



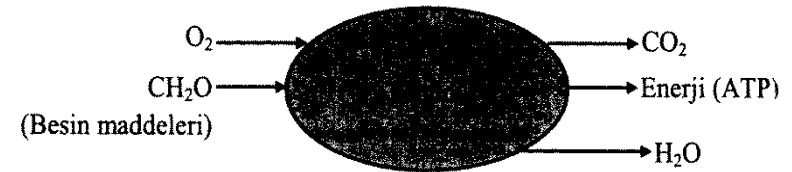
SOLUNUM

- Karanlık bir odada çimlendirilen tohumlardan elde edilen fideciklerin yaş ağırlığı ARTARKEN, kuru ağırlığı AZALIR

• 10 Bezelye tohumu kuru ağırlığı	2.237 g
• 10 Bezelye fidesi kur ağırlığı	1.076 g
• Ağırlık Kaybı	%52

- Çimlendirmenin yapıldığı karanlık oda atmosferinde;
- O₂ Azalır
- CO₂ ARTAR
- Isı ARTAR (Enerji açığa çıkar)

- Tohumdaki besin maddelerinin harcanması sonucu kuru ağırlığın azalması, oksijenin absorbe edilerek karbondioksidin dışarıya verilmesi ve enerjinin açığa çıkması **Solunum** adı verilen bir seri tepkimeler sonucu oluşur



Şekil 11-1. Bitkideki solunum evresinde girdi ve çıktılar

Bitkilerde solunum, hayvanlarda olduğu gibi basit bir O₂ alıp CO₂ verme **DEĞİLDİR**

Bitkiler O₂ alıp CO₂ vermeden de solunum yapabilir

- **SOLUNUM:** Yaşayan hücrelerde besin maddelerinin yükseltgenmeleri (oksidasyonları) sonucu enerjinin açığa çıkmasıdır

Açığa çıkan enerji;

- yükseltgenen maddelerden başkalarına aktarılır veya
- enerji gerektiren reaksiyonlarda kullanılır

Enerji bir seri

- Yükseltgenme (oksidasyon)** ve
- İndirgenme (redüksiyon)**

tepkimeleri sonucu açığa çıkar.

Yükseltgenme (oksidasyon),

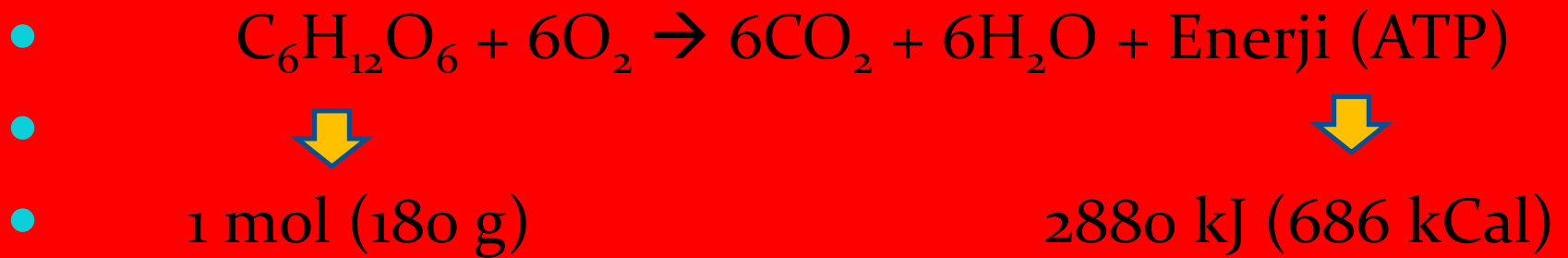
- bileşiklerden elektronların uzaklaştırılmasıdır
- genellikle hücrelerde **hidrojenin bileşiklerden uzaklaştırılmasıyla oluşur.**

İndirgenme (redüksiyon)

- bileşiklere elektronların eklenmesidir
- genellikle hücrelerde **bileşiklere hidrojenin eklenmesiyle oluşur**

Fotosentezde enerji karbonhidratlar içinde depolanmaktadır

Solunumda ise enzimler aracılığıyla karbonhidratlardaki C-C bağları kırılarak enerji açığa çıkmaktadır



Solunumda;

-organik maddedeki karbon (C) karbondioksit (CO₂) yükseltgenmekte

-absorbe edilen O₂ ise hidrojen (H₂) alıp indirgenerek H₂O oluşmaktadır.

Solunum ile ilgili tepkimeler genelde **monosakkaritler** (glikoz ve fruktoz) ele alınarak gösterilmektedir.

Çoğu bitkilerin yaprak ve depo organlarında karbohidratların başında **NIŞASTA** yer alır.

- **NIŞASTA: Yeni sürgün ve bitki oluşumunda kullanılır**

Solunumun ilk aşaması olan *Glikolizis* ve *Fermantasyon* sitozolde gerçekleşir

İletim boruları içerisinde temelde heksozlar değil **sakkaroz taşınmaktadır**. Bu nedenle solunum olgusunda heksozlara sakkaroz kaynaklık eder. ***Invertaz*** enzimi sakkarozu hidrolize ederek parçalar. Bağımsız glikoz ve fruktoz oluşur. Sitozolde bulunan ***Sakkaroz Sintaz*** enzimi sakkarozu glikoz ve fruktoza parçalar.

Bitkilerde solunum:

(a) **Aerobik** ve

(b) **Anaerobik** olmak üzere ikiye ayrılır.

Aerobik Solunumda: Atmosferdeki oksijen kullanılır

Anaerobik Solunum : Kimi durumlarda, kimi mantar ve bakteriler dokulardaki bağlı oksijeni kullanarak solunum yaparlar

Anaerobik Solunum = İntramoleküler Solunum = Fermantasyon

• Yüksek bitkilerde solunum genellikle AEROBİKtir

- O₂ yetersiz ise bitkilerde kısa süreli ANAEROBİK solunum olur.
- Böylece bitkiler kendilerini ölümden korurlar

Kimi bitki dokularında havalı ortamda dahi intramoleküler solunum oluşur.

Örneğin çimlenen çeltik tohumunda ortamda % 8 civarında oksijen varken bile intramoleküler solunum normal aerobik solunuma özdeş şekilde oluşur.

Solunum türlerine göre organik maddenin parçalanmasıyla oluşan son ürünler

Aerobik	İntramoleküler	Fermentasyon (Mantar ve Bakterilerle yapılan)
Su CO ₂	Organik Asitler -Oksalik -Malik -Sitrik	Şeker Alkol Laktik asit Asetik Asit

AEROBİK SOLUNUM

- **AEROBİK SOLUNUM:** Havadaki oksijen kullanılarak tüm bitkilerde ve bitki hücrelerinde **şekerlerin, yağların, ya da kimi durumlarda öteki organik bileşiklerin yükseltgenmeleridir.**
- Solunumda **enerji**, organik bileşiklerin dehidrogenasyona uğraması (hidrojen yitirmeleriyle) **açığa çıkar.**
- Bu olayda açığa çıkan hidrojen, atmosferden alınan oksijenle birleşerek su oluşturur.

AEROBİK SOLUNUM

- Aerobik solunum **3** aşamada gerçekleşir.
- **a)** *Glikolizis,*
- **b)** *Krebs döngüsü (Sitrik asit ya da Trikarboksilik asit döngüsü),*
- **c)** *Elektronların taşınması ve bağımsız şekle geçen enerjinin tutulması*

AEROBİK SOLUNUM

a) Glikolizis

- Glikolizis **tüm bitkilerde** ve **mikroorganizmalarda** cereyan eder.
- Glikozun pirüvik aside dönüştürülmesi için **oksijene gerek yoktur** .
- Oksijenin bulunmadığı ya da çok az bulunduğu su ile kaplı alanlardaki bitki köklerinde de glikolizis cereyan eder.
- Glikolitik tepkimeler tümüyle **enzimlerin** etkinliği sonucu oluşur.

AEROBİK SOLUNUM

a) Glikolizis

- Glikolizis tepkimelerine göre:
- **1 mol glikozdan;** 2 mol pirüvik asit oluşurken net 2 mol ATP kazanılmakta ve toplam 4 H⁺ ile 4 elektron da iki mol 3 karbonlu şeker fosfattan (2 DPGAL) açığa çıkmaktadır.
- Açığa çıkan H⁺ ve elektronlar fotosentezde ayrıntılı şekilde açıklandığı gibi *Nikotinamid Adenin Dinükleotid (NAD)* tarafından tutulmaktadır.
- NAD yapı ve işlevleri yönünden NADP'ye eşdeğerdir

AEROBİK SOLUNUM

a) Glikolizis

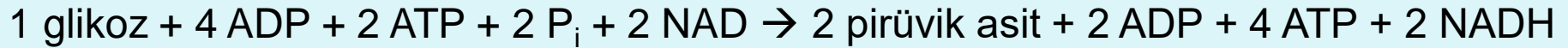
- 2 mol NAD hidrojen alıp indirgendiği zaman 2 mol NADH₂ oluşur
- $2 \text{ NAD} + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{NADH}_2$
- Böylece 4 mol ATP ile birlikte önemli düzeyde potansiyel enerjiye sahip olunur.
- Yeterli O₂ bulunursa her 1 glikoz molekülünün glikolizis sonucu parçalanmasıyla 6-8 mol ATP oluşabilir.

NADH₂ basitleştirilmiş bir semboldür, NAD yükseltgenmiş koenzim olup NAD⁺ şeklinde de gösterilir Bir hidrojen atomu ve ikinci hidrojen atomundan gelen elektron ile NAD indirgendiği zaman esasta NADH + H şeklinde alır

AEROBİK SOLUNUM

a) Glikolizis

- Glikolizisteki tüm tepkimelerin ÖZETİ:



Eşitliğin iki yanını dengeye getirildiğinde,



Glikolizis, hücrede SİTOZOLde gerçekleşir

AEROBİK SOLUNUM

b) Krebs (Sitrik Asit ya da Trikarboksilik Asit Döngüsü)

- Bitkilerde aerobik **solunumun ikinci aşaması olan Krebs döngüsü** hücrelerde **mitokondride** gerçekleşir.
- **Sitozol** içerisinde cereyan eden **glikolizis** tepkimeleri sonucu **1 mol glikozdan oluşan 2 mol pirüvik** asit (iyonu pirüvat) mitokondriye aktarılır.
- Pirüvik asidin aerobik yükseltgenmesi birbirini izleyen bir seri tepkimeler sonucu gerçekleşir.
- KREBS, oluşan bir seri tepkimeyi sitrik asidin önemli bir ara ürün olması nedeniyle **Sitrik Asit Döngüsü** olarak tanımlamıştır
- Belirtilen döngüsel tepkimelerde, **3 karbonlu organik asitlerin** değişimleri de söz konusu olduğundan **Trikarboksilik Asit Döngüsü** olarak da adlandırılır

AEROBİK SOLUNUM

b) Krebs (Sitrik Asit ya da Trikarboksilik Asit Döngüsü)

- Pirüvik asit, çeşitli koenzimler, **hidrojen taşıyıcıları** ve **fosforilize maddelerin** yardımıyla dehidrogenasyona ve **dekarboksilasyona** uğrayarak parçalanmaktadır.

Glikolizisin ana ürünü olan pirüvik asit Krebs döngüsünde temel tepkime maddesidir

Krebs döngüsünde 4 kat daha fazla H^+ iyonu ve elektron (e^-) açığa çıkmaktadır.

AEROBİK SOLUNUM

b) Krebs (Sitrik Asit ya da Trikarboksilik Asit Döngüsü)

Döngü pirüvik asidin dekarboksilasyonu ile başlar.

Decarboksilasyonla H^+ , e^- ve Asetil Co-A oluşur.

Asetil Co-A, 4-karbonlu *Okzaloasetik asit* ile birleşir.

Bu tepkime sonunda Co-A açığa çıkar ve 6 karbonlu bir bileşik olan *Sitrik Asit* oluşur.

Decarboksilasyona uğrayarak yükseltgenen sitrik asitten H^+ ile e^- ayrılır.

Döngü sonunda 1 mol 4 karbonlu *Okzaloasetik asit* oluşur. Asetil Co-A'nın tepkimeye girmesiyle döngü yeniden başlar.

AEROBİK SOLUNUM

b) Krebs (Sitrik Asit ya da Trikarboksilik Asit Döngüsü)

- Tepkimede yer alan tüm organik asitler (R-COOH), sitrat, oksalat, süksinat, fumarat iyonize şekilleriyle (R-COO⁻) verilmiştir.

Solunum evresinde Glikolizis, Krebs döngüsü ve Elektron Taşıyıcı Sistem (ETS) tamamlandığında glikozun CO₂ ve H₂O'ya yükseltgenmesi **de gerçekleşmiş olur**

Krebs döngüsünde oluşan NADH ve FADH mitokondri membranı ile ilişkili olarak görev yapan *Elektron Taşıyıcı Sisteme (ETS)* aktarılır.

AEROBİK SOLUNUM

c) Elektron Taşınması ve Bağımsız Enerjinin Tutulması

ÖZET

GLİKOLİZİS

1 mol GLİKOZ →
2 mol Pirüvik Asit
4 H⁺
4 e⁻

KREBS

2 mol PİRÜVİK ASİT →
20 H⁺
20 e⁻

TOPLAM = 24 H⁺ ve 24 e⁻

ATP'nin oluşturulabilmesi için H⁺ iyonları ve elektronlar doğrudan oksijen ile tepkimeye giremezler.

Peki ATP nasıl Oluşacak?



AEROBİK SOLUNUM

c) Elektron Taşınması ve Bağımsız Enerjinin Tutulması

- Hidrojen iyonları ve elektronlar ;
- Püridin dinükleotitler (NAD = *Nikotinamid Adenin Dinükleotit* ve
 - Nadiren NADP = *Nikotinamid Adenin Dinükleotit Fosfat*) ile
 - FAD (*Flavin Adenin Dinükleotid*) tarafından tutulur.

Hidrojen iyonları ile elektronları tutan bu moleküller (NADH ve FADH) hücrenin *Elektron Taşıyıcı Sistemi (ETS)* olarak bilinen elektron taşıyıcılarına aktarılırlar

Elektron Taşıyıcı Sisteminde (ETS) elektron aktarımı ile NADH ve FADH'nin yükseltgenmeleri sonucu açığa çıkan enerji ATP'nin sentezinde kullanılır.

AEROBİK SOLUNUM

c) Elektron Taşınması ve Bağımsız Enerjinin Tutulması

- Elektron Taşıyıcı Sistemi (ETS), halkalardan oluşmuş bir zincire benzetilebilir.
- Taşıyıcı sisteminin halkalarında nikotinamid adenin dinükleotid (NAD), flavin nükleotidler (FAD), koenzim Q (CoQ) ve sitokromlar (CYT b, c, a, a₃) yer alır.

AEROBİK SOLUNUM

c) Elektron Taşınması ve Bağımsız Enerjinin Tutulması

- Yukardan aşağı halkalardan birinden geçilirken **enerji düzeyinin azalması** ve **indirgenme olgusunun artması** yaşayan bitkiler için çok önemlidir.
- NADH'nın bulunduğu halkadan CYT a₃'ün bulunduğu halkaya doğru, yüksek enerjiden düşük enerjiye doğru, elektron aktarımı sürer.
- Bir halkadan ötekine elektron aktarılırken halkalar arasında oluşan **enerji farkı** yüksek enerjili fosfat bağı ile ADP'ye aktarılır ve **ATP'nin oluşumunda kullanılır**.

AEROBİK SOLUNUM

c) Elektron Taşınması ve Bağımsız Enerjinin Tutulması

- Elektron taşıyıcı sisteminden (ETS) **her bir çift elektron aktarımı** sonunda **üç ATP oluşur**
- **Üç ATP'nin sentezi**, NADH'nın yükseltgenmesi yanında iki sitokrom b (CYT b)'nin ve iki sitokrom a (CYT a)'nın yükseltgenmesi ile gerçekleşir.
- En düşük enerji düzeyine sahip son halkaya gelindiğinde indirgenen sitokrom a₃ (CYT a₃)'den elektronlar oksijene aktarılmak suretiyle oksijen aktive edilir.
- Bu durumda oksijen bağımsız şekildeki hidrojen ile birleşir ve su (H₂O) oluşur.

AEROBİK SOLUNUM

c) Elektron Taşınması ve Bağımsız Enerjinin Tutulması

- Her bir elektron taşıyıcı sisteminde (ETS) yükseltgenen
 - her bir NADH'den **3 molekül ATP** oluşurken
 - FADH'den yalnızca **2 ATP molekülü** oluşabilmektedir.

Solunumun değişik aşamaları dikkate alındığında glikolizis aşamasında net 2 ATP molekülü ile 2 NADH molekülü oluşmaktadır

Glikolizis sonucu oluşan

2 mol pirüvik asitten asetil CoA oluşumunda toplam 2 mol NADH oluşurken

Krebs döngüsü tamamlandığında da

toplam 6 NADH molekülü, 2 FADH molekülü ile 2 ATP molekülü oluşmaktadır

AEROBİK SOLUNUM

c) Elektron Taşınması ve Bağımsız Enerjinin Tutulması

Çizelge 11-1 Bir glikoz molekülünün tam olarak yükseltgenmesi sonunda oluşan net ATP miktarı

Aşamalar	NADH (x 3 ATP)	FADH (x 2 ATP)	ATP	net ATP
Glikolizis	2 (6)	0	2	8
Pirüvik asitten Co-A oluşumuna değin	2 (6)	0	0	6
Krebs döngüsü	6 (18)	2 (4)	2	24
TOPLAM ATP	10 (10x3 = 30)	2 (2x2 =4)	4	38

Bir glikoz molekülünün glikolizis aşamasında tamamen parçalanarak **iki** pirüvik asit molekülünün oluşması ve Krebs döngüsü sonunda pirüvik asidin CO₂ ve H₂O'ya dönüşmesini içeren aerobik solunum evresinde **toplam 38 ATP molekülünün oluştuğuna inanılmaktadır**

Ancak 2 molekül ATP, NADH₂'nin mitokondriye taşınmasında kullanılması nedeniyle her bir glikoz molekülünün tamamen parçalanması **sonucunda net 36 ATP molekülü oluşmaktadır.**

AEROBİK SOLUNUM

c) Elektron Taşınması ve Bağımsız Enerjinin Tutulması

- **SORU:** Solunum evresinde bir molekül glikozun parçalanması sonucu açığa çıkan enerjinin ne kadarı kimyasal enerji olarak ATP sentezinde kullanılır
- **SORU:** Enerjinin ne kadarı ısı enerjisi şeklinde yiter?

1 mol glikoz parçalanması sonucu açığa çıkan enerji **2880 kJ mol⁻¹** (686 kCal mol⁻¹)

1 mol ATP sentezi için kullanılan enerji **31.8 kJ mol⁻¹** (7.6 kcal mol⁻¹)

Solunum evresinde net olarak **toplam 36 ATP molekülü sentezlenmektedir**

36 ATP x 31.8 kJ = **1144.8 kJ** (273.6 kCal) **enerji ATP sentezinde kullanılmıştır.**

Bu Durumda;

Toplam enerjinin (1144.8 kJ/2880 kJ x 100 =) **% 40'ı ATP sentezinde kullanılmış**
Geriye kalan toplam enerjinin **% 60'ı ısı şeklinde yitirilmiştir.**

AEROBİK SOLUNUM

c) Elektron Taşınması ve Bağımsız Enerjinin Tutulması

- Elektronların aktarılmalarıyla ortaya çıkan enerji **oksidatif enerji** olup durağan değildir. Bu enerjinin daha sonra kullanılabilmesi için durağan şekle dönüşmesi gerekir. Bu enerjiyi canlı sistemlerde durağan şekilde tutan bileşik ise **ATP**'dir.

Solunum anında ortaya çıkan enerji asal olarak **Oksidatif Enerji** ve **Fosforilatif Enerji** olmak üzere iki çeşittir.

Oksidatif enerji durağan olmayan bir enerjidir.

O nedenle solunumda oluşan **oksidatif enerjinin büyük bir bölümü** daha durağan olan **fosforilatif enerji şekline (ATP) dönüştürülerek** gereksinim duyulan yerlere taşınır.

ANAEROBİK SOLUNUM

- Yeşil bitkilerde solunum temelde **AEROBİK**

Ancak

bitki hücrelerine yeteri kadar oksijenin giremediği ya da yarayışlı oksijenin bulunmadığı kimi koşullarda bitkiler kısa süre için **Anaerobik Solunum** yaparlar.

Örneğin

Tohum kabuğu kalın olan (bezelye, mısır) bitkilerin çimlendirilmelerinin ilk aşamalarında **oksijen yetersiz** olabilir

Su basmış alanlarda bitki kökleri **yeterince oksijen bulamazlar**.

Böyle durumlarda solunum anaerobiktir

Anaerobik solunumda ya da fermantasyonda özet tepkime



ANAEROBİK SOLUNUM

- Aerobik solunumun ilk aşamasında cereyan eden glikolizis anaerobik solunum (*Fermantasyon*) gibi oksijensiz ortamda cereyan etmektedir.
- Glikolizis ve fermantasyon arasında çok az ayrım bulunmasına karşın cereyan eden ara tepkimelerin büyük bölümü aynı yöndedir.

	Aerobik	Anaerobik
Glikoz	Pirüvik Asit	Pirüvik Asit
		↓
		C ₂ H ₅ OH ve CO ₂
ATP	2 molekül	2 molekül
Enzim		Pirüvik Asit Dekarboksilaz Alkol Dehidrogenaz

ANAEROBİK SOLUNUM

- Fermantasyon bir çeşit mikroorganizmalar için asal enerji kaynağıdır.
- Oksijen yokluğunda organik bileşikleri parçalama yeteneğine sahip mikroorganizmalara *Anaerobik Mikroorganizmalar* denir.
- Kimi anaerobik mikroorganizmalar oksijen bulunan ortamda yaşamlarını yitirirler. Böyle mikroorganizmalara *Obligat Anaerobik Mikroorganizmalar* denilmektedir.

ANAEROBİK SOLUNUM

- Fermantasyon yapan organizmaların başında *Mayalar* gelir.
- Fermantasyon yapan organizmaların **sanayideki önemleri** ise çok büyüktür.
- Alkol, sirke, laktik asidin elde edilmesi, hamurun, turşunun ekşimesi ve yoğurdun yapılması hep bu basit organizmaların anaerobik solunumları ile gerçekleşir.

Anaerobik solunuma örnek olarak:

Alkol fermantasyonu ile

Laktik asit fermantasyonu üzerinde durulacaktır.

Öteki fermantasyonlar da, kimi ara ürünler dışında, bunlara benzer.

ANAEROBİK SOLUNUM

- Alkol Fermentasyonu **Askuslu Mantarların** çıkardığı **Zimaz** enzimi ile gerçekleşir



- Enerjinin az olması glikozun tam parçalanmaması ile ilgilidir

ANAEROBİK SOLUNUM

- Fermantasyonun **ilk aşaması** aerobik solunumun glikolizis aşamasıdır.
-
- Bu aşamada bir molekül glikozdan iki molekül pirüvik asit oluşur.
- **İkinci aşama** fermantasyonun çeşidine göre değişir.

Alkol ve laktik asitteki enerjiden bitkiler yararlanmadığı için **anaerobik solunum bitkiler için işlevsizdir**

Fotosentez-Solunum Karşılaştırması

FOTOSENTEZ	SOLUNUM
Bitkilerin klorofil içeren hücrelerinde oluşur	Tüm bitki hücrelerinde oluşur
Aydınlıkta (doğal/yapay) oluşur	Hem ışıktta hem karanlıkta oluşur
H ₂ O ve CO ₂ kullanılır	H ₂ O ve CO ₂ açığa çıkar
Sonunda O ₂ açığa çıkar	O ₂ kullanılır
Sonunda organik maddeler (bileşikler) üretilir	Organik maddeler parçalanır
Bitkilerde ağırlık artışına neden olur	Ağırlık azalışına neden olur
Güneş enerjisi depo edilir	Enerji açığa çıkar
Tepkime	Tepkime
$6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \longrightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

Solunum Katsayısı

Solunum Katsayısı (SK) = Açığa çıkan CO₂ / Alınan O₂



$$SK = 18 / 25.5 = 0.71$$

Bileşik	Tepkime	SK
Karbohidrat	$C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$ Glikoz	6/6=1
Org. Asit	$C_6H_8O_7 + 4.5 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 4 H_2O$ Sitrik asit	6/4.5=1.33
Yağ	$C_{57}H_{104}O_6 + 80 O_2 \rightarrow 57 CO_2 + 52 H_2O$ Triolein	57/80=0.71
Yağ→CHO	$C_{57}H_{104}O_6 + 36.5 O_2 \rightarrow 3.625 C_{12}H_{22}O_{11} + 13.5 CO_2 + 12.125 H_2O$ Triolein Sakkaroz	13.5/36.5=0.37
Yaprak Protein		0.97-1.17 0.8-0.9

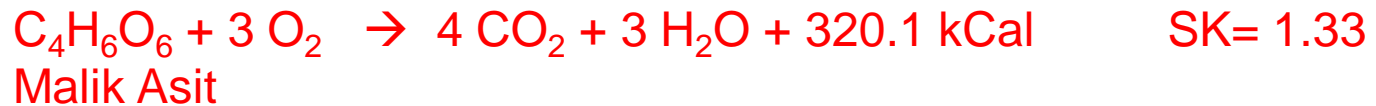
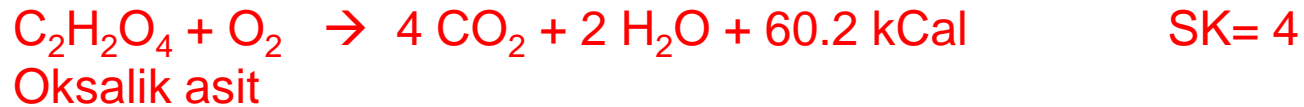
Solunum Katsayısı:

O₂ içeriği az olan yağlarda DÜŞÜK (<1)

OM içeriği az olan bitkilerde DÜŞÜK

Solunum Katsayısı

O₂ yönünden zengin organik asitlerde solunum katsayısı >1



Solunum Katsayısını Etkileyen Faktörler:
Solunumda kullanılan materyal,
Oksijen içeriği,
Sıcaklık

Solunum Katsayısı

Bitki organ ve dokularından belli zaman birimi içerisinde dışarı verilen CO₂'in ve absorbe edilen O₂'nin miktarları **Solunum Oranı** olarak da tanımlanır.

Solunum oranı: çevre koşullarına, bitkiye ve bitki organına göre değişir

Genel olarak meristematik dokularda ve çimlenen tohumların embriyolarında solunum oranı yüksektir.

Çizelge 11-3. Değişik bitkilerin çeşitli organlarındaki solunum oranları (Meyer ve Anderson 1968)

Bitkiler	Bitki Organları	Sıcaklık	Solunum oranı, O ₂ veya CO ₂ , ml ⁻¹ g ⁻¹ kuru madde/ 24 saatte
Buğday (<i>Triticum sativum</i> L.) Çayır üçgülü (<i>Trifolium pratense</i> L.) Çeltik (<i>Oryza sativa</i> L.) Nane (<i>Mentha aquatica</i> h.)	Genç kökler Yapraklar Genç kökler Kökler	15-18°C 20-21°C 14-17°C 18-19°C	Absorbe edilen O ₂ , ml ⁻¹
			67.9
			27.2
			44.4
			37.2
Leylak (<i>Syringa vulgaris</i> L.) İhlamur (<i>Tilia europea</i> L.) Marul (<i>Lactuca sativa</i> L.) Haşhaş (<i>Papaver somniferum</i> L.) Mantar (<i>Aspergillus niger</i>)	Yaprak tomurcukları Yaprak tomurcukları Çimlenen tohumlar Çimlenen tohumlar Misel	15°C - 16°C 16°C -	Dışarı verilen CO ₂ , ml ⁻¹
			35.0 66.0 82.5
			122.0 180.0

Solunumu Etkileyen Faktörler

BİTKİSEL	ÇEVRESEL
Çeşit ve Yaş	Sıcaklık
Karbohidrat içeriği	Oksijen
Dokuların su içeriği	Karbondiyoksit konsantrasyonu
	Yaralanma
	Mekanik etki
	Bitki Besin Maddeleri

Solunumu Etkileyen Faktörler

Bitkisel Faktörler

Bitkinin Çeşidi ve Yaşı

Klimakterik: Dalından koparıldıktan sonra solunumu artanlar → ELMA

Klimakterik Olmayan: koparıldıktan sonra solunumu artmayanlar →
NARENCİYE, KİRAZ, ANANAS, ÇİLEK

Solunumu Etkileyen Faktörler

Bitkisel Faktörler

Karbohidrat İçeriği

- Karbohidrat az ise solunum da az
- Şeker uygulaması solunumu artırır
- Güneşin doğuşuyla birlikte CHO ve solunum artar
- Benzer şekilde gölgedeki yapraklarda solunum az
- Besin maddelerince yoksul olan bitkilerde *Protein Solunumu* olarak da ifade edilen protein parçalanması başlar.

Solunumu Etkileyen Faktörler

Çevresel Faktörler

Sıcaklık

- Düşük sıcaklıkta az (<10 °C)
- Fizyolojik sınırdaki sıcaklığa bağlı artış
- Yüksek sıcaklıkta düşük (>35 °C)
- Bitkiden bitkiye, organdan organa farklı.
- Süre önemli

Yüksek sıcaklıkta neden azalır?

- a) Enzimlerin etkinliklerini yitirmesi
- b) Oksijenin yeterince hızlı girememesi
- c) Karbondioksitin birikmesi
- d) Hızlı solunumu karşılayacak kadar besin maddelerinin bulunmaması

Solunumu Etkileyen Faktörler

Çevresel Faktörler

Sıcaklık

- Solunum **Q₁₀ değeriyle** ifade edilir.
- **Q₁₀ değeri**= T °C'deki solunum / T + 10°C'deki solunum
- Eğer solunum 2 kat artmış ise Q₁₀ değeri 2 olur.
- Soğuk hava depoları meyvelerde solunumu azaltmak için kullanılır.
- Soğuk hava depo sıcaklığı amaca uygun olmalıdır.
 - Patates >10°C'de depolanırsa **ÇİMLENİR (FİLİZLENME OLUR)**
 - Patates <5°C'de depolanırsa çimlenme azalır ama nişasta parçalanması nedeniyle **TATLILAŞMA** olur
 - Bu nedenle 7-9°C'de depolanır

Solunumu Etkileyen Faktörler

Çevresel Faktörler

Oksijen

- Solunuma O₂ etkisi,
 - Bitki çeşidi
 - O₂ konsantrasyonu
 - Sıfıra yaklaştıkça SK > 1'dir ve ∞'a yaklaşır. O₂ sıfır olduğunda SK= ∞ olur. Anaerobik solunum devam eder ve CO₂ çıkışı sürer. O₂ yeniden artarsa, CO₂ tüketilir, areobik solunum başlar ve SK durağanlaşır. Solunumun durağanlaştığı noktaya Ekstinksiyon Noktası denir.
 - Süre
 - Diğer çevresel koşullara bağlıdır.

Meyve kabukları hücreye O₂ girişini azaltarak solunumu düşük seviyede tutar.

Kesme, yaralama, delme vb O₂ girişini dolayısıyla solunumu artırır

Solunumu Etkileyen Faktörler

Çevresel Faktörler

Oksijen

- O₂'nin aerobik ve anaerobik solunuma etkisi bitki çeşidine bağlıdır (ÖRNEK: BUĞDAY ÇELTİK)

Kök solunumunda O₂ atmosferden sağlanır. Bozuk toprak koşulları (ağır tekstür, bozuk strüktür, sıkışma, taban suyu yüksekliği, su basması (Hipokzi =düşük O₂, Anokzi= O₂ yok)) O₂'nin toprağa girmesini CO₂'in atmosfere uçmasını engeller ve **solunum azalır**

Solunumu Etkileyen Faktörler

Çevresel Faktörler

Oksijen

- Çoğu bitki tohumları *Anokzik* (oksijensiz) koşullarda çimlenemezken çeltik (*Oryza sativa* L.) tohumları çimlenir.
- Çünkü *Anokzik* (oksijensiz) koşullarda çeltik tohumlarında ***α -Amilaz Enzimi*** bir yandan nişastanın parçalanmasını hızlandırırken diğer yandan da fermantatif metabolizmanın hızla sürdürülmesine neden olur.

Suyla doygun alanlarda yetişen bitkilerde ***Aerenkima*** adı verilen ve atmosferdeki O₂'i köklere taşıyan sistem gelişir.

Başta çeltik olmak üzere ***Aerenkima*** sistemine sahip bitkilerde kök alanında O₂ yokluğu nedeniyle solunumda bir gerileme söz konusu olmaz.

Solunumu Etkileyen Faktörler

Çevresel Faktörler

Karbondiyoksit konsantrasyonu

- Fazla CO₂ solunumu azaltır.
- **Solunum azalması** enerji gerektiren su ve mineral maddelerin alınmasını, kök gelişmesini ve tohumların çimlenmesini **kısıtlar** ya da **tamamen durdurabilir**.

Meyveler % 2-3 O₂ ve % 3-5 CO₂ içeren soğuk hava depolarında muhafaza edilir.

Fermantasyon olmaması için oksijensiz hava yerine düşük O₂ uygulanır.

Yüksek CO₂ **Etilen Hormonu** durdurulmak istendiğinde uygulanır

Solunumu Etkileyen Faktörler

Çevresel Faktörler

Yaralanma

- Yaralanma solunumu artırır.
- Yara kapanınca solunum eski durumuna döner.
- İkiye ayrılan bir patates yumrusundaki solunum tüm yumrudaki solunumdan daha fazladır.
- Çünkü O₂ girişi artar ve enzimler yarayı kapatmak için şeker açığa çıkarır

Mekanik etki

Çoğu bitkilerde yaprakların oğuşturulup, bükülmeleri solunumun % 20 ile % 180 civarında artmasına neden olur.

Birkaç saat sonra solunum tekrar normal durumuna gelir.

Oğuşturulan ya da bükülen yapraklar azot gazı dolu ortamda bulundurulduğu zaman solunumda herhangi bir artış olmaz.

Bu durum oğuşturmanın ya da bükmenin aerobik solunuma etkili olduğunu gösterir.

Solunumu Etkileyen Faktörler

Çevresel Faktörler

Bitki Besin Elementleri

- ***Tuz Solunumu:*** Arı suya karıştırılan bitki besin elementleri, kök sistemi arı su içerisinde olan bitkide solunumun hızla artmasına neden olur.
- İyonların ve konsantrasyonlarının solunuma etkisi değişkendir.
- Elementler : enzim, metabolizma ve büyümeyi etkileyerek solunumu etkiler (N, Fe, Mn, Cu, Zn, Mg, P)