



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"



**"PERSPECTIVAS DE APLICACION DE DIFERENTES EDULCORANTES
BAJOS EN CALORIAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA".**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A :

CLAUDIA DOLORES GUTIERREZ LARA

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. SARA E. VALDES MARTINEZ



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 está 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.

CONTENIDO

PAGINA

OBJETIVOS

INTRODUCCION

1.0 GENERALIDADES	1
1.1 Importancia de los edulcorantes en la industria alimentaria	1
1.2 Teoría del dulzor	1
1.3 Principales edulcorantes utilizados en la industria alimentaria	4
1.3.1 Definición	4
1.3.2 Clasificación	5
1.3.2.1 De acuerdo a su origen	5
1.3.2.2 De acuerdo a su estructura	5
1.3.2.3 De acuerdo a su valor nutritivo	7
1.3.2.4 De acuerdo a su valor calórico	7
2.0 EDULCORANTES NATURALES	9
2.1 Sacarosa	10
2.1.1 Características	10
2.1.2 Metabolismo	11
2.1.3 Toxicología	11
2.1.4 Aplicaciones	11
2.1.5 Obtención	13
2.2 Glucosa	14
2.2.1 Características	14
2.2.2 Metabolismo	15
2.2.3 Toxicología	15
2.2.4 Aplicaciones	15
2.2.5 Obtención	16
2.3 Fructosa	17
2.3.1 Características	17
2.3.2 Metabolismo	20
2.3.3 Toxicología	21
2.3.4 Aplicaciones	21
2.3.5 Obtención	22
2.4 Otros	23
2.4.1 Maltosa	23
2.4.2 Lactosa	24
2.4.3 Alcoholes polihídricos	24
2.4.3.1 Sorbitol	25
2.4.3.2 Manitol	26
2.4.3.3 Xilitol	26

CONTENIDO
(Continuación)

	PAGINA
2.4.4 Esteviósido	28
2.4.5 Glicirricina	29
2.4.6 Filodulcina	29
2.4.7 Hernandulcina	30
2.4.8 Osladina	30
2.4.9 Glucósidos de la fruta Lo-Han	30
2.4.10 Taumatina	30
2.4.11 Miraculina	31
2.4.12 Monelina	31
2.4.13 Miel	31
2.4.14 Jarabe de maple	31
2.4.15 Varios	31
3.0 EDULCORANTES ARTIFICIALES	32
3.1 Sacarina	33
3.1.1 Historia	33
3.1.2 Características	33
3.1.3 Solubilidad	34
3.1.4 Estabilidad	35
3.1.5 Poder edulcorante	35
3.1.6 Sinergismo	35
3.1.7 Metabolismo	35
3.1.8 Toxicología	35
3.1.9 Legislación	35
3.1.10 Aplicaciones	36
3.1.11 Obtención	39
3.2 Aspartame	40
3.2.1 Historia	40
3.2.2 Características	40
3.2.3 Solubilidad	41
3.2.4 Estabilidad	42
3.2.5 Poder edulcorante	44
3.2.6 Sinergismo	46
3.2.7 Metabolismo	47
3.2.8 Toxicología	48
3.2.9 Legislación	50
3.2.10 Aplicaciones	50
3.2.11 Obtención	52
3.3 Ciclamato	53
3.3.1 Historia	53
3.3.2 Características	53
3.3.3 Solubilidad	54
3.3.4 Estabilidad	54
3.3.5 Poder edulcorante	54
3.3.6 Sinergismo	54
3.3.7 Metabolismo	54

CONTENIDO
(Continuación)

	PAGINA
3.3.8 Toxicología	55
3.3.9 Legislación	56
3.3.10 Aplicaciones	56
3.3.11 Obtención	57
3.4 Acesulfame-K	58
3.4.1 Historia	58
3.4.2 Características	58
3.4.3 Solubilidad	58
3.4.4 Estabilidad	59
3.4.5 Poder edulcorante	59
3.4.6 Sinergismo	59
3.4.7 Metabolismo	59
3.4.8 Toxicología	59
3.4.9 Legislación	60
3.4.10 Aplicaciones	60
3.5 Alitame	61
3.5.1 Historia	61
3.5.2 Características	61
3.5.3 Solubilidad	61
3.5.4 Estabilidad	61
3.5.5 Poder edulcorante	61
3.5.6 Sinergismo	62
3.5.7 Metabolismo	62
3.5.8 Toxicología	62
3.5.9 Legislación	62
3.5.10 Aplicaciones	62
3.6 Otros	63
3.6.1 Sucralosa	63
3.6.2 Dehidrochalconas	63
3.6.3 Azúcares-L	64
3.6.4 Neosugar	64
3.6.5 Dulcina	65
3.6.6 Dietilenglicol	65
3.6.7 Poliazúcar	65
4.0 TENDENCIAS DE CONSUMO	66
5.0 DISCUSION	77
6.0 CONCLUSIONES	84
7.0 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	86

LISTA DE CUADROS

NUMERO	NOMBRE	PAGINA
1	Poder edulcorante de diferentes compuestos	2
2	Clasificación de diferentes edulcorantes en base a su origen	6
3	Clasificación de diferentes edulcorantes en base a su valor nutritivo	7
4	Clasificación de diferentes edulcorantes en base a su valor calórico	8
5	Contenido de fructosa en diferentes frutas	18
6	Propiedades físicas y químicas del xilitol	27
7	Propiedades físicas del aspartame	41
8	Solubilidad del aspartame a diferentes valores de pH	42
9	Poder edulcorante del aspartame en relación con la sacarosa para un sistema acuoso simple	45
10	Valores del poder edulcorante del aspartame en diferentes productos	46
11	Fuentes de azúcares	70
12	Costo relativo por unidad de dulzor	74
12	Volumen de importación de diferentes edulcorantes de 1985 a 1988	76

LISTA DE FIGURAS

NUMERO	NOMBRE	PAGINA
1	Representación de la teoría de la percepción del dulzor según Schallenberger y Acree	3
2	Puentes de hidrógeno que impiden la interacción del azúcar con los sitios receptores y localización del factor hidrófobo respecto a los grupos AH, B.	4
3	Forma estructural de la sacarosa	10
4	Intensidad de dulzor de la dextrosa, fructosa y sacarosa respecto al tiempo	12
5	Forma estructural de la glucosa	14
6	Forma estructural de la fructosa	18
7	Vías de metabolismo de diferentes edulcorantes	20
8	Forma estructural de la maltosa	23
9	Forma estructural de la lactosa	24
10	Forma estructural del sorbitol	25
11	Forma estructural del manitol	26
12	Forma estructural del xilitol	26
13	Efecto del xilitol y glucosa en el azúcar del nivel sanguíneo	28
14	Forma estructural del esteviósido	28
15	Forma estructural de la glicirricina	29
16	Forma estructural de la filodulcina	29
17	Forma estructural de la hernandulcina	30
18	Forma estructural de la sacarina	33
19	Perfil de sabor de soluciones de sacarosa y de ciclamato/sacarina	37

LISTA DE FIGURAS
(Continuación)

NUMERO	NOMBRE	PAGINA
20	Promedio de dulzor de bebidas de cola carbonatadas después de almacenarse a 20°C por 52 semanas	38
21	Forma estructural del aspartame	40
22	Productos de conversión del aspartame	43
23	Estabilidad del aspartame en soluciones amortiguadoras a diferentes valores de pH	43
24	Influencia de la temperatura en la estabilidad del aspartame	44
25	Forma estructural del ciclamato	53
26	Biotransformación del ciclamato	55
27	Forma estructural del acesulfame-K	58
28	Forma estructural del alitame	61
29	Forma estructural de la neohespiridina dehidrochalcona	63
30	Forma estructural del neosugar	64
31	Producción de azúcar de caña y remolacha en Estados Unidos	67
32	Consumo per cápita del azúcar en Estados Unidos	67
33	Consumo de edulcorantes calóricos de 1982 a 1986 en Estados Unidos	68
34	Decremento en el consumo del azúcar en Estados Unidos	68
35	Principales aplicaciones de los jarabes de maíz ricos en fructosa	69
36	Consumo per cápita de refrescos gaseosos en Estados Unidos	69
37	Disponibilidad de edulcorantes calóricos en Estados Unidos de 1960 a 1990	70

LISTA DE FIGURAS
(Continuación)

NUMERO	NOMBRE	PAGINA
38	Promedio de ingestión diaria de diferentes carbohidratos	71
39	Consumo de edulcorantes calóricos y no calóricos (kg/per cápita/año)	72
40	Consumo per cápita de edulcorantes no calóricos en Estados Unidos	72
41	Producción de azúcar en México de 1981 a 1990	75

INTRODUCCION

A través del tiempo, el hombre ha mostrado especial preferencia por el sabor dulce de los alimentos, dado que éste se asociaba con el bienestar, considerando a los alimentos dulces como seguros de consumir, y a los amargos como venenosos.

Los edulcorantes son compuestos que proporcionan dulzor y que, de una manera u otra, se encuentran en la alimentación habitual de las personas. Estos pueden ser extraídos a partir de las plantas, o bien, pueden ser sintetizados artificialmente. La sacarosa, los edulcorantes de maíz, la miel, las melazas y el aspartame están catalogados como edulcorantes nutritivos debido a que aportan calorías a la dieta. Otros edulcorantes de este tipo son la fructosa, glucosa, azúcares invertidos, maltodextrinas, maltosa, azúcares reductores, oligosacáridos, etc.

Los edulcorantes no nutritivos no son metabolizados por el organismo y no aportan calorías a la dieta. Estos incluyen los ciclamatos, sacarina, acesulfame-K, etc.

La percepción del dulzor depende de algunos factores; su intensidad y perfil se percibe de diversas formas debido a las diferencias innatas en la capacidad de percepción de las personas. La percepción también está en función del tipo de azúcar a evaluar, su grado de hidrólisis, configuración y otras propiedades inherentes. El dulzor relativo es un indicador del poder edulcorante de los diferentes productos comparados con la sacarosa, cuyo poder edulcorante se toma como referencia.

En muchos aspectos, la sacarosa se considera como un ingrediente ideal dado que presenta un agradable sabor dulce, contribuye a la textura y color de productos horneados, es indispensable en la fermentación de levaduras, actúa como un agente que proporciona volumen y como conservador según la concentración en la que se emplee. No obstante lo anterior, se han buscado fuentes alternas al consumo de la sacarosa debido a razones de salud o de control de peso.

Los productos bajos en calorías representan una alternativa para dichas personas gracias a la introducción en el mercado de edulcorantes bajos en calorías. Entre estos productos se encuentran las bebidas refrescantes, cuyo consumo se vió incrementado a principios de los años '60's, provocando que las industrias de alimentos y bebidas manifestaran su interés por los edulcorantes no nutritivos que pudieran ser empleados en la formulación de este tipo de productos.

A partir del descubrimiento de la sacarina, los edulcorantes artificiales han formado parte importante de la industria alimentaria como sustitutos del azúcar. El desarrollo de éstos ha estado acompañado por cambios en la legislación que permiten su empleo.

En diferentes países del mundo ha sido aprobado el uso de edulcorantes bajos en calorías; sin embargo, estos países presentan diversas legislaciones respecto a su empleo; de esta manera, la sacarina, ciclamatos, acesulfame-K y aspartame, entre otros, han sido aplicados en productos tales como caramelos, polvos de bebidas instantáneas, bebidas

carbonatadas, productos lácteos, cereales para el desayuno, bebidas congeladas, pasteles, etc., dependiendo de las restricciones que cada país presente para cada edulcorante en particular.

Actualmente, el empleo de diferentes edulcorantes bajos en calorías se incrementa día con día, por lo que se hace necesario determinar las principales características de éstos, analizar los aspectos legislativos que intervienen en su empleo y evaluar sus posibles aplicaciones en la industria alimentaria, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo, analizar las perspectivas y potencial que presentan dichos edulcorantes para emplearse en la industria alimentaria de nuestro país.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Analizar y evaluar el potencial que presentan diferentes edulcorantes bajos en calorías empleados en la industria alimentaria.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Recopilar información acerca de las propiedades y aplicaciones de edulcorantes tanto naturales como artificiales.
- Analizar las características principales de ambos tipos de edulcorantes.
- Estudiar la situación legal de los edulcorantes bajos en calorías a nivel mundial y en nuestro país.
- Analizar el potencial de uso de los edulcorantes bajos en calorías en México desde el punto de vista tecnológico.

1.0 GENERALIDADES

1.1 Importancia de los edulcorantes en la industria alimentaria

Desde la antigüedad, al hombre le ha agradado el sabor dulce de los alimentos; anteriormente, dadas las diferentes creencias, se consideraba que los alimentos dulces eran seguros de consumir, y que los amargos eran venenosos; asimismo, el sabor dulce se relacionaba con la salud (39).

Los edulcorantes se emplean en la industria alimentaria para proporcionar el dulzor requerido en los alimentos y en muchas ocasiones pueden cubrir ciertas características en base a sus propiedades funcionales (cuerpo, textura, desarrollo de color, etc.) así como para actuar como agentes dispersantes, englobantes, fijativos, etc. De esta manera, los edulcorantes afectan la viscosidad de los productos en los que se emplean, modifican la consistencia, cuerpo y sensación bucal de los alimentos y debido a su alta higroscopicidad, se caracterizan por ser depresores de la actividad de agua (73).

No obstante la gran variedad de edulcorantes de que actualmente se dispone, es necesario efectuar una adecuada selección del tipo de azúcar a emplear en cada aplicación considerando aspectos tales como: poder edulcorante, solubilidad, peso específico, higroscopicidad, facilidad de fermentación y pardeamiento, etc.

Actualmente, la tendencia general se orienta a consumir edulcorantes bajos en calorías ya que el eliminar o controlar la ingestión de azúcar se debe principalmente a dos necesidades básicas:

- Médicas o de Salud. Por individuos con desórdenes fisiológicos como diabetes o que presentan problemas de salud asociados con el consumo excesivo de azúcar.
- Control de Peso. Por personas con problemas de obesidad o aquellas que desean reducir su ingestión calórica (30,34,49,63,79).

1.2 Teoría del dulzor

El sabor dulce constituye un fenómeno subjetivo y sensorial que está influenciado por diversos factores psicológicos y ambientales.

Mediante el sentido del gusto se perciben las características dulces, ácidas, amargas y saladas de una sustancia disuelta, por medio de las papilas gustativas, la transmisión de los nervios glosofaríngeos y linguales y los centros de los núcleos posteriores ventrales del tálamo. Las papilas gustativas se localizan en el epitelio de las zonas laterales de la lengua y las paredes de los vellos papilares de la base de la lengua.

Las diferentes sensaciones del sabor se perciben en la lengua de la siguiente forma: En los lados posteriores de la lengua se distingue el sabor ácido, en la porción central superior el sabor amargo, en los lados anteriores el sabor salado y en la porción anterior el sabor dulce.

El poder edulcorante de un compuesto se define como la capacidad de éste para producir dulzor. Para determinar el grado de dulzor de los

diferentes azúcares presentes en la naturaleza y los obtenidos artificialmente, se requiere realizar un análisis sensorial mediante un grupo de personas entrenadas capaces de distinguir diversos sabores, que evalúen soluciones acuosas de dichos edulcorantes comparadas con las de una solución de sacarosa a la misma concentración, la cual usualmente se emplea como referencia y se le designa un valor de 1, o bien de 100. Por otra parte, ya que dicho análisis es subjetivo, los valores del poder edulcorante de los diferentes azúcares pueden variar y dependen de su grado de hidrólisis, configuración, solubilidad, concentración, temperatura y viscosidad. Así por ejemplo, la L-glucosa presenta un sabor ligeramente salado y la D-glucosa es dulce. Como se observa en el cuadro 1, uno de los compuestos que presentan un mayor poder edulcorante es el 5-nitro-2-propoxilánilina (P-4000), mientras que la lactosa y el dulcitol muestran los niveles más bajos. En el presente trabajo se considera que la sacarosa muestra un valor de 1.

CUADRO 1
PODER EDULCORANTE DE DIFERENTES COMPUESTOS

Lactosa	0.4
Dulcitol	0.4
Neosugar	0.4-0.6
Maltosa	0.5
Sorbitol	0.5
D-glucosa	0.7
D-xilosa	0.7
Manitol	0.7
Glicerol	0.8
Sacarosa	1.0
Xilitol	1.0
Jarabe invertido	1.05
Jarabes de maíz ricos en fructosa (JMRF)	1.0-1.3
Fructosa en solución (5-15%)	1.15-1.25
Fructosa cristalina	1.8
Licásina	25-50
Ciclamato	30-80
Glicirricina	50-100
Aspartame	100-200
Acesulfame-K	130-200
Sacarina	200-700
Dulcina	250
Estevióside	300
Naranginina dehidrochalcona	350
Filodulcina	400
Glucósidos de la fruta Lo-Han	400
Sucralosa	600-800
Hernandulcina	1000
Neohesperidina dehidrochalcona	2000
Ailitame	2000
Monelina	2000-2500
Taumatina	2500
5-nitro-2-propoxilánilina (P-4000)	4000

Fuente: Rodríguez-Palacios, F.J., et.al. (1986); "EDULCORANTES"; Tecnología de Alimentos; 21 (4):14 y Godshall M.A. (1990); "USE OF SUCROSE AS SWEETENER IN FOODS"; 35 (4): 385.

Diversas teorías han tratado de explicar la forma en que se percibe el dulzor. En 1914, Cohn indicó que grupos químicos específicos como $-OH_n$, NH , NH_2 , NOH y NO_2 , se encontraban asociados con el dulzor. Por su parte Oertly y Myers en 1919, concluyeron que los grupos que había indicado Cohn también presentaban diferentes funciones químicas y los denominaron glucóforos y auxogluc e indicaron que ambos constituían un glucogene. Asimismo, reconocieron seis tipos diferentes de glucóforos y cuatro grupos de auxoglucs, por ejemplo, para las hexosas el grupo auxogluc correspondía a $C_nH_{2n-1}O_n$ y el glucóforo al grupo $-COC-HOH-(H)$. En 1920, Kodama señaló que los compuestos dulces contenían un hidrógeno "vibratorio" el cual interactuaba intramolecularmente con un grupo aceptor de protones para formar una estructura híbrida. Más tarde, Tsukiuki describió esta teoría en términos de "formas resonantes". En el año de 1954, Warfield intentó explicar el dulzor bajo conceptos de "parejas" compuestas de un protón y un par de electrones vecinos no compartidos y en 1966, Deutsch y Hansch encontraron una correlación entre el dulzor relativo y un enlace hidrofóbico constante derivado de coeficientes de partición (82).

Un año más tarde, Schallenger y Acree propusieron una teoría que ha cobrado gran importancia sobre la percepción del dulzor, la cual se basa en las propiedades de los enlaces de hidrógeno de las moléculas dulces. Dicha teoría postula que un compuesto dulce posee átomos electronegativos designados como A y B y un átomo de hidrógeno unido por un enlace covalente simple a A, puede formar enlaces de puente de hidrógeno recíprocos con un receptor que presenta una estructura similar en las papilas gustativas, lo que ocasiona la sensación dulce en la boca. En la figura 1, AH constituye cualquiera de los grupos que pueden ceder protones y B representa el grupo funcional que puede aceptar protones. De acuerdo a esta teoría, se requiere una distancia de 2.6 Å de separación entre AH y B, dado que, de otra forma, podrían formarse puentes de hidrógeno intramoleculares, disminuyendo la posibilidad de interacción con el sitio receptor de la boca (49,63,73,78,82,83).

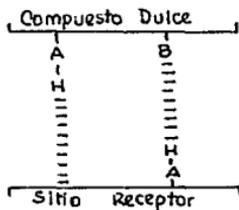


fig. 1 Representación de la teoría de la percepción del dulzor según Schallenger y Acree

Fuente: Schallenger R. S. (1980); "PREDICTING SWEETNESS FROM CHEMICAL STRUCTURE AND KNOWLEDGE OF CHEMORECEPTION"; Food Technology; 34 (1): 65.

Asimismo, debe considerarse el grado de hidrofobicidad que presentan las moléculas, el cual se debe a que la membrana receptora presenta un carácter de lípido, aumentando dicha interacción, la hidrofobia del agente estimulante. Lo anterior incluye en la teoría, un tercer factor, denominado hidrófobo γ , el cual puede existir como parte de la molécula estimulante, localizado a 3.5 Å de AH y a 5.5 Å de B, como se muestra en la figura 2. Esta distribución forma un triángulo entre AH, B y γ , requiriendo una bien definida estructura conformacional del azúcar y que los enantiómeros D y L muestren diferentes valores del poder edulcorante. Por su parte, la sacarosa muestra un alto poder edulcorante, el cual se encuentra relacionado con la hidrofobia de su molécula y la rigidez de su estructura AH-B. Asimismo, la sacarina no sufre reacciones de tautomerismo al disolverse en agua, sin cambiar su intensidad de dulzor, mientras que en la D-fructosa presenta un factor hidrófobo γ que corresponde al átomo de carbono del grupo metileno, lo cual contribuye a su poder edulcorante (29).

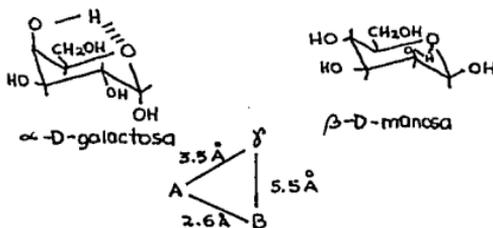


fig. 2 Puentes de hidrógeno que impiden la interacción del azúcar con los sitios receptores, y localización del factor hidrófobo respecto a los grupos AH, B.

Fuente: Badui, D.S. (1984); Cap. 2; "CARBOHIDRATOS"; en "QUIMICA DE LOS ALIMENTOS"; Edit. Alhambra; México; pg. 72.

1.3 Principales edulcorantes utilizados en la industria alimentaria

1.3.1 Definición

Un edulcorante es un compuesto capaz de producir un sabor dulce en la boca dada su estereoquímica y facilidad para formar puentes de hidrógeno, así como la hidrofobia de sus moléculas para provocar un estímulo entre éste y el sitio receptor de la boca (49).

En 1985, el Consejo de Control de Calorías definió al edulcorante ideal de la siguiente forma: "sustancia que puede tener igual o mayor dulzor que la sacarosa y que es incoloro, inodoro, fácilmente soluble, estable y con características de funcionalidad y economía viables; asimismo, debe reducir o no aportar calorías a la dieta, debe metabolizarse normalmente o ser no nutritivo sin presentar efectos tóxicos o contribuir a la caries dental" (39).

Desafortunadamente, ninguno de los edulcorantes de que actualmente se dispone presenta las propiedades funcionales y de sabor similares a las de la sacarosa. Entre estas diferencias se tienen las siguientes:

- Sabor. Bajo perfil de sabor en comparación con la sacarosa, así como resabios indeseables.
- Pobres propiedades englobantes las cuales afectan la textura y sensación bucal.
- Problemas de estabilidad debido a la interacción con otros compuestos propios de los alimentos o descomposición durante el procesamiento y almacenamiento (30,39,63,74,85).

1.3.2 Clasificación

Debido a que existen diferentes factores que deben considerarse al evaluar la intensidad del dulzor de los diversos edulcorantes de que se dispone actualmente, como son la concentración del edulcorante, temperatura, viscosidad, presencia de ácidos, sales, etc., que pueden interactuar con el medio en el que se encuentra presente el edulcorante, afectando sus propiedades, resulta difícil realizar una clasificación estricta de éstos; no obstante, en forma general, pueden agruparse de acuerdo a su origen, valor nutritivo y valor calórico, como se muestra a continuación:

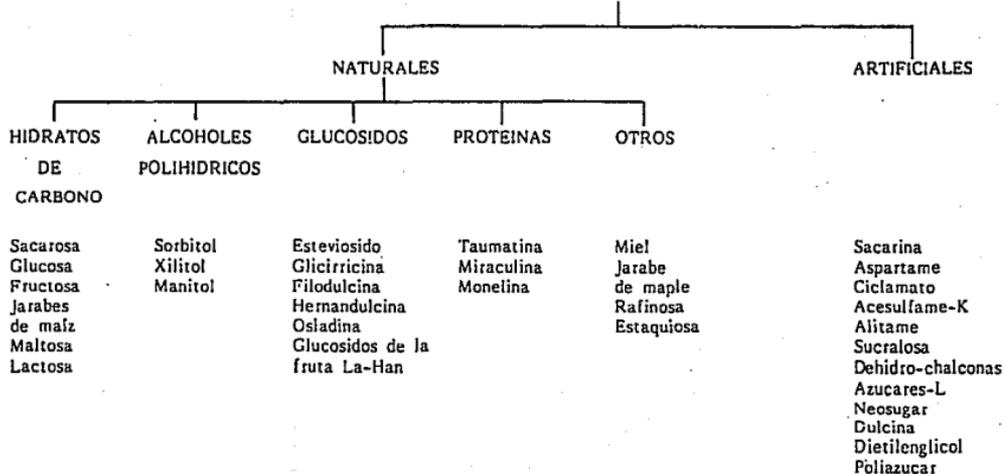
1.3.2.1 De acuerdo a su origen

- Naturales: Se encuentran en la naturaleza y pueden extraerse de ciertas plantas o frutas (ejem. sacarosa, glucosa, fructosa, etc.).
- Artificiales: Se obtienen mediante una síntesis química a partir de 2 o más compuestos químicos (ejem. sacarina, aspartame, ciclamato, etc.).

1.3.2.2 De acuerdo a su estructura

Los edulcorantes naturales en base a su estructura pueden clasificarse en hidratos de carbono, alcoholes polihídricos, glucósidos, proteínas y otros. Por su parte, los edulcorantes artificiales muestran diferentes estructuras químicas, por lo que no presentan una clasificación en base a ésta, como se observa en el cuadro 2.

CUADRO 2
CLASIFICACION DE DIFERENTES EDULCORANTES EN BASE A SU ORIGEN
Y ESTRUCTURA
EDULCORANTES



1.3.2.3 De acuerdo a su valor nutritivo

- Nutritivos: Se metabolizan en el organismo.
- No nutritivos: No se metabolizan en el organismo.

En el cuadro 3 se muestra la clasificación de los edulcorantes en base a su valor nutritivo.

CUADRO 3

CLASIFICACION DE DIFERENTES EDULCORANTES EN BASE A SU VALOR NUTRITIVO (*)

NUTRITIVOS					NO NUTRITIVOS
HIDRATOS DE CARBONO	ALCOHOLES POLIHIDRICOS	GLUCOSIDOS	PEPTIDOS Y PROTEINAS	OTROS	
Sacarosa	Sorbitol	Esteviósido	Taumatina	Dulcina	Sacarina
Glucosa	Xilitol	Glicirricina	Aspartame	Dietilenglicol	Ciclamato
Fructosa		Filodulcina		Dehidrochalconas	Acesulfame-K
Jarabes de maiz		Hornandulcina			Manitol
Maltosa		Osladina			Rafinosa
Lactosa					Estaquiosa
Miel					Neosugar
Jarabe de maple					Azúcares-L Poliazúcar Sucralosa

(*) No se incluyen edulcorantes como la Monelina, Miraculina, Glucósidos de la fruta Lo-Han y Alitame, ya que su metabolismo no se encuentra claramente definido.

1.3.2.4 De acuerdo a su valor calórico

- Dietéticos: Su ingestión proporciona un bajo nivel calórico.
- No dietéticos: Su ingestión proporciona un alto nivel calórico.

En el cuadro 4 se presenta una clasificación de diferentes edulcorantes de acuerdo a su valor calórico.

CUADRO 4

CLASIFICACION DE DIFERENTES EDULCORANTES EN
BASE A SU VALOR CALORICO

DIETETICOS	NO DIETETICOS
Sacarina	Sacarosa
Ciclamato	Glucosa
Aspartame (*)	Fructosa
Acesulfame-K	Maltosa
Alitame	Sorbitol
Sucralosa	Xilitol
Manitol	Lactosa
	Miel
	Jarabe de maple
	Taumatina

- (*) Aunque el aspartame proporciona el mismo valor calórico que la sacarosa, es decir, 4 kcal/gr, se considera como dietético ya que su poder edulcorante es alto por lo que se emplea a bajas concentraciones, aportando un bajo nivel calórico.

Cabe señalar que estas dos últimas clasificaciones se encuentran estrechamente ligadas entre si, ya que, dado el hecho de que diversos edulcorantes aporten ciertas calorías a la dieta permite considerarlos como nutritivos, mientras que aquellos que no aportan ningún valor calórico, pueden considerarse como no nutritivos al no ser metabolizados.

De las clasificaciones anteriores, una de las más generalizadas, corresponde a la que se basa en su origen, es decir, la clasificación que engloba a los edulcorantes naturales y a los edulcorantes artificiales o sintéticos, por lo que en el presente trabajo se presentan las características, propiedades, estructuras y aplicaciones de los edulcorantes que se encuentran comprendidos en dicha clasificación.

2.0 EDULCORANTES NATURALES

Los edulcorantes naturales representan una fuente empleada desde tiempos remotos, para proporcionar el dulzor requerido en diferentes productos y para contribuir en el adecuado cuerpo y volumen de éstos. Este tipo de edulcorantes incluye una amplia variedad de azúcares que comprenden desde los más conocidos como la sacarosa y fructosa, hasta otros cuyo empleo es tradicional en ciertos países, como el esteviósido, taumatina y hernandulcina.

En general, el empleo de los edulcorantes naturales parece ser ilimitado, ya que sus aplicaciones son muy amplias tanto en productos de la industria alimentaria como en productos farmacéuticos. En su mayoría, su empleo no plantea problemas toxicológicos y no presentan resabios desagradables.

Los edulcorantes naturales de mayor empleo comprenden a la sacarosa, glucosa, fructosa y los jarabes de maíz ricos en fructosa (conocidos bajo las siglas de JMRF).

En este capítulo se indican las principales características de diferentes edulcorantes naturales.

2.1 SACAROSA

La preferencia del hombre por los alimentos dulces data desde la antigüedad. Inicialmente, el hombre encontró en la miel, el sabor dulce que le agradaba. Posteriormente, en el siglo XIV en Arabia se refinó la caña de azúcar y, dos siglos después, ésta fué introducida a Brasil, donde fué empleada principalmente en la fermentación de bebidas alcohólicas.

En 1747, Marggraf descubrió la sacarosa cristalina e indicó la posibilidad de emplearla comercialmente.

La sacarosa es un edulcorante nutritivo que se obtiene principalmente a partir de la caña de azúcar, aunque también puede obtenerse a partir de la remolacha. Se ha señalado que cerca del 60% del azúcar producido a nivel mundial se obtiene de la caña de azúcar, mientras que el 40% se obtiene de la remolacha.

Hoy en día, cerca del 75% de la sacarosa producida se utiliza en la industria alimentaria ya que presenta características ventajosas sobre los demás edulcorantes como son: simplicidad de producción, relativo bajo costo, disponibilidad, pureza y seguridad en su empleo (39,49,54,61,79).

2.1.1 Características

La sacarosa es un carbohidrato que pertenece al grupo de los disacáridos al estar formada por la D-glucosa y la D-fructosa. Químicamente recibe el nombre de α -1-D-glucopiranosil- β -2-D-fructofuranósido; u o- β -D-fructofuranosil (2 \rightarrow 1)- α -D-glucopiranosido. Su estructura química se muestra en la siguiente figura (49):

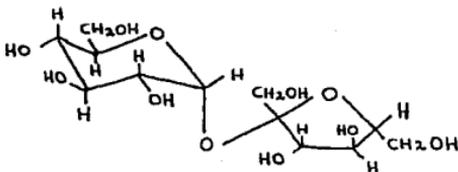


fig.3 Forma estructural de la sacarosa

En muchos aspectos, se considera a la sacarosa como un ingrediente versátil, dado que puede presentarse en forma líquida o sólida, es estable y no se degrada a valores extremos de pH, presentando su máxima estabilidad a valores de pH de 9, y además no interactúa con otros ingredientes (30,48).

La sacarosa presenta las siguientes propiedades:

- Solubilidad: Es muy soluble en agua.
- Viscosidad: A medida que se aumenta la concentración de sacarosa, ésta se incrementa; sin embargo, disminuye al aumentar la temperatura. Las soluciones de sacarosa pueden tener un alto grado de saturación, permitiendo la formación de cristales de bajo contenido de humedad.
- Higroscopicidad: De la glucosa, fructosa y maltosa, la sacarosa se hidrata más fácilmente.
- Cristalización: Puede formar cristales al evaporar el agua cuando se encuentra en solución a concentraciones de hasta un 90%.
- Hidrólisis: Se hidroliza al utilizar ácido clorhídrico o enzimas específicas como la invertasa, produciendo D-glucosa (dextrosa) y D-fructosa (levulosa), formando el azúcar invertido.
- Caramelización y Reacciones de Maillard: La sacarosa puede presentar reacciones de caramelización al ser calentada a una temperatura superior a la de su punto de fusión por un cierto tiempo; sin embargo, las reacciones de Maillard únicamente pueden presentarse al estar hidrolizada (39,48,49,70).

Por otra parte, algunas de las propiedades funcionales que presenta la sacarosa, son las siguientes: fermentabilidad, potenciador de sabor, depresión del punto de congelación, fuente de sólidos nutritivos, dulzor, agente que proporciona cuerpo y viscosidad, etc. (39,48).

2.1.2 Metabolismo

La sacarosa constituye una importante fuente de energía, aportando 4 kcal/gr. Al hidrolizarse en el intestino delgado mediante la enzima sacarasa, se producen la D-fructosa y la D-glucosa, la cual es transportada por la sangre a todos los tejidos, donde puede seguir diversas rutas metabólicas a través de la glicólisis y el ciclo de Krebs (21,49).

2.1.3 Toxicología

Se ha asociado el consumo de la sacarosa con problemas de salud como diabetes mellitus, hiperglicemia, problemas cardiovasculares, caries dental u obesidad; sin embargo, se ha indicado que las evidencias no prueban que la sacarosa cause diabetes o hiperactividad, además se sabe que no únicamente un alimento es responsable de problemas como obesidad (21,23,49,96).

2.1.4 Aplicaciones

La sacarosa se emplea en la industria alimentaria en productos como mermeladas, jaleas y productos en almíbar, disminuyendo la actividad de agua, con lo que se previene el desarrollo microbiano. Asimismo, se utiliza en la industria de panadería al presentar reacciones de caramelización; en el curado de productos cárnicos debido a que disminuye la acidez de la sal y evita la decoloración, en productos de confitería ya que además proporciona cuerpo y volumen, así como en cereales, productos lácteos, productos de frutas, condimentos, bebidas, etc. De igual forma, se utiliza en combinación con otros edulcorantes a fin de balancear el sabor, mejorar las propiedades funcionales de los diferentes edulcorantes y en algunos

países debido a razones económicas, al presentar un costo menor al de otros edulcorantes (48,49).

En productos de confitería se emplea en los denominados dulces suaves y duros. Los primeros consisten en una masa de pequeños cristales de sacarosa contenidos en una matriz con otros ingredientes como agua, jarabe y grasa. En dulces duros, la sacarosa se combina con glucosa, jarabe de maíz o dextrinas, a fin de tener la relación adecuada de estado amorfo y cristalino.

En productos de panadería, la sacarosa puede emplearse adecuadamente como edulcorante, para contribuir al oscurecimiento, o como fuente de carbohidratos fermentables; asimismo, la presencia de sacarosa en mezclas para pasteles incrementa la temperatura de gelatinización del almidón y la coagulación de las proteínas, permitiendo un aumento en volumen a la mezcla.

Dado que la sacarosa disminuye el punto de congelación a un valor menor que la fructosa o los jarabes de maíz, se utiliza ampliamente en la fabricación de helados al retardar el crecimiento de cristales y al mejorar su textura (39,48).

En bebidas refrescantes, la sacarosa puede degradarse en sus dos componentes, produciendo un sabor diferente en aquellas bebidas recién preparadas y aquellas con mayor tiempo de preparación, lo que provoca una diferencia en la duración e intensidad del dulce. En la figura 4 se muestra la variación de la intensidad de estos componentes y la de la sacarosa respecto al tiempo de percepción del dulce, a temperatura ambiente, pudiendo observarse que la fructosa se percibe más intensamente y que el dulce desaparece en forma rápida, la dextrosa se percibe más lentamente que la fructosa y la sacarosa se percibe más lentamente que las anteriores con una mayor intensidad que la dextrosa (39).

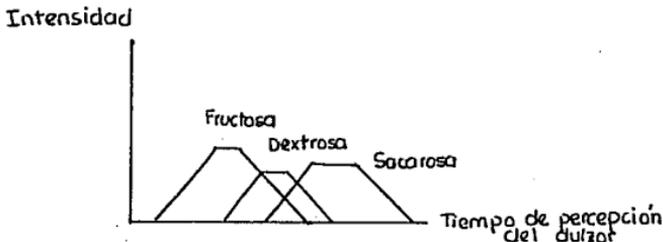


fig. 4 Intensidad de dulzor de la dextrosa, fructosa y sacarosa respecto al tiempo de percepción del dulce

Fuente: Dziezak, D.J. (1986); "SPECIAL REPORT: SWEETENERS AND PRODUCT DEVELOPMENT"; Food Technology; 40 (1); 114.

Actualmente, la actitud de los consumidores hacia la sacarosa ha cambiado los aspectos relacionados con la salud y la dieta diaria,

incrementándose la tendencia por consumir alimentos bajos en calorías, por lo que la búsqueda de nuevos edulcorantes ha modificado el empleo de la sacarosa en la industria alimentaria (18).

2.1.5 Obtención

El azúcar de mesa es aproximadamente 99.9% sacarosa pura y se obtiene comercialmente al concentrar la sacarosa de la caña de azúcar o del jugo de remolacha. Los cristales que se forman son purificados y separados de la materia orgánica remanente y de varios minerales. En pequeña escala también es posible obtener sacarosa a partir del azúcar de maple, abedul, sorgo dulce o de ciertas palmas (48,79).

2.2 GLUCOSA

A principios del siglo XIX en Europa, el término glucosa fué utilizado para describir a los jarabes dulces producidos a partir de la hidrólisis ácida del almidón. Posteriormente, ésta adoptó el nombre del compuesto puro, D-glucosa, la cual fué caracterizada por Emil Fischer en 1890.

Durante los años '20, al efectuar la hidrólisis del almidón de maíz, se obtuvo un jarabe muy dulce (azúcar de maíz) compuesto principalmente por glucosa, dextrinas y maltosa. Posteriormente, el empleo de la glucosa pura anhidra obtenida mediante una cristalización controlada en los laboratorios y a pequeña escala, se vió incrementado gradualmente y durante la Primera Guerra Mundial se comenzó a emplear como parte de la dieta de personas enfermas y en alimentos para bebés.

La glucosa, también denominada dextrosa, es la principal forma en la que otros azúcares y carbohidratos son convertidos en el organismo y, por lo tanto, constituye el azúcar principal que se encuentra en la sangre humana (21,28,33,39,49,79).

2.2.1 Características

La glucosa junto con la fructosa, es considerada como uno de los azúcares simples más comunes, es un monosacárido y una aldosa (hexosa). Se encuentra en la naturaleza abundantemente, tanto en estado libre como formando parte de polisacáridos como el almidón y glucógeno. Su estructura química se muestra en la siguiente figura:

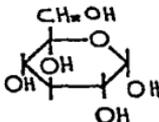


fig. 5 Forma estructural de la glucosa

En general, se considera que la glucosa presenta propiedades funcionales semejantes a las de la sacarosa como las siguientes:

- Solubilidad: Es muy soluble en agua.
- Viscosidad: Se incrementa conforme aumenta la concentración; no obstante ésta disminuye al aumentar la temperatura.
- Higroscopicidad: Es menos higroscópica que la sacarosa; sin embargo se hidrata más fácilmente que la fructosa y maltosa.
- Cristalización: Al encontrarse en soluciones concentradas y evaporarse el agua contenida, puede formar cristales.

- Caramelización: Puede presentar reacciones de caramelización al calentarse a una temperatura superior a la de su punto de fusión por un cierto periodo de tiempo.
- Reacciones de Maillard: Puede presentar reacciones de Maillard al interactuar con aminoácidos o proteínas, formando una serie de intermediarios que producen pigmentos.

Asimismo, presenta las siguientes propiedades:

- Poder edulcorante: Presenta un dulzor relativo de 0.5 a 0.8 respecto a la sacarosa; sin embargo, a concentraciones del 35-40%, su dulzor es equivalente al de la sacarosa.
- Reactividad: Al calentar la D-glucosa en una solución alcalina, se obtiene una mezcla de tres azúcares con la siguiente composición: 65% de D-glucosa, 31% de D-fructosa y 2.4% de D-manosa (49).

2.2.2 Metabolismo

Al ingerirse, la glucosa pasa al estómago y al intestino delgado para absorberse por medio del torrente sanguíneo y, posteriormente, es transportada al hígado donde se convierte en glucógeno el cual es almacenado para, finalmente, representar una fuente de energía a través de la glucogenólisis, glucólisis y el ciclo de Krebs (49).

2.2.3 Toxicología

Como la sacarosa, el consumo de glucosa ha sido relacionado con problemas de salud tales como diabetes mellitus, hiperglicemia, problemas cardiovasculares, obesidad, caries dental, etc. (49).

2.2.4 Aplicaciones

La glucosa se encuentra naturalmente en granos y frutas y puede presentarse en forma sólida o en forma de jarabe, la cual es utilizada ampliamente en la industria alimentaria, principalmente en productos de confitería al contribuir a controlar la cristalización a fin de obtener la forma amorfa de la sacarosa y glucosa. Asimismo, se utiliza para proporcionar cuerpo y textura, así como para la conservación y favorecimiento del oscurecimiento ya sea por caramelización o reacciones de oscurecimiento de Maillard (39,41,49).

En productos de confitería como chocolates, se usa en su forma anhidra, y en chicles y jaleas, se emplea el monohidrato de la dextrosa, el cual contiene una molécula de agua por cada molécula de glucosa. Asimismo, la glucosa se utiliza en productos lácteos, postres congelados, productos enlatados y mezclas secas, y se considera como un buen agente de levantamiento del horneado, ya que es fermentada rápidamente por las levaduras.

Por muchos años, la glucosa con un alto equivalente de dextrosa (ED, índice de medición del grado de conversión), fué ampliamente utilizada en la fabricación de conservas y bebidas refrescantes, dado que incrementaba el cuerpo y la sensación bucal y debido a razones económicas ya que se veían disminuidos los costos de producción (39,41,48,70).

2.2.5 Obtención

En los años 20's se logró obtener un jarabe muy dulce compuesto principalmente por glucosa y, en menor cantidad maltosa y dextrinas, a partir de la hidrólisis del almidón de maíz. Actualmente la glucosa en forma de jarabe (jarabe de maíz) con un equivalente de dextrosa (ED) de 20 o valores mayores, se purifica y concentra en una solución acuosa de mono-, di y oligosacáridos.

2.3 FRUCTOSA

La fructosa, también conocida como levulosa se emplea generalmente, en forma de jarabe, aunque también se usa en forma cristalina.

En 1812, Kirchoff obtuvo hidrolizados a partir del almidón, lo cual promovió el desarrollo de diversos procesos tendientes a incrementar el dulzor de los jarabes obtenidos.

En 1926, la Non. Cyrenus Cole, representante de La Casa del Estado de Iowa, promovió la cosecha de una variedad de girasol y de alcachofas de Jerusalén (*Helianthus tuberosus*), dado que su tubérculo era considerado rico en el polímero inulina, la cual podía hidrolizarse y producir fructosa. Posteriormente, los avances en la biotecnología permitieron obtener enzimas glucoamilasas mediante las cuales fué posible obtener jarabes de maíz con un alto contenido de dextrosa y, en 1965, Later y Tsamuza indicaron que una enzima del *Streptomyces phaeochromogenes*, era capaz de isomerizar la glucosa a fructosa, desarrollándose a partir de entonces el proceso de obtención de jarabes de maíz con un alto contenido de fructosa (JMRF).

Los jarabes de maíz ricos en fructosa fueron producidos a partir de 1970, estando compuestos por 42% de fructosa, 52% de dextrosa y 6% de sacáridos de alto peso molecular, en un jarabe de 71% de sólidos. Desde 1976, se produjeron jarabes con un mayor contenido de fructosa, a partir de fraccionar los jarabes de 42% de fructosa, obteniéndose jarabes de 55 y 90% de fructosa. Estos jarabes presentan la siguiente composición (38,54,76,79):

	Jarabe del 55%	Jarabe del 90%
Fructosa	55%	90%
Dextrosa	40%	7%
Sacáridos de alto peso molecular	5%	3%
Sólidos totales en el jarabe	77%	80%

Por otra parte, dada la tendencia por consumir alimentos dietéticos y la necesidad de disponer de productos para diabéticos, recientemente ha resurgido el uso de la fructosa cristalizada, la cual se disuelve más fácilmente en agua que la sacarosa, presenta un sabor más dulce que el azúcar a temperaturas bajas, incrementa el sabor de productos de frutas y conserva la estructura celular de las frutas congeladas. Asimismo, para las personas diabéticas que presentan deficiencias de insulina, su empleo representa una alternativa de consumo, debido a que al consumirla puede ocasionarse una elevación en el nivel sanguíneo del azúcar (26,49,79,86,104).

2.3.1 Características

La fructosa, levulosa o azúcar de la fruta, es uno de los monosacáridos más comunes que se encuentran en la naturaleza; es una cetosa formada por la mitad de la molécula de la sacarosa, que se encuentra en la miel y en los jugos de frutas en su forma piranósica; no obstante, al combinarse con azúcares como la sacarosa u otros polisacáridos, se presenta en forma cíclica como la furanósica. Su estructura química se muestra en la siguiente figura:

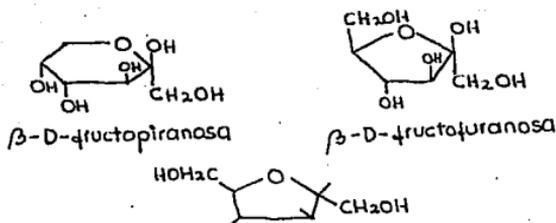


fig. 6 Forma estructural de la fructosa

La fructosa se presenta en diferentes frutas, encontrándose que las manzanas contienen cerca del 4% de sacarosa en peso, 6% de fructosa y 1% de glucosa, mientras que las uvas (*Vitis labruscana*) contienen cerca del 2% de sacarosa, 8% de fructosa, 7% de glucosa y 2% de maltosa.

En el cuadro 5 se conjuntan los porcentajes de sólidos referidos como fructosa para diversas frutas, de donde se puede observar que el porcentaje de fructosa varía en diferentes productos, así la miel y los plátanos, muestran un alto contenido de ésta, mientras que las cerezas y las fresas presentan los valores más bajos.

CUADRO 5

CONTENIDO DE FRUCTOSA EN DIFERENTES FRUTAS

Fruta	% de sólidos referidos como fructosa
Miel	48.91
Plátanos	39.00
Manzanas	38.01
Uvas	35.49
Peras	33.33
Cerezas	27.29
Fresas	21.09

Fuente: Nicol, W.M. (1977); "CARBOHYDRATE SWEETENERS"; Chemistry and Industry; - (11): 429.

La fructosa presenta las siguientes propiedades:

- Apariencia: Presenta una apariencia blanca y cristalina. Los JMRF con 42% de fructosa son incoloros y de aspecto brillante.
- Solubilidad: De los azúcares, la fructosa es la más soluble y se disuelve en forma rápida en un medio frío.
- Viscosidad: En solución presenta una baja viscosidad en comparación con las soluciones de sacarosa y glucosa. La viscosidad de los JMRF con 42% de fructosa es similar a la de la sacarosa líquida a 20°C.
- Higroscopicidad: Presenta una alta higroscopicidad.
- Presión osmótica: Al aumentar la concentración, ésta se incrementa. En el caso de los JMRF con 42% de fructosa, éstos presentan una alta presión osmótica y un menor peso molecular al de la sacarosa, dado su alto contenido de monosacáridos.
- Cristalización: Cristaliza en forma de prismas anhidros de la D-fructopiranosas.
- Reactividad: Presenta una alta reactividad, particularmente al aumentar la temperatura, lo cual puede ocasionar reacciones de Maillard y de caramelización. Al interactuar con proteínas, incrementa los sabores y las características crujientes de productos de panadería.
- Poder edulcorante: Presenta un mayor poder edulcorante que la sacarosa, el cual varía de 1.0 a 1.8 veces el de la sacarosa y se incrementa conforme disminuye la concentración, temperatura y pH. Como se observó en el cuadro 1 (pág. 2), el poder edulcorante de la fructosa puede variar si se encuentra en forma cristalina, presentando un dulzor relativo de 1.8, o bien, en una solución del 5-15%, éste puede ser de 1.15 a 1.25. El poder edulcorante de los JMRF varía, dependiendo del sabor, temperatura, pH del alimento y concentración; así, para un jarabe con 90% de fructosa, se tiene un dulzor relativo de 1.20-1.60, para 55% de fructosa, el dulzor relativo es mayor a 1.0 y para un jarabe con 42% de fructosa, éste es de 1.0.
- Sinergismo: La fructosa ha sido empleada en combinación con la sacarina en bebidas de cola disminuyendo el resabio amargo propio de esta última, y en combinación con el estevióside a fin de enmascarar el sabor a orozus. La fructosa cristalina puede emplearse adecuadamente en combinación con la sacarosa y con la sacarina.
- Estabilidad: En su forma soluble puede presentarse en equilibrio en cinco formas isoméricas, dos de las cuales dependen en gran parte de la temperatura. A bajas temperaturas, el equilibrio tiende hacia la forma dulce que es la β -d-fructopiranosas, y a temperaturas un poco más altas, el equilibrio tiende hacia la forma que no presenta dulzor, la cual corresponde a la β -d-fructofuranosa. Por su parte, los JMRF deben almacenarse a una temperatura de 30 a 35°C a fin de prevenir la cristalización y el desarrollo de colores debido a reacciones de caramelización y de oscurecimiento enzimático.
- Valor calórico: Presenta el mismo valor calórico que el azúcar, es decir, 4 kcal/gr (2, 21, 28, 34, 38, 39, 42, 49, 53, 54, 70, 71, 76, 79, 97, 104).

2.3.2 Metabolismo

La fructosa es absorbida en la corriente sanguínea más lentamente que la sacarosa y, una vez absorbida, el metabolismo inicial se lleva a cabo en el hígado sin requerir insulina, donde atraviesa las células y es metabolizada a fosfatos de triosa por la vía glucolítica. Como puede observarse en la figura 7, el metabolismo de estos compuestos a través del piruvato y del ciclo del ácido tricarboxílico (Ciclo de Krebs), depende de la insulina, lo que puede provocar la síntesis de grasas; sin embargo, debido a la ausencia de insulina requerida o en diabéticos con bajo control, las triosas entran a la vía glucogénica, lo que permite la salida de la glucosa hepática, con el consecuente aumento de los niveles de glucosa en la sangre (21,44).

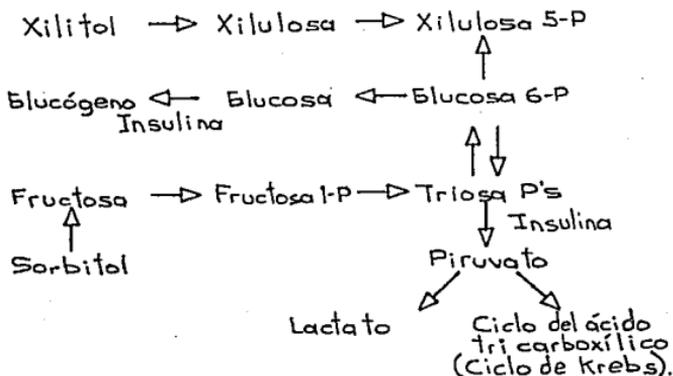


fig.7 Vías de metabolismo de diferentes edulcorantes

Fuente: Finer, N. (1989); (Cap. 8); "ARE SWEETENERS REALLY USEFUL TO DIABETICS?"; en "PROGRESS IN SWEETENERS"; (ed. Grenby, T.H.); Edit. Elsevier Applied Science; Inglaterra; pg. 225.

La rápida fosforilación de la fructosa puede agotar los niveles de ATP, aumentar el catabolismo nucleótico y provocar hiperuricemia, aunque parece ser que no se ocasionan clínicamente alteraciones significativas en el suero del ácido úrico al ingerir oralmente la fructosa, aun cuando ésta provee el 20% de las calorías de los carbohidratos que se encuentran en la dieta.

De acuerdo a lo anterior, se ha indicado que las personas que padecen diabetes, pueden consumir fructosa únicamente si su enfermedad está bien controlada, ya que al presentarse severas deficiencias de insulina, la glucosa formada a partir de la fructosa en el hígado, se libera rápidamente ocasionando una elevación en el nivel sanguíneo del azúcar (21,42,45,49).

2.3.3 Toxicología

La fructosa se encuentra catalogada dentro de los productos considerados como seguros para su empleo (GRAS, Generally Recognized as Safe, por sus siglas en inglés), encontrándose que, como se mencionó anteriormente, la fructosa puede ser ingerida por personas diabéticas que controlen su enfermedad, a diferencia de otros carbohidratos naturales, y que no presenta efectos dañinos para la salud; sin embargo, la oficina de alimentos y drogas de los Estados Unidos (FDA, Food And Drug Administration, por sus siglas en inglés), no ha autorizado que las etiquetas de los productos que contengan fructosa afirmen que son seguros para los diabéticos.

Asimismo, se ha indicado que experimentalmente, la fructosa al combinarse con la palatinosa, no ha mostrado un cambio significativo en la incidencia de la caries dental. En diferentes estudios realizados, se ha mostrado que la caries puede ser reducida un 25% al reemplazar completamente la sacarosa por fructosa. Diversas autoridades han aceptado la fructosa como un azúcar diabético y han permitido una ingestión diaria de ésta de cerca de 1 gr/kg de peso corporal.

Por su parte, los JMRF también son considerados como seguros para su empleo (GRAS, por sus siglas en inglés) (2.21,49,70,89).

2.3.4 Aplicaciones

Desde 1970, la fructosa ha sido empleada ampliamente en Europa en diferentes productos, como mermeladas, jaleas, productos en almibar, cárnicos y pescados enlatados, al contribuir a su conservación, y en bebidas, productos de confitería, productos dietéticos, postres fríos, helados, etc. En bebidas refrescantes puede emplearse hasta 1.4% p/v de fructosa como máximo si no existe otro ingrediente que pueda aportar calorías, lo cual puede representar un equivalente del 2% de sacarosa (49,70,104).

Dado que el costo de los jarabes de maíz ricos en fructosa es menor a la de la sacarosa, el empleo de éstos se ha incrementado principalmente en la industria de las bebidas refrescantes, lo cual lo sitúa como grandes competidores para el empleo de edulcorantes naturales. Los JMRF del 55% se emplean en bebidas refrescantes, aderezos para ensaladas, postres congelados, mermeladas, gelatinas, cereales para el desayuno, etc., y los JMRF del 90% pueden emplearse en alimentos y bebidas bajos en calorías, bebidas refrescantes, aderezos para ensaladas, gelatinas, mermeladas, vinos, yoghurts bajos en calorías, postres, etc. Ya que la fructosa presenta un poder edulcorante mayor a la sacarosa, el empleo de los JMRF con altos niveles de fructosa, por ejemplo 90%, permite reducir la cantidad de edulcorante a utilizar, con la consecuente reducción calórica del producto (2,21,28,38,39,41,54,61,71,76,84).

La fructosa cristalina puede emplearse en la fabricación de dulces, incrementando el dulzor y el sabor de frutas, así como en yoghurts, al disminuir significativamente los sólidos totales del producto y eliminar los problemas ocasionados por la cristalización (75).

2.3.5 Obtención

Anteriormente, el método tradicional de obtención de fructosa consistía en la hidrólisis de inulina a partir de alcachofas de Jerusalén o dalias; sin embargo, recientemente diversas compañías han desarrollado un método efectivo de intercambio iónico para separar la fructosa del azúcar invertido y han efectuado una cristalización comercial de ésta a partir de las soluciones acuosas a bajas temperaturas; no obstante, dada su alta solubilidad, su extracción resulta difícil.

Por otra parte, en la industria de los jarabes de maíz, la enzima glucosa isomerasa ha resultado ser de gran importancia en la conversión de la dextrosa a fructosa, lo que ha permitido obtener este edulcorante de una forma adecuada, ya que anteriormente se consideraba a la fructosa como un costoso derivado de la sacarosa.

Los JHRF de 42% de fructosa se obtienen a partir del almidón. En Estados Unidos se emplea el almidón de maíz, el cual es licuado con la enzima alfa-amilasa a temperaturas elevadas. Una vez ajustado el pH y la temperatura, el hidrolizado es sacarificado con la enzima glucoamilasa hasta un contenido de dextrosa del 94 al 96%. Posteriormente, el licor sacarificado se refina y se pasa a un tratamiento de intercambio iónico y la dextrosa refinada se isomeriza pasándola a través de reactores que contienen la enzima glucosa isomerasa inmovilizada, la cual convierte cerca de la mitad de dextrosa a fructosa. La solución obtenida con un contenido de fructosa de aproximadamente 42%, se refina con carbón y pasa a un intercambio iónico antes de concentrarse a cerca del 71% de sólidos (2,39,54,70).

Para obtener jarabes de maíz con un equivalente de dextrosa de 20, se purifica y concentra en una solución acuosa de mono-, di y oligosacáridos. El jarabe de maíz obtenido puede ser de 4 tipos:

Tipo	Equivalente de dulzor
I	20-38
II	38-55
III	55-73
IV	mayor a 73

La fructosa cristalina se obtiene a partir de un proceso en el que la fructosa del azúcar de remolacha hidrolizada se incrementa enzimáticamente, se separa por cromatografía y se cristaliza de una mezcla agua-alcohol (2).

2.4 OTROS

2.4.1 MALTOSA

La maltosa o azúcar de malta pertenece al grupo de los carbohidratos simples y es un disacárido compuesto por dos unidades de glucosa. Se obtiene durante la fabricación del pan, por acción de las enzimas presentes en el harina, como resultado de la degradación del almidón. Comercialmente se produce por la hidrólisis parcial del almidón. La malta de la cebada es empleada como un adjunto en la industria cervecera, aumentando el sabor y color de la cerveza dado el contenido de maltosa. Su forma estructural se presenta en la siguiente figura (28,39,73,78,79):

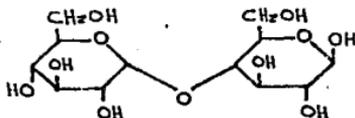


fig. 8 Forma estructural de la maltosa

Mediante la hidrólisis enzimática específica del almidón, se obtienen jarabes con 90% o más de maltosa, los cuales presentan un poder edulcorante bajo; no obstante, al convertirlos a maltulosa o maltitol, dicho dulzor se incrementa junto con su higroscopicidad.

La forma más estable de la maltosa es en la forma del monohidrato de β -maltosa, el cual se disuelve y cristaliza en una solución acuosa. Su poder edulcorante es de 0.3 a 0.5 en relación a la sacarosa.

Por otra parte, el isomaltitol se obtiene enzimáticamente a partir de la sacarosa y es más estable que la sacarosa, es escalórico y presenta un poder edulcorante de 45 en relación a la sacarosa (63,70).

Animismo, comercialmente se ha obtenido un edulcorante que contiene 65% de maltosa y menos de 4% de dextrosa, denominado "Satin sweet", el cual puede emplearse adecuadamente en productos de confitería, helados, rellenos de pays, jugos de frutas, etc. Este edulcorante presenta las ventajas de que no cambia de color al someterse a altas temperaturas o en ciertos periodos de tiempo y que su contenido de cenizas es de 0.05%. Dado su bajo contenido de dextrosa y que presenta un equivalente de dextrosa (ED) de 48, muestra una baja higroscopicidad, lo cual lo hace ser más estable y tener un bajo punto de congelación. De igual forma, incrementa los sabores de frutas y puede emplearse como un agente que proporciona cuerpo, la cual es una característica benéfica cuando se desea un producto que no presente caramelización o cuando se desea mejorar el cuerpo o fortalecer el sabor a frutas (17).

2.4.2 LACTOSA

Es un disacárido compuesto por glucosa y galactosa. La leche humana contiene aproximadamente 7.5% de este compuesto, mientras que la leche de vaca contiene cerca de 4.9%. Su poder edulcorante es de 0.2 a 0.3 en relación a la sacarosa y se obtiene principalmente de una extracción y por cristalización del suero dulce de quesería, o bien, después de que se han separado las proteínas por ultrafiltración. La lactosa normalmente se degrada en sus dos componentes en el intestino mediante la enzima β -galactosidasa o lactasa; sin embargo, tanto los niños como los adultos pueden presentar bajos niveles de esta enzima, lo que provoca que la lactosa no digerida pase al intestino donde es fermentada por medio de las bacterias presentes y ocasionando distensión abdominal o lo que se conoce como flatulencias. La lactosa se emplea en la industria alimentaria como agente para retener sabores artificiales, aromas y colores, así como en la panificación dado que participa en las reacciones de Maillard. Su estructura química se muestra en la siguiente figura:

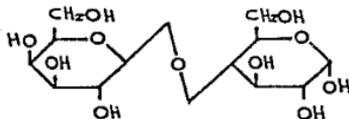


fig. 9 Forma estructural de la lactosa

Uno de los subproductos de la lactosa es el lactitol, el cual se obtiene por la hidrogenación de ésta. Actualmente, no se dispone de mucha información sobre el lactitol; sin embargo, se ha indicado que puede considerarse como un edulcorante acalórico y que no se absorbe ni se metaboliza por el organismo humano (2,28,39,63,70,78,106).

2.4.3 ALCOHOLES POLIHIDRICOS

Los alcoholes polihídricos o polioles son carbohidratos químicamente reducidos, entre los que se incluyen el sorbitol, manitol, glicerol, licasina, maltitol y xilitol, los cuales se emplean como sustitutos del azúcar dadas sus diferentes propiedades sensoriales y funcionales. El dulzor relativo que presentan éstos depende de la concentración, pH y temperatura, así como del sabor y forma física del producto en el que se empleen. El sorbitol presenta un poder edulcorante de 0.6, el manitol de 0.7 y el xilitol de 1.0 en relación a la sacarosa. Asimismo, el sorbitol y xilitol presentan el mismo valor calórico que la sacarosa, es decir, 4 kcal/gr, mientras que el manitol provee únicamente 2 kcal/gr.

La licasina se obtiene a partir del jarabe de glucosa por medio de una reducción de los oligosacáridos. El sorbitol se obtiene de la misma manera, a partir de sacáridos de alto peso molecular. Se ha indicado que el poder edulcorante de la licasina es de 25 a 50 en relación a la sacarosa, que reduce la incidencia de caries dental y que no es carcinogénica. Se emplea adecuadamente en productos farmacéuticos y en la industria alimentaria (70,80).

A continuación se mencionan las principales características de los alcoholes polihídricos sorbitol, manitol y xilitol, dada su importancia en la industria alimentaria.

2.4.3.1 Sorbitol

El sorbitol es un alcohol hexahidroxílico cuyo poder edulcorante es de 0.5 a 0.6 en relación a la sacarosa y que puede ser empleado en productos para diabéticos, productos dietéticos y como humectante, por ejemplo, en pastas dentales, productos farmacéuticos, cosméticos, industria textil, etc. Es fácilmente soluble en agua y prácticamente insoluble en disolventes orgánicos a excepción del etanol.

El sorbitol se absorbe más lentamente en el tracto digestivo que la sacarosa, lo cual provoca que al consumirse en grandes cantidades (25 a 50 gr/día), pueda ocasionar un efecto laxante. Al ingerir el sorbitol, el organismo en un inicio, lo convierte a fructosa, la cual no requiere de insulina para facilitar su entrada a las células, por lo cual, la ingestión de este edulcorante, no ocasiona el aumento inmediato del nivel sanguíneo del azúcar.

El empleo del sorbitol en productos tales como bebidas refrescantes, bebidas carbonatadas, bebidas instantáneas, gomas de mascar y productos dietéticos y para diabéticos, está permitido en países tales como el Reino Unido y Estados Unidos.

A continuación se muestra su estructura química:

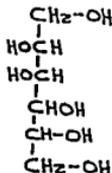


fig. 10 Forma estructural del sorbitol

El sorbitol puede obtenerse por la hidrogenación catalítica de la D-glucosa, empleando níquel o cobre como catalizadores, a temperaturas entre 120 a 160°C y presiones de hasta 150 atmósferas.

Por otra parte, se ha desarrollado un compuesto resultante de la condensación del sorbitol y la glucosa, denominada Glucosorbitol, la cual no es digerida y es acalórica, y puede emplearse como agente que proporciona volumen o como un agente ligante de agua, en aplicaciones tales como dulces, galletas, helados, goma de mascar, etc., sin proporcionar dulzor.

2.4.3.2 Manitol

El manitol es un alcohol polihídrico, blanco y cristalino, no higroscópico, presenta un agradable sabor dulce y es menos soluble en agua que el sorbitol. Su poder edulcorante es de 0.4 en relación a la sacarosa, sus propiedades bioquímicas son similares a las del sorbitol y prácticamente no es metabolizado por el organismo humano. Se presenta en la naturaleza en ciertas algas marinas y se emplea principalmente en productos farmacéuticos, en la producción de resinas y plastificantes y en gomas de mascar y en productos de repostería. El manitol se obtiene por hidrogenación del azúcar invertido y aprovechando la isomerización alcalina de la glucosa durante la hidrogenación del azúcar invertido. Su forma estructural se presenta en la siguiente figura (2,22,28,42,53,54,62,68,70, 78,104,105).

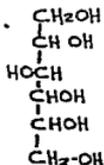


fig. 11 Forma estructural del manitol

2.4.3.3 Xilitol

El xilitol es un poliol compuesto por cinco carbonos, que se encuentra presente normalmente en las frutas y vegetales y participa en el metabolismo humano. Industrialmente puede obtenerse a partir de la hemicelulosa xilana, de la pulpa de la madera, la cual es hidrolizada para producir xilosa, que posteriormente se convierte en xilitol mediante una hidrogenación y una separación por cromatografía. Su estructura química se muestra en la siguiente figura:

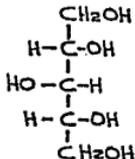


fig. 12 Forma estructural del xilitol

Algunas de las propiedades fisicoquímicas del xilitol se resumen en el siguiente cuadro:

CUADRO 6

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL XILITOL

Fórmula empírica	C ₅ H ₁₂ O ₅
Peso molecular	152.1
Apariencia	Polvo blanco cristalino
Sabor	Dulce
Olor	Ninguno
Poder edulcorante	Igual al de la sacarosa y mayor que el del sorbitol o manitol
Punto de fusión	93.4 a 94.7°C
Solubilidad en agua (20°C)	64.2 gr/100 ml
Solubilidad en metanol	6.0 gr/100 ml
Higroscopicidad	A altos valores de humedad relativa es más higroscópico que la sacarosa pero menos que el sorbitol
Rotación específica	No es ópticamente activo

Fuente: Emodi, A. (1978); "XYLITOL ITS PROPERTIES AND FOOD APPLICATIONS"; Food Technology; 32 (1): 29.

El xilitol presenta un dulzor similar al de la sacarosa, siendo de 0.85 a 1.20 el de esta última, el cual se incrementa conforme aumenta la temperatura. Al ingerirse produce una sensación refrescante, es altamente higroscópico, no participa en las reacciones de Maillard y pueda soportar temperaturas hasta de 316°C sin que se afecte su color. Este edulcorante se metaboliza en el hígado a través de la vía D-xilulosa-5-fosfato a fosfato gliceraldehído y fructosa 6-fosfato, los cuales son convertidos a glucosa y glucógeno y ácido láctico a través de la vía glicolítica, por lo que su empleo resulta adecuado para diabéticos (78).

Como otros edulcorantes, el xilitol aporta 4 kcal/gr y se metaboliza sin requerir insulina, por lo que no produce un máximo hiperglicémico o fatiga hipoglicémica, como se ilustra en la figura 13; sin embargo, en grandes cantidades puede causar problemas gastrointestinales. Su ingestión máxima diaria permitida es de 30 gr. para adultos que lo consumen por primera vez, ya que una vez que el sistema digestivo se ha adaptado a este edulcorante, puede tolerar de 200 a 300 gr/día inclusive. Respecto a su posible relación con la caries dental, se ha indicado que el *Streptococcus mutans*, que es el microorganismo implicado en este problema, no metaboliza el xilitol.

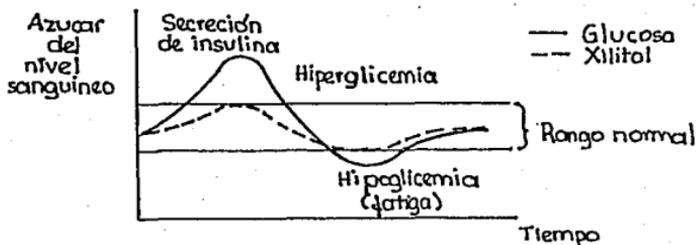


fig. 13 Efecto del xilitol y glucosa en el azúcar del nivel sanguíneo

Fuente: Dziezak, D.J. (1986); "SPECIAL REPORT: SWEETENERS AND PRODUCT DEVELOPMENT"; Food Technology; 40 (1): 118.

Su empleo está permitido en diferentes partes del mundo, en aplicaciones tales como tabletas dulces, coberturas, chocolates, mermeladas, postres, pudines, helados, etc. Ya que el xilitol produce una sensación refrescante al ingerirse, sus aplicaciones son ampliamente recomendadas en tabletas de menta y gomas de mascar (21,40,43,45,53,58,65, 70,78,79,80).

2.4.4 ESTEVIOSIDO

Este edulcorante es un glucósido diterpeno que proviene de la planta *Stevia rebaudiana* Bertoni, la cual ha sido empleada ampliamente en Paraguay para endulzar las bebidas amargas. Su estructura química se presenta en la siguiente figura:

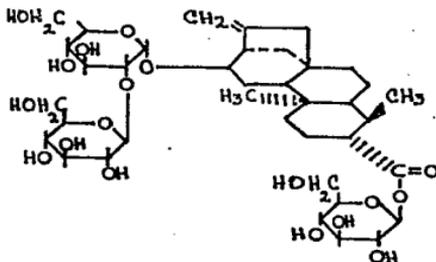


fig. 14 Forma estructural del esteviosido

Este edulcorante es relativamente termoestable, su solubilidad es buena dependiendo del pH, su poder edulcorante es de 200 a 300 en relación

a la sacarosa sin presentar resabios amargos o desagradables. Se considera que no es tóxico para el organismo humano, aunque su metabolismo no está claramente definido; sin embargo, su empleo está permitido en países tales como Japón (21,30,39,46,54,63,78,85,99).

2.4.5 GLICIRRICINA

Es un glucósido triterpeno que se extrae de la raíz del orozu y está compuesto por sales de potasio, calcio y magnesio del ácido glicirricico, su estructura química se muestra en la figura 15. Su poder edulcorante es de 50 a 100 en relación a la sacarosa, es estable al calor; sin embargo, puede precipitar a valores de pH menores a 4.5. Se emplea en países tales como Japón y se encuentra incluida en la lista de productos considerados como seguros para su empleo (GRAS, por sus siglas en inglés) de la FDA, en aplicaciones como productos de cocos o chocolate, helados, caramelos y productos farmacéuticos; sin embargo, actualmente no se dispone de información acerca de su metabolismo, aunque se ha indicado que puede causar hipertensión (30,35,39,54,63,78,85,99).

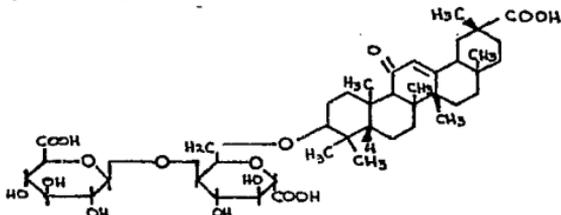


fig. 15 Forma estructural de la glicirricina

2.4.6 FILODULCINA

Fue extraída en 1916 de la planta *Hydrangea macrophylla seringe* por Asahina y Ueno. Su nombre químico es el (3-hidroxi-4-metoxifenil)-1,3-benzodioxano, su poder edulcorante es cercano a 400 veces el de la sacarosa; sin embargo, presenta un resabio semejante al orozu, lo cual puede limitar su empleo en productos como caramelos, gomas de mascar, pastas dentales, etc. Es poco soluble en agua y, al igual que el edulcorante anterior, no se dispone de información acerca de su metabolismo, aunque se ha indicado que puede causar hepatocarcinomas. Su estructura química se muestra en la siguiente figura (39.78).

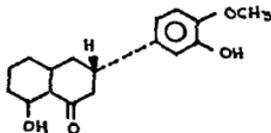


fig. 16 Forma estructural de la filodulcina

2.4.7 HERNANDULCINA

Este edulcorante proviene de las hojas y flores de la planta *Lippia dulcis* Trev. (Verbanaceae) y puede aislarse mediante una extracción y cromatografía fraccionada. Presenta un peso molecular de 236.2 y su poder edulcorante es de 1,000 en relación a la sacarosa, mostrando un resabio ligeramente amargo. Se considera que no es carcinogénica y tóxica al administrarse en forma oral, aunque no se dispone de información acerca de su metabolismo. Su estructura química se presenta en la siguiente figura (39):

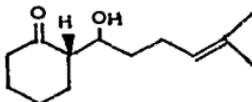


fig.17 Forma estructural de la hernandulcina

2.4.8 OSLADINA

Este compuesto proviene de los rizomas del helecho *Polypodium vulgare* y su nombre químico es neoespiridosa 2-O- α -L-rhamnopyranosil- β -D-glucopiranososa. Su poder edulcorante es de 300 veces el de la sacarosa y se sospecha que es tóxica (54,78,79).

2.4.9 GLUCOSIDOS DE LA FRUTA LO-HAN

De la fruta proveniente del *Momordica grosvenori* puede extraerse la pulpa fibrosa o la corteza del árbol, el compuesto aislado que recibe el mismo nombre. El dulzor de este edulcorante es de 400 en relación a la sacarosa y está acompañado por un prolongado sabor similar al orozus. Este compuesto es un glicósido triterpeno con 5 ó 6 unidades de glucosa y no se dispone de información acerca de su metabolismo (54,78).

2.4.10 TAUMATINA

Este edulcorante se extrae y se purifica de la fruta africana *Thaumatococcus danisillii* y se considera como una de las sustancias más dulces conocida por el hombre, ya que presenta un poder edulcorante de 1,500 a 2,500 en relación a una solución de sacarosa de 8 al 10%. Se presenta en dos formas, como taumatina I y como taumatina II difiriendo únicamente en su secuencia de aminoácidos; sin embargo, ambas muestran ocho puentes disulfuro, lo que le confiere estabilidad a la molécula. Sus pesos moleculares son 22.200 y 11.300 respectivamente. La taumatina incrementa los sabores y aromas, particularmente los de café y menta, es soluble en agua fría y estable a temperaturas elevadas y valores de pH de 2.5 a 5.5. Asimismo, aporta 4 kcal/gr. no es carcinogénica y se metaboliza mediante

las enzimas pancreáticas, las cuales la hidrolizan. Su empleo está permitido en países tales como Japón, Estados Unidos, Australia, Canadá e inclusive en México, en productos tales como gomas de mascar, caramelos, productos lácteos, sopas, productos farmacéuticos, alimento para animales, etc. (9,21,30,39,46,54,63,72,78,85,99).

2.4.11 MIRACULINA

Este compuesto proviene de la fruta del *Synsepalum dulcificum* y es una glucoproteína con un peso molecular de 42,000 a 44,000; es termolábil, se inactiva a valores de pH bajos y se desnaturaliza fácilmente, de manera que el fruto de donde se extrae debe ser congelado inmediatamente después de ser cosechado para evitar la desnaturalización de la proteína. No posee un sabor dulce; sin embargo, presenta la propiedad de cambiar el sabor agrio a dulce, en alimentos tales como limones, limas, toronjas y fresas, el cual puede durar hasta varias horas después de haberse ingerido de 1 a 2 mg. En 1974, la FDA rechazó la petición de considerársela como seguro para su empleo (GRAS, por sus siglas en inglés) (21,30,39,54,63,78,79).

2.4.12 MONELINA

Es una proteína formada por dos cadenas de polipéptidos constituidos por 50 y 43 aminoácidos, que proviene de los frutos del vegetal africano *Discorophyllum cumminsii* o bayas del serendipity. Su peso molecular es de 10,700, es soluble en agua y es estable en soluciones dentro de un rango de pH de 2 a 10; sin embargo, al exponer soluciones a una temperatura de 60°C o a valores de pH mayores a 10 o menores a 2, se ocasiona la pérdida del dulzor. Su poder edulcorante es de 1,500 a 3,000 y se ha demostrado que no presenta toxicidad en estudios efectuados con ratones de laboratorio (19,21,39,54,63,78).

2.4.13 MIEL

Es un jarabe natural nutritivo que se obtiene de las plantas o flores o por la acción de las abejas. Su composición y sabor pueden variar dependiendo de la planta que provenga y la cantidad que se procese, entre otros factores. La miel contiene fructosa, glucosa, maltosa, sacarosa, así como pequeñas cantidades de vitaminas y minerales; asimismo, la miel puede contener componentes tóxicos dado que las plantas también producen sustancias tóxicas (28,79).

2.4.14 JARABE DE MAPLE

Este se obtiene a partir de la savia del azúcar de maple (*Acer saccharum*) y está compuesto por sacarosa principalmente. El azúcar de maple puede obtenerse evaporando el líquido del jarabe (28,79).

2.4.15 VARIOS

Por otra parte, otros azúcares como la rafinosa y la estaquiosa también se encuentran en algunos alimentos en cantidades significativas como en los frijoles. Estos no son digeridos en el estómago y en el intestino como otros azúcares y entran en el tracto digestivo, donde ciertas bacterias los fermentan causando la producción de gases indeseables (28).

3.1 EDULCORANTES ARTIFICIALES

Actualmente, los edulcorantes artificiales han cobrado gran importancia en la industria alimentaria, dado que continuamente se buscan fuentes alternas al azúcar, que presenten menor poder calórico por unidad de poder dulce.

Los edulcorantes artificiales cubren las características requeridas en cuanto al sabor dulce que proporcionan y representan una alternativa para sectores de la población en las que no se dispone adecuadamente de edulcorantes naturales, o bien, para personas que deben evitar el consumo de azúcar por motivos de salud o por razones de peso.

Sin embargo, aunque los edulcorantes artificiales descubiertos hasta la fecha, presentan características ventajosas en relación a su poder edulcorante, también pueden presentar resabios desagradables, retardar la percepción del dulzor después de haberlos ingerido, así como problemas en cuanto a su toxicología.

Los principales edulcorantes artificiales que han sido utilizados en la industria alimentaria son la sacarina, el aspartame, el acesulfame-K, los ciclamatos, el alitame y la sucralosa. Otros edulcorantes artificiales como la dulcina (4-etoxifenilurea) y el P-4000 (5-nitro-2-propoxianilina) han sido prohibidos al demostrarse que no eran aptos para el consumo humano.

En el presente capítulo se describen las características más importantes de los principales edulcorantes artificiales.

3.1 SACARINA

3.1.1 Historia

La sacarina es un edulcorante no nutritivo, xenobiótico, que se deriva de la nafta o naftalina ^{1/}. Fue descubierto en el año de 1879 por Remsen y Falberg en la Universidad Johns Hopkins durante un estudio sobre la oxidación del o-sulfonemida de tolueno. Inicialmente se utilizó como conservador y antiséptico; sin embargo, desde comienzos del presente siglo, se empleó ya como edulcorante, principalmente en ciertas drogas y en comida baja en calorías para personas con problemas de obesidad. Durante la 1ª y 2ª Guerra Mundial, su consumo se vio incrementado, debido a los racionamientos de azúcar que se presentaron en esa época y, a principios de los años '50, después de que el ciclamato fué aceptado como edulcorante, la sacarina comenzó a utilizarse en combinación con éste, ya que juntos podían impartir características de mayor dulzor, que por separado. Actualmente, en los EUA, se ha incrementado la tendencia en el consumo de sacarina en alimentos bajos en calorías, especialmente en bebidas dietéticas. Después de que el empleo del ciclamato fué prohibido, en el año de 1969, la sacarina constituyó el único edulcorante sintético disponible hasta la aparición del aspartame en 1981 (31,79).

3.1.2 Características

Químicamente la sacarina es el anhídrido del ácido sulfoaminobenzoico y recibe el nombre de o-benzosulfimida, o bien, glósido, 1,2-bencisotiazolin-3-one-1,1-dióxido y puede presentarse como sal o en forma de ácido (fig 18). Las sales más comunes son las de calcio o sodio, aunque también se han preparado sales de amonio y de potasio. Las sales de sodio y potasio se encuentran en forma cristalizada (98,99).

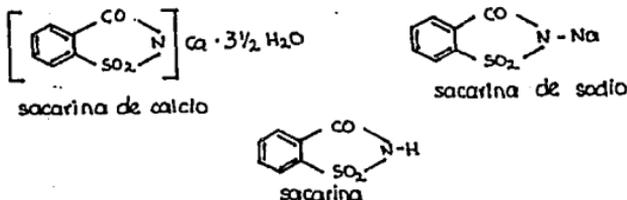


fig.18 Forma estructural de la sacarina

Las sales de calcio y de sodio deben cumplir con las especificaciones USP relativas a las propiedades físicas e impurezas, las cuales se describen a continuación:

^{1/} Compuesto orgánico derivado del petróleo

- Sacarina de sodio, en forma de polvo soluble

Apariencia:	Polvo blanco
Benzoatos y salicilatos:	Que pasen la prueba USP 1/
Impurezas, carbonatos:	Máximo A de USP
Humedad:	4.5 a 5.8 %
Olor:	No extraño
Prueba en el tamiz:	
En malla 80:	2.5 % máximo
En malla 140:	10.0 % máximo
Solubilidad:	25.7 partes de sacarina en 200 partes de agua
Cenizas, en base seca:	98.0 a 100 %
Metales pesados:	20 ppm máximo
Reacción al papel tornasol:	De neutro a alcalino ligero
Fenol:	Sin coloración rosada

- Sacarina de sodio, en forma granular soluble

Apariencia:	Cristales incoloros
Benzoatos y salicilatos:	Que pasen la prueba USP
Impurezas, carbonatos:	Máximo fluido A de USP
Pérdida en el secado a 125° por 6 horas:	13.9 a 14.6 %
Olor:	No extraño
Solubilidad:	28.3 partes de sacarina en 200 partes de agua
Cenizas, en base seca:	98.0 a 100 %
Reacción al papel tornasol:	De neutro a alcalino ligero
Fenol:	Sin coloración rosada

- Sacarina de calcio

Apariencia:	Polvo blanco cristalino
Cenizas, en base seca:	95 a 100.5 %
Benzoatos y salicilatos:	Que pase la prueba USP
Sabor:	Dulce, sin sabor extraño
Metales pesados:	20 ppm máximo
Impurezas, carbonatos:	Máximo fluido A de USP
Pérdida de humedad a 120-125°C por 4 horas:	15.0 % máximo
Olor:	Sin olor extraño (81)

3.1.3 Solubilidad

La sacarina en forma de ácido se caracteriza por tener una baja solubilidad, por lo que sus aplicaciones en alimentos resultan ser pocas, dadas las características de la mayoría de los componentes de los alimentos. Sus sales de calcio y sodio son solubles libremente en agua en una proporción de 1:15 a una temperatura de 25°C. De igual forma, dichas sales son solubles en alcohol etílico, glicerol y propilenglicol, mientras que la solubilidad de los ácidos libres es escasa. La sacarina no presenta ninguna interacción con otros componentes de los alimentos y se caracteriza por ser un compuesto inodoro e incoloro (30,39,49,79,81,85).

1/ Se refiere a la Farmacopeia de los Estados Unidos

3.1.4 Estabilidad

La sacarina es estable bajo condiciones normales de procesamiento y empleo, dentro de un amplio rango de temperaturas y en soluciones acuosas. Asimismo, es estable en un rango de pH de 3 a 8, ya que por abajo de un pH de 2 y a temperaturas extremadamente altas se degrada en ácido 2-sulfobenzóico y ácido 2-sulfamolibenzóico. De igual forma, presenta una hidrólisis lenta en soluciones acuosas y a elevadas temperaturas (30,79,85).

3.1.5 Poder edulcorante

El poder edulcorante de la sacarina es de 300 a 400 veces el de la sacarosa en concentraciones arriba del equivalente al de una solución de sacarosa al 10% y proporciona una lenta percepción de la dulzura al ingerirse, hasta llegar a una máxima intensidad. Sin embargo, se presentan resabios amargos, metálicos o astringentes, los cuales tienden a aumentar a medida que la concentración de la sacarina se incrementa. Este efecto puede contrarrestarse en combinación con el ciclamato, salvo a elevadas concentraciones. Asimismo, la sacarina presenta un perfil limitado (intensidad de dulzor percibido en cierto periodo de tiempo) comparado con el de la sacarosa (31,63,99).

3.1.6 Sinergismo

En combinación con otros edulcorantes, se han encontrado efectos benéficos en su empleo, ya que se disminuye la cantidad de sacarina necesaria a utilizar y se disminuye el efecto amargo. De esta manera se ha utilizado en combinación con el ciclamato, neohesperidina dehidroclorato, sacarosa, y con el aspartame en la elaboración de bebidas carbonatadas (30,31,85).

3.1.7 Metabolismo

La sacarina no es metabolizada por el organismo humano, se absorbe lentamente por el intestino y se elimina por los riñones en forma rápida, sin un metabolismo detectable, por lo que no aporta calorías a la dieta (30,72,79,85,99).

3.1.8 Toxicología

Hoy en día, aún persisten dudas sobre la seguridad de la sacarina, aunque diferentes estudios en ratas han indicado la ausencia de malformaciones en fetos, tumores o cáncer en la vejiga de ratones (31).

3.1.9 Legislación

Desde el punto de vista legislativo, la sacarina ha sido sometida a diversos estudios con el fin de determinar la seguridad de su empleo en alimentos. En el año de 1959, se le consideró como GRAS, es decir, seguro para su empleo, sin embargo, en el año de 1971 se estableció como un aditivo temporal, dado que la National Academy of Science mostró duda sobre su seguridad y, a partir de 1972 se eliminó de la lista de productos GRAS, colocándose en la lista de aditivos que requerían de ciertos estudios para determinar su seguridad. En 1977, la FDA propuso su prohibición debido a un

estudio realizado por la Rama Canadiense de Protección a la Salud, en el cual se presentó un incremento en la incidencia de tumores de vejiga en la segunda generación de ratas macho que habían sido alimentadas con sacarina. Este estudio, no mostró ser metodológicamente apto y no se confirmó que altas dosis de este edulcorante pudieran considerarse como indicadores de la carcinogenicidad para el ser humano. No obstante, el Congreso norteamericano, en ese mismo año, promulgó la Ley de Estudio de la Sacarina y Etiquetado, mediante el cual se postergó la prohibición hasta efectuar los estudios necesarios para evaluar su seguridad, durante un periodo de 18 meses. Durante los años de 1979, 1981 y 1983, se prorrogó la moratoria hasta el año de 1987, con el fin de realizar estudios toxicológicos adicionales, y se hizo obligatorio que los productos que la incluyeran mostraran la siguiente leyenda: "El uso de este producto puede ser peligroso para la salud. Este producto contiene sacarina, la cual se ha determinado como causa de cáncer en animales de laboratorio". En el año de 1986, la FDA volvió a permitir su empleo y hoy en día, la sacarina no ha demostrado ser causante de cáncer en seres humanos y se expende libremente al público en más de 80 países, tomando en cuenta que la OMS (Organización Mundial de la Salud), la ha considerado como segura para su empleo; sin embargo, el Consejo para Asuntos Científicos de la Asociación Médica Americana sugirió que "se considere cuidadosamente el uso de la sacarina en niños y en mujeres embarazadas" (49,64).

Actualmente, la sacarina no se produce en México y no existe una norma oficial para reglamentar su empleo; sin embargo, se recomienda lo que establece la FDA en cuanto a su uso.

3.1.10 Aplicaciones

Dadas las características anteriormente mencionadas, la aplicación que ha tenido la sacarina, ha sido tanto en alimentos como en bebidas, en frutas enlatadas, mezclas de bebidas secas, pudines instantáneos, aderezos de ensaladas, mayonesas, gelatinas y conservas, galletas, pasteles, en confitería, goma de mascar, preparaciones líquidas, entre otros.

A continuación se mencionan las principales aplicaciones de la sacarina en la industria de alimentos y bebidas:

Caramelos

Comprenden aquellos productos que endulzan los alimentos y que pueden encontrarse en forma de tabletas, en forma de polvos, o bien, como líquidos.

La sacarina puede combinarse con ingredientes tales como cremor tartaro, glucono-1,4-lactona, gluconato de sodio, glicoles, raíz de genciana y ácido cítrico. A pesar de que el resabio amargo disminuye, algunos consumidores aún pueden percibirlo en ciertas combinaciones. En combinación con el ciclamato, se ha empleado cuando ambos edulcorantes pueden estar disponibles al mismo tiempo en el mismo país. Se ha determinado que el perfil de sabor del café endulzado con productos que contengan esta combinación, ha resultado ser cercano al de la sacarosa. Sin embargo, desde que se prohibió el empleo del ciclamato en EUA y en otros países en el año de 1969, se disminuyó la capacidad de formular productos de gran aceptación, ya que las formulaciones para caramelos

resultan ser pocas en comparación con aquellas hechas con ambos edulcorantes. En la figura 19 se muestra el perfil de sabor de la sacarosa comparado con el de soluciones de ciclamato-sacarina, en una proporción de 10:1. En esta figura se puede observar que la intensidad del dulzor de la sacarosa resulta ser ligeramente mayor al de ciclamato-sacarina; sin embargo, la intensidad del dulzor de la sacarosa desaparece un poco antes.

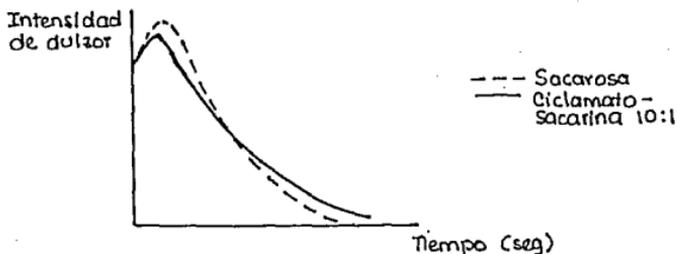


fig. 19 Perfil de sabor de soluciones de sacarosa y de ciclamato/sacarina

Fuente: Bakal, A. (1983); "FUNCTIONALITY OF COMBINED SWEETENERS IN SEVERAL FOODS APPLICATIONS"; Chemistry and Industry; - (18): 704.

En combinación con el ciclamato, aspartame o ambos, presenta una buena aceptación. Se ha reportado que un dipéptido como lo es el aspartame, en combinación con la sacarina, enmascara el sabor amargo de esta última.

Bebidas carbonatadas

Entre éstas se incluyen las bebidas denominadas de "una caloría" por cada 355 ml.

En EUA y países europeos como Italia, el empleo de la sacarina en bebidas carbonatadas está permitido, y su contenido en una bebida baja en calorías típica de EUA, varía de 34 a 37 mg de sacarina por cada 100 ml., dependiendo de la marca y sabor. Aunque se presentan algunas limitantes en cuanto al sabor, se han elaborado productos con el mínimo resabio desagradable, además se tiene la ventaja de una prolongada estabilidad, así como una buena aceptación por parte de los consumidores.

En combinación con el ciclamato, la sacarina ha sido empleada exitosamente en una proporción 10:1 de ciclamato-sacarina; sin embargo, desde la prohibición del ciclamato, se empleó, exclusivamente la sacarina para la elaboración de bebidas carbonatadas. La sacarina también se ha utilizado en combinación con el aspartame en una proporción de 1:1 en bebidas de cola, mostrando, a una temperatura de almacenamiento de 20°C, una mejor estabilidad en comparación con aquellas bebidas que contienen únicamente aspartame. El pH de las bebidas de cola que contengan esta combinación resulta ser menor que el pH de las bebidas que contengan

únicamente aspartame, dando un valor de dulzor mayor con el tiempo, como se muestra en la figura 20.

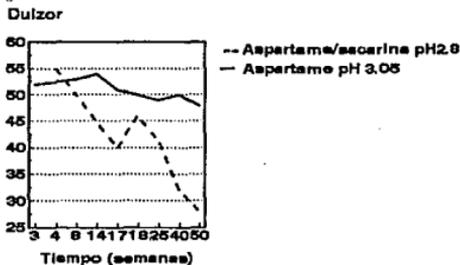


fig. 20 Promedio de dulzor de bebidas de cola carbonatadas después de almacenarse a 20°C por 52 semanas

Fuente: Bakal, A. (1983); "FUNCTIONALITY OF COMBINED SWEETENERS IN SEVERAL FOODS APPLICATIONS"; Chemistry and Industry; - (17-18): 705.

Mezclas secas

Estas comprenden aquellas mezclas que son reconstituídas por los consumidores para dar la presentación final al producto, e incluyen mezclas para bebidas, postres, cereales preendulzados, etc.

Actualmente, en la elaboración de diversas mezclas secas se emplea principalmente la sacarina. Su contenido en una bebida preparada con estas mezclas varía de 27 a 34 mg por cada 100 ml, dependiendo de la marca y el sabor; en postres de gelatina bajos en calorías puede variar en un intervalo de 21 a 28 mg por cada 100 gr.; sin embargo, su aceptación en estos productos es limitada.

Gomas de mascar

Las gomas de mascar contienen comúnmente como agentes englobantes, sorbitol, manitol, xilitol en lugar de azúcar; sin embargo, el dulzor de los primeros es aproximadamente la mitad del de la sacarosa, por lo que también se han utilizado en combinación con diferentes edulcorantes artificiales.

La sacarina se emplea alternativamente en concentraciones que varían de 0.2 y 0.1 % para gomas de mascar sin azúcar. Se ha demostrado que la sacarina insoluble provoca que el sabor continúe percibiéndose en las gomas de mascar. En combinación con el ciclamato, se ha empleado en proporciones de 2:1 ciclamato-sacarina, con aceptación, y con el aspartame, se ha empleado en la misma proporción, dando un producto de mayor aceptación que en el caso de emplear únicamente un edulcorante.

Alimentos procesados

Dentro de este rubro se incluyen aquellos alimentos que recibieron algún tratamiento térmico, enlatados y deshidratados, así como los refrigerados y congelados, bajos en calorías.

La sacarina ha sido empleada exitosamente en aquellos productos que se someten a tratamientos térmicos, dada su estabilidad al calor. Asimismo, en combinación con el sorbitol, se ha utilizado en mezclas preparadas para pasteles y como un edulcorante único en helados, yoghurt y aderezos de ensaladas bajos en calorías. Sin embargo, en estos últimos su empleo es limitado. En combinación con el ciclamato, se ha empleado en productos de panificación, dada su alta estabilidad, en proporciones que varían de 2:1 a 10:1 de ciclamato-sacarina (30).

3.1.11 Obtención

Industrialmente la sacarina se obtiene a partir de un derivado del anhídrido ftálmico, que, a su vez es un derivado del petróleo (63).

3.2 ASPARTAME

3.2.1 Historia

Durante los años '60, los laboratorios Searle llevaron a cabo un estudio a fin de encontrar un inhibidor de la hormona gastrointestinal secretora de la gastrina, como un tratamiento para las úlceras. Al trabajar James M. Schlatter con el Dr. Mazur sobre la síntesis del tetrapéptido C-terminal de la gastrina, sintetizaron diversos intermediarios, y al calentar el éster metílico del aspartilfenilalanina en un matraz con metanol, la mezcla saipicó la superficie del matraz mojando la mano de Schlatter. Posteriormente, al humedecer sus dedos con saliva apreció un marcado sabor dulce, proveniente de este compuesto, de donde surgió el interés por estudiar este compuesto como un posible edulcorante que hoy se comercializa bajo las marcas de Nutrasweet, Equal, Egal, Canderel y Sucrandel, entre otras (21,39,49,52,66,81,88,95).

Actualmente, en casi todo el mundo se consume aspartame, siendo su principal consumidor Estados Unidos, seguido por Japón, Canadá y países de Europa Occidental. Su principal sector consumidor es la industria de bebidas gaseosas (10).

3.2.2 Características

Químicamente, el aspartame está formado por dos aminoácidos, la L-fenilalanina y el ácido L-aspartico, los cuales están presentes naturalmente en la carne, cereales y productos lácteos. Recibe el nombre del éster-1-metil-N-L- α -aspartil-L-fenilalanina, o bien, el ácido 3-amino-N-(α -carbometoxi-fenatil) succinámico, teniendo como fórmula condensada $C_{14}H_{18}N_2O_5$. Su estructura química se muestra en la siguiente figura (8,9,16,21,37,49,51,54,72,85,91):

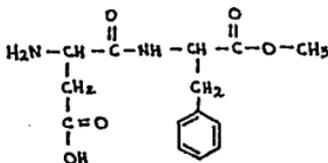


fig. 21 Forma estructural del aspartame

El aspartame se caracteriza por ser un polvo blanco, cristalino e inodoro con un sabor dulce muy semejante al de la sacarosa; no presenta resabios amargos o metálicos como otros edulcorantes y no promueve la caries.

Sus propiedades físicas se indican en el cuadro 7:

CUADRO 7

PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASPARTAME

Peso molecular	294.31
Solubilidad a 25° C en:	10.20 mg/ml
Agua destilada	8.68
Metanol	3.72
Etanol (95%)	0.26
Cloroformo	0.04
Heptano	0.001 - 0.007%
Rotación óptica (agua)	(α _D) +4°

Fuente: Crosby, G.A., Furia, T.E. (1980); "NEW SWEETENERS"; en "CRC HANDBOOK OF FOOD ADDITIVES"; 2ª edición; Vol. II; CRC Press; Estados Unidos: 195.

Para su consumo, debe cumplir con las siguientes especificaciones del Food Chemical Codex (9,16,37,49,51,81,91,95).

Especificaciones

Cenizas	98.0 a 102.0%
3-bencil-6-carboximetil- -2-5-dicetopiperazina (DKP)	NMT 1.5%
Materiales pesados	NMT 10 ppm
Pérdida en el secado	NMT 4.5%
Residuo en ignición	NMT 0.2%
Rotación específica	+14.5° a +16.5°
Otras impurezas	NMT 1.0%
Tamaño de partícula	en USS #100 (150 microns)

3.2.3 Solubilidad

La solubilidad del aspartame varía con el pH y la temperatura, teniéndose una máxima solubilidad a un pH de 2.2 y una mínima solubilidad a un pH de 5.2 (punto isoelectrico). Asimismo, es soluble en alcohol y ligeramente soluble en agua (39,49,81,91).

La solubilidad del aspartame a 25°C en agua y a diferentes valores de pH se muestra en el siguiente cuadro, de donde se observa que la solubilidad disminuye conforme aumenta el pH.

CUADRO 8

SOLUBILIDAD DEL ASPARTAME A DIFERENTES VALORES DE PH

pH	solubilidad (mg/ml a 25°C)
3.72	18.2
4.00	16.1
4.05	15.2
4.27	14.5
4.78	13.8
5.30	13.5
5.70	13.7
6.00	14.2
7.00 (agua des-tilada)	10.2

Fuente: Crosby, G.A., Furia, T.E. (1980); "NEW SWEETENERS"; en "CRC HANDBOOK OF FOOD ADDITIVES"; 2ª edición; Vol. II; CRC Press; Estados Unidos: 196.

3.2.4 Estabilidad

En seco.- Aún en periodos mayores a un año, la estabilidad del aspartame es buena, así como en mezclas secas (85).

En solución.- Su estabilidad es limitada ya que bajo ciertas condiciones de temperatura, pH y tiempo, el enlace éster del aspartame puede hidrolizarse para producir aspartilfenilalanina, la cual, a su vez, puede ciclarse a la dicetopiperazina correspondiente, como se muestra en la fig. 22. Ni el aspartilfenilalanina ni la dicetopiperazina presentan sabor dulce; sin embargo, la calidad del sabor no se ve afectada. En tratamientos a altas temperaturas, como en la pasteurización, no se producen mermas significativas del aspartame, sobre todo en lo que respecta a intervalos de pH de 3.5 a 4.5. Actualmente se ha desarrollado una forma encapsulada del aspartame para utilizarse en productos de panadería (3,8,9,16,37,51,57,77,85,91).

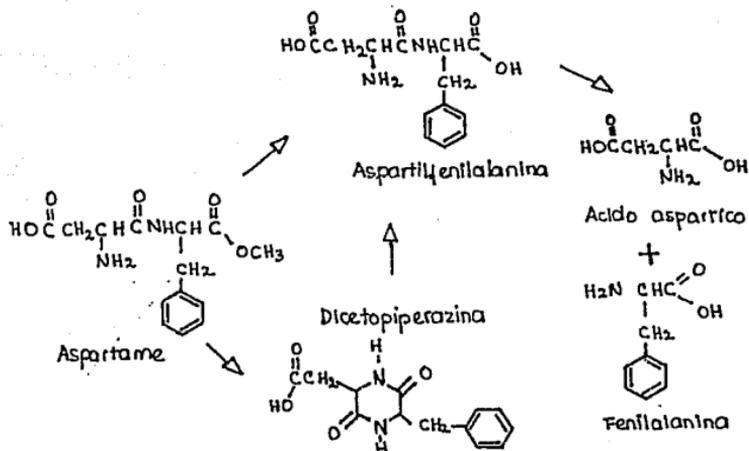


fig.22 Productos de conversión del aspartame

Fuente: Homler, B. (1984); "PROPERTIES AND STABILITY OF ASPARTAME"; Food Technology; 38 (7): 51.

En las figuras 23 y 24 se muestra la influencia del pH y temperatura sobre la estabilidad del aspartame para una solución amortiguadora 0.1 M de ácido cítrico y 0.2 M de ácido fosfórico, con el pH ajustado al valor deseado con hidróxido de sodio, de lo cual puede observarse que la estabilidad del aspartame es mayor a valores de pH de 3.5 a 4.3, mientras que su estabilidad disminuye conforme aumenta la temperatura (100).

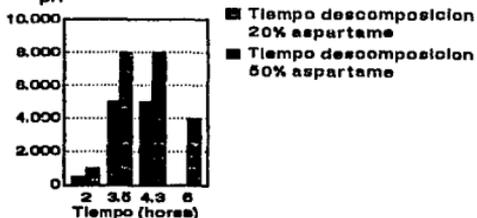


fig. 23 Estabilidad del aspartame en soluciones amortiguadoras a diferentes valores de pH

Fuente: Van der Ven, A. (1988); "ASPARTAME: PROPIEDADES Y APLICACIONES"; Alimentaria; 6 (-): 63.

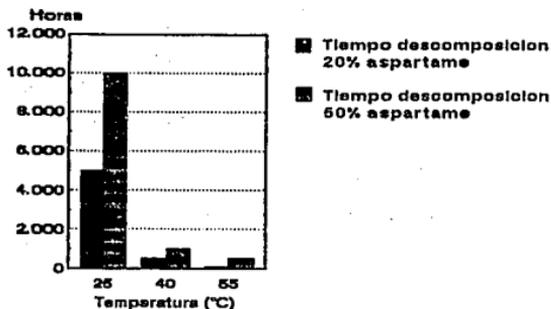


fig. 24 Influencia de la temperatura en la estabilidad del aspartame

Fuente: Van der Ven, A. (1988); "ASPARTAME: PROPIEDADES Y APLICACIONES"; Alimentaria; 6 (-); 63.

Como ya se mencionó, dentro de un rango de pH de 3 a 5, la estabilidad resulta ser máxima, siendo óptima en un pH de 4.3, lo cual resulta conveniente dado al pH de la mayoría de los alimentos.

De acuerdo a lo anterior, el aspartame puede emplearse en bebidas carbonatadas altamente ácidas, mientras que en soluciones más neutrales, tales como las bebidas lácteas puede descomponerse y perder su sabor.

Por otra parte, se ha determinado que el dulzor de los productos puede verse afectado por altas temperaturas, prolongado cocimiento, contenido de humedad, acidez y prolongados tiempos en solución. Aquellos alimentos que contienen este edulcorante son capaces de tolerar temperaturas altas pero no aquellas que involucren horneado, freído o asado; sin embargo, el dulzor del producto no se afecta en bebidas instantáneas calientes de rápido consumo (3,8,9,16,37,51,91,100).

3.2.5 Poder edulcorante

El poder edulcorante del aspartame es de 160 a 220 veces el de la sacarosa, encontrándose que el poder edulcorante del primero disminuye a medida que la concentración de sacarosa aumenta cuando ambos se emplean en mezcla, como se observa en el cuadro 9 (3,8,9,16,21,37,39,49,52,60,63,72,73,81,91,99,100).

CUADRO 9

PODER EDULCORANTE DEL ASPARTAME EN RELACION
CON LA SACAROSA PARA UN SISTEMA ACUOSO
SIMPLE

Concentración (%)		Poder edulcorante
Sacarosa	Aspartame	
0.34 <u>1/</u>	0.001-0.007	4.0
4.30	0.020	2.1
10.00	0.075	1.3
15.00	0.150	1.0

1/ umbral

Fuente: Gomez Rios, M. (1987); "ASPARTAME: GENERALIDADES, PROPIEDADES, USOS Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA"; Universidad Nacional Autónoma de México; Facultad de Química; México: 59.

En estudios realizados por el Dr. Robert H. Mazur, se ha indicado que el reemplazo de la fenilalanina por otro aminoácido conduce a la disminución del poder edulcorante relativo y que el producto obtenido sería únicamente 50 veces más dulce que la sacarosa (66).

En el cuadro 10 se muestra el intervalo del poder edulcorante que presenta el aspartame en diferentes productos, observándose que en productos tales como postres congelados, muestra uno de los valores más altos de dulzor relativo, siendo éste de 2.8, mientras que en bebidas carbonatadas de cola dicho valor es bajo, siendo de 1.3.

CUADRO 10

VALORES DEL PODER EDULCORANTE DEL ASPARTAME
EN DIFERENTES PRODUCTOS

Producto	Poder edulcorante	Concentración de sacarosa equivalente (8)
Bebidas		
- Mezclas de bebidas en polvo	1.8	11
- Bebidas refrescantes	1.8	10
- Café	1.8	4
- Té helado	1.8	6
- Té caliente	1.8	7
- Bebidas de fruta frías	1.8	14
- Bebidas carbonatadas de naranja	1.7	12.5
- Bebidas carbonatadas de cola	1.3	11.0
- Bebidas carbonatadas ginger-ale	1.7	9.0
- Bebidas carbonatadas lima-limón	1.5	9.5
Confitería		
- Productos de chocolate o cocoa	2.0	58
Cereales para el desayuno		
- Preendulzados	1.8	37 (seco)
- Sin endulzar	2.2	--
Postres		
- Gelatinas	1.6	18
- Pudines	2.0	17
- Postres congelados (ice milk)	2.8	14*
Fruta	2.2	--

* incluyendo otros edulcorantes nutritivos

Fuente: Mazur, R. (1974); "NEW DIPEPTIDE SWEETENER AWAITING FDA APPROVAL"; Food Engineering; 46 (8): 27.

3.2.6 Sinergismo

El aspartame puede emplearse adecuadamente con diferentes carbohidratos y edulcorantes nutritivos y no nutritivos como: sacarosa, dextrosa, glucosa, fructosa, sacarina, ciclamato, acesulfame-K, etc., lo cual parece aumentar su poder edulcorante (49,51,81).

En combinación con la goma arábiga y la carboximetilcelulosa (CMC) no se afecta el poder edulcorante del aspartame en relación a la sacarosa (81).

Diversos estudios han demostrado que las combinaciones de aspartame-sacarina, aspartame-ciclamato y aspartame-sacarina-ciclamato, presentan una estabilidad mayor en comparación con la que presentaría el aspartame únicamente, así como perfiles de sabor superiores en productos como tabletas dulces, bebidas refrescantes dietéticas, polvos de bebidas instantáneas y gomas de mascar (46).

3.2.7 Metabolismo

El aspartame es un edulcorante nutritivo que es metabolizado por la misma vía de la que se metabolizan las proteínas, proporcionando 4 Kcal/gr. (9,21,37,49,60,85,91,95).

Una vez ingerido, el aspartame puede absorberse y metabolizarse en el intestino a través de dos vías: 1) Puede hidrolizarse a partir de las células luminales del tracto gastrointestinal y producir, mediante enzimas hidrolíticas y proteolíticas, aspartato, metanol y fenilalanina. 2) Puede absorberse a través de las células de la mucosa por mecanismos de "transporte peptídico" y producir los tres compuestos antes mencionados, los cuales se metabolizan o se eliminan independientemente. A continuación se describe el metabolismo de cada uno de estos compuestos.

Aspartato

El ácido aspártico puede ser interconvertido en el organismo en glutamato, el cual, junto con el aspartato, son constituyentes de las células, siendo los principales aminoácidos que se encuentran en la mitocondria. Ambos participan en el metabolismo de la energía y del nitrógeno, al intervenir en la mayoría de las etapas del ciclo del ácido tricarbóxico (Ciclo de Krebs). Asimismo, participan activamente en el ciclo de la urea.

En estudios realizados con monos Rhesus cuya placenta es semejante a la placenta humana, se ha encontrado que ni el ácido aspártico ni el ácido glutámico atraviesan la placenta en cantidades importantes durante el embarazo, y se ha determinado que "es prácticamente imposible que el humano ingiera suficiente aspartame para incrementar los niveles de aspartato en el plasma materno en un grado que permita la transferencia de cantidades importantes de aspartato a la circulación fetal" (64).

Dado que el glutamato se presenta en forma de aditivo alimenticio como glutamato monosódico y en las proteínas que contienen los alimentos, se han realizado diferentes estudios en alimentos endulzados con aspartame que contienen glutamato monosódico y en alimentos que contienen además, proteínas añadidas sin presentarse incrementos en los niveles sanguíneos de estos aminoácidos al administrarse aspartame en altas dosis.

De igual forma, se ha indicado que el aspartato es rápidamente metabolizado por niños de un año de edad.

Metanol

Durante el metabolismo, el metanol que se ingiere, se degrada por la acción de la enzima alcohol-deshidrogenasa, en formaldehído, el cual es

oxidado para producir ácido fórmico o formato. El formaldehído se considera como un metabolito capaz de producir daños oculares (79).

No obstante lo anterior, se ha encontrado que la ingestión de 200 mg/kg de aspartame en una sola toma (lo que equivale a la ingestión de 20 mg de metanol por kilogramo de peso corporal o a la ingestión consecutiva de 60 latas de bebida gaseosa de una persona de 60 kg. de peso), no ha incrementado el nivel de formato urinario, lo cual muestra que la tasa de síntesis del formato no excede la velocidad de excreción.

Respecto a su posible efecto en el embarazo, se ha determinado que, dada la baja concentración de metanol que presenta el aspartame, no representa un riesgo para las mujeres embarazadas.

Fenilalanina

En relación a este aminoácido, es importante señalar que se requiere en la síntesis de las proteínas y que interviene en una serie de funciones metabólicas.

Este aminoácido requiere especial atención al estar relacionado con la enfermedad conocida como "fenilcetonuria". Se ha indicado que cerca de 1 de cada 15,000 personas (quienes heredan 2 genes autosomales recesivos), carecen de la enzima fenilalanin hidroxilasa, la cual transforma la fenilalanina en tirosina en el hígado. Al acumularse la fenilalanina en la sangre y los tejidos, se causa un daño progresivo al cerebro, manifestándose dicha enfermedad (101).

Los niños recién nacidos que presentan fenilcetonuria pueden mostrar signos de retraso mental; sin embargo, actualmente es posible detectar dicha enfermedad al momento de nacer.

Ya que la fenilalanina se concentra en el lado fetal de la placenta en una relación 1.3 a 1, se han realizado diversos estudios con el fin de determinar si el consumo de aspartame eleva las concentraciones de fenilalanina en el plasma en cantidad suficiente para causar daños al feto. Según datos proporcionados por Levy y Waisbren (1983), se ha mostrado que a concentraciones de 1,100 micromoles/L (18 mg/dl) en el nivel sanguíneo materno, puede provocar en el infante un retraso mental severo, mientras que a concentraciones de 1,200 micromoles/L (20 mg/dl) en el nivel sanguíneo materno, hay presencia de microcefalia, en comparación con un nivel menor a 600 micromoles/L (10 mg/dl), el cual se considera como seguro (99).

3.2.8 Toxicología

Para una persona de 70 kg. de peso, la ingestión de 34 mg/kg de aspartame en una sola toma, puede producir una concentración máxima de 11 micromoles/L (1.85 mg/dl) en personas normales y de 160 micromoles/L (2.67 mg/dl) en sujetos heterocigóticos para la fenilcetonuria (personas que tienen un gene anormal pero no muestran ningún síntoma clínico). Dicha ingestión proporciona aproximadamente 14 mg/kg de ácido aspártico, 17 mg/kg de fenilalanina y 3.3 mg/kg de metanol. Según la FDA la ingestión diaria aceptable (IDA) de aspartame es de 50 mg/kg, lo cual, para un sujeto de 50 kg de peso, representa 12 latas de bebida gaseosa de 12 onzas

endulzada al 100 % con aspartame o el equivalente a 62 latas de bebida gaseosa endulzada con aspartame y sacarina. Aún cuando una persona de 70 kg de peso incrementara su consumo del producto a 100 mg/kg en una única dosis, las concentraciones máximas en el plasma serían de 3.4 mg/dl o 202 micromoles en personas normales y de 7 mg/dl ó 417 micromoles en sujetos heterocigóticos, lo cual se encuentra por debajo de los niveles considerados como inseguros (8,9,16,21,37,64,85,87,88,93).

En estudios toxicológicos realizados en diferentes especies animales se ha demostrado que no se presentan efectos maternotóxicos; fetotóxicos o teratogénicos por la ingestión de altas dosis de aspartame y que los niños metabolizan el aspartame de la misma manera que los adultos.

Respecto al empleo del aspartame por sujetos diabéticos, se han efectuado estudios en los que se ha determinado la seguridad en el empleo de este edulcorante, estableciéndose que no afecta en forma adversa el control glicémico de personas insulino-dependientes (69).

Se ha indicado que la ingestión de aspartame puede producir "hambre residual" y "pérdida de control sobre el apetito", así como una mayor posibilidad de aumento de peso por parte de las personas que ingieren edulcorantes artificiales que las que no los consumen. Contrariamente, diversos estudios han demostrado que el aspartame reprime el apetito y que no produce el efecto de aumento de peso (94).

Por otra parte, otro producto de descomposición del aspartame, es la dicetopiperazina (DKP), la cual se forma de la hidrólisis del éster y de la aspartilfenilalanina para posteriormente, sufrir una ciclización a la correspondiente dicetopiperazina, la cual recibe el nombre químico de 3-bencil-6-carboximetil-2,5-dicetopiperazina. Respecto a su toxicidad, se ha determinado que en un nivel de 3 000 mg/kg de peso corporal, es aceptable ya que no contribuye a la formación de sustancias nocivas o al deterioro de la salud, además no presenta efectos nocivos en adultos; sin embargo, se encuentra relacionada con daños en el desarrollo fetal (49).

Los estudios realizados por los científicos norteamericanos Richard Wurtmann del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y Timothy Maher del Colegio de Farmacología de Massachusetts (1986), han mostrado preocupación sobre la toxicidad del aspartame comercializado en Estados Unidos como Nutrasweet (uso industrial) y Equal (uso público). Dichos investigadores han recopilado resultados de diferentes investigaciones, encontrando que el cerebro humano es más susceptible a los efectos del aspartame que las ratas de laboratorio y que pueden presentarse convulsiones en dosis tan bajas como 15 mg/kg de peso, debido a que la fenilalanina inhibe la síntesis de monoaminas, cuya carencia se ha asociado con padecimientos de este tipo. Asimismo, se cree que el aspartame ocasiona cambios en la química cerebral lo que puede influenciar el comportamiento humano u ocasionar dolores de cabeza. Sin embargo, la FDA hasta 1987, rechazó la solicitud de prohibición del aspartame (14,21,44,79).

Respecto a la opinión que los consumidores tienen acerca del aspartame, se ha reportado que éstos han manifestado diversos síntomas como náuseas, mareos, cambios en el comportamiento, dolores de cabeza, convulsiones, etc. Cabe aclarar que dichos padecimientos no han sido

observados en estudios controlados y que no pueden ser relacionados directamente con el uso del aspartame.

3.2.9 Legislación

El aspartame ha sido evaluado en diferentes estudios realizados en animales a fin de determinar el potencial toxicológico de éste y de su producto de conversión, la dicetopiperazina (DKP).

En 1973, la G.D. Searle solicitó la aprobación del empleo del aspartame en productos alimenticios secos, siendo hasta 1974 cuando la FDA lo aprobó; sin embargo, recibió varias objeciones y solicitudes de su investigación, por lo que formó un Consejo Público de Investigación con científicos no pertenecientes a la FDA. En julio de 1981, declaró que el aspartame era seguro e inocuo y que no ocasionaba retraso mental, lesiones o tumores cerebrales, o malfuncionamiento endócrino, lo cual fué confirmado en 1987 por el Comisionado de la FDA, Frank Young.

Desde octubre de 1981, la FDA aprobó su empleo en cereales fríos, substitutos secos del azúcar, gomas de mascar, café y té instantáneos, gelatinas y postres en polvo y bases secas para bebidas y refrescos; y en 1983, se permitió también su uso en refrescos gaseosos y jarabes de base (57,72).

Este edulcorante ha sido considerado como seguro para su empleo por cerca de 50 países incluyendo a México y por organismos tales como el Comité Científico de Productos Alimenticios de la CEE y el Comité Conjunto de Expertos en Aditivos Alimentarios de la FAO/OMS y por diversos organismos como el Consejo de Asuntos Científicos de la Asociación Médica Americana, la Rama Canadiense de Protección a la Salud, el Instituto Danés de la Alimentación, la Academia Americana de Pediatría y el Comité Británico sobre la Toxicidad de los Químicos en los Alimentos (39,92,100).

Se considera que los estudios realizados al aspartame representan los más extensos y extensos que se le han efectuado a un aditivo alimenticio (103).

Con el fin de asegurar el empleo adecuado de este edulcorante, el producto que lo contenga debe mostrar en su etiqueta "contiene fenilalanina" (16,85).

3.2.10 Aplicaciones

El aspartame intensifica y extiende los sabores de frutas, particularmente de frutas ácidas como la naranja y limón, por lo que sus aplicaciones en diferentes alimentos y bebidas son amplias y su empleo por diabéticos puede considerarse como seguro.

La Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos (FDA) ha aprobado su empleo en:

- a) Alimentos preendulzados
 - Caramelos
 - Mezclas de bebidas en polvo, té instantáneo preendulzado, chocolate caliente, café instantáneo, mezclas para cocteles,

- bebidas para el desayuno, malteadas bajas en calorías, etc.
- Otras mezclas como: postres de gelatina, rellenos para pudines o pays, aderezos para ensaladas, etc.

b) Sistemas líquidos y húmedos

- Bebidas carbonatadas
- Postres congelados y productos lácteos: postres congelados tipo helado, yoghurt natural y saborizado con fruta, etc.
- Cereales para el desayuno
- Confitería: gomas de mascar, chocolate fundido, coberturas de chocolate, caramelos, etc.
- Bebidas congeladas y refrigeradas: concentrados congelados, bebidas lácteas sabor chocolate, etc.
- Otros: fruta enlatada, mantequilla de cacahuete, mermeladas, mantequilla, margarina preendulzada, mayonesa y productos farmacéuticos.

El aspartame, en forma de tableta de aproximadamente 40 mg, puede utilizarse para endulzar una taza de café, lo cual presenta un dulzor similar al de una cucharadita de azúcar; sin embargo, se ha indicado que el aspartame puede cambiar el sabor amargo del café.

En bebidas carbonatadas, puede emplearse en concentraciones de 50 a 95 mg de aspartame por 100 ml, dependiendo de la marca y sabor; sin embargo, se ha mencionado que puede presentarse una pérdida del dulzor dependiendo del tiempo de almacenamiento, temperatura y pH (31).

En general, los niveles empleados de este edulcorante puede variar de 0.01-0.2% dependiendo del producto, por ejemplo, en bebidas congeladas y refrigeradas, el nivel empleado va de 350 a 450 ppm (3,6,8,13,27,39,51,52, 60,85,91,99,100).

En el siguiente cuadro se muestra la reducción calórica que presenta el aspartame aplicado en diferentes alimentos y bebidas:

Producto	Calorías por porción		Porcentaje de reducción
	Con azúcar (*)	Con aspartame (*)	
Bebidas refrescantes (350 ml)	114	1	99
Yoghurt saborizado (180 ml)	167	87	48
Edulcorante granulado (equivalente a una cucharadita)	16	2	88
Pudín de chocolate (1/2 taza)			
- de la mezcla con leche desnatada	150	75	50
Postre de gelatina (1/2 taza)			
- de la mezcla	81	10	88

(*) Fuente: Boletín informativo del aspartame

3.2.11 Obtención

El ácido aspártico se encuentra naturalmente en plantas, melazas de caña y remolacha y se produce enzimáticamente del fumarato de amonio. La fenilalanina se produce por la conversión enzimática de la glucosa formándose un derivado de metil antes de combinarse con el ácido aspártico (10).

3.3 CICLAMATO

3.3.1 Historia

El ciclamato es un edulcorante no nutritivo descubierto accidentalmente en el año de 1937 por Michael Sveda de los laboratorios Abbott en North Chicago, Illinois, al contaminarse un cigarrillo con un derivado de la ciclohexilamina. En el año de 1940, el ciclamato fué patentado por la compañía Du Pont y en 1950 fué introducido al mercado por los laboratorios Abbott; sin embargo la FDA prohibió su empleo dados los estudios realizados sobre su toxicidad, en el año de 1970 (30,39,49,67,68,79,85).

3.3.2 Características

Químicamente el ciclamato recibe el nombre de ácido ciclohexil-sulfámico y puede presentarse ya sea en forma de sal de calcio o de sodio, con el nombre de ciclohexil-sulfamato de calcio o de sodio. Estas sales, en un principio fueron muy utilizadas, principalmente la sal de calcio, en dietas bajas en sodio. Las formas estructurales del ciclamato se muestran en la siguiente figura.

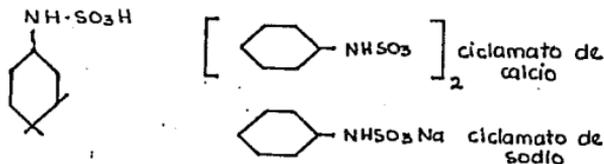


fig.25 Forma estructural del ciclamato

El ciclamato se presenta como polvo cristalino o como cristales blancos inodoros (1,30,39,79,81).

Este edulcorante debe cumplir con lo establecido por la Farmacopeia de EU (USP, por sus siglas en inglés); sin embargo, las especificaciones más comunes son las siguientes (81):

- Ciclamato de sodio

Apariencia:	Inodoro, polvo blanco cristalino
Fórmula empírica:	$\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NNaO}_3\text{S}$
Peso molecular:	201.23
Pureza:	98 % mínimo
Pérdida en el secado a 140°C por 2 horas:	1.0 % mínimo
Solubilidad:	1.0 gr. se disuelve en: 5 ml. de agua y 24 ml. de propilenglicol. Virtualmente es insoluble en alcohol, benceno, cloroformo y éter.
pH en solución acuosa al 10 %	5.5 a 7.5

- Ciclamato de calcio

Apariencia:	Inodoro, polvo blanco cristalino
Fórmula empírica:	$(C_6H_{12}NO_3S)_2 Ca \cdot 2H_2O$
Peso molecular:	423.58
Pureza:	98 % mínimo
Pérdida en el secado a 140°C por 2 horas:	9.0 % mínimo
Solubilidad:	1.0 gr. se disuelve en: 4 ml. de agua, en 60 ml. de etanol y en 1.5 ml. de propilenglicol. Virtualmente es insoluble en benceno, cloroformo y éter.
pH en solución acuosa al 10 %	5.5 a 7.5

3.3.3 Solubilidad

Las sales de sodio son solubles en una proporción de 2:10 ciclamato-agua, y de 4:100 ciclamato-propilenglicol, mientras que las de calcio son solubles en una proporción de 1:4 ciclamato-agua, 1:1.5 ciclamato-propilenglicol, y 1:60 ciclamato-alcohol. Dichas sales no son solubles en benceno, cloroformo o éter (39,49).

3.3.4 Estabilidad

El ciclamato es estable al calor, a temperaturas normales de procesamiento y en un rango de pH de 7.0 a 2.0 (79,85).

3.3.5 Poder edulcorante

El ciclamato muestra un sabor muy semejante al del azúcar y presenta un poder edulcorante de 30 a 60 veces el de la sacarosa; sin embargo, proporciona resabios desagradables, amargos o extraños (30,39,49,54,79,81,85).

3.3.6 Sinergismo

Desde 1955 hasta su prohibición, el ciclamato fué utilizado en combinación con la sacarina, ya que se veían disminuidos los problemas que ambos edulcorantes presentaban en relación a los resabios desagradables. En bebidas carbonatadas la proporción utilizada fué de 10:1 ciclamato-sacarina, proporcionando cada uno la mitad del dulzor percibido, lo cual contribuyó a aumentar el mercado de las bebidas bajas en calorías. En países donde su uso está permitido, se emplea adecuadamente con la sacarosa y el aspartame. Por otra parte, no presenta interacciones con los componentes de los alimentos (30,39,79,85).

3.3.7 Metabolismo

El ciclamato es un edulcorante alcalóxico que no es metabolizado; sin embargo, se cree que los microorganismos presentes en el intestino delgado son los causantes de que se degrade, mediante la hidrólisis del sulfamato a ciclohexilamina, de la cual se sospecha que es un metabolito carcinógeno. Asimismo, se ha encontrado que éste se elimina por la orina en un lapso de

2 a 4 días después de su ingestión, en forma de ciclohexilamina, ciclohexanona y ciclohexanol (39,49,63,85).

3.3.8 Toxicología

En el año de 1958, el ciclamato y la sacarina fueron considerados como seguros para su empleo (GRAS por sus siglas en inglés); sin embargo, diversos estudios efectuados en los años '60 demostraron que en ratas y ratones alimentados con ciclamato, se presentaban tumores en vejiga, y en el organismo humano se producían efectos dañinos tales como alta presión sanguínea, atrofia testicular, mutagenicidad y deformaciones en fetos, así como daños en cromosomas. Contrariamente en 1969 la Wisconsin Alumni Research Foundation condujo un estudio sobre la combinación sacarina-ciclamato, mediante el cual se mostraron evidencias de que el ciclamato era un posible agente causante de cáncer en vejiga de ratas y ratones. No obstante, la producción de este edulcorante alcanzó un punto máximo de 21 millones de libras por año, antes de que la FDA lo prohibiera. Posteriormente, en octubre de 1969, el ciclamato fué eliminado de la lista de los productos GRAS y, en Canadá se limitó su empleo en caramelos; sin embargo, en 1978 fué aprobado para su uso en la industria farmacéutica. Los estudios con respecto a la seguridad de este edulcorante continuaron y, en 1985 la National Research Council, concluyó que el ciclamato en sus diferentes presentaciones no es carcinógeno; sin embargo, en presencia de otras sustancias puede actuar como co-carcinógeno. Asimismo, se ha reportado que muestra cierta acción simpatomimética y que libera catecolaminas en las terminaciones simpáticas, por lo que su empleo ha sido restringido.

En la figura 26 se presenta la forma en que se degrada el ciclamato en el organismo (49,63,79).

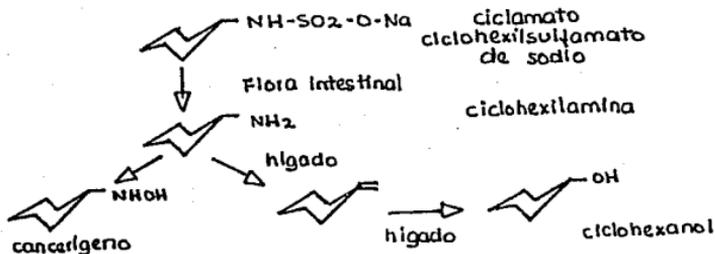


fig. 26 Biotransformación del ciclamato
Fuente: Valle, V.P. (1986); "TOXICOLOGIA DE ALIMENTOS";
Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud;
Organización Mundial de la Salud; pg. 104

3.3.9 Legislación

Desde el año de 1973, los laboratorios Abbott solicitaron a la FDA la aprobación de este edulcorante, principalmente en alimentos dietéticos. El National Cancer Institute, de acuerdo a los datos recabados hasta marzo de 1976, consideró que los informes realizados por los laboratorios Abbott no determinaban la carcinogenicidad del ciclamato y la petición no fué aprobada; posteriormente, los laboratorios solicitaron de nuevo la aprobación para su empleo en bebidas, jugos de frutas, mezclas de bebidas, frutas procesadas, gelatinas, aderezos de ensaladas, gomas de mascar y en confitería, sugiriendo que la ingestión diaria no excediera de 1.5 gr. Asimismo, los laboratorios incluyeron los datos sobre nuevos estudios y determinaron que los efectos toxicológicos podían disminuir, combinando el ciclamato con otros edulcorantes artificiales. El Comité de Valoración del Cáncer de la FDA concluyó que, con las evidencias obtenidas hasta el momento no era posible considerar al ciclamato como un carcinógeno y, en abril de 1975 la Academia Nacional de Ciencias y el Consejo Nacional de Investigación a petición de la FDA consideró que el ciclamato no es carcinógeno; sin embargo, en presencia de otras sustancias puede actuar como carcinógeno. Desde 1982, los laboratorios Abbott han realizado 75 estudios adicionales acerca de la seguridad del ciclamato. Hoy en día, el ciclamato está permitido en alimentos bajos en calorías en 40 países entre los que se encuentran Canadá y Suiza; no obstante, es necesario que se efectúen recomendaciones sobre la ingestión máxima diaria. Noruega estableció que las pruebas realizadas por EU no eran satisfactorias y que debería prohibirse únicamente si el consumo diario excede 50 mg/kg de peso corporal en alimentos dietéticos y tabletas dulces. De igual forma, Alemania Occidental, Países Bajos, Argentina, Brasil, Finlandia, Nueva Zelanda y Portugal, permitieron su uso en ciertos alimentos dietéticos. Actualmente, Sudáfrica lo permite en estas bebidas refrescantes, en confitería, mayonesas y aderezos de ensaladas, así como en productos que incluyan la leyenda de "endulzado artificialmente" y Australia únicamente lo permite en refrescos. Actualmente, la FDA ha eliminado el ciclamato de la lista de productos considerados como seguros de consumir, tanto de alimentos como de bebidas y ha prohibido totalmente su empleo en el mercado de Estados Unidos (49,67).

En México, actualmente el empleo del ciclamato se enfoca únicamente a la industria farmacéutica (1,39,49,54,79).

3.3.10 Aplicaciones

En Estados Unidos, el empleo del ciclamato no está permitido en alimentos; sin embargo, anteriormente fué utilizado en combinación con la sacarina en pudines, gelatinas y helados. Otras aplicaciones han incluido caramelos, bebidas, bebidas de frutas, gomas de mascar, aderezos y confitería (39,49,85).

A continuación se describen las principales aplicaciones que ha tenido el ciclamato en la industria de alimentos y bebidas:

Caramelos

En Europa y Canadá se pueden encontrar caramelos endulzados con ciclamato; sin embargo, dada la baja intensidad de dulzor de este

edulcorante, las preparaciones de caramelos contienen mayores cantidades de éste en comparación con la sacarina, lo cual aumenta sus limitaciones de sabor. Para proporcionar el equivalente a 2 cucharaditas de azúcar en una taza de café, se necesita de 150 a 200 mg de ciclamato de sodio.

Bebidas carbonatadas

Como se mencionó anteriormente, en combinación con la sacarina se empleó en una proporción de 10:1 ciclamato-sacarina, hasta su prohibición.

Otros

El ciclamato no fué empleado como edulcorante único en mezclas secas y gomas de mascar, debido a su baja intensidad de dulzor; por lo que, fué utilizado en combinación con la sacarina para la elaboración de estos productos. Asimismo, junto con ésta se le empleó en alimentos procesados, con las características anteriormente descritas (30).

3.3.11 Obtención

El ciclamato se obtiene industrialmente a partir de la sulfonación de la ciclohexilamina (49).

3.4 ACESULFAME-K

3.4.1 Historia

El acesulfame-K es un edulcorante no nutritivo, derivado del ácido acetoacético, que fue accidentalmente descubierto en el año de 1967 por el Dr. Clauss, de los laboratorios Hoechst Aktiengesellschaft, en Alemania Occidental, al realizar estudios sobre nuevos compuestos cíclicos. Tras una serie de diferentes estudios realizados sobre su toxicidad, finalmente ha sido aprobado en 28 países y sus aplicaciones son cada vez mayores. Comercialmente se le conoce con el nombre de Sunette y su proceso de obtención emplea clorosulfinil isocianato (39,46,49,54,72,85).

3.4.2 Características

El acesulfame-K se presenta en forma de sal de potasio. Químicamente el acesulfame-K es una sal de potasio del 6-metil-1,2,3-oxatiazina-4(3H)-uno-2,2-dióxido. Su estructura química se muestra en la figura 27:

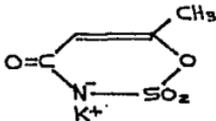


fig.27 Forma estructural del acesulfame-K

El acesulfame-K se caracteriza por ser un polvo cristalino e inodoro, con una estructura química similar a la de la sacarina, por lo que presenta propiedades sensoriales semejantes a ésta.

Este edulcorante debe cumplir con las siguientes especificaciones:

Apariencia:	Polvo cristalino incoloro
Pureza:	99 %
Pérdida en el secado a 105°C por una hora:	Menor a 1 %

3.4.3 Solubilidad

El acesulfame-K es soluble en agua, ligeramente soluble en etanol y glicerol puro, así como en mezclas de estos compuestos. Su solubilidad en agua es cerca de 270 gr. en un litro a 20 °C y 150 gr. a 0°C; dicha solubilidad se incrementa a temperaturas elevadas; sin embargo, aunque su punto de fusión no es constante, se degrada a temperaturas de 225°C o superiores, así como con un calentamiento lento y prolongados tiempos de que se mantiene a una misma temperatura (39,47,49,54,72,85,99).

3.4.4 Estabilidad

El acesulfame-K es muy estable a temperatura ambiente en su forma cristalina. Se ha reportado que es estable a estas condiciones durante 10 años, así como en solución. Al respecto, los laboratorios Hoechst han señalado que "aún en bebidas suaves altamente ácidas, la reducción del contenido de acesulfame-K es tan insignificante que sólo se detecta después de varios meses". De igual forma, es estable a pH de 3 y mayores; sin embargo, a pH menores a 3, su estabilidad disminuye. A pH de 2.5, se manifiesta una cierta descomposición del compuesto; no obstante, bajo estas condiciones es más importante la inestabilidad del sabor.

En comparación con la sacarosa, el acesulfame-K es más estable al calor y no se descompone bajo condiciones de pasteurización o de horneado, inclusive en productos con bajos contenidos de humedad, como bizcochos, de horneado rápido a temperaturas altas (39,46,49,54,57,72,85).

3.4.5 Poder edulcorante

El poder edulcorante del acesulfame-K es semejante al del aspartame, siendo de 200 veces el de una solución al 3 % de sacarosa. Al ingerirlo, su dulzor se percibe rápidamente; sin embargo, a concentraciones elevadas muestra una reducción de la intensidad del dulzor, así como resabios amargos, sintéticos y químicos (39,46,47,49,85).

3.4.6 Sinergismo

El acesulfame-K, en combinación con el aspartame y ciclamato de sodio, afecta el sabor dulce de los alimentos en mezcla con sacarina, presenta efectos sinérgicos ligeros. Los laboratorios Hoescht han reportado que la combinación acesulfame-K-aspartame, en una proporción 1:1, incrementa el dulzor que ambos edulcorantes poseen por separado. En Francia, en 1988, se lanzó al mercado Coca-Cola Light, la cual contiene una mezcla de acesulfame-K-sacarina-aspartame.

La combinación del acesulfame-K con otros edulcorantes permite el empleo de cantidades más pequeñas, en comparación con las de un solo edulcorante. Asimismo, puede emplearse junto con edulcorantes tales como sacarosa y alcoholes polihídricos, particularmente con el sorbitol, con el que presenta un mayor dulzor (39,47,49,57).

3.4.7 Metabolismo

El acesulfame-K no es metabolizado por el organismo humano, se elimina por los riñones sin ninguna alteración y no se acumula en el cuerpo, por lo que no aporta calorías a la dieta (39,49,57,72,85).

3.4.8 Toxicología

Este edulcorante ha demostrado no ser tóxico en estudios que utilizaban modelos de reacciones bioquímicas, células cultivadas, microorganismos y diferentes especies animales. Estos estudios han comprendido pruebas de carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad. Sin embargo, el Centro para Ciencia en Interés del Público (CSPJ, por sus siglas en inglés), en Washington, D.C., estableció que el acesulfame-K era

causante de cáncer y, por lo tanto, no debía ser aprobado por la FDA. Ciertos estudios realizados en ratas hembra y macho, mostraron que podía ser causante de tumores en el pulmón o en las glándulas mamarias, y elevar el nivel de colesterol en ratas diabéticas. La FDA señaló que este análisis mostraba que dichos tumores eran típicos y podían encontrarse en forma rutinaria, por lo cual la evidencia de que sea un carcinogénico no es concluyente (47,49,57,72,99).

3.4.9 Legislación

Como anteriormente se mencionó, el empleo de este edulcorante está aprobado desde 1983 en 28 países, entre los que se encuentran el Reino Unido, Irlanda, Alemania, Bélgica y EU. El Comité Unido de Expertos en Aditivos Alimenticios de la OMS/FAO, ha permitido una dosis de ingestión diaria de 0-9 mg/kg de peso corporal y, por su parte, la FDA ha aprobado la ingestión diaria de 15 mg/kg de peso corporal/día. De 1987 a 1988, la FDA lo aprobó, después de 6 años de estudios, en productos tales como alimentos secos, mezclas de bebidas, gomas de mascar, postres y pudines; a su vez, la OMS también lo aprobó. Hasta el año de 1988, los laboratorios Hoechst revelaron que al menos, un producto se lanzaba al mercado cada mes, conteniendo este edulcorante (39,54,72,85,99).

3.4.10 Aplicaciones

La estabilidad del acesulfame-K y su solubilidad en agua permite su empleo en diversos alimentos, como refrescos, jaleas y mermeladas, gomas de mascar, yoghurt de frutas, caramelos, postres y pudines, entre otros. En refrescos puede aplicarse en concentraciones de 600 mg/lt, con un nivel de dulzor equivalente del 8 al 10 % de azúcar, o bien, en combinación con azúcar, fructosa o jarabes glucosa-fructosa, proporcionando una mayor viscosidad. En productos lácteos que requieran tratamientos UHT (ultra alta temperatura), puede emplearse exitosamente, así como en la elaboración de productos lácteos en polvo e instantáneos. De igual forma, puede emplearse en productos fermentados, ya que no se fermenta en presencia de bacterias y no muestra cambios en el sabor, así como en productos de confitería, proporcionando además, ciertas ventajas como son el aumentar el volumen, disminuir la actividad de agua y contribuir a la formación de agentes gelatinosos.

En formulaciones de caramelos, se requieren aproximadamente de 20 a 25 mg para producir el mismo dulzor que proporcionaría una cucharadita (3.4 gr.) de azúcar. En combinación con el aspartame, en la elaboración de este tipo de productos, se requiere del uso de agentes englobantes y antiapelmazantes, como las maltodextrinas, a fin de proporcionar el dulzor que muestra la sacarosa. Cuando se le emplea como edulcorante único, se utiliza en intervalos de 300 a 700 ppm en mezclas de bebidas en polvo, y de 3,000 ppm en gomas de mascar.

En la industria farmacéutica se le ha empleado en pastas dentales y enjuagues bucales (39,46,47,49).

3.5 ALITAME

3.5.1 Historia

El alitame es un edulcorante similar al aspartame descubierto por los laboratorios Pfizer, Inc. (85).

3.5.2 Características

Químicamente el alitame está compuesto por el ácido L-aspartico, D-alanina y la amida del grupo amina (2,2,4,4-tetrametilpiperidilamino). Su estructura química se presenta en la siguiente figura:

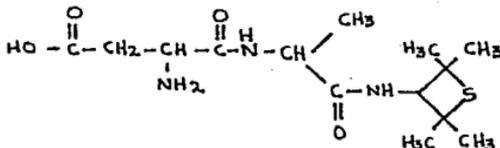


fig.28 Forma estructural del alitame

Este edulcorante muestra una calidad de sabor muy semejante al del aspartame (85).

3.5.3 Solubilidad

El alitame es soluble en agua sin a concentraciones del 13% en su punto isoeléctrico (pH 5.6), lo cual permite su empleo en soluciones concentradas (85).

3.5.4 Estabilidad

La estabilidad del alitame, como la del aspartame, depende del pH. En un intervalo de pH de 2 a 4, muestra una solución de vida media más grande a un año en condiciones de temperatura ambiente. Al aumentar el pH a valores superiores a 4, dicha solubilidad se incrementa, lo cual lo hace atractivo para emplearse en rangos de pH neutrales donde el aspartame no es aplicado. De igual forma, el alitame es estable térmicamente y en sistemas líquidos, lo cual hace ventajoso su empleo en procesos HTST (altas temperaturas y cortos tiempos) y en panificación (85).

3.5.5 Poder edulcorante

El poder edulcorante del alitame es aproximadamente 2,000 veces el de la sacarosa. No presenta resabios desagradables y se ha encontrado que muestra un dulzor claro (46,85).

3.5.6 Sinergismo

Se ha indicado que el alitame puede emplearse adecuadamente en combinación con otros edulcorantes; sin embargo, dado que es un edulcorante de reciente desarrollo, actualmente no se dispone de información suficiente sobre su posible empleo con otros edulcorantes (85).

3.5.7 Metabolismo

Este edulcorante es metabolizado parcialmente, teniendo una máxima contribución calórica de 1.4 kcal/gr en una base teórica, lo cual equivale al 0.02% de las calorías que reemplaza la sacarosa en una base de dulzor. El alitame es absorbido adecuadamente durante el metabolismo, donde la porción de ácido aspártico es hidrolizada. La mayor parte del restante se excreta como una mezcla de metabolitos y un pequeño porcentaje se elimina sin ninguna alteración (85).

3.5.8 Toxicología

Se considera que al alitame es un edulcorante apto para el consumo humano al haber sido evaluado en 15 diferentes estudios realizados en animales y en el ser humano (85).

3.5.9 Legislación

En el año de 1986, los laboratorios Pfizer Inc. solicitaron su aprobación en una amplia variedad de alimentos en los EU. Desde 1988 se esperaba la aprobación para su empleo en EU para el año de 1991 (46,57,85).

3.5.10 Aplicaciones

Una vez que el empleo de este edulcorante sea aprobado, dada su estabilidad y su alto potencial, podrá emplearse adecuadamente en una gran variedad de alimentos, bebidas y productos farmacéuticos en concentraciones muy bajas, de aproximadamente de 20 a 200 ppm dado su alto poder edulcorante (46,85).

3.6 OTROS

3.6.1 SUCRALOSA

La sucralosa químicamente recibe el nombre de 1,6-dicloro-1,6-dideoxi- β -D-fructofuranosil 4-cloro-4-deoxi- α -D-galactopiranosil (56).

Su solubilidad en agua aumenta conforme se incrementa la temperatura, encontrándose su máxima solubilidad a 20°C (28.2 gr/100 ml). Asimismo, en solución presenta características similares de viscosidad a las de las soluciones de azúcar (56).

Este edulcorante es aproximadamente de 600 a 800 veces más dulce que la sacarosa presentando un sabor semejante al del azúcar sin resabios desagradables. Muestra la estabilidad acuosa y térmica requerida para la elaboración de productos de panadería bajos en calorías (26,33).

La compañía Tate and Lyle ha promovido la producción de sucralosa en países como el Reino Unido, Estados Unidos y Canadá, y hasta el año de 1990, su empleo se encontraba en revisión por la FDA para aprobarse como un edulcorante de alta intensidad en 15 diferentes categorías de alimentos, incluyendo productos de panadería (26,32).

3.6.2 DEHIDROCHALCONAS

Son derivados de los bioflavonoides que se encuentran en las cáscaras de los cítricos. Se obtienen mediante una modificación química que consiste en una isomerización y ruptura de anillos flavonoides por una hidrogenación alcalina. Estos compuestos presentan en su estructura diversos radicales sustituyentes en los anillos aromáticos, los cuales son los responsables del sabor.

La neohesperidina dehidrochalcona proveniente de la naranja, variedad Sevilla, presenta un poder edulcorante de 1,500 veces el de la sacarosa; es soluble en agua y etanol. Asimismo, presenta un resabio semejante al mentol o al crocus, y es estable a valores de pH entre 2 y 7, su solubilidad es moderada, de aproximadamente 3.6 g/l a 20°C. Puede emplearse en gomas de mascar, productos de confitería, mezclas secas, pastas dentales, enjuagues bucales y productos farmacéuticos. Su estructura se muestra en la figura 29:

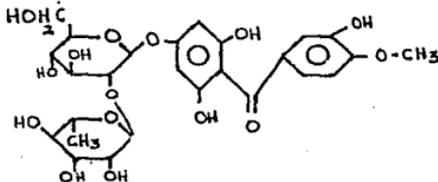


fig. 29 Forma estructural de la neohesperidina dehidrochalcona

Las dehidrochalconas no están incluidas en la lista de productos considerados como seguros para su empleo (GRAS, por sus siglas en inglés).

dado que no han sido concluidos los estudios toxicológicos que comprueben la seguridad en su empleo (15,30,46,78,79,99,105).

3.6.3 AZUCARES-L

Son estereoisómeros de los azúcares-D y dentro de este grupo se encuentra la L-glucosa, la cual es representativa de otras hexosas-L como la L-fructosa y la L-gulosa. Se ha indicado que estos azúcares no son metabolizados y por lo tanto, son acalóricos y presentan las mismas características de sabor que los azúcares-D sin mostrar resabios. La L-glucosa presenta un poder edulcorante de 0.4 a 0.7 en relación a la sacarosa, su sabor es semejante al de esta última y es estable en un rango de pH de 2 a 7. Por otra parte, se ha señalado que la L-sacarosa presenta propiedades similares al del azúcar y que no es metabolizada en el tracto gastrointestinal.

En general, estos azúcares pueden emplearse en productos tales como gomas de mascar, bebidas refrescantes y productos bajos en calorías, dado que no se metabolizan y no se consideran carcinogénicos; no obstante, hasta 1987 su empleo no estaba aprobado en ningún país. Asimismo, se ha indicado que la fuente de estos azúcares son los estereoisómeros azúcares-D (19,21,30,46,78).

3.6.4 NEOSUGAR

Es un edulcorante no nutritivo que está compuesto por sacarosa unida en un enlace β (2-1) a 2,3 ó 4 unidades de fructosa, como se observa en la figura 30. Las estructuras resultantes se designan como GF₂, GF₃ y GF₄, respectivamente. Este compuesto se obtiene mediante la acción de la enzima fructosiltransferasa en la sacarosa, presenta un poder edulcorante de 40 a 60 en relación a la sacarosa y se ha indicado que puede considerarse como un edulcorante no digerible por lo que se emplea en productos bajos en calorías (39,78,79).

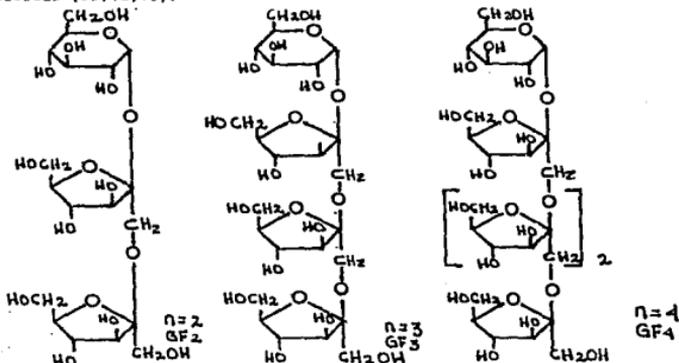


fig.30 Forma estructural del neosugar

3.6.5 DULCINA

Se conoce bajo el nombre de Sucrol y Valzín, su nombre químico es el 4-atoxi fenil urea o p-fenetol carbamida. Su poder edulcorante es de 250 veces el de la sacarosa; no obstante, presenta efectos tóxicos por lo que su empleo no está permitido (78).

3.6.6 DIETILENGLICOL

Aunque principalmente este compuesto se emplea como anticongelante, también se ha llegado a utilizar como edulcorante, fundamentalmente en vinos adulterados. Su empleo como aditivo en alimentos está prohibido ya que presenta diversos efectos toxicológicos (78).

3.6.7 POLIAZUCAR

Este edulcorante se obtiene mediante la unión de la sacarosa a un polímero de alcohol vinílico. No se metaboliza y presenta un buen poder edulcorante. Actualmente, ya que este edulcorante es escasamente empleado, no se dispone de mayor información sobre la seguridad de su empleo y sus aplicaciones (78).

4.0 TENDENCIAS DE CONSUMO

Como ha podido observarse durante los capítulos anteriores, tanto los edulcorantes naturales como los artificiales abarcan una amplia variedad y su empleo se encuentra en función de diversos factores, tales como: hábitos tradicionales de consumo, disponibilidad, influencia de medios externos a los hábitos alimenticios, interés por el consumo de alimentos bajos en calorías y saludables, búsqueda de fuentes alternativas al azúcar por parte de personas que padecan diabetes, y debido a razones económicas, principalmente.

Aunado a lo anterior, se encuentra el aspecto legislativo, el cual varía de acuerdo a cada país y se encuentra basado en los estudios que realicen las dependencias específicas, en los cuales se comprueba la seguridad de su empleo.

Los factores anteriormente mencionados determinan en mayor o menor medida, el empleo que puedan tener dichos edulcorantes en cada país, teniéndose que la ingesta calórica en países en vías de desarrollo, exceptuando a la población de niveles socioeconómicos altos, se obtiene a través del consumo de productos con un alto contenido de almidón como el pan, las tortillas, las arepas, etc. y se complementa con alimentos y bebidas endulzados con edulcorantes naturales o artificiales en productos como derivados lácteos, de confitería, panadería, etc.

El consumo de edulcorantes naturales empleados tradicionalmente se ha visto modificado por la aparición en el mercado de edulcorantes alternativos que constituyen una fuerte competencia ante los primeros, ya que la producción mundial del azúcar ha sufrido fluctuaciones importantes al resentir los cambios en las condiciones climatológicas y en los precios internacionales. En Estados Unidos la producción de azúcar de caña y remolacha se elevó de 2.7 a 3.4 millones de toneladas de 1980 a 1987 con un incremento total en la producción que va de 5.8 a 7.4 millones de toneladas, como se observa en la figura 31, lo cual se debe principalmente al aumento del área sembrada y a mayores rendimientos de producto por hectárea. Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés), el consumo de azúcar de caña y de remolacha se incrementó del año de 1920 a 1925 de 39 a 43 kg/persona al año para llegar a un máximo de 47 kg/persona al año en 1930 y posteriormente permaneció estable en un valor de 45.4 kg/persona hasta 1977, como se observa en la figura 32. Este comportamiento se atribuye al aumento en el consumo de edulcorantes de maíz y de otros edulcorantes calóricos como los jarabes de maíz ricos en fructosa (JMRF) cuyo empleo se ha incrementado dada la introducción de la conversión enzimática para complementar o reemplazar la tradicional hidrólisis ácida del almidón, y el descubrimiento de la glucosa isomerasa la cual facilita la conversión de la glucosa a fructosa en el jarabe de maíz obteniendo una conversión arriba del 50%.

Millones de T.C.V.C.

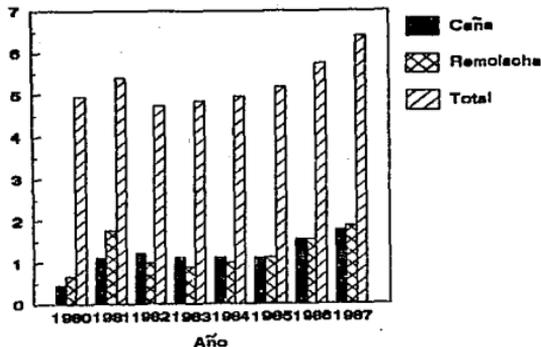


fig. 31 Producción de azúcar de caña y remolacha en Estados Unidos

Fuente: Vuilleumier, S. (1988); "CONSUMO DE EDULCORANTES EN EU/DINAMICA DE LA PRODUCCION"; GEPLACEA; V (4): 1.

Consumo (kg/persona/año)

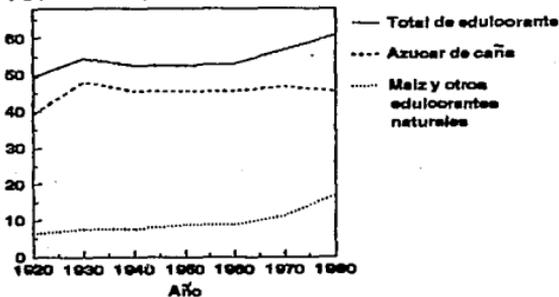


fig. 32 Consumo per cápita del azúcar en Estados Unidos

Fuente: Dziezak, D.J. (1986); "SPECIAL REPORT: SWEETENERS AND PRODUCT DEVELOPMENT"; Food Technology; 40 (1): 113.

El consumo de los edulcorantes de maíz se incrementó de 5.2 kg/persona a 26.3 kg/persona durante el periodo comprendido de 1960 a 1984, del cual los JMRF presentaron un aumento de 5.5 kg/persona en 1978 a 16.5 kg/persona en 1984, según se observa en la figura 33, lo cual se vió influenciado principalmente por el empleo de los JMRF por la industria

refresquera dado el menor costo de éstos en comparación con la sacarosa, cuyo precio se ha elevado desde 1974 a niveles poco aceptados por la industria alimentaria y que ha presentado un decremento en su consumo de un 67 a un 41% con la aparición en el mercado del aspartame, el cual no se consideraba en 1979, como se aprecia en la figura 34.

Consumo (kg/per cápita base seca)

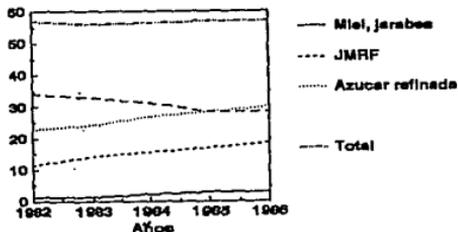


fig. 33 Consumo de edulcorantes calóricos de 1982 a 1986 en Estados Unidos (kg/per cápita base seca)
Fuente: Dziezak, D.J. (1986); "SPECIAL REPORT: SWEETENERS AND PRODUCT DEVELOPMENT"; Food Technology; 40 (1): 113.

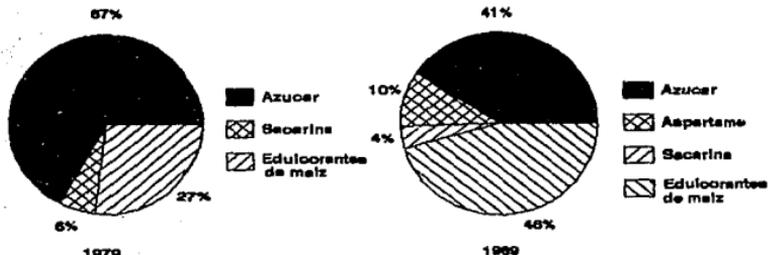


fig. 34 Decremento en el consumo del azúcar en Estados Unidos

Fuente: Anónimo (1990); "EDULCORANTES SUSTITUTOS DEL AZUCAR: EDULCORANTES NO CALORICOS"; GEPLACEA; VII (1): 6.

Por su parte, los JMRF han sido ampliamente empleados en la industria de las bebidas, de los alimentos procesados/enlatados, así como en la de panadería y cereales, teniéndose que para 1980 en Estados Unidos, la industria de las bebidas ocupaba el 41% del mercado, incrementándose hasta representar el 75% para 1988, como se observa en la figura 35.



fig. 35 Principales aplicaciones de los JMRF

Fuente: Vuilleumier, S. (1988); "CONSUMO DE EDULCORANTES EN EU/DINAMICA DE LA PRODUCCION"; GEPLACEA; V (4); 7.

El consumo per cápita de refrescos en Estados Unidos se ha incrementado en un 3.5% anual, estimándose que el sector dietético crezca en un 8% anual y que a mediados de los 90's dicho sector represente del 35 al 40% del mercado, como se puede apreciar en la figura 36.

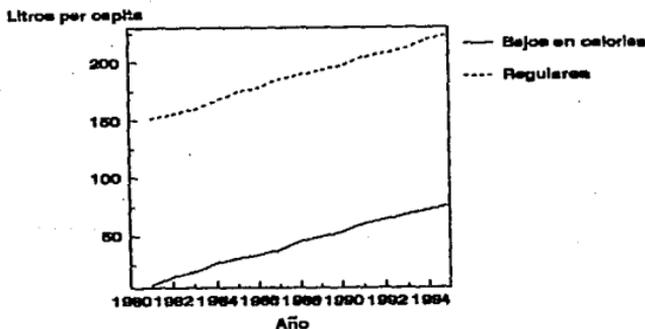


fig. 36 Consumo per cápita de refrescos gaseosos en Estados Unidos

Fuente: Vuilleumier, S. (1988); "CONSUMO DE EDULCORANTES EN EU/DINAMICA DE LA PRODUCCION"; GEPLACEA; V (4); 8.

Se preve que en un futuro los incrementos en el consumo de los JMRF y los decrementos de la sacarosa tiendan a estabilizarse, como puede observarse en la figura 37, dada la tendencia que se ha presentado en el mercado de los edulcorantes.

(kg/persona/año)

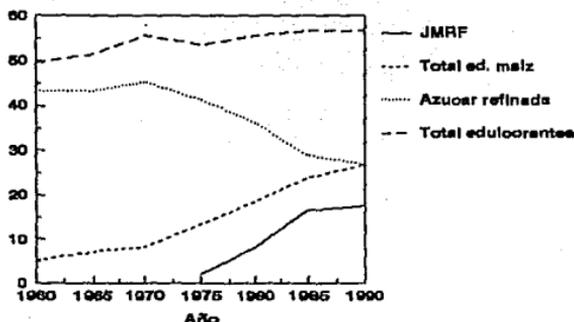


fig. 37 Disponibilidad de edulcorantes calóricos en Estados Unidos de 1960 a 1990

Fuente: Forbes, A. (1987); "UN INFORME DE LOS AVANCES DEL ESTUDIO DEL GRUPO DE TRABAJO DE LA ADMINISTRACION DE ALIMENTOS Y DROGAS DE EUA (US FDA) SOBRE AZUCARES Y EDULCORANTES"; GEPLACEA; IV (1): 8

En el cuadro 11 se presenta la distribución de azúcares agregados intencionalmente a diferentes productos y la de aquellos azúcares que se encuentran naturalmente en dichos productos en Estados Unidos, observándose que la leche y derivados lácteos muestran el mayor porcentaje del promedio de ingestión diaria total de edulcorantes naturales, mientras que las bebidas no alcohólicas contienen el mayor valor de dicho promedio. Asimismo, en la figura 38 se muestra el promedio de ingestión diaria de diferentes carbohidratos como edulcorantes agregados, naturales, lactosa y un complejo de carbohidratos, del cual se tiene que estos últimos presentan la mayor ingestión diaria de carbohidratos por persona, seguidos por los edulcorantes agregados y los naturales (43).

CUADRO 11
FUENTES DE AZUCARES

% del promedio de ingestión diaria total

	Azúcares agregados	Azúcares naturales
Leche y productos lácteos	10	33
Cárnicos y pescados	3	4
Derivados de cereales	24	19
Frutas y sus derivados	6	26
Vegetales y sus derivados	3	15
Productos de confitería	21	<1
Bebidas no alcohólicas	29	<1
Otros	4	1

Fuente: Forbes, A. (1987); "UN INFORME DE LOS AVANCES DEL ESTUDIO DEL GRUPO DE TRABAJO DE LA ADMINISTRACION DE ALIMENTOS Y DROGAS DE EUA (US FDA) SOBRE AZUCARES Y EDULCORANTES"; GEPLACEA; IV (1): 9

(gr/persona/día)

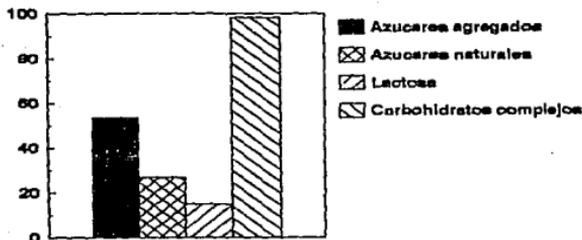


fig. 38 Promedio de ingestión diaria de diferentes carbohidratos

Fuente: Forbes, A. (1987); "UN INFORME DE LOS AVANCES DEL ESTUDIO DEL GRUPO DE TRABAJO DE LA ADMINISTRACION DE ALIMENTOS Y DROGAS DE EUA (US FDA) SOBRE AZUCARES Y EDULCORANTES"; GEPLACEA; IV (1): 9

Tanto los edulcorantes naturales como los artificiales presentan características particulares que los hacen aptos para determinadas aplicaciones; sin embargo, dado el interés creciente por los consumidores por ingerir productos sanos y bajos en calorías, continuamente se están desarrollando nuevos edulcorantes que presentan diversas propiedades que les permiten participar en ciertas aplicaciones.

Dicha situación se ha visto beneficiada gracias a las campañas publicitarias a favor del empleo de edulcorantes sustitutos o no calóricos, lo que ha ocasionado que de 1950 a 1984, el consumo de estos edulcorantes se haya incrementado de 1.3 kg/persona a 7.2 kg/persona en los Estados Unidos, como se aprecia en la figura 39, siendo los principales edulcorantes empleados la sacarina y el aspartame.

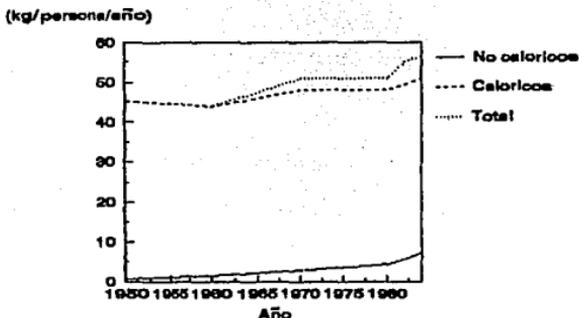


fig. 39 Consumo de edulcorantes calóricos y no calóricos (kg/per cápita/año)

Fuente: Dziezak, D.J. (1986); "SPECIAL REPORT: SWEETENERS AND PRODUCT DEVELOPMENT"; Food Technology; 40 (1): 113.

Hasta 1980 la sacarina fué ampliamente utilizada en la industria de las bebidas dietéticas en Estados Unidos, donde el consumo per cápita de los edulcorantes no calóricos ha aumentado progresivamente dentro del periodo de 1982 a 1988, siendo que para este último año, dicho consumo fué de 9.1 kg, de los cuales 6.6 kg correspondieron al aspartame y 2.5 kg a la sacarina, desplazando el primero al mercado que anteriormente dominaba la sacarina, como se observa en la figura 40.

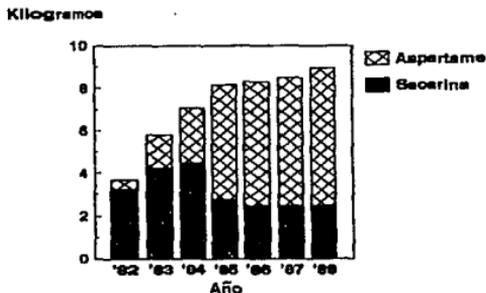


fig. 40 Consumo per cápita de edulcorantes no calóricos en Estados Unidos

Fuente: Anónimo (1990); "EDULCORANTES SUSTITUTOS DEL AZUCAR; EDULCORANTES NO CALORICOS"; GEPLACEA; VII (1): 6.

El consumo de aspartame ha registrado un aumento importante en la industria de las bebidas gaseosas en Estados Unidos, ya que de 1987 a 1990 se ha duplicado la tasa registrada en el periodo previo de 15 años. En 1990, los refrescos bajos en calorías representaron el 26% del total y se preve que durante la década de los 90's se incremente su consumo hasta en un 40% y que el aspartame desplace el empleo de los JMRF en dicho sector.

En estudios realizados por la compañía Nutrasweet, se ha observado que el consumo de aspartame se ha incrementado notablemente en productos como helados, yoghurts y gomas de mascar principalmente, en comparación con aquellos que no contienen este edulcorante, y que más del 80% de los consumidores adultos lo prefieren debido a su sabor. Asimismo, ha indicado que los países que lo consumen en mayor medida debido a su sabor similar al del azúcar, son en orden descendiente, Estados Unidos, Suecia, Canadá y el Reino Unido, representando un valor mayor al 50%, por su parte, también en México se consume en una amplia variedad de productos (91).

También dentro del grupo de los edulcorantes no calóricos se encuentran los ciclamatos, el acesulfame-K, el alitame y la sucralosa. Durante los años 50's y 60's el consumo de ciclamatos fué alto en los Estados Unidos al utilizarse en combinación con la sacarina hasta que la FDA resolvió prohibir su empleo. En ese mismo país el acesulfame-K presenta un precio similar al del aspartame y se cree que al aprobarse su empleo en bebidas gaseosas representará una fuerte competencia con este último. Actualmente, en Europa su precio es superior al del aspartame por lo que el incremento de su consumo depende del costo de este último. De igual forma, el alitame presenta un costo mayor al del aspartame dado su complejo proceso de producción; sin embargo, debido a su mayor poder edulcorante, su precio es competitivo con el del aspartame y el del acesulfame-K. Por su parte, la sucralosa también constituye un competidor potencial para el aspartame sobre todo en la industria de la panadería por su estabilidad a diferentes temperaturas.

En general, la tendencia indica que las perspectivas para los edulcorantes no calóricos depende directamente del aumento en el consumo de productos bajos en calorías, lo cual se observa en mayor medida en los países altamente desarrollados. El futuro de los edulcorantes no calóricos es promisorio, principalmente para el aspartame, debido a la alza en su consumo (tendencia), y a que se espera que su precio se reduzca al existir mayor competitividad al expirar la patente de la empresa Nutrasweet en el año de 1992. Este aumento esperado en el consumo del aspartame resulta en una fuerte competencia para el resto de los edulcorantes no calóricos y para el azúcar y se estima que a mediados de la década de los 90's el consumo per cápita de los edulcorantes de amplio uso excederá los niveles observados en 1988 cuando menos en un 50%, de manera que se preve que el mercado de estos productos no se saturará y que será más diverso y competitivo. En Europa se espera que el consumo de estos edulcorantes aumente de 65,000 toneladas métricas a 120,000 toneladas métricas, es decir, un 84% en el periodo de 1982 a 1995, únicamente en Alemania Oriental. En Japón y Canadá se espera esta misma tendencia ya que en el primero, el consumo de edulcorantes no calóricos se ha incrementado, siendo los más empleados el aspartame y en Canadá este edulcorantes ha cubierto cerca del 95% del mercado.

En estudios efectuados en Estados Unidos con el fin de analizar el empleo de diversos edulcorantes en bebidas refrescantes, se ha observado que su costo relativo es variable; no obstante, cabe mencionar que en la búsqueda de fuentes alternas al azúcar se ha perseguido que los edulcorantes que continuamente se han desarrollado, presentan características económicas atractivas en comparación con la sacarosa.

En relación a lo anterior, en el siguiente cuadro se muestra el costo relativo de diversos edulcorantes considerando a la sacarosa con el valor de 1.

CUADRO 12

COSTO RELATIVO POR UNIDAD DE DULZOR

Sacarosa	1.0
Acesulfame-K	0.40 - 0.90
Aspartame	0.90 - 1.20
Sacarina	0.02 - 0.03
Ciclamato	0.40 - 0.50
Estevióside	0.90 - 1.50

Fuente: Wells, A.G. (1989); "THE USE OF INTENSE SWEETENERS IN SOFT DRINKS" en "PROGRESS IN SWEETENERS"; (Ed. Grenby, T.H.); Edit. Elsevier Applied Science; Inglaterra; pg. 169-214.

De este cuadro puede observarse que el valor más alto del costo en relación a la sacarosa, lo presenta el estevióside y el aspartame, el ciclamato y el acesulfame-K muestran valores inferiores similares entre sí; no obstante, este último puede llegar incluso a duplicar dicho valor y la sacarina muestra uno de los valores más bajos; asimismo, dicho costo puede variar en un amplio rango a excepción de la sacarina y el ciclamato. Por su parte se espera que el costo del alitame y la sucralosa sea competitivo con el del aspartame.

De lo anterior puede indicarse que, aunque el costo del aspartame sea superior al del resto de los edulcorantes y al de la sacarosa, actualmente puede considerarse como uno de los edulcorantes artificiales más ampliamente empleados, cuyas aplicaciones son cada vez mayores. En este edulcorante es importante considerar la amplia difusión y campañas de publicidad que se le han efectuado, lo cual ha contribuido significativamente a la gran demanda que presenta en la industria alimentaria.

En México, las perspectivas del empleo de los diferentes edulcorantes se basa en gran medida en la tendencia que se presenta en Estados Unidos; sin embargo, los edulcorantes naturales han sido ampliamente usados en gran variedad de productos ya que por sí solos no presentan ningún riesgo a la salud; no obstante, en el caso de la sacarosa, su empleo se ha visto limitado ya que su volumen de producción ha presentado un decremento en los últimos años, como puede observarse en la figura 41, disminuyendo el consumo per cápita de 52.1 kg a 40.7 kg durante el periodo comprendido de 1987 a 1990, lo cual no representa una disminución significativa, ya que en

la mayoría de los países desarrollados, el consumo per cápita de azúcar varía de 38 a 51 kg al año, dependiendo de los hábitos de consumo.

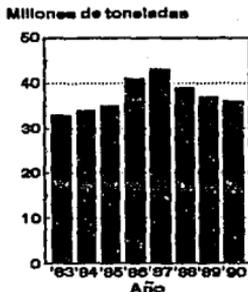


fig. 41 Producción de azúcar en México de 1981 a 1990

Fuente: Manual azucarero mexicano 1991, 34ª edición, México.

Esta disminución en la producción ha ocasionado un aumento en el costo de la sacarosa, lo que ha provocado que su uso se haya visto sustituido en gran parte, por los jarabes de maíz, los cuales han sido ampliamente empleados en la industria de las bebidas refrescantes.

Por su parte, los edulcorantes artificiales han mostrado un considerable aumento en su consumo dada la tendencia por ingerir alimentos bajos en calorías, lo cual ha motivado que cada vez más productos contengan este tipo de edulcorantes, siendo actualmente el más empleado el aspartame, que hasta la fecha se utiliza en nuestro país en 47 productos diferentes, tales como refrescos y gelatinas, mientras que a nivel mundial se emplean en aproximadamente 4,810 diferentes aplicaciones. En México, a nivel doméstico se comercializa bajo la marca comercial "Canderel", cuyos ingredientes varían dependiendo de la presentación del producto; de esta manera, en forma de tabletas, contiene además del aspartame, lactosa, entre otros componentes; en forma granulada, contiene maltodextrinas y en su presentación en sobres, dextrosa. Otros edulcorantes artificiales como el acesulfame-K, el alitame y la sucralosa no son ampliamente empleados y algunos de ellos se utilizan a nivel de prueba, teniéndose que, por ejemplo, el acesulfame-K se ha aplicado en productos como bebidas bajas en calorías así como en gomas de mascar bajo la marca comercial "Trident"; sin embargo, su aceptación ha sido escasa por lo que se piensa sustituirlo por el aspartame (90).

Actualmente en nuestro país no se producen edulcorantes artificiales por lo que se importan de países como Canadá, Estados Unidos, Italia y Suiza. Hasta 1988, el volumen de importación de la sacarina presentó un

decremento, como se aprecia en el cuadro 13, debido principalmente a la tendencia del empleo de nuevos edulcorantes. Por su parte, el aspartame ha mostrado un incremento significativo en su volumen de importación como puede observarse, principalmente de 1987 a 1988, debido fundamentalmente a la fuerte tendencia por el empleo de este edulcorante tanto a nivel industrial como a nivel doméstico. Cabe señalar que debido al bajo volumen de importación de edulcorantes como el acesulfame-K, éste no posee una fracción arancelaria propia, por lo que se engloba en una fracción general de compuestos con similar composición; es por esto que su volumen de importación es mucho mayor al del resto de los edulcorantes. Asimismo, debe indicarse que de los demás edulcorantes artificiales anteriormente mencionados, su volumen de importación no es significativo, por lo que no se consideran en dicho cuadro (55).

CUADRO 13

**VOLUMEN DE IMPORTACION DE DIFERENTES EDULCORANTES
DE 1985 1988
(kilogramos)**

	1985	1986	1987	1988
Aspartame	--	--	9,885	17,247
Acesulfame-K	--	1,068,340	894,368	359,402
Ciclamato	8,000	5,602	6,000	3,620
Sacarina	191,314	233,236	50,628	--

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); Anuario Estadístico de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos; 1984,1985,1986,1987,1988 (Tomo I).

5.0 DISCUSION

A lo largo del desarrollo del presente trabajo se ha resaltado la importancia que representa el empleo de edulcorantes tanto naturales como artificiales en la industria alimentaria. Este empleo se ha visto influenciado por el constante desarrollo de nuevos y cada vez más variados productos que se ofrecen continuamente al consumidor. Las tendencias de consumo y las exigencias por parte de los consumidores han dado lugar a la búsqueda de compuestos que permitan darles mayor versatilidad a dichos productos y que le aseguren al consumidor la seguridad en su consumo.

El empleo de edulcorantes en la industria alimentaria contribuye a proporcionar el dulzor requerido a los productos y a proporcionar diferentes características, en base a sus propiedades funcionales y para actuar como agentes dispersantes, fijativos, englobantes, etc. Dado que dichas propiedades son muy variadas, tanto en la industria alimentaria como en la farmacéutica, se requiere ampliamente de estos compuestos, en diversas aplicaciones.

Los edulcorantes pueden clasificarse en naturales o artificiales según sea su origen; no obstante, en general, éstos presentan propiedades específicas, las cuales comprenden la solubilidad, viscosidad, estabilidad, reactividad, etc., características de las cuales depende su particular aplicación en diversos productos.

Los edulcorantes naturales de mayor importancia en la industria dadas sus diferentes propiedades, son la sacarosa, glucosa y fructosa, así como los jarabes de maíz ricos en fructosa (JMRF).

Por otra parte, como anteriormente se mencionó, los edulcorantes artificiales han cobrado gran importancia en la industria alimentaria debido al interés creciente por encontrar fuentes alternas al azúcar por parte de personas que deben evitar el consumo de edulcorantes naturales como la sacarosa, debido a razones de salud o peso.

Este último aspecto se ha visto influenciado por la tendencia a ingerir productos bajos en calorías y que además no representen ningún riesgo a la salud, ya que en forma creciente, la mayoría de las personas muestran cierta preocupación por su bienestar físico y tienden a interesarse por la composición de los productos que consumen.

Dentro de los edulcorantes artificiales o sintéticos se encuentran la sacarina, aspartame, ciclamato, acesulfame-K, alitame, sucralosa, dehidrochalconas, azúcares-L, neosugar, dulcina, dietilenglicol y poliazúcar, entre otros. De éstos, los edulcorantes que son más comúnmente empleados en la industria alimentaria los constituyen los cuatro primeros; no obstante, los restantes también pueden presentar aplicaciones específicas.

A continuación se resumen las principales propiedades que presentan tanto los edulcorantes naturales como los artificiales más comúnmente empleados.

Compuesto	Solubilidad	Viscosidad	Estabilidad/Reactividad
Sacarosa	Soluble en agua	Aumenta con la concentración	No se degrada a valores extremos de pH. Presenta reacciones de caramelización y de Maillard.
Glucosa	Soluble en agua	Baja	Al calentarse se degrada en D-fructosa y D-manosa. Presenta reacciones de caramelización y de Maillard.
Fructosa	Muy soluble en agua	Baja en solución	En solución puede presentarse como β -D-fructopiranososa o β -D-fructofuranosa. Presenta reacciones de caramelización y de Maillard.
Sacarina	Poco soluble en agua y ácidos libres y soluble en etanol, glicerol y propilenglicol.		Estable a diferentes temperaturas, en soluciones acuosas y a valores de pH de 3 a 8.
Aspartame	Máxima solubilidad en agua a pH de 2.2 y mínima a pH de 5.2		En solución y al encontrarse a ciertas condiciones de temperatura, pH y tiempo puede descomponerse en aspartilfenilalanina.
Ciclamato	Soluble en agua y propilenglicol.		Estable al calor y a valores de pH de 2 a 7.
Acesulfame-K	Soluble en agua y ligeramente en etanol y glicerol puro.		Estable a temperatura ambiente y a valores de pH de 3 y superiores.

De acuerdo a este cuadro, puede observarse que la mayoría de estos edulcorantes son solubles en agua; la sacarosa, glucosa y fructosa presentan reacciones de Maillard y de caramelización, lo cual resulta benéfico en aplicaciones de panadería especialmente, mientras que la sacarina, aspartame, ciclamato y acesulfame-K son estables en rangos de pH

que se presentan comúnmente en una gran variedad de alimentos, lo cual permite su empleo en diversos productos; no obstante, debe indicarse que algunos de ellos, como el aspartame, no presentan estabilidad térmica, lo cual limita su aplicación en productos que involucran procesos con altas temperaturas; no obstante, en productos como bebidas instantáneas calientes su dulzor no se ve afectado. Actualmente, se ha tratado de desarrollar una forma encapsulada que evite su degradación al emplearse en productos que se sometan a altas temperaturas, de manera que su dulzor no se modifique.

Por su parte, el acesulfame-K es más estable al calor en comparación con la sacarosa y no se degrada bajo condiciones de pasteurización o de horneado. El alitame presenta características ventajosas en relación al aspartame ya que puede emplearse adecuadamente en valores de pH neutrales donde el aspartame no se aplica dado que su solubilidad se incrementa a valores de pH superiores a 4; además es estable al calor, lo cual lo hace apropiado para emplearse en procesos de HTST (altas temperaturas y cortos tiempos) y en productos de panadería. De igual manera, la sucralosa puede emplearse en este tipo de productos ya que es estable al calor.

Las aplicaciones de los edulcorantes dependen fundamentalmente de las propiedades anteriormente mencionadas, así como de sus propiedades funcionales como la fermentabilidad, depresión del punto de congelación, potenciador de sabores, agente que proporciona cuerpo y/o volumen, fuente de nutrientes, etc., por lo que su selección debe efectuarse cuidadosamente de acuerdo al tipo de producto en el que se empleen y a los factores de procesamiento involucrados en la obtención de diferentes productos.

Así, la fructosa al encontrarse en solución puede presentarse en varias formas isoméricas, de las cuales dos de ellas dependen de la temperatura, siendo que a bajos valores de ésta, el equilibrio tiende hacia la β -d-fructopiranosica que es dulce y a temperaturas más altas el equilibrio tiende hacia la β -d-fructofuranosa que no presenta dulzor, por lo cual su aplicación es especialmente conveniente en helados, postres congelados y diversos productos refrigerados.

Las aplicaciones más comunes que presentan tanto los edulcorantes naturales como los artificiales abarcan una gran variedad de productos entre los que se encuentran las bebidas refrescantes, postres congelados y productos lácteos, cereales para el desayuno, productos de confitería, gomas de mascar, frutas enlatadas, mezclas de bebidas en polvo, aderezos para ensaladas, mayonesas, gelatinas, productos de panadería, pastas dentales, enjuagues bucales y productos farmacéuticos, entre otros, ya que además de proporcionar el dulzor requerido, pueden presentar ciertas ventajas como aumentar el volumen, disminuir la actividad de agua y contribuir a la formación de agentes gelatinosos.

Otro aspecto importante a considerar en este tipo de compuestos, lo constituye el poder edulcorante o dulzor relativo, el cual es función de la temperatura, pH, concentración, etc. De esta manera, se tiene que los edulcorantes que presentan uno de los más bajos valores de éste, corresponden a la lactosa y al neosugar, siendo de 0.4, mientras que el dulzor relativo de la taumatina es de 2500, considerándose como uno de los valores más altos.

Respecto a la posibilidad que presentan estos compuestos para combinarse con otros a fin de incrementar el dulzor, o mejorar las características finales de los productos en los que se emplean, se tiene que tanto los edulcorantes naturales como los artificiales pueden combinarse adecuadamente con otros, como es el caso de la sacarosa, la cual puede emplearse junto con la glucosa o con la fructosa cristalina.

El efecto sinérgico que algunos edulcorantes al emplearse en mezclas muestran, representa múltiples ventajas si se compara contra el uso de un único edulcorante, una de ellas es de índole económico, ya que al disminuirse la cantidad necesaria de cada edulcorante es posible disminuir los resabios desagradables que algunos de éstos presentan, como la sacarina, la cual a ciertas concentraciones presenta un efecto amargo que puede verse disminuido al emplearse con edulcorantes como el ciclamato, neohesperidina dehidrochalcona, sacarosa y aspartame.

En cuanto al valor calórico que los edulcorantes naturales presentan, se tiene que de los más importantes, el manitol se considera como un azúcar dietético y el resto de los edulcorantes como no dietéticos. De éstos, la sacarosa, fructosa, sorbitol, xilitol y taumatina, aportan 4 kcal/gr, como puede observarse en el siguiente cuadro.

Edulcorante	Valor calórico (kcal/gr)
Sacarosa	4
Fructosa	4
Sorbitol	4
Manitol	-
Xilitol	4
Sacarina	-
Aspartame	4
Ciclamato	-
Acesulfame-K	-
Alitame	1.4

Al igual que la sacarosa, el aspartame proporciona 4 kcal/gr y el alitame aporta un máximo de 1.4 kcal/gr, mientras que edulcorantes como la sacarina, ciclamato, acesulfame-K, neosugar y el poliazúcar no presentan un metabolismo detectable o no son metabolizados, por lo que no aportan calorías a la dieta.

Al respecto cabe señalar que, dado el alto dulzor relativo que presentan edulcorantes tales como el aspartame y el alitame, la concentración a emplear es muy pequeña por lo que pueden considerarse como azúcares no calóricos.

En su mayoría, los edulcorantes naturales al ingerirse se absorben mediante el torrente sanguíneo y pueden metabolizarse en el hígado o páncreas, para posteriormente pasar a la glicólisis o ciclo de Krebs. Otros

edulcorantes como el manitol, prácticamente no son metabolizados, o bien, no muestran un metabolismo claramente definido, como el esteviosido.

Entre los edulcorantes artificiales que son metabolizados se tiene al aspartame y al alitame. En el caso del ciclamato se ha indicado que éste no se metaboliza por el organismo; sin embargo, se considera que es degradado por los microorganismos propios del organismo.

Respecto a los aspectos toxicológicos relacionados con el empleo de edulcorantes naturales, se tiene que éstos se han asociado con problemas de salud tales como diabetes mellitus, cáncer, hiperglicemia, problemas cardiovasculares, obesidad, hipertensión, hiperactividad, distensión abdominal o flatulencias, efectos laxantes, fatiga hipoglicémica, edema y hepatocarcinomas, así como caries dental. Sin embargo, edulcorantes como la sacarosa, glucosa y fructosa, no han mostrado evidencias concretas de ser causantes de tales problemas, aunque sí han mostrado una relación con la caries dental; no obstante, cabe señalar que ésta se encuentra asociada con el consumo excesivo de azúcares. En el caso de la lactosa, se ha indicado que al no digerirse pasa al intestino donde se fermenta mediante las bacterias presentes, ocasionando flatulencias o distensión abdominal, por lo que no puede considerarse como causante directo de problemas digestivos.

Es interesante realzar el hecho de que diversas autoridades han sugerido cierta ingestión diaria de estos edulcorantes, como es el caso de la fructosa, cuyo valor es de cerca de 1 gr/kg de peso corporal, mientras que para el xilitol el valor correspondiente es de 200 a 300 gr/kg de peso corporal para individuos que se han adaptado al consumo de este edulcorante (pág. 27).

La ingestión de edulcorantes artificiales se ha relacionado con problemas de salud tales como náuseas, mareos, dolores de cabeza o problemas de mayor grado, como tumores, cáncer, hipertensión, atrofia testicular, mutagenicidad y deformaciones en fetos. Los estudios efectuados comúnmente se han realizado en diferentes especies animales, incluyendo estudios maternotóxicos y fetotóxicos, de los cuales ha sido posible limitar, en algunos casos, el empleo de ciertos edulcorantes, lo que ha ocasionado que ciertas compañías productoras o fabricantes de éstos, efectúen mayores investigaciones y estudios que verifiquen la seguridad en su empleo. Entre los edulcorantes que han sido evaluados en mayor medida se tiene al aspartame, el cual cuenta con la aprobación para su empleo por parte de la FDA.

De acuerdo a los aspectos legislativos relacionados con el empleo de edulcorantes tanto naturales como artificiales, cabe indicar que éstos varían en cada país; no obstante, existen autoridades que cuentan con mayor experiencia en el empleo de estos compuestos, las cuales limitan o permiten su uso en base a estudios fundamentados, lo que proporciona un parámetro más veraz de la seguridad de su empleo. Una de estas autoridades la constituye la FDA (Food and Drug Administration) de Estados Unidos, la cual ha aprobado el empleo de edulcorantes naturales como la fructosa, los JMRF y la glicirricina, y de edulcorantes artificiales como el aspartame, sacarina, ciclamato y acesulfame-K, entre otros; no obstante, en algunos de éstos ha estipulado que los productos que los contengan muestren en su etiqueta la siguiente leyenda: "Contiene fenilalanina", como es el caso del aspartame, o bien "El uso de este producto puede ser peligroso para la

salud. Este producto contiene sacarina, la cual se ha determinado como causa de cáncer en animales de laboratorio, como en el caso de la sacarina; asimismo, ha establecido una lista de productos que pueden considerarse como seguros para su empleo (GRAS, por sus siglas en inglés), en la cual figuran edulcorantes de los que no se tiene ninguna duda sobre la seguridad de su empleo.

En nuestro país, la legislación básicamente se rige por lo que se permite en los Estados Unidos; sin embargo, ésta también aprueba el empleo de edulcorantes cuya toxicología no se encuentra claramente definida, ya sea, tanto en aplicaciones en la industria alimentaria, como en la industria farmacéutica, lo cual representa un aspecto que debe estudiarse a fin de prevenir los posibles riesgos que pudieran manifestarse durante el consumo de estos edulcorantes.

Asimismo, en México, desafortunadamente, no se dispone de organismos que regulen las estadísticas del empleo de edulcorantes o que determinen el mercado de estos productos, así como sus características, por lo que la información respecto a esta materia resulta estar dispersa. Aunado a lo anterior, se tiene que muchos edulcorantes no se producen en nuestro país, ya que generalmente México únicamente destina su producción a ciertos edulcorantes naturales tales como la sacarosa y los JMRF, por lo que los restantes deben importarse a través de compañías comercializadoras, y por otra parte, se tiene que los volúmenes de importación de ciertos edulcorantes resultan ser muy bajos, englobándose en una fracción arancelaria de compuestos con similar composición, lo cual dificulta la tarea de disponer de información suficiente para cada uno de ellos.

Por otra parte, respecto a las tendencias que presentan los edulcorantes naturales y artificiales, se tiene que existen diversos factores que permiten o limitan su aplicación en diferentes aplicaciones. De esta manera, el empleo de los primeros se ha visto limitado debido a la aparición en el mercado de los edulcorantes artificiales, como en el caso de la sacarosa, que ha sido sustituida por edulcorantes tales como los jarabes de maíz ricos en fructosa (JMRF), los cuales han sido utilizados en la industria refresquera, principalmente, debido a su menor costo en comparación con el de la sacarosa. Sin embargo, debe recalcar que el consumo de ésta no se encuentra estrechamente relacionado con una alta ingestión calórica, asimismo, no se han demostrado que el empleo de edulcorantes sustitutos conduzca realmente a la pérdida de peso.

No obstante lo anterior, el consumo de edulcorantes no calóricos se ha visto incrementado al aumentar el interés por las personas por ingerir productos sanos y bajos en calorías y debido a las campañas efectuadas que promueven el empleo de este tipo de edulcorantes, principalmente de la sacarina y el aspartame.

Este último ha presentado un interés notable al emplearse en una amplia variedad de productos, por lo cual puede considerarse que el aspartame representa una alternativa importante de consumo, ya que puede ser empleado por personas con padecimientos de diabetes y por personas que desean reducir su ingestión calórica, siendo que la sacarina, por su parte, ha mostrado una menor seguridad, al relacionarse con problemas de salud, como posible agente cancerígeno.

Asimismo, el aspartame ha sido evaluado a fin de determinar su seguridad, siendo uno de los compuestos que han sido sometidos a un mayor número de pruebas, resultando que hasta el momento, no existe evidencia alguna de ser un posible agente causante de problemas de salud.

Aunado a lo anterior, su empleo se ha visto incrementado debido a la promoción realizada por la compañía Nutrasweet, la cual ha efectuado una amplia publicidad sobre los beneficios que representa el empleo de este edulcorante, por lo que las perspectivas del aumento en su consumo son promisorias, tanto en los países europeos y Estados Unidos, como en nuestro país.

Un aspecto importante que puede llegar a limitar el empleo de estos edulcorantes lo constituye el costo, disponibilidad y conocimiento de las propiedades de éstos, como es el caso de los JMRF, los cuales han sido crecientemente empleados principalmente en la industria de las bebidas refrescantes, dado su menor costo en comparación con el de la sacarosa.

Por su parte, la sacarina resulta ser de los edulcorantes de más bajo costo; no obstante, en su caso debe considerarse que actualmente sigue siendo empleada en diversas aplicaciones, debido principalmente a la demanda por parte de los consumidores por su uso; sin embargo, también debe indicarse que, dada la aparición en el mercado de otros edulcorantes, se cree que su aplicación se vea disminuida y que, probablemente se restrinja su aprobación por parte de organismos capacitados en esta materia.

Adicionalmente, debe tomarse en cuenta que un aspecto que es necesario considerar al analizar el costo de estos edulcorantes, lo constituye el proceso de obtención de éstos, el cual influye significativamente en dicho costo. Al respecto debe indicarse que, aunque el costo del aspartame es mayor al de la sacarosa, no puede considerarse como un factor determinante en su empleo, ya que además debe considerarse que al expirar la patente de la empresa Nutrasweet, fabricante del aspartame, en el presente año, existirá mayor competitividad y, por lo tanto, se presentará mayor diversificación en el proceso de obtención, lo cual, puede afectar, en cierta medida, el costo de producción.

Finalmente, se espera que el resto de los edulcorantes artificiales representen una fuerte competencia al empleo del aspartame, debido a la búsqueda por encontrar fuentes alternas a la sacarosa, y diversificándose el mercado de los productos bajos en calorías. Asimismo, dada la apertura comercial en la que participa nuestro país, se espera que en México se disponga de un mayor número de edulcorantes artificiales, así como de una mayor diversidad de productos que los contengan, favoreciendo su difusión y ocasionando su mayor demanda en el mercado.

6.0 CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del presente trabajo se ha podido resaltar la importancia que los edulcorantes representan principalmente a la industria alimentaria.

Asimismo, se han podido observar las características fundamentales que presentan los principales edulcorantes tanto naturales como artificiales que se emplean comúnmente. Dichas características comprenden principalmente las relativas a sus propiedades (solubilidad, estabilidad, poder edulcorante, sinergismo, etc.), metabolismo, toxicología, aplicaciones y síntesis.

De acuerdo a lo anterior, es posible derivar las siguientes conclusiones:

- En lo que a los edulcorantes naturales se refiere, se tiene que los más importantes incluyen a la sacarosa, glucosa, fructosa, jarabes de maíz ricos en fructosa y ciertos alcoholes polihídricos. Por su parte, dentro de los edulcorantes artificiales más importantes se tienen a la sacarina, aspartame, ciclamatos y acesulfame-K.
- De todos los edulcorantes anteriormente mencionados, la sacarosa presenta las características más adecuadas para su empleo en un sinnúmero de aplicaciones, siendo además el edulcorante que más se acerca a la definición realizada por el Consejo de Control de Calorías, en relación al edulcorante ideal. Este edulcorante natural presenta el adecuado dulzor requerido en los productos, contribuye a la textura y el color de los productos horneados, actúa como agente que proporciona cuerpo y volumen, así como agente preservador y aporta únicamente 4 kcal/gr; sin embargo, su consumo ha sido asociado estrechamente con problemas tales como aumento de peso y caries dental.
- El empleo de edulcorantes artificiales representa una alternativa de consumo para personas con problemas de salud o para aquellas personas que deben limitar su ingestión calórica de una manera adecuada.
- Actualmente existen grandes tendencias por consumir este tipo de azúcares, principalmente por el aspartame, comercializado bajo la marca de Nutrasweet, el cual encabeza a este grupo de edulcorantes; no obstante, deben considerarse las limitaciones que presenta en cuanto a su empleo y los beneficios que resultarían del empleo de otros edulcorantes de este tipo.
- Los edulcorantes artificiales o sintéticos buscan presentar muchas de las características propias de la sacarosa, o bien, al menos las del aspartame, así como lograr que sus propiedades sean ampliamente difundidas; no obstante, en nuestro país su empleo no es ampliamente reconocido.

- De acuerdo a lo anteriormente estudiado, se hace necesario realizar una mayor difusión de la información en relación al empleo de edulcorantes naturales y artificiales, de manera que su selección, para determinadas aplicaciones en la industria alimentaria, sea la más adecuada y considere todos los factores anteriormente mencionados.
- Finalmente, las perspectivas indican que la búsqueda por encontrar fuentes alternas al azúcar continuará y que el empleo de edulcorantes artificiales se diversificará en un sinnúmero de aplicaciones.

7.0 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Anónimo (1982); "ABBOT SWEETENS ITS PITCH TO BRING BACK CYCLAMATE"; Chemical Week; 131 (16): 26-27.
2. Anónimo (1978); "ALTERNATIVES TO SUCROSE EXPAND SWEETENER CHOICE"; Food Product Development; 12 (3): 32,34.
3. Anónimo (1975); "ASPARTAME SWEETENER NEARS COMMERCIAL USE"; Food Engineering International; 47 (5): 65.
4. Anónimo (1990); "AUMENTA EL CONSUMO DE EDULCORANTES ARTIFICIALES EN EU"; GEPLACEA; VII (4): 2.
5. Anónimo (1989); "AZUCAR Y SALUD"; GEPLACEA; VI (5): 1.
6. Anónimo (1989); "EDULCORANTES ARTIFICIALES"; GEPLACEA; VI (7): 2-3.
7. Anónimo (1989); "EDULCORANTES ARTIFICIALES"; GEPLACEA; VI (9): 1-2.
8. Anónimo (1989); "EDULCORANTES CALORICOS Y DE BAJAS CALORIAS"; GEPLACEA; VI (5): 1-2.
9. Anónimo (1990); "EDULCORANTES SUSTITUTOS DEL AZUCAR; EDULCORANTES NO CALORICOS"; GEPLACEA; VII (1): 1-8.
10. Anónimo (1990); "EN ESTADOS UNIDOS LA FDA PODRIA AUTORIZAR EL CONSUMO DE LOS CICLAMATOS"; GEPLACEA; VII (6): 2.
11. Anónimo (1990); "GETTING A PRODUCT TO MARKET WITHOUT APPROVAL"; Food Engineering International; 15 (5): 19-20.
12. Anónimo (1982); "HOECHST SWEETENER SET FOR UK APPROVAL"; European Chemical News; 38 (1033): 22.
13. Anónimo (1988); "LOS EDULCORANTES DIETETICOS EN ESTADOS UNIDOS"; GEPLACEA; V (10): 3.
14. Anónimo (1987); "MAS PRUEBAS CONTRA EL ASPARTAME SOBRE SUS EFECTOS DANINOS CONTRA LA SALUD"; GEPLACEA; IV (10): 4.
15. Anónimo (1978); "NEW APPROACHES TO NONCALORIC SWEETENERS"; Chemical and Engineering News; 56 (12): 25,27.
16. Anónimo (1974); "NEW DIPEPTIDE SWEETENER AWAITING FDA APPROVAL"; Food Engineering; 46 (8): 27.
17. Anónimo (1986); "NEW HIGH MALTOSE SWEETENER... SATIN SWEET"; Food Engineering; 58 (11): 59.
18. Anónimo (1987); "NEW SWEETENERS SOUR SUCROSE PROSPECTS"; European Chemical News; 49 (1294): 18.

19. Anónimo (1982); "NO-CAL, SAFE SUGAR PATENTED (US)"; Food Engineering; 7 (5): 49,51.
20. Anónimo (1989); "PERSPECTIVAS DEL MERCADO DE EDULCORANTES BAJOS EN CALORIAS EN EU"; GEPLACEA; VI (11): 2.
21. Anónimo (1986); "SACAROSA, AZUCAR Y ENDULZANTES"; GEPLACEA; - (7): 1-9.
22. Anónimo (1990); "SUCROQUIMICA: SORBITOL Y MANITOL"; GEPLACEA; VII (3): 1-2.
23. Anónimo (1979); "SUGAR SUBSTITUTES FROM ISRAEL"; Food Engineering International; 4 (9): 38.
24. Anónimo (1987); "SUGAR: HAS IT TAKEN A BAD RAP FOR TOO LONG?"; Food Engineering; 59 (1): 17.
25. Anónimo (1988); "TATE AND LYLE CONSTRUIRA VARIAS FABRICAS DEL EDULCORANTE SIN CALORIAS SUCRALOSE"; GEPLACEA; V (1): 1.
26. Anónimo (1987); "UN INVESTIGADOR NO CREE QUE EL NUEVO EDULCORANTE DE MAIZ COMPITA CON EL AZUCAR"; GEPLACEA; IV (3): 5.
27. Anónimo (1989); "USO DE EDULCORANTES ARTIFICIALES"; GEPLACEA; VI (8): 4.
28. A scientific status summary by the Institute of Food Technologist's expert panel of food safety and nutrition (1979); "SUGARS AND NUTRITIVE SWEETENERS IN PROCESSED FOODS"; Food Technology; 33 (5): 101-105.
29. Badui, D.S. (1984); Cap. 2; "CARBOHIDRATOS" en "QUIMICA DE LOS ALIMENTOS"; Edit. Alhambra; México; pg. 39-103.
30. Bakal, A. (1983); "FUNCTIONALITY OF COMBINED SWEETENERS IN SEVERAL FOOD APPLICATIONS"; Chemistry and Industry; - (18): 700-708.
31. Bakal, A. (1987); "SACCHARIN FUNCTIONALITY AND SAFETY"; Food Technology; 41 (1): 117-118.
32. Barndt, R.L., Jackson, G. (1990); "STABILITY OF SUCRALOSE IN BAKED GOODS"; Food Technology; 44 (1): 62-66.
33. Bernetti, R. (1990); "FROM CORN SYRUP TO FRUCTOSE"; Cereal Foods; 35 (4): 390-393.
34. Berk, Z. (1986); Cap. 7; "CARBOHIDRATOS-OLIGOSACARIDOS" en "INTRODUCCION A LA BIOQUIMICA DE LOS ALIMENTOS DE J.B.S. BRAVERMAN"; Edit. El Manual Moderno; México; pg. 113-119.
35. Cook, M.K. (1973); "MAKES NATURAL SWEETENERS MORE VERSATIL"; Food Engineering; 45 (5): 145-146, 151.

36. Cromarty, W.A. (1985); "DESARROLLO Y PERSPECTIVAS DEL JARABE DE MAIZ RICO EN FRUCTOSA Y ASPARTAME"; GEPLACEA; II (3): 6-12.
37. Crosby, G.A., Furia, T.E. (1980); "NEW SWEETENERS"; en "CRC HANDBOOK OF FOOD ADDITIVES"; (Edit. Furia, T.E.); 2ª edición; Edit. CRC Press; Estados Unidos; pg. 193-200.
38. Dingwall, A.L. (1975); "NEW SWEETENER'S BIG POTENTIAL"; Food Processing Industry; 44 (528): 23,27.
39. Dziezak, D.J. (1986); "SPECIAL REPORT: SWEETENERS AND PRODUCT DEVELOPMENT"; Food Technology; 40 (1): 112-130.
40. Emodi, A. (1978); "XYLITOL, ITS PROPERTIES AND FOOD APPLICATIONS"; Food Technology; 32 (1): 28-32.
41. Farber, A.S. (1990); "ASPARTAME MAY CHANGE THE BRAIN, ALTERING PEOPLE MOODS, AFFECTING THEIR DIET OR CAUSING NEUROLOGICAL PROBLEMS"; Technology Review; pg. 20-25.
42. Felton, T. (1975); "FLAVOURINGS FOR SOFT DRINKS"; Food Processing Industry; 44 (528): 30,32.
43. Finer, N. (1989); Cap. 8; "ARE SWEETENERS REALLY USEFUL TO DIABETICS?"; en "PROGRESS IN SWEETENERS"; (ed. Grenby, T.H.); Edit. Elsevier Applied Science; Inglaterra; pg. 215-239.
44. Forbes, A. (1987); "UN INFORME DE LOS AVANCES DEL ESTUDIO DEL GRUPO DE TRABAJO DE LA ADMINISTRACION DE ALIMENTOS Y DROGAS DE E.U.A. (US FDA) SOBRE AZUCARES Y EDULCORANTES; GEPLACEA; IV (1): 1-11.
45. Frattali, V. (1980); "REGULATORY AND NUTRITIONAL ASPECTS OF FRUCTOSE AND SUGAR ALCOHOLS IN FOODS"; Food Technology; 35 (1): 67-69.
46. Gelardi, R. (1987); "THE MULTIPLE SWEETENER APPROACH AND NEW SWEETENERS ON THE HORIZON"; Food Technology; 41 (1): 123-124.
47. Gert-Wolfhard, R.L. (1990); "SUNETT, UN SEGURO Y VERSATIL ENDULZANTE INTENSIVO"; Alimentos Procesados; 9 (7): 43.
48. Godshall, M.A. (1990); "USE OF SUCROSE AS A SWEETENER IN FOODS"; Cereal Foods; 35 (4): 384-389.
49. Gómez Ríos, M.L. (1987); "ASPARTAME: GENERALIDADES, PROPIEDADES, USOS Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA"; Universidad Nacional Autónoma de México; Facultad de Química; 2-92.
50. Grenby, T.H. (1989); Cap. 14; "RESEARCH ON LACTITOL AND DENTAL HEALTH: A REVIEW"; en "PROGRESS IN SWEETENERS"; (Ed. Grenby, T.H.); Edit. Elsevier Applied Science; Inglaterra; pg. 363-379.
51. Homler, B. (1984); "PROPERTIES AND STABILITY OF ASPARTAME"; Food Technology; 38 (7): 50-55.

52. Homler, B., Kedo, A., Shazer, W. (1987); "FDA APPROVES FOUR NEW ASPARTAME USES"; Food Technology; 41 (7): 41-44.
53. Hough, L., Khan, R. (1989); Cap. 4; "ENHANCEMENT OF THE SWEETENER OF SUCROSE BY CONVERSION INTO CHLORODEOXY DERIVATIVES"; en "PROGRESS IN SWEETENERS"; (ed. Grenby, T.H.); Edit. Elsevier Applied Science; Inglaterra; pg. 97-120.
54. Inqlett, G.E. (1981); "SWEETENERS- A REVIEW"; Food Technology; 35 (3): 37-41.
55. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); Anuario Estadístico de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos; 1984,1985,1986,1987,1988 (Tomo I).
56. Jenner, M.R., Smithson, A. (1989); "PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF THE SWEETENER SUCRALOSE"; Journal of Food Science; 54 (6): 1646-1649.
57. Jones, A.S. et. al (1988); "NEW SWEETENERS CROWD SUGAR OUT OF THE BOWL"; Chemical Week; 143 (6): 6-8.
58. Kean, C.E. (1978); "CHANGING SOURCES AND INDUSTRIAL USES OF SUGAR"; Food Product Development; 12 (3): 43,46-47.
59. Khon, P. (1981); "SWEETENERS: SACHARIN GETS A BREATHER BUT THE SEARCH OF SUBSTITUTES GOES ON "; Chemical Engineering; 88 (15): 37,39.
60. Kreil, K. (1987); "LAS PERSPECTIVAS DE NUTRASWEET DENTRO DE LAS PERSPECTIVAS PARA EDULCORANTES ALTERNATIVOS"; GEPLACEA; IV (5): 29-33.
61. Kolodny, S. (1978); "THE ECONOMICS OF SWEETENERS"; Chemical Technology; 8 (5): 292-296.
62. Layton, R.H., Viazny, J.C. (1978); "GLUCOSORBITOL ADDS BULK WITHOUT SWEETNESS CALORIES"; Food Product Development; 12 (2): 53.
63. Lindsay, R.C. (1976); Cap. 10; "OTHER DESIRABLE CONSTITUENTS OF FOOD"; en "PRINCIPLES OF FOOD SCIENCE"; Vol. 4. Parte 1; Food Chemistry; (ed. Fennema, O.); Edit. Marcel Dekker; Estados Unidos; pg. 487-489.
64. London, R.S. (1988); "SACARINA Y ASPARTAME ¿ES SEGURO CONSUMIRLOS DURANTE EL EMBARAZO?"; The Journal of Reproductive Medicine; 33 (1): 1-5.
65. Makinen, K. (1989); Cap. 13; "LATEST STUDIES ON XYLITOL AND MECHANISM OF ACTION OF XYLITOL IN CARIES LIMITATION"; en "PROGRESS IN SWEETENERS"; (Ed. Grenby, T.H.); Edit. Elsevier Applied Science; Inglaterra; pg. 331-362.

66. Mazur, R.; Cap. 14; "ASPARTIC ACID-BASED SWEETENERS"; en "SYMPOSIUM: SWEETENERS"; pg. 159-163.
67. Miller, W. (1987); "THE LEGACY OF CICLAMATE"; Food Technology; 41 (1): 116.
68. Nash, L. (1977); "ARTIFICIAL SWEETENERS"; Food Legislation Surveys No 1; The British Food Manufacturing Industries Research Association; Leatherhead Food R.A.; pg. 1-17.
69. Nehrling, K.J. et. al. (1985); "USO DEL ASPARTAME POR DIABETICOS"; Diabetes Care; 8 (5): 415-417.
70. Nicol, W.M. (1977); "CARBOHIDRATE SWEETENERS"; Chemistry and Industry; - (11): 427-431.
71. Osberger, T. et. al. (1978); "CONSUMER DICTATES EXPAND FRUCTOSE MARKETS"; Food Product Development; 12 (3): 32,34.
72. O'Sullivan, D. (1983); "NEW SWEETENERS GAIN GROUND IN EUROPE"; Chemical and Engineering News; 61 (4): 29-30.
73. Pintauro, N. D. (1977); "SWEETENERS AND ENHANCERS"; Food Technology Review; No. 40; Edit. Noyes Data Corporation; Estados Unidos; pg. 1-2, 155-157.
74. Porter, A.B. (1983); "EFFECTIVENESS OF MULTIPLE SWEETENERS AND OTHER INGREDIENTS IN FOOD FORMULATION"; Chemistry and Industry; - (18): 681-720.
75. Reeder, C. F. (1978); " "LIGHT" FOODS APPEASE WEIGHT-CONSCIOUS AMERICANS"; Food Product Development; 12 (3): 35-36,40.
76. Robinson, J. W. et. al. (1975); "WILL HIGH FRUCTOSE CORN SYRUP SWEETEN YOUR FUTURE?"; Food Engineering International; 47 (5): 57-61.
77. Rosa, N. (1989); "SPECIAL REPORT: THE NUTRASWEET COMPANY"; Food Engineering International; 14 (6): 1-7.
78. Rodriguez Palacios, et. al. (1986); "EDULCORANTES"; Tecnologia de Alimentos; 21 (4): 12-18.
79. Rosetta, L. (1986); "SWEETENERS: NUTRITIVE AND NON-NUTRITIVE"; Food Technology; 40 (8): 195-206.
80. Rugg-Gunn, A.J. (1989); Cap. 12; "LYCASIN AND THE PREVENTION OF DENTAL CARIES"; en "PROGRESS IN SWEETENERS"; (Ed. Grenby, T.H.); Edit. Elsevier Applied Science; Inglaterra; pg. 311-329.
81. Salant, A. (1972); Cap. 13; "NONNUTRITIVE SWEETENERS"; en "HANDBOOK OF FOOD ADDITIVES"; (Ed. Furia, T.); 2a edición; Edit. CRC Press; Estados Unidos; pg. 523-558.

82. Schallenger, R.S. (1990); "INTRODUCTION TO SWEETNESS CHEMISTRY"; Cereal Foods; 35 (4): 377-381.
83. Schallenger, R. S. (1980); "PREDICTING SWEETNESS FROM CHEMICAL STRUCTURE AND KNOWLEDGE OF CHEMORECEPTION"; Food Technology; 34 (1): 65-66.
84. Slater, Ll. (1975); "SWEETENERS: STILL THE BEST GAME IN TOWN"; Food Engineering International; 47 (5): 51.
85. Stamp, J. (1990); "SORTING OUT THE ALTERNATIVE SWEETENERS"; Cereal Foods World; 35 (4): 395-400.
86. Stanhope, E.R. (1987); "EDULCORANTES DE MAIZ"; GEPLACEA; IV (5): 26-33.
87. Stengik, L. D. (1987); "ASPARTAME: REVIEW OF SAFETY ISSUES"; Food Technology; 41 (1): 119-121.
88. Sturtevant, F.M. (1985); "EL ASPARTAME EN EL EMBARAZO"; Int. J. Fertil.; 30 (1): 85-87.
89. Takazoe, I. (1989); Cap. 6; "PALATINOSE- AN ISOMERIC ALTERNATIVE TO SUCROSE"; en "PROGRESS IN SWEETENERS"; (Ed. Grenby, T.H.); Edit. Elsevier Applied Science; Inglaterra; pg. 143-167.
90. The Nutrasweet Company; "ACESULFAME-K: A REVIEW".
91. The Nutrasweet Company; "BOLETIN INFORMATIVO DEL ASPARTAME".
92. The Nutrasweet Company; "COMENTARIOS SOBRE LA SEGURIDAD DEL ASPARTAME".
93. The Nutrasweet Company; "EL EMBARAZO".
94. The Nutrasweet Company; "EL PESO CORPORAL Y EL CONTROL DEL APETITO".
95. The Nutrasweet Company; "NUTRASWEET IN FOODS AND BEVERAGES".
96. Trauberman, L. (1975); "NAS FORUM: SUGAR IN MODERATION GETS CLEAN OF HEALTH; SACCHARIN PROBABLY OK"; Food Engineering International; 47 (5): 17-20.
97. Tunaley, A. (1989); Cap. 11; "PERCEPTUAL CHARACTERISTICS OF SWEETENERS"; en "PROGRESS IN SWEETENERS"; (Ed. Grenby, T.H.); Edit. Elsevier Applied Science; Inglaterra; pg. 291-309.
98. United States Pharmacopeia National Formulary (1985); NF XVI; 21ava. revisión; 16ava. edición; Estados Unidos; pg. 949-950, 1600.
99. Valle Vega, P. (1986); "TOXICOLOGIA DE ALIMENTOS"; Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud; México; pg. 101-107.

100. Van der Ven, A.A. (1988); "ASPARTAME: PROPIEDADES Y APLICACIONES"; Alimentaria; 6 (-): 61-64.
101. Velázquez Arellano, A. (1987); "LA HERENCIA EN LA NUTRICION: A PROPOSITO DE LOS ERRORES INNATOS DEL METABOLISMO"; Cuadernos de Nutrición; 10 (2): 17-32.
102. Vuilleumier, S. (1988); "CONSUMO DE EDULCORANTES EN EU/DINAMICA DE LA PRODUCCION"; GEPLACEA; V (4): 1-10.
103. Wagner, B.M. (1987); "NEW CONCEPTS IN SWEETENER DEVELOPMENT-SAFETY ASSESMENT REVISTED"; Food Technology; 41 (1): 122-124.
104. Wells, A.G. (1989); Cap. 7; "THE USE OF INTENSE SWEETENERS IN SOFT DRINKS"; en "PROGRESS IN SWEETENERS"; (Ed. Grenby, T.H.); Edit. Elsevier Applied Science; Inglaterra; pg. 169-214.
105. Wingard, R. et al. (1978); "NON-ABSORBABLE SWEETENERS OR EATING THE CAKE WITHOUT HAVING IT"; Chemical Technology; 8 (10): 616-621.
106. Würsch, P., Anantharaman, G. (1989); Cap. 9; "ASPECTS OF ENERGY VALUE ASSESSMENT OF POLYOLS"; en "PROGRESS IN SWEETENERS"; (Ed. Grenby, T.H.); Edit. Elsevier Applied Science; Inglaterra; pg. 241-266.