

Funciones y aplicaciones prácticas de

TREHA[®]
trehalosa



Índice

Propiedades físicas básicas	2
Perfil de la trehalosa	6
Funciones de la trehalosa	8
Curiosidades de la trehalosa	22

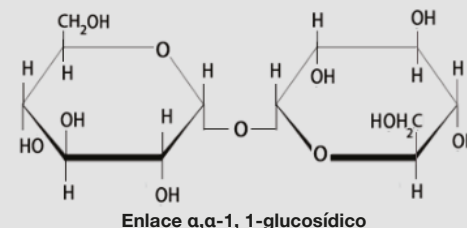
Propiedades físicas básicas

La trehalosa está produciendo un significativo impacto en el área de la ciencia de los alimentos, como un ingrediente multifuncional. Se ha tornado un componente importante del procesamiento de los alimentos, especialmente en los rubros de panificados, bebidas, alimentos congelados y deshidratados. La trehalosa, de la mano con los avances tecnológicos, está haciendo posible la provisión de alimentos inocuos, confiables y deliciosos en línea con una nutrición más saludable.

Estructura de la trehalosa

La trehalosa es un disacárido no-reductor formado por un enlace $\alpha, \alpha-1, 1$ -glucosídico entre dos unidades de glucosa. Su estructura cristalina hidratada se conforma por dos moléculas de agua unidas a una molécula de trehalosa dentro del cristal. TREHA™ es un polvo blanco cristalino con una alta pureza del 98%.

Cristal de trehalosa
y fórmula estructural



Dulzor

El poder edulcorante de TREHA™ es 38% respecto a la sacarosa (solución al 5%). Una solución acuosa de trehalosa se percibe aproximadamente la mitad de dulce respecto a una solución con sacarosa con el mismo contenido equivalente de azúcar. Por ello, una combinación de TREHA™ y sacarosa permite reducir el dulzor manteniendo el mismo contenido de azúcares. También es posible combinar TREHA™ con stevia y otros edulcorantes intensivos, logrando una completa edulcoración, sin retrogusto metálico, y menor contenido calórico. (Ver figura A).

Comparación de dulzor

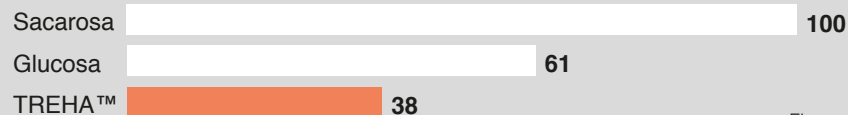


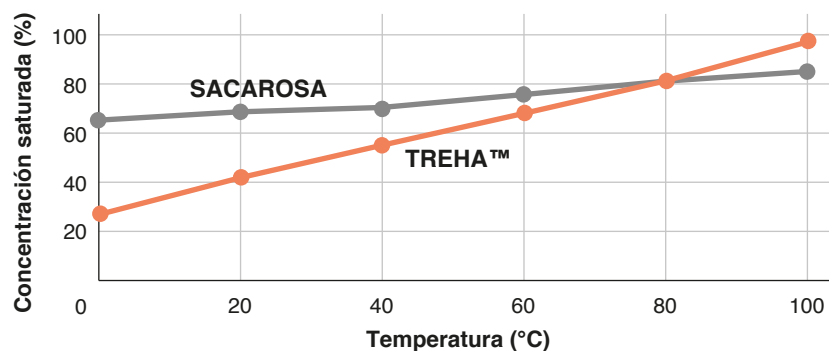
Figura A.

Digestión y absorción

La trehalosa es un tipo de azúcar que se encuentra naturalmente en muchos alimentos conocidos, como miel, levaduras, cerveza y algunos tipos de hongos. La trehalosa es degradada en dos moléculas de glucosa por la trehalasa: una enzima presente en el intestino delgado. Aporta 4 kcal/g, que es equivalente a la energía de la sacarosa.

Solubilidad

Comparación de concentraciones saturadas



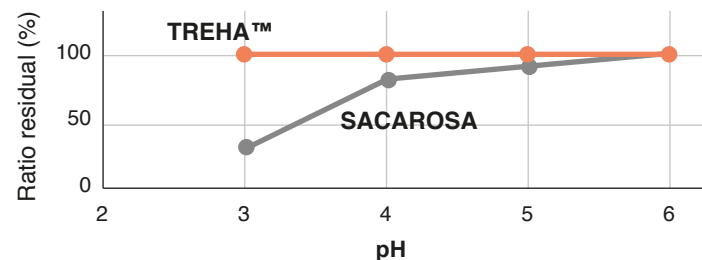
A una temperatura de 20°C, la sacarosa es fácilmente disuelta hasta un 67% de su cantidad mientras que TREHA™ solo se disuelve en un 40%. A 80°C la solubilidad de la TREHA™ y la sacarosa se igualan, disolviéndose en un 78%.

A bajas temperaturas, TREHA™ tiene una capacidad de disolución menor que la sacarosa. En la medida en que aumenta la temperatura, la solubilidad de la trehalosa se incrementa llegando a alcanzar el mismo grado de solubilidad que la sacarosa a 80°C y excediendo el de la sacarosa a temperaturas mayores. La solubilidad es un punto clave en una gran cantidad de aplicaciones.

Tolerancia al calor y al pH

La sacarosa al calentarse o exponerse a medios ácidos se degrada en glucosa y fructosa. Por esta razón, en geles ácidos (ej. mermeladas) la sinéresis puede ocurrir rápidamente. Debido a que la TREHA™ es estable en medio ácido y con calor, aún colocándose en el mismo medio, los métodos de procesamiento que no se pueden realizar con sacarosa pasan a ser posibles.

Comparación de la tolerancia al calor y a medios ácidos



El ratio residual de soluciones al 30% de TREHA™ y sacarosa calentadas a 100°C por 30 minutos bajo cada diferentes condiciones de pH. TREHA™ no es degradada cuando es calentada bajo condiciones ácidas.

Reducción del daño durante ciclos de congelado

Cuando los alimentos se congelan, el agua de la composición forma cristales. Los cristales de agua pueden dañar la estructura del alimento, resultando en una disminución de la calidad del producto después del ciclo de congelado. La trehalosa reduce significativamente el tamaño de los cristales formados durante el congelamiento, reduciendo el daño inherente al proceso.

Crecimiento de un cristal durante el proceso de congelado



50% Sacarosa
240sec

Grado de supercongelamiento: 0,4K



52,1% Trehalosa
249sec

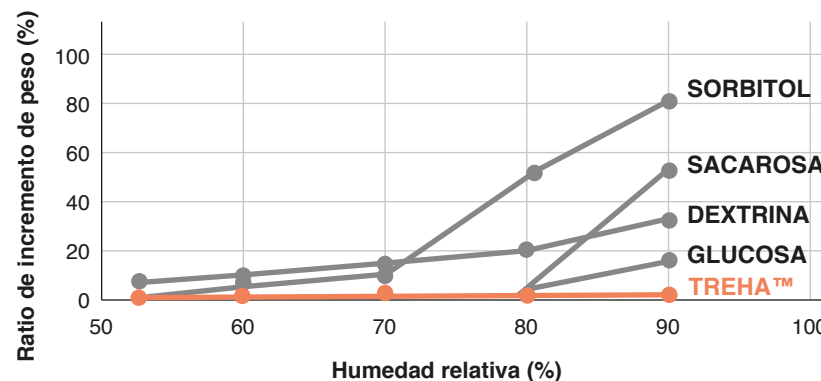
Grado de supercongelamiento: 0,5K

*Datos provistos por T. Sei, Achi Gakuin University

Higroscopicidad

La TREHA™ es un disacárido estable que no absorbe humedad incluso en ambientes con hasta 90% de humedad relativa.

Curva de higroscopicidad de TREHA™



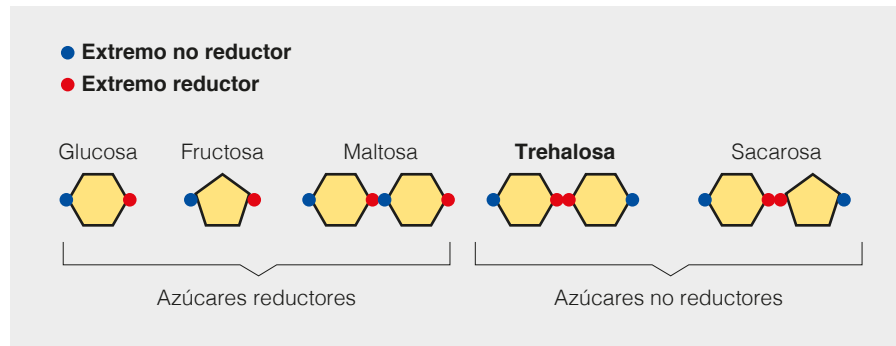
Después de exponer la TREHA™ a diferentes condiciones de humedad a una temperatura de 25°C, su contenido de agua fue medido. No absorbe agua incluso hasta condiciones de 90% de humedad relativa.

Acerca del grupo reductor en azúcares y la reacción de Maillard

La trehalosa es un azúcar no reductor. Por ello, no produce oscurecimiento al no reaccionar con proteínas o aminoácidos.

Con el nombre de reacción de Maillard se designa a un conjunto muy complejo de reacciones químicas que traen consigo la producción de melanoidinas coloreadas que van desde el amarillo claro hasta el café muy oscuro e incluso el negro, además de diferentes compuestos aromáticos. Para que las transformaciones tengan lugar, son necesarios un azúcar reductor (cetosa o aldosa) y un grupo amino libre, proveniente de un aminoácido o una proteína. La reacción de Maillard puede ocurrir durante el calentamiento de los alimentos o durante el almacenamiento prolongado.

El diagrama ilustra la presencia o ausencia de un grupo reductor en algunos de los azúcares de grado alimenticio más utilizados.



Monosacáridos como la glucosa y la fructosa siempre tienen un extremo reductor, mientras que la sacarosa y la trehalosa, siendo disacáridos, son azúcares no-reductores. El grado de degradación por ácido y calor difiere según el azúcar que se trate. **Trehalosa y maltosa raramente se degradan bajo las condiciones usuales del procesamiento de alimentos.** La sacarosa tiende a degradarse fácilmente. Con esa degradación, la sacarosa se esconde en glucosa y en fructosa, que producen la reacción de Maillard, oscurecimiento o también llamado browning-effect.

La reacción de Maillard trae algunos efectos negativos en alimentos, como ser, la disminución del valor nutritivo y alteración de las características organolépticas, al verse implicados aminoácidos esenciales y vitaminas tales como la K y C. Algunos productos resultantes de la reacción son potencialmente tóxicos, como las melanoidinas (a altas concentraciones) y pirazinas que poseen capacidad mutagénica en ciertas condiciones de temperatura, al contribuir a la producción de otras sustancias tóxicas cancerígenas, como las nitrosaminas.

Reacción de Maillard

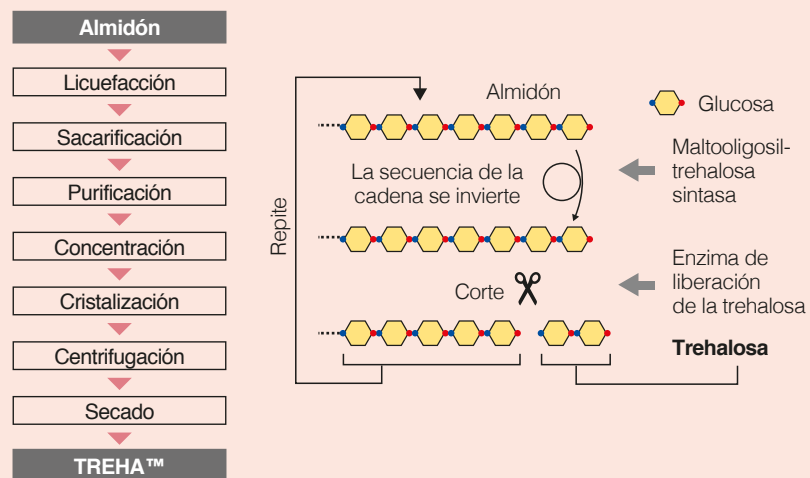
Una solución al 12,5% de cada sacárido y 0,5% de glicina, calentados a 120°C por 30 minutos.



Materia prima y proceso de manufacturación de la TREHA™

TREHA™ se produce partiendo de almidón (de maíz o de tapioca) como materia prima primaria haciendo uso de reacciones enzimáticas. Las operaciones productivas de cristalización y de aislación de cristales de TREHA™ son similares a las utilizadas para la sacarosa.

Proceso de manufacturación y mecanismo de síntesis de la trehalosa



La maltooligosil-trehalosa sintasa se aplica a la cadena para actuar sobre una unidad de glucosa situada al término de un grupo reductor. Después, la enzima de liberación de la trehalosa es añadida para cortar los segmentos de trehalosa.

Perfil de la trehalosa

Molécula que sostiene vida

Algunas plantas tales como las *Selaginellas* y animales tales como los “osos de agua” (tardígrados) retornan a la vida incluso después de una completa desecación. Este misterioso fenómeno que se produce en estos organismos ha sido largamente estudiado por los científicos. Estudios recientes revelan que el fenómeno está primariamente asociado con la trehalosa contenida en el cuerpo de esos organismos. Cuando la deshidratación toma lugar estos organismos rápidamente sintetizan y acumulan trehalosa en el cuerpo y caen en un estado de criptobiosis. Se ha confirmado que la concentración de trehalosa (porcentaje en peso seco) en el estado activo normal se incrementa del 2,5% a un 20% en el estado criptobiótico.

Selaginella volviendo a la vida después de su completa deshidratación

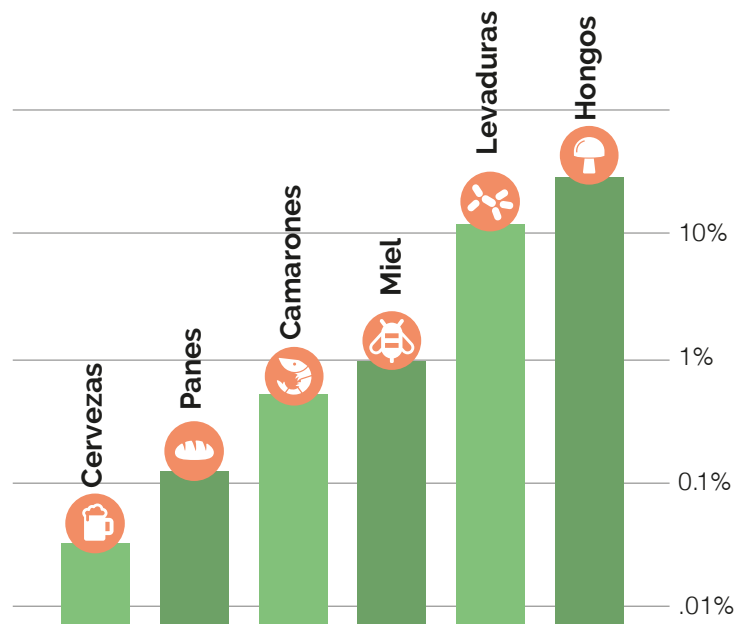


Amplia presencia de la trehalosa en la naturaleza y en nuestra vida cotidiana

La trehalosa no es una molécula rara y se encuentra presente en forma natural alrededor nuestro y en grandes cantidades. Se ha confirmado que la trehalosa está contenida en una gran cantidad de hongos comestibles y es la que permite la reconstitución de

hongos desecados tales como los shiitake. La trehalosa se encuentra en las levaduras deshidratadas, representando el 12% en peso seco de la levadura de cerveza. Por esta razón la levadura de cerveza en polvo puede ser preservada en estado seco sin perder su actividad fermentativa. Los productos fermentados incluyendo la cerveza y el vino contienen trehalosa. Ingerimos trehalosa en nuestra vida cotidiana aún sin saberlo.

Trehalosa contenida en alimentos

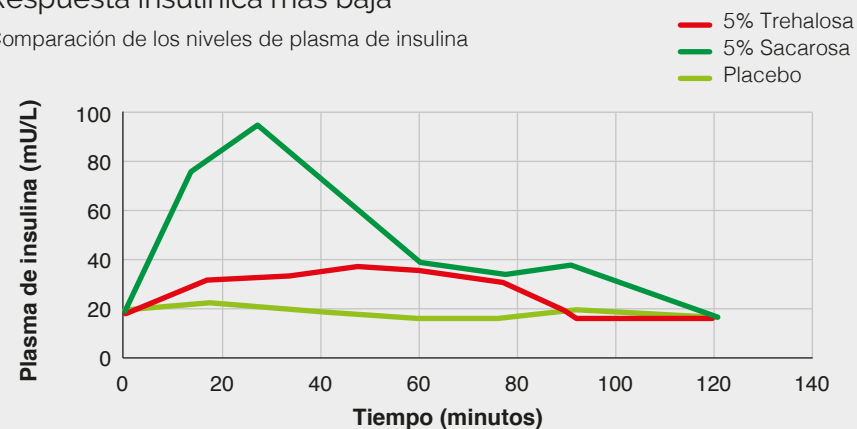


Contenido en peso seco de trehalosa (%)

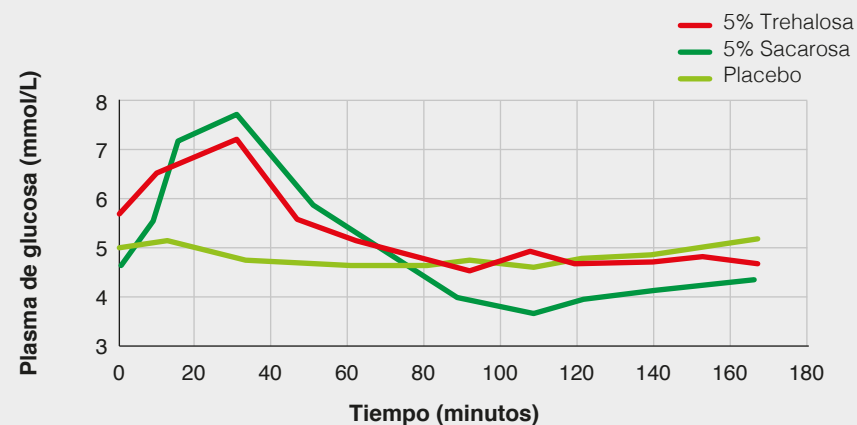
Influencia de la trehalosa en el metabolismo

Respuesta insulínica más baja

Comparación de los niveles de plasma de insulina



Liberación de energía sustentable para bebidas deportivas



Funciones de la trehalosa



En la sección que sigue, explicamos las once funciones de la trehalosa en diferentes aplicaciones. Hemos incorporado las últimas investigaciones realizadas por diferentes organismos e institutos de investigación independientes.

- 1) Inhibición de la retrogradación del almidón.
- 2) Inhibición de la desnaturalización de proteínas.
- 3) Inhibición de la coagulación en preparaciones basadas en huevo.
- 4) Estabilidad de la espuma en merengues.
- 5) Inhibición de la degradación de lípidos.
- 6) Retención de humedad.
- 7) Preservación de sabores y calidad del alimento después del calentamiento y otros procesos de manufactura.
- 8) Protección de la estructura del alimento durante el congelado.
- 9) Reducción del dulzor.
- 10) Fijación de colores naturales de frutas y vegetales.
- 11) Cristalización eficiente y estable.
- 12) Alta temperatura de transición vítrea.

1) Inhibición de la retrogradación del almidón

La trehalosa inhibe la retrogradación del almidón de manera más efectiva que otros azúcares.

La inhibición de la retrogradación del almidón es clave para asegurar la calidad del sabor de muchos productos panificados y de repostería. Cuando se dejan por ejemplos tortas, budines o madalenas expuestas al aire a temperatura ambiente por un extendido periodo de tiempo, éstas se tornan duras y secas. Este es el resultado de la retrogradación del almidón.

Éste fenómeno puede ser reconocido también en arroz cocido. Cuando el arroz es cocido con suficiente agua los granos se hinchan, se tornan más suaves y más brillantes resultando en un bol de arroz cocido y sabroso. Este proceso es conocido como la gelatinización del almidón. Si el arroz cocido es dejado a temperatura ambiente en contacto con el aire perderá gradualmente su brillo y después se tornará duro y apelmazado.

Una manera común y efectiva para inhibir la retrogradación del almidón al almidón completamente gelatinizado es retener la humedad mediante el uso de altas concentraciones de azúcar (ver figura A). Sin embargo, si la concentración de azúcar se necesita reducir para satisfacer las necesidades del cliente, el producto se endurece más rápido (por iniciarse el proceso de retrogradación del almidón). La industria de los alimentos está en búsqueda continua de algún tipo de azúcar que tenga la mayor habilidad para retener humedad inhibiendo o reduciendo la retrogradación del almidón.

La trehalosa es el azúcar con propiedades funcionales que más efectivamente inhibe la retrogradación del almidón (ver figura B). Al realizar la reacción de yoduro en almidón gelatinizado, evaluando a la trehalosa y otros azúcares comunmente usados en panificación, la trehalosa genera la coloración azul más oscura. Esto indica visualmente la menor retrogradación del almidón. Cuando la trehalosa es utilizada en productos combinada con sacarosa inhibe efectivamente la retrogradación de almidón al mantener la humedad de los productos. Otra propiedad importante de la trehalosa es su habilidad para generar puentes de hidrógeno con las moléculas del almidón lo cual inhibe la cristalización de las moléculas del mismo. Esto también favorece la reducción del proceso de retrogradación.

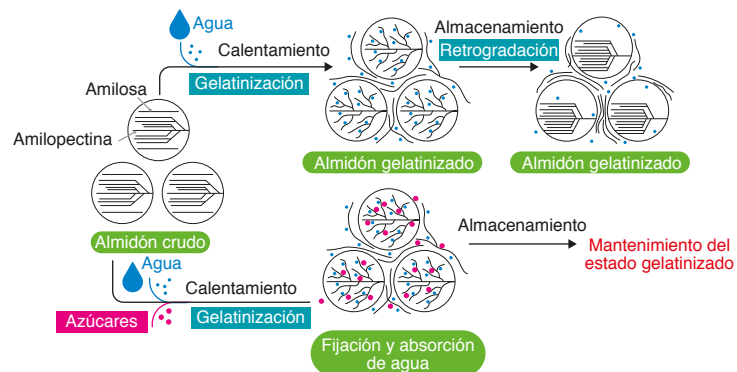
En el auge de la distribución de congelados y presentación de productos en exhibidores en góndolas, los productos que contienen almidón son muy propensos a la retrogradación acelerada, que puede darse rápidamente a temperaturas de alrededor de 4°C.

A pesar de que la refrigeración puede causar retrogradación del almidón, es necesaria para mantener en condiciones a una gran cantidad de productos. Es ésta una de las situaciones en que la trehalosa exhibe sus beneficios. Mantiene la frescura y la humedad en productos refrigerados por un extendido periodo de tiempo. La trehalosa también puede contribuir a mantener la calidad de productos incluso después del descongelado.

Hoy en día muchos consumidores refrigeran productos panificados que son diseñados para ser almacenados a temperatura ambiente, lo cual acelera la retrogradación del almidón. La adición de trehalosa puede minimizar la ocurrencia de este fenómeno.

Mecanismos de la retrogradación del almidón y su inhibición utilizando azúcares

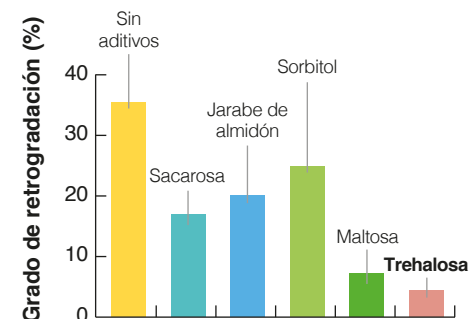
Figura A.



Se piensa que la retrogradación del almidón está relacionada con la asociación de moléculas de tipo amiláceo mediante puentes de hidrógeno por consecuencia de la deshidratación. En diferentes grados, los azúcares retienen humedad dentro del almidón gelatinizado, impidiendo el desarrollo de puentes de hidrógeno e inhibiendo la retrogradación.

Retrogradación del almidón observado en varios azúcares

Figura B.



Se midió el incremento de la turbidez (que representa el avance de la retrogradación) después del mezclado y gelatinización de iguales volúmenes de suspensiones al 2% de almidón y soluciones al 12% de diferentes tipos de azúcares, a una temperatura de 4°C, después de 12 horas. La trehalosa mostró el menor grado de retrogradación.

Medición de la retrogradación del almidón utilizando la reacción de yodo

Figura C.



Se añadió un 3% de diferentes tipos de azúcares a una solución acuosa con un 1% de almidón de papa. Cada muestra fue gelatinizada y almacenada a 4°C por 24 horas, y el grado de retrogradación fue evaluado basándose en la reacción de yoduro. La trehalosa exhibió la tonalidad más oscura de azul, mostrando que la inhibición de la retrogradación del almidón fue mayor en relación a los demás azúcares.



2) Inhibición de la desnaturalización de proteínas

· Inhibición de la coagulación en preparaciones basadas en huevo

La trehalosa mantiene la estructura original de las proteínas e inhibe la coagulación.

· Estabilidad de la espuma en merengues

La trehalosa inhibe la desnaturalización de la proteína de huevo, resultando en una mayor estabilidad de la espuma en merengues. El merengue también puede ser batido con harinas sin perder su volumen.

3) Inhibe la coagulación

Cuando la trehalosa es añadida a una mezcla cremosa tal como flan o crème brûlée, la mezcla coagula a una velocidad menor durante la cocción. Esto resulta en una textura más cremosa sin gránulos o burbujas de aire.

Cuanto más trehalosa se añada a los huevos, más lenta es la coagulación, lo cual se evidencia en la prueba realizada en huevos (ver figura A). Cuando se compara las muestras a mismo tiempo transcurrido, la muestra control coagula más rápido que los huevos que contienen un 10% de trehalosa. Como los productos que contienen huevo tienen que soportar una esterilización basada en calor, se debe considerar con cuidado el uso de azúcares. La trehalosa ayuda los huevos a mantener la consistencia cremosa durante la cocción por periodos de tiempo más largos, lo cual permite un correcto tratamiento térmico de los productos terminados. Respecto a la característica de inhibir la desnaturalización proteica, la trehalosa protege a las proteínas del calor mediante el reemplazo de moléculas de agua e inhibiendo la desnaturalización irreversible de proteínas a proteínas de unión. La trehalosa actúa de una manera similar cuando las proteínas son expuestas a congelamiento o secado.

La reacción de Maillard es un tipo particular de desnaturalización de proteínas. La trehalosa no participa en las reacciones de Maillard porque en su estructura química no contiene grupos reductores que puedan interactuar con aminoácidos (ver figura B). La trehalosa permite a los productores modificar el grado de ocurrencia

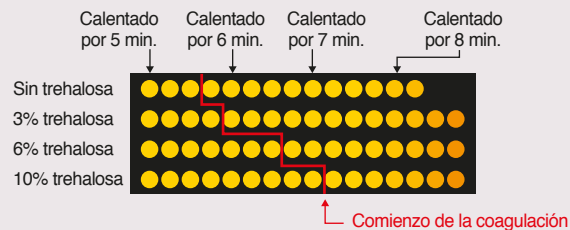
de las reacciones de caramelización y de Maillard mediante la efectiva combinación con otros azúcares.

4) Estabilidad de espumas

Los merengues que contienen trehalosa presentan burbujas de aire estabilizadas, lo que permite a mantener una textura suave y suelta, al tiempo que permite obtener un buen volumen en el producto. Esto es otro de los resultados de la inhibición de la desnaturalización de proteínas. Una estabilidad de espumas también se puede obtener por adición de trehalosa en huevos batidos y yemas de huevo, que forman parte de la manteca. El proceso de batido conlleva una desnaturalización de proteínas mediante un alineamiento de las moléculas. La textura del merengue cambia mucho según la cantidad de azúcares que se añadan, la temperatura del proceso y la velocidad del batido. La trehalosa inhibe el proceso de desnaturalización que genera exudación de agua o pérdida de aire en merengue incluso cuando está sobrebato. El merengue puede ser también batido con harina sin perder su volumen. Esta es una propiedad positiva para panificados que incluyen un alto contenido de grasas o que requieren un mezclado completo con harina.

Supresión de la desnaturalización de proteínas en huevos

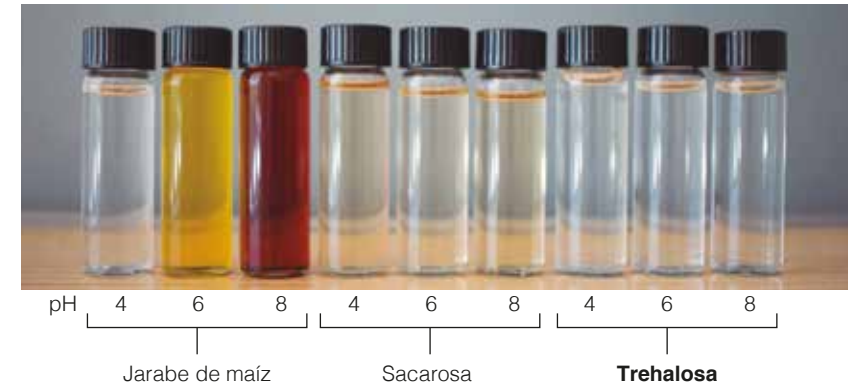
Figura A.



Se preparó una mezcla de huevos enteros batidos, crema (25% del peso de los huevos añadidos) y sal (0,5% de la mezcla). Diferentes concentraciones de trehalosa fueron añadidas a cada muestra y posteriormente fueron calentadas. La imagen muestra que cuanto más trehalosa se añade, la mezcla conserva su consistencia cremosa por más tiempo.

Reacción de Maillard con azúcares

Figura B.



Se prepararon muestras con 12,5% de distintos azúcares y 0,5% de glicina, a pH 4, 6 y 8. Las soluciones fueron calentadas a 120°C por una hora. Las muestras de trehalosa no mostraron oscurecimiento, demostrando que no participa de la reacción de Maillard en este rango de pH.

5) Inhibición de la degradación de lípidos

La trehalosa inhibe la generación de rancidez por causa de la oxidación de ácidos grasos.

Las medialunas de manteca y los profiteroles contienen un alto contenido de lípidos, fundamental para el sabor del producto. Cuando estos productos son expuestos al calor o permanecen almacenados por largos periodos de tiempo, el aroma puede tornarse rancio afectando drásticamente la calidad del producto como consecuencia de la descomposición de grasas y aceites. Este es el proceso de degradación de lípidos.

Entre los varios tipos de moléculas que son afectadas por la degradación de lípidos, los ácidos grasos no saturados son los más susceptibles, debido a sus dobles enlaces que se pueden oxidar fácilmente. Cuando los dobles enlaces se rompen, se liberan sustancias aldehídicas volátiles que causan la desagradable sensación rancia.

En general, las medialunas de manteca mantienen la frescura por un considerable periodo de tiempo debido a su alto contenido de azúcar. De forma opuesta, los profiteroles con bajo contenido de azúcar necesitan ser almacenados con antioxidantes para prevenir las off-notes.

La diferencia en el contenido de azúcar previene la permeabilidad del oxígeno e inhibe el proceso de oxidación. Al reducir el contenido de azúcar para cumplir con las expectativas del cliente respecto al grado de dulzura, ocurre un incremento de la degradación de lípidos. En estos casos, la baja dulzura de la trehalosa puede ser útil para reducir la dulzura del producto, manteniendo un contenido de azúcar que permite la estabilidad del producto.

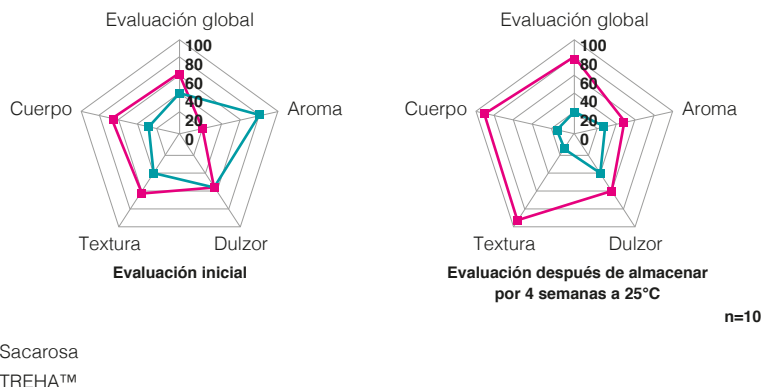
Las soluciones de sacarosa se transforman en un estado vítreo mediante un proceso de vitrificación que ocurre cuando el contenido de agua disminuye por calentamiento. La sacarosa en un estado vítreo actúa como una barrera para evitar el contacto de las grasas y los aceites con el oxígeno del medio ambiente. La trehalosa, tal como la sacarosa, participa de un proceso de vitrificación similar en solución acuosa. La diferencia es que el proceso comienza a mayor grado de humedad respecto a la sacarosa. Cuando la trehalosa pasa al estado vítreo resiste la absorción de humedad de manera más efectiva que la sacarosa, lo cual contribuye a estabilizar el

contenido de humedad de los productos. De esta manera, la trehalosa es aún más efectiva que la sacarosa en la inhibición de la oxidación de aceites y grasas.

La manteca libera notas de “fresco” y “aromático” activadas por un grado de oxidación apropiado, lo cual es un aspecto importante del horneado. La trehalosa podría inhibir el proceso de oxidación de la manteca y reducir su apetitoso aroma. Esto podría parecer algo no deseable para productos panificados, sin embargo, justo antes del horneado, el contenido graso comienza a oxidarse (degradación) lo que resulta en la producción de off-notes asociadas a la rancidez a lo largo de la vida útil del producto. La trehalosa demora la oxidación de grasas y mantiene la frescura del producto (ver figura A). Los métodos comunes para prevenir la degradación en los productos se focalizaron principalmente en el uso de empaques con baja permeabilidad de oxígeno, o el uso de agentes antioxidantes. Mediante el uso de trehalosa es posible mitigar el proceso de oxidación sin utilizar métodos costosos.



Evaluación de medialunas de manteca



Las muestras de medialunas de manteca, después de preparadas fueron colocadas en bolsas de polietileno y conservadas durante cuatro semanas a 25°C. Se realizó un panel de 10 individuos entrenados que evaluaron las muestras antes y después del almacenamiento, haciendo uso de una escala del 1 al 100 en cada parámetro analizado. Fue notoria la diferencia en la percepción del aroma luego del almacenamiento, en favor de las muestras con trehalosa.

6) Retención de humedad

La trehalosa tiene una excelente interacción con el agua y capacidad para retenerla.

Mantener una humedad controlada es fundamental para la calidad de los productos terminados porque la frescura y la humedad son factores clave para la buena percepción sensorial.

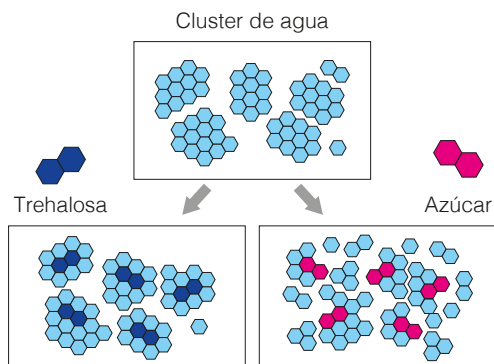
Es bien conocido que la crema batida libera agua cuando se coloca en el freezer. Se ha demostrado que la trehalosa incrementa la estabilidad de los productos refrigerados basados en crema batida cuando es utilizada sola o en combinación con sacarosa en dosis del 10% o más. La trehalosa también proporciona estabilidad en el congelamiento de la crema batida, manteniendo incluso su aspecto original después del proceso de congelado-descongelado.

La humedad de los productos de pastelería es influenciada por la concentración de azúcares y por la propiedad de los mismos de retener agua. Por eso es que la transparencia en geles ácidos se incrementa en proporción directa con la concentración de azúcares. En relación a la retención de agua, la trehalosa es superior a otros azúcares tales como la sacarosa o monosacáridos, en mismas concentraciones, otorgando mayor transparencia al producto.

Una propiedad llamativa de la trehalosa es la forma en que interactúa con el agua. Su estructura explica la llamativa afinidad por el agua. Primeramente, los grupos -OH en la molécula de la trehalosa tienen una orientación hidrofílica ecuatorial. Segundo, el enlace $\alpha, \alpha-1, 1$ -glucosídico que conecta las dos moléculas de glucosa es rígido. Tercero, la conformación que toma en solución acuosa es consistente, lo que crea una capa de hidratación muy estable con mayor afinidad por las moléculas de agua que cualquier otro azúcar (ver figura A). La estructura de la trehalosa también explica su muy particular viscosidad. La propiedad de retener agua de la trehalosa inhibe la pérdida de agua en masas y cremas durante su preparación. También previene el endurecimiento y resecado de productos terminados. Cuando solo se utiliza sacarosa, los productos que contienen valores de humedad de entre 20 y 30% desarrollan manchas blancas en la superficie (sugar bloom) debido a la cristalización. Sin embargo, reemplazar parte de la sacarosa por trehalosa puede reducir significativamente el problema por sólo el hecho de disminuir la concentración de sacarosa. La trehalosa mejora tanto la vida útil como la calidad de los productos. Adicionalmente tal como descripto anteriormente y en la sección "Inhibición de la retrogradación del almidón" (ver página 8), la trehalosa mantiene de forma efectiva el contenido de humedad debido a su particular propiedad de retener agua, por lo que inhibe la sequedad.

Figura A.

Interacciones moleculares entre la trehalosa y el agua



Debido a la tendencia actual de los consumidores por productos bajos en azúcar, está siendo cada vez más habitual preparar crema batida con 8% de azúcares o menos. Sin embargo, al comparar una muestra con 6% de sacarosa con otra con 12% de azúcares (6% de sacarosa y 6% de trehalosa), la mezcla con sacarosa libera agua después de algunas horas y la que contiene sacarosa y trehalosa es estable a lo largo del tiempo sin pérdida visible de agua.

procesos de manufactura de los productos alimenticios. Fruta y leche son buenos ejemplos. Cuando la trehalosa es añadida a productos que contienen purés de fruta, la frescura y los aromas y colores naturales pueden ser preservados. El uso de trehalosa en gelatinas y mermeladas hechas por la reducción del puré de frutas permite mantener el sabor de la fruta fresca y la apariencia natural de los colores de los ingredientes. El color y sabor de la mermelada y la salsa de frutas están relacionadas con el contenido de humedad en el producto. Se pueden crear colores intensos y vibrantes como así también sabores con long-lasting mediante el control del contenido de humedad y el uso de un azúcar con alta capacidad de retención de agua y óptima concentración. La habilidad de la trehalosa para mantener la frescura está relacionada con su propiedad de retención de agua (ver página 13), y su moderada dulzura (ver página 17).

Durante el proceso de calentamiento aparece una cantidad significativa de off-notes, y es bien conocido que el sabor y el aroma de las confituras y productos de repostería que contienen cacao o chocolate en su formulación son especialmente susceptibles a cambios después del calentamiento. Sin embargo, cuando la trehalosa es añadida previamente al calentamiento, los aromas desagradables se minimizan en forma significativa (ver figura A). Esto funciona de forma muy efectiva para el glaseado de chocolate. Ésta es la razón por la cual las confituras y productos de repostería que contienen chocolate performan mejor cuando la trehalosa es añadida.

También, la trehalosa inhibe las notas desagradables en leche y en crema cuando son sometidos a tratamientos térmicos. Esto también se puede aplicar a las off-notes de la crema almacenada en refrigerador o freezer, que provienen de la degradación de lípidos durante el almacenamiento. La trehalosa permite incorporar lácteos a las confituras sin perder sus sabores naturales. En forma similar, la nota proveniente del huevo cocido y las off-notes de huevo en polvo pueden ser mitigadas con el uso de trehalosa. La trehalosa también potencia las notas frescas lácteas en flan y en la crème brûlée, mejorando el perfil del sabor del producto.

Puede ser benéfica también la adición de trehalosa a otros ingredientes cuyos sabores sean fácilmente afectados por el calor, como es el caso de la leche de soja y de los vegetales. Cuando se incorporan vegetales a productos panificados, se sugiere añadir trehalosa en el agua de blanqueo de los vegetales. Esto permite mantener sus colores y sabores originales en el producto final.

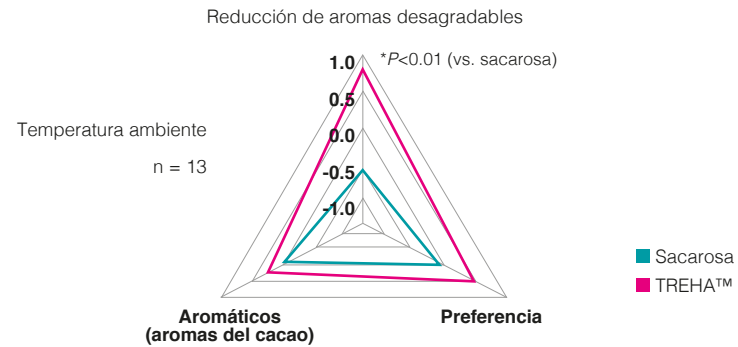
7) Preservación de sabores y de la calidad del producto después de procesos térmicos y otros

La trehalosa mantiene los aromas, colores y sabores naturales de los ingredientes utilizados para el procesamiento de alimentos mediante la inhibición de off-notes causadas por el calor o cambios físicos durante la producción.

La trehalosa inhibe las off-notes que aparecen a causa de la temperatura y otros

Figura A.

Evaluación sensorial de cacao



Se añadió 1 gramo de sacarosa o trehalosa a una mezcla de 9 gramos de polvo de cacao y 40 gramos de agua. Cada muestra fue calentada por 2 minutos en microondas (500 w), enfriado a temperatura ambiente y evaluada por 13 individuos entrenados.



8) Protección de la estructura del alimento durante el congelado

La trehalosa incrementa la estabilidad de los alimentos durante el congelamiento, disminuyendo el daño producto de los ciclos de congelado-descongelado.

Cuando la trehalosa es utilizada en helados y sorbetes, el producto exhibe una sensación más cremosa, de más fácil cuchareo incluso después de ser retirado del congelador y manteniendo su forma por mucho tiempo después de haber sido servido a temperatura ambiente.

Adicionalmente, los postres helados que contienen masa, crema o mousse, cuando se les incorpora trehalosa a la composición, pueden ser cortados de manera más sencilla con un cuchillo debido a la menor formación de cristales de hielo.

Esta significativa característica se fundamenta en la forma que toman los cristales de hielo en una solución de trehalosa, que son muy diferentes a los que se forman en una solución de sacarosa. En una solución de trehalosa, se forman cristales más pequeños y más redondeados comparados con una solución de sacarosa en las mismas concentraciones (ver figura A). Además, la trehalosa inhibe la formación de los cristales después del proceso de congelado. En vez de tornarse completamente dura y congelada, la solución de trehalosa forma una fina textura congelada que se compone de pequeños cristales de hielo incluso a temperaturas menores a los -20°C , lo que contribuye a su baja velocidad de derretimiento al colocarse a temperatura ambiente (ver figura B).

La trehalosa habilita a los alimentos congelados a incrementar su estabilidad durante el congelamiento mediante la minimización del daño en estructura del alimento y de la deshidratación en la superficie. La trehalosa minimiza el daño y contribuye a la preservación de los sabores y texturas originales.

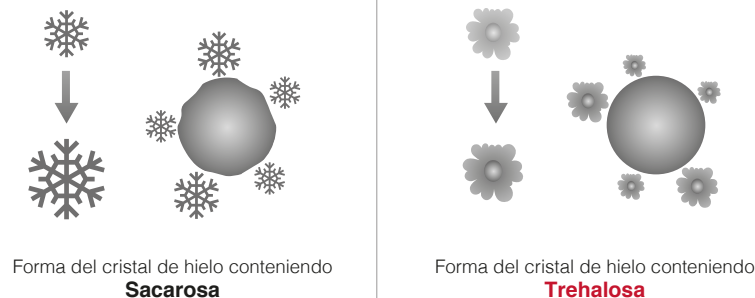
Otra ventaja de la trehalosa es que incrementa la concentración del azúcar sin incrementar sustancialmente la dulzura. A medida que aumenta la concentración de azúcares en una solución acuosa, el punto de congelamiento y el volumen de la misma disminuyen (ver figura C). Cuando la concentración de trehalosa se incrementa, el daño por congelamiento puede ser inhibido aún de forma más efectiva. La

trehalosa es uno de los azúcares más efectivos para incrementar la estabilidad de congelamiento en alimentos congelados.

Los productos congelados se han convertido en una parte importante de la dieta moderna. Los avances en la distribución de alimentos congelados ampliaron las posibilidades de los pequeños productores para comercializar sus productos aún distancias mayores. La trehalosa ha hecho posible que se puedan congelar productos que originalmente no fueron diseñados para ese fin. Esto habilita a los productores a implementar nuevos métodos de producción más efectivos, incluyendo proceso de congelado-descongelado, los que permiten flexibilidad en el planeamiento de la producción. Adicionalmente, el uso de trehalosa potencia las oportunidades para crear y diseñar novedosos productos que tengan la ventaja y la habilidad de mantener la calidad de un producto congelado.

Formación de cristales de hielo en soluciones de trehalosa y de sacarosa

Figura A.



En una solución de sacarosa los cristales de hielo son grandes y puntiagudos, y aumentan su tamaño durante el almacenamiento en frío, lo cual daña a los alimentos. Por otra parte, los cristales de hielo en una solución de trehalosa permanecen pequeños y redondeados, y además no continúan creciendo durante el congelamiento, lo minimiza el daño de los alimentos.

Velocidad de derretimiento de helado de chocolate en base a leche

Figura B.



con trehalosa

sin trehalosa

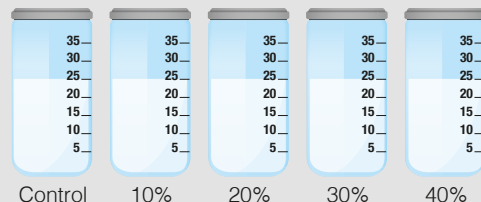
Producto después de 30 minutos de iniciada la prueba.

Volumen de diferentes soluciones congeladas

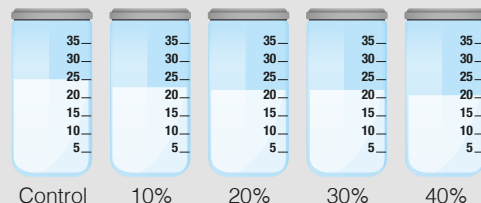
Figura C.

Diferentes soluciones conteniendo una mezcla de sacarosa y trehalosa en proporción 1:1 fue y almacenadas en un freezer a -20°C por 16 horas. Se comprobó que los volúmenes de las soluciones congeladas eran inversamente proporcionales a la concentración de azúcares.

Antes del freezado



Después de 16 horas de freezado



9) Reducción del dulzor

La trehalosa tiene un poder edulcorante del 38% respecto a la sacarosa (5% en solución) que permite incrementar los grados brix sin aumentar la dulzura. Esta característica ha llamado mucho la atención en la industria de los alimentos debido al desafío que representa reducir el dulzor de los productos.

La alta concentración de azúcar incrementa notoriamente la estabilidad física del merengue, y también incrementa la inocuidad al hacer que el merengue sea resistente al desarrollo de microorganismos.

Como fue descripto en las secciones anteriores "Inhibición de la retrogradación del almidón" (p. 8), "Inhibición de la desnaturalización de proteínas" (p.10), "Retención de humedad" (p.13) y en "Preservación de sabores y de la calidad del producto después de procesos térmicos y otros" (p. 14), el contenido de azúcar está íntimamente relacionado con las propiedades físicas de confituras. Los intentos por reducir la dulzura mediante la reducción del contenido de azúcares genera un alto impacto en las propiedades físicas. Mantener el contenido de azúcar al tiempo que se reduce la dulzura es una parte vital en la producción de confituras y la trehalosa puede jugar un rol importante en este propósito.

Como los azúcares tienen un impacto significativo en las propiedades físicas de confituras, se hace sumamente importante tener una comprensión acabada de sus funciones y características para usarlos de forma efectiva en las formulaciones. La falta de conocimiento o el uso ineficiente de azúcares puede generar problemas en la producción y en el control de calidad de los productos. También puede impactar negativamente en el perfil de sabor y en la vida útil del producto.

Otros azúcares de bajo poder edulcorante, como la maltosa por ejemplo, han estado disponibles comercialmente por muchos años antes de la aparición de la trehalosa. Sin embargo, no tuvieron una amplia aceptación debido a su aftertaste no deseable. El bajo dulzor de la trehalosa permite un agradable sensación en boca y un regusto limpio que pueden mejorar el perfil sensorial de confituras, principalmente cuando son ricos en grasas y en sabor.



Las funciones de los azúcares en confituras

Los azúcares proporcionan no solamente dulzura sino que también influyen en varias propiedades físicas de los productos, de la misma manera que también tienen un impacto importante en la textura y en la vida útil. En sí, juegan varios roles que al combinarse crean una variedad de características en confituras, como se describe a continuación:

1) Agregan dulzura.

2) Desarrollan la estructura física. Si no se agregaran azúcares, los confituras, perderían su integridad estructural, ocasionando un menor rendimiento.

3) Ajustan la textura. La textura de la crema pastelera se torna más suave y cremosa por el incremento del contenido de azúcares. La cristalización de azúcares es la que crea esa característica única de crocancia, como se ve en los bombones licorosos.

4) Crean aromas y oscurecimiento. Los azúcares reaccionan con proteínas y grasas, etc. para producir los atributos buscados de aroma y de oscurecimiento [NOTA: la trehalosa al no participar de la reacción de Maillard permite otras funcionalidades en relación a esta característica. Ver "Inhibición de la desnaturalización de proteínas", página 10].

5) Retienen humedad. Los azúcares pueden retener humedad, lo cual se puede evidenciar en la textura firme de las gelatinas con alto contenido de azúcar.

6) Inhiben la oxidación de lípidos. Los azúcares previenen los aromas y sabores rancidos, y la decoloración.

7) Inhiben la retrogradación del almidón. Los azúcares mantienen la textura suave y humectada en confituras.

8) Inhiben la desnaturalización de las proteínas. Los azúcares protegen a las proteínas del calor. Los huevos que contienen azúcares evidencian una textura más suave después de la cocción.

9) Preservan. Los alimentos con alto contenido de azúcares difícilmente se echen a perder, tal como se evidencia en las mermeladas y en las preparaciones de frutas con larga vida útil.

10) Proveen más atributos además del dulzor. Un punto importante es que cada azúcar tiene características específicas que pueden ser empleadas en una diversidad de productos. Por ejemplo, no hay duda alguna respecto al hecho de que la sacarosa agrega dulzor a los alimentos. Sin embargo, su habilidad para inhibir la retrogradación del almidón no es tan grande como en el caso de otros azúcares. La fructosa es altamente higroscópica y por eso es útil para otorgar humectación a la masa, pero a la vez, fácilmente causa decoloración. Entender las funciones y características específicas de cada azúcar puede ayudar a tener ideas para nuevos productos. También, hay una oportunidad interesante en revisar los productos tradicionales y en los problemas irresueltos en los productos que existen en el mercado. Con un mayor entendimiento de la tecnología de los azúcares, se puede llegar a soluciones simples o nuevos descubrimientos.

10) Fijación de colores naturales en frutas y vegetales

La trehalosa inhibe la decoloración de frutas y vegetales y mantiene la frescura

Cuando las frutas tales como duraznos, manzanas y bananas son peladas, cortadas y mantenidas bajo refrigeración, la superficie se decolora como un resultado de la oxidación. Este proceso químico que se llama “pardeamiento enzimático”, ocurre en frutas y vegetales por acción de la enzima polifenol oxidasa.

Se puede mitigar este fenómeno de oxidación remojando las láminas de frutas en una solución de trehalosa, o enpolvando trehalosa en la superficie. Las patas y manzanas peladas tienden a oxidarse menos cuando son expuestas al aire después de haber sido remojadas en una solución al 10-15% de trehalosa (ver figura A). El uso de trehalosa permite mantener una apariencia apetitosa en frutas y vegetales al fijar sus colores naturales y al otorgarles mayor estabilidad. Esta función está fundamentada en la capacidad de retención de humedad de la trehalosa (ver página 13), lo que protege el tejido vegetal.

Se utiliza sal o jugo de limón para inhibir el oscurecimiento, pero esto trae la desventaja de modificar el perfil sensorial el alimento alejándolo de su sabor original. La trehalosa es moderadamente dulce, y se une naturalmente a los sabores de la fruta y los vegetales. Además de ser más efectiva que la sal o el jugo de limón para inhibir el oscurecimiento enzimático, también tiene la propiedad de mantener la textura original.

Además de ser utilizable en frutas frescas, se puede incorporar trehalosa en jaleas, mermeladas y compotas de frutas. Al tratar con trehalosa las frutas, previamente al calentamiento, el producto se mantiene más jugoso y conserva mejor su forma y textura original, del mismo modo que favorece la conservación del dulzor natural de las frutas. Al añadir trehalosa antes y durante el tratamiento térmico se intensifican sus beneficios.

Es interesante el uso de trehalosa para pre-tratar hierbas tales como el perejil y la menta. Las hierbas permanecen frescas por un periodo de tiempo mayor después de haber sido tratadas con una solución acuosa con baja concentración de trehalosa (al 0,5%) durante 10 a 30 minutos y luego refrigeradas dentro de bolsas plásticas.

La trehalosa se usa con frecuencia para tratar vegetales frescos. Exponer a los vegetales

a una solución acuosa de trehalosa al 3% durante 30 minutos inhibe la decoloración, deformación y deshidratación. La mejora se evidencia fácilmente en “sticks” de vegetales (ver figura B). La trehalosa previene la deformación de la estructura del vegetal y los hace visualmente más atractivos, manteniendo la textura crujiente de los vegetales recién cortados.

También la trehalosa evidencia un beneficio en relación a la vida útil de las flores de corte. Exponer las flores recién cortadas a una solución al 0,5% de trehalosa las hace lucir más frescas y alargar su duración.

Oscurecimiento en patas y manzanas



Patas y manzanas peladas fueron remojadas en una solución de trehalosa al 10% durante 30 minutos y almacenado bajo refrigeración por 24 horas. La muestra con trehalosa evidencia menor oscurecimiento que la muestra control.

Figura A.

Deshidratación de “sticks” de vegetales



Se cortaron en tiras zanahorias, pepinos y rábanos, luego se remojaron en agua o en una solución al 3% con trehalosa durante 30 minutos a temperatura ambiente, durante 1 hora. Las muestras con trehalosa presentan más turgencia y menos deformación que las muestras control.

Figura B.



11) Cristalización eficiente y estable

La trehalosa cristaliza en forma eficiente y es muy estable en su forma cristalina.

12) Alta temperatura de transición vítrea

La trehalosa tiene una alta temperatura de transición vítrea que confiere estabilidad a los recubrimientos azucarados y a los caramelos.

Propiedades físicas

Una de las más importantes razones por las que la sacarosa se convirtió en el azúcar más común para confituras por sus propiedades físicas que le permiten existir en forma de jarabe, en estado semicristalino y en estado vítreo. Estos tres estados se interconvierten y ajustan cuando es necesario, nuevamente haciéndolo muy adecuado para producir confituras. Cuando se sobrecalienta una solución de sacarosa a baja temperatura, rápidamente comienza a cristalizar y a presentar el estado semicristalino. Cuando una solución de sacarosa hierve, perdiendo contenido de agua, y luego es enfriada rápidamente, se convierte en una estructura vítrea transparente.

La trehalosa tiene una propiedad de transición similar, pero los grados brix y la temperatura óptima para que ocurra esto definen condiciones diferentes al caso de la sacarosa. La propiedad distintiva de la trehalosa en relación a otros azúcares es que ella se torna altamente estable tanto en el estado semicristalino como en el estado vítreo. Además las soluciones de trehalosa exhiben características únicas como una cristalización potenciada a altos niveles de humedad y propiedades de alta transición vítrea en porcentajes de humedad iguales o menores a 8%.

Tanto la sacarosa como la trehalosa tienen la propiedad de desarrollar cristales más rápidamente que otros azúcares. Esto es ideal para hacer recubrimientos y glasés. Lo que distingue a la trehalosa respecto a la sacarosa en este tipo de aplicaciones

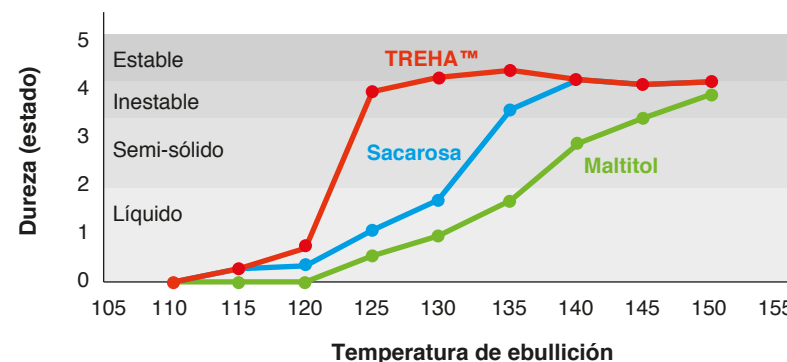
es que los glaseados que contienen trehalosa se secan más rápido, lo que hace a la producción más eficiente y el glasé permanece por más tiempo estable. El glasé presenta un regusto más limpio que no afectan al perfil sensorial del producto. La trehalosa es el único azúcar que permite otorgar todas estas características al glasé. Es importante notar, sin embargo, que el glasé puede tornarse más granulado o sólido debido a su cristalización característica.

Vitrificación

La trehalosa en solución puede pasar al estado vítreo cuando el contenido humedad se reduce hasta una concentración determinada. Esta transformación se denomina “vitrificación” y se caracteriza por una condición física de alta estabilidad en estado sólido sin cristalización y sin fundirse a causa de un bajo movimiento molecular. La trehalosa es conocida por su alta temperatura de transición vítrea. Cuando una solución de trehalosa es servida y pierde contenido de agua, la vitrificación se desarrolla a una menor temperatura respecto a la sacarosa y otro tipo de azúcares, y se torna más estable y sólida (ver figura A).

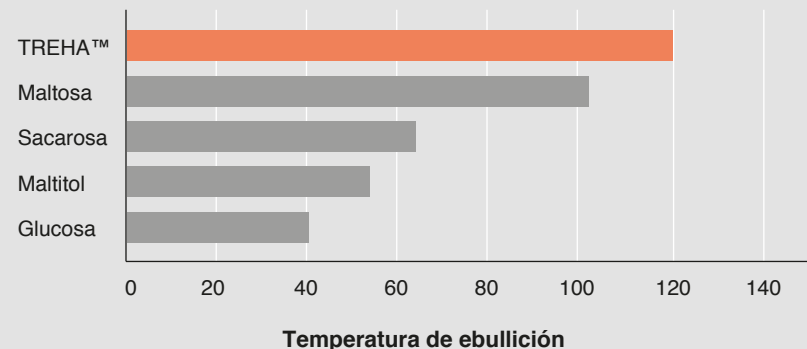
Esta propiedad puede usarse con efectividad para producir chips de frutas o nueces caramelizadas porque la vitrificación ocurre incluso en un horno caliente a 80°C y con un adecuado control de humedad.

Dureza de caramelo preparados a diferentes temperaturas



Todas las muestras fueron calentadas a diferentes temperaturas y luego enfriadas y mantenidas a temperatura ambiente por un día. Las muestras de trehalosa comenzaron a transformarse en el estado vítreo más rápido que cualquiera de los otros azúcares.

Figura A.



Curiosidades de la Trehalosa

El misterio y el poder de sus propiedades

Como fuente de energía

Mientras que el azúcar de la sangre humana contiene glucosa, el azúcar de la sangre de más de un millón de insectos es la trehalosa. La trehalosa se encuentra en hongos, plantas y en líquenes, como así también en microorganismos del suelo, de los cuales los insectos se alimentan. La trehalosa es una fuente increíble de energía: Se atribuye a ella la capacidad que tienen las abejas para volar largas distancias.

El mismo efecto se evidencia para la nutrición humana. La trehalosa es componente de bebidas deportivas para corredores de maratón con el fin de aumentar su resistencia.

Efecto humectante

El efecto humectante de la trehalosa puede ser puesto en práctica en una gran variedad de usos más allá de la industria alimenticia. Se utiliza en aplicaciones cosméticas para favorecer la humectación de la piel.

La trehalosa funciona también en su forma original: lavarse las manos o la cara con trehalosa y agua reduce la sequedad de la piel. Cuando se agrega trehalosa en polvo al agua de un baño de inmersión permite que la piel mantenga su humectación. En la cocina el uso de detergentes puede dañar la piel, pero agregar trehalosa al jabón protege la calidad de las proteínas de las manos y protege a la piel sin que se torne áspera.

Usos en agricultura

Estudios recientes muestran que algunas plantas contienen en sus genes la capacidad de sintetizar trehalosa. Se cree que la trehalosa ayuda las plantas en su respuesta frente a los cambios climáticos, tales como temperaturas bajas, sequías, estrés salino, baja concentración de oxígeno, etcétera. Las plantas de tabaco y de arroz fueron modificadas genéticamente para acumular trehalosa, y se ha confirmado que esto les otorga una mayor resistencia a la sequía y al frío.

Adicionalmente, se ha verificado que las plantas expuestas a la trehalosa en su superficie (y ya no en su estructura interna) tienen potenciados los genes responsables de protección frente a enfermedades y aumenta su resistencia a las mismas.

Es por ello que en el tiempo reciente se están realizando estudios para generar estos efectos mediante fertilizantes que contienen trehalosa, lo mismo que en productos para darle una mayor vida útil y fresca a las flores de corte.

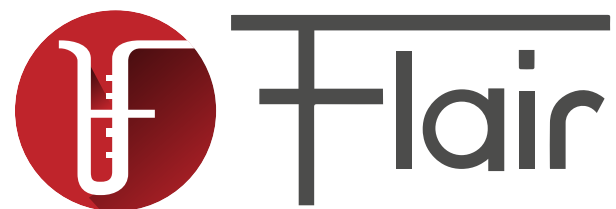
En el cuidado del medioambiente la trehalosa tal vez cumpla un rol significativo, debido a sus características inocuas y a su prometedor uso para incrementar productividad agrícola.

Ampliando su atractivo

El efecto de la trehalosa para controlar la degradación de lípidos y la desnaturalización de proteínas se ha aplicado en otro campo: en la propiedad de reducir el olor de aldehydos que son consecuencia del envejecimiento de la piel. La prueba es sencilla: Alcanza con hacer un spray de trehalosa al 2% en la piel después de bañarse. Se ha utilizado en hospitales (para ropa de camas) y en la industria textil. Debido a que la trehalosa puede reducir el olor a transpiración y promover la radiación del calor, está atrayendo la atención como elemento para generar un cooling-effect en ropas.

La trehalosa a veces se añade al alimento de vacas, caballos, cerdos y pollos para incrementar la palatabilidad, y como resultado puede mejorar la calidad de la carne y eliminar olores después de la cocción. Hay algunos casos de aplicaciones en alimentos para animales.





Int. Lumbreras 1800 (ex Ruta 24) y Corrientes • Sector Industrial Planificado
Calle 10 Esquina 3 • Gral. Rodríguez • (1748) Buenos Aires, Argentina.

Tel: 0237 485 8850 • Fax: 0237 485 8860
www.flair.com.ar