CAPÍTULO 4

Hidratos de carbono

Brenda Pappalardo

Definición

Son sustancias orgánicas, ampliamente distribuidas en la naturaleza, están formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno. Según su estructura, se pueden clasificar en monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos.

Monosacáridos: son los carbohidratos que no pueden ser hidrolizados en otros más simples, poseen entre 3 y 7 átomos de carbono. Estos son aldosas si poseen un grupo carbonilo (CO) en la posición 1 o cetosas si se encuentra en la posición 2. Según el número de átomos de carbono que poseen se denominan triosas (3 C), tetrosas (4 C), pentosas (5C) y hexosas (6 C). Las pentosas y las hexosas son los monosacáridos más encontrados en los alimentos. Los más conocidos son glucosa, fructosa y galactosa.

> Cuando se unen dos de ellos se forma un **disacárido**, que al igual que los monosacáridos, poseen sabor dulce, son solubles en agua y son los responsables, al estar junto con las proteínas, del color y el aroma que adquieren muchos alimentos durante su cocción o procesamiento, por ejemplo, el color de la corteza del pan, del dulce de leche (Rembado & Sceni, 2009).

Los disacáridos más abundantes en los alimentos son la maltosa, la lactosa y la sacarosa.

Los **oligosacáridos**, por su parte, están constituídos entre 3 y 10 unidades de monosacáridos. Cuando la cantidad de unidades es mayor a 10, se forma un polímero llamado **polisacárido**. Estos últimos al ser moléculas grandes no pueden estimular el sensor dulce que tenemos en las papilas gustativas, por lo tanto ‘’no son dulces ni solubles en agua, pero se utilizan ampliamente en la industria alimenticia como agentes espesantes o gelificantes, por ejemplo, en yogures, postres lácteos, polvos para preparar flanes y mousses, jaleas y mermeladas, entre otros.’’ (Rembado & Sceni, 2009).

Edulcorantes calóricos

Definición y clasificación

Son azúcares simples que se suelen utilizar, entre otras cosas, para endulzar preparaciones. Dentro de los edulcorantes calóricos más utilizados podemos describir a:

- Azúcar blanco: sacarosa refinada, la cual proviene de la caña de azúcar o la remolacha azucarera.
- Azúcar impalpable: se obtiene de la molienda del azúcar granulado a la cual se le agregan agentes antiapelmazantes.
- Jarabe de glucosa y Jarabe de maíz de alta fructosa (JMAF): derivan del almidón de maíz, de su hidrólisis parcial ácida, mediante el cual primero se obtiene jarabe de glucosa y luego por acción enzimática, transformando una proporción de glucosa en fructosa: jarabe de maíz de alta fructosa (JMAF). Este último es altamente utilizado en la industria alimentaria debido a su alto poder edulcorante, entre otras cosas.
- Miel: esta es elaborada por las abejas a partir del néctar de las flores, es una solución sobresaturada principalmente de fructosa. Es higroscópica por lo que puede usarse para brindar humedad en preparaciones como budines.
- Polialcoholes: entre ellos encontramos al sorbitol, manitol, xilitol, lactitol, maltitol. Los podemos encontrar entre los ingredientes de los chicles, entre otros productos.

Propiedades de los azúcares

Dentro de las particularidades de los azúcares podemos observar que algunos son más dulces, otros se disuelven mejor, otros absorben con más facilidad el agua del ambiente; diferentes características que dan lugar a sus propiedades funcionales: poder edulcorante, higroscopicidad, solubilidad, cristalización, inversión y cristalización.

Poder edulcorante

Los azúcares tienen la particularidad de aportar sabor dulce, el cual es detectado por las papilas gustativas. A su vez cada uno de ellos tiene diferente intensidad de dulzor, la sacarosa se utiliza como referencia con un grado de dulzor de 100, a partir de ella se ubican los edulcorantes con mayor o menor grado de dulzura. (ver Tabla 4).

Higroscopicidad

Recordemos que los azúcares tienen en su molécula cadenas polihidroxiladas. Por lo que los grupos hidroxilos presentes en los azúcares permiten ligar agua mediante puentes de hidrógeno. La interacción con el agua va a ser mayor o menor dependiendo de la estructura tridimensional

(forma que posee en el espacio) de cada azúcar. La lactosa (azúcar de la leche) al tener poca afinidad por el agua se puede utilizar en recubrimientos y pastillas pues no se humedece. Mientras que el azúcar invertido y la fructosa (presente en la miel y frutas) son afines al agua, por lo que si a esta última la dejamos en contacto de la humedad atmosférica "es capaz de absorber el doble de su peso en agua en sólo 15 días", (Rembado & Sceni, 2009).

Es importante tener en cuenta esta propiedad en preparaciones que desean mantener la humedad como por ejemplo budines.

Tabla 4.1. *Grado de dulzor de los edulcorantes.*

EDULCORANTE	GRADO DE DULZURA*	EDULCORANTE	GRADO DE DULZURA*
SACAROSA	100	RAFINOSA	1
FRUCTOSA	180	ESTAQUIOSA	10
GLUCOSA	74	GALACTOSA	32
DEXTROSA	70	ALFA D-MANOSA	32
AZÚCAR INVERTIDO	123.3	BETA D-MANOSA	Amargo
MALTOSA	32	MIEL	97
LACTOSA	16	SACARINA	30000-50000
EDULCORANTE	GRADO DE DULZURA*	EDULCORANTE	GRADO DE DULZURA*
CICLAMATO	10000	XILITOL**	90
ESTEVIA	30000	SORBITOL**	63
ACESULFAME K	16000	MALTITOL**	68
NEOHESPERIDINA	200000	LACTITOL**	35
ASPARTAME	16000		

*Se refiere al poder edulcorante en forma cristalina.
** Polialcoholes disueltos en agua a 25°C.

Nota. Fuente: elaboración propia. Modificado de: Medin, R., & Medin, S. P. Alimentos: Introducción técnica y seguridad. Capítulo 3.

Solubilidad

Como hemos mencionado los azúcares tienen afinidad con el agua, lo cual les permite dar cuerpo a los almíbares, impedir que parte del agua de un alimento se congele, permitiendo de esta manera una mejor textura en los helados a bajas temperaturas, además favorece la conservación de algunos alimentos disminuyendo el agua libre que queda disponible para los microorganismos.

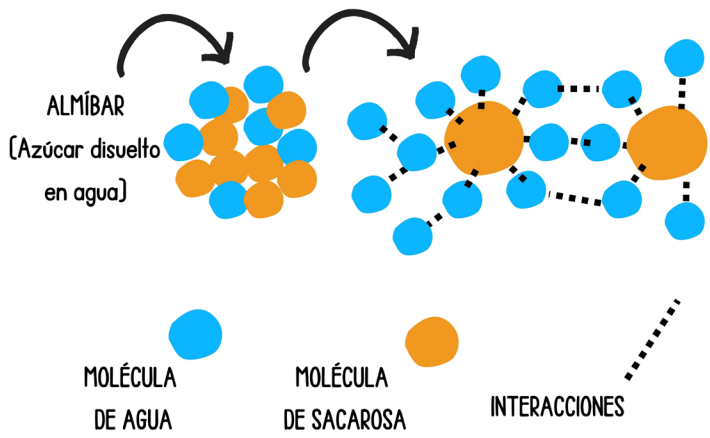
En las soluciones cada molécula de sacarosa está rodeada de moléculas de agua que interaccionan con ella, por lo cual las moléculas de sacarosa están separadas unas de otras ya que sienten más atracción por el agua que entre sí mismas. Esto explica la solubilidad de la sacarosa

en el agua. Es importante saber que la cantidad de azúcar que se va a poder disolver en determinada cantidad de agua va a depender de la temperatura de la solución, a mayor temperatura, mayor será la cantidad de azúcar (sacarosa, glucosa, fructosa, maltosa) que se podrá disolver.

"Existe una cantidad máxima de soluto que se puede disolver en el solvente, y está cantidad depende de la temperatura de la solución. Cuando una solución llega a este punto máximo se dice que está saturada'' (Ortega, 2017) (ver Capítulo 3). Este punto va a depender del soluto y del solvente, ya que por ejemplo la cantidad de sal que se puede disolver en determinada cantidad de agua es distinta que la de sacarosa.

Cuando una solución sobrepasa el punto de saturación, es decir que tenga mayor cantidad de soluto que el que pueda disolver estará sobresaturada, por lo cual el soluto excedente cristalizará. Esto es lo que debemos tener en cuenta en la preparación de los almíbares (Ver más adelante, en este mismo Capítulo, Cristalización).

Esquema 4.1. *Solución de sacarosa en agua.*



Nota. Fuente: elaboración propia. Modificado de Koppmann, M. Manual de gastronomía molecular. El encuentro entre la ciencia y la cocina. Capítulo 3.

Tabla 4.2. *Solubilidad de los distintos azúcares.*

SOLUBILIDAD DE AZÚCARES A 20 °C

Azúcar	gramos/100 cm3 de agua
Fructosa	375
Sacarosa	204
Glucosa	107
Maltosa	83
Lactosa	30

Nota. Fuente: elaboración propia. Modificado de Garda, M. R. Técnicas del manejo de los alimentos. Capítulo 5.

Tabla 4.3. *Solubilidad de los azúcares a distintas temperaturas.*

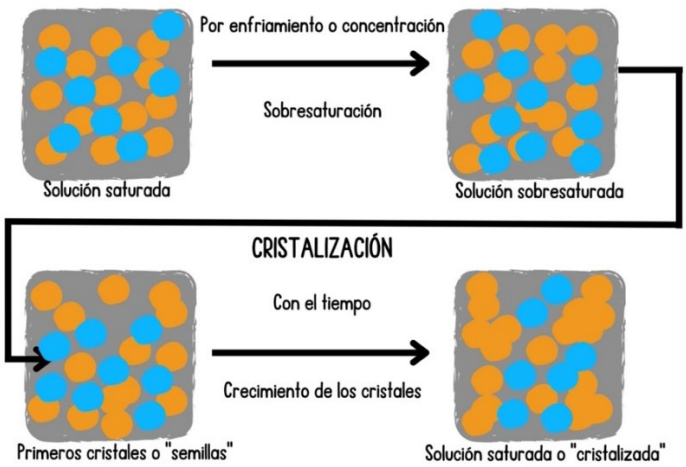
TEMPERATURA DE LA SOLUCIÓN	CANTIDAD DE AZÚCAR QUE PUEDE DISOLVERSE EN 100 g DE AGUA	PORCENTAJE DE AZÚCAR EN LA SOLUCIÓN (peso en peso)
0 °C	179.2 g	64
10 °C	190.5 g	66
20 °C	203.9 g	67
30 °C	219.5 g	69
40 °C	238.1 g	70
50 °C	260.4 g	72
100 °C	487.2 g	83
115 °C	669.0 g	87

Nota. Fuente: elaboración propia. Modificado de Koppmann, M. Manual de gastronomía molecular. El encuentro entre la ciencia y la cocina. Capítulo 3.

Cristalización

Los cristales son el estado sólido del azúcar, donde cada molécula de sacarosa se atrae con otras formando una estructura ordenada y repetitiva. En las soluciones, al estar rodeadas de moléculas de agua, las moléculas de sacarosa se encuentran separadas unas de otras, pero cuando por algún fenómeno se sobresatura esa solución, las moléculas de sacarosa vuelven a unirse y logran cristalizarse. Partiendo de un almíbar esto puede ocurrir porque parte del agua se evapora favoreciendo la aproximación de las moléculas de sacarosa, ya que disminuye el agua disponible para interaccionar con ella; o porque la solución se enfría generando con ello la disminución de la solubilidad de la sacarosa, es decir menor interacción con las moléculas de agua y mayor interacción entre sí.

Esquema 4.2. *Cristalización del azúcar.*



Nota. Fuente: elaboración propia. Modificado de Koppmann, M. Manual de gastronomía molecular. El encuentro entre la ciencia y la cocina. Capítulo 3.

De manera intencional podemos favorecer la cristalización mediante:

- El movimiento: en almíbares, si se encuentran sobresaturados y revolvemos con un utensilio de cocina, favoreceremos la aproximación de las moléculas de sacarosa, y con ello la cristalización. Además, estaríamos incorporando aire, disminuyendo así la temperatura del almíbar, incrementando así la posibilidad que sobresature.
- Agregar granitos de azúcar a un almíbar sobresaturado le da a la sacarosa nuevos y grandes lugares para adherirse (por ejemplo, los ‘’palitos de azúcar *candy*’’ en los cuáles al colocar un palito con cristales de sacarosa adheridos en el mismo dentro de una solución sobresaturada, se puede observar la cristalización de la sacarosa sobre el palito con el paso del tiempo).
- Irregularidades en los recipientes (rayones) ayudarán a que las moléculas de sacarosa se agrupen allí.

Imagen 4.1. *Cristalización del azúcar.*

Nota. Fuente: foto de la cátedra. Experiencia en clase: cristalización de la sacarosa a partir de revolver constantemente el almíbar.

Sustancias de interferencia: el agregado de partículas extrañas (distintas a la sacarosa) dificulta la cristalización de la sacarosa, ya que impide que las moléculas de sacarosa se unan entre sí. Para ello pueden utilizarse jarabes de glucosa o fructosa en preparaciones como almíbares para evitar el agregado de moléculas de sacarosa entre sí y de esta manera no obtener una textura áspera al paladar.

Otro ejemplo a mencionar es cuando al dulce de leche se le agregan pequeñas cantidades de glucosa para evitar la cristalización de la sacarosa, lo cual provoca una textura granulosa indeseable.

También podemos generar algo similar y evitar la cristalización al incrementar la viscosidad de la solución donde se encuentre el azúcar, en el caso de los almíbares se puede lograr concentrando la solución.

Inversión. Azúcar invertido

En un almíbar a medida que se incrementa la temperatura se produce cierta hidrólisis en la molécula de sacarosa, producto del aumento de la energía cinética de las moléculas, lo que

genera que se rompa la unión entre ambos monosacáridos que la conforman y de esta forma se logra obtener glucosa y fructosa libre. Como resultado de esto se obtiene el azúcar invertido, pero es de destacar que en una cocción normal es muy escaso lo que se puede obtener producto únicamente de la acción de la temperatura, por lo cual para tener un mejor resultado, se puede utilizar el agregado de un ácido como el proveniente del jugo de limón (ácido cítrico) o ácido acético que deriva del vinagre. El agregado del ácido generará en mayor medida la hidrólisis de los enlaces que unen a la fructosa con la glucosa.

El azúcar invertido al tener fructosa, glucosa y fructosa libre, que recordemos que eran utilizadas como sustancias de interferencia para la cristalización de la sacarosa, va a ser incristalizable, más dulce y más higroscópico que la sacarosa debido a la presencia de fructosa.

Otro medio de obtención es mediante la hidrólisis enzimática (enzima invertasa), pero en este caso se debe tener en cuenta la temperatura a la que se realiza, ya que la enzima se desnaturaliza con elevadas temperaturas.

Este azúcar se puede utilizar en productos de panadería para mantener la humedad de los mismos por un tiempo más prolongado, también en los helados para evitar la cristalización de la lactosa, lo cual generaría helados arenosos.

Caramelización

A partir de 160 ºC la sacarosa cambia de estado sólido a líquido, si se incrementa la temperatura de este azúcar fundido, al llegar a los 170 ºC comienza a caramelizar, obteniendo un producto color marrón y con cierto olor característico. Lo que ocurre es que a esa temperatura las moléculas de sacarosa comienzan a romperse en fragmentos más pequeños que la fructosa y glucosa, los cuales comienzan a reaccionar entre sí, generando compuestos amarronados, rojizos, característicos del caramelo. Estos son una mezcla de aldehídos y cetonas, entre ellos el 5 hidroximetilfurfural y el furfural.

Este constituye un líquido viscoso que al enfriarse las moléculas quedan atraídas en un conjunto desordenado llamado estado vítreo, este se utiliza para colocar en moldes de preparaciones como flanes y budines cumpliendo la función de aislante térmico para la mezcla que se cocina a baño maría.

El caramelo también se puede realizar partiendo de un almíbar, cuando este llega a los 150 ºC solo le queda 1 % de agua. A los 180 ºC comienza a descomponerse generando sustancias de sabor desagradable y olor irritante.

Edulcorantes no calóricos

Definición y clasificación

Son aquellos que tienen un alto poder edulcorante, muy superior a la sacarosa y no son metabolizados, por lo cual no aportan energía. Por este motivo es que son utilizados en la elabora-

ción de productos bajos en calorías. Algunos de ellos aportan calorías (aspartamo), pero su utilización es en cantidades tan pequeñas que su ingesta resulta despreciable, por lo que son considerados no calóricos. Entre ellos encontramos:

- Aspartamo: es un dipéptido, por lo que se digiere y aporta calorías. Es 200 veces más dulce que la sacarosa. No es apto para fenilcetonúricos (contiene fenilalanina), y no resiste altas temperaturas.
- Acesulfame K: es estable a altas temperaturas y es 200 veces más dulce que la sacarosa.
- Ciclamato: es 40 veces más dulce que la sacarosa. No apto para embarazadas ya que atraviesa la barrera placentaria.
- Sacarina: es 300 veces más dulce que la sacarosa. Es estable a altas temperaturas. No apto para embarazadas ya que atraviesa la barrera placentaria.
- Sucralosa: es obtenido de la modificación de la estructura molecular de la sacarosa, motivo por el cual tiende a ser uno de los endulzantes más aceptados debido a que al paladar es similar al azúcar de mesa. No se metaboliza y es 600 veces más dulce que la sacarosa. Es estable al calor.
- Stevia rebaudiana: es de origen natural, es un glucósido formado por una molécula de esteviol. Es 300 veces más dulce que la sacarosa y resiste altas temperaturas lo que lo hace apto para la elaboración de productos horneados. Podemos encontrarlo en forma de hoja (la planta) y utilizarlo para endulzar infusiones, por ejemplo, o procesado por la industria en presentaciones líquidas entre otras.

Polisacáridos

> Los polisacáridos son polímeros lineales o ramificados de elevado peso molecular formados por cientos o miles de monosacáridos, unidos entre sí mediante enlaces glucosídicos. Según su origen y estructura química, se los puede clasificar en almidones, celulosa y gomas vegetales (Rembado & Sceni, 2009).

Su principal utilización en los alimentos es como agente espesante o gelificante.

Almidón

Son polisacáridos de alto peso molecular formados por monómeros de glucosa. Lo podemos encontrar en las plantas como fuente de reserva energética; por lo cual está presente en granos de cereales, legumbres, tubérculos (papa, mandioca), frutas. La industria alimentaria utiliza derivados del mismo como jarabes (JMAF) o almidones modificados.

El almidón se agrupa en estructuras llamadas ‘’gránulos’’, los cuales tienen distinta morfología según el tipo de almidón (maíz, papas, trigo, etc.), que puede ser observada mediante el microscopio.

A su vez el almidón está conformado por amilosa y amilopectina, ambas formadas por monómeros de glucosa. La amilosa va a estar formada por cadenas lineales de glucosa que adquieren una conformación tridimensional helicoidal, con 6 residuos de glucosa por vuelta de hélice, mientras que la amilopectina es una molécula de alto peso molecular y presenta cadenas de glucosa con ramificaciones, ésta también se dispone en el espacio de manera helicoidal. Generalmente los gránulos de los distintos tipos de almidón presentan mayor proporción de amilopectina que de amilosa (75-25 %).

La amilosa es poco soluble en agua, va a formar geles, en las preparaciones va a otorgar una textura áspera, de aspecto opaco. Por su parte la amilopectina va a ser la responsable del hinchamiento del gránulo de almidón luego de su calentamiento, no va a retrogradar (ver más adelante en este mismo capítulo Retrogradación) y va a otorgar a las preparaciones una textura suave, con la apariencia de un chicle brilloso y transparente. Esto lo podremos observar al hacer un puré de papas con un pisapapas común o con un mixer: con el primero sólo lograremos separar los gránulos de almidón por eso la textura obtenida del puré formado será áspera, de apariencia opaca y lo podremos separar fácilmente con un tenedor; mientras que si utilizamos un mixer, el puré tendrá una textura diferente ya que, al romper los gránulos de almidón, va a quedar expuesta la amilopectina, la cual dará lugar a una textura chiclosa, brillosa y difícil de separar.

Según el origen encontramos almidones sin amilosa (maíz céreo) o con mayor cantidad de la misma, lo cual dará, debido a las propiedades que presenta cada una de ellas, diferentes características a las preparaciones.

Tabla 4.4. *Diferentes cereales y su cantidad de amilosa y amilopectina.*

CONTENIDO EN AMILOSA Y AMILOPECTINA DE ALGUNOS ALMIDONES

ALIMENTO	AMILOSA %	AMILOPECTINA %
PAPA	20	77
TAPIOCA	20	80
TRIGO	20	80
ARROZ	15 A 35	65 A 85
SORGO	25	75
MAÍZ	26	74
BANANA	17	83

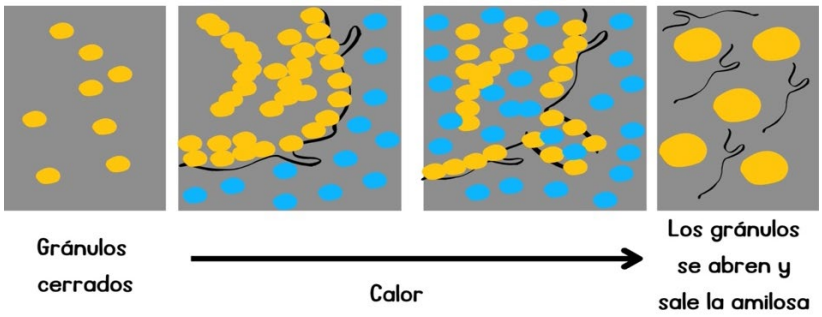
Nota. Fuente: elaboración propia. Adaptado de Garda, M. R. Técnicas del manejo de los alimentos. Capítulo 6.

Hay diferentes métodos para determinar la presencia de almidón en los alimentos y uno de ellos es con un reactivo llamado lugol. El lugol es una solución que contiene yodo, este va a

introducirse en el interior de las hélices de amilosa cambiando así las propiedades de adsorción de la luz, generando una coloración violácea. Esto responde a una reacción física y no química.

En agua fría el almidón presenta poca afinidad con el agua, formando una suspensión coloidal, debido a que las moléculas de glucosa establecen uniones entre sí impidiendo de esta manera la interacción con las moléculas de agua. Las cadenas de amilosa y de amilopectina están organizadas dentro del gránulo de almidón de maneras muy compactas formando una estructura cristalina, y se encuentran estabilizadas por interacciones de puentes de hidrógeno intra e intermoleculares. Al calentar el almidón, aumenta la energía cinética en las moléculas (aumento del movimiento de las mismas por incremento de la temperatura) generando la ruptura de los enlaces puente de hidrógeno, con la consecuente pérdida de la estructura cristalina. Al perder la estructura cristalina, el agua comienza a interaccionar con la amilosa, la cual sale del gránulo y forma un sol fuera de éste, mientras que la amilopectina al tener una estructura mayor permanece dentro e interacciona con el agua produciendo el hinchamiento del gránulo de almidón. Este fenómeno se denomina **gelatinización del almidón**, la temperatura a la que ocurre se llama ‘’intervalo de gelatinización’’, abarca el período desde que comienza la primera asociación de agua con el almidón hasta que todo el almidón se logra asociar con el agua. Esta temperatura no va a ser igual en todos los almidones.

Esquema 4.3. *Efectos del calor sobre el almidón en un medio húmedo.*



Nota. Fuente: elaboración propia. Modificado de Koppmann, M. Manual de gastronomía molecular. El encuentro entre la ciencia y la cocina. Capítulo 4.

La gelatinización del almidón se va a producir en diferentes preparaciones que contengan:

- Almidón (cereales y derivados, legumbres, tubérculos, etc.)
- Agua (como tal o presente en alimentos como leche, huevos)
- Calor

Este proceso va a provocar una modificación en la textura de los alimentos o preparaciones culinarias que contengan almidón, por ejemplo, los fideos, la papa, una torta, etc. Es por ello que muchos alimentos industrializados contienen almidón entre sus ingredientes, con el fin de espesar preparaciones.

Es importante destacar que, si queremos realizar una preparación como la salsa blanca, donde el almidón de maíz o el de trigo es el agente espesante de la misma, es necesario tener en cuenta la importancia de disolver en frío la leche con la harina o agregar manteca u otro medio

lipídico previo al agregado del líquido caliente, con el fin de evitar la formación de grumos. Por otro lado, a la hora de mezclar la preparación debemos hacerlo con cuchara y no con batidor de alambre, ya que de este modo evitaremos la hidrólisis de los gránulos de almidón. De la misma manera debemos evitar el exceso de temperatura ya que provocará la hidrólisis parcial de la amilosa. Esto es imprescindible para evitar la disminución de la consistencia de la salsa.

Imagen 4.2. *Salsa blanca, el almidón gelatiniza durante la cocción.*

Nota. Fuente: elaboración propia.

Ingredientes que afectan la gelatinización del almidón

Algunos componentes presentes en las preparaciones pueden influir en la correcta gelatinización del almidón, algunos de ellos pueden ser:

- Agua: cantidad adecuada, si hay mayor cantidad de agua que el almidón disponible para ligar obtendremos un líquido espeso, pero si la cantidad de almidón es suficiente para fijar toda el agua tendremos como resultado un sólido blando. También es importante la disponibilidad, ya que esta puede estar asociada a otras sustancias (sales, azúcares) lo cual nos dará menos agua disponible para interactuar con el almidón y gelatinizar.
- Azúcar y ácido: ambos tienen mayor afinidad por el agua que el almidón, por lo que alteran el proceso de gelatinización. Si utilizamos azúcar en poca cantidad no traerá alteraciones sobre la gelatinización, pero grandes cantidades la altera disminuyendo la viscosidad ya que durante el calentamiento retardará la hidratación de los gránulos de almidón. La presencia de ácido por su parte produce hidrólisis parcial del almidón disminuyendo la viscosidad de la preparación.
- Enzimas: presentes en la harina de trigo, por ejemplo; generan hidrólisis del almidón. Es necesario desactivarlas por cocción ya que de no ser así disminuirán la consistencia de las preparaciones.

Luego de que se sometió a temperatura al almidón (en presencia de agua) y que perdió su estructura cristalina, cuando la temperatura comienza a descender y por ende a disminuir la energía cinética de las moléculas (movimiento de las mismas), las cadenas de amilosa que se

encontraban por fuera del gránulo de almidón interaccionando con el agua, comenzarán a acercarse entre sí (enlaces puente de hidrógeno) atrapando agua y los gránulos de almidón hidratados, y de esta manera formarán un gel (red tridimensional que retiene agua, ver Capítulo 3). Este fenómeno se denomina **gelificación del almidón.**

Imagen 4.3. *Salsa blanca luego de la disminución de la temperatura (gelificación del almidón).*

Nota. Fuente: elaboración propia.

Como mencionamos, a medida que disminuye la interacción de las cadenas de amilosa con el agua con el descenso de la temperatura, y con el paso del tiempo, la temperatura continuará descendiendo y las cadenas de amilosa acercándose entre sí en mayor medida, con lo cual el agua comenzará a ser expulsado de esta red que forman dichas cadenas, este proceso se denomina **sinéresis**. Producto de ello el gel formado será más compacto. Esto último lo podremos ver en la salsa bechamel, por ejemplo, también en un amasado como un pan, donde a medida que pasa el tiempo se vuelve más ‘’seco’’, debido a esta salida de agua como consecuencia del proceso molecular interno que ocurren en el almidón. Esto se denomina **retrogradación del almidón**, es decir que es el proceso de envejecimiento de un alimento que ocurre cuando, al disminuir el movimiento de las moléculas, vuelve a recristalizar la amilosa.

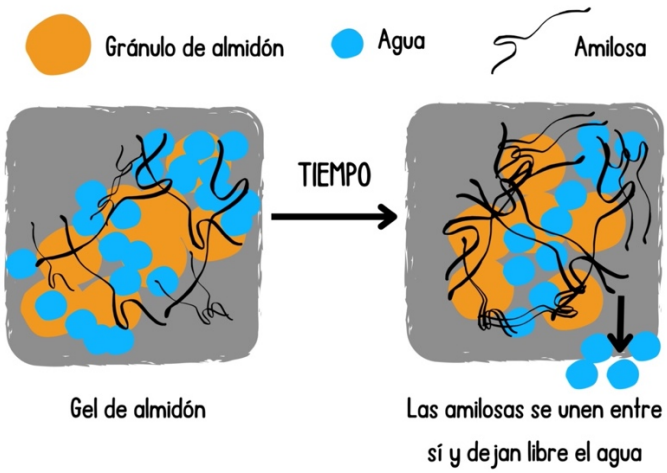
Imagen 4.4. *Salsa blanca: retrogradación del almidón.*

Nota. Se puede observar la sinéresis. Fuente: elaboración propia

El almidón retrogradado es llamado también almidón resistente.

Tanto la gelificación como la retrogradación van a generar un cambio en la textura de los alimentos. Es importante destacar que en dichos procesos interviene la amilosa, por lo que en ausencia de la misma no ocurrirán.

Esquema 4.5. *Retrogradación del almidón.*



Nota. Fuente: elaboración propia. Modificado de Koppmann, M. Manual de gastronomía molecular. El encuentro entre la ciencia y la cocina. Capítulo 4.

Comportamiento del almidón en medio no acuoso

A 160 ºC, el almidón sometido a un calentamiento en seco se va a degradar, y dará lugar a la aparición de dextrinas. Esta transformación, que no es mas que la hidrólisis del almidón, se denomina **dextrinización**, en la cual hay cambio de color, produciéndose la tostación. Esto lo podemos observar, por ejemplo, al tostar el pan.

Al incrementarse la temperatura y llegar a los 180 - 190 ºC se produce la formación de residuos de carbón. El almidón ha llegado a la carbonización.

Pectinas

Las pectinas son hidratos de carbono de alto peso molecular, polímeros de cadena larga de ácidos galactourónicos. Un ácido galacturónico corresponde a la forma oxidada de la galactosa, presenta un grupo aldehído en el carbono 1 y un grupo carboxilo en el carbono 6.

Forman parte de las paredes celulares vegetales, las podemos encontrar en las cáscaras y semillas de manzana, membrillos y cáscaras de cítricos. Las pectinas forman geles en presencia de agua, ácido y azúcares, por lo cual se suelen utilizar para la elaboración de jaleas, pero también se pueden emplear para incrementar la consistencia de mermeladas y dulces en su elaboración.

La formación del gel está dada debido a que el ácido logra neutralizar las cargas de las cadenas de los ácidos galacturónicos permitiendo que se acerquen entre sí y formen la red tridimensional que atrapará agua y dará lugar a la formación del gel. Por su parte el azúcar cumplirá la función de captar agua favoreciendo la formación de ese gel.

Esquema 4.6. *Pectinas: gelificación.*

Nota. Fuente: elaboración propia. Modificado de Koppmann, M. (2009). Nuevo manual de gastronomía molecular. El encuentro entre la ciencia y la cocina. Capítulo 3

La industria ha elaborado pectinas comerciales con el fin de utilizarlas para gelificar o aumentar la consistencia de diferentes productos, es por ello que podemos diferenciar dos tipos de pectinas:

- Pectinas de alto metoxilo (mayor cantidad de ácidos carboxílicos presentes): responde a la pectina común que gelifica en presencia de azúcar.
- Pectinas de bajo metoxilo: no necesita azúcar ni ácido para gelificar, sino que lo hace en presencia de iones divalentes como calcio o magnesio, por lo cual esta puede utilizarse para la elaboración de productos sin azúcar o dietéticos.

Imagen 4.5. *Mermelada industrial y su contenido de pectina entre sus ingredientes.*

Nota. Fuente: elaboración propia

Gomas

Las gomas son polisacáridos de alto peso molecular las cuales pueden extraerse de vegetales terrestres o marinos (algas), microorganismos. Tienen la particularidad de formar geles o espesar preparaciones, por lo que la industria las va a utilizar como aditivos en la elaboración de diferentes alimentos con el fin de modificar la textura o consistencia de diversos alimentos industrializados, además de ello pueden ser utilizadas como estabilizantes y emulsionantes.

Según su origen las clasificamos en:

- Gomas de exudados
- Gomas de semillas
- Gomas derivadas de algas
- Gomas microbianas

Gomas de exudados

Provenientes de plantas terrestres, entre ellas podemos mencionar:

- Goma arábiga: proveniente de plantas llamadas acacias (de su resina), es muy soluble en agua, pero la viscosidad alcanzada con su utilización es baja. No forma geles. Es utilizada como estabilizante en emulsiones y espumas, ya que al incrementar la viscosidad va a impedir que las fases se unan tanto en emulsiones como en espumas, lo cual también contribuiría a evitar la cristalización del azúcar en productos de repostería.
- Goma de tragacanto: logra alcanzar altas viscosidades con concentraciones de 0,5 % de la misma. Al ser estable al calor y en medio ácido puede ser utilizada en preparaciones que contengan frutas y aquellas que requieran cocción.
- Goma Ghatti: se utiliza como emulsionante y sustituto de la goma arábiga.

Gomas provenientes de semillas

Entre ellas podemos mencionar:

- Goma guar: se obtiene de las semillas de la planta *Cyamopsis tetragonolobus*. Posee gran poder espesante y tiene la facilidad de disolverse de forma adecuada tanto en agua fría como caliente, así como también en un amplio rango de acidez que va de un pH 4 a 10. Suele utilizarse en concentraciones de 0,25 a 0,5 % y tienen una acción sinérgica con la goma xántica. Podemos encontrarla como aditivo (E412) en los alimentos industrializados (helados, mayonesa).
- Goma de algarrobo: al igual que la goma guar es estable a diferentes rangos de temperatura y pH, y puede ser utilizada como estabilizante en la elaboración de helados.

Gomas provenientes de algas

Entre ellas podemos mencionar:

- Agar- Agar: se obtiene de algas rojas, la podemos encontrar como aditivo en los productos industrializados (E406) ya que es utilizada como gelificante, estabilizante y para incrementar

la consistencia de preparaciones. Forma geles reversibles a partir de 40 ºC, lo cual va a ser beneficioso para poder obtener geles en caliente, importante para la gastronomía moderna. Se utiliza en concentraciones de 0,5 a 1%.

- Alginatos: proveniente de algas pardas, sus monómeros son ácidos urónicos. Dentro de sus variantes la industria alimentaria va a utilizar el alginato de sodio (E401), al igual que las pectinas de bajo metoxilo va a formar geles irreversibles en presencia de calcio resistentes a temperaturas de hasta 150 ºC, permitiendo tener geles estables a temperatura ambiente. Se utiliza en una proporción de 0,4 - 1 % y es utilizado como gelificante, espesante, estabilizante (espuma de cerveza).
- Carragenato: se obtiene de algas rojas de la familia de las rodofíceas. Podemos distinguir 3 clases diferentes de carragenatos: kappa, iota y lambda, este último no forma geles por lo que los que son utilizados por la industria alimentaria (E407) van a ser el kappa y el iota. Forman geles cuyas propiedades van a depender de los cationes asociados, con el potasio va a formar geles firmes, no así en presencia de iones calcio. Los carragenatos iota despiertan gran interés en la gastronomía debido a que permiten formar geles que gelifican en caliente pero además de ello tienen la particularidad de desarmarse con el movimiento y luego volver a formarse; importante en la elaboración de flanes que con el traslado tienden a desarmarse. Suele utilizarse como aditivo alimentario para prevenir la precipitación del cacao en leches chocolatadas industrializadas o como estabilizante en postres de leche.

Gomas microbianas

En este caso podemos describir a la goma xántica, la cual deriva de la bacteria *Xanthomonas campestris* y presenta una amplia utilización en la industria alimentaria (E415). Dadas sus características permite su dispersión tanto en frío como en caliente y espesar en un amplio rango de pH motivo por el cual vamos a poder emplearla para espesar jugos de frutas, por ejemplo. Tanto en la industria alimentaria como en la cocina es utilizada para espesar preparaciones, como estabilizante, emulsionante en una proporción de 0,25 a 1,5 %. Actúa de manera sinérgica con la goma guar.

Referencias

Garda, M. R. 2016. *Técnicas del manejo de los alimentos*. Capítulo 5: Carbohidratos. Editorial Eudeba.

Koppmann, M. 2011. *Manual de Gastronomía Molecular. El encuentro entre la ciencia y la cocina.* Primera parte. Capítulos 3 y 4. Editorial Siglo XXI.

Koppmann, M. 2015. *Nuevo manual de gastronomía molecular. El encuentro entre la ciencia y la cocina.* Segunda parte. Capítulo 3. Editorial Siglo XXI.

Medin, R., & Medin, S. P. 2011. *Alimentos: Introducción técnica y seguridad*. Capítulo 3: Azúcares y dulces. Ediciones Turísticas de Mario Blanchik.

Ortega, R. Curso 2017-2018. *Proyecto de innovación: "El Minuto de la Ciencia"*. PRÁCTICAS.

Rembado & Sceni. (2009). *Química en los Alimentos*. Capítulo 1. Ministerio de Educación de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica.