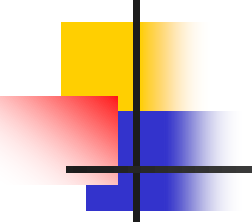


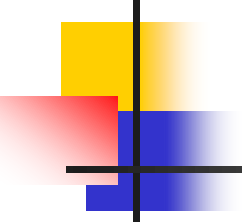


Karbohidrat Metabolizması



Karbohidrat Metabolizması

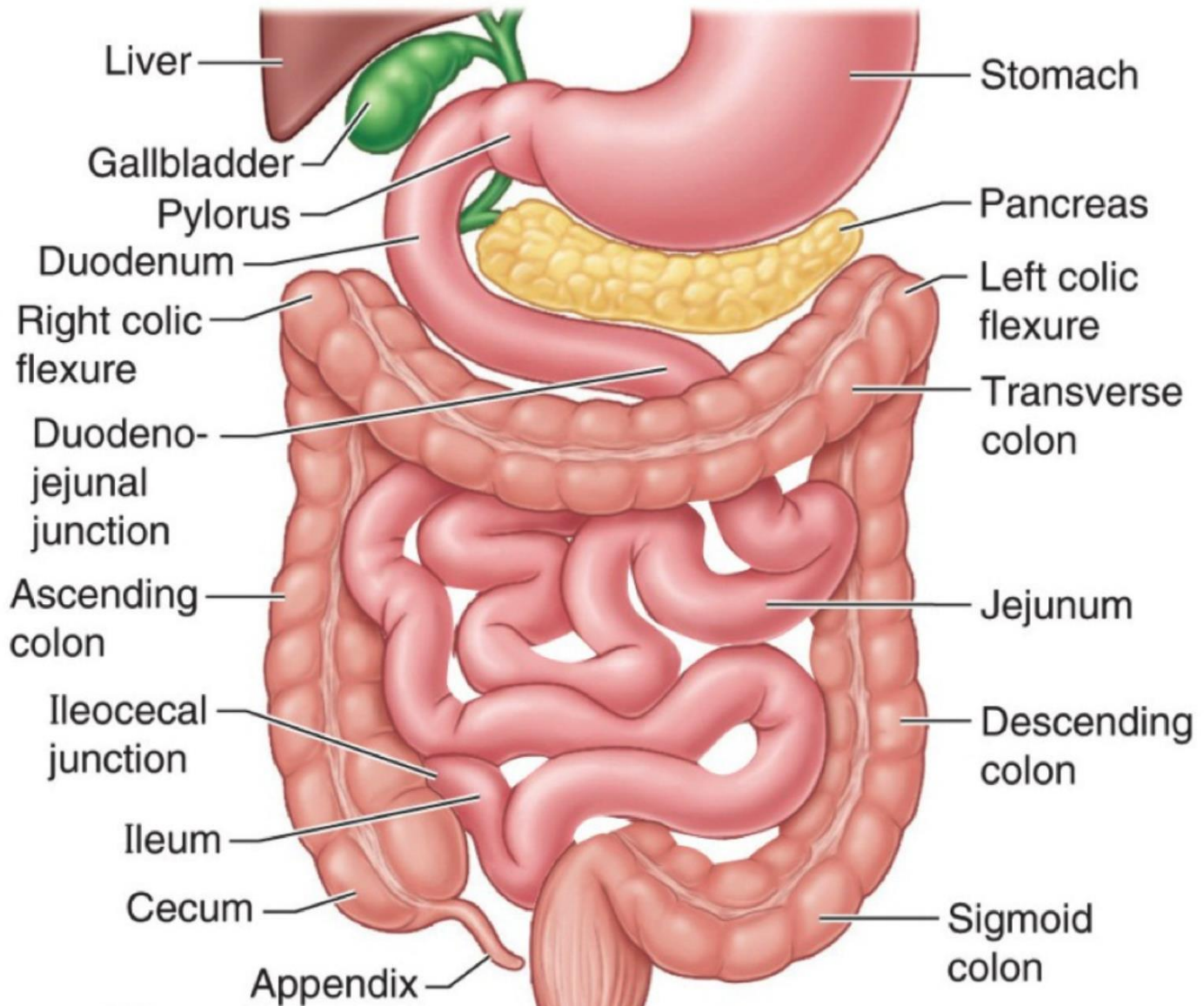
- Karbohidrat metabolizması sözü hemen hemen **glukoz metabolizmasıyla eşdeğerdir**.
- Çünkü heterotroflar karbohidratların tamamına yakınıni glukoz şeklinde alırlar.
- Diğer şeker türleri de (**fruktoz, galaktoz, mannoz ve pentozlar**) organizmada, **ya önce glukozla çevrilir veya glukoz metabolizmasına bir ara basamakta dahil olur**.
- **D-Glukoz** pek çok organizmanın **temel yakıtıdır** ve metabolizmada merkezi bir konuma sahiptir.
- Glukozun karbon dioksit ve suya tam oksidasyonu **-686 kcal/mol'lük** bir standart serbest enerji değişimiyle yürür.

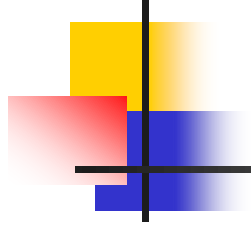
- 
- Bir hayvan hücresi **glukozu** **glikojen** şeklinde depolarken, bitki hücresi **nişasta** şeklinde depolar.
 - Enerji ihtiyacı arttığı zaman, **glukoz** depo polimerlerinden açığa çıkarak aerobik veya anaerobik olarak **ATP üretiminde** kullanılır.
 - Yüksek bitki ve hayvanlarda **glukoz üç temel sona sahiptir.**
 - 1.Glikoliz yoluyla üç karbonlu bileşiklere oksitlenebilir(pirüvat).
 - **2.Pentoz fosfat yoluyla pentozlara oksitlenebilir.**
 - 3.Depo edilebilir.

Yüksek bitki ve hayvan hücrelerinde glukoz kullanımının temel yolları



Karbohidratların Sindirimi ve Emilimi





- KH'ların sindiriminin gerçekleştiği yer **ağız ve bağırsak** lümenidir.
- Bu sindirim hızlıdır ve mide içeriği duodenojejunal bileşkeye geldiğinde tamamlanmış olur.
- Hayvansal ve bitkisel besinlerde çok az monosakkarit bulunur, bu yüzden de oligasakkarit ve polisakkaritleri yıkmak için disakkaridaz ve endoglikozidaz enzimlerine ihtiyaç vardır.



A. KH'ların sindirimi **Ağızda** başlar

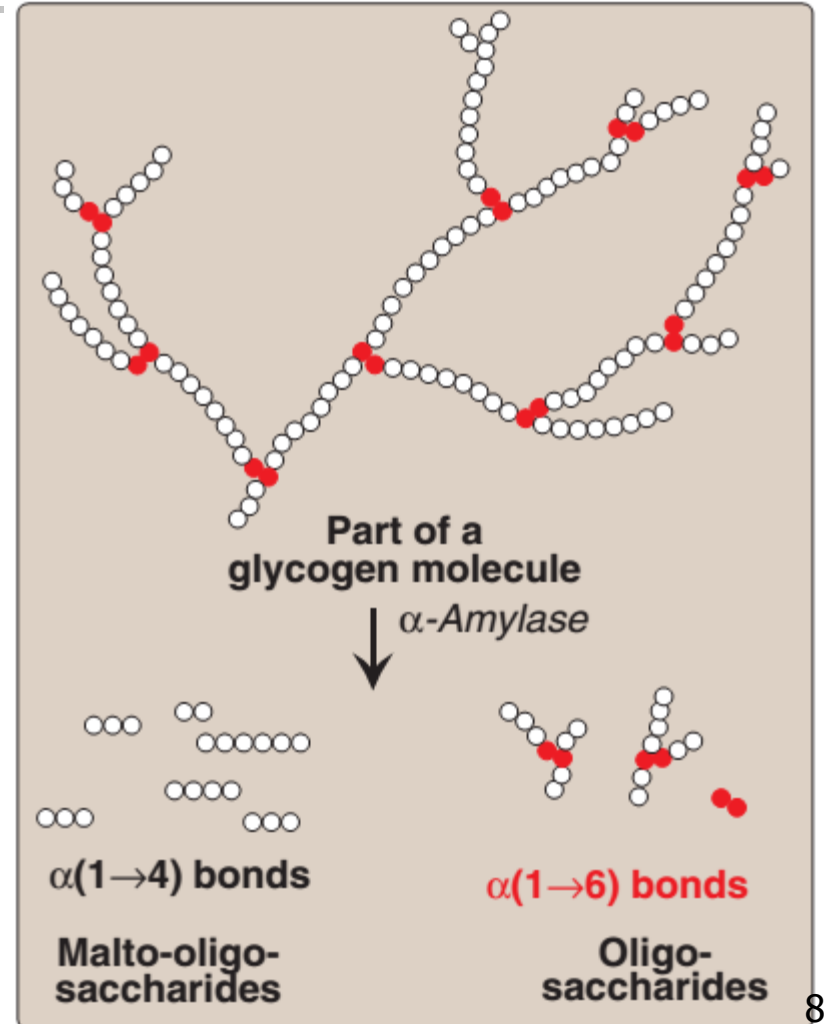
- Diyetle bulunan polisakkaritlerin çoğu, hayvansal (glikojen) ve bitkisel (nişasta, amiloz, amilopektin) kaynaklıdır.
- Çiğneme esnasında mekanik sindirim.
- Türkrük α -amilazı besinlerdeki nişastaya hemen etki ederek , rastgele bazı α -(1→4)bağlarını kırar



SORU

Selüloz Neden Sindirilmez?

- KH'ların sindirimi midedeki yüksek asiditenin tükürük α -amilazını inaktive etmesi nedeniyle, burada duraklamaya uğrar.





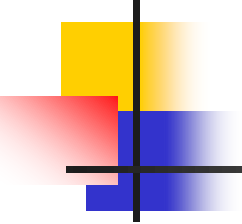
B. KH'ların sindirimi pankreas enzimlerinin etkisiyle ince **bağırsakta** devam eder

- Asidik mide içeriği ince bağırsağa ulaştığında pankreas tarafından salgılanan bikarbonatla nötralize edilir.
- Pankreatik α -amilaz KH sindirimini devam ettirir.



C. İnce barsak mukoza hücrelerinde sentezlenen enzimlerle KH sindiriminin sonlanması

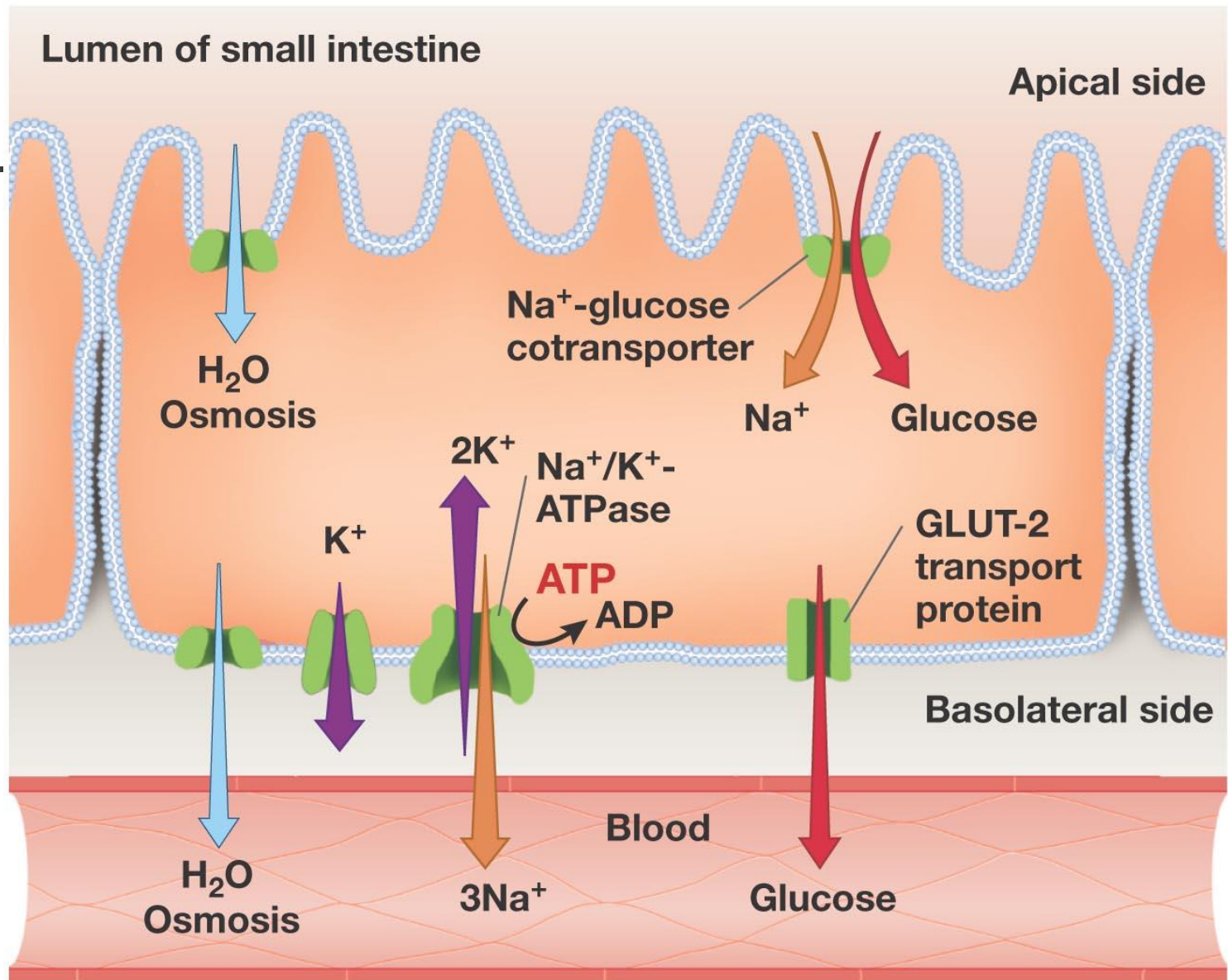
- KH'lar ince bağırsaktan aşağıya doğru ilerlerken pek çok disakkaridaz ve oligasakkaridazın etkin olduğu sindirim işlemi üst jejunumun mukoza hücrelerinde sonlanır
- glukoz + glukoz = **maltoz + H₂O**
- glukoz + fruktoz = **sakkaroz + H₂O**
- glukoz + galaktoz = **laktoz + H₂O**

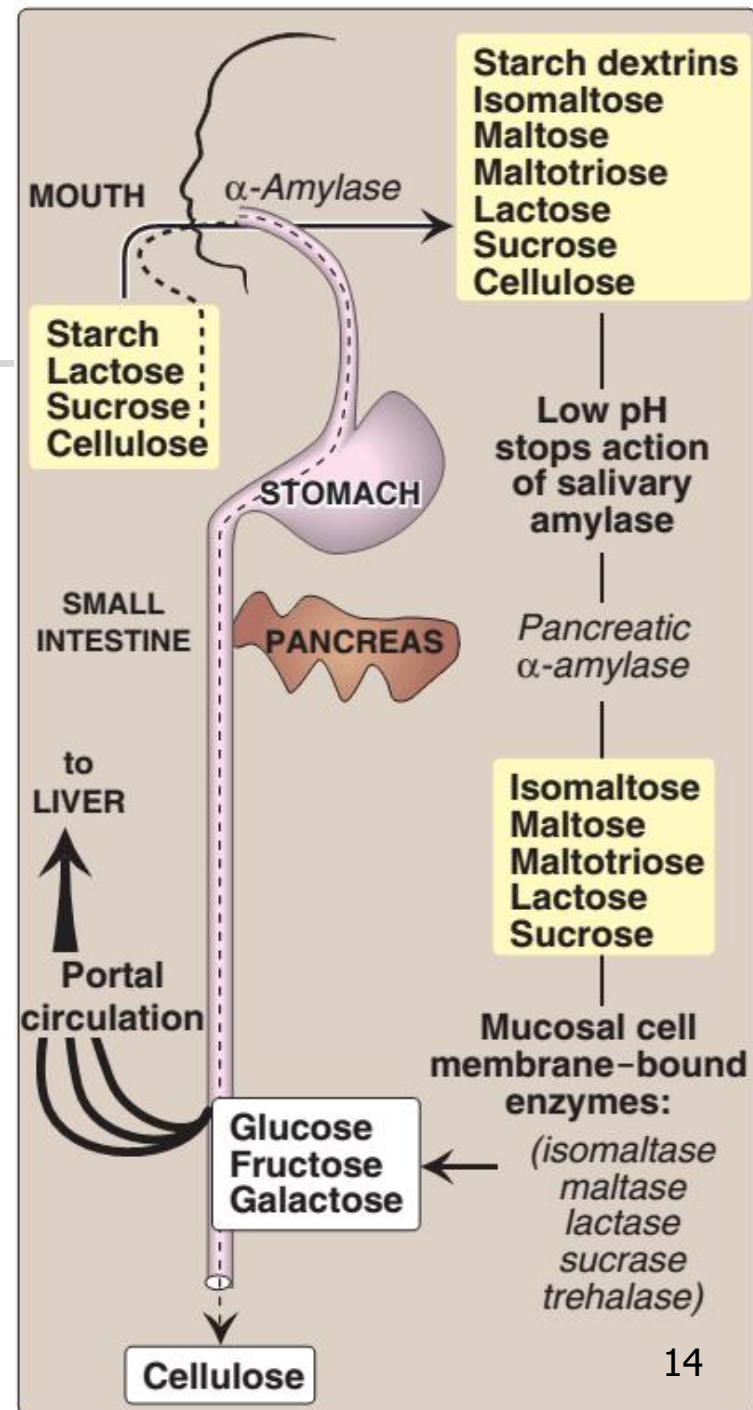
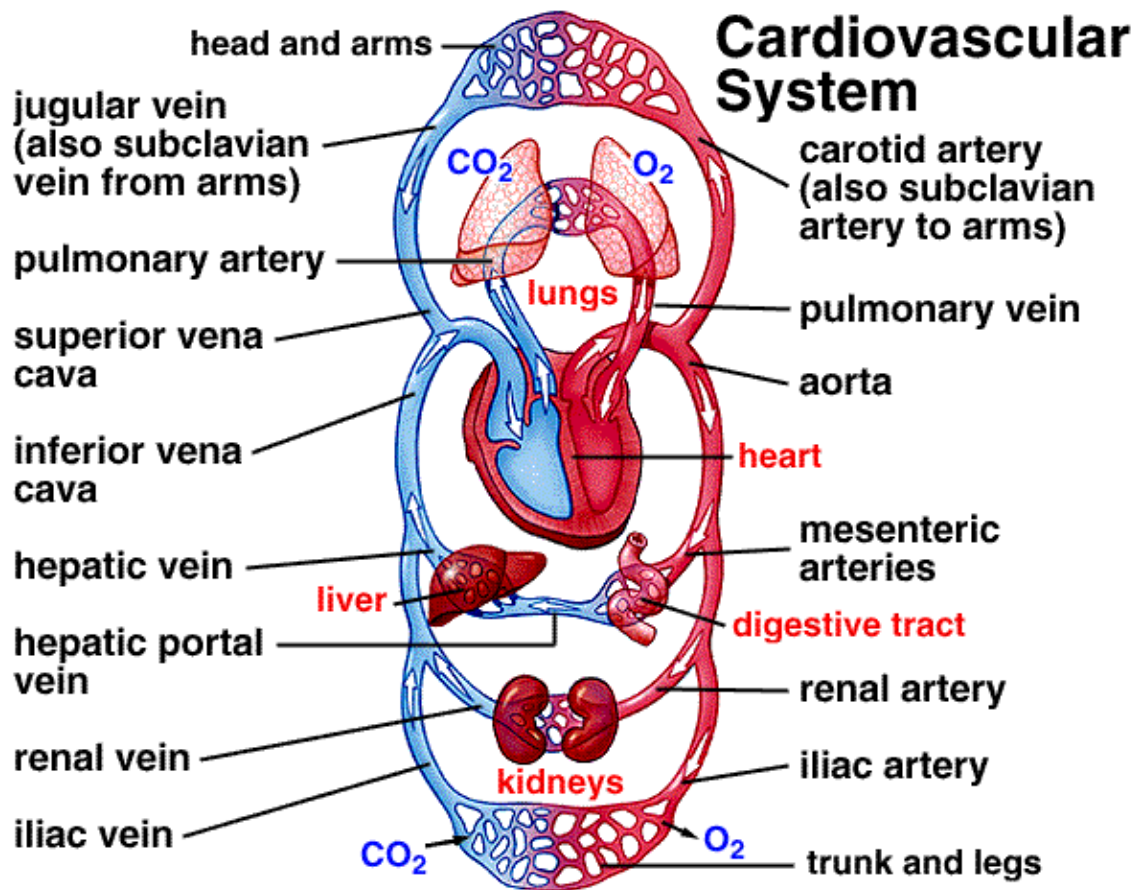
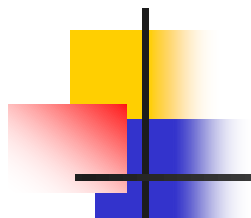
- 
-
- Örneğin, **İzomaltaz**, İzomaltozdaki α -(1 $\rightarrow$ 6) bağıını kırar
 - **Maltaz**, maltozu kırar
 - **Sükraz**, Sukrozu Glukoz ve Fruktoza parçalar
 - **Laktaz (β -Glaktosidaz)**, Galaktozu Glukoz ve galaktoza parçalar



D. Monosakkaritlerin barsak mukoza hücreleri tarafından emilimi

- Duodenum ve üst jejunumda besinsel şekerlerin çoğu emilir. Glukozun barsak hücreleri tarafından alınımı için insüline gereksinim yoktur.
- Bunun yanında şekerlerin değişik emilim mekanizmaları vardır. Galaktoz ve glukoz mukoza hücresi içine aktif trasportla alınır. Bu işlem için özgün bir protein sağlar ve beraber Na iyon alınımında gerçekleşir
- Fruktoz emilimi ve alımı için sodyumdan bağımsız bir monosakkarit taşıyıcısı (GLUT-5) gerekir
- Bu monosakkaritlerin üçü de barsak mukoza hücrelerinden portal dolaşıma başka bir taşıyıcı olan, GLUT-2 ile taşınırlar



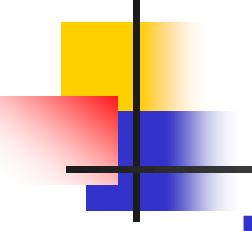


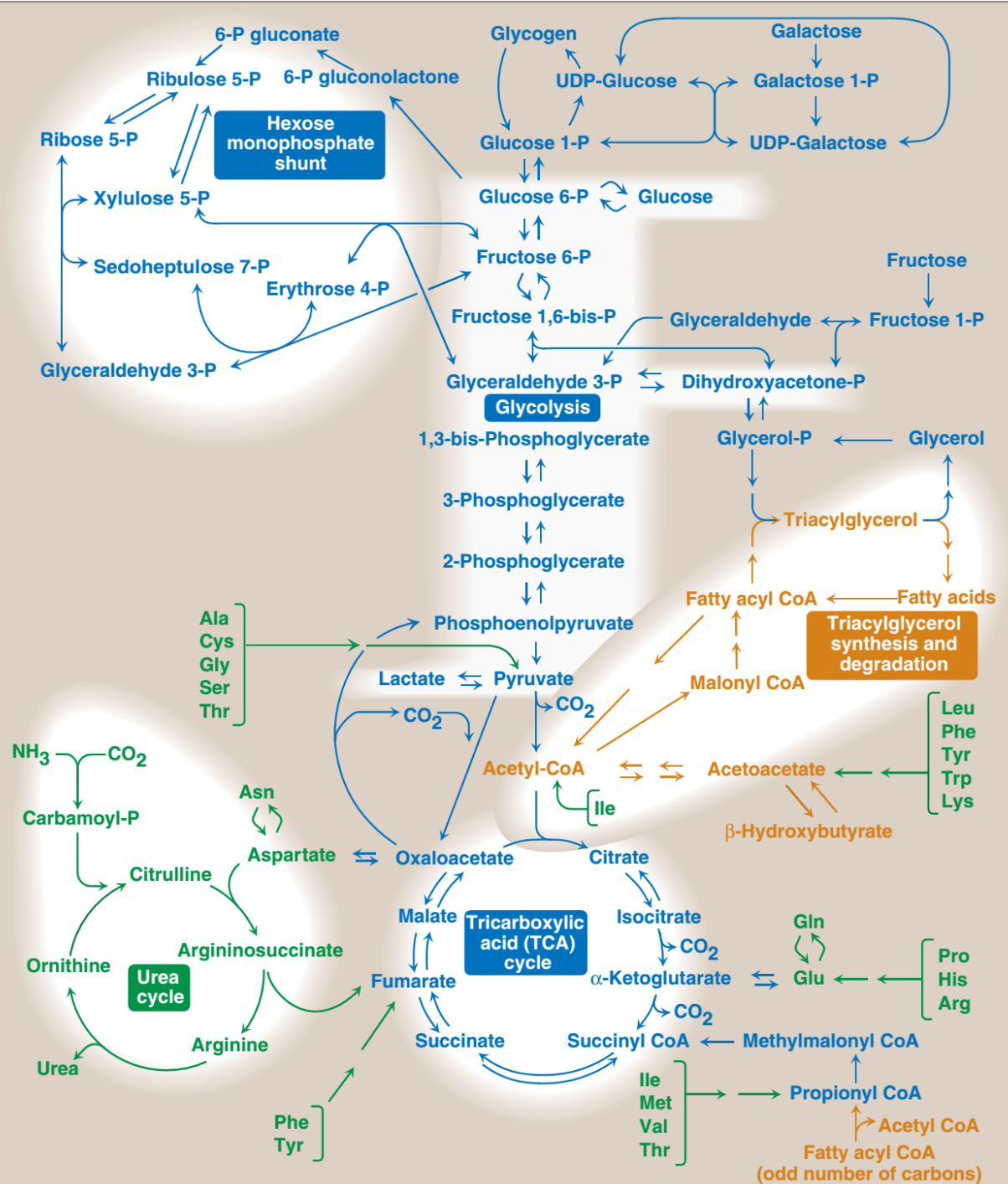


G l i k o l i z

Glikoliz (Yunanca bir kelime olan **glykys**, 'tatlı' anlamında ve **lysis** 'parçalanma' anlamındadır)'de bir molekül glukoz enzimlerle katalizlenen bir seri tepkimeyle **iki molekül üç-karbonlu bir bileşik olan pirüvata** yıklılır.

Glikolizin birbirini izleyen tepkimeleri sırasında, glukozdan açığa çıkan serbest enerjinin bir kısmı ATP ve NADH şeklinde saklanır.

- 
- Glikoliz, glukoz yıkımının hemen hemen evrensel bir merkezi yoludur, pek çok hücrede en büyük karbon akışının olduğu yoldur.
 - Glukozun glikolitik olarak parçalanması bazı memeli doku ve hücre tiplerinde tek metabolik enerji kaynağıdır. Örneğin; eritrositler, beyin gibi.
 - Nişastayı depolamak üzere uyarılan bazı bitki dokuları (patates yumruları gibi) ve bazı su içinde yaşayan bitkiler (su teresi gibi) enerjilerinin büyük bir kısmını glikolizden sağlar. Birçok anaerobik mikroorganizma tamamen glikolize bağımlıdır.





Glikoliz iki fazlıdır

- Altı karbonlu glukozun iki molekül üç-karbonlu pirüvata parçalanması on basamakta olur.
- Bunlardan ilk beşi hazırlık fazını oluşturur.
- Son beş basamak enerji kazancının olduğu hizmet fazını oluşturur.

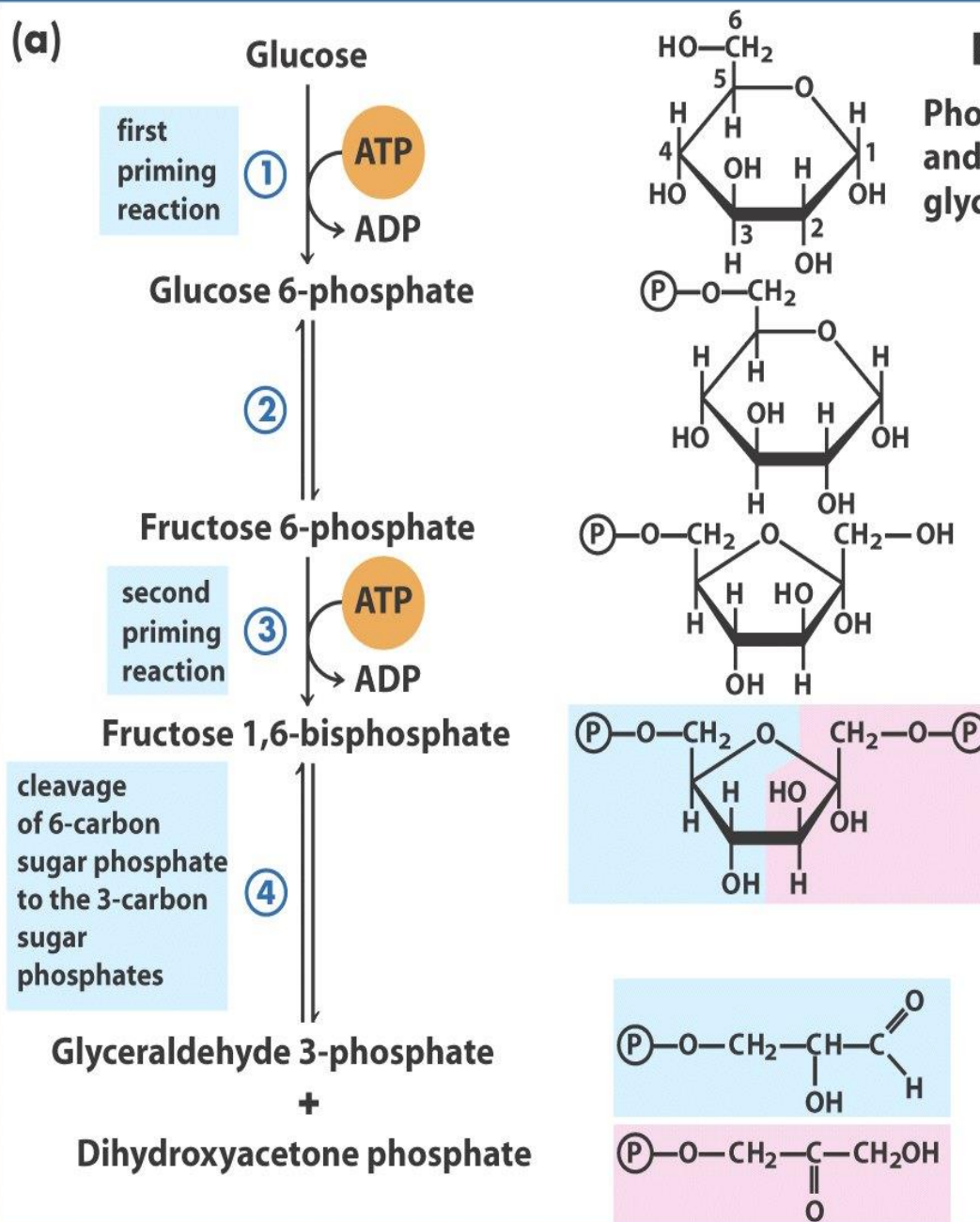


Glikolizin hazırlık fazı

- 1. Glukozun C-6'daki hidroksil grubu fosforlanır ve D-glukoz 6- fosfat oluşur.
- 2. D-glukoz 6-fosfat, D-fruktoz 6-fosfata çevrilir.
- 3. D-fruktoz 6-fosfat C-1'de tekrar fosforlanarak D-fruktoz 1,6-bifosfat oluşur.
- Her iki fosforillenme için fosforil grubu vericisi ATP'dir.
- 4. Fruktoz 1,6-bifosfat iki üç-karbonlu moleküle; dihidroksiaseton fosfat ve gliseraldehit 3-fosfata ayrılır.
- 5. Dihidroksiaseton fosfat, ikinci bir gliseraldehit 3-fosfata dönüşür.

Glikolizin hazırlık fazı

(a)

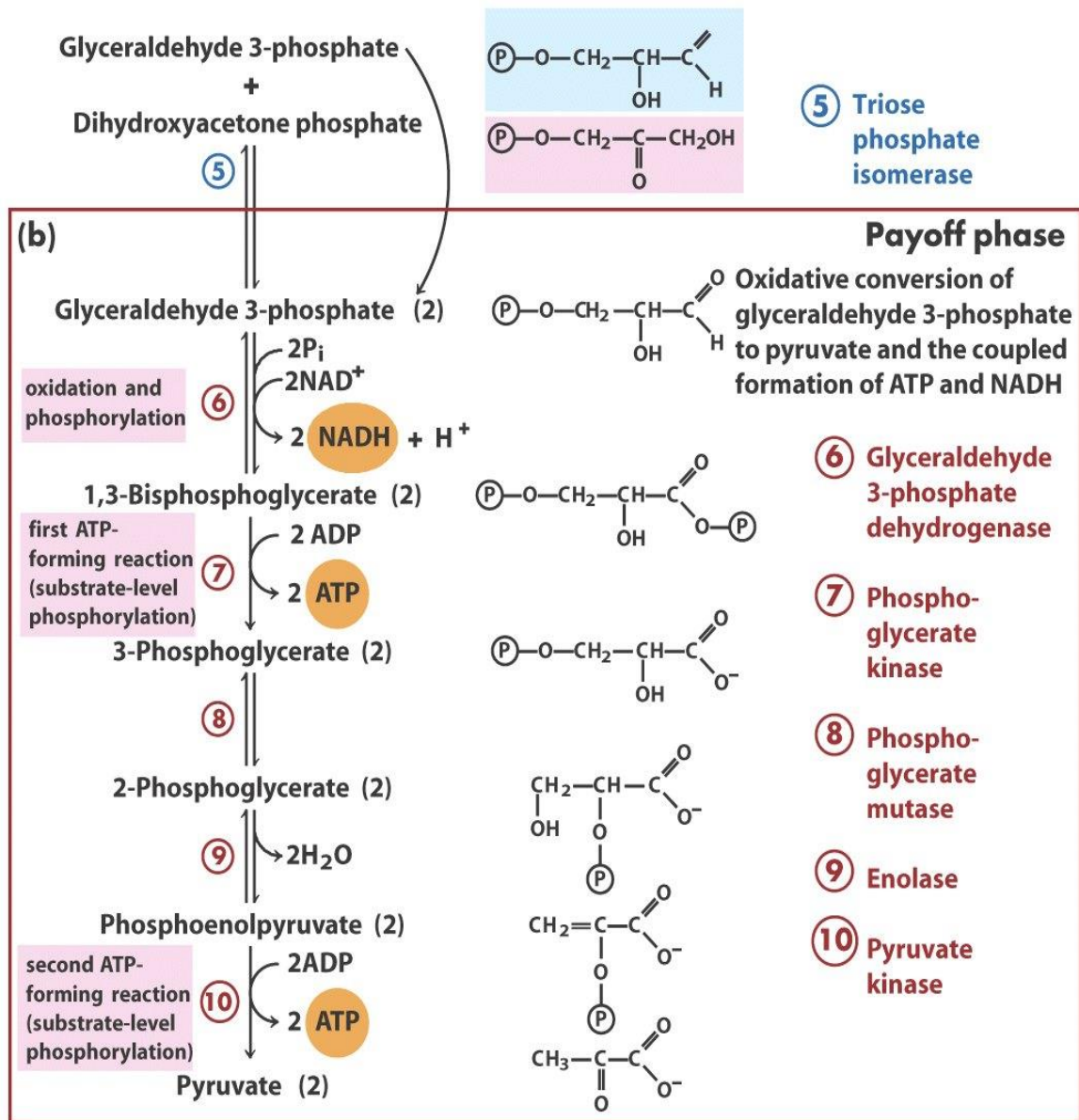


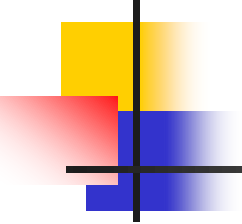


Glikolizin hizmet fazı

- **6.** Gliseraldehit 3-fosfatın her bir molekülü oksitlenir ve 1,3-bifosfogliserat oluşturmak üzere **inorganik fosfatla** (ATP ile değil) fosforlanır. Bu arada iki mol NADH oluşur.
- **7.** İki molekül 1,3-bifosfogliserat 3-fosfogliserata dönüşürken **2 mol ATP oluşur.**
- **8.** İki molekül 3-fosfogliserat 2-fosfo gliserata çevrilir.
- **9.** İki molekül 2-fosfogliseratdan fosfoenolpirüvat oluşur.
- **10.** İki molekül fosfoenolpirüvatdan fosfat ayrılarak pirüvat oluşur. Bu arada **2 mol ATP oluşur.**

Glikolizin hizmet fazı

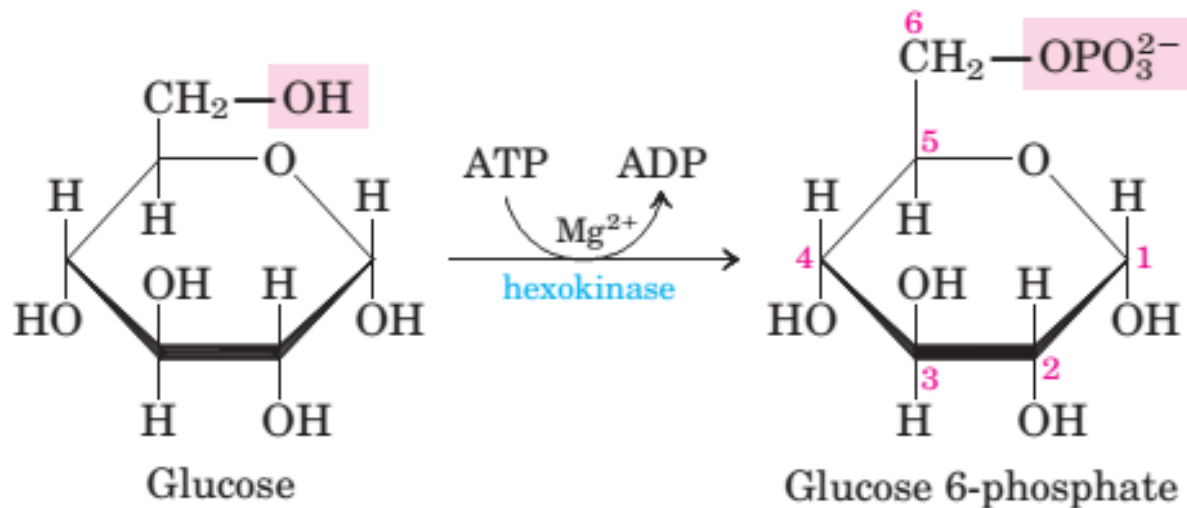


- 
-
- <https://www.youtube.com/watch?v=8Kn6BVGqKd8>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=hDq1rhUkV-g>

Glikoliz Basamakları

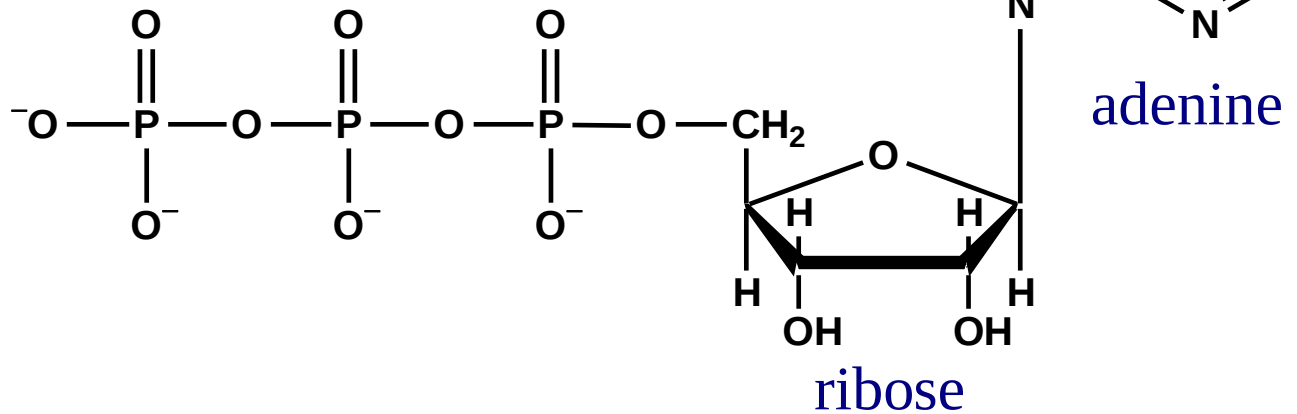
1) Glukozun Fosforillenmesi:

Glukoz C-6'dan fosforlanarak aktifleşir, glukoz 6-fosfat oluşur, ATP fosfat grubu vericisidir.



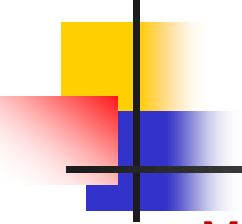
$$\Delta G'^{\circ} = -16.7 \text{ kJ/mol}$$

ATP
adenosine triphosphate



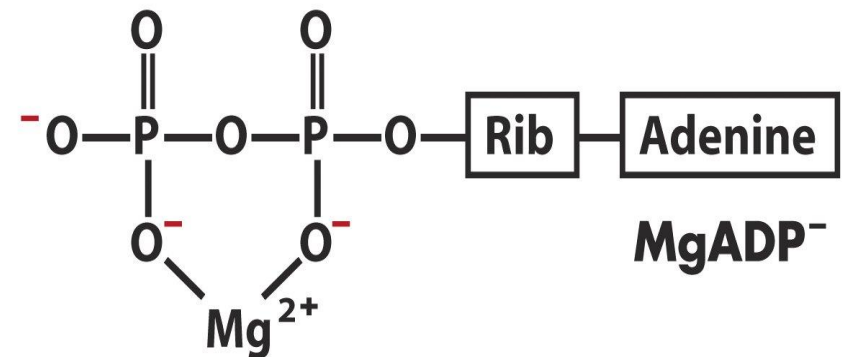
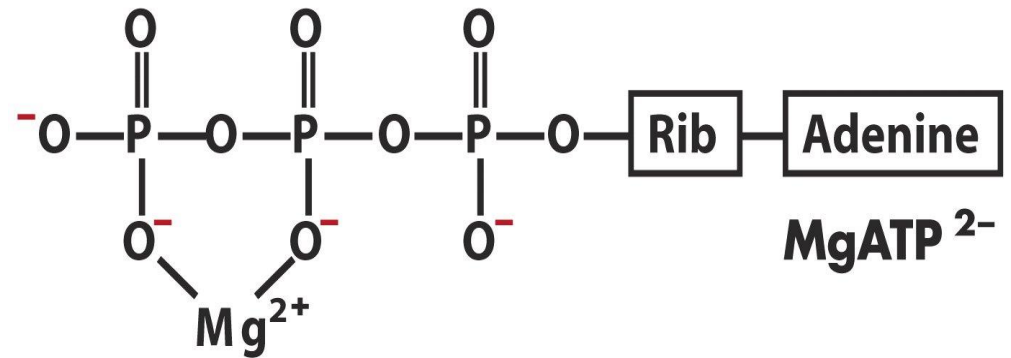
Reaksiyonun enzimi hekzokinazdır. ATP ,enzime **Mg⁺⁺** ile kompleks oluşturarak bağlanır.

Mg⁺⁺ negatif yüklü fosfat esterleri ile etkileşir, bu şekilde ATP'nin hekzokinaz enziminin aktif merkezi için uygun yük konformasyonunu sağlar.



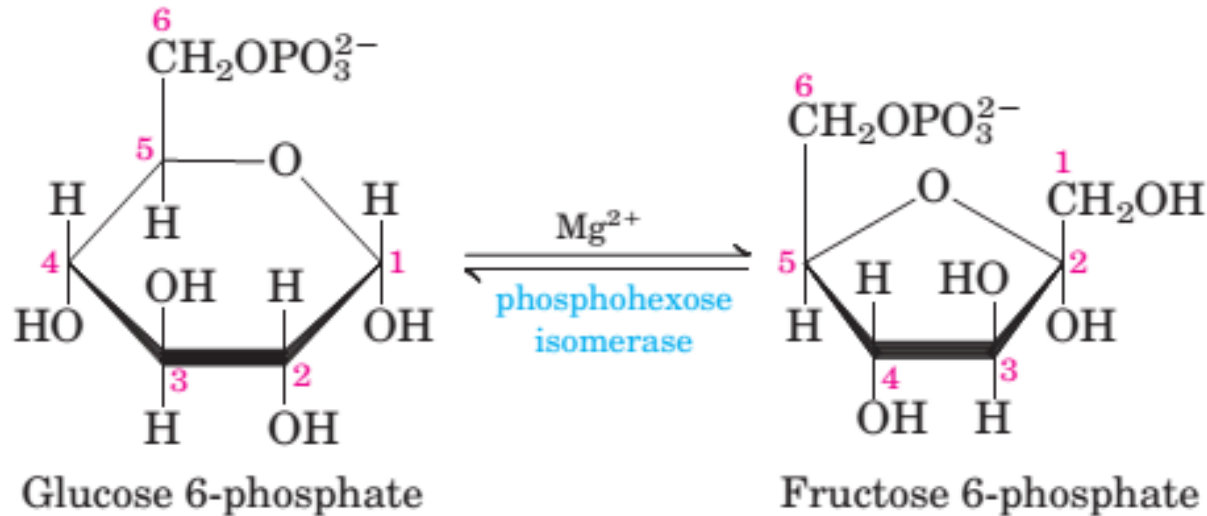
Mg^{+2} ATP'ye bağlanarak
 MgATP^{-2} molekülünü
oluşturur.

Daha sonra glukoz
molekülüne fosfat grubu
transferi gerçekleşir.



2) Glukoz 6-fosfatın fruktoz 6-fosfata dönüşmesi:

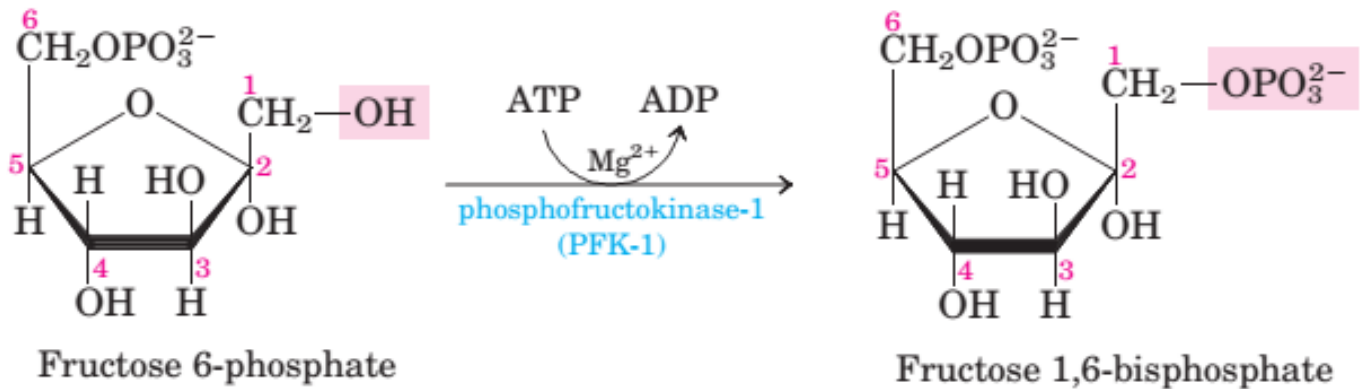
- Fosfoheksoz izomeraz (fosfoglukozizomeraz) enzimi bir aldoz olan glukoz 6-fosfatın bir ketoz olan fruktoz 6-fosfata tersinir izomerleşmesini katalizler.
- Fosfoheksoz izomeraz Mg^{2+} ye ihtiyaç duyar, glukoz 6-fosfat ve fruktoz 6-fosfata özgüdür.



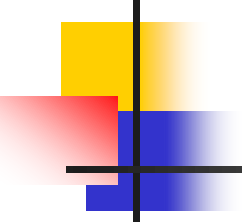
$$\Delta G'^{\circ} = 1.7 \text{ kJ/mol}$$

3) Fruktoz 6-fosfatın fruktoz 1,6-bifosfata fosforillenmesi:

- Fosfofruktokinaz 1(PFK-1) enzimi fruktoz 6-fosfata ATP'den bir fosforil grubu transfer ederek fruktoz 1,6-bifosfat oluşumunu katalizler. Fosfofruktokinaz 1 en karmaşık olduğu bilinen düzenleyici enzimlerden biridir.
- Bu enzim glikolizdeki temel düzenleyici noktadır.

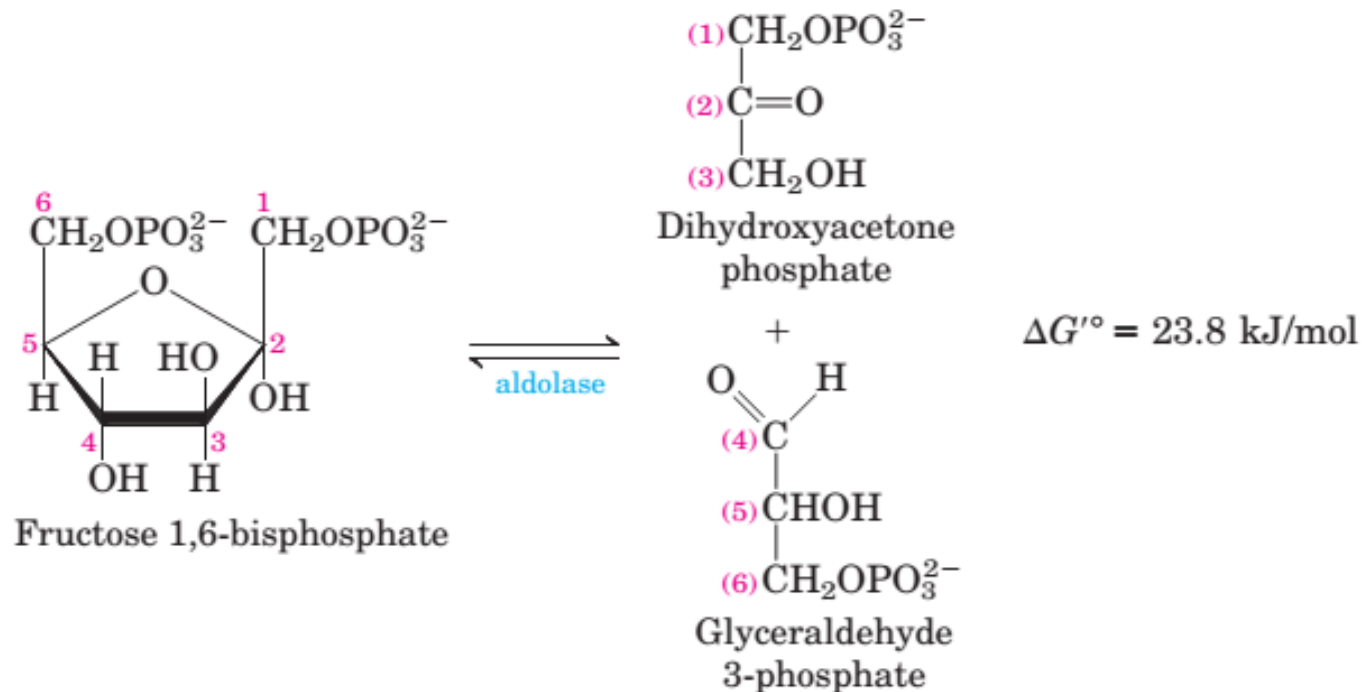


$$\Delta G'^{\circ} = -14.2 \text{ kJ/mol}$$

- 
- **PFK-1 aktivitesi**; hücrelerin ATP desteği azaldığında, veya ATP'nin parçalanma ürünleri (ADP ve AMP), özellikle **AMP fazla miktarda olduğu zaman artar**.
 - Enzim, **hücrede ATP miktarı gerektiğinden fazla olduğu zaman** ve **hücre yağ asitleri gibi diğer yakıtlarla iyi beslendiği zaman inhibe edilir**.
 - Bazı organizmalarda **fruktoz 2,6-bifosfat** fosfofruktokinaz 1'in **kuvvetli bir inhibitörüdür**.

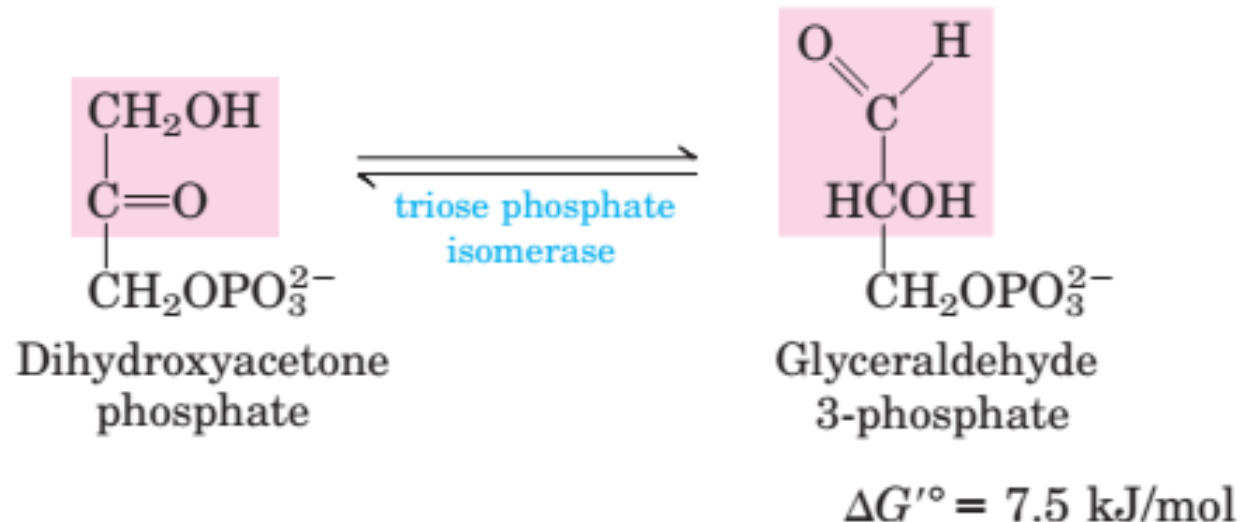
4) Fruktoz 1,6-bifosfatın bölünmesi:

- Fruktoz 1,6-bifosfat, iki farklı trioz fosfatları bir aldoz olan gliseraldehit 3—fosfat ve bir ketoz olan dihidroksiaseton fosfat vermek üzere bölünür.



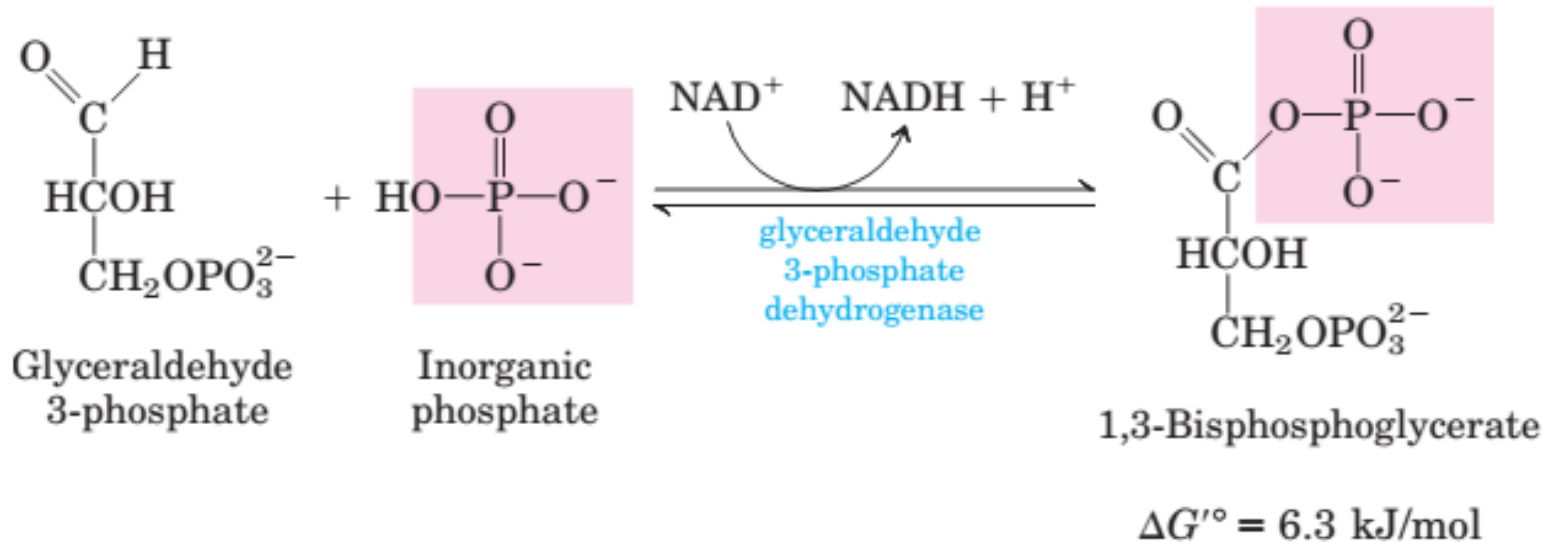
5) Trioz fosfatların birbirine dönüştürülmesi:

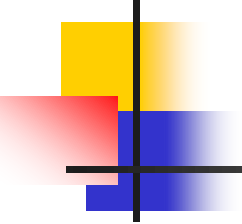
- Aldolaz ile oluşan iki trioz fosfattan sadece bir-gliseraldehit 3-fosfat-glikolizin ardışık tepkimelerinde yıkılabilir. Diğer ürün, dihidroksiaseton fosfat, hızla ve tersinir olarak glikolitik dizinin beşinci enzimi olan trioz fosfat izomerazla gliseraldehit 3-fosfata çevrilir.



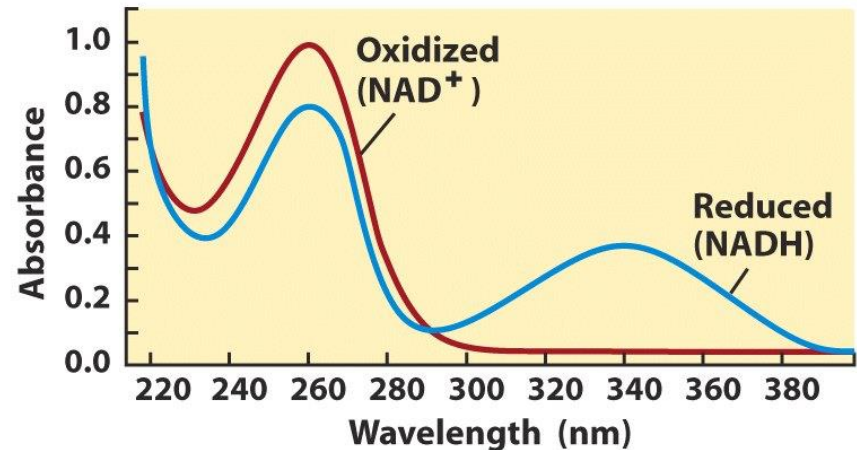
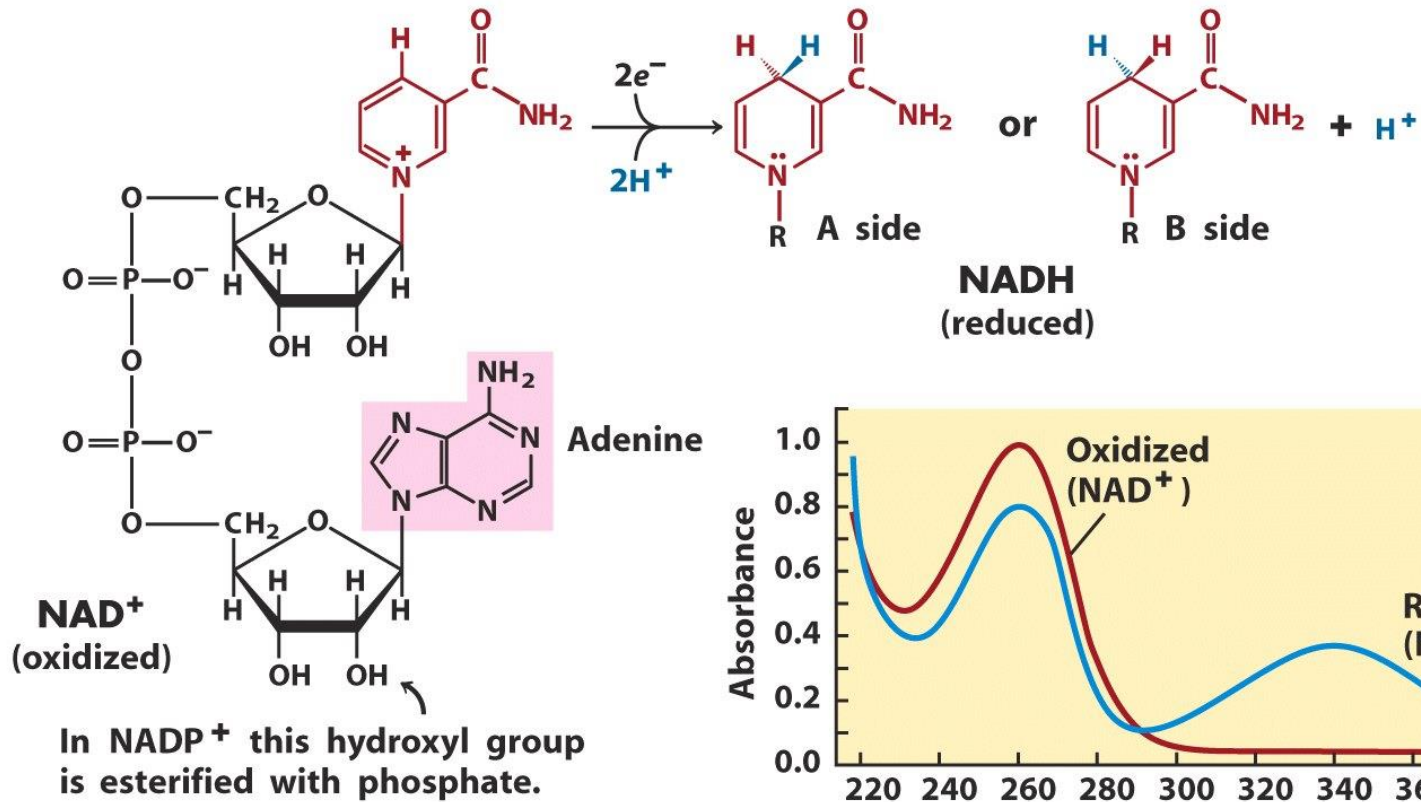
6) Gliseraldehit 3-fosfatın 1,3-bifosfogliserata yükseltgenmesi:

Hizmet fazındaki ilk basamak gliseraldehit 3-fosfatın gliseraldehit 3-fosfat dehidrogenazla 1,3-bifosfogliserata oksitlenmesidir. Bu tepkime, glikolizin, sonuçta ATP oluşumuna yol açan, iki enerji saklayan tepkimesinden ilkidir. Gliseraldehit 3-fosfatın aldehit grubu, serbest bir karboksil grubuna değil, fosforik asitle bir karboksilik asit anhidritine dehidrojenlenir.



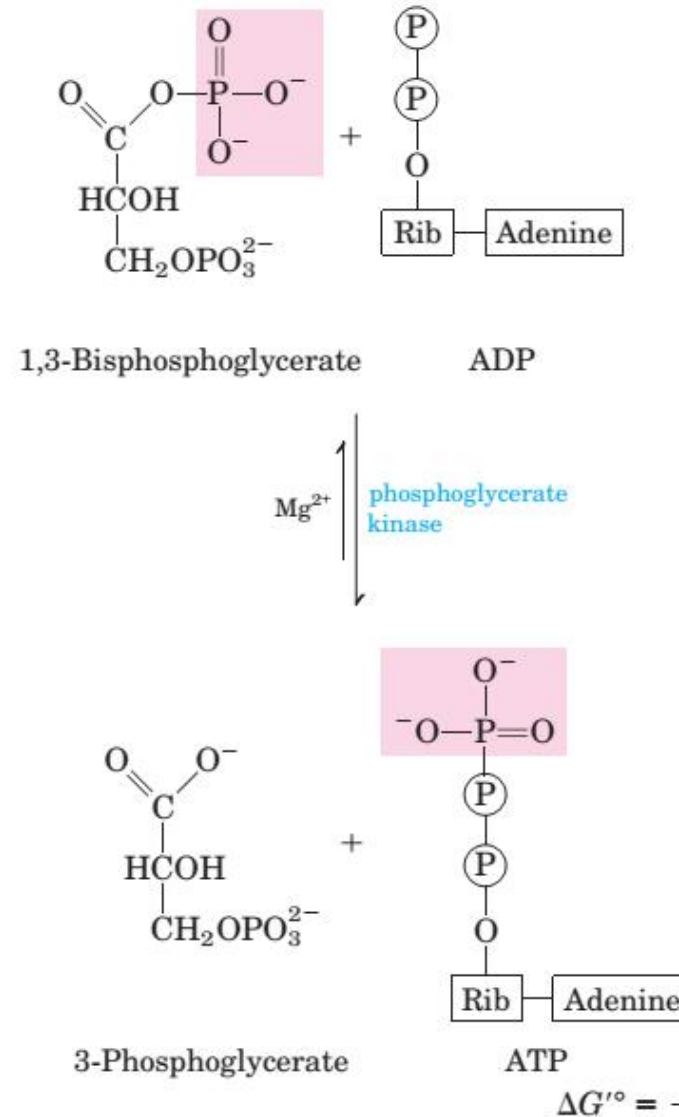
- 
-
- Gliseraldehit 3-fosfat dehidrogenaz tepkimesinde hidrojen alıcısı NAD^+ 'dir.
 - NAD^+ 'nin indirgenmesi, gliseraidehit 3-fosfatın aldehit grubundan bir hidrit iyonunun ($:\text{H}^-$), NAD^+ 'nin nikotinamit halkasına enzimatik olarak transferiyle redükte enzim koenzim $\text{NADH}'\text{i}$ oluşturarak gerçekleşir.
 - Substratın diğer hidrojen atomu çözeltiye H^+ şeklinde serbest bırakılır.

NAD⁺'nin indirgenmesi



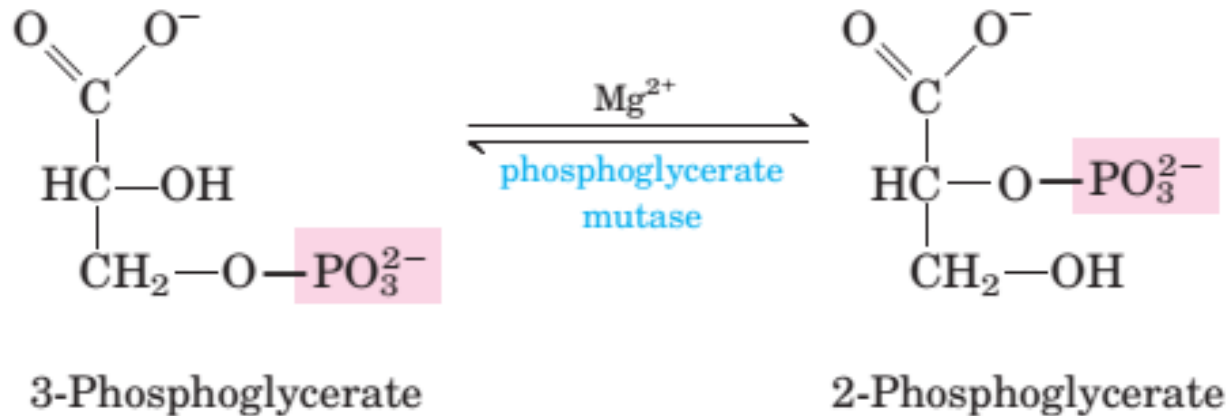
7) 1,3-bifosfogliseratdan ADP'ye fosforil transferi:

- Fosfogliserat kinaz enzimi 1,3-bifosfogliseratın karboksil grubundaki yüksek enerjili fosforil grubunu ADP'ye transfer ederek ATP ve 3-fosfogliserat oluşturur.
- Bir substrattan fosforil grubunun transferiyle ATP oluşumunun mekanizmasına; **substrat düzeyindeki fosforillenme** denir.



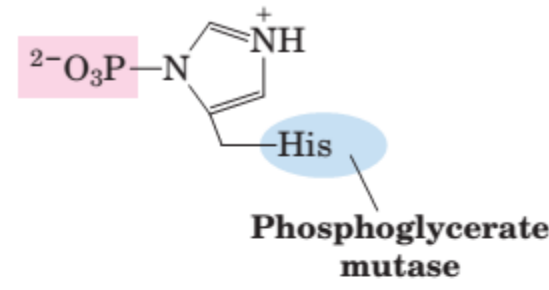
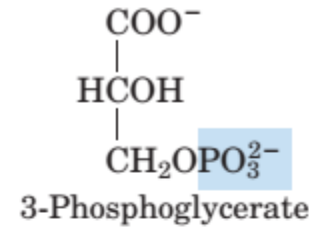
8) 3-fosfogliseratın 2-fosfogliserata dönüştürülmesi:

Fosfogliserat mutaz enzimi, gliseratın C-2 ve C-3'ü arasında fosforil grubunun yer değiştirmesini tersinir olarak katalizler. Bu tepkime için Mg^{2+} gereklidir.

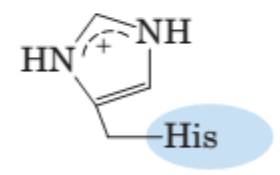
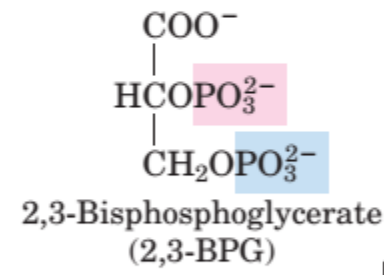


$$\Delta G'^{\circ} = 4.4 \text{ kJ/mol}$$

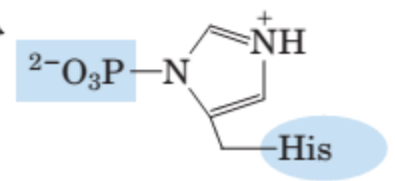
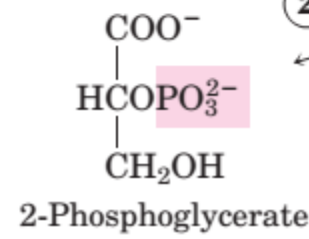
- Bu tepkime iki basamakta olur. Mutazın His kalıntısına daha önce tutunmuş olan fosforil grubu, 2,3-bifosfogliserat (BPG) oluşturmak üzere 3-fosfogliseratın C-2'sinde bulunan hidroksil grubuna transfer edilir.
- Sonra 2,3-bifosfogliseratın C-3'deki fosforil grubu aynı His üzerine aktarılır, 2-fosfogliserat oluşturulur ve fosforillenmiş enzim yenilenir.

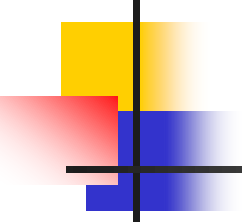


① ↓



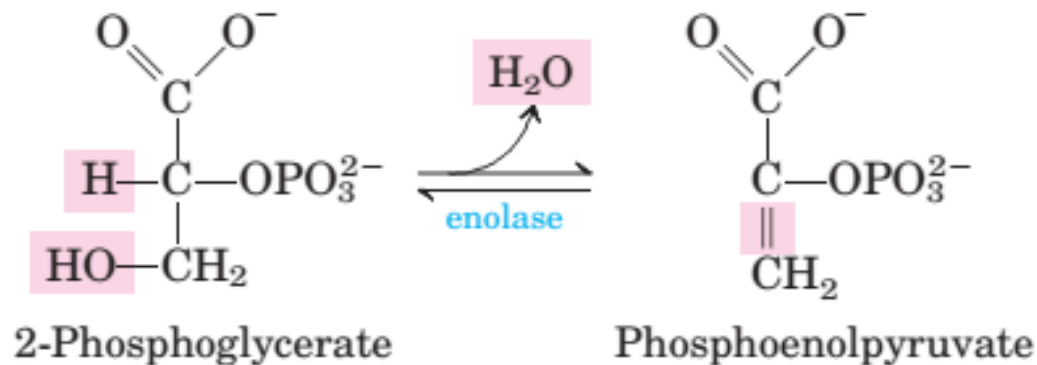
② ↙ ↘



- 
- Fosfogiliserat mutaz, başlangıçta BPG'den fosforil transferiyle fosforlanır, böylece bu molekül bir koenzim gibi davranır, katalitik döngünün başlaması için çok küçük miktarlarda gereklidir ve bu döngüyle devamlı olarak yenilenir.
 - Bazı hücrelerde **BPG** sadece eser miktarlarda bulunmasına karşın, **eritrositlerde temel bileşendir(yaklaşık 5mM)** ve burada hemoglobinin oksijene olan ilgisini düzenler.

9) 2-fosfogliseratin fosfoenolpirüvata dehidrasyonu:

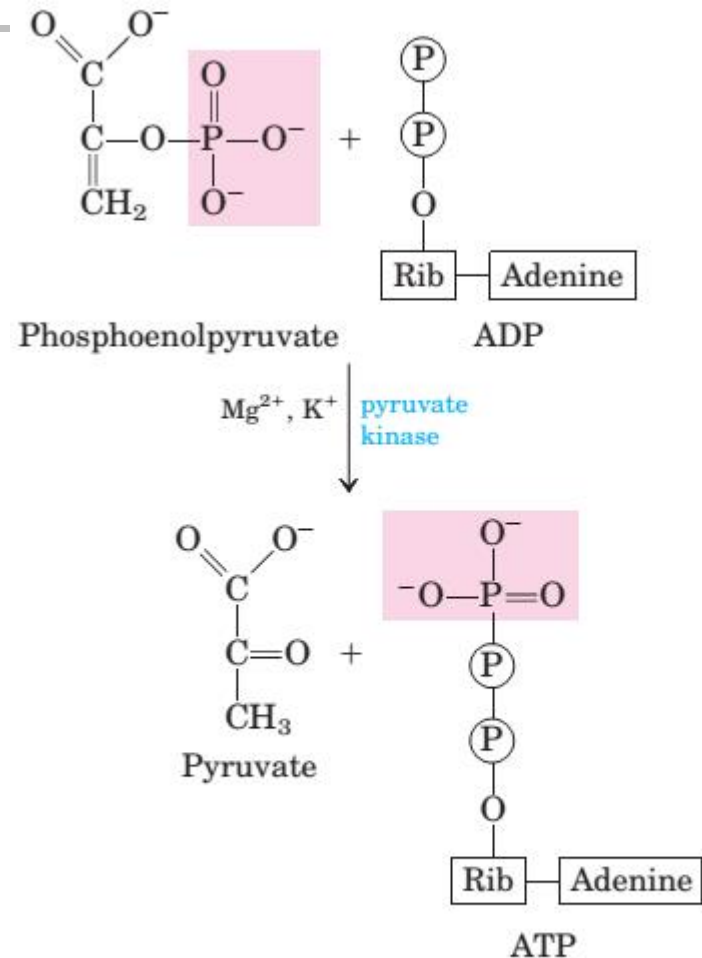
- Fosforil grubu transfer etme potansiyeli yüksek olan bir bileşikle yürüyen ikinci glikolitik tepkimede, enolaz 2-fosfogliserattan bir su molekülünü tersinir olarak uzaklaştırarak fosfoenolpirüvati oluşturur.



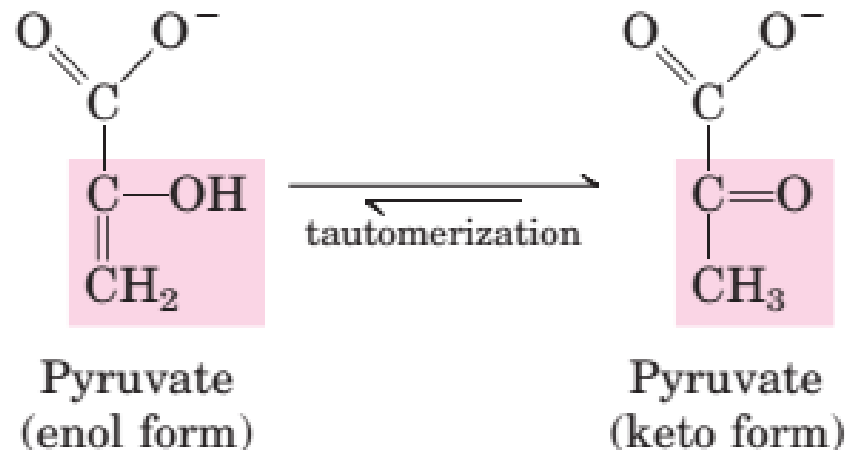
$$\Delta G'^{\circ} = 7.5 \text{ kJ/mol}$$

10) Fosforil grubunun fosfoenolpirüvattan ADP'ye transferi:

- Glikolizde pirüvat kinaz tarafından katalizlenen, K^+ ve Mg^{+2} ve/veya Mn^{+2} 'e gereksinen son basamak, fosforil grubunun fosfoenolpirüvattan ADP'ye transferidir.

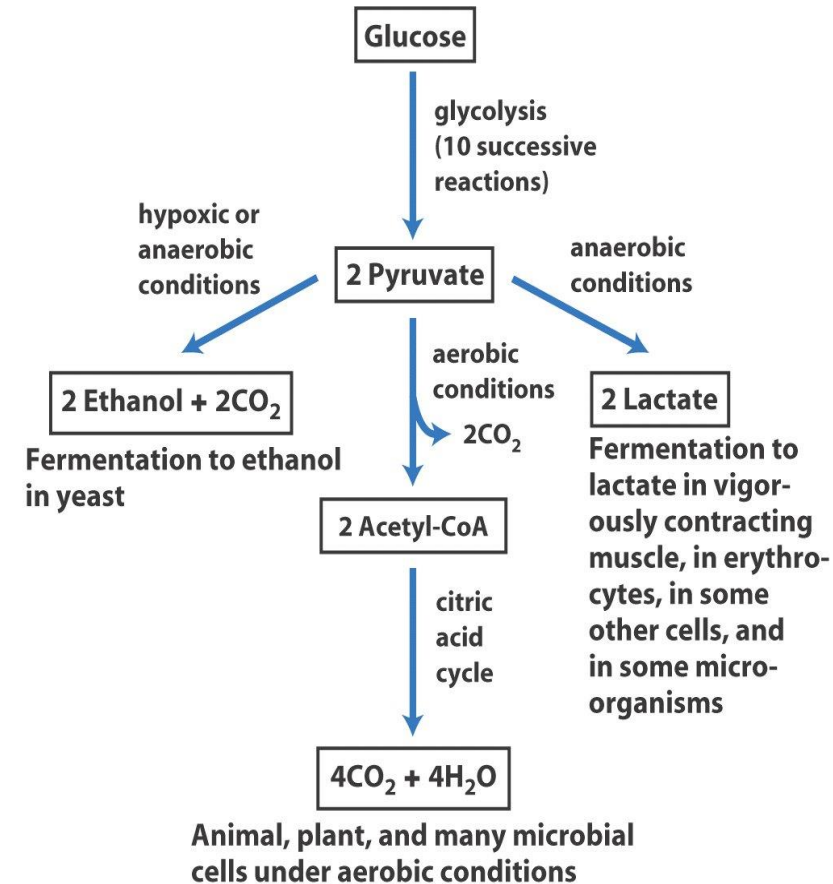


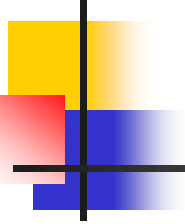
- Bu substrat-düzeyindeki fosforillenmede ürün olan **pirüvat** önce **enol formunda** ortaya çıkar, sonra hızla enzimatik olmayan bir tepkimeyle **tautomerizasyona** uğrayarak pH 7'de baskın olan **keto şekline** döner. Toplam tepkime **pirüvatın enol şeklinin keto şekline** kendiliğinden çevrilmesinde büyük etkisi olan büyük bir negatif standart serbest-enerjiye sahiptir.



Aerobik ve Anaerobik şartlarda pirüvatın akıbeti

- Pirüvat karbohidrat metabolizmasında önemli bir kesişme noktası temsil eder.
- **1.yol:Aerobik şartlarda pirüvat asetata oksitlenir**, asetat sitrik asit döngüsüne girer ve CO_2 ve H_2O 'ya oksitlenir, gliseraldehit 3-fosfatın dehidrogenasyonu ile oluşan NADH , mitokondrideki solunumda elektronlarını O_2 'ye aktararak yeniden NAD^+ 'ye oksitlenir.
- Elektron transfer tepkimelerinden açığa çıkan enerji mitokondrideki ATP sentezini sürdürür.



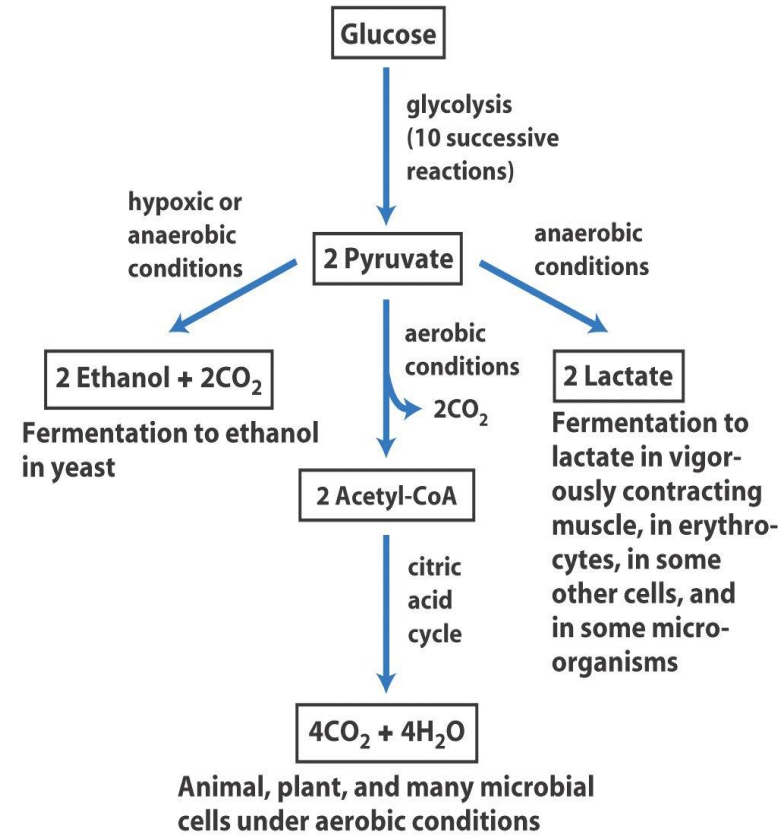


Pirüvat için ikinci yol, laktik asit fermantasyonu yoluyla laktata indirgenmesidir.

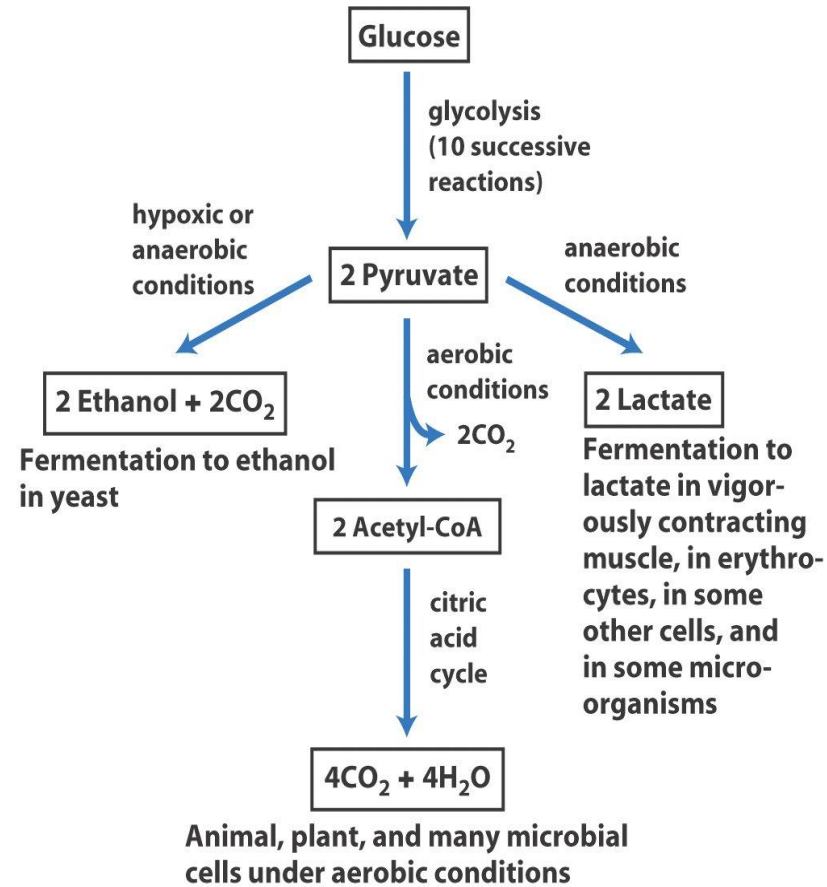
Kuvvetli kasılabilen iskelet kasları düşük oksijenli şartlarda işlev görmek zorunda oldukları zaman, **NADH** yeniden **NAD⁺**'ye oksitlenemez ve pirüvatın daha ileri oksidasyonu için bir elektron alıcısı olarak **NAD⁺**'ye gereksinilir.

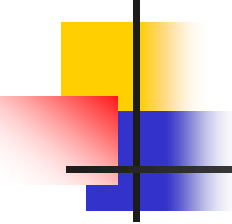
Bu şartlar altında **pirüvat**, **NADH**'dan e-ları **alarak** glikolizin devamı için gerekli olan **NAD⁺**'yi yenilerken, laktata indirgenir.

Bazı dokular ve hücre tipleri (**retina**, **beyin**, **eritrositler**) **glukoza** **aerobik** şartlar altında dahi **laktata** çevirir ve laktat bazı mikroorganizmalarda anaerobik şartlar altında da glikolizin bir ürünüdür.



- Pirüvat yıkımındaki üçüncü ana yol etanolle sonlanır.
- **Pirüvat**, bazı bitki dokularında ve bir kısım omurgasızlarda, protistlerde ve bira mayası gibi mikroorganizmalarda **düşük oksijenli veya anaerobik şartlarda alkol fermantasyonu** denilen bir işlemle **etanol ve CO₂**'e dönüştürülür.

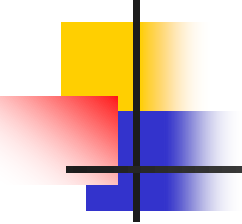


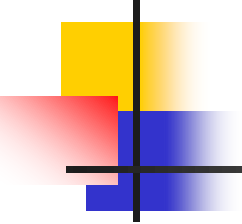


Glikolizde toplam denge dökümü ve net ATP kazancı



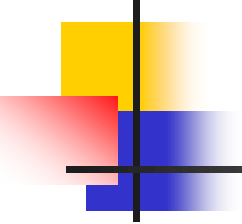
- Eşitliğin sol tarafı glikolize katılanları, sağ tarafı ise reaksiyon sonucu oluşanları göstermektedir (her glukoz molekülünün iki molekül gliseraldehit 3-fosfat oluşturduğunu akılda tutunuz).
- Eşitliğin her iki tarafındaki ortak terimlerin birbirini götürmesi, aerobik şartlar altındaki glikolizin tam denklemini verir.
- **$\text{Glucose} + 2 \text{ NAD}^+ + \text{ADP} + 2 \text{ P}_i \rightarrow 2 \text{ pyruvate} + 2 \text{ NADH} + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ ATP} + 2 \text{ H}_2\text{O}$**
- .Aerobik şartlar altındaki glikolizde oluşan iki molekül NADH, elektronlarının ökaryotik hücrelerde mitokondride yer alan solunum zincirine transferiyle yeniden NAD^+ ye oksitlenir. Solunum zinciri bu elektronları gideceği son yer olan O_2 ye aktarır.

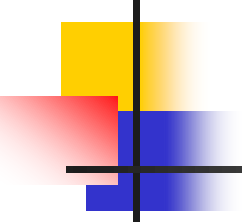
- 
- Solunum zinciri bu elektronları gideceği son yer olan O_2 'ye aktarır.
 - **$2 NADH + 2H^+ + O_2 \rightarrow 2NAD^+ + 2H_2O$**
 - Mitokondride NADH'dan O_2 'e elektronların transferi, solunuma bağımlı fosforillenme aracılığıyla yapılan ATP sentezi için gerekli enerjiyi sağlar.

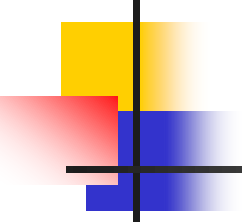


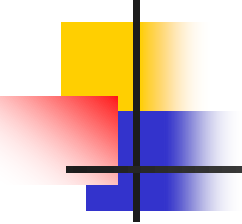
Glikoliz yolunun düzenlenmesi

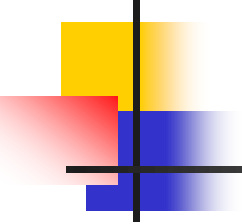
- Metabolik yollarda dönüşümsüz reaksiyonları katalizleyen enzimler metabolizmanın kontrol noktalarıdır.
- Glikolizde, **hekzokinaz, fosfofruktokinaz-1 ve pirüvat kinaz** tarafından katalizlenen reaksiyonlar gerçek anlamda dönüşümsüzdür.
- **Bu yüzden her üç enzim de glikolizin kontrol noktalarını teşkil etmektedir.**
- Metabolik yolların düzenlenmesinde dokudan dokuya farklılıklar da gözlenir.
- Çünkü, her dokunun öncelikleri farklı olabilir. Mesela, **kas ve karaciğer dokuları** glukozu glikoliz yoluyla, farklı bir amaç için pirüvata kadar yıkarlar.

- 
-
- Kasın hedefi, glukozdaki tüm kimyasal enerjiyi açığa çıkararak kullanmaktır.
 - Karaciğer ise, glukozu yağ asitlerini sentezleyeceği yapı taşlarına (asetil CoA) dönüştürür.
 - Kanda glukoz seviyesi düştüğü zaman, karaciğerde glikoliz inhibe edilir.
 - Çünkü, kana glukoz sağlamak üzere senteze başlamıştır.
 - Fakat, açlık durumunda bir hayvan, kaçmak avını kovalamak gibi işlerde yoğun kas aktivitesine ihtiyaç duyar.
 - Yakıt olarak kastaki glukoz deposu olan glikojeni kullanılır ve aktif bir glukoz olayı gerçekleştirir.

- 
- Yani, karaciğerde glikolizin inhibe edildiği aynı şartlarda, kas hücrelerinde glukoz yıkımı çok etkili olabilir.
 - Bu ise her iki dokuda glikolizin farklı düzenlenmesiyle mümkündür.
 - **Fosfofruktokinaz-1 glikolizin en önemli kontrol elemanıdır.**
 - Dört altbirimden ibaret olan bu tetramerik enzim, **yüksek ATP seviyesinde inhibe edilir** ve enzimin fruktoz 6-fosfata afinitesi azalır.
 - **ATP'nin inhibisyon etkisi AMP tarafından önlenir** ve enzim aktivitesi ATP/AMP oranının düşmesiyle tekrar artar. Diğer bir deyişle glikoliz, hücrenin enerji yükü azaldığında yeniden uyarılır.

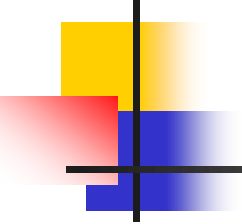
- 
-
- Bu enzim, sitrik asit devrinin ilk ara bileşiği olan **sitrat** tarafından inhibe edilir.
 - Yüksek bir sitrat seviyesi biyosentetik ön maddelerin bol olduğuna bir işarettir ve glukozun yıkımına ihtiyaç olmadığını bildirir.
 - Sitrat, ATP'nin inhibisyon etkisini kuvvetlendirir.
 - Kas ve karaciğerden elde edilen **pirüvat kinaz**, ATP tarafından allosterik olarak inhibe edilir ve böylece yüksek enerji yükü durumunda fosfoenolpirüvatın çevrilmesi bloke edilir.
 - Ayrıca, karaciğer pirüvat kinazı glukagon ve epinefrinin etkisiyle cAMP aracılığıyla fosforillenir ve inhibe olur.

- 
-
- **Hekzokinaz** da, glukoz 6-fosfat tarafından allosterik olarak inhibe edilir.
 - Fosfofruktokinaz bloke edildiği zaman, hücrede glukoz 6-fosfat derişimi yükselir ve hekzokinaz inhibe olmuş olur.
 - Fakat karaciğerde yüksek glukoz 6-fosfat seviyelerinde de glukoz fosforillenerek glukoz 6-fosfata çevrilir. Bu işi hekzokinazın bir izoenzimi olan glukokinaz enzimi gerçekleştirilir.
 - Bu enzimin glukoz için KM değeri diğer hekzokinaz izoenzimlerinden daha büyüktür.
 - Bu yüzden glikokinaz yüksek glukoz derişimlerinde etkili olabilir. Bu enzimin hücre içi miktarı karbohidratca zengin diyet ve insülin tarafından artırılır.



Glikolizi Besleyen Yollar

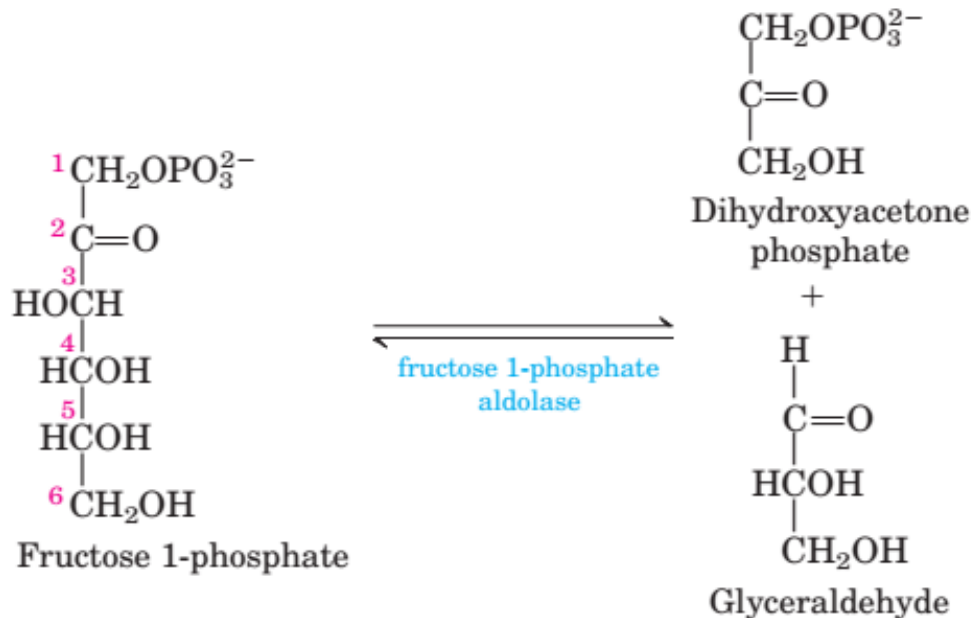
- Glukozun yanı sıra pek çok karbohidrat glikolitik yolda glikolitik ara bileşenlerden birine çevrildikten sonra katabolik yazgıları ile karşılaşır.
- En belirgin olanı depo polisakkaritleri olan **glikojen ve nisasta**, disakkaritler olan **maltoz, fruktoz, mannoz ve galaktoz**dur.

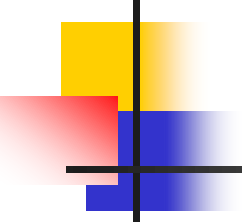


Diğer Monosakkaritler Glikolitik Yola Çeşitli Noktalardan Katılır

- Pek çok organizmada, glukoz dışındaki heksozlar, fosforillenmiş bir türevine çevrildikten sonra glikolize katılır.
- Birçok meyvede serbest şekilde bulunan sukrozun hidroliziyle oluşan **D-fruktoz**, ince barsaklarda heksokinaz tarafından fosforillenir.
- **Fruktozun glikolize girişi:**
- $\text{Fructose} + \text{ATP} \rightarrow \text{fructose 6-phosphate} + \text{ADP}$
kofaktör: Mg^{+2}
- Kas ve böbreklerde bu yol fruktozun glikolize girdiği ana yoldur. Fakat karaciğerde fruktoz farklı bir yolla glikolize girer. Karaciğer enzimi fruktokinaz, fruktozun C-6 yerine C-1'den fosforillenmesini katalizler.
- $\text{Fructose} + \text{ATP} \rightarrow \text{fructose 1-phosphate} + \text{ADP}$
 Mg^{+2}

- Fruktoz 1-fosfat daha sonra **fruktoz 1- fosfat** aldolaz tarafından **gliseraldehit** ve **dihidroksiaseton fosfata** bölünür.
- **Dihidroksiaseton** fosfat glikolitik bir enzim olan **triozfosfat izomeras** tarafından **gliseraldehit 3-fosfata** dönüştürülür.
- **Dihidroksiaseton** fosfat $\leftrightarrow$ Gliseraldehit 3-fosfat



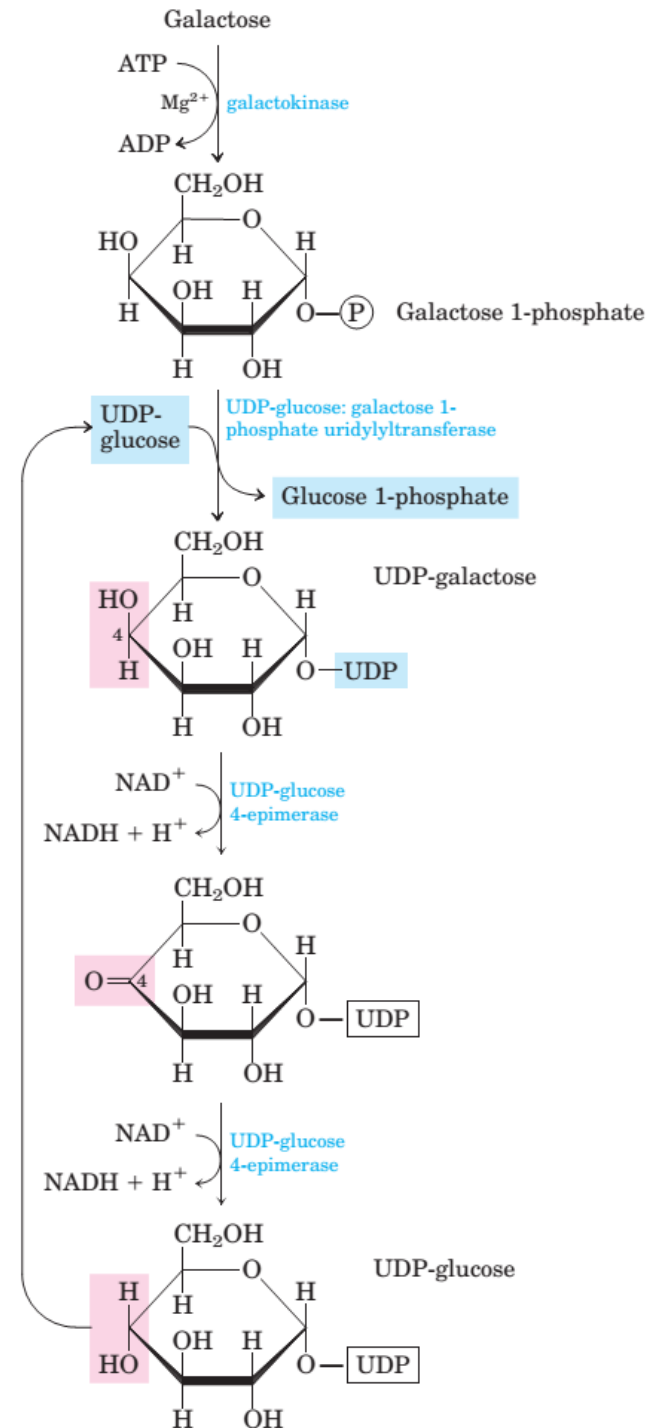
- 
-
- Gliseraldehit +ATP→ Gliseraldehit 3-fosfat+ ADP Kofaktör:Mg⁺²
 - Gliseraldehitde ATP ve trioz kinaz ile gliseraldehit 3-fosfata fosforillenir.
 - Böylece fruktoz 1-fosfat hidrolizinin her iki ürünü de glikolitik yola gliseraldehit 3-fosfat olarak girer.

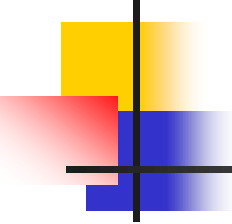
Galaktozun glikolize girişi

Bir disakkarit olan laktozun (süt řekeri) hidrolizlenme ürünü olan **D-galaktoz**, **galaktokinaz** tarafından bir ATP harcanarak önce C-1'den fosforillenir.



Galaktoz 1-fosfat, daha sonra C-4'de üridin difosfat (UDP)'ın heksoz gruplarının bir koenzim benzeri taşıyıcılığında bir seri tepkimeyle glukoz 1-fosfata dönüştürülür.



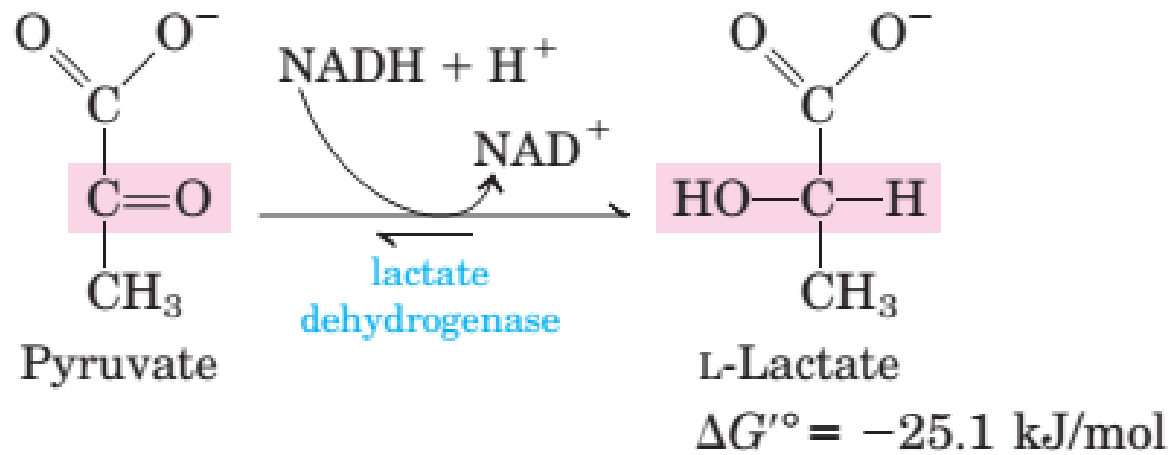


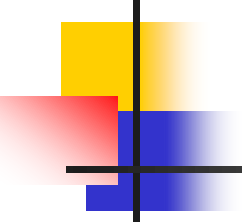
Mannozun glikolize girişi:

- Yiyeceklerdeki çeşitli polisakkaritlerin ve glikoproteinlerin sindirilmesiyle oluşan D-mannoz, heksokinaz tarafından C-6'dan fosforillenebilir.
- $\text{Mannoz} + \text{ATP} \rightarrow \text{Mannoz 6-fosfat} + \text{ADP} \text{ (Mg}^{+2}\text{)}$
- Mannoz 6-fosfat glikolizin bir ara bileşiği olan fruktoz 6-fosfatı oluşturmak üzere fosfomannoizomeraazla izomerleřtirilir.
- Böylece mannoz fruktoz 6-fosfat şeklinde glikolize katılır.

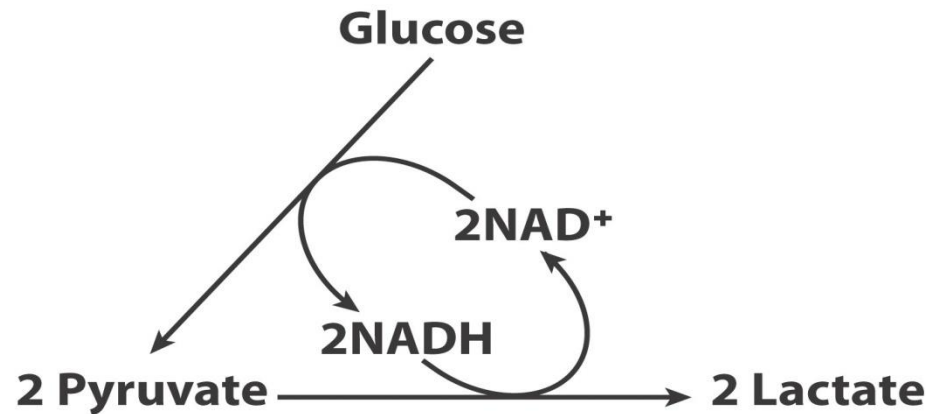
Glikoliz sonucu oluşan pirüvik asitin laktik asite dönüşümü

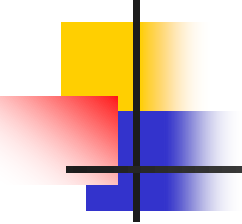
- Hayvan dokuları pirüvatın ve glikolizde üretilen NADH'ın aerobik oksidasyonunu desteklemek üzere yeterli oksijenle beslenemediği zaman; NAD⁺, pirüvatın laktata indirgenmesiyle NADH'dan yenilenir.



- 
-
- Bazı dokular ve hücre tipleri (**eritrositler** gibi) aerobik şartlar altında dahi glukozdan laktat üretir.
 - Pirüvatın indirgenmesi laktat dehidrogenaz tarafından katalizlenir, bu enzim pH 7 de laktatın L izomerini oluşturur.
 - Bu tepkimenin tüm dengesi büyük standart serbest-enerji değişimiyle laktat oluşumu yönündedir.

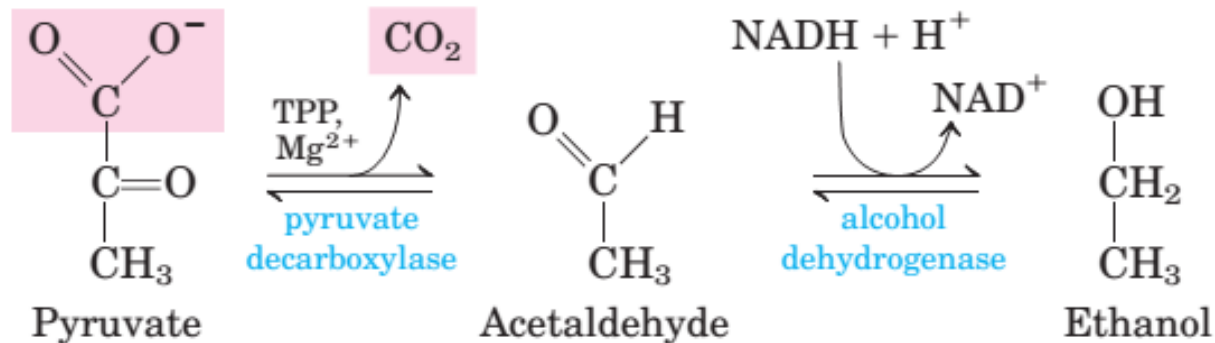
- Glikolizde, her molekül glukozdan türetilen iki molekül gliseraldehit 3-fosfatın dehidrogenasyonu, iki molekül NAD^+ 'yi, iki NADH 'a çevirir. Çünkü iki molekül pirüvatın iki molekül laktata indirgenmesi iki molekül NAD^+ 'yi yeniler, tüm işlem dengelenmiştir ve sürekli olarak devam edebilir.



- 
- Aktif iskelet kasları tarafından oluşturulan laktat yeniden döngüye katılabilir, kan yoluyla karaciğere taşınır, burada yoğun kas aktivitesinden sonraki sürede glukozu çevrilir.
 - Şiddetli kas kasılması sonrasında fazla miktarda laktat olduğu zaman (örneğin bir sürat koşusu sırasında), kan ve kasta asidin iyonlaşmasıyla ortaya çıkan asitlenme ağrıya neden olur ve şiddetli aktivite süresini sınırlar. En iyi kondisyonlu atletler bir dakikadan daha fazla sürat koşusu yapamazlar.

Alkol fermentasyonu

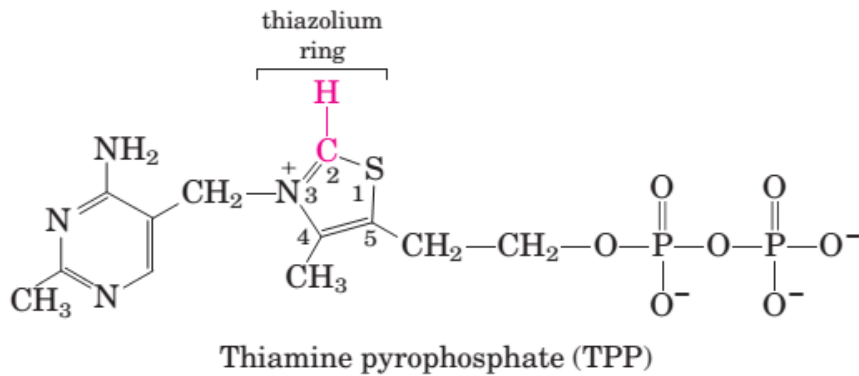
- Etanol alkol fermentasyonunda indirgenmiş bir üründür.
- Maya ve diğer mikroorganizmalar glukozu laktattan ziyade etanol ve CO_2 'e fermentler.
- Glukoz glikolizle pirüvata dönüştürülür ve **pirüvat** iki basamaklı bir işlemle **etanol** ve CO_2 'e çevrilir.



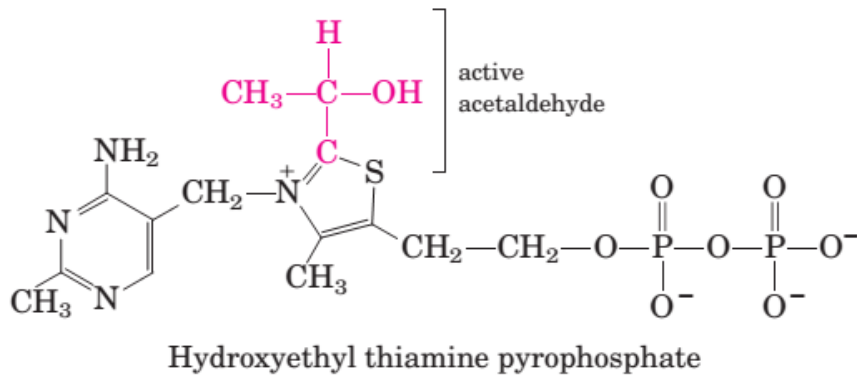
İlk basamakta, pirüvat, pirüvat dekarboksilaz tarafından katalizlenen tersinmez bir tepkimeyle dekarboksillenir.

Bu tepkime basit bir dekarboksillenmedir ve pirüvatın net oksidasyonunu kapsamaz.

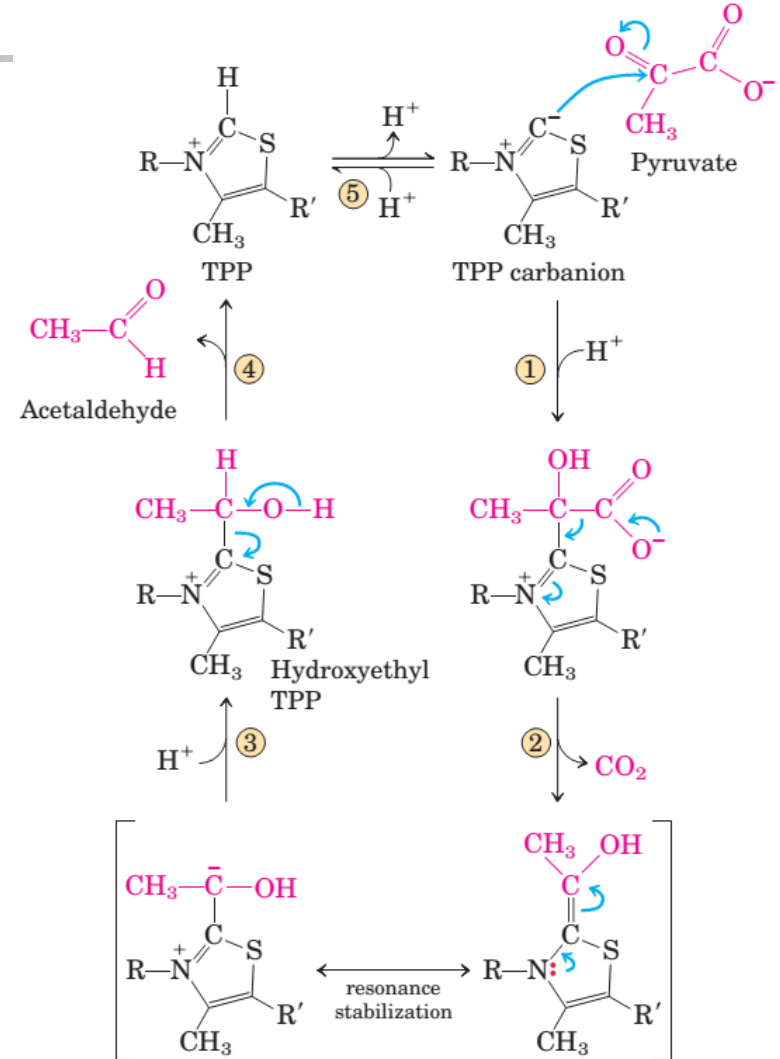
Pirüvat dekarboksilaz Mg^{+2} 'a gereksinir ve sıkıca bağlı bir koenzim olan (prostetik grup) tiyamin pirofosfata sahiptir.



(a)

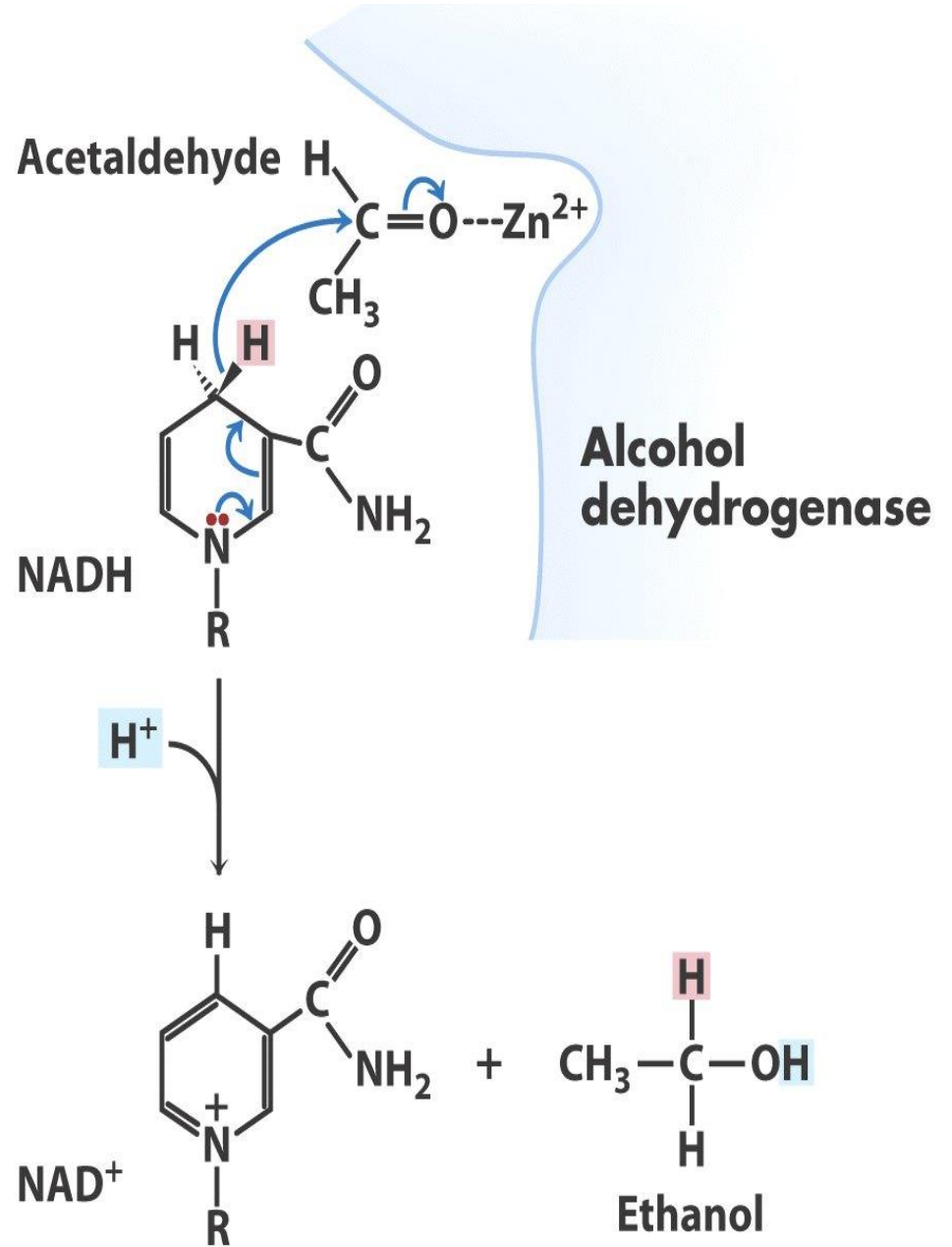


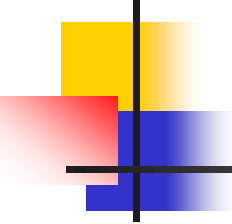
(b)



(c)

- İkinci basamakta, asetaldehit, alkol dehidrogenaz ve gliseraldehit 3-fosfat dehidrogenazın sağladığı indirgen güç olan NADH'ın etkisiyle etanole indirgenir.
- Böylece alkol fermentasyonunun son ürünleri etanol ve CO₂'dir





■ Aşağıdakilerden hangisi metabolizmanın görevleridir?

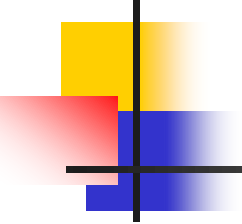
A. Güneş enerjisinden veya çevredeki yüksek enerjili besinleri parçalayarak kimyasal enerji elde etmek,

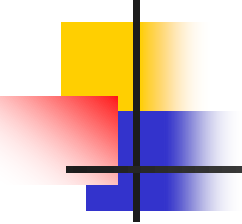
B. Besin moleküllerini, makromoleküllerin öncül bileşikleri de dahil olmak üzere hücrenin kendi karakteristik moleküllerine dönüştürmek,

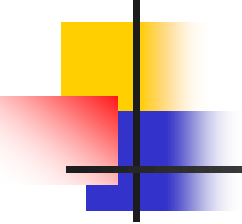
C. Monomerik öncül bileşiklerin makro moleküllere polimerizasyonu sonucunda proteinler, nükleik asitler ve polisakkaritleri oluşturmak,

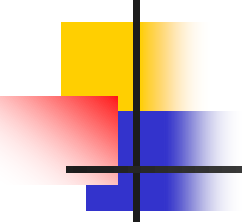
D. Özel hücresel işlevler için membran lipidleri, hücre içi haberciler, pigmentler gibi biyomoleküllerin sentezi ve yıkımını sağlamak.

E. Hiçbiri

- 
-
- Ototroflar _____ karbon kaynağı olarak yalnız atmosferdeki karbondioksiti kullanarak karbon içeren biyomolekülleri oluştururlar

- 
-
- Redoks tepkimelerinde kimyasal türlerden biri elektron kaybederek oksitlenmekte (yükseltgenme), ve diğeri elektron alarak redüklenmekte (indirgenmekte) 'dir.

- 
-
- Oksidasyonun, biyolojik sistemlerdeki anlamı çoğunlukla dehidrojenasyon olup, oksidasyon tepkimelerini katalizleyen enzimler dehidrogenazlardır.

- 
-
- Elektronlar bir molekülden (elektron verici) diğer moleküle (elektron alıcısı) dört farklı yoldan biriyle transfer olur

1. Doğrudan **elektronlar** olarak

2. **Hidrojen** atomları olarak

3. **Hidrit iyonu** olarak (:H^-)

4. Doğrudan **oksijenle birleşerek**