

El Azúcar



[By valerialaura by CC-NC-SA](#)

1.1. INTRODUCCIÓN

La sacarosa es el nombre que los químicos le damos a lo que comúnmente se conoce como azúcar, su fórmula química general esta compuesta por doce átomos de carbono, veintidós átomos de hidrogeno y once átomos de oxigeno (C₁₂H₂₂O₁₁). Esta molécula pertenece a la familia de moléculas conocida como carbohidratos o **hidratos de carbono**.

En concreto, la **sacarosa es un disacárido** un azúcar compuesto por **dos unidades de azúcar mas pequeñas** que se encuentra enlazadas, glucosa y fructosa.

La sacarosa es el azúcar mas común utilizado en la cocina y es por eso que se le denomina como azúcar, pero nada mas lejos de la realidad, la familia de los azucares agrupa una gran **variedad de moléculas de un amplio rango de tamaños**.

Los azucares se pueden también llamar carbohidratos o hidratos de carbono ya que están compuestos por átomos de **carbono y por cada uno de estos átomos, en los monosacáridos incorpora una molécula de agua**.

Por ejemplo la **fórmula molecular** de los carbohidratos con **seis átomos** de carbono:



1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS AZUCARES: AZUCARES SIMPLES Y AZUCARES COMPLEJOS

Los carbohidratos son una familia de moléculas muy importante para los seres vivos y que se encuentra en muchas formas en los productos de alimentación, estos desempeñan un amplio número de funciones biológicas en los seres vivos.

Los azúcares simples son un **aporte energético** para los seres vivos. Por otra parte, los polímeros o los polisacáridos de carbohidratos realizan funciones **estructurales** (fibras alimentarias de celulosa), en el DNA/RNA almacenamiento de **información**, harinas o almidón para el **almacenamiento de energía**, a parte de muchas otras funciones biológicas. Es por esto que los azúcares presentes en los alimentos, cumplen muchas funciones además de la meramente gastronómica.

Así, los carbohidratos se pueden agrupar como **azúcares simples** o monosacáridos y disacáridos, y **azúcares complejos** o trisacáridos y cadenas con mayor número de sacárido. Es decir, cuando la cadena posee hasta diez unidades de sacárido se denominan oligosacáridos, y aquellas cadenas que presentan más de diez unidades de sacáridos se denominan polisacáridos.

Azúcares Simples



Monosacáridos



Disacáridos

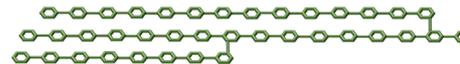
Azúcares Complejos



Oligosacáridos (3-10)



Polisacáridos (>10)



1.2.1. AZUCARES SIMPLES

Los azúcares simples, en este caso monosacáridos, son las **piezas fundamentales** sobre las que se articulan todo el resto de azúcares.

En la tabla 1 se muestran los principales azúcares monosacáridos, desde los más simples a los más complejos con 6 átomos de carbono:

Los azúcares monosacáridos se pueden **agrupar en base a distintas propiedades** o características:

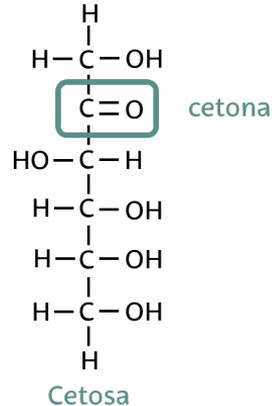
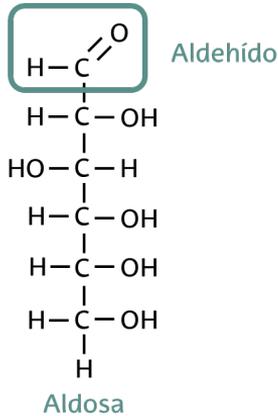
- 1.2.1.1. Aldosas o Cetosas
- 1.2.1.2. Lineales y Cíclicos (Furanosas o Piranosas)
- 1.2.1.3. Los distintos Epímeros
- 1.2.1.4. Anómeros α y β
- 1.2.2.5. Enantiómeros

Tabla 1: Azúcares monosacáridos.

Aldosas: Cadena lineal que acaba en un aldehído	Cetosas: Cadena Lineal que finaliza en una cetona	Familia	Número de Carbonos:
Gliceraldehído	Dihidroxiacetona	Triosas	$3 \cdot (C+H_2O) = C_3H_6O_3$
Eritrosa, Treosa	Eritrulosa	Tetrosas	$4 \cdot (C+H_2O) = C_4H_8O_4$
Ribosa, Arabinoasa, Xilosa, Lixosa	Ribulosa, Xilulosa	Pentosas	$5 \cdot (C+H_2O) = C_5H_{10}O_5$
Alosa, Altrosa, Glucosa , Manosa, Gulosa, Galactosa , Talosa	Sicosa, Fructosa , Sorbosa, Tagatosa	Hexosas	$6 \cdot (C+H_2O) = C_6H_{12}O_6$

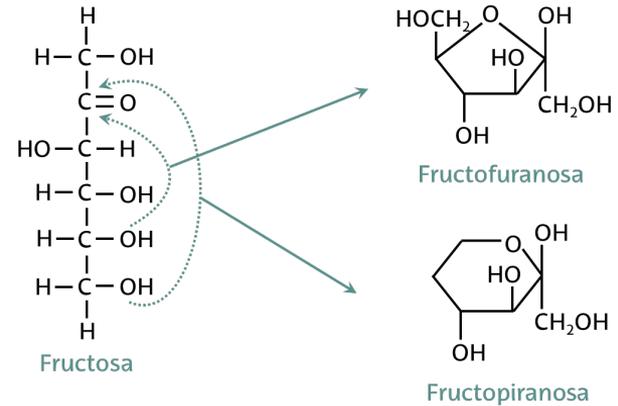
1.2.1. AZUCARES SIMPLES

Aldosas VS Cetosas



Aldosas o Cetosas: En su forma lineal la cadena finaliza con un aldehído o con una cetona.

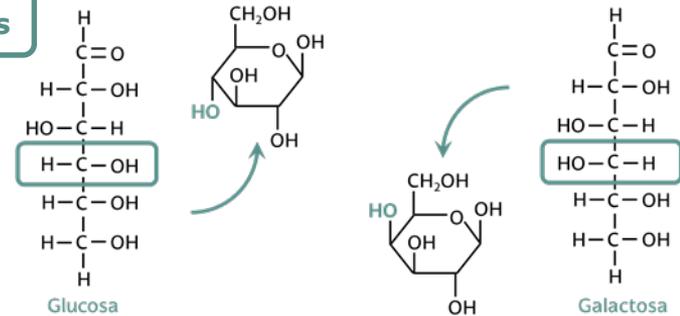
Lineales VS Cíclicos



Lineales y Cíclicos (Furanosas o Piranosas):

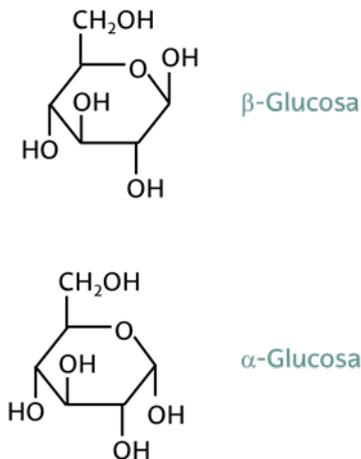
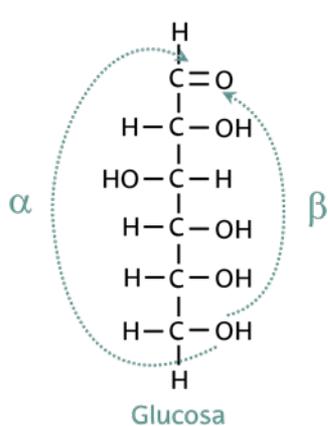
La Piranososa: En su forma ciclada forma un anillo de 6 átomos
La Furanosa: En su forma cíclica forma un anillo de 5 átomos.

Epímeros

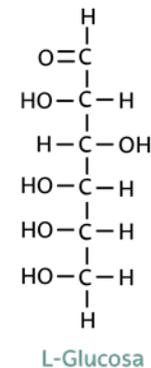
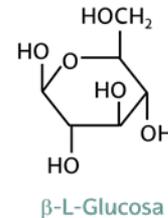
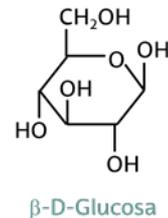
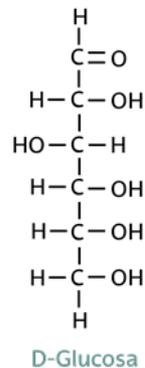


Los **epímeros** son dos moléculas idénticas que difieren en un carbono asimétrico en su forma lineal, en este caso dos monosacáridos idénticos.

Anómeros α y β



Enantiómeros D y L



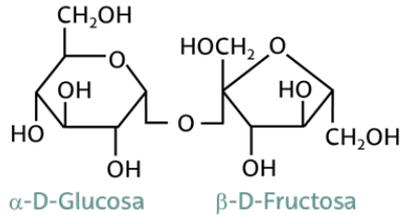
Anómeros α y β : Proviene del mismo carbohidrato que al formar un ciclo da como resultado dos posibles estructuras (α y β) que estas difieren en la posición del grupo hidroxilo.

Enantiómeros: Al no poseer una estructura simétrica los carbohidratos pueden estar ordenados como su imagen especular. Habitualmente en su forma dextrógira los cuales hacen girar la luz polarizada hacia la derecha.

1.2.2. ENLACES ENTRE MONOSACÁRIDOS

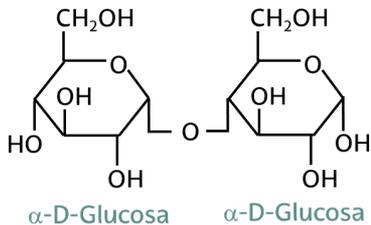
Los monosacáridos se **enlazan** entre si dando lugar a: Disacáridos, Trisacáridos, Oligosacáridos y Polisacáridos.

Los monosacáridos pueden formar **distintos tipos de enlace** entre si dando lugar a sustancias con distintas propiedades químicas (y culinarias).



SACAROSA

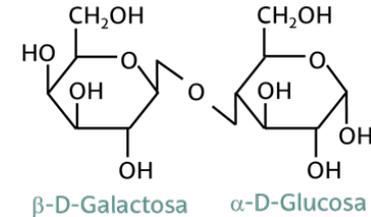
Enlaces α



MALTOSA

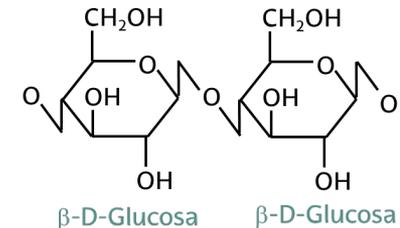


Los **enlaces α** son más fáciles de romper y sencillos de disociar es por eso que son **más digestivos** (izquierda). Los **enlaces β** son más difíciles de disociar, son necesarias la lactasa o la celulosa para poder romper las cadenas. Es por eso que son **menos digestivos** o que no se pueden descomponer por la digestión humana (derecha).



LACTOSA

Enlaces β



CELULOSA

1.2. PROPIEDADES DE LOS AZUCARES: CRISTALIZACIÓN, HIGROSCOPICIDAD, DULZOR RELATIVO

Los azúcares poseen ciertas propiedades o características particulares a nivel molecular.

Desde un punto de vista calórico, su combustión produce aproximadamente una energía de 4 kcal/g



Las siguientes **propiedades de los azúcares** son relevantes en la cocina:

- 1.2.1. Efecto en el sentido del gusto: Dulzor
- 1.2.2. Sólidos cristalinos: soporte estructural
- 1.2.3. Solubilidad en fase acuosa
- 1.2.4. Higroscopicidad y efecto como agente desecante
- 1.2.5. Reaccionan: fermentación y formación de caramelo
- 1.2.6. Propiedades coligativas

1.2.1. EFECTO EN EL SENTIDO DEL GUSTO: DULZOR

El proceso químico que finaliza en la sensación de dulzor que sentimos continua aunque sigue sin conocerse exactamente su origen. Además, este mecanismo complejo puede producir una sensación que varía entre personas.

Además se ha de tener en cuenta que la percepción del dulzor está influida no solo por las personas sino también por otros muchos factores como temperatura y pH. El dulzor disminuye al aumentar de la temperatura, por lo cual en frío se puede conseguir un grado de dulzor igual utilizando menos cantidad.

De todos modos, se puede construir una escala a través de una valoración mediante expertos catadores y una referencia arbitraria donde a la sacarosa se le confiere un valor de 100 en dulzura relativa.

Mediante esta escala se construye la tabla 2 donde se puede observar como entre los azúcares simples el azúcar que produce una sensación de dulzor mayor es la sacarosa solo superado por la fructosa.

Tabla 2: Poder edulcorante de los azúcares mas comunes.

AZÚCAR	DULZOR RELATIVO
lactosa	40
maltosa	50
glucosa	70
sacarosa	100
fructosa	120-170

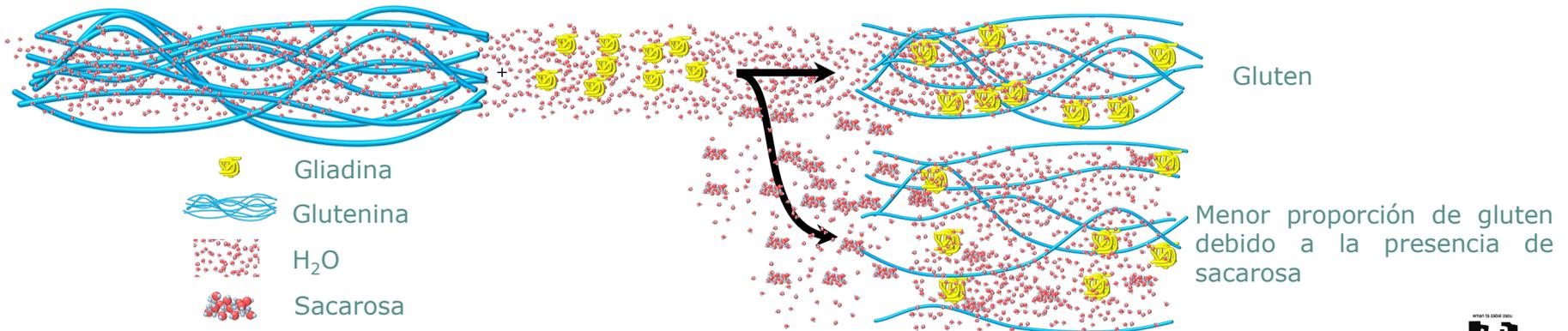
1.2.2. SÓLIDOS CRISTALINOS, SOPORTE ESTRUCTURAL

Los **azúcares forman cristales**, lo que según sea el caso puede ser algo a **favorecer o a evitar** según el uso culinario que se le quiera dar. Hay muchas razones por las que se debe **controlar perfectamente el tipo de azúcar y en que proporción** se añade a una masa, y a continuación se describen algunos ejemplos.

La **crystalización es positiva** en la formación de productos **crujientes** secos como caramelos. Sin embargo hay que **evitar la cristalización en glaseados o helados**, para ello se realiza una **mezcla de sacarosa con otro azúcar** (5-10% de glucosa o fructosa) la cual interfiere dificulta la formación del retículo cristalino.

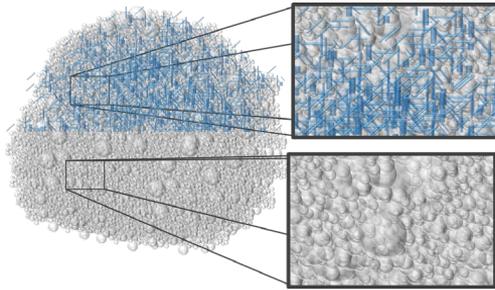
Azúcares diferentes producen efectos diferentes **en los almidones y su gelatinización**. Así, la fructosa interfiere menos que la sacarosa que duplica el tiempo de gelatinización. Cabe decir, que un retraso muy elevado puede evitar la gelatinización y producir el colapso de la masa.

Por otro lado, en la masa quebrada dulce (harina, mantequilla, huevo y azúcar) cuando se le añade poco **azúcar** esta queda dura por no **impedir el desarrollo del gluten** (Figura inferior).



1.2.2. SÓLIDOS CRISTALINOS, SOPORTE ESTRUCTURAL

Otro caso de especial interés es el **merengue**, en él las burbujas de aire son atrapadas por la masa del merengue, pero este no se sostendría si no fuera por la influencia del azúcar que actúa como soporte. Así, la **sacarosa cristalizada actúa como soporte** para las pompas de aire y proteína del huevo, haciendo que la estructura aguante.



Cristales de azúcar actuando de soporte para las burbujas de proteína y agua.

Burbujas solo de proteína y agua: la estructura no es resistente en el tiempo.

Hay diferentes tipos de merengue según de la composición y del modo de preparación:

- **Italiano:** el italiano Gasparini fue el inventor de la receta del merengue en 1720. Se obtiene añadiendo a hilos un almíbar a 118 °C a las claras montadas, poco a poco para que no caramelize. Es un merengue muy estable, denso y brillante por eso se suele utilizar para decorar, glasear y también hornear.
- **Suizo:** se obtiene añadiendo el doble en peso de azúcar a las claras de huevo, y la mezcla se monta a baño maría. Es un merengue denso, usado para decorar tartas, bases y rellenos.
- **Francés:** se produce simplemente montando las claras de huevo y añadiendo azúcar. Como las claras están crudas, este merengue puede soltar líquido y no se conserva para mucho tiempo. Por eso es un merengue ligero y cremoso que es más utilizado para hornear sucesivamente.
- **Japonés:** es igual al merengue francés, pero se añade almendra tamizada. Es el típico merengue que se utiliza en la producción de los *macarons*, y efectivamente va horneado justo después de su elaboración si no baja su textura.



1.2.3. SOLUBILIDAD EN FASE ACUOSA

Los **azúcares poseen una gran solubilidad** en fase acuosa. Esto se debe a la cantidad de grupos hidroxilo (-OH) que tienen. Estos grupos le confieren la polaridad adecuada para interaccionar con el agua.

Son completamente miscibles o solubles en agua. Su afinidad por el agua permite generar lo que se conoce como **siropes** donde al **azúcar se le añade una porción de agua** generando una masa densa y viscosa.

Cada azúcar simple tiene una solubilidad particular, por ejemplo, la lactosa es el azúcar usado en repostería con menor solubilidad. Sin embargo a la hora de cocinar hay que tener en cuenta que los azúcares poco solubles pueden formar pequeños cristales indeseados en distintas recetas.

Para hacerse una idea de la **solubilidad de los azúcares** en la tabla 3 se muestra la solubilidad de la sal común (NaCl) y la de una serie de azúcares utilizados de manera habitual en la cocina. Como se puede observar, la fructosa y la sacarosa superan el 100% de solubilidad en masa.

Tabla 3. Comparativa de solubilidades entre sustancias (20°C, 100 g agua)

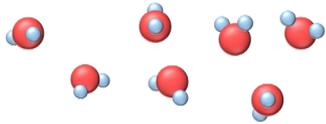
Sustancia	Solubilidad (g)
NaOH	36
Glucosa	69
Sacarosa	204
Fructosa	375

1.2.4. HIGROSCOPICIDAD Y EFECTO COMO AGENTE DESECANTE

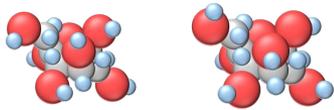
Siguiendo un poco con la afinidad del azúcar por el agua, relacionando con la solubilidad de los azúcares también se encuentra la **higroscopicidad** de la sustancia. La higroscopicidad es la **capacidad de absorber la humedad** o el agua del propio ambiente.

La **fructosa** es una sustancia muy soluble y a la vez **muy higroscópica**. Esta particularidad hace que en ocasiones se use como agente humectante o agente que retiene la humedad en el producto que se está elaborando.

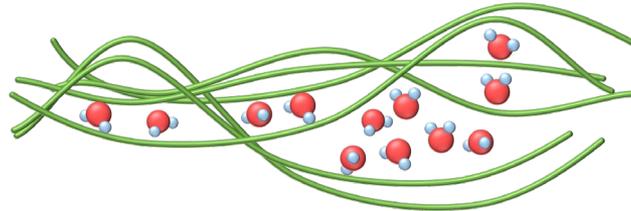
En la **miel** se encuentra una gran proporción de sacarosa y fructosa, como también en los **siropes** que se producen a través de la inversión de la sacarosa (la inversión de la sacarosa es la disociación de esta en fructosa y glucosa). Es por eso que cuando se utiliza **como edulcorante** la miel en las **galletas**, se produce un resultado **mas blando y gomoso** debido al contenido en fructosa de la misma, ya que la humedad es retenida en mayor medida en presencia de fructosa.



Moléculas de agua

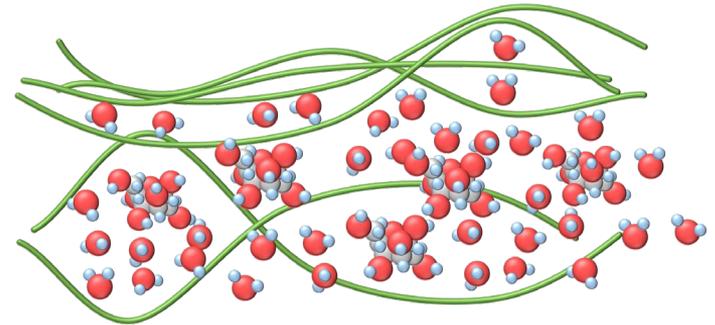


Moléculas de fructosa con rodeadas de agua



Fibras de harina mas flexibles e hidratadas debido a la captura de agua producida por la fructosa: galletas mas **gomosas**.

Fibras de harina poco hidratadas, galletas mas **crujientes**.



1.2.5. REACCIONAN: FERMENTACIÓN Y FORMACIÓN DE CAMELO

Cuando se utilizan azúcares en cocina estos pueden producir **algunas reacciones químicas interesantes**, por un lado pueden producir la **fermentación**:



Esta **reacción produce el dióxido de carbono**, este es el responsable de numerosos procesos en la cocina, por ejemplo de que el **pan se hinche** hace que harina con agua y levadura fermenten como en la reacción que se ha mostrado. Además, la fermentación también se da en otros procesos como el la producción del vino o la cerveza, entre otros.

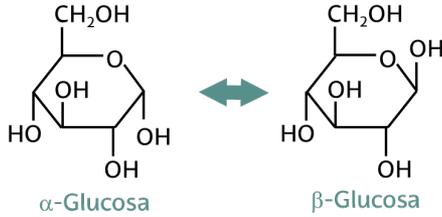
Por otro lado, al calentar los azúcares dan como resultado reacciones de **caramelización**. Estas reacciones producen el caramelo, según el grado de avance de las reacciones y de productos formados, el caramelo puede tomar diferentes aromas y incluso perder una parte de la dulzura. Es decir, los productos formados durante la caramelización aportan aromas, pero al descomponerse el azúcar la sensación de dulce disminuye, esto dependerá del grado de descomposición y del tipo de azúcares presentes.

La caramelización esta compuesta por una **amplia gama de reacciones químicas** que se pueden agrupar de la siguiente manera:

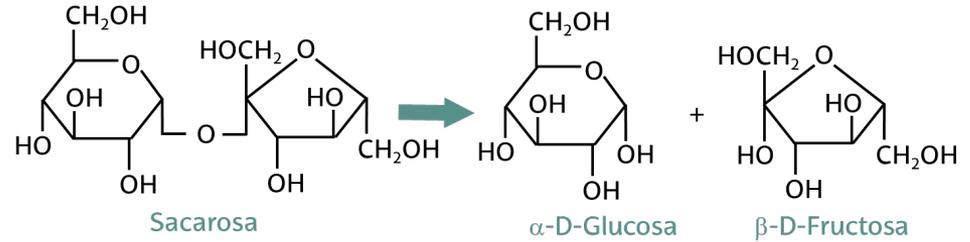
- 1.2.5.1 Equilibrio de formas anoméricas y anillos
- 1.2.5.2 Inversión de la sacarosa a fructosa y glucosa
- 1.2.5.3 Reacciones de condensación y deshidratación
- 1.2.5.4 Formación de enlaces intramoleculares
- 1.2.5.5 Isomerización de aldosas a cetosas
- 1.2.5.6 Reacciones de fragmentación
- 1.2.5.7 Formación de polímeros insaturados (combinación de las reacciones anteriores)

1.2.5. REACCIONAN: FERMENTACIÓN Y FORMACIÓN DE CARAMELO

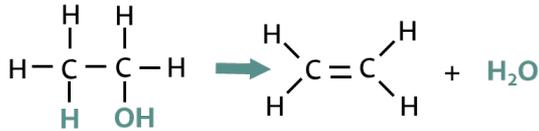
A continuación se muestran unos cuantos ejemplos de reacciones químicas que se dan en el proceso de caramelización:



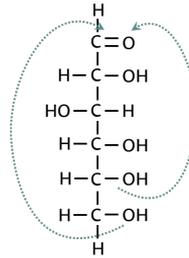
Equilibrio de formas anoméricas y anillos.



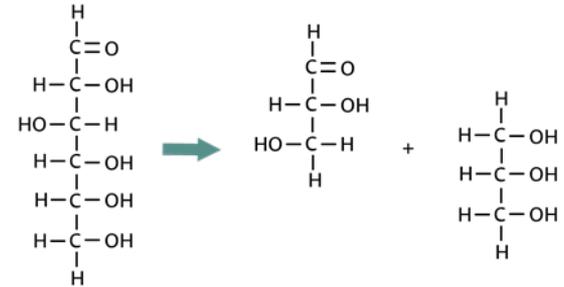
Inversión de la sacarosa a fructosa y glucosa.



Equilibrio de formas anoméricas y anillos.



Formación de enlaces intramoleculares.



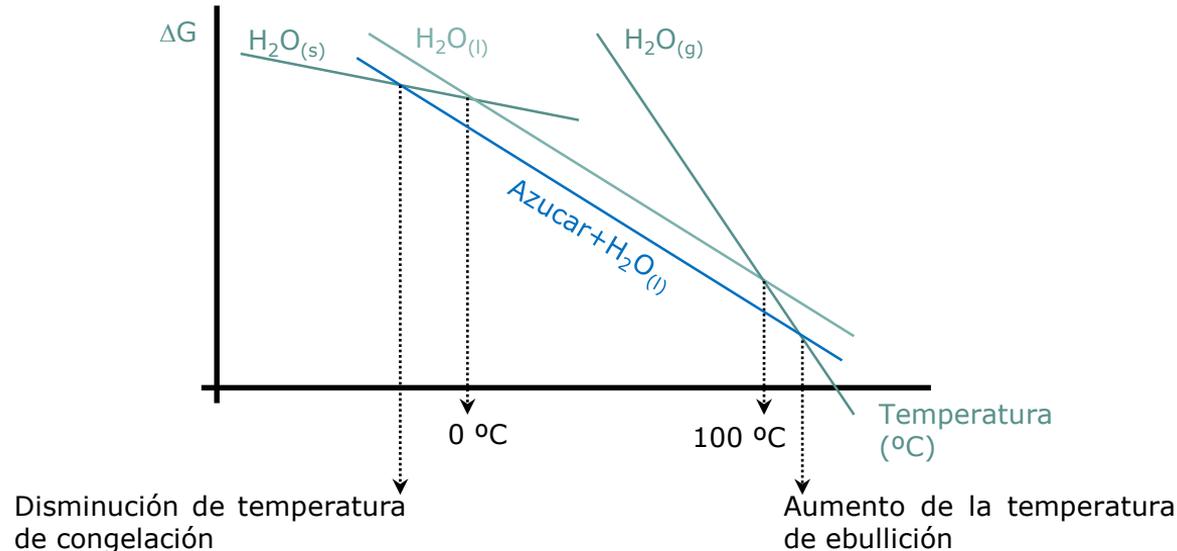
Reacciones de fragmentación.

1.2.6. PROPIEDADES COLIGATIVAS

El **azúcar actúa como un soluto que se disuelve en el agua**, esta disolución sufrirá una variación de sus propiedades químico-físicas.

Como se muestra en el gráfico donde se representa en el eje y la energía libre de Gibbs (ΔG) y en el eje x la temperatura, se pueden observar los valores de las tres **rectas del agua sólida(s), líquida (l) y gaseosa(g)**. La que se encuentra **mas abajo es la que determina el estado** en el que encontraremos el agua. En condiciones normales el agua se **congela a 0 °C y hierve a 100 °C**.

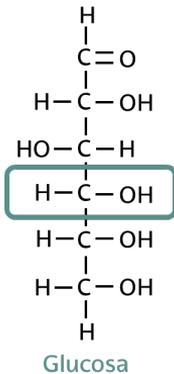
Una disolución de azúcar o **un sirope se congelará a temperatura menores y hervirá a temperaturas mayores**, es un detalle a tener en cuenta tanto si se pretende cocinar calentando como si se desea preparar algún tipo de sirope congelado.



1.3 AZUCARES DE USO ALIMENTARIO

Los azúcares que se utilizan en pastelería, no obstante, tienen las mismas características del punto de vista calórico y nutricional, poseen diferentes peculiaridades que es necesario conocer en detalles para poder diferenciar su uso y obtener así mejores resultados.

1.3.1 MONOSACÁRIDOS: GLUCOSA Y FRUCTOSA



El término **glucosa** (del griego *gleukos*, vino dulce) fue introducido en 1838 por el químico francés André Dumas, refiriéndose al compuesto dulce aislable de la uva, rica en glucosa.

Del punto de vista culinario, este azúcar ha adquirido una importancia mayor solo en el último siglo, cuando se ha desarrollado su producción a gran escala para el uso alimentario.

Antaño se utilizaba en su lugar la miel, que contiene glucosa y fructosa, o se producía directamente en la receta impulsando la hidrólisis de la sacarosa en ambiente ácido (como veremos posteriormente en la sección sobre el azúcar invertido).

Imagen propia

A nivel industrial, la glucosa se produce del almidón que viene tratado con ácidos y enzimas.

Las características principales de la glucosa son: menor poder endulzante respecto a la sacarosa, solubilidad inferior respecto a la sacarosa y fructosa, sabor distinto que tiende a desprender frescura en la boca.

La glucosa se puede encontrar comercializada bajo el nombre de dextrosa (introducido en 1866 por el químico Kekulé) como sólido cristalino, anhidro o monohidrato. Otro nombre comercial es azúcar de uva.

1.3.1 MONOSACÁRIDOS: GLUCOSA Y FRUCTOSA

La **fructosa** (antiguamente conocida como levulosa) se encuentra en grandes cantidades en la miel y en la fruta.

La que hoy en día se encuentra comercializada, se obtiene a partir del almidón de maíz, que se transforma en glucosa gracias a algunos enzimas y después se convierte parcialmente en fructosa. Finalmente, el sirope que se produce se separa, se seca y se vende como fructosa casi pura, siendo el proceso de producción mas largo y costoso en comparación con la sacarosa, por lo que su precio por kilo es mas alto.

La característica principal de la fructosa es su mayor poder endulzante.

Además el “perfil gustativo” de la fructosa es diferente al de la sacarosa: su sabor llega mas rápidamente y con mayor intensidad, y se disipa antes. Por eso, en cocina se suele utilizar con preparaciones a base de fruta (sorbetes, granizados, etc.) de manera que el dulzor pasa rápidamente para dejar espacio al sabor de la fruta.

A diferencia de la sacarosa, la fructosa es mas soluble en agua y participa en las reacciones de Maillard, provocando un oscurecimiento elevado.

Otra característica de la fructosa es como viene metabolizada en nuestro organismo: su absorción en el tramo gastrointestinal es lento por lo tanto se metaboliza principalmente en el hígado. Esto hace que tenga un índice glucémico más bajo, reduciendo los niveles de insulina.

Por ultimo, la fructosa disuelta en agua adopta 3 conformaciones diferentes, de las que solo una resulta dulce. A 25 °C, la conformación dulce representa el 68%, por eso la fructosa disuelta en agua es menos dulce de la forma cristalina. Aumentando la temperatura, las moléculas presentes en la forma dulce disminuyen (a 80 °C el 50%).

Nota: El *índice glucémico* (IG) determina la rapidez con la que un alimento puede elevar el nivel de glucosa en sangre.

Contenido en azúcares de algunos alimentos

ALIMENTO (100 g)	FRUCTOSA (g)	GLUCOSA (g)	SACAROSA (g)
MANZANA	5.9	2.4	2.1
ALBARICOQUE	0.9	2.4	5.9
PLÁTANO	4.9	5.0	2.4
UVA	8.1	7.2	0.2
MELOCOTÓN	1.5	2.0	4.8
PERA	6.2	2.8	0.8
SANDÍA	3.4	1.6	1.2
MELÓN	1.9	1.	4.4
MELAZA	13	12	29
MIEL	38	31	1



1.3.2 DISACÁRIDOS: SACAROSA, LACTOSA Y MALTOSA

La **sacarosa** es un disacárido compuesto por la glucosa y la fructosa. La sacarosa está más o menos presente en todas las plantas, producida por la fotosíntesis.

La **producción de sacarosa** procede mayoritariamente de la caña de azúcar y de la remolacha, siendo ambos procesos productivos son muy similares entre si.

En primer lugar se extrae el jugo del agua, después se pasa a un proceso de filtración de impurezas y se añade hidróxido de calcio. Después de centrifugar y calentar el jugo pierde agua, e insuflando dióxido de carbono se elimina el calcio en exceso precipitando carbonato de calcio. Los últimos procesos son la cristalización y purificación de la sacarosa utilizando también carbón activo, llegando al producto final blanco y cristalino.

Diferentes son los tipos de sacarosa en comercio:

- Azúcar **refinado**: azúcar de mesa perfectamente blanco y de cristales pequeños.
- Azúcar **glas**: azúcar normal reducido a polvo muy fino. Se disuelve rápidamente y hace que la masa se quede más fina, pero es higroscópico. Por eso se encuentra en comercio con un poco de almidón para absorber la humedad.
- Azúcar **Demerara**: azúcar de caña con cristales más grandes y ligeramente amarillentos. Contiene un porcentaje muy alto de sacarosa cristalina (99%) y poquísima melaza (impurezas y residuos de la cristalización del azúcar).
- Azúcar **moreno**: azúcar de caña con un menor refinado (95% de sacarosa). Los cristales de sacarosa están recubierto por melaza por lo cual el azúcar resulta pastoso y húmedo. Además contiene pequeñas cantidades de glucosa y fructosa que conducen a masas mas húmedas y gomosas.
- Azúcar **integral**: todos los azucares que han recibido un refinado parcial. No hay valores universales de referencia del grado de melaza contenida, que puede variar de un producto a otro.

Todos estas tipologías de azucares son equivalentes del punto de vista calórico y nutricional. Su uso se diferencia en pastelería por el tipo de producto final que se desea.

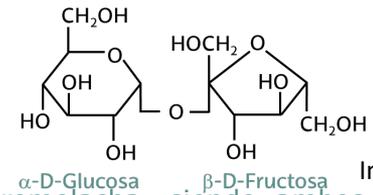


Imagen propia

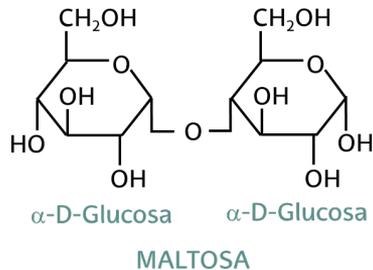
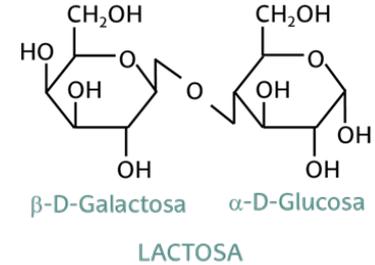
1.3.2 DISACÁRIDOS: SACAROSA, LACTOSA Y MALTOSA

La **lactosa** es un disacárido compuesto por la glucosa y la galactosa.

Es el único azúcar de **origen animal** que se extrae del suero de la leche.

Las personas intolerantes a la lactosa carecen de un enzima capaz de romper el enlace entre los dos monosacáridos, necesario para empezar la metabolización de este azúcar. La leche "sin lactosa" en comercio contiene esta enzima.

Es poco dulce, con un sabor muy típico y es un **azúcar reductor**, es decir, ayuda al oscurecimiento de los productos de horno.



La **maltosa** es un disacárido compuesto por dos moléculas de glucosa.

Está presente en la malta, semillas germinadas y secadas de algunos cereales como la cebada o el trigo.

Tiene un sabor característico, se utiliza en bebidas (sobre todo en la obtención de la **cerveza**) y caramelos.

Como tiene reacciones similares a la glucosa, al igual que esta da lugar a reacciones de Maillard, con productos de descomposición que poseen el color tostado característico.

1.3.3 OTROS AZÚCARES Y EDULCORANTES

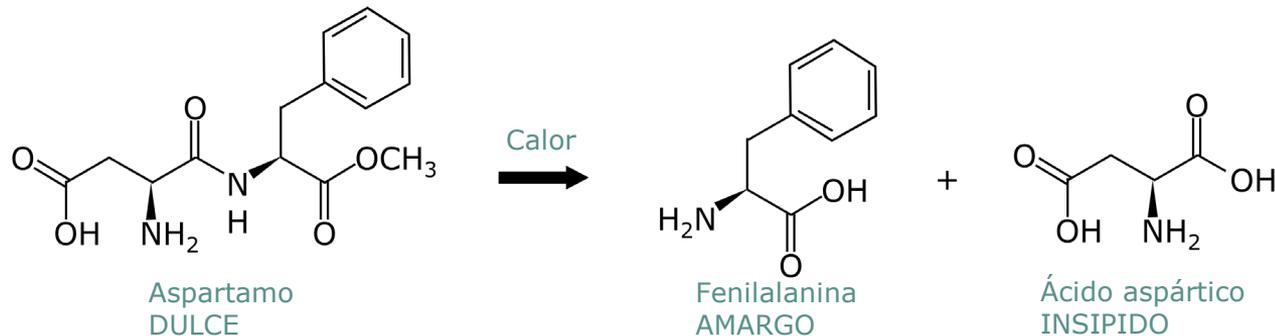
A parte de los azúcares se pueden encontrar otros **agentes endulzantes** que no producen aporte calórico como el aspartamo.

Estos edulcorantes son adecuados para endulzar alimentos dirigidos a personas con diabetes o algún tipo de afección en la que el consumo de **azúcar este contraindicado**.

También está relacionado su consumo con las **dietas de pérdida de peso**.

Algunos de estos edulcorantes son: eritritol, xylitol, estevia, maltitol, aspartamo o la sacarina entre muchos otros.

Hay alguna contraindicación en el uso de alguno de los edulcorantes, por ejemplo el **aspartamo es una fuente de fenilalanina**, la cual es una sustancia amarga que produce justo el efecto contrario al deseado. En la cocina, el calor puede inducir a la formación de fenilalanina como se muestra en la figura.



Reacción de descomposición del aspartamo en fenilalanina y ácido aspártico.

1.4 CAMELOS

Todos los tipos de caramelos se elaboran disolviendo el azúcar en agua hirviendo, donde se pueden dar las reacciones de caramelización en mayor o menor medida. El caramelo puede ser una sustancia líquida tipo sirope o sólido dependiendo de las concentraciones de agua y azúcar o de las condiciones de enfriamiento utilizadas.

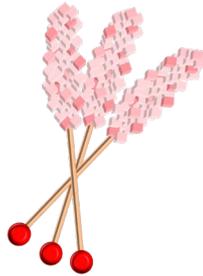
Respecto a los caramelos sólidos en general, hay dos tipologías principales de caramelo: cristalino y no cristalino.

- **Cristalino:** suele tener una concentración más baja de azúcar respecto al caramelo no cristalino. A esta categoría de caramelo pertenecen el caramelo de roca, formado por cristales más grandes, y el caramelo blando y el fondant, constituidos por cristales más pequeños. Para elaborar el caramelo blando, se necesita enfriar el almíbar en una bandeja alrededor de 50°C, para evitar que se forme un único gran cristal de sacarosa. Después, es necesario raspar y revolver el almíbar. De esta manera las moléculas de sacarosa se esparcen entre las semillas del cristal. Esto es lo que mantiene el tamaño pequeño de los cristales.

(Para experimentar la cristalización produciendo el caramelo de roca, realiza la práctica número 1.)

- **No cristalino:** al contrario del caso de la formación de un cristal, para generar caramelo amorfo es necesario enfriar rápidamente el almíbar, de manera que no se formen los cristales, las moléculas de sacarosas se unen de forma desorganizada entre sí. En este caso la concentración de azúcar es mayor. El caramelo tipo vidrio, el algodón de azúcar y las gominolas (donde se añade gelatina), pertenecen a esta clase de caramelo.

(Para experimentar la preparación de un caramelo, realiza la práctica número 2.)

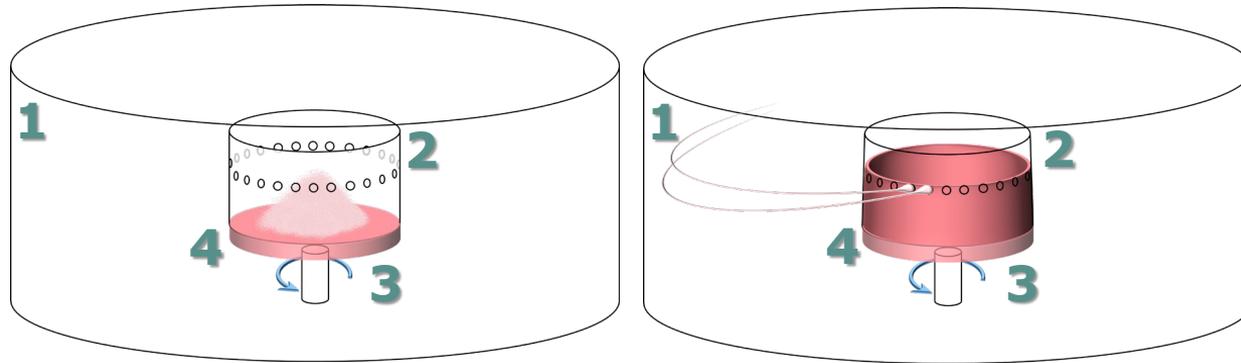


1.4.1 ALGODÓN DE AZÚCAR

Un ejemplo de caramelo no cristalino es el algodón de azúcar, aunque su elaboración no parte de un almíbar. En este caso se parte solo de sacarosa caliente, por lo que entra dentro de los métodos secos, en los que el caramelo se forma sin agua.

La sacarosa se calienta en una maquina específica para la producción del algodón de azúcar, hasta que el calor rompa las fuerzas intermoleculares entre las moléculas de sacarosa. Una vez derretido el azúcar, por efecto de la fuerza centrífuga, el azúcar sale por unos pequeños orificios de manera que forme filamentos finos como hilos, que se solidifican inmediatamente.

El enfriamiento rápido del líquido en aire abierto permite que se formen fibras de azúcar en lugar de cristales, que son flexibles y les permiten envolverse entre sí creando el conocido ovillo de algodón de azúcar.



1. Cuenco
2. Dispensador
3. Motor
4. Calefactor



Ejemplo de algodón de azúcar de colores

[By seelensturm \(CC by\)](#)

1.5. SIROPES

Cuando los azúcares se disuelven en agua se forman los **siropes** que son caramelos líquidos. Algunos ejemplos de siropes son: la miel, el sirope de arce, el sirope de agave, el azúcar invertido o el sirope de glucosa.

La mayor parte de los siropes contiene entre el **70% y el 85% de azúcares** y cuanto mayor es su contenido, más denso y viscoso quedará el sirope. Las pequeñas cantidades de otras sustancias presente son las que aportan al sirope su color y aroma característico.

1.5.1 TIPOS DE SIROPES

- **Sirope de glucosa:** a pesar de su nombre no se trata de glucosa pura en sirope, ya que se obtiene a partir del almidón que ser tratado con ácidos y enzimas se rompe en diferentes azúcares aunque en una proporción elevada tiene glucosa. Así es importante definir, la Dextrosa Equivalente (DE). Esta mide el porcentaje de azúcares reductores respecto al numero total de moléculas de glucosa (enlazadas o no) presentes: 0 corresponde al almidón puro, 100 a un sirope de glucosa puro. En general, entre los siropes que se comercializan se suelen encontrar siropes de glucosa con DE igual a 45 o 65. Así, por ejemplo, este ultimo contiene 39% de glucosa y 35% de maltosa, el primero solo contiene un 3% de glucosa, el azúcar prevalente es la maltosa (50%).
- **Sirope de Agave:** se obtiene tratando la linfa de la planta que contiene diferentes polisacáridos, principalmente la inulina (polímero de fructosa), con calor de manera que los enzimas rompan este polímero produciendo fructosa libre. El sirope de Agave contiene principalmente fructosa, entre un 70% y 90%, según del método de producción y la especie de Agave de partida.
- **Sirope de Arce:** es producido principalmente en Canadá hirviendo la linfa recogida de algunas especies de arce. Este proceso produce diferentes sustancias aromáticas debidas a la reacción de Maillard. La linfa contiene muy poca sacarosa (2-5%). Por ley, el sirope de arce comercializado tiene que tener como mínimo el 66% de azúcares, por esta razón este producto es tan caro.
- **Sirope de malta:** se obtiene añadiendo agua a la malta, el producto de germinación de semillas de cereales, como cebada, trigo y maíz. El almidón presente en la semilla, durante el proceso de germinación, se trasforma en azúcares. El producto bruto necesita filtración y concentración para obtener el sirope de malta listo para la comercialización. El principal sirope de malta utilizado deriva de la cebada y representa el punto de partida para la producción de la cerveza.

La **miel** es una mezcla de fructosa y glucosa disuelta en agua.

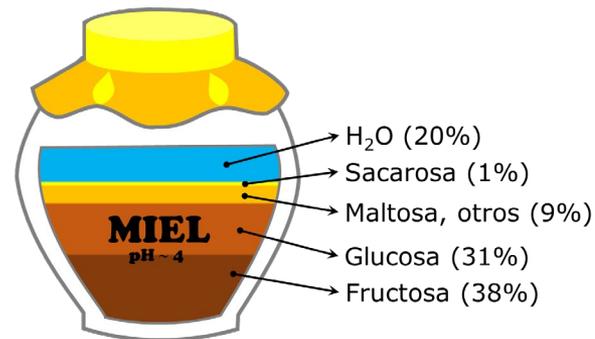
Solo una decena de especies de abejas de todas la miles existentes son capaces de producir la miel. El néctar que las abejas recogen de las flores tiene una composición muy variable, que depende de muchos factores (tipo de flor, condiciones ambientales, etc.). En general, los azúcares contenidos en la miel varían del 7 al 70%.

Una abeja obrera almacena alrededor de 25 mg de néctar al final del esófago, donde empiezan a actuar las enzimas responsables de transformar la sacarosa y otros oligosacáridos en glucosa y fructosa. La transformación se completa en unos 3 días y de la sacarosa de partida casi no queda nada (1%).

Gracias a su alta concentración de azúcar, la miel es un excelente conservante natural. Sin embargo, la posible presencia de mohos, levaduras, pólenes y esporas (como la botulínica), esto hace que sea desaconsejada para los niños menores de un año.

El pH ácido de la miel deriva principalmente del **ácido glucónico**, producido por la oxidación de la glucosa.

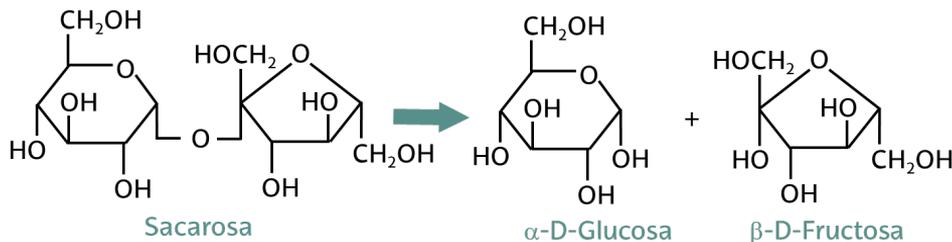
Efecto impulsor: añadiendo un poco de bicarbonato a la masa que presenta miel.



1.5.2 MIEL Y AZÚCAR INVERTIDO

El **azúcar invertido** es un sirope que contiene glucosa y fructosa en la misma medida.

Se obtiene a través del hidrólisis de la sacarosa, que a nivel industrial se realiza utilizando como enzima la invertasa. En esta hidrólisis, cuanto más bajo sea el pH y más alta sea la temperatura, tanto más rápida es la reacción.



La composición del azúcar invertido depende del grado de transformación de la sacarosa: parcial o total.

El termino “invertido” se refiere a que el poder rotatorio de la solución hidrolizada es invertido respecto a la solución de sacarosa frente a la luz polarizada.

Sus principales características son tener un mayor poder endulzante y mayor higroscopicidad (como la miel), esto dificulta la cristalización del azúcar bajando el punto de congelación de la sacarosa. Por ejemplo, se utiliza en los helados y granizados porque permite obtener masas mas suaves y fáciles de manejar.

1.6. CONFITURAS, MERMELADAS, COMPOTAS, JALEAS Y ALMÍBAR

El azúcar se ha utilizado desde la antigüedad como conservante de alimentos, especialmente en el caso de la conservación de frutas.

De hecho, no existen diferencias sustanciales entre el proceso industrial que se utiliza actualmente para elaborar las confituras y el método tradicional casero. Se trata en general de un proceso de cocción de la fruta con azúcar, y una sucesiva esterilización del producto final.

- **Confitura:** se elabora a partir de la pulpa de frutas (mínimo 30%) con una mayor concentración de azúcar. El producto final resulta más denso.
- **Mermelada:** se confecciona utilizando piezas de fruta entera, troceada y por ley para llamarse así tiene que tener un contenido de fruta mínimo del 35%. Cuando el producto final alcanza el 50% de fruta, esto adquiere la categoría extra.
- **Compota:** se obtiene cocinando por poco tiempo trozos de fruta con cantidad mucho menor de azúcar (alrededor 15%), respecto a las mermeladas o confituras.
- **Jalea:** es una mezcla de azúcar y zumo de fruta, adecuadamente gelificada. Respecto a los casos anteriores, tiene una consistencia más gelatinosa y las sustancias insolubles representan al menos el 65% del total. Por eso, se suele añadir pectina o gelatina para superar las deficiencia de la misma fruta.
- **Almíbar:** se trata de una disolución sobresaturada de azúcar y agua. Se suele utilizar para conservar frutas en un estado de madurez intermedio.