

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

GIDA TEKNOLOJİSİ

**ENZİMLERİN ÖZELLİKLERİ
541GI0010**

Ankara, 2011

-
- 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.....	5
1.1.1. Enzimlerin Özellikleri	6
1.2. Enzimlerin Adlandırılması.....	7
1.3. Enzimlerin Sınıflandırılması.....	8
1.4. Enzim Reaksiyonları.....	9
1.4.1. Esmerleşme (Kahverengileşme=Browning) Reaksiyonları.....	10
1.4.2. Enzimatik Esmerleşme	10
1.4.3. Yağlarda Lipolitik Ransidite.....	12
1.5. Gıdaların Yapısında Bulunan Önemli Enzimler	12
1.6. Gıda Sanayinde Kullanılan Enzimler.....	14
1.6.1. Karbohidrazlar	15
1.6.2. Proteolitik Enzimler (Proteazlar, Proteinazlar	16
1.6.3. Lipazlar.....	16
1.6.4. Oksidoredüktazlar.....	17
1.6.5. Lipoksigenaz.....	17
UYGULAMA FAALİYETİ	19
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	20
ÖĞRENME FAALİYETİ–2	24
2. ENZİM AKTİVİTESİ	24
2.1. Enzim Aktivitesini Etkileyen Etmenler	24
2.1.1. Enzim Konsantrasyonu.....	25
2.1.2. Substrat Konsantrasyonu	25
2.1.3. Sıcaklık	26
2.1.4. Ortamın pH' si	27
2.1.5. Su Aktivitesi	28
2.1.6. Enzim İnhibitörleri.....	28
2.1.7. Aktivatörler.....	31
2.2. Enzim Faaliyetlerini Kontrol Altına Alma.....	31
UYGULAMA FAALİYETİ	34
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	36
MODÜL DEĞERLENDİRME	41
CEVAP ANAHTARLARI.....	44
KAYNAKÇA	46

AÇIKLAMALAR

KOD	541GI0010
ALAN	Gıda Teknolojisi
DAL/MESLEK	Alan Ortak
MODÜLÜN ADI	Enzimlerin Özellikleri
MODÜLÜN TANIMI	Enzimlerin yapılarını ve özelliklerini kavrayarak, enzim reaksiyonlarını kontrol altına alma bilgileri kapsayan öğrenme materyalidir.
SÜRE	40 / 24
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Enzimleri incelemek
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bilimsel yöntemlere uygun olarak enzimlerin özelliklerini inceleyebileceksiniz. Amaçlar <ol style="list-style-type: none">1. Tekniğine uygun olarak gıdalardaki enzim aktivitesini inceleyebileceksiniz2. Enzim faaliyetlerini kontrol altına alabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Sınıf ve laboratuvar ortamı, ısıya dayanıklı kaplar (beher vb.), bek, asit, bıçak, analizin yapılacağı materyal (patates, elma vb), çeker ocak
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modülün içinde yer alan, her faaliyetten sonra verilen ölçme araçları ile kazandığınız bilgileri ölçerek kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen, modül sonunda, ölçme aracı kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi, becerileri ölçerek sizi değerlendirecek.

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 bulunmaktadır. Gıdalardaki enzimler, gıdaya uygulanan işlemlerden veya gıdanın karşılaşılacağı çevre koşullarından büyük ölçüde etkilenirler. Buna göre enzimler işlem görmüş gıdanın mevcut durumunu ve kalitesini yansıtır. Doğal enzimlerden bazıları gıdanın kalitesini olumlu yönde etkilerken, bir kısmı istenmeyen reaksiyonlara ve bunlara bağlı değişmelere neden olurlar.

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

ARAŞTIRMA

- Doğadaki enzimleri, sentezlendikleri yerleri, önemlerini araştırınız
- Gıdaların yapısında bulunan önemli enzimleri araştırınız.
- Gıda endüstrisinde kullanılan enzimleri ve kullanım amaçlarını araştırınız.
- Araştırmalarınızı arkadaşlarınızla paylaşınız.

1. ENZİMLER

Enzimler canlı hücreler tarafından genetik kontrol altında hücre içinde sentez edilen organik katalizörlerdir. Kataliz deyimi, 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.

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.

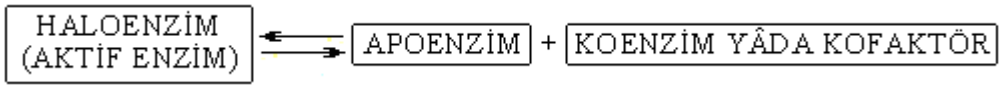
Enzimler olmazsa vücut canlılığını sürdüremez. Sindirimin, solunumun, büyümenin, kas kasılmasının, fotosentez vb. daha birçok fiziksel ve kimyasal olayların oluşumunda enzimler rol oynar.

1.1. Enzimlerin 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 özgülüğünü (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.

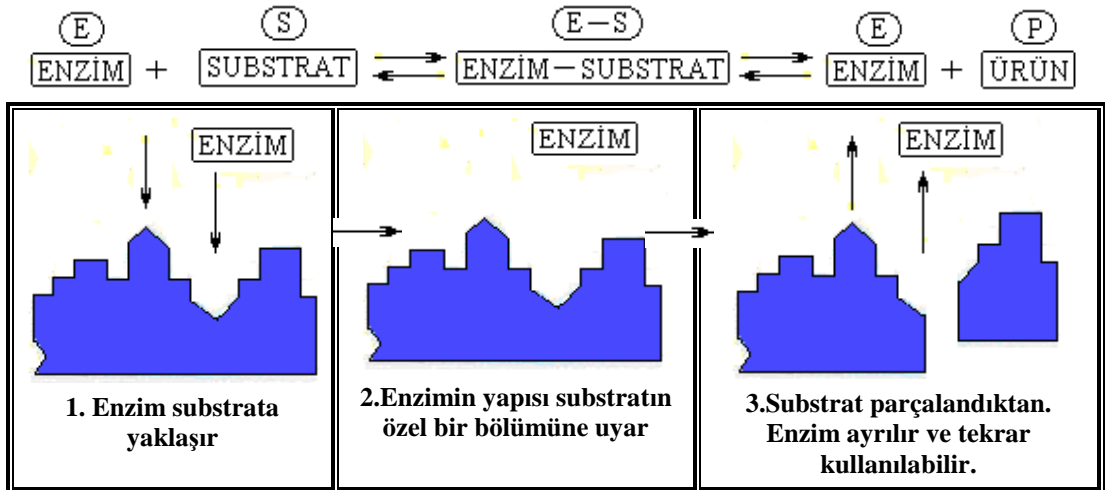
Koenzim (kofaktör) ise enzimin yardımcı ve etkin biçimidir. Tek başına etkili değildir. Etkinlik gösterebilmesi için apoenzime ihtiyaç duyar. Organik ya da inorganik maddelerden meydana gelmiştir. En önemli yardımcı enzimler vitaminlerdir. Eğer bir koenzim apoenzime kolay ayrılmayacak bir şekilde sıkıca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



Şekil 1.1: Bir aktif enzimin yapısı

1.1.1. Enzimlerin Özellikleri

- Enzimler genellikle renksizdirler, suda çözülürler.
- 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 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 kullanılabilirler.



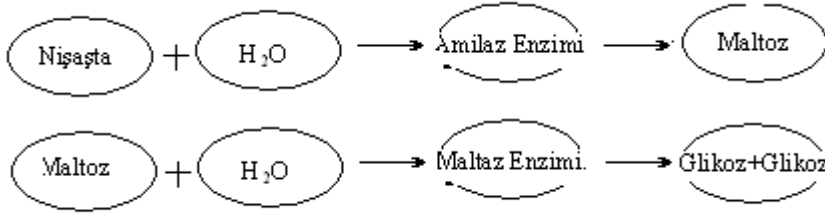
Şekil 1.2: Enzimle substrat arasındaki ilişki

- Enzimler genellikle çift yönlü çalışırlar yani geri dönüşümlüdürler. Yani enzim tepkimeleri çift yönlü olup, moleküllerin parçalanmasını veya birleşmesini sağlarlar. Örneğin, lipazın yağı parçalayabildiği gibi; aynı zamanda gliserinle yağ asidinin birleşmesini sağlar (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Enzimlerin çift yönlü çalışmasının şematik olarak gösterilmesi

- Çok hızlı çalışırlar. 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 halinde çalışırlar. Bir enzimin etki ettiği tepkimenin ürünü, başka bir enzimin substratını yapar. Örneğin, amilaz enzimi nişastayı maltoza parçalar. Oluşan maltoz maltaz enziminin substratıdır.(Şekil 1.4).



Şekil 1.4: Enzimlerin takım halinde çalışmasının şematik olarak gösterilmesi

- Enzimlerin bazıları tek substrata etki ederler 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.

1.2. Enzimlerin Adlandırılması

Enzimler aktif ya da inaktif (pasif=etkisiz) durumda olmalarına göre adlandırılır.

- Enzim inaktif durumda ise substratının sonuna “jen”eki getirilerek adlandırılır. Örneğin, sindirim enzimlerinden pepsinojen, kimotripsinojen vb.
- Enzim aktif durumda ise, etki ettikleri maddenin sonuna “ase=az” eki 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 dekarboksilasyon (organik asitlerden karboksil grubunun ayrıldığı reaksiyon) reaksiyonunu katalizleyen dekarboksilaz, oksidasyon (oksijenin etkisiyle bileşiklerin parçalandığı reaksiyon) reaksiyonunu katalizleyen oksidaz vb.
- Enzimler etkili olduğu substratın sonuna “litik” eki getirilerekte isimlendirilirler. Örneğin, proteinleri parçalayan enzimlere “proteazlar” denilebildiği gibi “proteolitik enzimler”de denilir.

1.3. 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:
 - Birinci numara, sınıfını
 - 2. Numara, alt sınıfını
 - 3. Numara, grubunu
 - 4. Numara da, kendine özgü sıra numarasını verir.

Buna göre enzim aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- **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 aktarırlar. Örnek, transaminaz (amino asitlerdeki amin grubunu aktarır), fosforilaz (fosfat grubunu aktarır)vb.
- **Hidrolazlar:** Kimyasal tepkimede büyük moleküllerin yıkılması için kimyasal bağa su eklemek yoluyla veya başka bir grubu suya çevirerek kolay kullanılabilir hale getiren enzimlerdir. Örnek, proteazlar, karbonhidrazlar, lipazlar vb.
- **Liyazlar:** $\boxed{C-O}$, $\boxed{C-C}$, $\boxed{C-N}$ gibi bağların hidroliz veya oksidasyondan farklı bir yolla kırılmasını katalizleyen enzimlerdir. 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 enzimlerdir. Örnek olarak rasemazlar, trans izomerazlar verilebilir.
- **Ligazlar(Sentetazlar):** Enerji kullanarak substrat moleküllerinin birbirine kovalent bağla bağlanmasını sağlayan enzimlerdir. Örneğin, aminoasitlerin veya yağ asitlerinin aktifleşmesi vb.

1.4. Enzim Reaksiyonları

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 de, saniyenin daha küçük biriminde gerçekleşmektedir. Canlıların vücut ısısı ise 40 dereceden daha fazla değildir. İşte 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 hale getirilmesi için bir seri enzim reaksiyonları gerekmektedir.
 - Bir disakkarit olan laktozun (süt şekeri) vücutta sindirimi için laktaz enzimine gereksinim vardır ki; sindirim sırasında bağırsaklarda kendini oluşturan glikoz ve galaktoz monosakkaritlerine ayrışarak emilip kana karışabilir.
 - 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 olurlar. Bu durumda peptid bağları proteolitik enzimlerden daha kolay etkilenir hale

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 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.

1.4.1. Esmerleşme (Kahverengileşme=Browning) Reaksiyonları

Doğada esmerleşme reaksiyonları organik maddelerin çözülmesi işleminin bir parçasıdır ve daha çok karbohidratlarda görülür. Gıda maddelerinde görünen ” esmerleşme” olayı reaksiyonun başlamasına neden olan faktörler göz önüne alınarak ”oksidatif “ veya “oksidatif olmayan” olarak sınıflandırılabilir.

- Oksidatif esmerleşme: Ortamda oksijen varlığında gerçekleşen esmerleşme reaksiyonlarıdır. Gıdalarda oksidatif esmerleşme reaksiyonu iki şekilde olmaktadır:
 - 1.tip reaksiyonları askorbat oksidaz ve lipoksidaz gibi oksidasyon enzimleri başlatır. Fakat daha sonra enzimik olmayan reaksiyonlar devam eder. Örneğin, askorbik asit hem enzimik hem de nonenzimik yolla dehidroaskorbik asite parçalanabilir. Dehidroaskorbik asit de amino asitlerle enzimatik olmayan bir reaksiyona girerek kırmızı ve kahverengi polimerler oluşturur.
 - 2. tip reaksiyonlarda ise ilk oksidasyonlar “oksidaz” enzimleri olmadan da başlayabilmekte fakat reaksiyonlar yavaş gelişmektedir
- Oksidatif olmayan browning: Oksidatif esmerleşme gibi ilk aşamada enzimlerle başlayabilir. Doğal ürünlerdeki glikozil hidrolazlar gibi bazı enzimler oksidatif olmayan esmerleşme reaksiyonunu başlatabilirler. Oksidatif olmayan esmerleşme reaksiyonları sonunda indirgen şekerler meydana gelir. İndirgen şekerler daha sonra kimyasal reaksiyona uğrarlar, kahverengi renk pigmentleri ve aroma maddeleri oluştururlar.

Bu gelişme hurma, bal, çikolata ve vanilya gibi ürünlerde renk ve aroma oluşumunda önemli bir basamaktır.

1.4.2. Enzimatik Esmerleşme

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

- 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 değişmelerine “ esmerleşme “ denir. Örneğin, parçalanmış elmaların esmerleşmesi, hücre özsuyundaki fenolik maddelerin hava oksijeninin etkisiyle, okside olmasının sonucudur. Bu oksidasyon bazı enzimler tarafından katalize edilmektedir. Enzimatik esmerleşme reaksiyonlarında fenolik maddeler ve spesifik oksidasyon enzimleri rol oynamaktadır. Polifenol enzimlerinin yapısı tam olarak bilinmemekle beraber bakır içerdikleri saptanmıştır. Buna göre enzimatik esmerleşme; kısaca polfenollerin polfenol oksidaz enzimleriyle oksidasyonu şeklinde tanımlanır.
- Meyve ve sebzelerdeki enzimlerden ısıya karşı en dirençli olanı peroksidaz enzimidir. Bu nedenle meyve ve sebzelerin işlenmesinde enzimlerin inaktive edilip edilmediğinin peroksidaz enziminin varlığı ile yapılmaktadır. Meyve ve sebzelerin işlenmeleri sırasında ortaya çıkan enzimatik esmerleşmeler, ortamın pH değeri ile de yakından ilgilidir. Enzimatik esmerleşmeler ortamın pH değerinin 4,5’in üzerine çıkmasıyla hızla artar ve 5–7 dolaylarında maksimum düzeye erişir.
- Enzimatik esmerleşmeyi kontrol etmek gıda endüstrisindeki en önemli sorunlardan biridir. Gıda endüstrisinde ürünün rengi tüketicinin kararını etkileyen önemli bir nitelikler ve kahverengi gıdalar özellikle meyveler bozukmuş gibi görünür.
- Enzimatik esmerleşmeyi önlemek için çeşitli metotlar uygulanabilir, bunlar enzimi inaktif etmeye ya da oksijeni üründen uzaklaştırmaya dayanır. Enzimatik esmerleşmeyi önlemek için uygulanan başlıca önlemler şunlardır:
 - **Isı uygulaması ile enzimin inaktive edilmesi:** Enzim ısı ile inaktive edilirse tepkime durmaktadır. Bu amaçla örneğin armut püresinin 90°C’ta 8 saniyede ısıtılması yeterlidir.
 - **Oksijen ile temasın kesilmesi:** Dokusu zedelenen meyve ve sebzelerde yaygın bir uygulamadır. Dilimlenen veya doğranan sebze veya meyvenin tuzlu veya şekerli suya atılmasının nedeni budur.
 - **İnhibitör kullanılması:** Dokusu zedelenen meyve ve sebzeleri inhibitör olarak kullanılan asitli suya koymak da diğer bir uygulamadır. Bu amaçla %0,1’lik sitrik asit çözeltisi kullanılmaktadır.
 - **Vitaminler:** C vitamini ya da askorbik asit, enzimatik esmerleşmenin önlenmesi için etkili yoldur.
 - **Su oranı ve su aktivitesinin düşürülmesi:** Bazı enzimler aktif olmak için serbest suya ihtiyaç duyarlar. O halde besinlerin kurutulması (dehidratasyon)yoluyla da enzimler inaktifleştirilir.



Resim 1.1: Muzlarda görülen enzimatik esmerleşme

1.4.3. Yağlarda Lipolitik Ransidite

Yağlar bazı etkiler sonucu hidrolize olarak bozulurlar. 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. Lipaz” enziminin etkisi ile yağların parçalanmasına Lipolize olmak denir. Süt yağında ve margarinlerde önemlidir.

Bir yağ asidinin parçalanmasından önce enzimlerle aktivite olması gerekir. Bu enzimler önce ATP (Adenozin tri Fosfat) ve sonrada koenzim A ile reaksiyona girer.

Lipolize uğrayan süt yağındaki kısa zincirli yağ asitleri serbest hale gelir. Trigliseritleri nefis bir tat ve kokuda olan süt yağı asitlerinin % 0,1 düzeyinde bile olsa, serbest halleri hoş olmayan kötü bir tat ve kokuya sahiptir. Bu olumsuz aromaya “rasid-acılaşmış tat” denir. Süt yağının acılaşmasında 4 C’lu bütirik (tereyağ asidi) asit olmak üzere 6 C,8 C,10 C’lu yağ asitleri etkilidir.

Lipit hidrolizini önlemek için:

- Lipaz enziminin ısıl işleme inaktive edilir.
- Depolama sıcaklığı ve deponun bağıl nemi düşürülür.

1.5. Gıdaların Yapısında Bulunan Önemli Enzimler

İnsanlar genel olarak bitkisel ve hayvansal kaynaklı gıdaları tüketirler. 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 haline 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 mortis (ölüm sertliği) olayını atlatarak tekrar yumuşak ve gevşek hale geçerler.
 - Lipoksigenaz, buğday ve soya fasulyesi unlarında renk ağarmasından sorumludur. Bu enzimin bir başka yararlı etkisi de ekmeke hamurunun hazırlanması sırasında, disülfid bağları ve gluten oluşumunu sağlayarak ekmeke kalitesini olumlu yönde etkiler.
- Gıdalardaki doğal enzimlerin pek çoğu, 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 lipoksidadz, klorofilaz ve askorbik asit oksidadzıdır. Polifenol oksidadzlar da dâhil olmak üzere, bütün bu bozulma etkeni doğal enzimler sıcaklığa çok duyarlıdır. Bu enzimler sebzelere uygulanan haşlama işlemi ile kolayca inaktif (etkisiz) hale 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 oksidadzlar meyve ve sebzelerdeki pigmentleri etkileyen ve istenmeyen renk değişimlerine neden olan üç temel enzim grubudur.
 - Etin istenilen kırmızı rengi oksimiyoglobine verir. Ancak Fe⁺² içeren oksimiyoglobine, 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 jelâtinin jelleşmesini engeller.
 - Lipoksigenaz enzimi bazı gıdalarda enzimatik bozulmalara neden olabilmektedir. Bu enzim klorofil ve karotenleri parçalar, gıdalarda çoğunlukla samanmsı 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 belirlerler. 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 halinde eklenmesi zorunludur.
- Enzimatik bozulmalarını önlemek için kurutma, dondurma, soğukta muhafaza, sterilizasyon, pastörizasyon, haşlama, inhibitör (engelleyici) madde ekleme gibi gıda muhafaza yöntemleri kullanılır.
- Doğal enzimlerden bazı gıdalar için, ısıl işlemin uygulanıp uygulanmadığının veya ısıl işleminin yeterli olup olmadığının kontrolünde yararlanılır. Enzimatik gıda analizleri çok çabuk ve kolay uygulanır. Bu analizlerin en önemli dezavantajları pahalı olmalarıdır.
 - Sütteki fosfataz enzimi varlığı, bu sütte pastörizasyonun uygulanmadığını ya da yetersiz uygulandığını veya peynirde fosfataz enzimi varlığı ise peynirin çiğ süttten üretildiğini gösterir.
 - Sebze ürünlerindeki peroksidaz veya katalaz enzimi varlığı yetersiz bir haşlamanın işaretidir.
- 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.

1.6. Gıda Sanayinde Kullanılan Enzimler

Gıda sektöründe birçok gıdanın hazırlanması veya üretim proseslerinde, gıdaya direkt olarak ticari enzim preparatları katılarak üretim 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.

Gıda sanayinde en sık karşılaşılan enzimler şunlardır:

1.6.1. Karbohidrazlar

Bu enzimler polisakkaritleri hidrolize etmektedirler. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan karbohidrazlar aşağıda verilmiştir.

➤ **Amilazlar**

α -amilaz ve β -amilaz olarak iki sınıfa ayrılan amilazlar, nişastayı hidrolize ederler. Nişastanın hidrolizi sonucu maltoz, dekstrin ve az miktarda glikoz oluşur. Amilazlar doğada bulunurlar, ticari olarak elde edilmesi için elde edilmeleri 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 ekmek katkı maddelerinde ticari bir α -amilaz veya malt zorunlu olarak kullanılmaktadır. α - ve β -amilazlar:

- Mayanın hamurdan etil alkol fermantasyonunu gerçekleştirmek için gereksinim duyduğu fermente edilebilir şekerlerin oluşmasını sağlarlar.
- Ekmekçilikte hamur kıvamını azaltırlar.
- Nişastanın tatlı şuruplara dönüştürülmesi asit veya enzim hidrolizi ile ya da ikisinin birlikte uygulanması ile gerçekleştirilmektedir. 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. İinvertaz enzimi gıda endüstrisinde genelde invert şeker eldesi amacıyla kullanılır. İinvert 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.

➤ **Lâktaz (B-galaktosidaz)**

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

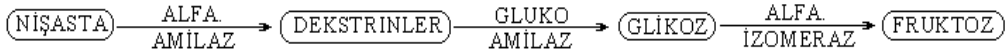
➤ **Pektik enzimler (Pektinazlar)**

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 giderirler.

➤ **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 1.5).



Şekil 1.5: Nişastadan fruktoz şurubu eldesinde kullanılan enzimler

1.6.2. Proteolitik Enzimler (Proteazlar, Proteinazlar)

Bu enzimler proteinlerdeki peptit bağına hidrolize ederler. 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 ekmekçilik ve et endüstrisinde de yararlanılmaktadır. Proteazlar buğday unundaki gluteni hidrolize etmekte ve böylece hamurun yoğrulma özelliği iyileşmekte, ekmek kalitesi artmaktadır.
- 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 proteini) kısmi 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 hale gelirler.
- Proteolitik enzimler, gıda endüstrisinde jelatin, pepton ve aspartam (tatlandırıcı) eldesi amacıyla da kullanılmaktadır.

1.6.3. Lipazlar

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

1.6.4. 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 acılaşımları engeller.

1.6.5. Lipoksigenaz

Lipoksigenazın gıdalar üzerinde istenen veya istenmeyen yönde değişik yaratan bazı etkiler vardır. Bu etkiler bölüm 1. 5. 'te açıklanmıştır.

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

Tablo 1.1: 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 1.2: 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 kullanılabilceği azotlu maddelerin oluşması
Papain	Birada bulanıklığın engellenmesi
Amiloglukosidaz	Nişastanın tümüyle fermente ederek amilopektindeki 1-6 bağların hidroliz edilmesi (light bira)
B-Glukanazlar	Polisakaritlerin hidrolizi ile viskoziteyi azaltmak ve flitasyonu kolaylaştırmak
Asetolaktat Dekarboksinaz	Diasetil oluşumundan sakınarak fermantasyon süresinin kısaltılması



Tablo 1.3: 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 Oksidaz	O ₂	Karbsipeptidaz A	
Alkol Oksidaz		Narinjinaz	Narenciyelerdeki Bitter Bileşikler
Oksiraz		Proteazlar	Fenilalanin
A-Amilaz	Amilaz İnhibitörleri	Proteazlar	Proteaz İnhibitörleri

Tablo 1.4: Gıda hammaddelerindeki istenmeyen bileşiklerin enzimatik yolla uzaklaştırılması

UYGULAMA FAALİYETİ

Patatesteki enzim aktivitesini incelemek için aşağıdaki işlem basamaklarını uygulayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Bir patatesi alarak ortasından ikiye bölünüz.➤ İkiye bölünen patatesleri oda ısısında açıkta (oksijenli ortamda) bekletiniz. 	<ul style="list-style-type: none">➤ Bilgi sayfalarını çalışınız.➤ Patatesi yıkayınız.➤ Bıçağın temiz olmasına dikkat ediniz➤ Bıçağı kullanırken dikkatli olunuz.➤ Bekleme süresini tespit ediniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Bir süre sonra oluşacak renk değişimini gözleyiniz. 	<ul style="list-style-type: none">➤ Renk değişimlerinin tonunu süreleri ile birlikte kaydediniz.➤ Açıkladığınız renk değişim nedenlerinin doğruluğunu bilgi sayfaları ile karşılaştırınız.➤ Bu işlemi farklı sıcaklıklardaki ortamlarda yapınız.➤ Bu kararmalarını önlemek için neler yapabileceğinizi tartışınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Renk değişim nedenlerini arkadaşınızla tartışınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Kararmış gıdaların tüketicilerce ne kadar tercih edileceğini arkadaşlarınızla tartışınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet sonunda kazandıklarınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

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) Holoenzim
 - D) Kofaktör
 - E) Substrat
3. Enzimlerin etki ettiği maddelere denir.
 - A) A) Haloenzim
 - B) B) Substrat
 - C) C) Oksidazlar
 - D) D) Koenzim
 - E) E) Hiçbiri
4. Bileşikler bağların arasına su sokarak parçalayan 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) kal\mal

6. Ekmek kalitesinde etkili un enzimi aşağıdakilerden hangisidir?
A) İzomerazlar
B) Lipoksijenazlar
C) İnvertazlar
D) Pektinazlar
E) Amilazlar
7. Bazı bakteriler salgıladıkları “ürez” enzimini dış ortama bırakarak ortamdaki üreyi NH₃ ve CO₂'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 aktifleştirme 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 kullanılmalrı

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

9. () Enzimler genellikle çift yönlü çalışırlar ve özgüdürler.
10. () Apoenzim ile koenzimin birlikte oluşturduğu guruba haloenzim=aktif enzim denir.
11. () Proteazlar, karbohidrazlar ve lipazlar transferaz sınıfı enzimlerindendir
12. () Substratın ürüne dönüşmesi için gerekli enerjiye aktivasyon enerjisi denir.
13. () Gıdaların yapısında bulunan doğal enzimler o gıdanın renk, tat - koku, aroma ve beslenme değerini her zaman olumlu yönde etkiler.
14. () 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 “Uygulamalı Test”e geçiniz.

UYGULAMALI TEST

- Aldığınız eti çalışma tezgâhında bırakınız. Bir saat bekletiniz. Oluşan renk değişikliğini inceleyiniz. Yaptığınız işlemleri değerlendirme tablosu ile kontrol ediniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Etin başlangıçtaki rengini kaydettiniz mi?		
2	Bekletme süresinin başlangıç zamanını kaydettiniz mi?		
3	Eti açıkta (oksijenli ortamda) 1 saat bekletiniz.		
4	Beklettiğiniz ette renk değişikliği görebildiniz mi?		
5	Süre sonundaki rengi kaydettiniz mi?		
6	Etteki bu renk değişikliğinin nedenini açıklayabiliyor musunuz?		
7	Dikkatli çalıştınız mı?		
8	Araç, gereç kullanımına özen gösterdiniz mi?		
9	Çalışmalarınızı yaparken temiz ve dikkatli davrandınız mı?		
10	Gözlemleriniz rapor haline getirip sınıfta tartıştınız mı?		
11	Çalışmalarınız sırasında sanitasyon kurallarına uymaya özen gösterdiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

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

ARAŞTIRMA

- İlinizdeki gıda sektörünü gezerek veya konu ile ilgili kaynaklardan üretim işlemleri sırasında inaktif edilmesi gereken enzim grubunun hangileri olduğunu ve nedenlerini araştırınız.
- Enzimlerin hangi yöntemlerle inaktif edildiğini araştırınız.

2. ENZİM AKTİVİTESİ

2.1. 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 aktiviteyi
- Radyasyon
- Basınç
- Kaynama güçleri
- Işık gibi çeşitli fiziksel faktörler
- Hormonlar

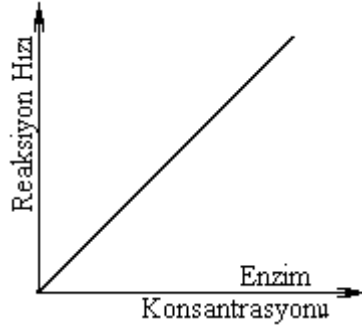
Bir enzimatik reaksiyonda, reaksiyon hızı bu faktörlerden değişik derecelerde etkilenmektedir. Ancak enzimatik reaksiyonlarda faktörler arası etkileşim de önemli olmaktadır. Örneğin, bir enzimin en iyi aktivite gösterdiği pH değeri farklı ortam

sıcaklıklarından etkilenecek 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.

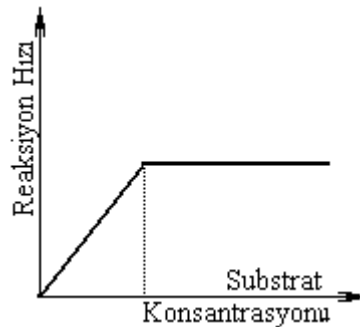
Enzim konsantrasyonu arttıkça enzim hızı da doğru orantılı olarak artar(Şekil 2.1). Ortamdaki her enzim molekülü bağımsız çalıştığı için, ne kadar enzim molekülü varsa o kadar çabuk gelişen bir reaksiyon söz konusudur.



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).

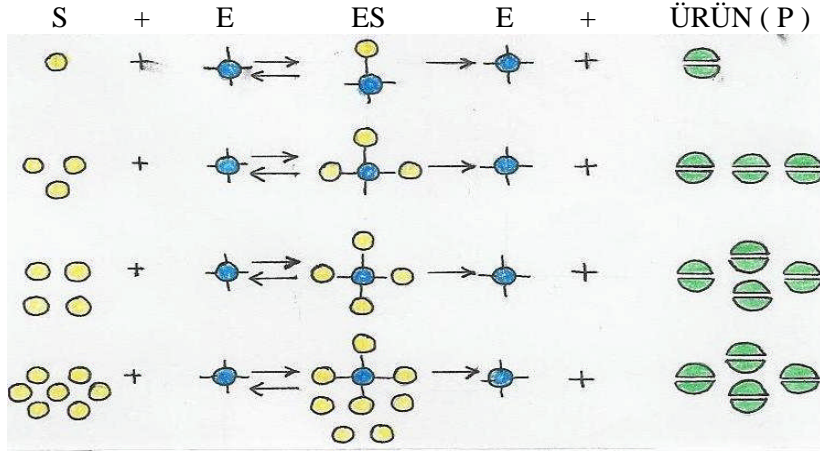


Şekil 2.2: Substrat konsantrasyonunun enzim hızına etkisi

- Enzim ile substrat, $E + S \longrightarrow E-S$ halinde 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.

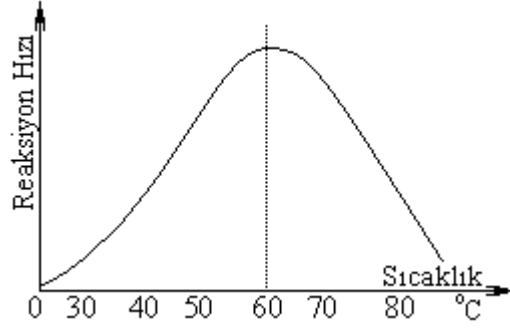


Şekil 2.3: Enzim-substrat konsantrasyonunun etkisi

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

2.1.3. Sıcaklık

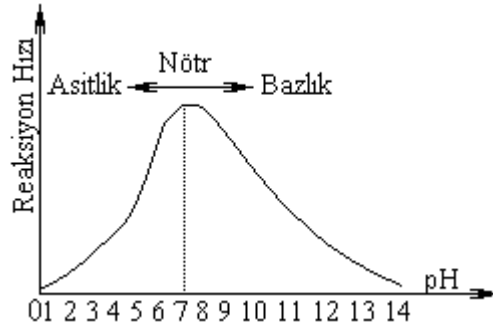
Sıcaklık, enzimlerin hem hızını hem de stabilitesini etkileyen önemli bir faktördür. Bütün diğer koşullar standardize edildiğinde, reaksiyon ortamının sıcaklığı arttıkça reaksiyon hızı da belli bir noktaya kadar atmaktadır. Bu noktadan sonraki sıcaklık artışlarında enzim hızında ani düşüşler meydana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



Şekil 2.4: Sıcaklığın enzim hızına etkisi

2.1.4. Ortamın pH'si

pH derecesi ortamın asitlik ve bazlık derecesini ifade eder ve 0 – 14 arasında değişir. Ortam pH'si enzimatik reaksiyonların çoğunda hızı etkileyen önemli bir faktördür. Her enzimin optimum çalıştığı bir pH aralığı vardır ve bu pH'ye "optimum pH" denilmektedir. Optimum pH'den daha düşük ve yüksek pH derecelerinde enzim aktivitesi düşer.



Şekil 2.5: pH'nin enzim hızına etkisi

Şekilden de görülebileceği gibi birçok enzim nötr pH'de optimum aktivite gösterir ve enzimlerin pH eğrileri çan şeklindedir ve enzim hızı pH'nin her iki yanında da giderek azalmaktadır.

Enzimlerin optimum pH'leri 2 – 10 arasında değişmektedir. Örneğin, pepsinin optimum pH'si 2 iken, alkalın fosfatazın pH'si 10' dur. Çizelge 2.1' de bazı enzimlerin optimum pH'leri 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 fasülyesi)	7–9
Pepsin (sığır)	2
Peroksidaz (incir)	6
Polifenol oksidaz (şeftali)	6

Tablo 2.1: Bazı enzimlerin optimum pH'leri

2.1.5. 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.

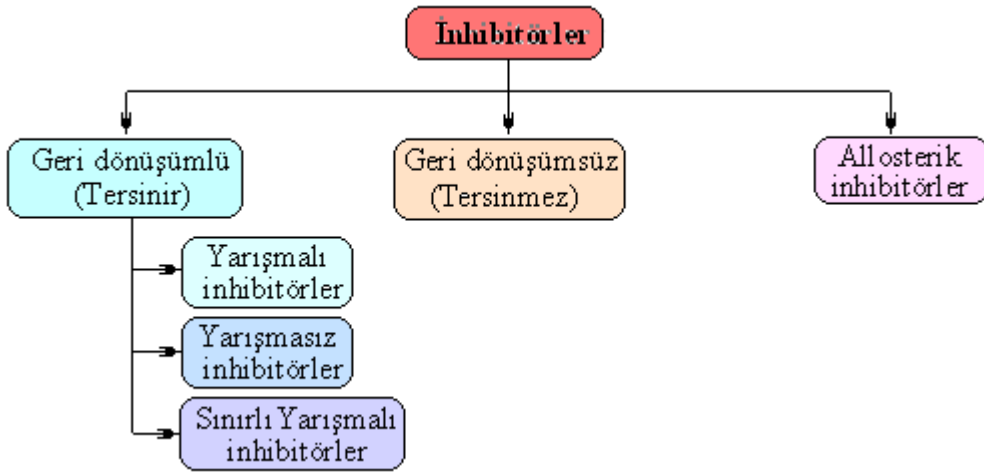
Enzimlerin büyük bir kısmı işlevlerini su içerisinde gösterdiğinden, suyun miktarı da enzim aktivitesinde etken bir koşuldur. Genellikle % 15'in altında su içeren ortamlarda, enzimler çalışmazlar. Reçel ve pekmez yapımında bu faktör önemlidir. Sulandırılan reçelin, balın ya da pekmezin ekşimesi bu yüzdendir.

Kuru ortamda enzimler sıcaklığa daha fazla dayanır. Nem arttıkça enzimlerin sıcaklığa karşı duyarlılığına da 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 3 başlıkta incelenebilmektedir:

- Tersinir-geri dönüşümlü (reversible)
- Tersinmez-geri dönüşümsüz (irreversible)
- Allosterik inhibitörler (Şekil 2.6)

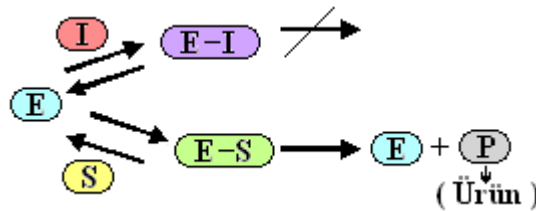


Şekil 2.6: İnhibitörlerin gruplandırılması

➤ 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.

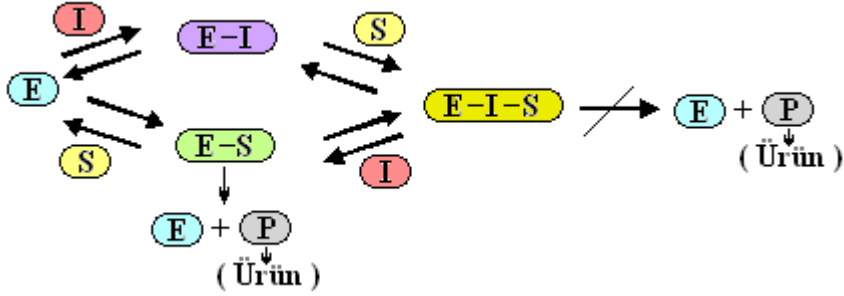
Bu tip inhibisyonu azaltmak içinde ortamdaki substratın konsantrasyonunu artırılarak enzimle substratın birleşme şansını çoğaltılır.



Şekil 2.7: Yarışmalı inhibitörün etkisi

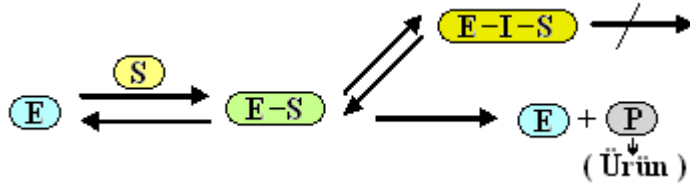
- **Yarışmasız (Uncompetitive) inhibitörler** ise substrata hiç benzemez veya çok az benzer. Yarışmasız inhibitör enzime aktif merkez dışında bir bölge üzerinden bağlanır. Bu nedenle, substrat ile inhibitör arasında enzimle kompleks oluşturma yönünde bir yarışma olmaz. Bu durumda:

- 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.
- Fakat enzim geri dönüşümlü olarak E-I-S kompleksinden ayrılarak tekrar serbest hale geçebilir ve enzim substrat ile E-S kompleksi yaparak ürün oluşturabilir.



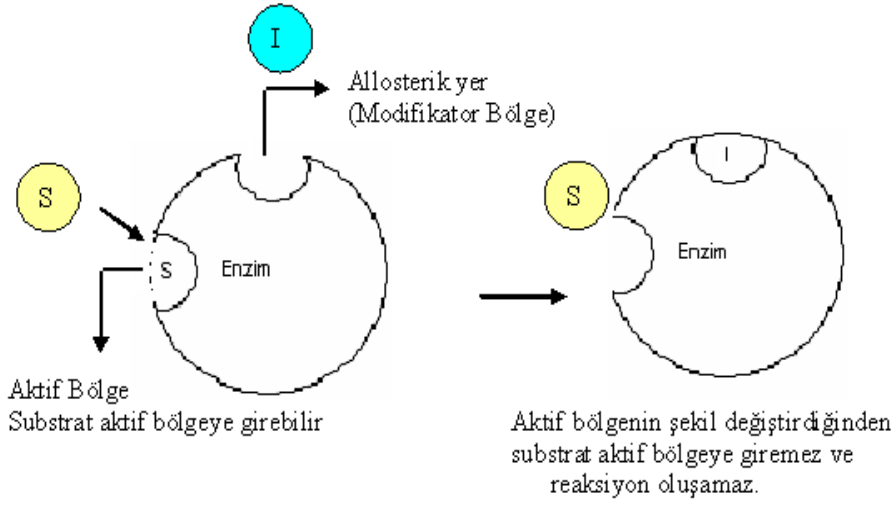
Şekil 2.8:Yarışmasız inhibitörün etkisi

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



Şekil 2.9: Sınırlı yarışmalı inhibitörün etkisi

- **Geri dönüşümsüz inhibitörler**, enzime kovalent bağlarla geri dönüşümsüz olarak bağlanırlar. İnhibitörün 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 oluşurlar. Allosterik inhibitörler enzimlerin aktif merkez dışında modülatör=modifikatör denilen bölgesine bağlanırlar.
 - Bu bağlanma sonucunda, enzimin aktif merkezinde şekilsel bir değişim meydana gelir ve substrat enzime birleşemez.
 - Sonuçta E-S kompleksi ve ürün oluşmaz(Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Allosterik inhibitörlerin çalışma mekanizması

2.1.7. 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.

2.1.8. 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 etmezler. Gıdaların basınçla muamelesi polipeptit yapısında birkaç alt birimden oluşmuş enzimler üzerinde daha etkilidir. Daha yüksek basınçta bu alt birimler dağılarak enzim aktivite olur.

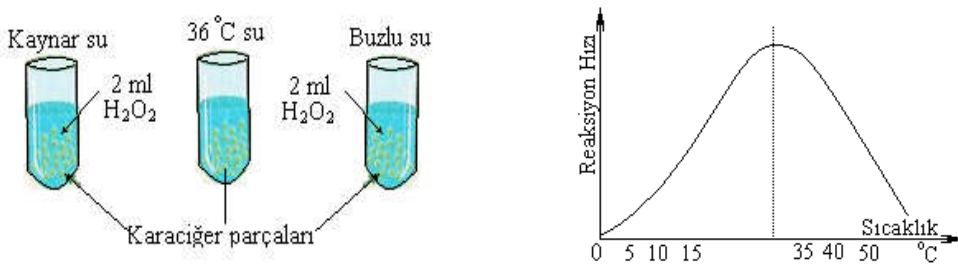
2.2. Enzim Faaliyetlerini Kontrol Altına Alma

Gıda endüstrisinde enzim aktivitesinden ileri gelen istenmeyen değişiklikleri önlemek için enzimlerin kontrolü yani enzim faaliyetinin önlenmesi gerekir. Bunun içinde 1. faaliyette açıklanan enzimlerin özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Enzimin faaliyet gösterebilmesi için substratı ile temas etmesi gerekir ki çoğu zaman bunu önlemek güçtür.

- **Sıcaklık:** Her kimyasal reaksiyon gibi enzimli reaksiyonlar da sıcaklık düşmesi ile yavaşlar, sıcaklığı yükseltmekle enzimler tamamen inaktif edilirler. Fakat

soğutma, enzim faaliyetini tamamıyla durdurmaz. Gıdaların düşük sıcaklık derecelerinde muhafazası veya gıdalara yüksek sıcaklıklarda bazı haşlanma, pastörizasyon, sterilizasyon gibi ısıl 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 gösterebilirler. Buna göre de soğukta veya dondurarak gıda muhafazasında enzimatik bozulmalar geciktirilmekte ve böylece de ürünün raf ömrü uzatılmaktadır. Ancak enzimler bu koşullarda çok düşük de olsa aktivite gösterebilmekte ve 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 hale geçer. Buna göre de çiğ sütte bulunan ve çiğ süütün uygun olmayan koşullarda muhafazası sırasında aktivite kazanan lipazlar da denatürasyona uğrar ve lipazların neden olduğu süt yağının acılaşması sorunu da ortadan kalkar. Yine ısıl işlem uygulanması ile çiğ sebze sebzelerde bulunan ve bozulma etkeni olabilen polifenol oksidaz, lipoksidoz, klorofilaz ve askorbik asit oksidaz gibi enzimler inaktive olarak neden oldukları bozulmalarda engellenmiş olur (Şekil 2.11).
- Ürünün kendi enzimi ile mikroorganizmalar tarafından getirilen enzimleri ayırt etmek gerekir. Enzimlerin inaktive olduğu ısı derecelerinde birçok mikroorganizma da inaktif hale gelir. Fakat spor yapanlar 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 2.11: 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: Enzim** aktivitesini kontrol etmek için ürünün yeterli kurulukta olması ve kuruluğunu sürdürmesi gerekir. Tahıllar %13 nemde aylar veya 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.
- **Ürünün pH'sini değiştirmekle** de bazen enzim kontrolü sağlanabilir. Örneğin, istenmeyen fenolaz aktivitesini durdurmak için ortamın pH'sini fenolazın optimum değeri olan 6.5'in altına düşürülür.




Enzimlerin optimum pH'si çeşitli koşullara bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Optimum pH de 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 yapılabilir.
- **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 bulunduğu da enzimlerin inaktive oldukları görülmüştür. Ancak bu etki sıcaklığa bağlıdır ve enzimler düşük sıcaklıklarda bu etki karşısında daha kararlıdır.

Bu kimyasal maddelerin yiyeceklerde kullanılmasından önce zararlı olmadıklarının saptanması gerekir.

UYGULAMA FAALİYETİ

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

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Bir patatesi alarak dörde bölünüz.</p> 	<ul style="list-style-type: none">➤ Bilgi sayfalarını çalışınız.➤ Patatesi yıkayınız.➤ Bıçağın temiz olmasına dikkat ediniz.➤ Bıçağı kullanırken dikkatli olunuz.
<p>➤ Birinci parçayı içinde su bulunan behere koyunuz.</p> 	<ul style="list-style-type: none">➤ Beherin temiz olmasına dikkat ediniz.➤ Patatesin suyun içine batmasını sağlayınız.
<p>➤ İkinci parçayı ısı ile muamele ediniz.</p> 	<ul style="list-style-type: none">➤ Isıtma işlemi için bek ya da daha iyisi su banyosu kullanabilirsiniz.➤ Su banyosunu çalıştırmadan önce bağlantı kablolarını kontrol ediniz.➤ Su banyosunun sıcaklığını 70–80°C’de ayarlayınız.➤ Bu sıcaklık derecesinin nedenini arkadaşlarınızla tartışınız.
<p>➤ Üçüncü parçayı asitle muamele ediniz.</p>	<ul style="list-style-type: none">➤ Asitle çalıştığınızı unutmayınız ve iş güvenliğine dikkat ediniz.➤ ÇEKER OCAK içinde çalışınız.

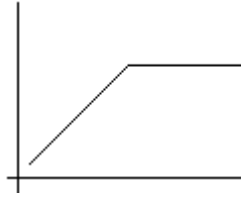
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Elinize asit değđiđinde bol su ile yıkayınız. ➤ Asit üzerine su dökmeyiniz.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dördüncü parçayı oksijensiz ortamda bekletiniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Piyasada vakum yapan küçüğ kaplar ve poşetler bulunmaktadır. Yararlanabilirsiniz. ➤ Behere kapattığınız alüminyum folyonun sıkı olmasını sağlayınız. ➤ Gözlemlerinizde dikkatli olunuz.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Her 4 olayı gözleyiniz. ➤ Oluşan ve oluşmayan değışiklikleri karşılaştırınız. Oluşan ve oluşmayan değışikliklerin nedenlerini açıklayınız ve arkadaşlarınız ile tartışınız. 	 <ul style="list-style-type: none"> ➤ Oluşan ve oluşmayan değışikliği nedenleriyle birlikte bir deftere kayıt ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet sonunda kazandıklarınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

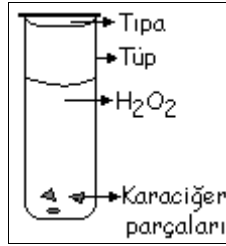
1. Enzimleri optimum pH'ları arasında değiştir.
A) 2–10
B) 1–7
C) 7–14
D) 1–14 pH
E) Hiçbiri
2. E-S kompleksine bağlanarak enzimi inhibe eden inhibitörleredenir.
A) Yarışmalı inhibitörler
B) Aktivatörler
C) Sınırlı yarışmalı inhibitörler
D) Yarışmasız inhibitörler
E) Substrat
3. Substrata benzemeyen ve enzime aktif merkez dışında diğer bölge üzerinden bağlanan inhibitörlerdenir.
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) Karbohidrazlar
C) Proteolitik enzimler
D) lipazlar
E) Liyazlar
5. Bazı enzimlerin aktivitelerini arttırmak içinadı verilen iyonlar veya küçük moleküllere ihtiyaç duyarlar.
A) Aktivatörler
B) Basınç
C) Kofaktör
D) İnhibitörler
E) pH



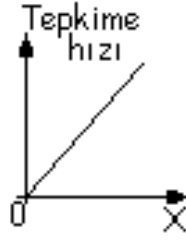
6. B enzimi ortamda bulunan substratla tepkimeye girdiğinde yandaki grafik gözlemlenmektedir. Ortama Hg^{+2} ilave edildiğinde reaksiyon hızında düşme görülmüştür.

Bunun nedeni aşağıdakilerden hangisi ile açıklanır?

- 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 artırılması
 - D) Aktivatörün etkisinin artırılması
 - 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) $0^\circ C$
 - B) $10^\circ C$
 - C) $20^\circ C$
 - D) $35^\circ C$
 - E) $50^\circ C$



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 çeşidi iç içe faaliyet göstererek birbirinin görevlerini aksatmamaları 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

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

- () Kuru ortamda enzimler daha iyi çalışırlar.
- () Allosterik inhibitörler yapısında aktif merkez dışında modifikatör adı verilen bir başka bölge daha bulundurulur.
- () Sıcaklık enzimlerin hem hızını hem de stabilitesini etkileyen önemli bir faktördür.
- () Enzim miktarı sabit tutulduğu bir ortamda substrat yoğunluğu arttıkça, tepkimenin hızı yavaşlar.
- () Yarışmalı inhibitörün yapısı ve şekli substratınkine 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.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Bilgi sayfalarını çalıştınız mı?		
2. Karnabahar, elma ve kullanacağınız araçlar hazır mı?		
3. Kullanacağınız araçlar temiz mi?		
4. Karnabahar ve elmayı yıkayıp küçük parçalara ayırdınız mı?		
5. İki ayrı behere parçaları koydunuz mu?		
6. Üzerine su eklediniz mi?		
7. Su banyosunu çalıştırmadan önce bağlantı kabloları fişe takılı mı?		
8. Su banyosunun sıcaklığını 70–80°C’te 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 behere parçaları koydunuz mu?		
12. Vakum yaparak havayı çektiniz mi?		
13. Oluşan değişikliği nedenleriyle birlikte bir deftere kaydettiniz mi?		
14. Oluşan ya da oluşmayan değişikliklerin nedenini açıklayabiliyor musunuz?		
15. Dikkatli çalıştınız mı?		
16. Araç, gereçleri özenli kullandınız mı?		
17. Çalışmalarınızı yaparken temiz ve dikkatli davrandınız mı?		

18. Deney sonrası ortam ve araç temizliğinizi yaptınız mı?		
19. Gözlemlerinizi rapor haline getirip sınıfta tartıştınız mı?		
20. alışmalarınız sırasında sanitasyon kurallarına uymaya özen gösterdiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütüm cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet sonunda kazandıklarınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

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

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

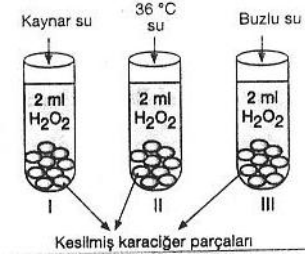
Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.

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 soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

5. Enzim miktarının sabit tutulduğu bir ortamda substrat yoğunluğu arttıkça aşağıdakilerden hangisi olur?
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 bağı 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 (O₂) 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. 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

- 4 adet deney tüpü alınız.1.tüpü tüplükte boş bırakınız. Diğer 3 tüpe kürdan ucunun aldığı kadar mangan dioksit koyunuz ve tüplüğe yerleştiriniz.
- 2., 3. ve 4. tüplere sırasıyla patates, ıspanak ve soğan parçalarını yerleştiriniz.Her bir tüpe 3'er ml hidrojen peroksit ekleyiniz. Yaptığınız işlemleri değerlendirme tablosu ile kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Bilgi sayfalarını çalıştınız mı?		
2	Malzeme ve araç gereçleriniz hazır mı?		
3	Beş temiz tüpü tüplüğe yerleştirdiniz mi?		
4	Her tüpe kürdan ucu kadar mangan dioksit koydunuz mu?		
5	Patates, ıspanak ve soğanı temiz bir bıçakla çok ince doğradınız mı?		
6	İkinci tüpe patates parçalarını yerleştirdiniz mi?		
7	Üçüncü tüpe ıspanak parçalarını yerleştirdiniz mi?		
8	Dördüncü tüpe soğan parçalarını yerleştirdiniz mi?		
9	Tüpleri patates parçalarını yerleştirdiniz mi?		
10	Tüplerin üzerine 3'er ml hidrojen peroksit eklediniz mi?		
11	Oluşan ve oluşmayan değişiklikleri nedenleri ile açıklayabildiniz mi?		
12	Dikkatli çalıştınız mı?		
13	Araç, gereçleri özenli kullandınız mı?		
14	Çalışmalarınızı yaparken temiz ve dikkatli davrandınız mı?		
15	Deney sonrası ortam ve araç temizliğinizi yaptınız mı?		
16	Gözlemlerinizi rapor haline getirip sınıfta tartıştınız mı?		
17	Çalışmalarınız sırasında sanitasyon kurallarına uymaya özen gösterdiniz 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	D
10	D
11	Y
12	Y
13	Y
14	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	Y
12	D
13	D
14	Y
15	D

MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

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

KAYNAKÇA

- Bilim ve Kültür Eserleri Dizisi, **Genel Biyoloji**, Devlet Kitapları, Ankara, 1972.
- BOYHAN Mehmet, Nazife Hançer, **Biyokimya ve Besin Kimyası**, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1987.
- ÇELİK Turan, **ÖSS Biyoloji**, FDD yayınları, Ankara, 2006.
- FENNAMA R., **Owen Food Chemistry**, New York, 1996.
- IŞIKSOLUGU Müberra, **Beslenme**, Milli 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**, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul 1981.
- www.aof.edu.tr
- www.wikipedia.org
- www.fao.org
- www.biltek.tubitak.gov.tr