**Samangan Scientific and Research Journal**
**https://researchsparker.edu.af/index.php/SARJ**
**ISSN: 3006-8835**

# A Comparison of Glycoses and Gluconeogenesis and Their Functions in the Human Body

**Rohullah Hanif** *
*Department of Chemistry, Faculty of Education, Samangan Higher Education Institute.*
* *Corresponding Author: rohullahhanif786@gmail.com*

Cite this study: Hanif, F. (2024). A Comparison of Glycoses and Gluconeogenesis and Their Functions in the Human Body, Samangan Academic and Research Journal, 1(1), 122-132.

**Keywords**
Biomolecule, Glycolysis, Gluconeogenesis, Metabolism & Adenosine Tri-phosphate

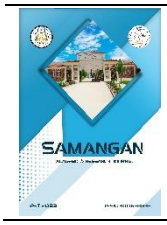
Research

Received:
Revised:
Accepted:
Published:

**Abstract**

Biochemistry is a science that studies chemical reactions which take place inside organisms. This science combined Biology and Chemistry. In other words, Biochemistry is a branch of science that discusses living systems and their compounds. Inanimate compounds are the building blocks of living organisms. These compounds are known as biomolecules, it is classified as energetic and non-energetic. The aim of the present research paper is performance review of glycolysis and gluconeogenesis focuses on human body. In mammalian it occurs in liver, kidney and small intestine, glucose uses for brain, muscles, and red blood cells. This research paper is a review paper, Data in this research paper was collected from different sources and collected from previous analysis and experimental results. Then the concept of glycolysis and its steps, performance, and location have been studied, and gluconeogenesis and its steps are also evaluated. At the end of this topic should say glycolysis and gluconeogenesis regulate and vice versa each other to prevent the uselessness of both pathways.

مجلهٔ علمی-تحقیقی سمنگان
https://researchsparker.edu.af/index.php/SARJ
ISSN: 3006-8835




# مقاسیهٔ گلایکولایسیز و گلو کونیوجنسیز و عمل کرد آن‌ها در بدن انسان

پوهنیار روح‌الله حنیف *
*دیپارتمنت کیمیا، پوهنحی تعلیم و تربیه، مؤسسهٔ تحصیلات عالی سمنگان*
* *نویسنده مسؤول:* rohullahhanif786@gmail.com
*تقریظ دهنده: پوهندوی عبدالبصیر دلجوی*

مرجع‌دهی: حنیف ر. (۱۴۰۲). مقایسهٔ گلایکولایسیز و گلو کونیوجنسیز و عمل کرد آن‌ها در بدن انسان، ۱(۱)، ۱۲۲-۱۳۲.

**کلمات کلیدی**
بایومالیکول، گلایکولایسیز، گلوکونیوجنیسیز، متابولیزم و ادینوزین ترای فاسفیت.

## چکیده

بیوشیمی مطالعهٔ کیمیای حیات یا زنده‌گی و علمی است چندجانبی که همهٔ اشکال زنده‌گی را شامل می‌شود. به عبارت دیگر، کیمیای حیاتی علمی‌ست که سیستم‌های موجود زنده و ترکیبات کیمیاوی آن را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد. ترکیبات یا مالیکول‌های بی‌جان سازندهٔ موجودات زنده است. این ترکیبات به نام مالیکول‌های حیاتی (بایومالیکول) شناخته شده به انرژی‌زا و غیرانرژی‌زا صنف‌بندی شده است. تحقیق حاضر با هدف بررسی عمل‌کرد گلایکولایسیز و گلوکونیوجنیسیز درتولید انرژی ادینوزین ترای فاسفیت (ATP) بر بدن پرداخته شده است. در پستان‌داران گلوکونیوجنیسیز در جگر، گرده و امعای کوچک صورت گرفته، گلوکوز برای مصرف مغز، عضلات و حجرات سرخ خون مورد استفاده قرار می گیرد. این تحقیق یک کوشش نظری با روش استنادی است که از طریق مرور، دسته‌بندی و تحلیل نتایج تحقیقات تجربی پیشین انجام شده است. متعاقباً مفهوم گلایکولایسیز با مراحل، عمل‌کرد و محل وقوع آن مطالعه گردیده، در ضمن گلوکونیوجنیسیز با مراحل آن مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در اخیر باید گفت که گلایکولایسیز و گلوکونیوجنیسیز به شکل معکوس تنظیم می‌شوند تا از فعالیت بیهودهٔ هردو مسیر در یک زمان جلوگیری شود. گلایکولایسیز عملیهٔ فاسفوریلیشن کاربوهایدریت‌ها بوده و در نتیجهٔ آن پایرویک‌اسید به‌وجود می‌آید که مرحلهٔ اول تنفس حجروی است و در تمام موجودات زنده وجود دارد. این عملیه بدون اکسیجن توسط انزایم‌ها صورت گرفته، در نتیجه انرژی به‌شکل ادینوزین ترای فاسفیت تولید می‌گردد. گلوکونیوجنیسیز مسیری متابولیک است که کاربوهایدریت‌ها را از پیش‌سازهای غیر کاربوهایدریتی ساده در موجودات زنده می‌سازد.

**مقدمه**

کاربوهایدریت‌ها با داشتن چند گروه (دو یا زیاد) هایدروکسیل مرکبات الدیهایدی یا کیتونی می‌باشند. اصطلاحاً کاربوهایدریت‌ها به عدهٔ زیاد مرکبات نسبتاً غیر متجانس که در انساج همهٔ حیوانات و نباتات یافت می‌شود، نسبت داده می‌شود. آن‌ها مالیکول‌های حیاتی بسیار وافر روی زمین می‌باشند. همچنان موجودیت آن‌ها در عضویت انسان‌ها مهم وحیاتی بوده و فقط یک درصد از کتلهٔ عضویت را تشکیل می‌دهند. نام کاربوهایدریت‌ها از هایدرایت‌کاربن مشتق گردیده است که در حقیقت فورمول قندهای یک‌قیمتهٔ یک کاربن با یک مالیکول آب مطابقت می‌نماید؛ اما حالا واضح گردیده است که در اکثر کاربوهایدریت‌ها موجودیت هایدروجن و آکسیجن به عین تناسب آب نمی‌باشد که مثال آن دی اکسی رایبوز بوده که فورمول آن $C_5H_{10}O_4$ می‌باشد (سهیم، ۱۳۹۴: ص۲).

گلایکولایسیز مسیر مجموعه‌یی از تعاملات درون‌سلولی است که توسط آن قند شش‌کاربنه به ترکیبات کاربن‌دار کوچک‌تر شکسته می‌شود و بخشی از انرژی آزاد قند در تشکیل حاملین الکترون مانند NADH ذخیره می‌شود (Chandel, 2021). گلایکولایسیز شناخته‌شده‌ترین مسیر از مسیرهای سوخت‌وساز بدن انسان است. (موسوی، ۱۳۹۵/ ج۱: ص۷۸). گلوکونیوجنیسیز مسیری متابولیک است که کاربوهایدریت‌ها از پیش‌سازهای غیر کاربوهایدریتی ساده در موجودات زنده می‌سازد (Dai et al, 2022). این مسیر یکی از راه‌کارهایی است که بدن انسان و برخی جانوران جهت جلوگیری از افت سطح گلوکوز خون در کنار گلایکوجینولایسیز انجام می‌دهند (رحیم، ۱۳۹۲/ ج۱: ص۲۱).

یک بخش مهم متابولیزم کاربوهایدریت‌ها گلایکولایسیز است که در آن گلوکوز به مالیکول‌های کوچک جهت تولید انرژی تجزیه می‌گردد. بخش دیگر آن گلایکونیوجنیسز بوده درین عملیه گلوکوز از مرکبات غیر قندی تهیه می‌شود.

بنابر جستجوهایی‌که در زمینهٔ موضوع تحقیق (مقایسهٔ گلایکولایسیز و گلوکونیوجنیسیز و عمل‌کرد آن‌ها بر بدن انسان) انجام شد، کتاب یا مقالهٔ علمیِ خاصی که پیرامون گلایکولایسیز و گلوکونیوجنیسیز و عمل‌کرد آن‌ها بر بدن انسان نگاشته شده باشد، به دست نیامد؛ اما در کتب معتبر و مقالات علمی بر جنبه‌های مختلف این موضوع پرداخته شده است. منابع مختلف روی نِکاتی چون استقلاب کاربوهایدریت، گلایکولایسیز، گلوکونیوجنیسیز و مراحل آن با تمام جزئیات آن پرداخته است. همچنان در مقالات علمی روی موضوعات نقش افزایش گلوکوز خون و ایجاد تغییرات در گلوکونیوجنیسیز و مرض شکر، رول گلایکولایسیز در فعالیت‌های دماغ، در ضمن فعالیت گرده‌ها در متابولیزم گلوکوز علاوه بر آن نقش گلایکولایسیز و گلوکونیوجنیسیز در شرایط هوازی و غیر هوازی، تنظیم و میزان سرعت گلایکولایسیز و گلوکونیوجنیسیز در هنگام فعالیت‌های فزیکی به بحث گرفته شده است.

هدف اصلی تحقیق حاضر بررسی عمل‌کرد گلایکولایسیز و گلوکونیوجنیسیز در تولید انرژی به شکل آدنوزین ترای فسفات (ATP) در بدن است. این تحقیق به تحلیل مکانیسم‌ها و مراحل مختلف گلایکولایسیز و گلوکونیوجنیسیز پرداخته و نقش این دو مسیر متابولیک در تأمین انرژی برای انجام فعالیت‌های حیاتی در موجودات زنده را مورد بررسی قرار می‌دهد.

**روش گردآوری اطلاعات**

برای جمع‌آوری اطلاعات این مقاله از روش تحقیق استنادی (کتابخانه‌یی)، مرور وب‌سایت‌ها و مقالات منتشرشده در ژورنال‌های بین‌المللی، در پایگاه داده‌های علمی و سرچ‌انجین‌ها از جمله Web of Science, Science Direct, Semantic Scholar, Google Scholar و غیره استفاده شده است. علاوه بر این، کتب و منابع معتبر نیز مورد بررسی قرار گرفته و مطالب ارزش‌مند، دل‌چسپ، مفید و مؤثر مرتبط به موضوع تحقیق جمع‌آوری و تحلیل گردیده و به‌صورت فشرده در متن مقاله جابه‌جا گردیده است. جهت دست‌یابی به نتایج و مقالات نشرشده در رابطه به موضوع تحقیق کلیدواژه‌هایی مانند: بایومالیکول، گلایکولایسیز، گلوکونیوجنیز، متابولیسم و آدنوزین ترای فسفات جستجو گردیدند. مقالات به‌دست‌آمده با توجه به میزان ارتباط آن‌ها به موضوع تحقیق و کیفیت مجلات علمی مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت، اطلاعات از مقالات مرتبط، جدید و معتبر استخراج و در متن تحقیق حاضر جابه‌جا گردید.

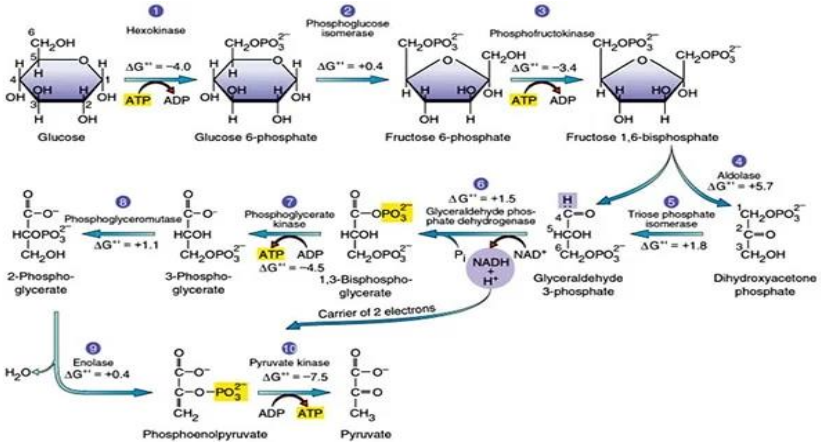
**بحث و نتیجه**

گلایکولایسیز عبارت از یک عملیهٔ استقلابی است که در سایتوپلازم حجرات تمام موجودات زنده به شمول غیر هوازی‌ها شناخته شده است (Bell et al, 2020). طی این پروسه یک مالیکول گلوکوز به دو مالیکول پایرووویت تبدیل می‌گردد و انرژی را در شکل دو شبکهٔ مالیکولی (ATP)[1] جابه‌جا می‌سازد (Cravalho et al, 2020). چهار مالیکول ATP از هر گلوکوز به‌طور حقیقی تولید می‌شود. به هر حال دو مالیکول آن برای مرحلهٔ مقدماتی این پروسهٔ مغلق به مصرف می‌رسد (رحیم، ۱۳۹۲/ ج۱: ص۲۲). برای این‌که مالیکول گلوکوز به دو بقیه سه کاربن (قند تریوز) پارچه گردد، به فاسفوریلیشن حقیقی مالیکول گلوکوز ضرورت است (Chandel, 2021). حین مرحلهٔ Pay-off Phase عملیهٔ گلایکولایسیز چهار گروپ فاسفیت به (ADP)[2] توسط عملیهٔ سوبسترات لیول فاسفوریلیشن برای ساختن 4ATP انتقال می‌کند و وقتی‌که قندهای تریوز تحمض گردند، دو مالیکول (NADH)[3] تولید

[1]- Adenosine tri phosphate
[2]- Adenosine diphosphate
[3]- Nicotinamide adenine dinucleotide hydrogen

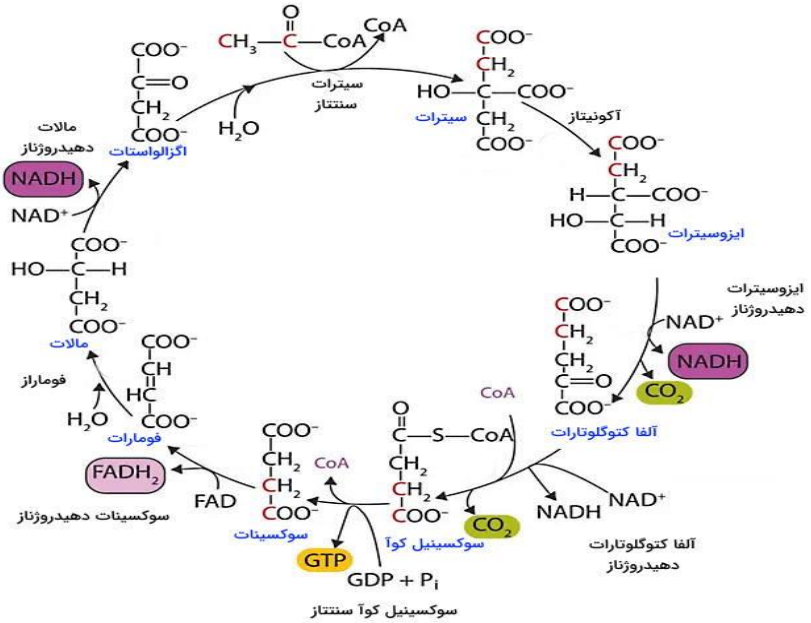
می‌شود (Tura et al, 2022). در صورتی‌که یک مول گلوکوز به‌طور کامل به آب و کاربن‌دای‌اکساید اکسیدایز گردد، در حدود ۶۸۶ کیلو کالوری انرژی به‌دست می‌آید (Tang, 2020). به هر حال، حجرات فقط یک مقدار کوچک این انرژی را حین عملیهٔ گلایکولایسیز دوباره حصول می‌کند و باقی‌مانده به شکل حرارت ضایع می‌گردد (صدیقی، ۱۳۹۴: ص۷۳). جمع تعاملات در ذیل خلاصه می‌گردد:

هنگام عملیهٔ گلایکولایسیز گلوکوز به‌صورت دو مرکب سه‌کاربن‌دار پارچه می‌گردد (Shah & Wondisford, 2020). پروسهٔ مکمل گلایکولایسیز به ۱۰ مرحلهٔ زنجیره‌یی منظم ضرورت دارد. تمام این مراحل در سایتوزول واقع می‌گردد (Tanner et al., 2018).




معادلهٔ (1): مسیر متابولیکی گلایکولایسیز

در مرحلهٔ اول گلوکوز با مصرف‌شدن انرژی توسط یک مالیکول ATP به گلوکوز فاسفوریلات فعال مبدل می‌گردد (Chandel, 2021). مالیکول گلوکوز فاسفوریلات‌شده فعال گردیده و انزایم گلوکوهگزوکاینیس بالای آن عامل قرار گرفته و این گلوکوز دوباره تنظیم می‌گردد (حبیب، ۱۳۹۷: ص۱۳۵). در مرتبهٔ دوم قبل از این‌که مالیکول گلوکوز فاسفیت به دو نیم قسمت پارچه گردد، توسط ATP دوم دوباره فاسفوریلات می‌گردد (Wang & Dong, 2019). بعد از آن مالیکول پارچه می‌شود. هریک از این محصولات سه‌کاربن‌دار یک فاسفیت دارند (Shah & Wondisford, 2020). یکی ازاین محصولات گلیسرالدیهاید -۳- فاسفیت است، که در عملیهٔ گلایکولایسیز بیش‌تر به استقلاب می‌رسد و دیگر آن دی هایدروکسی اسیتون فاسفیت می‌باشد که به‌صورت مستقیم به استقلاب نرسیده، بلکه در عوض به ترای‌گلیسرالدیهاید-۳- فاسفیت مبدل می‌گردد (ضیا، ۱۳۹۴: ص۱۵۸).




معادلهٔ (2): هشت مرحلهٔ تنفس هوازی حجروی یا چرخهٔ کربس

این محصولات نماینده‌گی از نقطهٔ نیمه‌عملیهٔ گلایکولایسیز می‌کند (Tanner et al, 2018). طی این زمان انرژی استفاده می‌شود، نه بهره‌برداری از انرژی. اولین مرحلهٔ بهره‌برداری از انرژی در عملیهٔ مذکور در نیمهٔ دوم گلایکولایسیز به وقوع می‌رسد (Goyal et al, 2014). بعد از این مرحله مقداری از انرژی گلوکوز در الکترون‌های غنی از انرژی NAD ذخیره می‌گردد. این تحمض همچنان انرژی کافی را آزاد نموده تا به آن گروپ دوم فاسفیت یک‌جا گردد و گلیسرالدیهاید -۳- فاسفیت را به ۱-۳ بیس فاسفوگلیسریک‌اسید مبدل نماید. در این مرحله گلایکولایسیز است که بالآخره ATP ساخته می‌شود. وقتی‌که یکی از فاسفیت‌های مالیکول ۱-۳ بیس فاسفوگلیسریک‌اسید به ADP انتقال نماید، سوبسترات لیول فاسفوریلیشن به وقع می‌رسد (کسرایی، ۱۳۹۷: ص۸۱). در این روش هر گلیسرالدیهاید -۳- فاسفیت به دست آمده از نیمهٔ اول گلایکولایسیز برای ساختن دو مالیکول ATP و یک مالیکول پایرویک‌اسید استعمال می‌گردد (Agius et al, 2020). از آن‌جا که دو مالیکول گلیسرالدیهاید می‌تواند از یک مالیکول گلوکوز ساخته شود، در نتیجه گلایکولایسیز از هر مالیکول گلوکوز چهار ATP و دو مالیکول پایرویک‌اسید بازدهی می‌گردد (ثبات، ۱۳۹۴: ص۲۲).

به هر صورت، دو ATP در نصف اول عملیهٔ گلایکولایسیز مصرف می‌گردد. بدین‌ترتیب حاصل خالص برای هر گلوکوز فقط دو ATP است (Peters et al, 2009). با ختم عملیهٔ گلایکولایسیزیک مقدار کم انرژی کیمیاوی از گلوکوز خارج و در شکل ATP و NADH ذخیره می‌گردد. قسمت اعظم انرژی گلوکوز در شکل پایرویک‌اسید باقی می‌ماند (عبید، ۱۳۹۸: ص۱۳۶).

انرژی ذخیره‌شده در پایرویک اسید برای ساختن ATP بیش‌تر در مایتوکاندریا استفاده می‌گردد(Iong et al, 2011). سنتیز ATP از انرژی پایرویک‌اسید در مرحلهٔ دوم تنفس حجروی در کربس سایکل به وقوع می‌پیوندد. گلایکولایسیز شامل ۱۰ مرحله است (Bell et al, 2020). بعد از این‌که گلوکوز به گلوکوز -۶- فاسفیت تبدیل گردید، داخل سیستم گلایکولایسیز می‌گردد (صدیقی، ۱۳۹۴: صص۷۲- ۷۳). در نیمهٔ اول عملیهٔ گلایکولایسیز گلوکوز دو مرتبه فاسفوریلات شده و به دو مرکب سه‌کاربن‌دار پارچه می‌شود (Chandel, 2021). در این نیمهٔ اول گلایکولایسیز، ATP مصرف می‌گردد. مرکب‌های سه‌کاربن‌دار تحمض گردیده و در نیمهٔ دوم عملیهٔ گلایکولایسیز، پایرویک‌اسید تولید شده که در نتیجه باعث تولید ATP و NADH می‌شود. این سایکل را همچنان به نام کربس‌سایکل یا ترای کاربوکسیلیک اسید (TCA)[4] می‌نامند (Tang, 2020). پایرویک‌اسید که در بین مایتوکاندریا انتقال می‌کند، نمی‌تواند به‌گونهٔ مستقیم در کربس‌سایکل مورد استفاده قرار گیرد (Dai et al, 2022). در عوض، پایرویک‌اسید یک مالیکول کاربن‌دای‌اکساید را از دست می‌دهد. گروپ باقی‌ماندهٔ استیل به یک کوانزایم وصل می‌گردد تا استیل کوانزایم A (Acetyl – CoA) را تشکیل نماید(Iong et al, 2011). قابل یادآوری است وقتی‌که کاربن‌دای‌اکساید از پایرویک‌اسید آزاد گردید، ($NAD^+$[5]) ارجاع گردیده، به NADH مبدل می‌گردد (ضیا، ۱۳۹۴: ص۱۵۸).

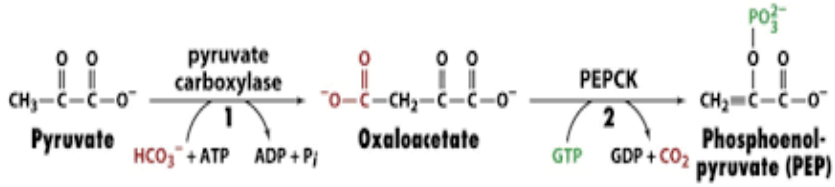
گلوکونیوجنیسیز مسیری است که طی آن از مواد غیر قندی مثل لاکتیت، گلیسرول و امینواسید گلوکوز ساخته می‌شود (Iong et al, 2011). مسیر گلوکونیوجنیسیز در زمانی‌که کاربوهایدریت کافی از رژیم غذایی به بدن نرسیده باشد و یا ذخیرهٔ گلایکوجن در بدن وجود نداشته باشد، نیاز بدن به گلوکوز را تأمین می‌کند (صالحی، ۱۳۹۳: ص۱۹).

با توجه به این‌که در مسیر گلایکولایسیز، انزایم‌های هگزوکاینز و فاسفوفرکتوکاینز و پایروویت کاینز تعامل‌های غیر رجعی را کاتالیز می‌کنند، بنابراین گلوکونیوجنیسیز نمی‌تواند عیناً در جهت عکس تعامل‌های گلایکولایسیز عمل نماید (Legouis et al, 2022). در جریان تعامل‌های گلوکونیوجنیسیز، غیر رجعی‌بودن تعامل‌های یک‌طرفهٔ مذکور به طریقی جبران می‌شود (موسوی، ۱۳۹۵/ ج۲: ص۳۸). مراحل آن قرار ذیل ذکر می‌گردد:

**۱. تبدیل پایروویت به فاسفواینول پایروویت:** پایروویت در مجاورت انزایم پایروویت کلاربوکسیلاز (یک انزایم مایتوکاندریایی)، ATP و بیوتین (به‌عنوان کوانزایم) کاربوکسیله شده و به اوگزالواستیت تبدیل می‌شود (Petersen et al, 2015). اوگزالواستیت حاصل در مجاورت انزایم

[4]- Tri carboxylic acid.
[5]- Nicotine amide dinucleotide

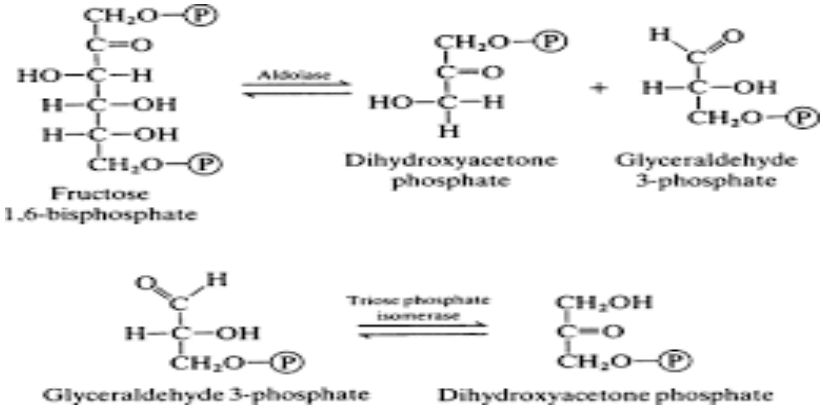
فاسفواینول پایرووویت کاربوکسی کاینز [6](PEPCK) و [7](GTP) دی‌کاربوکسیله شده و به فاسفواینول پایرووویت تبدیل می‌شود. میکانیزم تبدیل پایرووویت به فاسفواینول پایرووویت نشان می‌دهد که مسیر گلوکونیوجنیسیز با چرخهٔ کربس مرتبط است (Peters et al, 2009). به عبارت دیگر، مسیر گلوکونیوجنیسیز از چرخهٔ کربس می‌گذرد(Wang & Dong, 2019). تبدیل پایرووویت به اوگزالواستیت در مایتوکاندریا انجام می‌شود. لاکتیت پس از تبدیل‌شدن به پایرووویت در مسیر گلوکونیوجنیسیز وارد می‌شود (ضیا، ۱۳۹۴: ص۱۶۳).




معادلهٔ (3): تبدیل پایرویت به فاسفواینول پایرویت

**۲. تبدیل فاسفواینول پایرووویت به فرکتوز ۱-۶ بیس فاسفیت:** فاسفواینول پیرات حاصله طی تعاملات عکس گلایکولایسیز پیش‌رفت کرده و به فرکتوز ۱-۶ بیس فاسفیت تبدیل می‌شود (Dai et al, 2022). این تعاملات گلایکولایسیز غیر رجعی‌اند (Mithieux et al, 2004).

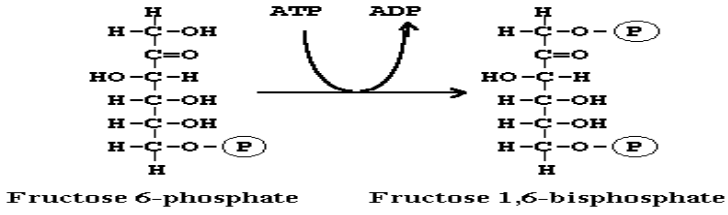
سه تعامل در گلایکولایسیز غیر رجعی‌اند که عبارت‌اند از: پایروویت‌کاینز، فاسفوفرکتوکاینز و هگزوکاینز. تنها همین سه تعامل گلایکولایسیز در مسیر گلوکونیوجنیسیز توسط انزایم‌های دیگری کاتالیز می‌شوند؛ به طوری‌که به جای پایروویت کاینز، انزایم‌های پایروویت کاربوکسیلاز و PEPCK و به جای فاسفوفرکتوکاینز انزایم فرکتوز ۱-۶ بیس فاسفتاز و به‌جای هگزوکاینز انزایم گلوکوز ۶ فاسفیتز در این مسیر فعالیت دارند (حلیمی، ۱۳۹۸: ص۱۱۶/ Iong et al, 2011).




[6]-Phospho Enol Pyruvate Carboxy Kinase
[7]- Guanosine triphosphate

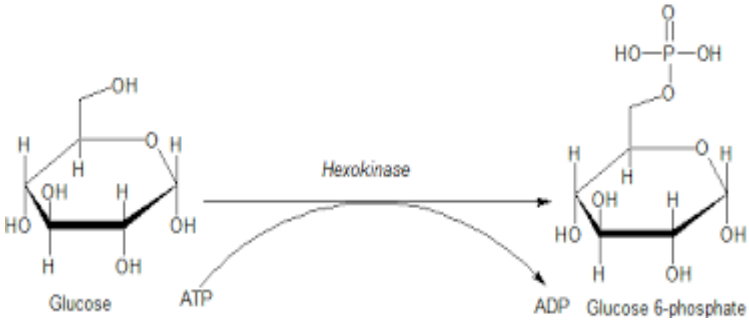
معادلهٔ (4): تبدیل ۱-۶ بیس فاسفیت به فاسفواینول پایرووِیت

**۳. تشکیل فرکتوز ۶ فاسفیت از فرکتوز ۱-۶ بیس فاسفیت:** فرکتوز ۱-۶ بیس فاسفیت توسط انزایم فرکتوز ۱-۶ بیس فاسفیتز به فرکتوز ۶ فاسفیت تبدیل می‌شوند. فرکتوز ۶ فاسفیت در جهت عکس گلایکولایسیز پیش‌روی می‌کند و به گلوکوز ۶ فاسفیت تبدیل می‌شود (صفری، ۱۳۸۷: ص۱۳۱).




معادلهٔ (5): تشکیل فرکتوز ۱-۶ بیس فاسفیت از فرکتوز ۶ فاسفیت

**۴. تشکیل گلوکوز ۶ فاسفیت:** گلوکوز ۶ فاسفیت تحت تأثیر انزایم گلوکوز ۶ فاسفیتز به گلوکوز تبدیل می‌شود. بخشی از مسیر گلوکونیوجنیسیز در مایتوکاندریا و بخشی در سایتوزول انجام می‌شود (سیمانک، ۱۳۹۲: ص۴۶۴).




معادلهٔ (6): تشکیل گلوکوز ۶ فاسفیت از گلوکوز

ATP مورد نیاز برای گلوکونیوجنیسیز از اکسیدیشن تیزاب‌های شحمی به‌وجود می‌آید(Shikwambana et al, 2020). سوبسترات‌های گلوکونیوجنیسیز شامل لاکتیت، پایرووِیت، امینواسیدهای گلایکوجنیک، گلیسرول و پروپیونات می‌شوند (ربانی چادگانی، ۱۳۹۳: ص۲۰۳).

گلوکونیوجنیسیز یک جریان فراگیر چندمرحله‌یی است که طی آن گلوکوز از لکتیت، پایرووِیت یا اگزالواستیت یا هر ترکیبی که قابلیت تولید این ترکیبات را دارند (شامل ترکیبات چرخهٔ ستریک اسید) تولید می‌شود (Cravalho et al, 2020). هفت مرحلهٔ گلوکونیوجنیسیز توسط انزایم‌های کتالایز می‌شوند که در گلایکولایسیز نیز به‌کار می‌روند. این تعاملات از نوع برگشت‌پذیرند ( Petersen et al, 2015). تبدیل خالص تیزاب‌های چرب در پستان‌داران صورت نمی‌گیرد. تیزاب‌های چرب در اثر اکسیدیشن تنها به استایل کو A تبدیل می‌گردند. پستانداران نمی‌توانند استایل کو A را به‌عنوان

پیش‌ساز گلوکوز استفاده کنند (لنینجر، ۱۳۹۷: ص۸۱). زیرا تعامل پایروویت‌دی‌هایدروجنیز غیر قابل برگشت است و حجرات مسیر دیگری برای تبدیل استایل کو A ندارند (Dai et al, 2022). گیاهان، مخمر و بسیاری از باکتری‌ها مسیری را برای تبدیل استایل کو A به اگزالو استیت دارند؛ لذا این موجودات می‌توانند از تیزاب‌های چرب به‌عنوان مادهٔ شروع‌کننده در گلوکونیوجنسیز استفاده کنند (Leithner, 2021). اگر گلایکولایسیز (تبدیل گلوکوز به پایروویت) و گلوکونیوجنسیز (تبدیل پایروویت به گلوکوز) با سرعت بالا به‌طور هم‌زمان انجام می‌شوند. نتیجهٔ مصرف ATP و تولید حرارت خواهد بود (لنینجر، ۱۳۹۷: ص۸۱).

**نتیجه گیری**

گلایکولایسیز پروسهٔ بیولوژیکی تشکیل گلایکوجن از گلوکز است. گلوکوز ساده‌ترین قند داخل بدن انسان به‌شمار می‌آید. بدن گلایکوجن را از طریق پروسهٔ گلایکولایسیز ایجاد می‌کند تا مالیکول‌های گلوکوز را برای استفادهٔ بعدی در زمانی‌که قند در دست‌رس بدن نیست، ذخیره کنند. گلایکوجن مانند شحمیات نیست که برای تأمین انرژی بدن به‌صورت طولانی‌مدت ذخیره می‌شوند. هنگامی‌که غلظت گلوکز خون کاهش یابد، ذخایر گلایکوجن بدن (اغلب در بین دریافت وعده‌های غذایی که قند خون کاهش می‌یابد)، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت سلول‌های بدن با مصرف ذخایر گلایکوجن خود آن‌ها را به گلوکوز تبدیل می‌کنند. این کار طی روندی معکوس پروسهٔ گلایکولایسیز انجام می‌شود که این پروسه گلایکونیوجیسیز نامیده می‌شود.

گلیکونیوجنیسیز پروسه‌یی است که طی آن گلایکوجن به مالیکول گلوکوز تجزیه می‌شود. گلوکوز قند ساده‌یی است که بدن برای تولید انرژی از آن استفاده می‌کند. گلایکوجن در اصل انرژی را به‌صورت زنجیرهٔ طولانی گلوکز ذخیره می‌کند و در صورت نیاز به تولید انرژی بیش‌تر، گلایکوجن در حجرات ماهیچه‌یی و کبدی اتفاق می‌افتد. با توجه به توضیحاتی‌که در بالا مطرح شد، نقطهٔ مقابل گلیکونیوجنیسیز گلایکولایسیز است که طی آن گلایکوجن از مالیکول‌های گلوکوز تشکیل می‌شود.

گلایکولایسیز، چه در شرایط هوازی یا غیر هوازی سبب تولید ATP (ادنوزین ترای فاسفیت) خالص می‌گردد که سوخت حجرات بدن به‌شمار می‌رود. ATP در مراحل متعددی از گلایکولایسیز تولید می‌گردد؛ ولی در چند مرحله نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مرحلهٔ پایانی گلایکولایسیز (یعنی مرحلهٔ تولید پایروویت) یک تعامل انزایمی با تولید ATP صورت می‌گیرد. گلایکولایسیز غیر هوازی که بدون حضور آکسیجن انجام می‌شود، در نهایت با تولید دو مول ATP به ازای هر مول گلوکوز همراه است. گلایکولایسیز هوازی که در حضور آکسیجن انجام می‌شود، در نهایت با تولید ۸ مول ATP به ازای هر مول گلوکوز همراه است.

گلایکولایسیز مسیری برای میتابولیزم گلوکوز یا گلایکوجن به پایرووویت و لکتیت می‌باشد که در سایتوزول تمامی حجرات پستان‌داران یافت می‌شود. لکتیت محصول نهایی گلایکولایسیز در شرایط ان‌ایروبیک است. گلایکولایسیز توسط سه انزایم کتالیزکننده کنترول می‌شود: هگزوکاینز، فاسفوفرکتوکاینز و پایرووویت‌کاینز. پایرووویت توسط مجموعهٔ چندانزایمی پایرووویت‌دی‌هایدروجناز به استایل کو A اکسیدی می‌شود که وابسته به کوانزایم تیامین‌دای‌فاسفیت می‌باشد. گلایکوجن در مسیر گلایکوجنیسیز از گلوکوز سنتیز می‌شود. تجزیهٔ گلایکوجن در مسیر متفاوت به نام گلایکوجینولایسیز صورت می‌پذیرد.

## منابع


ثبات، خیرمحمد. (۱۳۹۴). بیولوژی عمومی. کابل: انتشارت سعید.

حلیمی، محمد. (۱۳۹۸). بیوشیمی عمومی. تهران: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.

ربانی چادگانی، عذرا. (۱۳۹۳). مبانی بیوشیمی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

رحیم، شمس‌الرحیم. (۱۳۹۲). بیوشیمی طبی ۱. کابل: انتشارات عازم.

سهیم، محمدعمر. (۱۳۹۴). بیوشیمی. کابل: انتشارات عازم.

سیمانک، اریک و جان مک موری. (۱۳۹۲). مبانی شیمی آلی. مترجم: عیسی یاوری. تهران: انتشارات نورپردازان.

صالحی، صاحب‌زاده. (۱۳۹۳). بیوشیمی خون. کابل: انتشارات تمدن شرق.

صدیقی، محمدنسیم. (۱۳۹۴). بیولوژی حجره. کابل: انتشارات عازم.

صفری، محمد. (۱۳۸۷). مبانی بیوشیمی کشاورزی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

ضیا، ضیاؤالدین. (۱۳۹۴). کیمیای حیاتی. کابل: انتشارات نعمانی.

کسرایی، عبدالوکیل. (۱۳۹۷). بیوشیمی عمومی. کابل: انتشارات سعید.

موری، جان مک. (۱۳۸۷). شیمی آلی ۳. مترجم: عیسی یاوری. تهران: انتشارات نورپردازان.

موسوی، سید حمید. (۱۳۹۵). بیوشیمی ۱. کابل: انتشارات کاتب.

موسوی، سید حمید. (۱۳۹۵). بیوشیمی ۲. کابل: انتشارات کاتب.

نلسون، دیوید ال، کاکس، مایکل ام. (۱۳۹۷). اصول بیوشیمی لنینجر. مترجم: رضا محمدی. تهران: کتابیران.

Agius, L., Ford, B. E., & Chachra, S. S. (2020). The metformin mechanism on gluconeogenesis and AMPK activation: The metabolite perspective.

*International Journal of Molecular Sciences*, *21*(9). https://doi.org/10.3390/ijms21093240

Bell, S. M., Burgess, T., Lee, J., Blackburn, D. J., Allen, S. P., & Mortiboys, H. (2020). Peripheral glycolysis in neurodegenerative diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(23), 1–19. https://doi.org/10.3390/ijms21238924

Chandel, N. S. (2021). Glycolysis. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, *13*(5), 1–12. https://doi.org/10.1101/CSHPERSPECT.A040535

Cravalho, C. K. L., Meyers, A. G., Mabundo, L. S., Courville, A., Yang, S., Cai, H., Dai, Y., Walter, M., Walter, P. J., Sharma, S., Chacko, S., Cogen, F., Magge, S. N., Haymond, M. W., & Chung, S. T. (2020). Metformin improves blood glucose by increasing incretins independent of changes in gluconeogenesis in youth with type 2 diabetes. *Diabetologia*, *63*(10), 2194–2204. https://doi.org/10.1007/s00125-020-05236-y

Dai, Y., Shen, Y., Guo, J., Yang, H., Chen, F., Zhang, W., Wu, W., Xu, X., & Li, J. (2022). Glycolysis and gluconeogenesis are involved of glucose metabolism adaptation during fasting and re-feeding in black carp (Mylopharyngodon piceus). *Aquaculture and Fisheries*, *December 2021*. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.04.003

Iong, Y. X., Ei, Q. L., Hao, S. Z., & Uan, K. G. (2011). *Regulation of Glycolysis and Gluconeogenesis by Acetylation of PKM and PEPCK*. *LXXVI*.

Leithner, K. (2021). New roles for gluconeogenesis in vertebrates. *Current Opinion in Systems Biology*, *28*, 100389. https://doi.org/10.1016/j.coisb.2021.100389

Petersen, K. F., Price, T. B., Bergeron, R., Medicine, I., & P, D. R. T. B. (2015).

*Regulation of Net Hepatic Glycogenolysis and Gluconeogenesis during Exercise : Impact of Type 1 Diabetes*. *89*(February), 4656–4664. https://doi.org/10.1210/jc.2004-0408

Shah, A. M., & Wondisford, F. E. (2020). Tracking the carbons supplying gluconeogenesis. *Journal of Biological Chemistry*, *295*(42), 14419–14429. https://doi.org/10.1074/jbc.REV120.012758

Shikwambana, L., Mhangara, P., & Mbatha, N. (2020). Trend analysis and first time observations of sulphur dioxide and nitrogen dioxide in South Africa using TROPOMI/Sentinel-5 P data. *International Journal of*

*Applied Earth Observation and Geoinformation*, *91*. https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102130

Tang, B. L. (2020). Glucose, glycolysis, and neurodegenerative diseases. *Journal of Cellular Physiology*, *235*(11), 7653–7662. https://doi.org/10.1002/jcp.29682

Tanner, L. B., Goglia, A. G., Wei, M. H., Sehgal, T., Parsons, L. R., Park, J. O.,

White, E., Toettcher, J. E., & Rabinowitz, J. D. (2018). Four Key Steps Control Glycolytic Flux in Mammalian Cells. *Cell Systems*, *7*(1), 49-62.e8. https://doi.org/10.1016/j.cels.2018.06.003

Wang, Z., & Dong, C. (2019). Gluconeogenesis in Cancer: Function and Regulation of PEPCK, FBPase, and G6Pase. *Trends in Cancer*, *5*(1), 30–45. https://doi.org/10.1016/j.trecan.2018.11.003

© Author(s) 2024. This work is distributed under https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/