

CANLILARDA GLİKOLİZ YOLUNUN MÜKEMMEL VE HİKMETLİ İDARESİ*

PERFECT AND WISE MANAGEMENT OF THE GLYCOLYSIS PATHWAY IN LIVING THINGS

ÖZET

Canlılarda meydana gelen biyokimyasal değişimlerin tümü metabolizmayı oluşturur. Metabolik olaylar; (1) lineer, (2) siklik ve (3) spiral şekildedir. Lineer yolun örneği olarak glukozun piruvata dönüştüğü glikoliz reaksiyonlarını, siklik yola Krebs ve üre devirlerini; spiral tarzındaki metabolik yola da artarda benzer reaksiyon basamaklarıyla gerçekleşen yağ asitleri sentez ve yıkımıyla protein sentezi reaksiyonlarını gösterebiliriz.

Metabolizma, katabolizma ve anabolizma olarak ikiye ayrılır. Katabolizma, hücrenin çevresinden aldığı veyahut kendi depolarından kullandığı büyük besin moleküllerini (karbohidratlar, lipidler ve proteinler) çoğunluğu oksidatif mahiyetteki enzimatik reaksiyonlarla, laktik asit, asetik asit, CO₂, amonyak veya üre gibi bir seri daha küçük moleküllere parçalanması olayıdır. Bu esnada da büyük organik bileşiklerin yapısında bulunan serbest enerjinin açığa çıkmasıyla yüksek enerjili fosfat bağları (ATP) oluşur. Katabolizma yolları içinde insanda hemen hemen bütün hücrelerde sitoplazmada cereyan eden önemli bir yol vardır: Glikoliz.

Glikoliz, bütün canlı hücre çeşitlerinde bulunan ve glukozun piruvata çevrilmesini ve bu esnada da bir miktar ATP üretimini gerçekleştirmede görev yapan reaksiyon serisine verilen isimdir. Aerobik organizmalarda glikoliz, glukozun ihtiva ettiği enerjinin çoğunun yüksek enerjili fosfat başına çevrildiği sitrik asit devri ve elektron transport zincirinden önce gelen bir glukoz yıkım basamağıdır. Aerobik şartlarda, yani yeterli oksijenin bulunduğu durumda piruvat mitokondriye girer ve burada tamamen CO₂ ve H₂O'ya yükseltgenir. Eğer O₂ yetersizse (mesela, kastaki aktif faaliyet durumunda ve mitokondrileri bulunmayan eritrositlerde) piruvat, laktata çevrilir. Maya hücreleri gibi bazı anaerobik organizmalarda piruvat etanole dönüştürülür. Bu reaksiyonlarda glikolizin devamı için gerekli olan NAD⁺ rejenere edilir. Piruvatı takip eden bu reaksiyonlar olmasaydı hücrelerde NAD⁺ tükenecek ve glikoliz devam edemeyecekti. Glikoliz olayının kontrol noktasındaki üç enzimin hücrenin ihtiyaçlarına göre aktive veya inhibe edilmesi de metabolik olayların ne kadar mükemmel idare edildiğinin delilleridir.

Buna göre hücreler maksimum ekonomi prensiplerine uygun çalışan sistemlerdir. İhtiyaç duyulduğu kadar madde ve enerji üretilir. Allah'ın sonsuz rahmet ve inayetinin delili olan bu olaylar, şuurumuz olmadan ve irademiz karışmadan canlılarda her an cereyan eder ve böylece canlılardaki hayat mucizevi olarak devam eder; bu durum ancak ilahi sonsuz bir ilim ve kudretle mümkündür.

Anahtar kelimeler: ATP, metabolizma, idare, rahmet tecellisi, glikoliz

ABSTRACT

All biochemical changes that occur in living things constitute metabolism. Metabolic events are (1) linear, (2) cyclic and (3) spiral. As an example of a linear pathway, we can show glycolysis reactions in which glucose is converted to pyruvate, the cyclic pathway, the Krebs and urea cycles; and the spiral-type metabolic pathway, fatty acid synthesis and destruction and protein synthesis reactions that occur with similar reaction steps.

Metabolism is divided into two as catabolism and anabolism. Catabolism is the breakdown of large nutrient molecules (carbohydrates, lipids and proteins) that the cell takes from its environment or uses from its own stores, mostly by oxidative enzymatic reactions, into a series of smaller molecules such as lactic acid, acetic acid, CO₂, ammonia or urea. During this process, high-energy phosphate bonds (ATP) are formed by the release of free energy in the structure of large organic compounds. Among the catabolism pathways, there is an important pathway that occurs in the cytoplasm of almost all human cells: glycolysis.

Glycolysis is the name given to the series of reactions found in all living cell types that convert glucose into pyruvate and produce some ATP in the meantime. In aerobic organisms, glycolysis is a glucose breakdown step that precedes the citric acid cycle and electron transport chain, in which most of the energy contained in glucose is converted into high-energy phosphate bonds. Under aerobic conditions, that is, in the presence of sufficient oxygen, pyruvate enters the mitochondria and is completely oxidized there to CO₂ and H₂O. If O₂ is insufficient (for example, in active activity in muscle and erythrocytes without mitochondria), pyruvate is converted to lactate. In some anaerobic organisms, such as yeast cells, pyruvate is converted to ethanol. In these reactions, NAD⁺, which is necessary for the continuation of glycolysis, is regenerated. Without these reactions following pyruvate, NAD⁺ would be depleted in the cells and glycolysis would not be able to continue. The fact that three enzymes at the control point of glycolysis are activated or inhibited according to the needs of the cell is evidence of how perfectly metabolic events are managed.

Accordingly, cells are systems that operate in accordance with the principles of maximum economy. matter and energy are produced as needed. These events, which are evidence of God's infinite mercy and grace, take place in living beings at all times, without our consciousness or our will interfering, and thus life in living beings continues miraculously; this situation is only possible with divine infinite knowledge and power.

Key words: ATP, metabolism, management, manifestation of mercy, glycolysis

Prof. Dr.

Ömer İrfan KÜFREVİOĞLU

Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

Mail: okufrevi@atauni.edu.tr

ORCID: 0000-0002-1877-3154

Bu çalışma 24-26 Ekim 2024 tarihlerinde Üsküdar Üniversitesinde düzenlenen VIII. Uluslararası Bilimler Işığında Yaratılış Kongresi'nde sunulan "Canlılarda Glikoliz Yolunun Mükemmel ve Hikmetli İdaresi" başlıklı bildiriden türetilmiştir.

İnceleme Makalesi

Review Article

Alınma/Received: 05.11.2024

Kabul/Accepted: 29.12.2024

Telif Hakkı: Bu çalışma Creative Commons Attribution- NonCommercial 4.0 License altında lisanslanmıştır (CC BY NC).

Copyright: This article is licensed under Creative Commons AttributionNonCommercial 4.0 International License (CC BY NC).



1. GİRİŞ

Metabolizma, canlı organizmalarda meydana gelen kimyasal süreçlerin tamamını içeren karmaşık ve hayati bir sistemdir. Bu sistem, yaşamın sürekliliğini sağlayan temel bir mekanizma olup, iki temel bileşeni içerir: Katabolizma ve anabolizma. Katabolizma, büyük moleküllerin enerji üretimi için daha küçük moleküllere ayrılmasını ifade ederken, anabolizma, hücrelerin yapı taşlarını oluşturmak için daha küçük moleküllerden karmaşık bileşiklerin sentezlenmesini içerir. Bu bağlamda glikoliz, tüm canlı hücrelerinde gerçekleşen ve glukozun piruvata dönüşümünü sağlayan temel bir metabolik yoldur. Glikoliz hem enerji üretimi hem de diğer biyokimyasal süreçler için ara ürünlerin oluşumu açısından kritik bir öneme sahiptir. Canlıların enerji ihtiyaçlarına göre bu sürecin farklı aşamalarında yer alan enzimler, metabolik faaliyetlerin düzenlenmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Glikoliz yolunun incelenmesi, biyolojik sistemlerin ne derece hassas ve mükemmel bir şekilde yönetildiğini ortaya koymakla kalmayıp, aynı zamanda bu sürecin arkasındaki biyokimyasal mekanizmaların Allah'ın sonsuz rahmet ve hikmetinin delilleri olarak değerlendirilmesine de imkân tanır. Bu çalışma, glikoliz yolunun bilimsel ve felsefi bir perspektiften detaylı analizini sunmayı amaçlamaktadır.

2. METABOLİZMANIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Canlılarda meydana gelen biyokimyasal değişimlerin tümü metabolizmayı oluşturur. Metabolik olaylar; (1) lineer, (2) siklik ve (3) spiral şekildedir. Lineer yolun örneği olarak glukozun piruvata dönüştüğü glikoliz reaksiyonlarını, siklik yola Krebs ve üre devirlerini; spiral tarzdaki metabolik yola da artarda benzer reaksiyon basamaklarıyla gerçekleşen yağ asitleri sentez ve yıkımıyla protein sentezi reaksiyonlarını gösterebiliriz.

Metabolizma, katabolizma ve anabolizma olarak ikiye ayrılır. Katabolizma, hücrenin çevresinden aldığı veyahut kendi depolarından kullandığı büyük besin moleküllerinin (karbohidratlar, lipidler ve proteinler) çoğunluğu oksidatif mahiyetteki enzimatik reaksiyonlarla, laktik asit, asetik asit, CO₂, amonyak veya üre gibi bir seri daha küçük moleküllere parçalanması olayıdır. Bu esnada da büyük organik bileşiklerin yapısında bulunan serbest enerjinin açığa çıkmasıyla yüksek enerjili fosfat bağları (ATP) oluşur.

Anabolizma ise, polisakkaritler, nükleik asitler, lipidler ve proteinler gibi hücrenin bileşenlerini oluşturan nispeten büyük moleküllerin basit ön bileşiklerden sentezlenmesi olayıdır. Biyosentez olayı yapının daha büyümesi ve daha da kompleks bir düzene girmesini sonuç verdiği için, bir entropi azalması söz konusudur. Bu azalış da ATP'nin parçalanmasıyla ortaya çıkan serbest enerji vasıtasıyla karşılanır. Sentezlenen bileşikler başlangıç maddelerine oranla daha indirgenmiş olduklarından, gerekli elektron ve hidrojenler indirgeyici güç kaynağı olan NADPH tarafından sağlanır. Katabolizma ve anabolizma hücre içinde beraberce meydana gelir.

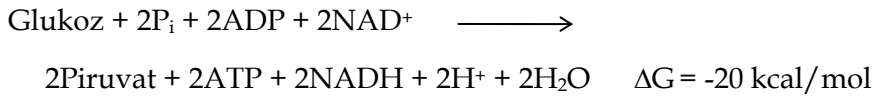
3. GLİKOLİZ REAKSİYONLARI

Glikoliz, bütün canlı hücre çeşitlerinde bulunan ve glukozun piruvata çevrilmesini ve bu esnada da bir miktar ATP üretimini gerçekleştirmede görev yapan reaksiyon serisine verilen isimdir.

Glikoliz yolu reaksiyonları hücre sitoplazmasında meydana gelmektedir. Glukozun, fruktoz 1,6-bisfosfata dönüşmesinden ibaret olan ilk safhası bir fosforilasyon, bir izomerleşme ve ikinci bir fosforilasyon reaksiyonlarını kapsamaktadır. Glikolizdeki bu başlangıç reaksiyonlarının hedefi, fosforillenmiş üç karbon birimlerine parçalanacak yapıda bir bileşik oluşturmaktır. Böylece, bir glukoz molekülünden iki molekül gliseraldehid 3-fosfat meydana getirilir.

Buraya kadarki reaksiyonlarda henüz hiçbir enerji elde edilmemiştir. Aksine, 2 molekül ATP harcanmıştır. Bundan sonraki reaksiyonlarla gliseraldehid 3-fosfatın ihtiva ettiği enerji açığa çıkarılmaktadır. Bunlardan birincisi, gliseraldehid 3-fosfatın yükseltgenip, fosforillenmesi sonucu 1,3-bisfosfogliserata (1,3-BPG) çevrilmesidir. Bu reaksiyon gliseraldehid 3-fosfat dehidrogenaz enzimi tarafından katalizlenmektedir. Bundan sonraki basamak, 1,3-bisfosfogliserattaki yüksek enerjili fosfat bağının ADP'ye transferiyle ATP'nin sentezlendiği reaksiyondur.

Glikoliz yolunun son safhasında 3-fosfogliserat üç reaksiyonla piruvata çevrilmekte ve ikinci bir ATP oluşmaktadır. Glikolizin net denklemi şöyledir:



4. GLİKOLİZ REAKSİYONLARININ DEVAMI İÇİN NAD⁺'NİN REJENARASYONU

Aerobik organizmalarda glikoliz, glukozun ihtiva ettiği enerjinin çoğunun yüksek enerjili fosfat bağına çevrildiği sitrik asit devri ve elektron transport zincirinden önce gelen bir glukoz yıkım basamağıdır. Aerobik şartlarda, yani yeterli oksijenin bulunduğu durumda piruvat mitokondriye girer ve burada tamamen CO₂ ve H₂O'ya yükseltgenir. Eğer O₂ yetersizse (mesela, kastaki aktif faaliyet durumunda ve mitokondrileri bulunmayan eritrositlerde) piruvat, laktata çevrilir. Maya hücreleri gibi bazı anaerobik organizmalarda piruvat etanole dönüştürülür. Bu reaksiyonlarda glikolizin devamı için gerekli olan NAD⁺ rejenere edilir. Piruvatı takip eden bu reaksiyonlar olmasaydı hücrelerde NAD⁺ tükenecek ve glikoliz devam edemeyecekti. Dolayısıyla piruvattan sonraki reaksiyonlar tamamen bir gayeye yönelik olarak cereyan etmektedir.

5. GLİKOLİZ YOLUNUN KONTROL MEKANİZMASI

Hayvanlarda glikolizin ikisi yakıt metabolizmasıyla ilgili olmak üzere üç farklı rolü vardır:

- (1) Oksijen yokluğunda glukozun ATP sentezlemek üzere yıkılması (anaerobik glikoliz),
- (2) Glukozun piruvata çevrilerek sitrik asit devrinde tam yakılacak hale getirilmesi (aerobik glikoliz),
- (3) Uzun zincirli yağ asitleri, amino asitler ve fosfolipidler gibi bileşiklerin sentez reaksiyonları için yapı taşları oluşturulması.

Glukozun piruvata çevrilme hızı da hücrenin sözü edilen ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde düzenlenir. Metabolik yollarda dönüşümsüz reaksiyonları katalizleyen enzimler metabolizmanın kontrol noktalarıdır. Glikolizde; heksokinaz, fosfofruktokinaz-1 ve piruvat kinaz tarafından katalizlenen reaksiyonlar gerçek anlamda dönüşümsüzdür. Bu yüzden her

üç enzim de glikolizin kontrol noktalarını teşkil etmektedir. Hücrenin enerji ve yapı taşı ihtiyacına göre bu enzimler inhibe veya aktive edilmektedir. Bu enzimlerden en önemlisi fosfofruktokinaz-1'dir ve en önemli allosterik regülatörü olan fruktoz 2,6-bisfosfat vasıtasıyla kuvvetlice aktive edilir. ATP ile bu enzimler üzerinde genelde inhibisyon etkisi sergilenir. Zira ortamda ATP'nin varlığı, enerji ihtiyacının az olduğu veya hiç olmadığı anlamına gelir ve glikoliz yavaşlatılır veya durdurulur.

Glikoliz olayının kontrol noktasındaki üç enzimin hücrenin ihtiyaçlarına göre aktive veya inhibe edilmesi de metabolik olayların ne kadar mükemmel idare edildiğinin delilleridir.

6. SONUÇ

Yukarıdaki açıklamalara göre hücreler maksimum ekonomi prensiplerine uygun çalışan sistemlerdir. İhtiyaç duyulduğu kadar madde ve enerji üretilir. Allah'ın sonsuz rahmet ve inayetine delili olan bu olaylar, şuurumuz olmadan ve irademiz karışmadan canlılarda her an cereyan eder ve böylece canlılardaki hayat mucizevi olarak devam eder; bu durum ancak ilahi sonsuz bir ilim ve kudretle mümkündür.

7. KAYNAKÇA

Berg, J.M., Tymoczko, J.L., Stryer, L., Biochemistry. W.H. Freeman and Company, New York, USA, 2012.

Keha, E.E., Küfrevioğlu, Ö.İ., Biyokimya, Aktif Yayınevi, Göktuğ Ofset, İstanbul, 14.Baskı, 2022.

Lehninger, A.L., Nelson, D.L., Cox, M.M. (1993), Principles of Biochemistry, New York, Worth Publishers, Inc., second edition.

Voet, D., Voet, J., (1995), Biochemistry, New York, John Wiley and Sons, Inc., second edition.