



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

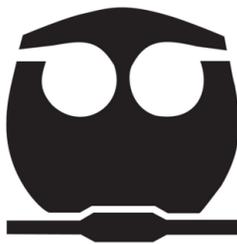
**SINERGIA DE STEVIA CON OTROS
EDULCORANTES DE ALTA POTENCIA**

Trabajo escrito vía cursos de educación continua

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICA DE ALIMENTOS

P R E S E N T A:

LILIANA FRANCO SÁNCHEZ



Mexico D.F.

2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: MARCO ANTONIO LEÓN FÉLIX
VOCAL: AGUSTÍN REYO HERRERA
SECRETARIO: RODOLFO FONSECA LARIOS
1er. SUPLENTE: ALEIDA MINA CETINA
2° SUPLENTE: JORGE RAFAEL MARTÍNEZ PENICHE

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, FACULTAD DE QUÍMICA,
CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F.**

ASESOR DEL TEMA:

RODOLFO FONSECA LARIOS

SUSTENTANTE:

LILIANA FRANCO SÁNCHEZ

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVO GENERAL.....	5
DESARROLLO DEL TEMA	5
Los edulcorantes	15
Edulcorantes nutritivos	16
Edulcorantes no nutritivos o de alta potencia	18
EAP Naturales.....	19
EAP Artificiales.....	23
Percepción del dulzor	29
Calidad de sabor y temporal	31
Sinergia cualitativa.....	33
Sinergia cuantitativa.....	35
Sinergia de Glucósidos de Steviol con otros edulcorantes de alta potencia	36
Perfil sensorial del Stevia	36
DISCUSIÓN	43
CONCLUSIONES	44
ANEXO	45
Regulaciones de los edulcorantes de alta potencia.....	45
Ingesta diaria Admisible	46
BIBLIOGRAFÍA	48

INTRODUCCIÓN

Una de las tendencias en la industria de alimentos y bebidas es la reducción del contenido energético y una marcada preferencia por lo natural, lo que ha propiciado que en la industria alimentaria se estén formulando y reformulando productos que cumplan los requerimientos del consumidor y aquellos que son de carácter gubernamental en algunos países. Cada vez es más frecuente encontrar productos en el mercado con una sustitución parcial o total de su contenido de grasa, de azúcares, de sodio, de calorías, etc.

Indudablemente, la sustitución de azúcar es un reto tecnológico para la industria, ya que el consumidor siempre buscará el perfil dulce de la sacarosa, comercialmente conocida como azúcar.

El desarrollo de estos nuevos productos se ha dado gracias a que la sensación dulce que producen diversos alimentos no se debe únicamente a la sacarosa; existen compuestos con diferente origen y estructura química que pueden estimular los receptores bucales de dulzor. A estos compuestos se les llaman edulcorantes o endulzantes.

Estos compuestos constituyen una de las áreas más dinámicas dentro del campo de los aditivos alimentarios. Actualmente se tienen datos relacionados al descubrimiento e investigaciones sobre compuestos dulces que datan del siglo XVII. La Stevia, por ejemplo, (compuesta por glucósidos de steviol), es utilizada desde hace tiempo por los indios Guaraníes como endulzante natural.

Los glucósidos de Steviol son endulzantes naturales que se obtienen a partir de la planta *Stevia rebaudiana*, siendo el glucósido principal el Rebaudiósido A por su alto contenido en la planta. Los extractos de Stevia de alta pureza son comercializados y añadidos a diferentes categorías de alimentos a nivel mundial, como bebidas, productos lácteos, panificación y confitería.

Los glucósidos de Steviol son endulzantes que cumplen con ser naturales, inocuos y resistentes en el proceso del alimento al que se adiciona, (pH y temperatura). Se han encontrado además en estos edulcorantes propiedades benéficas para la salud.

Mezclar diferentes edulcorantes puede mejorar el perfil dulce o potenciar la sensación de dulzor en la boca, a estas mezclas se les conoce como mezclas sinérgicas. Stevia tiene buena sinergia con otros edulcorantes de alta potencia, sin embargo esto aún no se ha descrito con precisión en trabajos anteriores.

Lo que a continuación se describe en la presente investigación, es una revisión de las propiedades de la Stevia, así como la sinergia que presenta este endulzante natural con otros edulcorantes de alta potencia, lo que puede ser altamente útil para los investigadores que se dedican al desarrollo de nuevos productos realizando sustituciones parciales o totales del azúcar.

OBJETIVO GENERAL

Revisar y presentar datos y testimonios sobre la sinergia reportada en estudios científicos, existentes entre los glucósidos de Steviol y endulzantes de alta potencia, naturales o artificiales, como sustitutos o reductores de azúcares con alto valor nutritivo.

DESARROLLO DEL TEMA

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estimó en 2014 que cerca de un 13% de la población mundial presenta problemas de obesidad y que un 39% de los individuos mayores de 18 años tienen sobrepeso. Por otra parte se estima que 42 millones de niños, menores de 5 años presentan obesidad o sobrepeso (OMS, 2014).

Tanto el sobrepeso como la obesidad van en aumento, sobre todo en aquellos países con bajos y medianos ingresos, especialmente en los entornos urbanos. La causa fundamental de la obesidad y el sobrepeso es un desequilibrio en el balance de las calorías consumidas y las calorías gastadas (OMS, 2014).

La obesidad es el resultado de muchos factores, incluyendo los deficientes hábitos alimenticios, la poca actividad física, problemas hormonales y un estilo de vida sedentario, así como algunos desórdenes psicológicos. (Shankar, et al 2013.)

El problema de la obesidad radica en que esta enfermedad aumenta el riesgo de desarrollar desórdenes crónicos degenerativos así como una serie de enfermedades cardiovasculares, diabetes, resistencia a la insulina, hipertensión, dislipidemias, etc.

Los niños que se encuentran en países de bajos y medianos ingresos son más vulnerables a tener una nutrición deficiente ya que se encuentran más expuestos a productos de alto contenido graso, alto contenido en azúcar, alto contenido en sal y en consecuencia, alto valor calórico. Estos productos son muy consumidos dadas las características de ser poco costosos, accesibles y prácticos.

Una de las propuestas presentadas para reducir los altos índices de obesidad han sido las iniciativas gubernamentales para promover una menor ingesta de calorías, siendo Latinoamérica una de las regiones que necesita atacar seriamente este problema en su población. En la figura 1 se observa que el país latinoamericano con mayor problema de obesidad es México, seguido de Bolivia y en todos los países representados en la gráfica, se observa que la cantidad de individuos con sobrepeso es mayor al 40% del porcentaje total de individuos mayores de 15 años.

La industria alimentaria juega un papel muy importante tanto en la promoción de la salud como en limitar el contenido total de grasas y azúcares en los alimentos producidos. Esto se convierte en gran responsabilidad y en un reto tecnológico, ya que la reformulación de un producto es un diseño multifactorial donde la mayoría de las veces la reducción en componentes implica el desarrollo de un nuevo producto. En este proceso serán muy importantes los costos, igualaciones de perfil, propiedades organolépticas, procesos industriales, calidad, estabilidad, vida útil, inocuidad del producto, etc.

Para sustituir la percepción del sabor dulce, la industria alimentaria utiliza edulcorantes de alta potencia, el principal fundamento del uso de estos edulcorantes es que se pueden disfrutar alimentos y bebidas sin el riesgo de consumir calorías adicionales que proporcionan los alimentos endulzados con azúcar (Shankar, et al 2013). Los productos

bajos o reducidos en calorías, sustituidos con edulcorantes de alta potencia pueden además contribuir al tratamiento de la obesidad y el sobrepeso, ayudando a controlar la ingesta calórica y a controlar enfermedades como la diabetes.

Los edulcorantes de alta potencia no son fermentados por la placa dentobacteriana lo que los convierte además en productos no cariogénicos. (Zygler, Waasik, Namiesnik, 2009).

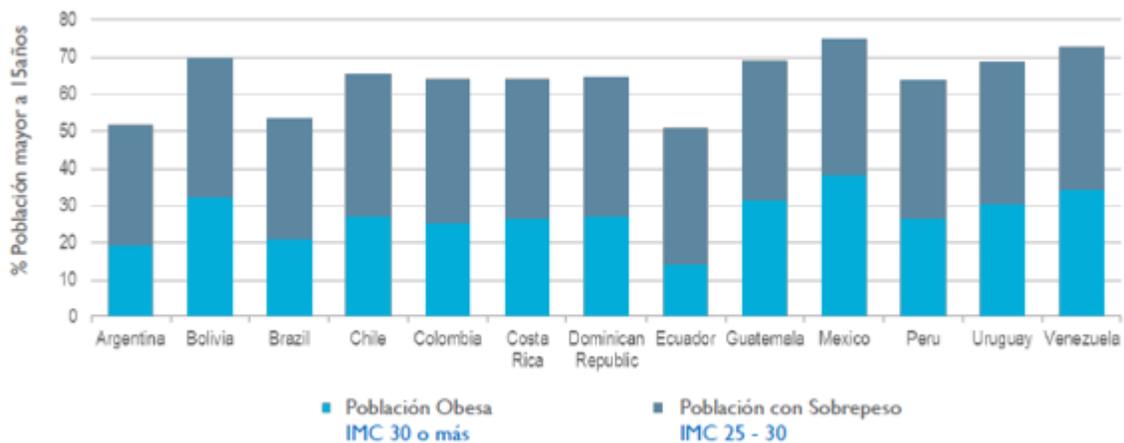


Figura 1. Porcentaje de individuos mayores a 15 años en Latinoamérica con sobrepeso u obesidad (Euromonitor), tomado de "Indulgencia y percepción sensorial", Conferencia Food Summit Technology, México, 2014.

Ahora podemos encontrar los edulcorantes no nutritivos en un sinnúmero de productos alimenticios como bebidas, helados, gomas de mascar, chocolates, gelatinas, yogurt, galletas, productos horneados, postres e incluso salsas y sazónadores. Brasil es el país en Latinoamérica que más lanzamientos con sustituciones de azúcar ha tenido en un histórico de 2009-2014.

Actualmente los más utilizados a nivel mundial son edulcorantes de alta potencia artificiales (Figura 2) siendo el Acesulfame K el más utilizado desde el 2001 excepto en Norteamérica donde el líder es la Sucralosa pero existe una tendencia muy fuerte en el mercado, principalmente en Europa hacia la naturalidad de los productos. En América Latina esta demanda de naturalidad se observa en los lanzamientos que van aumentando año con año con Stevia (Figura 3). De ahí que este edulcorante natural sea importante cuando se quiere realizar reducciones de azúcar.

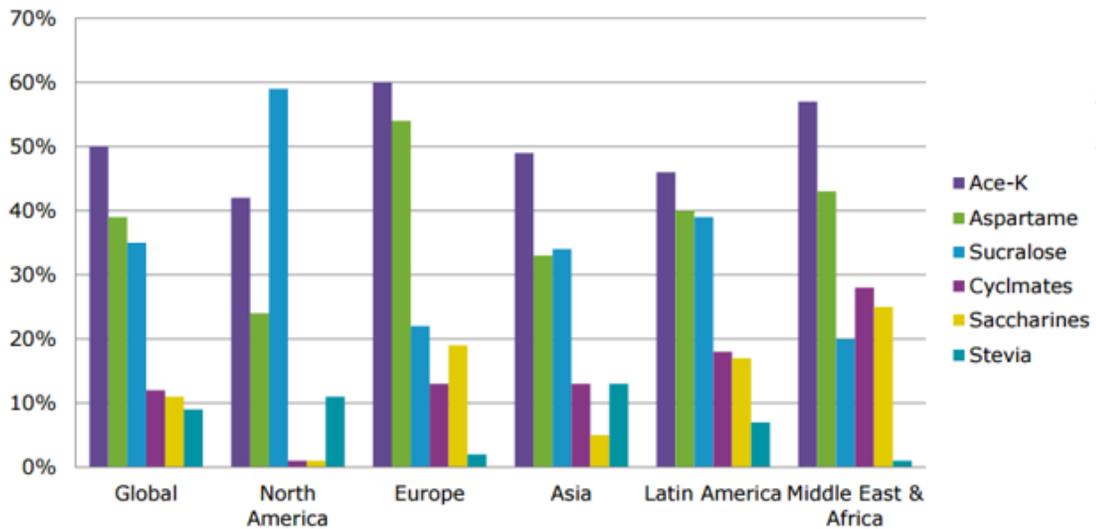


Figura 2. Porcentaje de alimentos y bebidas con varios tipos de edulcorantes de alta potencia, globalmente y por región (2001-2013), Fuente: Mintel 2013

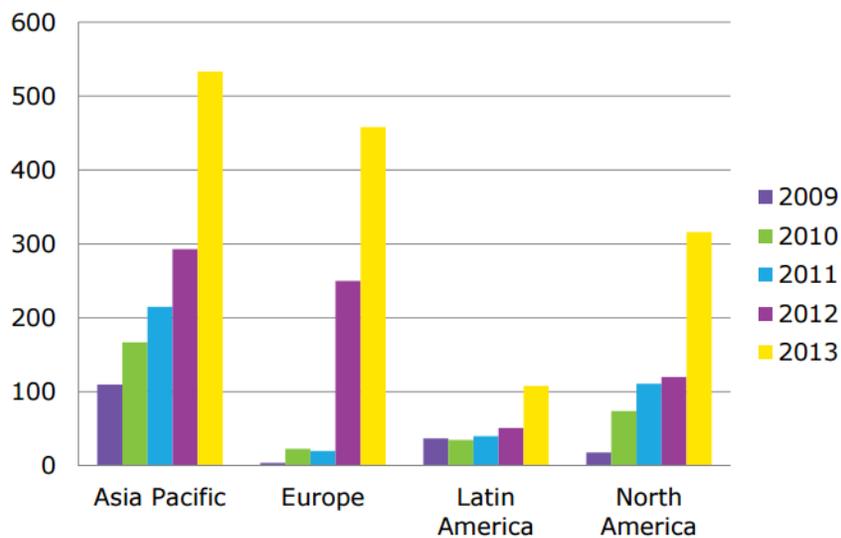


Figura 3. Lanzamientos de productos con extractos de Stevia por región, Fuente: Mintel, 2013.

En México, de acuerdo a la agencia de investigación de mercados Euromonitor, el porcentaje de alimentos empaquetados reducidos en azúcar que contienen edulcorantes de alta potencia ha representado desde el 2012, el 0.07% del total de alimentos empaquetados consumidos (*Figura 4*). Es decir, cada año en el 0.07% de los productos empaquetados que consumimos en México se utilizan edulcorantes de alta potencia. Esta tendencia probablemente se mantendrá hasta el año 2019.

Tabla 1. Consumo de productos empaquetados en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015.

Categorías	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Alimentos empaquetados	27,097.70	27,291.40	27,296.00	27,386.10	27,517.70	27,732.50	28,018.00	28,356.90
Alimentos empaquetados reducidos en azúcar	18.80	17.50	17.50	17.90	18.60	19.50	20.40	21.60

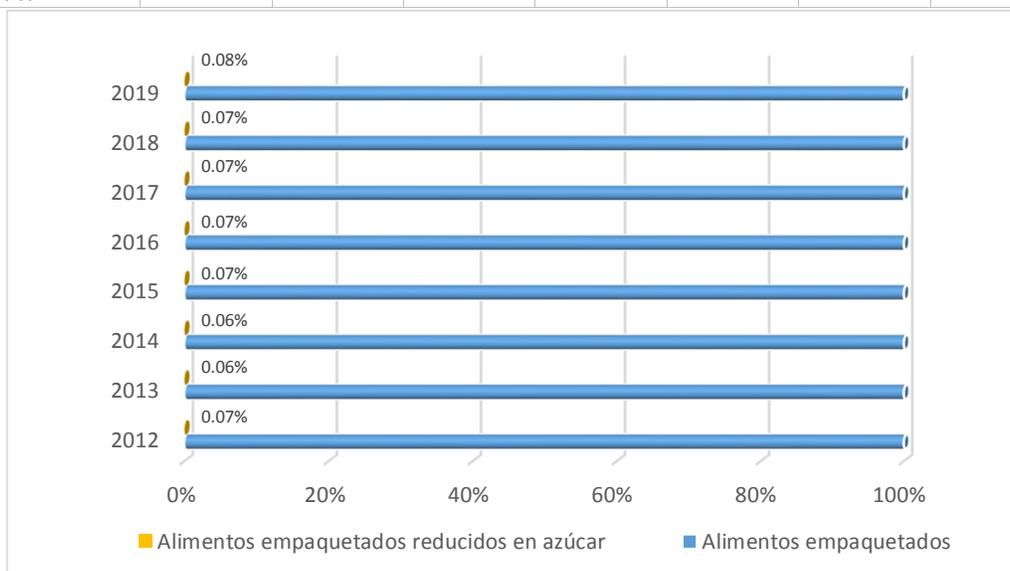


Figura 4. Porcentaje del mercado de alimentos empaquetados reducidos en azúcar comparado con el mercado total de productos empaquetados en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015.

En 2019 el porcentaje de consumo en toneladas de productos con edulcorantes de alta potencia esperado será de 0.01% mayor que en 2012. Dividiendo las categorías que representa todos los alimentos empaquetados, observamos lo siguiente:

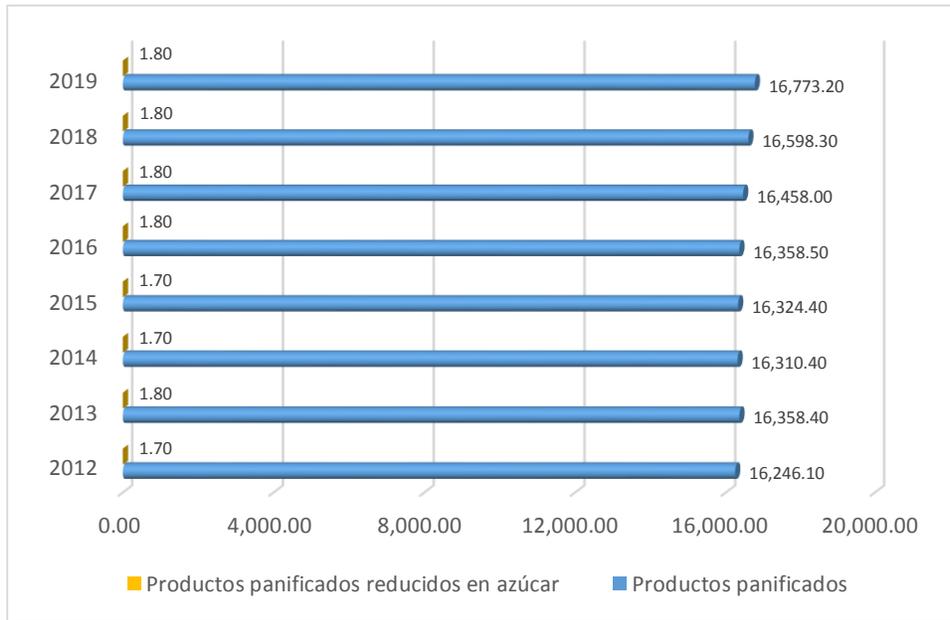


Figura 5. Consumo de productos panificados en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015

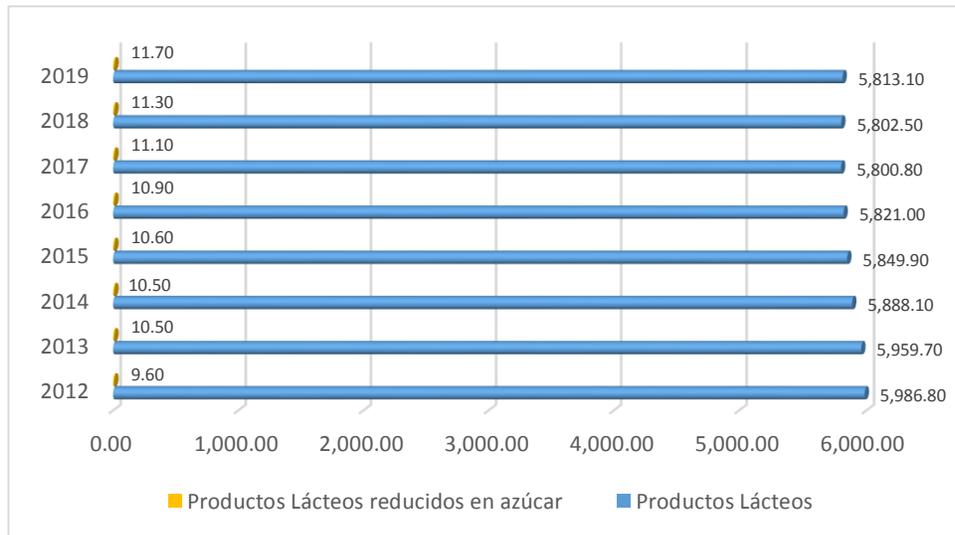


Figura 6. Consumo de productos lácteos en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015



Figura 7. Consumo de confitería en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015

En 2012, el consumo de productos panificados fue de 16246 toneladas, esperando que para el 2019, el consumo aumente a 16773 toneladas. Sin embargo, los valores de consumo de productos de panificación reducidos en azúcar se mantendrán durante 7 años con un porcentaje del 0.01% al 0.011%. Este porcentaje probablemente se deba a que los productos de esta categoría son consumidos por indulgencia más que por salud (*Figura 5*). Actualmente, existen compañías panificadoras que están haciendo reducciones de un 6 a 12% de azúcar, el inconveniente de realizar sustituciones de azúcar mayores no es por la sustitución de dulzor sino por todas las demás características estructurales y organolépticas que cambian; como suavidad o textura crocante, tamaño de miga, volumen y humedad principalmente.

En el caso de productos lácteos (*Figura 6*), la tendencia que se observa en el consumo es que disminuirá en más de 150 toneladas, sin embargo el porcentaje de productos reducidos en azúcar aumentará de 0.16% a 0.20%, lo que representa un aumento de más de 2 toneladas de consumo.

Los productos lácteos representan otra categoría donde se ha buscado la reducción de azúcares añadidos principalmente en productos fermentados y leches saborizadas.

En esta categoría podemos encontrar claims como “light”, “sin azúcar añadido”, “reducido en azúcar”, “mismo sabor, menos azúcar”, etc.

La proyección en confitería (*Figura 7*) es que los edulcorantes de alta potencia a partir del 2016, tendrán una mayor participación en dicho segmento, productos como chocolates, goma de mascar y pastillas mentoladas han sido casos de éxito en el desarrollo de productos sustituidos totalmente. En 2012, los productos reducidos representaron un 2% del consumo total y para el 2013 hubo un decremento de los productos reducidos en azúcar (1.3%). Para el 2019 se espera tener una participación de por lo menos 1.8%.

En la categoría de bebidas (*Figura 8*) cuyo consumo es muy parecido al consumo de productos panificados, observamos que los porcentajes son mayores que en los alimentos empaquetados, las bebidas representan la categoría donde los edulcorantes de alta potencia (EAP) han tenido mayor aceptación por el consumidor.

Observamos que en 2012, el porcentaje de bebidas consumidas con edulcorantes de alta potencia fue de 7.22% y se espera que en 2019 aumente más de un 3.3%.

Estos datos son importantes porque México es el mayor consumidor de bebidas azucaradas. Es por ello que los EAP han surgido como una alternativa aportando el dulzor deseado y la palatabilidad sin calorías (Sylvetsky and Rother, 2011).

El National Health and Nutrition Examination Survey recolectó datos desde 1999 hasta el 2008 que mostraron un notable incremento en el consumo de bebidas con edulcorantes no nutritivos, incremento que va de un 6.1% a 12.5% en niños y, de un 18.7% a un 24.1% en adultos en este período (Shankar, et al 2013).

Si dividimos el mercado de bebidas por categorías, las bebidas carbonatadas o refrescos (*Figura 9*) representan el mayor volumen de consumo de bebidas en México, seguidas de las bebidas con jugo (*Figura 11*). Las bebidas carbonatadas sin azúcar, anteriormente estaban dirigidas a un segmento específico de la población, sin embargo, actualmente estas han ido ganando terreno con respecto al consumo de bebidas 100% azúcar.

Tabla 2. Consumo de bebidas en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015.

Categorías	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bebidas saborizadas	16477	16715.4	16721.2	16917.7	17177.9	17501.9	17880.7	18293.5
Bebidas saborizadas reducidas en azúcar	1189.4	1278.3	1365.4	1461.7	1570.8	1688.7	1815.9	1950.1

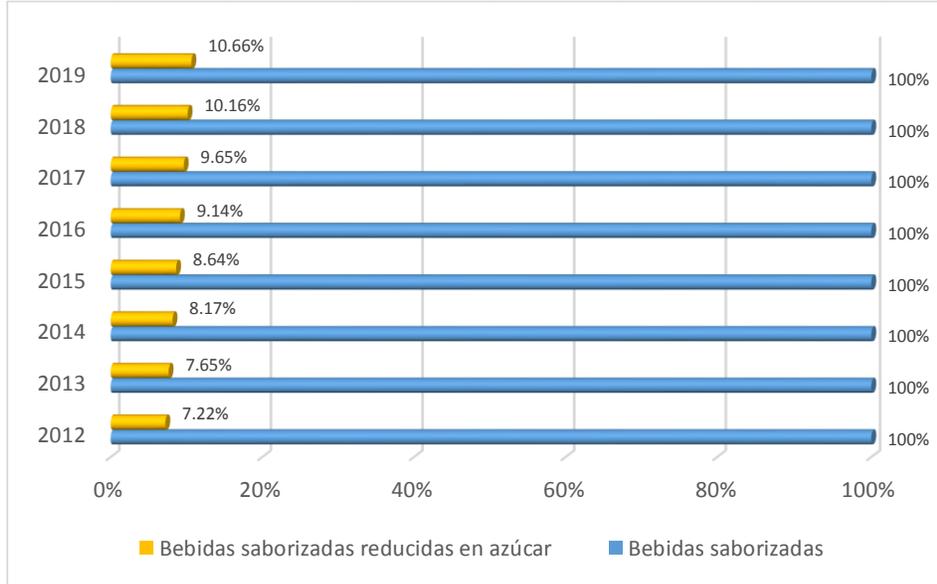


Figura 8. Porcentajes del mercado de bebidas reducidas en azúcar comparado con el mercado total de bebidas en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015.

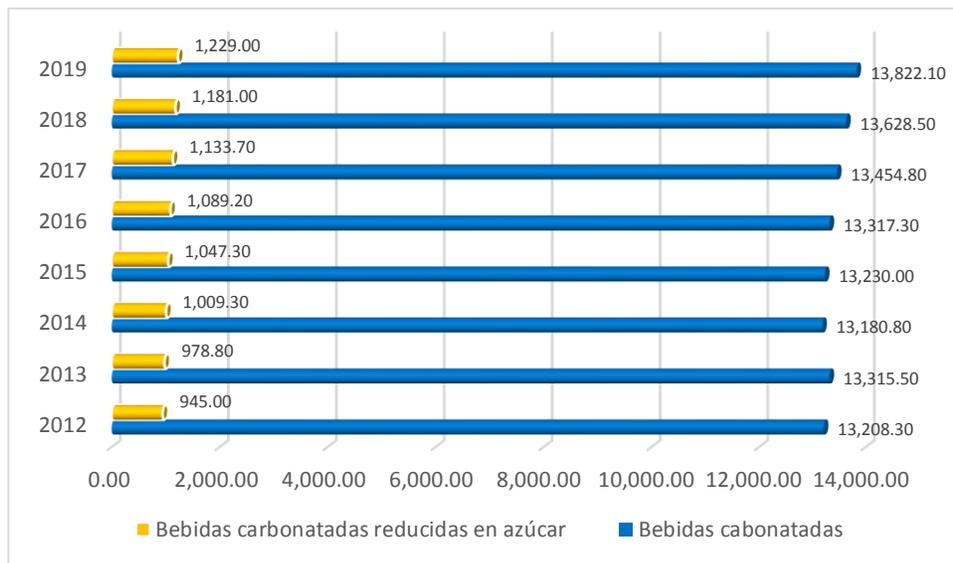


Figura 9. Consumo de bebidas carbonatadas en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015.

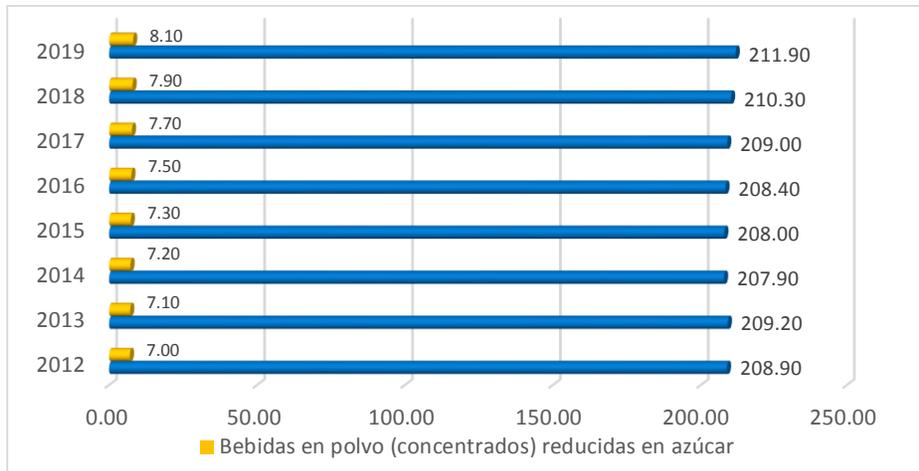


Figura 10. Consumo de bebidas en polvo (concentrados) en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015

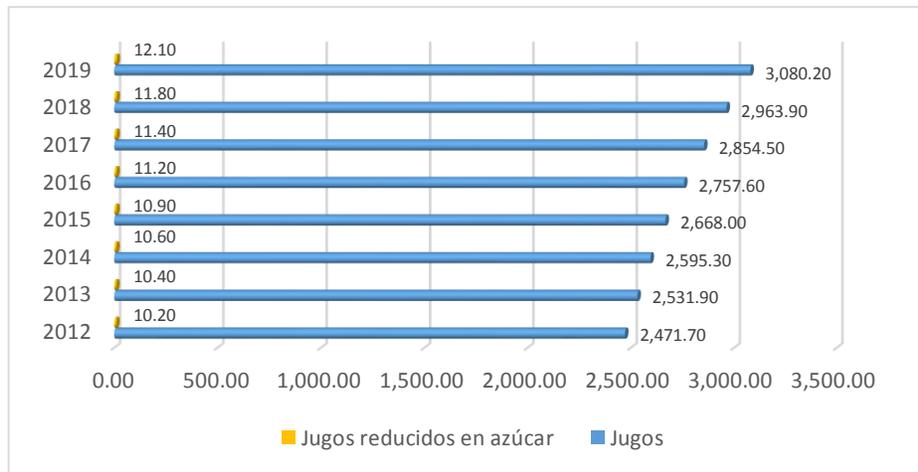


Figura 11. Consumo de bebidas con jugo en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015.

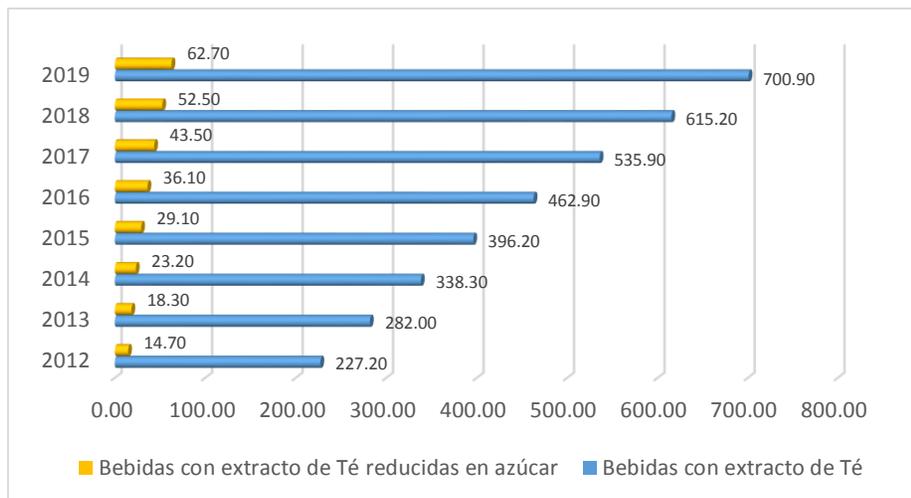


Figura 12. Consumo de bebidas con extracto de té en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015.

En el mercado de las bebidas en polvo (*Figura 10*) no se observa crecimiento, tanto como en el caso de bebidas carbonatadas, sin embargo, habrá un ligero cambio a reducciones parciales.

El segmento que más cambio presenta en cuanto a la categoría de bebidas, son las bebidas con té (*Figura 12*), ya que su consumo tendrá un crecimiento del 24% para el 2019 y las bebidas con extracto de té reducidas en azúcar representarán un valor cuatro veces mayor que en 2012.

Para seguir la tendencia de mercado y las regulaciones gubernamentales presentes, se considera necesario presentar las herramientas que ayuden a desarrollar productos rentables y costeables para cubrir la demanda de los consumidores con el uso de edulcorantes naturales y/o sin azúcar añadida ofreciendo nuevos caminos a la industria alimentaria.

Los edulcorantes

La preferencia por el sabor dulce es una característica de la especie humana, la población primitiva desarrolló el deseo por lo dulce como una forma de supervivencia porque encontraban la dulzura como un punto determinante en la seguridad alimentaria. (Sardesai y Waldshan, 1991).

Los edulcorantes son aditivos alimentarios que confieren sabor dulce a los alimentos. (Grenby, 1991). La sensación de dulzor que provocan ciertos alimentos se debe a un gran número de compuestos con estructuras químicas diferentes, siendo la manera más fácil de clasificar dichos compuestos con base en su fuente de origen y su valor nutritivo.

Tabla 3. Clasificación de Edulcorantes de acuerdo a su valor nutritivo (Badui, 2006)

Edulcorantes	Edulcorantes nutritivos	Mono y oligosacáridos: Sacarosa, fructosa, glucosa, lactosa, isoglucosa, miel de abeja, azúcar invertido, jarabe de maíz, etc.
		Poliol: Sorbitol, xilitol, jarabe de glucosa hidrogenado, maltitol, manitol, etc.
	Edulcorantes no nutritivos de alta potencia	Sintéticos o artificiales: Acesulfame K, Advantame, Alitame, Aspartame, Ciclamato de Sodio, neotame, sacarina y sucralosa.
		Naturales o de origen vegetal: Brazeína, Glicirricina, Glucósidos de Steviol, Miraculina, Mogrósidos, Monelina, Monatina, NHDC (Neohesperidina de Hydrochalcona) y Taumatina.

Edulcorantes nutritivos

Dentro de los edulcorantes nutritivos clasificados en la Tabla 3, se encuentra la sacarosa, que es tomada como referencia de dulzor para todos los demás edulcorantes, comúnmente conocida como azúcar. Está compuesta por una molécula de glucosa cuyo carbono aldehídico está unido al grupo cetónico de una molécula de fructosa, estableciendo un enlace glucosídico. La sacarosa es el químico orgánico más abundante en el mundo y el edulcorante nutritivo más importante por ser el más utilizado por la industria de alimentos y bebidas.

Su hidrólisis parcial se aprovecha comercialmente en la elaboración de azúcar invertido usado en bebidas, ya que se reduce el porcentaje de azúcar necesario para proporcionar un dulzor determinado (Badui, 2006).

Además de proporcionar dulzura, la sacarosa es potenciador de sabor y olor, contribuye a la percepción de textura, a la percepción de apariencia (color, brillo, color de la superficie), es agente de volumen, proporciona mouthfeel (palatabilidad o sensación de cuerpo en bebidas en cierta concentración), o bien provee viscosidad en ciertos alimentos, además de que sirve como coadyuvante para que exista acción gelificante, puede cristalizar, fermentar, funciona como humectante proporcionando suavidad, permite disminuir la actividad acuosa en un alimento, reduce el punto de congelación de

una solución, aumenta el punto de ebullición y también es responsable que se lleven a cabo las reacciones de caramelización y de Maillard.

Otro de los edulcorantes nutritivos más importantes usados en la industria alimentaria es la fructosa cristalina y los jarabe de alta fructosa, cuya obtención se da a partir del maíz y cuyo costo y perfil de dulzor lo ha convertido en el segundo edulcorante nutritivo más utilizado, ayudado a mantener los precios de varios productos principalmente de la industria refresquera cuando el precio del azúcar es muy elevado. Los jarabes de alta fructosa son 1.6 veces más dulces que la sacarosa. Son producidos enzimáticamente de la glucosa que es obtenida del almidón de maíz.

Existen dos tipos de jarabes de alta fructosa, la comúnmente conocida como fructosa 42, que consiste en 42% de fructosa y 58% de glucosa y otros azúcares y la fructosa 55, que consiste en 55% de fructosa con 45% de glucosa y otros azúcares.

Comparando el perfil de la sacarosa con el de la fructosa; esta última incrementa las notas frutales, especiadas y la acidez. Esto es porque es más rápidamente percibida por los receptores de la boca que la sacarosa.

Además del uso común que se le da a los jarabes de fructosa en bebidas donde tiene una ventaja con respecto al azúcar ya que es más estable en la vida de anaquel; también es muy utilizada como humectante en panificación donde promueve además reacciones de Maillard.

Se puede obtener fructosa cristalina a partir de los jarabes de alta fructosa de maíz, por medio de cristalización y cromatografía de intercambio iónico obteniendo fructosa cristalina con una pureza de 90-97%.

La fructosa presenta sinergia con otros edulcorantes cuando se usa en combinación con otros edulcorantes nutritivos o edulcorantes de alta potencia como la sacarosa, Aspartame, Sacarina, glucósidos de Steviol y Sucralosa. Además que ayuda a enmascarar resabios metálicos, anisados o amargos (Abelyan, 2012).

Edulcorantes no nutritivos o de alta potencia

Los edulcorantes no nutritivos o de alta potencia (EAP) se llaman así porque poseen un mayor poder edulcorante (30-25000 veces más dulces que la sacarosa), por lo tanto la cantidad a utilizar siempre es inferior para obtener un dulzor equivalente.

El poder edulcorante es la capacidad de una sustancia para causar una sensación dulce. Se mide subjetivamente tomando como base de comparación a la sacarosa a la que se le da un valor arbitrario de 1 (*Tabla 4*).

Tabla 4. Poder edulcorante de edulcorantes de alta potencia

Origen	Edulcorante	Rango de P.E.* (número de veces más dulce que la sacarosa)
Natural	Brazeína	500-2000
	Glicirricina	93-170
	Glucósidos de esteviol	200-400
	Miraculina	N/A**
	Mogrósidos	IV 233-292, V 250-425
	Monelina	3000
	Monatina	3000
	Taumatina	1600-3000
Artificial	Acesulfame K	200
	Alitame	2000
	Advantame	20000
	Aspartame	200
	Ciclamato	30-50
	Neohesperidina de hidrochalcona (NHDC)	2000
	Neotame	8000
	Sacarina	250
	Sucralosa	600

* P.E. Poder Edulcorante , ** N/A No aplica.

Algunos de estos aditivos no son metabolizados por el cuerpo humano y por consiguiente no aportan las calorías con las que normalmente contribuyen los hidratos de carbono (4 kilocalorías por gramo). La intensidad de dulzor que pueden aportar con muy pequeñas cantidades del edulcorante de alta intensidad permite al fabricante etiquetar a un alimento o bebida como “sin azúcar” o “no calórico”.

EAP Naturales

La búsqueda de sustitutos de azúcar de fuentes naturales ha permitido descubrir muchas sustancias que poseen sabor intensamente dulce. Se han descubierto alrededor de 150 plantas que poseen azúcares y otros compuestos dulces de alta intensidad (Sardesai y Waldshan, 1991). Estos productos se etiquetan como productos naturales ya que su extracción y obtención es únicamente mediante procesos físicos.

Brazeína

Es aislada del fruto africano *Pentadiplandra brazzeana Baillon*. Cuando el fruto es maduro, es rojo y tiene un porcentaje de Brazeína de 0.05-0.20% en peso (Ming y Hellekant, 1994)

La Brazeína es la proteína dulce más pequeña conocida. Está compuesta por 54 aminoácidos. Es excepcionalmente estable al calor en un rango de pH de 2.5-8.0. Su solubilidad en agua es máximo de 50mg/L (Danilova y Hellekant, 2005). Sabe dulce y sin resabio amargo, salado o ácido; sin embargo presenta un dulzor “retrasado” con respecto al azúcar; esto significa que la sensación dulce máxima tarda un poco más en percibirse que cuando se degusta una solución de sacarosa.

No presenta permanencia dulce, ni sensación fresca. La Brazeína combina bien con la mayoría de los edulcorantes de alta intensidad como el Acesulfame K, Aspartame, y los glucósidos de Steviol aportando tanto sinergias cualitativas como sinergias cuantitativas. Hellekant and Danilova hicieron un estudio sobre una mezcla de Steviósido y Brazeína y el resultado obtenido fue superior al de sólo aplicar el Steviósido.

Glicirricina

La glicirricina o ácido glicirricínico se obtiene del regaliz (*Glycyrrhiza glabra L.*) tiene un prolongado resabio dulce (Sardesai y Waldshan, 1991) lo que lo limita a ser un sustituto de azúcar, por lo que se recomienda usar en combinación con otros edulcorantes. Es muy soluble en agua caliente y alcohol y prácticamente insoluble en éter. Puede formar geles en presencia de sales de calcio en refrigeración. Es estable al calor.

Es usada en una variedad de productos para potenciar el dulzor, reduce las notas saladas y también se utiliza en cosméticos. En Japón se utiliza para endulzar productos lácteos como yoghurt, leche chocolatada y bebidas no carbonatadas, ya que este producto precipita a cualquier pH menor de 4.5 (Kinghorn y Compadre, 2001). Es altamente comercializado en Europa y Asia. La concentración del endulzante en el regaliz es de 7-10% dependiendo de la variedad, la fuente y las condiciones climáticas.

Glucósidos de Steviol

Sustancias que están presente en las hojas de un arbusto llamado *Stevia rebaudiana Bertoni*, esta planta existe en Paraguay y actualmente es cultivada en muchas regiones cercanas al Ecuador, es muy utilizada en Japón desde los años 20's. Algunos estudios han indicado efectos hipotensivos de los Glucósidos de Steviol, (Anton SD, ET AL, 2010). Además de los compuestos dulces se dice que la planta en sí, posee muchas propiedades benéficas para la salud como ayudante en el tratamiento de la hiperglucemia y la disminución de los microorganismos orales.

Existe un estudio que investigó los efectos de la Stevia en la ingesta de alimentos, la saciedad, la glucosa postprandial y respuesta a la insulina donde los participantes que consumieron productos hechos con Stevia tuvieron niveles más bajos de insulina y de glucosa comparados con los que consumieron productos hechos con Aspartame (Shankar, et al 2013).

Los extractos de Stevia son aproximadamente 300 veces más dulces que el azúcar, pero tiene un pequeño resabio amargo. El Rebaudiósido A es un componente de la planta; uno de los más dulces y con alta solubilidad en agua. (Sardesai y Waldshan, 1991).

Miraculina

La Miraculina es una glicoproteína aislada de una planta, *Richardella dulcifica* también conocida como fruta espejo (Kurihara 1992). El compuesto no es dulce por si sólo pero puede cambiar una bebida ácida a dulce incluso en un largo periodo. Modifica los sabores ácidos como limón, toronja, lima y rubarbo (Sardesai y Waldshan, 1991).

El compuesto anti-dulce, ácido gimnémico, suprime el dulzor de la Miraculina, (Kurihara, 1992). La duración y la intensidad del fenómeno de modificación dependen de la concentración de Miraculina, la duración del contacto con la lengua, y la concentración de ácido. Hace que los alimentos ácidos se sientan dulces pero no mejora el sabor dulce.

La Miraculina es capaz de disminuir la percepción de la acidez, las notas amargas y saladas del ácido cítrico, la cafeína y el cloruro de sodio respetivamente. En una mezcla donde se encuentren estos tres compuestos puede incrementar considerablemente la percepción dulce del azúcar (Capitanio, et al, 2011). No se conoce a detalle cómo actúa pero se cree que cambia la estructura de los receptores celulares en la lengua (Kant, 2005) como resultado los receptores dulces son activados con ácidos que dan una sensación ácida en general.

La Miraculina es sensible al calor a 100°C y está activa a un pH de 3-12 a temperatura ambiente. Es muy soluble en agua.

Mogrósidos

Los mogrósidos son glucósidos triterpenoides que provienen de los frutos de *Siratia grosvenorii* (swingle) (Kingham et al 2010), esta planta es de origen chino y es conocida como Lo Han Go. Ha sido cultivada en China con restricciones y es utilizada para la faringitis y otras enfermedades en China y Japón.

Los mogrósidos son moléculas muy estables, formados por varias unidades de glucosa. Todos los mogrósidos están clasificados como glucósidos triterpenoides designados como diglucósidos, triglucósidos, tetraglucósidos pentaglucósidos y hexaglucósidos (II, III, IV, V y VI) (Lee 1975). El mogrósido tipo V es el más dulce y el mayor constituyente del sabor en el extracto. Son muy solubles en agua y etanol, no son fermentables por lo que resisten al ataque de bacterias y hongos. Comparados con el azúcar, los mogrósidos V tienen un poder edulcorante de 250 y el mogrósido tipo VI es 125 veces más dulce que el azúcar (Kinghorn y Compadre, 2001).

Monelina

Es la fruta de *Dioscoreophyllum cumminsii*, que se encuentra en regiones tropicales de África, es de 2500 a 3000 veces más dulce que la sacarosa. (Sardesai y Waldshan, 1991). Es muy sensible al calor y a la acidez, lo que causa la desnaturalización de la proteína (Kinghorn and Compadre, 1991).

La monelina tiene un retraso de dulzor con un persistente resabio dulce, si se combina la proteína con otros endulzantes disminuye el resabio. Con calentamiento mayor a 50°C a bajos pH la proteína es completamente desnaturalizada causando una pérdida de dulzor (Kinghorn and Compadre, 2001). Por lo que no se utiliza en alimentos procesados térmicamente, además que el costo de producción es alto y la planta es difícil de propagar.

Monatina

También es conocida como arruva, es aislada de una planta llamada *Sclerochiton ilicifolius* de la región de Transvaal, Sudáfrica. Este compuesto está relacionado con el aminoácido triptófano. Se ha reportado que la monatina es más de 3000 veces más dulce que el azúcar y se reportado tener también un dulzor muy limpio. Los estudios de estabilidad indican que la exposición de bebidas que contienen monatina a luz Ultravioleta por periodos largos provoca una pérdida de dulzor y la formación de sabores desagradables sin embargo se puede mejorar la estabilidad protegiendo la proteína con ácido tánico (Storkey, et. al., 2014). Lo que hace al producto poco estable.

Taumatina

La taumatina es una proteína aislada de *Thaumatococcus danielli Benth* (Katemfe) y ha sido usada por muchos años como agente de sabor y como edulcorante. Se han descubierto 5 tipos de taumatina (I, II, III, a y b) (Gibbs, et al 1996) (Kurihara, 1992).

Tiene un poder edulcorante de 1600-3000 veces más dulce que la sacarosa convirtiéndola en la molécula más dulce descubierta. Tiene una alta permanencia dulce anisada (Sardesai y Waldshan, 1991). La taumatina es estable a un pH de 2.0-4.0 y su estabilidad desciende a un pH de 5.5. Es estable a temperaturas de ultrapasteurización, horneado y extrusión. La taumatina es muy soluble en agua, alcohol, glicerol y propilenglicol.

Es utilizada en la industria farmacéutica como un agente enmascarante para eliminar las notas amargas y medicinales o para incrementar el efecto “cooling” en algunas pastas dentales. (Kinghorn and Compadre, 2001).

EAP Artificiales

Acesulfame K

Fue descubierto en 1967, es 200 veces más dulce que el azúcar y tiene ligero resabio amargo, es utilizado en más de 5000 productos alrededor del mundo (Shankar, et al 2013), en panificación, bebidas, goma de mascar, confitería, productos lácteos. Es un aditivo muy estable al calor. Su mayor consumo se encuentra en bebidas. Casi siempre es utilizado en combinación con otros edulcorantes, el Acesulfame K mejora el perfil dulce y aumenta el poder endulzante en combinación con otros edulcorantes. El Acesulfame K es excretado por los riñones. Uno de los productos de degradación es la Acetoacetamida que es tóxica a dosis altas, sin embargo la cantidad de Acesulfame K utilizada es tan pequeña que no implica un riesgo este subproducto (Shankar, et al 2013).

Alitame

El Alitame es un dipéptido descubierto en los 70's. Está formado a partir de los aminoácidos Ácido Aspártico y D-alanina, es un polvo cristalino, sin olor, no higroscópico, aproximadamente 2000 veces más dulce que el azúcar. No presenta resabios amargos ni metálicos típicos de los edulcorantes de alta potencia (O'Brien, 2001). Presenta sinergia con el Acesulfame K y con el Ciclamato de Sodio. Es inestable a pH bajos (2-4) y muy estable a pH cercanos a la neutralidad (6-8). Es muy estable para utilizarlo en productos de confitería, soporta tratamientos térmicos de pasteurización y temperaturas de horneado. Una ventaja que tiene sobre el Aspartame.

Advantame

Es sintetizado a partir de una molécula de aspartame y un aldehído por alquilación. Es un compuesto sin olor, cristalino y muy estable en condiciones de almacenamiento, no es muy estable a pH bajos.

Es de 70-120 veces más dulce que el Aspartame, teniendo un perfil de dulzor similar a este, se puede utilizar como potenciador de sabor a bajas concentraciones. Se puede utilizar en las mismas condiciones que el Aspartame.

Aspartame

Es un dipéptido que fue descubierto en 1965, aunque fue aprobado por la FDA hasta 1981 (Shankar, et al 2013). Es de 180-220 más dulce que la sacarosa, su perfil es muy parecido al del azúcar, sin resabio. Técnicamente es un endulzante calórico que proporciona 4 kcal por gramo pero debido a la cantidad que se usa, se considera un endulzante sin calorías. Es inestable a altas temperaturas, pH ácido, alta humedad y a un almacenamiento prolongado generando tres compuestos.

El Aspartame es metabolizado como fenilalanina, ácido aspártico y metanol. Individuos que tienen el desorden genético de fenilcetonuria no pueden convertir la fenilalanina en tirosina, por estos pacientes la FDA solicita que todos los productos con Aspartame

tengan la leyenda de “contiene fenilalanina”. Existen muchos estudios acerca de la seguridad en el consumo de este edulcorante, la mayoría reportan efectos adversos en la salud, que incluyen la enfermedad de Alzheimer, trastorno por déficit de atención, defectos de nacimiento, diabetes y lupus (Shankar, et al 2013). En ratas embarazadas el Aspartame causó alteraciones en la morfología de las estructuras renales y bajo peso en el feto (Shankar, et al 2013). Cuando el Aspartame se degrada hay una caída drástica de dulzor ya que estos compuestos no son dulces. (Sardesai y Waldshan, 1991)

El perfil dulce del Aspartame es bastante aceptable, en un estudio de los efectos de la ingesta y saciedad, los participantes encontraron más placentero el sabor con respecto a Stevia o azúcar. (Shankar, et al 2013).

Ciclamato de Sodio

Fue descubierto en 1937, es 30 veces más dulce que el azúcar, no tiene sabor amargo como la sacarina, en 1970 fue prohibido su uso en Estados Unidos porque uno de sus metabolitos, la Ciclohexilamina es carcinogénico. En 1984, el Comité de Asesoría en Cáncer de la FDA, revisó dicha evidencia científica y concluyó que el Ciclamato de Sodio no es carcinogénico (Sardesai y Waldshan, 1991)

Neohesperidina dihidrochalcona

Proviene de la cáscara de los cítricos y puede ser hasta 2000 veces más dulce que la sacarosa (Sardesai y Waldshan, 1991). El sabor dulce de la Neohesperidina Dihidrochalcona (NHDC) fue descubierta durante un estudio de la relación entre la estructura y el sabor amargo en los glucósidos fenólicos en cítricos. La NHDC es producida por la hidrogenación de la flavona Neohesperidina, por lo que no es compuesto natural a pesar de ser un extracto vegetal.

Su solubilidad en agua a temperatura ambiente es de 0.5g/L, aumenta en agua caliente y en etanol, es un polvo poco higroscópico, puede permanecer durante 3 años sin ningún signo de degradación. Es estable a pH mayores a 2.0 y a condiciones de temperatura de proceso de alimentos. El dulzor de la NHDC es permanente, tiene un perfil anisado y refrescante que puede ser ajustado con otros edulcorantes (Schiffman et. al. 1995).

NHDC puede utilizarse como modificador y potenciador de dulzor. También puede enmascarar resabios de otros edulcorantes de alta potencia a bajas concentraciones.

Neotame

Es un derivado del Aspartame, sintetizado por alquilación. Siendo más soluble que el Aspartame en agua, es muy estable a pH y temperatura (°C).

El Neotame es aproximadamente 8000 veces más dulce que el azúcar y tiene un perfil de dulzor muy limpio. En una bebida de cola un incremento en la concentración de 9 ppm a 46 ppm nos puede dar dulzor, sabor característico y mouthfeel sin resabios desagradables (Prakash y Bisbay, 2008). Tiene un perfil muy parecido al aspartame con un poco más de permanencia, lo que beneficia a aplicaciones como las gomas de mascar. Presenta sinergia con la sacarina de un 14-25% pero presenta menos sinergia con otros edulcorantes (O'Donnell, 2006).

Sacarina

Fue descubierta en 1879, y probada en productos de confitería y panificación, lo que marcó una nueva era de edulcorantes no calóricos, es el edulcorante artificial más viejo sintetizado. Es 200-300 veces más dulce que el azúcar, tiene un pequeño resabio amargo.

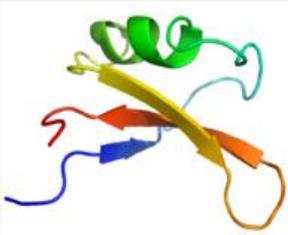
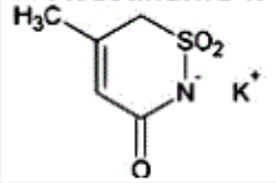
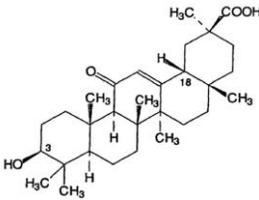
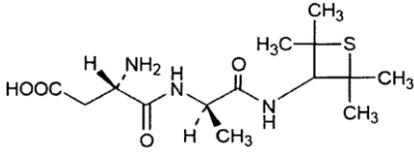
Debido a estudios presentados en Canadian Health Protection Branch donde se presentaron evidencias de tumores en la vejiga en un estudio con ratas, la FDA la prohibió en 1977. A pesar de varios estudios recientes en humanos de su NO relación con el cáncer, aún hay varios países que prohíben su uso, en el 2000 salió de la lista de los aditivos en "National Toxicology Report on Carcinogens". Es utilizada en bebidas, panificación, jaleas, dulces, aderezos, y gomas de mascar. Es termoestable. (Shankar, et al 2013). No aumenta el índice glicémico lo que la hace viable para su uso en pacientes diabéticos. El país donde más se consume este edulcorante es India, donde exceden el ADI por más de 137%. (Shankar, et al 2013).

Sucralosa

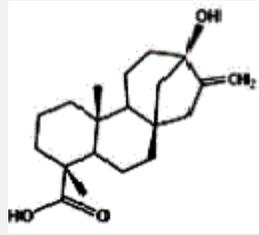
Se descubrió en 1976 y fue aprobada por la FDA en 1998 para usar como un sustituto de azúcar, tiene un perfil muy similar al azúcar y no tiene resabios indeseados que se encuentran en otros edulcorantes no nutritivos, este producto es 600 veces más dulce que la sacarosa, es eliminado por las heces fecales sin cambio estructural (Shankar, et al 2013), es muy estable a temperaturas y pH. La Sucralosa es utilizada en más de 80 países alrededor del mundo actualmente.

La Sucralosa no tiene efecto en el apetito, ni en el peso normal de adultos. Los edulcorantes no nutritivos pueden aumentar la resistencia a la insulina, la sucralosa no incrementa la resistencia a la insulina ni aumenta la cantidad de glucosa en sangre. Algunos estudios han reportado que la Sucralosa puede ser un agente que provoca migraña (Shankar, et al 2013), y que puede inhibir algunas proteasas lo que conlleva a una inhibición catabólica.

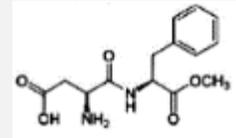
Tabla 5. Estructura molecular de los edulcorantes de alta potencia naturales y artificiales

Edulcorantes Naturales	Estructura Química	Edulcorantes Artificiales	Estructura Química
Brazeína		Acesulfame K	
Glicirricina		Alitame	

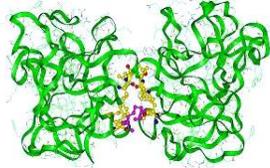
Glucósidos de esteviol



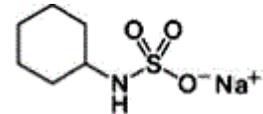
Aspartame



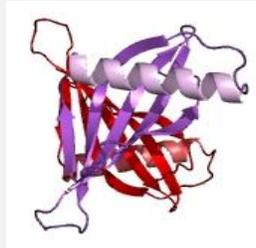
Miraculina



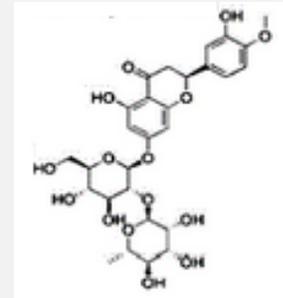
Ciclamato de Sodio



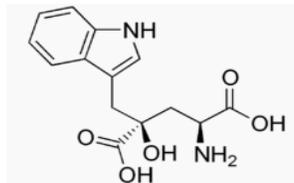
Monelina



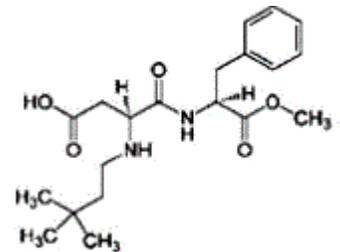
NHDC
Origen:
Dihidrochalconas



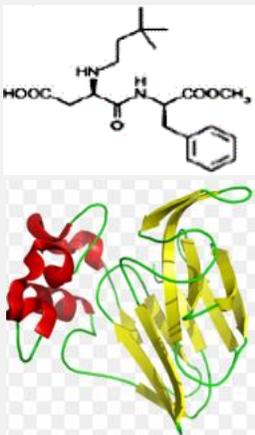
Monetina



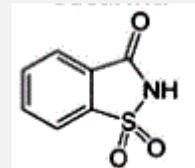
Neotame



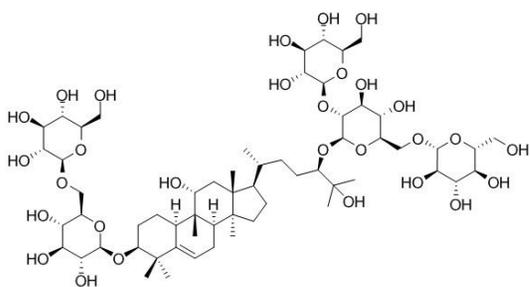
Taumatina



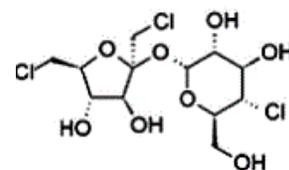
Sacarina



Mogrósidos



Sucralosa



Percepción del dulzor

Cuando se consume un alimento, los receptores de sabor localizados en la cavidad bucal están activos por numerosos estímulos. (Keast y Breslin, 2002).

La relación entre la estructura molecular y la habilidad de crear una sensación dulce no es del todo bien entendida, por ello muchos descubrimientos de edulcorantes han sido accidentales (Schiffman y Gatlin, 1993). El sentido del gusto de los humanos es capaz de identificar principalmente 5 sabores: dulce, ácido, amargo, salado y umami, lo que representa una cantidad baja con respecto a la diversidad estructural de los compuestos químicos que provocan sensaciones.

La detección del sabor dulce permite identificar a los nutrientes ricos en energía. Los receptores de sabor se encuentran en la superficie de las células del gusto, estos interactúan con los ingredientes alimentarios y nos permiten percibir diferentes sensaciones.

Los humanos tenemos sólo un grupo de receptores dulces llamados GPCR (G protein coupled receptors) que está caracterizado por dos unidades: T1R2 y T1R3, estos pueden encontrarse abiertos o cerrados para enlazarse con el edulcorante nutritivo o no nutritivo. Cuando la conformación se cierra, se manda una señal al cerebro para ser interpretada como sensación dulce. El azúcar por ejemplo se enlaza específicamente en un sitio del receptor en la unidad T1R2; cuando el nivel de azúcar es bajo, se activan pocos receptores lo que resulta en una señal de dulzor débil; para producir una señal de dulzor

fuerte se necesita una concentración más alta de azúcar que activa un mayor número de receptores. Cada endulzante actúa diferente con el receptor de dulzor. Se ha comprobado que los receptores de dulzor tienen varios sitios de acoplamiento para unir al edulcorante. El Aspartame es reconocido por el dominio T1R2, mientras que la NHDC y el Ciclamato de Sodio son reconocidos por un sitio activo en la unidad T1R3 (Fujiwara, et. al. 2012). La interacción del edulcorante con el receptor puede potenciar una sensación de dulzor o incluso permitir el sinergismo entre dos o más compuestos dulces.

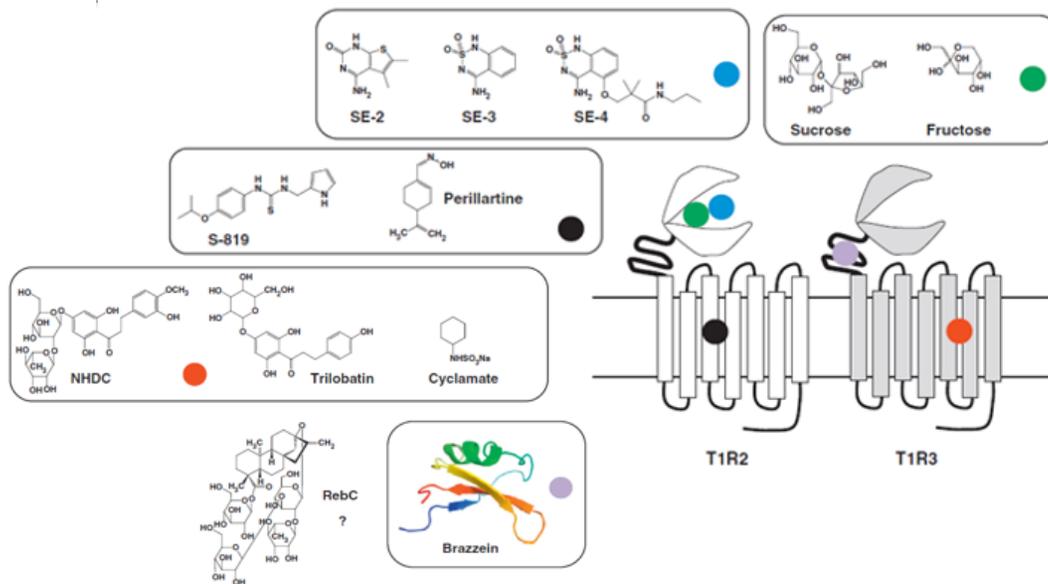


Figura 13. Estructura de los receptores de dulzor y representación de algunos sitios activos en las unidades T1R2 y T1R3 para algunos edulcorantes (Servant, et. al. 2011).

El sistema del gusto se puede ver como un sistema de modificación enzimática, en el cual, el compuesto de activación del receptor de sabor es el limitante fundamental para el resto del sistema. La velocidad de difusión de un compuesto en los receptores de dulzor dependerá del tamaño de la molécula; a mayor tamaño, mayor tiempo de difusión y por lo tanto sensación retrasada de dulzor.

Calidad de sabor y temporal

Cuando trabajamos con EAP es necesario saber sus características sensoriales para predecir su comportamiento dentro de la matriz alimentaria.

Existen cuatro propiedades que hacen cada sensación única: la calidad, la intensidad el temporal y el patrón espacial (Keast y Breslin, 2002).

El atributo calidad de sabor es un descriptor que categoriza las sensaciones que el alimento provoca. Hay cinco descriptores principales de calidad: dulce, ácido, salado, umami y amargo.

El atributo intensidad es una medida de magnitud provocada por la sensación o el estímulo. En los EAP, esta se mide con curvas de dosis-respuesta. Dichas curvas nos señalan cuantas veces el dulzor es mayor al dulzor del azúcar. Un ejemplo de estas curvas podemos encontrarlo en la figura 14 donde se muestra el estímulo “amargo” a diferentes concentraciones de Steviósido y Rebaudiósido A.

El temporal está relacionado con el curso de la intensidad en el tiempo (curvas de dulzor o de tiempo intensidad) donde se mide el tiempo que tarda el estímulo en llegar a su máximo nivel de sensación y su extinción. Así un edulcorante de alta potencia se puede calificar con un dulzor retrasado o igual al de la sacarosa.

Finalmente el patrón espacial se relaciona con la localización de la sensación del gusto en la lengua y la cavidad oral, (Keast y Breslin, 2002).

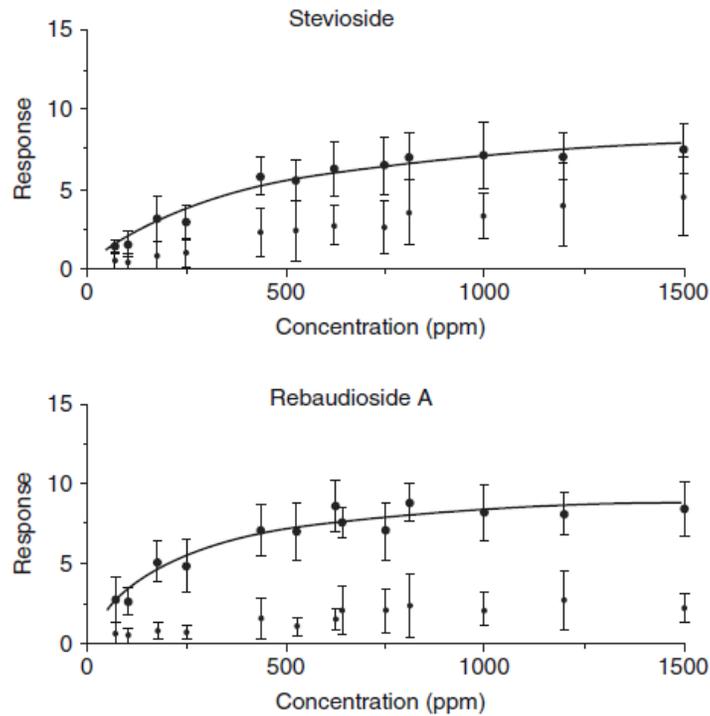


Figura 14. Relación dosis-respuesta de amargos del Steviosido y Rebaudiósido A, O´Donell, 2012

Los desarrolladores de alimentos y bebidas constantemente estamos trabajando para mejorar la calidad organoléptica de los alimentos, respondiendo también a las expectativas de los consumidores (Portman y Kilcast, 1997). Después de mucho tiempo de investigación, aún no existe un solo producto cero calorías con un sabor idéntico al azúcar. Muchas veces los comentarios con respecto a los productos sin azúcar o reducidos en ella van enfocados a que tienen un perfil de diferente dulzor, que no saben a azúcar, que no son lo suficientemente dulces o que no tienen buen sabor.

Mezclar ciertos endulzantes nutritivos y no nutritivos en alimentos específicos como tabletas, bebidas carbonatadas, bebidas con jugo, bebidas en polvo, alimentos procesados o de confitería resultan en una buena combinación sinérgica, la cual presenta muchas ventajas de mejoramiento sensorial y se ha demostrado en repetidos estudios que una mezcla de EAP puede tener un mejor perfil de dulzor y sin sabor

residual que cualquiera de los componentes de dicha mezcla por separado (Shiffman, Sattely-Miller and Bishay, 2006), (Portman y Kilcast, 1997).

El significado de sinergia según el diccionario de la Real Academia Española es la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. Para los aditivos que generan dulzor podemos hablar de distintos tipos de sinergia, ya que se puede obtener un efecto superior de la suma de los efectos individuales ya sea por una mejora en la calidad del sabor o por la potenciación del poder endulzante total. Podemos clasificar las sinergias de edulcorantes en dos grandes grupos. Las sinergias cuantitativas y las sinergias cualitativas. Mezclas de edulcorantes pueden presentar los dos tipos de sinergia.

El mejoramiento de la calidad dulce varía dentro de cada sistema alimenticio, la mezcla sinérgica dependerá del sistema de sabor, el proceso, la vida de anaquel requerida, condiciones de uso y el objetivo dirigido. Los estudios realizados para conocer la sinergia cuantitativa o cualitativa de un compuesto dulce se realizan por medio de soluciones donde se evalúan los compuestos por separado y en mezcla comparándolos con una referencia equivalente en dulzor a la sacarosa. (Portman y Kilcast, 1997).

Sinergia cualitativa

Los EAP imparten sabores indeseados o residuales de sabor, lo que puede limitar su aplicación en alimentos. La sinergia cualitativa se presenta cuando al mezclar dos o más edulcorantes se obtiene un perfil sin resabios o notas indeseadas (calidad de dulzor) o un acortamiento de las curvas de tiempo-intensidad (temporal).

Las notas indeseadas características en los EAP son notas amargas, notas metálicas, notas herbales, astringencia, notas anisadas, notas frescas, etc. El fin de una mezcla sinérgica cualitativa es enmascarar estas notas al mezclar los edulcorantes. Un ejemplo de este tipo de sinergias es la mezcla Sacarina-Ciclamato (1:10), el resabio amargo de la Sacarina es enmascarado por el Ciclamato de Sodio y el desagradable resabio del Ciclamato que muchas personas perciben, se enmascara a su vez con la sacarina,

simultáneamente el poder edulcorante aumenta con la mezcla. (Zygler, Waasik, Namiesnik, 2009).

Las curvas de tiempo intensidad consisten en el período en que el edulcorante llega a su intensidad máxima, el tiempo de permanencia de dulzor y la extinción (*Figura 15*).

El experimento básico para obtener este tipo de curvas es administrar un estímulo a un juez entrenado y a partir de ese instante registrar dicho estímulo percibido en el tiempo transcurrido.



Figura 15. Representación de Temporal (Curva de tiempo-intensidad).

Se sabe que los carbohidratos tienen una intensidad de dulzor rápida y una extinción corta y que los edulcorantes de origen proteínico tienen un retraso significativo para llegar a la intensidad máxima y tardan más en extinguirse (Schiffman, Sattely-Miller and Bishay, 2006). Lo mismo pasa con los EAP, incluso dentro de un grupo de edulcorantes con estructuras químicas similares como el Neotame y el Aspartame, los tiempos de dulzura máxima varían. Los resultados mostrados por Schiffman et. al. en el 2006 con jueces entrenados demostraron que se podía acortar el tiempo de máxima intensidad haciendo mezclas de dos o más edulcorantes, cuando dichas mezclas tienen un edulcorante de rápido perfil temporal combinado con un edulcorante de perfil retrasado proporcionan

una mezcla con un perfil temporal que se encuentra entre los dos edulcorantes individuales.

Los EAP que han demostrado tener las mejores propiedades sinérgicas en cuanto a una mejora en el perfil de dulzor son las sulfonilamidas (Acesulfame K y Sacarina), los glucósidos terpenoides (glucósidos de Steviol), el Ciclamato de Sodio y las dihidrochalconas (Schiffman et al, 1995).

Sinergia cuantitativa

Por otro lado se han reportado mezclas de ciertos edulcorantes que producen una intensidad de dulzor total que es mejor que la suma teórica de los efectos dulces de los componentes individuales de la mezclas.

Un ejemplo muy claro de sinergia cuantitativa es la mezcla binaria de Acesulfame K con Aspartame, donde los compuestos por si solos tienen un poder edulcorante de 200; sin embargo su combinación tiene un poder edulcorante 40% más potente. Es decir, la mezcla Acesulfame K/Aspartame tiene un poder edulcorante total de 250, sin dejar de lado que también esta mezcla presenta una sinergia cualitativa.

Un Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) puede describir los aspectos cualitativos y cuantitativos de un alimento (Portman y Kilcast, 1997).

Además de las sinergias mencionadas, en la industria alimentaria se realizan sinergias entre edulcorantes de alta potencia para cubrir otras necesidades como: reducción de costos, mejora en la estabilidad del edulcorante en el alimento o producto aplicado, o bien en el cumplimiento de los límites de uso legales (*Tabla 6*).

Tabla 6. Otros tipos de sinergias importantes en la industria alimentaria

Tipo de Sinergia	Objetivo
Reducción de costos a través de Sinergias	Es muy utilizado, se puede obtener el mismo dulzor en la reformulación con edulcorantes naturales o artificiales de alta potencia y nutritivos en mezcla sinérgica, incluso comparándola con una fórmula 100% azúcar.
Mejora de estabilidad con la mezcla durante procesos térmicos o acidificaciones	Esta sucede cuando se mezclan dos compuestos uno con menos estabilidad que el otro. Al no perder el dulzor aumenta la vida de anaquel. Para aplicar una mezcla particular se deben tomar en cuenta las características del producto en el que se aplicará como el pH del alimento, el proceso y condiciones a los que será sometido (tratamientos térmicos, fermentaciones, etc.), un buen ejemplo de la estabilidad es la que le confiere el Acesulfame K al Aspartame en combinación, haciendo termoestable la mezcla.
Cumplimiento de límites legales	Incrementar el dulzor en aplicaciones cuando el uso de un solo edulcorante es limitado por organismos reguladores (Codex Alimentarius, JECFA, FDA) o cuando se está cerca de la ingesta diaria admisible de algún edulcorante.
Crear nuevas sensaciones del dulzor	Las mezclas pueden crear nuevos, inusuales e inesperados perfiles de dulzor que pueden mimetizarse con el sabor de la sacarosa.

Sinergia de Glucósidos de Steviol con otros edulcorantes de alta potencia

Perfil sensorial del Stevia

Calidad de sabor

Como la mayoría de los edulcorantes no calóricos, como el Acesulfame K y el Ciclamato, los Glucósidos de Steviol tienen un perfil limpio cuando se compara con un equivalente de dulzor bajo (menor a 6%) pero exhibe otros atributos de sabor como resabios amargos o notas anisadas con un dulzor equivalente alto (mayor al 6%) (*Figura 16*).

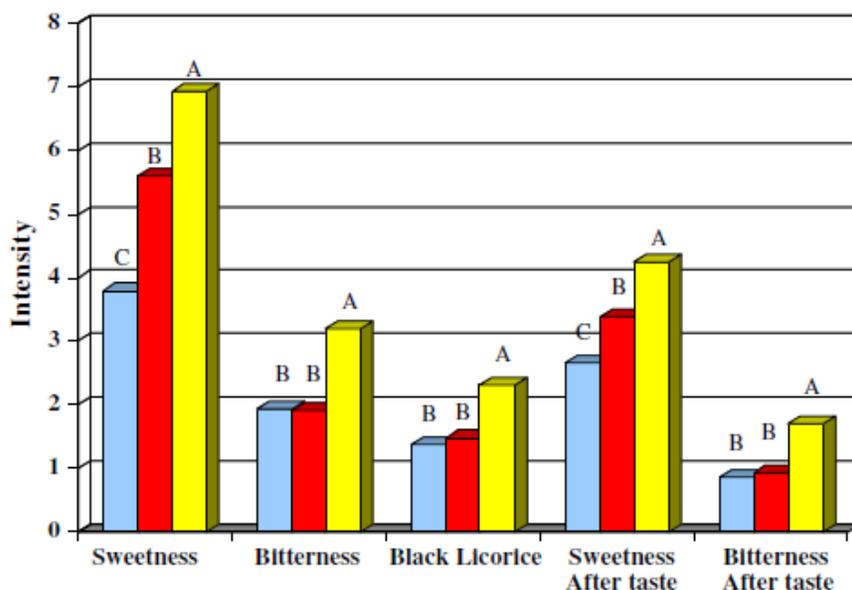


Figura 16. Perfil de sabor de mezcla de Rebaudiosido A y Steviósido a 112 mg/L (azul), 236 mg/L (rojo) y 529 mg/L (amarillo) en agua, atributos con la misma letra no tienen diferencia significativa. (Prakash, et al. 2008)

Para los glucósidos de Steviol, el perfil de sabor se mejora con el nivel de pureza, el Rebaudiósido A tiene un perfil de dulzor mayor que el perfil del Steviósido, aunque estos glucósidos no son los únicos dentro de la planta. Los resabios amargos del Stevia pueden potenciar sabores de notas cafés como los chocolates o el mismo café, notas especiadas o anisadas. La permanencia de dulzor puede ayudar a la astringencia y amargor del té y bebidas energéticas. El resabio dulce puede ser un factor que ayude al long lasting en goma de mascar.

Temporal de dulzor

Se comparó la curva de tiempo-intensidad de la sacarosa (8%), el Aspartame (531mg/mL) y una mezcla de Rebaudiósido A y Steviósido (Rebiana 529mg/mL), el resultado se observa en la figura 17 (Prakash, et. el. 2008). La intensidad de dulzor máxima es más rápida en la sacarosa, más larga para el Aspartame y mucho más larga para la mezcla de Glucósidos, es decir presenta un dulzor retrasado. También se observa que la extinción de los Glucósidos de Steviol es más larga que la de los otros compuestos, por lo que podemos decir que presenta permanencia de dulzor.

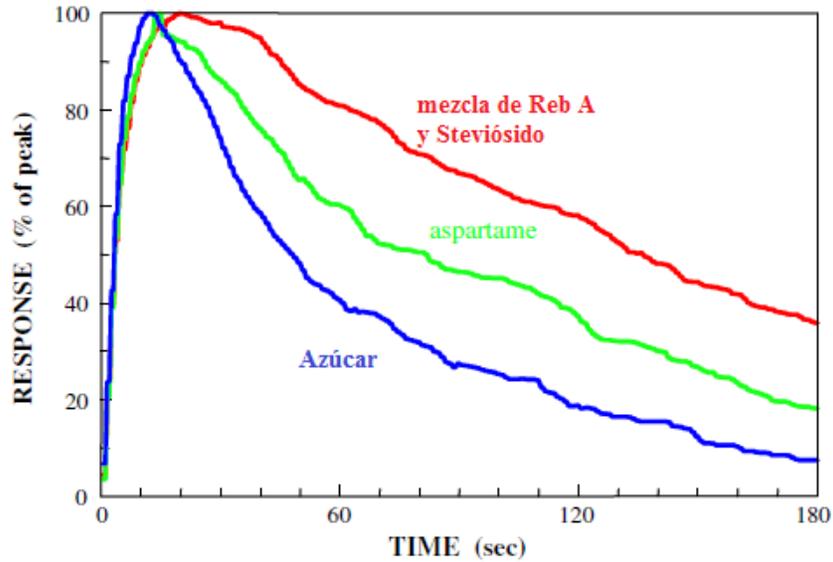


Figura 17. Curva de tiempo intensidad de dulzor, Prakash, et al. 2008

Intensidad de dulzor

El poder edulcorante de los Glucósidos de Steviol varía dependiendo de la estructura molecular del Glucósido.

Compound	Relative sweetness^a
Stevioside	300
Rebaudioside A	250–450
Rebaudioside B	300–350
Rebaudioside C	50–120
Rebaudioside D	250–450
Rebaudioside E	150–300
Dulcoside A	50–120
Steviolbioside	100–125

^aSweetness potency measured relative to 0.4% (w/v) sucrose.

Figura 18. Poder edulcorante de los glucósidos de Steviol, O ´Donell, 2012.

Similar a otros edulcorantes de alta intensidad, los glucósidos de Steviol tienen algunos inconvenientes de sabor, los más comunes son el dulzor retrasado, permanencia de dulzor, resabios amargos, notas herbales por ser un extracto natural y perdido de cuerpo o mouthfeel en la aplicación.

Se sabe que los resabios amargos por ejemplo pueden ser enmascarados aumentando el estímulo de dulzor con una mezcla binaria de edulcorantes o adicionando sales de Sodio, como Citrato de Sodio o el Gluconato de Sodio (Green, et. al. 2010).

De acuerdo a los estudios realizados por Schiffman en 2006, mezclar los Glucósidos de Steviol con edulcorantes de rápido perfil como el Acesulfame K o la Sucralosa cuyos temporales son menores que el azúcar, podría resultar en una mejora de temporal e incluso en una mejora de permanencia dulce. Como se muestra en la Figura 18, el Acesulfame K llega rápidamente a su máximo dulzor antes que la sacarosa y su extinción es muy corta.

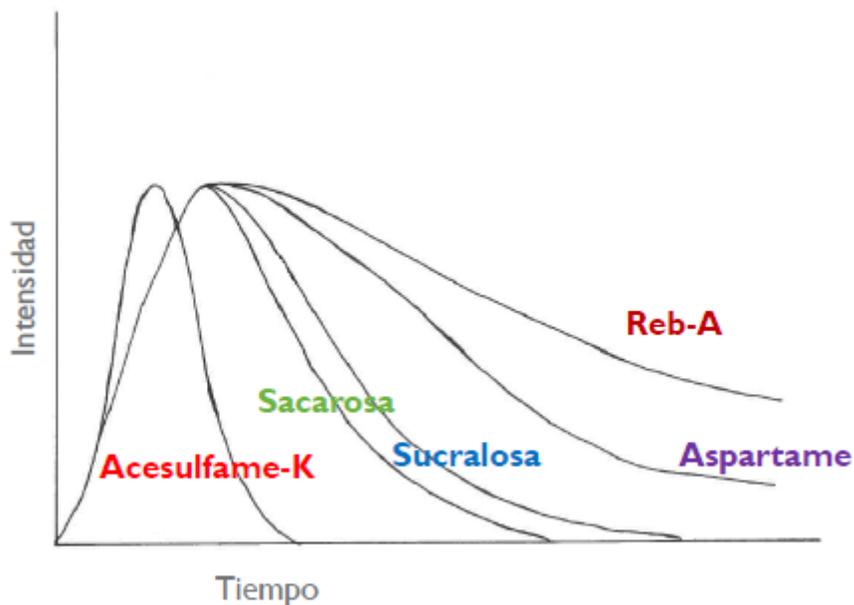


Figura 19. Tiempo de dulzor: perfil Intensidad en el tiempo, tomado de “Indulgencia y percepción sensorial”, Conferencia Food Summit Technology, México, 2014.

El Rebaudiósido A también presenta sinergia con los mogrósidos, esta mezcla puede mejorar el perfil de dulzor, Fiorenza et. al en el 2009 realizaron un estudio en una bebida

saborizada con un pH de 3.2 y encontraron que a una proporción de 80:20 (Stevia/mogrosidos) disminuía la permanencia de dulzor, tenía un perfil afrutado y sin resabios amargos.

El dulzor de la glicirricina tiene una intensidad máxima ligeramente retrasada con respecto a los glucósidos de Steviol y una permanencia de dulzor mayor, sin embargo, en cantidades de 0.001-0.02% puede eliminar los resabios amargos que los glucósidos producen intensificando el dulzor y redondeando el perfil.

Lord en 2010 realizó estudios de mezclas de Rebaudiósido A con Taumatina, en ella evaluó el enmascaramiento de los resabios amargos y concluyó que agregando 0.5-1ppm de Taumatina con 400ppm de Reb A podía enmascarar el resabio del Stevia.

Además de la calidad de sabor también se puede aumentar la potencia de dulzor de los glucósidos de Steviol con diferentes EAP.

Schiffman et. al. en 1995 realizó un estudio de sinergias en mezclas binarias para poder determinar si existía un efecto de sinergia, supresión o adición al mezclar edulcorantes de alta potencia.

La tabla 7 muestra cuales son los edulcorantes de alta potencia que tienen sinergia en combinación con glucósidos de Steviol. (Schiffman, et al, 1995).

Este tipo de sinergia es medida mediante dos métodos, el primero y más común es donde la percepción dulce de la mezcla es comparada con la suma de las intensidades de los componentes por separado. Por ejemplo, si una solución de Aspartame con un dulzor equivalente igual a 3% de sacarosa se combina con una solución de sacarina con un dulzor equivalente igual a 3% de sacarosa, el resultado debe ser igual a 6% de azúcar sin embargo si la mezcla se percibe con mayor dulzor, se dice que la mezcla es sinérgica. Si es igual, la mezcla es conocida como aditiva, y si el dulzor es menor que 6% de sacarosa, se dice que la mezcla es supresora. (Schiffman, et al, 1995).

El segundo método utilizado para determinar efectos sinérgicos cuantitativos es comparar la intensidad de dulzor de la mezcla con un promedio de los dos componentes puros de la mezcla. Esta metodología surge de los trabajos de Frank et al 1989, quien

desarrollo también el término “superaditividad”. Si la intensidad de la mezcla es significativamente mejor que la intensidad promedio de los edulcorantes, la mezcla es considerada sinérgica.

En el mismo estudio se prepararon mezclas sinérgicas con diferentes edulcorantes donde se obtuvieron resultados sinérgicos del Steviósido en casi todas las mezclas, excepto con el mismo Steviósido y con el Rebaudiósido A en comparación con una solución de azúcar al 3% donde sólo se observa aditividad. Para la comparación de una solución de azúcar al 5% se observa con Aspartame, Ciclamato de Sodio y NHDC y para un dulzor equivalente de solución de azúcar al 7% únicamente se observa aditividad con la sacarosa.

Tabla 7. Resumen de sinergias de Steviósido con otros edulcorantes de alta potencia por el método I (Schiffman, et al, 1995).

Mezcla de Steviósido con:	Dulzor equivalente a 3% de Azúcar	Dulzor equivalente a 5% de Azúcar	Dulzor equivalente a 7% de Azúcar
Acesulfame K	Sinérgico	Aditivo	Supresivo
Alitame	Sinérgico	Aditivo	Supresivo
Aspartame	Sinérgico	Sinérgico	Supresivo
Fructosa	Sinérgico	Aditivo	Supresivo
Glucosa	Sinérgico	Aditivo	Supresivo
Manitol	Sinérgico	Aditivo	Supresivo
Ciclamato de Sodio	Sinérgico	Sinérgico	Supresivo
Sacarina	Sinérgico	Aditivo	Supresivo
NHDC	Sinérgico	Sinérgico	Supresivo
Rebaudiósido A	Aditivo	Supresivo	Supresivo
Sorbitol	Sinérgico	Aditivo	Supresivo
Steviósido	Aditivo	Supresivo	Supresivo
Sacarosa	Sinérgico	Aditivo	Aditivo
Taumatina	Sinérgico	Aditivo	Supresivo

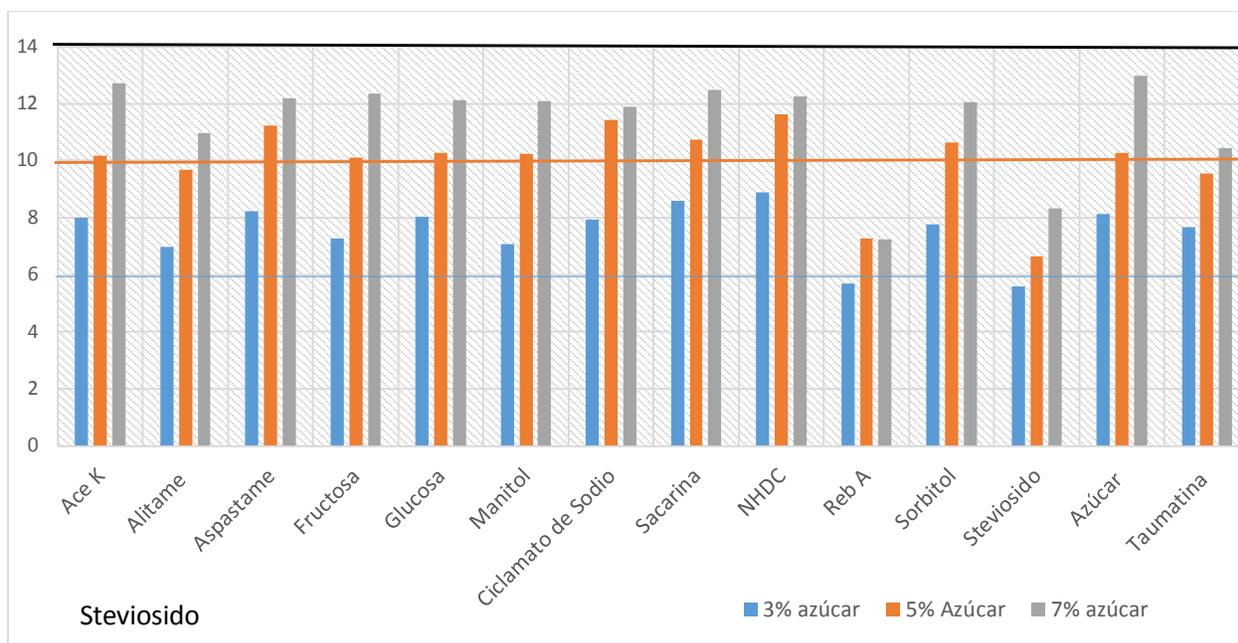


Figura 20. Gráfico de sinergias cuantitativas de Steviósido con otros edulcorantes de alta potencia

La tabla 8 nos muestra la sinergia del Rebaudiósido A con otros edulcorantes, observamos que en comparación con una solución de sacarosa al 3% la mezcla de Rebaudiósido con Alitame, Aspartame, Ciclamato de Sodio, Sacarina y NHDC son mezclas sinérgicas. En una comparación con un dulzor equivalente a 5% sólo presenta sinergia con la Sacarina y la NHDC, siendo aditivo con Aspartame, NHDC y sacarosa comparado con dulzor equivalente de 7%.

Tabla 8. Resumen de sinergias de Rebaudiósido A con otros edulcorantes de alta potencia por el método I (Schiffman, et al, 1995)

Mezcla de Rebaudiósido A con:	Dulzor equivalente a 3% de Azúcar	Dulzor equivalente a 5% de Azúcar	Dulzor equivalente a 7% de Azúcar
Acesulfame K	Aditivo	Aditivo	Supresivo
Alitame	Sinérgico	Aditivo	Supresivo
Aspartame	Sinérgico	Aditivo	Aditivo
Fructosa	Aditivo	Aditivo	Supresivo
Glucosa	Aditivo	Aditivo	Supresivo
Manitol	Aditivo	Aditivo	Supresivo
Ciclamato de Sodio	Sinérgico	Aditivo	Supresivo

Sacarina	Sinérgico	Sinérgico	Supresivo
NHDC	Sinérgico	Sinérgico	Aditivo
Rebaudiósido A	Supresivo	Supresivo	Supresivo
Sorbitol	Aditivo	Aditivo	Supresivo
Steviósido	Aditivo	Supresivo	Supresivo
Sacarosa	Aditivo	Aditivo	Aditivo
Taumatina	Aditivo	Aditivo	Supresivo

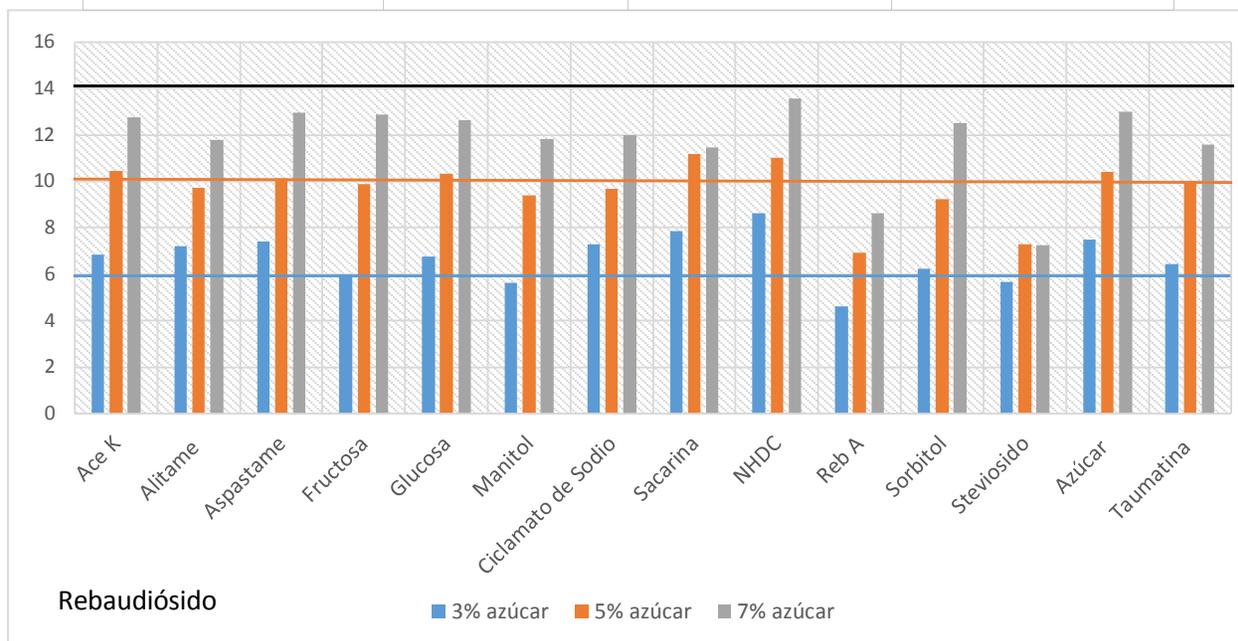


Figura 21. Gráfico de sinergias cuantitativas de Rebaudiósido A con otros edulcorantes de alta potencia

DISCUSIÓN

Los extractos de Stevia de alta pureza son endulzantes no calóricos que empezaron a ser comercializados por la empresa Cargill. Los compuestos dulces dentro de la planta de Stevia se llaman Glucósidos de Steviol, estos compuestos son hasta 300 veces más dulces que la sacarosa. El mayor componente dentro de la planta es el Rebaudiósido A. La molécula es estable en sistemas secos y acuosos por lo que se puede aplicar en un sinnúmero de productos (Prakash, et al. 2008). Los glucósidos de Steviol están aprobados

para usarse como ingredientes o aditivos en muchos países, por la FDA, el Codex Alimentarius y el Consejo Europeo.

Además de la demanda de los consumidores por la naturalidad, las sustituciones de azúcar son una realidad en América Latina ya sea por compromiso social o por regulaciones alimentarias. El Stevia tiene buen perfil de dulzor cuando se combina con otro tipo de azúcares de origen natural (sacarosa o fructosa) y con edulcorantes de alta potencia como el Acesulfame K o Sucralosa cuando se busca mejorar el temporal, con Sucralosa o EAP que no tengan resabios amargos ni dulces para mejorar la calidad de dulzor y esto va a depender mucho del producto al que se adiciona. La Taumatina y la Glicirricina combinados con los glucósidos de Steviol pueden enmascarar resabios amargos.

Si el objetivo es aumentar la potencia de dulzor, a bajas concentraciones los glucósidos de Steviol muestran buena sinergia con Acesulfame K, Aspartame, Alitame, Ciclamato de Sodio, Sacarina, NHDC y Taumatina.

A concentraciones equivalentes a 5% azúcar, los glucósidos de Steviol muestran sinergia cuantitativa con Ciclamato de Sodio, NHDC, Aspartame y Sacarina. A concentraciones de 7% no presentan sinergia cuantitativa, únicamente aditividad y supresión, la aditividad aunque no aumenta el dulzor puede mejorar la calidad organoléptica del producto. Los glucósidos de Steviol presentan aditividad con NHDC, Aspartame y Sacarosa.

CONCLUSIONES

Para los tecnólogos en alimentos es necesario tener las herramientas que permitan formular productos que vayan con la tendencia del mercado que es la sustitución parcial o total de azúcares, grasas y sal por los problemas existentes de salud debido al consumo en exceso a nivel mundial. Los edulcorantes de alta potencia forman parte de un estilo de vida saludable en general.

Actualmente se tienen varias opciones de edulcorantes de alta potencia para realizar sustituciones de azúcar. Los revisados en este estudio se encuentran en la lista de seguridad de aditivos alimentarios por regulaciones internacionales.

Cuando hacemos reducciones parciales o totales de azúcar debemos obtener un producto cuyo perfil sea el más parecido a la sacarosa para ello se debe tomar en cuenta la potencia de dulzor, el temporal y la calidad de sabor. Se sabe que las mezclas sinérgicas con edulcorantes de alta potencia pueden darnos un perfil similar sin calorías.

El Stevia pretende ser el edulcorante natural sin calorías de mayor volumen en venta ya sea por su propia naturalidad o por los beneficios que tiene para la salud, tema que no fue abordado en este trabajo y que sin embargo es importante de mencionar.

Estudios realizados de sinergia de Glucósidos de Steviol con otros edulcorantes de alta potencia, han demostrado que estos presentan sinergia cuantitativa y cualitativa, se puede potenciar el dulzor de los glucósidos de Steviol con: Ciclamato de Sodio, Sacarina, NHDC, Sucralosa, Aspartame y Alitame. Por otro lado se puede mejorar su temporal con Mogrósidos, Acesulfame K y Sucralosa. Se puede mejorar el perfil de dulzor con Taumatina, Glicirricina o Sucralosa.

ANEXO

Regulaciones de los edulcorantes de alta potencia

Los aditivos o ingredientes alimentarios son regulados por organismos nacionales e internacionales, la función de estos organismos es proteger la salud de los consumidores y asegurarse que la práctica de comercio de alimentos sea justa, así como promover los estándares de calidad de los mismos (establecimiento de definiciones, especificaciones, procesos y límites).

La Organización Mundial de la Salud a través de JECFA (Comité de Expertos en Aditivos Alimentarios), es el principal organismo de regulación y seguridad de Aditivos en el que participan representantes de diversos países que son seleccionados por su experiencia en Ciencias y en Alimentos; los aditivos también son regulados por la comisión del Codex Alimentarius quienes dictan normas relativas a la higiene de los alimentos, aditivos (Norma General para los aditivos Alimentarios), plaguicidas, contaminantes, etiquetado, métodos de análisis y muestreo.

La comunidad Europea tiene una codificación especial para los aditivos con el número “E” y se rige por la Regulación del Parlamento Europeo.

La FDA (Administración de Drogas y Alimentos) es el organismo regulador en Estados Unidos quien publica el Code of Federal Regulations; en el título 21 aparecen los aditivos permitidos para consumo humano.

En México en el 2012, la Cofepris (Comisión Federal para la protección contra Riesgos Sanitarios) publicó el Acuerdo por el que determinan los Aditivos y Coadyuvantes en Alimentos, Bebidas y suplementos Alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias donde se señalan los límites permitidos de los edulcorantes de alta potencia en cada categoría. Los límites que ahí se presentan para edulcorantes son los mismos que podemos encontrar en el Codex Alimentarius.

Ingesta diaria Admisible

Como parte de la evaluación de un aditivo alimentario JECFA establece una ingesta diaria admisible, esta ingesta está dada por los miligramos del producto que puede consumir un humano por su peso corporal por día por toda su vida sin correr ningún riesgo a la salud.

Este ADI por sus siglas en inglés es establecido por las pruebas toxicológicas en animales y algunas veces realizadas en humanos. En estas pruebas toxicológicas se determina el NOEL, que es nivel en el cual no hay un efecto observable del aditivo en el sujeto de estudio dividido entre 100 (factor de seguridad).

Tabla 9. Edulcorantes de uso permitido por FDA, Codex Alimentarius y Comunidad Europea

Origen	Edulcorante de alta potencia	Legislación	ADI (mg/Kg peso corporal /día)
Natural	Brazeína	En proceso	En proceso
	Glicirricina	CAS 53956-04-0 E958 SIN958	0-2
	Glucósidos de Steviol	Rebaudiósido A: CAS 58543-16-1 Esteviósido: CAS 57817-89-7 E960 SIN960	0-4 (como equivalentes de Steviol)
	Mogrósidos	En proceso	En proceso
	Taumatina	CAS 53850-34-3 E957 SIN957	1-5
Artificial	Acesulfame K	CAS 55589-62-3 E950 SIN 950	0-15
	Alitame	CAS 99016-42-9 (Hidratado) CAS 80863-62-3 (anhidro) E956 SIN 956	0-1
	Advantame	CAS 714229-20-6 E969 SIN 969	0-5
	Aspartame	CAS 8050-30-4 E951 SIN 951	0-40
	Ciclamato	CAS 139-05-9 E952 SIN952	0-11
	Neohesperidina de hidrochalcona (NHDC)	CAS 20702-77-6 E959 SIN959	5
	Neotame	CAS 165450-17-9 E961 SIN961	0-2
	Sacarina	CAS 128-44-9 (sódica), CAS 6485-34-3 (cálcica) E954 SIN954	0-5
	Sucralosa	CAS 56038-13-2 E955 SIN955	0-15

BIBLIOGRAFÍA

- Abelyan V. y Abelyan L., (2012), *The Art of Stevia*, Kuala Lumpur, Primera Edición.
- Anton S., et al, (2010), Effects of stevia, aspartame and sucrose on food intake, satiety and postprandial glucose and insulin levels, *Appetite* (55) 37-43.
- Badui S., 2006. *Química de los Alimentos*, México, Editorial Pearson, Cuarta Edición.
- Capitanio, et al, 2011, Mixing taste illusions: the effect of miraculin on binary and ternary mixtures, *Journal of Sensory Study*, (26) 54-61
- Danilova V. y Hellekant G., (2005), Elucidating coding of taste qualities with the taste modifier miraculin in the common marmoset, *Brain research bulletin* (68) 315-321.
- Fiorenza, et. al. (2009) Sweetener composition, WO 2009/016374
- Fujiwara, S. et. al (2012), Sweeteners interacting with the transmembrane domain of the human sweet-taste receptor induce sweet-taste synergisms in binary mixture, *Food Chemistry* (130) 561-568.
- Green, B., et. al. (2010), Taste mixture interactions: Suppression, additivity, and the predominance of sweetness, *Physiology and Behavior* (101) 731-737.
- Gibbs, et al (1996), Sweet and taste modifier proteins: a review, *Nutrition research*, (16) 1619-1630.
- Grenby T., (1991), Intense sweeteners for the industry, *Trends in food science and technology*, (1-6).
- Kant, R. (2005), Sweet proteins, potential replacement for artificial low calorie sweeteners, *Nutrition Journal*, (4), 1-6.
- Keast R. y Breslin P., (2002), An overview of binary taste-taste interactions, *Food Quality and preference* (14) 11-124.
- Kinghorn A.D., y Compadre C.M., (1991) (2001) (2010), Less common high potency sweeteners, en: *Alternative Sweeteners*, Nueva York, Editorial: Marcel Dekker, 3ra Edición, pags. 209-233.

- Kurihara Y., (1992), Characteristics of antisweet substances, sweet proteins and sweetness inducing proteins, *Crit. Rev Food Science Nutrition* (32), 231-252.
- Lee C.H., (1975), Intense sweeteners from Lo Han Kuo (*Momordica grosvenori*), *Experientia* (31) 533-534.
- Lord, J. (2010) Modifying the taste profile of Stevia through taumatococcus. Presentation in 2nd. Stevia World Asia, Shanghai, April 2010.
- Ming, D. y Hellekant G, (1994), Brazzein a new high potency thermostable sweet protein from *Pentadiplandra brazzeana* B, *FEBS letters*, (355) 106-108.
- O'Brien Lyn, (2001), *Alternative Sweeteners*, Nueva York, Editorial: Marcel Dekker, 3ra Edición.
- O'Donnell K., (2006), Aspartame and Neotame, en: *Sweeteners and sugar alternatives in Food Technology*, Editado por Helen Mitchell, Oxford, Editorial: Blackwell, págs. 86-103.
- Portman M., Kilcast D., (1997), Descriptive profile of synergistic mixtures of bulk and intense sweeteners, *Food Quality and preference*, (9) Núm 4, 221-229.
- Prakash I., et. al, (2008), Development of rebiana, a natural, non-caloric sweetener, *Food and Chemical Toxicology* (46), 575-582.
- Sandesai V. and Waldshan T., (1991), Natural and synthetic intense sweeteners, *Journal of Nutritional Biochemistry*, (2) 236-244.
- Schiffman S., et. al, (1995), Investigation of synergism in binary mixtures of sweeteners, *Brain Research Bulletin* (38) 105-120.
- Schiffman S. y Gatlin A., (1993), Sweeteners: State of knowledge review, *Neuroscience and Biobehavioral Review*, (17) 313-345
- Schiffman S., Sattely-Miller E. y Bishay I., (2006), Time to maximum sweetness intensity of binary and ternary blends of sweeteners, *Food Quality and preference*, (18) 405-415.

- Servant, G., et. al., (2011), The sweet taste of true synergy: positive allosteric modulation of the human sweet taste receptor, *Trends in Pharmacological Sciences*, (32) No. 11 631-636.
- Shankar P., et. al, (2013), Non-nutritive sweeteners: Review and update, *Nutrition*, (29) 1293-1299.
- Storkey C., et al. (2014), Prevention of degradation of the natural high potency sweetener (2R,4R)-monatin in mock beverage solutions, *Food chemistry* (173) 645-651
- Sylvetsky A y Rother I., (2011), Artificial sweetener use among children epidemiology, recommendations, metabolic outcomes, and future directions, *Pediatric clinics* (58) 1467-1480.
- Zygler A., Waasik A., Namiesnik J., (2009), Analytical Methodologies for determination of artificial sweeteners in foodstuffs, *Trends in analytical chemistry*, (28), 1082-1102.