

# Extracción y determinación de la fructosa en zumo de manzana



Viviana Escobar, Fiorella Hernández

3°BG

2016

<b>RESUMEN:</b> .....	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN:</b> .....	<b>5</b>
<b>OBJETIVOS:</b> .....	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO:</b> .....	<b>5</b>
La manzana .....	5
Características de la manzana.....	6
Cultivo .....	6
Conservación y cosecha .....	6
Usos.....	7
Los glúcidos .....	10
Poder edulcorante.....	11
Monosacáridos, fructosa .....	12
Representación de los monosacáridos: .....	13
Cristalización de los azúcares:.....	16
Azúcar invertido .....	17
Reactivo de Seliwanoff .....	18
Polarimetría:.....	19
Actividad óptica.....	19
<b>MATERIALES/SUSTANCIAS/SOLUCIONES:</b> .....	<b>20</b>
Materiales para la extracción y cristalización de la fructosa.....	20
Sustancias y soluciones.....	21
Materiales para polarimetría .....	21
Sustancia .....	21
<b>PROCEDIMIENTO</b> .....	<b>21</b>
<b>PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE FRUCTOSA PPA AL 20%M/V</b> .....	<b>22</b>
<b>RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS:</b> .....	<b>23</b>
Cálculos previos:.....	23
Tabla de calibración de polarimetría de la fructosa ppa.....	24
Curva de calibración .....	24
Cálculos del ángulo de rotación de la fructosa ppa.....	24
Cálculos del ángulo de rotación del jarabe de fructosa.....	25
Cálculo de la masa obtenida de fructosa .....	25
Error de la curva .....	25
<b>DISCUSIÓN:</b> .....	<b>26</b>

<b>CONCLUSIÓN:</b> .....	<b>26</b>
<b>PERSPECTIVA:</b> .....	<b>26</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA:</b> .....	<b>27</b>
<b>PÁGINAS WEB:</b> .....	<b>27</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>28</b>



## Resumen:

Este trabajo consiste en la extracción y determinación de fructosa en zumo de manzana por una técnica polarimétrica.

El procedimiento consistió en la hidrólisis de los glúcidos y precipitación por cambio de solvente. El exceso de etanol se destiló para obtener solo una mezcla de agua y fructosa. Esta última se verificó que se encontraba en el medio mediante la prueba de Seliwanoff.

Al jarabe obtenido se lo decoloró para medirle el ángulo de rotación de la luz polarizada en el polarímetro.

Se lograron extraer dos muestras del destilado, la muestra 1 de jarabe fue de un volumen de 140 mL y como resultado se obtuvo un ángulo de  $96,77^\circ$  realizando los cálculos correspondientes se llegó a concluir que la masa de fructosa en esa muestra era de 8,68 g. La segunda muestra de jarabe con el mismo volumen tenía un ángulo de  $88,93^\circ$  y la masa de fructosa en ella era de 7,08 g.

## Introducción:

Esta investigación comenzó en setiembre de 2016 como proyecto de investigación para el egreso de 3° año del bachillerato orientación química básica e industrial.

El objetivo de esta investigación consistió en la extracción y determinación de la fructosa en el zumo de manzana, la técnica que se utilizó fue la cristalización de la fructosa y determinación del ángulo de rotación por polarimetría.

## Objetivos:

- Extracción y determinación de la fructosa en zumo de manzana por polarimetría.

## Marco teórico:

### La manzana

Según Redondo Frutas y Hortalizas, S.L:

La manzana es el fruto del Manzano, el cual es un árbol caducifolio de la familia de las Rosáceas, del género *Malus*.

La manzana es uno de los frutos más completos que existen, tanto por sus amplios valores alimenticios como por la variedad de sus formas, colores y sabores. Y es una de las frutas más consumidas alrededor del mundo.

El manzano se cultiva por sus frutos desde hace muchos siglos. Los primeros cultivadores seleccionaron variedades mejores a partir de semillas de formas silvestres y las reprodujeron mediante injerto. Actualmente se obtienen muchas variedades por medio del cruce controlado.

Donde mejor crece el manzano es en zonas en las que la temperatura es igual o inferior a cero

grados durante al menos dos meses. Las necesidades de frío exactas dependen de la variedad. El árbol soporta hasta -40 °C de temperatura.

La manzana ha sido considerada por muchas civilizaciones un símbolo de vida e inmortalidad. En algunas regiones, donde está arraigada la creencia en la reencarnación, las manzanas son enterradas como alimento para los muertos.

Un par de manzanas tomadas al levantarse ayudan a combatir la resaca producida por una noche de excesos.

### **Características de la manzana**

Las características físicas del fruto son muy variables. El color de la piel va desde el verde hasta el rojo muy oscuro, casi negrozco. También la forma es variada y comprende frutos oblatos y oblongos. El tamaño oscila entre un poco mayor que el de una cereza y casi tan grande como el de un pomelo mediano.

Los frutos son generalmente ovoides, a veces alargados, redondos en algunos casos. Su pulpa, dura o blanda según la variedad, es siempre jugosa y refrescante, su sabor puede ser dulce, sensiblemente agrídulce y en algunos casos ácido. Su carne, blanca o ligeramente amarillenta se rodea de una corteza de múltiples colores: rojo, amarillo, verde, gris, marrón. Los calibres más comercializados de las manzanas van desde los 75 milímetros hasta los 85 milímetros aproximadamente.

### **Cultivo**

El cultivo del manzano proviene de la más remota antigüedad. Las opiniones en cuanto a su origen, están divididas. Unos creen que apareció por primera vez al noroeste de la India, mientras que otros opinan que procede de Europa Oriental. Los romanos le dieron el nombre de "pomun", que en latín significa fruta.

El cultivo de la manzana se produce prácticamente en todo el mundo. Existen más de cinco mil variedades diferentes de manzanas, pero actualmente se comercializan aproximadamente cuarenta.

### **Conservación y cosecha**

Durante el desarrollo del fruto, los azúcares, sintetizados mediante la función clorofílica, se polimerizan en parte como almidón, quedando almacenados en el fruto. En la maduración posterior este almidón se hidroliza en moléculas más sencillas. En las manzanas el azúcar simple más importante es la fructosa, mientras que la sacarosa, que aparece como elemento importante del gusto, sube en el período de maduración, aunque su cantidad absoluta no es importante. Durante esta misma etapa el almidón desaparece casi por completo.

La medida de estos azúcares solubles puede hacerse con exactitud y precisión mediante análisis químicos.

El contenido y tipo de azúcares en las frutas, los vegetales, mieles, jarabes y productos derivados de éstos (donde los azúcares son los componentes dominantes) son como su huella digital, y conocerlos permite, junto con el resultado de otros análisis, determinar si un producto derivado de los mismos ha sido adulterado mediante la adición de azúcares de un origen diferente al

esperado. Aunque esto es importante, no se debe perder de vista que los tratamientos térmicos aplicados a los diferentes productos procesados pueden afectar la relación de los azúcares al presentarse diversos tipos de reacciones, como caramelización, reacciones de oscurecimiento de Maillard, hidrólisis, etcétera.

La cosecha significa un episodio muy importante en la vida de estos frutos, porque en ese momento termina la acumulación de materias y el suministro de agua a los tejidos, que hasta aquí habían crecido continuamente. Pero la manzana sigue con vida, una vida propia como organismo que respira, que consume sus reservas y en cuyo interior se sigue realizando un complicado proceso metabólico hasta que llega un día en que se manifiesta un envejecimiento y es víctima del ataque de mohos de la putrefacción, a pesar de la utilización de cámaras de almacenaje.

Existiendo tantas variedades de manzanas y dejando aparte la diferencia de predisposición a las enfermedades, la vida de las distintas variedades, en condiciones determinadas, es de diferente duración. Existen variedades cuya fuerza vital se agota después de 1 o 2 semanas, mientras que otras resisten durante 6 meses o más.

Las temperaturas para la conservación de las manzanas que se vienen utilizando hoy por hoy son de 0 a 3°C dependiendo de las distintas variedades). Las manzanas solo pueden conservarse mientras estén en completa posesión de su sabor y calidad. En la práctica es frecuente posponer demasiado el momento de la comercialización. Con ello, las sustancias de reserva contenidas en la fruta están ya muy agotadas y denotan una pérdida de sabor. Es por esto que el consumidor queda descontento y desconfía de los frutos de cámara.

En cuanto al grado de humedad, en general se obtendrán los mejores resultados con una humedad relativa del 88 al 93%.

Por lo tanto, la conservación por el consumidor final de estos frutos dependerá enormemente del tiempo de almacenaje, de si el fruto ha comenzado a manifestar episodios de putrefacción o exterioriza enfermedades parasitarias. Si los frutos están en perfectas condiciones, una vez en nuestras casas su grado de perdurabilidad es aún grande.

## **Usos**

Es una fruta con muchas posibilidades gastronómicas. Es la base de deliciosos postres y tartas. De la fermentación de su jugo se obtiene una de las más populares bebidas: la sidra. Además, ofrece un exquisito sabor agrídulce a platos de carne y caza.

En compota, asada, en mermelada, en tartas y pasteles, en cualquiera de sus formas, resulta apetitosa.

La manzana es una de las frutas más completas desde el punto de vista de la nutrición. Su bajo contenido en proteínas y grasas la convierten en uno de los alimentos más indicados en los regímenes de adelgazamiento.

La piel de la manzana contiene gran cantidad de elementos útiles para el cuerpo humano, por lo que es recomendable consumirla sin pelar.

(<http://www.redondofrutas.com/Html/NuestrosProductos/Manzana.html>)

Figura 1: Tabla de los valores nutricionales de la manzana

<b>Valor energético y nutritivo de 100 gramos de Manzana</b>			
Kilojulios	217	Calcio (Ca)	8 mg
Kcalorías	52	Sodio (Na)	2 mg
Proteínas	0,3 g	Potasio (K)	140 mg
Grasas	0.3 g	Magnesio (Mg)	3 mg
H. de Carbono	12.1 g	Fosforo (P)	10 mg
Vitamina A	100 UI	Hierro (Fe)	0.3 mg
Vitamina C	12 mg	Vitamina B1	30 µg
Vitamina B3	0.1 mg	Vitamina B2	27 µg

Fuente: <http://www.redondofrutas.com/Html/NuestrosProductos/Manzana.html>

Figura 2: contenido de azúcares de algunas frutas expresadas en porcentaje.

<b>Contenido de azúcares de algunas frutas (%)</b>			
	<b>Sacarosa</b>	<b>Glucosa</b>	<b>Fructosa</b>
<b>Fresa</b>	1.3	2.6	2.3
<b>Pera</b>	1.0	2.4	7.0
<b>Manzana</b>	3.6	1.7	6.0
<b>Durazno</b>	6.7	1.5	1.0
<b>Chabacano</b>	4.4	2.0	0.4
<b>Ciruela</b>	4.3	4.0	1.4

Fuente Badui Dergal, S (2006). química de los alimentos (cuarta edición). México: Pearson. (p.32)



Figura 3 Nutrientes del zumo de manzana.

Nutrientes	Cantidad(g/100 g de zumo)
Agua	84
Fructosa	5,74
Glucosa	2,03
Sacarosa	2,55
Lípidos	0,4

Fuente: Ana Úbeda Gallego, Proyecto fin de carrera "Análisis del perfil de azúcares en la autenticación de zumos de frutas", diciembre de 2012.

Según Bahram Arjmandi (2011):

"La investigación liderada por el doctor Bahram Arjmandi, del departamento de Nutrición de la Universidad de Florida, fue presentada durante el Congreso anual de Biología Experimental 2011, que se celebra en la capital estadounidense.

Según Arjmandi, estudios con animales han permitido constatar que la pectina y los polifenoles - antioxidantes presentes en la piel de las manzanas que ayudan a eliminar los residuos y toxinas que se encuentran en el organismo- mejoran el metabolismo de los lípidos y reducen la producción de moléculas inflamatorias vinculadas al riesgo de padecer afecciones cardíacas.

Su equipo analizó una muestra de 160 mujeres de entre 45 y 65 años, a las que dividió aleatoriamente en dos grupos; la mitad consumió una manzana al día (75 gramos diarios durante un año) y el resto consumió pasas durante el mismo periodo de tiempo.

Los médicos hicieron análisis de sangre a los tres, seis y doce meses y descubrieron "los cambios increíbles que se producen en los niveles de colesterol a los seis meses de consumir una manzana al día", según Arjamandi.

Las mujeres que tomaron manzana redujeron en un 23 por ciento el colesterol de lipoproteína de baja densidad (LDL), conocido como colesterol "malo", y aumentaron un 4 por ciento el colesterol de lipoproteína de alta densidad (HDL) o colesterol "bueno". "Nunca pensé que el consumir manzanas reduciría tanto el nivel de colesterol malo mientras aumenta el bueno", señaló Arjamandi.

Además, el consumo diario de una manzana también ayudó a las pacientes a reducir peso. A pesar de que ingirieron 240 calorías al día extra, perdieron una media de 1,4 kilos, gracias al efecto saciante de la pectina. "Reducir peso es un beneficio añadido al consumo diario de la manzana", señaló el doctor, que se refirió a ella como la "fruta milagro".

(<http://www.abc.es/20110413/sociedad/abci-manzana-colesterol-201104131041.html>)

Según Redondo Frutas y Hortalizas, S.L:

Las manzanas contienen asimismo ácido málico y tartárico, que son especialmente eficaces como ayuda en la digestión de alimentos ricos en grasas. La vitamina C que se encuentra en la manzana ayuda a reforzar el sistema inmunológico.

Tradicionalmente, las manzanas han sido utilizadas para combatir problemas del sistema gastrointestinal, y los naturópatas suelen recomendar manzana rayada, que debe dejarse al aire libre hasta que se ponga de color marrón, mezclada con un poco de miel o yogur, como uno de los remedios más efectivos contra la diarrea. Curiosamente, esta fruta es asimismo un arma no despreciable contra el estreñimiento, debido a sus contenidos de fibra soluble.

El simple olor a manzanas tiene un efecto relajante y ayuda a bajar la tensión.

El azúcar de las manzanas es mayormente fructosa, un azúcar simple que se descompone lentamente en el cuerpo y ayuda a mantener un nivel equilibrado de azúcar en sangre.

<http://www.redondofrutas.com/Html/NuestrosProductos/Manzana.html>

## **Los glúcidos**

Salvador Badui Dergal (2006), sostiene que los glúcidos (carbohidratos (CHO)) son compuestos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, presentan la fórmula general  $C_x(H_2O)_n$ , y tienen estructura de polihidroxialdehído o de polihidroxiacetona; además, todos los carbohidratos presentan grupos funcionales C=O ó -OH.

Los CHO son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza, y también los más consumidos por los seres humanos. Los glúcidos que provienen del reino vegetal son más variados y abundantes que los del reino animal; se originan como producto de la fotosíntesis y son los principales compuestos químicos que almacenan la energía radiante del Sol.

La glucosa da origen a muchos otros azúcares, como la sacarosa y la fructosa, o bien a polímeros como la celulosa y el almidón. Los organismos obtienen energía a través del metabolismo bioquímico de los CHO (glucólisis y ciclo de Krebs).

Casi todos los compuestos orgánicos que se encuentran en las plantas y en los animales son derivados de los glúcidos; la misma síntesis de proteínas se lleva a cabo con los aminoácidos provenientes de la reacción entre glúcidos y diversas sustancias nitrogenadas. En general, los azúcares simples no se encuentran libres en la naturaleza, sino en forma de polisacáridos, como reserva energética (almidones), o como parte de la estructura firme del producto.

Existe un gran número de hidratos de carbono; los más conocidos son la sacarosa, la glucosa, la fructosa, el almidón y la celulosa, pero también hay otros que, aunque se encuentran en menor concentración en los productos que consumimos diariamente, tienen mucha importancia por sus propiedades físicas, químicas y nutritivas. Si bien en la antigüedad gran parte de estos glúcidos se consideraban un desperdicio, en la actualidad se les utiliza para elaborar un sinnúmero de alimentos (fibras y gomas).

La estructura química de los glúcidos determina su funcionalidad y características, mismas que repercuten de diferentes maneras en los alimentos, principalmente en el sabor, la viscosidad, la

estructura y el color. Es decir, las propiedades de los alimentos, tanto naturales como procesados, dependen del tipo de glúcidos que contienen y de las reacciones en que éstos intervienen. (P.29-30)

### **Poder edulcorante**

Badui explica que casi todos los azúcares tienen la característica de ser dulces (aun cuando también los hay amargos), y se clasifican dentro de los edulcorantes como edulcorantes naturales (porque pueden extraerse de ciertas plantas), en glúcidos, alcoholes polihídricos y glucósidos (según su estructura química) o en edulcorantes artificiales.

Badui (2006):

“Los azúcares presentan diferentes poderes edulcorantes en función de diversos factores. Debido a que las determinaciones de dulzura provienen de un grupo de jueces o catadores y, por tanto, son netamente subjetivas, los resultados de todo análisis sensorial están sujetos a errores propios de los individuos, e incluso a su estado anímico o al color del producto, capaz de modificar la capacidad de captar la intensidad de los sabores dulces; ésta es la razón por la que existen discrepancias en los valores indicados en la literatura. Cuando se disuelven en agua, los azúcares presentan reacciones de mutarrotación que producen una mezcla de tautómeros con distinta dulzura; esto se ha observado en la fructosa, cuyas soluciones recién preparadas son más dulces que las que se dejan reposar hasta alcanzar el equilibrio tautomérico.” (P.73-74)

Según Badui la propiedad de dulzura de estos glúcidos está muy relacionada con los grupos hidroxilo y con su estereoquímica; por ejemplo, la  $\beta$ -D-glucosa es dulce, mientras que su epímero, la  $\beta$ -D-manosa es amargo. Sin embargo, existen otros compuestos que no pertenecen a los glúcidos (y, por lo tanto, carecen de OH) pero también son dulces, como el cloroformo, algunos aminoácidos y sales metálicas, la sacarina y los ciclamatos. (P.74)

Badui (2006):

“Otros factores que influyen en el poder edulcorante de los azúcares son la temperatura y la concentración; la D-fructosa es más dulce a temperaturas bajas, fenómeno que se aprovecha en la elaboración de bebidas refrescantes que se consumen normalmente frías; la glucosa es menos dulce que la sacarosa, pero ambas causan la misma sensación a una concentración de 40%. La presencia de ácidos, sales y algunos polímeros, así como la viscosidad del sistema, modifican esta percepción; el etanol intensifica la dulzura de la sacarosa, y lo mismo hacen los ácidos con la fructosa, mientras que la carboximetilcelulosa y el almidón la reducen, posiblemente porque ocupan los sitios activos receptores. La presencia del maltol y del etil-maltol aumentan el poder edulcorante de la sacarosa: el primero reduce 50% el umbral mínimo de percepción del disacárido.”(P.74)

Salvador Badui Dergal (2006) comenta que debido a que la fructosa es hasta 1.8 veces más dulce que la sacarosa, su uso se ha intensificado en los últimos años, ya sea en forma de azúcar invertido o en jarabes producidos por la acción de la glucosa isomerasa. En nivel experimental se ha producido este monosacárido por hidrólisis controlada de la inulina. Industrialmente se fabrica enzimáticamente a partir de glucosa del almidón. (P.74)

Salvador Badui Dergal (2006):

“Debido a los problemas de salud que se asocian con el consumo excesivo de sacarosa, en la actualidad se emplean muchos azúcares-alcoholes (polioles) y edulcorantes sintéticos como sustitutos de este disacárido.

Existen muchas teorías para explicar el fenómeno de la percepción de la dulzura de los azúcares y de otras moléculas, entre otras, la que postula que un compuesto dulce posee átomos electronegativos designados como A y B, y que un átomo de hidrógeno unido por un enlace covalente simple a A, puede formar enlaces de puente de hidrógeno recíprocos con un receptor que presenta una estructura similar en las papilas gustativas, lo que ocasiona la sensación de dulzura en la boca.” (P.74)

Salvador Badui Dergal (2006):

“Para la elaboración de un gran número de alimentos, la industria ha empleado tradicionalmente diversos monos y disacáridos, como la glucosa, la sacarosa, el azúcar invertido y la lactosa; sin embargo, en la actualidad han adquirido mayor popularidad algunos azúcares-alcoholes, sobre todo el xilitol y el sorbitol que, en ciertos casos, han desplazado a los primeros.

Los azúcares provienen de fuentes naturales como la caña de azúcar, la remolacha, los almidones, las frutas, etc.; su obtención implica el uso de tecnología especializada que, ha evolucionado gracias a la creación de equipos que optimizan los procesos, a la recuperación de la energía liberada en el proceso de obtención, a la automatización y a la reducción de costos. Por otra parte, se han desarrollado procesos que permiten una mayor versatilidad en la aplicación de los azúcares, como la elaboración de azúcares microporosos que sirven como acarreadores de sabores.

Los diferentes usos de dichos azúcares se basan en sus propiedades funcionales, las cuales son consecuencia de su estructura química: su alto contenido de hidroxilos altamente hidrófilos, les proporciona la capacidad de hidratarse y de retener agua al establecer puentes de hidrógeno; generalmente son dulces, propician las reacciones de oscurecimiento de Maillard y de caramelización y fermentación, fungiendo como fuente de carbono; son capaces de inhibir el crecimiento microbiano, dependiendo de la concentración a la cual se empleen, por reducir el aa; confieren viscosidad y “cuerpo” a diversos alimentos, etcétera”. (P.72)

### **Monosacáridos, fructosa**

Salvador Badui Dergal (2006) explica que la fructosa es un monosacárido que se encuentra principalmente en jugos de diversas frutas y en las mieles; cuando se hidroliza la sacarosa, se produce en cantidades equimoleculares con glucosa. Los monosacáridos son solubles en agua, son insolubles en etanol y en éter; además son dulces (aunque existen algunos amargos) y tienen apariencia cristalina y blanca.

La cantidad de monosacáridos en estado libre es muy inferior al número de los que se encuentran en forma combinada integrando los diversos polisacáridos. Casi todos los monosacáridos se han podido cristalizar, pero en ciertos casos el procedimiento necesario para ello es difícil si no se cuenta con cristales que permitan iniciarlo (nucleación).

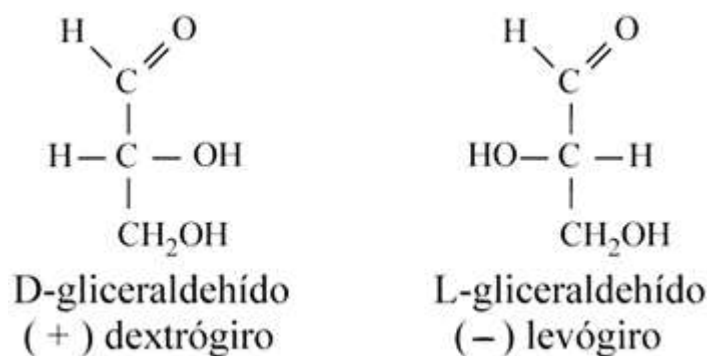
Al igual que otros, los cristales de los azúcares pueden descomponerse a temperaturas cercanas a su punto de fusión, e intervienen en un gran número de reacciones.

Al igual que la mayoría de los monosacáridos, la fructosa es un azúcar reductor, es decir que puede donar electrones porque contiene un grupo cetosa libre. Dado que rota hacia la izquierda del plano de la luz polarizada se dice que es levorrotatorio, y se le designa con el nombre de levulosa. Forma parte de algunos polisacáridos, principalmente de la inulina (polisacárido lineal que contiene una glucosa terminal, y cuya unión molecular se da mediante enlaces  $\beta$  (2-1) glicosídicos no digeribles), que se encuentra en plantas como el maguey, el ajo y la alcachofa, entre otras. (P.31-32)

Salvador Badui Dergal (2006) explica que los monosacáridos más comunes en la naturaleza, tales como las tetrasas, pentosas y hexosas, derivan del D-gliceraldehído con la adición de grupos CHOH a la cadena básica de carbonos.

El átomo número 2 de gliceraldehído es asimétrico y puede existir como los isómeros D y L; en los primeros el hidroxilo del carbono asimétrico más alejado del aldehído se encuentra a la derecha del plano lineal de la molécula (en las hexosas, las pentosas y las tetrasas se localiza en el C-5, C-4 y C-3, respectivamente), y en los de la serie L dicho hidroxilo de referencia se ubica a la izquierda del plano central. (P. 35)

Figura 4 Representación de las series estéricas D y L.



Fuente (<http://gsdl.bvs.sld.cu/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0prelicin--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-es-50---20-help---00-0-1-00-0-0-11-1-0utfZz-8-00&a=d&cl=CL1&d=HASH144603c37e4fece4af332d.9.4.1.fc>)

## Representación de los monosacáridos:

Salvador Badui Dergal (2006):

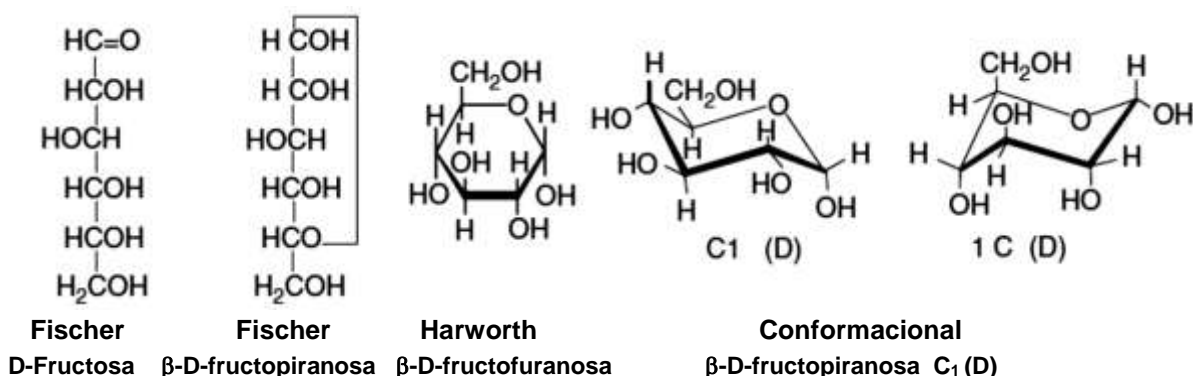
“Es necesario hacer notar que las designaciones D y L no indican la dirección en la que el azúcar hace rotar el plano de la luz polarizada; si se desea hacer mención de su poder rotatorio, deben incluirse los signos (+) o (-) que corresponden a carbohidratos dextrorrotatorios o levorrotatorios, respectivamente.

El azúcar cuya única diferencia es la localización o posición de un solo hidroxilo que no sea el de referencia en su molécula se llama epímero. De acuerdo con ello, la glucosa es epímero de la manosa en el hidroxilo del C-2; de igual manera, la glucosa y la galactosa son epímeros por el hidroxilo del C-4.

Las representaciones químicas pueden hacerse mediante las proyecciones de Fischer y de Haworth, o bien con la fórmula conformacional. En la primera, los carbonos están en una cadena lineal abierta y se numeran a partir del aldehído, pero en el caso de las cetosas se hace desde el átomo de carbono más cercano a la cetona. Debido a su alta reactividad, el carbonilo interacciona con grupos alcohol de la misma molécula, produciendo enlaces hemiacetales intramoleculares que originan azúcares cíclicos y que, en agua, se encuentran en equilibrio con la cadena abierta.

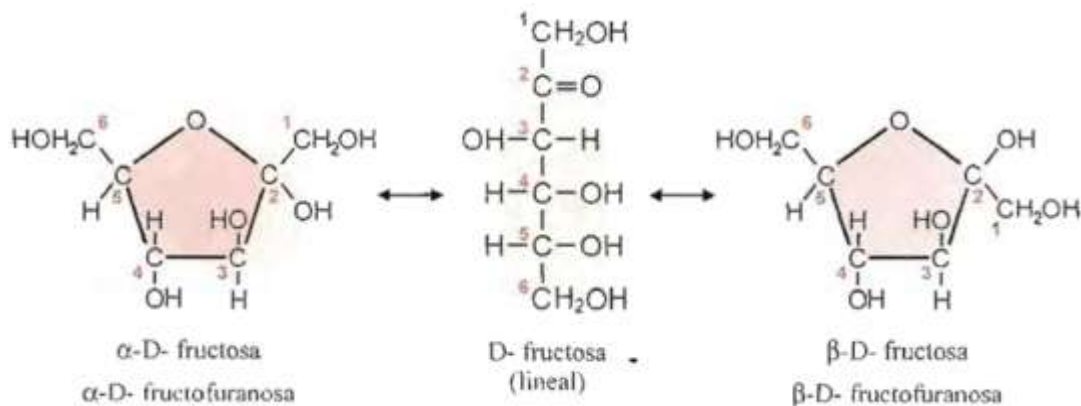
En las hexosas se producen generalmente compuestos de conformación de piranosa (anillos de seis átomos), excepto en el caso de la fructosa, que es una furanosa (anillo de cinco átomos); de estos dos arreglos, el primero es los más estables y más comunes entre los distintos azúcares, debido a que presenta menos tensiones en los enlaces. Por lo tanto, estos glúcidos se denominan con la terminación piranosa o furanosa, según el tipo de anillo que desarrollen.” (P.35-36)

Figura 5 Diferentes representaciones de la D-fructosa (levulosa).



Fuente, Badui Dergal, S (2006). química de los alimentos (cuarta edición). México: Pearson. (p.35)

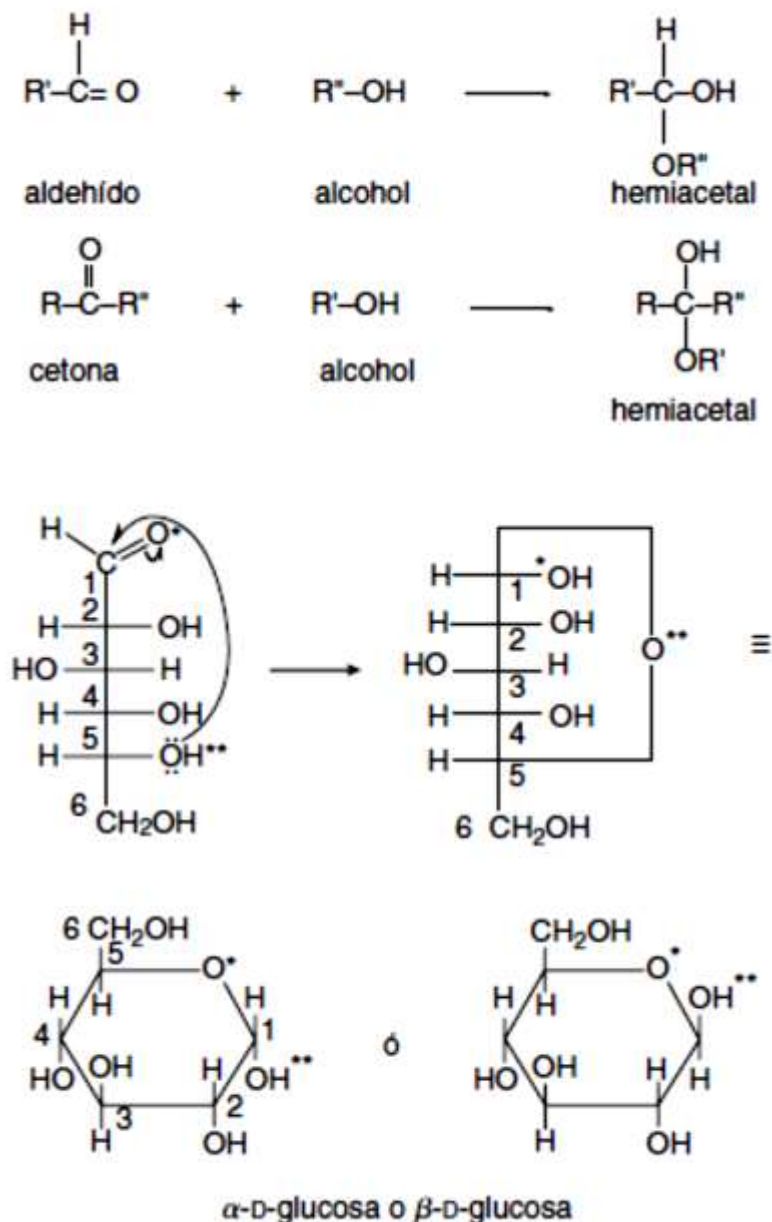
Figura 6 Otras representaciones de la fructosa



Fuente (<https://porlogicabioquimica.wordpress.com/tag/estructura-quimica/>)

“La unión hemiacetal origina un nuevo centro asimétrico correspondiente al carbono anomérico en posición 1 de la representación de Haworth, que da origen a dos posibles enantiómeros; cuando el OH está por debajo del plano formado por los carbonos, el enantiómero se denomina  $\alpha, \beta$  y cuando está por encima; es decir, los OH a la derecha de la representación de Fischer se localizan como  $\alpha$  en la de Haworth, y los de la izquierda como  $\beta$ . Cabe indicar que los diferentes isómeros de un azúcar pueden presentar características físicas y químicas distintas, como ocurre con la  $\alpha$  y  $\beta$  glucosa.

Figura 7 Representación de los diferentes isómeros de un azúcar, en este caso la glucosa.



La representación cíclica de Haworth es más adecuada, ya que las cadenas lineales no responden estequiométricamente al poder reductor de los grupos aldehído o cetona.

Las soluciones acuosas de los monosacáridos sufren modificaciones en su actividad óptica durante el almacenamiento, lo que indica que existe un proceso dinámico de conformación química hasta alcanzar el equilibrio mediante el fenómeno que recibe el nombre de mutarrotación”

Por ejemplo, en el caso de D-Fructosa, la mutarrotación es algo más compleja que para D-Glucosa. De hecho, la única forma cristalina de fructosa es la  $\beta$ -D-fructopiranososa, cuya rotación específica es de (-) 133.5°. Al disolverse, mutarrotta rápidamente hasta alcanzar el valor de equilibrio de (-) 92,5°.

Esta mutarrotación involucra no tan sólo la isomerización entre los anómeros alfa y  $\beta$ -piranososa, sino que también genera la formación de los anómeros  $\alpha$  y  $\beta$ -furanosa.

(<http://www.geocities.ws/pelabzen/carbhorg.html>)

Salvador Badui Dargal

“La mutarrotación es una manifestación del equilibrio que se establece entre las estructuras anomérica o de aldehído, y la cíclica o hemiacetal de los azúcares reductores.

Se sabe que la conformación más estable de los monosacáridos es aquella en que la cadena de átomos de carbono adopta un arreglo planar de zigzag con los grupos OH de manera antiparalela, lo que hace que la molécula se encuentre en su estado mínimo de energía. De acuerdo con esto, las piranosas adoptan la forma de silla, en la que los OH son axiales cuando están perpendiculares al plano de átomos de carbono, o ecuatoriales cuando se localizan paralelamente a dicho plano; esto se ha demostrado con análisis de difracción de rayos X, resonancia magnética nuclear, espectroscopia, etc.

Exceptuando la  $\alpha$  -D-arabinosa, que tiene estructura IC, la mayor parte de los monosacáridos están como CI, puesto que en ésta hay más OH ecuatoriales y, consecuentemente, menos impedimentos.” (p.37)

### **Cristalización de los azúcares:**

Los azúcares tienen la capacidad de presentar el fenómeno de polimorfismo, que consiste en que un mismo compuesto puede cristalizar en diversas formas.

Según el trabajo de Wilson German Oyola Naranjo “Cristalización de fructosa a partir de preparados de almidón de yuca” (2006) las limitaciones que presenta la cristalización de la fructosa son:

1. “La fructosa está presente en cinco formas tautoméricas, de las cuales solo la forma  $\beta$ -D fructopiranososa cristalizará. Este tautómero típicamente se presenta del 40% en una solución de etanol-agua fructosa. El  $\alpha$ -D fructopiranososa determinará la cristalización puesto que es muy similar a la  $\beta$ -D fructopiranososa, cubriendo los sitios de crecimiento superficial del cristal.



Así el cristal no crece pero el  $\alpha$ -D fructopiranososa no forma un enlace muy fuerte con el cristal.

Las razones por las cuales la fructosa cristalina es más dulce que el jarabe de fructosa son:

- a) La fructosa cristalina contiene solamente el tautómero más dulce que es el  $\beta$ -D-fructopiranososa.
  - b) La fructosa cristalina está empacada a 98% de sólidos seco mientras el jarabe de alta fructosa de 90% está empacado al 80% de sólidos secos.
2. La fructosa forma una molécula de difructosa dianhídrido en una reacción de deshidratación, ésta molécula inhibir a la formación de los cristales igual que la  $\alpha$ -D fructopiranososa. Esta molécula se forma si el jarabe es expuesto al HCl, el cual es usado para mantener el pH en la columna de carbón activado.
  3. La fructosa es altamente soluble (alrededor de 4g/ 1g de agua a temperatura ambiente) mientras la adición de etanol hace a la fructosa insoluble.
  4. Los jarabes de alta fructosa de 90% tienen alta viscosidad y son fluidos no Newtonianos. La mayoría de los cristalizadores operan usando un lecho fluidizado por la región de contacto de los núcleos y la solución supersaturada. La alta viscosidad de los jarabes de 90% hacen un lecho fluidizado impráctico. La agitación mecánica debe usarse en lugar de la agitación por un flujo ascendente del jarabe.
  5. La presencia de glucosa reduce la velocidad de crecimiento del cristal en la cristalización de fructosa.
  6. El proceso de cristalización es sensible al pH con un pH óptimo a 5. más bajo que 5 resultará en mutarrotación hacia los tautómeros no cristalizables. Más alto que 8 resulta en caramelización y el cristal será decolorado. El pH debe ser controlado con la adición de jugo de limón o ácido clorhídrico. (DÍAS M. y otros. 2003). ”

Bucaramanga, 23 de junio del 2006 (<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/515/2/120091.pdf>)

Badui (2006) sostiene que además de ser soluble en agua y difícil de cristalizar, la fructosa ejerce un efecto inhibitor sobre la cristalización de mono y oligosacáridos, por lo que los jarabes invertidos se emplean en confitería.

La textura y el lustre o brillantez de los chocolates y los dulces se debe en gran medida a la relación de concentraciones de los azúcares amorfos y cristalinos. La relación de éstos es importante, por ejemplo, si la humedad no es la adecuada en los chocolates y, si en su formulación sólo se empleó sacarosa, ésta se disuelve, migrando a la superficie del producto para cristalizar y producir una mancha blanquecina conocida como *sugar bloom*, que dota al producto de una textura arenosa y una apariencia desagradable; ésta situación puede evitarse si se emplea azúcar invertido en la formulación.

## **Azúcar invertido**

Badui (2006) explica que se conoce con este nombre a la mezcla de azúcares producida cuando la sacarosa se hidroliza, química o enzimáticamente. El adjetivo “invertido” se refiere al cambio del poder rotatorio que se observa durante dicha hidrólisis: la sacarosa es dextrorrotatoria (+66°), pero al transformarse en glucosa (+52°) y en fructosa (-92°), la mezcla resultante desarrolla un poder levorrotatorio (-20°) por la fuerte influencia de la fructosa; es precisamente a este giro de +66° a -20° a lo que se le llama inversión. La producción de azúcar invertido puede lograrse

mediante acción enzimática (el uso de una invertasa) o mediante tratamientos químicos que involucran la ruptura del enlace acetal, adicionando un H del agua a la fructosa y un O a la glucosa.

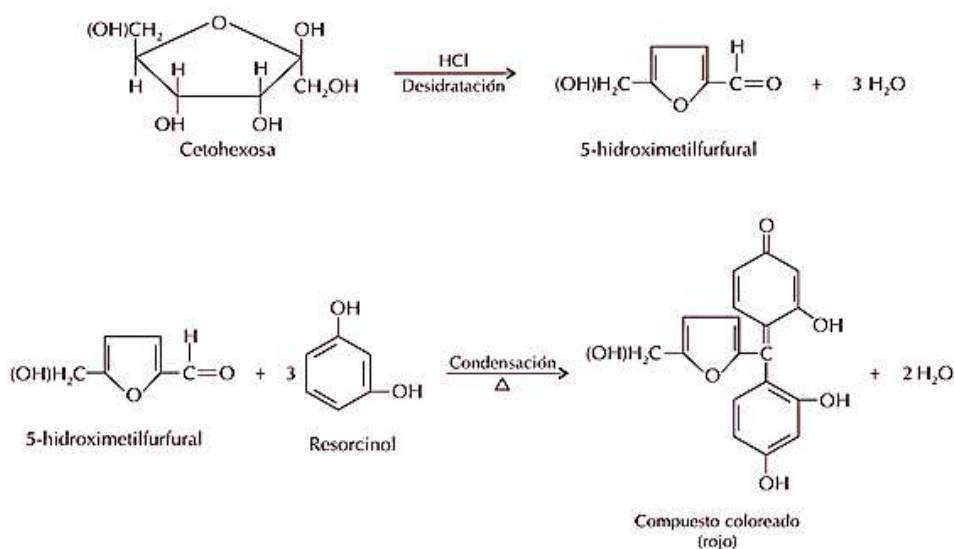
Debido a la presencia de la fructosa, el azúcar invertido es un poco más dulce que la sacarosa. Si consideramos un valor arbitrario de 100 para el poder edulcorante del disacárido, el de la fructosa es de 180 y el de la glucosa de 74; consecuentemente, el del azúcar invertido será el promedio:  $\frac{(180+74)}{2} = 127$ , es decir, el azúcar invertido es 27% más dulce que la sacarosa. Otra de sus características es que no cristaliza, por lo que se emplea en algunos derivados de la confitería; además, es higroscópico, lo cual puede ser una desventaja en algunos casos.

Esta propiedad de los azúcares está directamente relacionada con la facilidad que tienen sus OH de establecer puentes de hidrógeno con el agua, y varía de manera considerable entre los distintos monosacáridos y disacáridos. En algunos azúcares, como la mezcla de  $\alpha$  y  $\beta$ -lactosa, no se presenta una buena hidratación, ya que las dos formas anoméricas actúan entre sí por puentes de hidrógeno, lo que reduce su capacidad de hacerlo con moléculas de agua. (P.51)

### Reactivo de Seliwanoff

Según Quesada (2007) la prueba de Seliwanoff es una reacción para diferenciar cetosas de aldosas; aunque ambas dan la reacción. Los azúcares son distinguidos a través de su función como cetona o aldehído. En esta prueba de Seliwanoff, se utiliza el ácido clorhídrico en la reacción de deshidratación (de los monosacáridos) y el resorcinol (1,3-dihidroxibenceno) en la reacción de condensación del derivado del furfural (el hidroximetilfurfural). Esta es una prueba cualitativa; es decir el medio pasa de incoloro a rojo, para las cetohechosas y aldohexosas. El hidroximetilfurfural (producto de la deshidratación) se forma más rápidamente a partir de cetohechosas y más lentamente a partir de aldohexosas. El tratamiento prolongado de más de quince minutos de duración, provoca la isomerización de la glucosa (aldohexosa) en fructosa (cetohechosas), por lo que también la glucosa puede dar la prueba positiva.

Figura 8 Reacción de Seliwanoff



Fuente Quesada Mora, S (2007). Manual de experimentos de laboratorio para bioquímica (primera edición). San José, Costa Rica: EUNED(p.92)

## **Polarimetría:**

Técnica instrumental que consiste en la determinación del poder rotatorio específico de las sustancias ópticamente activas. Estas sustancias tienen la propiedad de girar el plano de la luz polarizada. La luz es una radiación electromagnética que posee campos vectoriales oscilantes en planos perpendiculares. Normalmente se representa la onda luminosa en uno de sus componentes (onda eléctrica).

Las sustancias ópticamente activas son las que presentan isomería óptica, es decir los enantiómeros (moléculas asimétricas). Los isómeros ópticos son imágenes especulares de uno de otro

En las mezclas, el poder rotatorio total es la suma de los poderes rotatorios de todos los componentes. En el caso particular de que tengamos una mezcla equimolar de los dos enantiómeros de un compuesto ópticamente activo, su poder rotatorio total será 0.

La mezcla racémica es la mezcla de isómeros ópticos con 50% de levógiro y 50% de dextrógiro (ópticamente inactiva).

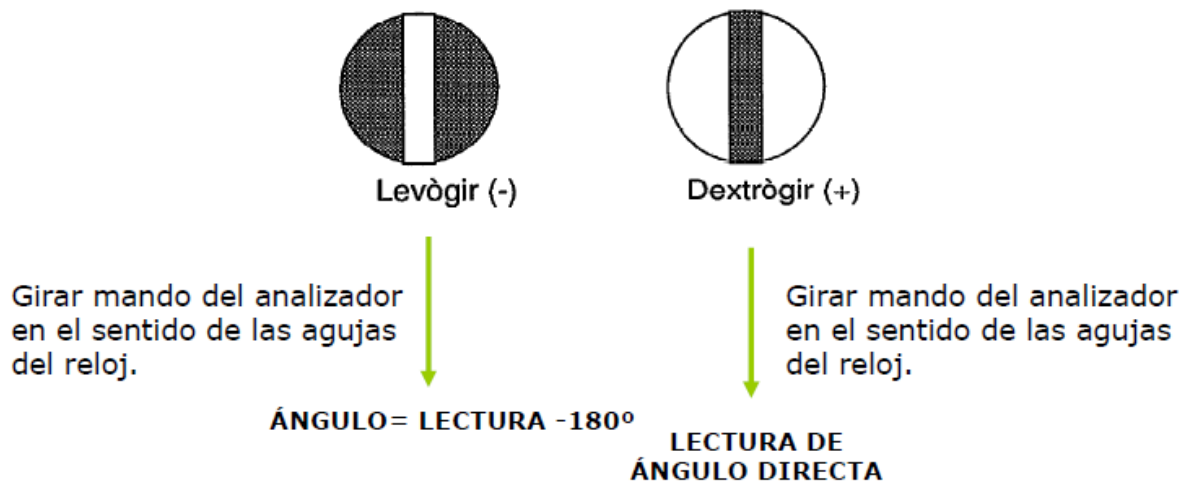
### **Actividad óptica**

- 1) Es la capacidad de hacer girar el plano hacia la luz polarizada
  - 2) Lo presentan los enantiómeros puros o mezclas no equimolares
  - 3) los compuestos enantiméricos presentan actividad óptica dextrorrotatoria y levorrotatoria.
  - 4) Rotación dextrorrotatoria (+) en sentido horario
  - 5) Rotación levorrotatoria (-) en sentido anti horario
  - 6) La rotación específica es la única propiedad física que diferencia a un par de enantiómeros
- Funcionamiento del polarímetro

Una vez introducida la muestra en el polarímetro, se observa lo siguiente a través del ocular del mismo

(<http://myslide.es/documents/polarimetria-tecnica-instrumental-que-consiste-en-la-determinacion-del-poder-rotatorio-especifico-de-las-sustancias-opticamente-activas-estas-sustancias.html>)

Figura 9 Explicación del funcionamiento del polarímetro.



(<http://myslide.es/documents/polarimetria-tecnica-instrumental-que-consiste-en-la-determinacion-del-poder-rotatorio-especifico-de-las-sustancias-opticamente-activas-estas-sustancias.html>)

Figura 10 Fórmula de rotación específica:

$$[\alpha]_D^t = \frac{100\alpha}{lc}$$

$\alpha$  = rotación observada en grados

$l$  = longitud de la celda en dm ,

$c$  = concentración en g soluto/100 ml de solución

$D$  = longitud de onda (nm) igual a 589 nm (línea D del Na)

$t$  = temperatura a la cual se realizó la medición

(<http://myslide.es/documents/polarimetria-tecnica-instrumental-que-consiste-en-la-determinacion-del-poder-rotatorio-especifico-de-las-sustancias-opticamente-activas-estas-sustancias.html>)

## Materiales/sustancias/soluciones:

### Materiales para la extracción y cristalización de la fructosa

- Balanza auxiliar
- Bandeja
- Vaso de bohemia
- Embudo buchner
- Bomba de vacío
- Papel de filtro
- Termómetro

- Juguera
- Espátulas
- Plancha calefactora
- Manta calefactora
- Cocina domestica
- Embudo
- Probeta
- Equipo de destilación
- Medias de nylon
- Cuchillo
- Bol
- Olla
- Cristalizador

### **Sustancias y soluciones**

- Muestra de manzana roja
- Agua
- Alcohol etílico 96%
- Reactivo de Seliwanoff

### **Materiales para polarimetría**

- Polarímetro
- Probeta de 50 mL
- Tubo polarímetro
- Vaso de bohemia
- Matraz de 250,00mL
- Balanza analítica
- Pipeta Pasteur

### **Sustancia**

- Carbón activado
- Fructosa ppa

### **Procedimiento**

- 1) Pelar las manzanas.
- 2) Cortarlas en trozos pequeños y masar 1000 gramos de manzana.
- 3) Con los trozos se procede a pasarlas por una juguera para obtener así la fruta procesada.
- 4) Colocarlas en agua caliente y dejar macerar durante 30 minutos haciendo así que la fructosa se disuelva en el solvente polar que es el agua, obteniendo así una mezcla.
- 5) La mezclase separa mediante filtrados.
  - a) Primero con una media de nylon varias veces.
  - b) Luego con algodón.

- c) Para finalizar con un filtrado al vacío con un embudo buchner.
- 6) Al filtrar se separa la fase líquida de la sólida. La fase líquida contiene la fructosa, por cual se utilizará para continuar con la práctica.
  - 7) El líquido obtenido luego de la filtración es mayormente agua por lo que se evapora a fuego directo, controlando que no sobrepase °C para no descomponer la fructosa ya que esta se descompone a una temperatura entre 102 y 104°C. De esta evaporación se obtiene un jarabe de fructosa concentrada.
  - 8) Después a ese jarabe agregar etanol para generar una sobresaturación y hacer así que precipite la fructosa, esto es ayudado por la incorporación de unos cristales de fructosa sólida de calidad ppa, este proceso es llamado nucleación.
  - 9) Después del agregado de fructosa agitar brevemente y se deja reposar en la heladera para favorecer la cristalización esperar unos días debido a que el proceso que se da es lento por lo tanto los cristales demoraran en formarse.
  - 10) Filtrar por gravedad el jarabe con papel de filtro
  - 11) Al residuo líquido hacerle la prueba Seliwanoff (si da positivo utilizar el líquido para la recolección de fructosa, si da negativo descartarlo)
  - 12) Para la recolección de fructosa en el líquido se utiliza el método de destilación simple.
  - 13) Luego del destilar medir el volumen del jarabe obtenido colocar carbón activado para la decoloración.
  - 14) Luego de la decoloración filtrar por gravedad varias veces hasta obtener un líquido cristalino, con el cual se puede proceder al tratamiento de datos por polarimetría.
  - 15) Masar el sólido obtenido en la filtración, para obtener constancia de masa de lo que se extrajo en el jarabe.
  - 16) Cálculos para preparar una solución que tenga una concentración que se encuentren dentro del rango de la curva.

## **Preparación de la solución de fructosa ppa al 20%*m/v***

### **Técnica:**

- 1) Calcular la masa de fructosa necesaria para preparar 250,00mL de una solución de fructosa de concentración 20%*m/v* (0,20g/mL)
- 2) Medir la masa calculada y transferirla con cuidado a un matraz aforado de 250,00mL.
- 3) Agregar agua destilada hasta aprox  $\frac{3}{4}$  partes de la capacidad del matraz y agitar hasta disolución total del soluto.
- 4) Agregar agua destilada hasta casi el aforo, secar el cuello del matraz y aforar con cuenta gota.
- 5) Tapar el matraz e invertirlo varias veces para homogeneizar.
- 6) Identificar esta solución como C1, solución madre.

### **Parte B- Diluciones**

#### **Técnica:**

- 1) Medir con probeta graduada 40,00mL la solución madre y trasvasar a vaso de bohemia.
- 2) Agregar 10,0mL de agua destilada y agitar hasta homogeneizar.

- 3) Calcular la concentración de esta solución en g/mL e identificarla como C2. 1
- 4) Repetir los pasos 1,2 y 3 para preparar las siguientes soluciones:
  - C3 \_ 30,0mL de la solución madre + 20,0 ml de agua destilada
  - C4 \_ 20,0 mL de la solución madre + 30,0 mL de agua destilada
  - C5 \_ 10,0 mL de la solución madre + 40,0 mL de agua destilada
- 5) Calcular la concentración en g/mL de todas las soluciones preparadas.

### Parte C- Determinación del “cero” del polarímetro

- 1) Cargar el tubo con agua destilada
- 2) Secar con papel absorbente por fuera del tubo.
- 3) Colocar el tubo en la porta tubo del instrumento.
- 4) Colocar el analizador y girarlo suavemente hasta observar mínima intensidad luminosa.
- 5) Ajustar la escala girando suavemente el disco graduado hasta coincidir el cero de la escala.
- 6) Repetir los pasos anteriores con el resto de las soluciones yendo de menor a mayor concentración de las mismas.

### ACTIVIDAD 1:

- a) Graficar el  $\alpha$  observado en función de la concentración (g / mL).
- b) Obtener la ecuación de la curva del gráfico.
- c) Determinar el poder rotatorio específico de la fructosa y compararlo con el teórico.  $[\alpha]_D^{20} = -92,50^\circ$  teórico.

### Recolección y análisis de datos:

#### Cálculos previos:

Cálculos de las concentraciones de las diluciones:

$$C1.V1 = C2.V1$$

$$C2 = \frac{20\% \times 40mL}{50mL} = 16\%$$

$$C3 = \frac{20\% \times 30mL}{50mL} = 12\%$$

$$C4 = \frac{20\% \times 20mL}{50mL} = 8\%$$

$$C5 = \frac{20\% \times 10mL}{50mL} = 4\%$$

Cálculos para la masa de la solución madre:

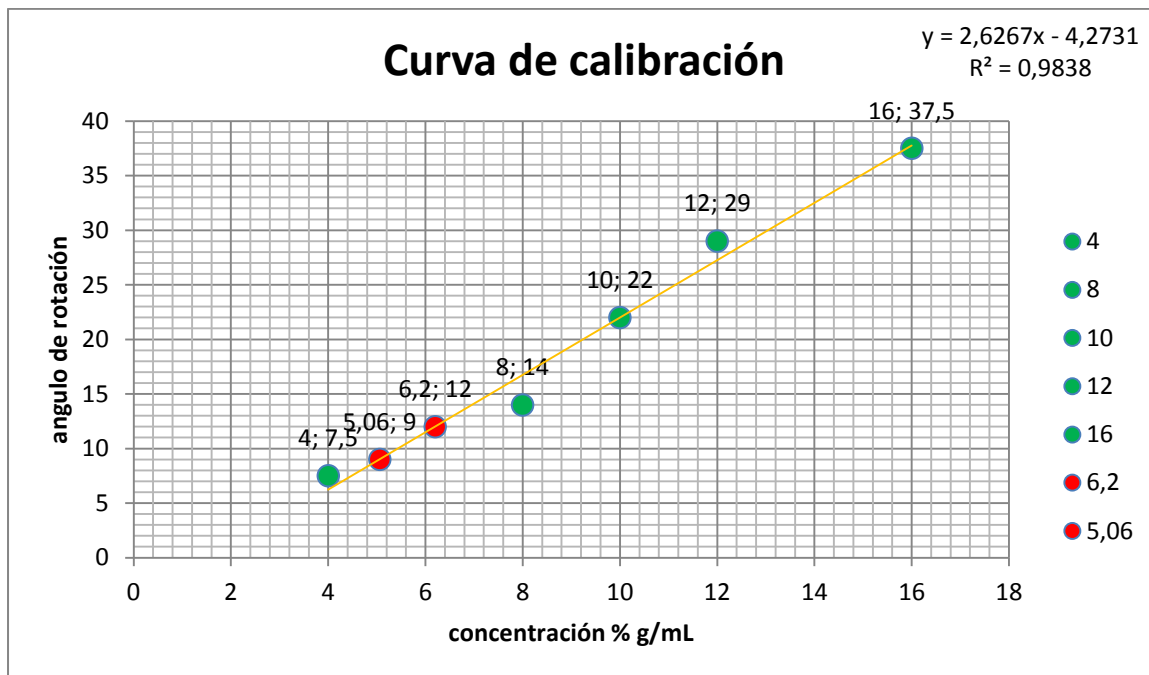
$$20 \text{ gramos}_{100mL}$$

$$x = 50 \text{ } 250mL$$

## Tabla de calibración de polarimetría de la fructosa ppa

	Ángulo experimental ( $\alpha_{exp}$ )	Ángulo $\alpha$ ( $\alpha_{exp} - 180$ )	Concentración (g/mL)
5	172.5	7,5	4
4	166	14	8
3	158	22	12
2	150.9	29,10	16
1	142.5	37,5	20

## Curva de calibración



Los valores en rojo son los experimentales obtenidos del jarabe de fructosa

## Cálculos del ángulo de rotación de la fructosa ppa

$$\alpha = \frac{\alpha}{C \text{ g/mL} \times l}$$

$$\alpha 1 = \frac{37,50}{0,20 \text{ g/mL} \times 2 \text{ dm}} = -93,75^\circ \quad \alpha 2 = \frac{29,10}{0,16 \text{ g/mL} \times 2 \text{ dm}} = 93,9375^\circ$$

$$\alpha 3 = \frac{22,00}{0,12 \text{ g/mL} \times 2 \text{ dm}} = 91,66^\circ$$

$$\alpha 4 = \frac{14,00}{0,08 \text{ g/mL} \times 2 \text{ dm}} = 87,50^\circ \quad \alpha 5 = \frac{7,50}{0,04 \text{ g/mL} \times 2 \text{ dm}} = 93,75^\circ$$



Promedio:

$$\frac{93,75^\circ + 90,9375^\circ + 91,66^\circ + 87,50^\circ + 93,75^\circ}{5} = 91.52^\circ$$

Valor teórico de la fructosa 92,50° es a 20°C.

### Cálculos del ángulo de rotación del jarabe de fructosa

	Angulo experimental $\alpha_{(exp)}$	Angulo $\alpha$ ( $\alpha_{(exp)}-180$ )	Concentración (g/mL)
1	168	12	6.2
2	171	9	5.06

$$\alpha = \frac{12,00}{0,062 \frac{g}{mL} \times 2dm} = 96,77^\circ$$

$$\alpha = \frac{9,00}{0,0506 \frac{g}{mL} \times 2dm} = 88,93^\circ$$

### Cálculo de la masa obtenida de fructosa

$$\% m/v = \frac{m_{soluto}}{v \text{ solución mL}} \times 100$$

$$masa \text{ soluto} = \frac{\% m/v \times v \text{ solución mL}}{100}$$

$$masa \text{ soluto} = \frac{6.20 \frac{g}{mL} \times 140 \text{ mL}}{100} = 8.68 \text{ g de fructosa}$$

$$masa \text{ soluto} = \frac{5.06 \frac{g}{mL} \times 140 \text{ mL}}{100} = 7.08 \text{ g de fructosa}$$

### Error de la curva

$$20\% \times \left( \frac{0.0001g}{50.0885g} + \frac{0.150mL}{250mL} \right) = 0.012039929\%$$

$$16\% \times \left( \frac{0,012\%}{20\%} + \frac{0,05mL}{50 \text{ mL}} \right) = 0.026\%$$

$$12\% \times \left( \frac{0,012\%}{20\%} + \frac{0,05mL}{50 \text{ mL}} \right) = 0.019\%$$

$$8\% \times \left( \frac{0,012\%}{20\%} + \frac{0,05mL}{50 \text{ mL}} \right) = 0.013\%$$

$$4\% \times \left( \frac{0,012\%}{20\%} + \frac{0,05mL}{50 \text{ mL}} \right) = 0.0064\%$$

## **Discusión:**

Los resultados obtenidos fueron en base al jarabe obtenido de 1 kg de manzana. Al realizar la técnica se tuvieron varias pérdidas de masa (en la juguera y en el filtrado con el papel de filtro) por lo que no se puede realizar una conclusión que relacione la cantidad de fructosa extraída en 1 kg de manzana. Sí podemos concluir que lo que se extrajo fue un jarabe con fructosa por los diferentes procedimientos de determinación que se realizaron durante este experimento, como la prueba de Seliwanoff y la medición de ángulo de rotación con el polarímetro.

Otra posible fuente de error que se generó en el experimento fue que al realizar la sobresaturación con etanol se utilizó un etanol 96% el cual tenía un 4% de agua la cual pudo interferir con la concentración del jarabe, además cabe aclarar que se realizó la comprobación de la concentración del etanol debido a la gran cantidad de jarabe obtenido y se logró verificar al medir la densidad que este era 76%.

No podemos aclarar en qué condiciones obtuvimos las medidas porque no se tuvo en cuenta la temperatura ni la presión ese día.

Por último podemos agregar que al realizar la medición con el polarímetro se obtienen errores por el operador que son difíciles de cuantificar.

## **Conclusión:**

Como resultado de esta investigación es posible concluir que el jarabe obtenido contenía fructosa.

El valor teórico del ángulo de rotación de la fructosa es  $92.5^\circ$ , los resultados en esta investigación fueron en dos muestras de 140 mL cada una. El primer valor del ángulo de rotación de la fructosa fue de  $96.77^\circ \pm 1\%$  y el segundo ángulo de rotación fue de  $88.93^\circ \pm 1\%$  con estos datos podemos concluir que en cada muestra de 140 mL de jarabe hay  $(8.68g \pm 1\%)$  y  $(7.08g \pm 1\%)$  de fructosa respectivamente según los cálculos efectuados.

## **Perspectiva:**

Como perspectiva futura se puede considerar la extracción y cuantificación de otros glúcidos presentes en la manzana, también se puede proceder a buscar un método más efectivo para la cuantificación de fructosa mediante otros métodos en donde no se tengan tantas pérdidas como los que se efectuaron en esta investigación.

## Bibliografía:

- Badui Dergal, S (2006). Química de los alimentos (cuarta edición). México: Pearson.
- Quesada Mora, S (2007). Manual de experimentos de laboratorio para bioquímica (primera edición). San José, Costa Rica: EUNED.

## Páginas web:

- 15 de marzo del 2011 LABOX, [https://www.labbox.com/FDS/ES/ES\\_Charcoal%20activated%20powder%20Analytical%20Grade\\_CHAR-PWA-500\\_FDS\\_20110315\\_LABKEM\\_.pdf](https://www.labbox.com/FDS/ES/ES_Charcoal%20activated%20powder%20Analytical%20Grade_CHAR-PWA-500_FDS_20110315_LABKEM_.pdf)
- 28 de marzo de 2013 LABOX, [https://labbox.com/FDS/ES/ES\\_D\(-\)-Fructose%20Analytical%20Grade\\_FRUC-00A-250\\_FDS\\_20130528\\_LABKEM\\_.pdf](https://labbox.com/FDS/ES/ES_D(-)-Fructose%20Analytical%20Grade_FRUC-00A-250_FDS_20130528_LABKEM_.pdf)
- Recuperado 13 de octubre 2015 [https://www.carlroth.com/downloads/sdb/es/9/SDB\\_9065\\_ES\\_ES.pdf](https://www.carlroth.com/downloads/sdb/es/9/SDB_9065_ES_ES.pdf)
- Recuperado 30 de octubre de 2016 [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1985\\_06.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1985_06.pdf)  
Recuperado el 28 Oct. 2016 16:03:07 GMT. Del sitio web:
- <http://www.redondofrutas.com/Html/NuestrosProductos/Manzana.html>  
Recuperado el 29 Oct. 2016 14:39:25 GMT. Del sitio web:
- <http://www.abc.es/20110413/sociedad/abci-manzana-colesterol-201104131041.html>
- 20 de febrero de 2015, <http://myslide.es/documents/polarimetria-tecnica-instrumental-que-consiste-en-la-determinacion-del-poder-rotatorio-especifico-de-las-sustancias-opticamente-activas-estas-sustancias.html>
- <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3143/pfc5012.pdf;jsessionid=0109A2F6EA40D337214AC4179A6C924B?sequence=1>
- Fuente de la imagen de la caratula recuperado el 28 Oct. 2016 20:06:10 GMT. [http://comohacerpara.com/hacer-un-delicioso-postre-de-manzana\\_7394c.html](http://comohacerpara.com/hacer-un-delicioso-postre-de-manzana_7394c.html)

# Anexos

# Anexo 1

---

## **PERDIDAS OBTENIDAS DURANTE LA PRÁCTICA:**

- 1) Al trasvasar las manzanas del recipiente en las que se midió su masa probablemente se halla perdido algo de masa.
- 2) Cuando se colocaron en la juguera se constató que habían trozos que no se habían procesado.
- 3) Al macerar se perdió zumo porque no se logró pasar todo lo que había en la olla.
- 4) Al filtrar con el buchner se perdió zumo debido a que el papel de filtro se saturaba y al trasvasar de un lado al otro se perdía el zumo que absorbió el papel.
- 5) Al constatar que este no era un método eficaz se procedió al filtrado con media de nylon y algodón donde también se perdió zumo.
- 6) Al preparar el jarabe de fructosa a fuego directo no se logró obtener todo el jarabe de la olla porque este quedó muy espeso y quedaron restos adheridos a la olla.
- 7) Luego se procedió a la cristalización con etanol y se separó en los cristalizadores y luego al recogerlos algo de muestra se perdió.
- 8) Se filtró por gravedad y se le realizó la prueba de Seliwanoff al líquido y al dar positivo se procedió a medir el volumen, decolorar y realizar la medición del ángulo de rotación, pero se perdió parte de la muestra al trasvasar el líquido de un lado a otro y en el papel de filtro.

## Anexo 2

---

### Variedades de manzanas:

Según Redondo Frutas y Hortalizas, S.L:

**Braeburn:** El tamaño de esta variedad es mediano. La piel estriada de color rojo sobre fondo verde. Su carne es fuerte y ligeramente ácida.

**Fuji:** Variedad de tamaño mediano y forma redondeada. Piel de color rosa pálido sobre fondo verde. Su carne es crujiente y de sabor intenso, dulce, aromático, muy jugoso y refrescante.

**Gloster:** De tamaño mediano y forma troncónica, un poco irregular. La piel es lisa de color rojo-rosado y frecuentemente conserva una parte verde. Su carne es crujiente, fina, jugosa y ligeramente ácida.

**Golden:** La variedad más popular. Si está un poco verde ésta resulta crujiente, jugosa, ligeramente ácida y con un delicado perfume. Al madurar es más amarilla, tierna, dulce y aromática. Su piel suele presentar lenticelas bien marcadas y en ocasiones puede ser rugosa.

**Golden Supreme:** Es atractiva, de piel verde con tonalidades rosadas en una de sus caras. Su forma es globosa y su carne crujiente, jugosa, ligeramente ácida y muy aromática.

**Granny Smith:** Esta variedad es de color verde brillante, incluso si está madura. Su carne es blanca y crujiente. Poco azucarada, de suave aroma, muy ácida y jugosa.

**Red Chief:** Variedad de piel brillante. Color rojo intenso y con estrías en todo el fruto. Su forma es alargada con lóbulos muy marcados. La pulpa es tierna y consistente. Es poco aromática pero de sabor dulce.

**Reineta:** Esta variedad tiene forma achatada y piel verde-amarronada. Su sabor es delicadamente ácido. Son perfectas para hacerlas al horno o azadas.

**Reineta Gris:** Esta variedad es de forma aplanada y piel de color gris dorado. La carne es muy perfumada, de un sabor dulce y ácido a la vez. Su piel es dura y áspera.

**Royal Gala:** Calibre mediano y homogéneo, forma un poco alta y troncónica, enteramente estriada de color rojo carmín. Su carne es amarilla, crujiente, fuerte, jugosa y dulce. La variedad "Mondial Gala" posee unas características muy similares, pero con una coloración más intensa.

**Starking:** Esta es una variedad de piel brillante y color verde amarillento con estrías rojas. Posee una pulpa blanca, tierna, consistente y de sabor dulce.

**Verde Doncella:** Esta variedad de manzana tiene forma aplanada y la piel de color amarillo-blanquecino. Su sabor es extremadamente dulce y la textura de la pulpa un poco harinosa. Consumida bien fría es deliciosa.

(<http://www.redondofrutas.com/Html/NuestrosProductos/Manzana.html>)

# Anexo 3

---

## Medidas de seguridad.

### Etanol



P 210: Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

P 233: Mantener el recipiente herméticamente cerrado.

H 225: Líquido y vapores muy inflamables.

H 319: Provoca irritación ocular grave.

P305+P351+P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

### Fructosa ppa

P102: Manténgase fuera del alcance de los niños.

P202: No manipule la sustancia antes de haber leído y comprendido todas las precauciones de seguridad.

### Reactivo de Seliwanoff (resorcinol):



H 302: Nocivo en caso de ingestión.

P 260: No respirar el polvo/ el humo/ el gas/ la niebla/ los vapores/ el aerosol.

P 273: Evitar su liberación al medio ambiente.

P 280: Llevar gafas/ máscara de protección.

P308 + P311: SI SE EXPUSO o está afectado: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico

# Anexo 4

---



Pelado de manzana



Extracción de jugo



Jugo y pulpa



Maceración



Filtrado con media de nylon



Filtrado con algodón



Filtrado con buchner



Luego del filtrado



Evaporación del agua





Preparación del jarabe de fructosa



Filtrado del jarabe



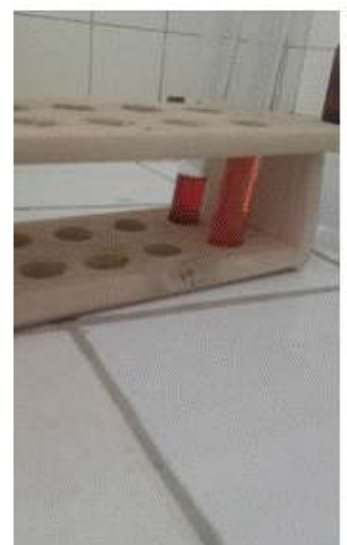
Preparación de cristalización



Cristalización en heladera



Filtrado



Prueba de seliwanoff



Destilación



Jarabe obtenido  
luego de la  
destilación



Carbón activado



Tubo del  
polarímetro



Polarímetro