

2. LOS HIDRATOS DE CARBONO

2.1. Introducción

Los hidratos de carbono o carbohidratos son moléculas orgánicas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno. Según su estructura, se los pueden clasificar en *monosacáridos*, *disacáridos*, *oligosacáridos* y *polisacáridos*.

Los monosacáridos son los carbohidratos más simples: poseen entre 3 y 6 átomos de carbono. 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 y de la carne cocida.

Los oligosacáridos son otro tipo de hidratos de carbono, constituidos entre 3 y 10 unidades de monosacáridos. Cuando la cantidad de unidades es mayor a 10 (muchas veces entre cientos y miles), el polímero que se forma se llama polisacárido. Estos carbohidratos 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.

Los hidratos de carbono reciben este nombre debido a que su fórmula molecular se puede expresar en forma general como $C_x(H_2O)_y$. En el caso de los monosacáridos, por cada átomo de carbono está asociada una molécula de agua. Por ejemplo, $C_6(H_2O)_6$ representan a todos los monosacáridos que poseen 6 carbonos, como por ejemplo la glucosa, la fructosa y la galactosa. Para el resto de los carbohidratos, la relación no es uno a uno, ya que por cada unión que se forma entre dos monosacáridos, se libera una molécula de agua. Por ejemplo la fórmula molecular de la maltosa, que se forma a partir de dos moléculas de glucosa, es $C_{12}(H_2O)_{11}$. En el caso de los polisacáridos es más difícil expresar la forma molecular, pero se podría representar como $C_n(H_2O)_{n-x}$, donde x es la cantidad de enlaces que posee dicho polisacárido.

2.2. Mono y disacáridos

2.2.1. Estructura química de monosacáridos

Los monosacáridos son los hidratos de carbono más simples. Se clasifican según la cantidad de átomos de carbono en triosas (3 átomos de carbono), tetrosa (4 átomos de carbono), pentosa (5 átomos de carbono) y hexosa (6 átomos de carbono). A su vez, se pueden clasificar según el grupo funcional que poseen en aldosas (si tienen un grupo aldehído) y cetosas (si tienen un grupo cetona).

De todos estos carbohidratos las hexosas son las más abundantes en los alimentos y en particular lo son la glucosa y la fructosa. Estos dos azúcares son isómeros de función ya que la glucosa es una aldosa y la fructosa es una cetosa (**Figura 1**). Esta pequeña diferencia química les otorgan diferentes propiedades particulares, por ejemplo, la fructosa es más dulce y absorbe agua con más facilidad que la glucosa.

La **figura 1** muestra las *representaciones de Fischer* de la glucosa y la fructosa. En este tipo de representación, los carbonos forman una cadena lineal abierta y se numeran a partir del carbono aldehídico o del carbono terminal más próximo al grupo cetona, según sea una aldosa o una cetosa, respectivamente. Como estos grupos carbonilo (aldehído o cetona) tienen una alta reactividad y pueden formar con los oxhidrilos de la misma molécula una unión intramolecular, los azúcares pueden formar anillos de 5 ó 6 átomos, que reciben el nombre de furanos o piranos, respectivamente. Estas estructuras cíclicas se representan mediante las proyecciones de *Haworth*. En solución acuosa, la estructura lineal y la cíclica están en equilibrio. La **figura 2** ejemplifica el proceso de formación de una molécula de glucopiranos.

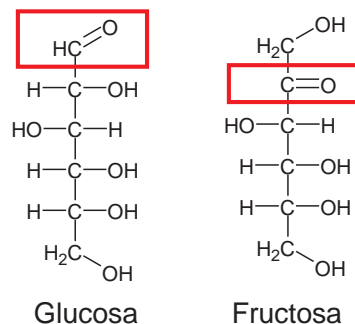


Figura 1. Estructuras de Fischer de las moléculas de glucosa y fructosa.

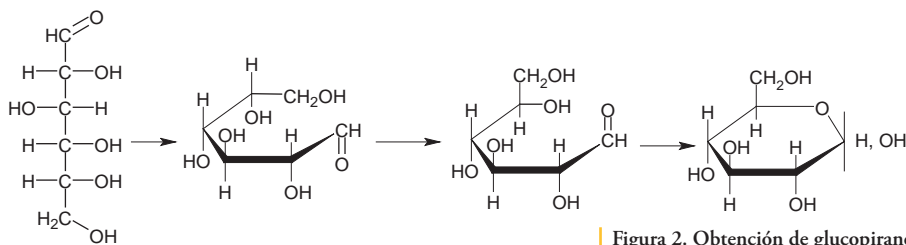


Figura 2. Obtención de glucopiranos.

Cuando se forma el anillo, el grupo aldehído o cetona se transforma en un grupo alcohol, que puede ubicarse arriba o abajo del anillo dando lugar a dos isómeros. Cuando se coloca abajo el isómero se llama α y cuando se coloca arriba, β (**Figura 3**). Esta pequeña diferencia estructural va a dar lugar a diferencias muy importantes en el comportamiento de los hidratos de carbono en los alimentos. Por ejemplo, el almidón está formado por unidades de α -glucosa y la celulosa por unidades de β -glucosa. (Ver más adelante en este capítulo).

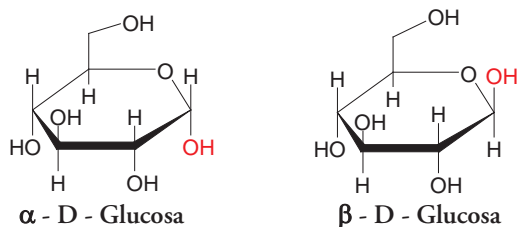


Figura 3. Isómeros α y β de la molécula de glucosa

Las uniones entre distintos monosacáridos para dar lugar a los di- oligo- o polisacárido se llaman enlaces glucosídicos. Como se verá más adelante, los enlaces más comunes son:

- a. Uniones 1 \rightarrow 2 (se produce entre el carbono 1 de un monosacárido y el carbono 4 del otro)
- b. Uniones 1 \rightarrow 4 (se produce entre el carbono 1 de un monosacárido y el carbono 4 del otro)
- c. Uniones 1 \rightarrow 6 (se produce entre el carbono 1 de un monosacárido y el carbono 6 del otro)

El tipo de enlace con que se unen los monosacáridos es también un factor que determina el comportamiento de los carbohidratos.

2.2.2. Estructura química de disacáridos

Los disacáridos están formados por dos unidades de monosacáridos. Los más abundantes en los alimentos son la sacarosa, la lactosa y la maltosa.

• Sacarosa

La sacarosa o azúcar común, es el disacárido más abundante. Se obtiene a partir de la caña de azúcar y de la remolacha azucarera. Está formada por una molécula de glucosa y una de fructosa, unidas por enlace β - (1,2), entre el carbono 1 de la β - glucosa y el carbono 2 de la fructosa (Figura 4).

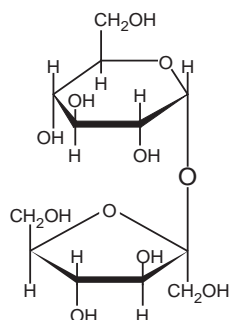


Figura 4. Sacarosa o azúcar común de mesa.

• Maltosa

La maltosa es el componente principal del jarabe de malta. Se obtiene a partir de la cebada y es la materia prima básica en la elaboración de cerveza. Está formada por dos moléculas de glucosa unidas por enlace α - (1,4). Este enlace se produce entre el carbono 1 de la α - glucosa y el carbono 4 de otra glucosa (Figura 5).

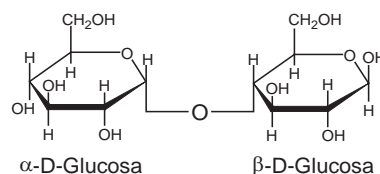


Figura 5. Maltosa presente en el jarabe de malta.

• Lactosa

La lactosa es el azúcar de la leche. Está formada por una molécula de galactosa y una molécula de glucosa unidas mediante enlace β - (1,4), entre el carbono 1 de la β - galactosa y el carbono 4 de la glucosa (Figura 6).

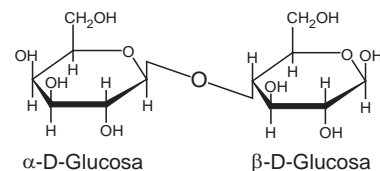


Figura 6. Lactosa o azúcar de la leche.

2.2.3. Propiedades funcionales de mono y disacáridos

Los monos y disacáridos, también conocidos como azúcares, son un componente fundamental de los alimentos. Entre sus propiedades más importantes se pueden destacar su sabor dulce, su gran afinidad por absorber y retener agua y su solubilidad. Tienen también la ca-

pacidad de cristalizar o formar estructuras amorfas que influyen en la textura de los alimentos. Además intervienen en reacciones que generan colores y sabores durante la cocción. A continuación se estudiarán estas propiedades y su importancia en los alimentos.

- **Sabor dulce**

Los azúcares tienen la capacidad de aportar sabor dulce. El dulzor es una propiedad subjetiva que hasta el momento ningún instrumento excepto las papilas gustativas ha sido capaz de medir. Expertos en el tema, a través del uso de los sentidos como instrumentos de medición previamente calibrados o entrenados, llevan a cabo tales mediciones aplicando la llamada evaluación sensorial.

Los cinco sabores básicos (dulce, salado, ácido, amargo y *umami*) son detectados por los sensores proteínicos específicos ubicados en la lengua, y la sensación es transmitida luego a nuestro cerebro donde se la reconoce como tal.



Dulce (miel)



Salado (sal)



Ácido (limón)



Amargo (café)



Umami (papas fritas industriales)

Figura 7. Los cinco sabores básicos

Cada azúcar tiene una intensidad de dulzor diferente que se puede cuantificar por comparación con el sabor dulce de la sacarosa que se le asigna de forma arbitraria el valor de 100.

Los azúcares no son las únicas sustancias que pueden aportar sabor dulce en los alimentos. Los polialcoholes son también muy utilizados para cumplir con esta función. Estas sustancias son de la familia de los hidratos de carbono y se obtienen cuando el grupo aldehído o cetona se reduce a un grupo alcohol. Algunos de los más importantes son el sorbitol y el xilitol (Figura 8), que se obtienen por reducción de la glucosa, la xilosa y la sacarosa, respectivamente.

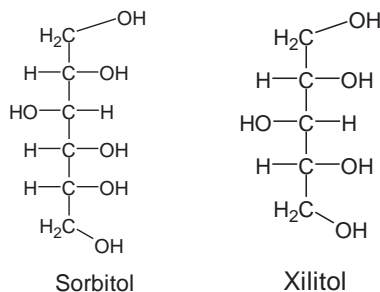


Figura 8. Moléculas de sorbitol y xilitol (pueden usarse en chiclets sin azúcar).

En la **Tabla 1** se comparan el sabor dulce de algunos azúcares y polialcoholes.

Carbohidratos Edulcorantes	Sabor dulce relativo
Sacarosa	100
Glucosa	80
Fructosa	180
Lactosa	32
Sorbitol	50
Xilitol	100

Tabla 1. Comparación del sabor dulce de distintos azúcares y polialcoholes.

• Afinidad por el agua

Todos los hidratos de carbono tienen cierta afinidad por el agua, ya que los grupos alcohol (-OH) interactúan con esta molécula. Sin embargo dependiendo de la estructura tridimensional del azúcar (la forma que tiene en el espacio) esta interacción puede ser grande o pequeña. Por ejemplo, la lactosa (azúcar de la leche) es poco afín con el agua y se puede emplear en recubrimientos y pastillas pues no se humedece. En cambio la fructosa (azúcar presente en la miel y frutas), si se la deja en contacto con la humedad de la atmósfera, es capaz de absorber el doble de su peso en agua en sólo 15 días.

En la **Tabla 2** se muestran datos referidos a la cantidad de agua que absorben los azúcares presentes en los alimentos.

Para analizar:

cuando se calienta una solución de sacarosa en medio ácido; por ejemplo agregándole unas gotas de jugo de limón, el enlace que une a la glucosa con la fructosa se hidroliza (se rompe), obteniéndose una mezcla que se llama azúcar invertido que tiene una molécula de glucosa y una de fructosa por cada molécula de sacarosa que se hidrolizó. En base a esta información, ¿cómo será el sabor dulce de esta mezcla en comparación a la sacarosa sin hidrolizar?

Sugerencia: consultar **Tabla 1**.

Para investigar:

- investigar cuál es la composición de la miel y, de acuerdo con la **Tabla 1** justificar su sabor dulce,
- investigar los usos y la función del sorbitol en los alimentos.

Fuentes de referencia:

- Badui, S.D., *Química de los Alimentos* (2006). Ed. Pearson. México.
- Cubero N., y otros, *Aditivos Alimentarios*, (2002), Ed Mundiprensa, España
- Fennema, O. *Química de los Alimentos* (2000). Ed Acribia. España.
- http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/apicola/01_info/e_consumidor/Miel_01.htm

Azúcares	60%, 1h	60% 9 días	100% 25 días
Glucosa	0,07	0,07	14,5
Fructosa	0,28	0,63	73,4
Sacarosa	0,04	0,03	18,4
Maltosa anhidra	0,80	7,0	18,4
Maltosa hidratado	5,05	5,1	-----
Lactosa anhidra	0,54	1,2	1,4
Lactosa hidratado	5,05	5,1	-----

Tabla 2. Agua absorbida (%) a varias HR (humedad relativa ambiente) y tiempos.

Actividad experimental N°7: “Capacidad de absorción de agua de galletitas”

Materiales:

- galletitas elaboradas con miel (pueden ser compradas o hechas en casa),
- galletitas tipo “de agua”,
- balanza tipo granataria de laboratorio.

Desarrollo

1. Tomar un par de las galletitas elaboradas con miel y pesarlas.
2. Dejarlas durante un día sobre una mesada y volver a pesarlas.
3. Repetir la operación todos los días durante 5 días.
4. Hacer lo mismo con otra galletita dulce elaborada con azúcar y con una galletita tipo “de agua”.



Análisis de los resultados

- a. Relacionar lo observado con la composición de cada uno de los productos (para esto consultar los rótulos de los alimentos trabajados o las recetas) y justificar el comportamiento.
 - b. Si se compran dos tipos de galletitas, una elaborada con azúcar (sacarosa) y la otra con miel, ¿cuál permanecerá crujiente durante más tiempo? Justificar la respuesta.
- Sugerencia:** consultar los datos de la **Tabla 2**.
- c. Deducir de qué manera debe seleccionarse el envase de una galletita para que no se deteriore al pasar el tiempo, siempre que no se abra el envoltorio.
 - d. ¿Tiene alguna vinculación lo analizado en el ítem **b** con la composición química de cada producto? Si es así, ¿cómo es la relación?

Consultar:

<http://www.eufic.org/article/es/artid/novedades-envasado-alimentos/>
http://www.calidadalimentaria.net/envases_inteli.php

• Reacciones de pardeamiento

Los azúcares son responsables de las reacciones de pardeamiento que ocurren durante la cocción y/o el procesamiento de alimentos y dan como resultado la formación de productos que aportan colores marrones o pardos y diversos aromas. Entre este tipo de reacciones se pueden distinguir la reacción de *Maillard* y la reacción de caramelización.

Reacción de Maillard

Esta reacción, es en realidad un conjunto de transformaciones muy complejas en las que intervienen hidratos de carbono y aminoácidos o proteínas (ver capítulo “**Las Proteínas**”). Es la responsable del color y el aroma deseable que se generan durante la cocción de alimentos como el pan y el dulce de leche, pero ocasiona también pérdida en el valor nutritivo de las proteínas. Cuando la temperatura de cocción es excesiva puede generar colores muy oscuros y sabores amargos, indeseables en los alimentos, y dar origen a compuestos potencialmente cancerígenos como la acrilamida.

En esta reacción, los factores que influyen son:

a) **Tipo de hidrato de carbono:** los monosacáridos son más reactivos que los disacáridos.

b) **Tipo de aminoácido:** influye principalmente en el aroma generado en la reacción. En la **Tabla 3** se muestran los olores producidos por calentamiento de algunos aminoácidos con glucosa.

Aminoácido	Olor
Valina	Pan de centeno
Fenilalanina	Floral
Alanina	Dulce
Metionina	Podrido, desagradable

Tabla 3. Olores producidos por calentamiento de algunos aminoácidos con glucosa a 100°C.

c) **Concentración de hidrato de carbono y/o aminoácidos o proteínas:** al aumentar la concentración de sustratos, aumenta la intensidad del color.

d) **Tiempo y temperatura de cocción:** al aumentar el tiempo y la temperatura, aumenta la intensidad del color.

e) **pH:** la reacción se ve favorecida a pH alcalinos ($\text{pH} > 7$) y se inhibe a pH ácidos ($\text{pH} < 7$).

f) **Inhibidores:** el agregado de inhibidores como el sulfito, bisulfito y metasulfitos, intervienen en la etapa de inducción y evita o retrasa la formación de productos coloreados.

Actividad experimental N°8:

“Aplicación de la reacción de Maillard en dulce de leche y panificados”.

Primera parte: dulce de leche

Materiales:

- leche
- sacarosa o azúcar común de mesa
- glucosa
- fructosa
- bicarbonato de sodio
- olla
- cuchara
- frascos de vidrio
- cocina o equipo de laboratorio para calentamiento



Desarrollo

- 1. Disolver el azúcar en medio litro de leche y hervir unos pocos minutos.
- 2. Agregar todo el bicarbonato, disuelto en un poco de agua.
- 3. Seguir concentrando y agregando el resto de la leche y la glucosa hasta obtener una consistencia tal que, al colocar una porción de dulce sobre un plato, al enfriarse no se deslice.
- 4. Interrumpir el calentamiento.
- 5. Transvasar a un recipiente de vidrio incoloro transparente y dejar enfriar.

Muestra	Leche entera	Sacarosa	Glucosa	Fructosa	Bicarbonato de sodio
1	1 litro	180 g	10 g	-----	0,500 g
2	1 litro	180 g	10 g	-----	1,500 g
3	1 litro	-----	10 g	180 g	0,500 g
4	1 litro	-----	190 g	-----	0,500 g

Tabla 4.

Realizar este procedimiento con todas las muestras de la tabla 4.

Análisis de los resultados

- a. Comparar el color y el sabor de las muestras 1, 3 y 4 y establecer cómo influye el tipo de azúcar en el color y en el sabor de los dulces de leche preparados.
- b. Si el pH del bicarbonato de sodio es alcalino y en la elaboración del dulce de leche se verifica la reacción de Maillard, explicar el porqué se lo utiliza entonces como ingrediente en la elaboración de dulce de leche.

Segunda parte: panificados

Materiales:

- harina de trigo
- levadura deshidratada
- azúcar común de mesa
- sal común de mesa
- agua
- cuchillo
- asadera enmantecada
- horno de cocina



Desarrollo

- 1. Mezclar 2 ½ tazas de harina de trigo (aprox 300 g), medio sobre de levadura deshidratada (5 g), ½ cucharadita de azúcar (3 g) y ¼ de cucharadita de sal (1.5 g).
- 2. Agregar agua y mezclar todos los ingredientes.
- 3. Amasar hasta obtener una masa homogénea y moldeable.
- 4. Dejar levar la masa hasta que doble su volumen (a 30-35°C).
- 5. Dividir la masa en 3 partes iguales, volver a amasar y darles forma de bollos.
- 6. Hacer un corte en la parte superior de los bollos con un cuchillo bien afilado o cutter.
- 7. Colocar en asadera enmantecada y dejar levar hasta que los bollos dupliquen su volumen inicial.
- 8. Cocinar los panes durante 15, 30 y 45 minutos en horno moderado (200°C).

Análisis de resultados

- Comparar el color de la corteza de los 3 panes y determinar cómo influye en el color el tiempo de cocción. Justificar la respuesta.
- Cortar por la mitad el pan que se cocinó durante 30 minutos y comparar el color de la miga y de la corteza. Relacionar las observaciones realizadas con la temperatura que alcanza el pan dentro del horno en la superficie (corteza) y en el interior (miga). Justificar la respuesta.

Caramelización

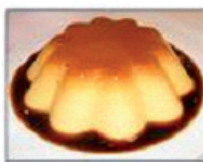
Aunque este grupo de reacciones tiene como único reactivo a los azúcares (no necesita aminoácidos ni proteínas), los factores que influyen en su velocidad son los mismos que en la reacción de Maillard: tipo de azúcar, pH, y tiempo y temperatura de calentamiento. La caramelización se produce cuando una solución concentrada de azúcar es tratada a alta temperatura. Puede ocurrir tanto en medio ácido como alcalino, pero los productos obtenidos dependen de estas condiciones:

- Caramelización en medio ácido:** se produce por la deshidratación de los azúcares y posterior polimerización. En estas reacciones se forman principalmente compuestos de alto peso molecular con doble enlaces conjugados. Por lo tanto, el caramelo obtenido es oscuro y tiene poco aroma.
- Caramelización en medio alcalino:** se producen isomerizaciones de los azúcares y fragmentaciones de las cadenas, generándose compuestos volátiles de bajo peso molecular. El caramelo obtenido en este caso es más claro que el anterior pero tiene más aroma.

Actividad experimental N°9: “Caramelización en medio ácido y alcalino”.

Materiales:

- sacarosa o azúcar común de mesa
- jugo de limón
- bicarbonato de sodio
- agua
- vaso de precipitados
- varilla de vidrio
- equipo de calentamiento



Desarrollo

- Pesar, en diferentes vasos, 50 gramos de sacarosa en cada uno, agregar 100 ml de agua y las sustancias indicadas en la **Tabla 5**.
- Agitar hasta completa disolución del azúcar.
- Calentar agitando suavemente. Controlar el tiempo en que comienza el oscurecimiento en cada vaso.
- Seguir calentando por dos minutos más.

Muestra	Sustancias
1	-----
2	5 cucharadas de jugo de limón
3	1 cucharadita de bicarbonato de sodio

Tabla 5.

Análisis de resultados

- a. Comparar el color y el aroma de los productos obtenidos.
- b. Relacionar estas observaciones con el pH del agua, el pH del bicarbonato de sodio y pH del ácido cítrico.
- c. Justificar los colores y aromas observados.

En la **Tabla 6** se comparan similitudes y diferencias entre la reacción de caramelización y la de Maillard.

	Reacción de Maillard	Caramelización
Similitudes	Son reacciones de pardeamiento. Se producen durante la cocción. Producen compuestos responsables del color y del aroma de alimentos.	
Diferencias	Puede ocurrir incluso a temperatura ambiente.	Requiere muy altas temperaturas.
	Necesitan hidratos de carbono y aminoácidos o proteínas como reactivos.	Sólo necesitan hidratos de carbono como reactivo.
	La intensidad del color aumenta a pH alcalino.	La intensidad del color aumenta a pH ácidos.

Tabla 6.

• **Formación de cristales, “vidrios” y “gomas”**

Los azúcares pueden presentarse en estado sólido en tres formas diferentes: cristalino, vítreo y gomoso. Estas formas se diferencian entre sí por la movilidad y el grado de ordenamiento que tienen las moléculas de azúcar e influyen en la textura y en la conservación de los alimentos. En estado cristalino, las moléculas están muy ordenadas. Es una estructura rígida y estable en el tiempo (si no se modifican las condiciones externas de presión, temperatura, humedad, etc. no se altera). Como ejemplo de estructura cristalina se encuentran el azúcar de mesa (sacarosa) y las pastillas opacas (blancas o de colores) que vienen en tubitos.

La cristalización se produce cuando las moléculas de azúcares tienen tiempo suficiente para poder ordenarse. Por ejemplo, si se deja reposar una solución concentrada de algún azúcar, en pocos días, se obtienen cristales. La velocidad con que los azúcares cristalizan depende del tipo de azúcar, de la concentración de la misma y de la presencia de otras sustancias en el alimento. Por ejemplo, la reducción en la formación de cristales se puede lograr agregando una pequeña cantidad de otro azúcar, ya que actúa como impureza y dificulta el ordenamiento de las moléculas. Por ejemplo, al dulce de leche se le suele agregar pequeñas cantidades de glucosa para evitar la cristalización de la sacarosa que provoca una textura granulosa indeseable.

Actividad experimental N°10: “Obtención de cristales de sacarosa”.

Materiales:

- sacarosa o azúcar común de mesa
- agua
- taza
- vaso de precipitados
- equipo de calentamiento
- vaso largo transparente
- palitos de brochette
- broche
- cámara digital o celular con cámara (opcional)

Desarrollo

1. Colocar 1 taza de agua y 1½ taza de azúcar en un recipiente.
2. Luego de que empieza la ebullición, tapar el recipiente y calentar 5 minutos.
3. Transferir el líquido a un vaso largo.
4. Dejar enfriar hasta temperatura ambiente e introducir un palito de brochette (con cristales de azúcar pegados en la superficie) cuidando de no llegar hasta el fondo del vaso (Figura 9a).
5. Dejar reposar (sin mover) durante 1 ó 2 semanas, realizando observaciones periódicas y registrando los resultados con cámara digital.
6. Una vez terminado el experimento, retirar el palito y dejar secar (Figura 9b).

Análisis de resultados

- a. Establecer cómo influye el tiempo en la cristalización de la sacarosa y explicar el porqué es necesario esperar varios días para obtener cristales.
- b. Predecir de qué forma se modificarían los resultados anteriores si, a la solución de sacarosa antes de calentarla, se le agregaran unas gotas de jugo de limón. (Recordar que el calentamiento en medio ácido produce la hidrólisis de la sacarosa).

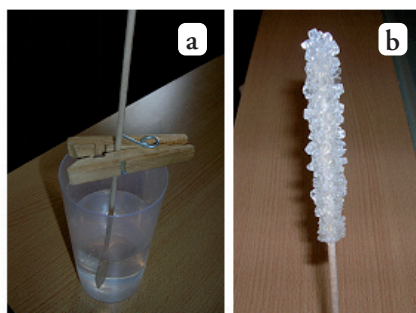


Figura 9. (a) Preparación del palito de brochette para que se formen los cristales. (b) Palito de brochette luego del crecimiento de cristales.

Además de formar cristales, los azúcares pueden presentar estructuras amorfas que pueden ser vítreas (duras) o gomosas (blandas). En estado amorfo las moléculas no están ordenadas, y esta característica le da una textura particular a los alimentos. Los alimentos en estado vítreo, como los caramelos duros y la corteza del pan, son duros y crujientes pero tienen más facilidad de absorber agua que en estado cristalino y se pueden volver blandos (gomosos) cuando absorben agua (humedad del ambiente). Los sólidos gomosos, por el contrario, ya son blandos en su estado natural, como los caramelos blandos y la miga de pan. Estos productos con el

tiempo pueden llegar a cristalizar (en el caso de los caramelos), adquiriendo una textura granulosa o pueden perder agua y pasar a estado vítreo volviéndose duros, como la miga del pan 1 ó 2 días después de que se elaboró, si no se la guardó en una bolsa bien cerrada.

Por lo tanto, es de vital importancia conocer el estado en que se encuentran los alimentos sólidos (cristalino, vítreo o gomoso), para mantener las condiciones adecuadas de almacenamiento (temperatura, humedad, material de envase, etc.) y aumentar su vida útil.



Estado cristalino.
Caramelos “pastillas”



Estado amorfo vítreo.
Cobertura de manzanas



Estado amorfo gomoso.
Caramelos masticables

Figura 10. Ejemplos de estados cristalino y amorfo.

Actividad experimental N°11: “Obtención de caramelo de sacarosa en estado amorfo”.

Materiales:

- azúcar
- jugo de limón
- agua
- vaso de precipitados
- termómetro (que alcance 200°C)
- papel aluminio
- equipo de calentamiento

Desarrollo

1. Mezclar en un recipiente 150 g de azúcar, 50 ml de agua y 5 gotas de jugo de limón.
2. Tapar el recipiente y calentar a ebullición.
3. Medir la temperatura y volcar una porción de la solución (aproximadamente una cucharada) sobre papel aluminio.
4. Continuar calentando hasta que la solución aumente en 10°C su temperatura y volver a volcar una porción del mismo tamaño sobre el papel aluminio.
5. Repetir el procedimiento, sacando muestra cada 10°C, hasta llegar a los 170-180°C.
6. Dejar enfriar todas las muestras.

Análisis de resultados

- a. Establecer en forma general la tendencia que existe entre la temperatura de ebullición de la solución azucarada y la concentración de sacarosa.
- b. Comparando la textura de los caramelos obtenidos por calentamiento a distintas temperaturas, determinar cómo se relaciona el estado del azúcar (vítreo o gomoso) con el contenido de agua de la solución.
- c. Justificar el cambio de color que se observa en algunas muestras a distintos tiempos, explicando qué reacción de pardeamiento está ocurriendo.

2.3. 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.

Almidones: son polisacáridos vegetales. Fisiológicamente son sustancias de reserva que se encuentran principalmente en los granos de cereales, tubérculos, frutas y en varias legumbres. En la industria de alimentos se emplean, no solamente almidones nativos (sin modificación) sino, también, sus productos derivados: jarabes y almidones modificados.

Celulosa: es el principal polisacárido estructural del reino vegetal (a pesar de no utilizarse como aditivo debido a su gran insolubilidad en agua); a partir de ella se obtienen una gran cantidad de derivados como la celulosa microcristalina (CMM), la metilcelulosa (MC) y la carboximetilcelulosa (CMC), que tienen buenas propiedades espesantes y estabilizantes.

Gomas vegetales: son productos que se utilizan como espesantes o gelificantes en diversos productos alimentarios. Según la fuente de las que se extraen se las puede agrupar de la siguiente manera:

- obtenidas de subproductos vegetales (cáscaras y semillas de frutas): pectinas (1)
- derivados de algas: alginatos, carragenes, agar-agar (2)
- derivados de semillas: goma guar y goma garrofin (3)
- obtenidos de exudados de plantas: goma arábiga, goma tragacanto y goma Baraya (4)
- obtenidas con el auxilio de microorganismos por biotecnología: goma xantán (5)



Harinas



Vegetales: fuentes de fibras alimentarias



(1)

1. CÁSCARA Y SEMILLAS DE CÍTRICOS. Fuente de pectinas.

Son polisacáridos derivados del ácido galacturónico con diferentes grados de metilación.

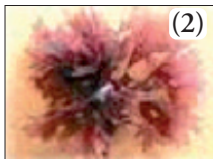


(2)

2. ALGAS

Algas marrones: fuente de alginatos. Son polisacáridos derivados de un ácido poliurónico (ácido algínico).

Algas rojas: fuente de carragenes. Son polisacáridos constituidos por mezclas de varios galactanos parecidos entre sí con grupos semiester sulfatos unidos a las unidades de azúcar. Los carragenanos comerciales contienen diferentes proporciones de los tres tipos principales: lambda, iota y kappa.



(2)



(2)



(2)

3. DERIVADOS DE SEMILLAS. Fuente de goma guar y garrofin.

La goma de algarroba, o goma garrofin se obtiene de las semillas de algarrobo *Ceratonia siliqua*, un árbol que crece en las regiones mediterráneas.



(3)



(3)



(4) Goma arábica

4. EXUDADOS DE PLANTAS. Fuente de goma arábica.

La goma arábica aparece como un exudado resinoso sobre heridas y grietas de la corteza de los árboles cuyo objetivo es la protección de la herida contra la invasión de enfermedades.

5. OBTENIDA CON EL AUXILIO DE MICROORGANISMOS POR BIOTECNOLOGÍA. Fuente de goma xantán.

La goma xantán es un exopolisacárido producido por *Xanthomonas campestris*, un patógeno de las coles. El microorganismo se cultiva a escala industrial por fermentación aerobia en un medio formado básicamente por jarabe de glucosa obtenido a partir de la hidrólisis del almidón de maíz. La goma se forma como un polisacárido exocelular.



(5) Hoja de col dañada por *Xanthomonas campestris*.



Fotografía de una placa de agar con cultivo de *Xanthomonas campestris*

2.3.1. Estructura química y propiedades funcionales

La principal aplicación de los polisacáridos en alimentos es como agentes espesantes o gelificantes. La diferencia en el comportamiento depende de la estructura tridimensional que tiene el polisacárido, de su concentración y de la interacción con otros componentes del alimento (proteínas, lípidos, azúcares, iones, etc.). Estos factores van a determinar cómo interactúan sus cadenas entre sí y con el agua. Un gel es una estructura tridimensional que retiene una gran cantidad de agua en su interior. Para que puedan formarse las cadenas de polisacáridos deben tener zonas de unión entre sí pero, también tienen que poder interactuar con el agua que queda retenida en los espacios huecos de la estructura. Si las zonas de unión son débiles o no existen, el polisacárido no puede formar gel pero aumenta la viscosidad de la mezcla ya que sus cadenas interactúan con el agua y la “inmovilizan” en la dispersión. Para ambos tipos de comportamiento es necesario lograr previamente una buena dispersión del polisacárido.



Figura 11. Esquema del comportamiento como espesantes y gelificantes de los hidrocoloides.

En la **figura 11** se muestra un esquema general del comportamiento de los polisacáridos como espesantes y gelificantes, sin embargo, las condiciones necesarias para que cada polisacárido gelifique o actúe como espesante son particulares de cada uno de ellos y dependen de su estructura química.



Espesante (postre)



Estabilizante (yogurt)



Gelificante (flan)

Figura 12. Propiedades funcionales de Polisacáridos.

• Almidones

Son polisacáridos vegetales que se encuentran principalmente en los granos de cereales (trigo, arroz, maíz, cebada, centeno), tubérculos (papa, batata, mandioca), y legumbres (garbanzo, soja). Están compuestos, a su vez, por dos tipos de polisacáridos, la amilosa y la amilopectina, ambas constituidas por unidades de glucosa. La diferencia entre ellas es que la amilosa es una molécula lineal, con uniones α -(1,4) y la amilopectina es ramificada y posee uniones α -(1,4) y α -(1,6) (**Figura 13**).

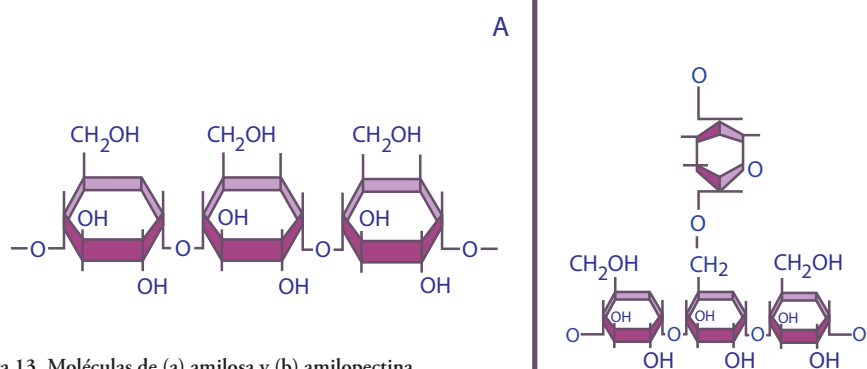


Figura 13. Moléculas de (a) amilosa y (b) amilopectina.



Cereal (maíz)



Tubérculo (papa)



Legumbre (soja)

Estos dos polisacáridos se agrupan formando pequeñas partículas llamadas “gránulos”, que son características de cada tipo de almidón. Por microscopía es posible identificar el tipo de almidón por la forma y el tamaño de sus gránulos (Figura 14).

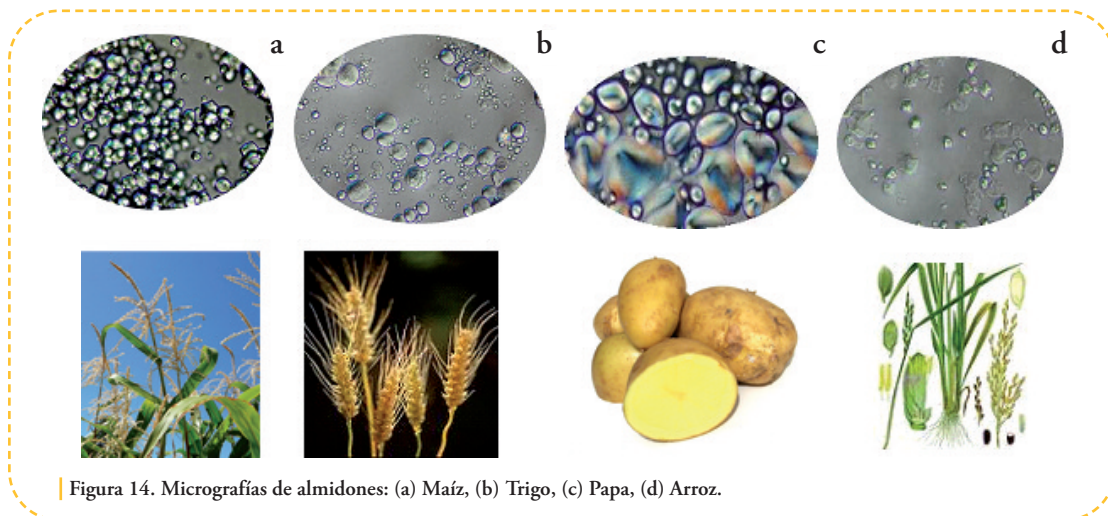


Figura 14. Micrografías de almidones: (a) Maíz, (b) Trigo, (c) Papa, (d) Arroz.

Almidones Nativos

Maíz: la mayoría de los gránulos son angulares y algunos redondeados. Los diámetros van de 5 a 25 μm .

Trigo: posee gránulos relativamente pequeños y grandes. Ambos son generalmente esféricos. La superficie de estos gránulos puede ser lisa o estriada. Los gránulos pequeños miden aproximadamente 5-10 μm de diámetro, mientras que los grandes están entre valores de 25-40 μm .

Papa: la mayoría de estos gránulos son grandes, ovalados y particularmente lisos. Pueden observarse los anillos de crecimiento (anillos concéntricos). El tamaño varía entre 15-100 μm de diámetro.

Arroz: los gránulos son de tamaño pequeño y con bordes irregulares. Su diámetro va de 3-8 μm .

Actividad experimental N°12: “Reconocimiento de almidones por microscopía”.

Primera parte

Materiales:

- harina de trigo
- almidón de maíz
- arroz
- papa
- agua
- porta y cubreobjetos
- microscopio (100X – 400X)

Desarrollo

1. Preparar las muestras de almidones como se indica a continuación:

- **harina de trigo:** suspender una cucharadita de harina de trigo en agua y colocar una gota sobre un portaobjeto,
- **almidón de maíz (maicena):** suspender una cucharadita de almidón de maíz en agua y colocar una gota sobre portaobjeto,
- **arroz:** remojar un puñado de arroz durante 12 horas. Machacarlo y colocar una gota del agua de la suspensión en un portaobjeto,
- **papa:** cortar una papa y frotarla sobre un portaobjetos.

2. Colocar un cubreobjetos sobre el portaobjetos que contiene la muestra.

3. Observar al microscopio con aumento de 100X y 400X.

4. Recordar que es necesario que la muestra se halle húmeda para poder realizar la observación. En caso de que se seque agregar suavemente una gota de agua con pipeta o gotero.

5. Dibujar todas las observaciones y, si es factible realizarlo, registrar utilizando cámara fotográfica.

Análisis de resultados

a. Caracterizar, la forma y tamaño relativo de los gránulos de distintos almidones y realizar un informe escrito de lo observado.

Segunda parte

Materiales:

- polvo leudante
- sopas instantáneas
- agua
- porta y cubreobjetos
- microscopio (100X – 400X)



Polvo leudante



Polvo para preparar
sopa crema

Desarrollo

1. Preparar las muestras de almidones como se indica a continuación:

- **polvo leudante (polvo de hornear):** suspender una cucharadita de polvo leudante en agua y colocar una gota sobre portaobjeto,
- **sopas instantáneas:** suspender una cucharadita de polvo para preparar sopa (de diferentes sabores) en agua y colocar una gota sobre portaobjeto.

2. Colocar la muestra en el portaobjetos y cubrir con un cubreobjeto.

3. Realizar las observaciones en el microscopio de igual forma que en la primera parte.

4. Dibujar todas las observaciones y, si es factible realizarlo, registrar utilizando cámara fotográfica.

Análisis de resultados

- Identificar los almidones presentes en el polvo de hornear y en el polvo para preparar sopa (usar los resultados de la primera parte de esta actividad experimental).
- Comparar las respuestas del ítem anterior con la información brindada en los rótulos (etiquetas) de dichos productos.

Gelatinización y gelificación

Las cadenas de amilosa y de amilopectina están organizadas dentro del gránulo de almidón de maneras muy compactas, estabilizadas por interacciones de puente de hidrógeno intra e intermoleculares. Debido a esta estructura tan compacta, el almidón es insoluble en agua fría pero, si se lo calienta, los enlaces de hidrógeno se rompen y el agua comienza a ingresar al gránulo provocando el hinchamiento del mismo y la consecuente pérdida del orden interno. Durante el hinchamiento también se produce la liberación de amilosa que queda en dispersión coloidal y esto provoca un aumento en la viscosidad de la pasta de almidón. Todo este proceso se llama gelatinización y la temperatura a la cual ocurre varía entre 60 y 95°C aproximadamente, dependiendo del tipo de almidón. Generalmente los gránulos de mayor tamaño, como los de papa, son menos compactos y más fácilmente hidratables, por lo tanto, su temperatura de gelatinización es menor, comparada con la correspondiente a almidones con granulos más pequeños y compactos como el maíz.

El proceso de gelatinización se puede estudiar por microscopía (Figura 15). Los gránulos de almidón que no han sufrido tratamiento térmico presentan una marcada cruz que atraviesa el hilum (centro de crecimiento del gránulo). La pérdida de esta cruz indica la pérdida del orden molecular y se usa como criterio de gelatinización.

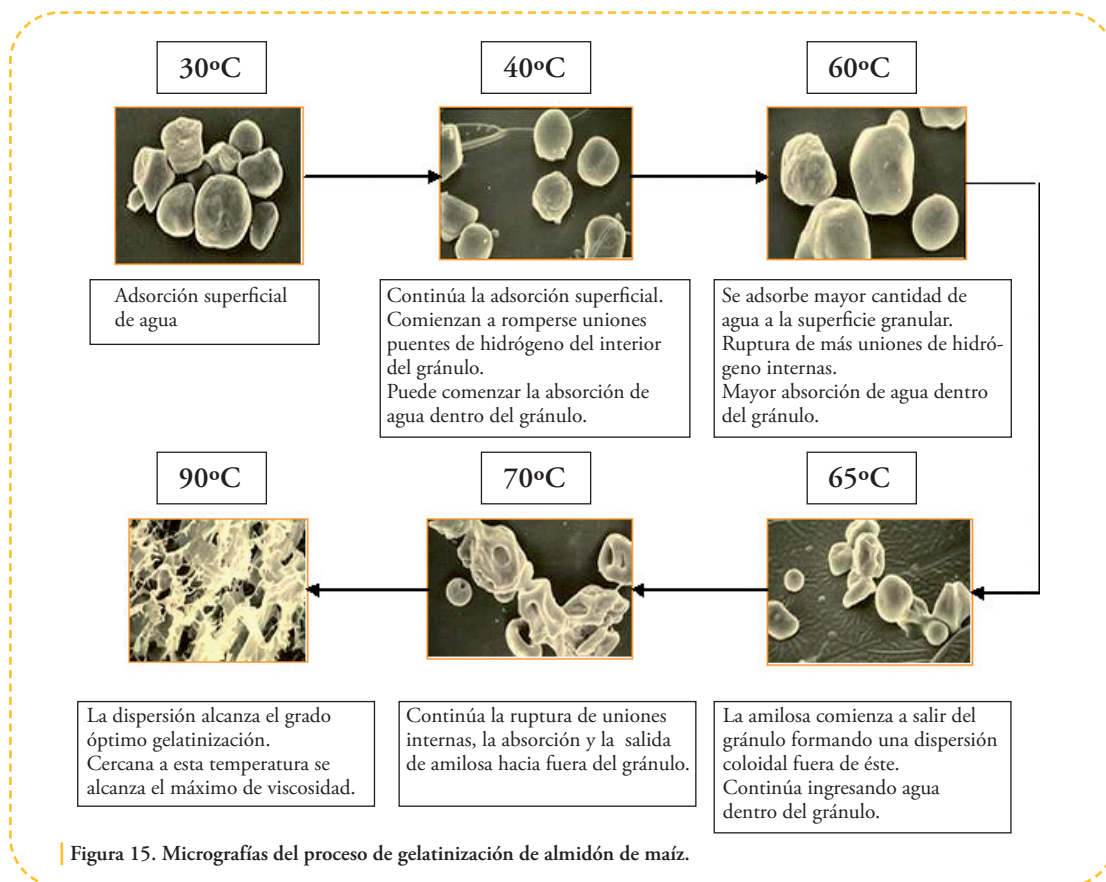


Figura 15. Micrografías del proceso de gelatinización de almidón de maíz.

Cuando el almidón gelatinizado se enfría, las cadenas de amilosa comienzan a acercarse y se establecen nuevos puentes de hidrógenos entre ellas. De esta manera se forma una red tridimensional que es capaz de retener agua en su interior. Este proceso se denomina gelificación. Sin embargo, el gel que se forma no es estable en el tiempo. Esto se debe a que las cadenas de amilosa y las partes de lineales de las cadenas de amilopectina, continúan acercándose, fenómeno que se conoce como retrogradación y tiene como consecuencia que parte del agua que estaba retenida dentro del gel comienza a salir. Esta exudación de agua se denomina sinéresis. Como los puentes de hidrógeno se favorecen al disminuir la temperatura, el proceso de retrogradación y la consecuente sinéresis son más pronunciados a bajas temperaturas. Esto explica el porqué al guardar una salsa blanca en la heladera se forma en la superficie de la misma una capa de agua.

La retrogradación del almidón, también, es la responsable del envejecimiento del pan (endurecimiento). Durante el almacenamiento, las zonas lineales de las cadenas de amilopectina se acercan y expulsan el agua que estaba entre ellas, provocando que la miga se seque y se vuelve dura y la corteza absorbe ese agua y se ablanda.

Actividad experimental N°13: “Gelatinización del almidón”.

Materiales:

- almidón de maíz
- agua
- cuchara
- vasos de precipitado
- tubos de ensayo
- equipo de calentamiento
- termómetro (que alcance 100°C)
- porta y cubreobjetos
- microscopio (100X – 400X)

Desarrollo

1. Colocar en un vaso de precipitado 1 cucharada de almidón de maíz (maizena) y agregar media taza de agua fría.
2. Calentar con cuidado, agitando constantemente y controlando la temperatura con un termómetro sumergido en el sistema almidón - agua.
3. Tomar muestras cuando alcance 50°C, 70°C, 80°C y 95°C y colocarlas en tubos de ensayos debidamente rotulados.
4. Dejar reposar las muestras hasta que lleguen a temperatura ambiente.
5. Examinar luego la rigidez y transparencia de cada una de las muestras.
6. Realizar observación microscópica de todas las muestras.
7. Esquematizar lo que observa.

Análisis de resultados

En base a los resultados obtenidos por micrografía y, de acuerdo con la viscosidad de las muestras obtenidas, establecer en forma aproximada, cuál es la temperatura de gelatinización del almidón.

Sugerencia: consultar la figura 15.

Las características que presentan los geles de almidón (brillo, rigidez, estabilidad frente a la retrogradación, etc.) son aspectos fundamentales a tener en cuenta para formular un alimento. Los principales factores que afectan estas características son el tipo de almidón, su concentración y la presencia de sustancias como azúcar, sal y ácidos orgánicos.

a) **Tipos de almidón:** cada almidón forma geles con características particulares. Por ejemplo, un gel de almidón de maíz es más rígido y traslúcido que uno de almidón de papa.

b) **Concentración de almidón:** los geles de almidón se forman a partir de una determinada concentración (que depende del tipo de almidón) y por debajo de la cual la dispersión no gelifica, ya que no puede formarse una red lo suficientemente rígida para retener toda el agua presente.

c) **Temperatura de calentamiento:** es necesario alcanzar la temperatura de gelatinización del almidón para que al enfriarse gelifique. Por otro lado, una temperatura muy elevada puede provocar una ruptura excesiva de los gránulos y pérdida de viscosidad.

d) **Sacarosa y NaCl:** el agregado de estas sustancias en una concentración adecuada retrasa la sinéresis debido a que retienen parte del agua.

e) **Ácido:** el calentamiento en medio ácido, produce la hidrólisis de los enlaces glicosídicos, obteniéndose maltodextrinas (polisacáridos de bajo peso molecular), maltosa y glucosa. Estos productos no tienen la capacidad de formar estructuras tridimensionales y esto reduce la viscosidad y la fuerza del gel.

Actividad experimental N°14: “Geles de almidón”.

Materiales:

- *almidón de maíz*
- *jugo de limón*
- *sal común de mesa*
- *sacarosa o azúcar común de mesa.*
- *cuchara*
- *vasos de precipitado*
- *termómetro (que alcance 100°C)*
- *equipo de calentamiento*

Desarrollo

1. *Mezclar 1 cucharada de almidón (5 g) de maíz con medio vaso de agua (100 ml).*
2. *Calentar suavemente y agitar hasta que alcance la temperatura de gelificación (estimada en el ítem anterior).*
3. *Mantener a esa temperatura durante 1 minuto.*
4. *Repetir la experiencia, agregando antes del calentamiento las siguientes sustancias:*
 - *tres cucharadas soperas de jugo de limón,*
 - *una cucharadita de sal,*
 - *dos cucharadas de azúcar.*
5. *Dejar descansar a temperatura ambiente.*

Análisis de resultados

- a. *Establecer las diferencias que se observan en la consistencia de todas las muestras, luego de*

24 horas de reposo a temperatura ambiente.

b. Estimar si se modificarían los resultados observados si, en lugar de almacenar los geles a temperatura ambiente, se hubieran guardado en la heladera. Justificar la respuesta.

Almidones modificados

Además de los almidones nativos (sin modificaciones) existen en el mercado una amplia gama de almidones modificados, con características particulares. Entre ellos se destacan los almidones esterificados, entrecruzados, parcialmente hidrolizados y pregelatinizados.

Almidones esterificados: tienen mayor estabilidad frente a la retrogradación y se pueden utilizar en alimentos congelados.

Almidones entrecruzados: presentan alta estabilidad frente al calentamiento incluso en medio ácido. Son buenos espesantes y estabilizantes, pero no gelifican.

Almidones parcialmente hidrolizados: forman geles débiles. Se los utiliza en la industria de caramelos.

Almidones pregelatinizados: estos almidones sufrieron un proceso de gelatinización y un posterior secado. Se los emplea en postres instantáneos que no necesitan cocción, ya que se hidratan fácilmente en agua fría.

• Celulosa

La celulosa es un polímero lineal formado por unidades de glucosa unidas mediante enlaces β -(1,4). Es el componente principal de la pared de todas las células vegetales y se encuentra en frutas, vegetales y granos y, también, la producen algunos microorganismos. A diferencia de los animales (herbívoros) el hombre carece de las enzimas necesarias para transformarla en glucosa, no puede utilizarla como nutriente y por lo tanto la elimina en las heces. Este polisacárido constituye en los alimentos la llamada fibra cruda o salvado.



Actividad experimental N°15: “Reconocimiento de celulosa por microscopía”.

Materiales:

- *cebolla*
- *tomate*
- *sopas instantáneas de distintos sabores: cebolla, espárragos, tomate, entre otros.*
- *agua*
- *porta y cubreobjetos*
- *microscopio (100X – 400X)*
- *cámara digital o celular con cámara (opcional)*

Desarrollo

Primera parte

1. *Preparar las muestras como se indica a continuación:*
 - *cebolla, tomate, entre otros: sacar una capa muy delgada (casi transparente) y colocarla sobre un portaobjetos.*
2. *Colocar un cubreobjetos sobre el portaobjetos que contiene la muestra.*
3. *Observar al microscopio con aumento de 100X y 400X.*
4. *Dibujar todo lo observado y, en la medida de lo posible, fotografiar con cámara digital o celular.*
5. *Reconocer el tejido celulósico en cada caso.*

Segunda parte

1. *Preparar las muestras como se indica a continuación:*
 - *sopas instantáneas: suspender una cucharadita de polvo para preparar sopa (de diferentes sabores, por ejemplo, cebolla, espárragos, tomate,) en agua y colocar una gota sobre portaobjeto.*
2. *Colocar un cubreobjetos sobre el portaobjetos que contiene la muestra.*
3. *Observar al microscopio con aumento de 100X y 400X.*
4. *Dibujar todo lo observado y en la medida de lo posible fotografiar con cámara digital o celular.*

Análisis de resultados

- a. *Identificar el tejido celulósico presente en polvos para preparar sopa de distintos sabores (cebolla, espárragos, tomate), empleando el microscopio.*
- b. *Comparar estos resultados con la declaración de ingredientes de los alimentos estudiados, según información brindada por los rótulos.*

• **Gomas vegetales**

Pectinas

Las pectinas están presentes en las frutas, principalmente, en los cítricos, la manzana y el membrillo. Son polisacáridos constituidos por ácido galacturónico (ácido obtenido por oxidación de la galactosa). Los grupos ácidos están parcialmente esterificados con grupos metilos y según la cantidad de estos grupos, se las divide en:

- pectinas de alto grado de metilación (ATM): más del 50% de los grupos ácidos están metilados.
- pectinas de bajo grado de metilación (BTM): menos del 50% de los grupos ácidos están metilados.

Estos dos tipos de pectinas gelifican bajo condiciones completamente distintas. Las pectinas ATM gelifican en condiciones de bajo pH (cercano a 3) y alta concentración de sólidos solubles (65%). Este gel se forma por la interacción pectina-agua-azúcar-ácido. Este tipo de gomas están presentes en mermeladas y jaleas.



Jalea (ATM)



Yogurt firme (BTM)

Las pectinas BTM gelifican en presencia de iones divalentes (calcio), los cuales actúan como puente entre los grupos carboxilos de cadenas adyacentes. A diferencia de los geles con pectinas ATM, estos se pueden formar incluso en ausencia de sólidos solubles y a pH neutro. Se las encuentra en postres lácteos, por ejemplo.

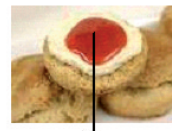
Actividad experimental N°16: “Geles de pectina”.

Materiales:

- membrillos
- sacarosa o azúcar común de mesa
- paño e hilo
- cuchillo
- olla
- cocina o equipo de calentamiento usado en laboratorios
- frascos de vidrio



Membrillos



Jalea de membrillos

Desarrollo

1. Lavar los membrillos, cortarlos al medio, pelarlos y retirar el centro y las semillas.
2. Poner las cáscaras, el centro y las semillas en un paño y atar con hilo formando una bolsita.
3. Colocar en una olla destapada las mitades de membrillo junto con la bolsita.
4. Cubrir con exceso de agua.
5. Llevar a fuego suave y cocinar hasta que los membrillos estén muy cocidos.
6. Colocar un paño dentro de un colador grande y un recipiente debajo. Poner allí a colar los membrillos, sin apretarlos, durante toda la noche. Al día siguiente recuperar el jugo que haya escurrido, medirlo y agregar la mitad en peso en azúcar. (Ejemplo: para un litro de jugo, medio kilogramo de azúcar).
7. Poner a calentar a fuego suave, revolviendo, hasta que se disuelva el azúcar.
8. Luego subir el fuego, revolviendo de vez en cuando hasta que alcance la consistencia deseada, (probar sacando un poquito y dejándolo que se enfríe). Esta última cocción puede llevar de 15 a 40 minutos.
9. Conservar en frascos esterilizados.

Análisis de resultado

- a. Establecer qué tipo de pectina se halla presente en el membrillo (ATM o BTM). Responder con la ayuda de las condiciones de gelificación de cada una de las muestras (pH, concentración de azúcar, presencia de calcio).
- b. Determinar si es posible realizar una jalea de duraznos siguiendo este mismo procedimiento. Justificar.
- c. Justificar si es posible elaborar una jalea reducida en calorías (sin azúcar) siguiendo este procedimiento.

Bibliografía de referencia:

- Badui, S.D., *Química de los Alimentos* (2006). Ed. Pearson. México.
 - Cubero N., y otros, *Aditivos Alimentarios*, (2002), Ed Mundiprensa, España.
 - Fennema, O. *Química de los Alimentos* (2000). Ed Acribia. España.
- d. Investigue si un postre lácteo gelificado (por ejemplo un yogur firme) declara el uso de pectinas en su rótulo, ¿a qué tipo de pectina se refiere? Justificar.

Carragenes

Los carragenes son polímeros sulfatados de unidades de galactosa. Según el grado de sulfatación y la posición de los carbonos sustituidos por los ésteres-sulfatos, se distinguen diferentes fracciones cuyas principales son la kappa (κ), la iota (ι) y la lambda (λ) carragen.

El kappa carragen tiene la capacidad de gelificar, mientras que el lambda carragen es espesante y el iota tiene propiedades intermedias. La presencia de cationes divalentes, como el calcio (presente en la leche), favorece la interacción entre las cadenas de carragen (actúa como puente entre grupos sulfato) y aumenta la viscosidad de la mezcla o la rigidez del gel. Además estas gomas interaccionan con las proteínas de la leche (caseínas) aumentando la fuerza del gel. Es por estos motivos que los carragenes se emplean principalmente en productos lácteos.

Goma guar y goma garrofin

Estas gomas se extraen de semillas. Estas dos gomas se utilizan como espesantes en productos congelados, yogures, productos para repostería, etc.

Goma xantán

La goma xantán es sintetizada por varios microorganismos. Se la utiliza como espesante en productos cocinados, salsas, bebidas y productos lácteos.

Sinergia

Muchas veces los polisacáridos tienen la capacidad de actuar de forma sinérgica con otro. Esto significa que su poder espesante o gelificante se potencia al emplearse mezclas de dos polisacáridos. Algunas mezclas que tienen esta acción sinérgica son las gomas guar y garrofin con los carragenes y con la goma xantán. Para que esto suceda los polisacáridos deben tener zonas que puedan interaccionar entre sí, reforzando las uniones entre las cadenas.

Para investigar

- a. Buscar en rótulos de distintos productos: yogures, mermeladas reducidas en calorías, mayonesa, polvos para preparar sopas, flanes, mousse, postres, bebidas, etc., el empleo de polisacáridos.
- b. Explicar qué función cumple cada uno en estos productos. (Ver capítulo "Los Aditivos").