



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P DE AGROINDUSTRIA

TECNOLOGÍA DE AZÚCAR

TEMA 03: INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA DE LOS AZÚCARES

Dra. LUZ MARIA PAUCAR MENACHO

luzpaucar@uns.edu.pe

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Composición química del azúcar

La sustancia denominada corrientemente "azúcar", especialmente en sus clases de consumo fabricadas cuidadosamente, está constituida casi en su totalidad (prescindiendo de una insignificante cantidad de impurezas inferior a un 2 por 1.000) por la especie química llamada sacarosa.

El grupo de los azúcares se caracteriza por poseer algunas propiedades comunes como su sabor dulce más o menos intenso, su facilidad de cristalización, su gran solubilidad en agua y menor solubilidad en alcohol (en el que algunos son insolubles), su



insolubilidad en el éter y son ópticamente activos, por lo que sus disoluciones hacen girar el plano de polarización de la luz.

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

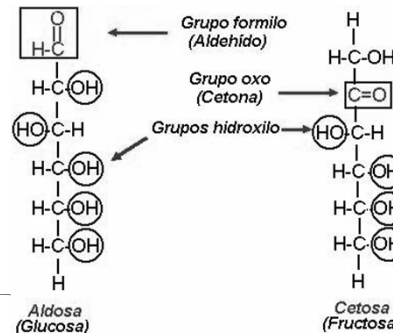
El grupo de los carbohidratos

Los carbohidratos son polihidroxi aldehidos, polihidroxi cetonas o compuestos que, por hidrólisis, se convierten en aquellos. Si un carbohidrato contiene un grupo aldehído es una "aldosa" y si contiene un grupo cetónico es una "cetosa".

Con relación al número de átomos de carbono que contegan, se clasifican también en biosas, triosas, tetrasas, pentosas, hexosas, etc. Algunos de ellos, como la glucosa y la levulosa, están muy repartidos en las frutas dulces, y se encuentran en cantidades mayores todavía como elementos integrantes de los polisacáridos, ya que la celulosa, formada por unidades de glucosa, es la sustancia orgánica más abundante.

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

El grupo de los carbohidratos



Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Clasificación de los Azúcares

Los monosacáridos

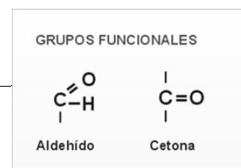
Los monosacáridos o azúcares simples o carboxilos son los glúcidos más sencillos, que no se hidrolizan (hidro agua- lizan rompimiento), es decir, que no se descomponen para dar otros compuestos, conteniendo de tres a seis átomos de carbono. Su fórmula empírica es $(CH_2O)_n$ donde $n \geq 3$. Se nombran haciendo referencia al número de carbonos (3-7), terminado en el sufijo -osa. La cadena carbonada de los monosacáridos no está ramificada y todos los átomos de carbono menos uno contienen un grupo alcohol (-OH). El átomo de carbono restante tiene unido un grupo carbonilo (C=O). Si este grupo carbonilo está en el extremo de la cadena se trata de un grupo aldehído (-CHO) y el monosacárido recibe el nombre de aldosa. Si el carbono carbonílico está en cualquier otra posición, se trata de una cetona (-CO-) y el monosacárido recibe el nombre de cetosa.

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Los monosacáridos

Todos los monosacáridos son azúcares reductores, ya que al menos tienen un -OH hemiacetálico libre, por lo que dan positivo a la reacción con reactivo de Fehling, a la reacción con reactivo de Tollens, a la Reacción de Maillard y la Reacción de Benedict.

Otras formas de decir que son reductores es decir que presentan equilibrio con la forma abierta, presentan mutarrotación (cambio espontáneo entre las dos formas cicladas α (alfa) y β (beta)), o decir que forma osazonas.



Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Los Oligosacáridos

Los oligosacáridos son moléculas constituidas por la unión de dos a nueve monosacáridos cíclicos, mediante enlaces de tipo glucosídicos. El enlace glucosídico es un enlace covalente que se establece entre grupos alcohol de dos monosacáridos, con desprendimiento de una molécula de agua.

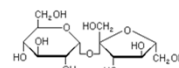
El grupo más importante de los oligosacáridos es el de los disacáridos, o azúcares dobles, que son la unión de dos monosacáridos, mediante pérdida de una molécula de agua formando así un enlace tipo éter.

Son disacáridos:

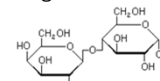
- La lactosa o azúcar de leche (glucosa + galactosa), que aparece en los productos lácteos y se forma por la unión de una molécula de glucosa y otra de galactosa. La galactosa es una variedad de azúcar simple.

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

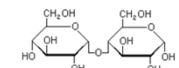
- La sacarosa o azúcar de mesa (glucosa + fructuosa) que aparece en los productos azucarados, como la remolacha y la caña.
- La maltosa (glucosa + glucosa) obtenida del azúcar de malta, está formada por dos moléculas de glucosa.



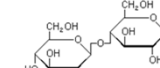
Sacarosa
α-D-glucopiranosil (1→2)β-D-fructofuranósido



Lactosa
β-D-galactopiranosil (1→4)-D-glucopiranosido



Maltosa
α-D-glucopiranosil (1→4)-D-glucopiranosido



Celobiossa
β-D-glucopiranosil (1→4)-D-glucopiranosido

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

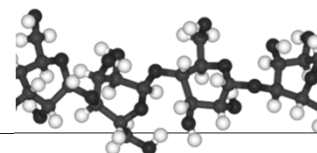
Polisacáridos

os polisacáridos son biomoléculas formadas por la unión de una gran cantidad de monosacáridos. Se encuentran entre los glúcidos, y cumplen funciones diversas, sobre todo de reservas energéticas y estructurales.

Los polisacáridos son polímeros cuyos constituyentes (sus monómeros) son monosacáridos, los cuales se unen repetitivamente mediante enlaces glucosídicos. Estos compuestos llegan a tener un peso molecular muy elevado, que depende del número de residuos o unidades de monosacáridos que participen en su estructura. Este número es casi siempre indeterminado, variable dentro de unos márgenes, a diferencia de lo que ocurre con biopolímeros informativos, como el ADN o los polipéptidos de las proteínas, que tienen en su cadena un número fijo de piezas, además de una secuencia específica.

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Los polisacáridos pueden descomponerse, por hidrólisis de los enlaces glucosídicos entre residuos, en polisacáridos más pequeños, así como en disacáridos o monosacáridos. Su digestión dentro de las células, o en las cavidades digestivas, consiste en una hidrólisis catalizada por enzimas digestivas (hidrolasas) llamadas genéricamente glucosidasas, que son específicas para determinados polisacáridos y, sobre todo, para determinados tipos de enlace glucosídico.

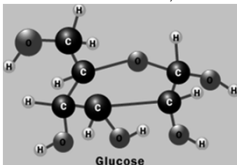


Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Glucosa

La glucosa se encuentra formando parte de la composición de muchos frutos unida a la fructosa y a la sacarosa, especialmente en las uvas, de donde se deriva su denominación corriente.

Además, es unidad constituyente del almidón, de la celulosa y del glucógeno, y por su función especial en procesos biológicos es, considerablemente, el monosacárido más abundante (es probable que en la naturaleza haya más unidades de glucosa que de cualquier otro grupo orgánico), y es también el monosacárido más importante.

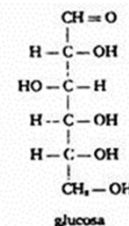


Se encuentra en la caña de azúcar en cantidades variables en todas las épocas de su desarrollo, así como en todos los productos de su proceso industrial.

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Glucosa

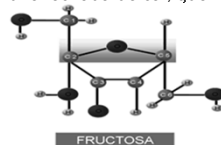
La glucosa experimenta la fermentación alcohólica. Esta propiedad constituye la base de la fabricación del alcohol a partir de varios grupos de sustancias; sustancias que contienen glucosa fermentable directamente o sustancias que contienen azúcares que se pueden descomponer por acción hidrolítica en otros azúcares fermentables.



Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Levulosa o fructosa

La fructosa es una cetosa de 6 átomos de carbono. **Se encuentra en la caña que no ha adquirido su madurez, en la demasiado madura y en la caña dañada**, así como en los productos de su elaboración en que la sacarosa haya experimentado alguna inversión. Aparece en la miel asociada con la glucosa y en gran cantidad de frutos, procedente posiblemente de la inversión de la sacarosa. Se puede separar de la glucosa añadiendo a su mezcla una lechada de cal, que forma glucosato y levulosato cálcicos.



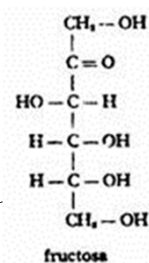
FRUCTOSA

Esta mezcla se enfría con hielo para separar el levulosato, que es muy poco soluble puesto en suspensión en agua y precipitando el calcio con $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$; o bien haciendo pasar una corriente de CO_2 y evaporando el líquido filtrado hasta consistencia de jarabe. En ese momento la levulosa cristaliza al enfriar.

Dra. Luz María Paucar Menacho

Levulosa o fructosa

Fermenta por la acción de la levadura de cerveza, aunque de manera más lenta que la glucosa. Esta propiedad se aprovecha para su separación. También fermenta por la acción de los fermentos butíricos y lácticos.



Dra. Luz María Paucar Menacho

Azúcar invertido.

Se da este nombre a la mezcla en cantidades iguales de glucosa y fructosa. No se debe confundir con los azúcares reductores, que están constituidos por mezclas de dextrosa, levulosa y otros monosacáridos en cantidades variables.

La descomposición del azúcar invertido mediante la cal produce sales cálcicas de reacción neutra, sin actividad óptica ni reacción reductora con el reactivo de Fehling. Esta descomposición depende esencialmente de la temperatura y de la cantidad de cal.



Respecto de la temperatura, señalaremos que el azúcar invertido se descompone sensiblemente a temperatura ordinaria y en pocos minutos cuando la temperatura es elevada. En el desarrollo de este proceso, se producen fenómenos de coloración.

Dra. Luz María Paucar Menacho

Sacarosa.

-Sacarosa es nuestro azúcar de mesa que se obtiene de la caña y la remolacha. Es el compuesto orgánico de mayor producción en forma pura.

-Sacarosa tiene la fórmula molecular $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. No reduce el reactivo de Tollens, ni el de Fehling: es un azúcar no reductor. Además, no forma oxazona; no presenta anómeros ni mutarotación en solución. Todos estos hechos indican que la sacarosa no contiene grupos aldehído o cetónico "libre".

Dra. Luz María Paucar Menacho

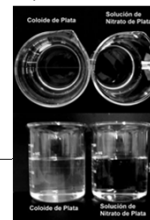
Cuando se hidroliza sacarosa con ácido acuoso diluido o por acción de la enzima invertasa (de la levadura), se obtienen cantidades iguales de D(+)-glucosa y D(-)-fructosa. Esta hidrólisis va acompañada por el cambio en el signo de la rotación de + a -; por eso se suele llamar la inversión de la sacarosa, y la mezcla levógira de D(+)-glucosa y D(-)-fructosa se ha llamado azúcar invertido.

Se encuentra en el reino vegetal en numerosas plantas, aunque en cantidades pequeñas. En una cuantía suficiente para permitir su extracción industrial la contienen la caña de azúcar y la remolacha azucarera, la caña de sorgo y menos abundante el árbol de maple y algunas palmas.

La sacarosa es muy soluble en agua. A temperaturas crecientes aumenta su solubilidad. Se disuelve algo más en el alcohol metílico que en el etílico, en el que es casi insoluble. Es insoluble en alcohol absoluto, en éter y en cloroformo.

Dra. Luz María Paucar Menacho

Las soluciones acuosas concentradas de varios azúcares y especialmente las de sacarosa se consideran sistemas semicoloidales, cuyo grado de dispersión se encuentra entre la dispersión coloidal y la molecular. Así lo demuestra la existencia en las soluciones concentradas de sacarosa del efecto Tyndall, prueba suficiente de la heterogeneidad del medio, a diferencia de las soluciones moleculares ópticamente inactivas.



Dra. Luz María Paucar Menacho

INVERSION DE LA SACAROSA

La inversión de los azúcares, fundamentalmente la de la sacarosa, consiste en la hidrólisis de su molécula, sea por vía enzimática (invertasa), o por procedimientos físico-químicos, como la hidrólisis con ácido clorhídrico a temperatura elevada o la utilización de resinas sulfónicas. El producto obtenido es conocido como AZÚCAR INVERTIDO, y se encuentra en forma natural en la miel.

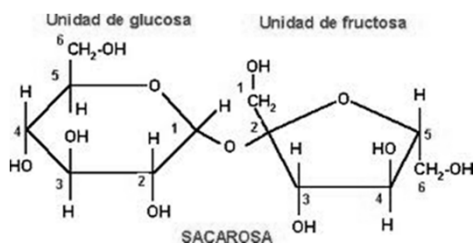
El término inversión se refiere al cambio que se observa en el poder rotatorio de la solución cuando ocurre la hidrólisis, por ejemplo : La rotación específica de una solución de sacarosa es $+66,5^\circ$, en cambio la del azúcar invertido es de 20° .

El fenómeno de inversión provoca el aumento del sabor dulce y sobretodo, de la solubilidad del azúcar, dado que la fructosa libre es más soluble que la sacarosa. Este factor es interesante porque aumenta la posibilidad de incrementar la concentración de azúcares en una solución.

La inversión del azúcar constituye una pérdida de sacarosa. Además, el azúcar invertido sufre una descomposición continuada por la acción de los álcalis y del calor dando lugar a la aparición de compuestos que acentúan el color oscuro de las disoluciones en que se encuentran.

A pesar de esto, en la marcha de la fabricación hay necesidad de calentar las disoluciones azucaradas a temperaturas elevadas, a veces en medio ácido, como en el jugo de difusión, y especialmente en los productos de fabricación del azúcar de caña. Se procurará por tanto, en lo posible, evitar la reacción ácida y demás circunstancias favorables a la producción de azúcar invertido.

Dra. Luz Maria Paucar Menacho



Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Rafinosa

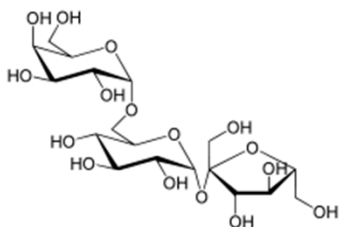
Se encuentra este trisacárido en pequeñísimas cantidades en la remolacha (0,02 %), y en cantidades aún menores en las melazas de remolacha y de refinera, así como en los bajos productos de extracción del azúcar de las melazas por ósmosis.

Cristaliza en disoluciones acuosas con cinco moléculas de agua de cristalización. Es menos soluble en agua fría que la sacarosa, y más en la caliente. Se disuelve fácilmente en el alcohol metílico absoluto y es poco soluble en el alcohol etílico absoluto y frío. Es insoluble en éter.

La rafinosa resiste las temperaturas elevadas y los agentes químicos en mayor grado que la sacarosa. No se deja eliminar por los procedimientos corrientes de depuración y atravesando todo el proceso de fabricación llega hasta la melaza en donde se acumula. También se combina con las bases formando rafinosatos.

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Rafinosa



Dra. Luz Maria Paucar Menacho

PROPIEDADES FISICO QUIMICAS Y SENSORIALES DE LOS MONOSACARIOS

1) Poder edulcorante: Determina que ante distintas circunstancias que se pueden reemplazar unos azúcares por otros. Ej: si es necesario elevar el valor calórico de una dieta, se reemplaza la sacarosa por otro azúcar de menos valor edulcorante así sin cambiar o sin aumentar el valor dulce, se aportan más calorías, como es el caso de utilizar, por ejemplo: glucosa o miel.

AZÚCAR	PODER EDULCORANTE
LACTOSA	16
GALACTOSA	32
GLUCOSA	74
MIEL	97
SACAROSA	100
AZÚCAR INVERTIDO	130
FRUCTOSA	173,3
MELAZA	74
MALTOSA	32
JARABE DE MAIZ	30

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

2) Solubilidad: Cantidad de sustancia que se puede disolver en un volumen dado de un solvente y a una temperatura determinada. La solubilidad aumenta a medida que disminuye la temperatura. Solubilidad de los azúcares en agua es mayor a medida que aumenta la temperatura (a 20°C).

Calentando el agua, la tensión de vapor aumenta y se escapan cada vez más cantidad de moléculas. Si se disuelve sacarosa en líquido, la tensión de vapor del disolvente disminuye, debido a que la sacarosa no es un cuerpo volátil. Aumenta la fuerza de cohesión molecular sobre la repulsión molecular, por lo tanto, para producir la vaporización de la solución es necesario aumentar la temperatura de ebullición.

La solubilidad de los azúcares totales también puede aumentar por la adición de azúcar invertido así como de glucosa o jarabes de glucosa. La sacarosa tiene un alto poder de solubilización, menor que la fructosa y mayor que la glucosa y la lactosa que es menos soluble. La solubilidad de la sacarosa es muy beneficiosa para la elaboración de dulces.

AZÚCAR	Gr/100 cc DE AGUA
FRUCTOSA	375
SACAROSA	204
GLUCOSA (hidratada)	107
MALTOSA (hidratada)	83
LACTOSA	20

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

5) Higroscopicidad: Es la capacidad para retener agua de los azúcares. Se utiliza para mantener cierto grado de humedad en los alimentos (en dulcería y pastelería).

- Glucosa, Maltosa, Jarabe de glucosa, son menos higroscópicos que la sacarosa y menos que el azúcar invertido y la fructosa.
- El azúcar invertido, la miel, son menos humectantes, también se utilizan polialcoholes como el sorbitol, manitol, glicerol, etilen-glicol, que tienen además poder plastificante y afectan la textura del alimento.
- En algunos casos, la presencia de estos compuestos resulta desfavorable así ocurre en confitería, donde los azúcares se encuentran en estado vítreo (amorfo), en efecto, la adsorción de agua puede acelerar la cristalización de azúcares, lo que libera el agua absorbida y hace la masa pegajosa.

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

- Este doble defecto puede evitarse en algunos caramelos reduciendo el contenido en azúcar invertido y aumentar el de jarabes de glucosa.

- La higroscopicidad puede ser nociva para polvos y granulados que contengan azúcares, cuya solubilidad está disminuida por formar conglomerados.

- Entre los azúcares (la glucosa y la maltosa), de alto poder reductor, son menos higroscópicos que la sacarosa y menos que el azúcar invertido.

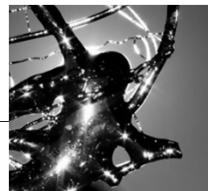
Dra. Luz Maria Paucar Menacho

MODIFICACIONES FÍSICO-QUÍMICA

Caramelización: Cuando la sacarosa se somete a calentamiento a fuego lento, llega un momento en el que su estado cambia de sólido a líquido, es el azúcar fundido (160°C), se obtiene un sólido claro vítreo, quebradizo, no cristalino.

Si al azúcar fundido se le agrega más calor, cuando llegue a 170°C comienza a caramelizar, se obtiene un color marrón y con olor característico.

El caramelo es una mezcla compleja de acetonas y aldehídos, no es cristalizable y su poder edulcorante es menor que el de la sacarosa, pero de mayor sabor y aroma cuando se enfría forman un sólido continuo.



Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Cristalización: Propiedad de algunas sustancias e que los sólidos precipitan. Para que se produzca la cristalización es necesario partir de jarabe de sacarosa, o sea, una solución sobresaturada de azúcar y agua, llevada a calentamiento para que se produzca la evaporación del agua y la consiguiente concentración de la solución.

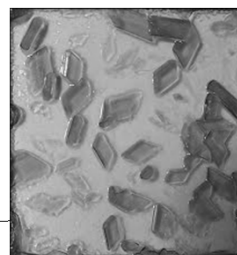
Solamente las soluciones sobresaturadas tienen la capacidad de formar cristales. Una vez que se ha alcanzado el punto de ebullición del jarabe, es necesario descender la temperatura para que prevalezcan las fuerzas de ordenación molecular sobre el movimiento cinético. Así, las moléculas más lentas se unirán para formar los núcleos de cristalización, en torno a los cuales van precipitando los nuevos cristales. Las moléculas se mantienen unidas por puentes de hidrógeno.

Para formar cristales de menor tamaño se debe agitar la solución durante el enfriamiento. En la formación de cristales también influyen el agregado de cualquier molécula de azúcar diferente a la sacarosa, que va a actuar como interferencia uniéndose a los cristales ya formados. Ej: glucosa, fructosa, miel, azúcar invertido y grasas en helados favorecen la formación de mayor cantidad de cristales y a disminuir su tamaño.

Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Factores que influyen en la cristalización:

- Grado de saturación de la solución.
- Impurezas que pueden obtenerse en la superficie del cristal.
- Tiempo (a mayor tiempo mayor tamaño del cristal).
- Partículas extrañas que se unen al cristal (glucosa, fructosa, miel).



Dra. Luz Maria Paucar Menacho

Inversión: Consiste en la hidrólisis de la sacarosa en glucosa y fructosa. Se denomina así porque el poder rotatorio de la solución frente a la luz polarizada es invertido por la hidrólisis. La sacarosa es dextrógira, mientras que el azúcar invertido es levógiro.

Características:

- posee un aumento del sabor dulce y de la solubilidad de azúcar en solución, debido a la elevada solubilidad de la fructosa y a la dificultad con que cristaliza la glucosa.
- Retiene agua (es higroscópica).
- Presenta menor viscosidad.
- Se encuentra en estado natural en la miel.

Se produce mediante dos métodos:

- Ácida: por el agregado de ácidos orgánicos, como acético, clorhídrico, málico, láctico y sales ácidas. Además de la acidez es necesario considerar el tiempo de calentamiento y la temperatura a que son sometidos (+ t°, + inversión).
- Enzimática: la invertasa produce la hidrólisis de los disacáridos, actúa óptimamente a un pH: 4-4,6. el calor excesivo destruye la enzima.

Dra. Luz María Paucar Menacho



GRACIAS

Dra. LUZ MARIA PAUCAR MENACHO



luzpaucar@uns.edu.pe