

Artículo original

Los carbohidratos. La gasolina de los organismos

Carbohydrates. The organism's gasoline

Morales Méndez Antonio

Grupo Biomoléculas Orgánicas. Instituto de Investigaciones Alfredo Usubillaga del Hierro. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de Los Andes. Mérida CP 5101, Venezuela

Recibido: 09 de septiembre de 2024 –Aceptado: 25 de enero de 2025

RESUMEN

Los carbohidratos son productos primarios biosintetizados por los organismos vivos y se encuentran en forma abundante en la naturaleza. Están formados primordialmente por carbono, hidrogeno y oxígeno cumpliendo con la fórmula $(CH_2O)_n$. Se clasifican en monosacáridos, disacáridos, oligosáridos, y polisacáridos. Forman parte de la estructura de los organismos y son fuente rápida de energía, la cual, se almacena como almidón. Contribuyen con más de la mitad de las calorías necesarias para una buena alimentación. Sus derivados son utilizados comúnmente en la industria alimenticia formando parte de una variedad de productos.

PALABRAS CLAVE

Carbohidratos, sacáridos, energía, almacenamiento, nutrición, utilidad.

ABSTRACT

Carbohydrates are primary products biosynthesized by living organisms. They are the most abundant products in nature. Composed primarily of carbon, hydrogen and oxygen according to the formula $(CH_2O)_n$, are classified in monosaccharides, disaccharides, oligosaccharides and polysaccharides. They form part of the structure of organisms and are a rapid source of energy, which is stored as starch. Contribute with more than half of the calories needed for a healthy diet. Their derivatives are commonly used in the food industry as part of a variety of products.

KEY WORDS

Carbohydrates, saccharides, energy, store, food, usefulness.

INTRODUCCIÓN

Los carbohidratos son metabolitos primarios, al igual que las proteínas y los lípidos. Son biosintetizados por organismos vivos, y están constituidos principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno, aunque en algunos casos participen también el azufre, el nitrógeno y el fósforo. Cuando se descubrieron, en los albores de la Química Orgánica a finales del siglo XIX, se les denominaron hidratos de carbono, al considerar que eran moléculas formadas por átomos de carbonos hidratados, manteniendo la relación de un átomo de carbono por molécula de agua según la fórmula $(CH_2O)_n$ [1]. Posteriormente, fue aceptada la denominación de carbohidratos al comprobarse que los enlaces que unían, el hidrogeno y el oxígeno al carbono eran covalentes, de por si difíciles de romper, y por ello acumuladores de energía que liberan al oxidarse. También se conocen como glúcidos, azúcares, sacáridos y harinas, de acuerdo al aglomerado profesional que los manejen. Su principal función es como reserva nutricional y además desempeñan un rol importante en la estructura de los organismos del que forman parte. Son, sin duda, los compuestos más abundantes en la naturaleza.

Clasificación

De acuerdo a su complejidad y número de carbonos, se clasifican en monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos.

Monosacáridos

Corresponden a la fórmula molecular $(CH_2O)_n$ con esqueleto lineal de carbono, poseen un grupo carbonilo $(C=O)$ y grupos hidroxilos (OH) en los carbonos restantes [2]. Por convención, los carbonos se enumeran empezando por el más cercano al carbonilo, por lo que, si este se halla en el carbono número 1, corresponde a un aldehído $H(C=O)$, en ese caso es considerado como una aldosa; de estar en el segundo carbono, sería una cetosa (grupo ceto $C=O$). Un monosacárido de cadena abierta puedes ser: tri, tetra, penta, hexa, hepta, entre otros, dependiendo del largo de la cadena,

con los sufijos aldosas, para los aldehídos y ulosas para las cetosas. Los monosacáridos más sencillos son los tri-, el gliceraldehído y la glicerona (dihidroxí acetona). El gliceraldehído tiene un carbono quiral, pues el C2 se encuentra sustituido por radicales diferentes, convertido en estereocentro, que origina dos estereoisómeros, conocidos como enantiómeros, moléculas que son imágenes especulares entre sí que no pueden superponerse. El otro trisacárido, la glicerona, no posee carbono quiral, por lo tanto, no tiene enantiómero.

Las tetra-aldosas, tienen dos carbonos quirales, dando lugar a 4 estereoisómeros, las penta-aldosas dan lugar a ocho y las hexo-aldosas 16, al tener 3 y 4 carbonos quirales respectivamente, lo que se puede resumir en la fórmula 2, para calcular el número de estereoisómeros de cualquier fórmula química que tenga n centros quirales. Las cetosas correspondientes darían lugar a menos estereoisómeros ya que tienen un estereocentro menos. Muchos de los estereoisómeros se conocen por ser sintetizados, pero la mayoría no se han aislados de fuentes naturales. Estas síntesis llevaron a la conclusión de la imposibilidad de obtener monosacáridos con más de ocho carbonos, por inestables. Con la formulación de Fisher de cadena de carbonos lineales para los monosacáridos, el estereoisómero del gliceraldehído con el grupo hidroxilo (OH) a la derecha gira la luz polarizada a la derecha, mientras que el otro estereoisómero, con el grupo hidroxilo a la izquierda lo hace a la izquierda, lo que hacen que se identifiquen como D-gliceraldehído y L-gliceraldehído, respectivamente. En el caso del resto de los monosacáridos se conviene que aquel que tenga el grupo hidroxilo a la derecha en el carbono más alejado del carbonilo sea considerado el estereoisómero D y el que lo tenga a la izquierda el L. La notación D o L denota solo a la familia a la que pertenece el compuesto, pero no necesariamente el sentido de la rotación a la que la sustancia imprime a la luz polarizada. De por sí la cetohexosa D-fructosa es muy levógira, por lo que también se le conoce como levulosa, en cambio la glucosa dextrógira, se conoce además como dextrosa. Estos detalles tienen importancia biológica, ya que prácticamente los organismos vivos solo utilizan y sintetizan compuestos de la serie D y son excepcionales los de la serie L, solo presentes en estructuras celulares o en humores líquidos del ser humano. Por su naturaleza, las aldosas al ser aldehídos, son reductoras, particularmente en medio alcalino. Las cetosas, al contrario de las cetonas simples, en el mismo medio, también son reductoras, ya que por enolización se pueden convertir en aldosas. Esta capacidad reductora es muy utilizada para la identificación en los análisis rutinarios de laboratorio [3].

Estructuras cíclicas de los monosacáridos

Los monosacáridos con cinco o más carbonos, así como las aldotetrosas, suelen presentarse en forma cíclica [4], formando anillos cuando se encuentran en solución acuosa. Para ello el carbono carbonílico forma un enlace covalente con un hidroxilo establecido en la misma cadena de carbonos, dando lugar a un enlace hemiacetalico si el cierre es con el carbono de un grupo aldehído o a un enlace hemiacetalico si es con el carbono de una cetona. En la formación de estos enlaces surge un nuevo carbono quiral, que se conoce como anomérico, que da lugar a dos nuevos estereoisómeros que, de acuerdo a los tipos de fórmulas, si están arriba, a la izquierda, abajo o a la derecha, se les conoce como α o β , de acuerdo a las estructuras lineales de Fisher o cíclicas de Haworth. A estos compuestos se les identifica como isómeros enantiómeros anomeros.

Las estructuras pueden ser piranosas o furanosas, por formar anillos del tipo pirano o furano, donde los sustituyentes pueden estar arriba o abajo del plano. Además, las estructuras pueden presentarse en forma de silla hexagonal [4], donde todos los sustituyentes se presentan como axiales o ecuatoriales, entre ellos los hidroxilos α o β unidos al carbono anomérico. Las estructuras más estables son las de piranosa, menos tensionadas, que para el caso de la glucosa sería el anomero β -glucosa, con los radicales hidroxilos más alejados entre sí.

Derivados de los monosacáridos

Desoxiazúcares. Son aquellos en los que uno de los hidroxilos es sustituido por hidrógeno. Entre estos destaca la 2-Desoxirribosa, que forma parte de la estructura del ADN.

Aminoazúcares. En los que un hidroxilo es sustituido por un grupo amino, generalmente en el carbono 2. Se presenta como acetilado, e.j. *N*-Acetilglucosamina.

Alditales. Son alcoholes de cadena abierta, por reducción del grupo ceto o aldehído. Son importantes el glicerol y el sorbitol.

Disacáridos

Los disacáridos son carbohidratos compuestos de dos moléculas de monosacáridos, que por hidrólisis dan lugar a las 2 moléculas de monosacáridos libres. Se unen por un enlace covalente glucosídico, mediante la pérdida de un hidrógeno de los hidroxilos de uno de los monosacáridos y de un grupo hidroxilo del otro para provocar la pérdida de una molécula de H_2O , de tal forma que la fórmula molecular de un disacárido no modificado es $C_{12}H_{22}O_{11}$. Son sólidos cristalinos, solubles en agua, poco solubles en alcohol e insolubles en los solventes no polares, dulces y ópticamente activos.

Breve descripción de los disacáridos más comunes

Sacarosa. Es el disacárido más abundante en la naturaleza, está compuesto por una molécula de glucosa y otra de fructosa, cuyo nombre sistemático es O- α -D-glucopiranosil-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-fructofuranósido, lo que indica que, la unión de ambas moléculas es entre el carbono anomérico (C1) de la α -D-glucosa y el carbono anomérico (C2) de la β -D-fructosa dando lugar a la sacarosa (fig. 1), perdiendo una molécula de agua en la formación de dicho enlace. El sufijo -ósido indica que los hidroxilos del carbono anomérico participan en el enlace glicosídico, por lo que le hace perder el poder reductor de los dos monosacáridos que constituyen la sacarosa. Se obtiene principalmente de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L., Poaceae) y de la remolacha (*Beta vulgaris* L., Amaranthaceae).

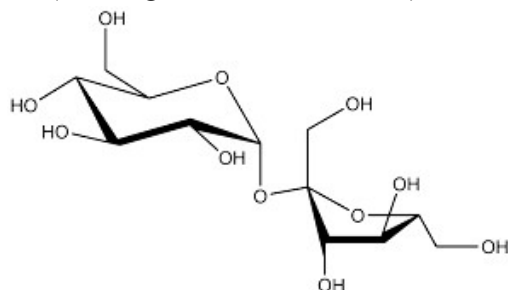


Figura 1. Estructura de la sacarosa

Lactosa. Es el disacárido presente en la leche de los mamíferos (hembras), está formado por una molécula de β -D-galactosa y una de β -D-glucosa. El nombre sistemático es O- β -D-galactopiranosil-(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopiranososa (fig. 2). Este disacárido es considerado del tipo reductor ya que el carbono anomérico (C1) de la β -D-glucosa queda libre. Las personas con deficiencia en la formación de la enzima lactasa, encargada de romper el enlace entre la galactosa y la glucosa, son intolerantes a la lactosa por lo que no pueden consumir leche.

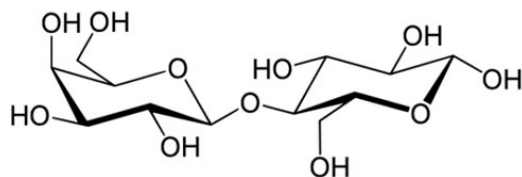


Figura 2. Estructura de la lactosa

Maltosa. Es conocida popularmente como el azúcar de la malta, ya que se encuentra en las semillas de la cebada, que se utiliza en la fabricación de la cerveza. Se obtiene también de la hidrólisis del almidón. Está formada por dos moléculas de glucosa unidas por un enlace α (1 $\rightarrow$ 4), quedando uno de los carbonos anoméricos libre, por lo que es un azúcar del tipo reductor. Su nombre químico es O- α -D-glucopiranosil-

(1 $\rightarrow$ 4)- α -D-glucopiranososa (fig. 3) [5].

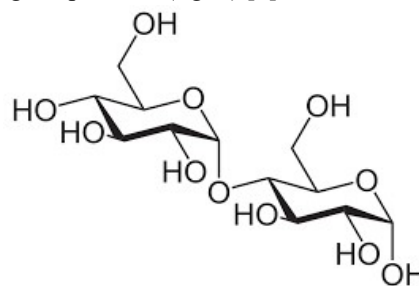


Figura 3. Estructura de la maltosa

Celobiosa. Formado por dos moléculas de glucosa unidas por un enlace β (1 $\rightarrow$ 4), que se obtiene por hidrólisis de la celulosa. Su nombre sistemático es β -D-glucopiranosil-(1 $\rightarrow$ 4)- β -D-glucopiranososa (fig. 4). La celobiosa presenta poder reductor.

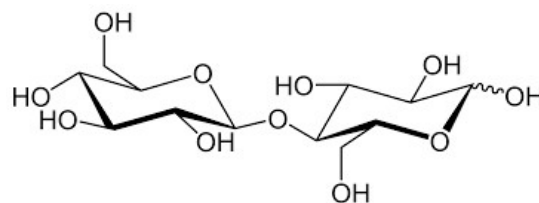


Figura 4. Estructura de la celobiosa

Oligosacáridos

Son carbohidratos formados por la unión de 3 a 10 monosacáridos. Desempeñan funciones biológicas esenciales para el organismo, tales como el reconocimiento celular y la modulación del sistema inmunológico. Se consideran importantes prebióticos, ya que alimentan a las bacterias beneficiosas del intestino, fortaleciendo la microbiota y el sistema inmune, y se encuentran en alimentos como las frutas, verduras y legumbres. Los oligosacáridos se encuentran normalmente unidos a las proteínas formando las glucoproteínas [6].

Polisacáridos

Los polisacáridos son carbohidratos complejos formados por un gran número de monosacáridos (más de 10 unidades), los cuales se unen entre sí mediante enlaces glicosídicos. Cumplen una función muy importante en los organismos vivos en la formación de estructuras orgánicas relacionadas con la reserva de energía, la formación de elementos estructurales y almacenamiento nutricional. Entre los polisacáridos más comunes se tienen el almidón y el glucógeno (reserva energética), la celulosa (soporte vegetal) y la quitina (exoesqueletos de artrópodos). Se diferencian de los lípidos y proteínas, porque las estructuras largas lineales se pueden ramificar por medio de enlaces glicosídicos con

los hidroxilos de los monosacáridos. No obstante, la mayoría son lineales y las ramificaciones son bien definidas [7]. Los polisacáridos se clasifican en homopolisacáridos y heteropolisacáridos.

Homopolisacáridos: Formados por un mismo tipo de monómero, como son los glucanos, los cuales están formados exclusivamente por unidades de glucosa o los galactanos formados por unidades de galactosa. Los más conocidos son el almidón (glucano) y el agar agar (galactano) [8].

Almidón. Es un polisacárido que se deposita en los vegetales en forma de orgánulos conocidos como amiloplastos. Es el principal carbohidrato de la alimentación humana y se encuentra abundantemente en el pan, los cereales, el maíz, papas, yuca, frutas, arroz, ciertas legumbres, y productos lácteos, tales como la leche y los yogurts.

El almidón está compuesto de dos tipos de glucanos, amilosa y amilopectina, uno de estos es lineal y el otro ramificado, en una relación 1/5, que puede variar de acuerdo al origen vegetal. Estas moléculas pueden ser degradadas por medio de las enzimas amilasa y glucosidasa, presentes en la saliva y el jugo pancreático.

La amilosa está compuesta por entre 1000 y 5000 unidades de glucosa, con masas moleculares que van desde 160.000 a 800.000 unidades atómicas. Los enlaces glucosídicos son α (1 $\rightarrow$ 4) en cadenas largas que se disponen en forma helicoidal alrededor de un eje central. Los hidroxilos se encuentran orientados hacia el exterior de la hélice, lo que convierte el interior en un ambiente hidrófobo. En el agua, las moléculas de amilosa tienden a asociarse, convirtiéndola en insoluble lo que causa su precipitación, por tal motivo no forman soluciones acuosas estables. El diámetro interno de la hélice de la amilosa permite que se incruste el yodo y forme un complejo yodo-amilosa de color azul, la llamada prueba del yodo, que desaparece al calentarse debido a que el complejo se dispersa.

La amilopectina, tiene mayor peso molecular que la amilosa, de hasta 100 millones de unidades atómicas de masa, lo que implica la polimerización de más de 600 mil unidades de glucosa. La estructura química es similar a la de la amilosa, formada por ramificaciones de cadenas lineales de 24 a 26 moléculas de glucosa unidas por enlaces α (1 $\rightarrow$ 4), y a su vez incorporadas a la cadena principal por enlaces glucosídicos α (1 $\rightarrow$ 6). Generalmente se insertan en la cadena principal espaciadas por 10 moléculas de glucosa. Los grupos hidroxilo de la macromolécula atraen agua y forman un gel, conocido popularmente como engrudo de almidón. Las diferencias estructurales entre la amilosa y la amilopectina hacen que el color del complejo con el yodo sea

diferente, ya que con la última es violeta.

Glucógeno. Estructuralmente es similar a la amilopectina, pero presenta más ramificaciones sobre la cadena principal en tramos más cortos, entre 8 a 12 unidades de glucosa enlazadas mediante uniones α (1 $\rightarrow$ 4) y α (1 $\rightarrow$ 6), alcanzando un peso molecular de millones de unidades de masa atómica. Al ser la estructura del glucógeno muy compacta, no puede formar geles, pues no tiene espacio para retener el agua, lo contrario de lo que ocurre con la amilopectina, por lo que las soluciones acuosas del glucógeno son opalescentes y dan color rojo-caoba con el yodo. No tiene carácter reductor y se encuentra en forma abundante en el hígado y los músculos.

Funciones estructurales de los homopolisacáridos

Celulosa. Está formada por más de 10.000 unidades lineales de glucosa unidas mediante enlaces β (1 $\rightarrow$ 4), lo que la diferencia de la amilosa que une a las unidades de glucosa mediante enlaces glucosídicos α (1 $\rightarrow$ 4). Esta diferencia permite formar grandes cadenas lineales unidas paralelamente ya que pueden girar y enlazarse levemente mediante puentes de hidrógeno. Los enlaces α (1 $\rightarrow$ 4) de la amilopectina solo permiten la conformación helicoidal. Haces de hebras de celulosas se unen paralelamente mediante puentes de hidrógeno formando microfibrillas de gran resistencia. Los jugos digestivos de los humanos no poseen enzimas que puedan hidrolizar los enlaces β (1 $\rightarrow$ 4), por lo que no se utiliza la celulosa como nutriente en los humanos [9].

Quitina. La quitina es un homopolisacárido formado por moléculas de *N*-Acetilglucosamina unidas por enlaces β (1 $\rightarrow$ 4), se dispone en forma laminar de manera similar a la celulosa y no es digerible por los vertebrados. La quitina forma parte de los exoesqueletos de los artrópodos (incluyendo insectos, arácnidos y crustáceos) y también de la pared celular de los hongos [10]. A nivel industrial la quitina se obtiene a partir de los crustáceos, especialmente de los mariscos, que generan residuos difíciles de destruir por su lenta descomposición.

Quitosano. Biopolímero natural que se encuentra en las paredes celulares de ciertas plantas y hongos, formado por una mezcla de *N*-acetilglucosamina y glucosamina. Tanto la quitina como el quitosano se utilizan para generar productos para el cuidado del cabello y la piel, por sus propiedades humectantes.

Calosa. Polímero compuesto de moléculas de glucosa unidas por enlaces β (1 $\rightarrow$ 4), que se producen en los callos promovidos por daños mecánicos en las plantas.

Laminaria. Se encuentran en las algas pardas y están formadas por mezclas de glucanos con uniones glucosídicas β (1 $\rightarrow$ 4), y β (1 $\rightarrow$ 6), en proporción de 3/1.

Heteropolisacáridos: Son conocidos como hemicelulosas y están formados por mezclas de monosacáridos de diferentes estructuras. Se encuentran de forma abundante en la naturaleza. Entre los heteropolisacáridos más comunes se tienen:

Xilanos. Grupo de hemicelulosas hallados en las paredes celulares de algunas plantas y algas marinas. Están formados por moléculas de xilosa, glucosa y ácido glucurónico, unidos por enlaces glucosídicos.

Galactomananos. Son polisacáridos constituidos por una cadena principal de unidades de manosa y ramificaciones de galactosa. Entre los galactomananos más comunes se tienen la goma tragacanto, goma arábiga, agar agar, tara y garrofin, utilizados para aumentar la viscosidad en los alimentos.

Funciones De Los Carbohidratos

Los carbohidratos presentan una variedad de funciones, entre las que destacan:

Producción de energía

La principal función de los carbohidratos es suministrar energía a las células de los organismos. Muchas prefieren a la glucosa, un monosacárido, como fuente de energía frente a las grasas, ya que la aporta rápidamente. Algunas células, como las de los glóbulos rojos, solo pueden producir energía celular a través de la glucosa y también ocurre lo mismo con el cerebro. La glucosa mantiene la actividad muscular, la temperatura corporal, la presión arterial, el funcionamiento de los intestinos y la actividad neuronal del cuerpo humano.

Almacenar energía

Cuando el organismo posee suficiente fuente de energía para mantener las funciones vitales, el exceso de glucosa se almacena en forma de glucógeno, en su mayoría en los músculos y en el hígado. El glucógeno, un polisacárido ramificado, contiene cientos de miles de moléculas de glucosa, que almacenan en un momento determinado a unas 4.000 calorías, tres cuartas partes de ellas en los músculos y el resto en el hígado. Después de un prolongado ejercicio, el glucógeno se consume, para depender luego de la energía de las grasas y las proteínas. El hígado, al igual que los músculos almacena la energía como glucógeno, pero a diferencia del tejido muscular, sacrifica la energía almacenada en favor de otros tejidos cuando el nivel de glucosa en la sangre baja.

Construcción de macromoléculas

Aunque la mayor parte de la glucosa absorbida se invierte en producir energía, el resto se convierte en ribosa y desoxirribosa, monosacáridos que sirven para la construcción del ARN, el ADN y el ATP, así como en la biosíntesis del NADPH, importante enzima que regula los sistemas de estrés oxidativos en muchas reacciones químicas de los organismos. Satisfechas las necesidades energéticas, de

almacenamiento de glucógeno y construcción de macromoléculas, el exceso de glucosa se convierte en grasas. Una dieta rica en carbohidratos y alta en calorías, se transforma en grasas que se adicionan al tejido adiposo.

Funciones estructurales

Los carbohidratos cumplen con funciones estructurales en las células y se aprecian principalmente en los vegetales [11]. Las paredes de las células de los vegetales son más gruesas que las de los animales, por lo que siempre están erguidas. Entre estas estructuras se encuentran:

Mureína o peptidoglucano. Forma parte de las paredes celulares de bacterias

Lipopolisacáridos. Forman la membrana externa de las bacterias gram-negativas

Celulosa. Participa en la construcción de las paredes de las células vegetales

Quitina. Compone el exoesqueleto de los artrópodos y de la pared celular de los hongos

Mucopolisacáridos. Forman parte de los tejidos conectivos.

Fibras Alimentarias

Las fibras alimentarias son moléculas complejas de hidratos de carbono no digeribles por los organismos y que, además, no aportan energía [12]. Se reconocen las fibras solubles e insolubles.

Fibras solubles

Las aportan principalmente las legumbres, frutas y verduras. Disminuyen el nivel de colesterol y controlan la presión arterial. Además, tienen la propiedad de regular los niveles de azúcar e insulina, evitando picos perjudiciales que pueden dañar la salud de los pacientes con diabetes.

Fibras insolubles

Estas fibras son la celulosa, las hemicelulosas y los lignanos, sustancias que favorecen el movimiento intestinal y dan volumen y textura a los alimentos. Las fuentes más comunes de estas fibras son los cereales integrales y los panes fabricados con ellas, las hortalizas, el germen de trigo y el salvado.

Fuentes de alimentos con abundante presencia de carbohidratos

Cereales. Arroz, trigo, cebada, centeno, avena, maíz y todos los alimentos derivados

Azúcares. Azúcar, miel, caña de azúcar, remolacha y en menor medida la leche

Tubérculos. Contienen almidón y también azúcares simples

Legumbres. Garbanzos, lentejas, guisantes, soja

Frutas y verduras. Son los que presentan la menor cantidad de carbohidratos en comparación con los

anteriormente descritos.

Metabolismo de los carbohidratos

Los vegetales tienen la capacidad de convertir los carbohidratos biosintetizados a través del proceso de fotosíntesis en fuente rápida de energía al ser consumidos. Parte de los no consumidos los almacenan en forma de almidón y en menor proporción como grasas, para usar estos últimos como fuente de energía de larga duración. En el caso de los animales, los almacenan básicamente bajo la forma de triglicéridos y también como glucógeno, especialmente en los músculos y al hígado. Tanto los tejidos como los órganos de los animales pueden usar indiferentemente los carbohidratos y grasas como fuentes de energía, salvo los eritrocitos y el cerebro (tejido nervioso) que solo se abastecen con la energía que captan de la glucosa.

Los polisacáridos, básicamente el almidón, son hidrolizados en el sistema digestivo por las enzimas glucosidasas presentes en los jugos digestivos y convertidos en moléculas de glucosa que son absorbidas por las células del epitelio intestinal y pasan al sistema circulatorio llegando a el hígado, donde son metabolizadas. En el hígado, la glucosa se puede transformar en grasas que posteriormente se incorporan al tejido adiposo. Cuando el tejido muscular realiza actividades físicas, utiliza la energía proveniente del metabolismo aeróbico, esta energía es suficiente para realizar actividades de baja intensidad. Cuando la actividad aumenta de nivel se activa una segunda fuente de energía, que llega de forma rápida por la vía metabólica anaeróbica a cambio de acumular lactato, producto del metabolismo de la glucosa y de las reservas como glucógeno. Es por ello que, en días de esfuerzo, en los músculos aparecen agujetas de lactato, que retornan al hígado para transformarlo en glucosa. La hormona principal que controla el metabolismo de los carbohidratos es la insulina.

Aplicaciones Industriales De Los Carbohidratos

Los carbohidratos se usan para fabricar tejidos, plásticos y otros productos. La celulosa se puede convertir en rayón de viscosa [13] y productos de papel. La nitrocelulosa se emplea en la fabricación de lacas, cemento, pólvora de algodón y películas de celuloideas [14]. El almidón y la pectina se usan mucho en la industria alimenticia. La goma arábiga se usa en la industria de medicamentos y en la alimenticia en la fabricación de gominolas, chicles, en repostería, bebidas efervescentes y hasta en las vinícolas. El agar agar se usa como agente espesante en la industria de los alimentos y medios de cultivos bacterianos y en la preparación de productos adhesivos, encolados y emulsiones. La hemicelulosa se usa para obtener diferentes tipos de papel. Los dextranos, polisacáridos glucanos, se utilizan en

medicina como expansores de volumen del plasma sanguíneo, para contrarrestar las conmociones agudas. Otro carbohidrato, el sulfato de heparina, se utiliza por su propiedad anticoagulante sanguíneo.

CONCLUSIONES

En conclusión, los carbohidratos son macronutrientes esenciales que desempeñan un papel fundamental en la salud y el rendimiento humano. Actúan como la principal fuente de energía para el organismo, facilitando funciones vitales que van desde el metabolismo celular hasta la actividad física. A través de sus diversas formas, como azúcares simples y polisacáridos, los carbohidratos no solo contribuyen a la energía inmediata, sino que también son importantes para el almacenamiento de energía a largo plazo y el adecuado funcionamiento del sistema nervioso central. Sin embargo, el tipo y la cantidad de carbohidratos consumidos puede influir significativamente en la salud. Una dieta rica en carbohidratos complejos y fibra, proveniente de fuentes integrales, es crucial para mantener un equilibrio metabólico y prevenir enfermedades crónicas. Por otro lado, un alto consumo de azúcares añadidos y carbohidratos refinados puede estar asociado con el desarrollo de condiciones como la obesidad, diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fieser LF, Fieser M. Química Orgánica. Primera Edición. Barcelona (España): Editorial Reverte S.A; 1985. 1-18.
- [2] Dewick PM. Medicinal Natural Products. A Biosynthetic Approach. Tercera edición. Great Britain (England): John Wiley & Sons Ltd. 2006. 585-508.
- [3] Macarulla JM, Goñi FM. Biomoléculas. Lecciones de Bioquímica Estructural. Tercera edición. Barcelona (España): Editorial Reverté S.A. 1984. 30-56.
- [4] Marcano D, Cortés L. Química Orgánica. Primera edición. Caracas (Venezuela): Editorial Reverté Venezolana. 1982. 550 p.
- [5] Melo V, Cuamatzi O. Bioquímica de los procesos metabólicos. Segunda edición. México (México): Editorial Reverté S.A. 2007. 41-73.
- [6] Günther B, Stahl B, Jürgen J, Knol J, Miniello V, Moro GE. Prebiotic carbohydrates in human milk and fórmulas. Acta Pediatric Suppl. 2005; 94 (449): 18-21.
- [7] Voet D, Voet, JG. Bioquímica. Tercera edición. Buenos Aires (Argentina): Editorial Médica Panamericana S.A. 2006. 371-384.
- [8] Garrido-Pertierra A, Teijón-Rivera JM, Blanco-Gaitán D, Villaverde-Gutiérrez C, Mendoza- Oltras C, Ramírez-Rodrigo J. Fundamentos de Bioquímica Estructural.

- Segunda edición. Madrid (España): Editorial Tébar S.L. 2006.
- [9] Blanco A. Blanco G. Química Biológica. Onceava edición. Buenos Aires (Argentina): Editorial El Ateneo. 2000. 57-72.
- [10] Lárez-Velásquez C. Quitina y quitosano: Materiales del pasado para el presente y el futuro. *Avd Chem.* 2006; 1 (2): 15-21.
- [11] Carpita N, McCann M. The Cell Wall. En: Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL, ed. *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*. Rockville, Maryland (United State): American Society of Plant Physiologists; 2000. 52-108.
- [12] Manninen AH. Efectos metabólicos de las dietas muy bajas en carbohidratos: Villanos incomprensidos del metabolismo humano. *JISSN.* 2004; 1 (2): 7-11. doi: 10.1186/1550-2783-1-2-7.
- [13] Valerio C, de la Cruz P, Bolio G, Velázquez M. Obtención de rayón a partir de residuos lignocelulósicos no maderables. *J Agric Sci Res.* 2022; 2 (8): 1-7.
- [14] Area MC. Panorama de la Industria de celulosa y papel en Iberoamerica. Primera edición. Buenos Aires (Argentina): Innovación Digital S.A. de C.V. 2008. 15-60.
- Antonio Morales Méndez:** Licenciado en Ciencias Químicas, Universidad de La Laguna, Sobresaliente Cum Laude, 1963. Profesor Ayudante Clases Prácticas Química Orgánica 1964, Universidad de La Laguna. Doctor en Ciencias Químicas, ULL, Sobresaliente Cum Laude, mayo 1966. Profesor Asistente, contratado, Centro de Ciencias, ULA 1967. Profesor del Postgrado de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, ULA 1968. Profesor fundador Facultad de Ciencias ULA 1970. Profesor Universidad Metropolitana, Caracas, 1971. Profesor Facultad de Farmacia, ULA, desde julio 1971. Doctor of Philosophy (D. Phil), Oxford University, Julio 1977. Representante Principal Facultad de Farmacia, CDCHTA 1978-1984. Promotor y Coordinador de la Comisión Científica, Facultad de Farmacia 1980. Profesor Titular desde marzo 1981. Profesor fundador del Postgrado en Química de Medicamentos, abril 1982. Coordinador del Postgrado en Química de Medicamentos 1990. Asesor de la OEA (Organización Estados Americanos) en El Salvador, abril-mayo 1992. Jubilado desde el 15 de enero de 1994. Autor de la portada que, ganó por concurso, de la Revista de La Facultad de Farmacia en 2008. Honrado con la Distinción Bicentennial, 2008 y Poggioli Chuecos, 2016. lostopes@yahoo.es. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0002-5923>