reaksiyon süresi ölçünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Hidrojen peroksit (H_2O_2) çözeltisi ile çalışırken dikkatli olunuz.➤ H_2O_2 çözeltisinin deriyle ve gözle temas etmemesine dikkat ediniz.➤ H_2O_2 çözeltisinin deriyle ve gözle temas etmesi durumunda temas olan bölgeyi bol suyla yıkayınız.
İkinci deney tüpüne 100 ml H_2O_2 çözeltisi koyunuz ve reaksiyon süresini ölçünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Hidrojen peroksit (H_2O_2) çözeltisi ile çalışırken dikkatli olunuz.➤ H_2O_2 çözeltisinin deriyle ve gözle temas etmemesine dikkat ediniz.➤ H_2O_2 çözeltisinin deriyle ve gözle temas etmesi durumunda temas olan bölgeyi bol suyla yıkayınız.
Oluşan reaksiyonu gözlemleyerek sonucu yorumlayınız.	

UYGULAMA FAALİYETİ-4

Isıl işlemin enzimler üzerindeki etkisini gözlemleyiniz. Bunun için karaciğere ısı işlem uygulayarak değişimleri gözlemleyiniz.

Kullanılan araç ve gereçler:

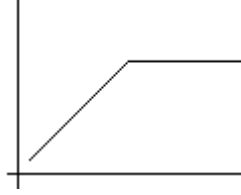
- %5'lik Hidrojen peroksit (H_2O_2) çözeltisi
- Bir miktar karaciğer (Katalaz enzim kaynağı)
- Cam deney tüpleri
- Bunzen beki ve tahta maşa
- Cam baget

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Karaciğerden küçük iki parça alınız. Birinci grubu küçük parçalar hâlinde doğrayarak bir beherde su içinde iyice pişiriniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyiniz, koruyucu gözlüğünüzü ve eldiveninizi takınız.➤ Bıçak kullanırken güvenlik önlemlerine dikkat ediniz.➤ Bunzen beki kullanırken dikkatli olunuz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Diğer ikinci grup karaciğeri büyük parçalar hâlinde doğrayınız ve kısa bir süre pişiriniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Hidrojen peroksit (H_2O_2) çözeltisi ile çalışırken dikkatli olunuz.➤ H_2O_2 çözeltisinin deriyle ve gözle temas etmemesine dikkat ediniz.➤ H_2O_2 çözeltisinin deriyle ve gözle temas etmesi durumunda temas olan bölgeyi bol suyla yıkayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ İki deney tüpüne eşit miktarda H_2O_2 çözeltisi koyunuz.	
<ul style="list-style-type: none">➤ Hazırladığımız karaciğer parçalarından eşit miktarlarda alarak deney tüpünde bulunan H_2O_2 çözeltisinin üzerine koyunuz.	
<ul style="list-style-type: none">➤ Oluşan reaksiyonu gözlemleyerek sonucu yorumlayınız.	

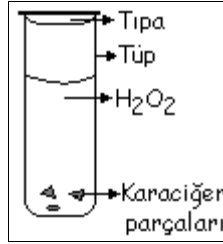
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

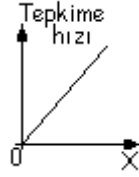
1. Enzimleri optimum pH'ları aşağıda verilen hangi değerler arasında değişir?
 - A) 2–10
 - B) 1–7
 - C) 7–14
 - D) 1–14 pH
 - E) Hiçbiri
2. E-S kompleksine bağlanarak enzimi inhibe eden inhibitörler aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Yarışmalı inhibitörler
 - B) Aktivatörler
 - C) Sınırlı yarışmalı inhibitörler
 - D) Yarışmasız inhibitörler
 - E) Substrat
3. Substrata benzemeyen ve enzime aktif merkez dışında diğer bölge üzerinden bağlanan inhibitörler aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Aktivatörler
 - B) Yarışmalı inhibitörler
 - C) Yarışmasız inhibitörler
 - D) Allosterik inhibitörler
 - E) Geri dönüşümsüz inhibitörler
4. Polisakkaritlerin hidrolizini katalize eden enzimler aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Oksidoredüktazlar
 - B) Karbohidrazlar
 - C) Proteolitik enzimler
 - D) lipazlar
 - E) Liyazlar
5. Bazı enzimlerin aktivitelerini arttırmak için ihtiyaç duyulan iyon veya küçük moleküller aşağıdaki hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?
 - A) Aktivatörler
 - B) Basınç
 - C) Kofaktör
 - D) İnhibitörler
 - E) pH



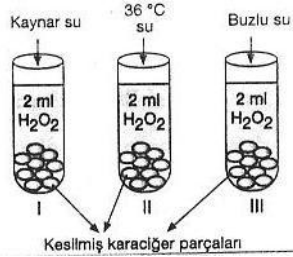
6. B enzimi ortamda bulunan substratla tepkimeye girdiğinde yandaki grafik gözlemlenmektedir. Ortama Hg^{+2} ilave edildiğinde reaksiyon hızında düşme görülmüştür. Bunun nedeni aşağıdakilerden hangisidir?
- A) pH değerinin etkisi
 B) Aktivatör madde etkisi
 C) Sıcaklık etkisi
 D) İnhibitör madde etkisi
 E) Enzim etkisi
7. Gıda zehirlenmesi sonucu hastaya yoğurt gibi substrat madde verilmesinin nedeni aşağıdakilerden hangisidir?
- A) İnhibitörün etkisinin azalması
 B) Enzimin inhiye olmasının sağlanması
 C) İnhibitör etkisinin arttırılması
 D) Aktivatörün etkisinin arttırılması
 E) Acılığın giderilmesi



8. Karaciğerde bulunan katalaz enzimi $H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$ tepkimesinin hızlanmasını sağlar. Şekildeki gibi H_2O_2 ve karaciğer parçaları bulunan deney tüpü, seçeneklerde sıcaklık derecesi verilen su banyolarından hangisine konulursa tüpteki substrat en kısa sürede biter?
- A) $0\text{ }^\circ\text{C}$
 B) $10\text{ }^\circ\text{C}$
 C) $20\text{ }^\circ\text{C}$
 D) $35\text{ }^\circ\text{C}$
 E) $50\text{ }^\circ\text{C}$



9. Enzimlerle ilgili yandaki grafikte x ile belirtilen kısma aşağıdakilerden hangisi yazılmalıdır?
- A) Sıcaklık
B) Substrat yüzey alanı
C) pH
D) Ağır metal iyonları
E) Oksijen
10. Bir hücrede metabolik faaliyetler sırasında aynı anda birçok enzim çeşidinin iç içe faaliyet göstererek birbirinin görevlerini aksatmaması enzimlerin hangi özelliği ile açıklanır?
- A) Her enzimin kendisine özgü tek bir reaksiyonu katalizlemesi
B) Enzimlerin tersinir (iki yönlü) reaksiyonları katalizlemeleri
C) Enzimlerin belli bir sıcaklık aralıklarında aktif olmaları
D) Her enzimin kendisine uygun bir pH ortamının olması
E) Enzimlerin protein yapısında olmaları
11. 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

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

12. () Gıdalardaki doğal enzimlerin neden olduğu istenmeyen değişimler enzimatik gıda bozulmaları olarak adlandırılır.

-
13. () Enzim konsantrasyonu arttıkça enzimin reaksiyon hızı da artar.
14. () Kuru ortamda enzimler daha iyi çalışır.
15. () Allosterik inhibitörler yapısında aktif merkez dışında modifikatör adı verilen bir başka bölge daha bulundurur.
16. () Sıcaklık enzimlerin hem hızını hem de stabilitesini etkileyen önemli bir faktördür.
17. () Enzim miktarı sabit tutulduğu bir ortamda substrat yoğunluğu arttıkça tepkimenin hızı yavaşlar.
18. () 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. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Uygulamalı Test”e geçiniz.

UYGULAMALI TEST

Karnabahar ve elmaya ısı işlem ve vakum uygulayarak enzim faaliyetlerini engelleyiniz. Yaptığınız işlemleri değerlendirme tablosu ile kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri Evet, kazanamadığınız becerileri Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Bilgi sayfalarını çalıştınız mı?		
2. Gerekli araç gereç ve ortamı hazırladınız mı?		
3. Kullanacağınız araçlar temiz mi?		
4. Karnabahar ve elmayı yıkayıp küçük parçalara ayırdınız mı?		
5. İki ayrı behere karnabahar ve elma parçalarını koydunuz mu?		
6. Üzerine su eklediniz mi?		
7. Su banyosunu çalıştırmadan önce bağlantı kabloları fişe takılı mı?		
8. Su banyosunun sıcaklığını 70-80 °C’de ayarladınız mı?		
9. Isıl işlem sonrası su banyosunu kapattınız mı?		
10. Oluşan değişikliği nedenleriyle birlikte bir deftere kaydettiniz mi?		
11. İki ayrı vakumlu poşet veya vakumlu kaba karnabahar ve elma parçaları koydunuz mu?		
12. Vakum yaparak havayı çektiniz mi?		
13. Oluşan değişikliği nedenleriyle birlikte bir deftere kaydettiniz mi?		
14. Deney sonrası ortam ve araç temizliğinizi yaptınız mı?		
15. Gözlemlerinizi rapor hâline getirip sınıfta tartıştınız mı?		
16. Çalışmalarınız sırasında güvenlik önlemleri aldınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri Evet, kazanamadığınız becerileri Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Enzimleri tanımladınız mı?		
2. Enzimlerin yapısını ve özelliklerini şekil üstünde çizerek gösterdiniz mi?		
3. Organizma için enzimlerin önemini sıraladınız mı?		
4. Enzim substrat-ürün bağlantısını şema çizerek açıklayabildiniz mi?		
5. Enzimlerin sınıflandırılmasının, enzimlerin hangi özelliklerinin baz alınarak yapıldığını belirtebildiniz mi?		
6. Enzimlerin özelliklerini şema ve resimlerle açıklayabildiniz mi?		
7. Enzimlerin çift yönlü çalıştıkları ayırımına vardınız mı? Bu ayırıma vardığınızı, bu reaksiyonları içeren resim ve şemalar çizerek gösterebildiniz mi?		
8. Gıda sanayinde kullanılan enzimler ve bu enzimlerin kullanılma sebeplerini sıralayabildiniz mi?		
9. Enzim aktivitesi ve enzim aktivitesini etkileyen etmenleri sıralayabildiniz mi?		
10. Enzim konsantrasyonunun enzim aktivitesini nasıl etkilediğini belirterek bununla ilgili basit bir grafik çizebildiniz mi?		
11. Substrat konsantrasyonunun enzim aktivitesini nasıl etkilediğini belirterek bununla ilgili basit bir grafik çizebildiniz mi?		
12. Sıcaklığın enzim aktivitesini nasıl etkilediğini belirterek bununla ilgili basit bir grafik çizebildiniz mi?		
13. Ortamın pH'nın enzim aktivitesini nasıl etkilediğini belirterek bununla ilgili basit bir grafik çizebildiniz mi?		
14. Su aktivitesinin enzim aktivitesini nasıl etkilediğini belirterek bununla ilgili basit bir grafik çizebildiniz mi?		

15. Enzim İnhibitörlerinin enzim aktivitesini nasıl etkilediğini belirterek bununla ilgili basit bir grafik çizebildiniz mi?		
16. Tersinir-geri dönüşümlü, tersinmez-geri dönüşümsüz ve allosterik inhibitörler arasındaki farkları sıralayabildiniz mi? Konuyu resim ve şekil üzerinde açıklayabildiniz mi?		
17. Geri dönüşümsüz inhibitörleri resim ve şekil üzerinde açıklayabildiniz mi?		
18. Allosterik inhibitörleri resim ve şekil üzerinde açıklayabildiniz mi?		
19. Aktivatörleri ve etkilerini resim ve şekil üzerinde açıklayabildiniz mi?		
20. Basıncın enzim aktivitesini nasıl etkilediğini açıklayabildiniz mi?		
21. Gıda kontrolünde enzimlerin önemi ve kullanımını açıklayarak günlük hayatımızdan örnekler verebildiniz mi?		
22. Enzimatik karar (esmerleşme=browning) reaksiyonunu açıklayarak enzimatik olmayan karar reaksiyonuyla farkını söyleyebildiniz mi?		
23. Enzimatik kararın hangi gıda ürünlerinde istendiğini hangilerinde istenmediğini sebepleriyle birlikte söyleyebildiniz mi?		
24. Polifenol oksidaz enzimini açıklayarak gıda sanayi için önemini belirtebildiniz mi?		
25. Gıda kalite kontrolde baz olan enzimleri ve bu enzimlerin neden baz alındıklarını söyleyebildiniz mi?		
26. Enzim aktivitesinin kontrol altına alınması için uygulanan yöntemleri söyleyerek bu yöntemlerin etki şeklini açıklayabildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ – 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	A
3	B
4	D
5	A
6	E
7	E
8	C
9	A
10	B
11	A
12	D
13	E
14	Enzim inhibitörleri
15	D
16	D
17	Y
18	Y
19	Y
20	D

ÖĞRENME FAALİYETİ – 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	C
3	C
4	B
5	A
6	D
7	A
8	D
9	B
10	A
11	D
12	D
13	D
14	Y
15	D
16	D
17	Y
18	D

KAYNAKÇA

- Bilim ve Kültür Eserleri Dizisi, **Genel Biyoloji**, Devlet Kitapları, Ankara, 1972.
- BOYHAN Mehmet, Nazife HANÇER, **Biyokimya ve Besin Kimyası**, Millî Eğitim Basımevi, İstanbul, 1987.
- ÇELİK Turan, **ÖSS Biyoloji**, FDD Yayınları, Ankara, 2006.
- DEMİRCİ Mehmet, **Gıda Kimyası**, Tekirdağ, 2006.
- FENNAMA R., **Owen Food Chemistry**, New York, 1996.
- IŞIKSOLUGU Müberra, **Beslenme**, Millî Eğitim Basımevi, Ankara, 1994.
- SALDAMLI İlbilge, **Gıda Kimyası**, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 1998.
- SALDAMLI İlbilge, **Gıda Kimyası**, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 2005.
- YÜCECAN Sevinç, Suna BAYKAN, **Besin Kimyası, Besin Kontrol ve Analizleri**, Millî Eğitim Basımevi, İstanbul, 1981.
- <http://academic.pgcc.edu/~kroberts/Lecture/Chapter%205/enzymes.html> (01.08.2015/12:45)
- www.aof.edu.tr
- <http://balikesir.edu.tr/~ngencer/PPO.ppt> (07.08.2015/09:30)
- <http://bjpsbiotech.edublogs.org/files/2007/08/trial-3.jpg> (12.08.2015/12:03)
- www.biltek.tubitak.gov.tr
- http://www.diatak.com.tr/Makale-Yontem/Mikrobiyolojik-Analiz/isletmelere-Sut-Kabulunde-Kalite-Kontrol3_197.htm (27.07.2015/00:48)
- www.fao.org
- <http://www.food-info.net/tr/protein/milk.htm> (10.08.2015/08:45)
- <http://library.cu.edu.tr/tezler/7349.pdf> (30.08.2015/09:30)
- <http://www.gidadernegi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E> (30.07.2015/02:17)
- https://my.bpcc.edu/content/blgy225/EnergyInTheHumanBody/EnergyInTheHumanBody2014_print.html (01.08.2015/13:00)
- <https://tr.wikibooks.org/wiki/Biyokimya/Kataliz> (12.08.2015/10:43)
- www.wikipedia.org/wiki/Eduard_Bucher (13.08.2015/12:43)
- www.wikipedia.org/wiki/Enzim (13.08.2015/14:03)
- www.wikipedia.orghttps://wiki.zirve.edu.tr/sandbox/users/bekir.eser/weblog/ac86a/attachments/db05c/Deney%20%20 (11.08.2015/11:05)