



EDULCORANTES NATURALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATES

NATURAL SWEETENERS USED IN THE ELABORATION OF CHOCOLATES

ADOCANTES NATURAIS UTILIZADOS NA PREPARAÇÃO DE CHOCOLATES

ESTEBAN PALACIO-VÁSQUEZ¹, JOHN HEVERTH HURTADO-IBARBO¹, JUAN DIEGO ARROYAVE-ROA¹, MAURICIO CARDONA-CAICEDO¹, JADER MARTÍNEZ-GIRÓN^{1,2}

RESUMEN

La demanda de productos de confitería y su consumo masivo, conlleva a que la industria agroalimentaria incluya en sus procesos de transformación insumos que mejoren la calidad nutricional de los productos finales. Teniendo en cuenta que el chocolate tiene un alto porcentaje de azúcar (sacarosa del 30-60%), es necesario emplear alternativas edulcorantes para su elaboración, que promuevan una dieta saludable. El objetivo de la presente revisión, es caracterizar algunos edulcorantes naturales como eritritol, stevia (esteviósido y rebaudiósido-A), taumatina y agentes de carga como inulina y polidextrosa con funciones estructurales y reológicas; resaltando aspectos como su origen, aporte calórico, poder edulcorante, IDA (Ingesta Diaria Admisible) e influencia en parámetros de calidad del chocolate. Aunque pueden afectar sus propiedades sensoriales, estos edulcorantes cuentan con amplias ventajas por su bajo aporte calórico y alta potencia en el dulzor, en comparación con la sacarosa. Esto muestra la necesidad de realizar estudios para determinar el endulzante y agente de carga que mejor sustituya la sacarosa en la elaboración de chocolates. Finalmente, se evidencia que el uso de edulcorantes naturales, genera beneficios en la salud y un impacto en la calidad sensorial y reológica del chocolate.

Recibido para evaluación: 18 de Noviembre de 2016. **Aprobado para publicación:** 8 de Mayo de 2017.

- 1 Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración, Programa de Ingeniería Agroindustrial. Palmira, Colombia.
- 2 Universidad del Valle-Sede Palmira, Facultad de Ingeniería, Docente-Investigador. Químico y Tecnólogo en Alimentos, Magíster en Educación, Magíster en Ingeniería Agroindustrial. Palmira, Colombia.

Correspondencia: epalaciov@unal.edu.co

ABSTRACT

The demand of confectionery products and their massive consumption, leads to the agri-food industry include in its transformation processes inputs that improve the nutritional quality of the final products. Considering that chocolate has a high percentage of sugar (sucrose content of 30-60%), it is necessary to use alternative sweeteners for its elaboration, that promote a healthy diet. The objective of the present review is to characterize some natural sweeteners such as erythritol, stevia (stevioside and rebaudioside-A), thaumatin and bulking agents such as inulin and polydextrose with structural and rheological functions; highlighting aspects such as its origin, caloric intake, sweetening power, ADI (Admissible Daily Intake) and its influence on chocolate quality parameters. Although they may affect their sensory properties, these sweeteners have wide advantages because of their low caloric content and high potency in sweetness compared to sucrose. This shows the need to perform studies to determine the sweetener and the bulking agent that best substitute sucrose in the manufacture of chocolates. Finally, it is evident that the use of natural sweeteners, generates health benefits and impact on the sensorial and rheological quality of chocolate.

RESUMO

A demanda por produtos de confeitaria e consumo de massa destes leva a indústria de alimentos a incluir na sua transformação matérias-primas processadas que melhoram a qualidade nutricional dos produtos finais. Dado que o chocolate tem uma elevada percentagem de açúcar (sacarose 30-60%) é necessário empregar adoçantes alternativos para seu processamento, com o objetivo de promover uma dieta saudável. A finalidade da presente avaliação, é caracterizar alguns adoçantes naturais, tais como eritritol, estévia (esteviosida e rebaudioside-A), taumatina e agentes de volume tais como inulina e polidextrose com funções estruturais e reológicas; destacando aspectos tais como a sua origem, calorias, doçura, DDA (dose diária admissível) e influência sobre os parâmetros de qualidade do chocolate. Embora possam afetar as suas propriedades sensoriais, estes adoçantes têm grandes vantagens para o seu baixo teor calórico e de alto poder de doçura em comparação com a sacarose. Isto evidencia a necessidade de estudos para determinar o adoçante e agente de volume que melhor possa substituir a sacarose na preparação de chocolates. Finalmente, é evidente que o uso de adoçantes naturais, gera benefícios para a saúde e além disso tem um impacto sobre a qualidade sensorial e reológica do chocolate.

INTRODUCCIÓN

El consumo de chocolate a nivel mundial es estable y con cifras que denotan su crecimiento. En el año 2014 se reportó un consumo global de 7.177 toneladas métricas de productos de chocolatería y para el año 2016 se espera un consumo de 7.465 toneladas métricas [1]; su creciente consumo a nivel mundial se explica principalmente debido a su atractivo sen-

PALABRAS CLAVE:

Sacarosa, Aporte calórico, Calidad nutricional.

KEYWORDS:

Sucrose, Caloric intake, Nutritional quality.

PALAVRAS-CHAVE:

Sacarose, Ingestão calórica, Qualidade nutricional.

sorial, una textura y sabor único, que lo convierten en un producto de confitería poco resistible [2,3]. Pero el consumo de chocolate debe ser estimulado no solo por su aspecto sensorial, sino también por su calidad nutricional, ya que uno de sus constituyentes principales: el cacao; es una fuente importante de polifenoles, en forma de flavonoides, que no solo son beneficiosos por su capacidad antioxidante, sino también por su impacto positivo a nivel cardiovascular [4, 5, 6, 7].

Sin embargo, la preocupación por la salud y la prevención de enfermedades, fundamentadas en el consumo de alimentos saludables, bajos en calorías y bajos en grasa; es una tendencia del último decenio que ha generado nuevas dinámicas en la industria de la confitería [8,9,10]. En el caso del chocolate, que es un producto que en sus formulaciones puede incorporar entre el 30-60% de sacarosa (proporcionando 394 kcal/100 g de azúcar refinado) según el tipo de chocolate a preparar [9,10], puede ser considerado como un producto con alto contenido calórico.

Ante ello la industria de la confitería ha empezado a incorporar edulcorantes alternativos en las formulaciones de distintos productos, los cuales tienen un contenido calórico significativamente inferior al proporcionado por la sacarosa; acompañado de un poder edulcorante similar o superior al de la misma. Estos edulcorantes pueden ser artificiales o naturales, en el primero figuran los alcoholes de azúcar como: sorbitol, manitol, xilitol y maltitol; también los que están en la categoría de alternativas de “alto poder edulcorante” como: aspartamo, acesulfamo-K, ciclamato, sacarina, sucralosa y neotame [2,10]. Y en lo referente a los edulcorantes naturales, tienen especial importancia los esteviósidos derivados de la planta *Stevia Rebaudiana* Bertoni, también la taumatina proveniente de *Thaumatococcus Benth* [2,9,10] y algunos otros que tienen aplicaciones incipientes como el jarabe de agave [10], el azúcar a partir de savia de palma [11]; y las proteínas con poder edulcorante dentro de las cuales se encuentran la taumatina, la monelina extraída de la planta *Dioscoreophyllum cumminsii*, y la brazaina extraída de *Pentadiplandra brazzeana* Baillon [12].

Ahora bien, el uso de edulcorantes alternativos, y su vinculación en la formulación del chocolate, no solo tiene repercusiones en el sabor [13], el color, la textura y su sensación en boca [2,10], sino también en su reología, en lo relacionado con la viscosidad plástica y el índice de comportamiento de flujo [14]. Parámetros que influenciarán, por un lado, la aceptación sensorial

del chocolate por parte de los consumidores; y, por otro lado, pueden tener influencia en el manejo del fluido en planta antes de su temperado [14].

Dado lo anterior, este artículo de revisión presenta los edulcorantes naturales alternativos de mayor impacto usados en la actualidad para la elaboración de chocolates, como a su vez los polímeros empleados como agentes de carga.

DESARROLLO DEL TEMA

Importancia del azúcar en el proceso de elaboración del chocolate

El chocolate es una emulsión en la cual el 70% de la composición está determinada por los sólidos que se utilizan en la formulación (azúcar, leche en polvo, cacao en polvo), los cuales constituyen la fase dispersa en el sistema; la fase continua está constituida por la grasa, proveniente principalmente de la manteca de cacao [15]. La calidad sensorial y reológica de este producto está mediada por dos factores: la cantidad de cada uno de los ingredientes utilizados en la formulación y los cambios implicados en cada una de las etapas del proceso de elaboración [15,16].

El proceso de elaboración del chocolate inicia desde el acondicionamiento del grano de cacao después de su cosecha, que implica la fermentación, el secado, el tostado, y la molienda [17]; luego se desarrollan las etapas donde el licor y la manteca de cacao, se mezclan con los demás ingredientes de la formulación, seguido de un “pre-refinado” donde se realiza una reducción parcial del tamaño de partícula, a continuación en la etapa de “refinado” se hace una reducción adicional del tamaño de partícula; la principal diferencia entre la etapa de pre-refinado y refinado se debe a la cantidad de rodillos utilizados en la operación (se utilizan más rodillos en el refinado). Seguido a ello, se encuentra la etapa de conchado, y es una etapa crucial, porque es allí donde el chocolate desarrolla su textura, consistencia y demás propiedades sensoriales. Después se realiza el temperado, donde se pretende cristalizar la manteca de cacao en su forma más estable. Y para finalizar se realizan las operaciones de enfriamiento y empaque. [15,16].

Desde el punto de vista de los ingredientes, y dando especial relevancia al rol que tiene el azúcar en la elaboración del chocolate, cabe destacar que éste debe

tener un cristal de tamaño y formas específicos; y si presenta algún defecto como un estado amorfo originado por una mala cristalización o un exceso de humedad, puede generar "atrapamiento" de grasa, provocando un incremento en la viscosidad del producto final [18].

Un parámetro fundamental de calidad del chocolate es la microestructura del mismo, y en estudios realizados con microscopía electrónica de barrido (SEM) durante cada una de las etapas del procesamiento; se ha encontrado que el azúcar forma redes cristalinas que influyen en la interacción partícula-partícula entre cada uno de los ingredientes, la presencia de espacios vacíos y el comportamiento de las partículas de grasa. Fenómeno que cambia en la medida en que se genera la reducción del diámetro de Feret de las partículas, a su paso por cada una de las etapas del proceso [15].

Edulcorantes naturales

Eritritol. Es un azúcar derivado de un alcohol, clasificado dentro de la categoría de "edulcorantes a granel" que obedecen a aquellos endulzantes que tienen un poder edulcorante (PE) inferior al de la sacarosa; en el caso del eritritol se considera que su PE es aproximadamente del 65-80% del dulzor de la sacarosa [19]. Este edulcorante se obtuvo inicialmente de la fermentación de algunos vegetales y en la actualidad se puede producir industrialmente; autores reportan que es producto de la fermentación de la glucosa y la sacarosa, por acción del hongo *Trichosporonoides megachiliensis*. Su acogida no solo está determinada como sucedáneo de la sacarosa, sino además porque es no-calórico, al no ser metabolizado por el cuerpo; es no-cariogénico, y posee un índice glucémico igual a cero [20,21].

Según la legislación de la unión europea (UE), el eritritol es un edulcorante nutritivo identificado como E 968. Su aporte calórico según información estadounidense y japonesa es de 0,2 kcal/g, y debido a que se ha considerado un aditivo seguro para el consumo en humanos, no se ha establecido una ingesta diaria admisible (IDA) para este poliol [21].

El uso de eritritol en la industria del chocolate, tiene influencia directa sobre el aspecto sensorial, ya que los chocolates con eritritol generan una sensación en boca "refrescante", que es indeseable en este producto. Ante ello las estrategias para evitar tal efecto,

consisten principalmente en generar una sinergia con sustancias como la maltodextrina hidrogenada, fibras solubles, inulina, y oligofruktosa [2].

De conformidad a lo anterior, se puede concebir al eritritol como un edulcorante alternativo a utilizar en la preparación de chocolates debido a su bajo aporte calórico. Y la limitante sensorial que ofrece debida a la sensación refrescante, es mitigable al combinarlo con otras sustancias.

Stevia (Esteviósido). Stevia es un edulcorante natural que no proporciona energía metabolizable durante su consumo, se extrae de las hojas de la planta *Stevia rebaudina*. Debido a su bajo índice glucémico, es considerado como un edulcorante seguro para utilizar en productos destinados a personas con diabetes y enfermedades hipoglucémicas [22].

El diterpeno glucósido esteviósido es el principal componente dulce presente en las hojas de Stevia. Este compuesto, desde el año 2011 tiene aprobación por parte de la Unión Europea para ser utilizado como edulcorante E 960 [23]. Se estima que la dulzura del esteviósido es aproximadamente 300 veces la de la sacarosa (esteviósido al 95% de pureza) y su ingesta diaria admisible (IDA) es de aproximadamente 7,9 mg de esteviósido/ Kg de peso corporal [24].

El contenido de esteviósido presente en las hojas de Stevia varía entre el 4 y 20% en peso seco de las hojas, esta variación está influenciada principalmente por las condiciones de crecimiento de la planta, así como también por su variedad [24].

La extracción de los esteviósidos se realiza de manera convencional mediante extracción acuosa o utilizando alcohol, seguida de procesos de precipitación, coagulación y cristalización [25]. En la actualidad otro tipo de técnicas emergentes como la extracción asistida por enzimas y la extracción con fluidos supercríticos también se han estudiado [25,26].

La planta de Stevia y los extractos de esta, incluyendo al esteviósido, han sido utilizados como edulcorantes bajos en calorías en diferentes países como: Brasil, Corea y Japón [24]. El uso de esteviósido como edulcorante, presenta ventajas debido a su bajo poder calórico y alta estabilidad, además de esto, ayuda a disminuir la ingesta de azúcar, lo que beneficia la salud dental, ya que es un producto no cariogénico [22,24]. A pesar de estas ventajas, también presenta algunos

inconvenientes, como por ejemplo su sabor amargo retrogrado [10].

Algunos estudios sobre la sustitución de sacarosa por esteviósido han proporcionado información respecto al potencial que tiene éste en la industria del chocolate. Investigaciones donde se evaluaron las propiedades de chocolates semidulces sin sacarosa, utilizando mezclas de edulcorantes naturales, evidenciaron que las muestras evaluadas que contenían esteviósidos, presentaban mayor dureza y elasticidad que la muestra patrón endulzada con sacarosa, así como también valores mayores en cuanto a amargor y astringencia [10].

Los resultados descritos con anterioridad, son similares a los de otros autores que han evaluado chocolates bajos en calorías para diabéticos, sustituyendo la sacarosa con edulcorantes de alta intensidad, utilizando una mezcla de polidextrosa-lactitol como agente de carga. Los resultados obtenidos indicaron que no hubo diferencias con respecto al brillo, en comparación con los chocolates convencionales, sin embargo, los chocolates elaborados con esteviósido presentaron un incremento en la amargura y el regusto amargo, así como también en la dureza y adherencia [27].

Otro estudio ha determinado que la formulación de chocolate con sustitución de sacarosa por stevia, inulina y polidextrosa, no tiene un efecto sustancial sobre la dureza del chocolate, ni tampoco un impacto importante en el comportamiento elástico de las mezclas de chocolate durante las etapas iniciales del revenido. Sin embargo, el producto, presentó una variación en el color, con una disminución en los parámetros colorimétricos a^* , b^* y L^* . Dicha disminución fue atribuida a los cambios en las propiedades de superficie, principalmente cambios en la rugosidad del chocolate, causados por la combinación de inulina, polidextrosa y stevia [22].

En este orden de ideas, el esteviósido aunque muestra un importante potencial como edulcorante, también presenta un impacto en el aspecto sensorial provocado por el regusto amargo que tienen los chocolates elaborados con este. Dicho impacto debe ser minimizado, ya que puede conllevar al rechazo del producto por parte del consumidor final.

Stevia (Rebaudiósido A). Rebaudiósido A (Rbd-A), es el segundo glucósido de esteviol (GE) más abundante que se encuentra en las hojas de *Stevia rebaudiana* Bertoni, nativa de regiones de América del Sur como

Paraguay, Brasil y Argentina [28, 29, 30]. También Rbd-A, es el principal constituyente dulce de la familia de los Rebaudiósidos A (2-4%), B, C (1-2%), D, E y F. Cabe mencionar que el componente predominante en las hojas Stevia es el esteviósido, el cual constituye la mayor parte del edulcorante (60% - 70%). En contraste, el valor de Rbd-A oscila entre 30%-40% del total, es decir, aproximadamente de 180 a 400 veces más dulce que el azúcar; por lo tanto, este último tiene un sabor más dulce y agradable al paladar [29,30].

El fenómeno de dulzor se explica por el número de unidades de hidratos de carbono que se encuentran en las posiciones C-13 y C-19. Rbd-A, presenta una unidad de glucosa extra en la posición C-13 en comparación con el esteviósido; por lo tanto, posee propiedades superiores en términos de dulzor y sabor [28,31].

El uso de GE en el sector alimentario fue permitido por la Comisión Europea en el 2011, y desde entonces las hojas de Stevia han sido de interés para muchos investigadores por las ventajas que tiene el extracto de las hojas en mención, caracterizándose por ser natural, no tóxico, libre de calorías (<40 cal/40 g), potenciadores del sabor, no mutagénico y no adictivo. En Estados Unidos y Europa, el uso de esteviol puro (>95%) se dejó para el consumo humano como un ingrediente no médico hasta 4 mg/ kg de peso corporal en un día [32,10].

Numerosos estudios se han llevado a cabo en relación con la extracción de Rbd-A; por ejemplo, la obtención a través de la fermentación con la cepa de *Yarrowia lipolytica* (levadura), donde los resultados de toxicidad reportados en el estudio en mención apoyan la seguridad del Rbd-A como edulcorante de uso general [33]. Resultados semejantes fueron reportados en la evaluación del efecto de diferentes concentraciones de Rbd-A en células humanas y de ratones, donde el estudio indicó que el Rbd-A representa poco riesgo para las líneas celulares humanas (citotoxicidad, citoquinas inflamatorias, etc.) [34].

En chocolates preparados con fructosa, isomaltosa, stevia, oligofructosa, lúcuma, jarabe de agave, pimienta y menta; se ha reportado una investigación que obtuvo un 20% inferior de poder calorífico en comparación con el chocolate convencional preparado con sacarosa. Los chocolates producidos en este estudio exhibieron 44,60 kcal/40 g y 72,20 kcal/40 g, respectivamente. También revelan que chocolates formulados que contienen Stevia y menta exhiben las mejores

propiedades sensoriales con respecto a sensación en la boca, el dulzor y aroma de hierbas, así como el más alto contenido de polifenoles y capacidad antioxidante. Además, expresan que el tamaño de partícula y la dureza de chocolates de azúcar reducido, aumentó en comparación con el chocolate convencional, mientras que la elasticidad disminuyó [10].

En este contexto, el Rbd-A representa una alternativa prometedora por explorar, dado sus excelentes propiedades de endulzante y conservante de las características reológicas de productos como el chocolate, así como su baja toxicidad y reducido aporte calórico.

Taumatina. Es una proteína de elevado poder edulcorante, presente en el fruto de la planta *Thaumatococcus daniellii* Benth, que tiene una alta solubilidad en agua, y se caracteriza por ser altamente estable a pH ácido, así como también al calor [35]. Existen por lo menos 5 formas de esta proteína en la planta, con dos componentes principales (taumatina I y II) y tres componentes minoritarios (taumatina a, b y c) [36]. Todas cuentan con la aprobación en su uso y consumo por la Unión Europea (aditivo E 957), y por su bajo aporte calórico, se convierte en una propuesta médica para confrontar estilos de vida relacionados con problemas frecuentes en la salud, tales como la hipertensión, hiperlipidemia, diabetes y obesidad [37].

Este edulcorante natural tiene la característica de proporcionar un sabor de alta potencia. Aunque su presencia disminuye el sabor amargo, mantiene una percepción ácida y tiene la limitación de que en grandes cantidades promueve el sabor residual a regaliz [38].

Dentro de las principales ventajas desde el punto de vista dietético, es que la taumatina no provee energía metabolizable. A pesar de que no existe un valor especificado para la IDA de la taumatina, hay restricciones respecto a la cantidad de edulcorantes no nutritivos (NNS) para su consumo seguro; generalmente, la IDA está en un rango de 0,3-3 g NNS/día para un adulto de 75 kg [39]. Así mismo, no se ha reportado que esta cause toxicidad, genotoxicidad o teratogenicidad.

La taumatina cuenta con un dulzor relativo equivalente a 200.000–300.000 (valor expresado en relación a la sacarosa con un dulzor relativo de 100) [36]. De igual manera, se clasifica a la taumatina como un edulcorante natural, intenso y con una contribución energética despreciable; se cataloga este edulcorante con un valor de potencia de 2500 veces respecto a la sacarosa [40].

En este orden de ideas, la taumatina se convierte en una alternativa atractiva para reemplazar el azúcar en la confección de chocolates. Una combinación adecuada de este edulcorante con los agentes de carga que suplan la función estructural y endulzante, que provee la sacarosa, es un tema de mucho interés en la actualidad [41].

Respecto a su aplicación en chocolates, evaluando la viscosidad plástica de Casson, se ha encontrado que emplear la taumatina aumenta este parámetro significativamente [9,41]. Lo cual indica que se requiere de más energía para mantener su flujo en movimiento, debido a la formación de una matriz más agregada [18].

Por su parte, la tensión de fluencia entendida como el esfuerzo requerido para hacer que el chocolate fluya, fue significativamente mayor para el chocolate con sacarosa (5,89 Pa) en comparación al producto con taumatina (5,53 Pa) [9]. Aunque dicho valor está dentro del rango reportado para el chocolate negro (4-32 Pa) [42].

Por lo tanto, la taumatina permite que su uso no sólo implique disminuir el contenido calórico de un chocolate convencional, sino que también, proporcione beneficios en la salud del consumidor. Dicho aspecto es de importancia agroindustrial, teniendo en cuenta que, a nivel reológico se logran características similares a las que ofrece la sacarosa, mientras se utilice el agente de carga requerido.

Uso de agentes de carga en chocolates libres de sacarosa

La sacarosa no solo contribuye al sabor dulce, que se percibe en el chocolate; sino también a la estructura y reología del mismo, motivo por el cual es responsable de características sensoriales como el sabor y la textura. Al realizar sustituciones parciales o completas de la sacarosa en la formulación del chocolate, los edulcorantes alternativos a utilizar deben usarse generalmente en conjunto con sustancias denominadas “agentes de carga” que aportan al desarrollo de los atributos sensoriales proporcionados por la sacarosa. Dentro de estas sustancias se encuentran: las fibras y los polímeros de carbohidratos siendo en la actualidad la inulina y la polidextrosa los principales representantes [9, 43]

Inulina. Es un polímero que está constituido por moléculas de fructosa unidas entre sí y al final de su cadena se encuentra una molécula de glucosa. Es una

mezcla de oligo y polisacáridos que se componen de unidades de fructosa unidas por enlaces beta. Los beneficios nutricionales de la inulina son los siguientes: rica en fibra, agente prebiótico, baja en grasa y en azúcar, disminuye las concentraciones de triacilglicerol en el cuerpo [44]; y al ser una fibra dietética no digerible, estimula el desarrollo de la flora intestinal [41].

Las fuentes naturales de inulina incluyen las raíces de achicoria, alcachofa, tubérculos de dalia, yacón, espárragos, puerros, cebolla, plátano, trigo y ajo [44, 45]. Sintéticamente, los fructanos tipo inulina se preparan a partir de la sacarosa. La inulina solo suministra entre 25-35% (1,50 kcal/g) de energía en comparación con los carbohidratos digeribles, y su dulzor es aproximadamente el 10% de la sacarosa.

Dentro de las técnicas de extracción de la inulina se encuentran: dióxido de carbono supercrítico, ultrasonido, microondas y campo eléctrico pulsante. La inulina de cadena corta mejora el sabor, el dulzor y se utiliza para reemplazar parcialmente la sacarosa. Y los chocolates libres de sacarosa generalmente se preparan con inulina de alto grado de polimerización [44].

Uno de los atributos en los cuales tiene influencia el uso de la inulina es la dureza, la cual puede ser expresada en términos de "resistencia a la rotura", y tiene una relación directa con la resistencia al daño térmico y físico, la sensación en boca y la viscosidad plástica del chocolate [46]. El parámetro de dureza ha disminuido en chocolates que contienen inulina [46], pero se ve influenciado por la cantidad de grasa utilizada o sustituida en la formulación [46, 47] y con la proporción de inulina utilizada; pues mayores cantidades de ésta generan una mayor integración de la matriz y una mayor dureza [46]. Sin embargo, hay estudios que establecen que la inulina aumenta la dureza del chocolate, principalmente porque absorbe la humedad [9, 41, 43].

Otro de los parámetros de relevancia es el color. La inulina acompañada de una formulación con una sustitución parcial de la grasa en un chocolate blanco, generó un producto más claro, evidenciado principalmente por un incremento de la luminosidad [47]. Hay quienes establecen que la adición de polisacáridos como la inulina, dispersan la luz y aceleran la caramización y la reacción de Maillard, generando consecuentemente chocolates más oscuros [9, 22, 41, 43].

En relación con el punto de fusión del chocolate, una característica que determina la sensación en boca del mismo. Estudios demuestran que la adición de agentes de carga, incrementan la cantidad de partículas sólidas, reduciendo la fusión del chocolate en boca [46]. Sin embargo, cabe resaltar que la manteca de cacao presenta polimorfismo y puede cristalizar en seis formas polimórficas, de las cuales la forma 5 (V) es la más estable (temperatura de fusión entre 32-34°C), y se ha reportado que el uso de inulina en concentraciones del 10% favorece la manifestación de dicho polimorfismo, generando un chocolate con mejor sensación en boca y con mayor estabilidad al almacenamiento prolongado [22, 47]. De igual manera, un incremento del punto de fusión del chocolate se logra con el uso de inulinas de alto grado de polimerización [22].

Desde el punto de vista sensorial, la aceptación general del producto, el sabor y su textura no distan mucho del chocolate convencional [22, 46, 47]. Pero uno de los principales defectos del chocolate elaborado con inulina es la reducción de su suavidad [22].

En términos generales la inulina es un agente de carga que tendrá una marcada influencia en la obtención de un chocolate con mejor sensación en boca y mayor estabilidad en el almacenamiento. Y aunque puede incrementar la dureza, compuestos como la grasa, pueden mitigarlo.

Polidextrosa. Es un polímero sintético que tiene ligado aleatoriamente glucosa en sus cadenas ramificadas, con pequeñas cantidades de sorbitol y un ácido apropiado. Además, es considerado bioquímicamente como un polisacárido resistente, con un grado de polimerización intermedio (12,53) y cuyo peso molecular es de 200 g/mol [48,2]. Por otra parte, la polidextrosa se prepara comercialmente mediante la poli-condensación a vacío de una mezcla fundida de materiales como glucosa, sorbitol y ácido cítrico o fosfórico [49].

En términos nutricionales, se denomina a la polidextrosa como un ingrediente funcional debido a su potencial prebiótico. Cabe mencionar que es un compuesto incoloro, un polvo blanquecino, amorfo, no dulce, soluble en agua, no digerible, de bajo peso molecular y presenta un contenido calórico de 1 kcal/g [44]. Es por esto que se puede utilizar como un ingrediente de doble propósito para reducir las calorías de los hidratos de carbono y grasas en productos alimentarios [49, 50].

Debido a la aceptable tolerancia al consumir la polidextrosa, el comité mixto FAO/OMS de expertos en aditivos alimentarios (JECFA) y el Comité Científico de la Comisión Europea para la Alimentación (CE/SCF), establecieron que el umbral promedio para su ingesta es de 90 g/día (1,30 g/kg de peso corporal) o 50 g como una dosis única [9].

Dentro de los beneficios proporcionados por ésta tenemos los siguientes: mayor consistencia para los alimentos, rápido movimiento por el tracto gastrointestinal, prevención del estreñimiento, prevención del cáncer de colon y de recto. Actualmente se encuentran en el mercado una amplia gama de alimentos que poseen polidextrosa como productos de panadería, bebidas, productos de confitería y postres congelados; dicho polímero se caracteriza principalmente por brindar textura y sensación apropiada en la boca [9].

Debido a la diversidad de beneficios que proporciona la polidextrosa como agente de carga, la misma ha despertado interés entre los investigadores por evaluar sus efectos sobre los parámetros físicos y reológicos del chocolate. Por ejemplo, se ha utilizado polidextrosa como un ingrediente funcional para la elaboración de chocolate con leche, teniendo en cuenta diferentes condiciones de proceso: niveles de polidextrosa (60, 90 y 120 g/kg), tiempos de conchado (3,50; 4,0 y 4,50 h) y condiciones de refinado (20, 25 y 28 μm). Se evidenció un efecto favorable sobre el brillo, la dureza y la actividad de agua de estos productos elaborados. Por otra parte, la viscosidad y la tensión de fluencia de los tres experimentos, mostraron una diferencia significativamente inferior respecto al testigo [48].

En otras investigaciones se ha evaluado formulaciones de chocolate, con polidextrosa al 100%, inulina al 100% y diferentes combinaciones de inulina y polidextrosa. Observándose que el aumento de las concentraciones de inulina y la disminución simultánea de polidextrosa, causó un incremento gradual en la viscosidad y una disminución en la tensión de fluencia [41]. También se evidenció que formulaciones que contienen 100% de polidextrosa, presentan grandes cristales y espacios mínimos entre las partículas (más densas) en comparación con la inulina (100%), que muestra grandes cristales y mayores espacios entre partículas [9,41]. Por último, se ha encontrado que la concentración óptima de polidextrosa e inulina para la fabricación de chocolate es de 75,36 y 24,64% respectivamente; concentraciones que tienen un efecto favorable sobre las propiedades reológicas del producto final [41].

Respecto a lo antes mencionado, la polidextrosa simboliza un agente de carga de sumo interés para la elaboración de productos como el chocolate y sus derivados, debido a su efecto estabilizante sobre las propiedades reológicas de los mismos. De otro lado, se evidencia que ofrece numerosos beneficios para la salud, como por ejemplo la prevención del cáncer de colon y recto.

CONCLUSIONES

Existen diversos edulcorantes naturales que pueden ser empleados como sustitutos de la sacarosa en chocolates generando un bajo aporte calórico y buen valor nutricional. Como es el caso del rebaudiosido-A, el cual presenta un alto poder edulcorante (180- 400, más dulce que la sacarosa), un bajo contenido calórico (1 cal/g), y excelentes propiedades sensoriales en la producción de chocolate. Edulcorantes como el esteviosido y la taumatina conservan un prominente interés debido a su alto poder edulcorante 300 y 2500 veces más dulce que la sacarosa respectivamente. Sin embargo, estos últimos en altas concentraciones tienen un efecto no favorable sobre las propiedades sensoriales del producto final y siguen siendo objeto de investigación. De igual manera sucede con el eritritol que tiene un poder edulcorante menor al del azúcar de mesa. En relación con los agentes de carga la polidextrosa (75,36%) combinada con inulina (24,64%) tienen un efecto favorable en la fabricación de chocolates libres de azúcar. Sin embargo, la inulina y polidextrosa utilizadas como edulcorantes (sin combinaciones) tienen un efecto no favorable sobre las propiedades reológicas y sensoriales del chocolate.

Utilizar edulcorantes como el eritritol, el esteviosido, el rebaudiosido-A, y la taumatina, en combinación o no con agentes de cargas como la inulina y la polidextrosa, para la elaboración de chocolate, genera ventajas como la obtención de un producto con un bajo aporte calórico formulado con un ingrediente natural que reduce el riesgo de desarrollar enfermedades como la diabetes o la obesidad, y que no presenta una diferencia sensorial significativa en comparación con los chocolates convencionales. De conformidad a lo anterior, los chocolates formulados con este tipo de edulcorantes, pueden tener una amplia aceptación en los mercados emergentes que estén en sincronía con la actual tendencia de consumo de productos con bajo aporte calórico.

REFERENCIAS

- [1] STATISTA. Retail consumption of chocolate confectionery worldwide from 2012/13 to 2018/19 (in 1,000 metric tons) [online]. 2016. Disponible: <http://www.statista.com/statistics/238849/global-chocolate-consumption/> [citado 15 de noviembre de 2016].
- [2] AIDOO, R.P. *et al.* 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), 2013, p. 84-96.
- [3] MEIER, B.P., NOLL, S.W. and MOLOKWU, O.J. The sweet life: the effect of mindful chocolate consumption on mood. *Appetite*, 108(0), 2017, p.21-27.
- [4] SIM, S. *et al.* Plant polyphenols to enhance the nutritional and sensory properties of chocolates. *Food Chemistry*, 200(0), 2016, p. 46-54.
- [5] KWOK, C.S. *et al.* Habitual chocolate consumption and the risk of incident heart failure among healthy men and women. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 26(8), 2016, p. 722-734.
- [6] KUEBLER, U. *et al.* Dark chocolate attenuates intracellular pro-inflammatory reactivity to acute psychosocial stress in men: A randomized controlled trial. *Brain, Behavior, and Immunity*, 57(0), 2016, p. 200-208.
- [7] ZYZELEWICZ, D. *et al.* The influence of the roasting process conditions on the polyphenol content in cocoa beans, nibs and chocolates. *Food Research International*, 89(0), 2016, p. 918-929.
- [8] REZENDE, N.V. *et al.* Mixture design applied for the partial replacement of fat with fibre in sucrose-free chocolates. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 2015, p. 598-604.
- [9] AIDOO, R.P., AFOAKWA, E.O. and DEWETTINCK, K. Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thau-matin extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 2015, p. 592-597.
- [10] BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A. *et al.* Physical, bioactive and sensory quality parameters of reduced sugar chocolates formulated with natural sweeteners as sucrose alternatives. *Food Chemistry*, 167(0), 2015, p. 61-70.
- [11] SAPUTRO, A.D. *et al.* Quality attributes of dark chocolates formulated with palm sap based sugar as nutritious and natural alternative sweetener. *European Food Research and Technology*, 0(0), 2016, p. 1-15.
- [12] DI MONACO, R. *et al.* temporal sweetness profile of MNEI and comparison with commercial sweeteners. *Journal of sensory studies*, 29(6), 2014, p. 385-394
- [13] PALAZZO, A.B. and BOLINI, H.M.A. Multiple time-intensity analysis: sweetness, bitterness, chocolate flavor and melting rate of chocolate with sucralose, rebaudioside and neotame. *Journal of sensory studies*, 29(1), 2014, p. 21-32
- [14] AFOAKWA, E.O., PATERSON, A. and FOWLER, M. Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18(6), 2007, p. 290-298.
- [15] GLICERINA, V. *et al.* Effect of manufacturing process on the microstructural and rheological properties of milk chocolate. *Journal of Food Engineering*, 145(0), 2015, p. 45-50.
- [16] GLICERINA, V. *et al.* Rheological, textural and calorimetric modifications of dark chocolate during process. *Journal of Food Engineering*, 119(1), 2013, p.173-179.
- [17] DI MATTIA, C. *et al.* Effect of different conching processes on procyanidin content and antioxidant properties of chocolate. *Food Research International*, 63(0), 2014, p. 367-372.
- [18] GLICERINA, V. *et al.* Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. *Journal of Food Engineering*, 169(0), 2016, p. 165-171.
- [19] CAROCHO, M., MORALES, P. and FERREIRA, I. Natural food additives: Quo vadis?. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 2015, p. 284-295.
- [20] VAN-DER-WOUDE, A.D. *et al.* Genetic engineering of *Synechocystis* PCC6803 for the photoautotrophic production of the sweetener erythritol. *Microbial Cell Factories*, 15(60), 2016, p. 1-12.
- [21] GREMBECKA, M. Sugar alcohols- their role in the modern world of sweeteners: a review. *European Food Research and Technology*, 241(1), 2015, p.1-14.
- [22] SHAH, A.B., JONES, G.P. and VASILJEVIC, T. Sucrose-free chocolate sweetened with Stevia rebaudiana extract and containing different bulking agents – effects on physicochemical and sensory properties. *International Journal of Food*

- Science & Technology, 45(7), 2010, p. 1426-1435.
- [23] REUB, F. *et al.* Steviosid aus SuBkraut. *Chemie in unserer zeit*, 50(3), 2016, p. 198-208.
- [24] GEUNS, J. Stevioside. *Phytochemistry*, 64(5), 2003, p. 913-921.
- [25] PURI, M. *et al.* Optimization of novel method for the extraction of steviosides from *Stevia rebaudiana* leaves. *Food Chemistry*, 132(3), 2012, p. 1113-1120.
- [26] ERKUCUK, A., AKGUN, I.H. and YESIL-CELIK TAS, O. Supercritical CO₂ extraction of glycosides from *Stevia rebaudiana* leaves: Identification and optimization. *The Journal of Supercritical Fluids*, 51(1), 2009, p. 29-35.
- [27] MARTINS MEDEIROS DE MELO, L.L., ANDRÉ BOLINI, H.A. and EFRAIM, P. Sensory profile, acceptability, and their relationship for diabetic/reduced calorie chocolates. *Food Quality and Preference*, 20(2), 2009, p. 138-143.
- [28] RAO ADARI, B. *et al.* Synthesis of rebaudioside-A by enzymatic transglycosylation of stevioside present in the leaves of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Food Chemistry*, 200(0), 2016, p.154-158.
- [29] TAVARINI, S. and ANGELINI, L. *Stevia rebaudiana* Bertoni as a source of bioactive compounds: the effect of harvest time, experimental site and crop age on steviol glycoside content and antioxidant properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(9), 2013, p. 2121-2129.
- [30] GASMALLA, M.A.A. *et al.* Influence of sonication process parameters to the state of liquid concentration of extracted rebaudioside A from *Stevia (Stevia rebaudiana* Bertoni) leaves. *Arabian Journal of Chemistry*, 0(0), 2014.
- [31] LI, S. *et al.* Transglycosylation of stevioside to improve the edulcorant quality by lower substitution using cornstarch hydrolyzate and CGTase. *Food Chemistry*, 138(2-3), 2013, p. 2064–2069.
- [32] YÜCESANA, B. *et al.* In vitro and ex vitro propagation of *Stevia rebaudiana* Bertoni with high Rebaudioside-A content- A commercial scale application. *Scientia Horticulturae*, 203(0), 2016, p. 20-28
- [33] RUMELHARD, M. *et al.* Safety evaluation of rebaudioside A produced by fermentation. *Food and Chemical Toxicology*, 89(0), 2016, p. 73-84.
- [34] WU, X. *et al.* The non-cytotoxicity characterization of rebaudioside A as a food additive. *Food and Chemical Toxicology*, 66(0), 2014, p. 334-340.
- [35] FIRSOV, A. *et al.* Purification and characterization of recombinant supersweet protein thaumatin II from tomato fruit. *Protein Expression and Purification*, 123(0), 2016, p. 1-5.
- [36] MASUDA, T. *et al.* Atomic structure of the sweet-tasting protein thaumatin I at pH 8.0 reveals the large disulfide-rich region in domain II to be sensitive to a pH change. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 419(1), 2012, p. 72-76.
- [37] MASUDA, T., MIKAMI, B. and TANI, F. Atomic structure of recombinant thaumatin ii reveals flexible conformations in two residues critical for sweetness and three consecutive glycine residues. *Biochimie*, 106(0), 2014, p. 33-38.
- [38] CALZADA-LEÓN, R. *et al.* Características de los edulcorantes no calóricos y su uso en niños. *Acta Pediátrica de México*, 34(3), 2013, p. 141-153.
- [39] EDWARDS, C.H. *et al.* The role of sugars and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future. *Trends in Food Science & Technology*, 56(0), 2016, p. 158-166.
- [40] GIL-CAMPOS, M., GONZÁLEZ, M.A. and DÍAZ, J.J. Use of sugars and sweeteners in children´s diets: Recommendations of the Nutrition Committee of the Spanish Association of Paediatrics. *Anales de Pediatría*, 83(5), 2015, p. 353-353.
- [41] AIDOO, R.P., AFOAKWA, E.O. and DEWETTINCK, K. Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture – rheological, microstructure and physical quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 126(0), 2014, p. 35-42.
- [42] ANVARI-ARDAKANI, H., MITSOULIS, E. and HATZIKIRIAKOS, S.G. Capillary flow of milk chocolate. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 210(0), 2014, p. 56-65.
- [43] KONAR, N. *et al.* Improving functionality of chocolate: A review on probiotic, prebiotic, and/or symbiotic characteristics. *Trends in Food Science & Technology*, 49(0), 2016, p. 35-44.
- [44] SHOAI B, M. *et al.* Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, 147(0), 2016, p. 444-454.
- [45] FACHRI, B.A. *et al.* Experimental and modeling studies on the acid-catalyzed conversion of inulin to 5-hydroxymethylfurfural in water. *Chemical Engineering Research and Design*, 109(0), 2016, p. 65-75.

- [46] REZENDE, N.V. *et al.* Effects of fat replacement and fibre addition on the texture, sensory acceptance and structure of sucrose-free chocolate. *International Journal of Food Science Technology*, 50(6), 2015, p. 1413-1420.
- [47] FURLÁN, L.R. *et al.* Influence of hydrogenated oil as cocoa butter replacers in the development of sugar-free compound chocolates: Use of inulin as stabilizing agent. *Food Chemistry*, 217(0), 2017, p. 637-647.
- [48] KONAR, N. *et al.* Using polydextrose as a prebiotic substance in milk chocolate: effects of process parameters on physical and rheological properties. *CyTA - Journal of Food*, 12(2), 2014, p. 150-159.
- [49] CHAUDHARY, V., SMALL, D.M. and KASAPIS, S. Structural studies on matrices of deacylated gellan with polydextrose. *Food Chemistry*, 137(1-4), 2013, p. 37-44.
- [50] MIESZKOWSKA, A. and MARZEC, A. Effect of polydextrose and inulin on texture and consumer preference of short-dough biscuits with chickpea flour. *LWT-Food Science and Technology*, 73(0), 2016, p. 60-66.