Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-6320-2

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

GIDA TEKNOLOJİSİ ALANI **GIDA KİMYASI** 10 DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

GIDA
KİMYASI



GIDA TEKNOLOJİSİ ALANI

10

DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

GIDA TEKNOLOJİSİ ALANI

GIDA KİMYASI

10

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Ayşe Sena KORKMAZ

Çağla YAZICI DEMİR

Fatma Sema AKSOY

Gül BUĞULU ERDEMİR

Şerife Ayça BARAN

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI ..... : 7954
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ ..... : 1882

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

DİL UZMANI
Serap DEĞİRMENCİOĞLU

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME UZMANI
Fatma YILMAZ

PROGRAM GELİŞTİRME UZMANI
Erkan AKGÜN

REHBERLİK UZMANI
Sümeyye Betül HALLAK

GÖRSEL TASARIM UZMANI
Nazlı ORTAN ÖZGÜR

ISBN: 978-975-11-6320-2

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

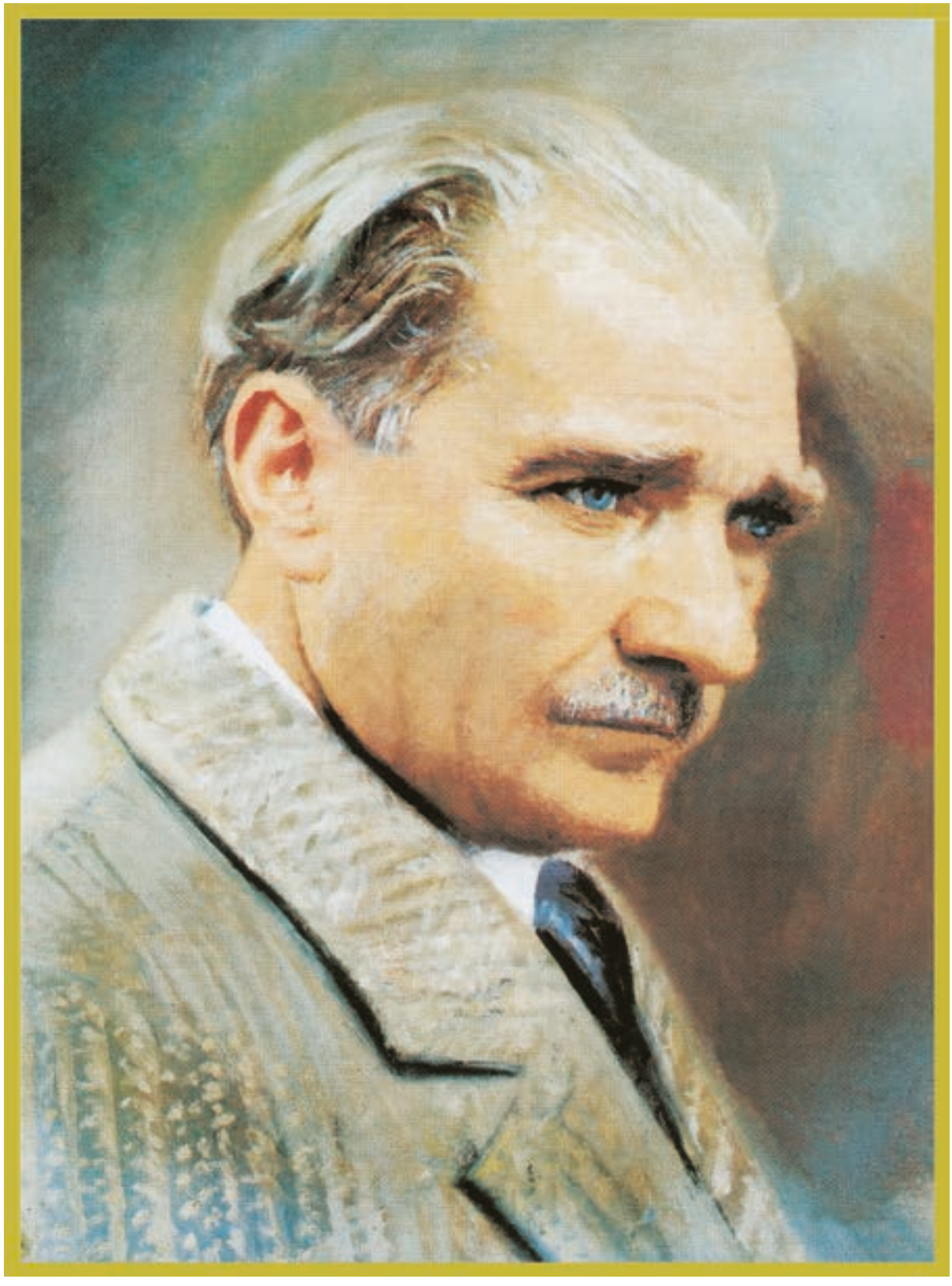
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİNİN TANITIMI **12**

1. ÖĞRENME BİRİMİ

KARBONHİDRATLAR **14**

1.1. KARBONHİDRATLARIN YAPILARI VE ÇEŞİTLERİ **16**

1.1.1. Karbonhidratların Oluşumu 16
1.1.2. Karbonhidratların Vücuttaki Görevleri 18
1.1.3. Karbonhidratların Genel Özellikleri 19
1.1.4. Karbonhidratlarla İlgili Enerji Hesaplamaları 22
1.1.5. Karbonhidratların Sınıflandırılması 24

1. Ölçme ve Değerlendirme **25**

1.2. KARBONHİDRATLARIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ **27**

1.2.1. Monosakkaritler 27
1.2.2. Disakkaritler ve Oligosakkaritler 32
1.2.3. Polisakkaritler 35
1.2.4. Karbonhidratların Reaksiyonları 39

2. Ölçme ve Değerlendirme **50**

2. ÖĞRENME BİRİMİ

LİPİTLERLER **52**

2.1. LİPİTLERİN YAPILARI VE ÇEŞİTLERİ **54**

2.1.1. Lipitlerin Genel Özellikleri 54
2.1.2. Lipitlerin Sınıflandırılması 55
2.1.3. Yağ Asitlerinde İzomeri 61
2.1.4. Lipitlerin Enerji Değeri ve Kaynakları 64
2.1.5. Yağların Vücuttaki Görevleri 66

1. Ölçme ve Değerlendirme **69**

2.2. LİPİTLERİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ **70**

2.2.1. Yağların Fiziksel Özellikleri 70
2.2.2. Yağların Kimyasal Özellikleri 72
2.2.3. Kızartma Yağları 75
2.2.4. Trans Yağlar 77
2.2.5. Yağların Kalite İndeksleri 77

2. Ölçme ve Değerlendirme **87**

3. ÖĞRENME BİRİMİ

PROTEİNLER **88**

3.1. PROTEİNLERİN YAPILARI VE ÇEŞİTLERİ **90**

3.1.1. Amino Asitler 90
3.1.2. Amino Asitlerin Yapısı 91
3.1.3. Amino Asitlerin Sınıflandırılması 91

3.1.4. Bazı Amino Asitlerin Temel Özellikleri ve İşlevleri 93
3.1.5. Amino Asitlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 94
3.1.6. Proteinlerde Peptit Bağı Oluşumu 96
1. Ölçme ve Değerlendirme 100
3.2. PROTEİNLERİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ 101
3.2.1. Proteinlerin Yapısal Özellikleri 102
3.2.2. Proteinlerin Bazı işlevsel Özellikleri 105
3.2.3. Proteinlerin Sınıflandırılması 107
3.2.4. Protei Gereksinimi Hesaplamaları 114
3.2.5. Proteinlerin Vücuttaki Görevleri 114
3.2.6. Protein Kaynakları 115
3.2.7. Proteinlerin Gıda Sanayinde Kullanımı 119
2. Ölçme ve Değerlendirme 124
4. ÖĞRENME BİRİMİ
VİTAMİNLER 126
4.1. VİTAMİNLER 128
4.1.1. Vitaminlerin Önemi 129
4.1.2. Vitaminlerin Sınıflandırılması 129
4.1.3. Vitaminlerin Vücuttaki Görevleri 136
4.1.4. Vitaminlerin Gıda Sanayinde Kullanım Alanları 136
1. Ölçme ve Değerlendirme 137
4.2. MİNERAL MADDELER 138
4.2.1. Minerallerin Önemi ve Vücuttaki Görevleri 139
4.2.2. Mineral Maddelerin Sınıflandırılması 141
4.2.3. Minerallerin Gıda Sanayinde Kullanım Alanları 147
2. Ölçme ve Değerlendirme 151
5. ÖĞRENME BİRİMİ
ENZİMLER 152
5.1. ENZİMLER 154
5.1.1. Enzimlerin Yapısı 154
5.1.2. Enzim-Substrat İlişkisi 156
5.1.3. Enzimlerin Adlandırılması 157
5.1.4. Enzimlerin Sınıflandırılması 157
5.1.5. Gıda Sanayinde Kullanılan Enzimler 158
1. Ölçme ve Değerlendirme 163
5.2. ENZİM AKTİVİTESİ 164
5.2.1. Enzim Aktivitesini Etkileyen Etmenler 164
5.2.2. Gıda Kontrolünde Enzimlerin Önemi ve Kullanımı 168
5.2.3. Enzim Faaliyetlerini Kontrol Altına Alma 170
2. Ölçme ve Değerlendirme 173

6. ÖĞRENME BİRİMİ

GIDALARDA TOKSİK MADDELER 174

6.1. GIDALARDA BULUNAN TOKSİK MADDELER 176

6.1.1. Gıdalarda Bulunan Toksik Maddelerin Sınıflandırılması 176
6.1.2. Mikrobiyal Toksinler 181

1. Ölçme ve Değerlendirme 185

6.2. GIDALARA BULAŞAN TOKSİK MADDELER 186

6.2.1. Çevresel Kirleticiler 187
6.2.2. Pestisit Kalıntıları (Tarım İlaçları) 188
6.2.3. Veteriner İlaçlarından Antibiyotik Kalıntıları 189
6.2.4. Gıdalarda Pişirme Sırasında Oluşan Toksik Maddeler 190
6.2.5. Ambalaj Malzemelerinden Gıdaya Taşınan Kirleticiler 192
6.2.6. Deterjan / Dezenfektan Kalıntıları 194

2. Ölçme ve Değerlendirme 197

7. ÖĞRENME BİRİMİ

GIDALARDAKİ PİGMENTLER VE FENOLİK BİLEŞİKLER 198

7.1. GIDALARDA BULUNAN DOĞAL RENK MADDELERİ 200

7.1.1. Fenolik Bileşikler 201
7.1.2. Bitkisel Pigmentler 208
7.1.3. Gıda Endüstrisinde Fenolik Bileşikler ve Bitkisel Doğal Renk Maddeleri 211

1. Ölçme ve Değerlendirme 212

7.2. HAYVANSAL PİGMENTLER 213

7.2.1. Myoglobin ve Hemoglobin 213
7.2.2. Gıda Endüstrisinde Hayvansal Pigmentlerdeki Değişimler ve İşlevleri 213

2. Ölçme ve Değerlendirme 219

8. ÖĞRENME BİRİMİ

SU 220

8.1. İÇİLEBİLİR NİTELİKTEKİ SUYUN ÖZELLİKLERİ 222

8.1.1. Suyun Duyusal, Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri 224
8.1.2. Su Sertliği 230

1. Ölçme ve Değerlendirme 233

8.2. GIDADA BULUNAN SU 234

8.2.1. Suyun Gıdalarda Bulunuş Şekilleri 235
8.2.2. Su Aktivitesi 235

2. Ölçme ve Değerlendirme 243

CEVAP ANAHTARLARI 244

KAYNAKÇA 246

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenilmesi hedeflenen kavramları gösterir.

Öğrenme biriminde uygun görseli gösterir.

Öğrenme kazanımlarını gösterir.

Öğrenme birimi konularını gösterir.



Etkileşimli ders materyali, video, ses, animasyon, uygulama, oyun, soru vb. ilave kaynaklara ulaşabileceğiniz karekodu gösterir.

Konu alt başlığını gösterir.

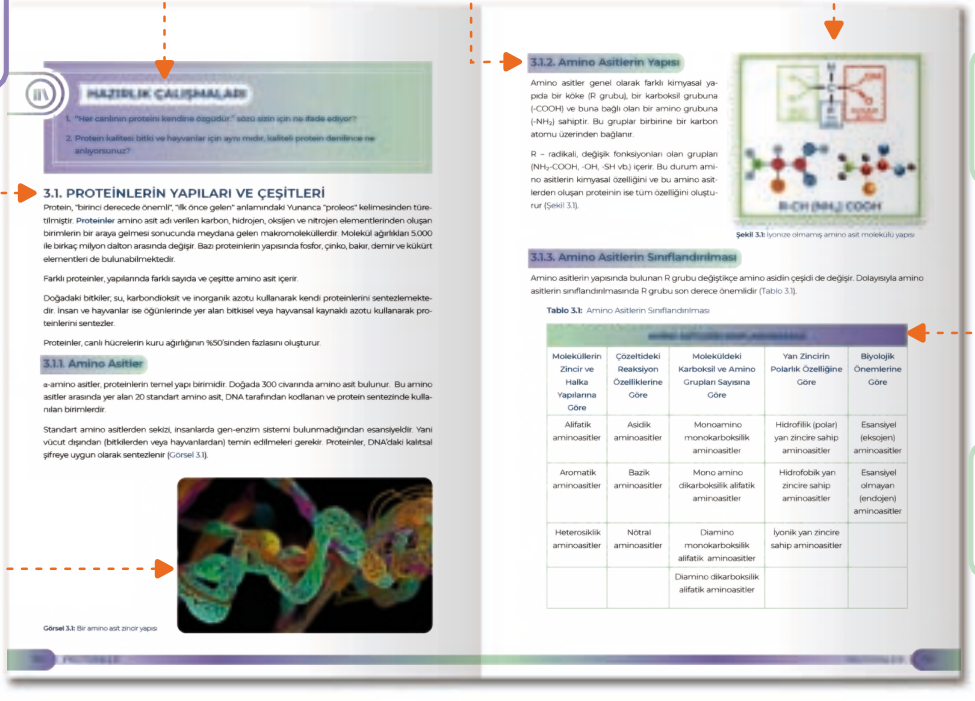
Hazırlık çalışmalarını gösterir.

Konu ile ilgili şekli gösterir.

Konu başlığını gösterir.

Konu ile ilgili tabloyu gösterir.

Konu görselini gösterir.

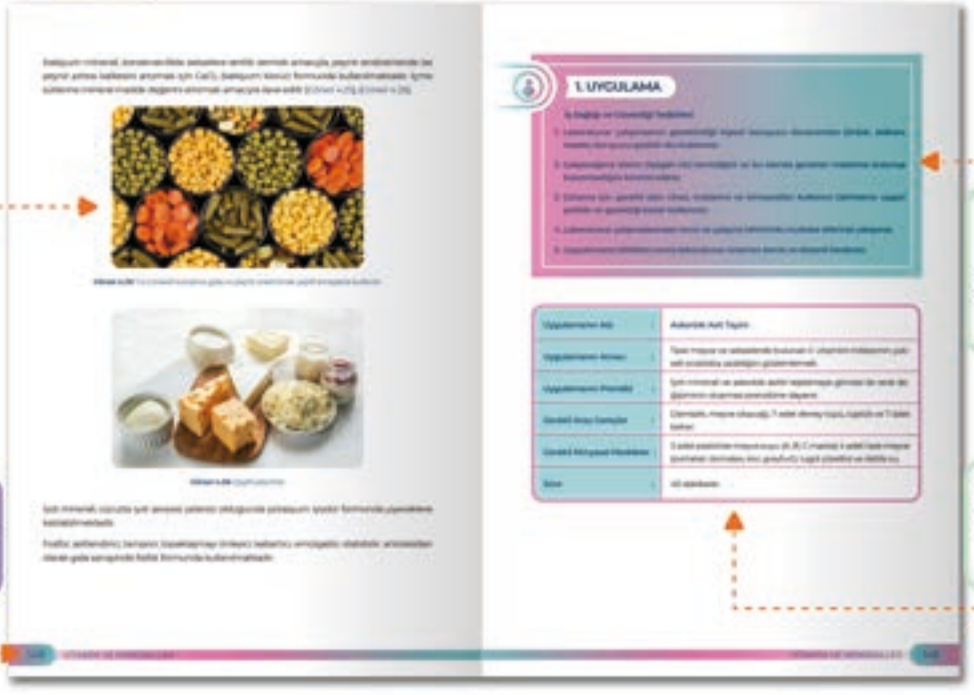


Öğrenme birimine ait görseli gösterir.

İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini gösterir.

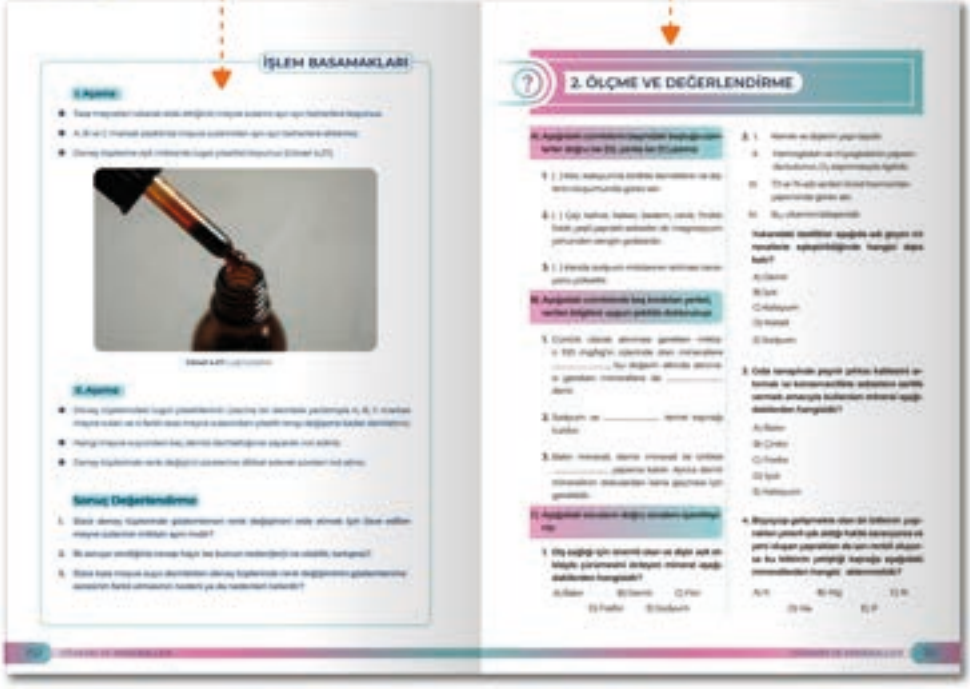
Sayfa numarasını gösterir.

Uygulama tablosunu gösterir.



Uygulama işlem basamaklarını gösterir.

Ölçme değerlendirme sorularını gösterir.



1.

ÖĞRENME BİRİMİ

KARBONHİDRATLAR



KONULAR

1.1. KARBONHİDRATLARIN YAPILARI VE ÇEŞİTLERİ

1.2. KARBONHİDRATLARIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Besin ögesi
- Karbonhidrat
- Aldehit-keton
- İnvert şeker
- Maillard
- Laktoz intolerans

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Karbonhidrat çeşitlerini
- Karbonhidratların yapılarını ve özelliklerini
- Önemli karbonhidratları ve karbonhidratların gıda endüstrisindeki yerini

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Ekmek neden bayatlar? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Karbonhidrat kaynağı olan gıdalar neden aynı oranda tatlı değildir?

1.1. KARBONHİDRATLARIN YAPILARI VE ÇEŞİTLERİ

Besinlerin bileşiminde bulunan organik ve inorganik maddelere **besin ögeleri** denir. **İnorganik maddeler**; canlı vücudunda sentezlenmeyip dışarıdan alınan, enerji vermeyen ancak metabolik rekasiyonlar için gerekli olan maddelerdir. **Organik maddeler** ise canlı vücudunda sentezlenebilen, enerji veren yapıcı ve onarıcı maddelerdir. Besinlerin içeriğinde bulunan organik ve inorganik maddelerde yapılarına ve görevlerine göre 40'ı aşkın besin ögesi vardır ve bunlardan biri de karbonhidratlardır.

Karbonhidratlar, yeryüzünde en yaygın ve en bol miktarda bulunan organik bileşiklerdir. Bulundukları ürünlerin çeşitliliği ve bu ürünlerin tüketimi oldukça fazladır. **Karbonhidratlar**, tüm canlıların metabolizmasında rol alan temel yapılardır ve canlılar için önemli bir enerji kaynağıdır. Toksik (zehirli) etki göstermez ve doğada parçalanabilir özelliktedir.

Yapıları basitten karmaşığa doğru değişen çok sayıda karbonhidrat bileşiği vardır. Kimyasal ve biyokimyasal değişime açık olan bu bileşiklerin uğradığı reaksiyonlardan gıda endüstrisinde yararlanılmaktadır.

1.1.1. Karbonhidratların Oluşumu

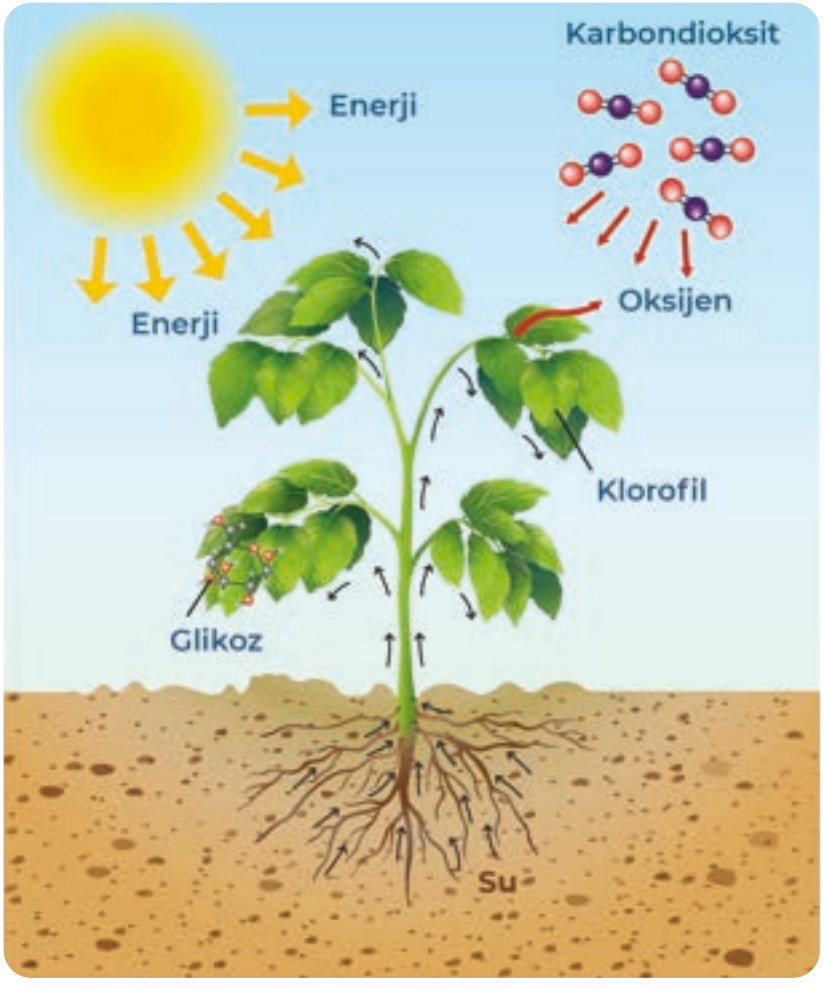
Karbonhidratlar, tüm canlılar için çok önemlidir. Bitkisel ve hayvansal dokularda bulunmalarının yanı sıra mikroorganizmalarda da farklı yapı ve oranlarda bulunur (Tablo 1.1).

Tablo 1.1: Bazı Besinlerin Karbonhidrat İçerikleri

GIDA MADDESİ	% KARBONHİDRAT İÇERİĞİ
Çay şekeri	99
Bal ve pekmez	70-75
Tahıllar	70-75
Kuru baklagiller	55-60
Meyveler	15-18
Yağlı tohumlar	15-17
Sebzeler	8-10

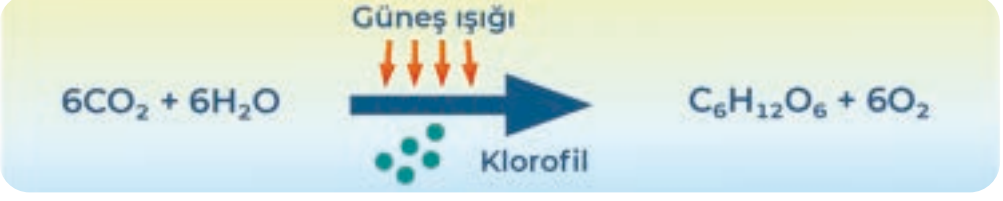
Karbonhidratların çoğu bitkisel kökenlidir. Yeşil bitkilerde fotosentez sonucu oluşur. Bitkiler, güneş enerjisini kullanarak karbondioksit (CO_2) ve suyu (H_2O) şekere yani karbonhidrata dönüştürür. Böylece bitkisel organizma, temel olarak karbonhidratlardan oluşur. Fotosentez yoluyla üretilen bu karbonhid-

ratlar, bitkisel ürünlerin kullanımı vasıtasıyla, fotosentez yapmayan diğer organizmaların yapısına taşınmış olur. Bu sayede karbonhidratlar, sadece fotosentez yapan bitkiler için değil tüm canlı organizmalar için de enerji kaynağı olarak kullanılır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Fotosentez olayı

Güneş ışığı kimyasal enerji kaynağıdır. Bitkilerin yapısında bulunan klorofil, güneş ışığının tutulmasını sağlar. Su (H_2O) ve karbondioksitin (CO_2) de katılımıyla karbonhidrat ($C_6H_{12}O_6$) ve oksijen (O_2) oluşur (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Fotosentez reaksiyonu

Karbonhidrat yapısı analiz edildiğinde genellikle C (karbon), H (hidrojen), ve O (oksijen) olmak üzere üç elementten oluşur. C ve H elementleri arasında ise 1 / 2 oranı vardır. Buradan kaynakla karbonhidratların kapalı formülü genel olarak **$C_nH_{2n}O_n$** şeklinde gösterilir. Bazı karbonhidratların kapalı formül olarak gösterimi daha farklı olabilir. Örneğin yapılarında C, H ve O dışında N (azot), P (fosfor) gibi başka elementler de bulunabilir.

Karbonhidratların molekül büyüklükleri glikoz, sakkaroz gibi küçük molekül ağırlığına sahip monomer yani tekli yapıdaki küçük şekerlerden; nişasta, selüloz gibi daha büyük molekül ağırlığına sahip polimer yani çoklu yapıdaki büyük şekerlere kadar çeşitlilik gösterir. Polimer yapıdaki bu karbonhidratlar bir ya da birden çok monomer yapıdaki karbonhidratın bir araya gelmesiyle oluşur. Örneğin amilopektin polimeri, sadece glikoz monomerlerinin birleşmesinden oluşur. Daha kompleks (karmaşık) yapıdaki bir pentozan polimerinin yapısında şekerlerin yanında lipit, protein gibi yapılar da bulunur.

Şekerlerin özellikle de tekli (mono) ve çiftli (di) yapıdaki basit şekerlerin isimleri "-oz" son eki ile biter. Örneğin glikoz, laktoz gibi.

1.1.2. Karbonhidratların Vücuttaki Görevleri

Karbonhidratların insan vücudunda bulunan 5 temel görevi şunlardır:

- Enerji üretimi
- Enerji depolama
- Makromoleküllerin yapımı
- Protein koruyucu
- Lipit koruyucu

1.1.2.1. Enerji Üretimi

Karbonhidratların temel görevi, vücuttaki tüm hücrelere enerji sağlamaktır. Vücudumuzdaki hücrelerin büyük çoğunluğu enerji kaynağı olarak glikozu tercih eder. Bu nedenle vücudun enerji sağlamak için başvuracağı ilk besin ögesi karbonhidrattır. Bazı hücreler (kırmızı kan hücreleri vb.) yalnızca glikozdan hücresel enerji üretebilir. Bununla birlikte beyin, kandaki düşük glikoz seviyesine karşı oldukça hassas olduğundan enerji ve fonksiyon üretmek için sadece glikozu kullanır (aşırı açlık söz konusu olmadığı durumlarda) (Görsel 1.1). Sindirimle vücuda giren glikozun yaklaşık %70'i karaciğer tarafından diğer dokularda kullanılmak üzere yeniden kana dağıtılır.



Görsel 1.1: Beynin enerjisi glikoz

Günlük alınan enerjinin %55-60'ı karbonhidratlardan karşılanır.
1 g karbonhidrat 4 kcal (kilokalori) enerji verir.

1.1.2.2. Enerji Depolama

Vücut, enerji sağlamak için önce mevcut glikozu kullanır. Eğer vücut, fonksiyonlarını sağlamak için yeterli enerjiye sahipse fazla glikozu, çoğunluğu kas ve karaciğerde olmak üzere, glikojen olarak depolar.

Bir glikojen molekülü, 50.000'den fazla glikoz birimi içerebilir ve oldukça dallı bir yapıdadır. Bu durum hücresel enerjiye ihtiyaç olduğunda glikozun hızla yayılmasına imkân sağlar. Herhangi bir zamanda vücuttaki glikojen miktarı; 3.000 kilokalorisi kas dokularında, 1.000 kilokalorisi karaciğerde olmak üzere yaklaşık 4.000 kilokaloriye eşittir.

1.1.2.3. Makromoleküllerin Yapımı

Vücuda alınan glikozun çoğu enerji üretmek için kullanılır. Bir kısmı da DNA (deoksiribonükleik asit), RNA (ribonükleik asit) ve ATP (adenozin trifosfat) gibi makromoleküllerin yapı taşları olan riboz ve deoksiriboza dönüştürülür. Glikoz ayrıca oksidatif strese karşı koruyucu ve hücredeki diğer reaksiyonlar için önemli olan NADPH'ı (nikotinamid adenin dinükleotit fosfat) üretmek için kullanılır. Vücut için gerekli enerji, glikojen depolama kapasitesi ve yapı taşı oluşturma ihtiyacı karşılandıktan sonra glikozun fazlası yağ yapımında kullanılmaktadır. Bu da günlük diyetteki fazla karbonhidrat ve kalorinin neden yağa eklendiğinin cevabıdır.

1.1.2.4. Protein Koruyucu

Glikoz, vücudun ihtiyacını karşılayabilecek düzeyde değilse ihtiyaç duyulan glikoz amino asitlerden sentezlenir. Proteinlerin yapı taşı olan amino asitlerin vücutta herhangi bir depo formu olmadığı için böyle bir ihtiyaç, kas dokularındaki proteinlerin yıkımını gerektirir. Vücuttaki glikozun yeterli olması, proteinlerin vücudun ihtiyacı olan glikozu yapmak için kullanılmasının önüne geçer.

1.1.2.5. Lipit Koruyucu

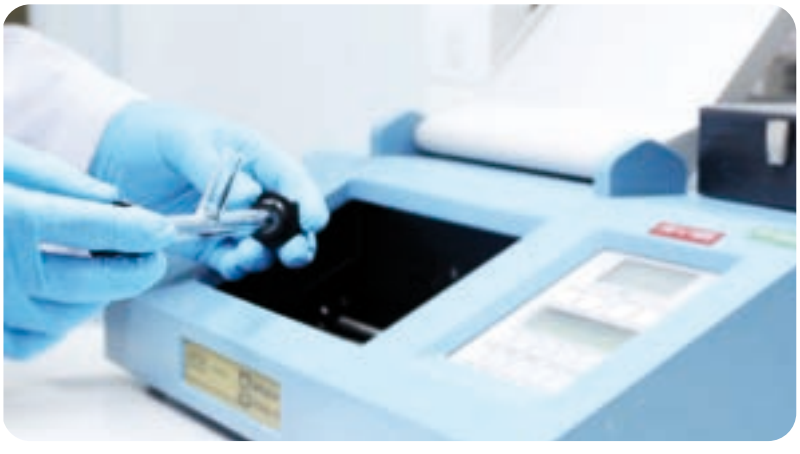
Kandaki glikoz seviyesi yükseldiğinde insülin hormonu salgılanır. Bu hormon, hücrelerdeki enerji üretiminde enerji kaynağı olarak lipit yerine glikozun kullanılmasını sağlar. Böylece glikoz, yağ koruyucu etki göstermiş olur.

1.1.3. Karbonhidratların Genel Özellikleri

Yapıları farklı birçok karbonhidrat çeşidi bulunduğu gibi çok farklı özellikler gösteren karbonhidratlar da vardır. Burada karbonhidratların büyük çoğunluğu için geçerli olan genel özelliklere yer verilmiştir.

1.1.3.1. Optik Rotasyon ve Mutarotasyon

Bazı karbonhidratlar optikçe aktif özellik gösterir. Bir maddenin polarize yani doğrusal ışığı çevirme özelliğine **optik aktivite** denir. Optikçe aktif maddeler, optik rotasyon yani polarize (doğrusal) ışığı çevirme gücüne sahiptir. Optikçe aktif maddelerin polarize ışığı çevirme açısını belirlemek için **polarimetre** kullanılır (Görsel 1.2). Polarize ışık düzlemindeki çevirme olayı saat yönünde gerçekleşiyorsa pozitif (+)



Görsel 1.2: Polarimetre

dekstrorotatory (sağa çeviren); saat yönünün tersine gerçekleşiyorsa negatif (-) levorotatory (sola çeviren) olarak ifade edilir.

Optik aktif maddelerin ışığı çevirme derecesi ilk ölçüm anında tespit edilen değer gibi kalmayıp zamanla değişebilir. Örneğin α-D-glikoz çözeltisinin başlangıçtaki çevirme açısı +112 iken zamanla azalır ve +52,7'de sabitlenir. Optik çevirmede zamanla meydana gelen bu değişime **mutarotasyon** denir.

Şeker çözeltilerinin polarize ışığı çevirme dereceleri, bunların konsantrasyonları ile doğru orantılıdır. Bu sebeple polarimetreler, şeker endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Ayrıca bu prensibe göre çalışan ve % şeker konsantrasyonunu belirlemek için kullanılan çeşitli sakkarimetre (bir çözeltideki şeker miktarını belirlemeye yarayan cihaz) cihazları da geliştirilmiştir.

1.1.3.2. Hidroliz

Karbonhidratların bünyelerine su alarak kendilerini meydana getiren tekli şeker yapılarına (monosakkarit) parçalanması olayına **hidroliz** denir. Hidroliz, asit ve enzimlerin karbonhidrat molekülündeki bağlara etki etmesi sonucu oluşur. Gıda endüstrisinde nişasta şurubu, glikoz şurubu vb. ürünlerin üretiminde karbonhidratların asit ve enzim etkisiyle parçalanmasından faydalanılır (Görsel 1.3).



Görsel 1.3: Glikoz şurubu

1.1.3.3. Suda Çözünme

Karbonhidratların suda çözünürlüğü birbirinden farklıdır (Tablo 1.2). Genel olarak molekül büyüklüğü küçük olan karbonhidratların büyük olan karbonhidratlara göre daha iyi çözündüğü söylenebilir.

Tablo 1.2: Bazı Karbonhidratların Suda Çözünürlük Durumları

KARBONHİDRAT	SUDA ÇÖZÜNÜRLÜK
Fruktoz	Çok iyi çözünür.
Glikoz	Çok iyi çözünür.
Sakkaroz	Çok iyi çözünür.
Maltoz	İyi çözünür.
Laktoz	Az çözünür.
Nişasta	Çözünmez.
Selüloz	Çözünmez.

1.1.3.4. Tatlılık Derecesi

Tatlılık, karbonhidratların en karakteristik özelliğidir. Bir karbonhidratın tatlılık derecesi başka bir karbonhidratın tatlılık derecesi ile kıyaslanarak belirlenir. Burada referans (kaynak) olarak alınan karbonhidrat sakkarozdur. Sakkarozun tatlılık derecesi 100 olarak kabul edilir. Sakkarozun ve tatlılık derecesi belirlenmek istenen diğer karbonhidratın çözeltisi hazırlanır. Seyreltme veya deriştirme ile iki karbonhidratın aynı tatlılık derecesinde olması sağlanarak kıyas yoluyla diğer karbonhidratın da tatlılık derecesi belirlenmiş olur (Tablo 1.3).

Tablo 1.3: Bazı Karbonhidratların ve Şeker Alkollerinin Tatlılık Dereceleri

KARBONHİDRAT VE ŞEKER ALKOLLERİ	TATLILIK DERECESİ
Sakkaroz	100
İnvert şeker	95
D-Galaktoz	63
Mannitol	57
Sorbitol	60
Maltoz	46
Laktoz	39
D-Fruktoz	114
D-Glikoz	69
Gliserol	108
Rafinoz	22

1.1.3.5. Fermantasyon

Yüksek moleküllü organik maddelerin, özellikle de karbonhidratların, mikroorganizmalar tarafından parçalanması ve sonunda yeni bir ürün oluşturması olayına **fermantasyon** denir. Fermantasyon olayında en önemli bileşikler karbonhidratlardır. Karbonhidratların fermantasyonu ile aroma maddeleri, vitaminler ve organik asitler gibi birçok bileşik elde edilir. Fermantasyona uğrayan karbonhidratlar, monomer yani tekli yapıdaki şekerler olan monosakkaritlerdir. Büyük yapıdaki şekerler, örneğin hububattaki karbonhidrat formu olan nişasta, fermantasyona uğrayamaz. Nişastanın fermente olabilmesi için asit veya enzimler ile daha küçük şeker formlarına hidrolize olması (parçalanması) gerekir.

Fermantasyon olayında eğer havanın oksijeni gerekliyse **aerobik fermantasyon**, gerekli değilse **anaerobik fermantasyon** gerçekleşmiş olur (Tablo 1.4).

Tablo 1.4: Fermantasyon Çeşitleri

FERMANTASYON ÇEŞİDİ	FERMANTASYON FORMU	FERMANTASYONDA ETKİLİ OLAN MİKROORGANİZMALAR
Alkol fermantasyonu	Anaerob	Mayalar
Laktik asit fermantasyonu	Anaerob	Laktik asit bakterileri
Propiyonik asit fermantasyonu	Anaerob	Propiyonik asit bakterileri
Sitrik asit fermantasyonu	Aerob	Aspergillus türleri

Fermantasyon reaksiyonu sonunda oluşan ürün o fermantasyonun adını belirlemiş olur. Örneğin mayaların karbonhidratları fermente etmesi sonucu alkol oluşur ve bu fermantasyon, alkol fermantasyonu olarak isimlendirilir.

Gıda endüstrisinde karbonhidratların fermantasyonu ile daha uzun süre muhafaza edilen birçok yeni ürün üretilmektedir. Örneğin alkol fermantasyonu ile ekşi hamur; laktik asit fermantasyonu ile yoğurt, peynir, turşu vb. ürünler elde edilir (Görsel 1.4).



Görsel 1.4: Çeşitli fermantasyon ürünleri

1.1.4. Karbonhidratlarla İlgili Enerji Hesaplamaları

Tüketilen bir gıdanın vücuda ne kadar enerji sağlayacağını hesaplayabilmek için içeriğindeki besin ögeleri ve bunların miktarı bilinmelidir. Karbonhidrattan kazanılacak enerjinin hesaplanabilmesi için de önce gıdanın içeriğindeki karbonhidrat miktarının (gram, mililitre vb.) bilinmesi gerekir. Böylece 1 g karbonhidratın 4 kcal enerji verdiği bilgisi kullanılarak karbonhidrattan alınacak enerji miktarı rahatlıkla hesaplanabilir.

Örnek: 100 gram bal 78,4 gram karbonhidrat içermektedir. 100 gram bal tüketen bir kişinin karbonhidrat olarak alacağı enerji miktarı kaç kilokaloridir?

1 g karbonhidrat 4 kcal enerji verirse

78,4 g karbonhidrat x kcal enerji verir.

$$x = \frac{78,4 \times 4}{1} = 313,6 \text{ kcal}$$

Örnek: 100 gram buğday ekmeği 56,4 gram karbonhidrat içermektedir. 200 gram buğday ekmeği tüketen bir kişinin karbonhidrat olarak alacağı enerji miktarı kaç kilokaloridir?

100 g ekmek 56,4 g karbonhidrat içeriyorsa

200 g ekmek x g karbonhidrat içerir.

$$x = \frac{200 \times 56,4}{100} = 112,8 \text{ g}$$

1 g karbonhidrat 4 kcal enerji verirse

112,8 g karbonhidrat x kcal enerji verir.

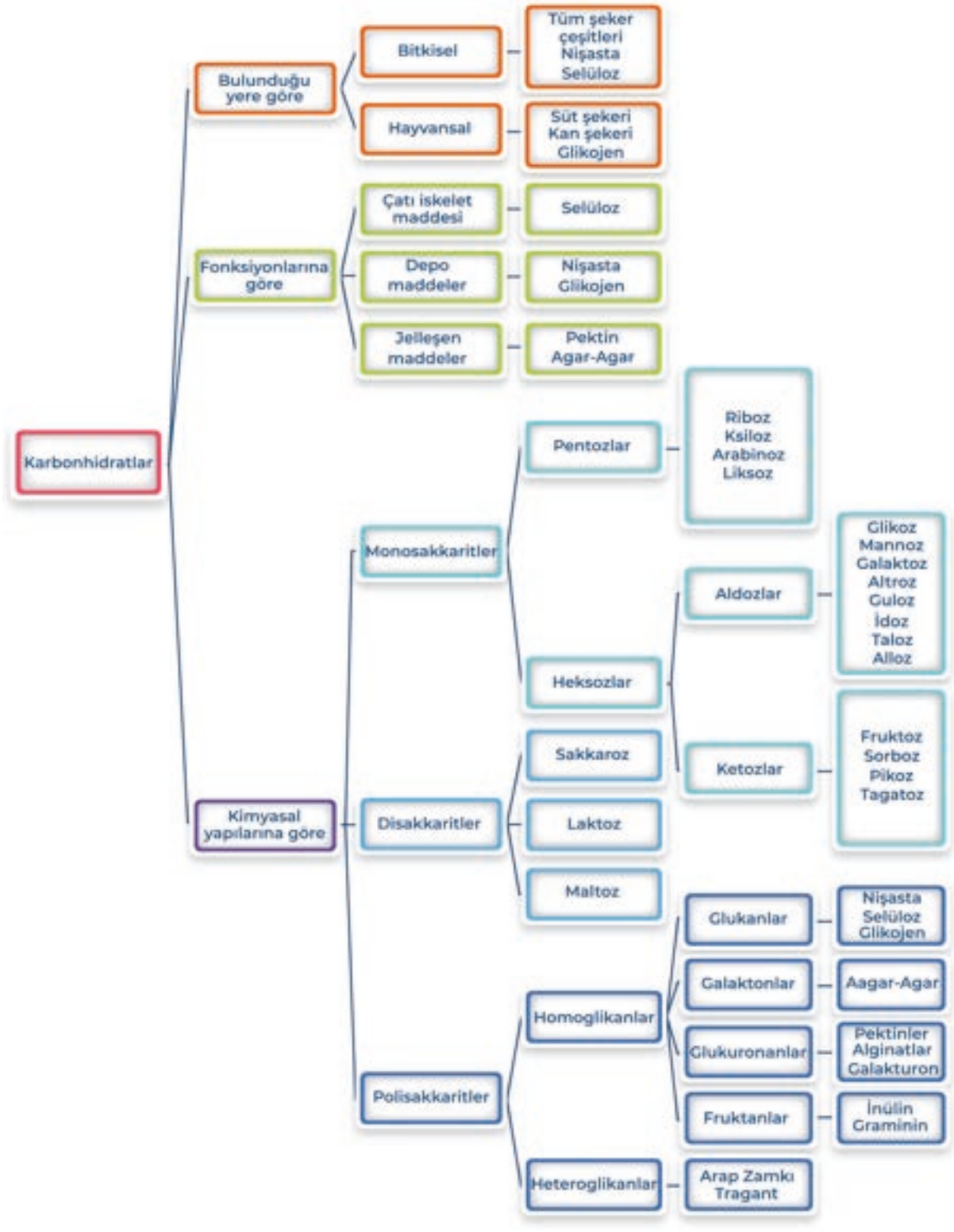
$$x = \frac{112,8 \times 4}{1} = 451,2 \text{ kcal}$$

SIRA SİZDE

Örnek: 100 gram fındık 16,7 gram karbonhidrat içermektedir. 50 gram fındık tüketen bir kişinin karbonhidrat olarak alacağı enerji miktarı kaç kilokaloridir?

1.1.5. Karbonhidratların Sınıflandırılması

Karbonhidratlar farklı özelliklere sahiptir. Bu özelliklere göre karbonhidratlar için farklı sınıflandırmalar yapılabilir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Karbonhidratların sınıflandırılması

1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerden doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Bitkiler, karbondioksit (CO_2) ve suyu (H_2O) şekerlere dönüştürmek için güneş enerjisini kullanır.

2. ( ) Vücut enerji sağlamak için önce karbonhidratlara başvurur.

3. ( ) Karbonhidratlar genellikle C, H, O, N, P olmak üzere 5 elementten oluşur.

4. ( ) Polarize ışığı çevirme olayı saat yönünde gerçekleşiyorsa negatif (-) levorotatory (sola çeviren) olarak ifade edilir.

5. ( ) Karbonhidratlar suda çözünebilen inorganik bileşiklerdir.

6. ( ) Bir karbonhidratın tatlılık derecesi, sakkarozun tatlılık derecesi ile kıyaslanarak bulunur.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri, verilen bilgilere uygun şekilde doldurunuz.

1. Besinlerin bileşiminde bulunan organik ve inorganik maddelere ..... denir.

2. Yeşil bitkiler ..... sonucu karbonhidratları oluşturur.

3. Karbonhidratların formülasyonunda bulunan C ve H elementleri arasında ..... oranı vardır.

4. Canlı vücudunda sentezlenmeyen, gıdalar ile vücuda alınması gereken, enerji sağlamayan ancak metabolizma için grekli olan maddelere ..... denir.

5. Canlı vücudunda enerji veren, yapıcı ve onarıcı olan aynı zamanda vücutta da sentezlenebilen maddelere ..... denir.

6. Bir maddenin polarize ışığı çevirme özelliğine ..... denir.

7. Optik aktif maddelerin ışığı çevirme derecesi zamanla değişir. Bu değişime ..... denir.

8. 1g karbonhidrat ..... kcal enerji verir.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. 100 gramında en fazla karbonhidrat içeren besin aşağıdakilerden hangisidir?

A) Bal

B) Çay şekeri

C) Fındık

D) Makarna

E) Portakal

2. Aşağıdakilerden hangisi karbonhidratların insan vücudundaki 5 temel fonksiyonundan biri değildir?

A) Enerji üretimi

B) Enerji depolama

C) Makro moleküllerin yapımı

D) Protein koruma

E) Vücut ısısını koruma

1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

3. Vücut hücrelerinin çoğu, enerji kaynağı olarak aşağıdakilerden hangisini terciheder?

A) Fotosentez

B) Glikoz

C) Karbondioksit

D) Nişasta

E) Su

4. Aşağıdakilerden hangisi karbonhidratların genel formülüdür?

A) CHO

B) $C_{2n}H_nO_n$

C) $C_nH_nO_{2n}$

D) $C_nH_{2n}O_n$

E) $C_{2n}H_{2n}O_{2n}$

5. Vücut; fonksiyonlarını yerine getirmek için yeterli enerjiye sahip değilse fazla glikoz, kas ve karaciğerde hangi formda depolanır?

A) Glikojen B) Glikoz

C) Kalori

D) Nişasta E) Protein

6. Aşağıdakilerden hangisinin karbonhidrat molekülündeki bağlara etki etmesi sonucu hidroliz oluşur?

A) Asit veya enzim

B) Sadece asit

C) Asit ve su

D) Su ve alkol

E) Enzim ve alkol

7. 100 g kuru üzüm 77,4 g karbonhidrat içermektedir. 75 g kuru üzüm tüketen bir kişinin karbonhidrat olarak alacağı enerji miktarı kaç kilokaloridir?

A) 412,8

B) 309,6

C) 232,2

D) 225

E) 58,05

8. 100 ml'sinde 4,7 g karbonhidrat olan sütten 200 ml ve 100 g'ında 79,4 g karbonhidrat olan kekten 50 g tüketen kişinin karbonhidrat olarak alacağı enerji toplam kaç kilokaloridir?

A) 35

B) 49,1

C) 177,6

D) 196,4

E) 200

9. Nişasta, kimyasal yapısına göre hangi karbonhidrat grubu içerisinde yer alır?

A) Disakkaritler

B) Heksozlar

C) Heteroglikanlar

D) Disakkaritler

E) Polisakkaritler

1.2. KARBONHİDRATLARIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Karbonhidratlar, tek molekülden oluşan monosakkatirlerden çok sayıda molekülden oluşan polisakkaritlere kadar birçok çeşide sahiptir. Bu çeşitlilik, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip yapıların oluşmasını sağlar. Farklı özellikler, karbonhidratların gıda endüstrisinde kullanımına alternatif oluşturur.

1.2.1. Monosakkaritler

Monosakkaritler, karbonhidratların en basit şeklidir. Çoğu $C_nH_{2n}O_n$ kapalı formülasyonuna uyar.

Latince bir anlamındaki "mono (mono)" ve "saccharum (sakkarum)" kelimelerinden gelen şeker anlamındaki sakkarit kelimelerinin birleşmesiyle meydana gelir. Adından da anlaşılacağı gibi monosakkarit kelimesi tekli şekerleri ifade eder.

1.2.1.1. Monosakkaritlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

- Karbonhidratların en küçük formu olduğu için daha küçük alt birimlere hidrolize (yapısı su alarak parçalanma) edilemez.
- Bir araya gelerek daha büyük yapıdaki karbonhidratları oluşturabilir ve hidroliz yoluyla tekrar monosakkaritlere dönüşebilir.
- Suda iyi çözünür.
- Renksizdir.
- Çoğunluğu tatlıdır.
- Kristal yapıdadır.
- Optikçe aktiftir.
- Karbonil grubunun konumuna ve C (karbon) atomu sayısına göre isimlendirilir.

1.2.1.2. Monosakkaritlerin Yapısı ve İsimlendirilmesi

Monosakkaritler, genellikle dallanmış bir zincir yapısına sahiptir. Zincir uzunlukları genellikle 2 ile 8 C arasındadır ve monosakkaritlerirbirinden C atomu sayısı farkıyla ayırt edilebilir.

Monosakkaritler, alkollerin oksidasyonu yani yapılarına O (oksijen) atomu eklenmesi ile oluşur. Oksidasyon olayı neticesinde C atomu ve O atomu arasında çift bağlı bir yapı oluşur. Bu yapıya **karbonil grubu** denir (Şekil 1.4).

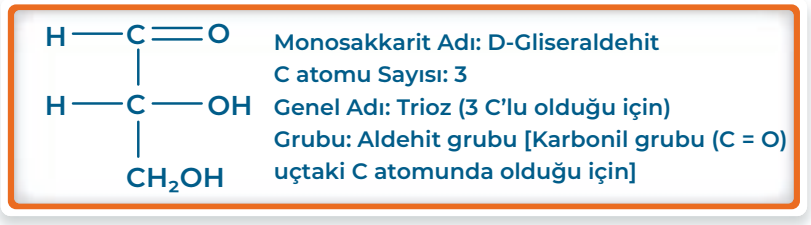


Şekil 1.4: Karbonil grubu

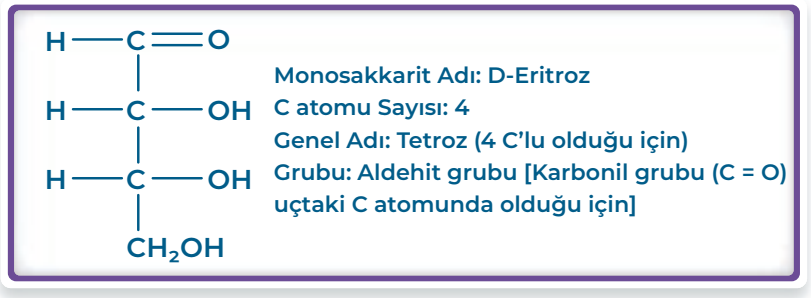
Monosakkarit molekülünün oluşumunda oksidasyon iki farklı durumda meydana gelir.

1. Oksidasyon, zincirin ucundaki C atomundan oluşur. Uçtaki C atomuna O atomu bağlanır yani karbonil grubu (C=O) monosakkarit molekülünün uç kısmındadır. Bu durumdaki monosakkarit molekülünde bir **aldehit grubu** meydana gelmiş olur. Monosakkarit, bir **aldehittir** ve reaksiyon ürünü **aldoz** olarak isimlendirilir (Şekil 1.5, 1.6).

2. Oksidasyon, zincirin ucundaki C atomunda değil de aradaki herhangi bir C atomundan oluşur. Aradaki bir C atomuna O atomu bağlanır yani karbonil grubu (C=O) monosakkarit molekül zincirinin ara

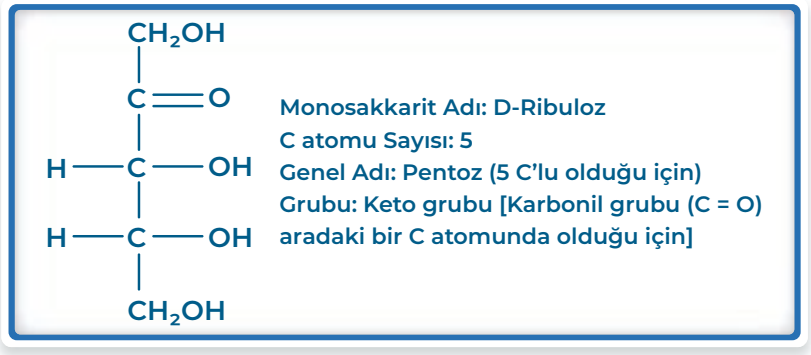


Şekil 1.5: D-Gliseraldehit

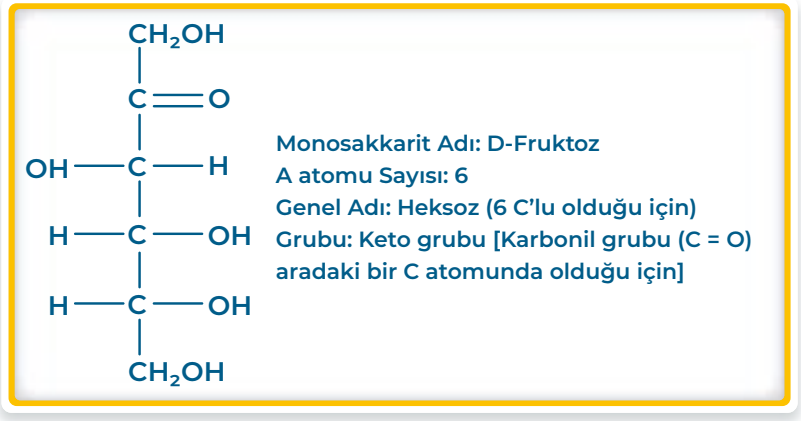


Şekil 1.6: D-Eritroz

kısmındadır. Bu durumdaki monosakkarit molekülünde bir **keto grubu** meydana gelmiş olur. Monosakkarit bir **ketondur** ve reaksiyon ürünü **ketoz** olarak isimlendirilir (Şekil 1.7, 1.8).



Şekil 1.7: D-Ribuloz



Şekil 1.8: D-Fruktoz

Monosakkaritlerin isimlendirilmesinde yapılarındaki C atomu sayısı da dikkate alınır (Tablo 1.5).

Tablo 1.5: Monosakkaritlerin C Atomu Sayısına Göre İsimlendirilmesi

C ATOMU SAYISI	GENEL AD	ALDEHİT GRUBU	KETON GRUBU
3	Tri (3) + oz (şeker son eki) = Trioz	Aldotrioz	Ketotrioz
4	Tetroz	Aldotetroz	Ketotetroz
5	Pentoz	Aldopentoz	Ketopentoz
6	Heksoz	Aldoheksoz	Ketoheksoz
7	Heptoz	Aldoheptoz	Ketoheptoz
8	Oktoz	Aldooktoz	Ketooktoz

BİLGİ KUTUSU

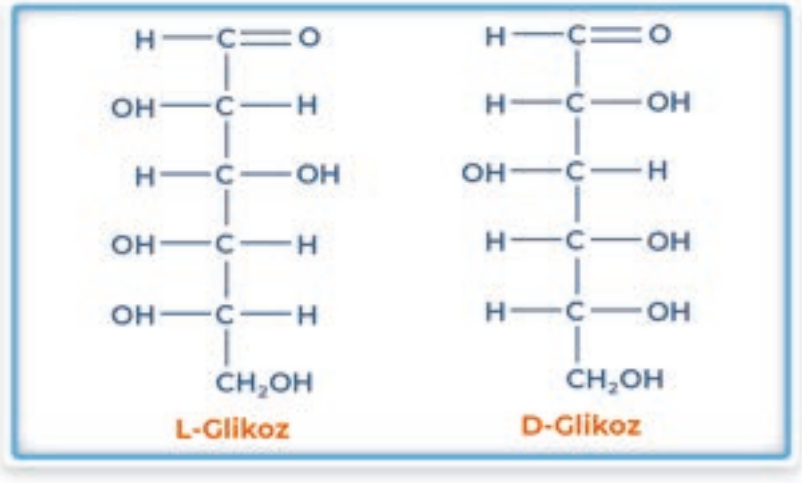
SAYI	LATİNCE ADI
1	Mono
2	Di
3	Tri
4	Tetra
5	Penta
6	Hegza
7	Hepta
8	Okta
9	Nona
10	Deka

1.2.1.3. Monosakkaritlerde İzomeri

Monosakkaritlerin optikçe aktif olmaları neticesinde bir bileşiğin iki farklı formu oluşabilir:

1. Polarize ışık düzlemini sağa çevirenler → D formu
2. Polarize ışık düzlemini sola çevirenler → L formu

Sonuç olarak aynı bileşiğin birbirine benzeyen iki yapısı yani **izomeri** oluşur (Şekil 1.9). Bu izomerler birbirinin aynadaki yansıması gibidir. Fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından birbirinin aynısıdır ancak polarize ışık düzlemini biri sağa çevirirken diğeri sola çevirir.



Şekil 1.9: Glikozun D ve L formu

1.2.1.4. Önemli Monosakkaritler

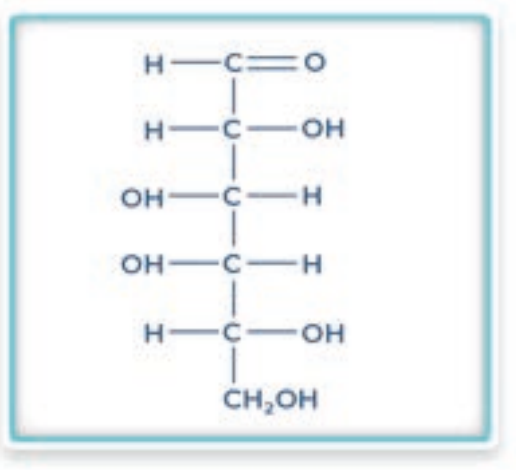
Çoklu yapıdaki büyük şekerlerin yapısında en çok bulunan monosakkaritler; glikoz, galaktoz ve fruktozdur.

Glikoz (Dekstroz)

- Doğada en yaygın olarak bulunan ve çoklu yapıdaki karbonhidratların bileşiminde en çok bulunan monosakkarittir.
- Molekül yapısında aldehit grubu bulunduğu ve 6 C'lu olduğu için bir aldoheksozdur.
- İnsan ve hayvan kanında %0,1 oranında bulunur.
- Suda çok, alkolde az çözünür.
- En çok bulunduğu gıdalar; olgun meyveler, bal ve üzümdür. **Üzüm şekeri** olarak da bilinir.
- Tüketildiği zaman doğrudan kana geçer.
- Mikroorganizmalarca fermente edilebilir.
- Gıda sanayinde ticari olarak elde edilmesi mısır ve patates nişastanın hidrolizi ile olur.

Galaktoz

- Galaktoz, genellikle serbest hâlde bulunmaz, daha ziyade çoklu yapıdaki büyük karbonhidratların yapısında bulunur.
- Laktozun, rafinozun, stakiozun ve gamların hidrolizi ile elde edilmekle birlikte en iyi laktozdan elde edilir. Ayrıca baklagillerde saflaştırılmış pektin ve agarın yapısında bulunur.
- Tatlılığı glikozdan daha azdır.
- Suda glikozdan daha az çözünür.
- Sadece mayalar tarafından fermente edilebilir.



Şekil 1.10: Galaktoz

- Beyin ve sinir hücrelerinde bulunan galaktolipitlerin ve ayrıca glikoproteinlerin yapı taşıdır (Şekil 1.10).

Fruktoz (Levüloz)

- **Meyve şekeri** olarak da bilinir. Genellikle glikozla birlikte meyvelerde, balda ve bitkilerin tatlı kısımlarında bulunur (Görsel 1.5).
- Molekül yapısında keto grubu bulunduğu ve 6 C'lu olduğu için bir ketoheksozdur.
- Sakkaroz, rafinoz ve inülin gibi büyük yapıdaki şekerlerde bulunur. Ticari olarak inülinin hidrolizi veya glikozun enzimler yardımıyla fruktoza dönüştürülmesi ile elde edlir.
- Tatlılık derecesi yüksektir.
- Glikoza göre daha yavaş fermente olur.
- Su tutucu özelliği yüksektir. Bu özelliği sayesinde bulunduğu gıdaya hem yumuşaklık hem de daha uzun raf ömrü sağlar.



Görsel 1.5: Meyve şekeri fruktoz

- Gıda sanayi için en önemli kaynağı fruktoz mısır şurubudur.
- Ucuz olması ve gıdalar ile kolay karışabilmesi sebebiyle özellikle içeceklerin üretiminde yaygın olarak kullanılır.

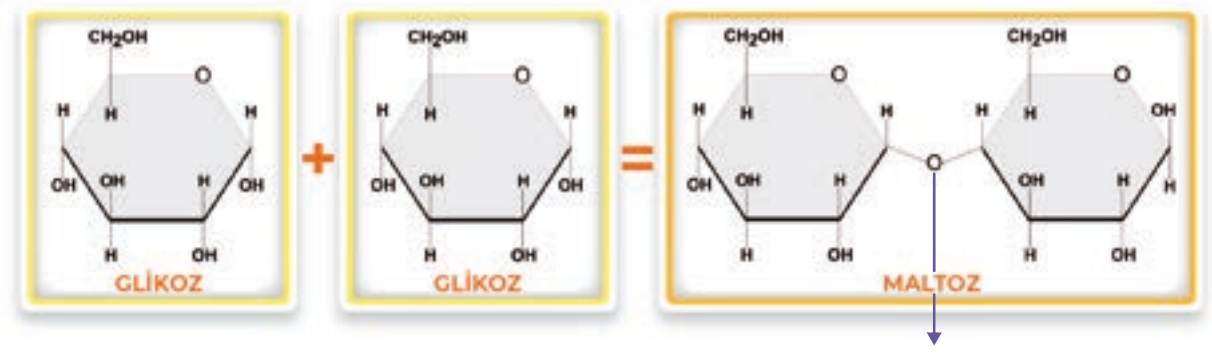
1.2.2. Disakkaritler ve Oligosakkaritler

Oligosakkaritler, iki ve daha fazla monosakkaritin bir araya gelmesiyle oluşan karbonhidratlardır. 2-10 (bazı kaynaklara göre 2-20) monosakkarite kadar olan yapılar oligosakkarit olarak kabul edilir.

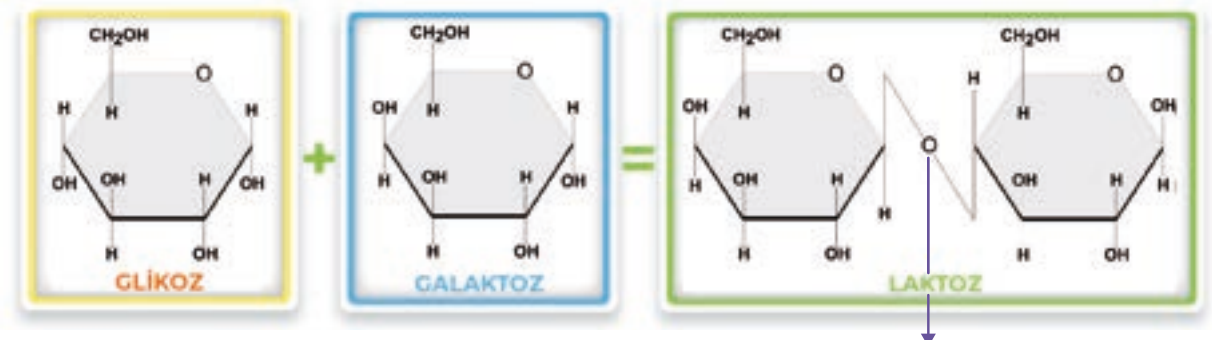
Oligasakkaritlerin bir kısmı doğada serbest hâlde bulunabildiği gibi büyük bir kısmı da daha büyük yapıdaki karbonhidratların enzimlerle hidrolizi sonucunda elde edilir. Doğada yaygın olarak bulunan oligosakkaritlerin yapı taşı glikoz, galaktoz ve fruktoz olarak adlandırılan monosakkaritlerdir.

Oligosakkaritler meydana gelirken iki monosakkarit arasında oluşan bağa **glikozidik bağ** denir.

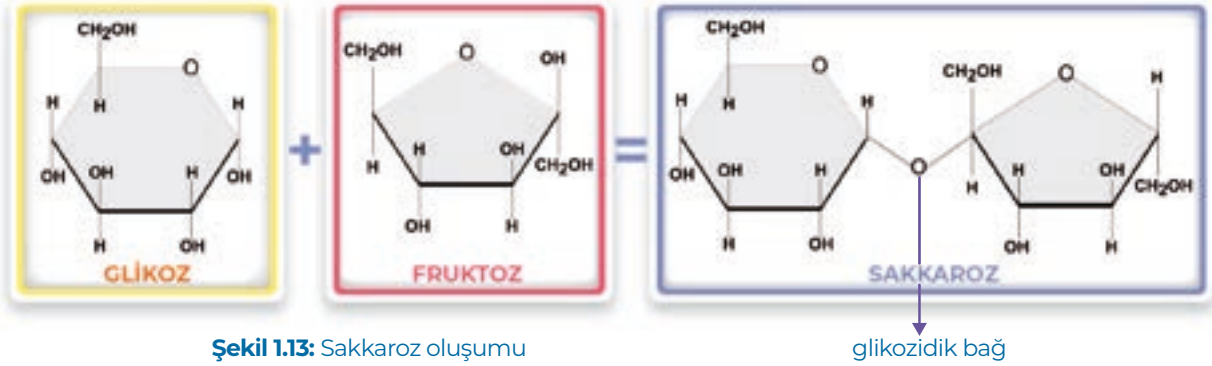
Disakkaritler, 2 monosakkaritin bir araya gelmesiyle oluşurlar. Doğada en yaygın olarak bulunan oligosakkaritlerdir. Tabiatta en çok görülen disakkaritler ise laktoz, sakkaroz ve maltozdur. İki glikoz molekülünün birleşiminden **maltoz** (Şekil 1.11), galaktoz ve glikoz moleküllerinin birleşiminden **laktoz** (Şekil 1.12), glikoz ve fruktoz moleküllerinin birleşiminden **sakkaroz** (Şekil 1.13) disakkaritleri oluşur.



Şekil 1.11: Maltoz oluşumu



Şekil 1.12: Laktoz oluşumu



Şekil 1.13: Sakkaroz oluşumu

1.2.2.1. Oligosakkaritlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

- Suda çok alkolde az çözünür.
- Vücuda alındıklarında önce monosakkarit yapılarına sindirilir daha sonra kana geçer.
- Fermente olabilmeleri için monosakkarit yapılarına parçalanması gerekir.
- Tatlılık dereceleri değişkenlik gösterir.
- Optikçe aktiftir.
- Genelde şeffaf renkte olup sıcaklığın etkisiyle koyulaşabilir.

1.2.2.2. Oligosakkaritlerin İsimlendirilmesi

"Oligo" kelime olarak "birkaç" anlamındadır. Oligosakkaritler kendisini oluşturan monosakkarit sayısına göre isimlendirilir. 2 monosakkarit molekülü bir araya gelirse **disakkarit**, 3 monosakkarit molekülü bir araya gelirse **trisakkarit**, 4 monosakkarit molekülü bir araya gelirse **tetrasakkarit**, 5 monosakkarit molekülü bir araya gelirse **pentasakkarit** adını alır.

1.2.2.3. Önemli Disakkaritler

Doğal olarak oluşan ve büyük moleküllü şekerlerin yapısında en çok bulunan disakkaritler; **sakkaroz, laktoz** ve **maltoz**dur.

Sakkaroz

Glikoz ve fruktozun birleşmesiyle oluşur. Şeker kamışı ve şeker pancarında bulunur ve **çay şekeri** olarak da bilinir (Görsel 1.6). Suda kolay alkolde zor çözünen bir yapıdadır. Laktoz ve maltoz gibi diğer önemli disakkaritlerin aksine sakkaroz tatlıdır.



Görsel 1.6: Çay şekeri sakkaroz

Sakkaroz, direkt olarak fermantasyona uğramaz. İlk önce mayalar tarafından enzimler yardımıyla glikoz ve fruktoz monosakkaritlerine parçalanması gerekir. Sakkarozun insan vücudunda sindirilebilmesi için de sakkaraz enzimiyle parçalanması gerekir. İnsanların monosakkaritler haricinde enerji için kullanabileceği üç karbonhidrattan biridir (Diğer ikisi laktoz ve nişastadır.).

Sakkaroz, indirgen şekerlerden değildir. Bu özellik, sakkarozu oksidasyon gibi reaksiyonlara karşı daha dayanıklı yapar.

Sakkarozun hidrolizi **inversiyon** (dönme) olarak adlandırılır (Şekil 1.14). İnversiyon yani dönme olarak ifade edilmesinin sebebi sakkarozun optik çevirmesinin sağ, hidrolizi sonucu oluşan glikoz ve fruktozun optik çevirmesinin ise sol yönlü olmasıdır. Sakkarozun hidrolizinde etkili olan enzime **invertaz** denir. Hidroliz olayı sonucu oluşan glikoz ve fruktoz şekerlerine de **invert şeker** denir.



Şekil 1.14: İnversiyon

Sakkarozun inversiyonu, gıda endüstrisinde kristalizasyon (şekerlenme) kontrolü için önemlidir. Örneğin reçel üretiminde kullanılan şekerin %40-45'inin ısı ve asit etkisiyle invert şekerlere parçalanmasıyla sakkaroz miktarı azalacaktır. Aksi durumda ise ortamda sadece sakkaroz olacak ve kristallenmeye uğrayacaktır.

Laktoz

Glikoz ve galaktozun birleşmesiyle oluşur. Laktozun vücuda alımı büyük ölçüde süt ve süt ürünleriyle olur. Laktoz sütte bulunduğu için **süt şekeri** olarak da bilinir. Sütün karakteristik tadını laktoz oluşturur.

Memelilerin sütündeki laktoz oranları birbirinden farklıdır. Bu fark %2 ile %8,5 arasında değişir. En çok tüketilen sütlerden inek ve keçi sütünde laktoz oranı %4,5-%4,8 aralığında iken anne sütünde bu oran %7'dir.

Laktoz, gelişmekte olan memeliler için birincil enerji kaynağıdır. Enerji kaynağı olarak kullanılabilmesi için kendisini oluşturan monosakkaritlere (glikoz + galaktoz) hidrolize olması gerekir. Laktozun hidrolizi ise asit ve enzim etkisiyle olur.

Laktoz, vücuda alındıktan sonra sindirime uğramadan ince bağırsağa kadar iletilir ve burada laktaz enziminin etkisiyle sindirime uğrar. Bazı kişilerde laktaz enziminin eksikliği nedeniyle laktoz, kısmen de olsa sindirilemez. Bu durumda **laktoz intolerans** olarak adlandırılan klinik sendrom ortaya çıkar. Laktoz intolerans sendromunun belirtileri; diare (ishal) ağrı, şişlik, kramp, gazdır. Laktoz intolerans genelde 5-6 yaşa kadar olan çocuklarda görülmez. İlerleyen yaşlarda görülebilir özellikle yaşlı bireylerde laktoz intoleransa daha sık rastlanır.

Laktaz eksikliğinin oluşturacağı olumsuz etkilerini ortadan kaldırmanın üç yolu vardır. Bunlardan biri fermente süt ürünleri tüketmektir. Yoğurt, peynir gibi sütün fermantasyonu ile üretilen çeşitli süt ürünlerinin tüketimi neticesinde laktoz intolerans semptomlarının görülme ihtimali daha azdır. Çünkü fermantasyon sırasında laktoz, fermantasyonu gerçekleştiren mikroorganizmalarca laktik aside dönüşmüştür. Dolayısıyla son üründe (yoğurt, peynir vb.) süte göre daha az laktik asit kalmış olur. Diğer bir yöntem, laktozsuz süt ve süt ürünleri tüketmektir. Böylece süt tüketilse bile sindirilemeyecek olan

laktoz vücuda alınmamış olur (Görsel 1.7). Laktoz intoleransa alternatif oluşturacak yeni bir teknik ise soğutulmuş süte canlı yoğurt kültürü (bakteri) eklemektir. Soğuk sütte adeta uykuda kalan yoğurt bakterileri, tüketilen süt ince bağırsağa ulaştığında aktif olacağı sıcaklığa erişir. Burada laktaz enzimi salgılayarak sütün sindirilebilmesine yardımcı olur.



Görsel 1.7: Laktozsuz süt ürünleri

Laktozun ticari olarak elde edilebilmesi peynir üretiminin yan ürünü olan peynir altı suyu ile olur. Laktoz; gıda endüstrisinde çeşitli gıdaların şeker tadının dengelenmesinde, fırıncılık ürünlerinde tat-koku ve renk maddelerinin oluşumunda ve taşınmasında kullanılır. Laktoza uygulanan hidrojenizasyon işlemiyle elde edilen **laktitol**, tatlılık ve enerji derecesi düşük bir madde olduğu için diyetetik ürünlerde kullanılır. Ayrıca laktoz, fonksiyonel gıda uygulamalarında ve farmakoloji (ilaç bilimi) endüstrisinde de kullanılmaktadır.

Maltoz

İki glikoz molekülünün birleşmesiyle oluşur. Arpada bulunduğu için **malt şekeri** olarak da bilinir. Malt, çimlendirilmiş ve kurutulmuş arpadır (Görsel 1.8).

Maltozun başlıca kaynağı nişastadır (mısır, patates, buğday nişastası gibi). Maltozun ticari olarak elde edilebilmesi için nişastanın β-amilaz enzimi ile hidrolize edilmesi gerekir. Ayrıca maltoz, asit ve enzim etkisiyle kendisini oluşturan glikoz moleküllerine parçalanabilir.

Suda iyi çözünür, optikçe aktiftir ve tatlılığı sakkaroza yakındır.

Maltoz, mayalar tarafından fermente edilebilir. Bazı içeceklerin üretiminde bu özellikten yararlanılır. Ayrıca çeşitli gıdalarda, ekmekçilikte ve tatlı ürünlerinde maltozun özelliklerinden faydalanılmaktadır.



Görsel 1.8: Saf maltoz

1.2.3. Polisakkaritler

Polisakkaritler, çok sayıda monosakkarit molekülünün bir araya gelmesi ile oluşan büyük yapılı moleküllerdir. Karbonhidratların karakteristik bağı olan glikozidik bağ, polisakkaritleri oluşturan monosakkaritleri bir arada tutar. Bitkilerin yapı maddesi olduğu için doğada çokça bulunan selüloz polisakkaritinin yapısında glikoz bulunur. Bu durum, glikozu polisakkaritlerin yapısında en çok bulunan monosakkarit yapar.

Genellikle 20'den fazla monosakkaritin birleşimiyle oluşan yapılar, polisakkarit olarak kabul edilir. Polisakkarit molekülündeki monosakkaritlerin sayısı **polimerleşme derecesi** olarak ifade edilir. Polisakka-

ritlerin çoğunda polimerleşme derecesi 200-3000 arasındayken selüloz gibi büyük moleküllü polisakkaritlerde bu değer 15.000'e kadar çıkar.

Gıda sanayinde süt, dondurma, salata sosu, çikolata gibi ürünlerin stabilizasyonunda, nişastalı ürünlerin bayatlamasının önlenmesinde, et ürünlerinde su tutmanın sağlanmasında ve çeşitli ürünlerin jelatinizasyonunun sağlanmasında polisakkaritlerden yararlanılır.

1.2.3.1. Polisakkaritlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

- Suda çözünme durumları, çözünmeyen formlardan (selüloz) iyi çözünen formlara (nişasta) kadar farklılık gösterir.
- Asit, enzim ve sıcaklığın etkisiyle hidrolize olur.
- Optikçe aktiftir.
- Çoğunluğu beyaz renktedir ve tatsızdır.
- Bitki ve bazı hayvanlarda iskelet maddelerini (bitkilerde selüloz, hayvanlarda kitin) oluşturur.
- Bitkilerde ve hayvanlarda depo karbonhidratları (bitkilerde nişasta, hayvanlarda glikojen) oluşturur.
- Gıdanın fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini doğrudan etkiler.

1.2.3.2. Yapısı ve İsimlendirilmesi

Kelime olarak "poli" "çok" demektir. Polisakkariti oluşturan monosakkaritlerin tamamı aynıysa **homoglikan** (homopolisakkarit), farklı monosakkaritlerden meydana gelmişse **heteroglikan** (heteropolisakkarit) olarak isimlendirilir.

İki monosakkarit biriminden oluşan polisakkaritler **diheteroglikan**, üç monosakkarit biriminden oluşan polisakkaritler **triheteroglikan** olarak ifade edilir ve isimlendirme bu şekilde devam eder.

1.2.3.3. Önemli Polisakkaritler

Polisakkarit yapıları, doğada yaygın olarak bulunur veya doğal yapılardan çeşitli yöntemlerle elde edilir. Gıda endüstrisinde tek başına veya kombinasyon hâlinde işlev görür. Bu yapılar son ürün kalitesini ve raf ömrünü olumlu yönde etkilediği için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Nişasta

İnsanlar için önemli bir besin kaynağı olan nişasta polisakkariti, bitkiler için de depo karbonhidratıdır. Tatsız, kokusuz ve beyaz renklidir. Temel olarak amiloz ve amilopektin denilen iki yapıdan oluşur. Nişastanın türüne göre sahip olduğu amiloz / amilopektin oranı değişmekle beraber genelde nişastadaki amiloz miktarı amilopektin miktarından azdır. Genelde bitkilerde amiloz %20-25, amilopektin ise %75-80 oranında bulunur. Nişastanın yapısında ayrıca lipit ve protein gibi yapılar da vardır.

Nişasta; puding, çorba, soslar, bebek mamaları, mayonez, fırıncılık ürünleri gibi birçok gıdanın önemli bir ham maddesidir. En fazla elde edildiği ticari kaynaklar; mısır, buğday ve patatestir (Görsel 1.9). Nişastanın bileşimini oluşturan maddelerin yapıları ve miktarı bu ürünün suda çözünürlük, viskozite, jel

yapma, donma-çözünme, renk gibi birçok fonksiyonel özelliğini belirler. α-amilaz, β-amilaz, isoamilaz gibi enzimlerin etkisiyle, kimyasal ve fiziksel yöntemlerle nişastanın özellikleri değiştirilebilir. Değişime uğramış nişastaya **modifiye nişasta** denir.

Nişasta, suda çözünmez ancak suyu absorbe ederek (suyu yapısına alarak) şişer. Kuru ağırlığının yaklaşık %30'u oranında suyu kendi yapısında tutabilir. Bu da hacminin yaklaşık %5 oranında artmasına



Görsel 1.9: Nişasta ve kaynakları

neden olur. Bu durum geri dönüşümlü bir olaydır ancak nişasta yapısının geri dönüşüm olmadan değiştiği durumlar da vardır. Yüksek sıcaklıkta ısıtıldığında nişastanın granüllü yapısı bozulur ve nişasta jelatinize olur. Bu olaya **jelatinizasyon** denir. Pişirildiği zaman viskozitesi yüksek (akışkanlığı düşük) bir yapı meydana gelir. Soğuduğu zaman da içinde suyu tutan jel yapısı oluşur. Bu oluşuma örnek olarak puding verilebilir. Belirli bir süre bekletilmesi sonucunda su, jel yapıdan dışarıya sızmaya başlar ve bu olaya **sineresis** adı verilir. Bekletilmiş olan pudingin yüzeyinde su oluşmasının sebebi de budur. Puding daha uzun süre bekletildiğinde yüzeyinde buruşma ve yarıklar meydana gelir, suyunu daha çok kaybeder ve üzerinde sert bir yapı oluşur. Bu olaya **retrogradasyon** yani **bayatlama** denir. Ekmeğin bayatlaması da aynı olay neticesinde gerçekleşir ancak ekmek gibi ürünlerin su içeriği çok daha düşük olduğu için dışarıya su sızması söz konusu olmaz.

Glikojen

Bitkilerdeki depo karbonhidrat, nişasta iken insan ve hayvan vücudundaki depo karbonhidrat, glikojendir. Glikojen, karaciğerde ve kaslarda depolanır. Suda çözünür, alkolde çözünmez. Saf haldeyken beyaz ve kokusuz bir yapıdadır.

Selüloz

Selüloz, bitkilerin iskelet maddesidir. Bütün bitkisel gıdalarda bulunur. Glikoz moleküllerinden meydana gelir. Suda çözünmez. Kuvvetli asitlerin etkisi ile glikoza parçalanır. Selüloz insan vücudunda sindirilemez çünkü insan vücudu bunu sindirecek enzime sahip değildir. Kimyasal işlemlerle değişime uğramış modifiye selülozlar, gıda endüstrisinde çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Karboksimetil selüloz, metil selüloz, hidroksipropil selüloz ve bunun gibi maddeler emülgatör ve stabilizatör olarak kullanılmaktadır.

Pektin

Pektin, selülozlar ile birlikte bitkilerin iskelet maddesini oluşturan bir polisakkarittir. En fazla turunçgil kabuğu, elma posası, şeker pancarı küspesi gibi gıdalardan elde edilir. Jel yapıcı, emülgatör, kıvam artırıcı, stabilizör gibi etkilerinden dolayı gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Özellikle reçel, marmelat ve jöle gibi ürünlerde jel yapısının oluşmasını sağlar (Görsel 1.10).



Görsel 1.10: Reçel ve marmelat ürünleri

İnülin

Soğan, sarımsak, yer elması gibi bazı bitkisel ürünlerin yumrularında bulunan bir polisakkarittir. Früktoz molekülünden meydana gelir. Soğuk suda çözünmez ancak sıcak suda kolloidal olarak çözünebilir. Gıda endüstrisinde yoğurt, peynir, çikolata, salam, sosis gibi ürünlerde yağ ikamesi olarak kullanılabilir. Su ile karıştırılan yağın yerine inülin kullanıldığında yağdan daha düşük kalorili iyi bir kıvam ve yapıda ürün elde edilebilir. İnsan vücudunda sindirilmez ve doğrudan kalın bağırsağa geçer. Kalın bağırsakta ise yararlı bakterilerin faydalanabileceği bir maddedir.

Agar Agar

Deniz yosunlarından elde edilir. Galaktoz moleküllerinden oluşur. Yapısını oluşturan iki bileşen vardır. Bunlar, agaroz ve agaropektindir. Soğuk suda çözünmeyen ancak sıcak suda yavaş yavaş çözünebilen bir yapıdadır. Suyu kendi yapısında çok iyi tutar. Fazla miktarda su bağlayabildiği için özellikle jöle materyali olarak şekerleme endüstrisinde kullanılmaktadır. Ayrıca mikrobiyolojik çalışmalarda, besi yeri yapımında ve ilaç sanayinde de büyük öneme sahiptir.

Gamlar

Gamlar, gıda endüstrisinde kıvam verici olarak kullanılan önemli polisakkaritlerdir.

Guar gam, gıda endüstrisinde sıkça kullanılan kıvam vericilerdendir. Süt ürünleri, fırıncılık ürünleri, soslar başlıca kullanım alanlarıdır. Gıdanın içerisindeki suyu bağlama, sineresis olayını engelleme böylelikle raf ömrünü uzatma gibi fonksiyonları vardır.

Keçiboynuzu gamı, tek başına veya guar gam, ksatangam, karragenan gibi diğer gamlar ile kombine şekilde kullanılabilen bir üründür. Süt ürünleri, dondurulmuş süt ürünleri ve sosis gibi et ürünlerinde, bisküvi ve kek hamurunda, hazır çorba karışımı ve salata sosu gibi ürünlerde istenen tekstürün (fiziksel yapı) oluşmasını sağlar.

Ksantangam, bazı yeşil yapraklı bitkilerde bulunan *Xanthomonas campestris* (kısantamonas kampestris) bakterisi tarafından üretilir. Suda ve asitte çözünebilen bir yapıdadır. Hem sıcak hem de soğuk ürünlerde yapısını koruyabildiği için gıdalarda kullanım alanı geniştir. Diğer gamlar ile kombine şekilde kullanılabilir.

Karragenan, kırmızı deniz yosunlarından elde edilen bir gamdır. Suda çözünür ve viskozitesi yüksek ürünler oluşturur. Özellikle süt ve su ile birlikte iyi bir jel yapısı oluşturması nedeniyle tercih edilir. Süt içeren ürünlerdeki kıvam verici etkisi su içeren ürünlere göre daha fazladır. Karragenan da diğer gamlar ile kombine şekilde kullanılabilir.

Besinsel Lifler

Besinsel lifler (BF) diğer bir değişle posa; bitkisel kaynaklarda bulunan, vücutta sindirilemeyen ancak sağlık için koruyucu etkisi olduğu kanıtlanmış bir karbonhidrattır. Suda çözünen ve çözünmeyen olarak ikiye ayrılır. Suda çözünenlere örnek olarak bezelye, fasulye yulaf, arpa ve çavdarda bulunan inülin, pektin, guar gam verilebilir. Suda çözünmeyenlere verilebilecek örnekler ise tam tahıllı gıdalar, karnabahar ve avokadoda bulunan selüloz ve lignindir. Tahıllar, hububatlar, meyve ve sebzelerin dış tabakaları bitkisel liflerce zengindir. Ekmek ve fırıncılık ürünleri de besinsel liflerce zenginleştirilmeye elverişlidir.

Besinsel lifler, İnsan vücudunda enzimatik sindirime uğramaz ancak bağırsaklara ulaştığı zaman buradaki yararlı bakteriler tarafından parçalanabilir. Böylece bağırsak florasını ve ortamdaki hareketliliği destekleyici bir fonksiyon sağlamış olur. Yapılan çalışmalar, besinsel lif içeriği yüksek gıdaların kolon kanseri, diyabet, kalp ve damar hastalıkları başta olmak üzere birçok hastalığa karşı koruyucu etkisinin olduğunu göstermiştir. Yetişkinler için günlük 20-30 g besinsel lif alımı tavsiye edilmektedir.

1.2.4. Karbonhidratların Reaksiyonları

Karbonhidratların yapıları, oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonları neticesinde değişir ve karbonhidrat türevi maddeler meydana gelir. Karbonhidratlarda özellikle ısının etkisiyle gerçekleşen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ile sıkça karşılaşılır. Bu reaksiyonların olumlu özelliklerinden ne kadar yararlanılıyorsa olumsuz özelliklerinden de bir o kadar sakınılması gerekir.

1.2.4.1. Oksidasyon ve Redüksiyon Reaksiyonları

Monosakkaritler, oksidasyon (yükseltgenme) ve redüksiyon (indirgenme) reaksiyonlarına girer. Oksidasyon, monosakkaritin hangi grubunda ise o gruba özel ürünler oluşur.

Aldehit gruplarının oksidasyonu ile aldonik asitler meydana gelir. Glikozdan glikonik asit oluşumu bunun bir örneğidir. Aldonik asitler; suda eriyebilen, zararsız, kuvvetli şeker asitlerini oluşturur.

Son C atomunun oksidasyonu ile üronik asit oluşur. Glikozdan glikuronik oluşumu bunun bir örneğidir. Üronik asitler, suda eriyebilen ve idrar ile atılan diğer bir şeker asidi grubunu meydana getirir.

Hem aldehit grubunda hem de son C atomunda oksidasyon oluyorsa aldarik (dikarboksilli) asitler oluşur. Glikozdan glikarit asit oluşumu bunun bir örneğidir. Bu reaksiyonun neticesinde de yine bir şeker asidi meydana gelir.

Monosakkaritlerin karbonil gruplarının indirgenmesi ile (H_2 ile reaksiyon) karbonil grubunun yerini alkol grubu alır ve böylece şeker alkolleri (polioller) oluşur. Örneğin glikozdan sorbitol, mannozdan mannitol, ksilozdan ksilitol oluşumu. Şeker alkolleri yavaş yavaş absorbe edilir ve kan şekerini birden yükseltmez. Kalori değeri 0-3,2 kcal/g aralığındadır. Bu özellikleriyle de düşük kalorili ve diyabetik ürünlerde kullanılır.

1.2.4.2. Karamelizasyon

Karamelizasyon, protein gibi N (azot) içeren bileşenlerin olmadığı bir ortamda şekerlerin ısı etkisiyle bozulmaya uğradığı enzimatik olmayan (enzimlerin faaliyet göstermediği) bir esmerleşme reaksiyonudur. Bu reaksiyon ile kahverengi-karamel renk, tat ve koku oluşur.

Karamelizasyon reaksiyonu kontrollü bir şekilde devam etmezse acı, yanık ve tatsız ürünler oluşabilir. Karamelizasyon, karbonhidratın çeşidine göre değişmekle birlikte genel olarak 120 ^{o}C'lik sıcaklıkta başlar. Karamelizasyonun gerçekleşebilmesi için ortam pH değerinin 3-9 aralığında olması ve su aktivitesinin düşük olması gerekir.

Karamelizasyon, sıcaklık ve sürenin etkisiyle bir dizi reaksiyon olarak devam eder. Sakkarozun karamelizasyonu 160 ^{o}C'de başlar. 200 ^{o}C'de yaklaşık 1,5 saatlik ısıtma sonucunda **karamelan** oluşur. Karamelan suda ve alkolde çözünebilir. Buruk ve acı bir tadı vardır. Karamelan 55 dakika daha ısıtılırsa **karamelen** oluşur. Karamelen ise yalnızca suda çözünür. Karamelen ısıtılmaya devam edildiğinde de **karamelin** oluşur. Karamelin suda çözünmeyen yapıda ve acı (bitter) tattadır.

Karamel, gıda endüstrisinde kola ve diğer alkolsüz içeceklerde, unlu mamüllerde, şekerlemelerde ve çeşitli gıda ürünlerinde renklendirici ve aroma bileşiği olarak kullanılır (Görsel 1.11).



Görsel 1.11: Çeşitli karamelize şekerler

1.2.4.3. Maillard

Karbonhidratların önemli reaksiyonlarından biri de Maillard reaksiyonudur. Maillard reaksiyonunda da enzimlerin etkisi olmaksızın esmerleşme ve bazı tat-aroma bileşenleri oluşur.

Reaksiyon; indirgen şekerlerin aldehit ve keto grupları ile amino asit, peptit veya proteinlerin yapısındaki serbest amino grupları arasında gerçekleşir. Neticede melanoidin denilen esmer renkli azotlu polimerler oluşur.

Maillard reaksiyonu, karbonhidrat ve protein içeren gıdaların ısıtılması (pişirme, kavurma, kızartma vb.) veya uzun süre depolanması neticesinde ortaya çıkabilir. Reaksiyona giren karbonhidrat ve proteinin özelliğine göre farklı esmerleşme ve tat-aroma özellikleri meydana gelebilir.

Maillard reaksiyonunun oluşumu bazı besinsel kayıplara neden olur. Örneğin sütte bulunan ve insan beslenmesi için önemli bir amino asit olan lizin, sütün bileşimindeki indirgen bir şeker olan laktoz ile Maillard reaksiyonuna girerek kayba uğrar. Bunun yanında Maillard reaksiyonu et ve balık gibi ürünlerde mutajenik (canlının DNA / RNA yapılarına etki eden) etki gösteren **HAA** (heterosiklik aromatik amin) oluşumuna neden olabilir. Özellikle bal, pekmez, meyve suyu gibi ürünlerde de ısıl işlem veya uygun olmayan sıcaklıkta depolama neticesinde Maillard reaksiyonlarının bir ürünü olarak mutajenik etki gösteren **HMF** (hidroksimetil furfural) oluşabilir. Her ne kadar yağlar ve bazı organik asitlerin çeşitli reaksiyonları gibi başka sebeplerle meydana gelebilse de, Maillard reaksiyonları sonucunda da **akrilamid** denilen toksik (zehirli) ve mutajenik etkileri olan organik madde oluşabilir. Akrilamid genelde 120 ^{0}C üzeri sıcaklıklarda oluşmaya başlar.

Maillard; ekmek kabuğunda arzu edilen renk ve kokunun oluşması, malt ekstraktı yapımı, fırıncılık ürünleri, sütlü çikolatalar, şekerlemeler, bazı et ürünleri vb. ürünlerde renk ve tat-roma bileşenleri için istenen bir reaksiyondur (Görsel 1.12). Burada Maillard reaksiyonunu kontrol altında tutabilmek için su aktivitesi (aw), pH, sıcaklık, reaksiyona giren maddelerin konsantrasyonu gibi parametreler ayarlanabilir.



Görsel 1.12: Maillard reaksiyonu neticesinde rengi esmerleşmiş tost ekmeği

1. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

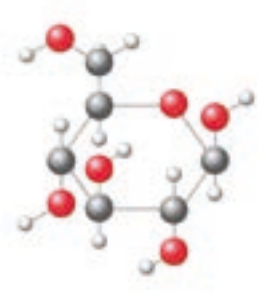
1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Molekül Setlerini Kullanarak Glikozidik Bağlar İle Monosakkarit Yapıları ve Disakkarit Yapıları Oluşturma**
Uygulamanın Amacı	:	Çeşitli karbonhidratların molekül yapılarını görmek.
Uygulamanın Prensibi	:	Molekül setlerindeki farklı renkte bir ve yapıları kullanarak karbonhidrat yapısının oluşturulmasıdır.
Gerekli Araç Gereç	:	Molekül setleri
Süre	:	40 dakikadır.

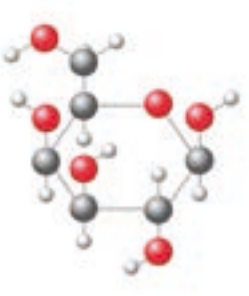
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Molekülleri oluşturacak her bir element için farklı renk seçiniz.
2. Elementler arası bağlar için farklı renk bir materyal kullanınız ve bu materyal ile elementleri birbirine bağlayınız.
3. Şekildeki molekül setlerine göre
   - O_2 için kırmızı renk,
   - C için gri renk,
   - H için beyaz renk kullanılacaktır (**Şekil 1.15**).

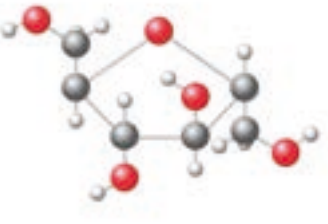
KARBONHİDRATLAR



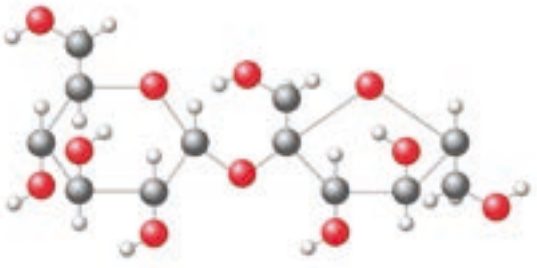
Glikoz



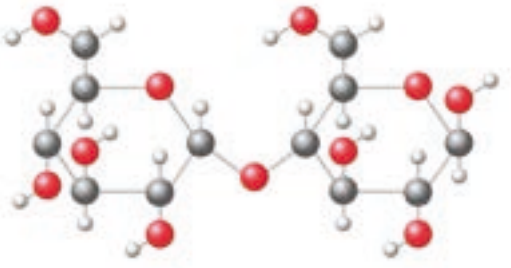
Galaktoz



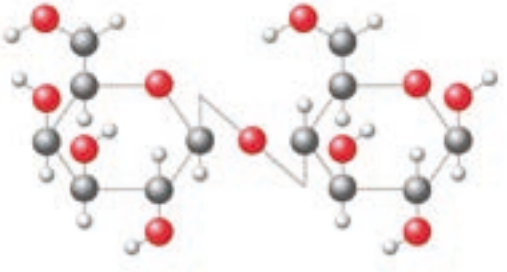
Fruktoz



Sakkaroz



Maltoz



Laktoz

Şekil 1.15: Molekül yapıları

Sonuç Değerlendirme

1. Neden farklı elementler için farklı renkler kullanılır?
2. Elementleri birbirine bağlayan bağların adı nedir?

2. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Nişasta Hidrolizi**
Uygulamanın Amacı	:	Nişastanın parçalanması olayını renk değişiminden faydalanarak gözlemlemek.
Uygulamanın Prensibi	:	Nişastanın yapısındaki şekerin büyüklüğüne göre iyot ile farklı renk kompleksleri oluşturmasıdır.
Gerekli Araç Gereç	:	Pipet, puar veya pipet pompası, deney tüpü, mezür ve beher.
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	İyot çözeltisi (İyot çözeltisi laboratuvarda hazırlanacaksa 1 g iyot 20 ml etil alkolde çözündürülür. Üzerine 20 g KI (potasyum iyodür) eklenir. Saf su ile 1 L'ye tamamlanır.), elma suyu (Farklı elma sularında ve laboratuvar ortamında püre haline getirilen elmanın suyu alınarak da analiz yapılmalıdır.).
Süre	:	80 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Nişasta testi için 10 ml elma suyu alınız.
2. Elma suyunu tüpe aktarınız.
3. Tüpe aktarılan elma suyunun üzerine 1 ml iyot çözeltisi ekleyiniz.
4. Tüpün iyice karışmasını sağlayınız.
5. Renk değişimini gözlemleyiniz (**Görsel 1.13**).



Görsel 1.13: Renk değişimi

6. Uygulamayı hazır olarak satın alınmış elma sularında ve farklı olgunluklardaki elmalardan elde edeceğiniz elma sularında yapınız.

Renk Değişimi

- Mavi renk, çirişlenmiş yani yapısına su almış ancak parçalanmamış nişastayı gösterir.
- Menekşe renk, nişastanın parçalanmanın ilk aşamasında olduğunu gösterir.
- Kahverengi-kırmızı renk, nişastanın belirli bir aşamaya kadar parçalanmış olduğunu gösterir.
- Portakal rengi, parçalanmanın glikoza kadar ilerlemiş olduğunu gösterir.
- Sarı renk, nişastanın tamamen glikoz düzeyine kadar parçalanmış olduğunu gösteri

Sonuç Değerlendirme

1. Hazır olarak satın aldığınız elma suları ile bu uygulamayı yapınız. Sonuçlar arasında ne gibi farklılıklar var? Fark varsa sebebi ne olabilir?
2. Farklı olgunluklardaki elmalardan elde ettiğiniz elma suları ile yaptığınız uygulamaların sonuçları arasında ne gibi farklılıklar var? Fark varsa sebebi ne olabilir?

3. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Karbonhidratların İndirgenmesi**
Uygulamanın Amacı	:	Karbonhidratların indirgenmesi olayını renk değişiminden faydalanarak gözlemlemek.
Uygulamanın Prensibi	:	İndirgen bir şeker olan glikozun ısının da etkisiyle bakır-II'yi bakır-I'e indirgemesidir.
Gerekli Araç Gereç	:	Hassas terazi, balon joje, pipet, puar veya pipet pompası, erlen, beher, ısıtıcı olarak manyetik ısıtıcı, bek alevi veya ispirto ocağı.
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	Glikoz, Fehling A, Fehling B ve saf su.
Süre	:	80 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. 5 g glikozu tartarak alınız.
2. 100 ml saf suda çözündürerek %5'lik glikoz çözeltisi hazırlayınız.
3. Beher veya erlene 5 ml Fehling A, 5 ml Fehling B, 5 ml saf su ve 2 ml de %5'lik olarak hazırlanmış olan glikoz çözeltisinden koyunuz (**Görsel 1.14**).
4. Karışımı manyetik ısıtıcı, bek alevi, ispirto ocağı vb. bir düzenek ile ısıtınız (**Görsel 1.15**).
5. Mavi renk olan karışım, ısının etkisiyle önce yeşilimsi ardından da kiremit kırmızısı bir renge dönüşür. İndirgen bir şeker olan glikoz, Cu+2'yi Cu+1'e indirgemiş ve bu duru renk değişimi ile gözlemlenmiştir.
6. Uygulamayı bir de indirgen olmayan şeker çözeltisiyle yapınız.



Görsel 1.14: Kimyasalları aktarma işlemi



Görsel 1.15: Isıtma işlemi

Öneriler

- Kimyasal kullanırken yavaş ve dikkatli olunuz.
- Isıtıcı düzenek ile çalışırken yanma ve sıçrama tehlikelerine karşı tedbirli olunuz.

Sonuç Değerlendirme

1. İndirgen şeker çözeltisi ve indirgen olmayan şeker çözeltisi ile yapılan uygulamaları renk değişimi olup olmaması yönünden değerlendiriniz.

4. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	Karamelizayon
Uygulamanın Amacı	:	Karamelizasyon olayını ve etkilerini gözlemlemek.
Uygulamanın Prensibi	:	Alkali ortamda ısının etkisiyle şekerlerin polimerleşmeye bağlı olarak karamelize olmasıdır.
Gerekli Araç Gereç	:	Pipet, puar veya pipet pompası, tahta maşa, bek alevi veya ispirto ocağı, beher, erlen ve balon joje.
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	Şeker (glikoz vb.) çözeltisi ve %10'luk NaOH.
Süre	:	80 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. 2 ml şeker çözeltisini deney tüpüne aktarınız.
2. Üzerine 2 ml %10'luk NaOH ekleyiniz.
3. Tüpü maşa yardımıyla tutunuz ve bek alevi, ispirto ocağı vb. düzenekte dikkatlice ısıtınız.
4. Isıtma sürecinde tüpteki çözelti sırasıyla açık sarı, sarı-kahverengi, koyu kahverengi tonlarında renk değişimi gösterecektir.
5. Renk değiminin yanında karamel kokusu da ortaya çıkacaktır (Görsel 1.16).



Görsel 1.16: Karamelizasyon olayı

Öneriler

- Kimyasal kullanırken yavaş ve dikkatli olunuz.
- Isıtıcı düzenek ile çalışırken yanma ve sıçrama tehlikelerine karşı tedbirli olunuz.

Sonuç Değerlendirme

1. Karamelizasyon olayı esnasındaki her üç renk değişimini de gözlemleyebildiniz mi?
2. Oluşan karamel kokusu size hangi gıda ürünlerini çağrıştırdı?

2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Karbonhidratların en küçük yapıları monosakkaritlerdir.

2. ( ) Monosakkaritlerin polarize ışığı sağa çeviren formu L formudur.

3. ( ) Oligosakkaritler, 2-10 polisakkarite kadar olan yapılardır.

4. ( ) Karbonhidrat yapıları arasındaki bağlar glikozidik bağlardır.

5. ( ) Laktoz, sütte bulunan bir şeker olduğu için süt şekeri olarak da bilinir.

6. ( ) Gamların gıda maddelerinin kıvam ve tekstürü üzerindeki etkisi gıda endüstrisinde istenmeyen bir durumdur.

7. ( ) Karbonhidratlı gıdanın 120 °C ve üzeri ısıya maruz kalmasıyla akrilamid denilen toksik madde oluşmaya başlayabilir.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri, verilen bilgilere uygun şekilde doldurunuz.

1. Karbonhidratlarda C ve H atomları arasındaki çift bağlı yapıya ..... denir.

2. Monosakkaritlerin polarize ışık düzlemini sağa çeviren formu ..... formudur.

3. Doğada en yaygın olarak bulunan karbonhidratlardan biri olan ..... üzüm şekeri olarak da bilinir.

4. Fruktoz ..... olarak da bilinir.

5. Şeker kamışı ve şeker pancarında bulunan ..... ayrıca çay şekeri olarak da bilinir.

6. Sakkarozun hidrolizi ..... olarak adlandırılır.

7. Nişastayı oluşturan iki temel yapı ..... ve ..... yapılarıdır.

8. Bitkilerde ..... , insan ve hayvanda ise ..... depo karbonhidrattır.

9. Sakkarozun ısıtılarak 160 °C'ye ulaşmasıyla ..... başlar, 200 °C'de 1,5 saat devam eden ısıtma neticesinde oluşan yapıya ..... denir.

10. Sütü tükettikten sonra şiddetli karın ağrısı, kramp, şişkinlik gibi sindirim rahatsızlıkları yaşayan biri ..... belirtileri gösteriyordur.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi önemli monosakkarit yapılarından biridir?

A) Aldoz B) Galaktoz C) Laktoz D) Maltoz E) Nişasta

2. Aşağıdaki karbonhidrat yapılarından hangisi tüketildiği zaman doğrudan kana geçer?

A) Fruktoz B) Glikoz C) Ketoz D) Pektin E) Selüloz

2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

3. Aşağıdakilerden hangisi önemli disakkaritlerden biridir?

A) Agar B) Galaktoz C) Kitin
D) Laktoz E) Pentoz

4. Sakkarozun hidrolizi sonucu aşağıdakilerden hangisi oluşur?

A) Fruktoz + Su

B) Glikoz + Glikoz

C) Glikoz + Fruktoz

D) Glikoz + Su

E) Fruktoz + Fruktoz

5. En önemli kaynağı arpa olan ve malt şekeri olarak da bilinen disakkarit aşağıdakilerden hangisidir?

A) Gam

B) Glikojen

C) İnülin

D) Laktitol

E) Maltoz

6. Ekmeğin bayatlaması olayına ne denir?

A) Jelatinizasyon

B) Karamelizasyon

C) Modifikasyon

D) Optikrotasyon

E) Retrogradasyon

7. Aşağıdakilerden hangisi polisakkarit bir yapı değildir?

A) Akrilamid

B) Guargam

C) İnülin

D) Karragenan

E) Keçiboynuzu

8. Vücutta sindirilemeyen ancak bağırsaklardaki fonksiyonları neticesinde sağlığı koruyucu etkilerinin olduğu kanıtlanmış olan karbonhidrat grubu aşağıdakilerden hangisidir?

A) Besinsel lifler

B) Guargam

C) HMF

D) Oligosakkaritler

E) Polisakkaritler

9. Karbonhidrat ve protein içeren bir gıdanın yüksek derecelere ısıtılması ile meydana gelen esmerleşme reaksiyonu aşağıdakilerden hangisidir?

A) HAA

B) Karamelan

C) Karamelen

D) Karamelin

E) Maillard

2.

ÖĞRENME BİRİMİ

LİPİTLER



KONULAR

2.1. LİPİTLERİN YAPILARI VE ÇEŞİTLERİ

2.2. LİPİTLERİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Lipit
- Yağ
- Mum
- Sterol
- Gliserit

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Bilimsel yöntemlere uygun olarak lipitlerin yapıları, çeşitleri, genel özellikleri ve vücuttaki görevlerini tanımlamayı
- Bilimsel yöntemlere uygun olarak lipitlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini örneklerle göstermeyi

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Lipitlerin vücuda enerji sağlama açısından önceliği sizce nedir?
2. Sizce yağ tüketimi niçin önemlidir?

2.1. LİPİTLERİN YAPILARI VE ÇEŞİTLERİ

Katı ve sıvı yağlar ile mum gibi yağ benzeri organik maddeler lipitler olarak adlandırılır. Lipitler temelde C, H ve O atomlarından oluşur. Bu atomların yanında N (azot), P (fosfor) ve S (kükürt) atomları da yer alabilir.

Lipitler grubunda yer alan maddeler, kimyasal olarak birbirinden farklı olmasına rağmen çok sayıda ortak özelliğe de sahiptir. Lipitler; suda çözünmeyen ancak eter, benzen ve kloroform gibi organik bileşiklerde çözünen yapılardır.

2.1.1. Lipitlerin Genel Özellikleri

Lipitlerin genel özellikleri şunlardır:

- Lipitlerin temel yapıları C, H ve O atomlarından oluşur. Bazı lipitlerde S, P ve N atomları da bulunabilir.
- Hidrofob özellik gösterdikleri için suda çözünmez. Eter, benzen ve kloroform gibi organik çözücülerde çözünür.
- 1 gram lipit 9 kcal enerji verir.
- Hücre zarının ve organellerin temel yapı taşıdır.
- Lipitler, yapılarında yağ asidi bulundurma veya yağ asidi esteri hâline gelebilme özelliğine sahiptir.
- Kolay okside olur. Yağların oksidasyonu sonucu oluşan bazı bileşikler, gıdalarda arzu edilen tat ve kokunun oluşmasını sağlar.
- Koku absorbe etme özelliği fazladır.

BİLGİ KUTUSU

Hidrofilik ve Hidrofobik Özellik: Suyu seven ve sudan kaçan moleküler özelliklerdir. Polar gruba sahip olan moleküller, su ile hidrojen bağı oluşturarak suyun içerisinde çözünür. Bu tür moleküllere hidrofilik (suyu seven) denir. Apolar moleküller su içerisinde çözünmez ve hidrofobik (sudan kaçan) olarak isimlendirilir.

Koku Absorbe Etme: Moleküllerin, bulunduğu ortamdaki kokuyu emerek o kokuya sahip olmalarını ifade eder.

2.1.2. Lipitlerin Sınıflandırılması

Lipitler, oda sıcaklığında (25 °C) fiziksel formuna göre katı ve sıvı olarak sınıflandırılabilir.

Bazik çözeltilerle reaksiyon verme özelliğine göre ise sabunlaşabilen ve sabunlaşamayan lipitler olarak gruplandırılır. Yapısında yağ asidi içeren lipitler sabunlaşabilir. Bu lipitler; fosfolipitler, glikolipitler ve mumlardır. Yapısında yağ asidi içermeyen steroller ve terpenler ise sabunlaşamayan lipitlerdir.

Yapısal özelliklerine göre lipitler şu şekilde sınıflandırılır:

1. **Basit Lipitler:** Yağlar, mumlar ve sterol esterleri
2. **Bileşik Lipitler:** Fosfolipitler, glikolipitler ve lipoproteinler
3. **Türev Lipitler:** Yağ asitleri, steroller, lipokromlar, lipovitaminler ve antioksidanlar

Lipitler, çoğu trigliserit olmak üzere genellikle gliseritlerden meydana gelir. Gliseritler, gliserol ve yağ asitlerinden oluşur. Yağ asitlerinin miktarı, çeşidi ve konumu yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirler. Lipitler; gliseritler dışında fosfolipitler, sfingolipitler, vitaminler, renk maddeleri, steroller, mumlar, hidrokarbonlar, antioksidanlar, tat ve koku maddeleri de içerebilir. Bu maddelerin miktarı; lipit kaynağı olan ham maddenin hasat zamanı, yeri, yağın çeşidi ve işlenme şekline göre değişiklik gösterir.

2.1.2.1. Basit Lipitler

Basit lipitler sınıfı; yağlar, mumlar ve sterol esterlerini kapsar. Basit lipitler, yapılarında yağ asidi içerdikleri için sabunlaşabilen lipitlerdir.

Yağlar

Lipitler içerisindeki en geniş sınıf, yağlardır. Yağlar, yağ asitlerinin gliserolle esterleşmesinden meydana gelir. Ortaya çıkan esterlere gliserit denir. Yapısında bir molekül yağ asidi bulunduran gliseritlere monogliserit, iki yağ asidi bulunduranlara digliserit, üç yağ asidi bulunduranlara da trigliserit denir. Mono ve digliseritler emülsifiyer özelliğe sahiptir. Trigliseritler, gıdalarda bulunan yağların %95'ten fazlasını oluşturur.

SIRA SİZDE

Grup çalışması olarak, kanda trigliseritin yüksek olmasının özellikle kalp sağlığı açısından önemini açıklayan bir sunum hazırlayıp arkadaşlarınızla paylaşınız.

Bitkisel nötral yağlar ve hayvansal yağlar triliserit örnekleridir (Görsel 2.1). Yağların kütlece ağırlığının %95'ten fazlası trigliseritlerden meydana gelir. Trigliseritlerin yanında mono ve digliseritlerin yağlardaki miktarı da düşük değerler gösterir. Yağlarda mono ve digliseritler, trigliseritlerin hidrolizi sonucu oluşur.



Görsel 2.1: Çeşitli yağ kaynakları

Mumlar

Mumlar, uzun zincirli yağ asitleri ile uzun zincirli alkollerin esterleşmesi sonucu oluşan maddelerdir. Elde edildikleri kaynaklara göre sınıflandırılır. Örneğin bitkisel, hayvansal ve mineral mumlar.

Hayvansal mumlar içinde en yaygın olanı bal mumudur (Görsel 2.2). Böceklerin vücudu mum tabakası ile kaplıdır. Bu tabaka böceklerin su kaybını engeller. Kuşlar, salgıladıkları mumlarla tüyleri üzerinde su aktarımını engelleyen bir tabaka oluşturur. Koyun yünü üzerinde yün mumu ya da lanolin olarak adlandırılan bir mum tabakası bulunur. Lanolin, eczacılık sektöründe kullanılmaktadır.



Görsel 2.2: Bal mumu

Bitkisel mumlar, bitkileri dış etkilerden korur ve bitkinin su kaybını önler. Bitkisel yağ üretiminde yağa geçebilir. Rafinasyon (yağda bulunan yabancı maddelerin uzaklaştırılması işlemi) uygulamasıyla uzaklaştırılabilir.

Mineral mumlar, bitkisel ve hayvansal mumların fosilleşmesiyle meydana gelir. Montan mumları olarak da adlandırılır.

2.1.2.2. Bileşik Lipitler

Gliserit formuna ek olarak çeşitlerine göre karbonhidrat, fosforik asit, azot ve amin grup taşıyan maddelerdir. Metabolizma için önemlidir.

Fosfolipitler

Fosfatidler olarak da adlandırılan fosfolipitler fosforik asit esterleridir. Bitki ve hayvan hücrelerinin hücre zarı ve sitoplazmalarında bulunur. Lipitlerin vücutta taşınmasında görev alır. En çok yumurta sarısı ve

süt gibi gıdalarla karaciğer, beyin, akciğer ve pankreas gibi organlarda bulunur. Hayvansal kaynaklar dışında bitkisel kaynaklarda da bulunmaktadır (Tablo 2.1). Gıda endüstrisinde en önemli fosfolipitler, lesitin ve sefalindir.

Tablo 2.1: Ham Yağlarda Bulunan Fosfolipitler

HAM YAĞ ÇEŞİDİ	TOPLAM FOSFATİD MİKTARI (%)
Pamuk yağı	1,4-1,8
Mısır özü yağı	0,04-0,5
Soya yağı	3,2'ye kadar
Susam yağı	0,1
Kolza yağı	0,1
Pirinç yağı	0,5
Keten yağı	0,3
Çavdar yağı	1,33-4
Sığır iç yağı	0,07
Domuz iç yağı	0,05
Tereyağı	1,4'e kadar
Koyun yağı	0,01

Lesitin gıda endüstrisinde kullanılan en önemli fosfolipittir (Görsel 2.3). Fosforik asit, yağ asidi, gliserin ve kolin içerir. Yağ ve su emülsiyonu (bir sıvının başka bir sıvı içerisinde heterojen karışımı) oluşturarak hazırlanan mayonez, margarin, dondurma, çikolata gibi gıdalarda yağ ayrışımını engellemek için kullanılır.



Görsel 2.3: Soya lesitini

Lesitin, suda çözünmez ancak emülsiyon oluşturabilir. Sulu ortamda su molekülleri ile etkileşerek yağda çözünme özelliğini kaybeder. Bu özelliği sayesinde ham yağlardaki müsilaj (su ile şişen) maddelerin uzaklaştırılmasında kullanılır.

Sefalin; fosforik asit, yağ asidi, gliserin ve kolamin içeren bir fosfolipittir. Bazı sefalinlerin içeriğinde kolamin yerine serin bulunur. Bitkisel kaynaklarda çoğunlukla serin sefalinleri genellikle lesitinle birliktedir. Serin sefalinler, yapılarında bulunan karboksil grubu nedeniyle kolamin sefalinlerden daha asidik özelliktedir. Sefalin ve lesitin arasındaki temel fark, sefalinin lesitine kıyasla alkolde daha kolay çözülmesidir. Fosfotidik asitlerin yapılarında azot bulunmaz. Fosfotidik asitler, ester fosfatidlerin enzim etkisiyle parçalanması sonucu elde edilir.

Glikolipitler

Yapılarında galaktoz (serebrogalaktozit) veya glikoz (serebroglikozit) bulunan esterlerdir. Aynı zamanda yapılarında şeker içeren bu lipitler, beyin dokusunda bulundukları için serebrositler olarak da adlandırılır. Beyinde sadece serebrogalaktozitler bulunabilir. Bunlar beyin ve sinir sisteminin çalışması için son derece önemlidir. Serebrogalaktozitler, içerdikleri yağ asidi çeşidine bağlı olarak üç şekilde adlandırılır. Serebronik asit içerenlere serebron, nervonik asit içerenlere nervon ve keratinik asit içerenlere de kerasin denir.

Lipoproteinler

Lipitlerin kanda taşınmasını sağlayan esterlerdir. Yapılarında lipitler ve apolipoproteinler bulunur. Apolipoproteinler, bu esterlerin protein kısmını oluşturur. Mitokondri ve hücre zarında bulunur. Trigliseritlerin karaciğer ve bağırsaklardan taşınmasını sağlar. Ayrıca sterollerin dokulara taşınmasında görev alır.

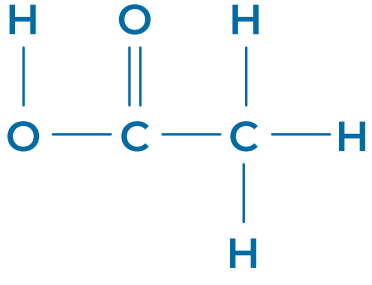
2.1.2.3. Türev Lipitler

Yağ asitleri, steroller, lipokromlar, lipovitaminler ve antioksidanları kapsayan lipit sınıfıdır.

Yağ Asitleri

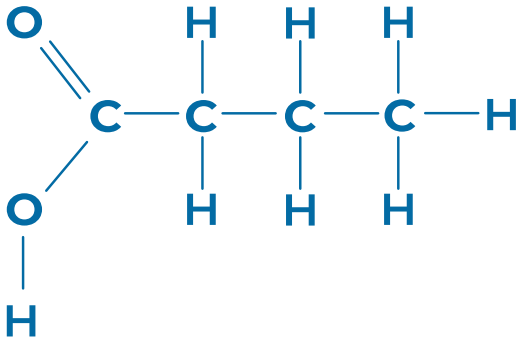
Yağ asitleri; karbon, hidrojen ve oksijen atomu içeren bir karboksil grubuna (-COOH) ve farklı zincir uzunluklarına sahip düz zincirli asitlerdir. Karbon grupları arasında tek ya da çift bağ olmasına göre doymamış ve doymuş olarak sınıflandırılabildiği gibi, zincir uzunluklarına göre de sınıflandırılabilir. İnsan vücudunda sentezlenip sentezlenmemesine bağlı olarak da elzem (esansiyel) ve elzem olmayan yağ asitleri olarak sınıflandırılır.

Yağ asitlerinin çok az bir kısmı dışında geneli tek karboksil grubuna sahiptir. Bu durum, yağ asidinin bir alkil (R-) ve bir karboksil (-COOH) grubundan meydana geldiğini ifade eder.



Şekil 2.1: Asetik asit

Bugüne dek keşfedilen, doğada bulunan yağ asidi sayısı 200'den fazladır. Doğal yağ asitleri dışında kimyasal tepkimeler sonucu değişen çeşitli yağ asitleri de yağların yapısında saptanabilir. Keşfedilen yağ asitleri en az 2, en fazla 26 C atomuna sahiptir. Doğal yağ asitlerinin tamamına yakını çift sayıda C atomu içerir. 2 karbonlu yağ asidi, CH_3-COOH formülüne sahip olan asetik asittir. Yağ asitlerinin vücutta parçalanmaları sonucu oluşan en son ürün asetik asittir (Şekil 2.1). Asetik asit, tepkime sonucu yanarak en son su ve karbondioksite parçalanır.



Şekil 2.2: Bütirik asit

Doymuş yağ asitlerinin kapalı formülleri $C_nH_{2n}O_2$ şeklinde gösterilir. Doğadaki yağların yapısında bulunan en küçük moleküllü üyesi C_3H_7COOH formülüne sahip olan bütirik asittir (Şekil 2.2). Doğada yağların yapısında bulunan en büyük moleküllü üyesi ise lignoserik asittir. Doğadaki daha uzun zincirli doymuş yağ asitleri, mumların yapısında bulunduğu için bunlara mum asitleri denilmektedir.

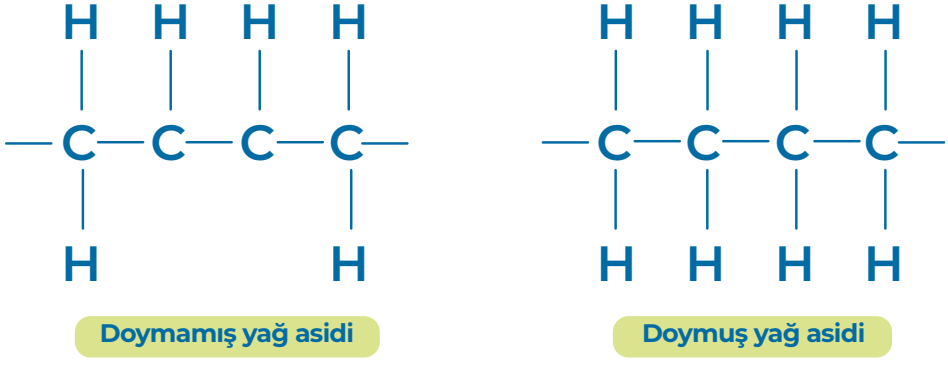
10'dan az karbon atomundan oluşan doymuş yağ asitleri oda sıcaklığında (25 °C) sıvı hâlde, 10 ve daha fazla karbon atomundan oluşan doymuş yağ asitleri ise katı hâldedir.



Görsel 2.4: Doymuş yağ asidi kaynakları

Doymuş yağ asitlerinin karbon atomu sayıları arttıkça erime ve kaynama noktaları da artar (Görsel 2.4). Molekül ağırlıkları arttıkça sudaki çözünürlükleri azalır.

Doymamış yağ asitleri, karbon zinciri üstündeki karbon atomları arasında en az bir adet doymamış bağ (çift bağ) içeren yağ asitleridir (Şekil 2.3). Bir çift bağ içeren yağ asitleri tekli doymamış (monoenoik) yağ asitleri, birden fazla çift bağ içeren yağ asitleri ise çoklu doymamış (polienoik) yağ asitleri olarak adlandırılır. Tekli doymamış yağ asitleri vücutta sentezlenebilir. Çoklu doymamış yağ asitleri ise vücutta sentezlenemez dolayısıyla bunların dışarıdan alınması gerekir. Dışarıdan alınması gereken bu yağ asitleri elzem (esansiyel) yağ asitleri olarak adlandırılır.



Şekil 2.3: Doymamış ve doymuş yağ asidi

Yapılarında çift bağ olduğu için doymamış yağ asitleri, doymuş yağ asitlerinden daha reaktiftir. Doymamış yağ asitlerinin reaktiviteleri, çift bağ sayıları ile doğru orantılı olarak artar.

Doymamış yağ asitlerinin tamamı, polimerizasyon ve kuvvetli oksidasyon gösterir. Bu yüzden gıda üretimi, gıdanın işlenmesi ve depolanması esnasında doymamış yağ asitleri değişir.

Doymamış yağ asitleri, aynı zincir uzunluğundaki doymuş yağ asitlerinden daha düşüktür. Ayrıca erime ve kaynama noktasına, daha yüksek yoğunluk, kırılma indisi ve özgül ağırlığa, daha kolay çözünme gücüne sahiptir. Doymamış yağ asitleri bulundukları yağa sıvı karakter kazandırır (Görsel 2.5).



Görsel 2.5: Doymamış yağ asidi kaynakları

Doymamış yağ asitlerinin isimlendirilmesinde omega sistemi de kullanılır. Omega isimlendirilmesinde çift bağın pozisyonu tanımlanır. Örneğin oleik asitte son metile ($-CH_3$) göre çift bağ 9. karbonda olduğu için oleik asit, omega-9 yağ asidi olarak adlandırılır.

Elzem Yağ Asitleri

Vücutta sentezlenemeyen ve dışarıdan alınması gereken yağ asitleridir. Elzem yağ asitleri, omega- 3 ve omega-6 yağ asitleridir. Bu yağ asitleri, gıdalar yoluyla alınmadığı zaman vücuttaki eksikliğine bağlı olarak hastalıklar görülür. Elzem yağ asidi eksikliği ile ilişkili hastalıklardan bazıları; astım, depresyon, diyabet, egzama, hipertansiyon, obezite, hiperaktivite sendromları, alzheimer (alzaymır) ve osteoporozdur. Elzem yağ asitleri kandaki kolesterolü düşürür. Hamilelik sırasında düşük veya prematüre doğum riskini azaltır, bebeğin doğum kilosunu artırır.

Omega-3 yağ asitleri, alfa-linolenik asit (ALA), eikosa pentaenoik asit (EPA) ve dokosa heksaenoik asit (DHA) olarak gruplandırılırken omega-6 yağ asitleri, linoleik asit ve araşidonik asit olarak gruplandırılır. Omega-3 ve omega-6 yağ asitleri birbirine dönüştürülemez.

Alfa-linolenik asit, 18 karbonlu ve 3 adet çift bağ bulunduran yağ asididir. Keten tohumu, chia (çiya) tohumu, fındık, ceviz, susam, semizotu, kenevir tohumu, soya ve balık yağında bulunur. En fazla omega-3 içeren yeşil yapraklı bitki semizotudur.

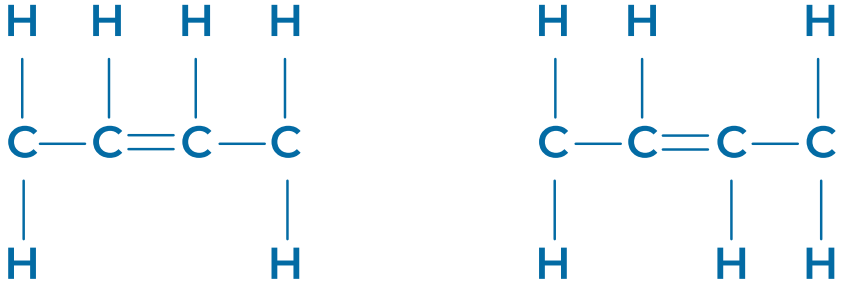
EPA ve DHA, balıklarda bulunan iki yağ asidi çeşididir. Hem ALA'dan hem de balık yağından elde edilir. DHA; beyin, sperm ve retinanın önemli bir bileşenidir. Beyin hücrelerinde DHA miktarının azalması alzheimer, depresyon, şizofreni, görme bozukluğu ve hafıza kaybına neden olur.

Linoleik asit 18 karbonlu ve 2 adet çift bağ bulunduran yağ asididir. Omega-6 yağ asitlerinin kaynağını oluşturur. Ayçiçeği, pamuk, chia tohumu, mısır özü ve soya yağında bulunur.

Araşidonik asit, linoleik asitten elde edilebilen bir omega-6 yağ asididir.

2.1.3. Yağ Asitlerinde İzomeri

İzomerler, aynı kapalı formüle sahipken molekül yapıları farklı olan bileşikleri ifade eder. Yağ asitleri pozisyon ve geometrik izomerizasyon olmak üzere iki çeşittir. Pozisyon izomeri, molekül içindeki çift bağların yerinin farklı olmasını ifade eder. Geometrik izomerizasyon ise çift bağların uç kısımlarında bulunan karbon atomlarına bağlı hidrojen atomlarının konfigürasyonuna göre cis ve trans olarak isimlendirilir. Hidrojen atomları aynı yönde ise cis izomeri, ters yönde ise trans izomeri olarak isimlendirilir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Cis ve trans izomeri

Cis ve trans izomerlerin özelliklerinden bazıları şunlardır:

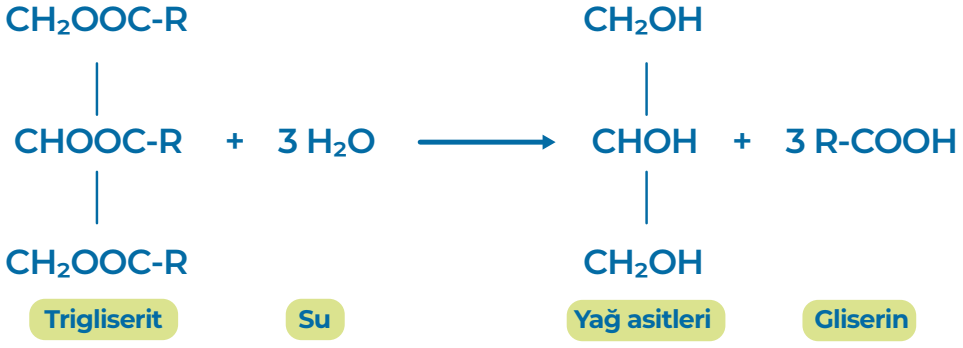
- Trans izomerlerin erime noktası cis izomerlerden yüksektir.
- Trans formda çift bağ açısı cis forma göre daha küçüktür.
- Trans izomerler, bulundukları yağa daha dayanıklı bir yapı kazandırır.
- Cis izomerler yağ çözücülerde daha kolay çözülür.
- Trans izomerler, oksidasyona karşı daha dayanıklıdır.
- Cis izomerler doğada yaygın olarak bulunurken trans izomerler bulunmaz.
- Yağların yüksek sıcaklığa maruz kalması trans izomeri oluşumuna sebep olabilir.

BİLGİ KUTUSU

- Farklı yağ asitlerinin sağlık üzerindeki etkileri birbirinden farklıdır.
- Doymuş yağ asitlerinin aşırı tüketimi, kalp ve damar hastalıklarına ve obeziteye neden olabilir.
- Yeterli ve dengeli beslenmenin sağlanabilmesi için yağ asitlerinin de yeterli ve dengeli alınması gerekir.
- Omega-6 ve omega-3 yağ asitlerinin birbiri ile dengeli bir şekil de (Dünya Sağlık Örgütünün tavsiyesine göre 5/1 oranında) tüketilmesinin vücuda olumlu etkileri vardır.
- Konjuge linoleik asit; bağışıklık sistemini destekler, kalp ve damar hastalıklarını önler. Ayrıca yağ birikimini engelleyerek vücudu obeziteye karşı korur.

Gliserin

Gliserin, tüm yağların ortak yapıtaşı olan 3 değerli bir alkoldür. Yağlarda, yağ asitleri ile esterleşmiş gliserit formunda bulunur. Yağların hidrolizi sonucunda serbest yağ asitlerinin oluşumu eşliğinde meydana gelir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Trigliseritlerin hidrolizi sonucu gliserinin oluşması

Gliserinin sahip olduğu bazı özellikler şunlardır:

- Gliserin kokusuz ve renksizdir.
- 150 °C'de yanar.
- 22 °C'de donar.
- Alkol ve suda çözünebilir ancak organik çözgenlerde çözünmez.
- Normal şartlarda oksijene duyarlı değildir ancak katalizörler ve yüksek sıcaklık etkisiyle okside olabilir.

BİLGİ KUTUSU

Gliserinin günlük hayatta kullanıldığı alanlar şunlardır:

- Reçine, boya ve cila yapımı
- Kozmetik ve ilaç sektörü
- Dinamit yapımı
- Sağlık sektörü
- Sabun yapımı
- Tekstil sektöründe özel dokumaların yapımı
- Matbaacılık sektörü
- Sanayi çözücüsü yapımı
- Tütün üretimi
- Gıda sektörü (aroma vermek için, koruyucu ve tatlandırıcı olarak)

Steroller

Steroller, kimyasal olarak alkol grubuna aittir. Kimyasal sınıflandırmada kolesterol, safra tuzları (safra asitleri), D vitamini ve cinsiyet hormonları aynı gruptadır. Steroller sentezlendiği kaynağa göre zoosteroller, fitosteroller ve mikosteroller olarak üç sınıfa ayrılır.

Zoosterol, hayvansal kaynaklı steroldür. En bilinen zoosterol ise kolesteroldür. Fitosteroller bitkisel kaynaklıyken mikosteroller birtakım mikroalgler ve küfler tarafından sentezlenir.

BİLGİ KUTUSU

Kolesterol: Vücutta doğal olarak karaciğerde salgılanan bir türev lipittir. Hayvansal gıdalarda bulunurken bitkisel gıdalarda bulunmaz.

Kanda serbest hâlde ya da lipoproteinlere bağlı olarak taşınır. LDL [low density lipoprotein (lov densiti lipo da kalp krizine neden olur.

HDL [high density lipoprotein (hay densiti lipoprotein: yüksek yoğunluklu lipoprotein)] kolesterol ise karaciğerdeki kolesterolün damarlarda birikmesini engeller. HDL kolesterol, iyi kolesterol olarak da adlandırılır ve kalp hastalıklarına karşı korur.

Lipokromlar

Yağda çözünebilen renk maddeleridir. Yağlara; sarı, turuncu ve kırmızı aralığında renk verir. Işığa ve oksijene duyarlıdır.

En geniş lipokrom grubu karotenoidlerdir (Görsel 2.6). Karotenoidler yalnızca bitkilerde sentezlenir. Hayvansal dokulara sadece yemler aracılığı ile ulaşabilir. Bunun en bilindik örneği ise karotenoidler sayesinde renklenen yumurta sarısıdır. Yeşil bitkilerde klorofiller tarafından maskelenir ve bu klorofiller bozulduğunda kolaylıkla ortaya çıkar. Bunun en bilindik örneği de olgunlaşan yeşilbiberin kırmızı renge dönmesidir.

Karotenoidler, bitkilerde karmaşık karışımlar hâlinde bulunur. Örneğin portakal 50'den fazla karotenoid bileşiğe sahiptir. Bunlardan portakal suyunda bulunan laurik, miristik ve palmitik asit ile esterlenmiş



Görsel 2.6: Bazı karotenoid kaynakları

3-hidroksi-karoten bileşiğinin kantitatif analizi, portakal suyuna mandalina suyu karıştırılmasının kanıtı olarak kullanılır.

Lipovitaminler

Yağda çözünebilen A, D, E ve K vitaminleridir. Bu vitaminler, yağlarla birlikte bulundukları zaman vücutta kullanılabilir.

Antioksidanlar

Doğal yağların tamamı farklı miktarlarda doğal antioksidan içerir. Antioksidanlar, yağlarda oksidasyon tepkimesini önler. Yağların yapısında en fazla bulunan antioksidanlar; tokoferol, sesamol, sesamolin ve gossipoldür.

Tokoferol: Doğada en sık rastlanan antioksidandır. Bitkisel sıvı yağlarda bulunan tokoferol içeriği; ham madde, işlem basamakları ve depolama koşullarından etkilenir.

Sesamol ve Sesamolin: Susam yağına özgü antioksidanlardır. Susam yağının rafinasyonu esnasında kayba uğrar. Sesamol ve sesamolin varlığı bitkisel yağlarda susam yağı katkısını gösterir (Görsel 2.7).



Görsel 2.7: Susam yağı

Gossipol: Sarı renkte, toksik özellikte ve pamuk yağına özgü bir antioksidandır. Gossipol içeriği, pamuğun çeşidine ve işlem koşullarına göre farklılık gösterir. Pamuk yağının rafinasyonu sırasında kayba uğrar. Antioksidan özelliğine rağmen yağlarda kuvvetli kararmaya neden olur. Yüksek dozlarda tüketildiğinde zehirleyicidir. Bu sebeple gıda katkı maddesi olarak kullanımı yasaklanmıştır.

2.1.4. Lipitlerin Enerji Değeri ve Kaynakları

Yağlar, vücut için son derece önemli bir enerji kaynağıdır. Yağlar, protein ve karbonhidratlardan daha fazla enerjiye sahiptir. 1 gram yağ 9 kcal enerji verir. Buna göre gıdalarda yağdan gelen enerji değeri hesaplanabilir.

Örneğin 100 gramında 60 gram yağ içeren 200 gram kaymağın enerji değeri şu şekilde hesaplanabilir:

100 g kaymakta — 60 g yağ varsa
200 g kaymakta — x g yağ vardır.

$$x = \frac{200 \times 60}{100} = \mathbf{120\ g}$$

1 g yağ — 9 kcal enerji verirse
120 g yağ — x kcal enerji verir.

$$x = \frac{120 \times 9}{1} = \mathbf{1080\ kcal}$$

Örnek 1: Bir çorba kaşığı zeytinyağının 13 gram olduğunu göz önüne alarak hazırladığı salatalara bir çorba kaşığı zeytinyağı ekleyen bir kişi, sadece zeytinyağından kaç kcal enerji alır?

1 g yağ — 9 kcal enerji verirse
13 g yağ — x kcal enerji verir.

$$x = \frac{13 \times 9}{1} = \mathbf{117\ kcal}$$

Örnek 2: Kahvaltıda sahanda yumurta hazırlayan bir öğrenci, tavaya 5 gram tereyağı ekliyor. 60 gramlık orta boy yumurta pişiren öğrenci, tereyağının yağ oranının %80, yumurtanın %5 olduğunu biliyor. Bu durumda sadece yağdan kaç kcal enerji almıştır?

Tereyağından gelen enerji değeri için hesaplama şu şekilde yapılır:

100 g tereyağında — 80 g yağ varsa
5 g tereyağında — x g yağ vardır.

$$x = \frac{5 \times 80}{100} = \mathbf{4\ g}$$

1 g yağ — 9 kcal enerji verirse
4 g yağ — x kcal enerji verir.

$$x = \frac{4 \times 9}{1} = \mathbf{36\ kcal\ g}$$

Yumurtadan gelen enerji değeri için hesaplama şu şekilde yapılır:

100 g yumurtada — 5 g yağ varsa
60 g yumurtada — x g yağ vardır.

$$x = \frac{60 \times 5}{100} = \mathbf{3\ g}$$

1 g yağ — 9 kcal enerji verirse
3 g yağ — x kcal enerji verir.

$$x = \frac{3 \times 9}{1} = \mathbf{27\ kcal}$$

Toplam yağ kalorisi şöyle hesaplanır:

36 + 27 = 63 kcal

SIRA SİZDE

%45 yağ içeren yer fıstığından 80 gram tüketen kişi sadece yağdan kaç kcal enerji almıştır?

Gıdalarda bulunan yağlar, bitkisel ve hayvansal yağlar olarak gruplandırılır. **Bitkisel yağlar,** doymamış yağ asitleri içerdiği için genellikle sıvı hâldedir. **Hayvansal yağlar,** hayvanların yağlı dokularından elde edilen yağları tanımlar ve genellikle katıdır. Hayvansal yağlar içerisinde yer alan balık yağları ise doymamış yağ asidince zengin olduğu için sıvı hâlde bulunur.

Hayvansal yağlar içerisinde et ve süt yağlarının önemli bir yeri vardır. Büyükbaş ve küçükbaş hayvanların iç yağları ve kuyruk yağları doymuş yağ asidince zengindir. Hayvansal yağlar kolesterol içermektedir.

Balık yağları %80 doymamış yağ asidi içerir. Bunlar EPA ve DHA yağ asitleridir. %20 doymuş yağ asitleri; palmitik asit, miristik asit ve stearik asitten oluşur.

Süt yağında %98-99 trigliserit bulunur. Sütün en değerli maddesi süt yağıdır (Görsel 2.8).

Türkiye'de çok yetiştirilen yağ ham maddeleri; ayçiçeği, soya, pamuk çiğidi, mısır, fındık ve zeytindir.



Görsel 2.8: Ayçiçeği yağı

2.1.5. Yağların Vücuttaki Görevleri

Yağların vücuttaki görevleri şunlardır:

- Hücre zarının ve organellerin temel yapı taşıdır.
- Yağlar enerji kaynağıdır. 1 gram yağ 9 kcal enerji verir.
- Vücutta depo edilir ve gerektiğinde kalori kaynağı olarak kullanılabilir.
- Yağda eriyen vitaminlerin vücutta taşınmasında rol alır.
- Vücutta karbonhidratlar yağa dönüştürülerek depolanabilir.
- Elzem yağ asitleri dışarıdan alınması gerektiği için eksikliğinde çeşitli hastalık ortaya çıkabilir.
- Yağlar kolay sindirilir.
- Tat ve aroma vericidir.
- Vücutta depolanan yağlar, deri altında toplanarak vücudu soğuğa karşı korur.
- Organlar etrafında toplanan yağlar, organları dış etkenlere ve darbelere karşı korur.

1. UYGULAMA

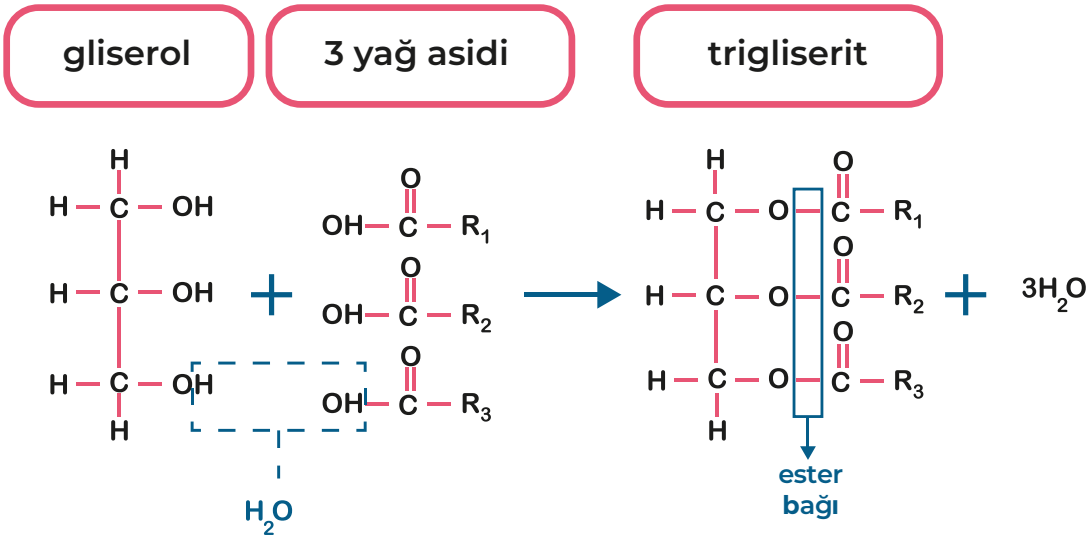
İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Molekül Setlerini Kullanarak Trigliserit Oluşumunu, Gliserol ve Yağ Asitlerini Ester Bağı İle Bağlayarak Gösterme**
Uygulamanın Amacı	:	Yağ asitleri ile gliserolün trigliserit oluşturma aşamalarını görmek.
Uygulamanın Prensibi	:	Molekül setlerindeki farklı renk ve yapıları kullanılarak trigliserit yapısının oluşturulmasıdır.
Gerekli Araç Gereç	:	Molekül setleri
Süre	:	40 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

- Molekülleri oluşturacak her bir element için farklı renk seçiniz.
- Elementler arası bağlar için farklı bir materyal kullanınız ve bu materyal ile elementleri birbirine bağlayınız.
- Şekildeki molekül setlerine göre
  1. O_2 için kırmızı renk,
  2. C için gri renk,
  3. H için beyaz renk,
  4. R grupları için siyah renk,
  5. Su molekülü için mavi renk kullanılacaktır (**Şekil 2.6**).



Şekil 2.6: Molekül yapıları

Sonuç Değerlendirme

1. Neden farklı elementler için farklı renkler kullanılmalıdır?
2. Elementleri birbirine bağlanmasını sağlayan bağların adı nedir?

1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlerler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Lipitler hidrofil özellik gösterir.

2. ( ) Lipitler, organellerin ve hücre zarlarının temel yapı taşıdır.

3. ( ) Fosfolipitler sadece hayvansal kaynaklarda bulunur.

4. ( ) Elzem yağ asitleri vücutta sentezlenemez.

5. ( ) Kolesterol bir mikosteroldür.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Yağlar aşağıdaki hangi iki molekülün esterleşmesi ile meydana gelir?

A) Su ve yağ asidi

B) Su ve gliserol

C) Yağ asidi ve gliserol

D) Fosfor ve yağ asidi

E) Fosfor ve gliserol

2. Aşağıdakilerden hangisi elzem yağ asidi <u>değildir?</u>

A) Alfa-linoleik asit

B) Araşidonik asit

C) Bütirik asit

D) Dokosa heksaenoik asit

E) Linoleik asit

3. Lipokromlarla ilgili aşağıdaki bilgilerden-hangisi <u>yanlıştır?</u>

A) Yağlara sarı, turuncu ve kırmızı aralığın da renk verir.

B) Yağda çözünebilen vitaminlerdir.

C) Işığa ve oksijene duyarlıdır.

D) En geniş lipokrom grubu karotenoidlerdir.

E) Karotenoidler yalnızca bitkilerde sentezlenebilir.

4. 160 gramlık %15 yağ içeren bir avokado sadece yağdan kaç kcal enerji içerir?

A) 24

B) 96

C) 216

D) 240

E) 456

5. Aşağıdakilerden hangisi lipitlerin vücuttaki görevlerinden biri <u>değildir?</u>

A) Tat ve aroma verir.

B) Enerji kaynağıdır.

C) Kolay sindirilir.

D) Vücutta depo edilemez.

E) Organellerin temel yapı taşıdır.

2.2. LİPİTLERİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Yağların yapısı sahip oldukları fiziksel ve kimyasal özelliklere göre farklılık gösterir.

2.2.1. Yağların Fiziksel Özellikleri

Yağların sahip olduğu fiziksel özellikler genel olarak şunlardır:

- Saf gliseritler; renksiz, tatsız ve kokusuzdur.
- Yapıları çoğunlukla doymamış yağ asitlerinden oluşan yağlar, oda sıcaklığında sıvı; çoğunlukla doymuş yağ asitlerinden oluşan yağlar ise katıdır.
- Gliseritlerin tamamı kloroform, eter ve benzen gibi çözücülerde iyi çözünür. Sıcak metil alkol, etil alkol ve asetonda soğuk olanlara göre daha iyi çözünmektedir.
- Kısa zincirli yağ asitlerinin oluşturduğu esterler suda az çözünür, uzun zincirli yağ asitlerinin oluşturduğu esterler ise hiç çözünmez.
- Yağların yoğunluğu sudan düşüktür.
- Suda çözünmez ancak suyla emülsiyon oluşturabilir. Su içinde yağ emülsiyonu örneği olarak süt; yağ içinde su emülsiyonu örneği olarak da tereyağı verilebilir.

2.2.1.1. Erime Noktası

Doğal yağlar, birbirinden farklı trigliseritlerin karışımıdır. Bu yüzden yağlar, içeriklerinde bulunan doymamış ve doymuş yağ asidi miktarına bağlı olarak farklı erime noktasına sahiptir. Kısa zincirli ve doymamış yağ asidi içeren yağların erime noktası, uzun zincirli ve doymuş yağ asidi içeren yağların erime noktasına göre daha düşüktür.

Yağlar ısıtılırken öncelikle içeriğindeki erime noktası düşük olan yağ asitleri erir. Isı arttıkça tüm yağ asitleri belirli bir derecede sırayla erimeye başlar. Tüm yağ asitlerinin eridiği sıcaklığa erime noktası denir.

Bitkisel yağlar, yapılarında çokça doymamış yağ asidi içerirken hayvansal yağlar, fazla miktarda doymuş yağ asidi içerir. Bu sebeple bitkisel yağlar, hayvansal yağlara kıyasla daha düşük erime noktasına sahiptir ve oda sıcaklığında sıvı hâlde bulunur.

2.2.1.2. Kırılma İndeksi

Sıvıların içinden geçerken ışığın doğrultusu değişir yani kırılır. Buna ışığın kırılması denir. Bu kırılma, ışığın geçtiği sıvının özelliğine göre farklı açılarla meydana gelir. Buna da kırılma indisi denir. Bir çözeltinin içerisindeki çözünmüş madde miktarına göre kırılma indisi değişiklik gösterir. Aynı şekilde yağların kırılma indisi de o yağ için karakteristiktir. Kırılma indisi yağların doymuşluk derecesi ve oksidasyonundan etkilenir.

Yağdan ışık demeti geçirildiğinde bu ışık, yağın çeşidine göre belirli bir oranda kırılır. Yağın bileşiminde uzun zincirli doymuş ve doymamış yağ asitleri fazla olduğunda kırılma indisi büyük olur. Yağ okside

oldukça kırılma indisi artar. Bu yüzden kırılma indisi, yağın saflığını ve çeşidini bir noktaya kadar belirleyebilir. Yağlarda kırılma derecesi **refraktometre** ile ölçülür. Gıda endüstrisinde genelde ABBE refraktometresi ve el tipi refraktometreler kullanılmaktadır (Görsel 2.9).



Görsel 2.9: El tipi refraktometre

2.2.1.3. Özgül Ağırlık

Özgül ağırlık, yoğunluk olarak da ifade edilir. Yağın bileşiminde doymamış yağ asidi ne kadar çoksa bileşimin yoğunluğu da o kadar fazladır. Yağ okside oldukça yoğunluğu artar. Yağların yoğunluğu sudan düşük olduğu için suyun yüzeyinde kalır. Yağların yoğunluğu **piknometre** ile ölçülür (Görsel 2.10).



Görsel 2.10: Piknometre

2.2.1.4. Türbidite Noktası

Yağlar, eritildikten sonra yeniden soğutulmak istendiğinde belirli bir sıcaklıkta bulanıklaşarak katılaşır. Bu sıcaklığa **türbidite noktası** denir.

2.2.1.5. Dumanlama Noktası

Yağlar ısıtılırken farklı sıcaklıklarda duman vermeye başlar. Duman vermeye başladıkları sıcaklığa **dumanlama noktası** denir.

2.2.2. Yağların Kimyasal Özellikleri

Yağların kimyasal olarak oluşturdukları tepkimeler; hidroliz, sabunlaşma, re-esterifikasyon, interesterifikasyon, hidrojenasyon ve oksidasyondur.

2.2.2.1. Hidroliz

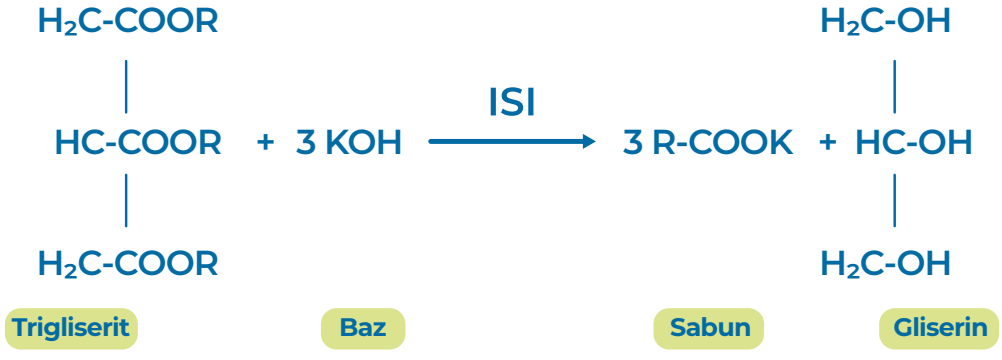
Yağlar yüksek sıcaklık ve basınç altında veya lipaz enzimi etkisiyle ve asitlerin katalizör olarak kullanılmasıyla hidrolitik olarak parçalanır. Bu parçalanma işlemine **hidroliz** denir. Hidroliz sonucunda gliserin ve yağ asitleri meydana gelir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Yağın hidrolizi reaksiyonu

2.2.2.2. Sabunlaşma

Yağların kuvvetli bazlarla kaynatılması sonucunda gliserin ve sabun elde edilir (Şekil 2.8).



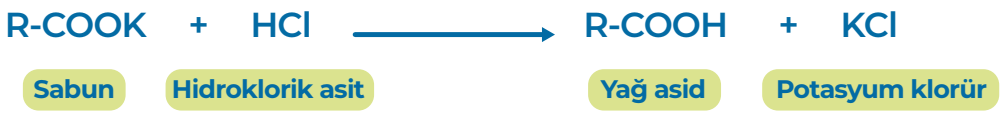
Şekil 2.8: Potasyum hidroksit ile sabunlaşma

Sabunlaşma tepkimeleri, ham yağlardaki serbest asitliğin giderilmesi işleminde kullanılır. Yağ rafinasyonu esnasında oluşan bu kayıp işlem verimliliği için en etkili kriterdir. Bu yüzden üretim esnasında işlenen yağın çeşidi ve serbest yağ içeriği öncelikli olarak işlem sıcaklığı, kostik çözeltisi konsantrasyonu ve miktarı, karıştırma hızı ve ortaya çıkan sabun çözeltisinin kıvamı gibi pek çok değişken öncelikle laboratuvarda test edilir, sonra uygulanır (Görsel 2.11).



Görsel 2.11: Sabun

Sabun bileşimindeki yağ asidinin türünü saptamak için karışım, asitlerle tepkimeye sokulur. Bu tepkime sonucunda yağ asidi oluşur (Şekil 2.9).



Şekil 2.9: Asitle tepkime sonucu yağ asidi oluşumu

2.2.2.3. Re-esterifikasyon (Yeniden Esterleşme)

Gliserinin yağ asitleri kullanılarak trigliseritlere esterleştirilmesidir. Bu işlem, katalizör kullanılarak yapılabildiği gibi katalizörsüz de gerçekleştirilebilir. Tepkime sonucu su açığa çıkar ve bu açığa çıkan su, vakumla ortamdan uzaklaştırılır. Tepkime için tek yağ asidi ya da farklı yağ asitleri kullanılabilir. Re-esterifikasyon tepkimesi reçine, lak üretim sanayilerinde ve yağ analiz laboratuvarlarında kullanılır. Gıda üretim sanayinde kullanımı tüm ülkelerde yasaklanmıştır.

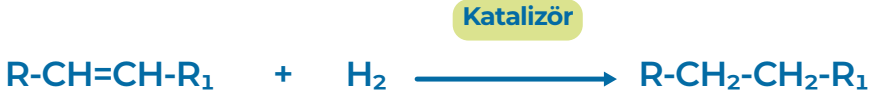
Re-esterifikasyon tepkimesi sonucunda yağın doğal trigliserit yapısı bir miktar değişikliğe uğrar. Bu yüzden yemeklik yağ sanayinde kullanımı yasaktır. Re-esterifikasyon yerine interesterifikasyon kullanılır.

2.2.2.4. İnteresterifikasyon (Ara Esterleşme)

Yağ asitlerinin yapılarında herhangi bir değişim olmadan trigliseritlerindeki yağ asitlerinin yerleşim yerlerinin değişmesi işlemidir. Bu işlem sayesinde yağın fiziksel özelliklerinde istenen değişimler elde edilebilir. Verimli bir interesterifikasyon işlemi için yağın rafine edilmiş olması gerekir.

2.2.2.5. Hidrojenasyon (Hidrojenlenme)

Yağlar, yapılarındaki doymamış yağ asidi bağlarına halojenleri bağlayabilme özelliğine sahiptir. Yağların doymamış yağ asitlerinin katalizörler kullanarak hidrojenle doyma tepkimesi vermesine hidrojenasyon denir (Şekil 2.10). Bu teknik, sıvı yağlardan margarin üretiminde kullanılır.



Şekil 2.10: Doymamış bağın hidrojenle doyurulması

Margarin Üretimi

1869 Sanayi Devrimi sırasında üretilen tereyağı, artan nüfusa yetmediği için onun yerine margarin üretimine geçilir. Bu nedenle margarin, tereyağı taklidi bir yağdır. Margarin ilk zamanlarda taze iç yağı kullanılarak üretilirken 19. yüzyıl sonlarında pamuk, yer fıstığı yağı gibi bitkisel yağlar kullanılarak üretilmeye başlanmıştır (Görsel 2.12).



Görsel 2.12: Margarin

Hidrojenasyon tam yapıldığı zaman oldukça katı bir yağ elde edilir. Bunun yerine yumuşak margarin elde edebilmek için kısmi hidrojenasyon uygulanır.

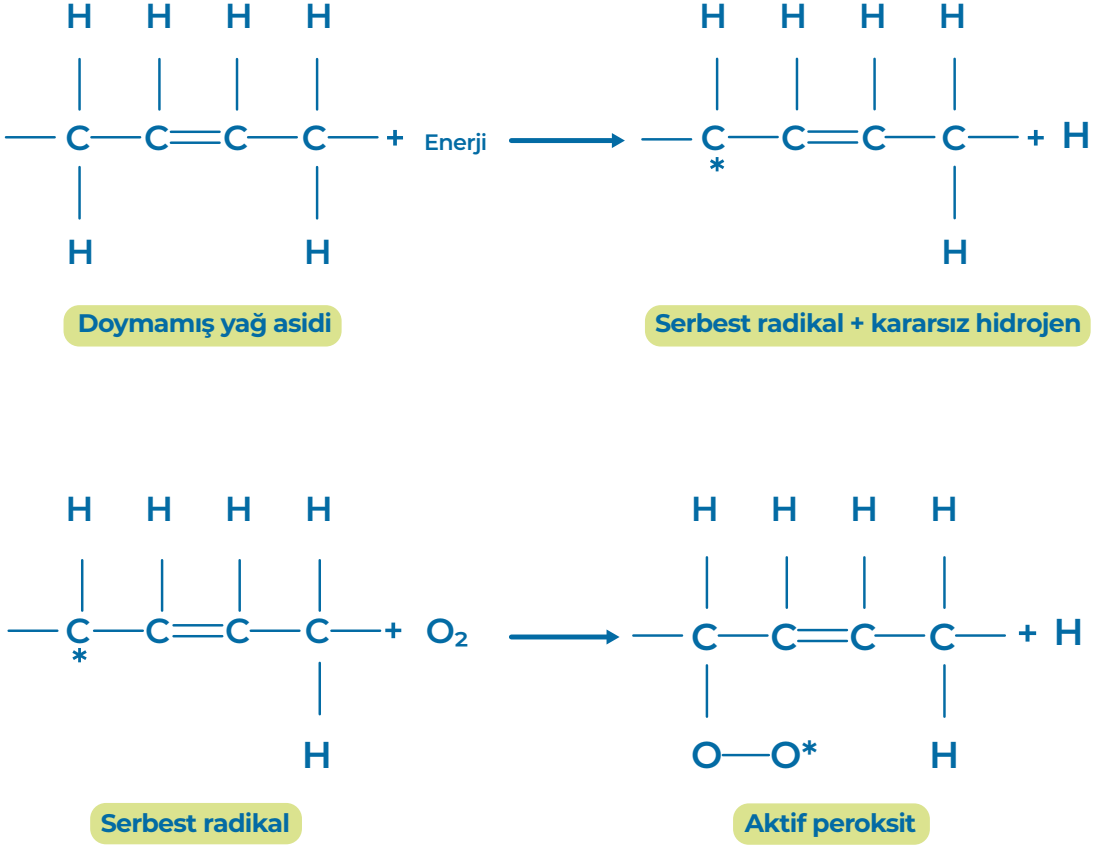
Tüketilen yağ çeşidi ile kalp ve damar hastalıkları arasında bir ilişki olduğu belirlendikten sonra margarin sektöründe çeşitli gelişmeler ortaya çıkmıştır. Margarinlerin içeriğindeki yağ oranı %80'den %40 civarına düşürülmüş, yağ içeriğindeki çoklu doymamış yağ asidi miktarının en az %50 olmasına dikkat edilmiştir. Trans yağ asitlerinin oluşmadığı teknikler üretimde kullanılmaya çalışılmıştır.

2.2.2.6. Oksidasyon

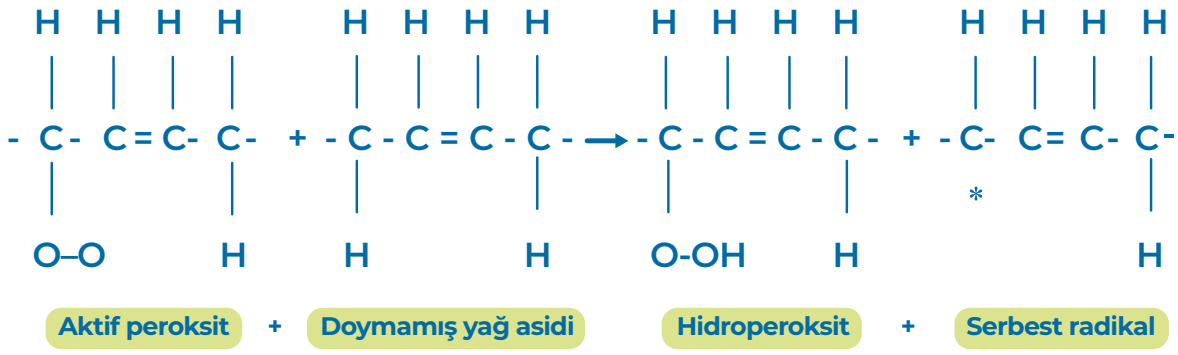
Yağların oksidasyonu; doymamış yağ asitlerinin oksitlenerek aldehit, keton, alkol ve asit gibi yağda istenmeyen maddeler meydana getirmesidir. Doymamış yağ asitlerinde oluşması nedeniyle bitkisel yağ sanayisi açısından önemlidir. Yağın bileşiminde bulunan doymamış yağ asidi sayısı arttıkça oksidasyon hızı da artar.

Oksidasyon oluşumunda önce hidroperoksitler, sonra aldehitler, ketonlar, asitler, karbondioksit ve su oluşur. Oluşan bu ürünler; istenmeyen tat, koku ve yapısal değişikliklere neden olur. Oksidasyon keskin, acı bir lezzet ile belirlenir ve buna ransit tat denir. Oksidasyon tepkimesinde oluşan bu art arda bozulmaya otooksidasyon adı verilir.

Otooksidasyon üç aşamada gerçekleşir. Bunlar başlangıç (Şekil 2.11), çoğalma (Şekil 2.12) ve bitiş aşamalarıdır.



Şekil 2.11: Otooksidasyon başlangıç aşaması



Şekil 2.12: Otooksidasyonun çoğalma aşamasının iki basamağı

Antioksidan maddeler, yağ asidi serbest radikallerinin otooksidasyonunu yavaşlatır. Yağların doğal bileşiminde antioksidan maddeler bulunabilir. Bunlardan bazıları C ve E vitaminleri, sesamol ve gossipoldür. Doğal antioksidanlar, hayvansal yağlara kıyasla bitkisel yağlarda daha fazla bulunur. Yağlarda oksidasyonu yavaşlatmak için yapay antioksidanlar da kullanılır. Bunlardan bazıları BHA (bütil hidroksi analin), BHT (bütil hidroksi tolüen), TBHQ (tert bütil hidrokinon) ve propil gallattır. Bu antioksidanlar birlikte veya ayrı ayrı kullanılabilir.

2.2.3. Kızartma Yağları

Yağda kızartılmış yiyecekler, diyette önemli bir kalori basamağıdır. Derin kapta kızartma işlemi uygulanırken gıdanın yağ ile temas derecesi 180 °C'dir. Bu işlem esnasında gıda, ağırlıkça %5-40 arasında yağ emer. Yağda en fazla kimyasal değişikliğe neden olan işlem kızartma işlemidir (Görsel 2.13).



Görsel 2.13: Kızartma işlemi

Kızartma işlemi esnasında yağda üretilen bileşikler şunlardır:

Uçucu Bileşikler: Kızartma işlemi sırasında oksidatif reaksiyonlar; aldehitler, ketonlar, hidrokarbonlar, laktonlar, alkoller, asitler ve esterler gibi bileşikleri ortaya çıkarır. Yağ 30 dakika ısıtıldıktan sonra 180°C'de birincil uçucu oksidasyon ürünlerini vermeye başlar. Bu uçucu ürünler, gaz kromatografisi ile tespit edilebilir. Üretilen uçucu maddelerin oranı; yağ türüne, kızartılan gıda türüne ve ısıl işlem metoduna göre değişiklik gösterir.

Orta Seviyede Uçuculuğa Sahip Polimerik Olmayan Polar Bileşikler: Bu bileşikler, çeşitli oksidatif yolla üretilir. Hidroksi asitler ve epoksi asitler bu gruba girer.

Dimerik ve Polimerik Asitler ve Gliseritler: Serbest radikallerin ısıl işlem ve oksidasyon sonucu ortaya çıkan kombinasyonlarından meydana gelir.

Serbest Yağ Asitleri: Bu bileşikler, triasilgliserollerin ısı ve su varlığında hidrolizinden oluşur.

Tüm bu bileşikler ve tepkimeler, kızartma sırasında yağda gözlemlenen fiziksel ve kimyasal değişimlerin sorumlusudur. Bu değişimlerden bazıları koyu renk oluşumu, köpüklenme, yüzey geriliminde ve iyot değerinde azalmadır.

Kızartma işlemi sırasında gıdalardan yağa sürekli su salınır. Açığa çıkan nem, yağ yüzeyinde bir buhar örtüsü oluşturur. Gıdalar, derin yağda kızartılırken farklı miktarlarda yağ emer. Örneğin patates cipsleri, ortalama %35 yağ içeriğine sahiptir. Yağın gıda tarafından emilmesi, sürekli olarak taze yağ ilave edilmesi ihtiyacını doğurur.

Kızartma sırasında oluşan değişimlerin bazıları kızarmış gıdaların duyusal niteliklerini sağlamak için gereklidir. Ancak kızartma işleminin kontrolsüzce yapılması, gıdanın duyusal kalitesini olumsuz etkilediği gibi besin değerine de zarar verebilir. Yüksek sıcaklık, kızartma süresinin uzunluğu ve metaller yağın ayrışmasına neden olur. Fritözün tasarımı ve türü de oksidasyon için önemli bir etkendir. Yüzey alanı geniş olan fritözler, oksidasyonun daha hızlı gerçekleşmesine neden olur. Yağın devir hızı, ısıtma düzeninin sürekli veya aralıklı olması ve antioksidan varlığı diğer önemli faktörlerdir.

Kızartma uygulamasında şunlara dikkat edilmelidir:

- Tavaya gıda çok fazla doldurulmamalıdır.
- Kızartma süresi, gıdanın pişmesi için ideal sürenin üzerine çıkarılmamalıdır.
- Üretim hızı yüksek olmalıdır.
- Kısa süreli birden fazla kızartma işlemi yerine tek seferde uzun süreli kızartma işlemi uygulanmalıdır.

Kızartma kalitesini olumsuz etkileyen unsurlar şunlardır:

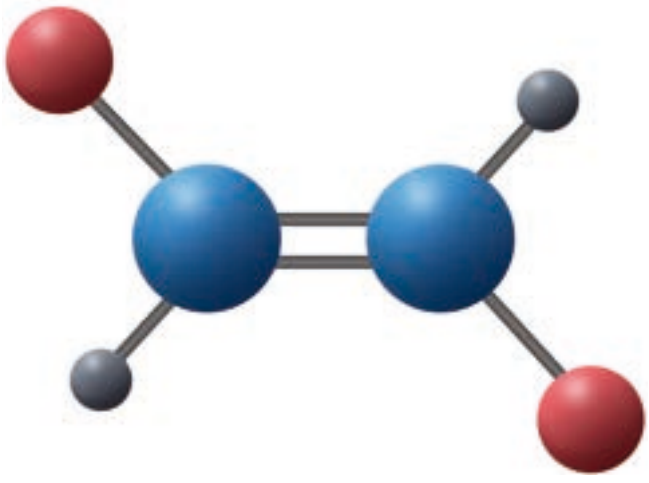
- Yağın, yüzey alanı geniş bir kapta ısıtılması
- Yağın açık sistemde ısıtılması
- Yağın ısındığı kabın her yerinin aynı derecede ısınamaması
- Kızartma kabının bakır ve pirinç gibi istenmeyen metaller içermesi
- İçinde gıda kırıntıları olan yağın süzülmemesi ve bu kırıntıların yağın içinde yanması

SIRA SİZDE

Kızartmalık yağ seçiminde farklı yağların dumanlama noktasını birbiriyle kıyaslayınız. Dumanlama noktasının önemini arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.2.4. Trans Yağlar

Trans yağ asitleri, doymamış yağ asitlerinde gözlenen bir geometrik izomeri çeşididir. Trans yağlar, trans izomeri yapısına sahip olan yağ asitlerini ifade eder (Şekil 2.13).



Şekil 2.13: Trans izomeri

Doğadaki yağ asitliğinin çoğu cis formunda olup çok az bir kısmı da trans izomeri içerir. Trans yağ asitleri, genellikle hidrojenizasyon sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu durum cis formundaki bağların, doyurulması sırasında trans forma dönüşmesinden kaynaklanır. Hidrojenizasyon esnasında doymamış yağ asitlerinin ortalama 2 / 3'ü trans, 1 / 3'ü cis forma dönüşür.

Gıda maddelerinde ve hayvan yağlarında biyolojik hidrojenizasyonla doğal olarak trans yağ asitleri oluşabilir.

Anne sütünde farklı miktarlarda trans yağ asidi bulunabilir. Trans yağ asidi miktarı, anne tarafından tüketilen süt ve süt ürünü niteliğine ve hidrojenize yağ tüketimine bağlıdır.

Trans yağ asitleri; LDL kolesterol miktarını artırır, HDL kolesterol miktarını azaltır. Bu durum kalp hastalığı riskinin artmasına neden olur.

2.2.5. Yağların Kalite İndeksleri

Yağlarda kaliteyi belirleyen temel unsurlar; sabunlaşma değeri, asitlik derecesi, iyot indeksi, Reichert-Meissl indeksi [RMI (Rayhert-Maysl indeksi)] ve Polenske indeksidir.

2.2.5.1. Sabunlaşma Değeri

Yağ asitleri, alkali bileşiklerle reaksiyona girerek sabun oluşturur. Bu reaksiyon sonucunda gliserol açığa çıkar. Sabunlaşma değeri, 1 gram yağı sabunlaştırmak için gereken KOH'in (potasyum hidroksit) mg

cinsinden ağırlığıdır. Yağ, moleküler ağırlığı düşük yağ asitlerinden ne kadar fazla olursa gramındaki yağ asidi miktarı da o kadar artacağından yağın sabunlaşma değeri de yüksek olur. Sabunlaşma sayısı, yağın ortalama molekül ağırlığını gösterir (Tablo 2.2). Sabunlaşma sayısı tespitinde yağın saflığının ve cinsinin belirlenmesi amaçlanır.

Tablo 2.2: Bazı Yağlarda Sabunlaşma Sayıları

YAĞ ÇEŞİDİ	SABUNLAŞMA SAYISI (mg KOH/g)
Mısır Yağı	187-195
Palm Yağı	190-209
Kolza Yağı	182-193
Ayçiçeği Yağı	188-194

2.2.5.2. Asitlik Derecesi

Yağlar, her zaman yapılarında eser miktarda dahi serbest yağ asidi içerir. Yağların yapılarındaki serbest yağ asidi miktarı kötü depolama şartlarında artar. Serbest yağ asidinin artması yağın kalitesini bozar. Yağın asitlik derecesi, 100 gram yağda bulunan serbest yağ asitlerini nötralize etmek için gereken 1 N (normal) NaOH (sodyum hidroksit) çözeltisinin ml sayısını ifade eder. Asitlik derecesi, doğal yağlarda kalite saptamak için en çok kullanılan yöntemlerden biridir.

2.2.5.3. İyot İndeksi

Doymamış yağ asitlerinin içerdiği çift bağların sayısına göre yağlar farklı miktarda iyotla bağlanır. İyot indeksi (iyot sayısı), 100 gram yağın bağlayabildiği iyot miktarının gram cinsinden ifadesidir. Tereyağında iyot indeksi, 26-42 aralığındayken zeytinyağında 80-88 aralığındadır. İyot sayısı yüksekliği, karbon atomları arasındaki çift bağların sayısının fazlalığını ifade eder. Lipit oksidasyon düzeyinin belirlenmesinde, hidrojene yağ yapımında, hidrojen miktarının hesaplanmasında ve hidrojenizasyon kontrolünde iyot sayısı kullanılır.

2.2.5.4. Reichert-Meissl ve Polenske İndeksleri

5 gram yağın önce sabunlaştırılıp ardından sülfürik asit ile hidrolizasyonu sonucu açığa çıkan suda eriyebilen yağ asitlerini nötrleştirmek için gereken 0,1 N NaOH çözeltisinin ml cinsinden ifadesine Reichert-Meissl indeksi denir. Suda erimeyen yağ asitlerini (bütirik, kaprilik, kapronik) nötrleştirmek için gereken 0,1 N NaOH çözeltisinin ml cinsinden ifadesine ise Polenske indeksi adı verilir.

2. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Yağlarda Sabunlaşma Sayısı Tayini**
Uygulamanın Amacı	:	1 gram yağı sabunlaştırmak için gereken KOH miktarını bulabilmek.
Uygulamanın Prensibi	:	Yağ örneğinin geri soğutucu altında etanol ve KOH ile kaynatılması ve KOH'in fazlasının indikatör varlığında HCl (hidrojen klorür) ile titrasyonuna dayanır.
Gerekli Araç Gereç	:	Erlen, tartı, ısıtıcı, geri soğutucu ve büret.
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	**1.** 0,5 N etanollü KOH (28 gram KOH'in, etanolle 1 litreye tamamlanması sonucu elde edilir.) **2.** %1'lik alkollü fenolftalein **3.** 0,5 N HCl (45 ml HCl'ün 1 litreye su ile tamamlanması sonucu elde edilir.)
Süre	:	80 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Su ve organik asitlerden temizlenmiş yağ örneğini erlen içerisine 2 gram tartınız.
2. Üzerine 25 ml 0,5 N etanollü KOH ilave ediniz.
3. Isıtıcıda ve geri soğutucu altında arada çalkalayarak 1 saat boyunca kaynatınız.
4. 4-5 damla fenolftaleini sıcak çözeltiye ekleyiniz.
5. 0,5 N HCl ile çözelti renksiz bir hale gelinceye kadar titrasyonu gerçekleştiriniz (Görsel 2.14).
6. Tanık deneme için aynı işlemleri tekrar ediniz.
7. Farklı yağlar ile deneyi tekrarlayınız.



Görsel 2.14: Titrasyon işlemi

Hesaplamalar

Sabunlaşma sayısı = $\frac{(b-a)}{m}$ x 28,05 x F

m: Yağ miktarı (g)

a: Örnek kullanılarak yapılan ilk denemede harcanan 0,5 N HCl miktarı (ml)

b: Tanık denemede harcanan 0,5 N HCl miktarı (ml)

F: 0,5 N HCl'ün faktörü

Sonuç Değerlendirme

1. Tablo 2.1'i göz önüne alarak ölçüm yaptığınız yağın saflığını yorumlayınız.
2. Farklı yağlar ile bu çalışmayı yaparak elde ettiğiniz sonuçları karşılaştırınız. Sizce sabunlaşma sayıları arasındaki farkın sebebi ne olabilir?

3. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Yağlarda Asit Derecesi Tayini**
Uygulamanın Amacı	:	Yağın serbest yağ asidi miktarını tespit ederek yağın kalitesini yorumlamak.
Uygulamanın Prensibi	:	Yağ örneğinin etanoldietileter karışımına eklendikten sonra yağ içindeki yağ asitlerinin etanollü potasyum hidroksit çözeltisi ile titre edilmesine dayanır.
Gerekli Araç Gereç	:	Erlen, tartı ve büret.
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	KOH (0,1 N ya da 0,5 N etanol içinde hazırlanır. Analizden en az 5 gün önce hazırlanmış olmalıdır. Hazırlanan çözelti, kahverengi şişede ağzı lastik tıpayla kapalı olarak saklanır. Çözelti, renksiz ya da sarımsı bir renkte olmalıdır. Çözeltinin kesin konsantrasyonu 28 gram KOH etanolde çözündürülerek 1 litreye etanolle tamamlanması ile elde edilir.), %1'lik alkollü fenolftalein (%95'lik etanolle hazırlanmalıdır.), çözücü karışımı (Dietileter ile %95'lik etanol 1/1 oranında karıştırılır. Bu karışımın 100 ml'sine 0,3 ml indikatör ilave edilir. Kullanılmadan hemen önce KOH ile tam olarak nötralize edilir.).
Süre	:	80 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. 5 gram örneği 250 ml'lik erlenmayer içerisinde tartınız (**Tablo 2.3**).

Tablo 2.3: Beklenen Asit Sayısına Göre Alınacak Örnek Miktarı

BEKLENEN ASİT SAYISI	ÖRNEK MİKTARI (g)	TARTIM HASSASİYETİ (1 g İÇİN)
<1	20	0,05
1-4	10	0,02
4-15	2,5	0,01
15-75	0,5	0,001
>75	0,1	0,0002

2. Üzerine nötralize edilen dietileter etanol çözücü karışımı ekleyiniz.
3. Fenolftalein indikatörlüğünde KOH ile titrasyon yapınız.
4. Çözelti rengi pembeye dönünce titrasyonu sonlandırın. Pembe renk en az 10 saniye kalmalıdır.

Not: Harcanan 0,1 N KOH miktarı 20 ml'den fazla çıkarsa 0,5 N KOH kullanılmalıdır.

Hesaplamalar

$$\text{Asit derecesi} = \frac{56{,}1 \times V \times N}{m}$$

m: Yağ miktarı (g)
V: Sarfedilen KOH (ml)
N: KOH normalitesi

% Yağ Asitliği Hesaplama

$$\text{Serbest yağ asitleri miktarı \%} = \frac{V \times N \times M}{10 \times m}$$

M: Yağ asidinin molekül ağırlığı (**Tablo 2.4**)

Tablo 2.4: Yağın Cinsine Göre İfade Edildiği Yağ Asidi

YAĞIN CİNSİ	İFADE EDİLEN YAĞ ASİDİ	YAĞ ASİDİNİN MOLEKÜL AĞIRLIĞI
Hindistan cevizi, hurma çekirdeği vb yağlar	Laurik asit	200
Hurma yağı	Palmitik asit	256
Diğer bütün yağlar	Oleik asit	282

Sonuç Değerlendirme

1. Beklenen asit sayısı ile elde edilen asit sayısını karşılaştırınız ve yağın saflığını yorumlayınız.

4. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Yağlarda İyot Sayısı Tayini**
Uygulamanın Amacı	:	Oksidasyon seviyesinin belirlenmesi veya hidrojenizasyon kontrolü yapmak.
Uygulamanın Prensibi	:	Titrasyon yöntemi ile yağdaki iyot sayısının tespiti prensibine dayanır.
Gerekli Araç Gereç	:	Erlen, tartı, büret ve pipet.
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	Glasiyel asetik asit, karbontetraklorür (CCl_4) veya kloroform, iyot bromür, %1'lik nişasta çözeltisi (1 gram nişasta 50 ml soğuk suda çözülür, 500 ml kaynar suya ilave edilir, çözelti soğuyunca 1 litreye tamamlanır.), sodyum tiyosülfat ($Na_2S_2O_3$) (12,5 gram $Na_2S_2O_3$ suda çözündürülür, hacmi 1 litreye tamamlanır.), %10'luk potasyum iyodür (10 gram KI suda çözülerek 100 ml'ye tamamlanır.), hanus çözeltisi (10 gram iyot monobromid kahverengi cam şişede tartılır. 500 ml asetik asit içinde çözülür.).
Süre	:	80 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Yağ örneğini beklenen iyot sayısına göre "25 / İyot Sayısı" ifadesine göre tartınız (**Tablo 2.5**).

Tablo 2.5: Beklenen İyot Sayısına Göre Alınması Gereken Örnek Miktarları

İYOT SAYISI	TARTILACAK MİKTAR (g)
3	8
10	3-2
40	0,63
120	0,21
160	0,16
200	0,13

2. Erlen içerisine tartılan 0,5 g yağ örneğinin üzerine 10 ml kloroform eklenerek örneği çözdürünüz.
3. Çözeltinin üzerine 25 ml hanus çözeltisi koyunuz ve erlenin ağzını kapatınız.
4. Hafif çalkalandıktan sonra 45 dakika karanlıkta bekletiniz.
5. Çözelti üzerine 20 ml potasyum iyodür çözeltisi ve 100 ml saf su ekleyiniz.
6. Nişasta çözeltisini indikatör olarak kullanarak tiyosülfat çözeltisi ile titrasyonu gerçekleştiriniz.
7. Mavi renk kaybolunca titrayonu sonlandırınız.
8. Erlen zemininde pembe bir tortu oluşabilir.
9. Aynı kimyasallar kullanılarak yağsız kör deneme yapınız.
10. Aynı ham maddeden üretilen taze yağ ile kullanılmış yağın iyot sayılarını hesaplayınız.

Not: Harcanan 0,1 N KOH miktarı 20 ml'den fazla çıkarsa 0,5 N KOH kullanılmalıdır.

Hesaplamalar

$$\text{İyot sayısı} = \frac{12{,}69 \times N \times F \times (B-S)}{W}$$

B: Kör denemede kullanılan $Na_2S_2O_3$ sarfiyatı (ml)
S: Örnekli denemede kullanılan $Na_2S_2O_3$ sarfiyatı (ml)
N: $Na_2S_2O_3$ normalitesi
F: $Na_2S_2O_3$ faktörü
W: Tartılan yağ miktarı (g)

Sonuç Değerlendirme

1. Beklenen iyot sayısı ile deney sonucu bulunan iyot sayısını karşılaştırınız. İyot sayısına göre yağın oksidasyon düzeyini yorumlayınız.
2. Aynı hammaddeden üretilen taze yağ ile kullanılmış yağın iyot sayılarını hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonuçlar arasındaki farklılıklar nelerdir? Fark varsa sizce bu farklılıkların sebebi nedir?

5. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	Yağlarda Kırılma İndisi Tayini
Uygulamanın Amacı	:	Yağın saflığını ve çeşidini belirlemek.
Uygulamanın Prensibi	:	Yağ örneğinin kırılma indisinin uygun bir refraktometre ile ölçülmesine dayanır.
Gerekli Araç Gereç	:	Refraktometre, cam baget, filtre kâğıdı, erlen, huni, su banyosu ve pipet.
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	α-bromonaftalen, Trikloretilen, Susuz sodyum sülfat ve Tolüen.
Süre	:	80 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

Örneğin Hazırlanması

1. Örnek, oda sıcaklığında ve sıvı formda ise cam baget ile karıştırınız.
2. Susuz sodyum sülfat ile kurutup filtre kâğıdı ile süzünüz.
3. Örnek, oda sıcaklığında katı formda ise su banyosunda erime noktasının 10°C üstüne kadar ısıtınız.
4. Ardından susuz sodyum sülfat ile kurutulup filtre kâğıdı ile süzünüz.

Uygulamanın Yapılışı

- Refraktometrenin prizmasını tolüen ile temizleyiniz.
- 1-2 damla yağ damlatınız ve prizmayı kapatınız.
- Okülerden bakarak okuma yapınız (Görsel 2.15).



GÖrsel 2.15: Refraktometre ile okuma yapma

Sonuç Değerlendirme

1. Yağın beklenen ve deney sonucu bulunan kırılma indisini karşılaştırınız. Kırılma indisine göre yağın oksidasyon düzeyini yorumlayınız.
2. Farklı yağların kırılma indislerini karşılaştırarak aradaki farkı yorumlayınız.

2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlerler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Yağların yoğunluğu sudan yüksektir.

2. ( ) Re-esterifikasyon tepkimesinin gıda sanayinde kullanımı yasaktır.

3. ( ) Margarin, tereyağı taklidi bir yağdır.

4. ( ) Doğadaki yağ asitlerinin çoğunluğu trans formdadır.

5. ( ) Yağdaki iyot sayısı yüksekliği, çift bağ sayısının fazlalığını ifade eder.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Yağlarda kırılma indeksi aşağıdakilerden hangisi ile ölçülür?

A) Dinamometre

B) pH metre

C) Piknometre

D) Refraktometre

E) Termometre

2. Yağların yüksek sıcaklık ve basınç altında veya lipaz enzimi etkisiyle parçalanmasına ne ad verilir?

A) Esterifikasyon

B) Hidrojenizasyon

C) Hidroliz

D) Rafinasyon

E) Sabunlaşma

3. Margarin üretimi için hangi kimyasal tepkime kullanılır?

A) Esterifikasyon

B) Hidrojenizasyon

C) İnteresterifikasyon

D) Oksidasyon

E) Sabunlaşma

4. Ransit tat nasıl bir lezzet olarak tanımlanır?

A) Acı

B) Ekşi

C) Tatlı

D) Tuzlu

E) Umami

5. Aşağıdakilerden hangisi kızartma esnasında yağda görülen değişimlerden biri <u>değildir?</u>

A) Yüzey geriliminde azalma

B) Köpüklenme eğiliminde artış

C) Kalori miktarında artış

D) İyot değerinde azalma

E) Koyu renk oluşumu

6. Aşağıdakilerden hangisi kızartma esnasında yağda oluşan bileşiklerden <u>değildir?</u>

A) Antioksidanlar

B) Dimerik ve Polimerik Asitler

C) Serbest yağ asitleri

D) Uçucu bazı bileşikler

E) Uçucu olmayan bazı bileşikler

3.

ÖĞRENME BİRİMİ

PROTEİNLER



KONULAR

3.1. PROTEİNLERİN YAPILARI VE ÇEŞİTLERİ

3.2. PROTEİNLERİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Amino Asit
- Peptit bağı
- Protein
- Protein yapıları
- Protein kaynakları

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Amino Asitlerin yapısını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve sınıflandırılmasını
- Proteinler ile ilgili enerji değeri hesaplamalarını
- Proteinlerin genel özelliklerini, çeşitlerini ve protein kaynaklarını
- Proteinlerin vücuttaki görevlerini
- Proteinlerin gıda sanayinde kullanımını
- Peptit bağı oluşumunu

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **"Her canlının proteini kendine özgüdür." sözü sizin için ne ifade ediyor?**
2. **Protein kalitesi bitki ve hayvanlar için aynı mıdır, kaliteli protein denilince ne anlıyorsunuz?**

3.1. PROTEİNLERİN YAPILARI VE ÇEŞİTLERİ

Protein, "birinci derecede önemli", "ilk önce gelen" anlamındaki Yunanca "proleos" kelimesinden türetilmiştir. **Proteinler** amino asit adı verilen karbon, hidrojen, oksijen ve nitrojen elementlerinden oluşan birimlerin bir araya gelmesi sonucunda meydana gelen makromoleküllerdir. Molekül ağırlıkları 5.000 ile birkaç milyon dalton arasında değişir. Bazı proteinlerin yapısında fosfor, çinko, bakır, demir ve kükürt elementleri de bulunabilmektedir.

Farklı proteinler, yapılarında farklı sayıda ve çeşitte amino asit içerir.

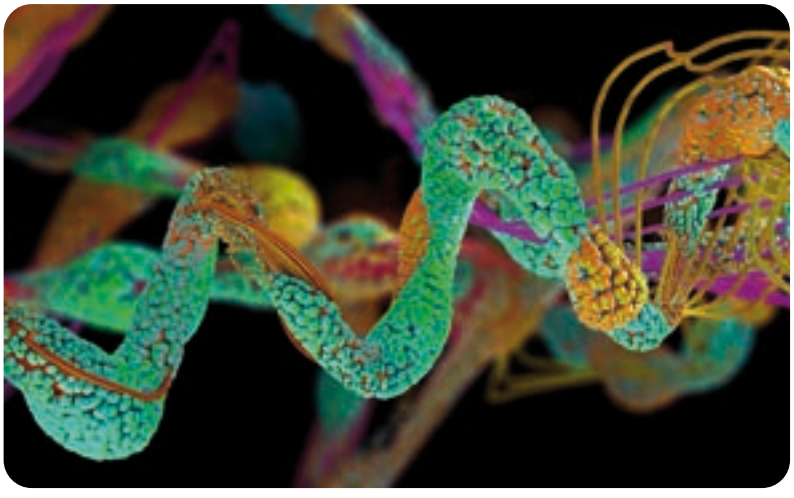
Doğadaki bitkiler; su, karbondioksit ve inorganik azotu kullanarak kendi proteinlerini sentezlemektedir. İnsan ve hayvanlar ise öğünlerinde yer alan bitkisel veya hayvansal kaynaklı azotu kullanarak proteinlerini sentezler.

Proteinler, canlı hücrelerin kuru ağırlığının %50'sinden fazlasını oluşturur.

3.1.1. Amino Asitler

α-amino asitler, proteinlerin temel yapı birimidir. Doğada 300 civarında amino asit bulunur. Bu amino asitler arasında yer alan 20 standart amino asit, DNA tarafından kodlanan ve protein sentezinde kullanılan birimlerdir.

Standart amino asitlerden sekizi, insanlarda gen-enzim sistemi bulunmadığından esansiyeldir. Yani vücut dışından (bitkilerden veya hayvanlardan) temin edilmeleri gerekir. Proteinler, DNA'daki kalıtsal şifreye uygun olarak sentezlenir (Görsel 3.1).



Görsel 3.1: Bir amino asit zincir yapısı

3.1.2. Amino Asitlerin Yapısı

Amino asitler genel olarak farklı kimyasal yapıda bir köke (R grubu), bir karboksil grubuna (-COOH) ve buna bağlı olan bir amino grubuna ($-NH_2$) sahiptir. Bu gruplar birbirine bir karbon atomu üzerinden bağlanır.

R – radikali, değişik fonksiyonları olan grupları (NH_2-COOH, -OH, -SH vb.) içerir. Bu durum amino asitlerin kimyasal özelliğini ve bu amino asitlerden oluşan proteinin ise tüm özelliğini oluşturur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: İyonize olmamış amino asit molekülü yapısı

3.1.3. Amino Asitlerin Sınıflandırılması

Amino asitlerin yapısında bulunan R grubu değiştikçe amino asidin çeşidi de değişir. Dolayısıyla amino asitlerin sınıflandırılmasında R grubu son derece önemlidir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Amino Asitlerin Sınıflandırılması

AMİNO ASİTLERİN SINIFLANDIRILMASI				
Moleküllerin Zincir ve Halka Yapılarına Göre	**Çözeltideki Reaksiyon Özelliklerine Göre**	**Moleküldeki Karboksil ve Amino Grupları Sayısına Göre**	**Yan Zincirin Polarlık Özelliğine Göre**	**Biyolojik Önemlerine Göre**
Alifatik aminoasitler	Asidik aminoasitler	Monoamino monokarboksilik aminoasitler	Hidrofilik (polar) yan zincire sahip aminoasitler	Esansiyel (eksojen) aminoasitler
Aromatik aminoasitler	Bazik aminoasitler	Mono amino dikarboksilik alifatik aminoasitler	Hidrofobik yan zincire sahip aminoasitler	Esansiyel olmayan (endojen) aminoasitler
Heterosiklik aminoasitler	Nötral aminoasitler	Diamino monokarboksilik alifatik aminoasitler	İyonik yan zincire sahip aminoasitler	
		Diamino dikarboksilik alifatik aminoasitler		

Amino asitler beş grupta sınıflandırılır.

1. Moleküllerin Zincir ve Halka Yapılarına Göre

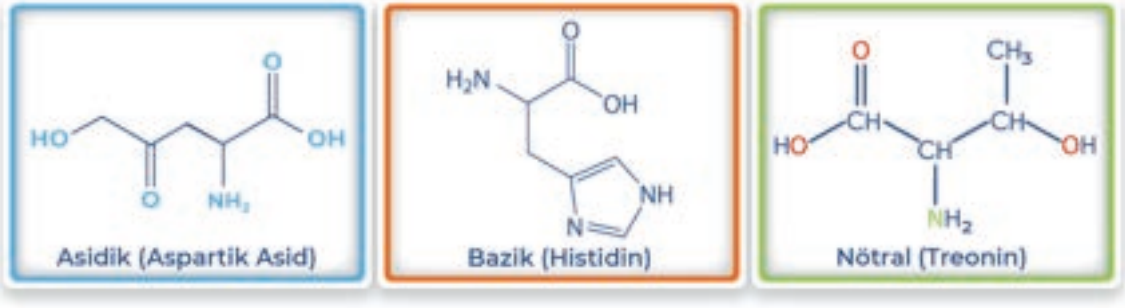
- Alifatik (Düz Yan Zincir İçeren) Amino Asitler: Glisin, alanin, valin, lösin, izolösin, prozin, serin, sistein, treonin, metiyonin vb. (Şekil 3.2).
- Aromatik Amino Asitler: Fenilalanin, triptofan ve tirozin (Şekil 3.2).
- Heterosiklik Amino Asitler: Triptofan, prolin ve hidroksiprolin (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Sırasıyla alifatik (valin), aromatik (fenilalanin) ve heterosiklik (triptofan) yapıdaki amino asit örnekleri

2. Çözeltideki Reaksiyon Özelliklerine Göre

- **Asidik Amino Asitler:** Aspartik asit ve glutamik asit (Şekil 3.3).
- **Bazik Amino Asitler:** Histidin, lisin ve arjinin (Şekil 3.3).
- **Nötral Amino Asitler:** Serin, treonin, sistein, tirozin, asparajin ve glutamin (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Soldan sağa sırasıyla asidik (aspartik asid), bazik (histidin) ve nötral (treonin) yapıdaki amino asit örnekleri

3. Moleküldeki Karboksil ve Amino Grupları Sayısına Göre

- **Monoamino Monokarboksilik Amino Asitler:** Alanin, glisin, lösün, izolösin serin, sistein ve treonin.
- **Mono Amino Dikarboksilik Alifatik Amino Asitler:** Asparajin, aspartik asit, glutamik asit ve glutamin.
- **Diamino Monokarboksilik Alifatik Amino Asitler:** Arjinin ve lizin.
- **Diamino Dikarboksilik Alifatik Amino Asitler:** Sistin.

4. Yan Zincirin Polarlık Özelliğine Göre

- Hidrofilik (Polar) Yan Zincire Sahip Amino Asitler: Serin, treonin, asparajin, glutamin, sistein ve tirozin.
- Hidrofobik Yan Zincire Sahip Amino Asitler: Alanin, fenilalanin, glisin, izolösin, lösin, metiyonin, prolin, triptofan ve valin.
- İyonik Yan Zincire Sahip Amino Asitler: Aspartik asit, glutamik asit, lizin, arjinin ve histidin.

5. Biyolojik Önemlerine Göre

Amino asitler, biyolojik önemlerine göre iki şekilde sınıflandırılır:

- Esansiyel (Elzem, Eksojen) Amino Asitler: Protein sentezi için bireyin ihtiyaç duyduğu ve vücutta sentezlenemeyen ve dışarıdan alınması gereken amino asitlere denir. İnsanlar için başlıca esansiyel amino asitler; fenilalanin, izolösin, lizin, lösin, metiyonin, treonin, triptofan ve valindir.
- Esansiyel Olmayan (Endojen) Amino Asitler: İnsan vücudunda sentezlenebilen amino asitlere denir. İnsanlar için başlıca esansiyel olmayan amino asitler; aspartik asit, alanin, arjinin (çocukluk çağında esansiyel), glisin, histidin (çocukluk çağında esansiyel), glutamik asit, hidroksiprolin, prolin, serin, sistin, sistein ve tirozindir.

3.1.4. Bazı Amino Asitlerin Temel Özellikleri ve İşlevleri

Glutamin: İnsan vücudundaki toplam amino asit seviyesinin %60'ını oluşturur. Bu nedenle vücutta fazla bulunan bir amino asittir. Hafızayı güçlendirir, konsantrasyonu artırır. Beyinde zihinsel aktiviteyi artıran ve beyin fonksiyonlarını çalıştıran GABA (Gama-Aminobütirik Asit) amino asidini yükselten glutamik aside dönüşür.

Histidin: İnsan vücudunda büyüme ve dokuların onarılmasında görev alan bir amino asittir. Sinir hücrelerindeki miyelin kılıfların yapısında bulunur. Alyuvar ve akyuvar yapımından sorumludur. Alerjik reaksiyonlarda bağışıklık sisteminin salgıladığı histamin için öncü bileşik görevi de görür.

Lizin: Büyüme ve gelişme için son derece önemli bir amino asittir. Vücutta kemiklerin ve kasların büyümesi için gerekli olan kalsiyumun emiliminde kullanılır.

Lösin: Kan şekeri seviyesini düzenler. Deri dokusunun, kasların ve kemiklerin büyümesinden ve onarılmasından sorumludur. Yaraların iyileşmesini sağlar.

Fenilalanin: Sinir sisteminin düzgün çalışması için gerekli dopamin, adrenalin ve nöradrenalin seviyesini yükseltir. Ayrıca güneş ışığındaki UV ışınlarının emilimine yardımcı olduğundan vücut için gerekli D vitamini oranının artmasını sağlar.

Metiyonin: Ağır metalleri mideden ve karaciğerden uzaklaştırır. Sülfür atomu içeren tek amino asit olduğu için serbest radikallerin uzaklaştırılmasında etkilidir. Hafızayı güçlendirir. Antioksidan özelliğe sahiptir. Vücuttaki ve kandaki yağların metabolik olarak yakılmasını hızlandırdığından testosteron seviyesini de artırır.

Sistein: L-sistein sülfür içeren bir amino asit olduğu için iyi bir antioksidandır. Hayati öneme sahip olan sistein, glütasyonun (bitki ve hayvan dokularında oksijen taşıyan bileşik cisim) bir parçası olan taurinin üretimini sağlar.

BİLGİ KUTUSU

Glütasyon; uyuşturucu, alkol ve sigara gibi zararlı alışkanlıkların beyinde ve karaciğerde yarattığı hasarı önler.

Treonin: Esansiyel amino asitlerden olan treonin vücutta iki önemli protein olan kolajen ve elastin üretiminde kullanılır. Vücuttaki protein dengesinin korunmasında önemli bir yere sahiptir. Treonin amino asitinin en önemli faydası diğer besinlerin emilimini kolaylaştırmasıdır.

3.1.5. Amino Asitlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

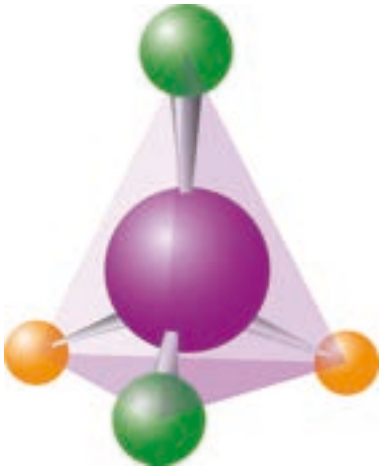
Amino asitlerin özellikleri fiziksel ve kimyasal olarak iki gruba ayrılır.

3.1.5.1. Amino Asitlerin Fiziksel Özellikleri

Amino asitlerin fiziksel özellikleri şunlardır:

1. **Amino Asitlerin Duyusal Özellikleri:** Amino asitlerin tat kalitesi kendilerine has konfigürasyonlarından (atomların uzaydaki dizilişleri) kaynaklanır. D-konfigürasyonundaki amino asitler tatlı, L konfigürasyonundaki amino asitler ise acı olur. L-glutamik asit ile L-metiyonin istisnadır. L-glutamik asit, yüksek derişimde et suyu tadı verirken düşük derişimde gıdanın kendine has tadını pekiştirir. L-metiyonin ise bulunduğu ortama sülfür tadı verir.
2. **Amino Asitlerin Çözünürlük Özelliği:** Aminot asitlerin çözünme noktaları 200-300 °C arasında olup bu sıcaklıklarda dekompoze (bileşenlerine ayrılma) olur. Genel olarak amino asitler suda çözünürken polar olmayan amino asitler suda çözünemez. Alifatik ve aromatik amino asitler, hidrofobik özellik gösteren gruplar taşıdığı için suda sınırlı düzeyde çözünür.
3. **Amino Asitlerin İyonik Özellikleri:** Amino asitler, yapılarında amino ve karboksil gruplarını birlikte bulundurur. Bu nedenle sulu çözeltilerde çözelti pH değerine bağlı olarak asit, baz veya zwitterion [zviteryın (yapısında hem pozitif hem de negatif yük bulunan ve toplam yükü sıfır olan bir molekül)] özellik gösterir.
4. **Amino Asitlerin UV Absorbsiyonu Özelliği:** Aromatik amino asitler (tirozin, triptofan, fenilalanin), en yüksek UV absorbsiyonunu 200-230 nm (nanometre) ve 250-290 nm dalga boylarında gösterir. 280 nm'de alınan UV okumaları protein ve peptit tayinlerinde kullanılmaktadır.
5. **Amino Asitlerin Optik Aktivite Özelliği:** Amino asitlerde α karbon atomu çevresinde dört yüze ilişik (tetrahedral) (Şekil 3.4) dört farklı grubun olması yani karbon atomunun asimetrik oluşu amino asitlere optikçe aktif olma özelliği kazandırır. Amino asitler, polarize ışığı sola

veya sağa çevirme durumuna göre (+) veya (-) işaretleriyle gösterilir. Doğadaki amino asitler, çoğunlukla L- (+) durumundadır. Doğal proteinler, genellikle L- amino asitlerden oluşur (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Tetrahedral yapı

3.1.5.2. Amino Asitlerin Kimyasal Özellikleri

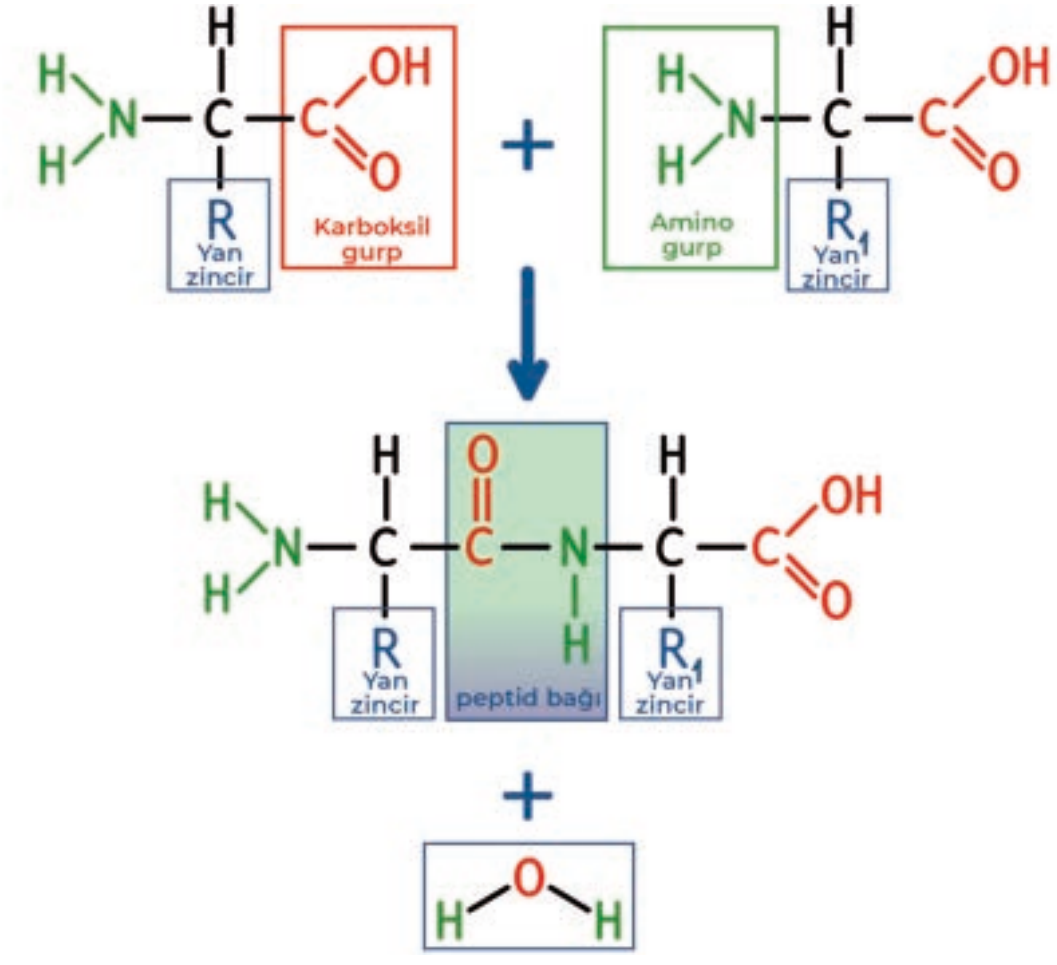
Amino asitlerin kimyasal özellikleri, yapılarında bulunan üç farklı fonksiyonel grupla (amino grubu, karboksil grubu ve R grubu) ilgilidir. Buna göre amino asitlerin kimyasal özellikleri şunlardır:

1. **Amino Gruplarının Tepkimeleri**
   - Amino grubunun alkol ile tepkimesi
   - Sörensen titrasyonu
   - Amino grubunun aromatik asitlere bağlanması
   - Amino asitlerin 1-flora-2,4 dinitro benzenle tepkimesi
   - Betain tepkimesi
   - Üramin asidi tepkimesi (Amino asitlerin tanınmasında kullanılan bir reaksiyondur.)
   - Karbamino tepkimesi (CO_2nin dokulardan akciğere taşınmasında önemli bir reaksiyondur.)
   - Nitrit asidi tepkimesi
   - Ninhidrin tepkimesi (Bu reaksiyon, çok düşük miktardaki amino asitleri belirlemede kullanılır.)
   - Diketopiperazin oluşumu
   - Amino asitlerin metal iyonları ile şelatlanması
2. **Karboksil Gruplarının Tepkimeleri**
   - Karboksil grubunun esterifikasyonu
   - Amidleşme tepkimesi
   - Amino asitlerin metal iyonları ile şelatlanması
   - Amino asitlerin dekarboksilasyonu
   - Ninhidrin tepkimesi
3. **Amino Asitlerin Bozulma Tepkimeleri**
   - Hidrolitik desaminasyon
   - Redüktif desaminasyon
   - Oksidatif desaminasyon

- Hidrolitik desaminasyon ile dekarboksilasyonun eş zamanlı gerçekleşmesi
- Kükürt içeren amino asitlerin hidrolitik parçalanması

3.1.6. Proteinlerde Peptit Bağı Oluşumu

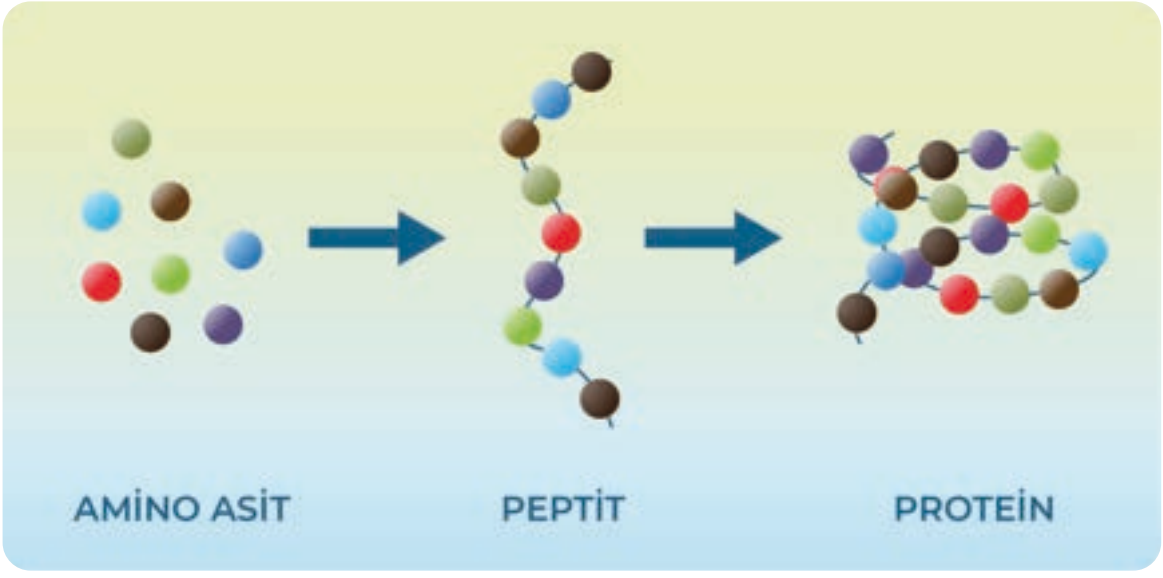
Bir amino asitin α – karboksil grubu ile diğer bir amino asitin α – amino grubu arasından 1 mol H_2O'in açığa çıkmasıyla oluşan kovalent bağa **peptit bağı** denir. Peptit bağı, amino grubundaki N atomu ile karboksil grubundaki C atomu arasında kurulur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Peptit bağı oluşumu

İki amino asitin birleşmesiyle **dipeptit**, üç amino asitin birleşmesiyle **tripeptit**, çok sayıda amino asitin birleşmesiyle de **polipeptit** zinciri oluşur. Bu zincirin üç boyutlu yapı kazanması sonucunda ise proteinler meydana gelir.

Genellikle 10'dan daha az amino asitten oluşan zincire oligopeptit adı verilir. Proteinler genellikle 50 ya da daha fazla amino asit içeren peptit zincirinden oluşur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Amino asitlerin birleşerek proteinleri oluşturması

SIRA SİZDE

Aminoasitlerin sınıflandırılma şemasını çiziniz.

1. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Amino Asitlerin Tepkime Yoluyla Tespiti**
Uygulamanın Amacı	:	Amino asitleri ninhidrin yöntemi ile tanımlamak.
Uygulamanın Prensibi	:	Amino asitlerin amino ve karboksil gruplarının birlikte ninhidrin ile verdikleri reaksiyonda mor renkli kompleks oluşturmaları prensibine dayanır.
Gerekli Araç Gereç	:	2 adet deney tüpü, tüplük, pastör pipeti, kaynar su, bek alevi veya sıcak su banyosu.
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	1 yumurta (albümin için) L-glisin, glikoz, ninhidrin reaktifi ve distile su.
Süre	:	80 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

I. Aşama

1. Yumurta albümini proteinini şu şekilde hazırlayınız:

- 1 yumurtanın akını 250 ml'lik behere aktarınız.
- Üzerine 100 ml distile su ilave ediniz.
- Kısık alevde kaynatarak avimisin maddesinin çökmesini sağlayınız.
- Çözelti soğuduktan sonra üstteki çözeltiyi alıp albümin kaynağı olarak uygulamda kullanınız.

2. L-glisin amino asitinin %0,5'lik çözeltisini hazırlayınız.
3. %0,5'lik glikoz çözeltisi hazırlayınız.

II. Aşama

- Deney tüplerine ikişer ml amino asit çözeltisi koyunuz.
- Tüplerin üzerine 2 ml ninhidrin reaktifi damlatınız.
- Tüpleri kaynayan sıcak su içerisine koyup renk değişimi için 4 dk. bekleyiniz.
- Deney tüplerinde renk değişimini gözlemlediğiniz süreleri, proteinlerin yapısını ve çeşitlerini her bir tüp için not ediniz.
- Tüplerde oluşan renkleri not ediniz.

Sonuç değerlendirme

1. Sizce deney tüplerinde renk değişimi gözlenmesinin nedeni nedir?
2. Sizce deney tüplerinde gözlemlenen renk değişimi sürelerinin birbirinden farklı olmasının nedeni ya da nedenleri ne olabilir?
3. Deney tüpünün içerisinde bulunan glikoz çözeltisinde renk değişimi olup olmadığını nedenleriyle tartışınız?

1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Genellikle D-konfigürasyonundaki amino asitler tatlı, L-konfigürasyonundaki amino asitler ise acı olur.

2. ( ) Proteinler, canlı hücrelerin kuru ağırlığının yalnızca %10'luk kısmını oluşturur.

3. ( ) Amino asitlerin yapısında bulunan R grubu değiştikçe amino asidin çeşidi de değişir.

4. ( ) Biyolojik önemine göre amino asitler, esansiyel ve esansiyel olmayan olarak iki gruba ayrılır.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri, verilen bilgilere uygun şekilde doldurunuz.

1. Sülfür atomu içeren tek amino asit ..... amino asitidir.

2. Amino asitler ..... temel yapı birimidir.

3. Doğada bulunan 300 tane amino asitten ..... tanesi DNA tarafından kodlanır ve protein sentezinde kullanılır.

4. Vücuttaki önemli proteinlerden olan kolajen ve elastin üretiminde ..... amino asidi kullanılır.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi esansiyel amino asit <u>değildir?</u>

A) Aspartik asit B) Lösin C) Treonin D) Triptofan E) Valin

2. Bir karboksil (-COOH) grubu ile bir amino($-NH_2$) grubu arasında oluşan bağa ne ad verilir?

A) Eter B) Ester C) Hidrojen D) Karbon E) Peptit

3. Beyin ile ilgili olan, beynin fonksiyonlarını alıştıran ve zihinsel aktiviteyi artıran amino asit aşağıdakilerden hangisidir?

A) Glutamin B) Histidin C) Lösin D) Sistein E) Treonin

4. Aşağıdakilerden hangisi amino asitlerin fiziksel özellik/özelliklerinden biri <u>değildir?</u>

A) Çözünürlük

B) Duyusal

C) İyonik

D) Optik aktivite

E) Karboksil gruplarının tepkimeye girmesi

3.2. PROTEİNLERİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Amino asit birimlerinin kovalent bağlarla birbirlerine bağlanması sonucunda oluşan polipeptitler, birer makro molekül olan proteinleri meydana getirir. Bir türe ait belirli bir proteinde amino asit dizilişi aynıdır. Dizilişte farklılık, türler arasında ortaya çıkar.

Organizmada karbonhidratlar enerji verirken yağlar, depo maddesi görevi görür. Proteinler, organizmanın temel yapı taşını oluşturur.

Tüm proteinlerin içerisinde bulunan azot elementinin miktarı hemen hemen sabittir. Örneğin süt proteinlerinde %15, et proteinlerinde %16, tahıl proteinlerinde %17 oranında azot bulunur (ortalama %16 protein) (Görsel 3.2).



Görsel 3.2: Proteince zengin bazı gıda örnekleri

Doğada proteinin ana kaynağı bitkilerdir. Anorganik maddelerden protein sentezlemek yalnızca bitkilere özgü bir özelliktir.

Proteinler bazı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir.

Tat ve Koku Özellikleri

Saf proteinlerin genellikle tatsız ve kokusuz olduğu bilinir. Isıtılan proteinler, kıl ve yünün yanma kokusunu verir.

Molekül Ağırlıkları

Proteinler, molekül ağırlığı 20.000 ile 100.000 dalton arasında değişen yüksek molekül ağırlığına sahiptir.

Çözünme Özellikleri

Proteinler; nötral tuz çözeltileri, asit ve bazların sulu çözeltileri ve %70-80'lik alkol ile çözünmektedir. Çözünürlük, proteinlerin yapısındaki polar (amino, karboksil, hidroksil vb.) ve apolar gruplara bağlı olarak değişir. Proteinlerin sudaki çözünürlüğü, ortamın pH derecesi ve tuz derişiminden etkilenir.

Optik Aktiviteleri

Sulu protein çözeltileri, proteinin yapısına bağlı olarak polarize ışığı -30 °C ile -60 °C arasında sola çevirir.

İyonlaşma Özelliği

Proteinler, sulu çözeltilerinde ortam pH değerine bağlı olarak amfoter özellik (hem asit hem de baz özelliği gösteren) gösterir.

Kristalizasyon

Hemoglobin gibi bazı proteinler kolay, serum albümini gibi bazı proteinler ise zor kristalize olur. pH değeri izoelektrik noktaya (proteindeki + ve – yüklerin eşit olup net yükün sıfır olduğu nokta) getirilen proteinler kolay kristalize olur.

Viskozite Özelliği

Sıvıların akışa karşı gösterdiği dirence **viskozite** denir. Akışa karşı gösterilen sıvı davranışı sıvının bazı özelliklerine bağlıdır. Dispers yapıda yer alan molekül ve partiküllerin çapı arttıkça viskozite değeri de artar. İzoelektrik noktasındaki pH değerinde viskozite en düşük düzeydedir.

Proteinlerin Çökelme Özellikleri

Proteinler, bir çözücü içerisinde yük ve protein-çözücü etkileşimi ile kararlı durumda bulunur. Kararlı durumu oluşturan etmenlerin biri ortadan kalkarsa protein bazen çökelir. Eğer ikisi de ortadan kalkarsa çökelme her zaman olur.

Proteinlerin çöktürülmesinde kullanılan yöntemler şunlardır:

- Proteinlerin izoelektrik noktada (pH) çöktürülmesi
- Ağır metal ve tuzları ile çöktürme
- Asit ile çöktürme
- Nötral tuzlarla çöktürme
- Organik çözücülerle çöktürme

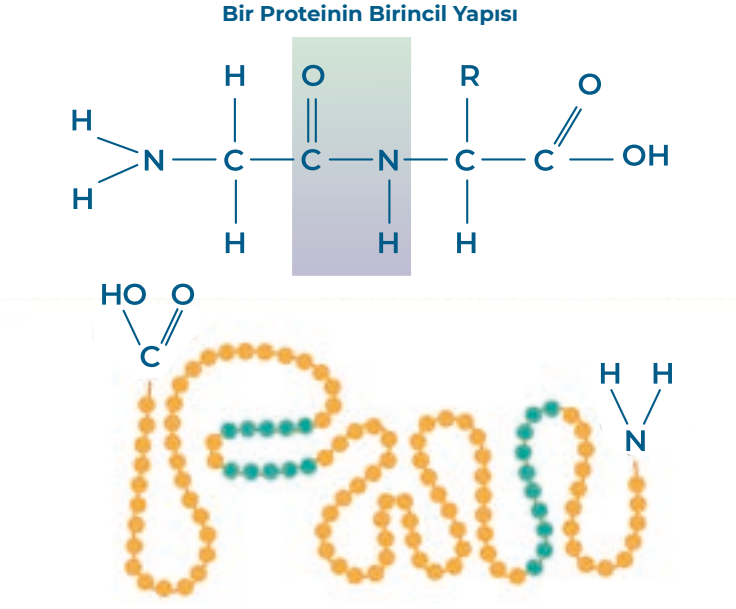
3.2.1. Proteinlerin Yapısal Özellikleri

Proteinler, biyolojik fonksiyonlarını yerine getirebilmek için gerekli olan üç boyutlu yapılarını aşağıda belirtilen dört basamakta kazanır:

1. Primer yapı
2. Sekonder yapı
3. Tersiyer yapı
4. Kuaterner yapı

Primer (Birincil) Yapı

En basit protein yapısıdır. Polipeptit zinciri üzerindeki amino asitlerin sayısını, çeşidini ve bunların sıralanışını belirler. Primer yapı aynı zamanda protein molekülünün omurgasını oluşturur (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Proteinlerde primer yapı

Primer yapı, DNA'daki genler tarafından şifrelenir. Bu yapı, bütün proteinlerin alt yapısını oluşturur. Zincir uzunluğu ile n sayıdaki amino asitlerin sıralanışı proteinlerin fizikokimyasal, yapısal ve biyolojik özelliklerini ve protein fonksiyonlarını belirler.

Sekonder (İkincil) Yapı

Lineer (doğrusal) dizilişte birbirine yakın amino asit kalıntıları arasındaki etkileşimler sonucu meydana gelen yapıdır. Bu etkileşim sonucu oluşan bağlar neticesinde polipeptit zincirinde kıvrımlar meydana gelir. Kıvrımları oluşturan güç, atomlar arasında kurulan H bağlarından kaynaklanır. Sekonder yapılar, genel olarak heliks yapılar (en sık rastlananı α heliks) ve β plakalı yapılar olmak üzere iki şekilde bulunur (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Sekonder yapı

Tersiyer (Üçüncül) Yapı

Polipeptit molekülünün nispeten daha ileri düzeyde kıvrılıp bükülerek sağlam ve kompleks bir yapı oluşturmasını ifade eder. Bu yapının stabilitesini amino asitlerin R grupları arasındaki kovalent olmayan kimyasal etkileşimler (po-

lar ve apolar bağlar) ve sistein kalıntıları arasında kurulan disülfit bağları sağlar. Protein molekülü bu yapı ile futbol topu gibi küresel bir şekil kazanır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Tersiyer yapı

Kuaterner (Dördüncül) Yapı

Birden fazla polipeptit zinciri içeren proteinlerde tersiyer yapıyı oluşturan bağların birbiriyle birleşmesi sonucunda oluşur. Kovalent, iyonik ve polar olmayan bağlar, bu yapıda birlikte bulunur. Örneğin hemoglobin molekülünün yapısındaki dört protein monomeri, kuaterner yapı oluşturarak birbirine sıkı bir bağla bağlanmış şekildedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Kuaterner yapı

3.2.2. Proteinlerin Bazı işlevsel Özellikleri

Bir gıdanın tüketici için en önemli işlevi besleyici değerinin yüksek olmasıdır. Bunun dışında tekstür, tat, koku, renk ve görünüş de diğer yararlı işlevleridir. Bu işlevsel özelliklerin büyük bir kısmı duyusal, bir kısmı ise fiziksel özelliklere bağlıdır. Bu özellikler; gıdanın hazırlanmasında, üretiminde ve depolanmasında etkili olduğu gibi gıdalar üzerinde de etkilidir. Örneğin fırıncılıkta undaki gluten, etin sulu ve körpe yapılı olmasında aktin, miyosin ve aktomiyosin, süt ürünlerinin pıhtı oluşturması ve tekstürel özelliklerde kazein proteinleri etkilidir.

3.2.2.1. Proteinlerin Jelleşme Özelliği

Jel, sıvı ve katı bir ortam arasında oluşan ara faz olarak adlandırılır. Birçok gıdanın hazırlanmasında jelasyon önemli bir yere sahiptir. Jelasyon prosesi, proteinlerin denatüre olup (üç boyutlu yapının bozulması) bir protein ağ yapısı oluşturmak üzere agege (toplanma, kümelenme) olması ile gerçekleşir.

Isıl işlem, ısıtma sonrası soğutma, hafif asidik ortam oluşturma, ortama kalsiyum tuzları ekleme gibi faktörler jelleşme hızı ve kuvveti üzerinde etkilidir.

Protein jelasyonu, katı-viskoelastik jel oluşumunun yanı sıra su absorblama (tutma) gücünün gelişmesi, köpük stabilizasyonu, partiküllerin bağlanması, kalınlaştırma, gibi proseslerde de kullanılmaktadır.

3.2.2.2. Proteinlerin Yapı (Tekstür) Oluşturma Özelliği

Proteinler, gıdalarda istenen tekstürün oluşturulmasında önemli fonksiyona sahiptir. Tekstür denince sertlik, yumuşaklık, çiğnenebilirlik, köpük yapı, su tutma vb. özellikler akla gelir. Soya ve süt proteinleri, ısıl koagülasyon işlemine tabi tutularak yüksek su tutma kapasitesine sahip tekstür ajanları özelliği ortaya çıkarılır.

3.2.2.3. Proteinlerin Arayüzey Özelliği

Doğal ya da işlem görmüş gıdalar genelde ya köpük ya da emülsiyon yapıdadır. Bu tip dispers (ayrık, yayılmış, saçılmış) sistemler, iki faz arasındaki yüzeyde uygun bir amfilik madde (asidik ve bazik karakterleri bir arada taşıyan, içeren) yer alıncaya kadar stabil (sabit) değildir. Proteinler, amfoter moleküllerdir ve spontan olarak (kendiliğinden) hava-su ya da yağ-su-yüzey arasına taşınır.

3.2.2.4. Proteinlerin Hamur Oluşturma Özelliği

Doğal veya işlem görmüş gıdalar genelde ya emülsiyon ya da köpükyapıdadır. Bu tip dispers (ayrık, yayılmış, saçılmış) sistemler, iki faz arasındaki yüzeyde uygun bir amfilik madde (asidik ve bazik karakterleri bir arada taşıyan, içeren) yer alıncaya kadar stabil (sabit) değildir. Proteinler, amfoter moleküllerdir ve spontan olarak (kendiliğinden) yağ-su ya da hava-su-yüzey arasına taşınır.

3.2.2.5. Proteinlerin Emülsiyon Oluşturma Özelliği

Proteinlerin emülsifiyer özelliği, arayüzey özelliği ile bağlantılı olup bu özellik dispers yapılı sistemlere etki eder. Süt, krema, dondurma, mayonez, et ürünleri vb. pek çok gıda emülsiyon yapıda karışımlardır. Bu karışımlarda proteinler önemli bir role sahiptir. Proteinlerin stabilize ettiği emülsiyonlarda pH, sıcaklık, iyonik kuvvet, düşük molekül ağırlıklı yüzey aktif maddelerin varlığı, yağ fazı, proteinin tipi etkili olmaktadır.

3.2.2.6. Proteinlerin Köpük Oluşturma Özelliği

Köpük yapı oluşturma; kek, şekerleme, dondurma, hazır şantiler, ekmek vb. gıdalar için önemlidir. Gaz kabarcıkları proteinlerin oluşturduğu film tarafından absorbe edilerek köpüksü yapı oluşturulur. Protein haricinde köpük oluşumunu ve stabilitesini etkileyen diğer faktörler; ortamda bulunan sakkaroz, tuz, ortam pH değeri ve lipit konsantrasyonudur.

3.2.2.7. Proteinlerin Tat-Koku Bağlama Özelliği

Proteinler, genelde kokusuz olmalarına rağmen tat-koku ajanlarını bağlayarak gıdaların duyusal özelliklerinin geliştirilmesinde etkilidir. Uçucu tat-koku bileşenleri (aldehit, keton), proteinlere kovalent bağ ile bağlanır. Gıda endüstrisi açısından önemli sayılan bu özellik sayesinde bitkisel proteinlerden yapılan et benzeri gıdalara gerçek et tadı ve kokusu kazandırılır. Tat-koku bağlama özelliği; ortam pH değeri, sıcaklık, tuz içeriği ve proteoliz (proteinlerin parçalanması) olayı etkenlerine bağlıdır.

BİLGİ KUTUSU

Proteinlerde Denatürasyon: Proteinlerdeki ikincil (sekonder), üçüncül (tersiyer) ve dördüncül (kuaterner) yapının fiziksel (yüksek sıcaklık, radyasyon) ya da kimyasal etmenlerin (kuvvetli asidik ve bazik ortam, alkol, kloroform vb.) etkisiyle bozularak birincil (primer) yapıya dönüşmesidir. Örneğin yumurtanın pişirilmesi bir protein denatürasyonudur (Görsel 3.3).



Görsel 3.3: Pişmiş yumurtada proteinler denatüre olur.

3.2.3. Proteinlerin Sınıflandırılması

Proteinler; yapısal özelliklerine, konfigürasyon tipine ve biyolojik rollerine göre üç kategoride sınıflandırılır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2: Proteinlerin Sınıflandırılması

PROTEİNLERİN SINIFLANDIRILMASI		
Yapısal Özelliklerine Göre	**Konfigürasyon Tipine Göre**	**Biyolojik Rollerine Göre**
● **Basit Proteinler** **Basit globüler proteinler** 1. Albümin 2. Glutelin 3. Histon 4. Globülin 5. Prolamin 6. Protamin **Basit fibröz proteinler** 1. Kollegen 2. Elastin 3. Fibroin 4. Keratin 5. Miyosin 6. Fibrin ● **Bileşik Proteinler** 1. Nükleoprotein 2. Fosfoprotein 3. Lipoprotein 4. Glikoprotein 5. Kromoprotein 6. Metalloprotein	● **Fibröz (Lifimsi, Çubuğumsu) Proteinler** ● **Globüler (Küresel) Proteinler**	● **Katalitik Proteinler** ● **Taşıyıcı Proteinler (transport proteinleri)** ● **Besleyici ve Depo Proteinler** ● **Kontraktil Proteinler** ● **Yapısal Proteinler** ● **Savunma (Defans) Proteinleri** ● **Düzenleyici Proteinler** ● **Diğer Proteinler**

3.2.3.1. Yapısal Özelliklerine Göre Proteinler

Proteinler, yapısal özelliklerine göre basit ve bileşik proteinler olarak iki gruba ayrılır.

1. Basit Proteinler

Yapılarında yalnızca α–amino asitleri bulunduran ve hidroliz edildiklerinde serbest α–amino asitler ve onların bazı türevlerini veren proteinlerdir. Basit proteinlerin ayrıldığı alt gruplar şunlardır:

a) Globüler Proteinler: Molekülünün üç boyutlu şekli elipsoid (küresel) biçiminde olan proteinlerdir. Globüler proteinler de özelliklerine göre farklı alt gruplara ayrılır.

Albüminler: Suda ve seyreltik tuz çözeltilerinde çözünen 580 civarında amino asitten oluşan, kükürt yönünden zengin proteinlerdir. Yumurta akındaki ovalbümin, kan serumundaki serum albümini ve sütteki laktalbümin hayvansal kaynaklı albüminlerdir. Baklagillerdeki legumelin, hububattaki löykosin ise bitkisel kaynaklıdır. Albüminlerin en önemli görevi, osmotik basınç oluşturarak kılcal damarlarda kanın geri toplanmasını sağlamaktır.

Globülinler: Asit ve baz çözeltileriyle seyreltik nötral tuz çözeltilerinde çözünmekte ve ısı ile pıh-

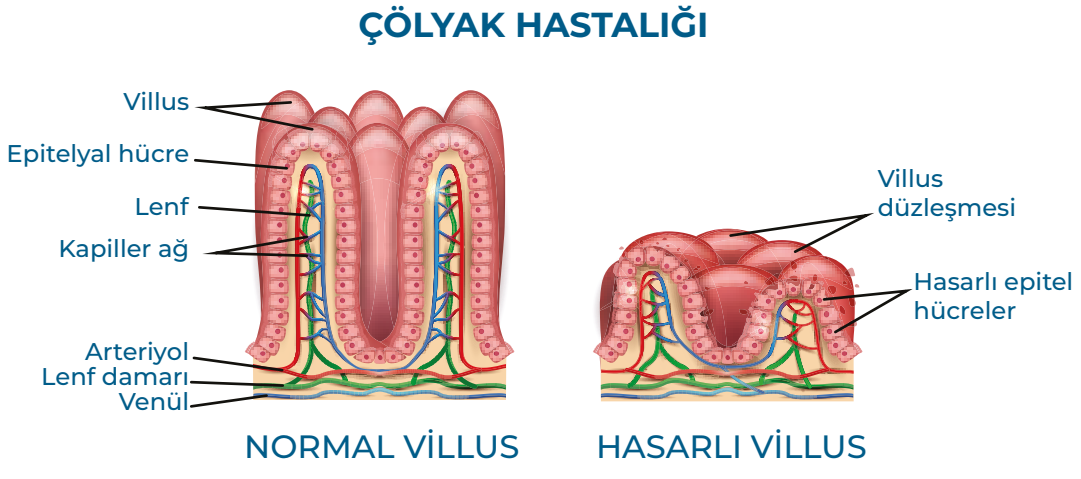
tılaşmaktadır. Yumurta sarısında ovoglobülin, sütteki laktoglobülin, kan plazmasındaki α-, β-, γ- globülinler, kaslarda myosin hayvansal kaynaklı globülinlerdir. Kendir tohumundaki edestin, baklagillerdeki legümin, beyaz fasulyedeki faseolin ise bitkisel kaynaklıdır. Globülinlerin en önemli fonksiyonu, immün (bağışıklık) sisteminin proteinlerinden olmasına bağlı olarak vücudu dış etkenlere (mikroorganizma, virüs, yabancı protein vb.) karşı korumasıdır.

Glutelinler: Bitkisel kökenli basit proteinler olup suda ve sulu nötral tuz çözeltilerinde çözünmez. Çok seyreltilmiş asit ve alkalilerde çözünür, ısı ile denatüre olur. Buğdayda gliadin ile birlikte bulunan glutenin, ekmeğin kalitesini olumlu yönde etkiler. Arpada bulunan hordenin ve pirinçte bulunan orizenin ise tipik glutelinlerdir.

Prolaminler (Gliadinler): Bitkisel kökenli basit proteinler olup %70-80'lik alkolde çözünür. Prolaminler özellikle taneli bitkilerde çok bulunur. Buğdayda bulunan gliadin, mısırda bulunan zein, arpadaki hordein önemli prolaminlerdir. İnsanlarda karşılaşılan çölyak hastalığı prolaminlere karşı geliştirilen intoleranstan kaynaklanmaktadır.

BİLGİ KUTUSU

Bağırsak mukozasında villus adı verilen ve bağırsak emilim yüzeyini artırarak besinlerin kana geçişini kolaylaştıran, besin emilimini sağlayan, eldiven parmağı şeklinde küçük çıkıntılar bulunur. Çölyak hastalığında gelişen iltihabi süreç bu çıkıntıları yok eder ve villuslar düzleşir. Villusların hasar görmesi sonucunda, hastalar ne kadar çok yerse yesin, tam emilim olmadığı için vücuda yeteri kadar besin maddesi almak mümkün değildir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Bağırsakta villus

Protaminler: Proteinlerin en kısa zincirli (14-20 peptit bağı) olanıdır. Proteinler; su, seyreltik asit ve baz çözeltilerinde çözünür. Yüksek sıcaklıkta koagüle (pıhtılaşma) olmadan kalabilir. Balık spermalarından çok miktarda protamin elde edilir. Bunlara uskumrudan skombrin, som balığından salmin, ringa balığından klüpein örnek verilebilir.

Histonlar: Protaminler kadar olmasa da histonlar da bazik karakterli proteinlerdir. Yüksek sıcaklıkta koagüle olmadan kalabilir. Hücre çekirdeği ve hemoglobinin yapısında bulunur. Timusta, lenfositlerde ve karaciğerde bolca bulunmaktadır. Uskumru balığındaki skombrin, timus bezinden elde edilen timohiston önemli örneklerdir.

b) **Fibröz Proteinler (Çözünmeyen Basit Proteinler):** Suda ve diğer çözücülerde çözünmeyen ve molekülünün üç boyutlu şekli lifimsi, çubuğumsu biçimde olan proteinlerdir. Yüksek yapılı organizmalarda bağ dokunun temel maddesi fibröz proteinlerdir. Fibriler proteinler de keratin, kolajen, elastin, fibroin, miyosin, epidermin gibi alt gruplara ayrılır ve her biri farklı özelliklere sahiptir.

Kolajenler: Omurgalı canlılarda miktarca fazla olan kolajenler, bütün hayvansal organizmaların bağ dokusunda bulunan önemli yapısal proteinlerdir. Tüm dokularda bulunabilen kolajenler; kemik, diş, tendon, kıkırdak ve deridir. Kan damarlarında bolca bulunur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: Vücudun çeşitli dokularında kolajen proteini bulunur.

Keratinler: α ve β keratinler olmak üzere ikiye ayrılır. α keratinler; tüy, saç ve yünde bulunur. β keratinler ise farklı hayvanların gaga, pençe, toynak, deri gibi uzuvlarında sertlik ve dayanıklılığı sağlayan maddelerdir (Görsel 3.4).



Görsel 3.4: Saçın yapısında keratin proteini bulunur.

Elastin: Uzama özelliğine sahip proteindir. Sarı renkli bağ dokuda bolca bulunur. Hayvanların bilhassa boyun bölgesinde ve oynar eklemlerinde yer alır. Sindirim enzimlerine dayanıklı olduğundan beslenme değeri çok düşüktür.

Fibroin: İpekte bulunan bir protein olup ipek böceği tarafından üretilir. İpek böceğinin türüne göre üretilen fibroinin bileşimi değiştiğinden mekanik özelliği de değişir.

Miyosin: Kas hücrelerinde bulunan, kasların kasılmasında görev alan fibröz protein çeşididir.

Fibrin (Fibrinojen): Kan serumunda bulunan, kanın pıhtılaşmasında görev alan bir fibröz protein çeşididir.

2. Bileşik Proteinler

Protein olmayan bazı moleküllerin (prostetik grup) basit bir proteine zayıf veya sağlam bir bağ ile bağlanması sonucunda oluşur. Hidroliz edildiklerinde amino asitlere ek olarak bileşik proteinin cinsine göre karbonhidrat, fosforik asit, nükleik asit, ve lipit gibi maddeler verir. Bileşik proteinler, prostetik grubun tipine ve özelliğine göre isimlendirilir ve sınıflandırılır.

Glikoproteinler: Prostetik grubu karbonhidrat olan bileşik proteinlerdir. %1-80 arasında değişen oranlarda karbonhidrat içerir. Glikoproteinler; deride, kıkırdakta, kemikte, yumurta akında, kan serumunda, idrarda, tükürükte, mide sıvısında, gözde vb. bulunur.

Metalloproteinler: Molekülünde prostetik grup olarak metal (mangan, magnezyum, çinko, demir, bakır, molibden vb.) bulunan proteinlerdir.

Lipoproteinler: Proteinlerin yağ asitleri, lesitin, kolesterin vb. lipitlerle oluşturduğu bileşik proteinlerdir. Kanda lipitlerin taşınmasında görev alan α lipoprotein ve β lipoprotein, yumurta sarısında lipovitellin olarak bulunur.

Fosfoproteinler: Prostetik grup olarak fosfat içeren bileşik proteinlerdir. Sütte kazein, yumurta sarısında ovovitellin, balık yumurtasında ihtulin ile kinaz enzimi önemli fosfoprotein örnekleridir.

Nükleoproteinler: Protaminler ve histonlar gibi bazik karakterli basit proteinler ile diğer basit proteinlerin nükleik asitlerle bağlanması sonucu oluşan proteinlerdir. Doğada iki farklı nükleoprotein bulunur. Bunlardan birinci nükleoprotein, riboz şekerini içerdiğinden RNA; ikinci nükleoprotein, deoksiriboz şekerini içerdiğinden DNA ismini alır. Nükleik asitler, bütün bitki ve hayvan kaynaklı gıdalarda proteinlerle bileşikler hâlinde bulunur. Beyin, böbrek, pankreas, kalp, balık, süt ve süt ürünleri, kuru baklagiller, tahıllar, sebze ve meyveler birer nükleik asit kaynağıdır.

Kromoproteinler: Basit proteinler ile renk maddelerinin birleşmesiyle oluşan proteinlerdir. HEM (Hemoglobinin demir ve porfirinden oluşan prostetik grubudur.), melanin ve klorofil renk pigmentleri olarak kromoprotein yapısına katılabilmektedir. Kromoproteinler, metal (demir, magnezyum vb.)-porfirin (yan zincir içermeyen dört pirol halkasından kurulu kapalı bir yapı) kompleks sistemleri ile oluşmuş bileşik proteinlerdir. Miyoglobin, hemoglobin, peroksidaz, sitokromlar, demir içeren önemli kromoprotein örnekleridir.

3.2.3.2. Konfigürasyon Tipine Göre Proteinler

Proteinler, konfigürasyon tipine göre iki grupta incelenir:

1. Fibröz (Lifli, Çubuk Şeklinde) Proteinler

Çubuk şekline benzer yapıdaki proteinlerdir ve suda çözünmez. Kolajen, keratin, ipek fibrözü vb. bunlara örnek olarak verilebilir. Fibröz proteinler, küçük globüler proteinlerin art arda dizilmesiyle oluşur.

2. Globüler (Küresel) Proteinler

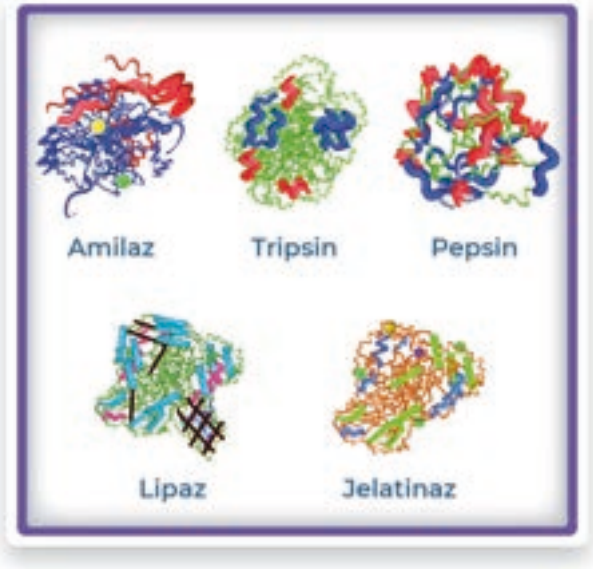
Büyük bir kısmı sulu çözeltilerde çözünebilir. Toplu hâlde duran, yuvarlak yapılı molekül yapısına sahiptir. Örneğin antikor, enzim, hemoglobin, hormon vb.

3.2.3.3. Biyolojik Rollerine Göre Proteinler

Proteinler, biyolojik rollerine göre sekiz grupta incelenir:

1. Katalitik Proteinler

Biyokimyasal reaksiyonları (tepkimeleri) katalize eden (kimyasal tepkimenin başlaması için gerekli aktivasyon enerjisini düşürerek tepkime hızını artıran) enzimler, reaksiyonlara özgü proteinlerdir. Amilaz, pepsin, lipaz önemli katalitik protein diğer bir deyişle enzim örnekleridir (Şekil 3.13)

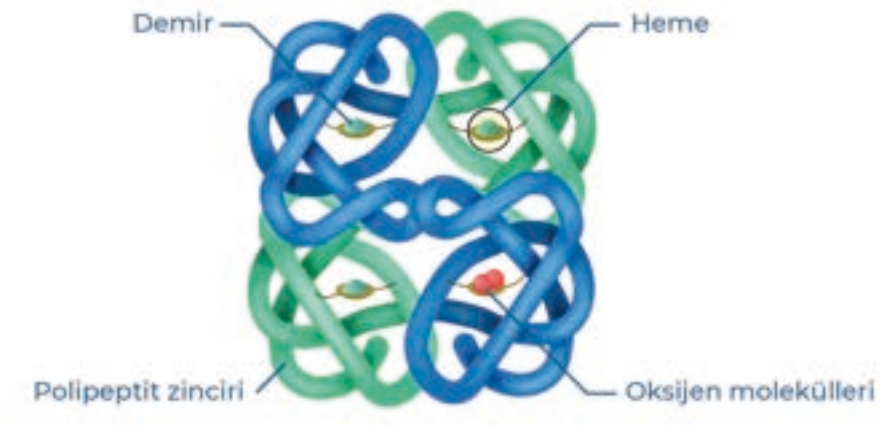


Şekil 3.13: Enzimler birer katalitik proteindir.

2. Taşıyıcı Proteinler (Transport Proteinleri)

Spesifik moleküllere veya iyonlara bağlanarak bu moleküllerin veya iyonların bir organdan

başka bir organa veya hücre membranının (zarının) bir tarafından diğer tarafına geçişinde görev alan proteinlerdir. Serum albümin, en yaygın tanınan taşıyıcı proteindir. Bilirubin (kırmızı kan hücrelerine renk veren ve oksijenin kanda taşınmasına yardım eden moleküller), kalsiyum, yağ asitleri ve birçok ilaç serum albümine bağlanarak taşınır. Ayrıca oksijen taşıyan hemoglobin, lipit taşıyan lipoprotein, demir taşıyan transferrin önemli taşıyıcı proteinlerdir (Şekil 3.14).



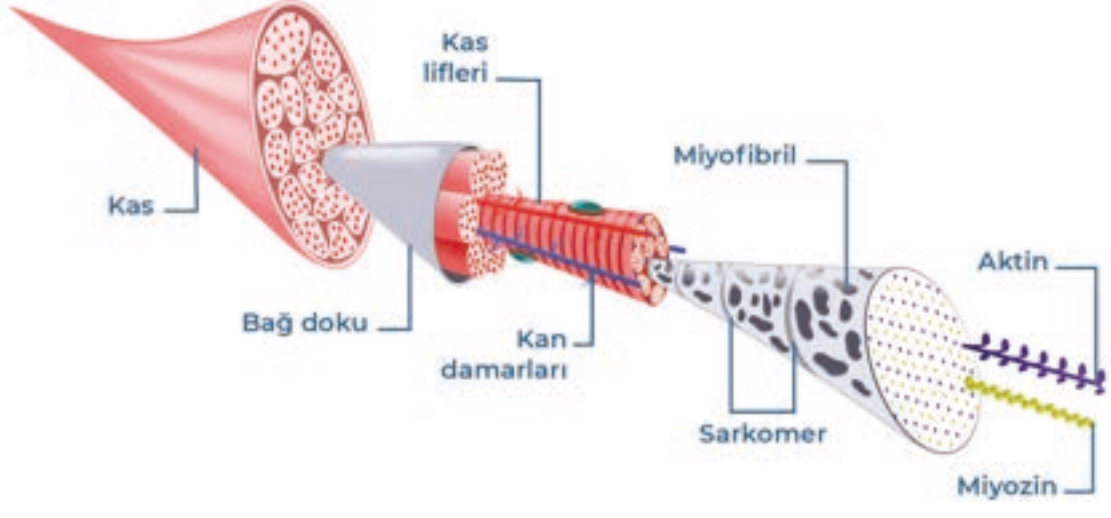
Şekil 3.14: Hemoglobin, proteinin kanda O_2 taşınmasını sağlar.

3. Besleyici ve Depo Proteinleri

Yumurta akının esas proteini olan ovalbümin, sütün esas proteini kazein besleyici proteinlerdir. Gliadin (buğdayda), zein (mısırda), kazein (sütte esas protein), ovalbumin (yumurtada), ferritin (karaciğerde) demirin depo edilmesini sağlayan proteinlerdir.

4. Kontraktil Proteinler

Kasılabilen veya kendiliğinden hareket edebilen proteinlerdir. Miyozin ve aktin, iskelet kaslarında aynı zamanda birçok kas olmayan hücrelerde görev alır (Şekil 3.15). Tubulin, mikrotubilleri oluşturan proteindir. Hücrelerde bulunan mikrotubuller, hücreleri yürütmek için kamçı ve kirpiklerdeki dinein (kimyasal enerjinin hareket enerjisine dönüşmesiyle hareket eden taşıyıcı bir protein) proteini ile birlikte hareket eder.



Şekil 3.15: Aktin ve miyozin proteinler kasların kasılmasında rol oynar.

5. Yapısal Proteinler

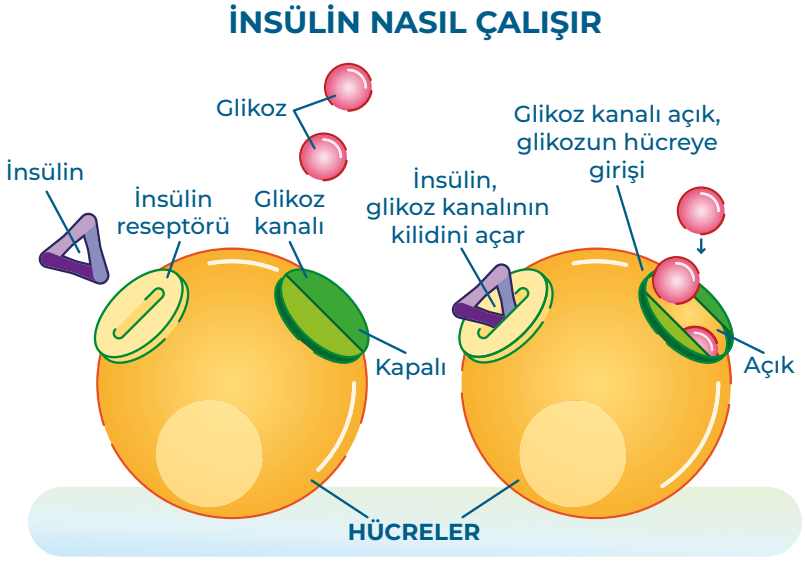
Yüksek gerilme gücüne sahip kolajen yapısal protein, tendonların ve kıkırdağın esas yapısını oluşturmaktadır. Ligamentler, iki boyutta gerilme yeteneğine sahip bir yapısal protein olan elastin içerirken saç, tırnak ve tüyler, keratin yapısal protein içerir. İpek liflerinin ve örümcek ağlarının esas komponenti (bileşeni) fibroin yapısal proteindir. Bazı böceklerin kanat eksenleri, resilin yapısal proteinden yapılmıştır.

6. Savunma (Defans) Proteinleri

Organizmaları dış etkenlerden, hasardan koruyan ve organizmaları diğer türlerin istilasına karşı savunan proteinlerdir. İmmünoglobülinler, omurgalıların lenfositleri tarafından yapılan spesialize (özgülleşmiş) proteinlerdir. Organizmayı istila eden virüsleri, bakterileri veya başka türe ait yabancı proteinleri (antijenler) tanıyabilir. Nötralize veya presipite (çöktürebilir) edebilir. Trombin ve fibrinojen gibi kan pıhtılaşma proteinleri, vasküler sistem yaralandığında yaralanan yerin kan pıhtısı ile kapatılması sonucunda oluşacak kan kaybının önlenmesini sağlar. Risin gibi toksik bitki proteinleri ve yılan zehiri, bakteriyel toksinler aynı zamanda savunucu fonksiyonlara sahiptir. Savunma proteinlerinden trombin, fibrinojen ve bazı zehirler aynı zamanda birer enzimdir.

7. Düzenleyici Proteinler

Hücresel düzenlemeye veya fizyolojik aktiviteye yardım eden proteinlerdir. Örneğin insülin hormonu ile büyüme hormonu gibi bazı hormonlar, düzenleyici proteinlerdir. İnsülin çeşitleri, şeker metabolizmasında etkiliyken büyüme hormonu, büyümenin düzenlenmesinde etkilidir (Şekil 3.16). Bazı düzenleyici proteinler DNA'yı sarar, enzimlerin ve RNA moleküllerinin biyosentezini düzenler.



Şekil 3.16: İnsülin hormonu vücuttaki şeker metabolizmasını düzenler.

8. Diğer Proteinler

Fonksiyonları tam olarak bilinemeyen ve kolayca sınıflandırılamayan çok sayıda protein bu gruba girer.

3.2.4. Protein Gereksinimi Hesaplamaları

Günlük protein gereksinimi hesaplamasında iki yöntem kullanılır.

1. Yöntem

Protein gereksinimi (g) =Ağırlık (kg) x 1 g formülüne göre hesaplanır.

Örnek: 70 kg ağırlığındaki bir bireyin günde yaklaşık 70 g protein alması gerekir.

Protein gereksinimi: 70 x 1 g= 70 g

2. Yöntem

Bu yöntem ile günlük kalori ihtiyacı hesaplanır. Bunun %15'inin proteinden karşılanması önerildiği için enerji gereksinimi aşağıdaki formüllerle hesaplanır:

- 30 yaşına kadar = Ağırlık (kg) x 30 kalori
- 30 yaşından yukarı = Ağırlık (kg) x 30 kalori – 100 (her 10 yıl için)

Örnek: 40 yaşında ve 70 kg ağırlığında bir bireyin günlük enerji gereksinimi ve gerekli protein miktarı (g) şu şekildedir:

30 yaşına kadar = 70 x 30 = 2.100 kalori

40 yaş için = 2.100-100 = 2.000 kalori

Bu enerjinin %15'i proteinden karşılandığına göre 2.000 $\frac{15}{100}$ x = 300 kalori

1 g protein = 4 kcal denkliğinden $\frac{300}{4}$ = 75 g protein gerekir.

SIRA SİZDE

60 yaşında ve 84 kg ağırlığında bir bireyin günlük enerji gereksinimini ve gerekli protein miktarını (g) hesaplayınız.

3.2.5. Proteinlerin Vücuttaki Görevleri

Proteinlerin canlılardaki en önemli görevleri şunlardır:

- Proteinler, hücrelerin yapısal bileşeni olup vücut dokularının yapım ve onarımında görev alır.
- Büyüme ve erginlik döneminde yeni dokuların oluşmasını sağlar.
- Proteinler, vücudun enerji kaynağı değildir ancak vücutta yeterli enerji kaynağı bulunmadığı durumda enerji kaynağı olarak kullanılır.

- Proteinler, enzim ve hormon gibi canlıdaki biyolojik süreçleri düzenleyen moleküllerin yapısına katılır.
- Proteinler, vücudun asit-baz dengesinin sağlanmasında görev alır.
- Proteinler, kromozom ve gen gibi kalıtsal faktörlerin yapısında yer alır.
- Proteinler, vücut içerisinde taşıma ve depolama görevi üstlenir. Örneğin miyoglobin kasta, hemoglobin ise kanda oksijenin taşınmasında görevlidir.
- Proteinler, sinirsel uyartıların iletiminde görev alır.
- Akyuvarların yapısında bulunan proteinler, vücudun bağışıklık (hastalıklara karşı dayanıklılık) sistemiyle ilgilidir.
- Proteinler, kanın pıhtılaşmasını sağlar.

3.2.6. Protein Kaynakları

Protein yönünden zengin birçok bitkisel besin kaynağı bulunmaktadır.

3.2.6.1. Bitkisel Kaynaklı Proteinler

Bitkiler içerisinde baklagillerden bakla, bezelye, fasulye, mercimek, nohut, soya fasulyesi; tahıllardan buğday ve sert kabuklu meyveler önemli bitkisel protein kaynaklarıdır.

Baklagiller: Kuru baklagiller en çok protein içeren gıda maddeleridir ancak protein kaliteleri yüksek değildir. Kuru baklagillerin biyolojik değeri yumurta proteinlerinden %40-60 oranında daha düşüktür. Soya fasulyesi, biyolojik değeri en yüksek baklagil çeşididir (Görsel 3.5).



Görsel 3.5: Baklagiller

Kuru baklagillerin protein miktarı Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3: Kuru Baklagillerin Protein Miktarı

KURU BAKLAGİLLER	PROTEİN MİKTARI
Soya fasulyesi	34,1
Bakla	25
Mercimek	23,7
Börülce	23,1
Fasulye	22,6
Bezelye	22,5
Barbunya	21
Nohut	19,2

Sert Kabuklu Meyveler: Protein yönünden zengin olan fındık, ceviz, fıstık, ay çekirdeği vb. meyveler bu grupta yer alır (Görsel 3.6).



Görsel 3.6: Sert kabuklu meyveler

Bazı sert kabuklu meyvelerin protein miktarı Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4: Bazı Sert Kabuklu Meyvelerin Protein Miktarı

SERT KABUKLU MEYVELER	PROTEİN MİKTARI (%)
Çam fıstığı	35,2
İç kabak çekirdeği	30,4
Yer fıstığı	25,5
İç ay çekirdeği	25
İç badem	18,6
Ceviz içi	15
Fındık içi	12,6

Tahıl Proteinleri: En yaygın üretilen tahıl ürünü buğdaydır. Buğdayda %6-22 oranında protein bulunur. Buğdayın %80-85'ini endosperm kısmı oluştururken endospermin %70'ini de proteinler (gluten, albumin, globulin vb.) oluşturur. Protein miktarı %10'un altında olan buğdaya yumuşak buğday, %12'nin üzerinde olan buğdaya da sert buğday denir. Buğday proteininin kalitesi ve miktarı, buğdayın yetiştirildiği çevre faktörlerine ve buğdayın çeşidine bağlıdır.

3.2.6.2. Hayvansal Kaynaklı Proteinler

Protein yönünden zengin birçok hayvansal besin kaynağı bulunmaktadır. Bu kaynaklar şu şekilde açıklanabilir:

Büyük ve Küçükbaş Hayvan Etleri: Temel yapısını kas dokusu oluşturur. Et proteinleri ise kaslara biçim ve sertlik verir. Kas dokusu, %16-22 oranında protein içerir.

Et proteinleri iki şekilde sınıflandırılır:

- Kas proteinler (miyofibrilik proteinler, sarkoplazmik proteinler)
- Bağ doku proteinleri (kolajen, elastin, retikulin, keratin)

Et proteinleri, başta lizin ve lösin olmak üzere esansiyel amino asitlerin tümünü içermektedir.

Kümes Hayvanlarının Etleri: Başta tavuk olmak üzere kaz, tavşan, ördek, hindi eti bu protein sınıfında yer alır (Görsel 3.7).

Bu sınıftaki etler, maliyeti düşük olduğu için protein kaynağı olarak kırmızı ete alternatif olabilmektedir. Kümes hayvanlarının etleri, nispeten kolay sindirilmesi ve esansiyel amino asitlerin



Görsel 3.7: Kümes hayvanları

tümünü içermesi nedeniyle dünyada fazla tüketilmektedir. Tavuk eti %25-30, hindi eti %20, kaz eti %16 oranında protein içerir.

Su Canlılarının Etleri: Başta balık olmak üzere karides, yengeç, ıstakoz, midye, istiridye etleri bu sınıfa dahildir (Görsel 3.8).



Görsel 3.8: Deniz ürünleri

Esansiyel amino asitlerin tamamını içerdiğinden biyolojik değeri yüksektir. Balık etinde %18-25 oranında protein vardır. Örneğin ton balığı %22, somon %20, uskumru, sazan, alabalık ile karides %19, midye %10, istiridye %9 oranında protein içerir.

Süt Proteinleri: Sütte %3,4 oranında protein bulunur. Süt proteinlerinin büyük bir kısmı kazeinden oluşmaktadır. Kazein, peynir ve süt tozu gibi süt ürünlerinin ana bileşenidir. Kazeini miktar olarak sırasıyla albümin, globülin (ağız sütünde miktarı fazla olur.) ile proteaz ve peptonlar takip eder (Görsel 3.9). Süt proteinleri; organizmanın büyüyüp gelişmesi, kendini yenilemesi için gerekli tüm amino asitleri içerir.



Görsel 3.9: Süt ve süt ürünleri

Yumurta Proteinleri: Yumurta; biyolojik değeri 100 olarak kabul edilen, sarı kısmında %50 oranında protein bulunan hayvansal protein kaynağıdır. Yumurta sarısında bulunan proteinler, lipoprotein ve

fosfoproteindir. Yumurta akında ise büyük oranda ovalbümin (%63), bunun yanında avidin, ovoglobulin, ovomusin, kanalbumin proteinleri bulunmaktadır.

3.2.7. Proteinlerin Gıda Sanayinde Kullanımı

Gıda sanayi; toplanan sebze, meyve ve tahıllar, çeşitli kaynaklardan sağlanan etler, süt, yumurta vb. gıda maddelerinin fabrikalarda işlenmesi, ambalajlanması ve piyasaya sunulması demektir. Gıda sanayi dünyanın en büyük sanayilerinden biridir.

Bitkisel ve hayvansal kaynaklı proteinlerin gıda sanayinde birçok önemli görevi vardır. Bunlardan bazıları şu şekilde açıklanabilir:

Peynir Altı Suyu Proteinleri: Alkollü ve alkolsüz içecek üretiminde kullanılır. Peynir suyuna kayısı, mango, turunçgil, elma, muz, üzüm vb. meyve aromaları ilave edilerek peynir altı suyu proteinlerinden içecek üretiminde yararlanılır. Yapılan araştırma sonucuna göre peynir suyu proteinlerinin emülsiyon stabilitesinin, emülsiyon kapasitesinin yüksek olduğu ve kıvam artırıcı etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Bu sebeplerle peynir suyu proteinlerinin yağ oranı yüksek kremalarda, mayonezde, sürülebilir krem peynirlerde, et teknolojisinde, et sosları, kremalı çorbalar ve salata sosları gibi ürünlerin yapımında kullanılabileceği belirtilmiştir.

Peynir suyu konsantreleri: Bazı peynirlerde randımanı artırmak [cheddar (çedar) peynirinde], yapıyı geliştirmek (eritme peynirinde vb.) ve yoğurt yapımında su bağlama özelliği sayesinde daha kıvamlı ürün elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca içeriğindeki laktoz miktarının fazla olması nedeniyle bisküvi, kek, pasta ve çöreklerde yağsız süt tozunun yerine farklı miktarlarda peynir suyu tozu kullanılır (Görsel 3.10).



Görsel 3.10: Peynir altı suyu proteini

Peynir Tozları: Gıda endüstrisinde gıdalara lezzet vermek amacıyla kullanılır. Bu amaçla patlamış mısır, nacho (nako), tortilla (tortiyya) gibi çerez kaplamaları başta olmak üzere peynir esaslı sosların, çorbaların, patates cipsinin ve tuzlu bisküvilerin üretiminde de peynir tozlarından yararlanılır. Peynir tozu ayrıca pizza, bisküvi, makarna gibi özel unlu mamullerde, sufle ve kek yapımında üretim kolaylığı sağlamaktadır.

Mısır Proteinleri: Çiftlik hayvanı yetiştiriciliğinde temel protein kaynağı olarak kullanılır.

Balık ve Diğer Su Ürünleri Proteinleri: Gıdaların besin değerini artırmak amacıyla kullanılan ucuz protein kaynaklarıdır.

Soya Proteinleri: Protein kalitesinin yüksek olması, kolay sindirilmesi ve üretim maliyetinin düşük olması nedeniyle gıda sektöründe birçok alanda kullanılmaktadır (Görsel 3.11). Yağsız soya unu; çerez, kek, çörek, kraker, ekmek, makarna vb. ürünlerin yapımında kullanılır.



Görsel 3.11: Soya proteini

Soya sütü: Kolesterol, gluten ve laktoz içermediği için sağlıklı vejetaryen süt alternatifidir. Bu yönüyle süt alerjisi olan hastalar tarafından tüketilebilir. Ayrıca yoğurt, dondurma, tofu (haşlanmış soya fasulyesinden elde edilen bir çeşit peynir), bazı çorba ve sosların üretiminde de kullanılmaktadır.

Yumurta Proteinleri: Bazı tatlılarda ve çorbalarda kıvam verici olarak, gıda yapısının (tekstürünün) gelişimini sağlamak amacıyla kullanılır (Görsel 3.12).



Görsel 3.12: Yumurta akında ve sarısında bulunan proteinler, gıda sanayinde çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

2. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Proteinlerin Çöktürülmesi**
Uygulamanın Amacı	:	Proteinlerin asit ilavesi ile çöktürülmesini incelemek.
Uygulamanın Prensibi	:	Süt proteini kazeinin asit ile çöktürülmesi prensibine dayanır.
Gerekli Araç Gereç	:	2 adet beher, 2 adet 500'lük mezür, 2 adet 50'lik mezür, termometre, bek alevi, üçayak ve amyant tel, 2 adet süzgeç ve kurutma fırını.
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	300 ml tam yağlı süt, 300 ml az yağlı süt, 40 ml beyaz sirke
Süre	:	80 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

- 500'lük mezürlere 300 ml tam yağlı süt ve 300 ml az yağlı süt koyunuz.
- 50 ml'lik mezürlere 20'şer ml beyaz sirke koyunuz.
- Tam yağlı ve az yağlı sütü ayrı beherlere koyup bek alevinde ısıtınız.
- Termometreyle sütlerin sıcaklığını kontrol ederek sıcaklığın 65 ^{o}C'ye ulaşmasını bekleyiniz.
- 65 ^{o}C'ye ulaşan sütlerin konduğu beherleri alevin üzerinden alarak her birine 20'şer ml beyaz sirke ilave edip süt ile karıştırınız.
- Sütlerde meydana gelen çökelmeyi gözlemleyiniz
- Çökelme sonrası sütleri, süzgeç yardımıyla süzünüz.

- Çökeltiyi mutfak havlusu vb. bir materyal ile kurutunuz.
- Ardından 40 °C'de kurutma fırınında 40 dk. kurutunuz.
- Elde edilen kazeini inceleyiniz.

Sonuç Değerlendirme

1. Sizce beyaz sirke kazeinin çökmesini nasıl sağlamıştır?
2. Sizce sıcaklık çökelmeyi nasıl etkiler?
3. Farklı yağ oranına sahip sütlerde sıcaklık artış hızı, çökelme hızı ve çökelme sonuçları arasında fark var mıdır?

3. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. **Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.**
2. **Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.**
3. **Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.**
4. **Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.**
5. **Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.**

Uygulamanın Adı	:	**Hamur Yapma**
Uygulamanın Amacı	:	Proteinlerin hamur oluşturma özelliğini incelemek.
Uygulamanın Prensibi	:	Gluten proteininin hamur oluşumunu (kabarma ve tekstür gelişimi) sağlaması prensibine dayanır.
Gerekli Araç Gereç	:	Yoğurma kabı, pişirme fırını, un eleği, fırın tepsisi ya da ekmek kalıbı.
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	1.000 g elenmiş un, 20 g yaş maya, 20 g toz şeker, 20 g tuz, yeteri kadar ılık (38 °C) su (360 ml kadar), süslemek için çörek otu, susam vb.
Süre	:	120 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

- Unu ve tuzu yoğurma kabına alarak karıştırınız.
- Suyu, şekeri ve mayayı tartıktan sonra ayrı bir kaba alıp karıştırınız. Ardından mayanın aktifleşmesi için 10 dk. bekleyiniz.
- 10 dk. sonunda sıvı karışımı (su, şeker, maya) kuru karışım (un, tuz) ile buluşturunuz.
- Hamur özleşene kadar yoğurunuz (6 dk. kadar).
- Yoğurma kabının kapağını kapatarak fermantasyon için hamuru 25 dk. dinlendiriniz (Görsel 3.13).



Görsel 3.13: Hamurun dinlendirilmesi

- Dinlenen hamura şekil verip bunları ekmek kalıplarına ya da tepsiye yerleştiriniz. Ardından şekillendirdiğiniz hamurların üzerini kapatınız. Ekmeklerin kabarması için 25 dk. bekleyiniz.
- Kabaran ekmekleri önceden ısıtılmış 185 °C fırında ortalama 40 dk. pişiriniz.
- Fırını kapatıp ekmekleri fırından çıkarınız.
- Tadım için ekmeklerin ilk sıcaklığının geçmesini bekleyiniz.

Sonuç Değerlendirme

1. Sizce maya, şeker ve su karışımı neden 10 dk. bekletilir?
2. Sizce fermantasyon aşamasında hamurda ne gibi değişiklikler olmaktadır?
3. Sizce buğdayda bulunan glutenin hamur yapımına etkisi ne olabilir?

2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Organizmada proteinler enerji verir, yağlar depo maddesi görevi görür, karbonhidratlar ise organizmanın temel yapı taşını oluşturur.

2. ( ) Saf proteinler genellikle tatsız ve kokusuz olur.

3. ( ) Proteinler, sulu çözeltilerinde ortam pH değerine bağlı olarak amfoter özellik gösterir.

4. ( ) Kolajen, keratin, elastin, miyosin globüler yapıda proteinlerdir.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri, verilen bilgilere uygun şekilde doldurunuz.

1. En basit protein yapısıdır. Polipeptit zinciri üzerindeki amino asitlerin sayısını, çeşidini ve bunların sıralanışını belirleyen ve protein molekülünün omurgasını oluşturan bu protein yapısına ..... denir.

2. İki amino asit molekülü bir araya gelerek .....üç amino asit bir araya gelerek tripeptit, çok sayıda amino asit birleşerek ..... zinciri ve bu zincirin üç boyutlu yapı kazanmasıyla ..... oluşur.

3. Yapılarında yalnızca α–amino asitleri bulunan ve parçalandıklarında serbest α-amino asitleri ve onların bazı türevlerini veren proteinlere ..... denir.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi proteinlerin işlevsel özelliklerinden biri değildir?

A) Arayüzey

B) Emülsiyon oluşturma

C) Jelleşme

D) Tat-koku bağlama

E) Viskozite

2. Fırıncılık ürünlerinde fermantasyon evresinde oluşan gazın glutenin ağ yapısı tarafından tutulması sonucunda ürüne kabarma vb. özellikler kazandırılmış olur.

Bahsi geçen protein özelliği aşağıdakilerden hangisidir?

A) Çözünme

B) Jelleşme

C) Hamur oluşturma

D) İyonlaşma

E) Kristalizasyon

3. Aşağıdakilerden hangisi proteinlerin yapısal özelliklerinden biri değildir?

A) Kuaterner

B) Primer

C) Sekonder

D) Stabil

E) Tersiyer

2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

4. Protein olmayan bazı moleküllerin (prostetik grup) basit bir proteine zayıf veya sağlam bir bağla bağlanması sonucunda ..... proteinler oluşur. Metallopro-teinler, prostetik grup olarak metal içerirken ..... prostetik grup olarak fosfat içerir.

Yukarıdaki boşluklara gelmesi gerekli ifadeler sırasıyla aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

A) Bileşik-fosfoproteinler

B) Kompleks-lipoproteinler

C) Basit-nükleoproteinler

D) Bileşik-glikoproteinler

E) Türev-kromoproteinler

5. Aşağıdakilerden hangisi proteinlerin vücuttaki görevlerinden biri değildir?

A) Büyüme ve erginlik dönemlerinde yeni dokuların yapılmasında etkilidir.

B) Vücudun birincil enerji kaynağıdır.

C) Kanın pıhtılaşmasını sağlar.

D) Vücut dokularının yapım ve onarımında görev alır.

E) Kromozom ve gen gibi kalıtsal faktörlerin yapısında yer alır.

6. Yediği yemekten 50g protein alan bir kişinin bu proteinden almış olduğu kalori miktarı kaçtır?

A) 200 B) 240 C) 320

D) 500 E) 600

7. Proteinler denatüre olmaları sonucu hangi yapıya dönüşürler?

A) Dördüncül

B) Primer

C) Sekonder

D) Tersiyer

E) Üçüncül

8. Aşağıdaki besleyici depo protein eşleştirmelerinden hangisi yanlıştır?

A) Ferritin – Karaciğer

B) Gliadin – Buğday

C) Kazein – Süt

D) Ovalbumin – Yumurta

E) Zein - Patates

9. Sadece buğdayda bulunan ve hamur oluşumunu sağladığı bilinen protein aşağıdakilerden hangisidir?

A) Albumin

B) Amilaz

C) Gluten

D) Kazein

E) Keratin

10. Aşağıdakilerden hangisi proteinlerin çöktürülmesinde kullanılan yöntemler den biri değildir?

A) Ağır metal

B) Asit

C) Enzim

D) Nötral tuz

E) Organik çözücü

4.

ÖĞRENME BİRİMİ

VİTAMİN VE MİNERALLER



KONULAR

4.1. VİTAMİNLER

4.2. MİNERAL MADDELER

TEMEL KAVRAMLAR

- Vitamin
- Mineral

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Vitamin ve minerallerin önemini, fonksiyonlarını ve çeşitlerini
- Vitamin ve minerallerin vücuttaki görevlerini
- Vitamin ve minerallerin kaynaklarını
- Vitamin ve minerallerin gıda sanayinde kullanım alanlarını

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Vitaminlerin vücutta depolanıp depolanmaması farklı çözücülerdeki çözünürlüğü ile ilgili olabilir mi? Bu konuda neler biliyorsunuz?
2. Tarımsal ilaç kullanımı bitkilerdeki mineral varlığını nasıl etkiler? Bu konuda neler biliyorsunuz?
3. Vitamin ve mineral maddelerin metabolizmayı düzenleyici rolü birbiriyle ilintili mi birbirinden bağımsız mıdır? Bu konuda neler biliyorsunuz?

4.1. VİTAMİNLER

Vitaminler; doğal gıdalarda vitamin ya da provitamin (vitaminin ön maddesi, vitaminin pasif formu) olarak bulunan organik moleküllerdir. Tıpkı hormonlar ve enzimler gibi canlı organizmadaki tepkimeleri düzenler (biyokatalizör) ve organizmanın büyüyüp gelişmesine destek olur. Vücutta sentezlenemediği için vitaminlerin büyük bir kısmı dışarıdan alınmaktadır.

Vitaminler, her gıdada farklı bir dağılım gösterir (Şekil 4.1). Bazı gıdalarda bir veya birkaç vitamin yüksek yoğunlukta bulunurken bazılarında bu yoğunluk çok düşüktür.



Şekil 4.1: Vitaminler her gıdada farklı bir dağılım gösterir

4.1.1. Vitaminlerin Önemi

Kişinin sağlıklı bir yaşam sürdürmesinde gıdalarla alınan vitaminlerin rolü büyüktür. Vitaminler vücutta büyüme, hücre yenileme, enerji üretme gibi önemli görevlere sahiptir. Ayrıca organların normal fonksiyonlarını yerine getirmesini sağlar. Bu sebeple vücudun biyokimyasal işlevlerinin sürdürülebilmesi için vitaminlere ihtiyaç vardır.

İnsan vücudunda vitamin gereksinimini artıran durumlardan bazıları şunlardır:

- Yeni doğan dönemi
- Süt çocukluğu dönemi
- Ergenlik dönemi
- Gebelik dönemi
- Yaşlılık dönemi
- Alkol ve zararlı madde kullanımı

4.1.2. Vitaminlerin Sınıflandırılması

Vitaminlerin sınıflandırılmasında kullanılan en yaygın yöntem, yağda ve suda erimelerine göre yapılan yöntemdir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Vitaminlerin Sınıflandırılması

SUDA ÇÖZÜNEN VİTAMİNLER	YAĞDA ÇÖZÜNEN VİTAMİNLER
B grubu vitaminler	A vitamini
C grubu vitaminler	D vitamini
	E vitamini
	K vitamini

4.1.2.1. Suda Çözünen Vitaminler

Suda çözünen vitaminlerin vücutta depolanması kısıtlı olduğundan düzenli olarak tüketilmeleri gerekir. B_{12} hariç suda çözünen diğer vitaminler, bitkiler tarafından sentezlenir. B_{12} vitamini, vücutta diğer suda çözünen vitaminlere göre daha uzun bir süre depolanmaktadır.

B Grubu Vitaminler

B_1...B_{14} aralığında farklı B vitaminleri içerir. Suda çözünmeleri, azot içermeleri, ısıya dayanıklı olmaları ve bazı enzimlerin aktif kısımlarında koenzim olarak görev yapmaları B grubu vitaminlerin ortak özellikleridir.

B_1 Vitamini (Tiamin)



Görsel 4.1: B_1 vitaminince zengin bazı gıdalar

Sinir sisteminin iyi çalışmasını sağlar. Karbonhidratların oksijen ile yanarak enerji vermesi tepkimesiyle solunumu destekler. B1 vitamini eksikliğinde zâfiyet, iştahsızlık, solunum zorluğu, felç, kalp büyümesi ve kalp sağlığında bozulma gibi olumsuz belirtiler ortaya çıkar. Ayrıca bacaklarda güçsüzlük, kalbin büyümesi, ödem vb. belirtilerle kendini gösteren beriberi hastalığı B_1 vitamini eksikliğinde görülür.

Karaciğer ve diğer sakatatlar, kuru baklagiller ve kabuğu ayrılmamış tahıllarda tiamin miktarı fazlayken ceviz, fındık, süt ürünleri, yumurta ve sebzeler düşük miktarda **tiamin** içerir (Görsel 4.1). Ayrıca mayada da B_1 vitamini bulunduğundan mayalı ekmeklerdeki miktarı mayasız ekmeklere göre daha fazladır.

B_2 Vitamini (Riboflavin)

Güneş ışığından kolay etkilenen B_2 vitamini başta karbonhidrat metabolizması olmak üzere lipit ve protein metabolizmasını idare etmektedir. B_2 vitamini insan bağırsağında vücudun gereksinim duyduğu ihtiyacın altında üretilir.

B_2 vitamini eksikliğinde fotofobi, bulanık görme, gözde yanma hissi, katarakt, çocuklarda büyüme geriliği; genital bölgede, ağız, burun ve dudaklarda egzama ve yaralar görülür.

B_2 vitamini en çok maya ve karaciğerde bulunur. Ayrıca süt ve süt ürünleri, yumurta, balık, ıspanak, karnabahar, bezelye, fasulye, mercimek, yer fıstığı, mantar vb. gıdalarda da bulunmaktadır (Görsel 4.2).



Görsel 4.2: B_2 vitaminince zengin bazı gıdalar

B_3 Vitamini (Niasin)

Mide asidi üretimi, karbonhidrat, lipit ve protein metabolizması için gereklidir. Bunların yanı sıra cilt sağlığında, kan dolaşımının sağlanmasında, beynin kavrama yeteneğinin korunmasında ve beyin gelişiminde görev alır.

B_3 vitamini eksikliğinde **pellagra** hastalığı ortaya çıkar. Bu hastalığa bağlı olarak vücutta sinir ve sindirim sistemi bozuklukları ile deride yaralar görülür. Baş dönmesi, hâlsizlik, ishal, ciltte kuruluk diğer belirtilerdir. B_3 vitamini fazlalığında ise damarlarda genişleme, deride kaşıntı ve kızarıklık, karaciğer faaliyetlerinde bozukluk meydana gelir. B_3 vitamini bira mayasında ve tahıl kabuklarında bolca bulunur.

Ayrıca buğday, pirinç, nohut, fasulye, bazı yeşil sebzeler, patates, domates, havuç, yer fıstığı, karaciğer, böbrek, yumurta iyi bir B_3 vitamini kaynağıdır (Görsel 4.3).

B_5 Vitamini (Pantotenik Asit)

İnsan vücudunun tüm dokularında ve bitkilerde bulunur. İnsan vücudunda koenzim A bileşimine katılması nedeniyle önemli bir yere sahiptir. B_5 vitamini; karbonhidrat, lipit ve protein metabolizması için gerekli bir vitamindir. B_5 vitamini eksikliğinde hâlsizlik, bulantı, kusma, kaslarda krampla başlayan **addison** hastalığı görülür. B_5 vitamini; en çok bira mayası, taze sebzeler, pirinç, hububat, çavdar unu ve buğdayda bulunur.

Ayrıca hayvansal gıdalardan sakatat, balık, yumurta beyazı ve sütte de bol miktarda bulunmaktadır (Görsel 4.4).

B_6 Vitamini (Pridoksin)

Isı ve güneş ışınlarına maruz kaldığında tahrip olur. B_6 vitaminini insan bağırsağında bulunan mikroflora ve vücut dokuları sentezler. B_6 vitamini eksikliğinde huzursuzluk, kansızlık, sinir sistemi bozuklukları, ciltte yaralar oluşur; fazlalığında ise duyu bozuklukları görülür. Kümes hayvanları, karaciğer, yumurta, süt ve süt ürünleri önemli B_6 vitamini kaynaklarıdır (Görsel 4.5).

B_7 Vitamini (Biotin, Vitamin H)

Bitkisel ve hayvansal kaynaklı gıdalarda az miktarda bulunur. Çiğ yumurta akı, biotin yetersizliğine neden olur. B_7 vitamini eksikliğinde depresyon, kas ağrısı, halüsinasyon, dermatit (ciltte iltihaplanma) ve deride kızarıklık, kellik, baş ağrısı, kusma, iştahsızlık gibi belirtiler görülür.



Görsel 4.3: B_3 vitaminince zengin bazı gıdalar



Görsel 4.4: B_5 vitaminince zengin bazı gıdalar



Görsel 4.5: B_6 vitaminince zengin bazı gıdalar

Karaciğer, böbrek, yumurta sarısı, soya fasulyesi, maya ve kabuğu alınmamış tahıllarda bolca bulunur (Görsel 4.6).



Görsel 4.6: B_7 vitaminince zengin bazı gıdalar

B_9 Vitamini (Folik Asit)

Kan hücrelerinin yapımını, hücrelerin çoğalmasını, bağışıklık sisteminde lenfositlerin işlevini yerine getirmesini ve antikor oluşumunu sağlar. Ayrıca DNA'nın yapısında bulunan bazların sentezinde görev alır.

B_9 vitamini eksikliğinde kan yapımı bozulur ve vücutta kansızlık görülür.



Görsel 4.7: B_9 vitaminince zengin bazı gıdalar

Karaciğer ve diğer organ etleri, maya, kuru baklagiller, yeşil yapraklı sebzeler folik asit yönünden zengin besinlerdir. Böbrek, kuru fasulye, lahana, muz, çilek de folik asit içeriği yönünden zengin gıdalar arasında yer alır (Görsel 4.7).

B_{12} Vitamini (Kobalamin)

B grubu vitaminleri içerisinde en karmaşık yapıya sahip olan vitamindir. Bu vitaminleri bazı küfler ve ruminantlar (geviş getiren hayvanlar) sentezlenmektedir.

B_{12} vitamini eksikliğinde sinir sistemi bozuklukları, pernisiyöz anemi görülür. Madde bağımlılarında, yaşlılarda ve midesinin bir kısmı veya tamamı alınan kişilerde (gastrektomi hastası) B_{12} vitamini eksikliği yaygındır.

Karaciğer, böbrek, et, balık, süt ve süt ürünleri gibi hayvansal ürünlerde bol miktarda bulunur. Bu vitamine bitkisel gıdada rastlanmaz.

C Vitamini

Doğada en çok bulunan vitamindir. Isıl işlem ve oksidasyon varlığında kayba uğrar. Damar içi hücrelerinin ve LDL kolesterolünün oksidasyonunu önleyerek koroner kalp hastalığı riskini azaltır. Sağlıklı diş eti dokusunun sağlanmasında etkilidir. Antioksidan ve antikanserojen etkiye sahiptir. Gıda endüstrisinde renk kararmalarının önüne geçmek için yaygın bir şekilde kullanılır.

C vitamini yetersizliği, spesifik bir hastalık olan **skorbüt hastalığına** sebep olur. Hastalık, diş eti kanaması (Görsel 4.8) ve şişmesi ile kendini gös-



Görsel 4.8: Skorbüt hastalığında diş eti kanaması görülür

terir. Ayrıca C vitamini eksikliğinde hâlsizlik, yorgunluk, iştahsızlık ve yaraların geç iyileştiği görülür. İleri düzey eksikliğinde ise büyümede bozukluk ve duraklama, anemi, enfeksiyonlara karşı dirençsizlik ortaya çıkar. Bilhassa zararlı madde bağımlılarında C vitamini eksikliği yaygındır.

Çilek ve kuşburnu başta olmak üzere üzümsü meyveler, yeşil sivri biber, koyu yeşil yapraklı sebzeler, maydanoz, lahana çeşitleri, brokoli, turunçgiller, domates, kivi, böğürtlen, kızılcık, patates gibi gıdalar en iyi C vitamini kaynaklarıdır. Sebze ve meyvenin içerdiği C vitamini miktarı gıdanın yetiştirildiği toprağın türüne, iklime, sebzenin türüne ve olgunluk derecesine bağlıdır (Görsel 4.9).



Görsel 4.9: C vitaminince zengin bazı gıdalar

4.1.2.2. Yağda Çözünen Vitaminler

A, D, E, K vitaminleri bu grup içerisinde yer alır. Suda çözünmeyen bu vitaminler; alkol, eter, aseton gibi çözücülerde çözünür. Yapılarında karbon, hidrojen ve oksijen dışında bir element bulunmaz.

A Vitamini (Retinol)

Bitkisel ve hayvansal gıdalarda bulunur. Kaynağı karotenoid grubu renk maddeleri olup en önemlisi de β karotendir. A vitamini; görme, büyüme, üreme, embriyo gelişimi, kan yapımı, doku hücresinin farklılaşması ve bağışıklık sisteminin görevini yapabilmesi için gerekli olan bir vitamindir. Gözlerin karanlıkta normal olarak görmesine ve alacakaranlığa alışmasına yardım eder. Ayrıca antioksidan etkiye sahiptir.

A vitamini, vücutta depo edilen bir vitamindir. Bu nedenle uzun süre alınmadığında yetersizlikten kaynaklı belirtiler ortaya çıkar. Örneğin böbreklerde, sindirim organlarında bozukluklar görülebilir. **Gece körlüğü** yine A vitamini eksikliğinde ortaya çıkan bir hastalıktır.

A vitaminince yeterli beslenen bir birey, günlük ihtiyacın on katı kadar A vitamini aldığında vücutta zehirlenme görülür. Bu zehirlenmenin ilk belirtileri baş ağrısı, baş dönmesi ve kusmadır. Bunların dışında A vitamini fazlalığında karaciğerde büyüme, eklemlerde ağrı, deride dökülme ve kuruma, iştahsızlık, uzun kemiklerde kalınlaşma, sinir sisteminde hasar, deride sararma, doğumsal bozukluklar, saç dökülmesi ve kafa içi basıncın artması gibi belirtiler de görülmektedir.

A vitamini hayvansal gıdalardan balık, karaciğer, tereyağı, yumurta sarısı ve yağlı sütte; bitkisel gıdalardan ise havuç, kayısı, bal kabağı ve yeşil yapraklı sebzelerde bol miktarda bulunur (Görsel 4.10).



Görsel 4.10: A vitaminince zengin bazı gıdalar

D Vitamini (Kalsiferol)

D vitamininin bitkisel kaynaklı provitamini D_2 (ergesterol), hayvansal kaynaklı provitamini D_3 (7- dehidro kolestrol)'tür.

D vitamini eksikliğinde kalsiyum ve fosfor emiliminde azalma meydana gelir. Bunun sonucunda çocuklarda kemiklerde deformasyon ve kemik gelişiminde bozukluk; erişkinlerde ise **osteomalazi** (yetişkinlerde görülen kemiklerin yumuşamasına ve zayıflamasına neden olan bir kemik hastalığı) görülür. D vitamini eksikliğinde çocuklarda meydana gelen hastalığa **raşitizm** adı verilir. Raşitizm hastalığı; çarpık bacak, el ve ayak bileklerinde kalınlaşma gibi belirtilerle kendini gösterir.

D vitamini fazlalığında ise toksik etki (bulantı, kusma), kilo kaybı, kemiklerdeki kirecin iç organlarda birikmesi sonucu böbreklerde kalsiyum taşları oluşur.

D vitamini en çok balık karaciğeri yağında bulunur. D vitamininin doğal kaynakları; karaciğer, yumurta sarısı, yağlı süt, yağlı balıklardır (Görsel 4.11). Güneş ışığı, vitaminin organizmadaki provitamin formundan sentezi için gereklidir.



Görsel 4.11: D vitaminince zengin bazı gıdalar

E Vitamini (Tokoferol)

Birçok canlının üreyebilmesi ve sağlıklı büyüyebilmesi için gerekli olan bir vitamindir. E vitamini ısıya karşı da dayanıklıdır. A vitamininin depo edilmesine yardımcı olur. Antioksidan özelliği sayesinde hücreleri oksidasyona karşı korur.

E vitamini eksikliğinde üreme sağlığı bozulur hatta ilerleyen aşamalarda kısırlık görülebilir.

E vitamininin esas kaynakları; soya yağı, mısır rüşeymi yağı, pamuk çiğidi yağı, zeytinyağı gibi bitkisel yağlardır (Görsel 4.12). Hayvansal gıdalarda E vitamini genellikle az bulunur.



Görsel 4.12: E vitaminince zengin bazı gıdalar

K Vitamini

K vitamininin K_1 (yeşil yapraklı gıdalarda bulunan form) ve K_2 (bağırsaklarda mikroorganizmalarca üretilen form) olmak üzere iki doğal formu vardır. Kanın normal koagülasyonunu (pıhtılaşma) sağlar. Karaciğerde protrombin (temel görevi kanın pıhtılaşmasını sağlamak olan bir bileşik) oluşumunda görev alır. K vitamini yetersizliğine rastlanmaz ancak bağırsak bakterilerini öldüren antibiyotiklerin kullanımında ve karaciğer rahatsızlığı olan kişilerde eksikliğine rastlanır. K vitamini eksikliği sonucunda doğumda kanamalar, kanın sağlıklı pıhtılaşamaması gibi istenmeyen durumlar görülebilir. K vitamini fazlalığı ise yeni doğan bebeklerde sarılığa, hemolitik anemiye ve uzayan pıhtılaşma süresine neden olur.

Yeşil yapraklı bitkiler, karnabahar, bezelye, karaciğer gibi gıdalar K vitamini yönünden zengin kaynaklardır (Görsel 4.13). Bağırsaklardaki mikroorganizmaların K vitamini sentezine önemli katkısı vardır.



Görsel 4.13: K vitaminince zengin bazı gıdalar

4.1.3. Vitaminlerin Vücuttaki Görevleri

Suda çözünen vitaminlerin işlevlerinden bazıları şunlardır:

- Bazı B grubu vitaminler (B_1, B_2, B_3, B_5), koenzimlerin yapısına katılarak enerji metabolizmasında görev alır.
- Bazı B grubu vitaminler (B6, B12 vitaminleri ve folik asit), protein üretimine ve hücrelerin çoğalmasına yardımcı olur.
- C vitamini; yaraları birbirine bağlayan, kan damarı duvarlarını destekleyen, dişler ve kemikler için bir temel oluşturan kolajen yapımına yardımcı olur. Hastalıklara karşı vücut direncini artırır.
- B2, B3 vitaminleri deri ve cilt sağlığı için önemlidir.
- Folik asit; DNA, bilhassa kırmızı kan hücreleri olmak üzere yeni hücrelerin üretiminde görev alır.
- B12 vitamini koenzimlerin yapısına katılır ayrıca sinirlerin sağlığı için önemlidir.

Yağda çözünen vitaminlerin işlevlerinden bazıları şunlardır:

- A, D ve K vitaminleri, kemik oluşumunda ve kemik sağlığının korunmasında görev alır.
- A vitamini, göz sağlığı ve hücrelerin sağlığının korunması için gereklidir.
- E vitamini, üreme organlarının sağlığını korur ve A vitamininin emilimini sağlar. Aynı zamanda vücudu oksidasyon hasarına karşı koruyan önemli bir vitamindir.
- K vitamini kanın pıhtılaşmasında görev alır.

4.1.4.Vitaminlerin Gıda Sanayinde Kullanım Alanları

Bazı vitaminler gıda sanayinde çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Gıda sanayinde kullanılan bazı vitaminler ve bunların kullanım amaçları şu şekildedir:

Askorbik Asit: Meyve ve sebzelerin renklerinin korunmasını sağlar. Renk esmerleşmesini (enzimatik olan ya da olmayan esmerleşme) önlemek amacıyla askorbik asitin antioksidan etkisinden yararlanılır. Ayrıca fırıncılık ürünlerinde glütenin yapısını güçlendirmek ve gıdalara lezzet vermek amacıyla da kullanılmaktadır.

β Karoten: Bazı peynirlerde, tereyağı, margarin, reçel, sosis, salam, turşu çeşitleri ve unlu mamüllerde renk verici madde olarak kullanılır.

E Vitamini: Antioksidan etkisi sebebiyle özellikle bitkisel yağ teknolojisinde kullanılmaktadır. Bu şekilde doymamış yağ asitlerinin oksitlenmesi önlenmektedir.

Riboflavin: Süt ve süt ürünlerinde renklendirme (sarı renk)amacıyla ve sarı renkte içecek hazırlamak için β karoten ile birlikte kullanılır.

Niasin: Etlerde depolama sırasında oluşan renk değişimlerini önlemek için kullanılır.

1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerden doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Hâlsizlik, bulantı, kusma, kaslarda kramp gibi belirtilerle kendini gösteren addison hastalığı B_5 vitamini eksikliğinde ortaya çıkar.

2. ( ) A vitamini hayvansal gıdalardan en çok balık, karaciğer, tereyağı, yumurta sarısı ve yağlı sütte; bitkisel gıdalardan ise havuç, kayısı, bal kabağı ve yeşil yapraklı sebzelerde bulunur.

3. ( ) Üreme organlarının sağlığının korunmasında, A vitamini emiliminde ve vücudun oksidasyon hasarına karşı korunmasında K vitamini görev alır.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Hormonlar ve enzimler gibi canlı organizmadaki tepkimelerin gerçekleşmesini düzenleyen ..... organizmanın büyüme, gelişme gibi işlevlerine destek olur.

2. Bacaklarda güçsüzlük, kalbin büyümesi, ödem vb. belirtilerle kendini gösteren beriberi hastalığı ..... vitamini eksikliğinde ortaya çıkar.

3. C vitamini yetersizliğinde ortaya çıkan diş eti kanaması ve şişmesi belirtileri ..... hastalığına aittir.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Pellegra hastalığı, aşağıdaki vitaminlerden hangisinin eksikliğinde ortaya çıkar?

A) B_2 B) B_3 C) B_5 D) B_6 E) B_7

2. Bazı küfler ve ruminantlar tarafından sentezlenebilen ve eksikliğinde pernisiyöz anemi görülen vitamin aşağıdakilerden hangisidir?

A) A B) C C) K D) B_9 E) B_{12}

3. Çocuklarda D vitamini eksikliği sonucunda meydana gelen, çarpık bacak, el ve ayak bileklerinde kalınlaşma gibi belirtilerle ortaya çıkan hastalık aşağıdakilerden hangisidir?

A) Anemi
B) Botulizm
C) Hipoglisemi
D) Osteomalazi
E) Raşitizm

4. Aşağıdakilerden hangisi vitaminlerin gıda sanayiinde kullanım alanlarından biri değildir?

A) Lezzet verici
B) Renk verici
C) İstenmeyen renk değişimini önleyici
D) Oksitlenmeyi önleyici
E) Stabilize edeci

4.2. MİNERAL MADDELER

İnorganik ve organik tuzlar hâlinde ya da organik maddelerle bileşik oluşturmuş hâlde bulunan maddelerdir. Yeryüzünde 90 çeşit mineral bulunmaktadır. Bunların 25 tanesi, vücudumuzda yapı oluşturur ve birçok işlevi düzenler. Bu nedenle mineraller, elzem besin ögeleri grubu olarak görülür.

İnsan vücudunda üretilemeyen ve dışarıdan alınan mineral maddeler, bitkisel ve hayvansal kaynaklı çeşitli gıdalardan karşılanmaktadır. Gıdanın mineral madde içeriği çeşitli faktörlerden etkilenir. Bu faktörler; toprağın bileşimi, mevsim, bulunduğu bölgenin coğrafi durumu, zirai mücadelede kullanılan tarımsal ilaçlar (pestisit, fungusit vb.), gübre kullanımı ve gıdanın yapısıdır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Mineral maddeler

İnsan vücudunun %4-5 kadarı minerallerden oluşur. Bunun yarısına yakını kalsiyum ve fosfor mineralleridir.

Meyve ve sebzelerde yer alan minerallerin büyük bir kısmı suda çözünebildiğinden haşlanan, yıkanan sebze ve meyvelerde mineral kaybı oluşur.

Mineral maddeler, insan vücudunun çeşitli dokularında ve bölgelerinde farklı miktarlarda ve çeşitli işlevleri yerine getirmek üzere bulunur ancak bazı mineraller (kadmiyum, civa, kurşun vb.), bulaşı statüsünde olduğundan vücudu olumsuz etkiler.

4.2.1. Minerallerin Önemi ve Vücuttaki Görevleri

Vücudun sağlıklı kalması için mineraller önemlidir. Minerallerin vücuttaki işlevleri şu şekilde sıralanabilir:

- Hücrelerin ozmotik basıncını sabit tutar. Şöyle ki hücre içi ve dışı arasındaki sıvı dengesi potasyum, sodyum ve diğer bazı mineraller ile sağlanır.
- Vücut; kemiklerin, kasların, kalbin ve beynin düzgün çalışmasını sağlamak dahil birçok farklı iş için mineral maddeleri kullanır.
- Mineraller, sinir fonksiyonunun sağlıklı sürdürülmesinde, kas tonusunun düzenlenmesinde ve sağlıklı bir kardiyovasküler (kalp-damar) sistemin desteklenmesinde önemli bir role sahiptir.
- Mineraller, enzimler (amilaz, lipaz, pepsin vb.) ile hormonların yapılarında ve çalışmalarında görev alır.
- Vitaminler gibi mineraller de vücudun biyokimyasal işlevlerini yerine getirmesini sağlayan koenzimler olarak işlev görür. Bu işlevler:
  1. Enerji üretimi
  2. Büyüme
  3. İyileştirme
  4. Vitamin ve diğer besin maddelerinin uygun şekilde kullanılmasıdır.

BİLGİ KUTUSU

Vitaminler ve Mineraller Arasındaki Fark

Vitamin ve mineraller, mikro besin olarak kabul edilir ancak temel şekillerde farklılık gösterir. Vitaminler organiktir. Isı, hava veya asitle parçalanabilir. Mineraller ise inorganiktir ve kimyasal yapıları bu etkenlere karşı dayanıklıdır.

Tablo 4.2: Belli Başlı Minerallerin Kaynakları ve Fonksiyonları

MİNERAL	KAYNAKLARI	FONKSİYONLARI
Kalsiyum	Süt ve süt ürünleri, kuruyemiş, pekmez, yumurta, çilek, susam, yeşil yapraklı sebzeler	Kanın pıhtılaşma etmeni, kemik ve dişlerin yapı taşı, sinir iletimi, kas kasılması, asit-baz dengesi, kan pH'i, ozmotik basınç
Fosfor	Süt ve süt ürünleri, etler, balık, yumurta, yağlı tohumlar, kuru baklagiller, tahıllar	Enerji metabolizmasında etken, kemik ve dişlerin yapı taşı, asit-baz dengesinde tampon görevi
Magnezyum	Kuruyemiş, yağlı tohumlar, tahıllar, yeşil yapraklı sebzeler, kuru baklagiller	Kemik ve dişlerin yapı taşı, asit-baz dengesi, protein sentezinde enzim aktivitesi
Sodyum	Tuz, süt ve süt ürünleri, koyu yeşil yapraklı sebzeler, havuç, etler, yumurta	Sinir uyarımı, kas kasılması, asit-baz dengesi, su dengesi
Potasyum	Çay, kuru baklagiller, etler, kuruyemişler, yeşil yapraklı sebzeler, patates, pekmez, muz	Sinir uyarımı, kas kasılması, asit-baz dengesi, su dengesi
Demir	Sakatat, etler, deniz ürünleri, yumurta, koyu yeşil yapraklı sebzeler, incir, üzüm, pekmez, kuru baklagiller	Hemoglobin ve miyoglobinin yapısında, oksijen taşınmasında, enerji metabolizmasında
Çinko	Süt ve süt ürünleri, etler, deniz ürünleri	Protein sentezinde, doku yapımında, yara iyileşmesi, insülin h ormonu ve enzimlerin bileşeni, saç, cilt ve diğer dokularda bulunur.
Bakır	Sakatat, kuru baklagiller, tahıllar, fındık, istiridye	Demir metabolizmasında, enzim yapısında, kemik oluşumu
İyot	İyotlu tuz, süt ve süt ürünleri, deniz ürünleri	T3 ve T4 adı verilen tiroid hormonları yapımı, enerji kontrol mekanizmaları
Flor	Yaygın olarak bulunur.	Kemik ve dişlerin oluşumu
Kobalt	Yeşil yapraklı sebzeler	B12 vitamini bileşeni
Krom	Bira mayası	Glikoz tolerans faktör bileşeni
Selenyum	Etler, bitkisel gıdalar	Gulutatyon peroksizdaz bileşeni

4.2.2. Mineral Maddelerin Sınıflandırılması

Minerallerin sınıflandırılmasında da makro ve mikro terimleri kullanılır. Günlük diyette gereksinim duyduğumuz miktarı 100 mg/kg'ın üzerinde olan minerallere **makro mineraller** denir. Örneğin potasyum, sodyum ve klor elektrolitleri ile magnezyum, kalsiyum ve fosfor bu gruptadır. Bu miktarın altında gerek duyulanlar ise **mikro mineraller** (iz mineraller) olarak adlandırılır. Örneğin bakır, krom, demir, flor, iyot, manganez, molibden, çinko ve selenyum bu gruptadır. Diğer bir tanımla şekilde yağsız vücut ağırlığının her kilogramında 50 ppm (mg/kg) değerinin üzerinde bulunanlara **makro mineral**, daha düşük miktarlarda bulunanlara ise **mikro mineral** denir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Mineral Maddelerin Sınıflandırılması

MİNERAL MADDELER	
Makro Mineraller	**Mikro Mineraller**
Kalsiyum	Krom
Klor	Bakır
Magnezyum	Florür
Fosfor	İyot
Potasyum	Demir
Sodyum	Manganez
Sülfür	Molibden
	Selenyum
	Çinko

4.2.2.1. Makro Mineraller

Makro mineraller, günlük diyette nispeten daha fazla alınması gereken minerallerdir.

Kalsiyum (Ca)

Yetişkin vücudunda %2 oranında kalsiyum vardır. Bunun %98'i kemiklerde bulunur. Kalsiyumun vücutta yerine getirdiği işlevlerden bazıları şunlardır:

- Sinir uyartılarını kontrol eder.
- Kalp kasılmalarını ve tonusunu sağlar.
- Belirli dokuların, dişlerin ve kemiklerin oluşumunda rol alır.
- Kanın pıhtılaşması için gereklidir.

Kalsiyum; kemiklerin ve dişlerin sağlığı, tansiyon dengesi ve normal kalp ritmi de dahil birçok yönde sağlık için gerekli bir mineraldir. Kalsiyum eksikliği iki şekilde ortaya çıkar:

Diyette Kalsiyum Eksikliği: Bu durum kalsiyum eksikliğinde kemiklerde kalsiyum depolarının tüken-

mesine, kemiklerin incelmesine, zayıflamasına ve osteoporoza (kemik erimesi) yol açabilen bir durumdur.

Hipokalsemi: Kandaki kalsiyum seviyesinin düşük olması demektir. Diüretikler gibi ilaçların kullanılması bu duruma sebep olabilir. Ayrıca uygulanan tıbbi tedaviler veya böbrek yetmezliği, hipo-paratiroidizm gibi hastalıklar hipokalsemiye neden olabilmektedir.

Süt ve süt ürünleri, yeşil yapraklı sebzeler, deniz ürünleri, fındık, susam, pekmez, kuru fasulye ve diğer kuru baklagiller, kurutulmuş meyveler yüksek oranda kalsiyum içeren doğal yiyecekler arasında sayılabilir (Görsel 4.14).



Görsel 4.14: Ca mineralince zengin bazı gıdalar

Fosfor (P)

Besin ögelerinin metabolizmasında görevli olan enzimlerin yapısına katılır. Kalsiyumla birlikte kemiklerin ve dişlerin oluşumunda görev alır. Vücuttaki fosforun %90'ı kemiklerde ve dişlerde, geri kalan %10'u ise vücut sıvılarında ve hücrelerde bulunur.

Hemen hemen tüm besinlerde bulunduğundan fosfor eksikliğine pek rastlanmaz ancak ciddi fosfor eksikliğinde kemik kaybı, hâlsizlik, anoreksiya ve ağrı oluşur.

Genelde protein yönünden zengin olan besinler, fosfor yönünden de zengindir. Et, balık, tavuk, yumurta, süt ve süt ürünleri, kuru baklagiller, yağlı tohumlar, sert kabuklu meyveler, en iyi fosfor kaynaklarıdır (Görsel 4.15). Hayvansal gıdalardaki fosforun biyoyararı (emilimi) bitkisel gıdalardan daha fazladır.



Görsel 4.15: P mineralince zengin bazı gıdalar

Sodyum, Potasyum ve Klor (Na, K ve Cl)

Sodyum, potasyum ve klor tüm vücut sıvılarında ve dokularında bulunur. Bu elementlerin vücuttaki en önemli görevleri; asit-baz dengesini, vücut su dengesini ve kasların çalışmasını sağlamaktır. Potasyum, sodyum ve klor ince bağırsaklardan emilip idrar, dışkı ve terle dışarı atılır. Kusma, ishal, aşırı idrar yapma, aşırı terleme sonucunda söz konusu mineraller kayba uğrar.

Sodyum eksikliğine pek rastlanmaz ancak aşırı terleme, kusma, ishal gibi rahatsızlıkların yaşandığı durumlarda eksikliği ortaya çıkar. Bu durumda kusma, kramp, zihinsel bulanıklık, idrara az çıkma vb. belirtiler görülür.

Klor eksikliği; aşırı terleme, kusma, ishal gibi rahatsızlıklar sonucunda görülür. Klor eksikliğinde iştahsızlık, hâlsizlik ve adale zayıflığı vb. belirtiler ortaya çıkar.

Potasyum eksikliği pek görülmez. Eksiklik ortaya çıktığında ise iştahsızlık, bulantı, adale zayıflığı, kalpte ritim bozukluğu, sinirsel gerginlik, zihin bulanıklığı vb. belirtiler görülür.

Sodyum ve klorun temel kaynağı tuzdur (NaCl). Salamura edilmiş ve bazı işlenmiş besinlerde yüksek oranda tuz bulunur.

Et, süt ve süt ürünleri, yumurta, deniz ürünleri klor yönünden zengin gıdalardır.

Hemen hemen tüm besinler, belirli oranlarda sodyum içerir. Yemek sodası ve kabartma tozu eklenen gıdalar, sodyum yönünden zenginleştirilebilir. Meyvelerde sodyum oranı çok düşüktür. Kanda sodyum miktarının artması tansiyonu yükseltir.

Diyetle et, süt, tahıl, kuru baklagil, yeşil sebzeler, fındık, fıstık, taze sebze ve meyvelerin vücuda yeterli düzeyde alınmasıyla vücudun potasyum ihtiyacı karşılanır (Görsel 4.16).



Görsel 4.16: Tuz (NaCl)

Magnezyum (Mg)

Magnezyum, bitkilerde fotosentez olayından sorumlu olan ve bitkilere yeşil renk veren klorofilin yapısında yer alır. Vücutta enerji metabolizmasının, kas ve sinir sisteminin düzenli çalışmasını sağlar. Kemik ve dişlerin oluşumu, kan basıncının düzenlenmesi gibi görevleri vardır. Vücut sıvılarında osmotik basıncın ve asit-baz dengesinin sağlanmasına yardım eder.

Magnezyum eksikliğinde büyümede gerilik, mental bozukluk, sinir ve kas çalışmasında aksaklık gibi belirtiler görülür.

Çay, kahve, kakao magnezyum yönünden zengindir. Ayrıca badem, ceviz, fındık, fıstık gibi yağlı tohumlar, işlenmemiş tahıllar, kuru baklagiller, yeşil yapraklı sebzeler de magnezyum içeriği zengin besinlerdir (Görsel 4.17).



Görsel 4.17: Mg mineralince zengin bazı gıdalar

4.2.2.2. Mikro Mineraller

Mikro mineraller vücut dokularında iz miktarda bulunan minerallerdir.

Krom (Cr)

Karbonhidrat metabolizması için önemli bir mineraldir. Krom eksikliğinde kilo kaybı görülür. Karaciğer ve organ etleri, işlenmemiş tahıllar, baharatlar, mantar ve kabuklu yemişler krom yönünden zengindir (Görsel 4.18).



Görsel 4.18: Cr mineralince zengin bazı gıdalar

Çinko (Zn)

İnsan vücudunda en fazla karaciğer, pankreas, böbrek, kemik, kaslar, saç, cilt ve diğer dokulardabulunur. Vücutta nemli metabolik görevleri olan enzimlerin yapısında ve insülin hormonu bünyesinde yer alır.

Çinko eksikliğinde fiziksel olarak büyümede gerilik (cücelik), cinsiyet organlarının gelişmesinde veya-raların iyileşmesinde gecikme, hastalıklara karşı dirençsizlik, tat ve koku almada bozukluk gibi belirtiler görülür.

Et, karaciğer, yumurta, deniz ürünlerinden midye ve istiridye en iyi çinko kaynaklarıdır. Süt ve süt ürün-leri, kuru baklagiller, yağlı tohumlar ve tahıllar da yeterince çinko içerir (Görsel 4.19).



Görsel 4.19: Zn mineralince zengin bazı gıdalar

Bakır (Cu)

Demir ile birlikte hemoglobinin yapısına katılır. Enzim (polifenoloksidaz) yapısına katılarak reaksiyonla-rın gerçekleşmesinde rol oynar. Bakır, demirin dokulardan kana geçmesi için gereklidir.

Bakır eksikliği insanlarda nadiren görülür. Hayvanlarda görülen eksiklik sonucunda kemik gelişiminde anomali, iştahsızlık, yünlerinin renk ve yapısında değişiklik gibi belirtiler ortaya çıkar (Görsel 4.20).



Görsel 4.20: Cu mineralince zengin bazı gıdalar

Karaciğer ve organ etleri, susam, kabuklu meyveler (fıstık vb.), yeşil yapraklı sebzeler, yumurta, kuru baklagiller bakır yününden zengin gıdalardır.

Flor(ür) (F)

Flor diş sağlığı için önemlidir. Asit etkisiyle dişin çürümesini önler. Kemiklerin yapısında da bulunur. Kemiklerde osteoporoz oluşumundaki mineral kaybına karşı direnç oluşturur. Flor eksikliğinde diş ve kemik sağlığının bütünlüğü bozulur. Florürün en önemli kaynağı sudur. Deniz ürünleri ve çay, flor yönünden zengin gıdalardır (Görsel 4.21).



Görsel 4.21: F mineralince zengin bazı gıdalar

İyot (I)

Vücuttaki iyotun %70'i tiroit bezinde, geri kalanı ise dokularda ve kanda bulunur. Tiroit bezinin çalışması için iyot gerekir. İyot, tiroit bezinde tiroit hormonlarının yapımında görev alır. Bu sebeple büyüme ve gelişme için gereklidir.

İyot eksikliği sonucunda basit **guatr** (boynun ön tarafında bulunan tiroit bezinin büyümesi) hastalığı görülür (Görsel 4.22). İyot eksikliği olan bölgelerde yaşayan kadınlarda düşük, ölü doğum, üreme sorunları oluşur.



Görsel 4.22: İyot eksikliğinde görülen tiroid bezi büyümesi

Başta balık olmak üzere deniz ürünleri iyi bir iyot kaynağıdır. Ayrıca iyot oranı yeterli topraklarda yetişen besinler ve su da önemli iyot kaynaklarındandır (Görsel 4.23).



Görsel 4.23: I mineralince zengin bazı gıdalar

Demir (Fe)

Demir, kırmızı kan hücrelerindeki hemoglobinde ve en çok da kanda bulunur. Hemoglobinin yapısında bulunan demirin vücuttaki görevi oksijen taşımaktır.

Demir eksikliği sonucunda kansızlık görülür. Diyetle demiri yetersiz tüketen okul çocuklarının sık hastalandıkları, öğrenme ve algılamada sorun yaşadıkları, dikkatlerinin azaldığı ve okul başarılarının düştüğü bilinmektedir.

Demir kaynakları arasında et ve et türevleri, yumurta sarısı, yeşil yapraklı sebzeler ve tahıllar bulunur. Pekmez, tahin ve kuru meyveler de iyi bir demir kaynağıdır (Görsel 4.24).



Görsel 4.24: Fe mineralince zengin bazı gıdalar

4.2.3. Minerallerin Gıda Sanayinde Kullanım Alanları

Mineraller gıda sanayinde besin değerini artırıcı, tat verici, renklendirici, asit düzenleyici, antioksidan, kıvam artırıcı olarak kullanılmaktadır.

Kalsiyum minerali, konservecilikte sebzelere sertlik vermek amacıyla, peynir endüstrisinde ise peynir pıhtısı kalitesini artırmak için $CaCl_2$ (kalsiyum klorür) formunda kullanılmaktadır. İçme sütlerine mineral madde değerini artırmak amacıyla ilave edilir (Görsel 4.25), (Görsel 4.26).



Görsel 4.25: Ca minerali konserve gıda ve peynir üretiminde çeşitli amaçlarla kullanılır.



Görsel 4.26: Çeşitli peynirler

İyot minerali, vücutta iyot seviyesi yetersiz olduğunda potasyum iyodür formunda yiyeceklere katılabilmektedir.

Fosfor; asitlendirici, tampon, topaklaşmayı önleyici, kabartıcı, emülgatör, stabilizör, antioksidan olarak gıda sanayinde fosfat formunda kullanılmaktadır.

1. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Askorbik Asit Tayini**
Uygulamanın Amacı	:	Taze meyve ve sebzelerde bulunan C vitamini miktarının yüksek sıcaklıkta azaldığını gözlemlemek.
Uygulamanın Prensibi	:	İyot minerali ve askorbik asitin tepkimeye girmesi ile renk değişiminin oluşması prensibine dayanır.
Gerekli Araç Gereç	:	Damlalık, meyve sıkacağı, 7 adet deney tüpü, tüplük ve 7 adet beher.
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	3 adet pastörize meyve suyu (A, B, C marka) 4 adet taze meyve (portakal, domates, kivi, greyfurt), lugol çözeltisi ve distile su.
Süre	:	40 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

I. Aşama

- Taze meyveleri sıkarak elde ettiğiniz meyve sularını ayrı ayrı beherlere koyunuz.
- A, B ve C markalı pastörize meyve sularından ayrı ayrı beherlere aktarınız.
- Deney tüplerine eşit miktarda lugol çözeltisi koyunuz (Görsel 4.27).



Görsel 4.27: Lugol çözeltisi

II. Aşama

- Deney tüplerindeki lugol çözeltilerinin üzerine bir damlalık yardımıyla A, B, C markalı meyve suları ve 4 farklı taze meyve sularından çözelti rengi değişene kadar damlatınız.
- Hangi meyve suyundan kaç damla damlattığınızı sayarak not ediniz.
- Deney tüplerinde renk değişimi sürelerine dikkat ederek süreleri not alınız.

Sonuç Değerlendirme

1. **Sizce deney tüplerinde gözlemlenen renk değişimini elde etmek için ilave edilen meyve sularının miktarı aynı mıdır?**
2. **İlk soruya verdiğiniz cevap hayır ise bunun neden(ler)i ne olabilir, tartışınız?**
3. **Sizce taze meyve suyu damlatılan deney tüplerinde renk değişiminin gözlemlenme süresinin farklı olmasının nedeni ya da nedenleri nelerdir?**

2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerden doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Klor, kalsiyumla birlikte kemiklerin ve dişlerin oluşumunda görev alır.

2. ( ) Çay, kahve, kakao, badem, ceviz, fındık, fıstık, yeşil yapraklı sebzeler vb. magnezyum yönünden zengin gıdalardır.

3. ( ) Kanda sodyum miktarının artması tansiyonu yükseltir.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri, verilen bilgilere uygun şekilde doldurunuz.

1. Günlük olarak alınması gereken miktarı 100 mg/kg'ın üzerinde olan minerallere ....., bu değerin altında alınması gereken minerallere de ..... denir.

2. Sodyum ve ..... temel kaynağı tuzdur.

3. Bakır minerali, demir minerali ile birlikte ..... yapısına katılır. Ayrıca demir mineralinin dokulardan kana geçmesi için gereklidir.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Diş sağlığı için önemli olan ve dişin asit etkisiyle çürümesini önleyen mineral aşağıdakilerden hangisidir?

A) Bakır B) Demir C) Flor D) Fosfor E) Sodyum

2. I. Kemik ve dişlerin yapı taşıdır.

II. Hemoglobin ve miyoglobinin yapısın da bulunur, O_2 taşınmasıyla ilgilidir.

III. T3 ve T4 adı verilen tiroid hormonları yapımında görev alır.

IV. B_{12} vitamini bileşenidir.

Yukarıdaki özellikler aşağıda adı geçen mi nerallerle eşleştirildiğinde hangisi dışta kalır?

A) Demir
B) İyot
C) Kalsiyum
D) Kobalt
E) Sodyum

3. Gıda sanayinde peynir pıhtısı kalitesini artırmak ve konservecilikte sebzelere sertlik vermek amacıyla kullanılan mineral aşağıdakilerden hangisidir?

A) Bakır
B) Çinko
C) Fosfor
D) İyot
E) Kalsiyum

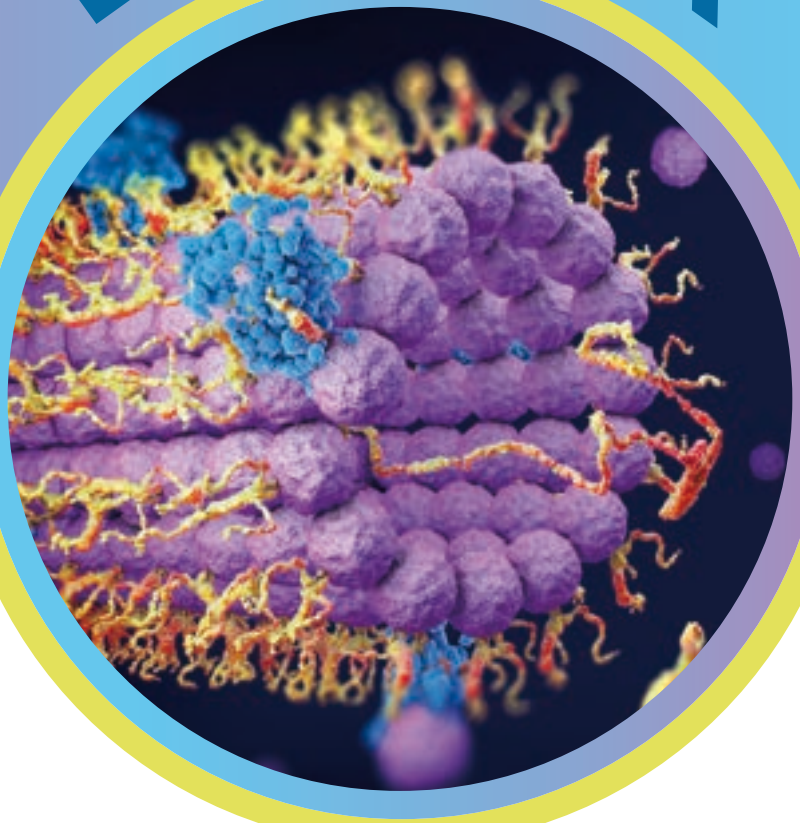
4. Büyüyüp gelişmekte olan bir bitkinin yaprakları yeterli ışık aldığı halde sararıyorsa ve yeni oluşan yaprakları da sarı renkli oluyorsa bu bitkinin yetiştiği toprağa aşağıdaki minerallerden hangisi eklenmelidir?

A) K B) Mg C) N D) Na E) P

5.

ÖĞRENME BİRİMİ

ENZİMLER



KONULAR

5.1. ENZİMLER

5.2. ENZİM AKTİVİTESİ

TEMEL KAVRAMLAR

- Enzim
- Substrat
- Enzim aktivitesi
- Enzimatik esmerleşme

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Bilimsel yöntemlere göre enzimlerin yapısını açıklamayı
- Bilimsel yöntemlere göre enzim faaliyetlerini kontrol altına alma yollarını açıklamayı

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Gıdalarda erken olgunlaşmayı sağlayan ürünleri biliyor musunuz?
2. Kabuğu soyulan elma neden kararır?

5.1. ENZİMLER

Enzimler, canlı hücrelerin genetik kontrol altında hücre içinde sentezlediği organik katalizörlerdir. **Katalizörler** ise reaksiyona katılmadan o reaksiyonun hızını artıran maddelere denir. Enzimler bitki, hayvan ve mikroorganizma hücreleri tarafından oluşturulur. Bu nedenle enzimler protein yapısında bileşiklerdir.

Besin ögeleri, vücutta enzimlerin yardımıyla vücudun kullanabileceği bir yapıya dönüşür. Enzimler, canlılığın oluşumu ve devamı için elzem (en gerekli, vazgeçilmez) olan maddelerdir. DNA tarafından sentezlenir. Enzimler olmazsa vücut, canlılığını sürdüremez. Solunum, sindirim, kas kasılması, büyüme, fotosentez gibi birçok fiziksel ve kimyasal olayın oluşumunda enzimler önemli rol oynar.

Enzimler, besinlerin parçalanmasını ve değişime uğrayarak vücuda faydalı hâle gelmesini sağlayan bu olaylarda katalizör görevi görür. Gıdaların işlenmesi veya depolanması sırasında meydana gelen değişimlerde enzimlerin rolü büyüktür. Bu değişimler olumlu ya da olumsuz yönde olabilir.

Enzimlerin özellikleri şu şekilde sıralanabilir

- **Bütün enzimler, protein yapısında biyolojik katalizörlerdir.**
- **Yaşam ve canlılık için gerekli olan temel unsurlardır.**
- **Gıdaların bozulmasında etkilidir.**
- **Yiyecek ve içecek endüstrisinde üretim aşamalarında kullanılır. (Tekstil, deri ve ilaç endüstrisinde de kullanımı yaygındır.)**
- **Doğaldır ve toksik değildir.**
- **Reaksiyon hızını artırır.**
- **Bir maddeyi ürüne dönüştürmede spesifik seçiciliğe sahiptir.**
- **Bazı gıda analizlerinde yararlanılmaktadır.**

5.1.1. Enzimlerin Yapısı

Enzimlerin tümü protein yapısındadır. Enzimler, kimyasal yapılarına göre gruplandırılır. Kimyasal yapısında protein olmayan yabancı bir maddeyi içerip içermemesine göre yalnızca proteinden oluşmuş enzimler ve haloenzimler olmak üzere iki grupta incelenir.

Yalnızca Proteinden Oluşmuş Enzimler: Bu enzimler yalnızca proteinden yani amino asitlerden meydana gelmiştir. Protein yapı, tek başına hem substrat bağlanmasından (spesifiklik) hem de kataliz işleminden sorumludur. Yalnızca proteinden oluşmuş enzimler ve ES (enzim-substrat) kompleksi oluşumu Şekil 5.1'deki gibidir.



Şekil 5.1: Yalnızca proteinden oluşmuş enzim

Aktif bölgede spesifiklikten ve katalizlemeden sorumlu olan amino asitler bulunmaktadır.

Haloenzimler: Bu enzimlerin yapısında proteinin yanı sıra protein olmayan organik veya inorganik maddeler de bulunur.

Haloenzimin protein kısmına **apoenzim** denir. Apoenzim, sadece özel bir reaksiyonu katalize etme ve başka bir reaksiyonda görev yapma özelliğini yani enzimin özgüllüğünü (spesifikliğini) sağlayan kısımdır. Protein yapısındadır. Isı ile kolayca denatüre olur..

Haloenzimdeki protein yapısında olmayan bu maddelere **kofaktör** denilmektedir. Kofaktör (koenzim), enzimin yardımcı ve etkin biçimidir. Tek başına etkili değildir. Etkinlik gösterebilmesi için apoenzime ihtiyacı vardır. En önemli yardımcı enzimler vitaminlerdir.

BİLGİ KUTUSU

HALOENZİM (AKTİF ENZİM) ⇌ APOENZİM + KOENZİM YA DA KOFAKTÖR

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

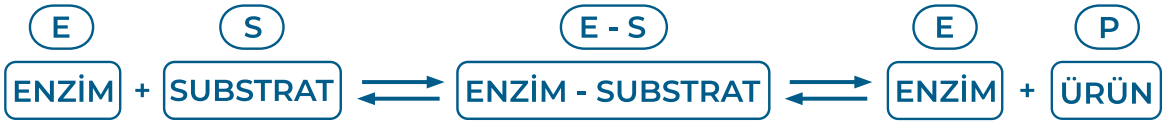
Kofaktör, enzime aktif merkez üzerinden bağlanır. Haloenzimler ve ES kompleksi oluşumu Şekil 5.2'deki gibidir.



Şekil 5.2: Haloenzim

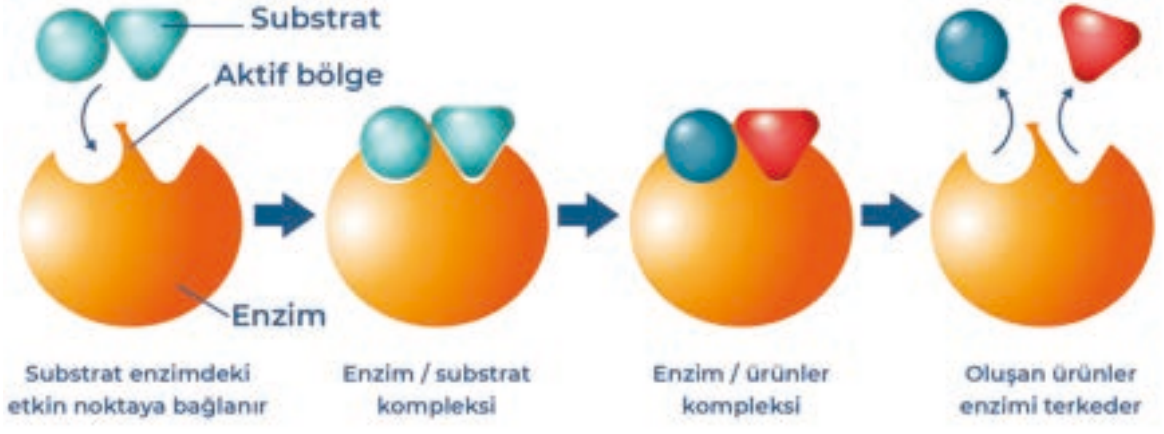
5.1.2. Enzim N-Substrat İlişkisi

- Enzimlerin etki ettiği maddelere substrat (etkilenen madde) denir.
- Enzimatik bir reaksiyon sonucu oluşan maddeye ürün [product (prıdak)] adı verilir.
- Enzim-substrat ilişkisi, anahtar-kilit ilişkisine benzer.
- Enzim molekülünde bulunan aktif bölgeye substratın geçici olarak bağlanması sonucunda enzim-substrat bileşiği oluşur.
- Enzimler, bir değişikliğe uğramadan reaksiyondan çıktıkları için tekrar tekrar kullanılabilir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3: Enzim-substrat ilişkisinin şematik gösterimi

- Enzim-substrat bileşiğinde daha sonra substrat, ürüne veya ürünlere dönüşür (Şekil 5.4).



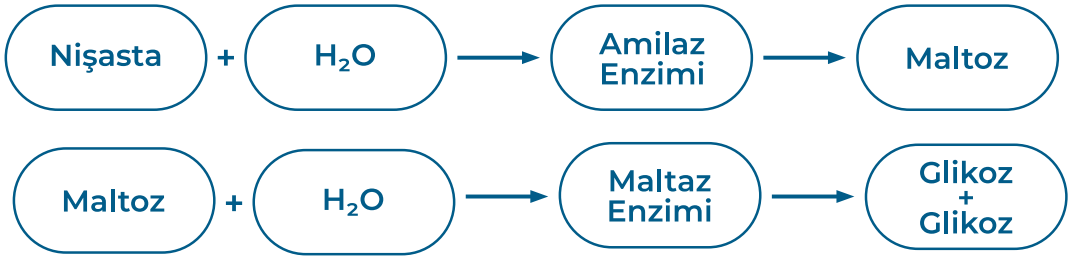
Şekil 5.4: Enzim-substrat ilişkisi

- Enzimler genellikle çift yönlü çalışır yani geri dönüşümlüdür. Örneğin lipaz enziminin yağı parçalaması (Şekil 5.5).



Şekil 5.5: Enzimlerin çift yönlü olarak çalışması

- Enzimler çok hızlı çalışır. Örneğin H_2O_2'i (hidrojen peroksit) parçalamak için gerekli aktivasyon enerjisi 18.000 kaloriyken katalaz enzimi bu enerjiyi 5.500 kaloriye düşürür.
- Enzimler takım hâlinde çalışır. Bir enzimin reaksiyonu sonucu oluşan tepkimenin ürünü, başka bir enzimin substratını oluşturur. Örneğin amilaz enzimi nişastayı maltoza parçalar ve oluşan maltoz, maltaz enziminin substratıdır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6: Enzimlerin takım hâlinde çalışması

5.1.3. Enzimlerin Adlandırılması

Enzimler, aktif ya da inaktif (pasif, etkisiz) hâlde olmalarına göre farklı şekillerde adlandırılır:

- Enzim inaktif hâlde iken substratın sonuna "-jen" eki getirilerek adlandırılır. Örneğin sindirim enzimlerinden kimotripsinojen, pepsinojen vb.
- Enzim aktif hâlde ise etki ettikleri maddenin sonuna "-ase, -az" eklerinden biri getirilir. Örneğin lipitlere etki eden lipaz enzimi, maltoza etki eden maltaz enzimi, proteinlere etki eden proteinaz enzimi, üreye etki eden üreaz enzimi, vb.
- Enzimler, etkili olduğu substratın sonuna "-litik" eki getirilerek de adlandırılabilir. Örneğin proteinleri parçalayan enzimlere proteazlar dendiği gibi proteolitik enzimler de denir.

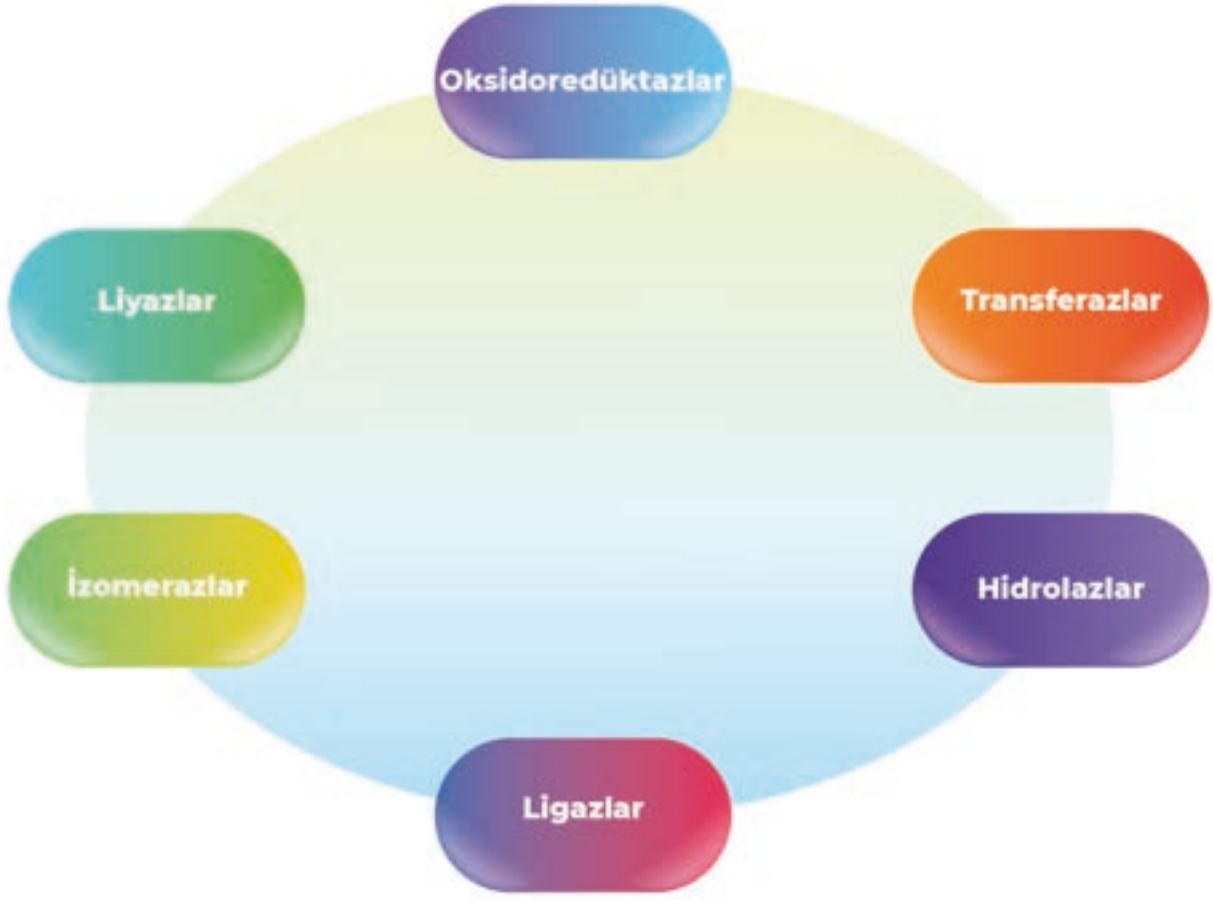
5.1.4. Enzimlerin Sınıflandırılması

Enzimler, salgılanıp faaliyet gösterdikleri yere göre iki şekilde sınıflandırılır:

- **Hücre İçi (Endojen) Enzimler:** Hücre içinde bulunup orada aktivitesini gösteren enzimlerdir.
- **Hücre Dışı (Eksojen) Enzimler:** Salgılandıkları yerden başka bir yerde faaliyet gösteren enzimlerdir.

Günümüzde Uluslararası Biyokimya Birliğinin [IUB (International Union of Biochemistry)] Enzim Komisyonu tarafından **sistematik isimlendirme** önerilmiştir. Bu sistemde her enzim, katalizlediği (etki

ettiği) reaksiyon tipine ve mekanizmasına göre isimlendirilmektedir. 1961'de yayımlanan karara göre enzimler altı gruba ayrılır (Şekil 5.7):



Şekil 5.7: Enzimlerin sınıflandırılması

1. Oksidoredüktazlar: Redoks reaksiyonlarına etki eder.

2. Transferazlar: Belirli grupları (amino ve karboksil) taşır.

3. Hidrolazlar: Su katılarak substratın parçalanmasını sağlar.

4. Liyazlar: İki bileşiği, yeni bir bileşik oluşturma reaksiyonunu tersine katalize eder.

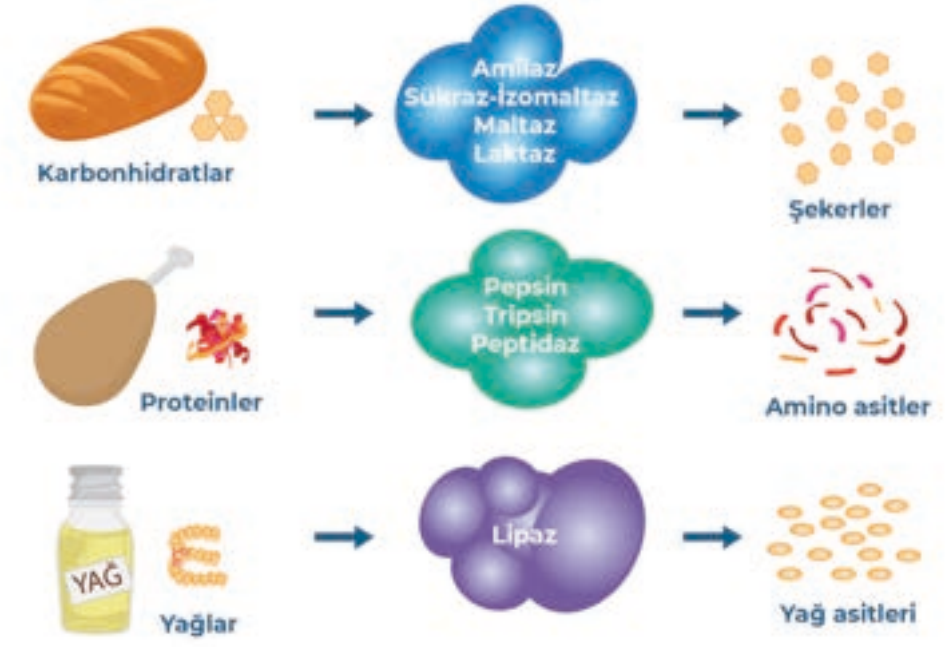
5. İzomerazlar: Molekül içi değişmeleri düzenler.

6. Ligazlar: Enerji kullanarak substrat moleküllerinin birbirine kovalent bağla bağlanmasını sağlar.

5.1.5. Gıda Sanayinde Kullanılan Enzimler

Gıda maddelerinin yapısında doğal olarak bulunan enzimlerle bakteri ve küf gibi mikroorganizmaların salgıladıkları enzimler, istenen ve istenmeyen değişikliklere neden olur. Genellikle olumsuz etkilerin uzaklaştırılması ve istenen özelliklerin oluşturulması amacıyla ticari enzim preparatlarından yararlanılır.

Ticari enzim preparatlarının yoğun kullanıldığı gıda endüstri dalları; ekmekçilik, peynir üretimi, et ürünleri, fermente içecek üretimi, meyve suyu ve şeker şurupları üretim tesisleridir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8: Gıda sanayinde kullanılan enzimler

5.1.5.1. Karbohidrazlar

Bu enzimler polisakkaritleri hidrolize etmektedir. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan karbonhidrazlar; amilaz, invertaz, laktaz ve pektinazlar olarak sıralanabilir.

Amilazlar

Bu enzimler nişastayı hidrolize eder. Üç çeşit amilaz vardır. Bunlar α-amilaz, β-amilaz ve glukoamilazdır. Nişastayı hidrolize ederek maltoz, dekstrin ve glikoz oluşumunu sağlar. Amilazlar doğada bulunur. Ticari olarak elde edilmesi için en çok bakterilerden yararlanılır. Ekmekçilik, tatlı şurup üretimi vb. alanlar amilazların en yaygın kullanıldığı gıda endüstrisi alanlarıdır.

Normal unda az miktarda α-amilaz bulunur. Bu nedenle ekmek üretiminde kullanılacak una ticari bir α-amilaz veya malt eklenmesi gerekebilir.

α-amilazlar ve β-amilazlar aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Ekmekte istenilen tat, aroma ile kabukta oluşması istenilen renk özelliğini kazandırmak için hamurda gerekli şekerlerin oluşmasını sağlar.
- Ekmekçilikte hamur kıvamını azaltır.
- Nişastanın tatlı şuruplara dönüştürülmesi, asit veya enzim hidrolizi ya da bu ikisinin birlikte uygulanması ile gerçekleşir. Günümüzde bu amaçla enzim hidrolizinden daha çok yararlanılmaktadır.

İnvertaz

İnvertaz enziminin gıda endüstrisinde kullanımı genelde invert şeker elde etmek amacıyladır. İnvert şeker, sakkaroza göre daha çözünür durumdadır ve üründe kristalleşme sorunu oluşturmaz. Bu nedenle invert şekerler şekerlemecilikte, yapay bal, likör ve dondurulmuş tatlı vb. üretimlerde yaygın olarak kullanılmaktadır

Laktaz (β-Galaktosidaz)

Laktaz enzimi, bir disakkarit olan laktozu glikoz ve galaktoza hidrolize etmektedir. En yaygın kullanıldığı gıda sektörü dondurma üretimidir. Taneli veya kumlu ürün elde edilmesine neden olan laktozun kristalleşmesini önler. Ayrıca laktoz oranı düşük veya laktoz içermeyen süt ürünlerinin elde edilmesinde ve peynir altı suyunun hayvan yemi olarak değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Pektik Enzimler (Pektinazlar)

Pektin, bitkilerde hücre duvarında ve hücre içinde bulunan kompleks bir karbonhidrattır. Pektin ve benzeri pektik maddeler, meyve ve sebze sularının eldesinde ürüne geçerek bu ürünü bulanıklaştırır.

Pektik enzimler, pektini değişik şekillerde hidrolize ederek oluşan bulanıklığı giderir. Pektik enzimlerden bazıları pektin metilesteraz (PME, pektaz), poligalakturanaz (PG), polimetilgalakturanaz (PMG), pektik asit liyazdır (PAL).

5.1.5.2. İzomerazlar

Glikoz izomeraz enzimi glikozun fruktoza dönüşmesini katalizler. Glikoz şurupları, glikoz izomeraz enzimi ile tatlılık derecesi glikozdan daha yüksek olan fruktoz şuruplarına dönüştürülür. Glikoz şuruplarının eldesinde en önemli kaynak nişastadır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9: Nişastadan fruktoz şurubu eldesinde kullanılan enzimler

5.1.5.3. Proteazlar (Proteolitik Enzimler, Proteinazlar)

Bu enzimler, proteinlerdeki peptit bağını hidrolize eder. Diğer bir ifadeyle proteinleri amino asitlere kadar parçalar.

Proteazlar, gıdanın yapısını değiştirme özelliğine sahiptir. Bu yönüyle proteazlardan özellikle et endüstrisinde ve ekmekçilikte yararlanılmaktadır. Buğday unundaki gluteni hidrolize ederek hamurun daha iyi yoğrulmasını sağlar. Bu da ekmek kalitesinin artması demektir. Et endüstrisinde papain, fisin ve bromelin gibi proteazlardan yararlanılır. Bu proteolik enzimler, etteki elastin ve kolajeni (et proteinleri) kısmi hidrolizasyona uğratarak etin yumuşamasını sağlar. Ayrıca rennin (kimosin) ve rennet, sütü koagüle ederek jelleştirir. Böylece kazeinin çöker ve peynir oluşumu sağlanır.

Proteolitik enzimler, gıda endüstrisinde pepton, jelatin ve aspartam (tatlandırıcı) elde etmek amacıyla da kullanılmaktadır (Görsel 5.1).



Görsel 5.1: Farklı jelatin formları

5.1.5.4. Lipazlar

Lipazlar, yağları hidrolize eden enzimlerdir. Süt ve süt ürünlerinde önemli kalite kaybına, istenmeyen tat ve koku oluşumuna (ransid tat) neden olur. Bununla beraber bazı peynir çeşitleri ile tereyağlarında özel tat ve koku geliştirmek amacıyla lipazlara başvurulmaktadır.

5.1.5.5. Oksidoredüktazlar

Oksidasyon–redüksiyon yani yükseltgenme indirgenme reaksiyonlarını katalize eden enzimlerdir.

Glikoz Oksidaz

Glikoz oksidaz enzimi küflerden elde edilmektedir. Bu enzim, gıdalarda bulunan glikozu ya da oksijeni ortamdan uzaklaştırır. Böylece esmerleşmeye neden olan Maillard reaksiyonu önlenmiş olur.

Gıda endüstrisinde yumurta tozu elde edilirken kurutma öncesinde kullanılan glikoz oksidaz, yumurtada çok az miktarda bulunan glikozu uzaklaştırır. Meyve suları, mayonez gibi gıdalarda ise glikoz oksidaz enzimi, eser miktardaki oksijeni ortamdan uzaklaştırarak enzimatik esmerleşmenin yanı sıra oksidatif acılaşmayı da önler.

Lipoksigenaz

Lipoksigenaz enziminin gıda maddeleri üzerinde istenen veya istenmeyen yönde değişiklik oluşturmasının bazı etkileri vardır. Bunlar gıdalarda oksidatif tat ve aromanın bozulmasına, klorofil ve karoteinleri parçalayarak istenmeyen renk değişimlerine neden olmaktadır. Lipoksigenaz, özellikle peynir endüstrisinde önemli rol oynar. Peynirlerin tadını ve kokusunu geliştirmek, olgunlaşma süresini azaltmak amacıyla bu enzim kullanılır.

1. UYGULAMA

Uygulamanın Adı: Gıda Sanayinde Kullanılan Enzim Çeşitleri ve İşlevleri Hakkında Afiş Hazırlama

Uygulamanın Amacı: Enzim çeşitlerini ve gıda sanayiinde kullanımını açıklamak.

Gerekli Araç Gereç: Bilgisayar, A4 kâğıdı

İşlem Basamakları: Afiş hazırlarken aşağıdakileri dikkate alınız:

- Afişteki bilgileri, doğruluğuna dikkat ederek ve bu bilgiler "Gıda Sanayinde Kullanılan Enzimler" konusundaki tüm içeriği kapsayacak şekilde hazırlayınız.
- Afişte enzimlerin yapıları ve kullanım alanları gruplandırınız.
- Afişte yazı, resim, tablo, grafik, şekil, fotoğraf vb. en az dört farklı materyal kullanınız.
- Afişte Türkçe'yi doğru, yazım kurallarına ve noktalama işaretlerine dikkat ederek kullanınız.

Afişin değerlendirilmesinde aşağıdaki değerlendirme ölçeği kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

	Çok iyi (4)	İyi (3)	Orta (2)	Geliştirilebilir (1)
İçerik (50 puan)	Afişteki bilgiler doğrudur ve konunun tümünü kapsamaktadır.	Afişteki bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Afişteki bilgilerde yanlışlar vardır.	Afişteki bilgilerde önemli ölçüde yanlışlar vardır.
Materyal (30 puan)	Afişi en az dört farklı materyal ile desteklemiştir.	Afiş üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Afiş iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Afiş sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Tasarım (20 puan)	Afişte Türkçeyi doğru kullanmış, yazım ve noktalama yanlışı yapmamış, afişi asılabilir özellikte materyalden hazırlamış ve kâğıdın tüm yüzeyini etkili ve dengeli bir şekilde kullanmıştır.	Belirtilen özelliklerden üçünü yerine getirmiştir.	Belirtilen özelliklerden ikisi yerine getirilmiştir.	Belirtilen özelliklerden biri yerine getirilmiştir.

1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerden doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Enzimler genellikle çift yönlü çalışır ve enzimlerin kendine özgü bir çalışma şekli vardır.

2. ( ) İnvertazlar ve amilazlar, lipaz sınıfı enzimlerindendir.

3. ( ) Apoenzim ile koenzimin birlikte oluşturduğu gruba haloenzim (aktif enzim) denir.

4. ( ) Proteolitik enzimler, proteinlerin peptit bağına etki ederek proteinleri hidrolize eden enzimlerdir.

5. ( ) Gıdaların yapısında bulunan doğal enzimler; o gıdanın renk, tat, koku, aroma ve beslenme değerini her zaman olumlu yönde etkiler.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Kimyasal reaksiyonları hızlandıran biyolojik katalizörlere ne ad verilir?

A) Enzim B) Hormon C) Koenzim
D) Substrat E) Vitamin

2. Enzimlerin protein kısmı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Apoenzim
B) Holoenzim
C) Koenzim
D) Kofaktör
E) Substrat

3. Bir enzimin aktif olduğunu gösteren ek aşağıdakilerden hangisidir?

A) -az B) -jen C) -kal/-mal
D) -oz E) -üre

4. Enzimlerin etki ettiği maddelere ne ad verilir?

A) Apoenzim
B) Haloenzim
C) Koenzim
D) Oksidazlar
E) Substrat

5. Molekül içi değişmeleri düzenleyen enzimler aşağıdakilerden hangisidir?

A) Hidrolaz
B) İzomeraz
C) Lipaz
D) Liyaz
E) Oksidaz

6. Aşağıdakilerden hangisi enzim ve substrat ilişkisini ifade eder?

A) Tek-çift
B) Oksidasyon-redüksiyon
C) Endojen-eksojen
D) Koenzim-kofaktör
E) Anahtar-kilit

5.2. ENZİM AKTİVİTESİ

Optimum şartlarda birim zamanda substratı ürüne dönüştüren enzim miktarına **enzim aktivitesi** denir.

5.2.1. Enzim Aktivitesini Etkileyen Etmenler

Enzimlerde meydana gelen kimyasal tepkimelerin hızını artıran ya da azaltan faktörler şunlardır:

- Substrat konsantrasyonu
- Enzim konsantrasyonu
- pH
- Sıcaklık
- Su aktivitesi
- Reaksiyon süresi
- Reaksiyon ürünleri
- Enzim inhibitörleri ve aktivitörleri
- Radyasyon
- Basınç
- Çeşitli fiziksel faktörler
- Hormonlar

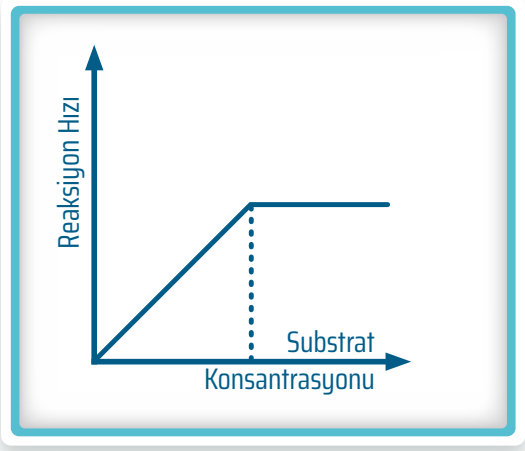
Bu faktörlerin her biri enzimatik reaksiyonları farklı derecelerde etkiler. Ayrıca her faktör kendi içinde, farklı ortam şartlarında enzimlerle olan etkileşimlerinde değişiklik gösterebilir. Örneğin bir enzimin en iyi çalıştığı optimum pH değeri, farklı ortam sıcaklıklarında değişiklik gösterebilmektedir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10: Enzimlerin çalışmasını etkileyen faktörler

5.2.1.1. Substrat Konsantrasyonu

Enzim yoğunluğunun ve diğer faktörlerin sabit tutulduğu bir ortamda substrat yoğunluğu arttıkça tepkime hızı da artar. Tepkime hızı, maksimum düzeye eriştikten sonra sabit kalır (Şekil 5.11) çünkü enzimin tüm aktif bölgeleri, substrata doyduktan sonra substratın fazlası enzime bağlanamaz.



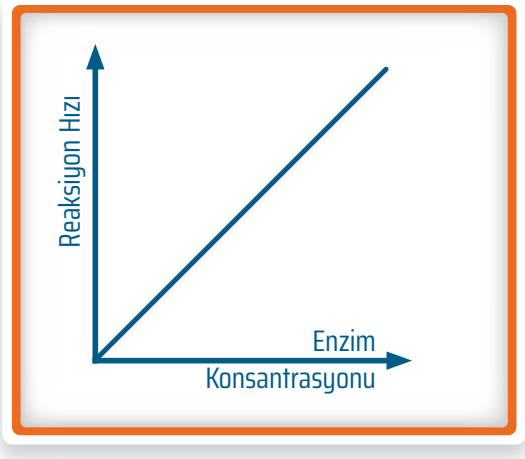
Şekil 5.11: Substrat konsantrasyonunun enzim hızına etkisi

BİLGİ KUTUSU

Gıda zehirlenmelerinde tedavi amaçlı olarak hastalara yoğurt gibi substrat maddeler verilir. Zehirler, vücudun metabolik enzimlerinin çalışmasını engeller ve verilen yoğurdun midede geniş yüzeye yayılması, metabolik enzimlerin substrat yüzeyini artırır. Enzim, substratla tekrar çalışmaya başlayarak zehrin inhibitör etkisinden kısmen kurtulur.

5.2.1.2. Enzim Konsantrasyonu

Enzim konsantrasyonunun enzim hızına etkisi, diğer faktörlerin sabit tutulduğu bir ortamda doğrusal bir yükseliş gösterir (Şekil 5.12).

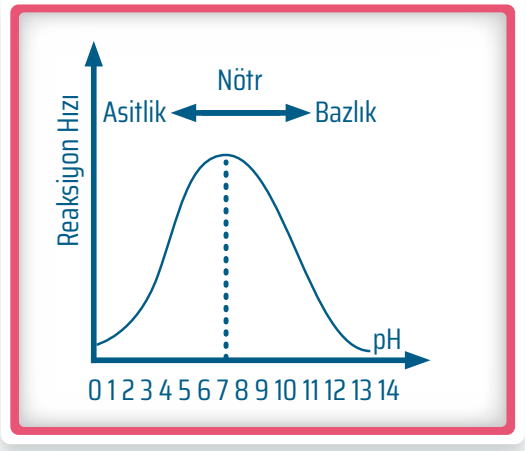


Şekil 5.12: Enzim konsantrasyonunun enzim aktivitesine etkisi

Enzim konsantrasyonu arttıkça enzim hızı da doğru orantılı olarak artar çünkü ortamdaki her enzim molekülü birbirinden bağımsız çalışır. Bu nedenle ne kadar enzim molekülü varsa reaksiyon o kadar hızlı olur.

5.2.1.3. Ortamın pH Değeri

Ortamın pH değeri enzim hızını etkileyen önemli bir faktördür. Enzimin en fazla aktivite gösterdiği pH değerine o enzimin optimum pH değeri denilir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13: pH değerinin enzim hızına etkisi

Enzimlerin optimum pH değerleri 2-10 arasında değişir (Tablo 5.1).

Kuvvetli asitler ve bazlar, enzimlerin yapısını bozduğu için enzim aktivitesini engeller.

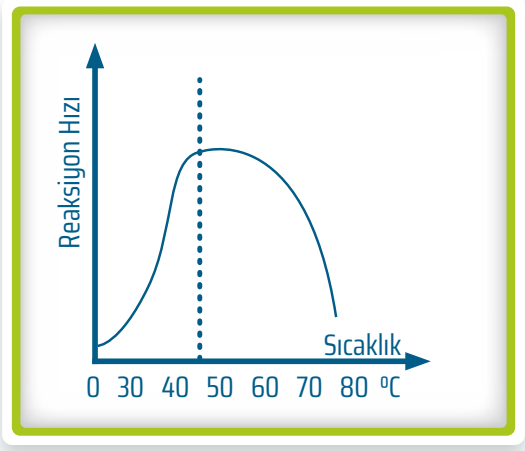
Tablo 5.1: Bazı Ezimlerin Optimum pH Dereceleri ve Substratları

ENZİMLER	OPTİMUM pH	SUBSTRATLAR
Lipaz	7,5-8,0	Yağlar
Sakkaraz	6,2	Sakkaroz
Pepsin	1,5-2,5	Protein
Katalaz	7,0	Hidrojen peroksit
Amilaz	5,6-6,5	Nişasta

5.2.1.4. Sıcaklık

Enzim reaksiyonlarında sıcaklık arttıkça tepkimenin hızı da artar. Protein yapısındaki enzimler, yüksek sıcaklıklarda denatüre olup inaktif hâle geldiği için sıcaklığa bağlı tepkimedeki hız artışı belli bir nok-

taya kadar devam eder. Ardından tepkime hızında düşüş meydana gelir (Şekil 5.14). Enzimlerin maksimum aktivite gösterdiği sıcaklık noktasına **optimum sıcaklık** adı verilir.



Şekil 5.14: Sıcaklığın enzim hızına etkisi

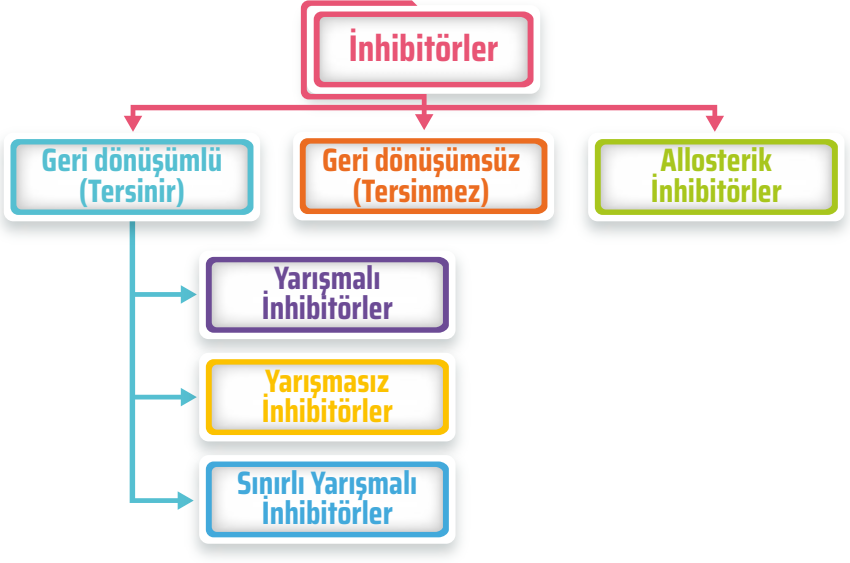
5.2.1.5. Su Aktivitesi

Enzimler, etkinliklerini su içerisinde gösterdiği için suyun miktarı enzim aktivitesinde önemli bir faktördür. Enzimler genellikle nem oranının %15'in altında olduğu ortamda aktif değildir. Dolayısıyla reçel ve pekmez üretiminde bu faktörün önemli bir yeri vardır. Sulandırılan reçel, pekmezin veya balın ekşimesinin sebebi budur.

Enzimler, nem oranının az olduğu ortamda sıcaklığa daha fazla dayanır. Nem oranı arttıkça enzimlerin sıcaklığa karşı duyarlılığı da artar.

5.2.1.6. Enzim İnhibitörleri

Bir enzim tepkimesinde reaksiyon ortamına eklenerek enzim hızını azaltan doğal veya yapay kimyasal maddelere **inhibitör** denir. Bu olaya da enzim inhibisyonu adı verilir. İnhibitörler, istenmeyen enzim aktivitesinin önlenmesinde ya da kontrol altında tutulmasında aracı olarak kullanılır. Enzim inhibitörleri üç grupta toplanır (Şekil 5.15).



Şekil 5.15: İnhibitörlerin gruplandırılması

5.2.1.7. Aktivatörler

Enzim aktivitelerini artırmak için ihtiyaç duyulan iyon veya küçük moleküllere **aktivatör** denir. Aktivatörler genellikle metal iyonlardır. Bunlar K^+, Mg^{+2}, Zn^{+2}, Fe^{+2}, Ca^{+2} ve Co^{+2}, Cl^-, Br^-, F^-, I^- ve OH^- vb. dir. Aktivatörlerin bir kısmı yalnızca substratla, diğer bir kısmı ise enzimle birleşmektedir.

5.2.1.8. Basınç

Enzimlerin inhibisyonu için genelde yüksek basınç değerlerine (200-400 MPa) ihtiyaç vardır. Bununla beraber normal gıda üretim proseslerinde enzimleri tek başına inaktive edecek bir basınç uygulaması bulunmamaktadır.

5.2.2. Gıda Kontrolünde Enzimlerin Önemi ve Kullanımı

Gıda endüstrisinde enzim aktivitesi bazen istenen bazen de istenmeyen bir durumdur. Endüstriyel olarak üretilen enzim preparatları, gıda üretiminde verimliliği artırır. Bu da üretim sürecini olumlu yönde etkiler.

Gıda üretiminde uzun süren doğal olgunlaşmayı beklemek gerekir. Bu tip olgunlaşma olayları enzim aktivitesine dayanmaktadır. Dışarıdan alınan enzim olgunlaşmayı hızlandırır.

BİLGİ KUTUSU

Peynir üretiminde olgunlaşmanın hızlandırılması amacıyla kullanılan yöntemlerin birisi de enzim ilavesidir. Biyoteknoloji alanındaki gelişmeler sayesinde enzimler uygun koşullarda sağlanabilmektedir. Enzimlerin aktiviteleri ile istenilen tadı ve aromayı elde etmek mümkündür ancak aşırı aktivite nedeniyle bozulmaların meydana geleceği unutulmamalıdır. Bu amaçla kullanılan enzimlerin büyük çoğunluğunu proteazlar ve lipaz oluşturmaktadır. Bunlar yanında β-galaktozidaz da kullanılabilmektedir. Enzimler tek tek veya karışım hâlinde kullanılabilir.

5.2.2.1. Enzimatik Kararma (Esmerleşme: Browning)

Gıdalarda bulunan bazı doğal enzimler istenmeyen durumlara neden olabilir. Bunlardan en sık rastlananı enzimatik kararma (esmerleşme) reaksiyonudur (Görsel 5.2).



Görsel 5.2: Dilimlenmiş elmada renk değişimi

Enzimatik esmerleşme, polifenol oksidaz enzimi (PPO) tarafından kahverengi pigment oluşturan meyve ve sebzelerde meydana gelen bir kimyasal reaksiyondur.

Meyve ve sebzelerde kesme, kabuk soyma, çarpma, dilimleme gibi işlemler sonrasında bazı renk değişimleri görülmektedir. Pembeden mavimsi siyaha kadar farklı tonlardaki bu renk değişimlerine **esmerleşme** denir. Örneğin doğranmış elmaların esmerleşmesi, hücre öz suyunda bulunan fenolik maddelerin hava oksijeni ile okside olmasının sonucudur. Bu oksidasyon, polifenol oksidaz enzimi tarafından gerçekleştirilmektedir.

Enzimatik esmerleşme; kayısı, armut, muz, üzüm gibi meyveler ile patates, mantar, kıvırcık salata gibi sebzelerde görülür.

5.2.2.2. Polifenol Oksidaz Enzimi (PPO)

Polifenol oksidaz enzimi doğada yaygın olan bir enzimdir. Sebze ve meyvelerin yanı sıra hayvan, insan ve mikroorganizmaların yapısında da bulunur.

Bir elma kesildiği zaman yüzeyindeki hücreler de bölünür, açılır. Burada bulunan polifenol oksidaz, havanın oksijeni ile birleşir ve tıpkı pas tutan demirin rengi gibi bir renk değişimi meydana getirir. Yere düşen elmaların yüzeyinde oluşan kahverengi noktaların nedeni de aynıdır.

Polifenol oksidaz enziminin gıda sektöründeki yeri çok önemlidir. Bu kadar önemli olmasının sebebi enzimatik kararmaya neden olmasıdır. Bu durum gıdalarda bazen istenen çoğu zaman da istenmeyen bir durumdur.

BİLGİ KUTUSU

Bitki dokusunda bulunan enzimler; meyve ve sebzeler mekanik zedelenmeye uğradığında, bitki yaşlandığında veya olgunlaştığında açığa çıkar (Görsel 5.3). Havadaki oksijen varlığında polifenol oksidaz enzimi, bitkideki fenolik bileşiklerin (elma kabuğundaki renkler gibi) melanin olarak bilinen kahverengi pigmentlere dönüşmesine neden olur. Bu reaksiyon, PPO enzimi tarafından katalizlendiğinden **enzimatik kahverengileşme** olarak adlandırılır.



Görsel 5.3: Muzda enzimatik kararma

Bununla beraber çay, kahve, kakao, siyah üzüm, kuru erik ve siyah incirde PPO aktivitesi istenen bir durumdur çünkü polifenol oksidaz enzimi sayesinde bu ürünler, istenen son ürün karakteristiğine dönüşür.

5.2.3. Enzim Faaliyetlerini Kontrol Altına Alma

Enzimatik esmerleşme gıda endüstrisinin önemli sorunlarından biridir. Bu nedenle kontrolü zorunludur. Gıda endüstrisinde tüketicinin kararını etkileyen önemli faktörlerden biri de ürünün rengidir. Kahverengi gıdalar, özellikle meyve ve sebzeler, bozuk bir görüntü sergiler. Böyle bir durumun gerçekleşmemesi için enzim faaliyetlerinin önlenmesi gerekir.

Gıda endüstrisinde istenmeyen enzim aktivitesi, çeşitli yöntemlerle kontrol altına alınabilir.

Sıcaklık: Gıdalar, düşük sıcaklık derecelerinde muhafaza edildiğinde veya yüksek sıcaklıklarda bazı ısıl işlemler (haşlama, pastörizasyon, sterilizasyon vb.) uygulandığında, bu gıdalardaki enzimatik bozulmalar geciktirilebilir veya önlenebilir.

Düşük sıcaklıklarda enzim aktivitesi de azalmaktadır. Dolayısıyla soğukta veya dondurularak muhafaza edilen gıdalarda enzimatik aktivite geciktirilir ve böylece ürünün raf ömrü uzatılmış olur.

Enzimler, yüksek sıcaklıklardaki ısıl işlem sonucunda denatürasyona uğrayarak inaktive olur. Gıda endüstrisinde enzimlerin bu özelliğinden geniş ölçüde yararlanılmaktadır. Böylece enzimatik gıda bozulmalarının önüne geçilir.

Kurutma: Gıdalardaki nem miktarı, enzim aktivitesi üzerinde oldukça etkilidir. Dolayısıyla gıdaların nemden uzaklaştırılması (kurutulması) enzimleri inaktif hâle getirir. Örneğin tahıllar, %13 nem içeriğinde uzun süre korunabilir ancak nem miktarı arttıkça enzim aktivitesi de artacağından mekanik olarak zarar görmüş olan tahıllar çabuk bozulur.

Oksijenin Uzaklaştırılması: Enzim aktivitesi kontrolünde önemli bir basamaktır. Ortamdan oksijen uzaklaştırıldığında oksijene ihtiyaç duyan enzimler inaktif hâle geçer. Örneğin, PPO'nun sebep olduğu enzimatik kararmayı önlemek için gıda işleme ve paketlemede kullanılan kaplama ve filmlerle oksijen gazı, kontrollü atmosfer uygulamaları ile uzaklaştırılır.

Fiziksel Yöntemler: Ultraviyole, X ışınları ve ultrasonik dalgalar gibi fiziksel yöntemlerle enzim kontrolü sağlanabilmektedir.

Kimyasal Yöntemler: Enzim faaliyetleri; antibiyotikler, haşarat öldürücüleri gibi kimyasal maddelerle durdurulabilir. Su ile karışma özelliği gösteren etanol gibi organik çözücülerin ortamda yaklaşık %5-10 konsantrasyonlarında bulunmasıyla da enzimlerin inaktive oldukları görülmüştür.

2. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Enzim Aktivitesi**
Uygulamanın Amacı	:	Elmadaki enzim aktivitesini kontrol altına alabilmek.
Uygulamanın Prensibi	:	Farklı ortam şartları sağlanarak enzim aktivesinde meydana gelen değişiklikleri gözlemlemek.
Gerekli Araç Gereç	:	Elma, beher, bıçak ve cam baget.
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	Askorbik asit veya limon tuzu ve su.
Süre	:	80 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Bir elmayı dört eşit parçaya bölünüz.
2. Elmanın birinci parçasını içi su ile dolu bir behere koyunuz.
3. İkinci elma parçasını oksijensiz bir ortamda bekletiniz.
4. Üçüncü elma parçasını oksijenli bir ortamda bekletiniz.
5. Dördüncü elma parçasını bir behere koyunuz ve üzerine bir miktar askorbik asit (C vitamini) ekleyiniz.
6. Her dört aşamayı gözlemleyerek sonuçlarını, power-point sunum hazırlayınız ve sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Öneriler

- **Elmayı ve kullanılacak bıçağı yıkayınız. Bıçağı dikkatli kullanınız.**
- Beherin temiz olmasına dikkat ediniz
- Elma parçasını suyun içerisine batırınız.
- Elma parçasını beher içine koyunuz ve beherin ağzını hava almayacak şekilde kapatınız.
- Elma parçasını bir beher içine koyunuz ve beheri ağzı açık olacak şekilde bekletiniz.
- Katı (toz hâlde) askorbik asit bulunmadığı durumlarda suya yarım limon suyu sıkınız.
- Oluşan değişiklikleri nedenleriyle birlikte kaydediniz. Enzimlerin çalışma şartlarını da göz önünde bulundurarak sonuçları yorumlayınız ve bununla ilgili bir sunum yapınız.
- Sunumu çeşitli görsel, video vb. efektlerle zenginleştirebilirsiniz.

Sonuç Değerlendirme

1. **Gıdalarda meydana gelen enzimatik kararmanın nedenlerini açıklayınız.**
2. **Enzim faaliyetlerini kontrol altına almak için hangi yöntemler kullanılabilir?**

2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlerler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Enzimatik gıda bozulmaları, gıdalardaki doğal enzimlerin neden olduğu istenmeyen değişimlerdir.

2. ( ) Polifenol oksidaz enzimi, oksijenli ortamda bitkideki fenolik bileşiklerin melanin olarak bilinen kahverengi pigmentlere dönüşmesine neden olur.

3. ( ) Enzimler, nem oranı %5'in altında olan ortamlarda aktif değildir.

4. ( ) Enzim konsantrasyonu arttıkça enzimin reaksiyon hızı da artar.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Enzimlerin optimum pH aralığı aşağıdakilerden hangisidir?

A) 1-7 B) 2-7 C) 2-10 D) 7-14 E) 10-14

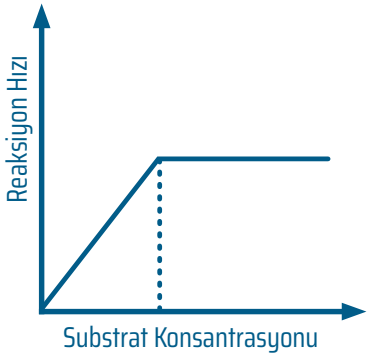
2. Bazı enzimlerin aktivitelerini artırmak için ihtiyaç duyulan iyon veya küçük moleküller aşağıdakilerden hangisidir?

A) pH
B) Basınç
C) İnhibitörler
D) Kofaktör
E)Aktivatörler

3. Bir enzim tepkimesinde reaksiyon ortamına eklenerek enzim hızını azaltan doğal veya yapay kimyasal maddelere ne ad verilir?

A) Aktivatör
B) Basınç
C) Faktör
D) İnhibitör
E) Radyasyon

4.



Görseldeki grafik enzim aktivitesini etkileyen faktör aşağıdakilerden hangisidir?

A) Enzim konsantrasyonu
B) Sıcaklık
C) Su aktivitesi
D) Substrat konsantrasyonu
E) pH

5. Aşağıdakilerden hangisi enzim faaliyetlerini kontrol altına alma yöntemleriden biri değildir?

A) CO_2 uzaklaştırılması
B) Kurutma
C) Oksijenin uzaklaştırılması
D) Sıcaklık
E) UV ışınları

6.

ÖĞRENME BİRİMİ

GIDALARDAKİ TOKSİK MADDELER



KONULAR

6.1. GIDALARDA BULUNAN TOKSİK MADDELER

6.2. GIDALARA BULAŞAN TOKSİK MADDELER

TEMEL KAVRAMLAR

- Toksik
- Pestisit
- Mikotoksin

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Bilimsel yöntemlere ve sağlıklı beslenme kurallarına uygun olarak gıdanın yapısında doğal hâlde bulunan toksik maddeleri
- Bilimsel yöntemlere ve sağlıklı beslenme kurallarına uygun olarak gıda işleme ve tüketim sürecinde gıdalara bulaşan toksik maddeleri

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **Gıda üretiminde tarım ilaçlarının kullanımı hakkındaki düşünceleriniz nelerdir?**
2. **Gıda zehirlenmeleri çeşitlerini biliyor musunuz?**
3. **Ambalaj içindeki gıda ürünlerini sağlıklı buluyor musunuz?**

6.1. GIDALARDA BULUNAN TOKSİK MADDELER

Bazı gıdalarda ve bunların ürünlerinde değişik kökenli toksik maddeler bulunabilmektedir. **Toksik maddeler** karşıt bir fizyolojik etkiyle bir gıda maddesinin beslenme değerini büyüme geriliği meydana getirerek düşüren, protein kullanımını engelleyen maddelerdir. Gizli bir şekilde karaciğer, böbrek vb. diğer organlarda kanser gibi ciddi hastalıklara yol açar.

Gıdalardaki toksinlerin kaynakları şunlardır:

- **Gıdalarda bulunan doğal bileşim ögeleri**
- **Gıdalarda bulaşı sonucu oluşan bileşikler**

6.1.1. Gıdalarda Bulunan Toksik Maddelerin Sınıflandırılması

Gıdalarda doğal hâlde bulunan toksik maddeler, kaynaklarına göre ikiye ayrılır:

- **Bitkisel kaynaklı doğal toksik maddeler**
- **Hayvansal kaynaklı doğal toksik maddeler**

6.1.1.1. Bitkisel Kaynaklı Doğal Toksik Maddeler

Kimyasal yapılarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır (Tablo 6.1).

Tablo 6.1: Bitkisel Kaynaklı Doğal Toksik Maddelerin Sınıflandırılması

BİTKİSEL KAYNAKLI DOĞAL TOKSİK MADDELER		
1	Proteinler, amino asitler ve türevleri	Proteaz inihibitörleri, toksik amino asitler, linatin, fitohemaglutininler
2	Glikozitler	Solanin, saponinler, siyanojenler, guvatrojenler, glisirizin
3	Çeşitli kimyasal yapıda olanlar	Gosipol, antivitamin faktörler, favizm etkenli ögeler, metal bağlayıcılar, uyarıcı ve yatıştırıcılar, nitrat, erusik asit

Proteaz İnhibitörleri: Sebzelerin büyük bir kısmında bulunur. Yeşil fasulye, soya fasulyesi, bakla gibi baklagiller proteaz inhibitörü içerir. Proteaz inhibitörleri, proteinlerin vücutta sindirilmesini sağlayan enzimlerin görev yapmasını engeller. Baklagillerde önemli miktarda tripsin gibi enzim inhibitörleri bulunduğu için bu sebzelerin çiğ tüketilmemesi gerekir.

Lektinler: Fitohemagluteninler, alyuvarları aglutine (pıhtılaştırma) etme özelliğine sahip proteinlerdir. Bu özelliği nedeniyle toksik etki gösterir. Bakla, sarı kabuklu fasulye, mercimek, sümbül fasulyesi, patates, bezelye, salyangoz, balık yumurtası, muz, mango vb. gıdalar fitohemagluten içeriğine sahiptir. Birçok fasulye türü, çiğ tüketildiğinde yapısındaki fitohemagluteninden dolayı toksik etki oluştu

Latirojenler: Lathyrus (latres) cinsine bağlı belirli türdeki bezelyelerde bulunan toksik ögelere **latirojen** denir. **Latirizm** denilen hastalığa yol açar. "İnsan latirizmi" adı verilen "latirizm semptomları" insanlar ile hayvanlarda görülür. Bu semptomlar mesane kanaması, bacaklarda spastik felç gibi belirtiler gösterir. Tohumların bir gece önceden ıslatılıp 30 dakika buharda haşlanması veya 150 °C'de 20 dakika pişirilmesiyle latirojen etkinin ortadan kalktığı bilinmektedir.

Siyanojenler (Siyanojenik Glikozitler): İnsanların ve hayvanların tükettiği birçok besinde siyanojenik glikozitler bulunmaktadır. Siyanojenler, hidroliz yoluyla içerisinde bulunan siyanidi HCN (hidrojen siyanür) şeklinde açığa çıkarır. HCN, vücutta ferrisitokromoksidaz enzimini inhibe ederek ölümle sonuçlanabilecek zehirlenmelere yol açar. Siyanojenler; acı badem, limon, elma, kiraz, kayısı, erik gibi meyvelerin çekirdeğinde, çeşitli baklagillerde ve keten tohumunda bulunur (Görsel 6.1).



Görsel 6.1: Siyanojen içeren meyve çekirdekleri

Guvatrojenler: İnsanlar ve hayvanlar tarafından tüketilen bazı bitkilerde bulunur ve guvatrojen olarak adlandırılır. İyot yetersizliğine neden olan bileşiklerdir. Tiroid bezinin büyümesi ile guatr hastalığına yol açar. Guvatrojenler özellikle lahana, şalgam, karnabahar, turp, hardal, kolza gibi bitkilerde bulunur.

Glisirizin: Meyan kökü bitkisinin kökleri %6-14 düzeyinde bir glikozit olan glisirizin içerir. Meyan kökü, ülkemizde özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde meyan kökü şerbeti (aşlama) diye bilinen bir içeceğin yapımında kullanılır. Kolanın ham maddesidir. Fazla miktarda alınan glisirizin; kan basıncını artırır, kandaki potasyum miktarını yükseltir, baş ağrısı ve yorgunluk yapar.

Saponinler: Saponinler, 400'den fazla bitki türünde bulunmaktadır. Ispanak, kırmızı pancar, kuşkonmaz, şeker pancarı, yer fıstığı, yonca ve çay önemli miktarda saponin içerir (Görsel 6.2). Saponinler, alyuvarları hemolize etme (anemi: kansızlık) ve köpürtme özelliklerine sahiptir. Keskin acı bir tadı vardır. Yiyecek ve içeceklere katılan saponinlerden iyi kalitede köpük elde edilmektedir ancak bu özelliği nedeniyle saponinin kullanımı birçok ülkede yasaklanmıştır.



Görsel 6.2: Kırmızı Pancarlar

Solanin: Patatesin kök ve yapraklarında bulunur ancak yeşil hâldeki patatesin kabuk ve sürgünlerinde daha fazladır. Patatesteki solanin 3-6 mg/100 g'dır. Bu miktar, depolama ve ışık etkisiyle artmaktadır. Ölüme yol açan solanin miktarı, patateste 38-45 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Solaninin bir kısmı patatesin haşlanması sırasında parçalanır diğer bir kısmı da haşlama suyuna geçer. Böylece solanin miktarında azalma görülür.

Gosipol (Sarı Pigment): Gosipolün doğada yalnızca çiğitte (pamuk tohumu) bulunduğu saptanmıştır. Dolayısıyla gosipol, çiğitten elde edilen çiğit yağı ve çiğit ununda da bulunur. Gosipol, hayvanları fizyolojik yönde olumsuz etkilemektedir.

Favizm Etkeni Ögeler: Favizm, bazı insanların baklayı tüketmesi ile etkisini gösterir ve anemiye neden olur.

Miristisin: Miristisin, küçük Hindistan cevizinde (muskat) ve Hindistan cevizi tohumunda bulunur. Karabiber, maydanoz, havuç, sap kereviz ve dereotunda ise az miktarda bulunmaktadır. Miristisinin insanlarda uyuşukluk, bulantı, kabızlık gibi bazı yan etkileri görülür.

Antivitamin Faktörler: Çiğ soya fasulyesi, lipoksidaz enzimi içerir. Portakal kabuğunda sitral bulunmaktadır. Portakal kabuğundan yapılan reçel, marmelat gibi ürünlerde ve portakal suyunda kabuktan geçen sitral etkinliğini kaybetmez. Ayrıca tarçın ve yenibahar gibi baharatlar da sitral içerir. Bazı bitkilerde antivitamin K olarak bilinen kumarin türevleri bulunmaktadır. Kumarin; çilek, ahududu, kayısı ve vişnede de az miktarda bulunur. Kumarinin gıdalarda antioksidan olarak kullanılması birçok ülkede yasaklanmıştır.

Biyojen Aminler: Biyojen aminler; protein içeriği yüksek gıdalarda, fermente gıdalrda veya mikrobiyal aktivite sonunda oluşur. Ayrıca bazı sebze ve meyvelerde de doğal olarak bulunmaktadır. Taze sebzelerin yapılarında bulunan biyojen aminlerin haşlama sırasında haşlama suyuna geçtiği bilinir. Muz, ananas, domates ve ceviz gibi meyvelerde biyojen amin olan serotonin önemli miktarda bulunmaktadır.

Metal Bağlayıcılar: Gıdalarda farklı kimyasal yapılara sahip metal bağlayıcılar bulunabilir. Örneğin; çayda bulunan fenolik bileşikler, gıdalarla alınan demirin vücutta kullanımını engeller. Pazı, ıspanak ve ravent gibi sebzelerde fazla miktarda bulunan oksalik asit kanda kalsiyum seviyesinin azalmasına yol açar. Bunun nedeni oksalik asit ve kalsiyumun birleşmesiyle oluşan kalsiyum oksalatın böbrekler aracılığıyla dışarı atılmasıdır.

Kafein ve Teofilin: Kakao, kahve, kola ve çay kafein bakımından zengin gıda ürünleridir. Ayrıca çayda kafeinle beraber teofilin denen bir madde de bulunur. 0,5 gram kafein; sinir sisteminde belirgin uyarılara, uykusuzluğa ve kalp çarpıntısına neden olur. Bunların yanı sıra mide salgısını artırır ve mide mukozasını tahriş eder. Ayrıca kafein, kas lifleri üzerinde de etkilidir.

Erusik Asit: Erusik asit, kolza yağında bulunan uzun zincirli doymamış bir yağ asididir. Kolza yağında %20-45 oranında erusik asit bulunur. Yapılan çalışmalarda kolza yağının, denek hayvanlarının kalp dokularında değişimlere ve miyokartta önemli yağ birikimine neden olduğu belirlenmiştir.

Nitrat: Bitkilerin birçoğunun yaprak, sap ve meyvelerinde bulunur. Özellikle azotlu gübre verilen ıspanak, pazı, salatalık ve turp gibi sebzeler önemli oranda nitrat depolamaktadır (Görsel 6.3). Ayrıca içme ve kullanma sularında bulunan nitrat miktarı da önemlidir. Birçok ülkede bu miktar 40-50 mg/l ile sınırlandırılmıştır. Aslında nitrat doğrudan toksik etkili değildir. Bazı koşullarda (pişirme, sıcaklık, depolama vb.) nitrat nitrite dönüşür. 4 ayın altındaki bebeklerin beslenmesinde ıspanak gibi nitrat içeriği yüksek koyu yeşil yapraklı sebzelerin kullanımına dikkat edilmelidir.



Görsel 6.3: Ispanak yaprakları

6.1.1.2. Hayvansal Kaynaklı Doğal Toksik Maddeler

Hayvansal kaynaklı doğal toksik maddeler için beş türde sınıflandırma yapılmıştır (Tablo 6.2).

Tablo 6.2: Hayvansal Kaynaklı Doğal Toksik Maddelerin Sınıflandırılması

HAYVANSAL KAYNAKLI DOĞAL TOKSIK MADDELER	
1	Deniz ve tatlı su hayvanlarındaki doğal toksik bileşikler
2	Zehirli bal
3	Avidin
4	Biyojen aminler
5	Guvatrojenler

1. Deniz ve Tatlı Su Hayvanlarındaki Doğal Toksik Bileşikler

Balık zehirlenmesi, balık veya balık ürünlerinin tüketiminden sonra ortaya çıkar. Saksitoksin, tetrodoksin, skombrotoksin adı verilen üç çeşit toksik bileşik olduğu bilinmektedir.

Saksitoksin: Midye, istiridye gibi kabuklu su ürünlerinde bulunan toksik maddedir (Görsel 6.4). Bu kabuklu deniz ürünleri, insanlar tarafından tüketildiğinde bağlanmış toksik öge hemen açığa çıkarak kaslarda felce yol açar. Saksitoksin ısıl işlemlere dayanıklıdır. İnsan için öldürücü dozun 1 mg olduğu bilinmektedir.



Görsel 6.4: Midyeler

Tetrodotoksin: Kirpi balığı, balon balığı, gibi balıkların testis ve ovaryumlarında tetrodotoksin bulunmaktadır. Bu toksin ısıl işlemlere karşı dirençli ve çok güçlü bir toksindir. Pişirme sırasında parçalanmaz ancak alkali ortamlarda parçalanır. Bilinen tüm balık toksinleri içinde en öldürücü olarak bilinen bu toksinin insanlar için letal dozu (öldürücü dozu) 1 mg'ın altındadır.

Skombrotoksin: Ton, palamut, orkinos, uskumru ve torik gibi balıkların tüketilmesinin ardından skombroid zehirlenmesi ortaya çıkabilir. Bu zehirlenme türü, ton ve diğer skombroid balıklarının dokularında bulunan yüksek düzeydeki histaminden kaynaklanır. Balıkların histamin miktarı 1.000 mg/kg'dan daha fazla olduğunda toksik etkili olacağı kabul edilmektedir.

BİLGİ KUTUSU

"Yoğurtla balık birlikte tüketildiğinde zehirlenme olur." cümlesi pek çok kez söylenmiştir. Aslında bu görüşün temelinde yatan sebep histamindir. Balığın içindeki histamin miktarı bayat balıkta daha fazladır. Ayrıca yoğurtta da histamin bulunur. Yoğurdun taze olmayan balıkla birlikte tüketilmesi histamin artışına neden olacağı için tavsiye edilmez.

2. Zehirli Bal

Karadeniz Bölgesi'nde "zehirli bal" ya da halk arasında "deli bal" olarak adlandırılan toksik bir bal çeşidi uzun zamandan beri bilinmektedir. Zehirli baldaki toksik bileşik, andromedotoksin adlı bir glikozittir. Arılar, bu maddeyi "sarı ağu" ve "kara ağu" adı verilen bitkilerin çiçeklerinden bala taşır. Bu baldan 50-100 gram kadar yenmesi zehirlenmeye yol açar. Zehirlenme belirtileri; baş ve karın ağrısı, bulantı,

kusma, ishal, göz kararması, ağızda ve deride yanma, fazla terleme, heyecan, sinirsel bozukluklar, kol ve bacak felci olarak kendini gösterir. Kaynatılması ve uzun süre depolanması sonucunda balın toksisitesini kaybettiği görülmüştür.

3. Avidin

Çiğ yumurta akında bulunan avidin maddesi, B grubu vitaminlerinden olan biotini bağlayarak bu vitaminin aktivitesini engellemektedir. Yumurta piştikten sonra avidinin antivitamin etkisi kaybolmakta ve biotin serbest kalmaktadır.

4. Biyojen Aminler

Bitkisel gıdalarda doğal olarak bulunan toksik etkili aminler, peynir gibi hayvansal gıdalarda da oluşabilir. Peynirlerde olgunlaşma sonucu histamin, tiramin gibi aminler meydana gelir.

5. Guvatrojenler

Lahana, şalgam gibi bitkileri tüketen ineklerin sütlerinde guvatrojen madde saptanmıştır.

6.1.2. Mikrobiyal Toksinler

Gıdaların birçok mikrobiyal kontaminasyon kaynağı olduğu bilinir. Gıda maddeleri aracılığı ile insanlara taşınan bakteri, virüs, mantar vb. mikroorganizmalar insanlarda enfeksiyona neden olur. Mikrobiyal toksinler, mikotoksinler ve bakteriyel toksinler olmak üzere iki grupta incelenir.

6.1.2.1. Mikotoksinler

Gıdalar üzerinde fungusların gelişmesi sonucu, bu gıda ürünlerinde insanlar ve hayvanlar üzerinde toksik etki oluşturan metabolitler oluşur. Bu metabolitlere **mikotoksin** denir.

BİLGİ KUTUSU

METABOLİT;
Canlılarda çeşitli biyolojik tepkimelerle ortaya çıkan ve normal olarak vücutta birikmeyerek başka bileşiklere dönüşen kimyasal bileşiklerdir.

Mikotoksin oluşturan en yaygın küfler; *Aspergillus, Fusarium* ve *Penicillium* cinsleri içinde yer almaktadır (Görsel 6.5). Ayrıca bitki gelişimi, hasat, nakil, depolama ve işleme esnasında da mikotoksin oluşumu gerçekleşebilir.



Görsel 6.5: *Aspergillus* küfü

Gıda maddelerindeki fungal gelişme ve mikotoksin üretiminde oluşan en önemli faktörler şunlardır:

- **Sıcaklık**
- **Su aktivitesi**
- **Oksijen**

Küflerin ürettiği önemli mikotoksinler şunlardır:

- **Aflatoksinler**
- **Okratoksinler**
- **Patulin**
- **Fusarium toksinleri**

Yukarıda verilen toksinlerin en önemlisi aflatoksindir. Aflatoksin, *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* tarafından sentezlenmektedir. Depo küfü olarak da bilinir. Dolayısıyla tarımsal ürünler, depolanmış taneli ürünler, yer fıstığı, fındık, ceviz, pirinç, kestane, kuru incir, toz kırmızı biber ve diğer tahıllarda oluşumu son derece önemlidir (Görsel 6.6).



Görsel 6.6: Aflatoksin oluşumu

Aflatoksin, küflü yemlerle beslenmiş hayvanların karaciğer, böbrek gibi organları ile kas, süt ve yumurtalarında bulunabildiği gibi küflü bitkisel gıdalarda da bulunabilir. Aflatoksinlerin insanlar için zararı çoktur. Ayrıca ürünler, iç ve dış ticarette kabul edilmediği için ekonomiye zarar vermektedir.

BİLGİ KUTUSU

Gıdalara ve yemlere küf bulaşmasının ve bunlarda toksin oluşumunun önlenmesi için bireysel olarak ve üretici olarak gerekli tedbirlerin alınması ile işletme prosedürlerinin HACCP (Tehlike Analizleri ve Kritik Kontrol Noktaları) kurallarına uygun şekilde yürütülmesi ve bu konularda gerekli çalışmaların artırılması gün geçtikçe daha büyük önem arz etmektedir. Böylece bireysel ekonomiden ulusal ekonomiye önemli katkılar sağlanacağı düşünülmektedir.

Aflatoksinlerin bu kadar önemli olmasının sebepleri şunlardır:

- **Çok yaygın olması**
- **Son derece toksik özelliğe sahip olması**
- **Bilinen en güçlü kanserojen maddelerden biri olması**

Alfatoksinler, en çok karaciğere hasar verir. Ayrıca kansere de sebep olmaktadır.

Evlerimizdeki önemli mikotoksin kaynakları; küflenmiş meyveler, ekmek ve diğer fırın ürünleri, et ve işlenmiş et ürünleridir. Özellikle bulgur, pirinç; buğdaydan yapılan un, makarna ve ekmek gibi ürünlerin nemden uzak, küflenmeyeceği ortamda saklanması gerekir. Yıllık saklanan ürünler zaman zaman güneşlendirilmelidir. Fındık, fıstık, ceviz ve mısır gibi yağlı, proteinli besinler küflenmeyecek şekilde saklanıp tüketilmelidir.

6.1.2.2. Bakteriyel Toksinler

Mikrobiyal gıda zehirlenmeleri arasında bakteriyel olanlar önemli yer tutmaktadır. Bazı bakteriler toksin üretir. Bu bakterilerin ürettiği toksinli yiyeceğin tüketilmesi sonucu meydana gelen besin zehirlenmelerine **besin intoksikasyonu** denir. Besin intoksikasyonuna neden olan en önemli bakteriler *Clostridium botulinum* ve *Staphylococcus aureus*'tur.

Clostridium botulinum: Gram pozitif, çubuk şeklinde, sporlu, anaerob ve çoğu zaman gaz oluşturan toprak kaynaklı bir bakteridir. **Botulizm** denilen zehirlenmelere neden olur. Bilinen en etkili zehirdir. 0,1-1,0 mikrogramı yetişkin bir insanı öldürebilir. Clostridium botulinum, 37 °C'de ve pH değeri 7 civarında optimum faaliyet göstermektedir. Yüksek sıcaklıklarda stabilitesi azalır. 72 °C'de 18 dakikada ya da 80 °C'de 6 dakikada inaktive olur.

Et ve et ürünleri, meyve ve sebzeler, konserve ürünleri ile süt ve süt ürünleri botulizme neden olmaktadır. Özellikle konserve sanayinde en tehlikeli bakteri olarak bilinir (Görsel 6.7). Botulizm görülme sıklığı az olmasına rağmen ölüm oranı yüksektir. Ayrıca yetersiz ısıl işlem görmüş gıdalarla ev yapımı konservelerin tüketiminde görülür. Bununla birlikte ticari olarak üretilen gıdalarda da botulizme rastlanır.



Görsel 6.7: Botulizm testi

Semptomlar, toksinli gıdanın vücuda alınmasından 12-36 saat sonra görülmeye başlar. İlk semptomlar, mide bulantısı ve kusmadır. Sonrasında hâlsizlik, ağızda ve boğazda kuruma, yutma zorluğu ve daha

sonrasında felç görülür. Bunu çift görme, dil boyun ve eklem yerlerinde gevşemeler takip eder. Hatta bu durum ölüme kadar gidebilir.

Staphylococcus aureus: Gram pozitif, fakültatif bir bakteri olup oksijensiz ortamdan çok oksijenli ortamda daha iyi gelişim gösterir. Tuza ve nitrata karşı dayanıklı bir bakteri tipidir. Et ürünleri, süt ve süt ürünleri, kremalar, dondurma, pasta ve yumurta içeren gıda maddeleri risk oluşturmaktadır. Isıl işlemlere karşı çok dayanıklıdır. Pastörizasyon ve kaynatma sıcaklıkları (yani mutfak koşulları) inaktive edemez ancak 117 °C'de sterilizasyon sıcaklığında inaktive olur. Gıdanın vücuda alınmasından yaklaşık 4 saat sonra belirtiler görülmeye başlar. Hastalık belirtileri kusma ve ishaldir.



Görsel 6.8: Paracelsus

HER MADDE TOKSİNDİR, TOKSİN İLE TOKSİN OLMAYANI BİRBİRİNDEN AYIRAN, DOZDUR.

PARACELSUS

1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerden doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Guvatrojenler, iyot yetersizliğine neden olan bileşiklerdir.

2. ( ) Küflerin ürettiği en önemli toksin türü okratoksinlerdir.

3. ( ) Skombroid zehirlenme türü, ton ve diğer balıkların dokularında bulunan yüksek düzeydeki histaminden kaynaklanır.

4. ( ) Saloninler, yiyecek ve içeceklere katılarak daha iyi kalitede köpük elde edilebilmektedir.

5. ( ) Siyanojenler, hidroliz yoluyla içerisinde bulunan siyanidi, HCN (hidrojen siyanür) şeklinde açığa çıkarır.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1.
I. Glisirizin
II. Avidin
III. Zehirli bal
IV. Biyojen aminler
V. Erusik asit

Yukarıdakilerden hangileri bitkisel kaynaklı-doğal besin toksinlerindendir?

A) I ve II B) I ve III C) I ve V D) IV ve V E) I, II ve III

2. Aşağıdakilerin hangisinde besin intoksikasyonuna neden olan bakteriler birlikte verilmiştir?

A) *C. botilinum, C. perfiringens*

B) *B. cereus, C. tetani*

C) *Aspergillus, Fusarium*

D) *C. botilinum, S. aureus*

E) *C. perfiringens, S. aureus*

3. Aşağıdakilerden hangisi küflerin ürettiği mikotoksinlerden değildir?

A) Aflatoksinler

B) Fusarium toksinleri

C) Okratoksinler

D) Patulin

E) Saponinler

4.
I. Bilinen en etkili zehirdir.
II. Küfler tarafından üretilir.
III. Toksin, 80 0C' de 6 dakikada inaktive olur.
IV. Zehirlenme durumunda semptom görülmez.
V. Yetersiz ısıl işlem görmüş ev yapımı konservelerde görülebilir.

Botulizm zehirlenmesi ile ilgili olarak verilen bilgilerden hangileri doğrudur?

A) I ve II B) I, III ve V C) III ve IV D) II ve IV E) I, II, IV ve V

6.2. GIDALARA BULAŞAN TOKSİK MADDELER

Besinler, üretim-tüketim zinciri aşamasında (çiftlikten çatala) güvenliğini bozan çeşitli etmenlerle karşılaşabilir. Gıda işleme ve tüketim sürecinde gıdalarla kontaminasyonu olan toksik maddelerin dozları ve gıdalara hangi yollarla bulaştığı önemli parametrelerdir. Gıdalardaki bu istenmeyen kalıntılar; doğal, çevresel kirleticiler, tarımsal kimyasallar, veteriner ilaçları, hormonlar, paketlemede kullanılan ambalaj materyallerine kadar geniş bir dağılım göstermektedir (Tablo 6.3).

Tablo 6.3: Gıda İşleme ve Tüketim Sürecinde Gıdalara Bulaşan Toksik Maddelerin Sınıflandırılması

GIDA İŞLEME VE TÜKETİM SÜRECİNDE GIDALARA BULAŞAN TOKSİK MADDELER	
1	Çevresel kirleticiler ● **Metaller (kurşun, kadmiyum, civa)** ● **Poliklor bifeniller (PCB)** ● **Dioksin**
2	Pestisit kalıntıları
3	Veteriner ilaç kalıntıları
4	Radyonüklidler
5	Ambalaj malzemelerinden gıdaya taşınan kirleticiler
6	Deterjanlar / dezenfektan kalıntıları
7	Hatalı kullanılan katkı maddeleri
8	Pişirme işlemi sırasında oluşan kirleticiler ● **Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)** ● **Heterosiklik aminler (HA)** ● **Akrilamid** ● **N-Nitrozo bileşikler**

6.2.1. Çevresel Kirleticiler

Çevresel kirleticiler çok çeşitlidir. En önemli çevresel gıda kirleticileri; metaller, poliklor bifeniller (PCB) ve dioksin olarak bilinir. Gelişen teknolojiye bağlı olarak metallerin kullanımı da artar. Buna bağlı olarak işlem sonrası artık ve atıklar çevreyi kirletmektedir. Gıda ürünleri, işleme ve tüketim aşamalarında toksik özellik gösteren element bulaşılarına maruz kalabilir (Görsel 6.9).



Görsel 6.9: Toksik metal testi

Gıdalarda kontaminasyonu büyük risk oluşturacak en önemli iz elementler şunlardır:

Cıva (Hg): Toksik özelliği fazladır. Özellikle deniz ürünlerinde cıva düzeyinin yüksek olduğu görülmüştür. Cıva zehirlenmesi, çeşitli cıva bileşikleri içeren gıdaların tüketilmesi sonucu meydana gelir. İnsanlarda cıva zehirlenmesi, balık ve suda yaşayan diğer canlıların tüketilmesinden kaynaklanmaktadır.

Kurşun (Pb): En önemli kontaminasyon kaynağı, benzine katılan tetra etil kurşundur. Her araç, yılda 1 kg Pb'un çevreye yayılmasına neden olur. Egzoz gazındaki kurşunun yayılmasıyla toprakta ve bu toprakta yetişen bitkilerde kurşun içeriği artar.

Suyun çıktığı kaynağa göre içindeki kurşun miktarı değişebilir. Kurşun içerikli boru ve tankların su dağıtımında kullanılması sonucu suda kurşun miktarının arttığı gözlenmiştir. İçme sularında Dünya Sağlık Örgütünün (WHO) izin verdiği maksimum kurşun miktarı 50 ppb'dir (milyarda bir).

Konserve kutularının lehimlenmesinde kullanılan kurşun başka bir kontaminasyon kaynağıdır. Bir diğer kurşun kontaminasyonu ise seramik kaplardaki sırlardır. Bu seramik kaplarda uygun sırlama işlemi yapılmadıysa sırdan gıdaya geçen kurşun miktarı fazlalaşır.

Kurşun sindirim sisteminden atılamadığı için kan, karaciğer, böbrek, beyin ve kemikte depolanır. Kanda 80 µg/100 ml'nin üzerindeki değerlerde kronik kurşun zehirlenmesi görülür.

Kadmiyum (Cd): Kadmiyum kalıntısı miktarı üründen ürüne farklılık gösterir. WHO tarafından bildirilen maksimum doz miktarı kişi başı 50 µg'dır (mikrogram). Kadmiyum, bitkisel gıdalara sulama suyu ile bulaşabilmektedir. Kadmiyum bulaşmasının kaynaklarından biri de malzemesinde kadmiyum içeren gıda makine ve ekipmanıdır. Kadmiyumun kardiyovasküler sistem ve iskelet sistemi üzerine toksik etkisi vardır.

Kalay (Sn) ve Alüminyum (Al): Yapılan araştırmalar, gıda ambalajlarından gıdaya bulaşan kalayın

miktarı fazla da olsa zararlı olmadığını göstermiştir. Alüminyum, kullanılan en yaygın metallerden biridir. Paketleme malzemeleri, pişirme araçları, kabartma tozu bunlara en iyi örnektir. Besinlerle alınan alüminyumun kemikler ve nörolojik sistem üzerinde olumsuz etkileri vardır. Alzaymır hastalığının alüminyumun beyinde birikmesi ile ilişkisi olduğu düşünülmektedir.

Poliklor Bifeniller (PCB): Poliklorlanmış bifeniller gıdalara toprak, atmosfer, su kaynakları gibi yollardan bulaşabilir. Suda çözünürlükleri oldukça düşüktür. PCB'in neden olduğu etkiler; kanser, teratojenik ve nörotoksiktir.

Dioksin: İnsan vücuduna yiyecek ve içeceklerle veya solunum ve deri yoluyla alınan dioksinler, vücutta çok yavaş parçalanır. Dioksin içeren kimyasallara temas eden kişilerde görülen sağlık sorunları; iştahsızlık, deride renk değişimleri, karaciğer rahatsızlıkları, psikolojik anormallikler, nörolojik sorunlar, yüksek tansiyon vb.dir.

6.2.2. Pestisit Kalıntıları (Tarım İlaçları)

Pestisit, tarımsal ürünlerin yetiştirilmesi esnasında ürünlere zarar veren canlılara (tarım zararlılarına) karşı kullanılan kimyasal maddelere denir. Bu maddeler, bir taraftan üretim artışını olumlu etkilerken bir taraftan da gıda ürünlerinde ve çevrede bulaşmaya neden olur (Görsel 6.10).



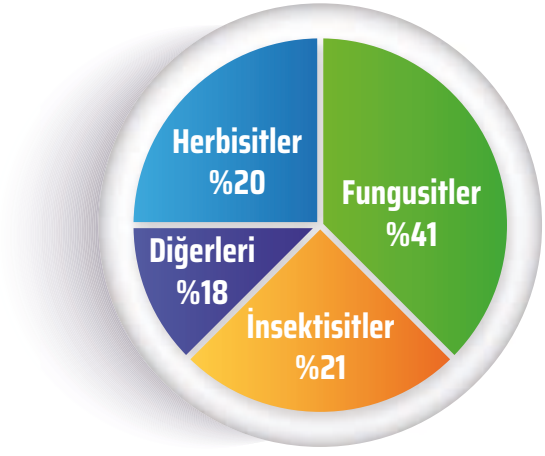
Görsel 6.10: Tarım ürünlerinde ilaçlama

Pestisitler üç ana grupta incelenir:

- **İnsektisitler (Böceklerde etkilidir.).**
- **Fungusitler (Küflerde etkilidir.).**
- **Herbisitler (Zararlı otlarda etkilidir.)**

Bunlara ek olarak akarasitler (kenelerde), apisitler (yaprak bitinde), nematisitler (kurtçuklarda), molusitler (yumuşakçalarda) ve rodentisitler (omurgalı zararlılarda) gibi pestisit çeşitleri bulunmaktadır.

Pestisitler, bitkilere uygulandıktan sonra değişik kimyasal yapılara parçalanır. Parçalanma sonucu ortaya çıkan ürünler, pestisitin kendisinden daha toksik ve daha kalıcı olabilmektedir. Dolayısıyla bu ürünler hem çevre kirliliğine neden olmakta hem de insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Gelişmekte olan ülkelerde yılda 37.000 kanser olgusunun tarım ilaçlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle pestisitlerin kullanım miktarına, uygulama yöntemlerine ve gıdalardaki maksimum kalıntı düzeyine ülkelerin ilgili Bakanlıkları tarafından sınırlamalar getirilmiştir (Grafik 6.1).



Şekil 6.1: Pestisit gruplarına göre Türkiye'de tarım ilacı kullanım oranı

Yapılan çalışmalar sonucu pestisit kalıntılarının;

- **Pankreas kanserine,**
- **Lösemiye,**
- **Sperm oluşumunda azalmaya,**
- **Erken doğuma,**
- **Doğuştan bozukluklara,**
- **Emzirme süresinin kısalmasına neden olduğu belirlenmiştir.**

6.2.3. Veteriner İlaçlarından Antibiyotik Kalıntıları

Veteriner ilaçları, etinden ve sütünden faydalanılan hayvanlara beslenme ve hastalık durumunda uygulanan ilaçlara denir. Bu ilaçlar, hayvansal gıdaların tüketilmesiyle insanlara geçmekte ve insan sağlığı üzerinde risk oluşturmaktadır.

Hem enfeksiyon hastalıklarını kontrol ve tedavi etmek hem de yem katkısı sağlamak amacıyla hayvanlara antibiyotik verilmektedir. Bu antibiyotiklerin bir kısmı hayvan dokularında kalırken diğer kısmı ise süt ve idrar yoluyla atılır. Antibiyotikli ürünler, bazı mikroorganizmaların direnç kazanmasına ve kişilerde alerjik reaksiyonlara neden olur.

6.2.4. Gıdalarda Pişirme Sırasında Oluşan Toksik Maddeler

Gıdalara uygulanan yüksek sıcaklık sonucunda meydana gelen bazı maddelerin kanserojen olduğu bilinmektedir. Bu maddeler;

- **Akrilamid,**
- **Heterosiklik aminler (HA),**
- **Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH),**
- **Nitrozaminlerdir.**

Akrilamid

Gıda maddelerine uygulanan ısıl işlemler sonucu oluşan ve kanserojen olduğu ispatlanan toksikolojik bir maddedir. Akrilamid bir katkı maddesi değildir. Gıdalarda bulunan doğal bir bileşendir. Karbonhidrat ve proteinlerin yüksek sıcaklıklardaki tepkimeleri ile oluşur.

Özellikle 120 °C'nin üzerinde kızartılmış, ızgara veya fırında pişirilmiş, kavrulmuş gıdalarda akrilamid oluşumu tespit edilmiştir. Haşlama yöntemiyle pişirilen gıdalarda ise akrilamid oluşumu görülmemiştir. Kızartmalar, fırıncılık ürünleri, patates ürünleri (cips ve kızartmalar) ve ekmek akrilamid oluşumu yönünden risklidir (Görsel 6.11).



Görsel 6.11: Kızartılmış patetes

Akrilamidin "insanlar için büyük bir olasılıkla kanserojen" olduğu, Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi tarafından belirlenmiştir.

Heterosiklik Aminler (HA)

Et ve diğer keratin içeren gıda maddelerinde yüksek sıcaklığın meydana getirdiği heterosiklik aminler oluşmaktadır.

Heterosiklik aminlerin oluşumunda;

- **Pişirme sıcaklığı,**
- **Pişirme yöntemi,**
- **Pişirme süresi,**
- **Gıdanın yapısı etkili olmaktadır.**

Besine uygulanan son sıcaklık derecesi 150 °C'nin altında olduğunda heterosiklik aminlerin oluşumu, yüksek sıcaklıklardaki oluşumlarına göre daha azdır. Etlerin yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi esnasında en az 16 tane yüksek mutajenik heterosiklik aminler tanımlanmıştır ve çoğunun farelerde karsinojenik olduğu belirlenmiştir.

BİLGİ KUTUSU

Mutasyon; bir hücrede genetik materyalin miktarında veya yapısında meydana gelen kalıcı değişikliklere denir.
Mutajen terimi, mutasyon oluşumunu artıran ajanlar için kullanılır. Tamamı olmasa da birçok mutajen maddesi kanserojendir.

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)

Genel olarak doğrudan ateş teması ile pişirilen gıda maddelerinde ortaya çıkmaktadır. Mangal kömüründe ızgara, kızartma ve dumanlama sırasında gıdalarda oluşur (Görsel 6.12). Bir diğer oluşumu da kömür ve petrolün yanmasıyla oluşan gaz ve dumanın havadan toprağa, suya ve besinlere bulaşmasıdır.



Görsel 6.12: PAH oluşumuna sebep olan pişirme yöntemi

Özellikle deri ve akciğer kanseri ile bağlantılı olduğu bilinir. Bu bileşiklerin (PAH) vücuttan uzaklaştırılması çok uzun sürmektedir. Ayrıca DNA'ya kalıcı hasarlar verdiği açıklanmıştır.

Nitrozaminler

Nitrozaminler, oldukça etkili kanserojen bileşiklerdir. Peynir, sebze, et gibi birçok gıdada bulunur. Ayrıca yine gıdalarda bulunan nitrit ve nitrat etkisiyle vücutta oluşabilmektedir.

Nitrozaminler en çok kürlenmiş etlerde, tütsülenmiş balıklarda, direkt ateşte pişirilmiş soya proteinli ürünlerde görülür. Bu bileşiklerin mide, pankreas, kolon, rektum ve mesane kanseri riskini artırdığı tespit edilmiştir.

6.2.5. Ambalaj Malzemelerinden Gıdaya Taşınan Kirleticiler

Gıda ve ambalaj, birbirini etkileyen ve sürekli gelişen iki olgudur. Ambalaj materyalleri; cam, metal, kâğıt, tahta ve plastiklerdir. Plastikler hafiftir ve kolay şekil verilebilme özelliğine sahiptir. Aynı zamanda kullanışlı, dayanıklı ve maliyeti düşüktür. Son yıllarda plastik ambalaj materyali kullanımında büyük bir artış olduğu gözlenmiştir.

Plastik, C, H, O, N ve diğer organik ya da inorganik elem12entler ile oluşturduğu monomer adı verilen basit yapıdaki molekülden; **polimer** adı verilen uzun ve zincirli bir yapıya dönüştürülmesi ile elde edilen malzemelere denir. Gıda paketlemede kullanılan plastik tiplerinden bazıları Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Gıda maddeleriyle temas eden plastik ambalaj malzemeleri gıdayı sızdırmamalı, gıda maddelerini absorbe etmemeli, tadını, kokusunu ve rengini değiştirmemelidir. Taşıma ve depolama için gerekli fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olmalıdır. Yine gıda ürünleri ile temas edecek plastiklerde kullanılan boya maddeleri, gıda maddelerine kesinlikle geçmemeli ve toksik madde içermemelidir.



Şekil 6.2: Gıda paketlemede kullanılan plastik tipleri

Plastik ambalajların günümüzde vurgulanmasının sebebi gıda maddeleri ile olan etkileşimidir. Örneğin, damacanalardan suya, plastik biberonlardan bebek mamalarına madde geçişi gibi konular tartışılmaktadır.

Plastik ambalajdan gıdaya geçiş yaptığı düşünülen maddeler şunlardır:

- **Bisfenol A (BPA)**
- **Stiren**
- **Vinil klorür**
- **Fitalatlar**

Bazı plastik türlerinin kullanım amaçları ve sağlık üzerine etkileri Tablo 6.4'te verilmiştir.

Tablo 6.4: Bazı Plastik Türlerinin Kullanım Amaçları ve Sağlık Üzerine Etkileri

PLASTIK TÜRÜ	KULLANIM ALANI	SAĞLIK ÜZERINE ETKİSİ
Polivinil Klorid (PVC)	Besin paketleri, plastik streçler, kozmetik ürünleri, bina kiremitleri, emzikler, banyo perdeleri, oyuncaklar, su boruları, su hortumları, şişme havuzlar.	Kanser, doğum kusurları, genetik değişiklikler, kronik bronşit, ülser, cilt hastalığı, görme kaybı.
Bisfenol A (BPA)	Konserve kutu iç kaplamaları, bebek biberonları, süt, su ve içecek şişeleri veya damacanaları, gıda pişirme / servis ekipmanları.	Beyin gelişimini engelleme, vücutta yapısal değişikliklere yol açma, hiperaktivite ve öğrenme bozuklukları, kısırlık.
Polistiren	Et, balık, yoğurt ve peynirin konulduğu fom (köpük) kaplar, fom bardak ve sert tabaklar, tek kullanımlık çatal, kaşık ve bıçaklar, boyalar, servis tepsileri, oyuncaklar.	Göz, kulak ve burunda tahriş, işçilerde lenfatik kanser oranının yükseldiği belirlenmiştir.
Polietilen (PET)	Su ve soda şişeleri, bardaklar, besin saklama kapları ve streç film, plastik çantalar, mutfak araç gereçleri, oyuncaklar.	İnsan karsinojeni olabilir.
Fitalatlar (DEHP, DINP ve diğerleri)	Yumuşak vinil ürünler (fitalat içeren vinil kıyafetler), ayakkabı, yazıcı mürekkebi, ağıza alınmaması gereken oyuncaklar ve çocuk ürünleri, vinil döşeme ve kan tüpleri, streç film, cerrahi eldiven, solunum cihazları ve maskeleri, diğer tıbbi aletler.	Endokrin, gelişme ve üreme rahatsızlıkları, doğum kusurları, hormonal değişiklikler, kısırlık, immün sistemi rahatsızlıkları.
Polyester	Yatak, kıyafet, çocuk bezi, besin paketleri.	Göz ve solunum bölgesinde tahriş, akut cilt rahatsızlıkları.

6.2.6. Deterjan / Dezenfektan Kalıntıları

Gıda işletmelerinde kaliteli ve güvenli üretimin sağlanabilmesi için temizlik ve dezenfeksiyona önem verilmesi gerekir. Bu amaçla;

- **Alet ve ekipmanlara bulaşan artıkların temizlenmesi,**
- **Alet, ekipman, ambalaj kapları vb.nin mikroorganizmalardan arındırılması,**
- **Gıda maddelerinin üretim ve depolama yerlerinin temizlenmesi ve mikroorganizmalardan arındırılması son derece önemlidir.**

Deterjanlar suya eklendiğinde temizliğe yardım eden kimyasal ajanlardır. Bir ortamdaki mikroorganizmaların tümünün öldürülmesine ya da zararlı etkide bulunamayacak en düşük düzeye indirilmesine **dezenfeksiyon** adı verilir. **Dezenfektan** ise dezenfeksiyon işlemi için kullanılan kimyasal maddelerdir.

Temizlik işlemi ile mikroorganizmaların bir kısmı ortamdan uzaklaştırılır. Mikroorganizmalardan kalan artıkları yok etmek ve bunların çoğalmasını önlemek için de dezenfeksiyon işlemi uygulanır.

İşletmelerde yüzey temizliklerinde genellikle su kullanılmaktadır. Su, kimyasal temizlik maddeleri için çözücüdür.

Gıda işletmelerinde kullanılan temizlik maddeleri şöyle sınıflandırılır:

- **Alkali Bileşikler:** Sodyum hidroksit, sodyum karbonat, sodyum metasilikat ve sodyum bikarbonat vb.
- **Asitli Bileşikler:** Hidroklorik asit, nitrik asit, asetik asit, sitrik asit, formik asit vb.
- **Yüzey Aktif Bileşikler:** Sabunlar, amfoterik bileşikler, alkil eter sülfatlar vb.
- **Kalsiyum Bağlayıcı Bileşikler:** Tetrasodyum bifosfat, sodyum tartarat, nitrilotriasetik asit (NTA)
- **İnhibitör Maddeler:** Sodyum sülfit, etil amin, potasyum kromat vb.
- **Köpük Önleyiciler:** Trialkil melamin

Gıda işletmelerinde kullanılan önemli dezenfektanlar şöyle sınıflandırılır:

- Halojenler
- Yüzey aktif bileşikler
- Oksidan maddeler
- Alkali ve asit bileşikler
- Alkol bazlı maddeler
- Aldehitler
- Kükürt dioksit
- Fenol ve türevleri

6.2.6.1. Deterjan Seçiminde Dikkat Edilecek Noktalar

Deterjan seçiminde dikkat edilmesi gereken iki önemli husus vardır. Birincisi temizlenecek yüzey, ikincisi ise uzaklaştırılması istenen materyaldir.

Buna göre gerekli temizlik çözeltileri şu şekilde hazırlanır ve uygulanır:

- Süt, sebze ve meyve işleyen fabrikaların günlük temizliği için genel olarak ılımlı alkali temizlik çözeltileri, et ve et ürünlerini işleyen fabrikaların günlük temizliği için ise daha kuvvetli alkali temizlik maddeleri kullanılır.
- Temizlenecek yüzeydeki kirlilik içeriği fazla yağlı ise temizlik çözeltisine yüzey aktif bileşikler eklenir ve böylece yağların yüzey emülsiyonu sağlanmış olur.
- Paslanmaz çelik, klor haricindeki hemen hemen hiçbir deterjandan zarar görmez ve korozyona uğramaz.
- Alüminyumi, kalay, bakır ve galvaniz yüzeyler kuvvetli asit veya kuvvetli alkali etkisiyle hızla korozyona uğrar. Bu tür yüzeylerin meta silikat içeriği yüksek ılımlı alkali temizlik madde karışımları ile temizlenmesi uygundur.
- Tenekelerin temizliğinde ise poli fosfat karışımlı ve korozyonu önleyici madde katılmış temizlik madde karışımlarının kullanılması önerilir.
- Şişelerin yıkamasında kullanılan sudan kaynaklanan taşlar ve lekeler, poli fosfat karışımlı temizlik madde karışımları ile temizlenebilir.
- Ağaç ve dokuma malzemeleri alkalilerin etkisiyle yumuşayabilir hatta kuvvetli alkali etkisiyle parçalanabilir.
- Yağlı boyalar ve cam yüzeyler kuvvetli alkalilerden zarar görebilir.
- Kauçuk materyal, kuvvetli asitlerden zarar görürken alkalilerden etkilenmez.
- İşletmelerdeki beton yüzeyler ile tabanlar asitlerden etkilenir. Bunların temizliğinde metal silikatlarca zengin deterjanlar kullanılmalıdır.
- Duvar ve tavanlar küflenme açısından risklidir. İyi bir temizlik, küflenmeyi büyük ölçüde önler. Ayrıca fungistatik boyalar da kullanılabilir. .

1. UYGULAMA

Uygulamanın Adı: Plastik Ambalajların Sembolleri ve Kullanımı Hakkında Afiş Hazırlama

Uygulamanın Amacı: Plastik ambalajların gıdalarda sektöründe kullanımını açıklamak.

Gerekli Araç Gereç: Bilgisayar, A4 kâğıdı

İşlem Basamakları: Afiş hazırlarken aşağıdakileri dikkate alınız:

- **Afişteki bilgileri, doğruluğuna dikkat ederek, gıda ile temas eden plastik ambalajlarla ilgili kazanımları kapsayacak şekilde hazırlayınız.**
- **Afişte plastik ambalajların kullanım al anları gruplandırınız.**
- **Afişte yazı, resim, tablo, grafik, şekil, fotoğraf vb. en az dört farklı materyallerkullanınız.**
- **Afişte Türkçe'yi doğru, yazım kurallarına ve noktalama işaretlerine dikkat ederek kullanınız.**

Afişin değerlendirilmesinde aşağıdaki değerlendirme ölçeği kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

	ÇOK İYİ (4)	İYİ (3)	ORTA (2)	YETERSİZ (1)
İçerik (50 puan)	Afişteki bilgiler doğrudur ve konunun tümünü kapsamaktadır.	Afişteki bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Afişteki bilgilerde yanlışlar vardır.	Afişteki bilgilerde önemli ölçüde yanlışlar vardır.
Materyal (30 puan)	Afişi en az dört farklı materyal ile desteklemiştir.	Afiş üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Afiş iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Afiş sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Tasarım (20 puan)	Afişte Türkçeyi doğru kullanmış, yazım ve noktalama yanlışı yapmamış, afişi asılabilir özellikte materyalden hazırlamış ve kâğıdın tüm yüzeyini etkili ve dengeli bir şekilde kullanmıştır.	Belirtilen özelliklerden üçünü yerine getirmiştir.	Belirtilen özelliklerden ikisi yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden biri yerine getirilmiştir.

2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerden doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Dezenfektan, dezenfeksiyon işlemi için kullanılan kimyasal maddedir.
2. ( ) İnsanlarda kurşun zehirlenmesi, balık ve suda yaşayan diğer canlıların tüketilmesinden kaynaklanmaktadır.
3. ( ) Pestisit, gıda maddelerine ısıl işlemlerin uygulanması sonucu oluşan ve kanserojen olduğu ispatlanan toksikolojik bir maddedir.
4. ( ) Gıda maddeleriyle temas eden plastik ambalaj malzemeleri gıdayı sızdırmamalı, gıda maddelerini absorbe etmemelidir.
5. ( ) Böceklere karşı insektisitler, küflere karşı fungusitler, zararlı otlara karşı herbisitler kullanılır.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi plastik tiplerinden biri değildir?

A) İyonomer
B) İzomer
C) Polipropilen
D) Polivinil klorid
E) Polyster

2. Aşağıdakilerden hangisi çevresel kirleticilerden biri değildir?

A) Akrilamid
B) Cıva
C) Dioksin
D) Kadmiyum
E) Poliklor bifenil

3. "Tarımsal ürünlerin yetiştirilmesi esnasında ürünlere zarar veren canlılara (tarım zararlılarına) karşı kullanılan kimyasal maddedir." tanımı aşağıdakilerden hangisine aittir?

A) Akrilamid
B) Fitalat
C) Nitrozamin
D) Pestisit
E) Plastik

4. Heterosiklik amin oluşumunda aşağıdakilerden hangisinin etkili olduğu söylenemez?

A) Pişirme sıcaklığı
B) Pişirme yöntemi
C) Pişirme süresi
D) Gıdanın yapısı
E) Gıdanın kalori miktarı

7.

ÖĞRENME BİRİMİ

GIDALARDAKİ PİGMENTLER VE FENOLİK BİLEŞİKLER



KONULAR

7.1. GIDALARDA BULUNAN DOĞAL RENK MADDELERİ

7.2. HAYVANSAL PİGMENTLER

TEMEL KAVRAMLAR

- Fenolik bileşik
- Doğal renk maddeleri
- Bitkisel doğal renk maddeleri
- Hayvansal doğal renk maddeleri

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Gıdalarda bulunan doğal renk maddelerini
- Bitkisel pigmentlerin kimyasal ve fonksiyonel özelliklerini
- Gıda sanayinde kullanılan bitkisel pigmentleri ve işlevlerini
- Hayvansal pigmentlerin kimyasal ve fonksiyonel özelliklerini
- Gıda sanayinde kullanılan hayvansal pigmentler ve bunların işlevlerini açıklamayı

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

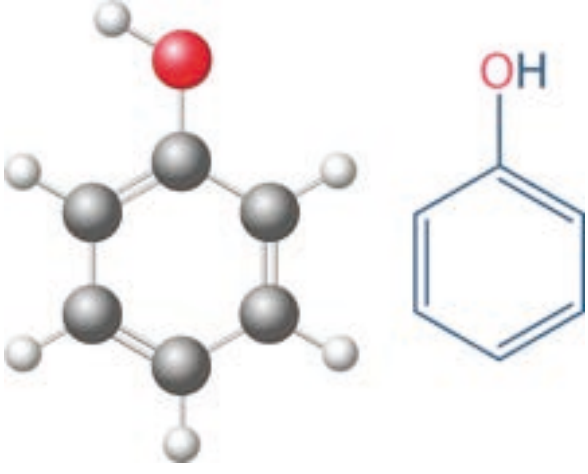
1. Sizce gıdaların rengi neden birbirinden farklıdır?
2. Bir gıda olgunlaştıkça rengi neden değişir?

7.1. GIDALARDA BULUNAN DOĞAL RENK MADDELERİ

Fenolik bileşikler; bitkisel kaynaklı besinlerin rengine, özellikle ağızda buruk bir tat bırakma yönünden lezzetine etki eden önemli bir bileşiktir. Meyve ve sebzelerde çok az miktarda bulunur. Fenolik maddeler, aromatik halkasında bir veya birden fazla hidroksil grubu içeren bileşiklerdir. En basit fenolik bileşik, bir tane hidroksil grubu içeren benzen yani fenoldür (Şekil 7.1).

Fenolik maddeler, basit fenolik maddeler ve polifenoller olmak üzere iki gruba ayrılır. Bitkilerde yaygın olarak bulunan fenolik maddeler; hidroksibenzoik asitler, hidroksisinamik asitler ve flavonoidler olmak üzere üç kısımda incelenir.

Fenolik maddeler gıda bileşeni olarak tat ve koku oluşumunu etkiler, renk oluşumu ve değişimine katılır. Antimikrobiyal ve antioksidatif etki gösterir ve enzim inhibisyonuna neden olur. Bu nedenle fenolik maddeler insan sağlığı açısından son derece önemlidir.



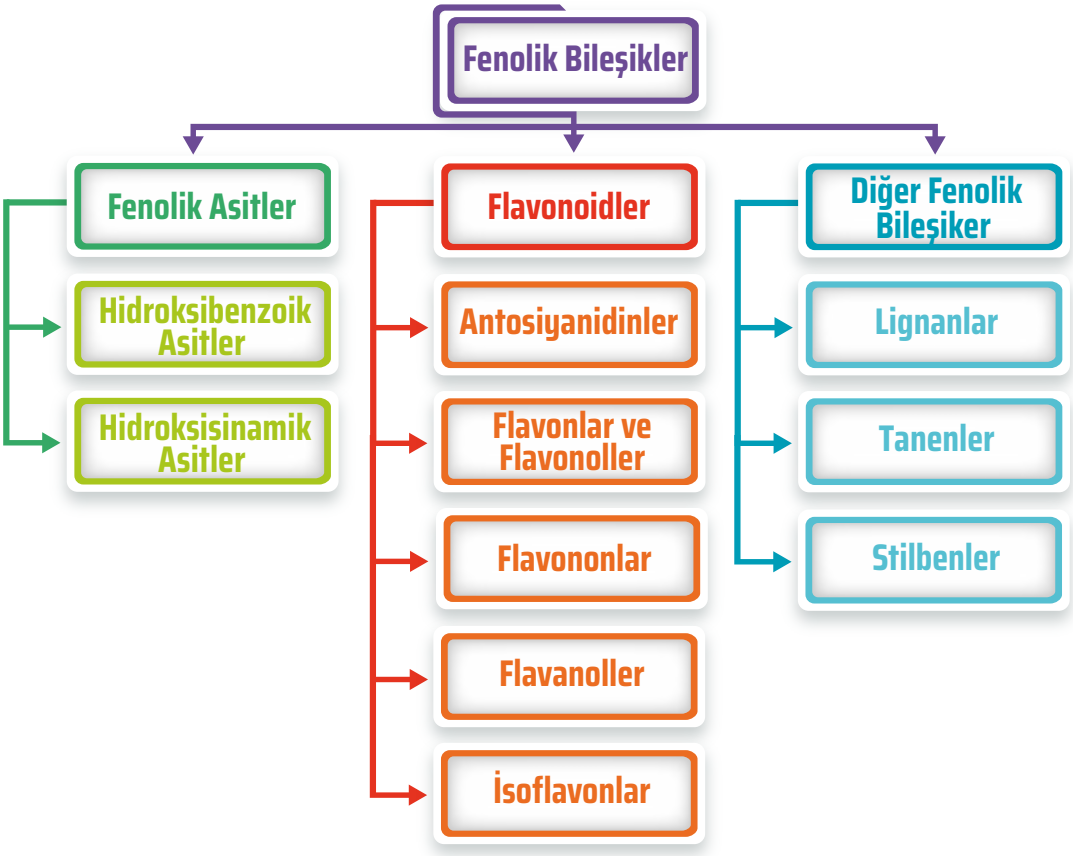
Şekil 7.1: Fenol

Fenolik bileşiklerin gıda üzerindeki etkileri şunlardır:

- Üründe lezzet oluşturma (acılık veya burukluk).
- Meyve veya sebzede kendine özgü renk oluşturma.
- Polifenoloksidaz (PPO) enzimi katalizörlüğündeki esmerleşme reaksiyonu ile ürünü esmerleştirme.
- Antimutajenik etki (mutajen maddeyi ya da mutasyonu önleyebilme etkisi).
- Antikarsinojenik etki (kanser oluşumunu ya da tümör büyümesini önleyebilme etkisi).
- Proteinleri çöktürücü etki.
- Berrak meyve sularında bulanma ve tortu oluşturma.

7.1.1. Fenolik Bileşikler

Bitkilerde bugüne kadar yaklaşık 5.000 tane fenolik madde tanımlanmıştır. Bunların 2.000'den fazlası doğal flavonoidlerdir. Fenolik bileşikler; bitkilerin olağan gelişimi sırasında sentezlendiği gibi enfekte olma, yaralanma ve UV ışınına maruz kalma gibi durumlarda da sentezlenir. Bitkilerde bulunan fenolik bileşikler, fenolik asitler ve flavanoidler olmak üzere iki başlık altında incelenir (Şekil 7.2).



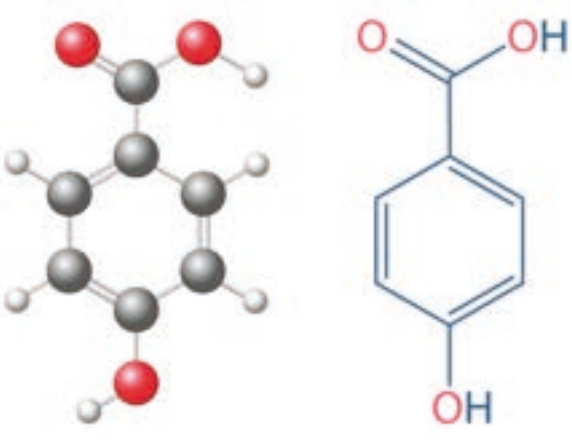
Şekil 7.2: Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması

7.1.1.1. Fenolik Asitler

Fenolik asitler, bitki dokusunda serbest hâlde bulunmaz. Karboksil grupları; karbonhidratlar, proteinler ve yağlarla reaksiyona girerek glikozitler, amidler ve esterleri oluşturur.

Fenolik asitler; hidroksibenzoik asitler ve hidroksisinamik asitler olmak üzere ikiye ayrılır:

1.Hidroksibenzoik Asitler: Benzoik asit ve türevleri, bitki yapısında çok az bulunabildiği gibi bazen de hiç bulunmaz. Bitki yapısında bağlı hâlde bulunur. C6-C1 fenilpropan yapısına sahip ve renksiz bir bileşiktir (Şekil 7.3).



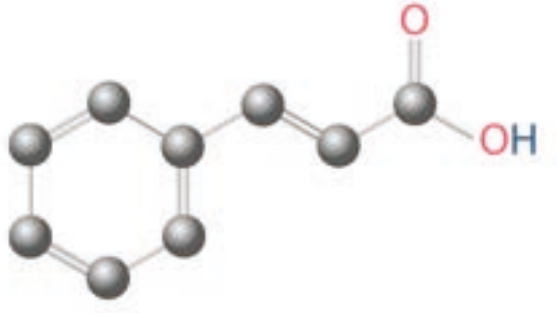
Şekil 7.3: Hidroksibenzoik asit

Hidroksibenzoik asitler, organik asit ya da şeker türevi hâlinde de bulunabilir (Tablo 7.1).

Tablo 7.1: Hidroksibenzoik Asidin Bulunduğu Meyveler

BİLEŞİK	ÇİLEK	ÜZÜM	PORTAKAL	GREYFURT	LİMON
Salisilik asit	+	+	+	+	+
p-hidroksibenzoik asit	+	+	-	-	-
Gentisik asit	+	-	+	+	+
Gallik asit	+	-	-	-	-
Ellagik asit	+	-	-	-	-
Protokateşik asit	+	-	-	-	-
Vanillik asit	+	-	-	-	-

2. Hidroksisinamik Asit: Meyve ve sebzelerde en sık görülen hidroksisinamik asitler; kafeik asit, p-kumarik asit, ferulik asit ve sinapik asittir. Hidroksisinamik asitler, genelde bağlı hâlde bulunur nadiren serbest hâlde bulunabilir. Hidroksisinamik asit C6-C3 fenilpropan yapısındadır (Şekil 7.4). Sebze ve meyvelerin dondurulma, sterilizasyon, fermantasyon gibi işlemlere tabi tutulması sırasında serbest hidroksisinamik asit miktarı artar.



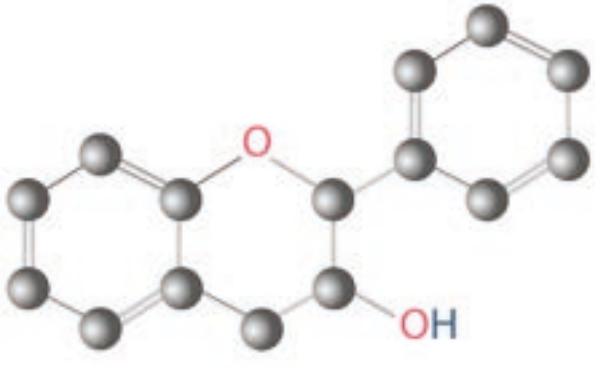
Şekil 7.4: Hidroksisinamik asit

Hidroksisinamik asit türevlerinden klorojenik asit; ahududu, elma, kayısı, böğürtlen, şeftali ve erikte yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Fenolik gruplarından biri şeker molekülüne bağlanmış olan hidroksisinamik asitin glikozitleri; kızılcık, domates, çilek, ahududu ve elmada bulunur.

7.1.1.2. Flavonoidler

Flavon ismi "sarı" anlamına gelen Latince "flavus" sözcüğünden gelir. Bitkilerden elde edilen ve genellikle sarı renkli olan bu bileşikler **flavonoid** olarak isimlendirilmiştir. Çiçeklere sarı, kırmızı, turuncu, lacivert gibi renkleri veren bu bileşiğe meyve, sebze ve birçok bitkide rastlanmaktadır.

Flavonoidler bitkilerin ikincil metabolitlerinin en önemli, en yaygın ve en fazla bulunan sınıfıdır. Bu bileşikler, fenilbenzopiran iskeletine sahiptir (Şekil 7.5). Flavonlar doğada hidroksil grupları serbest, metil esteri veya glikozitleri hâlinde bulunur. Erime noktası yüksek, kristal yapıda maddelerdir. Suda, alkolde, seyreltik asitlerde ve bazlarda çözünür. Asitlerdeki çözünürlük, γ-piran halkasındaki oksijen atomundan ileri gelmektedir.



Şekil 7.5: Flavonoidlerin genel yapısı

Flavonoidlerin alt grupları arasındaki farklar; yapısındaki OH gruplarından, molekülün doymamışlık düzeyinden ve molekülün okside olma durumundan kaynaklanmaktadır. Flavonoid çeşitleri aşağıda açıklanmıştır:

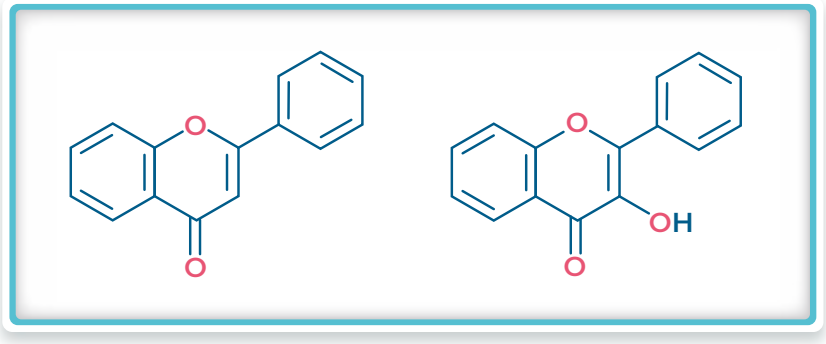
BİLGİ KUTUSU

1936 yılında limon kabuğundan elde edilen flavon bileşiklerinin (P vitamini adı altında) kılcal damar geçirgenliğini ve kırılganlığını düşürmede kullanılması, flavonoidlere verilen önemi artırmıştır (Görsel 7.1). Bu nedenle flavonoidlere karşı ilgi 1940'lı yıllardan itibaren hızlanmaya başlar. 1970'li yıllarda artan ve günümüze kadar devam eden flavonoid çalışmalarıyla bitkilerden 4.000'den fazla flavonoid izole edilmiştir.



Görsel 7.1: Limon

Flavonlar ve Flavonoller: Flavonlar ve flavonolleın kimyasal yapılarındaki fark, orta halkanın 3. karbon atomundan kaynaklanmaktadır. Bu C atomuna flavonlarda H, flavonellerde ise OH bağlanmaktadır (Şekil 7.6).



Şekil 7.6: Flavonlar ve flavonoller

Flavonlar ve flavonoller, gıdalarda glikozit formunda bulunur ve açık sarı renktedir. Flavoneller, meyve ve sebzelerde flavonlardan fazladır (Tablo 7.2).

Tablo 7.2: Bazı Gıdaların Flavon ve Flavonol İçerikleri

FLAVON VE FLAVONOL İÇERİĞİ	GIDA
Düşük (<10 mg/kg veya mg/l)	Lahana, ıspanak, havuç, bezelye, mantar, şeftali, çilek, portakal suyu, marul, bakla, kırmızıbiber, elma, üzüm, kiraz
Orta (<50 mg/kg veya mg/l)	Domates suyu, çay
Yüksek (>50 mg/kg veya mg/l)	Brokoli, kırmızılahana, kereviz, soğan, hindiba, yaban mersini

Antosiyanidinler: Antosiyanidinler doğada serbest hâlde bulunmaz. Bitkide bulunan şekerle birleşerek antosiyanine dönüşür. Bitkilerde farklı şekerlerin bulunması nedeniyle farklı zincir yapısında çok çeşitli antosiyaninler oluşur (Görsel 7.2). Antosiyaninler; bitkilere pembe, kırmızı, mavi ve mor renklerini verir.



Görsel 7.2: Antosiyaninin kimyasal yapısı

Antosiyaninler tahıllarda, köklerde, yeşil sebzelerde ve en çok da meyvelerde bulunur. Örneğin elma, armut, üzüm, kayısı, şeftali, erik gibi meyvelerle fasulye, lahana, kırmızı turp ve soğan gibi sebzelerde antosiyanine rastlanır (Tablo 7.3)

Tablo 7.3: Bazı Meyve ve Sebzelerin Antosiyanin Miktarı

GIDA	ANTOSİYANİN MİKTARI (mg)/100g
Patlıcan	750
Ahududu	10-60
Böğürtlen	83-326
Kiraz	350-400
Kırmızıturp	10-60
Kırmızı soğan	7-21
Kırmızı üzüm	30-750

SIRA SİZDE

Antosiyaninin faydalarını araştırıp bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

BİLGİ KUTUSU

Antosiyanin Latincede "çiçek" ve "mavi" anlamına gelmektedir. İlk kez 1835'te Marquant (Mahkont) tarafından tanımlanmıştır

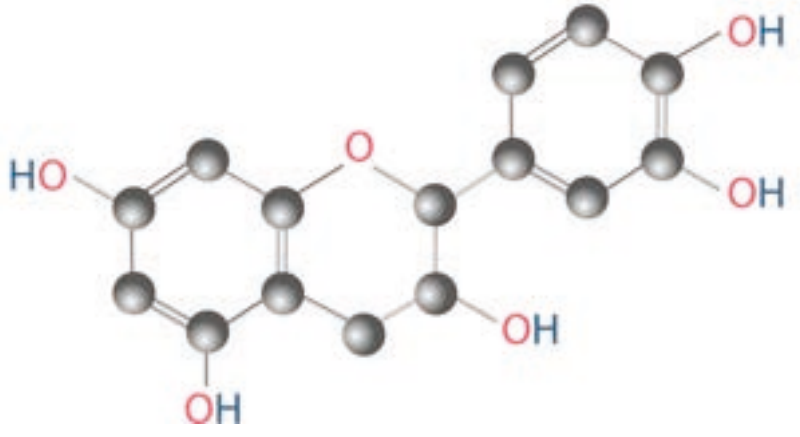
Antosiyaninler teneke konserve kaplarında korozyona yol açar. Bu reaksiyon gıda endüstrisi açısından oldukça önemlidir. Vişne ve erik gibi antosiyanin içeren koyu renkli ürünlerin konservelerinde ambalaj olarak kullanılan kalaylı tenekeler zamanla ürünün renginde açılma yapar. Bunun nedeni, bazı antosiyaninlerin kalay gibi metallerle kompleks oluşturmasıdır. Bu gibi ürünlerin ambalajında mutlaka laklı tenekeler kullanılmalıdır.

Flavanonlar: Doğada genellikle glikozid formunda bulunur. Flavanon glikozidlerine en çok turunçgillerde rastlanır. Flavanon glikozitlerinden olan naringin, greyfurtun acımsı tadını verir (Görsel 7.3).



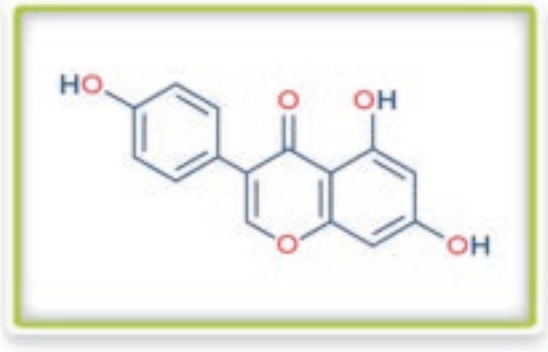
Görsel 7.3: Flavanonlar turunçgillerde bulunur.

Flavanoller (Kateşinler): Kateşinlerin orta halkasındaki 3. C atomuna OH grubu bağlıdır (Şekil 7.7). Bitkilerde bulunan en yaygın flavonoid sınıfıdır. Renksiz olan bu bileşikler özellikle yeşil çayda fazla bulunmaktadır.



Şekil 7.7: Kateşin

İzoflavonlar: Bu bileşikler en çok soya fasulyesinde vardır. İzoflavonlar, bitkilerde şeker grupları ile birlikte ve glikozit formunda bulunur. İzoflavonların en bilinen bileşikleri genistein ve daidzeindir. (Şekil 7.8).



Şekil 7.8: Bir izoflavan olan genisteinin kimyasal yapısı.

7.1.1.3. Diğer Fenolik Bileşikler

Lignanlar: Bitkinin odun kısmında bulunan bileşiklerdir. En zengin lignan kaynağı, keten tohumu ve türevleridir. Ayrıca susamın da bir miktar lignan içerdiği bilinmektedir. Tahıllar, tahıl kepekleri, ay çekirdeği, bal kabağı çekirdeği gibi birkaç yağlı tohum, meyve ve sebzelerde de lignan bulunur ve antioksidan aktivite gösterir (Tablo 7.4).

Tablo 7.4: Bazı Bitkisel Gıdaların Lignan İçeriği

GIDA	LİGNAN MİKTARI (µg/100 g)	GIDA	LİGNAN MİKTARI (µg/100 g)
Keten tohumu	370.000	Kırmızı pancar	99,5
Susam tohumu	2.900	Havuç	478
Ay çekirdeği	609,5	Sarımsak	382,6
Buğday	8,1	Soğan	91
Arpa	58	Patates	16
Yulaf	13,7	Domates	58,1
Pirinç	112-232	Çilek	1.578
Lahanagiller	185-2.321	Siyah çay	2.787
Brokoli	437,3	Yeşil çay	2.646

Tanenler: Yapılarında çok sayıda OH grubu içeren glikozidik yapılı maddelerdir. Genellikle suda çözünür ve kolloid çözelti oluşturur. Asitle beraber ısıtıldığı zaman kırmızı renk vererek katılaşır. En önemli özelliği proteinleri çöktürmesidir. Tanen yönünden zengin gıdalar, ağızda kuru ve büzücü his ile buruk tada neden olur. Gıdaların koyu rengi ve meyvelerin olgunluk düzeyi de tanen içerikleri ile ilişkilendirilir.

BİLGİ KUTUSU

Tanenler gıda bilimi ve teknolojisi açısından büyük öneme sahiptir. Meyve suyu üretiminde durultma ajanı ve bazı alanlarda antioksidan olarak kullanılabildikleri gibi gıda işlemede çeşitli teknolojik sorunlara da neden olabilirler.

Tanenler, hidrolize olabilen ve hidrolize olamayan tanenler olmak üzere iki grupta incelenir. Gallo ve ellajik tanenler, hidrolize olabilen tanenler grubundadır. Kateşik ve kondanse tanenler ie hidrolize olmayan tanenler grubunda yer alır.

Üzüm, elma, çay, şerbetçi otu, kakao çekirdeği, kızılcık, erik, çilek, ahududu, ceviz gibi gıdalarda çeşitli tanenler bulunmaktadır. Meşe ve kestane ağaçlarının da tanen içeriği yüksektir (Tablo 7.5).

Tablo 7.5: Bazı Bitkilerin Tanen İçeriği

BİTKİLER	ETKİN MADDE
Cadı fındığı	Ağacın yapraklarında %10 kadar tanen vardır.
Felfelek	Bitkide %10 katekol ve epikatekol, %30 kadar kaşutannik asit bulunur.
Mazı	%27-70 tanen, %2-4 serbest gallik asit ve ellajik asit içerir.
Meşe palamudu	Meyve, pelit ve kadeh kısmından oluşur; pelitte %10, kadehte %30-35, kadeh üzerindeki tırnakta %40-45 tanen vardır.
Ratanya	Bitkinin köklerinde %10-15 katekol, %20-40 tannik asit bulunur.

Stilbenler: Stilbenler, bitki dünyasında oldukça yaygın olan bir polifenol grubudur. Bu bileşikler; çam, okaliptüs ve maklura cinsi ağaçlarda bulunur. Bitki dokuları ise stilben glikozitleri içerir. Bu glikozitlerden biri olan resveratrol, kırmızı üzümün kabuk ve çekirdeğinde fazla miktarda bulunmaktadır. Kırmızı üzüm dışında ahududu, dut, erik, yer fıstığı, fındık, yaban mersini, kızılcık ve siyah çikolata da resveratrol içermektedir (Görsel 7.4).



Görsel 7.4: Resveratrolün kimyasal yapısı ve bulunduğu gıdalar

7.1.2. Bitkisel Pigmentler

Meyve ve sebzelerin renkleri, farklı nitelikte renk pigmentlerinden oluşur.

Bitkilerdeki başlıca renk pigmentleri şunlardır:

- Karotenoidler
- Klorofiller
- Flavonoidler

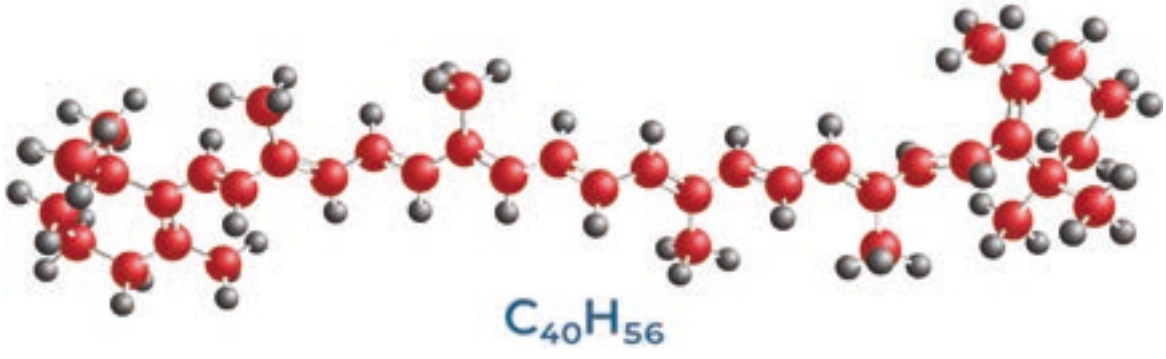
7.1.2.1. Karotenoidler

Karotenoidler genel olarak yağda çözünen, meyve ve sebzelere sarıdan kırmızıya kadar renk veren bileşiklerdir. Karotenoidlerin rengi, moleküllerindeki konjuge çift bağlardan kaynaklanır. Konjüge çift bağların sayısı arttıkça renk de koyulaşır. Meyvelerin yapısında meyve daha ham iken bulunmasına rağmen renkleri klorofil tarafından maskelenir. Meyve olgunlaştıkça klorofil kaybolur ve karotenoidler ortaya çıkar.

Karotenoidler, bitkisel dokularda serbest hâlde bulunabildiği gibi yağ, şeker ve proteinlerle birleşmiş hâlde de bulunabilir. Karotenoidler, proteinlerle birleştiğinde rengi değişir. Örneğin; kırmızı renkli astaksantin, proteinle birleştiğinde rengi maviye dönüşür.

Bitkisel dokulardaki karotenoid pigmentleri üç başlık altında incelenir:

Karoten: Karotenler, fotosentez için önemli pigmentlerdir. Güneşten aldığı enerjiyi klorofile aktararak fotosenteze katkıda bulunur. En fazla havuçta bulunan bir pigmenttir. Turuncu rengi verir. Alfa-karoten (α-karoten) ve beta-karoten (β-karoten) olmak üzere iki çeşidi vardır. Beslenme fizyolojisi açısından en önemlisi β-karotendir (Şekil 7.9). β-karoten, vücutta A vitaminine dönüştüğü için provitamin A olarak da bilinir.



Şekil 7.9: β-karoten

Likopen: Yapı olarak karotene benzer fakat A vitamini aktivitesi göstermez. Domates, karpuz ve kuşburnundaki sarı-kırmızı rengin kaynağıdır.

Ksantofil: Doğada en yaygın hâlde bulunan ve alkol özellik gösteren bir renk maddesidir. Kapalı formülü $C_{40}H_{56}O_2$dir. Ksantofiller, sarı-kırmızı renk pigmentidir ve yapraklarda çok bulunur. Ksantofillere şeftali ve kabak gibi gıda ürünlerinde rastlanır. Ksantofilin buğday ve unda bulunan formu luteindir.

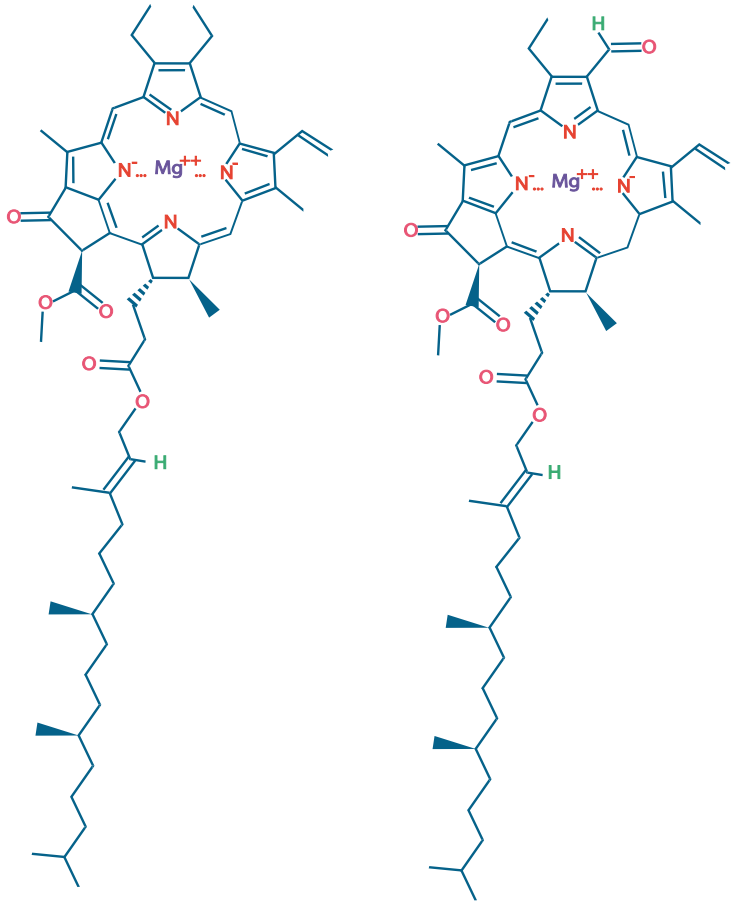
7.1.2.2. Klorofiller

Klorofil bütün yeşil bitkilerde bulunan fotosentezden sorumlu bir pigmenttir. Yeşil sebzelerin, meyvelerin ve yaprakların karakteristik özelliğini oluşturur. Yapraklar yaşlandıkça klorofil parçalanır ve yaprakların yeşil rengi kaybolur. Ham meyve ve sebzelerin klorofil oranı yüksektir. Bu nedenle bu tür meyve ve sebzeler yeşil renktedir. Bunlar olgunlaştıkça içindeki klorofil yavaş yavaş azalır ve sarı-kırmızı renkteki karotenoidlere ve mavi renkteki antosiyaninlere dönüşür. Ispanak, maydanoz, marul, yeşil lahana gibi sebzelerin kilogramında 2.000 mg klorofil bulunurken fasulye, bezelye, salatalık gibi sebzelerde 100 mg/kg klorofil bulunur.

Klorofiller;

- Yapısında magnezyum içerir.
- Suda çözünmez, yağda çözünür.
- Yeşil renk, asit ortamda kahverengimsi yeşile dönüşür.
- Uzun süre pişirme işlemiyle rengini kaybeder.

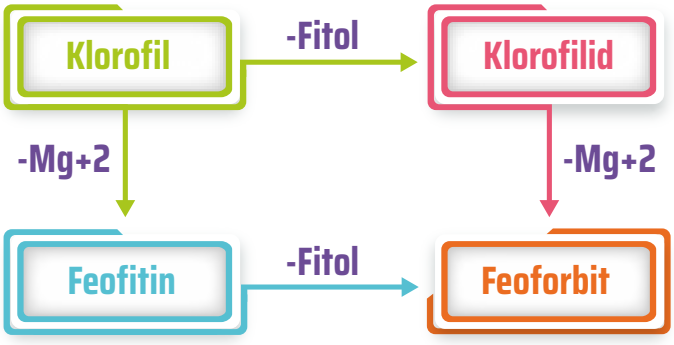
Klorofiller, klorofil a (mavi-yeşil) ve klorofil b (sarı-yeşil) olarak iki grupta incelenir (Şekil 7.10). Klorofil a ve b, yapısındaki magnezyumun parçalanması sonucu feofitin a ve feofitin b'ye dönüşür. Böylece rengi



Şekil 7.10: Klorofil a ve klorofil b

zeytin yeşiline (sarı-kirli yeşil) döner. Yapıdaki Mg+ iyonunun yerine başka bir metal iyonu bağlanırsa renk gri-kahverengi olur.

Klorofillerin klorofilaz enzimi ile parçalanması hâlinde klorofilid a ve klorofilid b; feofitinlerin parçalanması hâlinde ise feoforbit a ve feoforbit b oluşur. Kısacası 20 karbonlu bir alkol grubu olan fitollerin klorofil ve feofitinden ayrılması ile klorofilid ve feoforbit oluşmaktadır (Şekil 7.11).



Şekil 7.11: Klorofil ve parçalanma türevleri ilişkisi

Meyve ve sebzelerdeki klorofiller, ürünlerin işlenmesi ve depolanması sırasında çevre koşullarının da etkisiyle türevlerine parçalanır. Bu durum ürün renginin bozulmasına neden olur.

7.1.2.3. Flavonoidler

Bitkilere beyazdan kırmızıya kadar renk veren pigmenttir. Patates, karnabahar, patlıcan, kereviz, elma, armut ve şeftaliye rengini veren maddelerin başında gelir. Bir gıdanın içeriğindeki flavonid miktarı arttıkça renkliliği de artar.

Flavonoidler, renk pigmenti olarak üç grupta incelenir:

1. Antosyanin: Bitkilere kırmızı, mor, eflatun ve mavi rengi verir. Yapısındaki OH grupları arttıkça pigmentin rengi kırmızıdan maviye dönüşür. En fazla kırmızı pancar, kırmızılahana ve kırmızıturpta bulunur (Görsel 7.5). Üzüm ve vişne gibi meyvelerde de bol miktarda bulunmaktadır. Pişerken hücrelerin parçalanması nedeniyle renk maddeleri suya geçer. Bu nedenle antosiyanin, pişirme suyunun rengini değiştirir.



Görsel 7.5: Kırmızı pancar

2. Antoksantin: Beyaz ve krem renk verir. Soğan, karnabahar, şalgam, patates ve lahanada bulunur.

3. Tanen: Renk ve koku ile ilgilidir. Elma, şeftali, badem, üzüm, armut gibi meyvelerde bulunur. Meyve olgunlaştıkça tanen miktarı azalır. Tanenler; özellikle çay, kahve ve kakaoda bulunur. Çayın kalitesi tanen miktarı ile ölçülür.

7.1.3. Gıda Endüstrisinde Fenolik Bileşikler ve Bitkisel Doğal Renk Maddelerinin Önemi

Gıdaların tercih edilebilirliğini etkileyen en önemli kalite kriterlerinden biri renktir. Bu nedenle renklendirici maddeler, gıda endüstrisinde istenilen rengin elde edilmesi veya mevcut rengin artırılması amacıyla kullanılır. Genellikle çeşitli bitkisel kaynaklardan elde edilir (Görsel 7.6). Doğal renk maddeleri, gıdaların duyusal özelliklerinin yanı sıra besleyici özelliklerini de artırdığı için tercih edilmektedir.



Görsel 7.6: Doğal renk maddeleri

Gıda endüstrisi için fenolik bileşikler, aşağıdaki işlevleri nedeniyle önemlidir:

- Tat ve koku oluşumundaki etkileri
- Renk oluşumuna ve değişimine katılmaları
- Antimikrobiyal ve antioksidatif etki göstermeleri
- Fenoloksidaz enzimlerinin etkisiyle enzimatik renk esmerleşmesine neden olmaları
- Çeşitli gıdalarda saflık kontrol kriteri olmaları

Bu işlevlerden dolayı birçok gıdanın işlenmesi sırasında fenolik bileşiklerden yararlanılmaktadır.

1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Antosiyanin, gıdalarda mavi ve mor renkten sorumlu pigmenttir.

2. ( ) Klorofil renksiz bir pigment olup en fazla yeşil çayda bulunmaktadır.

3. ( ) Likopen en fazla soğan, şalgam ve patateste bulunan bir pigmenttir.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri, verilen bilgilere uygun şekilde doldurunuz.

1. Tanenler, gıdalarda ..... renkten sorumlu pigmenttir.

2. Karoten gıdalarda ..... renkten sorumlu pigmenttir. En fazla ..... bulunur.

3. Gıdalarda sarı ve kırmızı renkten sorumlu pigment ..... olup en fazla .....bulunur.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi fenolik bileşiklerin gıdalar üzerindeki etkilerinden biri <u>değildir?</u>

A) Üründe lezzet oluşturur.

B) Meyve veya sebzede kendine özgü renk oluşturur.

C) Polifenolkatalaz (PPK) enzimi katalizörlüğündeki ağarma reaksiyonu ile ürünü ağartır.

D) Antimutajenik etki gösterir.

E) Antikarsijonik etki gösterir.

2. Teneke kutudaki vişne konservesinde ambalaj malzemesi ise reaksiyona girerek üründe renk açılmasına neden olan fenolik bileşik aşağıdakilerden hangisidir?

A) Likopen

B) Antosiyanin

C) Stilbenler

D) Tanen

E) Kateşinler

3.
I. Antimikrobiyal etki gösterirler.
II. Antioksidan etki gösterirler.
III. Renk oluşumu sağlarlar.
IV. Tat oluşumu sağlarlar.
V. Koku oluşumu sağlarlar.

Fenolik bileşiklerle ilgili olarak verilen bilgilerden hangileri doğrudur?

A) I, II

B) I, II, III

C) I, II, IV

D) I, III, IV, V

E) I, II, III, IV, V

4. Aşağıda verilen bitkisel pigment ve renk eşleştirmelerinden hangisi <u>yanlıştır?</u>

A) Antoksantin – Sarı

B) Antosyanin – Mor

C) Karoten – Turuncu

D) Klorofil – Yeşil

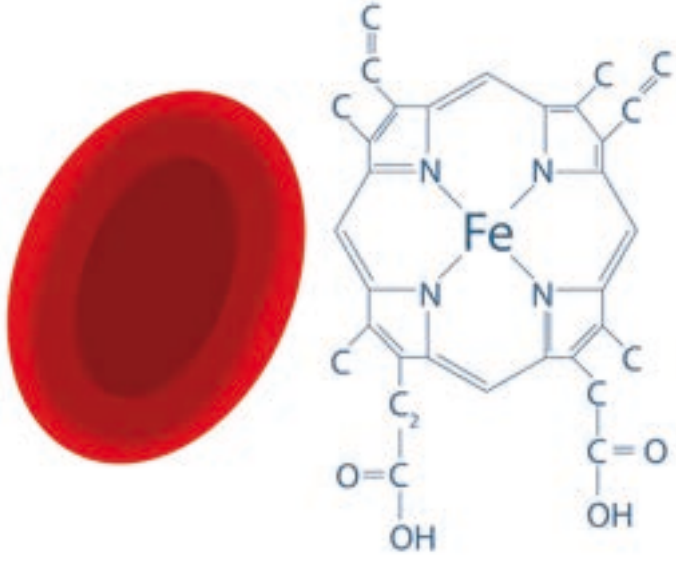
E) Likopen – Kırmızı

7.2. HAYVANSAL PİGMENTLER

Gıdalarda hayvansal pigmentler denilince akla hemoglobin ve myoglobin gelir. Bu iki pigment, ette farklı oranlarda bulunur. Bu nedenle et rengi, parlak kırmızıdan mat kırmızı ve kahverengiye kadar değişir.

7.2.1. Myoglobin ve Hemoglobin

Hemoglobin ve **myoglobin**, hayvansal pigmentler olarak bilinen en önemli renk maddeleridir. Etin beyaz ve kırmızı kısımlarının miktarına göre bu pigmentlerin oranı değişmektedir. Myoglobin ve hemoglobin yapısı aslında bir protein kompleksidir. Globin isimli bir protein ve protein olmayan demir içerikli bir bileşiğin birleşmesinden oluşur. Molekülün demir ihtiva eden kısmına **heme** denir. Bir myoglobin molekülü bir adet heme grubu içerirken bir hemoglobin molekülü dört adet heme grubu içerir (Şekil 7.12). Bu nedenle bir hemoglobinin molekül ağırlığı, bir myoglobinin molekül ağırlığından dört kat fazladır. Buna rağmen her iki molekülün de oksijen bağlama kapasitesi aynıdır.



Şekil 7.12: Hemoglobinin kimyasal yapısı

Hayvansal organizmada hemoglobinin görevi, oksijen ile geçici olarak birleşerek akciğerden dokulara oksijen taşımaktır. Hemoglobin, kaslarda taşıdığı oksijeni myoglobine verir. Yeni kesilen hayvanlarda etin rengi, kaslarda bulunan myoglobinden kaynaklanmaktadır. Kanı iyice uzaklaştırılmış olan etin renginin kaynağı %90-95 myoglobindir. Hemoglobin ise et rengini çok az etkiler.

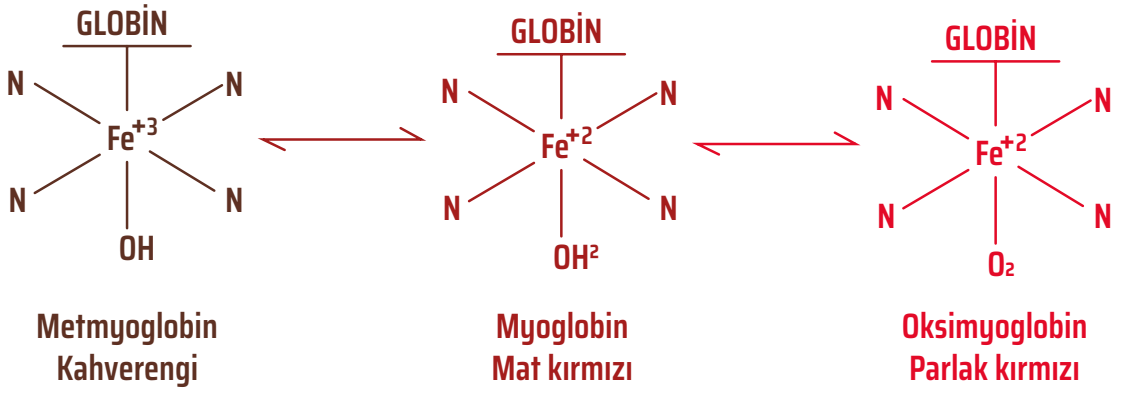
7.2.2. Gıda Endüstrisinde Hayvansal Pigmentlerdeki Değişimler ve İşlevleri

Hayvansal pigmentler, gıda endüstrisinde et rengi üzerinde değişikliklere neden olmaktadır. Taze etin rengi, içeriğindeki myoglobin (Mb), oksimyoglobin (MbO_2) ve metmyoglobin (MMb+) miktarına bağlıdır.

Myoglobinin oksijen ile yaptığı kovalent bağ sonucu oksimyoglobin oluşur. Taze kesilmiş et, ortamda oksijen kısmi basıncı yüksek ise (oksimyoglobin oluşumuyla) parlak kırmızı renk alır. Bu renk ette bir kalite kriteridir ancak ortamda yeterli oksijen yoksa oksidasyon olayı sonucu **metmyoglobin** oluşur. Metmyoglobin oluşumuyla etin rengi kahverengileşmeye başlar.

Kesimden sonra kaslarda oksijen seviyesi düşer ve oksimyoglobinin içerdiği oksijen, metabolizma tarafından solunum enzimlerince kullanılır. Böylece oksimyoglobin, myoglobine dönüşür. Et parçalandığında rengi, myoglobin nedeniyle koyu kırmızıdır. Bir süre hava ile temas eden myoglobin, oksimyoglobine dönüşerek et yüzeyindeki rengin parlak kırmızıya dönüşmesine neden olur. Bu nedenle taze ette en önemli pigment oksimyoglobindir.

Et yüzeyinde arzulanmayan renk pigmenti metmyoglobindir. Myoglobinin yaklaşık %60'ı metmyoglobine dönüştüğünde et yüzeyinde gözlenen renk kahverengidir (Şekil 7.13). Metmyoglobin, bekletilmiş



Şekil 7.13: Mb, MbO_2 ve MMb+ ilişkisi

etlerde oluşur ve etin havaya maruz kalma süresi uzadıkça kahverengi renk oluşumu artar. Taze ette bulunan myoglobin, kısmi oksijen basıncı yüksek olduğunda oksimyoglobine, düşük olduğunda metmyoglobine dönüşmeye meyillidir (Görsel 7.7).



Görsel 7.7: Kahverengi renk oluşumu gözlenen et

Ortamdaki oksijen miktarının az olması nedeniyle oluşan metmyoglobin, taze ette tekrar myoglobine indirgenebilir. Bu olaya **bloom [bluum (açılma)]** denir ancak bu reaksiyon bir süre sonra gücünü yitirecektir. Bu nedenle taze etlerin oksijen geçirmez ambalajlarda muhafaza edilmesi gerekir. Bu ambalajlama ile etin tüm renk maddesi myoglobin olarak kalır ve paket açıldığında karşılaşılan oksijenin etkisiyle etin renk maddesi oksimyoglobine dönüşür. Böylece et, parlak kırmızı bir renk alarak albenisi yüksek bir forma dönüşmüş olur.

SIRA SİZDE

Karboksimyoglobin nedir? Araştırınız.

Pişmiş etteki pigment formu, kahverengi renkteki globin-myohaemichromogendir (globin-miyohaemikromogen). Pişmiş etteki kahverengilik beklenen bir renk oluşumudur fakat taze etteki kahverengi renk oluşumundan farklıdır. Taze etteki kahverengilik metmyoglobin oluşumundan kaynaklanırken pişmiş etteki kahverengilik etin içeriğindeki myoglobin, oksimyoglobin ve metmyoglobinin protein kısmının ısı etkisiyle denatüre (bozulma) olmasından kaynaklanır.

Myoglobin ısıya dayanıklı protein komplekslerinden biridir. Bu nedenle et; 60 °C'de pişirildiğinde parlak kırmızı, 60-70 °C'de pişirildiğinde pembe kırmızı ve daha yüksek sıcaklıklarda pişirildiğinde ise kahverengi olur (Görsel 7.8).



Görsel 7.8: Et kavurma

Et endüstrisinde kürleme işlemi sırasında kullanılan nitrit ve nitrat bileşikleri de et renginin stabilitesinin sağlanmasında önem taşımaktadır.

Kürleme işlemi sırasındaki kimyasal olaylar şu şekilde özetlenebilir:

- Nitrit, myoglobini metmyoglobine okside eder.
- Nitrik oksit oluşur.
- Nitrik oksitteki nitroso grubu, metmyoglobine transfer edilir. Böylece nitrosometmyoglobin oluşur.
- Nitrosometmyoglobin, kaslardaki enzim sistemlerinin etkisiyle nitrosomyoglobine indir genir.

Bu kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan nitrosometmyoglobin ve nitrosomyoglobin, kürlenmiş ette kalıcı parlak kırmızı rengi oluşturur.

BİLGİ KUTUSU

- Et yüzeyinde metmyoglobin oluşumu sonucunda kahverengi renk gözlenmesi, arzulanmayan bir durum olsa da etin bozulduğu anlamına gelmez. Et sadece albenisini kaybeder ama tüketime uygundur.
- Gerek taze ette gerekse kürlenmiş etlerde yeşil renk oluşumu, bakteriyel faaliyetlerin sonucudur (Görsel 7.9). Etlerde arzulanmayan bakterilerin gelişimiyle H_2S (hidrojen sülfür) ve H_2O_2(hidrojen peroksit) üretimi sonucu yeşil renkli sülfmyoglobin (sülf-myoglobin) ve cheloglobin (çeloglobin) oluşur. Bu etler bozulmuş demektir ve tüketime uygun değildir.



Görsel 7.9: Ette yeşil renk oluşumu

1. UYGULAMA

Uygulamanın Adı: Fenolik Bileşik Ya Da Bitkisel Pigmentle İlgili Broşür Hazırlama

Uygulamanın Amacı: Her bir fenolik bileşik, bitkisel pigment ve bu bileşiklerin bulunduğu gıdaları açıklamak.

Gerekli Araç Gereç: Bilgisayar, A4 kâğıdı

İşlem Basamakları: Broşür hazırlarken aşağıdakileri dikkate alınız:

- **Broşürde ilgili fenolik bileşik ya da bitkisel pigmentin kimyasal yapısına yer veriniz. İlgili bileşiğin özelliklerini tek tek ele alınız.**
- **Broşürde yazı, resim, tablo, grafik, şekil, fotoğraf vb. en az dört farklı materyal kullanınız. Kullandığınız materyallerin farklı ve dikkat çekici olmasına özen gösteriniz.**
- **Broşürü bilgisayar ortamında hazırlayınız.**
- **Broşür tasarımının renk uyumuna, yazı stiline ve puntosuna dikkat ediniz.**

Broşürün değerlendirilmesinde aşağıdaki değerlendirme ölçeği kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

	ÇOK İYİ (4)	İYİ (3)	ORTA (2)	GELİŞTİRİLEBİLİR (1)
İçerik (50 puan)	Sunulan bilgiler doğru ve konu ile ilgili tüm kapsamı içermektedir.	Sunulan bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Sunulan bilgilerde kısmen yanlışlıklar vardır.	Sunulan bilgilerde önemli ölçüde yanlışlıklar vardır.
Materyal (30 puan)	Broşür en az dört farklı materyal ile desteklenmiştir.	Broşür üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Broşür iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Broşür sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Tasarım (20 puan)	Kâğıdın iki yüzü de etkili ve dengeli bir şekilde kullanılmıştır.	Yazılar etkili kullanılmış ancak görseller dengeli kullanılmamıştır.	Yazılar etkili kullanılmamış ancak görseller dengeli kullanılmıştır.	Hem yazılar hem de görseller etkili ve dengeli kullanılmamıştır.

2. UYGULAMA

Uygulamanın Adı: Hayvansal Pigmentler Konusu ile İlgili Sunum Hazırlama

Uygulamanın Amacı: Hayvansal pigmentler ve pigmentlerin bulunduğu gıdaları açıklamak.

Gerekli Araç Gereç: Bilgisayar

İşlem Basamakları: Sunum hazırlarken aşağıdakileri dikkate alınız:

- **Sunumdaki bilgilerin doğru olmasına ve hayvansal pigmentler konusunun bütün kazanımlarını kapsamasına dikkat ediniz.**
- **Sunumda yazı, resim, tablo, grafik, şekil, fotoğraf vb. en az dört farklı materyal kullanınız. Kullandığınız materyallerin farklı ve dikkat çekici olmasına özen gösteriniz.**
- **Sunumda Türkçe'yi doğru kullanınız. Dinleyicilerle göz teması kurmaya, beden dilini ve ses tonunu doğru kullanmaya özen gösteriniz.**
- **Sunum süresi 10 dakikadır.**

Sunumun değerlendirilmesinde aşağıdaki değerlendirme ölçeği kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

	ÇOK İYİ (4)	İYİ (3)	ORTA (2)	GELİŞTİRİLEBİLİR (1)
İçerik (40 puan)	Sunulan bilgiler doğru ve konu ile ilgili tüm kapsamı içermektedir.	Sunulan bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Sunulan bilgilerde kısmen yanlışlıklar vardır.	Sunulan bilgilerde önemli ölçüde yanlışlıklar vardır.
Materyal (20 puan)	Sunum en az dört farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Sunum becerisi (30 puan)	Akıcı dil kullanıldı, göz teması kuruldu, ses tonu ve beden dili doğru kullanıldı.	Belirtilen özelliklerden üçü yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden ikisi yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden sadece biri yerine getirildi.
Zaman yönetimi (10 puan)	Verilen süre içinde sunuyu tamamladı.	Verilen süreye +/- 2 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 3 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 4 dakika uymadı.

2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerden doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Fenolik maddelerin kimyasal yapısında bulunan aromatik halkada bir veya daha fazla hidroksil grubu bulunur.
2. ( ) Genellikle mavi renk veren ve bitkiler den elde edilen bileşikler "flavonoid" olarak adlandırılmıştır.
3. ( ) Antosiyanidinler, bitkide bulunan proteinlerle birleşerek antosiyanine dönüşür.
4. ( ) Karotenoidler, meyve ve sebzelere sarı dan kırmızıya kadar renk veren ve yağda çözünebilen bileşiklerdir.
5. ( ) Yüzeyinde metmyoglobin oluşan kahverengileşmiş taze etler tüketilemez.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri, verilen bilgilere uygun şekilde doldurunuz.

1. Bugüne kadar bitkilerde yaklaşık ..... tane fenolik madde tanımlanmış olup bu maddelerden yaklaşık ..... kadarının doğal flavonoid olduğu bilinmektedir.
2. Kateşinler ..... bileşiklerdir ve ..... bulunmaktadır.
3. Bitkilerdeki başlıca renk pigmentleri ....., ... ve ..... olarak bilinir.
4. Likopen ....., ... ve ..... gibi gıdalarda sarı-kırmızı renkten sorumlu pigmenttir.
5. En önemli hayvansal pigmentler ..... ve ..... olarak bilinir.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. **Aşağıdakilerden hangisi bitkilerde bulunan flavonoid çeşitlerinden biri <u>değildir?</u>**

   A) Antosiyanidinler
   B) Flavanonlar
   C) Flavonoller
   D) Hidroksibenzoik asit
   E) Isoflavonlar

2. **Tahıllar, tahıl kepekleri, ay çekirdeği, bal kabağı çekirdeği gibi birkaç yağlı tohum ile meyve ve sebzelerde bulunan bitkisel pigment hangisidir?**

   A) Antosiyanidin
   B) Hemoglobin
   C) Lignan
   D) Likopen
   E) Myoglobin

3. **Kırmızı üzümün kabuk ve çekirdeğinde fazla miktarda bulunan, stilbenler grubuna dahil olan pigment aşağıdakilerden hangisidir?**

   A) Kateşinler
   B) Likopen
   C) Myoglobin
   D) Oksimyoglobin
   E) Resveratrol

8.

ÖĞRENME BİRİMİ

SU



KONULAR

8.1. İÇİLEBİLİR NİTELİKTEKİ SUYUN ÖZELLİKLERİ

8.2. GIDADA BULUNAN SU

TEMEL KAVRAMLAR

- İçilebilir su
- Su sertliği
- Suyun özellikleri
- Su aktivitesi

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- İçilebilir nitelikteki suyun özelliklerini
- Suyun duyusal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini
- Sertlik birimlerini birbirine dönüştürmeyi
- Gıdalarda bulunan su çeşitlerini
- Su aktivitesini tanımlamayı ve suyun gıda teknolojisindeki önemini açıklamayı

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

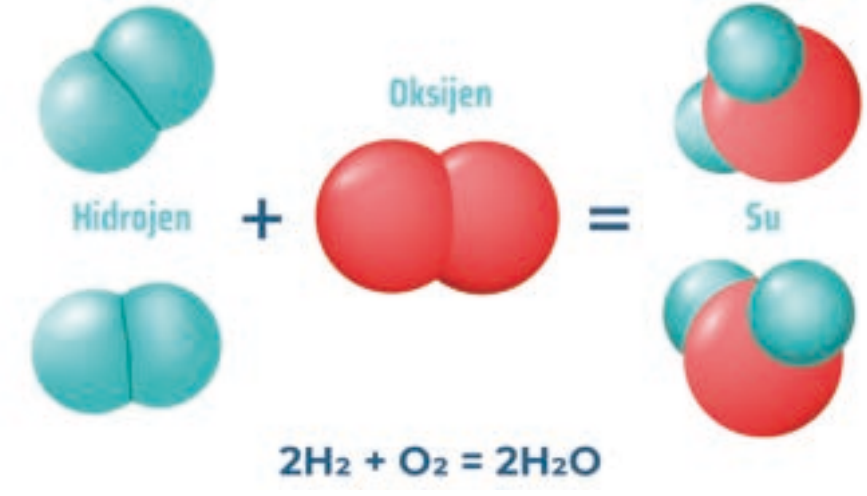
1. **Sizce gıdalarda bulunan suyun önemi nedir?**
2. **Gıdaların su içeriği ve gıdanın muhafazası arasında bir ilişki var mıdır?**

8.1. İÇİLEBİLİR NİTELİKTEKİ SUYUN ÖZELLİKLERİ

Su hayat için vazgeçilmez bir unsurdur. Bütün canlı organizmaların yaşamsal faaliyetlerini sürdürmeleri suya bağlıdır. Vücudumuzun %62-67'si sudan oluşur. İnsan, gıdasız beş hafta kadar yaşamını sürdürebilirken susuz sadece birkaç gün hayatta kalabilir. Vücuttaki suyun %20'den fazlasının kaybedilmesi ölümle sonuçlanmaktadır.

En basit tanımıyla **su;** renksiz, kokusuz, saydam ve içerisinde çözünmüş kimyasal maddeler bulunduran bir sıvıdır. Yeryüzünde bulunan sıvılar içerisinde en yaygın olanıdır. Kimyasal yapısı hidrojen ve oksijenden oluşur. İyi bir çözücü olduğu için yapısında daima çözünmüş maddeler bulunur. Bu nedenle doğada saf hâldeki suyu bulmak imkansızdır. **Saf su;** tuzlar, mineraller ve diğer çözünmüş maddelerden tamamen arındırılmış su demektir. Saf su ancak özel yöntemlerle elde edilir.

Su molekülü, dipol (iki kutuplu) karakterdedir. Su molekülünün oksijen tarafı negatif yüklü, hidrojen tarafı ise pozitif yüklü bir bölge oluşturur (Şekil 8.1). Oda sıcaklığında (25 ºC) sıvı hâlde bulunan su molekülleri, 100 ºC'ye ısıtıldığında gaz hâline geçer. Donma noktası düşük olan su molekülü, 0 ºC'de katı faza geçmektedir.



Şekil 8.1: Su molekülü

Su günlük yaşantıda içme ve çeşitli gereksinimler için kullanma suyu olarak tüketilmektedir. İçme ve kullanma sularındaki en önemli faktör suyun temizliğidir. İnsan sağlığı ile yakından ilişkili olan içme ve kullanma sularının hepsine **alimentasyon suyu** denir.

Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanan 17 Şubat 2005 tarihli İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik'te su ile ilgili şu tanımlar yapılmıştır:

İnsani Tüketim Amaçlı Su:

Orijinal hâliyle ya da işlendikten sonra, dağıtım ağı, tanker, şişe veya kaplar ile tüketime sunulan içme, pişirme, gıda hazırlama ya da diğer evsel amaçlar için kullanılan bütün sular ile suyun kalitesinin, gıda maddesinin nihai hâlinin sağlığa uygunluğunu etkilemeyeceği durumlar haricinde insani tüketim amaçlı ürünlerin veya gıda maddelerinin imalatında, işlenmesinde, saklanmasında veya pazarlanmasında kullanılan bütün sular olarak tanımlanmaktadır.

İçme Suyu:

Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir çıkış noktasından sürekli akan veya teknik usullerle çıkarılan ve Bakanlıkça uygun görülen dezenfeksiyon, filtrasyon, çöktürme, saflaştırma ve benzeri işlemler uygulanabilen ve yönetmelikte verilen parametre değerleri ile elde edilen, etiketleme gerekliliklerini karşılayan ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı sular olarak tanımlanmaktadır.

İçme-Kullanma Suyu:

Genel olarak içme, yemek yapma, temizlik ve diğer evsel amaçlar ile gıda maddelerinin ve diğer insani tüketim amaçlı ürünlerin hazırlanması, işlenmesi, saklanması ve pazarlanması amacıyla kullanılan, orijinine bakılmaksızın, orijinal hâliyle ya da arıtılmış olarak ister kaynağından isterse dağıtım ağından temin edilen ve yönetmelikteki parametre değerlerini sağlayan ve ticari amaçlı satışa arz edilmeyen sular olarak tanımlanmaktadır.

BİLGİ KUTUSU

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF tarafından hazırlanan yeni rapora göre; Dünyada her 10 kişiden 3'ünün (2.1 milyar kişi) evinde güvenilir kullanma suyu bulunmamaktadır (Görsel 8.1). Bu 2.1 milyar insandan;



Görsel 8.1: Suzuzluk

- 844 milyonu içme suyu hizmetlerine erişememektedir.
- 264 milyonu evine su getirmek için 30 dakikadan fazla zaman harcamaktadır.
- 159 milyonu ise akarsu, göl gibi kaynaklardan elde ettiği arıtılmamış suyu içmektedir.

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik'in esasları doğrultusunda içilebilir nitelikteki suların özellikleri şunlardır:

- Renksiz, kokusuz, tortusuz, berrak ve içimi hoş olmalıdır.
- Fenoller ve yağlar gibi suya kötü koku veren maddeleri içermemelidir.
- İçeriğinde sağlık için gerekli maddeler bulunmalıdır.
- Radyoaktif madde içermemelidir.
- Yeterli derecede yumuşak olmalıdır.
- İçeriğinde sağlığa zararlı kimyasal ve toksik maddeler bulunmamalıdır.
- Patojen mikroorganizma içermemelidir.

8.1.1. Suyun Duyusal, Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik'te belirtildiği üzere içme-kullanma suları, belirli kalite standartlarına uygun olmalıdır. Bu standartlar; duyusal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler açısından değerlendirilerek belirlenmiştir.

8.1.1.1. Suyun Duyusal ve Fiziksel Özellikleri

Suyun duyusal nitelikleri arasında bulanıklık, renk, tat ve koku; fiziksel nitelikleri arasında ise sıcaklık, iletkenlik, pH ve radyoaktivite bulunur.



Görsel 8.2: Bulanık nehir suyu

Bulanıklık: İçme suyu kalitesi ile ilgili en önemli parametrelerdendir. Su içerisinde askıda bulunan küçük parçalar bulanıklığa neden olur. Su analizlerinde bulanıklık birimi NTU [Nephelometric Turbidity Unit (Nefelometrik Türbiditi Yunit)] olarak verilir. Bulanıklık analizinde su numunesi, ölçüm yapılacak cihaza yerleştirilir. Numune, cihaz içindeki ışık kaynağı ile aydınlatılır. Numune içerisindeki küçük parçalar, gelen ışınları kırar ve dağıtır. Ölçüm cihazı, kırılan ve dağıtılan ışın yoğunluğuna göre ölçüm yaparak sonucu verir. 5 NTU'dan fazla bulanıklık göz ile fark edilebilir düzeydedir. Yağmurlu havalarda bir nehir suyunun bulanıklığı 1.000 NTU'ya kadar çıkabilir (Görsel 8.2). İçme suyu bulanıklığı en fazla 1 NTU olmalıdır.

Renk: Bazı yaprakların, ağaç parçalarının ve çeşitli bitkilerin su içinde çürümesi ile oluşan organik maddeler suya sarı veya kahverengimsi bir renk verebilir. İçme suyu kaynaklarında bulunan organik maddeler sağlığa zararlı değilken dezenfeksiyon işleminde serbest klor ile reaksiyona giren organik maddeler sağlığa zararlı hâle gelir. Bu sağlığa zararlı yan ürünler, trihalometanlar (THM) olarak adlandı-

rılır. Arıtılmış içme suyunda toplam THM miktarı 0,1 mg/l'yi geçmemelidir. Organik maddelerin dışında yükseltgenmiş demir ve manganez iyonları da suya kırmızı veya kahverengi ya da siyah renk verebilir. Bu maddelerin de sağlığa zararı yoktur.

Sularda renk ölçümlerinde standart madde potasyum kloroplatinattır (K_2PtCl_6). İçerisinde 1 mg/l K_2PtCl_6 bulunan suyun renk yoğunluğu 1 renk birimi olarak kabul edilir. Standartlara göre içme suyunun renk yoğunluğu, 15 renk biriminin altında olmalıdır.

Tat ve Koku: Suda istenmeyen tat ve koku bileşenlerinin nedeni organik ve inorganik maddelerdir. Tablo 8.1'de suya farklı tat ve koku veren maddelerin bu farklılığı hissettirdiği limitleri verilmiştir.

Tablo 8.1: Bazı Maddelerin Suda Lezzet Farkı Göstermeye Başladığı Limitler

MADDELER	KONSANTRASYON (mg/L)
Çinko (Zn)	4
Bakır (Cu)	2
Demir (Fe)	0,04-0,1
Manganez (Mn)	4
Florür (F)	2,4
Serbest klor	0,2
Monokloramin (NH_2Cl)	0,48
Kloroform ($CHCl_3$)	0,1 (koku sınırı)
Hidrojensülfür (H_2S)	0,0001 (koku sınırı)
Geosmin	0,00001
Metilizoborneol (MIB)	0,00001

Sıcaklık: Su sıcaklığı, suyun ne kadar soğuk ya da sıcak olduğunu belirten önemli fiziksel bir parametredir. Bu parametre; suyun pH, yoğunluk, çözünmüş oksijen miktarı ve mikrobiyolojik faaliyetlerini de etkiler. Su sıcaklığı arttıkça ya da azaldıkça iyon konsantrasyonları değişeceği için su pH değeri değişir. Su donduğunda yoğunluk azalırken sıcaklık 4 ^oC'ye geldiğinde en yüksek yoğunluk olan 1 g/ml'ye ulaşır. Su sıcaklığı arttıkça içeriğindeki çözünmüş oksijen miktarı azalır. Sıcaklık arttıkça genel olarak mikroorganizma faaliyetleri de artacağı için içme suyu sıcaklığının 4-12 ^oC arasında olması istenir.

Elektriksel İletkenlik: Elektiriksel iletkenlik, suyun elektrik akımını iletme kapasitesi veya çözeltinin elektrik akımını geçirmeye karşı gösterdiği dirençtir. Saf su elektrik geçirmez. Suyun iletkenliği ölçüldüğünde içeriğinde safsızlığa neden olan madde miktarı hakkında fikir elde edilmiş olur. Ülkemizde uygulanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik'e göre içme sularında en yüksek iletkenlik 2.500 microS/cm'dir [microSiemens/cm (mikroSimens/santimetre)]. Böyle bir su; yavan, tatlı, bo-

zuk bir sudur. Tüketicinin tercih ettiği içme suyu iletkenliği 50-250 microS/cm'dir. Tablo 8.2'de suların elektriksel iletkenliğine göre sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 8.2: Suların Elektriksel İletkenliğine Göre Sınıflandırılması

ELEKTRIKSEL İLETKENLİK (25 ºC'DE MicroS/cm)	SINIF
250'den az	Çok iyi
250-750	İyi
750-2.000	Kullanılabilir
2.000-3.000	Şüpheli
3.000'den fazla	Kullanılamaz

pH: Su pH değeri, içindeki H+ iyonu konsantrasyonu esas alınarak belirlenir. H+ ve OH- iyonları dengede olan sular **nötr su** olarak tanımlanır. Nötr suyun pH değeri 7'dir. Suda H+ iyonunun artması ile pH değeri 7'nin altına düşer ve su asidik nitelik kazanır. OH- iyonunun artması ile pH 7'nin üstüne çıkar ve su bazik nitelik kazanır. İçme sularının pH değeri, 6,5 ile 8,5 arasında uygun görülmektedir (Görsel 8.3).



Görsel 8.3: Su pH değerinin ölçülmesi

Radyoaktivite: İçme suyu kaynaklarında bulunma ihtimali olan radyoaktif maddeler; radyum-226, radyum-228, uranyum-238, radon-222, radyum-224, polonyum-210'dur. Bunlardan radyum 228 beta ışını, diğerleri ise alfa ışını yayar. Bu maddeler vücuda alındığında iç organlarda hasara ve kansere yol açar. pCi/l [picoCurie/l (pikokuri/litre)] radyoaktif maddelerin sudaki konsantrasyonlarını belirtmek için

kullanılan bir birimdir ayrıca rem [Rontgen equivalent man (Röntgen eküvalent men)] birimi de kullanılmaktadır. Tablo 8.3'te içme sularında radyoaktif madde limitleri verilmiştir.

Tablo 8.3: İçme Sularında Radyoaktif Madde Limitleri

RADYOAKTİF MADDE	LİMİT
Alfa yayıcıları	15 pCi/l
Beta yayıcıları	4 mrem/sene
Ra226 ve Ra228 toplamı	5 pCi/l
Radon 222	300 pCi/l
Uranyum 238	10 pCi/l

WHO ve TSE'nin (Türk Standartları Enstitüsü) standartlarına göre sulardaki radyoaktif madde ölçütleri Tablo 8.4'te verilmiştir.

Tablo 8.4: İçme Sularında Radyoaktif Madde Standartları

MADDE ADI	ULUSLARARASI İÇME SUYU STANDARDI		TS266 İÇME SUYU STANDARDI	
	Tavsiye edilen miktar (pCi/l)	Müsaade edilecek maksimum miktar (pCi/l)	Tavsiye edilen miktar (pCi/l)	Müsaade edilecek maksimum miktar (pCi/l)
Alfa Aktivitesi	3	-	2,7	-
Beta Aktivitesi	30	-	27	270

Tablolarda verilen rakamlar müsaade edilebilecek limitlerdir. İçme sularında radroaktif madde miktarının sıfır olması hedeflenmelidir.

BİLGİ KUTUSU

Radyoaktif maddelerin zararlı etkilerinin ortaya çıkmasında doz çok önemlidir. Çeşitli dozlardaki radyasyon etkileri şu şekildedir:

- **600 rem : Kısa bir sürede buna maruz kalanların %50'si ölür.**
- **50 rem : Kısa vadede görünür etkisi olmayan azami miktar.**
- **5 rem/sene : Nükleer teknoloji sektöründe çalışanlar için azami doz.**
- **500 mrem/sene : Ayrı ayrı her şahıs için endüstriyel kaynaklı azami doz.**
- **170 mrem/sene : Bütün nüfus için endüstriyel kaynaklı azami ortalama doz.**
- **100 mrem/sene : Ortalama olarak her insanın maruz kaldığı tabii radyasyon.**
- **10 mrem : Tipik bir göğüs röntgeni çekimi.**

8.1.1.2. Suyun Kimyasal Özellikleri

Suyun fiziksel özellikleri gibi kimyasal özellikleri de standartlarla belirtilmiştir. İçme suyu; insan sağlığı açısından gerekli olan ve doğal olarak suda bulunabilen oksijen, karbondioksit, iyot, flor, kalsiyum, magnezyum, sodyum klorür gibi maddeleri içermelidir. İnsan sağlığına zararlı olan amonyak, nitrat, nitrit, cıva, kurşun, arsenik, deterjanlar, pestisitler gibi maddeleri kesinlikle içermemelidir. Tablo 8.5'te içme suyundaki kimyasal maddelerin standart miktarları ve etkileri verilmiştir.

Tablo 8.5: İçme Sularındaki Kimyasal Madde Standartları

MADDE	STANDART MİKTAR (mg/L)	ETKİLERİ
Oksijen	6-12	**Fazlalığı:** Organik maddelerle kirlenme **Eksikliği:** Agresif özellik gösteren su
Karbondioksit	15-18	**Eksikliği:** Agresif özellik gösteren su
İyot	10-20	**Eksikliği**: Guatr
Flor	0,5-1,5	**Fazlalığı:** Florozis **Eksikliği:** Diş çürümesi
Kalsiyum	75-200	**Fazlalığı:** Su sertliği
Magnezyum	50-180	**Fazlalığı:** Su sertliği
Klorür	200-600	**Fazlalığı:** Sularda idrar ile kirlenme göstergesi
Nitrit	3-5	**Fazlalığı:** Organik maddelerle kirlenme göstergesi
Nitrat	20-40	**Fazlalığı:** Organik maddelerle kirlenme göstergesi

Oksijen: Sularda doğal olarak bulunan oksijen, havadan suya geçer. İçme sularında oksijen bulunmasının sağlık açısından bir sakıncası yoktur ancak su lezzetini etkilediği için oksijenin az olması istenir. Oksijen oranı fazla olan sularda aşındırıcı bir etki ortaya çıkar. Bu etki agresivite olarak tanımlanır. Sulardaki çözünmüş oksijen, mikroorganizmalar için bir yaşam kaynağıdır. Oksijen miktarı birdenbire düşen sularda mikrobiyal kirlenme akla gelmelidir.

Karbondioksit: Suya toprak havasından geçen karbondioksit suda doğal olarak bulunmaktadır. Sularda karbondioksit miktarının az olması istenir çünkü karbondioksit, suda bazı maddelerin fermentasyonu sonucu kokuşma belirtisidir. Karbondioksit miktarının artması ile suyun pH değeri düşer ve suda asidik bir ortam oluşur. Böylece su agresif özellik kazanır. Karbondioksit, su borularını ve bulundukları kapları aşındırır.

Flor: Flor miktarı fazla olan suları tüketen kişilerin diş ve kemiklerinde kahverengi lekeler oluşur. Bu lekeler kalıcı özelliktedir. Flor miktarı az olan suların tüketilmesi ise diş çürümelerine neden olur.

Kalsiyum ve Magnezyum: Kalsiyum ve magnezyum suda normal olarak bulunan maddelerdendir. Bu maddelerin fazlalığı suyun sertliğini artırır.

Normal şartlarda suda bulunmaması gereken nitrit, nitrat ve klorür gibi maddelerin fazla miktarda

görülmesi suda organik madde varlığına işaret eder. Nitrit ve nitrat bulunan sularda insan veya hayvan dışkısı ile kirlenme; klorür bulunan sularda ise insan veya hayvan idrarı ile kirlenme düşünülmelidir. İçme ve kullanma sularında toksik maddelerin bulunmaması istenir. Tablo 8.6'da içme ve kullanma sularında bulunmasına izin verilen toksik maddelerin maksimum miktarları verilmiştir.

Tablo 8.6: İçme Sularındaki Kimyasal Madde Standartları

TOKSİK MADDE MADDE	İZIN VERILEN MAKSIMUM MIKTAR (mg/L)
Civa	0,001
Arsenik	0.05
Kadmiyum	0.01
Siyanit	0.05
Kurşun	0,10
Selenyum	0,01
Deterjanlar	1,00
Fenollü bileşikler	0,002

8.1.1.3. Suyun Mikrobiyolojik Özellikleri

İnsan sağlığı açısından bir içme ve kullanma suyunun en önemli özelliği patojen mikroorganizma içermemesidir. Herhangi bir yolla patojen mikroorganizmalarla kontamine olmuş içme ve kullanma suları, birçok hastalığa neden olur. Bu hastalıklar arasında tifo, paratifo, basili dizanteri, kolera, amipli dizanteri, sarılık, çocuk felci yer alır. Bu hastalıklara neden olan mikroorganizmaların ayrı ayrı analizlerinin düzenli olarak yapılması zor ve masraflıdır. Bu nedenle suyun mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesinde indikatör mikroorganizmalara bakılır. Suda indikatör mikroorganizmalar, koliform grubu bakterilerdir. Suda koliform varlığı, hastalık yapan diğer mikroorganizmaların da varlığına işaret eder. Bu nedenle içme kullanma sularında toplam koliform bakteri sayısının sıfır olması istenir (Görsel 8.4).



Görsel 8.4: Suyun mikrobiyolojik incelemesi

Tablo 8.7'de içme sularının mikrobiyolojik parametreleri verilmiştir.

Tablo 8.7: İçme Sularının Mikrobiyolojik Parametreleri

PARAMETRE	PARAMETRİK DEĞER
E. coli	0/250 ml
Enterokok	0/250 ml
Koliform bakteri	0/250 ml
P. aeruginosa	0/250 ml
Anaerob sporlu sülfit redükte eden bakteriler	0/50 ml
Patojen stafilokoklar	0/100 ml
Kaynaktan alınan numunede maksimum: 22 °C'de koloni sayımı 37 °C'de koloni sayımı	 20/ml 5/ml
İmalathanede ambalajlandıktan sonra alınan numunede: 22 °C'de koloni sayımı 37 °C'de koloni sayımı Piyasada satılan ambalajlı sulardan alınan numunede maksimum: 22 °C'de koloni sayımı 37 °C'de koloni sayımı	 100/ml 20/ml İmalathane için belirlenen sınır değerin on katıdır.
Parazitler	0/5 litre

8.1.2. Su Sertliği

Su sertliği, suyun kimyasal özelliklerinden biridir. Suyun içeriğindeki kalsiyum ve magnezyum tuzlarının sabunu çöktürme ve köpürmesini engelleme kapasitesine su sertliği denir. Su sertliği; geçici sertlik, kalıcı sertlik ve toplam sertlik olmak üzere üç başlık altında incelenir.

Geçici Sertlik: Kalsiyum ve magnezyumun karbonat ve bikarbonatlarından ileri gelen sertliktir. Bikarbonat sertliği de denilmektedir. Geçici sertlik, suyun kaynatılmasıyla giderilebilir. Kaynatma sırasında ısı etkisiyle karbonatlar oluşur. Oluşan magnezyum ve kalsiyum karbonatlar, çökelerek ayrılır.

$$Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

$$Mg(HCO_3)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 + CO_2$$

Kalıcı Sertlik: Kalsiyum ve magnezyumun klorür, nitrat, sülfat, silikat ve fosfatlarından ileri gelen sertliktir. Suyu kaynatmakla bu sertlik giderilemez.

Toplam Sertlik: Sulardaki toplam sertlik, geçici ve kalıcı sertliğin toplamıdır.

8.1.2.1. Sertlik Dereceleri

Sularda sertlik birimi mval/l'dir (miliekivalan/litre). Bunun dışında, sertlik birimi için Alman, İngiliz, Fransız, Amerikan, Rus sertlik dereceleri veya ppm birimi kullanılmaktadır. Ülkemizde sertlik birimi olarak Fransız sertlik derecesi tercih edilmiştir.

Fransız Sertlik Derecesi: 100 ml'sinde 1 mg $CaCO_3$e eş değer Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonu içeren suyun sertliğine 1 Fransız sertlik derecesi (1F ^oS) denir.

Alman Sertlik Derecesi: 100 ml'sinde 1 mg CaO_3e eş değer Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonu içeren suyun sertliğine 1 Alman sertlik derecesi (1A ^oS) denir.

İngiliz Sertlik Derecesi: 70 ml'sinde 1 mg $CaCO_3$e eş değer Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonu içeren suyun sertliğine 1 İngiliz sertlik derecesi (1I ^oS) denir.

Milival Sertlik Derecesi: 1 litre suda 50 mg $CaCO_3$ veya 42 mg $MgCO_3$e eş değerdir.

Tablo 8.8: Sertlik Birimlerinin Birbirine Dönüşüm Katsayısı

	Mval/L	ASD	İSD	FSD	ppm
Mval/L	1,000	2,800	3,510	5,000	50,000
ASD	0,357	1,000	1,250	1,790	17,850
İSD	0,286	0,800	1,000	1,430	14,300
FSD	0,200	0,560	0,700	1,000	10,000
ppm	0,020	0,056	0,070	0,100	1,000

Tablo 8.9: Sertlik Derecesine Göre Suyun Sınıflandırılması

ASD	FSD	İSD	SUYUN SERTLİĞİ
0-4	0-7,2	0-5	Çok yumuşak
5-8	7,3-14,2	6-10	Yumuşak
9-12	14,3-21,5	11-15	Hafif sert
13-18	21,6-32,5	16-22,5	Orta sert
19-30	32,6-54,0	22,5-37,5	Sert
>30	>54	>37,5	Çok sert

Örnek: Yapılan sertlik tayini sonucunda bir içme suyunun sertliği 18 İSD olarak bulunmuştur.

1. Tablo 8.8'den yararlanarak bu suyun sertliğini ASD, FSD, mval/l ve ppm birimlerine dönüştürünüz.

2. Tablo 8.9'a göre bu içme suyu hangi sertlik sınıfında yer almaktadır?

Çözüm:

1. Tablo 8.8'de

İSD'den ASD'ye dönüşüm katsayısı 0,800 olarak belirtilmiştir.

18 İSDx0,800= 14,4 ASD

İSD'den FSD'ye dönüşüm katsayısı 1,430 olarak belirtilmiştir.

18 İSDx1,430=25,74 FSD

İSD'den mval/l'ye dönüşüm katsayısı 0,286 olarak belirtilmiştir.

18 İSDx0,286=5,148 mval/l

İSD'den ppm'e dönüşüm katsayısı 14,300 olarak belirtilmiştir.

18x14,300=257,4 ppm

2. Tablo 8.9'a göre sertliği 18 İSD olan sular, orta sert olarak sınıflandırılmıştır.

SIRA SİZDE

Yapılan su sertliği tayinine göre bir içme suyunun sertliği 12 ASD olarak hesaplanmıştır.
Buna göre;
1. Suyun sertliğini İSD, FSD, mval/l ve ppm birimlerine dönüştürünüz.
2. Bu içme suyunun hangi sertlik sınıfında yer aldığını söyleyiniz.

BİLGİ KUTUSU

İçme suyu için en uygun sertlik, orta derecedeki sertliktir. Yumuşak su tadı yavan olduğundan, aşırı sert su ise bağırsak bozukluklarına neden olduğu için tercih edilmez (Görsel 8.5).



Görsel 8.5: Bir bardak su

1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerden doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Bulanıklık, pH ve elektriksel iletkenlik suların fiziksel özelliklerindendir.

2. ( ) İSD 6-10 olan su, "çok sert" olarak nitelendirilir.

3. ( ) pH değeri 4,5 ile 6,5 arasında olan sular içme suyu olarak kullanılabilir.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri, verilen bilgilere uygun şekilde doldurunuz.

1. Sularda renk ölçümü analizlerinde ..... standart madde olarak kullanılır.

2. İçme sularında radyoaktif madde miktarının ve koliform grubu mikroorganizma sayısının ..... olması hedeflenir.

3. Sularda ..... oranı fazla olduğunda aşındırıcı bir etki ortaya çıkar. Bu etkiye ..... denir.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. İnsani tüketim amaçlı sularla ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi <u>yanlıştır?</u>

A) Hoş içimli olmalıdır.

B) Kimyasal ve toksik madde bulunmamalıdır.

C) Renksiz ve kokusuz olmalıdır.

D) Radyoaktif madde içermemelidir.

E) Tüketilecek su sert su olmalıdır.

2. Kalsiyum ve magnezyumun karbonat ve bikarbonatlarından ileri gelen sertliğe ne denir?

A) Su sertliği

B) Geçici sertlik

C) Kalıcı sertlik

D) Toplam sertlik

E) Elzem sertlik

3. Yapılan su sertliği tayinine göre bir içme suyunun sertliği 8,2 FSD olarak hesaplanmıştır. Bu sonuca göre içme suyunun sertlik sınıfı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Çok sert

B) Sert

C) Hafif sert

D) Yumuşak

E) Çok yumuşak

4. Ülkemizde hangi su sertlik derecesi kullanılmaktadır?

A) Alman

B) Avusturalya

C) Fransız

D) İngiliz

E) Milival

5. Aşağıdakilerden hangisi içme sularında bulunması istenmeyen maddelerden biridir?

A) Arsenik B) Flor

C) Kalsiyum

D) Magnezyum E) Oksijen

8.2. GIDADA BULUNAN SU

Bir gıda genel olarak kuru madde ve sudan oluşur. Gıda içeriğindeki su miktarı önemli bir kalite kriteridir. Özellikle su miktarı yüksek olan gıdalar, enzim ve mikroorganizmalar tarafından daha hızlı bozulmaya müsaittir. Bu nedenle gıdaların su içeriğinin düşürülmesi için birçok muhafaza tekniği geliştirilmiştir.

Gıdadaki su; gıdanın yapısındaki protein, karbonhidrat, lipit ve diğer maddelerle etkileşime girerek gıdanın yapısını etkiler (Tablo 8.10). Gıda içeriğindeki su; gıdanın tat, lezzet, aroma gibi duyusal özellikleri açısından da önemlidir.

Tablo 8.10: Bazı Gıdaların Su Oranı

GIDA	SU ORANI (%)	GIDA	SU ORANI (%)
Domates suyu	95	Peynir	37
Karpuz	95	Reçel	28
Ispanak	93	Bal	17
Lahana	92	Tereyağı	15
Süt	87	Kuru üzüm	15
Patates	85	Buğday unu	12
Elma	82	Makarna	12
Balık eti	80	Kavrulmuş kahve	5
Muz	78	Süt tozu	4
Tavuk eti	74	Esmer şeker	1-2
Yumurta	74	Balık yağı	0
Sığır eti	65	Rafine sıvı yağ	0
Sosis	60	Rafine şeker	0

Gıdaların içeriğindeki su miktarı % nem olarak ifade edilir.

Gıdaların nem miktarının kontrol edilme nedenleri şunlardır:

- Gıdaların nem içeriği arttıkça enzim ve mikroorganizma faaliyetleri de arttığından gıda depolamada öncelikle gıdanın % nem miktarına bakılır. Depolama açısından % nem oranı çok önemlidir.
- Ticari açıdan önemlidir. % nem oranı azaldıkça fire azalmaktadır.
- Gıdanın % nem oranı, standartlarla karşılaştırma yapılabilmesi için bilinmelidir.
- Gıdaya uygulanacak işlemlerin belirlenmesi ve optimum şartlarda uygulama yapılması için % nem oranı bilinmelidir.

8.2.1. Suyun Gıdalarda Bulunuş Şekilleri

Gıdalarda su üç şekilde bulunur:

- Serbest su
- Absorbe su
- Bağlı su

8.2.1.1. Serbest Su

Gıda içerisinde çözücü olarak bulunan sudur. Fiziksel olarak doku içerisine hapsedilmiştir. Gıdalarda serbest su, diğer su çeşitlerine göre daha fazla bulunabilir. Serbest su gıdadan kolaylıkla ayrılabilir. Nem tayini analizleriyle miktarı belirlenebilir. Gıdalardaki çeşitli bozulmalar, serbest su varlığında olmaktadır. Farklı gıda muhafaza yöntemleri (kurutma, dondurma, tuz ilavesi vb.), serbest su içeriğinin azaltılması esasına dayanır (Görsel 8.6).



Görsel 8.6: Gıdalar kurutulduğunda içeriğindeki serbest su azalır.

8.2.1.2. Absorbe Su

Gıdada yarı bağlı ya da ince bir tabaka hâlindeki sudur. Gıda bileşenlerinin zemin taneleri tarafından havadan çekilerek tanelerin dış yüzünü ince bir film hâlinde sarar. Genellikle protein ve polisakkaritlerin etrafında toplanmıştır. Absorbe su, gıdadaki toplam suyun %10-15'ini oluşturur.

8.2.1.3. Bağlı Su

Gıda bileşenlerinin yapısına girmiş yani bir hidrojen iyonu ile gıdaya bağlanmış sudur. Bağlı suyun gıdadaki oranı %3-5 civarındadır. Bağlı su, kimyasal reaksiyon ve mikrobiyolojik faaliyetlerde kullanılamaz.

8.2.2. Su Aktivitesi

Gıdaların su içeriği, nicel olarak belirlenebilen bir faktördür. Gıdada bulunan suyun özellikleri hakkında bilgi edinebilmek için su aktivitesinin bilinmesi gerekir. Bunun nedeni gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında ortaya çıkan bozulma ve kalite kaybı ile su aktivitesi arasında bir bağlantı olmasıdır.

Su aktivitesi kısaca;

- Suyun gıdaya ne şekilde bağlı olduğu hakkında,
- Bazı kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik faaliyetlerde kullanılabilme durumu hakkında,
- Gıdanın depolanması sırasında kalitenin korunması ve optimum koşulların belirlenmesi için bilgi verir.

Su aktivitesi; gıda maddesinin içerdiği suyun kısmi buhar basıncının, aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranıdır. Kısaca **aw** olarak yazılır.

aw = P / P_o 'dır.

P: Gıda çözeltisindeki suyun buhar basıncı

P_o: Saf suyun buhar basıncı

Su aktivitesi bağıl nemle de ilişkilidir.

Bağıl nem = aw x 100

Saf suyun aw değeri 1,00'dür ve %100 bağıl neme eş değerdir. Taze gıdaların birçoğunun aw değeri 0,99'un üzerindedir. Her gıdanın kendine özgü bir su aktivitesi vardır. Tablo 8.11'de su aktivitesine göre gıdaların sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 8.11: aw Değerine Göre Gıdaların Sınıflandırılması

SINIF	aw	ÖRNEK
Yüksek nemli gıdalar	0,900-0,999	Taze et, sebze ve meyve ve yumurta.
Orta nemli gıdalar	0,600-0,900	Peynir, reçel, bal ve kuru meyveler.
Düşük nemli gıdalar	<0,600	Tahıllar, kuru yemişler ve kuru gıdalar.

Su aktivitesi, gıdada bulunan toplam suyun mikroorganizmalar tarafından kullanılabilecek kısmını açıklar. Her mikroorganizma, kendine özgü bir aw değerine sahiptir ve bu değer altında çoğalamaz. Bu nedenle gıdaların işlenmesi sırasında ilgili gıdaya özgü mikroorganizmaların aw değeri göz önünde bulundurularak üretim yapılır. Mikrobiyal gelişim aw değeri düştükçe mikrobiyal gelişim azalır. Tablo 8.12'de farklı mikroorganizmaların çoğalabildiği aw değerleri verilmiştir.

Tablo 8.12: Mikroorganizmaların Çoğalabildiği aw Değerleri

aw DEĞERİ	MİKROORGANIZMA ÇEŞİDİ
> 0,95	Patojen ve bozulma yapan bakteriler, bazı mayalar gelişebilir.
0,91-0,95	Bozulma yapan bakteriler, bazı küfler gelişebilir.
0,87-0,90	Maya ve küfler gelişebilir.
< 0,85	Patojenler gelişemez.
0,60-0,85	Maya, küf ve osmotik basınca dayanıklı bakteriler gelişebilir.
< 0,60	Mikrobiyal gelişim olmaz.

BİLGİ KUTUSU

- Gıda içeriğindeki nem ile su aktivitesi birbirinden farklı kavramlardır.
- Nem, gıda içeriğindeki toplam suyu (serbest, absorbe, bağlı); su aktivitesi ise mikroorganizmalar tarafından kullanılabilir serbest suyu ifade eder.

OKUMA PARÇASI

TÜRK MUTFAĞINDA GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE KURUTULMUŞ GIDALAR

Kurutma işlemi, eski çağlardan beri gıdaların uzun süre saklanması için kullanılan bir muhafaza yöntemidir. Yöntem, gıda maddesinden suyun önce buharlaştırılması sonra da bu buharın ürünün yüzeyinden uzaklaştırılması esasına dayanır.

Türkler, Orta Asya'da birçok gıdayı kurutarak saklamış ve bu kültürü göç sırasında Anadolu'ya taşımıştır. Orta Asya'da göçebe bir yaşam tarzı benimseyen Türkler, gerek taşıma kolaylığı gerekse bozulmadan uzun süre saklanabilmesi açısından kurutma tekniğini yaygın olarak kullanmışlardır. Sebze ve meyvelerin, yoğurdun, etin, çorba için yapılan tarhana ve bazı deniz ürünlerinin kurutulması bu örneklerden bazılarıdır. XI. yüzyılda Yusuf Has Hacip'in Kutadgu Bilig ile Kaşgarlı Mahmut'un Divan-ı Lügat'it Türk adlı eserlerinde Türk mutfağı hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiş, dönemin kurutulmuş ürünlerinden bahsedilmiştir. Günümüzde kurutma alışkanlığından vazgeçilemediği için bu kurutulmuş ürünlerle çeşitli yemekler, tatlılar, şerbetler yapılmaya ve sevilerek tüketilmeye devam edilmektedir.

Kurutulmuş Meyveler

Türklerin Orta Asya'da meyvelerden bazılarını kuruturak kış için sakladığı bilinmektedir. Yusuf Has Hacip'in eserinde Türklerin XI. yüzyılda üzüm, elma, armut, şeftali, kayısı, erik, ayva, dut, iğde, fıstık ve ceviz gibi meyveleri yemeklerden sonra taze veya kuru yemiş şeklinde yediklerinden bahsedilmektedir (Görsel 8.7). Kaşgarlı Mahmut'un eserinde ise kurutulmuş meyvelere "kak" adı verildiği belirtilmektedir. Günümüzde de Anadolu'nun birçok yerinde meyve kurularına hâlâ "kak" adı verilmektedir.



Görsel 8.7: Kurutulmuş meyveler

Kurutulmuş Sebzeler

Türkler, Orta Asya'da doğadan topladıkları veya kendi yetiştirdikleri bitkileri yaprak, sap ve kökleri de dahil kurutarak muhafaza etmişlerdir. Anadolu'ya geldiklerinde ise bu alışkanlıklarını sürdürmüşler, Anadolu'nun verimli topraklarında yetişen yenilebilir bitkileri kurutup saklamışlardır.

Günümüzde hâlâ Anadolu'nun birçok köy ve kasabasında iplere dizilerek kurumaya bırakılmış sebzeler, evlerin duvarlarını ve balkonlarını süslemektedir. Bamya, biber, patlıcan, fasulye kurutması en çok kurutulan sebzelerdir.

Kurutulmuş Et

Orta Asya'da etler, günümüzdeki pastırmaya benzer bir teknikle baharat eklenerek ve kurutularak saklanmıştır. Orta Asya'nın kurutulmuş eti Anadolu'da çemenle buluşmuş ve mükemmel lezzeti ile dünyada bir örneği olmayan pastırmaya dönüşmüştür. Selçukluların önemli bir yerleşim bölgesi olan Kayseri'de o dönem itibariyle pastırma yapıldığı Evliya Çelebi'nin Seyahatnamesi'nde belirtilmektedir. Başka bir kaynakta Anadolu'da etlerin büyük parçalar hâlinde iyice tuzlandıktan sonra üç gün kadar büyük kaplara (fıçılara) basıldığından, daha sonra ipe dizilip güneşte kurutulduğundan bahsedilmiştir. Günümüzde sevilerek tüketilen "sucuk", etin tuz ve baharat ile karıştırılmasıyla elde edilen karışımın hayvan bağırsaklarına doldurulması ve belli bir süre olgunlaştırılması ile elde edilen fermente bir et ürünüdür.

Kurutulmuş Süt Ürünleri

Türkler, Orta Asya kültüründe yoğurdu kurutup daha uzun süre dayanıklı hâle getirip tüketirlerdi. Bu yöntemle kurutulup tüketilen süt ya da yoğurt bazlı yiyeceklere "kurut" adı verilirdi. Kurut, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde yapılmaya, çorba, mantı ve bazı yöresel yemeklerle birlikte tüketilmeye devam edilmektedir.

Orta Asya'da yaşadıkları dönemden bu yana Türkler tarafından bilinen ve sevilerek tüketilen geleneksel bir gıda maddesi olan "tarhana" da Türk mutfağında hâlâ önemli bir yere sahiptir. Tarhananın yoğurdun saklanma usullerinden biri olduğu düşünülmektedir.

Kurutulmuş Tahıllar

Orta Asya'da buğdayın taş değirmenlerde öğütülmesiyle un elde edilirdi ve buğday pek çok yiyeceğin temel maddesi olarak kullanılırdı. Anadolu'da geleneksel olarak buğday, arpa, mısır gibi tahılların ayıklanıp yıkandıktan sonra kurutulup öğütülmesiyle un elde edilen taş değirmenlerin çok az da olsa faaliyeti devam etmektedir. Unun saklama şekillerinden olan "yufka" kışlık ekmek olarak da bilinir. Orta Asya'da "kıyma ügre" adı verilen bir çeşit erişte yemeğinin yapıldığı bilinmektedir. Erişte gibi kuskus, şehriye ve nişasta da kurutularak elde edilir ve uygulaması günümüzde hem evlerde hem de ticari olarak devam etmektedir.

Orta Asya'dan Anadolu'ya Kurutulmuş Gıdalar
ABMYO Dergisi Sayı 40 - (2015) - (83-93)
Düzenlenmiştir.

1. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanınızın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatlarına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Hidrotimetrik Yöntemle Toplam Sertlik Tayini**
Uygulamanın Amacı	:	Biri saf su olmak üzere üç farklı içme suyu örneğinde hidrotimetrik yöntemle toplam sertlik tayini yapmak.
Uygulamanın Prensibi	:	Suyun köpürmesini engelleyen Ca ve Mg iyonlarının ayarlı sabun çözeltisi ile çöktürülmesinin ardından suyun köpürtülerek toplam sertliğin bulunması esasına dayanır.
Gerekli Araç Gereçler	:	Hidrotimetri şişesi ve hidrotimetri büreti (Şekil 8.2).  **Şekil 8.2:** Hidrotimetre şişesi
Gerekli Kimyasal Maddeler	:	Ayarlı sabun çözeltisi
Süre	:	40 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

- Hidrotimetri şişesi içine 40 ml sertliği tayin edilecek su koyunuz.
- Hidrotimetri büretinin üst sıfır noktasına kadar ayarlı sabun çözeltisi koyunuz.
- Hidrotimetri şişesine damla damla ayarlı sabun çözeltisi ilave ediniz.
- Şişenin kapağını sıkıca kaparak şiddetle çalkalayınız.
- Şişede bulunan suyun yüzeyinde 1 cm kalınlığında ve 5 dakikaya kadar dayanan kalıcı köpük elde edinceye kadar işleme devam ediniz.
- Hidrotimetri büretinden harcanan sabun çözeltisi miktarını okuyunuz (Şekil 8.3).



Şekil 8.3: Hidrotimetre büreti

Sonuç Değerlendirme

Hidrotimetri büretinden okunan değer doğrudan doğruya Fransız sertlik derecesi cinsden sertlik bütününü verir.

1. Analiz yaptığınız su örneklerinin sertlik değerlerini sıralayınız.
2. Su örneklerini suyun sertlik niteliğine göre derecelendiriniz. Buna göre sonuç ve yorumunuzu yazınız.
3. Üç numune için de analizi yaptıktan sonra sonuçları aralarında karşılaştırma yaparak değerlendiriniz.
4. Üç numune arasından hangisi veya hangileri içilebilir nitelikte sudur? Nedenleriyle birlikte açıklayınız.

2. UYGULAMA

İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

1. Laboratuvar çalışmasının gerektirdiği kişisel koruyucu donanımları (önlük, eldiven, maske, koruyucu gözlük vb.) kullanınız.
2. Çalışacağınız alanınızın (tezgâh vb.) temizliğini ve bu alanda gereksiz malzeme bulunup bulunmadığını kontrol ediniz.
3. Çalışma için gerekli olan cihaz, malzeme ve kimyasalları kullanım talimatlarına uygun şekilde ve gerektiği kadar kullanınız.
4. Laboratuvar çalışmalarından önce ve çalışma bitiminde mutlaka ellerinizi yıkayınız.
5. Uygulamanız bittikten sonra laboratuvar ortamını temiz ve düzenli bırakınız.

Uygulamanın Adı	:	**Nem Tayini**
Uygulamanın Amacı	:	Farklı besin gruplarının % nem içeriklerini karşılaştırmak.
Uygulamanın Prensibi	:	Belirli miktardaki gıda örneğinden suyun uçurulması ve ağırlık kaybından nem miktarının bulunması esasına dayanır.
Gerekli Araç Gereç	:	Hassas terazi, desikatör, etüv, kurutma kabı ve pipet
Süre	:	160 dakikadır.

İŞLEM BASAMAKLARI

- Gıda örneği katı ise 5-8 g, sıvı ise 3-5 ml alarak hassas tartım yapınız (m).
- Sabit tartıma getirilmiş olan kurutma kabına gıda örneğini aktarınız ve tartım yapınız (M_1).
- Gıdaya uygun sıcaklığı seçerek etüvü ayarlayınız.
- Kurutma kabındaki gıda örneğini etüve yererek uygun süre bekletiniz.
- Süre sonunda kurutma kabını desikatöre alarak soğutunuz ve tartınız (M_2).

Hesaplamalar

Gıdaların nem miktarı şu şekilde hesaplanır:

$$\% \text{ nem} = \frac{M_1 - M_2}{m} \times 100$$

Hesaplamanızı yaparak sonuç ve yorumunuzu yazınız.

Sonuç Değerlendirme

1. Beş farklı numune için bulduğunuz analiz sonuçlarını karşılaştırma yaparak değerlendiriniz.

Önemli Notlar

1. Farklı gıda örnekleri için etüv sıcaklığı ve süresi aşağıda verilmiştir:
   - Süt ve süt ürünleri için 100-105 ^{o}C'de 2-3 saat
   - Hububat ve ürünleri için 130-133 ^{o}C'de 2-3 saat
   - Et ve et ürünleri için 100-105 ^{o}C'de 2-3 saat
   - Bal ve şekerli meyveler 70 ^{o}C'de 6-8 saat
   - Meyve ve sebzeler için 100-105 ^{o}C'de 2-3 saat
2. Gıda örneği sıvı ise kurutma öncesi su banyosunda 30 dakika tutulmalıdır.

2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümlelerler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) Su molekülünde oksijen tarafı negatif yüklü, hidrojen tarafı ise pozitif yüklüdür.

2. ( ) İçme suyu bulanıklığı en fazla 10 NTU olmalıdır.

3. ( ) Elektriksel iletkenliği 750 olan sular kullanılamaz.

4. ( ) Suda koliform varlığı, hastalık yapan diğer mikroorganizmaların da varlığına işaret eder.

5. ( ) Su aktivitesi, gıdada bulunan toplam suyun mikroorganizmalar tarafından kullanılabilecek kısmını açıklar.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri, verilen bilgilere uygun şekilde doldurunuz.

1. Tuzlar, mineraller ve diğer çözünmüş maddelerden tamamen arındırılmış suya ..... denir.

2. Mikroorganizma faaliyetlerini ..... için içme suyu sıcaklığının ..... arasında olması gerekmektedir.

3. İçme sularında pH ..... arasında olmalıdır.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi içilebilir nitelikteki suların özelliklerinden biri değildir?

A) Renksiz, kokusuz, tortusuz, berrak ve içimi hoş olmalıdır.

B) Fenoller, yağlar gibi suya kötü koku veren maddeleri içermemelidir.

C) Sağlık için gerekli olan maddeleri içermelidir.

D) Sert sular içme suyu olabilir.

E) Sağlığa zararlı kimyasal ve toksik madde içermemelidir.

2. Aşağıdakilerden hangisi TS-266 içme suyu standardına göre izin verilen beta aktivitesi limitidir?

A) 0,3

B) 2,7

C) 27

D) 30

E) 270

3. İçme sularının mikrobiyolojik analizinde hangi mikroorganizma indikatör kabuledilir?

A) Aerobik bakteriler

B) Anaerobik bakteriler

C) Koliform grubu bakteriler

D) Mezofilik bakteriler

E) Psikrotrof bakteriler

CEVAP ANAHTARLARI

1. ÖĞRENME BİRİMİ

1. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. D	2. D	3. Y	4. Y	5. Y	6. D
B)	1. besin öğesi			2. fotosentez		
	3. 1 / 2			4. inorganik madde		
	5. organik madde			6. optik aktivite		
	7. mutarotasyon			8. 4		
C)	1. B	2. E	3. B	4. D	5. A	
	6. A	7. C	8. D	9. E		

2. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. D	2. Y	3. D	4. D		
	5. D	6. Y	7. D			
B)	1. karbonil grubu			2. D		
	3. glikoz			4. meyve şekeri		
	5. sakkaroz			6. inversiyon		
	7. amiloz / amilopektin					
	8. nişasta / glikojen					
	9. karamelizasyon / karamelan					
	10. laktoz intolerans					
C)	1. B	2. B	3. D	4. C	5. E	
	6. E	7. A	8. A	9. E		

2. ÖĞRENME BİRİMİ

1. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. Y	2. D	3. Y	4. D	5. Y	
B)	1. C	2. C	3. B	4. C	5. D	

2. ÖĞRENME BİRİMİ

2. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. Y	2. D	3. D	4. Y	5. D	
B)	1. D	2. C	3. B	4. A	5. C	6. A

3. ÖĞRENME BİRİMİ

1. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. D	2. Y	3. D	4. D		
B)	1. metiyonin			2. proteinlerin		
	3. 20			4. treonin		
C)	1. A	2. E	3. A	4. E		

2. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. Y	2. D	3. D	4. Y		
B)	1. primer yapı					
	2. dipeptid / polipeptid / proteinleri					
	3. basit proteinler					
C)	1. E	2. C	3. D	4. A	5. B	
	6. A	7. B	8. E	9. C	10. E	

4. ÖĞRENME BİRİMİ

1. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. D	2. D	3. Y			
B)	1. vitaminler		2. B1		3. skorbüt	
C)	1. B	2. E	3. E	4. E		

2. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. Y	2. D	3. D			
B)	1. makro mineraller / mikro mineraller					
	2. klor			3. hemoglobinin		
C)	1. C	2. E	3. E	4. B		

CEVAP ANAHTARLARI

5. ÖĞRENME BİRİMİ

1. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. D	2. Y	3. D	4. D	5. Y	
B)	1. A	2. A	3. A			
	4. E	5. B	6. E			

2. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. D	2. D	3. Y	4. D		
B)	1. B	2. A	3. D	4. A	5. D	

6. ÖĞRENME BİRİMİ

1. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. D	2. Y	3. D	4. Y	5. D	
B)	1. C	2. D	3. E	4. B		

2. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. D	2. Y	3. Y	4. D	5. D	
B)	1. B	2. A	3. D	4. E		

7. ÖĞRENME BİRİMİ

1. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. D	2. Y	3. Y			
B)	1. kırmızı					
	2. turuncu / havuç					
	3. ksantofil / şeftali					
C)	1. C	2. B	3. E	4. A		

7. ÖĞRENME BİRİMİ

2. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. D	2. Y	3. Y	4. D	5. Y	
B)	1. 5000 / 2000					
	2. renksiz / yeşil çay					
	3. karotenoidler / klorofiller / flavonoidler					
	4. domates / karpuz / kuşburnu					
	5. hemoglobin / myoglobin					
C)	1. D	2. C	3. E			

8. ÖĞRENME BİRİMİ

1. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. D	2. Y	3. Y			
B)	1. potasyum kloroplatinat					
	2. sıfır					
	3. oksijen / agresivite					
C)	1. E	2. B	3. D	4. C	5. A	

2. Ölçme ve Değerlendirme

A)	1. D	2. Y	3. Y	4. D	5. D	
B)	1. saf su					
	3. azaltmak / 4-12°					
	3. 6,5 - 8,5					
C)	1. D	2. C	3. C			

KAYNAKÇA

Akgiray, Ö. (2003). İçme Suyu Kalite Parametreleri. Tesisat dergisi, Mayıs 2013 sayısı.

Alpkent, Z., Göncü, A. (2004). ***Peynir Suyu ve Peynir Suyu Proteinlerinin Gıda***, Kozmetik ve Tıp Alanlarında Kullanımı. Gıda Mühendisliği Dergisi, (4) s 28.

Aslan, M. (2005). ***Omega Yağ Asitleri Nedir? Yararlı mıdır?.*** Eczacı Dergisi (12), 31-34.

Artık, N., Anlı, R. E., Konar, N., Vural, N. (2016). ***Gıdalarda Bulunan Fenolik Bileşikler.*** Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir.

Ayaz A., Yurttagül M. (2008). ***Besinlerdeki Toksik Ögeler-1***. Ankara, Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727.

Ayaz A., Yurttagül M. (2008). Besinlerdeki Toksik Ögeler-2. Ankara, Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727.

Bakkalbaşı, E. (2012). ***Tanenlerin Kimyası, Gıdalardaki Varlığı ve Gıda İşlemenin Tanenler Üzerine Etkisi.*** Akademik Gıda, 10 (2), 96-108.

Barut Uyar, B. ve Sürücüoğlu, M.S. (2010). ***Besinlerdeki Biyolojik Aktif Bileşenler.*** Beslenme ve Diyet Dergi- si, 38 (1-2), 69-76.

Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P. (2009). ***Food Chemistry.*** Spwringer-Verlag Berlin Heildeberg. BeMiller, J. N., Whistler, R. L. (1996). Food Chemistry. Marcel Dekker Inc.,157-225.

Bilişli, A. (2019). ***Gıda Kimyası.*** Çanakkale: Sidas Medya.

Chrysan, M. (2008). ***Margarines and Spread.*** Hasenhuetti G., Hartel R. içinde Food Emulsifiers and Their Applications. Second Edition (s. 307-326). New York: Springer.

Coşkun, F. (2006). ***Gıdalarda Bulunan Doğal Koruyucular.*** Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2006/2, 27-33.

Cui, S. W. (2005). ***Food Carbohydrates.*** CRC Press Taylor & Francis Group, LLC.

Çağlar, M. Y., Demirci, M. (2017). ***Üzümsü Meyvelerde Bulunan Fenolik Bileşikler ve Beslenmedeki Önemi.*** European Journal of Science and Technology, 7/11, 18-26.

Çakmakçı, S., Tahmas Kahyaoğlu, D. (2012). ***Yağ Asitlerinin Sağlık ve Beslenme Üzerine Etkilerine Genel Bir Bakış.*** Akademik Gıda10 (1), 103-113.

Çetiner, M., Ersus Bilek, S. (2018). ***Bitkisel Protein Kaynakları.*** Çukurova Tarım Gıda Bil. Der., 33 (2): 111-126. Çıkrıkçı, S. (2005). 4'-Dioktilamino-3-Hidroksiflavon Temelli Floresans Probların Sentezleri ve Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 105.

Demirci, M. (2016). ***Gıda Kimyası.*** Tekirdağ: Nadir Kitap.

Deveci, H. A., Nur, G., Kırpık, M.A., Harmankaya, A., Yıldız, Y. (2016). ***Fenolik Bileşik İçeren Bitkisel Antioksidanlar***. Fen Bil. Enst. Dergisi, 9 (1), 26 – 32.

Doğan, M. (2020). ***Gıda Mühendisliğine Giriş.*** Ankara: Nobel Yayın.

El, S. N. (2008). ***Türkiye'de Sıklıkla Tüketilen Bazı Gıdaların Toplam Fenolik Madde İçerikleri ve Antioksidan Aktiviteleri.*** Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.

Erdoğdu, M., Geçgel, Ü. (2019). ***Chia Tohumu (Salvia hispanica L.) ve Yağının Fizikokimyasal Özellikleri ve Gıda Sektöründe Değerlendirilmesi.*** Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi 21 (1), 9-17.

Ertaş, A.H. (1983). ***Pigmentler ve Et Rengi***. Gıda Dergisi, Sayı 6, 265-273.

Erzin, N. (2018). ***Türkiye Bitkisel Yağ Üretim Sektörü Sorunları ve Çözüm Önerileri.*** Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı.

Fadıloğlu S. ve Erkmen O. (2004). ***Gıda Sanayiinde Enzimlerin Önemi.*** Gıda 29 (5): 393-400. Gözükara, E.M. (1994). Biyokimya 2. Malatya: Evin Matbaası.

Güler, Ç., Benli, D., Vaizoğlu, S. (2006). ***Halk Sağlığı Temel Bilgiler***, Su Kirliliği Bölümü. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.

Güler, Ç. (1997). ***Su Kalitesi.*** Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:43, Ankara.

Kadak, A. E., Aras, S. (2017). ***Su Sıcaklığının Diğer Su Özelliklerine Olan Etkileri.*** Menba Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 3 (1-2), 30-35.

Kahveci, B. ve Özkaya, H. (1987). ***Buğday Renk Maddeleri ve Bunların Tahribatına Etkili Faktörler.*** Gıda Dergisi, 2/2, 111-119.

Kâtip A. (2019). ***Bursa İli Tarımsal Pestisit Kullanımının Değerlendirilmesi.*** BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 8 (1), 197-205.

Kaufmann, H. (1964). ***Neuzeitliche Technologie der Fette und Fett Produkte CII: Die Raffination der Fette***. European Journal of Lipit Science and Technology 66 (9), 713-718.

Kayahan, M. (1998). ***Lipitler.*** Saldamlı, İ. içinde ***Gıda Kimyası*** (s. 107-193). Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

Kelebek, H., Dıblan, S., Kadiroğlu, P., Sevindik, O., Selli, S. (2017). ***Siyah ve Yeşil Çaylardaki Fenolik Bileşikler- in Karakterizasyonu ve Antioksidan Kapasite Potansiyelinin Belirlenmesi***. 10. Gıda Mühendisliği Kongresi, 9-10-11 Kasım 2017, Antalya.

Kıralan, M., Yorulmaz, A., Ercoşkun, H. (2005). ***Trans Yağ Asitleri ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.*** Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi (7), 52-55.

Kırdar, S. (2001). ***Peyniraltı Suyu İçecekleri.*** Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 5 (2), 154-164.

Kolaç, T., Gürbüz, P., Yetiş, G. (2017). ***Doğal Ürünlerin Fenolik İçeriği ve Antioksidan Özellikleri.*** İ.Ü. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi, Cilt 5, Sayı 1, 26-42.

Konukoğlu, D. (2008). ***Omega-3 ve Omega-6 Yağ Asitlerinin Özellikleri, Etkileri ve Kardiyovasküler Hastalıklar ile İlişkileri.*** Türkiye Aile Hekimliği Dergisi 12 (3), 121-129.

Köksal H. (2019). ***Karbonhidratlar.*** Saldamlı, İ. içinde Gıda Kimyası. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

Leskovac, V. (2004). C***omprehensive Enzyme Kinetics.*** Kluwer Academic Publishers, New York.

Lauro, G.J., Francis, F. J. (2000). ***Natural Food Colours, Science and Technology.*** IFT Basic Symposium Series 14, Marcel Dekker.

Mergen, H., Erdoğmuş Mergen, B., Tavlı, T., Öngel, K., Tavlı, V. (2010). ***Lipoprotein Metabolizması Hastalıkları ve Tedavisine Yaklaşım.*** Türkiye Aile Hekimliği Dergisi 14 (1), 38-45.

Nawar, W. (1996). ***Lipits.*** Fennema, O. R. içinde ***Food Chemistry.*** Third Edition (s. 225-320). New York: Marcel Dekker.

Öksüz T., Özdal T., Şahin Yeşilçubuk N., Nilüfer Erdil D. (2012). ***Gıdalara Bisfenol A (BPA) Migrasyonu ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.*** Akademik Gıda 10 (3) 93-98

Öksüztepe G., Erkan, S. (2016). ***Mikotoksinler ve Halk Sağlığı Açısından Önemi.*** Harran Üniv. Vet. Fak. Derg., 5(2) 190-195.

Ötleş, S., Özdestan Ocak, Ö., Nakilcioğlu Taş, E., Kartal, C. (2018). ***Gıda Kimyası Laboratuvar Deneyleri.*** İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları.

Özcan, K., Ersus Bilek, S. (2018). ***Kırmızı Pancardan Renk Maddesi Üretimi ve Stabilitesinin Sağlanması.*** Akademik Gıda, 16 (4), 439-449.

Özkaynak Kanmaz, E., Ova, G. (2012). ***Keten Tohumunun Yapısındaki Fenolik Bileşikler.*** Akademik Gıda, 10/4.

Öztürk, M. (2014). ***Esansiyel Yağ Asitlerinin İnsan Metabolizması ve Beslenmesi Üzerine Etkileri.*** Kocatepe Veteriner Dergisi 7 (2), 37-40.

Öztürk Sarıkaya, S. B., Gülçin, İ. (2010). ***Bazı Fenolik Asitlerin Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesi.*** 24. Ulusal Kimya Kongresi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 29 Haziran-2 Temmuz, Zonguldak.

Pala, M., Saygı, Y. B. (1983). ***Su Aktivitesi ve Gıda İşlemedeki Önemi.*** Gıda Dergisi, Sayı 1, 33-39.

Sacır, H. (1972 1 (3)). ***Kızartma Yaparken Yağlarda Oluşan Değişiklikler ve Bu Yağların Beslenme ve Sağlığa Olan Etkileri.*** Beslenme ve Diyet Dergisi, 183-190.

Saldamlı, İ. (2005). ***Gıda Kimyası.*** Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

Samur, G. (2008). ***Vitaminler, Mineraller ve Sağlığımız.*** Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727, Ankara. Stylianopoulos C. L. (2013). ***Carbohydrates.*** Encyclopedia Of Human Nutrition, Volume 1, Elsevier Ltd.

Taşan, M., Dağlıoğlu, O. (2005). ***Trans Yağ Asitlerinin Yapısı,*** Oluşumu ve Gıdalarla Alınması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 2 (1), 79-88.

Tayar, M., Çıbık, R. (2016). ***Gıda Kimyası.*** Bursa: Dora Yayınevi.

Tayar, M. (2010). ***Gıda Güvenliği.*** T.C. Marmara Belediyeler Birliği Yayını, (1. Baskı) İstanbul.

Temiz A. (1984). ***Gıdalardaki Doğal Toksik Bileşikler.*** H.Ü. Gıda Mühendisliği Bölümü, Yıl:9 Sayı:5.

Tekin, A., Yorulmaz, A., Caner, C. (2019). ***Lipitler.*** C. Caner, içinde ***Gıda Kimyasının Temelleri*** (s. 97-138). İzmir: Sidas Medya.

Tiryaki O., Canhilal R., Horuz S. (2010). ***Tarım İlaçları Kullanımı ve Riskleri.*** Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 26 (2): 154-169.

Ünver Altay, A., Yalçın, S., Bostan, K., Dinçel, E. (2015). ***Orta Asya'dan Anadolu'ya Kurutulmuş Gıdalar***. AB- MYO Dergisi, Sayı 40, 83-93.

Vaclavik, V., Christian, E. (2014). ***Essentials of Food Science***. Newyork: Springer.

Yaralı, E. (2019). ***Gıda Kimyası Ders Notları.*** 21.01.2019.

Yavaşer, R. (2011). ***Doğal ve Sentetik Antioksidan Bileşiklerin Antioksidan Kapasitelerinin Karşılaştırılması.*** Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 104 s.

Yıldız, H., Baysal, T. (2003). ***Bitkisel Fenoliklerin Kullanım Olanakları ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.*** Gıda Mühendisliği Dergisi, 14, 29-35.

Zeece M. (2020). ***Introduction To The Chemistry of Food.*** Academic Press Elsevier.

TABLO KAYNAKÇASI

Tablo 1.1, 1.3, 1.5: Komisyon tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 1.2, 1.4: Demirci, M. (2016). Gıda Kimyası. Tekirdağ: Nadir Kitap.

Tablo 2.1: Kaufmann, H. (1964). Neuzeitliche Technologie der Fette und Fett Produkte CII: Die Raffination der Fette. European Journal of Lipit Science and Technology 66 (9), 713-718.

Tablo 2.2, 2.3, 2.4, 2.5: Ötleş, S., Özdestan Ocak, Ö., Nakilcioğlu Taş, E., Kartal, C. (2018). Gıda Kimyası Laboratuvar Deneyleri. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları.

Tablo 3.1: Saldamlı, İ. (2005). Gıda Kimyası. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Tablo 3.2: Komisyon tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 3.3, 3.4: Baysal, A. (1999). Beslenme. Ankara: Hatipoğlu Yayınevi.

Tablo 4.1, 4.3: Komisyon tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 4.2: Tayar, M., Çıbık, R. (2016). Gıda Kimyası. Bursa: Dora Yayınevi. Tablo 5.1: Komisyon tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 6.1, 6.2, 6.3, 6.4: Komisyon tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 7.1, 7.2: Artık, N., Anlı, R. E., Konar, N., Vural, N. (2016). Gıdalarda Bulunan Fenolik Bileşikler. Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir.1

Tablo 7.3: Lauro, G.J., Francis, F. J. (2000). Natural Food Colours, Science and Technology. IFT Basic Symposium Series 14, Marcel Dekker.

Tablo 7.4: Özkaynak Kanmaz, E., Ova, G. (2012). Keten Tohumunun Yapısındaki Fenolik Bileşikler. Akademik Gıda, 10/4.

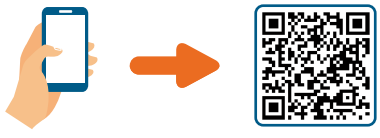
Tablo 7.5: Komisyon tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 8.1, 8.3: Akgiray, Ö. (2003). İçme Suyu Kalite Parametreleri. Tesisat dergisi, Mayıs sayısı.
Tablo 8.2: Güler, Ç. (1997). Su Kalitesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:43, Ankara.

Tablo 8.4, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12: Komisyon tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 8.5: Köksal H. (2019). Karbonhidratlar. Saldamlı, İ. içinde Gıda Kimyası. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI VE GÖRSEL KAYNAKÇASI



http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=1550

*Kaynakça atıf sistemi, APA 6.0 yazım kuralları ve kaynak gösterme biçimine göre düzenlenmiştir.