



**Ciencia Latina**  
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2024,  
Volumen 8, Número 2.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i2](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2)

## **USO DE POLIOLES EN LA INDUSTRIA DE LA CONFITERÍA**

### **THE USE OF POLYOLS IN THE CONFECTIONERY INDUSTRY**

**Mario de Jesús González-Otamendi**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Jesús Guadalupe Pérez-Flores**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Elizabeth Contreras-López**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Karla Soto-Vega**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Laura García-Curiel**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Emmanuel Pérez-Escalante**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Desiree Islas-Martínez**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Carlos Ángel-Jijón**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Lizbeth Anahí Portillo-Torres**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

## Uso de Polioles en la Industria de la Confitería

**Mario de Jesús González-Otamendi<sup>1</sup>**

[marioglez.otamendi@gmail.com](mailto:marioglez.otamendi@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0005-7564-6898>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Mineral de la Reforma, Hidalgo,  
México

**Jesús Guadalupe Pérez-Flores**

[jesus\\_perez@uaeh.edu.mx](mailto:jesus_perez@uaeh.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-9654-3469>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Mineral de la Reforma, Hidalgo  
México

**Elizabeth Contreras-López**

[elizac@uaeh.edu.mx](mailto:elizac@uaeh.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-9678-1264>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Mineral de la Reforma, Hidalgo  
México

**Karla Soto-Vega**

[karlasotveg@gmail.com](mailto:karlasotveg@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0003-1052-959X>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Mineral de la Reforma, Hidalgo  
México

**Laura García-Curiel**

[laura.garcia@uaeh.edu.mx](mailto:laura.garcia@uaeh.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-8961-2852>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo  
México

**Emmanuel Pérez-Escalante**

[emmanuel\\_perez@uaeh.edu.mx](mailto:emmanuel_perez@uaeh.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-4268-9753>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Mineral de la Reforma, Hidalgo  
México

**Desiree Islas-Martínez**

[desireeislasmtz@outlook.com](mailto:desireeislasmtz@outlook.com)

<https://orcid.org/0009-0002-7225-7932>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Mineral de la Reforma, Hidalgo  
México

**Carlos Ángel-Jijón**

[carlos\\_angel@uaeh.edu.mx](mailto:carlos_angel@uaeh.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-1047-9612>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Mineral de la Reforma, Hidalgo  
México

**Lizbeth Anahí Portillo-Torres**

[lizbeth\\_portillo@uaeh.edu.mx](mailto:lizbeth_portillo@uaeh.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-2015-6734>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Mineral de la Reforma, Hidalgo  
México

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [jesus\\_perez@uaeh.edu.mx](mailto:jesus_perez@uaeh.edu.mx)

## RESUMEN

La industria de la confitería busca satisfacer la demanda de productos palatables manteniendo opciones saludables, debido a los efectos negativos del consumo excesivo de azúcar en la salud. Esta investigación se centró en el uso de polioles como alternativa al azúcar en la industria de la confitería. Se abordó la clasificación de los productos de confitería y la evaluación nutricional de los polioles, metabolismo, impacto en la salud, percepción del consumidor y aplicaciones para brindar una visión general beneficiosa para los interesados. Los resultados indicaron que los polioles son eficaces como sustitutos del azúcar debido a su capacidad como agentes de carga, su bajo índice glucémico y su menor contenido calórico. Además, no afectan los niveles de insulina y presentan efectos beneficiosos para la salud bucal. Sin embargo, su uso presenta desafíos en términos de sabor y costos de producción, y el consumo excesivo puede causar efectos secundarios gastrointestinales. En conclusión, la investigación respaldó el uso de los polioles como alternativas viables al azúcar en la confitería, contribuyendo a ofrecer productos más saludables, aunque se deben considerar las preferencias del consumidor y los posibles efectos secundarios en el desarrollo de estos productos.

**Palabras clave:** confitería, polioles, sustitutos del azúcar, salud humana, consumidor

*Artículo recibido 28 marzo 2024*

*Aceptado para publicación: 30 abril 2024*



## The Use of Polyols in the Confectionery Industry

### ABSTRACT

Due to the adverse effects of excessive sugar consumption on health, the confectionery industry aims to meet the demand for palatable products while maintaining healthy options. This research focused on using polyols as an alternative to sugar in the confectionery industry. It addressed the classification of confectionery products and the nutritional evaluation of polyols, including their metabolism, impact on health, consumer perception, and applications, to provide a beneficial overview for stakeholders. The results indicated that polyols are adequate substitutes for sugar due to their capacity as bulking agents, low glycemic index, and lower calorie content. Additionally, they do not affect insulin levels and benefit oral health. However, their use presents challenges regarding taste and production costs, and excessive consumption can cause gastrointestinal side effects. In conclusion, the research supported using polyols as viable alternatives to sugar in confectionery, contributing to the offering of healthier products. However, consumer preferences and potential side effects should be considered when developing these products.

**Keywords:** confectionery, polyols, sugar substitutes, human health, consumer



## INTRODUCCIÓN

La confitería, dentro de la industria alimentaria, se enfoca en la creación, desarrollo e innovación de productos donde el azúcar refinada es el ingrediente principal, aunque a veces se emplea fructosa o glucosa (Ghosh & Sudha, 2012).

La preocupación por la salud y la nutrición en la sociedad contemporánea ha ido en aumento, especialmente en relación con los productos de confitería. En respuesta al creciente interés mundial por reducir los azúcares añadidos en los alimentos, México ha implementado medidas como sellos de contenido nutricional y reformulación de productos. La Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010 establece requisitos para el etiquetado de alimentos preenvasados con altos niveles de azúcares, grasas saturadas o sodio. También detalla el sistema de etiquetado frontal y las condiciones para declaraciones nutricionales y advertencias, como la presencia de edulcorantes. Un ejemplo de este tipo de etiquetado con sellos puede ser observado en la Figura 1, en donde también se muestra la estructura química de la sacarosa. Además, se establecen las leyendas precautorias a utilizar en casos específicos, como la presencia de edulcorantes o cafeína.

Además, la diabetes, sobrepeso/obesidad, el aumento en el colesterol, problemas bucales y las enfermedades cardíacas se consideran estrechamente vinculadas al consumo excesivo de este tipo de productos (Bouges et al., 2017; Cabezas Zabala et al., 2016; Mann & Morenga, 2015; Prada et al., 2022). El aumento de las enfermedades asociadas al exceso de azúcar ha impulsado la demanda de productos con menor contenido de este componente, ya que los consumidores siguen priorizando la satisfacción sensorial en los productos de confitería, optando por alternativas con menos calorías o diseñadas específicamente para satisfacer necesidades como la diabetes (Moore et al., 2020; Palmer, 2007).

En este contexto, para satisfacer la creciente demanda de productos más saludables, se han explorado diversas alternativas en la formulación de confitería, como la reducción o eliminación del azúcar (Feliciano Pereira, 2014). Esto implica un desafío para la industria confitera, dado que el azúcar es un componente clave en la estructura, textura, volumen y sabor de estos productos (Biguzzi et al., 2014). Por lo tanto, su eliminación o sustitución no resulta sencilla (Vojvodić Cebin et al., 2024).

Se han buscado formulaciones que mantengan las propiedades sensoriales sin emplear azúcar, utilizando aditivos edulcorantes o texturales. Entre estas alternativas se encuentran los polioles y la fibra, como la inulina, oligofructosa, fibra de trigo y cáscara de psyllium, así como oligosacáridos no digeribles derivados de lignocelulosa, como los xilooligosacáridos. Los polioles, como el isomaltitol, xilitol, maltitol y eritritol, tienen menos calorías, índices glucémicos más bajos, y proporcionan una textura y sabor similar al de la sacarosa (Bouges et al., 2017; Vojvodić Cebin et al., 2024).

Se han llevado a cabo investigaciones para enriquecer los productos de confitería con ingredientes saludables o mejorar su calidad nutricional. Por ejemplo, se ha propuesto utilizar isomaltulosa en la elaboración de malvaviscos (Periche et al., 2015), se han evaluado los beneficios de incorporar harina de chía en galletas de trigo (Mesías et al., 2016) y se ha estudiado el potencial del chocolate blanco como vehículo de compuestos fenólicos (Baycar et al., 2021).

La falta de información sobre los productos de confitería sin azúcar y reducidos en azúcar representa una barrera para los consumidores y los productores. La falta de información sobre las opciones disponibles y su impacto en la salud, puede llevar a los consumidores a elegir alimentos menos saludables. Mientras tanto, los productores se enfrentan a desafíos en la formulación e innovación de productos que satisfagan la creciente demanda de alimentos más saludables (Bouges et al., 2017; Hagger et al., 2017).

Partiendo de lo expuesto, el objetivo de esta investigación fue revisar el uso de los polioles como alternativa al azúcar en la industria confitera, abordando la clasificación de los productos de confitería, la evaluación nutricional de los polioles, su metabolismo e impacto en la salud, la percepción del consumidor, aplicaciones en formulaciones de confitería y desafíos en la industria, con la finalidad de brindar una visión general útil para consumidores, profesionales de la salud, emprendedores, tecnólogos y cualquier persona interesada en el tema.

**Figura 1.** Sellos octagonales advirtiendo exceso de algunos compuestos en productos de confitería en México y molécula de la sacarosa.



### Clasificación de los productos de confitería

Los productos de confitería se dividen en tres grupos principales: confitería de chocolate, de harinas y de azúcar, o según la distinción común entre aquellos con base de chocolate y aquellos con base de azúcar (Edwards, 2018). La diversidad de estos productos se debe a sus sabores, características sensoriales y propiedades fisicoquímicas. Cada categoría exhibe características únicas influenciadas por su método de preparación y la interacción con otros ingredientes (Efe & Dawson, 2022). Además, se clasifican según la estructura del azúcar, que puede ser cristalina, parcialmente cristalina o no cristalina, siendo perceptibles o imperceptibles los cristales según su tamaño.

La Tabla 1 presenta una clasificación de los tipos de dulces según sus características físicas y estructurales. Se dividen en tres categorías principales: cristalinos, no cristalinos y parcialmente cristalinos. En cada una de estas categorías se detallan las características específicas y se proporcionan ejemplos representativos de productos de confitería que se ajustan a esas características. Por ejemplo,

se mencionan dulces cristalinos con cristales grandes, como el caramelo de roca (rock candy), y dulces no cristalinos con textura dura, como el caramelo macizo.

La clasificación propuesta de productos de confitería puede afectar significativamente la experiencia sensorial de los consumidores. La textura, sabor y presentación juegan roles cruciales en la percepción de estos productos. Por ejemplo, la textura cristalina de los caramelos de roca proporciona una experiencia crujiente única, mientras que los caramelos suaves ofrecen una masticación más suave y prolongada (Kaya, 2019; Vojvodić Cebin et al., 2024). Además, categorías como aireados o líquidos, como malvaviscos o jarabes, también influyen en la experiencia sensorial. La presentación de productos, como chocolates blancos o amargos, también impacta en la percepción sensorial, ofreciendo a los consumidores variedad de sabores y texturas para elegir según sus preferencias individuales (Kim et al., 2014; Savitri et al., 2022).

En términos de formulación y producción industrial, se ha discutido que, en los dulces gomosos, donde mantener la textura es un factor crítico, la incorporación de edulcorantes alternativos puede alterar notablemente la fuerza del gel, dependiendo del tipo y la cantidad de edulcorante (Vojvodić Cebin et al., 2024).

La clasificación de productos de confitería según sus características físicas y sensoriales puede afectar su estabilidad y vida útil (VU). Los cambios en el contenido de agua tienen un impacto notable en la textura y la VU de los dulces a base de azúcar, alterando su consistencia de suave a dura y quebradiza con una reducción del contenido de humedad. Esta variación en la textura es clave para diferentes tipos de dulces, como los caramelos macizos y los fondants. La humedad también influye en la calidad y duración de los productos, con la actividad de agua (AW) y la humedad relativa (HR) determinando la ganancia o pérdida de humedad durante el almacenamiento. La diferencia entre la AW del dulce y la HR del ambiente circundante afecta la migración de humedad, lo que impacta en la VU.

La transición vítrea y la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) son parámetros críticos para la estabilidad de los dulces, donde los productos con bajo contenido de humedad y por debajo de su  $T_g$  son estables durante períodos prolongados, aunque los azúcares higroscópicos en estos productos pueden absorber humedad del ambiente, afectando su VU (Ergun et al., 2010; Mathlouthi, 2001).



**Tabla 1.** Clasificación de los productos de confitería.

Clasificación	Característica	Ejemplo
Cristalinos	Cristales grandes	<i>Rock candy.</i>
	Cristales pequeños	Dulces cremosos, <i>fondant</i> y <i>fudge</i> .
No cristalinos	Duro	Caramelo macizo.
	Suave	<i>Toffee</i> y caramelo.
	Frágil	Caramelos crujientes ( <i>brittles</i> ).
	Gomoso	Gomitas, delicias turcas, jaleas, regaliz, chicles y gomas de mascar.
	Aireado	Malvaviscos.
	Líquido	Jarabes dulces.
Parcialmente cristalinos	De textura granulosa	Pastillas de menta y confitados.
Chocolates		Blanco, amargo, semiamargo, y con leche.

### Productos de confitería y su disponibilidad en el mercado

La confitería comprende una amplia gama de productos con características distintivas, que van desde dulces cremosos y cristalinos como el *fondant* y el *fudge*, hasta dulces no cristalinos como los caramelos macizos y gomosos. La diversidad de texturas y sabores es evidente en estos productos, cada uno elaborado mediante procesos específicos como la formación de cristales de sacarosa o la cocción a altas temperaturas. La clasificación según composición y textura, como los chocolates con diferentes porcentajes de cacao, también afecta su estabilidad y VU. En los siguientes párrafos se detalla esta clasificación y su impacto en aspectos como la percepción sensorial, la experiencia de consumo y la durabilidad de los productos.

Primero, se describirán los dulces cristalinos:

**Dulces cremosos:** estos dulces se caracterizan por su textura suave y cremosa, lograda gracias a la incorporación de diminutos cristales de sacarosa. Estos cristales se forman a partir de una solución de sacarosa enfriada a una temperatura específica y luego sometida a un batido cuidadoso. La cremosidad se potencia con otros ingredientes como leche, mantequilla o chocolate, que interactúan con la sacarosa, impidiendo la formación de grupos de cristales y facilitando el proceso de batido. Además, el azúcar

invertido generado durante la elaboración de estos dulces contribuye a mantener su humedad, añadiendo una dimensión adicional de suavidad y frescura (Hinkova et al., 2014).

**Fondant:** el *fondant* es un producto elaborado a partir de una solución sobresaturada de sacarosa, a la que también se le ha adicionado jarabe de maíz y/o azúcar invertido, la cual es cocinada entre 105 y 120 °C (NPCS Board of Food Technologists, 2013). Una vez cocida, la mezcla se enfría a la temperatura adecuada y se somete a agitación para lograr una recristalización controlada mediante fuerza de cizalla e incorporación de aire, lo que resulta en la formación de numerosos cristales pequeños y una pasta blanca. Además, suele agregarse azúcar glas a la mezcla una vez que está fría para inducir la formación de los cristales. Esto produce un producto final suave y una masa tersa que, a temperatura ambiente, adquiere una consistencia firme y flexible. También es posible incorporar sorbitol al *fondant*, con la consideración de que un 10% de sorbitol puede reducir el contenido de agua del *fondant* en un 7% (Le Bot & Gouy, 1995). El *fondant* se utiliza como materia prima en la elaboración de rellenos de chocolates, caramelos, inducción de siembra para caramelos suaves y para la decoración de productos de pastelería y galletería.

**Fudge:** se trata de un dulce suave y cremoso hecho de una mezcla de azúcar, glucosa, azúcar invertido, agua, leche y grasa, que se hierve y se enfría a 80 °C. Luego se agrega entre un 10% y un 15% de *fondant* para cristalización, obteniendo una consistencia firme y color café gracias a las reacciones de Maillard con las proteínas de la leche. Los dulces no cristalinos, que contienen azúcar en una estructura vítrea amorfa, se elaboran con jarabe de sacarosa y se les añade jarabe de maíz para prevenir la cristalización. Se utilizan agentes como glucosa y fructosa para evitar el crecimiento de los cristales de sacarosa. Esta categoría incluye caramelos macizos, masticables, frágiles y gomosos (Charbonneau et al., 2023; Charbonneau & Pilcher, 2023; Hinkova et al., 2014).

Por otro lado, los dulces no cristalinos se caracterizan por tener azúcar en una estructura vítrea amorfa. Se elaboran a partir de un jarabe de sacarosa sometido a altas temperaturas, con la adición de agentes como glucosa y fructosa para evitar el crecimiento de los cristales de sacarosa (Souiy et al., 2023). Esta categoría incluye caramelos macizos, masticables, frágiles y gomosos.

**Caramelo:** el proceso de formación de caramelos implica diferentes reacciones químicas. Por un lado, la reacción de Maillard, que involucra proteínas y azúcares reductores, y, por otro lado, la pirólisis, que

ocurre cuando la sacarosa alcanza su punto de fusión (Arias-Giraldo & López-Velasco, 2019; Edwards, 2018). Los caramelos de leche presentan una amplia gama de texturas, desde la cremosidad fluida hasta la solidez compacta, y esta diversidad está estrechamente ligada a la proporción de agua que contienen. Los caramelos a su vez pueden clasificarse en distintos tipos dependiendo sus características.

- a) **Caramelo macizo o duro:** comprenden una amplia gama de golosinas, como paletas, gotas y bastones de caramelo, entre otros. Estos dulces se elaboran mediante la combinación de azúcar y glucosa, que se calientan hasta alcanzar los 150 °C bajo vacío para eliminar el exceso de agua. Durante el proceso de enfriamiento, se incorporan colorantes y saborizantes a la mezcla, la cual se amasa para finalmente obtener la forma deseada (Hinkova et al., 2014; Souiy et al., 2023).
- b) **Caramelo y toffee:** de consistencia semifluida (caramelo) a dura (*toffee*), no necesariamente transparente, de color marrón. Se elaboran a partir de una solución de azúcar, azúcar invertido, grasas, emulsionantes e ingredientes lácteos tales como mantequilla, nata o leche condensada; teniendo temperaturas de cocción bajas de 113-117 °C para los *toffees* y 121-130 °C para los caramelos (Hinkova et al., 2014). La mezcla usada para la elaboración de estos dulces es una emulsión, se puede separar mediante calor y movimiento mecánico, por ello se deben controlar estos parámetros. Su consistencia depende de la temperatura de cocción y el porcentaje de humedad, así como, el color de las reacciones de Maillard (NPCS Board of Food Technologists, 2013).
- c) **Caramelo crujiente:** se utiliza mezclándolo con nueces o semillas, elaborado con azúcar derretida o una solución de azúcar elevada a altas temperaturas para evitar la cristalización, al enfriar se vuelve sólido y frágil (Hinkova et al., 2014). Las palanquetas, alegrías y muéganos son algunos de los dulces que se elaboran con este caramelo.
- d) **Rock candy:** es un dulce formado por cristales grandes y sólidos de azúcar. Se crea a partir de una solución caliente y sobresaturada de azúcar, permitiendo que los cristales se formen en una superficie sólida, como un palo o una cuerda, al enfriarse (Hinkova et al., 2014).

**Productos gelificados:** este conjunto abarca a las gominolas, reconocidas por su textura suave y gomosa, se crean a partir de una solución sobresaturada de sacarosa y jarabe de maíz, combinada con agentes gelificantes como grenetina, almidones modificados, pectina o agar, que aseguran firmeza y consistencia. Los edulcorantes afectan la gelificación y las características físicas del producto. En

formulaciones sin azúcar, maltitol y HSH (hidrosilatos de almidón hidrogenados) pueden ser alternativas para lograr resultados similares (Hartel, Von Elbe, et al., 2018b; Yan et al., 2021).

**Regaliz:** el regaliz es una pasta gelatinosa y rígida con un sabor distintivo, elaborada con azúcar y extracto de la raíz de la planta *Glycyrrhiza glabra* o de alguna fruta, que actúa como agente aromatizante. Además, se emplea un agente espesante, que puede ser harina de trigo, almidón o goma arábica (Hartel, 2017). Las presentaciones más comunes de regaliz son los bastones largos y los rollos, disponibles en color rojo o negro. Para obtener el característico color negro, se añade cloruro de amonio y melaza al producto (Hinkova et al., 2014).

**Chicles y gomas de mascar:** el chicle es un dulce masticable elaborado a partir de goma sintética de mascar, glucosa y sacarosa. El tamaño del grano de sacarosa no debe superar los 20-40  $\mu\text{m}$  para evitar una sensación arenosa, por lo que algunos fabricantes utilizan dextrosa como sustituto de la sacarosa para una sensación refrescante en la boca (Edwards, 2018; Mediano, 2011).

**Marshmallows o malvaviscos:** estos dulces se caracterizan por su textura aireada, suavidad y esponjosidad. Se elaboran mediante una mezcla de sacarosa, glucosa y agua, que se cocina a una temperatura de 116 °C. Posteriormente, se añade un agente aireante, como gelatina o albúmina previamente hidratadas (Colquichaua, 1999). Los malvaviscos pueden encontrarse en diversas presentaciones, ya sea, cubiertos de almidón, trampados con chocolate, extrudidos o cortados. Además, pueden elaborarse con sabores y aromas artificiales, o utilizando extractos de frutas para un sabor más natural (NPCS Board of Food Technologists, 2013).

**Chocolate:** este producto se elabora a partir de las semillas del árbol *Theobroma cacao*, pasando por un proceso que incluye fermentación, secado y tostado de las semillas. Posteriormente, se separa la cáscara y se muelen las semillas para obtener licor de chocolate. Este licor puede prensarse para obtener cacao en polvo y manteca de cacao. Las semillas limpias se muelen y se mezclan con azúcar, manteca de cacao y leche para producir diferentes tipos de chocolate, como el negro, con leche o blanco, variando las proporciones de ingredientes. El refinado y conchado son procesos adicionales importantes para mejorar la textura y calidad del chocolate final (Rosales-Valdívía et al., 2024). Los estándares mínimos para que un producto se considere chocolate incluyen un 18% de manteca de cacao, un 35% de sólidos totales secos de cacao y un 14% de sólidos totales no grasos de cacao, aunque estos porcentajes pueden

variar según el tipo de chocolate. Modificar las formulaciones con edulcorantes alternativos como eritritol, maltitol, lactitol, xilitol, manitol e isomaltol puede afectar estos estándares, y el consumo excesivo de polioles puede causar efectos laxantes en algunos consumidores (Selvasekaran & Chidambaram, 2021).

### **Uso del jarabe de maíz en formulaciones de confitería**

En la elaboración de productos de confitería, además del azúcar, se emplean jarabes de maíz como la glucosa de 42 DE o equivalentes de dextrosa, designados por su acrónimo en inglés (*Dextrose Equivalent*), que es la denominación comercial de estos jarabes. El grado de equivalentes de dextrosa es determinante en la textura del caramelo: un menor grado produce una consistencia más dura, mientras que un grado mayor resulta en un producto más pegajoso. Además, el jarabe de maíz controla la cristalización del caramelo, influyendo en su textura, suavidad, color, sensación en la boca y su conservación, por lo que su reemplazo en las formulaciones de confitería también representa un desafío (Hartel, 2017; Hartel, Von Elbe, et al., 2018a; Rodríguez Rodríguez et al., 2015).

Al buscar alternativas, es necesario encontrar opciones que puedan replicar estas funciones para mantener la calidad del producto final. En los caramelos sin azúcar, se emplean polioles en lugar de sacarosa y jarabe de maíz, ya que actúan como agentes de carga, reemplazando el volumen del azúcar en los alimentos, regulando la textura y previniendo la recristalización durante la elaboración. Otros agentes de carga, como la inulina y la povidex, proporcionan volumen, pero no sabor dulce (Hartel, von Elbe, et al., 2018; Martínez-Cervera et al., 2014).

### **Polioles utilizados en productos de confitería**

Los polioles, también llamados polialcoholes, alditoles o alcoholes de azúcar, son edulcorantes utilizados en la elaboración de dulces sin azúcar o reducidos en este componente. Su propósito es reemplazar parcial o completamente la sacarosa, lo que resulta en productos con bajo contenido calórico, alrededor de 2.4 kcal/g en comparación con las 4 kcal/g de la sacarosa. Estos polioles se derivan principalmente de la sacarosa mediante la reducción de un grupo aldo o ceto a un grupo hidroxilo. Sin embargo, el eritritol, obtenido a través de la fermentación de glucosa y la hidrogenación de jarabe de glucosa, es una excepción a esta descripción. Los polioles tienen efectos beneficiosos para la salud, incluyendo su bajo contenido calórico y efectos positivos sobre la regulación de la glucosa en

sangre, ya que la mayoría no son digeridos en el organismo y son metabolizados por la microbiota intestinal (Hartel, 2017; Pérez et al., 2023; Zumbé et al., 2001).

Los polioles más comunes incluyen xilitol, sorbitol, manitol, eritritol, maltitol, lactitol e isomalt, derivados de monosacáridos y disacáridos. En la confitería, la aplicación de los polioles depende de sus propiedades. Para endulzar sin azúcar, se emplean maltitol, manitol, sorbitol y xilitol, mientras que, para evitar la cristalización en los jarabes, función generalmente cumplida por el jarabe de glucosa, se prefieren sorbitol y maltitol. Los polioles están disponibles en formas cristalizadas o como jarabes, lo que permite su aplicación de diversas maneras según las necesidades del producto (Le Bot & Gouy, 1995; Zumbé et al., 2001). Su uso está regulado dentro de la normativa de aditivos alimentarios de la Unión Europea, en el Reglamento (CE) 1333/2008 (Rodríguez Pérez, 2014).

En los siguientes párrafos se mencionan algunas generalidades:

El xilitol, obtenido mediante la hidrogenación de la xilosa, destaca como el poliol más dulce. Se utiliza ampliamente en chicles y gomas de mascar sin azúcar debido a sus propiedades beneficiosas para la salud oral y su efecto antihiper glucémico. Promueve la salivación, contribuyendo a la limpieza dental y la reducción de la carga bacteriana en la boca, lo que disminuye el riesgo de caries. Con un mercado global estimado en 670 millones de dólares y una tasa de crecimiento anual del 6%, el xilitol ha ganado terreno. Puede sustituir al azúcar en una proporción de 1:1 y su baja AW lo hace efectivo contra ciertas bacterias, lo que aumenta su resistencia microbiológica y prolonga la VU de los productos. Aunque se recomienda una ingesta diaria de menos de 30 g debido a su efecto laxante, ha sido aprobado por la FDA y se considera seguro para el consumo desde la década de 1960 (Carocho et al., 2017; Ghosh & Sudha, 2012; Hartel, 2017; Illescas et al., 2022).

El sorbitol, obtenido mediante la hidrogenación catalítica de la glucosa y presente en frutas como la manzana, cereza y pera, se utiliza ampliamente en la fabricación de caramelos duros, tabletas prensadas y chicles. Con un índice de dulzor 0.5 veces mayor que el de la sacarosa, el sorbitol se disuelve fácilmente en agua y actúa como un excelente humectante, siendo ideal para productos de panadería y chicles. También es eficaz en la elaboración de helados, ya que reduce el punto de congelación del producto. Se ha observado que el sorbitol puede aumentar la absorción de vitamina B12 y hierro en el intestino, y se ha demostrado que posee propiedades beneficiosas para la salud bucal, reduciendo el

riesgo de caries dental. Aprobado como aditivo alimentario seguro por la JEFCA (Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios), el sorbitol es metabolizado lentamente en el sistema y se considera seguro para el consumo humano (Ghosh & Sudha, 2012; Hartel, 2017; Zhang et al., 2020).

El manitol, ampliamente distribuido en la naturaleza y obtenido mediante la hidrogenación de fructosa y manosa, fue una de las primeras alternativas utilizadas para producir productos reducidos en azúcar. En comparación con otros polioles, el manitol es el menos higroscópico, lo que significa que tiene una menor capacidad para absorber humedad. Posee una baja solubilidad y puede cristalizarse, siendo utilizado en la fabricación de chicles, chocolate y dulces en tableta. A pesar de tener un nivel de dulzor inferior en comparación con otros polioles, su alto índice de metabolización, alrededor del 75%, justifica su uso en la industria alimentaria, ya que el 25% restante se absorbe antes de ser excretado por la orina (Carocho et al., 2017; Deis & Kearsley, 2012; Ghosh & Sudha, 2012; Hartel, 2017).

El eritritol, un poliol de cuatro carbonos, se obtiene mediante fermentación de glucosa o sintetizado a partir de glicerol. Presente naturalmente en hongos y frutas como sandía, pera y uvas, tiene un nivel de dulzor del 70% comparado con la sacarosa. Común en chocolates, chicles, gomitas y caramelos, su valor calórico se estima entre 0.4 y 0.2 kcal/g, considerándose prácticamente no calórico y sin impacto significativo en los niveles de insulina. Clasificado como GRAS por la FDA, no causa efectos laxantes en exceso, ya que el 90% se excreta por vía renal. Ideal para alimentos que buscan una imagen saludable, su uso principal junto al xilitol proporciona beneficios para la salud dental, aunque su costo más elevado es una desventaja (Carly et al., 2017; Da Silva et al., 2016; Ghosh & Sudha, 2012; Hartel, 2017; NPCB Board of Food Technologists, 2013).

El maltitol se encuentra de forma natural en algunas frutas y vegetales, aunque en la industria se produce a partir de almidones de maíz. Como la mayoría de los polioles, tiene un bajo índice insulinémico y glucémico, además de un reducido aporte calórico. En comparación con la sacarosa, el maltitol contiene menos calorías, no promueve la formación de caries y posee un nivel de dulzura prácticamente equivalente al de la sacarosa (en un rango aproximado de 0.8 a 0.9) cuando se sustituye en proporción 1:1. Debido a su estabilidad térmica, el maltitol es adecuado para su uso en productos de repostería, chocolates, entre otros (Da Silva et al., 2016; Ghosh & Sudha, 2012; Saraiva et al., 2020a).

El lactitol e isomalt, derivados de disacáridos con bajo índice glucémico y considerados GRAS, son utilizados en la producción de chocolates, chicles y otros productos de confitería. El lactitol, obtenido de la hidrogenación de la lactosa, está disponible en varias formas cristalinas y ofrece la ventaja de no dejar regusto, siendo menos higroscópico que la sacarosa. Aunque menos dulce que otros polioles, se combina con edulcorantes intensos en la industria alimentaria y no contribuye a las calorías, siendo apto para personas con diabetes. Además de proporcionar dulzura, ofrece un sabor fresco y puede aumentar el volumen de los alimentos sin ser cariogénico, siendo también utilizado como probiótico (Carocho et al., 2017; Ghosh & Sudha, 2012; Hinkova et al., 2014; Martínez-Monteagudo et al., 2019; NPCS Board of Food Technologists, 2013).

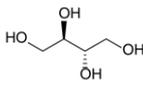
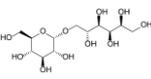
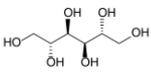
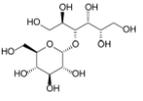
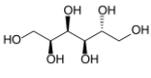
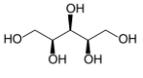
El isomalt o isomaltitol es una combinación de dos alcoholes disacáridos, obtenidos a partir de la sacarosa en un proceso de dos etapas. Primero, la sacarosa se reorganiza enzimáticamente para obtener un azúcar reductor, y luego se hidrogena la isomaltulosa. Debido a su estructura, es extremadamente estable y presenta un bajo nivel de higroscopicidad, manteniéndose cristalino después de solidificarse, lo que permite incrementar la VU de los productos de confitería en donde es utilizado como parte de la formulación. Su grado de dulzura es aproximadamente del 60% en comparación con la sacarosa, y se emplea en la fabricación de chocolates y dulces con bajo contenido calórico (Hinkova et al., 2014; NPCS Board of Food Technologists, 2013; Poka et al., 2023).

La Tabla 2 ofrece información detallada sobre los polioles y sus propiedades fisicoquímicas. Enumera los nombres de los polioles y su estructura química, esencial para comprender sus interacciones en diversas aplicaciones. Además, proporciona la masa molar (PM, g/mol) de cada poliol, importante para calcular las cantidades necesarias en formulaciones industriales. La relación DPH/APH indica la capacidad de los polioles para formar enlaces de hidrógeno, mientras que el punto de fusión (PF, °C) y la temperatura de transición vítrea (Tg, °C) influyen en su estabilidad y aplicabilidad en diferentes temperaturas. Por último, el porcentaje de solubilidad en agua a 20 °C es necesario para comprender su dispersión en medios acuosos y su uso en formulaciones específicas.

Polioles como sorbitol, maltitol, isomalt y lactitol se utilizan para reemplazar la sacarosa en la fabricación de chocolate sin azúcar o con bajo contenido de azúcar. Desde el punto de vista del proceso, es mucho más fácil trabajar con el uso de formas cristalinas anhidras de polioles como isomalt, maltitol

y lactitol. Con polioles no anhidros, la presencia de una molécula de agua de cristalización durante el refinado y el conchado puede provocar recristalización y un aumento de la viscosidad de la masa, esto puede afectar la calidad del chocolate (Zumbé et al., 2001).

**Tabla 2.** Polioles y sus propiedades fisicoquímicas (Poka et al., 2023).

Poliol	Estructura química	PM (g/mol)	DPH/APH	PF °C	T <sub>g</sub> (°C)	Solubilidad en agua (% p/v a 20° C)
Eritritol		122.12	4/4	118–126	-45.0 a -42.50	37
Isomaltitol		344.31	9/11	98 y 155	61.5	25
Manitol		182.17	6/6	164–176	10.7	20
Maltitol		344.31	9/11	148–151	43.1 a 49.5	60
Sorbitol		182.17	6/6	95–97	-9.20 a -6.0	73
Xilitol		152.15	5/5	92.7	-24.10	63

Donantes y aceptores de puentes de hidrógeno (DPH/APH)

### Evaluación nutricional

El uso de polioles en la industria alimentaria ha aumentado debido a sus propiedades calóricas, glucémicas e insulinémicas más bajas en comparación con la sacarosa. En Europa, se considera que los polioles aportan aproximadamente 2.4 kcal/g, excepto el eritritol, que no aporta calorías, mientras que en Estados Unidos se asignan valores individuales a cada poliol, oscilando entre 1.6 y 2.4 kcal/g, con excepción del eritritol (Rice et al., 2020). El bajo aporte calórico de los polioles se debe a que solo alrededor del 50% se digiere en el colon, lo que significa que solo ese porcentaje está disponible como energía, mientras que el resto se excreta, aunque este porcentaje puede variar dependiendo del tipo de poliol (Rodríguez Pérez, 2014).

La Tabla 3 proporciona datos esenciales sobre varios polioles, incluyendo su dulzura, valor calórico e índice glucémico, relevantes para la industria alimentaria y los consumidores al influir en la elección de edulcorantes y en las decisiones dietéticas. Por ejemplo, el eritritol destaca por su bajo contenido calórico y su índice glucémico nulo, siendo popular entre quienes buscan reducir el azúcar y controlar la glucosa. Sin embargo, su menor dulzura puede requerir mayor cantidad en formulaciones. En contraste, el xilitol tiene un valor calórico más alto, pero una dulzura similar al azúcar, siendo atractivo para sustituirlo. Maltitol y lactitol también ofrecen dulzura similar al azúcar, pero con un índice glucémico más alto. Aunque estos polioles pueden ayudar a reducir calorías y controlar la glucemia, el consumo excesivo puede causar efectos secundarios gastrointestinales, y la elección del edulcorante adecuado dependerá de las necesidades individuales y las consideraciones de formulación.

**Tabla 3.** Valor calórico, dulzor e índice glucémico de los polioles (Grembecka, 2015).

<b>Poliol</b>	<b>Dulzura</b>	<b>Valor calórico(kcal/g)</b>	<b>Índice glucémico</b>
Eritritol	0.6-0.8	0.2	0
Isomaltosa	0.45-0.65	2.0	9
Lactitol	0.3-0.4	1.9	6
Maltitol	0.9	2.1	35
Manitol	0.5-0.7	1.6	0
Sorbitol	0.5-0.7	2.7	9
Xilitol	1.0	2.4	13

### **Absorción y metabolismo de polioles**

Los polioles derivados de monosacáridos, como sorbitol o manitol, se absorben por difusión pasiva en el tracto digestivo. Sin embargo, los polioles de mayor tamaño, derivados de disacáridos o polisacáridos, como el lactitol, no pueden ser absorbidos de esta manera. Aunque algunos polioles pueden liberar glucosa, su digestión no es completa. Después de la absorción, los polioles monosacáridos se oxidan o convierten en glucosa o glucógeno en el hígado y se excretan por la orina. Los residuos no excretados se fermentan por la flora intestinal (Chiu & Taylor, 2011; Rodríguez Pérez, 2014).

A continuación, se describe el comportamiento de algunos polioles en el organismo:

El eritritol se absorbe fácilmente en el intestino delgado, con una tasa de absorción del 60% al 90%, similar a la fructosa, y se distribuye por todo el cuerpo, alcanzando su concentración máxima en el plasma sanguíneo después de aproximadamente dos horas. Se excreta a través de los riñones con el agua y los desechos sanguíneos, apareciendo en la orina dentro de las 24 horas posteriores al consumo. La fermentación intestinal es mínima, lo que reduce los efectos laxantes asociados con otros polioles. Comparado con el sorbitol, el eritritol tiene menos efecto diarreico. Se ha estudiado ampliamente para su uso seguro en humanos y animales, y no se ha establecido una ingesta diaria admisible (IDA) específica para este poliol (Boesten et al., 2015; Grembecka, 2015).

La absorción de isomalt en el metabolismo es mínima, alcanzando solo alrededor del 10%. Del 90% restante que se absorbe, se somete a fermentación bacteriana. Durante este proceso, se generan ácidos grasos de cadena corta, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y H<sub>2</sub>. Estudios han demostrado que este poliol produce butirato, lo que favorece el crecimiento de bifidobacterias, otorgándole un efecto prebiótico. El consumo excesivo de isomalt puede provocar un efecto laxante, el cual se potencia especialmente cuando se ingiere en forma líquida (Gostner et al., 2006; Grembecka, 2015).

El lactitol es metabolizado por bacterias en el intestino grueso, resultando en la producción de biomasa, dióxido de carbono, ácidos orgánicos y una pequeña cantidad de hidrógeno. Para obtener energía a partir del lactitol, se requiere una cantidad de 2:2, lo que equivale a 4 calorías por gramo. Además, sirve como fuente de energía para la microflora intestinal presente en el colon, incluyendo bifidobacterias y lactobacilos. El consumo excesivo de lactitol puede provocar un efecto laxante, cuya intensidad varía según diversos factores como el modo y la frecuencia de ingestión, la dieta, la edad y la salud intestinal general (Grembecka, 2015; Grimble et al., 1988).

La absorción de maltitol varía entre el 5% y el 80%. Se digiere lentamente en el intestino delgado, y los residuos no absorbidos pasan al colon, donde son fermentados por bacterias. Su proceso de metabolismo de absorción es similar al del sorbitol: después de la ingestión oral, el maltitol es gradualmente hidrolizado por las enzimas del intestino delgado en sus monómeros constituyentes, glucosa y sorbitol (Grembecka, 2015; Ruskoné-Fourmestraux et al., 2003).

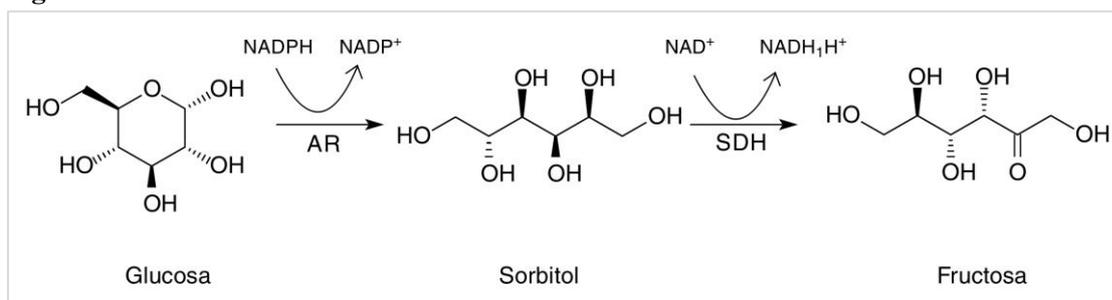


El manitol, tras ser absorbido por el cuerpo humano, experimenta un proceso en el cual el 75% es fermentado y absorbido por la microbiota intestinal, mientras que el 25% restante se absorbe antes de ser excretado en la orina sin haber sido metabolizado para obtener energía. Pequeñas cantidades pueden permanecer en la parte inferior del tracto intestinal, donde las bacterias del colon las metabolizan lentamente, generando ácidos orgánicos que luego son aprovechados por el organismo (Chen et al., 2020; Grembecka, 2015).

El xilitol se retiene aproximadamente en un 49-50% en el intestino delgado, y su fermentación ocurre en el intestino grueso. Puede descomponerse en el hígado o mediante la degradación fermentativa por la flora intestinal. El xilitol es fermentable por la microbiota intestinal y se considera un prebiótico, ya que estimula la proliferación y la actividad metabólica de bacterias beneficiosas, además de promover la producción de ácidos grasos de cadena corta como el butirato (Bordier et al., 2022; Grembecka, 2015).

Finalmente, el metabolismo de los polioles, también conocido como la vía del sorbitol, inicia con la conversión de la glucosa a sorbitol a través de la enzima aldosa reductasa como se muestra en la Figura 2. Esta reacción consume nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADPH), abreviada  $\text{NADP}^+$  en su forma oxidada y  $\text{NADPH}^+\text{H}^+$  en su forma reducida, como coenzima y ocurre principalmente en tejidos que no dependen de la insulina para la captación de glucosa, como el ojo, el riñón y los nervios periféricos. El sorbitol generado luego se oxida a fructosa por la acción de la sorbitol deshidrogenasa (SDH), utilizando  $\text{NAD}^+$  como aceptor de electrones y produciendo nicotinamida adenina dinucleótido reducido (NADH) (Garg & Gupta, 2022; Hernández et al., 2011; Niimi et al., 2021).

**Figura 2.** Metabolismo del sorbitol.



### **Aplicaciones de los polioles en formulaciones de confitería**

Algunos ejemplos exitosos de productos que han sido lanzados al mercado utilizando polioles se ilustran en la Figura 3, y han incluido goma de mascar, caramelos, palanquetas, chocolates, mazapanes, galletas, entre otros.

Adicionalmente, se ha buscado reducir el contenido de sacarosa en los productos de panadería y galletería. Entre las opciones de sustitución se encuentran el maltitol y el eritritol, que han demostrado ser efectivos para preservar las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del pan, al tiempo que permiten una disminución en el contenido calórico (Peris et al., 2019).

En la industria del chocolate, se están desarrollando y produciendo chocolates de alta calidad sin azúcar, manteniendo sus propiedades físicas, sensoriales y reológicas intactas. El azúcar desempeña múltiples funciones en el chocolate, como agente de carga, modificador de textura, sensación en boca, potenciador del sabor y conservante, pero puede ser sustituida por sacarina, acesulfamo-K, sucralosa, esteviósido, taumatina y polioles, junto con povidona, maltodextrina e inulina. Este reemplazo permite obtener un producto similar al chocolate tradicional, con la calidad deseada en términos de aspecto, textura, sabor y aroma (Aidoo et al., 2013; Gutierrez Seijas, 2021).

Además de su capacidad como edulcorante, se ha demostrado que el sorbitol es eficaz en la formación de iones surfactantes, los cuales son valiosos para estabilizar emulsiones. Este hallazgo podría abrir nuevas perspectivas sobre el uso de polioles en la industria alimentaria (Zada et al., 2017).

Los chicles y gomas de mascar sin azúcar son extremadamente populares en el sector de la confitería, a menudo preferidos sobre los chicles regulares. Esto se debe a que algunos polioles, como el xilitol, pueden proporcionar una sensación de frescura en la boca y posee efectos antihiper glucémicos (Illescas et al., 2022).

Finalmente, se han empleado alternativas al azúcar, como la stevia o los polioles como el xilitol en el desarrollo de un dulce chicloso de tamarindo, demostrando que la combinación de estos sustitutos puede reducir el contenido de azúcar necesario para mantener las propiedades sensoriales, físicas y fisicoquímicas del producto hasta en un 60%. Esto es importante, puesto que, al reformular un producto



destacan la necesidad de equilibrar la calidad del producto con las preocupaciones del consumidor para lograr una adopción exitosa de los polioles en la industria alimentaria.

## **CONCLUSIÓN**

Esta investigación abordó el desafío de reducir el contenido de azúcar en los productos de confitería sin comprometer sus propiedades estructurales y, por ende, su calidad sensorial. Para desarrollar alternativas viables tanto tecnológicamente como comercialmente, es esencial comprender detalladamente las propiedades fisicoquímicas de los ingredientes y aditivos, así como las características físicas y sensoriales que estos aportan a los productos de confitería. Además, se destacó cómo la humedad y la estructura influyen en la textura y vida útil de estos productos.

Fueron analizados los efectos negativos del azúcar en la salud humana y como esto ha producido la necesidad de buscar sustitutos, como los polioles, que proporcionan un perfil nutricional mejorado y beneficios adicionales. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos en textura, sabor y costos. Se enfatizó la importancia de informar a los consumidores sobre estas alternativas a través de las regulaciones y el etiquetado.

El futuro de la industria de la confitería sin azúcar y reducida en azúcar se centrará en la innovación continua y el desarrollo de productos que, además de mantener el sabor y la textura deseados, también ofrezcan beneficios para la salud. La tendencia en esta industria es explorar la inclusión de ingredientes funcionales, como compuestos fenólicos en el chocolate blanco, para enriquecer los productos con componentes saludables. Es de vital importancia educar a los consumidores sobre estos beneficios y garantizar un etiquetado claro para fomentar elecciones alimentarias informadas y más saludables. La colaboración entre investigadores, productores y reguladores será fundamental para asegurar que los avances en la confitería sin azúcar y reducida en azúcar satisfagan las demandas del mercado y las necesidades de salud pública.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma del estado de Hidalgo (UAEH) y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT) por el soporte brindado.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aidoo, R. P., Depypere, F., Afoakwa, E. O., & Dewettinck, K. (2013). Industrial manufacture of sugar-free chocolates – Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science & Technology*, 32(2), 84-96. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.008>
- Appleton, K. M., Tuorila, H., Bertenshaw, E. J., De Graaf, C., & Mela, D. J. (2018). Sweet taste exposure and the subsequent acceptance and preference for sweet taste in the diet: Systematic review of the published literature. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 107(3), 405-419. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqx031>
- Arias-Giraldo, S., & López-Velasco, D. M. (2019). Reacciones químicas de los azúcares simples empleados en la industria alimentaria. *Lámpsakos*, 22, 123-136. <https://doi.org/10.21501/21454086.3252>
- Baycar, A., Konar, N., Poyrazoglu, E. S., Goktas, H., & Sagdic, O. (2021). Using white spread and compound chocolate as phenolic compound delivering agent: A model study with black carrot extract. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15392>
- Biguzzi, C., Schlich, P., & Lange, C. (2014). The impact of sugar and fat reduction on perception and liking of biscuits. *Food Quality and Preference*, 35, 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.02.001>
- Boesten, D. M. P. H. J., Den Hartog, G. J. M., De Cock, P., Bosscher, D., Bonnema, A., & Bast, A. (2015). Health effects of erythritol. *Nutrafoods*, 14(1), 3-9. <https://doi.org/10.1007/s13749-014-0067-5>
- Bordier, V., Teyssiere, F., Senner, F., Schlotterbeck, G., Drewe, J., Beglinger, C., Wölnerhanssen, B. K., & Meyer-Gerspach, A. C. (2022). Absorption and Metabolism of the Natural Sweeteners Erythritol and Xylitol in Humans: A Dose-Ranging Study. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(17), 9867. <https://doi.org/10.3390/ijms23179867>
- Bouges, S., Awn, S., Alaidaros, A., & Nassar, H. (2017). Overview of sugar-free products in Saudi Arabia. *Egyptian Dental Journal*, 63(2), 1721-1728. <https://doi.org/10.21608/edj.2017.75120>



- Cabezas Zabala, C. C., Hernández Torres, B. C., & Vargas Zárate, M. (2016). Azúcares adicionados a los alimentos: Efectos en la salud y regulación mundial. Revisión de la literatura. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64(2), 319. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n2.52143>
- Carly, F., Vandermies, M., Telek, S., Steels, S., Thomas, S., Nicaud, J.-M., & Fickers, P. (2017). Enhancing erythritol productivity in *Yarrowia lipolytica* using metabolic engineering. *Metabolic Engineering*, 42, 19-24. <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2017.05.002>
- Carocho, M., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. *Food and Chemical Toxicology*, 107, 302-317. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.046>
- Charbonneau, P., Kilgore, K., & Pilcher, J. M. (2023). Recreating Colonial Mexican Fudge. *Gastronomica*, 23(1), 112-115. <https://doi.org/10.1525/gfc.2023.23.1.112>
- Charbonneau, P., & Pilcher, J. M. (2023). From Panocha to Fudge. *Gastronomica*, 23(1), 100-111. <https://doi.org/10.1525/gfc.2023.23.1.100>
- Chen, M., Zhang, W., Wu, H., Guang, C., & Mu, W. (2020). Mannitol: Physiological functionalities, determination methods, biotechnological production, and applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(16), 6941-6951. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10757-y>
- Chiu, C.-J., & Taylor, A. (2011). Dietary hyperglycemia, glycemic index and metabolic retinal diseases. *Progress in Retinal and Eye Research*, 30(1), 18-53. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2010.09.001>
- Colquichaua, D. (1999). *Marshmallows y gomas*. ITDG.
- Da Silva, L. B., Annetta, F. E., Alves, A. B., Queiroz, M. B., Fadini, A. L., Da Silva, M. G., & Efraim, P. (2016). Effect of differently processed açai (*Euterpe oleracea* Mart.) on the retention of phenolics and anthocyanins in chewy candies. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(12), 2603-2612. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13245>
- Deis, R. C., & Kearsley, M. W. (2012). Sorbitol and Mannitol. En K. O'Donnell & M. W. Kearsley (Eds.), *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 331-346). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118373941.ch15>
- Edwards, W. P. (2018). *The Science of Sugar Confectionery*. Royal Society of Chemistry.



- Efe, N., & Dawson, P. (2022). A Review: Sugar-Based Confectionery and the Importance of Ingredients. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 4(5), 1-8.  
<https://doi.org/10.24018/ejfood.2022.4.5.552>
- Ergun, R., Lietha, R., & Hartel, R. W. (2010). Moisture and Shelf Life in Sugar Confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2), 162-192.  
<https://doi.org/10.1080/10408390802248833>
- Feliciano Pereira, P. (2014). Glycemic index role on visceral obesity, subclinical inflammation and associated chronic diseases. *Nutrición Hospitalaria*, 2, 237-243.  
<https://doi.org/10.3305/nh.2014.30.2.7506>
- Garg, S. S., & Gupta, J. (2022). Polyol pathway and redox balance in diabetes. *Pharmacological Research*, 182, 106326. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2022.106326>
- Ghosh, S., & Sudha, M. L. (2012). A review on polyols: New frontiers for health-based bakery products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(3), 372-379.  
<https://doi.org/10.3109/09637486.2011.627846>
- Gostner, A., Blaut, M., Schäffer, V., Kozianowski, G., Theis, S., Klingeberg, M., Dombrowski, Y., Martin, D., Ehrhardt, S., Taras, D., Schwiertz, A., Kleessen, B., Lührs, H., Schaubert, J., Dorbath, D., Menzel, T., & Scheppach, W. (2006). Effect of isomalt consumption on faecal microflora and colonic metabolism in healthy volunteers. *British Journal of Nutrition*, 95(1), 40-50. <https://doi.org/10.1079/BJN20051589>
- Grembecka, M. (2015). Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: A review. *European Food Research and Technology*, 241(1), 1-14.  
<https://doi.org/10.1007/s00217-015-2437-7>
- Grimble, G. K., Patil, D. H., & Silk, D. B. (1988). Assimilation of lactitol, an «unabsorbed» disaccharide in the normal human colon. *Gut*, 29(12), 1666-1671. <https://doi.org/10.1136/gut.29.12.1666>
- Gutierrez Seijas, M. (2021). *Uso de polioles como sustitutos a la sacarosa en la producción de chocolates*.



- Hagger, M. S., Trost, N., Keech, J. J., Chan, D. K. C., & Hamilton, K. (2017). Predicting sugar consumption: Application of an integrated dual-process, dual-phase model. *Appetite*, *116*, 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.04.032>
- Hartel, R. W. (2017). *Confectionery science and technology*. Springer Science+Business Media.
- Hartel, R. W., Von Elbe, J. H., & Hofberger, R. (2018a). Caramel, Fudge and Toffee. En R. W. Hartel, J. H. Von Elbe, & R. Hofberger, *Confectionery Science and Technology* (pp. 273-299). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8_10)
- Hartel, R. W., von Elbe, J. H., & Hofberger, R. (2018). Hard Candy. En R. W. Hartel, J. H. von Elbe, & R. Hofberger (Eds.), *Confectionery Science and Technology* (pp. 211-244). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8_8)
- Hartel, R. W., Von Elbe, J. H., & Hofberger, R. (2018b). Jellies, Gummies and Licorices. En R. W. Hartel, J. H. Von Elbe, & R. Hofberger, *Confectionery Science and Technology* (pp. 329-359). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8_12)
- Hernández, J. C., Puig, M. E. L., García, P. H., Marcel, E. A. A., & Quesada, M. Y. (2011). Aldosa reductasa y proteína quinasa C en las complicaciones crónicas de la diabetes mellitus. *Revista Mexicana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio*, *58*(2), 102-107.
- Hinkova, A., Bubnik, Z., & Kadlec, P. (2014). Chemical composition of sugar and confectionery products. En *Handbook of food chemistry* (pp. 1-34). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41609-5\\_30-1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41609-5_30-1)
- Illescas, M. V. L., Jaramillo, D. J. J., Polo, C. A. P., Argudo, A. K. M., & Álvarez, D. P. Á. (2022). Efectos de azúcares totales sustitutos de sacarosa en la salud bucal. Revisión bibliográfica. *Revista Eugenio Espejo*, *16*(2), 101-113. <https://doi.org/10.37135/ee.04.14.11>
- Kaya, I. H. (2019). Confectionery and Child Consumers: Situation and Solution Proposals. *Food and Nutrition Sciences*, *10*(08), 893-899. <https://doi.org/10.4236/fns.2019.108064>
- Kim, J., Park, S., & Shin, W. (2014). Textural and Sensory Characteristics of Rice Chiffon Cake Formulated with Sugar Alcohols instead of Sucrose. *Journal of Food Quality*, *37*(4), 281-290. <https://doi.org/10.1111/jfq.12083>



- Le Bot, Y., & Gouy, P. A. (1995). Polyols from starch. En M. W. Kearsley & S. Z. Dziejcz (Eds.), *Handbook of Starch Hydrolysis Products and their Derivatives* (pp. 155-177). Springer US.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2159-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2159-4_6)
- Mann, J., & Morenga, L. Te. (2015). Carbohydrates in the treatment and prevention of Type 2 diabetes. *Diabetic Medicine*, 32(5), 572-575. <https://doi.org/10.1111/dme.12673>
- Martínez-Cervera, S., Salvador, A., & Sanz, T. (2014). Comparison of different polyols as total sucrose replacers in muffins: Thermal, rheological, texture and acceptability properties. *Food Hydrocolloids*, 35, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.07.016>
- Martínez-Monteagudo, S. I., Enteshari, M., & Metzger, L. (2019). Lactitol: Production, properties, and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 83, 181-191.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.11.020>
- Mathlouthi, M. (2001). Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food Control*, 12(7), 409-417. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(01\)00032-9](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(01)00032-9)
- Mediano, J. (2011). Mascando (chicle) espero... *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 31(4), 755-763. <https://doi.org/10.4321/S0211-57352011000400012>
- Mesías, M., Holgado, F., Márquez-Ruiz, G., & Morales, F. J. (2016). Risk/benefit considerations of a new formulation of wheat-based biscuit supplemented with different amounts of chia flour. *LWT*, 73, 528-535. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.056>
- Moore, J. B., Sutton, E. H., & Hancock, N. (2020). Sugar Reduction in Yogurt Products Sold in the UK between 2016 and 2019. *Nutrients*, 12(1), 171. <https://doi.org/10.3390/nu12010171>
- Niimi, N., Yako, H., Takaku, S., Chung, S. K., & Sango, K. (2021). Aldose Reductase and the Polyol Pathway in Schwann Cells: Old and New Problems. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1031. <https://doi.org/10.3390/ijms22031031>
- NPCS Board of Food Technologists. (2013). *Confectionery Products Handbook (Chocolate, Toffees, Chewing Gum & Sugar Free Confectionery)*. Asia Pacific Business Press Inc.
- Palmer, S. (2007). The sweet life for diabetics. *Food product design*, 17(6).
- Pérez, J. M., Camacho, J. I. M., & Suárez, S. L. (2023). ¿Por qué nos Saben Dulces las Cosas?



- Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A., & Castelló, M. L. (2015). Potential use of isomaltulose to produce healthier marshmallows. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 605-612. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.024>
- Peris, M., Rubio-Arreaez, S., Castelló, M. L., & Ortolá, M. D. (2019). From the Laboratory to the Kitchen: New Alternatives to Healthier Bakery Products. *Foods*, 8(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/foods8120660>
- Poka, M. S., Milne, M., Wessels, A., & Aucamp, M. (2023). Sugars and Polyols of Natural Origin as Carriers for Solubility and Dissolution Enhancement. *Pharmaceutics*, 15(11), 2557. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15112557>
- Prada, M., Saraiva, M., Garrido, M. V., Sérgio, A., Teixeira, A., Lopes, D., Silva, D. A., & Rodrigues, D. L. (2022). Perceived Associations between Excessive Sugar Intake and Health Conditions. *Nutrients*, 14(3), 640. <https://doi.org/10.3390/nu14030640>
- Rice, T., Zannini, E., K. Arendt, E., & Coffey, A. (2020). A review of polyols – biotechnological production, food applications, regulation, labeling and health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(12), 2034-2051. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1625859>
- Riedel, R., Böhme, B., & Rohm, H. (2015). Development of formulations for reduced-sugar and sugar-free agar-based fruit jellies. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(6), 1338-1344. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12787>
- Rodríguez Pérez, M. (2014). *Efectos de los polioles en la nutrición y sus aplicaciones en la industria alimentaria*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/7179>
- Rodríguez Rodríguez, L., Gallardo Aguilar, I., Nieblas Morfa, C., Medina Macola, J., & Ortiz Fernández, W. (2015). Obtención de jarabes dextrinizados mediante hidrólisis enzimática del almidón de sorgo. *Centro Azúcar*, 42(4), 49-58.
- Rosales-Valdívia, B. S., García-Curiel, L., Pérez-Flores, J. G., Contreras-López, E., Pérez-Escalante, E., & García-Mora, C. (2024). Influencia de la fermentación del cacao y del uso de cultivos iniciadores sobre las características organolépticas del chocolate: Un análisis integral. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/12047>



- Ruskoné-Fourmestraux, A., Attar, A., Chassard, D., Coffin, B., Bornet, F., & Bouhnik, Y. (2003). A digestive tolerance study of maltitol after occasional and regular consumption in healthy humans. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(1), 26-30.  
<https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601516>
- Saraiva, A., Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F., & Raposo, A. (2020a). Maltitol: Analytical Determination Methods, Applications in the Food Industry, Metabolism and Health Impacts. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), Article 14.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph17145227>
- Saraiva, A., Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F., & Raposo, A. (2020b). Natural Sweeteners: The Relevance of Food Naturalness for Consumers, Food Security Aspects, Sustainability and Health Impacts. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6285. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176285>
- Savitri, D. A., Setiyono, Subroto, G., Suud, H. M., Haliza, N., & Novijanto, N. (2022). Cocoa and Chocolate Products: The Sensory Characteristics That Affect Consumers' Acceptance. *Journal La Lifesci*, 3(3), Article 3. <https://doi.org/10.37899/journallifesci.v3i3.723>
- Selvasekaran, P., & Chidambaram, R. (2021). Advances in formulation for the production of low-fat, fat-free, low-sugar, and sugar-free chocolates: An overview of the past decade. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 315-334. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.008>
- Souiy, Z., Amri, Z., Sharif, H., Souiy, A., Cheraief, I., Hamden, K., & Hammami, M. (2023). The Use of D-Optimal Mixture Design in Optimizing Formulation of a Nutraceutical Hard Candy. *International Journal of Food Science*, 2023, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2023/7510452>
- Sukeaw Samakradhamrongthai, R., & Jannu, T. (2021). Effect of stevia, xylitol, and corn syrup in the development of velvet tamarind (*Dialium indum* L.) chewy candy. *Food Chemistry*, 352, 129353. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129353>
- Vojvodić Cebin, A., Bunić, M., Mandura Jarić, A., Šeremet, D., & Komes, D. (2024). Physicochemical and Sensory Stability Evaluation of Gummy Candies Fortified with Mountain Germander Extract and Prebiotics. *Polymers*, 16(2), 259. <https://doi.org/10.3390/polym16020259>

- Yan, B., Davachi, S. M., Ravanfar, R., Dadmohammadi, Y., Deisenroth, T. W., Pho, T. V., Odorisio, P. A., Darji, R. H., & Abbaspourrad, A. (2021). Improvement of vitamin C stability in vitamin gummies by encapsulation in casein gel. *Food Hydrocolloids*, *113*, 106414. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106414>
- Zada, B., Chen, M., Chen, C., Yan, L., Xu, Q., Li, W., Guo, Q., & Fu, Y. (2017). Recent advances in catalytic production of sugar alcohols and their applications. *Science China Chemistry*, *60*(7), 853-869. <https://doi.org/10.1007/s11426-017-9067-1>
- Zhang, W., Chen, J., Chen, Q., Wu, H., & Mu, W. (2020). Sugar alcohols derived from lactose: Lactitol, galactitol, and sorbitol. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *104*(22), 9487-9495. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10929-w>
- Zumbé, A., Lee, A., & Storey, D. (2001). Polyols in confectionery: The route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery. *British Journal of Nutrition*, *85*(S1), S31-S45. <https://doi.org/10.1079/BJN2000260>

