

2ej. 47



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

"ASPARTAME: GENERALIDADES, PROPIEDADES, USOS Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA"



Trabajo Monográfico de Actualización
Que para obtener el título de
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

presenta

MARIA DE LOURDES GOMEZ RIOS



México, D. F.

1987



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.

INDICE

	Pag.
- OBJETIVOS.....	1
- INTRODUCCION.....	2
1.- GENERALIDADES.....	5
1.1. Teoría del sabor.....	5
1.1.1. Teoría del dulzor.....	7
1.1.2. Determinación del umbral para cuatro sabores básico	9
1.1.3. Poder edulcorante.....	10
1.1.3.1. Definición.....	10
1.1.3.2. Forma de medirlo.....	11
1.1.3.3. Tabla comparativa entre varios edulco	11
rantes.....	11
1.2. Edulcorantes.....	12
1.2.1. Definición.....	12
1.2.2. Clasificación.....	13
1.2.2.1. De acuerdo a su origen	13
1.2.2.2. De acuerdo a su valor nutritivo.....	13
1.2.2.3. De acuerdo a su valor calórico	14
1.3. Edulcorantes Naturales.....	14
1.3.1. Sacarosa	14
1.3.1.1. Propiedades Fisicoquímicas.....	17
1.3.1.2. Usos e Importancia en la Industria	19
Alimentaria.....	19
1.3.1.3. Aspectos Nutricionales	20
1.3.1.4. Aspectos Toxicológicos.....	21
1.3.1.5. Aspectos Económicos.....	21

	Pag.
1.3.1.6. Aspectos Legislativos	22
1.3.2. Glucosa	23
1.3.2.1. Propiedades Fisicoquímicas	23
1.3.2.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria	24
1.3.2.3. Aspectos Nutricionales	24
1.3.2.4. Aspectos Toxicológicos	24
1.3.2.5. Aspectos Económicos	24
1.3.2.6. Aspectos Legislativos	25
1.3.3. Fructosa	26
1.3.3.1 Propiedades Fisicoquímicas	27
1.3.3.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria	28
1.3.3.3. Aspectos Nutricionales	28
1.3.3.4. Aspectos Toxicológicos	29
1.3.3.5. Aspectos Económicos	29
1.3.3.6. Aspectos Legislativos	29
1.3.4. Xilitol	29
1.3.4.1. Propiedades Fisicoquímicas	30
1.3.4.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria	30
1.3.4.3. Aspectos Nutricionales	31
1.3.4.4. Aspectos Toxicológicos	31
1.3.4.5. Aspectos Económicos	31
1.3.4.6. Aspectos Legislativos	31
1.3.5. Lactosa	32
1.3.5.1. Propiedades Fisicoquímicas	32

	Pag.
1.3.5.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria.....	33
1.3.5.3. Aspectos Nutricionales	34
1.3.5.4. Aspectos Toxicológicos	34
1.3.5.5. Aspectos Económicos	35
1.3.5.6. Aspectos Legislativos.....	35
1.4. Edulcorantes Artificiales.....	35
1.4.1. Sacarina.....	36
1.4.1.1. Propiedades Fisicoquímicas.....	36
1.4.1.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria	37
1.4.1.3. Aspectos Nutricionales.....	37
1.4.1.4. Aspectos Toxicológicos.....	37
1.4.1.5. Aspectos Económicos.....	38
1.4.1.6. Aspectos Legislativos	38
1.4.2. Ciclamato	38
1.4.2.1. Propiedades Fisicoquímicas.....	39
1.4.2.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria	39
1.4.2.3. Aspectos Nutricionales	39
1.4.2.4. Aspectos Toxicológicos	40
1.4.2.5. Aspectos Económicos.....	40
1.4.2.6. Aspectos Legislativos	40
1.4.3. Acesulfam K.....	41
1.4.3.1. Propiedades Fisicoquímicas	42
1.4.3.2. Usos e Importancia en la Industria	42

	Pag.
Alimentaria	42
1.4.3.3. Aspectos Nutricionales	43
1.4.3.4. Aspectos Toxicológicos	43
1.4.3.5. Aspectos Económicos	43
1.4.3.6. Aspectos Legislativos	43
2.- GENERALIDADES Y PROPIEDADES DE ASPARTAME	44
2.1. Descubrimiento	44
2.2. Obtención	44
2.2.1. Características químicas	44
2.2.1.1. L-fenilalanina	45
2.2.1.1.1. Síntesis de la L-fenilalanina	47
2.2.1.2. Obtención del ác. aspártico	54
2.2.1.3. Obtención del Aspartame	55
2.3. Propiedades	57
2.3.1. Propiedades Fisicoquímicas	57
2.3.1.1. Sabor del Aspartame y sus análogos	57
2.3.1.2. Resabio del Aspartame	59
2.3.1.3. Poder edulcorante del Aspartame	59
2.3.1.4. Sinergismo del Aspartame	61
2.3.1.5. Solubilidad del Aspartame	61
2.3.1.6. Estabilidad del Aspartame	61
2.3.1.6.1. Estabilidad en base seca ..	62
2.3.1.6.2. Estabilidad en solución ...	64
2.3.1.6.3. Estabilidad en productos... ..	67
2.3.1.7. Especificaciones para identidad y pureza del Aspartame	68

	Pag.
2.3.1.7.1. Pruebas de identificación	68
2.3.1.7.2. Pruebas de pureza	68
2.3.1.8. Cinética de la reacción de Maillard entre Aspartame y glucosa en solución a alta temperatura. ...-.....	69
2.3.2. Propiedades Nutricionales del Aspartame	71
2.4. Metabolismo del Aspartame	71
2.4.1. Metabolismo de las proteínas	71
2.4.2. Absorción de las proteínas	72
2.4.3. Metabolismo de aspartato	73
2.4.4. Digestión y absorción de aspartato	75
2.4.5. Metabolismo de fenilalanina	78
2.4.6. Fenilalanina y tirosina en la síntesis de compuestos activos biológicamente	80
2.4.7. Esencialidad nutricional de fenilalanina	81
2.4.8. Metabolismo de metanol	81
2.5. Toxicidad del Aspartame	81
2.5.1. Productos de descomposición	82
2.5.1.1. Diketopiperazina (DKP)	82
2.5.1.2. Fenilalanina	84
2.5.1.3. Metanol	85
2.5.1.4. Aspartato	86
2.5.2. Fenilcetonuria	86
2.5.3. Tumores en vejiga	90
2.5.4. Sistema gastrointestinal	90
2.5.5. Diabetes mellitus	97

	Pag.
2.5.6. Caries dental	91
3.- APLICACIONES DE ASPARTAME EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	93
3.1. Propiedades de uso para Aspartame	95
3.1.1. Reducción de calorías	95
3.1.2. Reducción de volumen vs sacarosa	96
3.1.3. Sinergismo	97
3.1.4. Resaltación y extensión del sabor	97
3.2. Industria de Bebidas	101
3.2.1. Bebidas carbonatadas	101
3.2.2. Bebidas en polvo	111
3.2.3. Evaluación de las propiedades sensoriales de refrescos y gelatinas elaborados con saca- rosa o con edulcorantes sintéticos	113
3.2.4. Evaluación sensorial de refrescos y gelatinas utilizando métodos descriptivos de comparación múltiple.	117
3.3. Industria de Postres.....	119
3.3.1. Yogurt	119
3.3.2. Helados de agua (sorbete).....	121
3.3.3. Pudines y gelatinas	126
3.4. Industria de Cereales	128
3.5. Industria de Confitería	129
3.6. Aspectos Legislativos del Aspartame	130
4.- CONCLUSIONES	133
5.- BIBLIOGRAFIA	135

OBJETIVOS

Revisión general de la información acerca del edulcorante artificial Aspartame (Éster metílico de aspartilfenilalanina) con el fin de difundirla para su posible aplicación en aspectos legislativos, de investigación e implementación de nuevos productos en la Industria Alimentaria.

INTRODUCCION

Desde que el hombre existe, se ha observado que éste tiene una preferencia especial por los alimentos que le proporcionen un sabor dulce al paladar, de ahí radica la gran importancia que empezaron a adquirir todo tipo de edulcorantes que sirvan para emplearse en la elaboración de alimentos agradables. Actualmente el uso de los edulcorantes naturales en la Industria Alimentaria tiene una gran importancia, debido a que éstos poseen propiedades funcionales que son de gran utilidad para el procesamiento y desarrollo de los diferentes productos alimenticios, además de que dichas propiedades proporcionan características organolépticas y físicas a dichos productos.

La población mexicana tiene una preferencia muy marcada por los alimentos o bebidas con sabor dulce; por lo mismo la demanda de estos edulcorantes se ha incrementado en los últimos años, provocando que la capacidad de producción en México sea insuficiente para cubrir dicha demanda de las compañías pertenecientes a la Industria Alimentaria encargadas de elaborar productos que contengan una cantidad considerable de sacarosa u otros edulcorantes naturales como glucosa, fructosa, miel, etc.

La cantidad y frecuencia con la que se consumen los edulcorantes naturales puede llegar a ocasionar graves problemas a la población, de entre los más importantes se pueden mencionar: incremento de peso en forma desmedida (obesidad), desarrollo de la Diabetes mellitus, que es un incremento en el nivel normal de glucosa en la sangre y el favorecer la incidencia de la caries dental. Debido a lo cual ciertas compañías que elaboran los productos alimenticios y en su formulación adicionan una parte importante de estos edulcorantes, se han preocupado por buscar y probar ciertos compuestos artificiales con las características de los edulcorantes para que puedan servir

en un momento dado como sustituto de la sacarosa principalmente y además no alteren las propiedades físicas y organolépticas de los productos en los cuales se usará, también que no proporcionen un alto valor calórico, no contribuyan al incremento del nivel de glucosa en la sangre y no favorezcan la incidencia de la caries dental.

A raíz de que se descubrieron compuestos como la sacarina y los ciclamatos, los edulcorantes artificiales empezaron a adquirir una gran importancia y -- uso, debido a que estos dos compuestos tienen un poder edulcorante muy superior al de la sacarosa, pero también tienen el inconveniente de dejar un resabio desagradable en la boca después de probar el alimento que los contiene. Cuando se descubrió el Aspartame, éste empezó a desplazar a los edulcorantes artificiales ya existentes, ya que Aspartame cuyo nombre químico es: Éster -- metílico de aspartilfenilalanina, no sólo tiene las características de un -- edulcorante y un poder edulcorante también superior al de la sacarosa sino -- que no proporciona los inconvenientes de la sacarina y el ciclamato, debido en gran parte a su naturaleza química, la cual es diferente de la de los -- otros, dentro de las propiedades favorables y convenientes para la Industria Alimentaria, se pueden mencionar: a) alto poder edulcorante, b) bajo valor -- calórico en base a que se utiliza una menor cantidad comparado con la sacaro -- sa, c) no deja resabio desagradable en la boca después de probarlo, d) no in -- crementa la caries dental, e) resalta los sabores frutales, f) no produce -- efectos tóxicos en el organismo en las dosis normales de consumo y g) es de los pocos que se consideran nutritivos dentro de los artificiales, ya que -- esta formado por dos aminoácidos, de los cuales uno es esencial para el orga -- nismo. También presente desventajas dentro de las cuales se pueden mencionar: a) se descompone a altas temperaturas, dando origen a compuestos que puedan

tener efectos tóxicos en el organismo, b) no puede ser consumido por los fenilcetonúricos, ya que éstos no metabolizan la fenilalanina, c) su costo es alto debido a su procedencia.

Actualmente en Estados Unidos existe una gran variedad de productos elaborados con Aspartame que han tenido gran aceptación por la población en general debido a las características que les imparte este edulcorante a los productos.

El uso potencial de este edulcorante en México, está destinado actualmente a la Industria de Bebidas, las cuales incluye bebidas carbonatadas (refrescos) y bebidas no carbonatadas principalmente; aunque su uso se puede extender a la Industria de Confitería, de Postres, Cereales y Láctea, abarcando productos como caramelos blandos, gomitas, chiclosos, goma de mascar, rellenos para chocolates y dulces, gelatinas, pudines, helados, yogurt, polvo para preparar leche malteada, etc. Por lo tanto es muy importante tener mayor información sobre Aspartame en cuanto a su estabilidad, metabolismo, efectos toxicológicos y propiedades en general, para posteriormente poder utilizarlo en mayor cantidad y variedad de productos alimenticios, además de poder establecer un control estricto sobre la dosificación y el uso apropiado para cada tipo de producto.

En México no existe una Norma oficial para este edulcorante, debido a que es un compuesto de importación y sólo se rige por medio del control que exige la FDA (Foods and Drugs Administration).

1. GENERALIDADES

1.1. Teoría del sabor.

Definición: Hall en 1968 define el sabor de la siguiente manera; "es la sensación producida por un material que se encuentra en contacto con la boca, - percibido principalmente por los sentidos del gusto y olfato; influenciado - por el esfuerzo al masticar, los receptores táctiles y la temperatura de la boca. Este denota en suma las características del material que produce esta sensación". (56)

El hombre posee más de medio millón de células gustativas, reunidas en grupos de 40 a 60 para formar las papilas gustativas.

Las puntas terminales de los receptores del sabor consisten en microvellos ($0.2\mu \times 0.2\mu$ proyectados como trinquete) los cuales están en contacto directo con la saliva. El resto de la superficie de las células es protegido - por células suaves que cubren la superficie de la lengua.

Las células del sabor sólo viven alrededor de una semana y media y son continuamente reemplazadas. Es muy posible que los microvellos sean reemplazados muy rápido. (17)

Las señales producidas son llevadas al sistema nervioso central para crear - la impresión del sabor.

Beidler (1957) esquematiza el proceso de la generación del sabor, como se muestra en la figura 1.

Diferenciación:

El sabor es una propiedad de los alimentos, así como del mecanismo receptor de la persona que lo come ó ingiere. (56)

Existen cuatro sabores básicos o verdaderos que son: dulce, salado, amargo y -

ácido. La sensibilidad del sabor esta localizada en las papilas gustativas - de la lengua.

Indudablemente la distribución regional de los cuatro tipos de receptores, - crea áreas de sensibilidad como son: el sabor dulce en la punta, el amargo en el fondo, el astringente ó ácido en los lados hacia el fondo y el salado en los lados hacia la punta, todos con respecto a la lengua. Figura 2. (56)

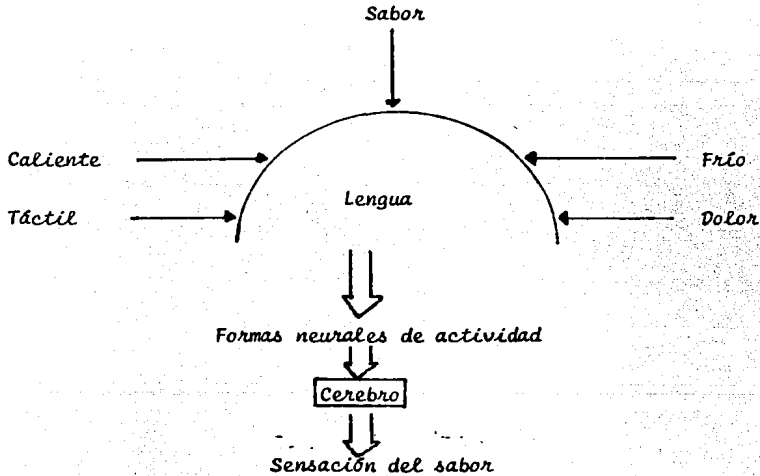


Figura 1. Diagrama de formación del sabor (56)

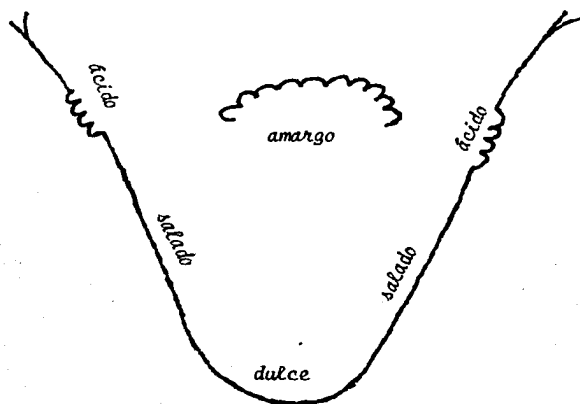


Figura 2. Areas de sensibilidad de sabor en la lengua (56)

1.1.1. Teoría del dulzor.

Han surgido varias teorías que tratan de explicar el mecanismo por medio del cual se forma la sensación del sabor dulce.

La teoría de Shallenberger y Acree (1967) es la más aceptada ya que incorpora varias ideas surgidas en teorías previas; ésta recibe el nombre de teoría AH,B. Según esta teoría todos los compuestos responsables del sabor dulce -- poseen un átomo electronegativo A, tal como oxígeno o nitrógeno; éste posee un protón de ataque unido por un enlace covalente simple y por consiguiente AH puede representar un grupo hidróxilo; un grupo imina o amina, o un metano. A una distancia aproximada de 3 Å del protón del AH debe estar un segundo -- átomo electronegativo B, el cual puede ser de nuevo oxígeno o nitrógeno. Se ha encontrado que los azúcares generalmente en una conformación de cadena produce favorablemente una conformación tipo glicol con el protón de un gru-

po hidróxilo a una distancia aproximada de 3 Å del oxígeno del grupo hidróxi lo más cercano, y esta unidad puede ser considerada como un sistema AH,B. La formación de los enlaces de hidrógeno son simultáneos, además éstos tienen una fuerza relativamente débil, por lo que se podría relacionar a la sensación ligera del sabor dulce. (51)(56)

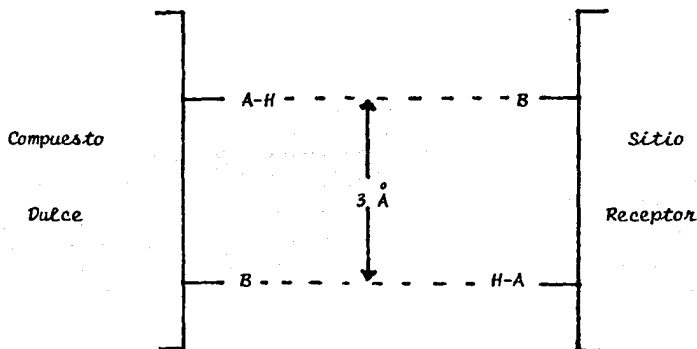


Figura 3. Teoría AH,B de la percepción del sabor dulce (17)(56)

Las moléculas dulces y amargas son mucho más complejas que las saladas y ácidas. Debido a que ellas exhiben más alta especificidad en sus interacciones con las membranas de las células del sabor. Las células del sabor como todas las células sensoriales están cargadas eléctricamente con una diferencia de potencial aproximado de 0.030 volt a través de la membrana.

Cuando las células son estimuladas, la membrana se acerca a la unión con el nervio despolarizado, el gradiente de voltaje decrece. Este cambio de potencial conduce a la excitación del nervio asociado y a la creación de un potencial de acción del mismo, el cual se propaga hacia el cerebro. (17)

El dulzor de un compuesto está relacionado a su configuración, a su solubili

dad y a su concentración. Así por ejemplo la L-glucosa es ligeramente salada y la D-glucosa es dulce, también el caso de los anómeros de la D-manosa; la forma alfa es dulce y la forma beta es amarga. (13)

1.1.2. Determinación del umbral para los cuatro sabores básicos.

Los cuatro sabores básicos que son: dulce, ácido, salado y amargo; se pueden determinar de una manera fisicoquímica por medio de análisis específicos para cada uno; así el sabor dulce se puede determinar mediante un análisis de azúcares totales o midiendo el grado Brix con un refractómetro en el caso de soluciones puras de jarabe; la acidez puede medirse instrumentalmente con el uso de un potenciómetro en soluciones relativamente puras, pero es más satisfactorio el análisis por medio de una titulación para acidez total; el salado puede ser estimado por una determinación de cloruros o más rápidamente -- por la determinación de sodio con el uso de un fotómetro de flama; el amargo no es estimado de una manera general sino que se relaciona a la concentración dada por el sulfato de quinina. (5)

La determinación del umbral se hace por medio de pruebas sensoriales para -- seleccionar a los panelistas que intervendrán en alguna prueba para detectar diferencias de concentraciones con respecto a los cuatro sabores básicos en un alimento.

Engel (1928) notó que el agrado y desagrado de los cuatro sabores básicos, dependían de la concentración de éstos. Así notó que el agrado de la sacarosa se incrementa al incrementar la concentración. Soluciones de cloruro de sodio, ácido tartárico y sulfato de quinina incrementan en agrado sobre un pequeño rango de incrementar concentración, porque si no dan una sensación -- desagradable. (60) (73)

Tabla # 1 Umbrales para compuestos selectos (60)

Investigador	Sacarosa	Cafeína	Ac. cítrico	Cloruro de sodio
Knowlles and Johnson	0.0192 M	0.0008	-----	0.0199
	(0.657 %)	(0.0155 %)	-----	(0.116 %)
Hopkins (1946)	0.0195 M	0.0018	-----	0.0192
	(0.667 %)	(0.035 %)	-----	(0.112 %)
Pfaßman (1951)	0.02 M	-----	-----	0.035
	(0.685 %)	-----	-----	(0.205 %)
Pangborn (1959)	0.022 M	0.0014	0.00116	0.021
	(0.753 %)	(0.0272 %)	(0.0223 %)	(0.123 %)
	0.008 M	0.0004	0.00005	0.008
	(0.274 %)	(0.0078 %)	(0.00096 %)	(0.047 %)

Richter y Campbell (1940) encontraron que el umbral de sabor para sacarosa - en gente entre 53 y 85 años de edad fué tres veces más alto que en un grupo de 15 a 19 años; no se encontró diferencias entre los sexos ni entre los fumadores. (73)

1.1.3. Poder edulcorante.

1.1.3.1. Definición.

Es la capacidad que tienen los edulcorantes para producir una sensación de dulzor.

1.1.3.2. Forma de medirlo

El poder edulcorante es una propiedad muy importante puesto que no todos los edulcorantes producen el mismo dulzor, por lo tanto se tiene que medir por medio de un análisis sensorial; utilizando un grupo de personas previamente entrenadas que valoran soluciones de los diferentes edulcorantes junto con la de sacarosa a una misma concentración, tomando esta última como referencia y designándole un valor arbitrario de 1 ó 100.

Debido a que este tipo de análisis es subjetivo, se pueden encontrar variaciones en los valores de poder edulcorante reportados de diferentes fuentes de consulta. (25) (54)

1.1.3.3. Tabla comparativa entre varios edulcorantes. (16)

Compuesto	Poder edulcorante n.º	\$ / Kg	\$ / P.E. *
Lactosa anhidra D.L.C	0.4	3,330.00	8,325.00
Lactosa D.L.C. 11	0.4	3,310.00	8,275.00
Lactosa U.S.P. malla 200	0.4	1,620.00	4,025.00
Sorbitol	0.4-0.6	675.00	1,687.00-1,125.00
D-glucosa	0.7	674.00	963.00
Manitol	0.7	3,510.00	5,074.00
Azúcar invertido	0.7-0.9	650.00	928.00-722.00
Glicerol	0.8	26,000.00	32,500.00
Sacarosa	1.0	195.00	195.00
Aspartame	100 - 200	121,250.00	1,213.00- 606.00
Sacarina sódica	200 - 700	9,250.00	46.00- 13.00

* P.E. Poder edulcorante

Precios reportados hasta abril de 1987.

1.2. Edulcorantes

1.2.1. Definición.

Los edulcorantes por encontrarse dentro del grupo de los aditivos alimentarios, se pueden definir de la siguiente manera:

En 1956 la FAO (Organización de Alimentos y Agricultura) y la WHO (Organización Mundial de la Salud) definieron los aditivos como sigue: "sustancias no nutritivas añadidas intencionalmente a los alimentos en pequeñas cantidades para mejorar sus propiedades de apariencia, sabor, textura o almacenamiento". Actualmente la FDA (Administración de Drogas y Alimentos) define los aditivos de la siguiente manera: "sustancia cuyo uso intencional resulta, o que se puede razonablemente suponer resultará, directa o indirectamente afectando las características de un alimento en el momento en que se incorporará -- como componente; (incluyendo cualquier sustancia destinada a usarse en la producción, fabricación, empaqueo, procesamiento, preparación, tratamiento, -- transporte o almacenamiento de un alimento; e incluyendo cualquier fuente de radiación destinada a cualquiera de estos usos); que esté reconocida por expertos capacitados para evaluar su seguridad con una preparación científica y adecuada experiencia, los cuales verifiquen su seguridad bajo las condiciones del uso al que se destine". (4) (43) (76)

El Consejo de Control de Calorías describe en 1985 al edulcorante ideal de la siguiente manera: "sustancia que puede tener igual o mayor dulzor que la sacarosa, que tiene color, olor, solubilidad, estabilidad, funcionalidad y economía viables".

El edulcorante ideal debe contribuir a reducir o no las calorías en la dieta debe de ser metabolizado normalmente o resistente a la digestión y no debe

ser tóxico ni promover la caries dental. [13]
Aunque este edulcorante no existe en la actualidad.

1.2.2. Clasificación.

Debido a que existe una gran diversidad de las estructuras entre los compuestos químicos con poder edulcorante (1.1.3.3.), es difícil mencionar una clasificación estricta; sin embargo se mencionan las siguientes:

1.2.2.1. De acuerdo a su origen.

Naturales: son todos aquellos que se encuentran en la naturaleza y se pueden obtener por medio de una extracción de algún fruto o planta.

Artificiales: son todos aquellos que se obtienen a partir de una síntesis química, a partir de dos o más compuestos químicos. [25]

Naturales

Sacarosa

Glucosa

Fructosa

Xilitol

Lactosa

Artificiales

Sacarina

Ciclamato

Aspartame

Acesulfam K

1.2.2.2. De acuerdo a su valor nutritivo.

Nutritivos: son aquellos que el organismo puede metabolizar .

No nutritivos: son aquellos que el organismo los elimina porque no los puede metabolizar. [1][25]

<u>Nutritivos</u>	<u>No nutritivos</u>
Sacarosa	Sacarina
Glucosa	Ciclamato
Fructosa	Acesulfam K
Xilitol	
Lactosa	
Aspartame	

1.2.2.3. De acuerdo a su valor calórico.

Dietéticos: son aquellos que proporcionan un bajo valor calórico.

No dietéticos: son aquellos que proporcionan un alto valor calórico. [1]

<u>Dietéticos</u>	<u>No dietéticos</u>
Sacarina	Sacarosa
Ciclamato	Glucosa
Aspartame	Fructosa
Acesulfam K	Xilitol
	Lactosa

1.3. Edulcorantes Naturales

1.3.1. Sacarosa

a) Historia y origen.

El consumo de sustancias dulces en forma de frutos y miel precede a lo escrito en la historia. Los antropólogos especulan que el hombre primitivo viajó - considerables distancias, tolerando dolorosos piquetes de abejas y luchando - con otras especies de animales en el enjambre de abejas para obtener miel y

satisfacer su deseo por lo dulce.

Aparentemente el azúcar era desconocido por los antiguos Egipcios, Hebreos, Griegos y Romanos.

Originalmente la sacarosa fue refinada de la caña por médicos de la India y Arabia que lo utilizaban como medicina.

Gradualmente la sacarosa o azúcar se vuelve popular entre los ricos, los cuales lo apreciaban como un lujo para los dulces y las bebidas.

En el siglo VII la sacarosa se vuelve un producto comercial.

En el siglo XIV se incrementa su demanda paralelamente con el café, té y chocolate. En el siglo XVI el cultivo de la caña de azúcar fue introducido en Brasil y las Indias del oeste, donde uno de los mayores usos fue la fermentación para bebidas alcohólicas.

En 1747 se descubrió la sacarosa cristalizada en la remolacha roja por Marggraf quien sugirió la posibilidad de extraerla en mayor cantidad para uso comercial. (73)

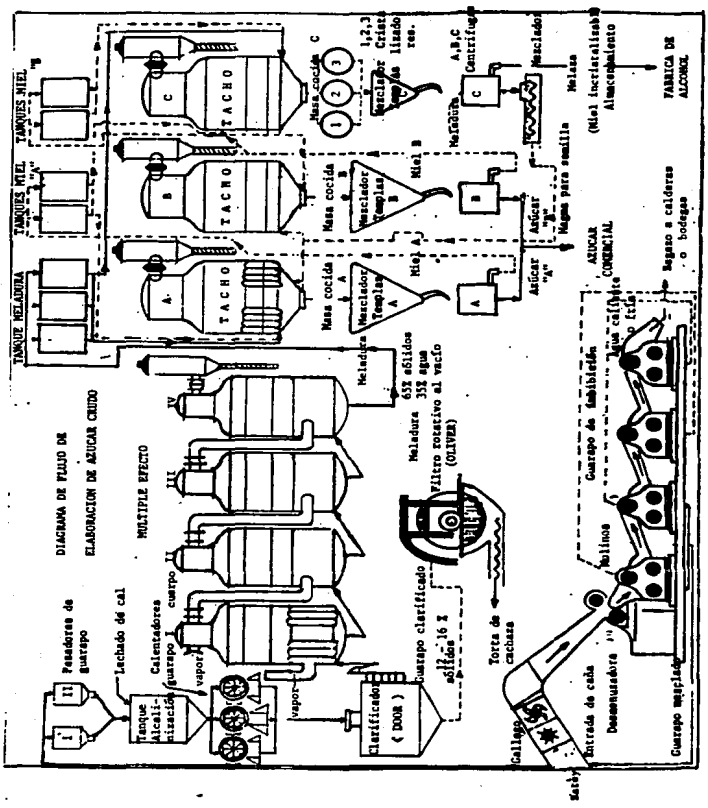
La sacarosa se extrae principalmente de la caña de azúcar, aunque también se puede extraer de la remolacha. (43) (47)

El proceso de extracción involucra los siguientes pasos:

- 1.- Recolección de la caña de azúcar.
- 2.- Quema del cultivo de la caña.
- 3.- Rayado de las desmenuzadoras.
- 4.- Molienda.
- 5.- Clarificación y defecación del jugo de la caña.
- 6.- Purificación del jugo (sulfitación, fosfatación, carbonatación)
- 7.- Filtración.
- 8.- Evaporación.

- 9.- Cristalización.
- 10.- Centrifugación.

Diagrama de flujo para la elaboración de azúcar crudo. (43)



c) Nombre y estructura química.

La sacarosa es un carbohidrato perteneciente al grupo de los disacáridos, ya que esta formado por una molécula de D-glucosa y una de D-fructosa; su nombre químico es: α 1-D-glucopiranosil- β -2-D-fructofuranósido; ó 0- β -D-fructofuranosil-(2 \rightarrow 1)- α -D-glucopiranosido.

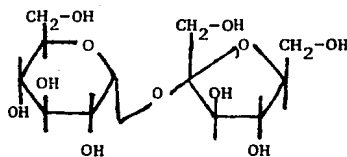


Figura 4. Estructura química de la sacarosa

1.3.1.1. Propiedades fisicoquímicas.

- a) **Cristalización:** la sacarosa forma cristales al evaporarse el agua de sus soluciones, y se puede propiciar que éstos sean de diferentes tamaños según sea el uso al que se destinará. (4)
- b) **Solubilidad:** es muy soluble en agua y esta propiedad esta directamente -- relacionada con la temperatura.
- c) **Viscosidad:** aumenta al aumentar la concentración de la sacarosa pero disminuye al aumentar la temperatura.
- d) **Presión osmótica:** aumenta al aumentar la concentración.
- e) **Hidrólisis:** la sacarosa puede sufrir dos tipos de hidrólisis, la ácida en la cual se utiliza HCl generalmente y la enzimática en la que se utilizan enzimas específicas; en los dos casos los productos son D-glucosa y D-fructosa, las cuales forman el azúcar invertido. (43)

f) Caramelización: esta reacción la presentan todos los azúcares al ser calentados por cierto tiempo a una temperatura mayor que la del punto de fusión, - en el caso de la sacarosa primero se realiza una hidrólisis para producir -- los monosacáridos y se puedan enolizar para posteriormente sufrir una deshidratación a través de reacciones de β -eliminación y obtener derivados furánicos por medio de una reacción de ciclización de las moléculas deshidratadas, los cuales a su vez se pueden polimerizar para dar origen a los pigmentos oscuros. (13)

Esta reacción se favorece por la presencia de ácidos carboxílicos, algunos metales y por pH alcalinos, aunque también se puede llevar a cabo en condiciones ácidas. (13)

g) Reacción de Maillard: esta reacción se lleva a cabo entre un grupo aldehído o cetona proveniente de los azúcares reductores y grupos amino de los aminoácidos o proteínas. Esta reacción se efectúa en una secuencia de tres pasos como se mencionan a continuación:

1) Paso inicial (no hay producción de color)

a) Condensación azúcar-amino para formar una glucosilamina-N-sustituida.

Reacción reversible.

b) Rearreglo de Amadori: la glucosilamina se transforma a cetosimina o aldosamina.

2) Paso intermedio (formación de colores amarillos muy ligeros y producción de olores desagradables).

c) Deshidratación de azúcares; se forman derivados del furfural, reductonas o dehidrorreductonas, dependiendo del pH y de la actividad de agua del sistema.

d) Fragmentación de azúcares; se forman compuestos hidroxicarbonilos, glu-

coaldehído, gliceraldehído, etc.

c) Degradación de Strecker; aminoácidos más dehidrorreductonas de c) forman aldehídos con un átomo de carbono menos, más CO_2 .

3) Paso final (formación de pigmentos)

f) Condensación aldólica de compuestos intermediarios para formar pigmentos insaturados con propiedades fluorescentes.

g) Polimerización de aldehídos con aminas.

Esta reacción se favorece a pH ligeramente alcalino y a altas temperaturas, además la actividad de agua con valores bajos. (13)

La sacarosa no presenta esta reacción ya que es un azúcar no reductor, solamente la presentaría después de ser hidrolizada previamente. (13)

h) Proporciona cuerpo y textura.

i) Higroscopicidad: la sacarosa es muy higroscópica, esto es que toma la humedad del ambiente.

1.3.1.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria.

La sacarosa tiene un amplio uso en la Industria Alimentaria, debido a que -- reúne propiedades funcionales muy importantes para el desarrollo de diferentes productos. (39)(47)

Entre las aplicaciones más importantes se pueden mencionar :

a) Conservación.

Al aumentar la presión osmótica en ciertos alimentos en los que se adiciona sacarosa en cantidades importantes, se disminuye la actividad de agua y por lo tanto se evita el desarrollo microbiano, por lo que es muy conveniente es ta cualidad en mermeladas, jaleas y productos en almíbar. (13)(25).

b) *Humectancia.*

Esta aplicación se debe a que la sacarosa es muy higroscópica pero sólo es favorable para ciertos productos, porque en la mayoría es indeseable. (13)(25)

c) *Favorecimiento del oscurecimiento.*

Como la sacarosa presenta la reacción de caramelización que es una reacción de oscurecimiento, se utiliza en la Industria de Panificación. (13)(25)

d) *Prevención de la decoloración.*

La sacarosa se emplea en los productos cárnicos por su capacidad para disminuir la acidez de la sal y también porque evita la decoloración, esto tal vez se deba a que sirve como sustrato para los microorganismos responsables de la reducción del nitrito, o a que eleva el pH aumentando la actividad de los sistemas enzimáticos del músculo capaces de reducir la metamioglobina y el nitrito. (19)(50)

e) *Consistencia.*

Este es uno de los usos más importantes que tiene la sacarosa sobre todo en la Industria de Confitería, ya que además de proporcionar dulzor, da cuerpo y volumen a los productos. (13)

1.3.1.3. Aspectos Nutricionales.

La sacarosa por ser un carbohidrato digerible, es una de las principales fuentes de energía para el organismo en todas las actividades vitales. Esto es porque al hidrolizarse en el intestino delgado por medio de la enzima sacarasa, se convierte en una fuente de dos azúcares importantes que son; la D-fructosa y la D-glucosa, esta última es transportada por la sangre hacia todos los tejidos y según sean las necesidades del organismo se dirigirá a varias vías metabólicas. (39)(47)(57)(79)

1.3.1.4. Aspectos Toxicológicos.

El consumo excesivo de la sacarosa puede llegar a ocasionar problemas de salud en el organismo; de entre las enfermedades más frecuentes e importantes se encuentran :

a) Diabetes mellitus : en la cual las personas no pueden metabolizar los carbohidratos eficientemente y por lo tanto la sangre tiene un alto nivel de - glucosa comparado con el normal, además también se puede encontrar en la orina; los factores que incrementan el riesgo de esta enfermedad son la obesi-dad y aspectos genéticos. (9)(39)(53)

b) Obesidad : esta enfermedad se caracteriza por un aumento de peso exagerado al consumirse demasiados azúcares y esta ligada con otras enfermedades -- como hipertensión y Diabetes mellitus. (16)(39)(53)(57)

c) Caries dental : es un proceso patológico de destrucción localizado en los tejidos de la dentadura y de origen bacteriano. Existen diferentes tipos de caries como son; caries en la superficie lisa, caries de raíz y caries pro--funda en el esmalte.

De acuerdo a investigaciones sobre la caries realizadas en niños y animales, utilizando dietas con alimentos ricos en sacarosa y alimentos bajos en ésta, se llegó a la conclusión de que la proporción de sacarosa en un alimento es un factor determinante, así como la forma, cantidad y frecuencia en que se - consume, ya que por ejemplo se ha encontrado que en forma líquida es menos - cariogénica que combinada con almidones, esto es porque el tiempo de contac- to entre el alimento y la placa bacteriana es menor. (3)(39)(68)

1.3.1.5. Aspectos Económicos.

La sacarosa es el edulcorante natural que más se consume en todo el mundo en la Industria Alimentaria, esto es debido a su disponibilidad y precio, además de que posee propiedades muy favorables para emplearse en alimentos por lo que su sustitución es difícil. En México las principales industrias que la consumen en grandes cantidades son en orden de importancia : Industria -- Refresquera, Panificadora, Galletera y de Confitería. (20) (30)

1.3.1.6. Aspectos Legislativos.

En el mercado existen dos tipos de azúcar o sacarosa, la que no está refinada y la refinada, esta última es la que tiene una norma oficial para su distribución y venta.

Así según la Norma Oficial ;

Azúcar refinado granulado es el producto constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa, elaborado a partir de azúcar crudo (mascabado), - previamente sometido a un proceso de refinación con carbón activado. sic (70)

Especificaciones :

Físicas y químicas.

Sacarosa aparente (Pol), a 293°K (20° C), mín.	99.90
Color, Unidades Lovibond, máx.	0.60
Cenizas sulfatadas máx.	0.04 %
Humedad máx.	0.04 %

Microbiológicas.

No debe contener microorganismos patógenos, toxinas microbianas e inhibidores microbianos. (79)

Materia extraña.

Debe estar libre de : fragmentos de insectos, pelos y excretas de roedores, - así como cualquier otra materia extraña de origen animal o vegetal. (70)

Contaminantes químicos.

No deberá contener ningún contaminante químico en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud. Los límites máximos para estos contaminantes quedan sujetos a lo que establezca la Secretaría de Salubridad y Asistencia. (70)

1.3.2. Glucosa.

a) Historia y origen.

A raíz del descubrimiento del método de extracción para la sacarosa a partir de la caña de azúcar y de la remolacha, en la década de los veinte se desarrolló un producto que resulta de la hidrólisis del almidón de maíz, dando un jarabe muy dulce que está constituido principalmente por glucosa y en menor cantidad maltosa y dextrinas.

b) Nombre y estructura química.

La glucosa es un carbohidrato perteneciente al grupo de los monosacáridos, pertenece a la familia del D-gliceraldehído y es una hexosa conocida como dextrosa.

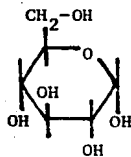


Figura 5. Estructura química de la glucosa

1.3.2.1. Propiedades Fisicoquímicas.

a) Poder edulcorante : es un poco menos dulce que la sacarosa, pero en moderadas altas concentraciones (35-40 %) es posible igualar el dulzor.

b) Sinergismo : presenta un efecto sinergista en combinación con la sacarosa. Por lo que se refiere a las propiedades mencionadas para sacarosa en el punto 1.3.2.1., la glucosa presenta las mismas con excepción de la hidrólisis.

(13)(77)

1.3.2.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria.

La glucosa tiene dos presentaciones comerciales; en forma sólida (polvo) y en forma de jarabe, esta última es la forma en la que se utiliza en alimentos; principalmente se usa en confitería, ya que ayuda al control de la crystalización para obtener una forma amorfa de la sacarosa y de la glucosa. (13)

Además se utiliza también para la conservación y favorecimiento del oscurecimiento en ciertos productos, así como para proporcionar cuerpo y textura. (20)

1.3.2.3. Aspectos Nutricionales.

La glucosa al momento de ser ingerida, pasa directamente al estómago y después al intestino delgado para ser absorbida por el torrente sanguíneo y ser transportada al hígado donde es convertida a glicógeno y de esta manera almacenarla, y a los tejidos para que la utilicen como fuente de energía por medio de la Glucólisis y del Ciclo del ácido cítrico (de Krebs). (9) (57)

1.3.2.4. Aspectos Toxicológicos.

El consumo excesivo de glucosa puede ocasionar los mismos problemas de salud mencionados para sacarosa en el punto 1.3.1.4.

1.3.2.5. Aspectos Económicos.

La glucosa también se consume en grandes cantidades en la Industria Alimenta-

ría debido a sus propiedades ; pero además se consume como jarabe de maíz por toda la población, su precio es mayor al de la sacarosa. (Tabla 1.1.3.3.)

1.3.2.6. Aspectos Legislativos.

Según la Norma Oficial para Glucosa de maíz :

Se entiende por Glucosa de Maíz, el producto edulcorante obtenido por hidrólisis del almidón de maíz y que está constituido por dextrosa, maltosa, pequeñas cantidades de dextrinas y polisacáridos. (71)

La glucosa de clasifica en tres tipos con un sólo grado de calidad.

Tipo I Glucosa líquida en diversas densidades, expresadas en grados Baumé a 288.5 °K (15.5 °C).

Tipo II Glucosa sólida en trozos.

Tipo III Glucosa en polvo.

Las especificaciones sensoriales, físicas y químicas dependen de la presentación y del tipo de glucosa . (71)

Microbiológicas.

No debe contener microorganismos patógenos, toxinas microbianas, u otras sustancias tóxicas que puedan afectar la salud del consumidor o provocar deterioro del producto. (71)

Materia extraña.

Debe estar libre de fragmentos de insectos, pelos y excretas de roedores, así como de cualquier otra materia extraña. (71)

Contaminantes químicos.

No debe contener ningún contaminante químico en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud. (71)

Aditivos para alimentos.

Los permitidos por la Secretaría de Salubridad y Asistencia en los límites que establezca. (71)

1.3.3. Fructosa.

a) Historia y origen.

La fructosa se utiliza generalmente en forma de jarabe en la Industria Alimentaria, debido a su fácil manejo.

Kirchoff en 1812 fue el primero en obtener hidroxilados dulces del almidón, a partir de entonces la producción de los hidroxilados de almidón ha tenido como mayor objetivo el desarrollo de procesos para incrementar el dulzor de los jarabes de maíz.

En 1938 todos los jarabes comerciales fueron producidos por hidrólisis ácida incrementándose el grado de conversión medido como equivalente de dextrosa (D.E.). Este proceso tenía el inconveniente de dejar ciertos sabores amargos en los jarabes y no se podían remover.

En los años cincuentas se desarrolló el proceso de fermentación para producir las enzimas gluco-amilasas; las cuales se utilizan en la industria para producir jarabes de maíz con alto contenido de dextrosa que son más dulces.

Later y Tsumuzi en 1965 publicaron información sobre la producción de una enzima de Streptomyces phaeochromogenes que puede isomerizar la glucosa a fructosa. A partir de este momento la producción de jarabes con alto contenido de fructosa se obtienen de esta manera.

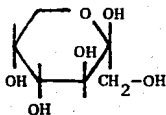
La fructosa también se puede encontrar en forma cristalina, la cual se obtiene del jarabe el cual se concentra, enfría y bombea a los cristalizadores. (69)

b) Nombre y estructura química.

La fructosa es un carbohidrato perteneciente al grupo de los monosacáridos,

también es de la familia del D-gliceraldehído, es una hexosa conocida como levulosa o azúcar de frutas.

β -D-fructopiranososa



β -D-fructofuranosa

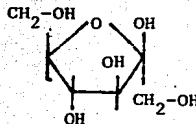


Figura 6. Estructura química de la fructosa

1.3.3.1. Propiedades Fisicoquímicas.

- a) **Cristalización** : la fructosa cristaliza como prismas anhidros de la D-fructopiranososa.
- b) **Solubilidad** : es el más soluble de todos los azúcares y se disuelve rápidamente en un medio frío.
- c) **Viscosidad** : las soluciones de fructosa son mucho menos viscosas que las de sacarosa.
- d) **Higroscopicidad** : la fructosa es muy higroscópica.
- e) **Reactividad** : es muy alta en la fructosa.
- f) **Poder edulcorante** : es mayor que el de la sacarosa y se incrementa al disminuir la temperatura y la concentración. (44)
- g) **Presión osmótica** : aumenta al aumentar la concentración.
- h) **Caramelización** : la fructosa se descompone al calentarse por cierto tiempo a una temperatura mayor a la del punto de fusión y da origen a sustancias coloridas indeseable.

i) *Reacción de Maillard*: la fructosa al combinarse con un grupo amino de una proteína, da como resultado la formación de compuestos derivados del furfural según la reacción que se describió en el punto 1.3.1.2. (13) (24) (77)

1.3.3.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria.

El uso de la fructosa se ha expandido por toda Europa desde 1970, en una gran variedad de productos de la Industria Alimentaria. Así de entre los principales usos se pueden mencionar:

a) Conservación.

Al aumentar la presión osmótica en los alimentos evita el desarrollo de microorganismos, es importante esta cualidad en productos como; mermeladas, jaleas y productos en almíbar, carne y pescado enlatados.

b) Edulcorante.

Es el mayor uso que tiene la fructosa; de entre los productos más importantes están; jugos, dulces, chocolates, postres fríos, helados y alimentos dietéticos. En Estados Unidos la fructosa es muy usada en bebidas isotónicas, infusiones de vitaminas farmacéuticas y bases secas para bebidas. (20) (24).

1.3.3.3. Aspectos Nutricionales.

La fructosa pura es absorbida probablemente del intestino por un mecanismo de transporte activo, no requiere de la insulina para transportarse al interior de las células de los tejidos periféricos; también es llevada al hígado donde por medio de la fructocinasa y de la aldolasa es convertida a d-gliceraldehído para posteriormente entrar a la glucólisis, y llegar a la formación de glucosa que es el destino de la mayoría de la fructosa que se encuentra en el hígado. (57)

1.3.3.4. Aspectos Toxicológicos.

A diferencia de los otros carbohidratos naturales, la fructosa es tolerada por personas diabéticas; además se ha encontrado que ésta reduce la cariogenicidad; por lo que no presenta efectos nocivos para la salud. (24)

1.3.3.5. Aspectos Económicos.

La fructosa posee alta demanda en la Industria Alimentaria por ser un edulcorante más potente que la sacarosa, en lo que se refiere a edulcorantes naturales; además es de fácil asimilación. Las industrias que más la consumen son : la Refresquera, de Confitería y de Postres.

1.3.3.6. Aspectos Legislativos.

En México no existe una Norma Oficial porque no se produce en el país.

1.3.4. Xilitol.

a) Historia y origen.

Onishi y Suzuki en 1966 encontraron que el xilitol se puede obtener a partir de una fermentación de levaduras u por tratamiento con ácido oxálico de materia vegetal según Kelleher Moore en 1972.

El xilitol es un alcohol pentavalente de la xilosa; se obtiene industrialmente a partir de la pulpa de madera, cáscaras de semillas de algodón, bagazo de la caña de azúcar, arroz y cáscara de avena, paja, coco y mazorca de maíz.

La extracción de xilitol implica los siguientes pasos :

Hidrólisis de la hemicelulosa en medio ácido, se obtiene la xilosa, la cual es hidrogenada y por medio de una cromatografía, se obtiene el xilitol.

b) Nombre y estructura química.

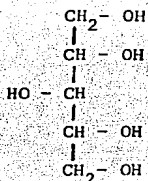


Figura 7. Estructura química del xilitol (25)(26)

1.3.4.1. Propiedades Fisicoquímicas.

a) Solubilidad : a 30°C es muy cercana a la de la sacarosa y esta relacionada directamente con la temperatura. (25)

b) Higrscopicidad : es muy higroscópico, a 20°C y 85% de Humedad Relativa -- absorbe la mayor cantidad de agua, tanto así que su apariencia cristalina se torna casi líquida. (25)

c) Poder edulcorante : igual al de la sacarosa.

d) Sabor : produce una sensación de frescura diferente a la del mentol, debido a su entalpía endotérmica diez veces mayor que la de la sacarosa. (25)

e) Cariogenicidad : el xilitol no es metabolizado por la flora microbiana de la boca, por lo que no produce ácidos promotores de la caries. (20)(25)(26)

1.3.4.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria.

Debido a sus propiedades de sabor y de no cariogenicidad, el xilitol se emplea en la Industria de Confitería y de Repostería, primordialmente en la elaboración de goma de mascar, polvo base para bebidas, gelatinas, pudines en frío - y en caliente, gomitas, jaleas y harinas para pastel. (20)(25)(26)

1.3.4.3. Aspectos Nutricionales.

El xilitol es un producto intermediario del metabolismo en el hombre y en los animales. En el hígado el xilitol es convertido a D-xilulosa y se une a la -- vía de la pentosa fosfato a través de la D-xilulosa-5-fosfato esto sucede en la vía del ácido urónico, donde se obtiene el ácido glucurónico que tiene importante función en el hígado y en los riñones; por otra parte el xilitol ingerido puede ser metabolizado en los tejidos como una fuente de energía, este metabolismo requiere de poca insulina. (20) (26) (57)

1.3.4.4. Aspectos Toxicológicos.

Se ha encontrado que fuertes dosificaciones de xilitol puede ocasionar problemas gastrointestinales (diarrea por problemas osmóticos); aunque Bassler en - 1962 observó una adaptación para la absorción de éste, sus resultados mostraron que esta enfermedad desaparecía con una alimentación prolongada de xilitol. (26)

1.3.4.5. Aspectos Económicos.

El xilitol es uno de los alcoholes polihídricos más empleados a nivel mundial, debido a que se puede usar en dietas especiales; aunque su precio es más alto que el de la sacarosa. (26)

1.3.4.6. Aspectos Legislativos.

Hasta el momento la única restricción en cuanto al uso de xilitol sería la ingesta diaria. Se recomienda una ingesta inicial de 30g/día que posteriormente puede elevarse a 200-300 g/día. En México no existe una Norma Oficial para -- este edulcorante. (26)

1.3.5. Lactosa

a) Historia y origen.

La lactosa es el único azúcar que proviene de las especies animales mamíferas, y ha sido usada por razones medicinales desde la época de los antiguos griegos. Un uso tradicional ha sido el preparar fórmulas infantiles, debido a que la leche humana tiene alto contenido de lactosa y la leche de vaca no. Lee y Lillibridge en 1976 encontraron que la lactosa resultaba un excelente vehículo de antibiótico en la Industria Farmacéutica.

A nivel industrial se obtiene de la leche de los mamíferos. (67)

b) Nombre y estructura química.

La lactosa es un carbohidrato perteneciente al grupo de los disacáridos, -- constituido por una molécula de galactosa y una de glucosa unidas por un enlace glucosídico β -1,4, su nombre químico es: galactósido β -1,4-glucosa.

(67)

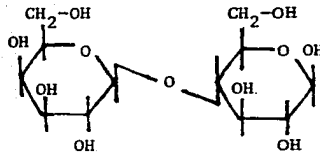


Figura 8. Estructura química de la lactosa. (67)

1.3.1.5. Propiedades Fisicoquímicas.

a) **Cristalización** : puede cristalizar como lactosa α hidratada que no es higroscópica y como lactosa β anhidra que es muy higroscópica. (13)(67)

- b) Solubilidad : los cristales de la alfa lactosa hidratada son duros y se disuelven lentamente; la lactosa es menos soluble ya que cerca de 20g/100y de agua se disuelven a temperatura ambiente. (67)
- c) Poder edulcorante : es menos dulce que la sacarosa, a bajas concentraciones la lactosa sólo llega a ser la cuarta parte de dulce que la sacarosa, -- pero a altas concentraciones puede llegar a la mitad. (67)
- d) Hidrólisis : la lactosa puede hidrolizarse por medio ácido o enzimático; -- para obtener glucosa y galactosa que incrementan la utilidad del azúcar. (67)
- e) Caramelización : si la presenta al ser calentada la lactosa por encima de su punto de fusión. (13)(67)
- f) Reacción de Maillard : si la presenta al combinarse la lactosa con un grupo amino de una proteína. (1.3.1.2.)
- g) Proporciona cuerpo y consistencia. (2)(67)

1.3.5.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria.

La lactosa tiene un amplio uso en la Industria Alimentaria debido a cualidades muy favorables como son :

- a) Proporcionar cuerpo y consistencia.

Principalmente en alimentos para niños se agrega lactosa para dar cuerpo y -- apariencia firme.

- b) Favorecimiento del oscurecimiento.

La lactosa se usa en alimentos cocinados por microondas.

- c) Absorber y resaltar sabores y aromas.

Por esta cualidad muy provechosa, la lactosa se emplea en varias industrias, principalmente en la de Panificación, ya que en ciertos productos ésta puede contribuir al sabor, textura, apariencia, vida de anaquel y cualidades de --

tostado.

d) No provoca un dulzor indescable.

Por lo que se usa en alimentos cuyo fin no es el dulzor. (6) (67)

1.3.5.3. Aspectos Nutricionales.

La lactosa es hidrolizada en el intestino por la D-galactosidasa (lactasa),- obteniéndose glucosa y galactosa, la primera es metabolizada por la vía del ciclo de Krebs y la segunda pasa al hígado donde es convertida fácilmente en glucosa. (57)

1.3.5.4. Aspectos Toxicológicos.

El consumo de lactosa puede llegar a ocasionar problemas en el organismo como:

a) Obesidad : debido a que al metabolizarse se obtiene glucosa que es la -- principal fuente de energía, porque proporciona las calorías que necesita el organismo, pero al no utilizarse se almacena en forma de glucógeno.

b) Diabetes mellitus : esto es porque al consumirse grandes cantidades de -- lactosa, se tendrán también grandes cantidades de glucosa, y la población -- propensa a desarrollar esta enfermedad tendrá mayor riesgo.

c) Un problema muy importante es el que provoca en la población con problemas de intolerancia a la lactosa, ya que carecen de la enzima lactasa y por lo mismo no metabolizan la lactasa. Por lo que si estas personas consumen leche o alimentos que contengan lactosa llegan a tener serios problemas digestivos como por ejemplo diarrea; así es que en los productos que contengan -- lactosa se debe especificar en la etiqueta que no es conveniente que los consuman las personas con problemas de intolerancia a ésta. (13) (67)

1.3.5.5. Aspectos Económicos.

La lactosa se consume en pequeñas cantidades debido a que su producción es -- pequeña, y esto es porque el costo de su obtención es alto ya que la materia prima es la leche, el cual es uno de los alimentos básicos para la alimentación humana y además su precio es alto por lo que considerando todos estos -- factores el precio de la lactosa es mayor que el de la sacarosa.

Tal vez su precio sea la causa principal de su poco uso en la Industria Alimentaria (tabla 1.1.3.3), además de que no se extrae en México.

1.3.5.6. Aspectos Legislativos.

En México no existe una Norma Oficial para la lactosa en polvo, solamente para la lactosa en la leche, esto es porque no se extrae en este país.

1.4. Edulcorantes Artificiales.

Al encontrarse que los edulcorantes naturales tales como la sacarosa, glucosa fructosa, etc; tenían un amplio uso en la Industria Alimentaria, pero a su -- vez ocasionaban problemas a la población que los consumía en exceso, dando co mo consecuencia la aparición de enfermedades como la Diabetes mellitus, obesi dad, caries dental y problemas del corazón; se optó por buscar otros compuestos que tuvieran las mismas cualidades y propiedades que los edulcorantes naturales pero que no favorecieran ese tipo de enfermedades, así desde 1800 se han realizado una serie de investigaciones sobre edulcorantes artificiales y se han encontrado varios compuestos pero sólo unos cuantos tienen uso comercial. (16) (39)

De los edulcorantes artificiales más importantes por su uso en la Industria -- Alimentaria se pueden mencionar :

1.4.1. Sacarina.

a) Historia y origen.

La sacarina fue de los primeros edulcorantes artificiales en descubrirse, - Remsen y Fahlberg en 1879 la descubrieron en la Universidad de Johns-Hopkins, cuando ellos estudiaban la oxidación de la o-toluensulfonamida. (11)(25)

Se obtiene industrialmente a partir de un derivado del anhídrido ftálmico, - el cual se puede obtener del petróleo.

b) Nombre y estructura química.

La sacarina recibe el nombre químico de o-benzosulfimida, Glúsido; 1,2-benci--sotiazolin-3-one-1,1-dióxido. (11)(33)

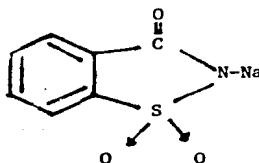


Figura 9. Estructura química de la sacarina de sodio

1.4.1.1. Propiedades Físicoquímicas.

- Cristalización** : se encuentra en forma cristalizada solamente como sacarina de sodio o potasio.
- Solubilidad** : se disuelve 67g de sacarina sódica en 100g de agua a 25°C.
- Poder edulcorante** : tiene un P.E. de 300-400 veces mayor que la sacarosa.
- Sabor** : la sacarina deja un resabio amargo, metálico y astringente.
- Sinergismo** : la sacarina presenta efectos sinergistas con el ciclamato.

f) Estabilidad : es muy estable a la temperatura y contenido de humedad de -- los alimentos. (25)

1.4.1.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria.

La sacarina tiene un amplio uso en la Industria de Confitería y de Postres; -- esto es debido a que tiene mayor poder edulcorante que la sacarosa por lo que su uso es muy variado en dulces y postres dietéticos. (20)(25)

Se puede encontrar en polvo para bebidas, gelatinas, pudines en frío y caliente, gomitas, jaleas y harinas para pastel.

1.4.1.3. Aspectos Nutricionales.

Pantarotto y colaboradores realizaron estudios acerca de la cinética de eli-- minación de la sacarina sódica del plasma por vía urinaria; se estudiaron -- tres grupos de 5 hombres voluntarios suministrándoles diferentes dosis orales de ésta, las concentraciones de sacarina sódica fueron medidas por medio de -- cromatografía gas-líquida; el compuesto fue absorbido rápidamente a través del -- tracto intestinal alcanzando concentraciones máximas en el plasma a los 30 y 60 minutos después de ingerir la sacarina sódica, la eliminación de ésta fue

1.4.1.4. Aspectos Toxicológicos.

En 1977 la FDA propuso una prohibición al uso de la sacarina debido a que se encontró que causaba tumores en vejigas de ratas machos, por lo que se pidió una moratoria al Congreso para fomentar la investigación. (20)(25)(29)

Wynder y Stellman realizaron experimentos donde encontraron que la incidencia de cáncer en vejiga era menor entre diabéticos y además encontraron una relación negativa entre el cáncer de vejiga y el consumo de sacarina en mujeres.

En 1986 la FDA volvió a permitir el uso de sacarina. (11)(79)(87)

1.4.1.5. Aspectos Económicos.

La sacarina tiene un precio más alto que la sacarosa, esto se debe principalmente a que no se sintetiza en nuestro país. (Tabla 1.1.3.3)

1.4.1.6. Aspectos Legislativos.

En 1968 el Comité sobre Protección de Alimentos de la Academia Nacional de -- Ciencias, publicó un reporte sobre la seguridad de edulcorantes no nutritivos, entre ellos la sacarina, aunque el consumo diario de ésta de 1g por los adultos, no fue considerado de peligro para la salud. (25)

En México no existe una Norma Oficial para sacarina debido a que no se sintetiza en este país; por lo que se recomiendan las especificaciones que propone la FDA en Estados Unidos.

1.4.2. Ciclamato.

a) Historia y origen.

El ciclamato se descubrió en 1937 en la Universidad de Illinois debido a una contaminación accidental de un cigarrillo con un derivado de ciclohexilamina. Se produce industrialmente por medio de una sulfonación de ciclohexilamina. (25) (66)

b) Nombre y estructura química.

El ciclamato es el ácido ciclohexil-sulfámico, cuando se encuentra como sal se llama ciclohexil-sulfamato de sodio o de calcio. (7) (66)

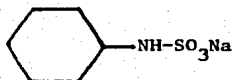


Figura 10. Estructura química del ciclamato de sodio. (25)

1.4.2.1. Propiedades Físicoquímicas.

- a) *Cristalización* : cristaliza como un polvo blanco cristalino.
- b) *Solubilidad* : 20g de ciclamato de sodio son solubles en 100g de agua ó 4g en 100g de propilénglicol; y 25g de ciclamato de calcio en 100g de agua; es poco soluble en etanol. (25)(29)
- c) *Poder edulcorante* : es de 30 a 60 veces más dulce que la sacarosa. (25)(40)
- d) *Sabor* : deja resabios amargos ó extraños. (25)(40)

1.4.2.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria.

El ciclamato fue permitido para consumo humano por la FDA en 1949 y se usaba en gran cantidad como ciclamato de sodio ó de calcio combinado con sacarina para endulzar alimentos dietéticos como : gelatinas, pudines, bebidas y helados principalmente. (1)(25)(40)

1.4.2.3. Aspectos Nutricionales.

Se ha encontrado que el ciclamato es convertido a ciclohexilamina por los microorganismos del intestino delgado en el humano. También se ha encontrado -

que éste se excreta en la orina después de dos a cuatro días de ingerirlo ; los derivados que se encontraron en la orina fueron : ciclohexanona, ciclohexanol y ciclohexilamina. (66)

Con estos resultados se puede decir que el ciclamato no es metabolizado en el organismo, por lo que es considerado dentro de los edulcorantes no nutritivos.

1.4.2.4. Aspectos Toxicológicos.

Varios estudios realizados en los años sesentas, demostraron la incidencia de tumores en vejigas de ratas y ratones; también se observó que su uso coincidía con efectos dañinos para el organismo como; alta presión en sangre, -- atrofia testicular y mutagenicidad.

En 1985 la National Academy of Science/National Research Council realizó varios estudios acerca de la carcinogenicidad del ciclamato, concluyendo que éste no es carcinógeno, aunque puede servir como un co-carcinógeno en presencia de otras sustancias. (25)(29)

1.4.2.5. Aspectos Económicos.

El ciclamato es otro de los edulcorantes artificiales que no se sintetizan en México por lo que su precio es más alto que el de la sacarosa, aunque las compañías que lo utilizan no lo resienten ya que el precio de los productos no se eleva demasiado debido a que tiene un alto poder edulcorante y por lo mismo se utilizan cantidades mucho menores que las de sacarosa.

1.4.2.6. Aspectos Legislativos.

Aunque el ciclamato fue prohibido en Estados Unidos desde 1970, frecuentemen

te es usado en 40 países; incluyendo Canadá donde es permitido en usos farmacológicos. (25)(66)(79)

Los laboratorios Abbott son los que producen ciclamatos en Estados Unidos y son los que han realizado todos los estudios relacionados a la carcinogenicidad de éste; la FDA ha revisado todos los estudios llegando a la determinación de volver a permitir su uso a partir de 1986. (66)(79)

La ingesta diaria de ciclamato recomendada no debe exceder de 1.5 g. (25) -- Actualmente en México no se distribuye el ciclamato para uso en alimentos -- sólo para uso farmacológico. (66)(79)

1.4.3. Acesulfam K

a) Historia y origen.

Fue descubierto por Hoechst Aktiengesellschaft con el Dr. Clauss. El acesulfam K es un derivado del ácido acetoacético y se obtiene en forma de sal sódica.

b) Nombre y estructura química.

El acesulfam K recibe el siguiente nombre químico : sal de potasio del 6-metil-1,2,3,4-oxatiazina-5(3H)-uno-2,2-dióxido. (31)(32)

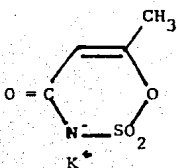


Figura 11. Estructura química del acesulfam K (31)(32)

1.4.3.1. Propiedades Fisicoquímicas.

- a) *Cristalización* : el acesulfam K cristaliza como un polvo cristalino e incoloro.
- b) *Solubilidad* : el acesulfam K es muy soluble en agua. Cerca de 270g se disuelven en un litro de agua a 20°C y aproximadamente 150g a 0°C, por lo que se pueden preparar soluciones concentradas. Es ligeramente soluble en etanol y glicerol puro. La solubilidad aumenta en mezclas de atanol-agua o glicerol-agua.
- c) *Poder edulcorante* : es 200 veces más dulce que una solución al 3% de sacarina medido w/w .
- d) *Sinergismo* : presenta efectos sinergistas con Aspartame o con ciclamato de sodio.
- e) *Estabilidad* : es muy estable en forma cristalina a temperatura ambiente, -- la estabilidad decrece con el pH y cuando se almacena por un tiempo prolongado a 40°C . (25)(29)(31)(32)

1.4.3.2. Usos e Importancia en la Industria Alimentaria.

Acesulfam K todavía no ha sido aprovechado al máximo para productos alimenticios. En numerosos países se han propuesto varias aplicaciones para su aprovechamiento.

En refrescos al usar acesulfam K sólo se usaría 8-10. % de azúcar; además este edulcorante imparte un dulzor placentero para refrescos destinados a diabéticos y refrescos de bajas calorías. En jaleas y mermeladas para diabéticos, el acesulfam K incrementa el dulzor. Si se utiliza en combinación con agentes es pesantes, el azúcar puede bajar en su contenido y por lo tanto el valor calórico se reduce sin alterar el dulzor. En goma de mascar y yogurt de frutas --

proporciona un sabor dulce y agradable. (31) (32)

1.4.3.3. Aspectos Nutricionales.

El acesulfam K no es metabolizado por el organismo. (31)

1.4.3.4. Aspectos Toxicológicos.

Se han realizado una serie de pruebas para determinar su inocuidad y por lo tanto su uso en productos alimenticios. Las pruebas han sido de carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad, los experimentos se realizaron con varias especies de animales, en los cuales los resultados no fueron toxicológicos para acesulfam K. (31)

1.4.3.5. Aspectos Económicos.

El acesulfam K se vende comercialmente con el nombre de Sunett el cual tiene un precio considerable en comparación con la sacarosa, pero sus cualidades favorables para dietas sanas destinadas a personas diabéticas u obesas lo compensan para emplearse en ciertos productos alimenticios. (32)

1.4.3.6. Aspectos Legislativos.

Las especificaciones para acesulfam K son :

Polvo cristalino incoloro, conteniendo más del 99% de acesulfam K, cuando se encuentra como substancia seca. La pérdida por secado es menos de 1% después de secar por 1 hora a 105°C. Presenta el límite usual para aditivos alimenticios de metales pesados y otras impurezas. (31) (32)

2. GENERALIDADES Y PROPIEDADES DE ASPARTAME

2.1. Descubrimiento.

En los años sesentas una de las investigaciones de los laboratorios Searle - fue la de encontrar un inhibidor de la hormona gastrointestinal secretora de la gastrina, con el fin de encontrar un tratamiento para las úlceras.

Se utilizó como estándar para realizar un bioensayo, el C-terminal del tetra péptido de la gastrina; Trp-Met-Asp-Phe-NH₂, y como intermediario se tenía al Éster metílico del aspartilfenilalanina (Aspartame) durante la síntesis.

En 1965 James M. Schlatter trabajando con el Dr. Mazur sobre la síntesis del tetrapéptido C-terminal de la gastrina, estuvieron sintetizando una serie de intermediarios, los cuales estaban purificando; en una ocasión Schalatter -- estaba recrystalizando el Éster metílico del aspartilfenilalanina (Aspartame) el cual había sido preparado por la hidrogenolisis del dipéptido protegiendo el grupo Éster; cuando estaba calentando este compuesto en un matraz con metanol, la mezcla salpicó y se quedaron unas gotas adheridas a la superficie del matraz por lo que Schalatter se ensució los dedos con esta mezcla. Un momento después cuando él estaba cambiando las hojas de papel, al mojarse los dedos con saliva notó un fuerte sabor dulce; inicialmente pensó que era azúcar, pero rápidamente reflexionó y lavó sus manos para posteriormente rozar el borde del matraz donde estaba recrystalizando este compuesto y verificó - que el sabor dulce provenía de ese compuesto llamado en la actualidad Aspartame. (47)(61)

2.2. Obtención.

2.2.1. Características químicas.

El Aspartame es un dipéptido que proviene de la síntesis química entre el -- ácido aspártico y la L-fenilalanina ; de los cuales deriva su nombre químico: Ester metílico del aspartilfenilalanina. (20) (21) (47) (72)

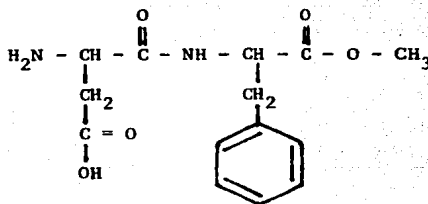
a) Nomenclatura química.

El nombre químico del Aspartame según la IUPAC, es :

Ester -1-metil-N-L- α -aspartil-L-fenilalanina ; ó también ácido 3-amino-N- -- (α -carbometoxi-fenatil) succinámico.

b) Fórmula condensada : $C_{14} H_{18} N_2 O_5$

c) Fórmula estructural desarrollada :



d) Peso molecular : 294.31 g/mol (21) (40) (72) (78)

2.2.1.1. L-fenilalanina.

El descubrimiento del edulcorante artificial Aspartame ha ocasionado un fuerte aumento de la demanda para el intermediario relativo que es la L-fenilalanina y por lo mismo el programa de producción para este aminoácido se ha incrementado.

La L-fenilalanina tenía un campo de aplicaciones muy limitado en la Industria Farmacéutica, pero con el descubrimiento de que es un componente básico para la síntesis de un dipeptido con cualidades edulcorantes, su campo de aplicación se ha extendido considerablemente ya que la Industria Alimentaria es muy grande y variada.

Los aminoácidos tienen una gran importancia, debido a que son los componentes fundamentales de las proteínas, las cuales tienen un valor esencial en la alimentación humana y animal; esto es por las propiedades funcionales que desempeñan en el organismo.

Todos los aminoácidos tienen una función amínica en posición alfa con respecto al grupo carboxílico y el átomo de carbono al cual están unidos el grupo amino y el carboxilo forma el centro de asimetría, por lo que todos los aminoácidos son ópticamente activos con excepción de la glicina. (19)

La mayoría de la producción de aminoácidos se enfoca a la obtención de los isómeros L, ya que son los que forman las proteínas naturales; de entre los más importantes comercialmente se tienen: ácido L-glutámico, DL-metionina, L-lisina, la glicina y el ácido L-aspártico. (19) (23)

La producción de la L-fenilalanina tenía un volumen pequeño debido a que su consumo estaba restringido a la Industria Farmacéutica, esto es porque su uso principal y mayoritario era como intermediario de la síntesis de un antitumoral. Este aminoácido era un producto pequeño desde el punto de vista comercial, además como es esencial no puede ser sintetizado por el organismo por lo que tiene que ser suministrado en la dieta; por lo que en el momento en el que se utiliza para la síntesis de un edulcorante artificial como el Aspartame, cobra gran importancia a nivel comercial. (23)

El éxito de Aspartame ha incrementado el interés por la exploración de dife-

rentes campos para la aplicación de la L-fenilalanina y de esta manera aumentar su consumo.

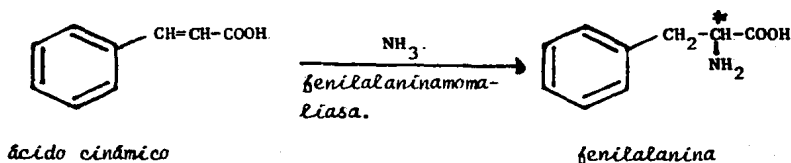
2.2.1.1.1. Síntesis de la L-fenilalanina.

Por mucho tiempo se han obtenido aminoácidos por medio de una fermentación, - esta técnica ha sido utilizada por la sociedad japonesa representada por las compañías; Kyon Hokka, Tanabe y la más importante de todas la Ajinomoto. Actualmente la compañía americana Searle, se sirve de la fermentación para la obtención de la L-fenilalanina. (23)

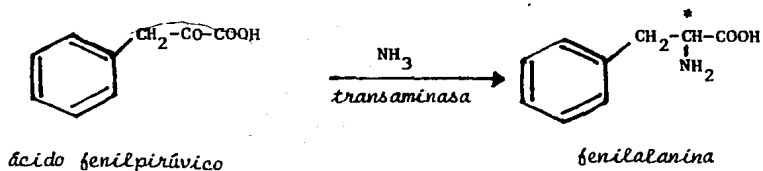
En el proceso de fermentación de la compañía Ajinomoto se utiliza Brevibacterium lactofermentum, obteniéndose una concentración de 23-24 g/l de la L-fenilalanina.

Actualmente se utiliza el proceso de la fermentación ya que se tienen menos - problemas que en de la bioconversión por vía enzimática donde se tienen problemas en la purificación.

La Genex Corporation ha estipulado un proceso continuo con empleo de fibra - cruda para poder separar la enzima ; el proceso de obtención de la L-fenilalanina consiste en la conversión enzimática del ácido cinámico, según la siguiente reacción : (23)



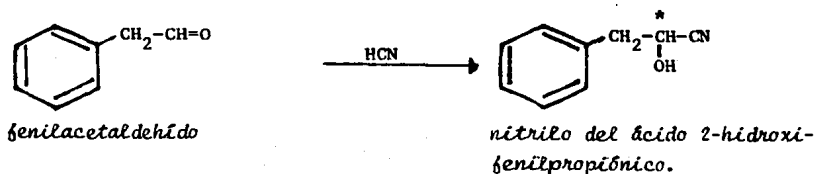
Sin embargo una Compañía Americana ha implantado un sistema de obtención enzimática de este aminoácido, utilizando una transaminasa del ácido fenilpirúvico, como se muestra en la siguiente reacción :



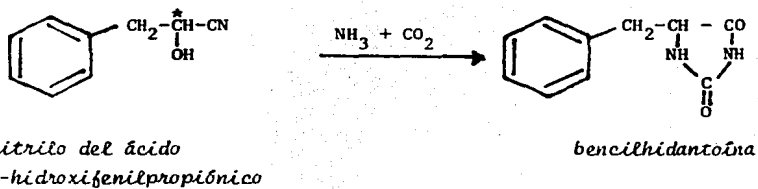
El método general de síntesis para la L-fenilalanina parte de benzaldehído, -fenilacetaldehído, ácido fenilpirúvico ó cloruro de bencilo. Dos de estas -- síntesis se utilizan y son válidas para la obtención de otros aminoácidos. La síntesis de la Bucherer-Bergs consiste en la preparación de la bencilhidantoína por cianuración del fenilacetaldehído en presencia de carbonato de amonio y obtención de la DL-fenilalanina por hidrogenación catalítica ó hidrólisis; como se muestra en las siguientes reacciones : (23)

Con fenilacetaldehído :

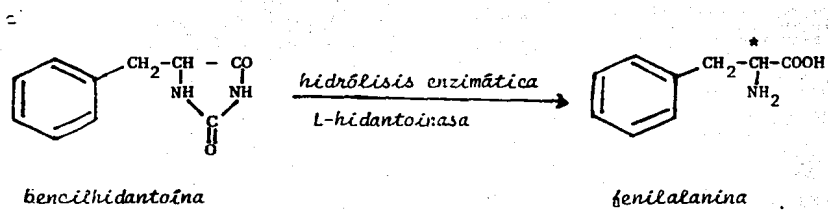
a)



b)

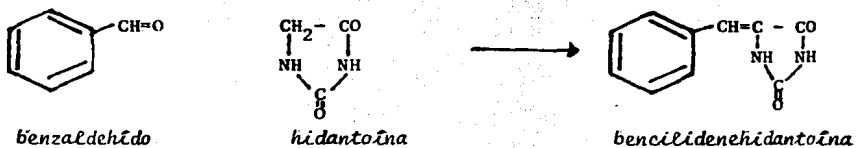


c)

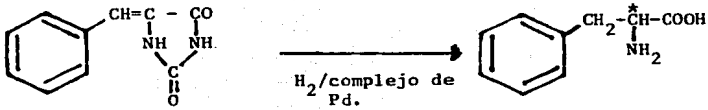


Con benzaldehído :

a)



b)

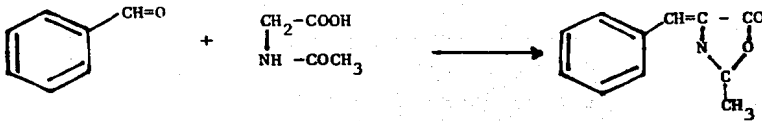


bencilidenehidantoina

fenilalanina

La síntesis de Erlenmeyer es un ejemplo clásico de la química; consiste en la conversión del benzaldehído con la acetilglicina a la correspondiente cetona en presencia de anhídrido acético, obteniéndose por hidrólisis alcalina el -- ácido 2-aceto-amidocinámico, el cual por hidrogenación catalítica da origen a la L-acetilfenilalanina; la cual puede dar origen directamente al éster metílico de la L-fenilalanina, como se muestra en las siguientes reacciones: [23]

a)

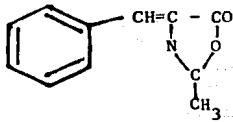


benzaldehído

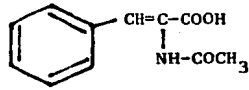
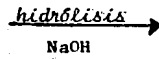
acetilglicina

azlatón

b)

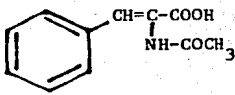


azlatoñ

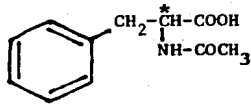
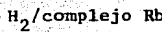


ácido 2-acetoaminocinámico.

c)

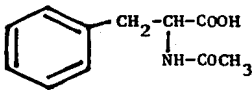


ácido 2-acetoaminocinámico

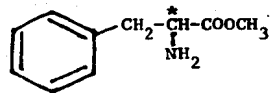


L-acetilfenilalanina

d)



L-acetilfenilalanina



Éster metílico de la fenilalanina.

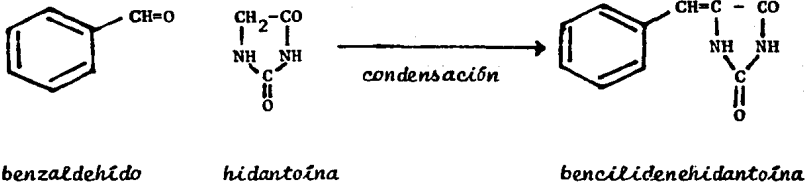
La síntesis de Bucherer-Bergs tiene la desventaja de emplear un producto muy costoso actualmente como es el fenilacetaldehído, por otra parte la síntesis Erlenmeyer tiene la ventaja de proporcionar un producto de buena calidad y - óptima pureza, además tiene otra característica que es tal vez la más ventajosa, la de aportar el éster metílico de la L-fenilalanina por medio de una - metilación de la L-acetilfenilalanina obtenida durante la síntesis de la L-fenilalanina y que es un intermediario en la síntesis del Aspartame.

Existe otro método llamado el proceso Degussa, el cual es una combinación de la síntesis Bucherer-Bergs con una hidrólisis enzimática; además la novedad de este método es el empleo de una membrana permeable para separar la L-fenilalanina de la solución. (23)

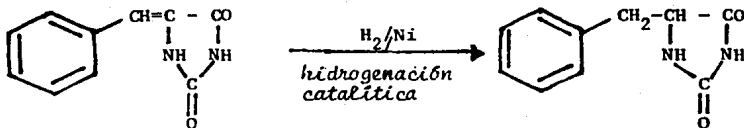
Proceso Degussa :

a) Preparación de la DL-acetilfenilalanina por síntesis química.

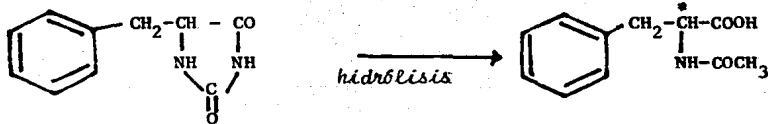
1)



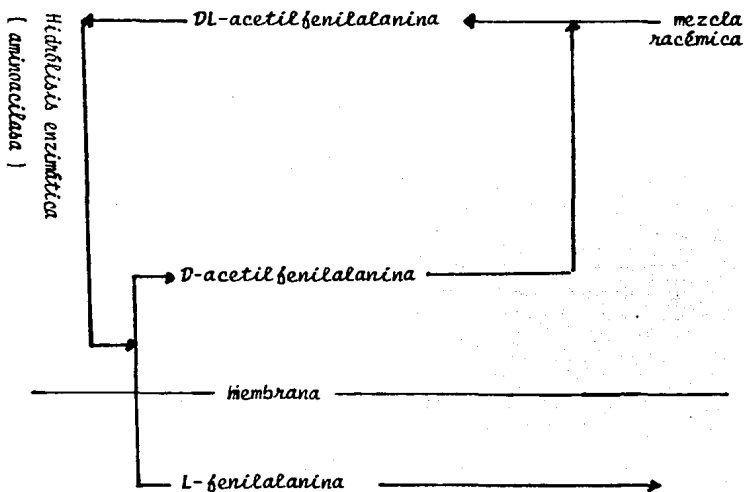
2)

*bencilidenehidantoína**bencilhidantoína*

3)

*bencilhidantoína**DL-acetilfenilalanina*
(mezcla racémica)

b) Disolución de la mezcla racémica y obtención de la L-fenilalanina por hidrólisis enzimática, empleando una membrana permeable.



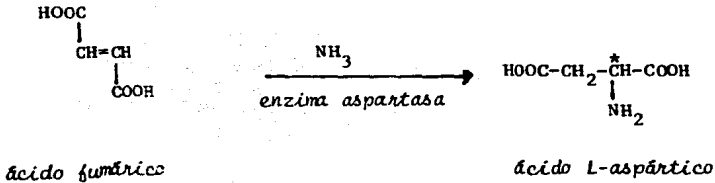
En la actualidad la producción de aminoácidos ha cobrado gran importancia, - especialmente aquellos que son intermediarios en las síntesis de ciertos compuestos de interés económico; así también la L-fenilalanina constituye un -- elemento importante y de gran demanda debido a su intervención en la síntesis del edulcorante artificial Aspartame.

2.2.1.2. Obtención del ácido L-aspartico.

El ácido L-aspartico se obtiene principalmente por conversión enzimática del ácido fumérico, el cual constituye una materia prima de gran disponibilidad.

Las principales compañías que lo producen son : la francesa Orsan AEC, la americana Pfizer y Genex y las japonesas Ajinomoto, Kyowa, Hokka y Tanabé. (23)

La reacción de obtención de ácido L-aspartico es la siguiente :



2.2.1.3. Obtención del Aspartame.

La obtención del Aspartame por una síntesis química consta de los siguientes pasos :

- a) Esterificación de la L-fenilalanina.
- b) Ciclización del ácido L-aspartico con fosgeno a carboxiamida; este paso es una modalidad del método Ajinomoto que favorece la reacción del grupo carboxilo en alfa respecto al grupo amínico del ácido L-aspartico.
- c) Reacción del éster metílico de la L-fenilalanina y la carboxianhídrica interna del ácido L-aspartico.

La síntesis de la compañía japonesa ToyoSoda ha estudiado la condensación de los dos aminoácidos para producir Aspartame por una vía enzimática, evitando la necesidad de agentes bloqueantes del aminoácido y el inconveniente de obtener isómeros; este método aún se encuentra en planta piloto. (7)

Reacciones de obtención del Aspartame.

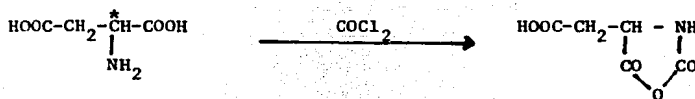
a)



L-fenilalanina

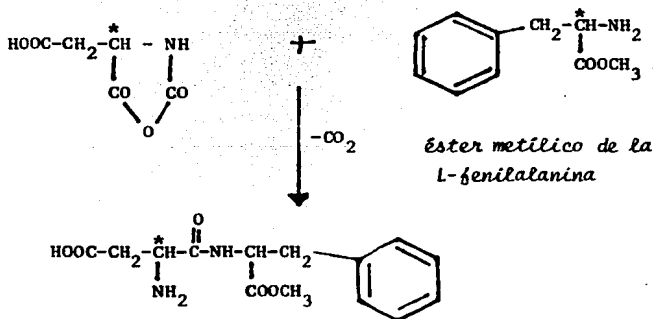
Ester metílico de la L-fenilalanina

b)



ácido L-aspartico

c)



Ester metílico de la L-fenilalanina

Ester metílico del aspartil-L-fenilalanina (ASPARTAME)

2.3. Propiedades.

2.3.1. Propiedades Fisicoquímicas.

2.3.1.1. Sabor del Aspartame y sus análogos

El sabor dulce del Aspartame ha sido objeto de varias investigaciones con el fin de encontrar la relación entre la estructura química y el sabor. Así en varios laboratorios se han sintetizado muchos análogos de éste y se ha medido el sabor para encontrar esta relación y de esta manera desarrollar otros compuestos dulces.

El sabor dulce del Aspartame se puede explicar por la teoría AH,B propuesta por Shallenberger y Acree (1967).

En adición a esta teoría se puede observar que un grupo hidrofóbico (X) de la estructura, también participa en la producción del dulzor según estudios realizados de la síntesis del Aspartame. Especialmente se concluye que el sabor dulce es exhibido por las unidades funcionales en la molécula; la cual está formada de un grupo α -amino (AH electropositivo) y β -carbonilo (β -electronegativo) grupos de los residuos del ácido L-aspartico y de la cadena hidrofóbica del residuo de L-fenilalanina (X).

El sabor, como otros procesos biológicos, ocurre por la interacción entre -- una sustancia y un receptor. En el caso de Aspartame las unidades trifuncionales, AH-X-B, interaccionan con un receptor de la papila gustativa. [62] [81] Aunque Aspartame es un compuesto sintetizado de dos aminoácidos no refleja de ninguna manera el sabor del ácido L-aspartico y de la L-fenilalanina; ya que el primero es desabrido y el segundo es amargo. Para esto se realizó un estudio que consistió en variar cualquiera de los dos aminoácidos para sintetizar varios dipéptidos y de esta manera poder definir los requerimientos es

estructurales para generar un sabor dulce.

El primer cambio estudiado fue el reemplazo del ácido L-aspartico por otros aminoácidos. [21],[62][81]

Los dipéptidos de la L-fenilalanina C-terminal se obtuvieron comercialmente, los Ésteres metílicos se prepararon por medio de una reacción de esterificación catalizada en medio ácido. Para evaluar el sabor de estos compuestos se utilizó un análisis sensorial con jueces entrenados; los Ésteres se probaron en su forma de sal (hidrocloruros) y como Ésteres básicos libres.

Los compuestos sintetizados fueron : Ésteres metílicos de alanilfenilalanina, glicilfenilalanina, histidilfenilalanina, isoleucilfenilalanina, leucilfenilalanina, lisilfenilalanina, fenilalanilfenilalanina, prokilfenilalanina, serilfenilalanina, treonilfenilalanina, triptofilfenilalanina, tirosilfenilalanina y valilfenilalanina.

Los resultados mostraron que en ambas condiciones de prueba, los compuestos fueron amargos.

Los resultados del reemplazo de la L-fenilalanina fueron más interesantes, -- ya que varios de estos Ésteres fueron dulces; en particular el Éster metílico de aspartiltirosina y el Éster metílico de aspartilmetionina, los cuales fueron similares al Éster metílico de aspartilfenilalanina (Aspartame).

Con este estudio se llegó a la siguiente conclusión con relación a las características estructurales de un compuesto dulce :

- a) es necesario que exista un grupo Éster sobre un carboxil C-terminal ;
- b) el grupo amino del ácido aspártico no puede ser sustituido ;
- c) son condiciones críticas, la presencia del grupo amino insustituible y el grupo carboxilo del ácido aspártico, así como la distancia entre éstos y configuración absoluta del carbón asimétrico ;

- d) el tamaño de la molécula es importante ;
 e) no se debe sustituir el ácido aspártico si se quiere conservar la característica del dulzor en una molécula con estas propiedades. (62)

2.3.1.2. Resabio del Aspartame.

El resabio es una característica muy importante para la aceptación por parte de la población consumidora para un compuesto sintético, ya que como en el caso de la sacarina que tiene un resabio amargo, su aceptación es menor.

En el caso de Aspartame se han realizado varios estudios y pruebas con personas para detectar cualquier resabio que pudiera tener y hasta la fecha no se ha encontrado ningún tipo de resabio. (80)

2.3.1.3. Poder Edulcorante del Aspartame.

La intensidad o potencia de dulzor, definido como peso de sacarosa por peso de edulcorante dando igual dulzor, en el caso de Aspartame decrece con la concentración de sacarosa. (47)

La tabla # 2 muestra la relación entre el poder edulcorante y las concentraciones acuosas de sacarosa y Aspartame.

Tabla # 2

POTENCIA DE ASPARTAME COMO UNA FUNCION DEL NIVEL DEL DULZOR

(EN UN SISTEMA ACUOSO SIMPLE). (15)

Concentración (%)		Potencia
Sacarosa	Aspartame	
0.34 *	0.007-0.021	400
4.3	0.02	215
10.0	0.075	133
15.0	0.15	100

* umbral reconocido.

Para medir el poder edulcorante se utilizó una muestra de café y se variaron las concentraciones de azúcar o sacarosa y Aspartame contra un control de 4 % de sacarosa.

La figura 12. muestra la distribución de la población de jueces como una función de los valores obtenidos de potencialidad y se puede observar que un incremento en la potencia representa un decremento en la concentración de Aspartame.

Aspartame ha sido evaluado en una gran variedad de productos, los cuales se han seleccionado de acuerdo al uso comercial de este edulcorante en estos productos.

De acuerdo a los datos obtenidos se llegó a la conclusión de que Aspartame tiene un poder edulcorante de 160-220 veces mayor que la sacarosa sobre peso y un dulzor muy similar al de sacarosa. (15) (40) (47)

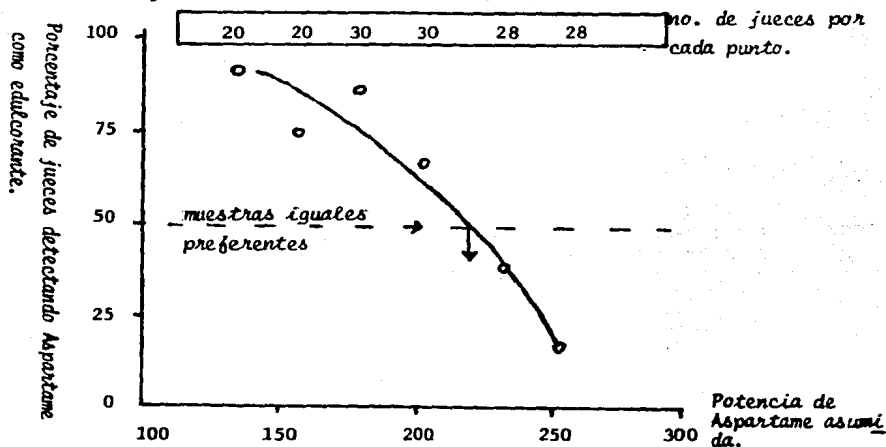


Figura 12. Distribución de la población de jueces en función de la potencia de Aspartame (15)

2.3.1.4. Sinergismo del Aspartame.

Aspartame puede usarse libremente en combinación con carbohidratos y edulcorantes artificiales tales como : sacarosa, glucosa, fructosa y sacarina. Y como se ha comprobado, Este en combinación con muchos edulcorantes presenta un efecto sinergista. Por ejemplo, 0.25 g de Aspartame combinado con 40 g de sacarosa (0.62 % de Aspartame) es tan dulce como 100g de sacarosa pura. De igual manera 0.55g de Aspartame es equivalente en dulzor a 100g de sacarosa, lo que representa un 15 % de nivel sinergista.

El nivel sinergista más alto que es de 25 % se puede encontrar en las combinaciones Aspartame/glucosa . (41)(72)

2.3.1.5. Solubilidad del Aspartame

El Aspartame es muy soluble en alcohol y ligeramente en agua ; su solubilidad es función de dos factores importantes como son : el pH y la temperatura. Su máxima solubilidad se ha encontrado a un pH de 2.2 y su mínima solubilidad - (punto isoeléctrico) a un pH de 5.2 . (21)(25)(41)(72)

2.3.1.6. Estabilidad del Aspartame.

Algunas limitantes de la estabilidad del Aspartame derivan de su identidad -- química como el Ester metílico del dipéptido aspartilfenilalanina. La molécula de Este tiene dos grupos que en forma individual condicionan el comportamiento y la estabilidad ; uno es el grupo carboxílico libre del ácido aspártico y el otro es el grupo carboxílico esterificado de la fenilalanina.

El grupo carboxílico permite la formación de la sal del Aspartame, generalmente de sodio ó potasio; facilitando la solubilidad de Este en agua.

La estructura del Aspartame contiene un par de enlaces, de los cuales depende

La estabilidad del sistema donde se use éste. El más sensible de estos enlaces es la unión éster. Bajo ciertas condiciones de humedad, temperatura y pH, este enlace puede hidrolizarse para producir aspartilfenilalanina ó reciclar el hidrolizado y producir dicetopiperazina (DKP). La dicetopiperazina puede abrirse para regresar a fenilalanina y por último ésta se puede hidrolizar para dar los aminoácidos individuales; ácido aspártico y fenilalanina. Ninguno de estos productos de conversión es dulce.

Las reacciones químicas; hidrólisis y ciclización de Aspartame son rápidas - a altas temperaturas. Esta característica limita el potencial de uso para este edulcorante en productos que llevan un proceso de cocinado ó que involucren el emplear altas temperaturas por tiempo prolongado.

En algunos casos debido a esta característica del Aspartame, para poderlo -- emplear en ciertos productos es necesario adicionar una cantidad extra para compensar el que se descomponga. (40)(41)(42)

2.3.1.6.1. Estabilidad en forma seca.

La estabilidad del Aspartame en forma seca ó en polvo es completamente buena, siempre bajo condiciones menos severas que las que se pueden manejar en su aplicación. No hay evidencia de pérdida significativa de éste o conversión a dicetopiperazina cuando es almacenado en bolsas de polietileno contenidas en bidones de fibra a una temperatura de 22-25 °C y una humedad relativa de 50%. Aspartame y los productos que lo contengan pueden ser almacenados en frío en un área seca. Sin embargo a 105 °C sólo el 5 % de Aspartame se descompone -- pero a 120 °C la descomposición es substancial. (41)(42)

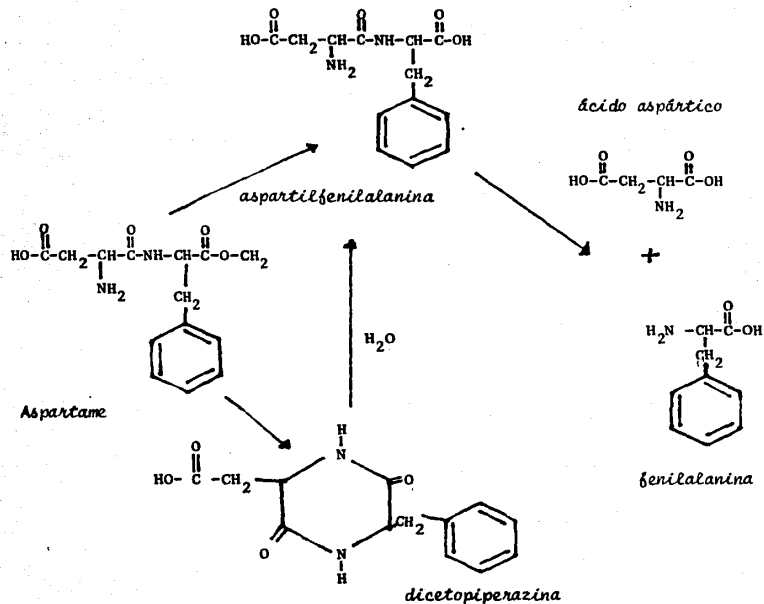


Figura 13. Productos de descomposición del Aspartame. (41) (42)

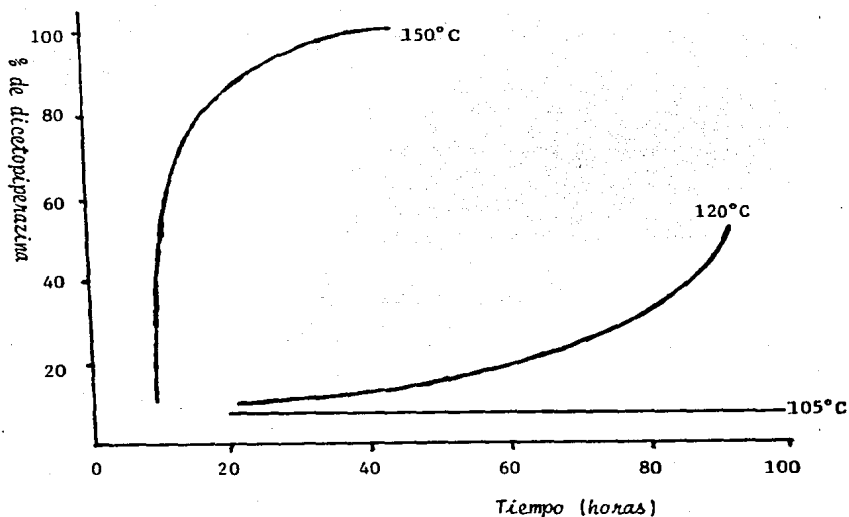


Figura 14. Descomposición del Aspartame seco a varias temperaturas y una humedad de 4.5 - 5.0 % (41). (42)

2.3.1.6.2. Estabilidad en solución.

La estabilidad del Aspartame en solución es función de tres factores principales : tiempo, temperatura y pH.

Cuando el tiempo se incrementa a una temperatura dada, el porcentaje de Aspartame hidrolizado aumenta. Similarmente cuando aumenta la temperatura para un proceso de tiempo dado, la cantidad de Aspartame hidrolizado aumenta. La descomposición sigue una cinética de primer orden.

El pH es especialmente importante para la estabilidad de éste, ya que la mayoría de los productos alimenticios líquidos o húmedos se encuentran en un --

intervalo de pH ácido débil entre 3.0 y 5.0 donde se ha determinado que Aspartame es más estable. (21)(40)(41)(42)

A 25°C la estabilidad de éste se muestra mayor a un pH de 4.3 donde tiene la vida media más grande; entendiéndose por vida media de un producto el número de días para tener el 50 % de pérdida, como se muestra en la figura 15., - los resultados a 40°C y 55°C son muy similares a 25°C.

Cuando se probó a un pH de 4.3 el cual es de máxima estabilidad sólo una pequeña fracción de Aspartame se descompuso en 80 horas. A 80°C y un pH de 6-7 se observa más de un cambio y por lo mismo se encuentra la pérdida casi total; estas condiciones son interesantes ya que se aproximan a las condiciones de pasteurización de alta temperatura/corto tiempo, las cuales se aplican a ciertos alimentos, sin embargo Aspartame puede soportar un proceso de ultrapasteurización, en productos alimenticios. Figura 16 y 17. (21)(41)(42)

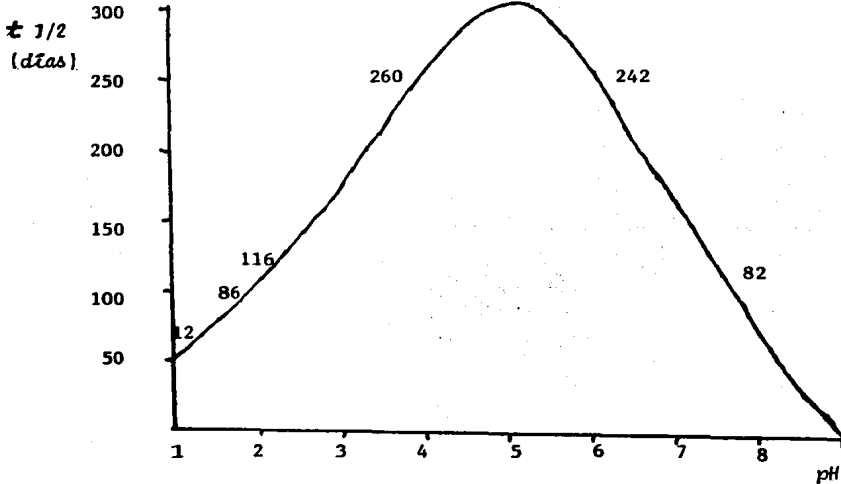


Figura 14. Estabilidad de Aspartame a 25°C (41)(42)

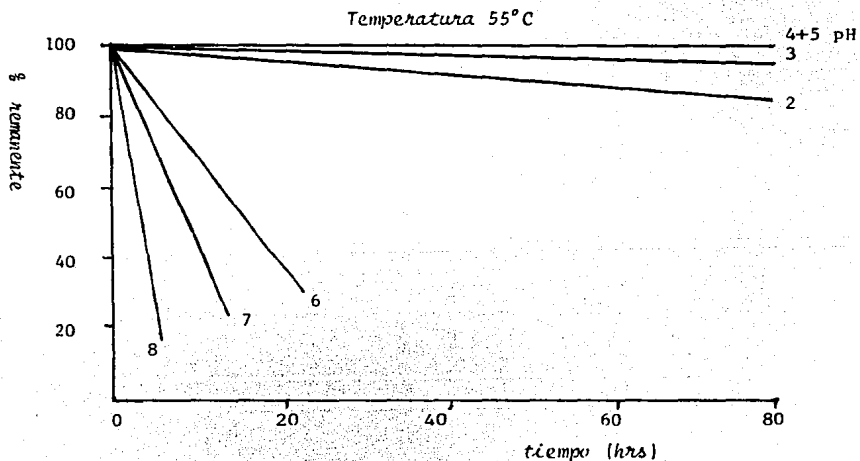
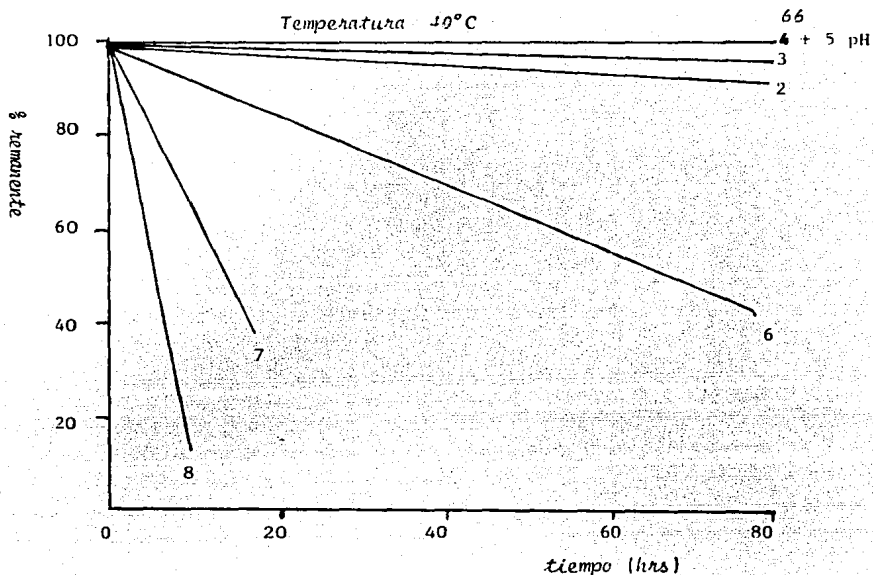


Figura 16. Cambios en la estabilidad del Aspartame en diferentes soluciones amortiguadoras acuosas a varios valores de pH, a una temperatura de 40°C y 55°C (41) (42)

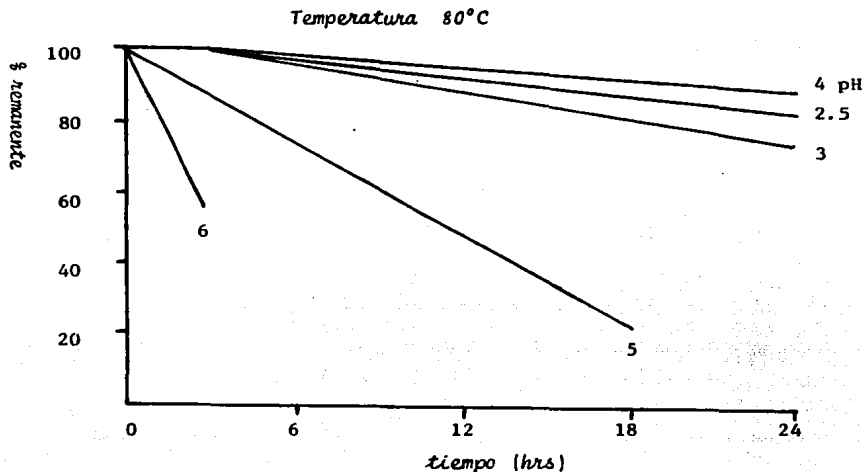


Figura 17. Estabilidad de Aspartame a diferentes pH y una temperatura de 80°C (41) (42)

2.3.1.6.3. Estabilidad en productos.

Para poder determinar la estabilidad en productos dulcificados con Aspartame se debe comparar la vida media supuesta para éstos con la obtenida cuando se usa Aspartame a las mismas condiciones.

Por ejemplo los refrescos con gas endulzados con este edulcorante son aceptablemente dulces por seis meses a temperatura ambiente, esto es satisfactorio, ya que la vida media esperada es menor a seis meses. Pero en el caso de bebidas que son almacenadas a temperatura ambiente no es conveniente el uso de Aspartame, ya que se requiere una vida media superior a los dos años, que este edulcorante no puede proporcionar.

Para bebidas que son refrigeradas y contienen cerca de 50 - 60% de jugo, ne-

cesitan una vida media de sólo 6 - 8 semanas y en este caso no hay problema porque este edulcorante la proporciona; del mismo modo en bebidas congeladas donde la vida media esperada es de aproximadamente un año.

Como es sabido la vida media de un producto depende de la temperatura de almacenamiento. (12)(41)(42)

Una de las razones principales de mantener la máxima estabilidad del Aspartame en los productos donde se usa, es que al hidrolizarse o descomponerse disminuye el rendimiento del poder edulcorante del producto. (12)(41)(42)

2.3.1.7. Especificaciones para identidad y pureza de Aspartame.

2.3.1.7.1. Pruebas de identificación.

1.- Solubilidad: ligeramente soluble en agua y más en etanol.

2.- Prueba positiva para grupos amino: disolver 2g de ninhidrina en 75 ml de dimetilsulfóxido, adicionar 62 mg de hidrindantín diluido a 100 ml con sol. buffer de pH = 9 de acetato de litio 4 M y filtrar. Transferir 10 mg de muestra a un tubo de ensaye, adicionar 2 ml de la sol. del reactivo y calentar. Se forma un color púrpura oscuro cuando la prueba es positiva. (21)(22)(78)

3.- Prueba positiva para grupos ésteres: disolver 20 mg en 1 ml de metanol, adicionar 0.5 ml de metanol saturado con cloruro de hidroxilamina, mezclar y adicionar 0.3 ml de hidróxido de potasio 5 N en metanol. Calentar la mezcla hasta ebullición, enfriar y ajustar el pH entre 1-1.5 con ácido clorhídrico TS y adicionar 0.1 ml de cloruro férrico TS, se produce un color borgoña. (22)(78)

2.3.1.7.2. Pruebas de pureza.

1.- Pérdida por secado (humedad): no más de 4.5% a 105°C por 4 horas.

2.- Cenizas sulfatadas : no más de 0.2% usando 1 g de muestra.

3.- pH : entre 4.5 y 6.0, utilizando una solución 1:125

4.- Transmitancia : no menor de 0.95

La transmitancia de 1 en 100, usando solución de ácido clorhídrico 2 N como diluyente, determinado en una celda de 1 cm a 430 nm, medido en un espectrofotómetro, no es menor que 0.95, equivalente a una absorbancia de no más de aproximadamente 0.022 .

5.- Rotación específica : $[\alpha]_D^{20} + 14.5^\circ$ a 15.5° calculado sobre base seca.

La solución ejemplo se prepara diluyendo la muestra 4 en 100 con ácido fórmico 15 N, se hace la determinación 30 minutos después de preparada.

6.- Presencia del ácido 5-bencil-3,6-dioxo-2-piperazinacético : no más de 1.5% Empleando el método de cromatografía de gas.

7.- Presencia de arsénico : no más de 3 mg/Kg .

8.- Presencia de metales pesados : no más de 10 mg/Kg .

Se pesan 2g de muestra previamente secada a 105°C por 4 horas, disolver en 35 ml de dimetilformamida, adicionar 5 gotas de azul de timol TS, y titular con microbureta hasta el punto final que es azul oscuro con metóxido de litio 0.1 M . Al mismo tiempo hacer un blanco para la corrección.

Cada ml de metóxido de litio 0.1 M es equivalente a 29.43 mg de Aspartame.

(21) (22) (78)

2.3.1.8. Cinética de la reacción de Maillard entre Aspartame y glucosa en solución a alta temperatura.

El oscurecimiento no enzimático por medio de la reacción de Maillard es un modo importante de deterioración de Aspartame en alimentos, ya que como éste es un dipéptido puede reaccionar con azúcares reductores en presencia de agua.

Esta interacción puede dar como consecuencia : pérdida de sabor, pérdida de poder edulcorante y/o cambios de color indeseables.

Dos factores muy importantes para la reacción de Maillard son la temperatura y el contenido de agua; ya que cuando aumenta la temperatura aumenta la velocidad de la reacción y puede ser considerada de orden cero cuando la concentración de los reactivos no son limitantes, también aumenta la velocidad con el contenido de humedad, así como al incrementarse la actividad de agua.

En el siguiente experimento se estudió la participación de Aspartame en la reacción de oscurecimiento en una solución de glucosa bajo condiciones constantes de temperatura y actividad de agua.

Según los resultados obtenidos se puede predecir la estabilidad de Aspartame en sistemas de alimentos líquidos, tales como jarabes.

Con los resultados mostrados en la tabla # 3 obtenidos a diferentes temperaturas, se puede observar que la velocidad de oscurecimiento de Aspartame en presencia de glucosa es significativa. A 100°C basta una hora para lograr el nivel de oscurecimiento que indica el final de la vida de anaquel, esto fue para el sistema modelo formado por Aspartame y glucosa. En cambio en el sistema glucosa y glicina la velocidad fue más rápida, esto es debido a que el grupo amino no está esterificado en la parte trasera como en el caso de Aspartame. La vida media de anaquel para el sistema Aspartame/glucosa a 45°C es de 62 días. (82)

Tabla # 3

Constantes de velocidad de formación de pigmentos color café (OD/hrs) x 10² *

Sistema	a _w	70°C	80°C	90°C	100°C	Kcal E _A mol	Q ₁₀
Glucosa/ Aspartame	0.80	0.89±0.001	2.04±0.012	5.22±0.004	12.5±0.46	22	2.38
θ _{30%} (hrs)		11.4	5.30	2.15	1.2		
Glucosa / Glicina	0.80		17.3±0.015	32.9±0.051	59.7±0.12	15.5	1.89
θ _{30%} (hrs)			0.58	0.25	0.12		

* ± 95 % límite de confianza ; para todos los casos $n^2 > 0.97$

2.3.2. Propiedades Nutricionales de Aspartame.

Por ser un dipéptido el Aspartame se metaboliza por la misma vía que las proteínas, y al hidrolizarse da como resultado el ácido L-aspartico, la L-fenilalanina y metanol.

Proporciona un valor calórico de 4 Kcal. por gramo (25) (47) (65) (83) (84)

2.4. Metabolismo de Aspartame.

Como Aspartame sigue la misma vía metabólica que las proteínas es importante tratar el metabolismo de éstas. (47) (84)

2.4.1. Metabolismo de las proteínas.

La digestión de las proteínas se inicia en el estómago, donde se encuentran - unas enzimas llamadas pepsinas, las cuales rompen algunos de los enlaces pep-

tidicos. Las pepsinas son secretadas en forma de precursores inactivos (proenzimas) y se activan en el intestino. Los precursores de las pepsinas se llaman pepsinógenos y son activados por el ácido clorhídrico del estómago.

Las pepsinas hidrolizan las uniones entre los aminoácidos aromáticos como la fenilalanina o la tirosina y un segundo aminoácido, de manera que los productos de la digestión péptica son polipéptidos de muy diversos tamaños. Debido a que estas enzimas tienen un pH óptimo de 1.6-3.2, su acción termina cuando el contenido gástrico se mezcla con el jugo pancreático alcalino en el duodeno donde el pH es de 6.5 .

En el intestino delgado, los polipéptidos formados por la digestión en el estómago, son digeridos por las potentes enzimas proteolíticas del páncreas y de la mucosa intestinal. La tripsina, las quimotripsinas y la elastasa actúan sobre las uniones péptidas interiores en las moléculas polipeptídicas y reciben el nombre de endopeptidasas. Las carboxipeptidasas del páncreas y las aminopeptidasas del borde en cepillo son exopeptidasas que hidrolizan los aminoácidos en las terminales carboxílicas y aminas de los polipéptidos. Algunos aminoácidos son liberados en la luz intestinal, pero otros son liberados en las superficies celulares por aminopeptidasas y dipeptidasas del borde en cepillo de las células de la mucosa.

Algunos dipéptidos y tripéptidos son transportados activamente al interior de las células intestinales e hidrolizados por peptidasas intracelulares, pasando los aminoácidos a la corriente sanguínea. Por lo tanto, la digestión final a aminoácidos ocurre en tres sitios: la luz intestinal, el borde en cepillo y el citoplasma de las células de la mucosa. [35] [59].

2.4.2. Absorción de las proteínas.

Después de la ingestión de una comida proteica hay una elevación transitoria en el contenido de nitrógeno amínico en la sangre de la porta. Los L-aminoácidos son absorbidos más rápidamente que los D-isómeros correspondientes.

Los D-aminoácidos aparentemente son absorbidos por difusión pasiva, mientras que los L-aminoácidos son transportados activamente fuera de la luz intestinal. Existen por lo menos tres sistemas separados de transporte: uno para transportar aminoácidos neutros, otro para los básicos y el último para transportar prolina, hidroxiprolina y algunos otros compuestos. En la mucosa de las células epiteliales del intestino, la absorción de los aminoácidos está acoplada al transporte de sodio, y al igual que el transporte de glucosa es facilitada por una concentración elevada de sodio. Los aminoácidos transportados se acumulan en las células de la mucosa, y de éstas parece que se difunden previamente hacia la sangre.

La absorción de los aminoácidos es rápida en el duodeno y en el yeyuno, pero lenta en el ileón. Aproximadamente 50 % de las proteínas digeridas proviene de los alimentos ingeridos, el 25 % de las proteínas de los jugos digestivos y 25 % de las células mucosas descamadas. Sólo el 2-5 % de las proteínas en el intestino delgado no son digeridas ni absorbidas. Parte de ellas entran al colon y finalmente son digeridas por acción de las bacterias. (35). (59)

El transporte de glucosa al igual que el de los aminoácidos al interior de la célula intestinal está acoplado al transporte de sodio utilizando un transportador común. Entónces el sodio es transportado activamente fuera de la célula. Figura 18. (35)

2.4.3. Metabolismo de Aspartato.

Aspartame que es el éster metílico del L-aspartil-L-fenilalanina está formado

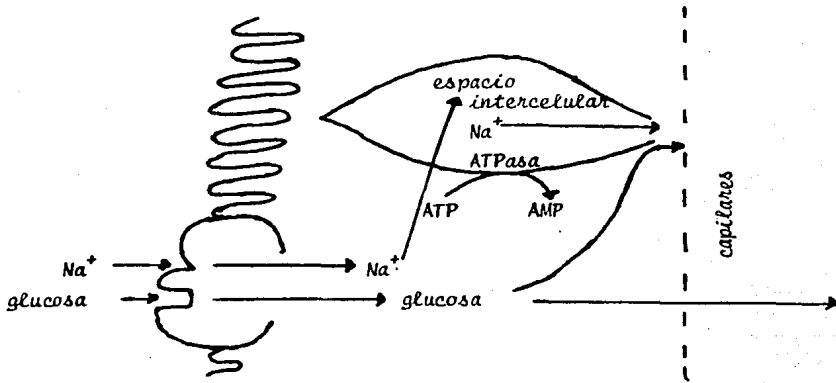


Figura 18. Mecanismo para el transporte de glucosa a través del epitelio intestinal.

en un 40 % en peso de ácido aspártico.

El aminoácido carboxílico aspartato ocupa una posición importante en el metabolismo intermediario. Altos niveles de éste se pueden encontrar en varios tejidos del cuerpo, particularmente en la mitocondria, donde juega un papel importante en el metabolismo de nitrógeno y en la producción de energía; -- esto es porque interviene en la mayoría de los pasos del ciclo del ácido tri-carboxílico (Ciclo de Krebs). [35] (83)

El aspartato puede entrar al metabolismo por varias rutas; una de ellas es la transaminación que tal vez es la más utilizada en donde intervienen enzimas específicas llamadas transaminasas, las cuales están presentes en las -- fracciones citoplásmicas y mitocondriales de la célula, los niveles de actividad de éstas son altos en los tejidos que contienen grandes cantidades de aspartato. Por medio de la transaminación el aspartato se convierte en oxalacetato, el cual puede ser convertido fácilmente a fosfoenolpiruvato para su-

frir otra oxidación hasta CO_2 y energía, por medio de la vía piruvato y -- Acetil-CoA o bien irse a la gluconeogénesis, todo esto ocurre fuera de la mitocondria. Cuando el aspartato entra a la mitocondria es transaminado para producir oxalacetato, el cual es oxidado en el ciclo del ácido tricarbóxico (Ciclo de Krebs) o convertido a citrato ó malato dependiendo del nivel de energía del organelo (mitocondria), estos dos compuestos se acumulan para posteriormente metabolizarse según las necesidades ; así el malato es convertido en el citoplasma a fosfoenolpiruvato para ser oxidado hasta CO_2 , y producción de energía o bien entrar a la gluconeogénesis.

Aspartato juega un papel importante en el mecanismo de transporte para obtener coenzimas reducidas dentro de la mitocondria. También es un componente vital en el ciclo de la urea. Su concentración es alta en el cerebro donde representa el 25 - 30 % del total de aminoácidos encontrados en esta zona.

(35)(83)

2.4.4. Digestión y absorción de aspartato.

Aspartato se encuentra en un 20 - 25 % del total de aminoácidos en las proteínas de la dieta.

La absorción de éste en la entrada intestinal difiere, dependiendo de la forma en que son ingeridos, ya sea libres ó enlazados como péptidos. Cuando es libre son absorbidos por medio de un transporte activo, cuando se encuentran en una proteína, los péptidos sufren una proteólisis interna para posteriormente ser hidrolizados por peptidasas específicas intracelulares. (83)

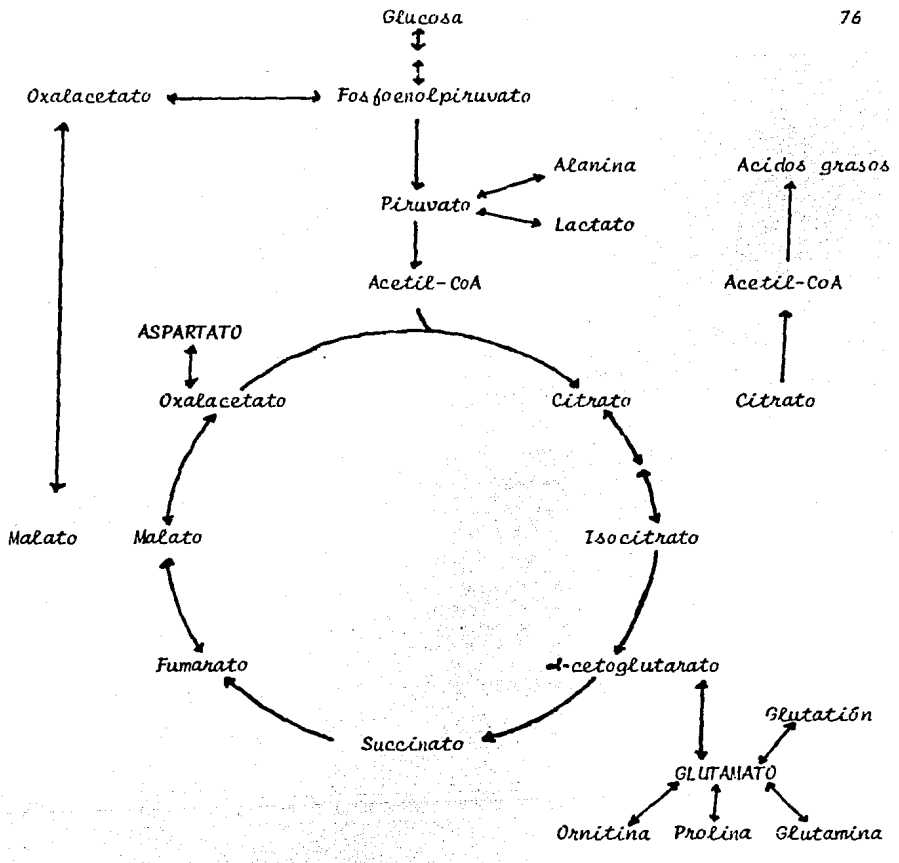


Figura 19. Posibles vías del metabolismo de aspartato (35)(83)

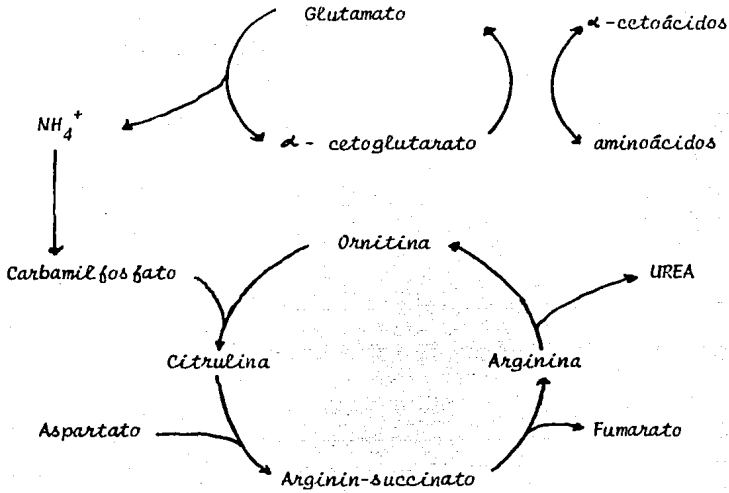


Figura 20. Biosíntesis de la Urea (83)

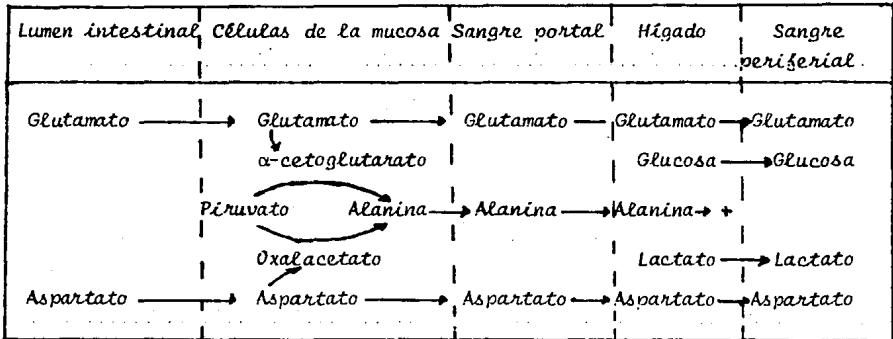


Figura 21. Absorción de los aminoácidos dicarboxílicos (83)

2.4.5. Metabolismo de Fenilalanina.

La fenilalanina constituye un 60 % de la molécula de Aspartame, es un componente esencial de las proteínas del cuerpo y un precursor importante de varios componentes aromáticos necesarios para un buen funcionamiento del organismo. La fenilalanina es un aminoácido esencial por lo que se debe suministrar en la dieta de los mamíferos, ya que éstos no la pueden sintetizar.

En 1913 Emden y Baldes descubrieron que la fenilalanina puede ser convertida a tirosina en el hígado de los mamíferos. Posteriormente se comprobó que esta conversión es el paso inicial en el metabolismo de la fenilalanina. La tirosina es el precursor inmediato de muchos de los componentes aromáticos - formados de fenilalanina. Por lo tanto los papeles nutricionales y el metabolismo de la fenilalanina y la tirosina están íntimamente ligados.

La conversión de fenilalanina a tirosina es el primer paso en la vía principal del catabolismo de fenilalanina, consiste de una hidroxilación irreversible ; también puede experimentar una transaminación con piruvato ; también - la fenilalanina puede ser convertida a feniletilamina por medio de una carboxilación directa con una descarboxilasa, pero esta vía es menos frecuente en el metabolismo de la fenilalanina. (38)

El sistema de la enzima responsable de la conversión de fenilalanina a tirosina se encuentra en el hígado pero también en pequeñas cantidades en los riñones y páncreas. La reacción de hidroxilación depende de coenzimas reducidas como la NADH, y el sistema de enzimas consiste de dos componentes proteicos. Kaufman estableció que el sistema completo de hidroxilación consiste - de dos enzimas, una fenilalanina hidroxilasa con hierro y una dihidropteridina reductasa, las cuales requiere de dos cofactores ; la tetrahidrobiopterina

na y el fosfato de nicotinamida adenindinucleótido reducido. Estas consumen cantidades equimoleculares de fenilalanina, oxígeno y NADPH, para producir cantidades equivalentes de tirosina. También se requiere de la dihidrofolata reductasa la cual es un componente auxiliar necesario para la conversión inicial de la forma inactiva 7,8-dihidrobípterin a la forma activa 5,6,7,8-tetrahidrobípterin del cofactor, el oxígeno molecular es la fuente de oxígeno necesario para la reacción en el grupo hidróxilo de la tirosina y el NADH es la coenzima reducida que es más activa que el NADPH en la reacción de la dihidropteridina reductasa. (38)

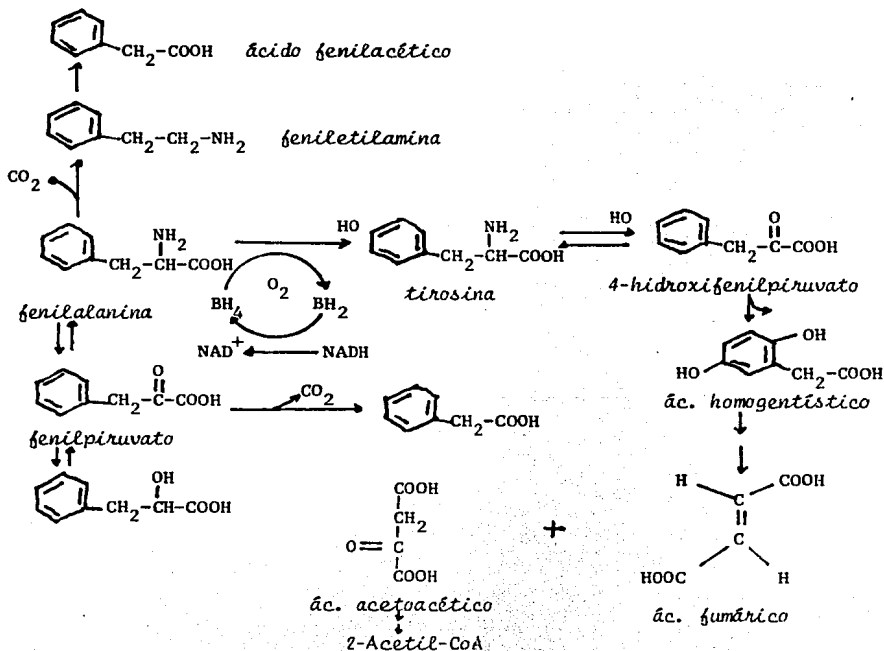


Figura 20. Principal vía catabólica para fenilalanina. (38)

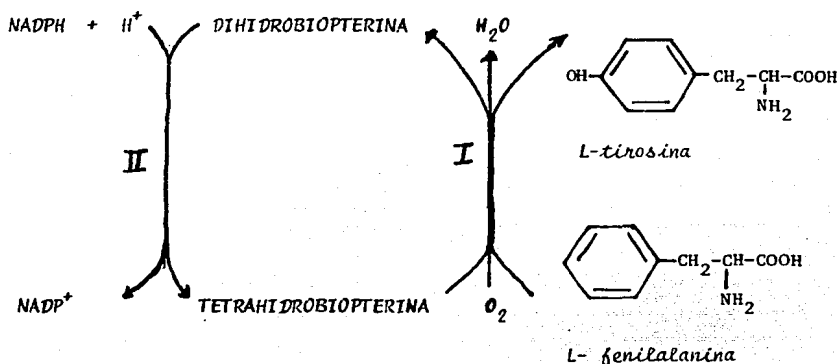


Figura 23. Reacción de la fenilalaninahidroxilasa. Se involucran dos actividades enzimáticas distintas. La actividad II cataliza la reducción de la dihidrobiopterina por el NADPH; y la actividad I, la reducción del oxígeno -- formando agua y la conversión de la fenilalanina en tirosina. [38] [57]

2.4.6. Fenilalanina y tirosina en la síntesis de compuestos activos biológicamente.

La tirosina es el precursor inmediato de: a) catecolaminas neurotransmisoras, dopamina y norepinefrina en el cerebro; b) las hormonas epinefrina y norepinefrina en la médula suprarrenal, y tiroxina y triyodotironina en la glándula tiroides; c) el pigmento melanina en la piel y otros órganos; y d) ubiquinona que es transportadora de electrones (CoQ). [34] [38] [52]

2.4.7. Importancia nutricional de fenilalanina.

En ciertos estudios realizados con ratas se ha determinado que si la fenilalanina se proporciona en la dieta no es necesario suministrar tirosina. También se ha encontrado que el requerimiento de fenilalanina para adultos humanos es en promedio de 12 mg por Kg de peso corporal por día ; para infantes de 2-6 meses es de 141 mg por Kg de peso corporal por día. (38)

2.4.8. Metabolismo de metanol.

El metanol es otro de los productos resultantes del metabolismo de Aspartame, por lo que es importante mencionar la forma en que se metaboliza en el organismo.

El metanol al igual que el etanol es absorbido rápidamente del intestino y distribuido uniformemente al organismo.

El metanol puede ser oxidado a formaldehído con la intervención de dos enzimas, la alcoholdehidrogenasa y la catalasa; aunque Lutwat-Mann mostró que esta enzima (alcoholdehidrogenasa) oxida al metanol a una velocidad menor que al etanol.

La eliminación del metanol de la sangre es muy lenta en todas las especies, especialmente cuando se compara con el etanol. (27)(53)

2.5. Toxicidad del Aspartame.

La toxicidad potencial del Aspartame (éster metílico de aspartilfenilalanina) se atribuye a los productos de degradación tales como : dicetopiperazina (DKP), sus componentes aminoácidos ; ácido aspártico y fenilalanina, y al metanol.

Los estudios preclínicos que se mencionan a continuación formaron las bases

para la deliberación por la Bureau of Foods of the U.S., Food and Drug Administration (FDA) y subsecuentemente, por los comisionados de la FDA quienes dieron la decisión final para permitir el uso de Aspartame como un aditivo - alimenticio. Estos datos fueron evaluados también por la Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JEC/FA) y fue la base de la cual se estableció - que la ingesta diaria para el cuerpo (ADI) sería de 0-40 mg/Kg de peso corporal por día para Aspartame y un ADI de 0-75 mg/Kg de peso corporal por día - para dicetopiperazina proveniente del Aspartame. [22][25][79].

2.5.1. Productos de descomposición.

2.5.1.1. Dicetopiperazina (DKP).

La dicetopiperazina es uno de los productos de degradación del Aspartame formado después de la hidrólisis del Ester y de producir el dipeptido aspartil-fenilalanina y posteriormente sufrir una ciclización a la correspondiente -- dicetopiperazina (3-bencil-6-carboximetil-2,5-dicetopiperazina); con la -- consiguiente pérdida del sabor dulce. [21][22][28][79]

Tal proceso de conversión a dicetopiperazina se favorece bajo condiciones de humedad, temperatura elevada y pH superior a 7. [21]

Se han realizado una serie de estudios sobre la toxicidad de este compuesto, los cuales han incluido ensayos reproductivos, mutagénicos y crónicos de dos especies de roedores.

Después de realizar una evaluación de estos estudios por una agencia autorizada por la FDA, se llegó a la conclusión de que se puede aceptar un nivel - de 3000 mg/Kg de peso corporal de dicetopiperazina sin algún efecto nocivo - para humanos adultos. Se ha encontrado que este compuesto puede tener efectos adversos sobre el desarrollo fetal; según estudios realizados con ratas

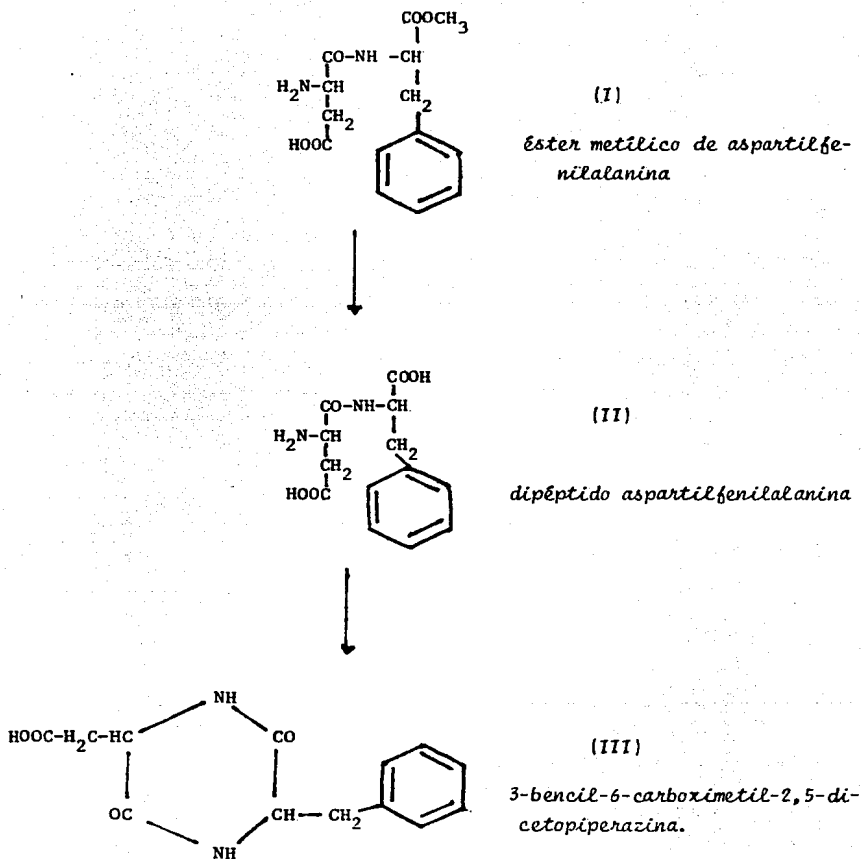


Figura 24. Formación de la dicetopiperazina. (21)

en la Universidad de Louvain en Bélgica por el profesor Laderer, el cual consistió en administrar varias dosis de dicetopiperazina a ratas preñadas durante 23 días de gestación.

Basándose en varios experimentos realizados a este respecto la agencia concluyó que las mujeres embarazadas y sus fetos serían dañados si eran expuestos a la dicetopiperazina resultante de la descomposición del Aspartame. (28)

2.5.1.2. Fenilalanina.

Folling en 1934 descubrió la enfermedad genética humana relacionada al metabolismo de fenilalanina; conocida como Fenilcetonuria (PKU) (oligofrenia - fenilpirúvico), la cual fue identificada como un defecto debido a la deficiencia en el sistema de la oxidación de fenilalanina.

Esta enfermedad se identificó por análisis en sangre y orina, donde se encontraron altas concentraciones de fenilalanina en la sangre, acompañada de bajos niveles de tirosina; además en la orina se encontraron: fenilalanina -- junto con grandes cantidades de ácido fenilpirúvico y ácido fenil láctico, productos de la transaminación de la fenilalanina que normalmente se encuentra en pequeñas cantidades. Otros compuestos aromáticos identificados son: o-hidroxifenilacetato y fenilacetilglutamina en la orina, la cantidad de estos -- productos depende de la cantidad de proteínas consumidas.

La forma común de esta enfermedad resulta de la ausencia hereditaria o un defecto en la síntesis de la enzima fenilalanin hidroxilasa, que se debe al estado homocigótico de un sencillo gen recesivo autosomal, el cual es llevado por uno de cada 60 individuos, la proporción exacta varía de población a población. Dicha enfermedad provoca desarrollo en el retraso mental y anomalí-- des electroencefalográficas, escasa pigmentación en la población que la padece; además una proporción de ellos sufren agarrotamiento y eczema.

Las causas específicas de la retardación mental no son conocidas, pero se ha establecido una relación con los niveles elevados de fenilalanina en sangre y acumulación de productos finales de la transaminación de ésta.

Las bases bioquímicas para este defecto no se han determinado, sin embargo se han postulado las siguientes causas : altas concentraciones de fenilalanina - en sangre puede inhibir el consumo de otros aminoácidos neutrales dentro del cerebro, además esta asociado con una depresión en la concentración de serotonia en el cerebro; altas concentraciones de fenilpiruvato inhibirá la utilización de piruvato mitocondrial ; y el agotamiento de tirosina puede limitar el proveer de precursores de compuestos aromáticos esenciales, tales como dopamina y norepinefrina. (28) (38)

2.5.1.3. Metanol.

El metanol es otro de los productos derivados de la hidrólisis del Aspartame y por lo tanto del metabolismo de éste; y se ha encontrado que proviene de todos los ésteres metílicos que no son comunes en los alimentos.

La toxicidad del metanol se debe a que se elimina muy lentamente del organismo, de ahí su acumulación progresiva; y a que se transforma a aldehído fórmico, que son los responsables de los efectos nocivos en los tejidos nerviosos y el tejido retiniano.

La dosis letal del metanol es de 59.14 - 236.56 ml/Kg de peso corporal. La -- dosis de Aspartame máxima considerada para la ingestión diaria del 99 % de la población, es de 34 mg/Kg de peso corporal ; lo que representaría una cantidad de metanol producida de 3.7 mg/Kg de peso corporal durante el metabolismo. Considerando los valores de metanol de DL₅₀ como 47.13 - 188.53 g/Kg de peso corporal, se puede decir que con las dosis máximas para el consumo de Asparta

me no se llegan a alcanzar los niveles de toxicidad para el metanol. (27) (63) (83) (84)

2.5.1.4. Aspartato.

Para determinar la neurotoxicidad del aspartato se realizó un estudio con ratones, que consistió en administrar dosis orales de 750 ó 1000 mg/Kg de peso corporal durante 8 días, los resultados mostraron lesiones extensas en las -- neuronas. Con dosis de 250 a 500 mg/Kg de peso corporal, ningún animal muestra necrosis neuronal hipotálamica. Estos resultados son similares a los obtenidos con glutamato en dosis de 700 a 1000 mg/Kg de peso corporal.

Es probable que aspartato y glutamato sean neurotóxicos, cada uno para diferentes grupos de neuronas. Se ha encontrado que altas concentraciones de glutamato en plasma ocasiona necrosis neuronal en una población de neuronas, (las cuales contienen elevada concentración) al igual que con una elevada concentración de aspartato en plasma ocasiona necrosis neuronal en una población diferente de neuronas. (10) (28) (52) (84)

2.5.2. Fenilcetonuria.

Para determinar la influencia del Aspartame en la población fenilcetonúrica, se llevó a cabo el siguiente experimento :

Se seleccionaron a 22 adultos aparentemente sanos (12 hombres y 10 mujeres) y 12 mujeres heterocigóticas para Fenilcetonuria. Los sujetos fueron sometidos a un examen previo con una semana de anticipación, el cual consistió en ; -- cuenta completa en sangre, urinalisis, prueba de embarazo y cuenta en suero -- de proteínas totales, albúmina, calcio, fósforo inorgánico, lactato deshidrogenasa, bilirrubina total, transaminasa glutámico-oxalacética, sodio, potasio,

me no se llegan a alcanzar los niveles de toxicidad para el metanol. (27) (63) (83) (84)

2.5.1.4. Aspartato.

Para determinar la neurotoxicidad del aspartato se realizó un estudio con ratones, que consistió en administrar dosis orales de 750 ó 1000 mg/Kg de peso corporal durante 8 días, los resultados mostraron lesiones extensas en las -- neuronas. Con dosis de 250 a 500 mg/Kg de peso corporal, ningún animal muestra necrosis neuronal hipotálamica. Estos resultados son similares a los obtenidos con glutamato en dosis de 700 a 1000 mg/Kg de peso corporal.

Es probable que aspartato y glutamato sean neurotóxicos, cada uno para diferentes grupos de neuronas. Se ha encontrado que altas concentraciones de glutamato en plasma ocasiona necrosis neuronal en una población de neuronas, (las cuales contienen elevada concentración) al igual que con una elevada concentración de aspartato en plasma ocasiona necrosis neuronal en una población diferente de neuronas. (10) (28) (52) (84)

2.5.2. Fenilcetonuria.

Para determinar la influencia del Aspartame en la población fenilcetonúrica, se llevó a cabo el siguiente experimento :

Se seleccionaron a 22 adultos aparentemente sanos (12 hombres y 10 mujeres) y 12 mujeres heterocigóticas para Fenilcetonuria. Los sujetos fueron sometidos a un examen previo con una semana de anticipación, el cual consistió en ; -- cuenta completa en sangre, urinalisis, prueba de embarazo y cuenta en suero -- de proteínas totales, albúmina, calcio, fósforo inorgánico, lactato deshidrogenasa, bilirrubina total, transaminasa glutámico-oxalacética, sodio, potasio,

cloruros, dióxido de carbono y creatinina. A los sujetos se les suministró una dosis de 34 mg de Aspartame por Kg de peso corporal, disuelto en 250 ml de jugo de naranja frío. Sólo se permitió agua después de la dosificación. Las muestras de sangre se tomaron a 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2, 3, 4 y 8 horas -- después de la ingestión. Los niveles de aminoácidos se midieron automáticamente con aparatos especiales.

El Aspartame utilizado fue obtenido de los laboratorios Searle.

Resultados.

1. Los resultados obtenidos mostraron que la concentración de aspartato no se elevó significativamente en sujetos normales o heterocigotos al igual que las concentraciones de glutamato, asparagina y glutamina que derivan de este aminoácido. En cambio las concentraciones de fenilalanina se incrementaron notablemente, aunque en sujetos femeninos normales fue menor que en sujetos masculinos.

En sujetos masculinos normales la concentración de fenilalanina en plasma aumentó rápidamente de 5.86 ± 1.25 alcanzando su valor máximo de 12.0 ± 3.79 -- mol/dl, en cambio en sujetos femeninos normales la concentración de fenilalanina en plasma aumentó de 4.83 ± 0.84 alcanzando un valor máximo de 8.95 ± 1.49 mol/dl, con estos resultados se propone que los sujetos femeninos realizan una absorción más rápida en el metabolismo y/o degradación de la fenilalanina. En sujetos femeninos heterocigóticos la concentración de este aminoácido fue significativamente alta.

Después de ingerir Aspartame se notó una pequeña pero significativa elevación en la concentración de tirosina en el plasma de los sujetos femeninos y masculinos normales, con respecto a los valores basales normales de tirosina y después de 30 y 45 minutos de ingerir el edulcorante.

Las concentraciones de aspartato no se alteraron en el plasma después de administrar 34 mg/Kg de peso corporal en sujetos normales y heterocigóticos fenilcetonúricos, con esto se indica una rápida absorción en el metabolismo y/o degradación del aspartato proveniente del Aspartame, por lo que se puede decir que no existe ningún riesgo por parte del aspartato al ser ingerido -- por medio del edulcorante Aspartame para sujetos normales o heterocigóticos fenilcetonúricos.

En cuanto a los individuos heterocigóticos fenilcetonúricos se notó que la concentración de fenilalanina en plasma fue alta en comparación con los normales por lo que se deduce que los primeros metabolizan más lentamente la -- fenilalanina. También se observa que estos individuos poseen la mitad de actividad de la fenilalaninahidroxilasa. (84)(85)

Las concentraciones más altas encontradas de fenilalanina en plasma en individuos normales y heterocigóticos fenilcetonúricos son inferiores al valor -- considerado de un riesgo potencial. Esto se puede comprobar por comparación de los niveles de fenilalanina producidos por Aspartame siguiendo varias condiciones clínicas tales como Fenilcetonuria y formas variantes de hiperfenilalaninemia. Tabla # 4 (84)(85)

Los individuos homocigóticos para Fenilcetonuria no pueden metabolizar la fenilalanina eficientemente debido a la ausencia de la enzima fenilalaninahidroxilasa.

Por otra parte los niños nacidos con la Fenilcetonuria clásica padecen retraso mental si no son tratados con una dieta baja en fenilalanina. La causa -- exacta de este retraso mental no es muy clara aún, pero las causas sugeridas son : por metabolitos provenientes de la fenilalanina como fenilpiruvato, sobre el metabolismo de deficiencia en tirosina y/o niveles elevados en sangre

de fenilalanina.

Tabla # 4

Niveles de fenilalanina en plasma bajo varias condiciones . (85)

	μ moles/100 mL	mg/100 mL
Sujetos normales (21-24)		
En ayunas	6 ± 3	1 ± 0.5
Después de comer	12 ± 3	2 ± 0.5
Después de ingerir Aspartame		
Sujetos normales	11 ± 3	1.8 ± 0.5
Fenilcetonúricos heterocigóticos	15 ± 4.7	2.5 ± 0.8
Fenilalaninemia (40-47)		
Fenilcetonúricos clásicos	120 - 600	20 - 100
Probables variantes	60 - 120	10 - 200
Variantes benignos	24 - 60	4 - 8

Según la table # 4 se puede apreciar que los niños con Fenilcetonuria clásica tienen niveles de 120 a 600 $\mu\text{mol/dl}$ de fenilalanina, los niños con niveles de 60 - 120 $\mu\text{mol/dl}$ son designados como variantes y no son retrasados mentales, los niños con niveles de 24 - 60 $\mu\text{mol/dl}$ son designados benignos a la hiperfenilalaninemia. (85)(84)

Conclusión.

En conclusión se puede decir que los niños con Fenilcetonuria clásica, tratados con dietas bajas en fenilalanina pueden soportar niveles de 24-48 $\mu\text{mol/dl}$. Los individuos masculinos normales metabolizan la porción de fenilalanina en Aspartame más lentamente que los femeninos.

Al administrar altas dosis de Aspartame no se encuentran diferencias entre -

los individuos normales y los heterocigóticos fenilcetonúricos, con lo que se indica que éste es absorbido rápidamente, metabolizado y/o hidrolizado por ambos individuos. Al incrementar la cantidad de Aspartame no se incrementan los niveles de aspartato pero sí los de fenilalanina en períodos cortos de tiempo, sin embargo estos niveles se encuentran dentro del intervalo permitido para infantes con Fenilcetonuria clásica.

Solamente con dosis de abuso o extremadamente altas se pueden encontrar efectos tóxicos debido a la elevación en el plasma de los niveles de aspartato y fenilalanina. (28) (85)

2.5.4. Tumores en vejiga.

Al estudiarse un grupo de ratones con una técnica específica para determinar la incidencia de tumor en vejiga urinaria, se siguió una técnica por medio de la cual se implantó intravesicularmente una porción de colesterol conteniendo Aspartame y dicetopiperazina durante 26 semanas, tiempo en el cual se observó que estos dos compuestos desaparecen de la fracción de colesterol en un tiempo de vida media de 4.8 horas y se incorporaron significativamente -- dentro de los tejidos de la vejiga urinaria, sin observarse ningún efecto -- carcinogénico. (65)

2.5.5. Sistema gastrointestinal.

Bianchi realizó estudios con ratas para definir algún efecto farmacológico relacionado con Aspartame en el sistema gastrointestinal; les suministró a las ratas dosis de 200 mg/Kg de peso corporal intragástricamente y los efectos observados fueron: supresión del apetito, inhibición o estimulación de secreción gástrica, secreción ácida y actividad proteolítica; sin embargo no se observó ningún efecto relacionado al Aspartame. (65)

2.5.6. Diabetes mellitus.

Según estudios realizados con 43 adultos diabéticos no dependientes de insulina, a quienes se les suministró una dosis de 1.8g de Aspartame diaria durante 90 días, se encontró que los niveles de glucosa en sangre fueron de 170mg/dl, lo que indica que es un valor bueno o aceptable.

Estudios preliminares demuestran que la ingestión prolongada de 2.7 g de Aspartame diariamente durante 18 semanas, aumenta rápidamente los niveles de glucosa en sangre en diabéticos dependientes o no de insulina, aunque estos valores no difieren de los valores normales ó basales.

Con estos resultados se concluye que Aspartame puede ser consumido por personas diabéticas, ya que éste no altera el control glicémico de la Diabetes mellitus. Por otra parte no afecta la secreción de insulina, glucagón u hormona del crecimiento, aunque aún no se tienen datos exactos sobre esto. (45)

Tabla # 5

Niveles de glucosa en ayuno en sujetos no dependientes a la insulina y diabéticos ; tomando Aspartame ó Placebo. (45)

Grupo	Glucosa en ayuno (mg/dl)			
	Semana 1	Semana 5	Semana 9	Semana 14 ^a
Aspartame ^b	116 ± 14 (10) ^c	116 ± 11 (10)	136 ± 17 (9)	135 ± 21 (10)
Placebo	89 ± 9 (11)	107 ± 11 (11)	118 ± 14 (10)	96 ± 11 (11)
t	1.64	0.58	0.87	1.67
p	> 0.10	> 0.50	> 0.40	> 0.10

2.5.7. Caries dental.

Se ha observado que la inclusión de Aspartame en mezclas de saliva-glucosa -- provoca una disminución en el pH, en contraste a los cambios observados en -- mezclas de control. El mecanismo de acción no es claro, ya que varios dipépti -- dos y tripéptidos que se encuentran en forma natural en la saliva son asocia -- dos a una elevación en el pH en la placa dental después de la ingestión de --- azúcar. Se cree que tales péptidos son hidrolizados por la placa bacteriana - con la consecuente liberación de iones amonio. Con estos resultados se puede decir que el Aspartame no es cariogénico. (18)(79)

3. APLICACIONES DE ASPARTAME EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Para las industrias dedicadas a elaborar alimentos, sobre todo los que tienen la característica de proporcionar bajo valor calórico ; es muy importante saber el mercado potencial de consumidores con los que cuenta, además de qué -- naturaleza son y lo más importante qué aceptación tienen estos productos sobre la población consumidora. Para esto las compañías relacionadas se encargan de realizar una serie de pruebas sensoriales que les ayuden a determinar la preferencia o aceptabilidad del producto, y también a calificarlo para en un momento dado poderlo modificar de acuerdo al gusto de la mayoría de los -- consumidores.

Hablando estrictamente, la preferencia y aceptación del consumidor son dos -- conceptos diferentes. La preferencia hacia los productos se refiere a escoger o seleccionar entre por lo menos dos muestras. La idea es determinar qué cantidad de las muestras es más preferida por los jueces. La preferencia es relativa y no necesariamente indica aceptabilidad.

La aceptabilidad del consumidor indica el grado de gusto o disgusto para un -- producto dado. La respuesta supuesta es un rechazo ó una aceptación en varios grados ; no se requiere necesariamente una comparación entre los productos y -- en el caso de la preferencia la respuesta no es supuesta. (58)(86)

Pruebas de comparación pareada. Es una prueba de preferencia y se lleva a cabo de la siguiente manera : en el laboratorio, se codifican las muestras que pueden ser idénticas en todos los aspectos excepto en los atributos en los cuales se espera que variarán. Pueden diferenciarse grandemente en apariencia -- por lo que se sugiere que las comparaciones pareadas se realicen con una aproximación de los estímulos simples. (5)(64)(86)

A los jueces se les presenta un par de muestras codificadas para su comparación, una de ellas representa el estándar o control y la otra un tratamiento experimental. El trabajo del evaluador es directo. En algunos casos, los evaluadores se inclinarán a declarar un empate y no a seleccionar una muestra. El método se hace confuso cuando los tratamientos son varios, ya que cada uno de ellos debe compararse con cada uno de los otros. El resultado de las comparaciones pareadas no indica la calidad de las muestras sino sólo si hay diferencia o más bien la preferencia por alguna de las dos analizadas. (54) (58)

Método de tiempo-intensidad. El tiempo de reacción para sabor es el intervalo comprendido entre la estimulación inicial de los receptores y el reporte de una reacción, se reportó en 0.02-0.06 segundos en estudios electrofisiológicos que se realizaron.

En este método se utiliza generalmente un aparato que pueda registrar el tiempo que dura la sensación del atributo que se va a medir, ya sea sabor, resabio, dureza, color, etc. (60)

Los jueces que participan en pruebas de este tipo pueden ser estudiantes o empleados interesados en dar su opinión sobre el producto que se va a analizar sensorialmente.

Lewis (1948) construyó una escala psicológica de la intensidad del sabor, éste sugería una comparación de las intensidades del sabor de los diferentes sabores encontrados.

Este tipo de métodos es muy importante en un estudio de análisis sensorial de un atributo como el sabor o resabio de un aditivo en un producto alimenticio, ya que como en el caso de los edulcorantes esta medida es la que determinará en un momento dado si se usa cierto edulcorante según sean las características del alimento. (60) (86)

3.1. Propiedades de uso para Aspartame.

Aunque Aspartame puede proporcionar un poder edulcorante muy superior al de la sacarosa, en sus dos presentaciones, como polvo y como tableta, la intensidad del dulzor y su ligero peso no lo hacen conveniente como sustituto del -- azúcar para todas las aplicaciones en el procesamiento de alimentos; así por ejemplo su uso no sería posible en mermeladas donde la sacarosa proporciona -- consistencia, aumenta la presión osmótica y con esto sirve como conservador, además proporciona viscosidad y dulzor por supuesto; en jaleas la sacarosa -- imparte textura, volumen y dulzor; en productos en almíbar la sacarosa imparte volumen, aumenta la presión osmótica y viscosidad; además en todos los productos fermentables la sacarosa es una materia básica para que se lleve a cabo dicho proceso por los microorganismos ya que éstos la utilizan como fuente de carbono, y de este metabolismo se obtienen productos como el alcohol, el -- ácido acético (vinagre), enzimas útiles en la Industria de Alimentos, etc.

3.1.1. Reducción de calorías.

Aspartame proporciona un sabor dulce y limpio como el del azúcar para alimentos y bebidas; los productos que lo contienen proporcionan mucho menor valor calórico que los de sacarosa; así por ejemplo si una formulación de gomitas -- lleva un 35 % de sacarosa al hacer los cálculos en base a un poder edulcorante del Aspartame de 180 y la sacarosa de 1, se encuentra que para preparar -- 100g de gomitas con sacarosa se necesitan 35g de ésta y con Aspartame sólo -- 0.2g, lo que representa que con la formulación de sacarosa se obtendrían -- 134.5 Kcal., en cambio con la formulación de Aspartame sólo 0.8 Kcal. -- esto en base a que 1g de sacarosa proporciona 3.84 Kcal y 1g de Aspartame -- 4 Kcal., por lo que se ve la disminución en el valor calórico de los alimen-

tos donde se utiliza este edulcorante es debido a que por tener un alto poder edulcorante en comparación con la sacarosa la cantidad requerida para -- igualar el dulzor que proporciona cierta cantidad de sacarosa será mucho menor, aunque con esto también se obtiene menor rendimiento. (42) (79)

Tabla # 6

Comparación del contenido de energía entre alimentos endulzados con sacarosa y con Aspartame. (42)

Alimento	Kcal. por servicio	
	Con sacarosa	Con Aspartame
Limonada (8 oz)	86	5
Gelatina (1/2 taza)	81	10
Pudín de chocolate con leche desnatada (1/2 taza)	150	75
Chocolate caliente con agua (8 oz.)	116	63
Leche instantánea mezclada con leche desnatada (1 taza)	189	70

Como se observa en la tabla # 6 cuando el alimento contiene más ingredientes que proporcionan calorías además de la sacarosa la reducción es en promedio -- de un 50-60 %, pero cuando el ingrediente principal es el azúcar la reducción es de un 94 % .

3.1.2. Reducción de volumen vs sacarosa.

En ciertos productos que se venden y distribuyen en polvo, el empleo de Aspar-- tame puede representar una reducción del 93 % en peso neto del volumen que --

ocupen en el paquete, por lo que en los productos como refrescos en polvo, - gelatinas en polvo, pudines, etc; se notará una reducción en el tamaño del - paquete para su envoltura y además un ahorro económico con respecto al pre- - cio del paquete y del envío, por lo que esto representa una disminución en - el precio del producto. (42)

3.1.3. Sinergismo.

Al usar Aspartame en combinación con otros edulcorantes de alta potencia, ta - les como sacarosa, dextrosa (glucosa), fructosa y sacarina; se pueden formu - lar una variedad de productos con un bajo valor calórico.

Aspartame exhibe sinergismo con varios edulcorantes, por lo que se permiten - bajos niveles de uso. (42)

3.1.4. Resaltación y extensión del sabor.

Beck y McCormick sugirieron que Aspartame puede tener un efecto potencial so - bre ciertos sabores frutales. Para lo cual se llevó a cabo un estudio para - determinar si Aspartame afectaba la intensidad de sabores naranja, cereza y fresa en refrescos y gelatinas.

Primero se determinó el equivalente de dulzor de Aspartame con respecto a sa - carosa, de las diferentes muestras con sabores de naranja, cereza y fresa ; para esto se utilizó una prueba de comparación pareada. Para refrescos se -- utilizaron concentraciones de Aspartame de 0.095%, 0.075%, 0.070%, 0.065% y 0.060% con 9.5% de sacarosa que es el nivel recomendado por los fabricantes. Para gelatinas también se utilizó una prueba de comparación pareada pero las concentraciones de Aspartame fueron de 0.15%, 0.12%, 0.10% y 0.07% y 15% de sacarosa que es el nivel usual en una fórmula base para gelatina.

Para determinar la intensidad de sabores frutales, se tomaron 20 ml de re-- frescos de sabor frutal y 2 porciones de 20 ml de agua filtrada para limpiar la boca, manteniendo 10 segundos en ella antes de expectorar los jueces. Las muestras se sirvieron en intervalos de 60 segundos; para gelatinas fue simi-- lar.

Se utilizaron jueces no entrenados (empleados y estudiantes), los cuales calificaron los productos en una escala de intensidad que variaba de 1 = sabor frutal muy débil, hasta 7 = sabor frutal muy fuerte. Se realizó una segunda serie de pruebas con 50 jueces, la cual se condujo con una prueba de compara-- ción pareada entre muestras endulzadas con Aspartame y otras endulzadas con sacarosa, los jueces tenían que indicar cual de las dos muestras que se les presentaba tenía mayor intensidad de sabor frutal.

Los resultados obtenidos indicaron lo siguiente :

- Equivalentes de dulzor.

Como las muestras de refrescos no contenían carbohidratos, no hubo problema para los efectos edulcorantes. Una concentración de 0.065% de Aspartame no -- difiere significativamente en dulzor comparado con 9.5% de sacarosa en refre-- cos no carbonatados preparados con sabor naranja, fresa o cereza. En cuanto -- a gelatinas el 0.07% de Aspartame fue equivalente a 15% de sacarosa.

Debido a estos resultados se usaron dichas concentraciones de Aspartame y sa-- carosa para la mayor parte de las pruebas posteriores. También se puede decir que todas las concentraciones de Aspartame fueron aproximadamente 150 y 200 -- veces más dulce que la sacarosa en los refrescos y gelatinas respectivamente.

- Intensidad de sabores frutales.

Cuando se midió la intensidad del sabor frutal por los jueces de una manera -- sensorial, tanto el refresco de naranja como el de cereza endulzados con As--

partame fueron significativamente más intensos en sabor que la contraparte - endulzada con sacarosa.

La tabla # 7 muestra diferencias no significativas en intensidad de sabor -- con refrescos sabor fresa. Estos resultados se confirmaron por una prueba de comparación pareada, como se muestra en la tabla # 8 .

En la gelatina no se encontraron diferencias significativas en intensidad de sabor frutal entre productos endulzados con Aspartame y sacarosa como se -- muestra en la tabla # 7, esto se confirmó con una prueba de comparación pa-- reada como se muestra en la tabla # 8. (14)

Tabla # 7

Calificación promedio^a para intensidad de sabores frutales en refrescos y gelatinas endulzados con sacarosa y Aspartame. (14)

	Sabores					
	Naranja		Fresa		Cereza	
Refrescos						
Sacarosa (9.52%)	4.5	0.19	4.8	0.23	5.0	0.19
Aspartame (0.065%)	5.4	0.20	5.3	0.16	5.8	0.16
t - valor	4.56*		1.20		3.05*	
Gelatinas						
Sacarosa (15%)	4.6	0.25	3.5	0.23	4.4	0.21
Aspartame (0.070%)	4.8	0.21	3.6	0.22	4.5	0.23
t - valor	0.59		0.30		0.30	

^a Promedios (N = 50) y erros estándar de promedio.

Rango de calificaciones : 7 = muy fuerte a 1 = muy débil.

* $P < 0.05$

Tabla # 8

Número de jueces indicando la gran intensidad de sabores frutales con un par^a de muestras. (14)

Sabor	Refrescos		Gelatinas	
	Sacarosa (9.52%)	Aspartame (0.065%)	Sacarosa (15%)	Aspartame (0.070%)
Naranja	17	33*	23	27
Fresa	19	31	27	23
Cereza	17	33*	30	20

^aN = 50

*P < 0.05

En los refrescos de naranja y cereza se observó la intensificación del sabor en una magnitud de calificación muy cercana a 7 de la escala usada. La intensificación de sabor no se encontró en el refresco sabor fresa, por lo que indica que los componentes específicos del sabor entran en la reacción con Aspartame. La gelatina inhibe esta reacción, de hecho provoca una disminución en la intensidad de sabor de los productos endulzados con Aspartame o sacarina.

La gelatina sabor fresa endulzada con sacarosa fue la excepción y fue sólo - tan intensa en gelatinas como en refrescos en comparación con la endulzada - con Aspartame.

Esta propiedad de potenciación de sabor selectiva en Aspartame puede proporcionar ventajas en ciertas formulaciones de productos acuosos. (14)

Por otra parte se han realizado estudios para determinar la reactividad de - Aspartame con los aldehídos que forman parte de los sabores y se ha demostrado una disminución rápida en la concentración de los aldehídos utilizando un

análisis cromatográfico. Se sugiere que se forma una base de Schiff entre el benzaldehído y el Aspartame. [46]

3.2. Industria de Bebidas.

La industria de bebidas ha adquirido gran importancia en los últimos años a raíz de que el consumo de los refrescos ha aumentado considerablemente; esto es debido en parte a la forma de vida que ha adquirido la población, ya que cada día se dispone de menos tiempo para poder preparar bebidas con frutas naturales.

Por otra parte existe una cantidad considerable de la población mundial que tiene problemas de obesidad y de Diabetes mellitus que no pueden ingerir refrescos elaborados con azúcar; por lo que la industria de bebidas se ha preocupado por encontrar compuestos edulcorantes que puedan servir como sustitutos del azúcar y así poderlos usar en bebidas ya sean gaseosas o no, y que no afecten las propiedades de estos productos.

Así empezaron a lanzar al mercado refrescos elaborados con sacarina, el cual era el edulcorante de mayor éxito; de esta manera los refrescos de sabor cola elaborados con sacarina no tenían gran aceptación debido a que este edulcorante deja una sensación de amargor en la boca después de probarlo lo que afecta el sabor del refresco.

Actualmente en Estados Unidos se han lanzado al mercado varios refrescos de diferentes marcas elaborados con Aspartame, y se ha observado una gran aceptación. [14] [42]

3.2.1. Bebidas carbonatadas.

Los productos de esta categoría representan un gran potencial del mercado pa-

ra edulcorantes de alta potencia. Aspartame puede ser adaptado para el uso de estas bebidas por medio de controlar el pH, tiempo de distribución y concentración de Aspartame. (41)(42)

Los refrescos carbonatados típicos con edulcorantes que son carbohidratos, tienen concentraciones de azúcar que van en un intervalo de 8-15%. Cuando se sustituye el azúcar, la cantidad de Aspartame que puede dar un dulzor aceptable, varía en un intervalo que depende del pH encontrado en el producto, la vida de anaquel considerada y la potenciación del sabor.

La tabla # 9 muestra algunos de los niveles en los cuales Aspartame es usado en bebidas carbonatadas. La única diferencia en el proceso de elaboración es que cuando se usa Aspartame, éste tiene que ser predisoluto en agua y después adicionarse al producto. (41)

Tabla # 9

Niveles de Aspartame en bebidas carbonatadas. (41)

Sabor	Intervalo de pH	Intervalo de uso sugerido para Aspartame (%)
Cola	2.8 - 3.1	0.055 - 0.068
Lima-limón	3.0 - 3.1	0.030 - 0.060
Naranja	3.1 - 3.4	0.055 - 0.090
Cerveza de raíz	4.0 - 4.4	0.055 - 0.070

Además se realizó una investigación sobre el efecto de la variación de las concentraciones de Aspartame en la aceptación de tres refrescos carbonatados: sabor de cola, lima limón y cerveza de raíz. Se utilizaron seis muestras para cada sabor, una de ellas era un producto comercial elaborado con sacarina, las otras cinco fueron endulzadas con varias concentraciones de Aspartame.

La concentración más alta de Aspartame fue igual en dulzor a los niveles de sacarosa normales en un producto equivalente, y la cantidad de éste en las - otras muestras fue arbitrariamente reducido en decrementos de 15 % .

Los productos se dieron a jueces para que los calificaran de acuerdo a una - escala hedónica de 9 puntos, los jueces eran consumidores no entrenados.

La figura 26 muestra los resultados para el sabor cola, estos resultados fue - ron similares para los otros sabores. Se puede observar que los tres niveles más altos de Aspartame fueron significativamente más aceptables que los otros de las demás muestras (dos con niveles bajos de Aspartame y una con sacari - na). No se encontró diferencia significativa entre los dos niveles bajos de Aspartame y la muestra control de sacarina, en cuanto a la aceptación. (41)

aceptabilidad

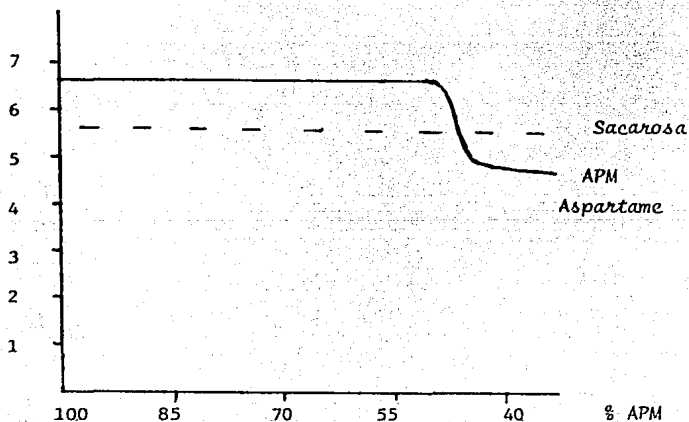


Figura 26. Aceptabilidad del consumidor de bebidas carbonatadas sabor cola endulzadas con Aspartame a cinco niveles (41).

Los productos fueron evaluados sensorialmente por jueces consumidores a varios tiempos, durante 40 semanas de almacenamiento. Se usó una escala de línea en la cual el 0 = disgusta y el 100 = gusta.

Como se muestra en la tabla # 10 después de dos semanas de almacenamiento a 20°C, el refresco de cola endulzado con Aspartame tuvo una calificación promedio de 48.3. Este fue un valor alto comparado con el de los otros productos de bajas calorías aunque fue bajo comparado con los refrescos de cola endulzados con sacarosa, que es de 58.1. Sin embargo el refresco de cola con Aspartame almacenado a 20°C mantiene la aceptabilidad relativa para los productos endulzados con sacarina durante 40 semanas. (41)

Tabla # 10

Evaluación sensorial de bebidas carbonatadas de cola conteniendo varios edulcorantes después de ser almacenados por 40 semanas.

Edulcorante	Temperatura de almacenamiento (°C)	Valores promedio de aceptabilidad*		
		2	26	40 semanas
Aspartame	5	49.0	50.1	48.0
	20	48.3	46.0	36.1
Aspartame/sacarina	20	43.1	43.8	43.4
Sacarina	ambiente	29.9	36.0	35.2
Sacarosa	ambiente	58.1	56.7	55.9

* Sobre una escala con puntos que van de 0 = disgusta, 100 = gusta

Cuando las pruebas de estabilidad se repitieron con las muestras de las bebidas carbonatadas sabor cerveza de raíz, los resultados demostraron la gran estabilidad de Aspartame en estos sistemas de alto pH, como se muestra en la tabla # 11, sólo se observaron pequeños y casi nulos cambios en los valores so-

bre el estudio periódico.

Tabla # 11

Evaluación sensorial de la bebida de cerveza de raíz endulzada con Aspartame después de ser almacenada durante 41 semanas. (41)

Temperatura (°C) de almacenamiento	Valores promedio de aceptabilidad *		
	Inicial	23 semanas	41 semanas
5	7.4	6.9	7.1
20	7.0	6.9	6.7
30	7.1	6.8	-

* Sobre una escala de nueve puntos : 1 = disgusta extremadamente y 9 = gusta extremadamente.

En Canadá se llevó a cabo un estudio para determinar la aceptación de los refrescos elaborados con Aspartame comparados con los elaborados con sacarina. El estudio se realizó con nueve refrescos diferentes endulzados con Aspartame; estos fueron, dos de sabor cola, uno de sabor naranja, dos de sabor limón, --- tres de sabor lima-limón, y uno de sabor cerveza de raíz. La incognita a resolver era si Aspartame tendría algún efecto sobre los diferentes ácidos orgánicos, considerando las cualidades sensoriales; y también si existía alguna diferencia en la velocidad de solubilización de Aspartame en ácido cítrico, ácido málico y ácido fumárico.

En la tabla # 12 se puede apreciar como varían las cantidades de ácido cítrico en refrescos de diferentes sabores y entre los que tienen el mismo sabor, esto indica que las formulaciones son diferentes debido a que proceden de diferentes compañías.

Tabla # 12

Citratos totales en refrescos endulzados con Aspartame (36)

Refrescos	% de ácido cítrico (w/v)	Lbs. de ácido cítrico por galón.
Sabor limón I	0.257	0.0214
Sabor naranja	0.192	0.0160
Sabor limón II	0.157	0.0131
Sabor lima-limón I	0.135	0.0113
Sabor lima-limón II	0.122	0.0102
Sabor cola I	0.019	0.0016
Sabor cola II	0.000	0.0000
Sabor lima-limón III	0.000	0.0000
Sabor cerveza de raíz	0.000	0.0000

Tabla # 13

Comparación de citratos totales entre refrescos endulzados con Aspartame, --
sacarosa y sacarina. (36)

Refresco (sabor)	% de ácido cítrico (w/v)	Lbs. de ácido cítrico por galón
Limón I - sacarina 1979	0.229	0.0191
Limón I - sacarina 1982	0.150	0.0125
Limón I - Aspartame 1983	0.257	0.0214
Naranja - sacarosa 1982	0.136	0.0113
Naranja - Aspartame 1983	0.192	0.0160
Limón II - sacarosa 1979	0.119	0.0102
Limón II - sacarosa 1982	0.127	0.0106
Limón II - Aspartame 1983	0.157	0.0131
Lima-limón I - sacarosa 1979	0.136	0.0116
Lima-limón I - sacarosa 1982	0.141	0.0118
Lima-limón I - Aspartame 1983	0.135	0.0113
Lima-limón II - sacarina 1979	0.170	0.0140
Lima-limón II - sacarina 1982	0.168	0.0140
Lima-limón II - Aspartame 1983	0.122	0.0102
Cola I - sacarina 1982	0.012	0.0010
Cola I - Aspartame 1983	0.019	0.0016
Cola II - sacarina 1979	0.024	0.0020
Cola II - sacarina 1982	0.026	0.0022
Cola II - Aspartame 1983	0.000	0.0000
Lima-limón III - sacarina 1982	0.000	0.0000
Lima-limón III - Aspartame 1983	0.000	0.0000
Cerveza de raíz - sacarosa 1982	0.000	0.0000
Cerveza de raíz - Aspartame 1983	0.000	0.0000

En la tabla # 13 se comparan los niveles de ácido cítrico encontrados en refrescos endulzados con Aspartame contra los refrescos endulzados con sacarina y sacarosa. Como se puede apreciar en esa tabla se encuentran niveles más altos de ácido cítrico en los refrescos endulzados con Aspartame de sabor -- naranja, cola I, limón I y limón II .

Evaluaciones sensoriales.

Los jueces llevaron a cabo una prueba de comparación pareada, evaluando el dulzor o acidez de muestras que contenían Aspartame en tres diferentes ácidos orgánicos ; ácido cítrico, ácido málico y ácido fumárico. Las evaluaciones se hicieron con 0.19 % de Aspartame en agua destilada y los ácidos mencionados.

Según los resultados obtenidos se encontró que la muestra más dulce fue la que contenía iguales niveles de ácido cítrico y málico (0.12%) y 0.19% de Aspartame; y la más ácida fue la que contenía 0.12% de ácido cítrico y --- 0.084% de ácido málico con 0.19% de Aspartame.

Con estos datos se concluye que 0.19% de Aspartame puede ser equivalente a una solución de sacarosa al 10% en agua y una solución de ácido cítrico al 0.12% no tendría diferencia significativa sobre el dulzor y acidez percibidas en general, cuando se comparan niveles equivalentes de ácido fumárico y málico.

Los diferentes ácidos orgánicos contribuyen a las numerosas diferencias en el perfil del sabor. Así mientras que un ácido puede proveer un sabor muy fuerte, otro puede retardar la acidez. El efecto ácido con alguna característica frutal puede ser contribuido por un ácido y otro puede proveer el balance de -- acidez/dulzor. (36) (42)

Pruebas de preferencia.

Se llevaron a cabo una serie de pruebas de preferencia de comparación pareada con refrescos endulzados con Aspartame contra los endulzados con sacarina. Los resultados se muestran en la tabla # 14 . (42) (86)

Tabla # 14

Resultados de las pruebas de preferencia. (36)

Muestras de sabor.	P r e f e r e n c i a		
	Sacarina no. jueces	Aspartame no. jueces	Ambos no. jueces
Limón	2	5	0
Cola II	1	4	2
Cola I	1	5	1
Lima-limón III	2	5	0
Lima-limón II	1	5	1
Limón II	1	2	4

Por los resultados obtenidos se observa que la mayoría de los jueces prefirieron los refrescos endulzados con Aspartame que los endulzados con sacarina.

El nivel de significancia fue menor de 5 % para cada prueba.

Los jueces señalaron que los refrescos con sacarina fueron amargos con excepción del sabor limón II, generalmente tienen un resabio metálico y otras notas no descriptivas. Los refrescos con Aspartame fueron dulces y con un sabor más placentero y claro, que contribuye al sabor total.

Estudio de disolución.

Se prepararon soluciones de Aspartame junto con los diferentes ácidos, se midió la velocidad de disolución de Aspartame en ácido cítrico, málico y fumárico. La tabla # 15 muestra el tiempo de disolución de 0.19% de Aspartame en

1000 ml de agua destilada y ácido.

Tabla # 15

Disolución de Aspartame (0.19%) en ácidos orgánicos seleccionados (36)

Ácidos	Tiempo de disolución (min.)
Ácido cítrico (0.125%)	14.9
Ácido fumárico (0.10%)	19.2
Ácido málico (0.12%)	21.7

Como se muestra en estos resultados, el Aspartame se disuelve más rápidamente en ácido cítrico y más lentamente en ácido málico.

Análisis de aminoácidos.

Todas las muestras de refrescos se sometieron a un análisis de aminoácidos -- para determinar la concentración exacta de Aspartame en cada muestra y detectar algún producto de descomposición del mismo. Después de la hidrólisis de Aspartame a los componentes aminoácidos individuales ácido aspártico y fenilalanina; los resultados se muestran en la tabla # 16.

Lista de ingredientes de las bebidas carbonatadas.

1.- Sabor lima-limón I

Agua carbonatada, sabor natural, ácido cítrico, benzoato de sodio, Aspartame, ácido málico, goma ceculosa, color y sal.

2.- Sabor limón II

Agua carbonatada, ácido cítrico, sabores, Aspartame, citrato de sodio, benzoato de sodio y cloruro estañoso.

3.- Sabor lima-limón II

Agua carbonatada, ácido cítrico, Aspartame, benzoato de sodio, citrato de sodio, sabores naturales y cloruro estañoso.

Tabla # 16

Concentraciones de Aspartame y sus metabolitos en las muestras. (36)

Refrescos de sabor.	% Aspartame (w/v)	% Ac. aspártico	% Aspartilfenilalanina
Naranja	0.032	0.0010	0.008
Cola I	0.046	0.0005	0.005
Cerveza de raíz	0.039	0.0003	0.005
Limón I	0.033	0.0008	0.007
Lima-Limón I	0.022	0.0005	0.004
Cola II	0.027	0.0010	0.009
Limón II	0.044	0.0003	0.004
Lima-Limón II	0.045	0.0006	0.006
Lima-Limón II	0.025	0.0003	0.003

4.- Sabor naranja.

Agua carbonatada, jugo de naranja concentrado, ácido cítrico, Aspartame, benzoato de sodio, sabores naturales, color, sal y ácido eritrbico.

5.- Sabor cola II.

Agua carbonatada, color, Aspartame, ácido fosfórico, cafeína y sabor natural.

6.- Sabor lima-limón II

Agua carbonatada, color, sabores, ácido fosfórico, Aspartame, benzoato de sodio y cafeína.

7.- Sabor cola I

Agua carbonatada, color caramelo, Aspartame, ácido fosfórico, goma acacia, sabores, ácido cítrico, benzoato de sodio, y cafeína.

8.- Sabor limón I

Agua carbonatada, ácido cítrico, Aspartame, citrato de sodio, sabores naturales y artificiales, benzoato de sodio, sal, sacarosa, acetato, isobutirato, aceite vegetal bromitado, cloruro estañoso y color.

9.- Sabor: cerveza de raíz.

Agua carbonatada, caramelo, sabores naturales y artificiales, ácido fosfórico, benzoato de sodio, Aspartame y saponina.

El análisis de aminoácidos de los refrescos que se muestra en la tabla # 16 revela que el Aspartame adicionado sufre alguna hidrólisis durante el proceso, ya que se detectó ácido aspártico y fenilalanina, además aspartilfenilalanina pero la dicetopiperazina no se pudo detectar aunque se supone que puede estar presente.

También se realizó un análisis proximal de los diferentes refrescos, los resultados se muestran en la tabla # 17.

Tabla # 17

Análisis proximal de las diferentes bebidas carbonatadas. (36)

100 ml de Refrescos	Calorías	Proteínas	Carbohidratos	Grasa	Aspartame
Lima-limón I	1.0	0.035g	0.005g	0.0g	34.8 mg
Limón II	0.93	0.05 g	0.0 g	0.0g	49.0 mg
Lima-limón II	0.95	0.03 g	0.23 g	0.0g	30.0 mg
Naranja	0.84	0.05 g	0.22 g	0.0g	53.0 mg
Cola II	0.30	0.045g	0.0 g	0.0g	45.0 mg
Lima-limón III	0.44	0.06 g	0.0 g	0.0g	55.0 mg
Cola I	0.44	0.05 g	0.0 g	0.0g	52.0 mg
Limón I	0.08	0.05 g	0.16 g	0.0g	49.0 mg
Cerveza de raíz	0.67	0.04 g	0.13 g	0.0g	44.0 mg

3.2.2. Bebidas en polvo.

En esta categoría el uso de Aspartame tiene más ventajas debido a que no tiene que someterse a ningún tratamiento térmico.

Estos productos son fáciles de formular, requiriendo de la combinación seca de los ingredientes individuales, tales como agentes saborizantes, colorantes, acidulantes, gomas y otros vehículos. (41) (42)

En el empaque se deben considerar materiales que sirvan como barrera para la humedad, esto es para impedir el endurecimiento de la mezcla seca.

En la tabla # 18 se muestra una formulación típica para bebidas sabor limón en polvo.

Tabla # 18

Mezcla de formulación seca para una bebida sabor limón. (42)

Ingredientes	Porcentaje (%)
Acido cítrico	55.00
Maltodextrinas	19.93
Citrato de sodio	8.45
Aspartame	5.74
Fosfato tricálcico	4.22
Acido ascórbico (vitamina C)	3.06
Agente espesante	2.41
Agente enturbiante	1.91
Saborizante	lo que convenga
Colorante	lo que convenga

Esta formulación es para disolverse 76g en un litro de agua fría. El producto final provee aproximadamente 4 Kcal por 2,360 ml de bebida preparada. En contraste, los productos endulzados con sacarosa proveen de 90 a 100 Kcal por la misma cantidad.

La General Foods lanzó al mercado paquetes de mezclas en polvo para preparar bebidas no carbonatadas de diferentes sabores, las cuales antes se endulzaban con sacarosa y ahora se endulzaron con Aspartame lo que representó un aumento

en el precio de 10 centavos de dólar en Estados Unidos. (36)

3.2.3. Evaluación de las propiedades sensoriales de refrescos y gelatinas elaborados con: sacarosa o edulcorantes sintéticos.

El desarrollo y prueba de un edulcorante sintéticos involucra un procedimiento secuencial cuidadoso. Primero se debe establecer que el nuevo ingrediente no sea tóxico para el consumo humano, que sea estable bajo condiciones normales de manejo y almacenamiento, y que no perjudique los atributos físicos y funcionales de los productos en los cuales se usará; además de las propiedades sensoriales que son muy importantes; así como la apariencia, aroma, textura, sabor y resabio.

El presente estudio tuvo como fin comparar las propiedades de sabor relativo de Aspartame, sacarina de sodio y ciclamato de calcio contra sacarosa en agua estilada; en refrescos sabor limón, naranja y fresa; y en gelatinas de sabor fresa; usando pruebas de comparación pareada y una nueva manera de medir la relación tiempo-intensidad, donde al tiempo se le da un seguimiento continuo por medio de un disco registrador en una carta.

No fue difícil encontrar el dulzor equivalente por comparación pareada para Aspartame en los tres refrescos de diferentes sabores, los valores equivalentes al 10% de sacarosa fueron muy similares en los tres refrescos, la concentración simple fue de 0.07 % de Aspartame.

En la figura 27 se muestran los promedios de las curvas tiempo-intensidad para los cuatro edulcorantes a 22°C. Se obtuvieron curvas similares en solución a 3°C, excepto que el amargor de los edulcorantes artificiales fue significativamente más bajo. El gran amargor y acidez de sacarina y ciclamato comparados con sacarosa fue muy evidente.

En la tabla # 19 se muestra la composición de las bases en polvo usadas para preparar los refrescos y las gelatinas. (49)

Tabla # 19

Composición de las bases secas para preparar refrescos y gelatinas.

Ingredientes	Refrescos (w/w %)		
	Fresa	Naranja	Límón
Acido cítrico	52.36	48.71	69.89
Fosfato monocalcico	43.64	42.35	22.07
Saborizante	00.74	6.61	2.90
Color FD & C	1.49	0.61	0.01
Vitamina C	1.60	1.55	0.81
Vitamina A	0.17	0.17	0.09
Agente enturbiante	---	---	4.23
	Gelatinas (w/w %)		
	Fresa	Naranja	
Grenetina	70.9	70.7	
Acido adípico/fumárico	20.3	20.1	
Citrato de sodio	6.7	6.6	
Saborizante	1.7	2.4	
Colorante	0.4	0.2	

Por los resultados obtenidos en este estudio se puede predecir que la intensidad de sacarosa en estos refrescos puede ser equivalente a 0.06 % de Aspartame y 0.45-0.47 % de ciclamato.

En la figura 28 se ilustra el intervalo típico de respuesta individual de los jueces para ejemplos de gelatinas, todos empezaron al mismo tiempo y aún así se observan diferencias en el sabor inicial y el máximo en cuanto a intensidad; estas diferencias son causadas por variación en la sensibilidad sensorial

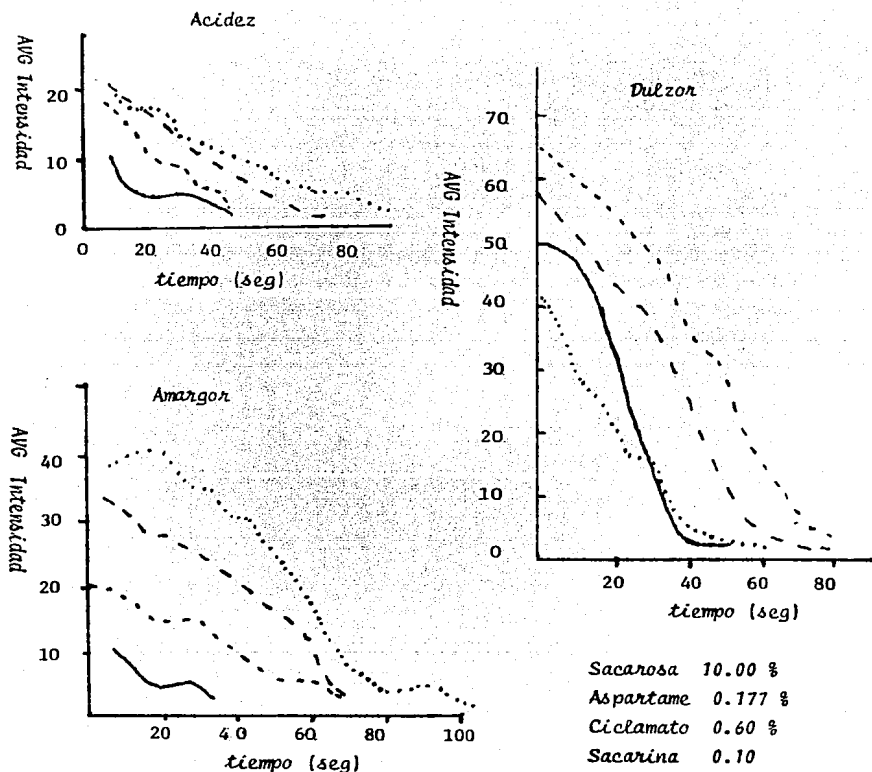


Figura 27. Curvas de tiempo-intensidad acidez, amargor y dulzor de los cuatro edulcorantes en agua destilada a 22°C. (44)

de los estímulos y en la variación del uso de los puntos escalares. Se puede decir que la técnica de tiempo-intensidad descrita para bebidas y gelatinas tiene un potencial considerable para pruebas de atributos sensoriales en una variedad de alimentos y bebidas. En cambio los métodos de comparación pareada pueden ser inapropiados con estímulos que exhiben efectos de enmascaramiento o sinergismo, o estímulos que difieren en más de un parámetro. (49)

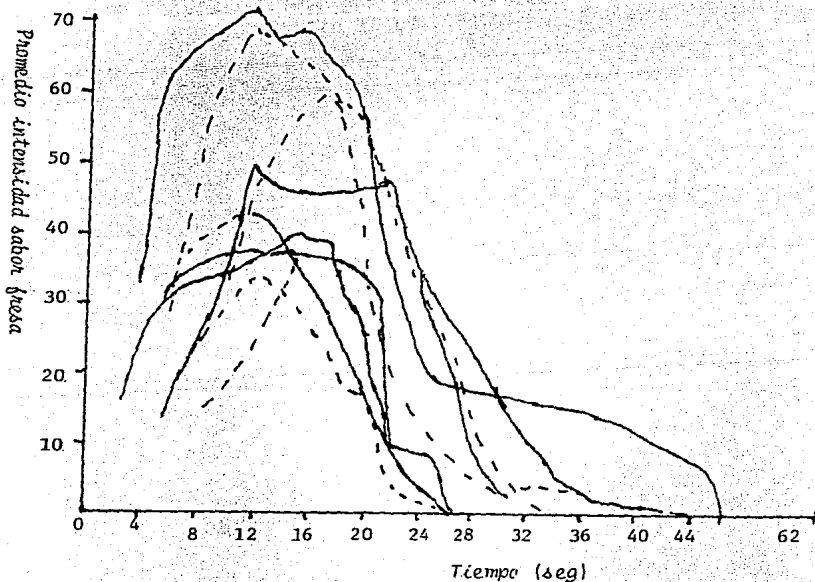


Figura 28. Curvas promedio de tiempo-intensidad para gelatina sabor fresa para cada uno de los diez jueces. ($n=3$) (49)

3.2.4. Evaluación sensorial de refrescos y gelatinas utilizando métodos descriptivos de comparación múltiple.

En este estudio se emplearon dos métodos sensoriales descriptivos de comparación múltiple; se les llama así porque al juez se le presentan tres o más -- muestras codificadas para compararlas entre sí de acuerdo a un atributo que se vaya a medir, éstas pueden ir acompañadas de una muestra control y en este caso la comparación de las demás se hará tomando como referencia la control; pero también puede ser sin la muestra control y en tal caso sólo se ordenarán las muestras de acuerdo a la preferencia.

Los métodos utilizados fueron el "anchored" y el "unanchored" para cuantificar las diferencias en cuanto a aroma, sabor y resabio de cinco productos -- que fueron; tres refrescos sabor fresa, limón y naranja; y dos gelatinas de sabor fresa y naranja.

En ambos métodos, las muestras endulzadas con sacarina de sodio se desviaron más del estándar de sacarosa, las de Aspartame menos y las de ciclamato de -- sodio fueron en un nivel intermedio.

En general los refrescos endulzados con sacarosa o con Aspartame pueden ser -- caracterizados como "sabor dulce claro y limpio" y los endulzados con sacarina y ciclamato como "sabor dulce químico" y "sabor amargo". Las gelatinas que contenían edulcorantes sintéticos generalmente fueron más astringentes, amargas y ácidas, con menor sabor de fresa y fueron significativamente -- menos duras, elásticas y viscosas que las endulzadas con sacarosa.

En el método "anchored" las muestras se presentaron a los jueces junto con -- una muestra estándar de referencia, la cual era un refresco y gelatina endulzados con sacarosa; y así los jueces que eran estudiantes y trabajadores tenían que evaluar el aroma, sabor y resabio en relación a la muestra estándar,

esto se realizó durante tres sesiones, en las otras dos sesiones se utilizó el método "unanchored" el cual variaba del método "anchored" en que a los jueces se les presentaban las muestras de todos los edulcorantes al mismo tiempo y ellos tenían que marcar en una escala de 100 mm de longitud marcada en los extremos con dos palabras "ninguno" y "extremadamente" para calificar los atributos mencionados; en el método "anchored" la escala usada era de 120 mm de longitud y estaba marcada en los extremos con las palabras "menos" y "más" y en el centro "igual a la referencia" . (48)

Se encontraron más diferencias entre los edulcorantes en el método "anchored" y más variabilidad de jueces en el método "unanchored" .

Las ventajas reales y potenciales de un método descriptivo "unanchored" pueden incluir : a) provisión de una medida interna de seriedad en jueces por comparación de la referencia como una muestra ciega; b) provisión de un criterio fijo de comparación para minimizar a la deriva de respuestas con tiempo o comparación con el estándar de memorias erróneas; c) designar bloques incompletos donde las muestras no pueden ser comparadas otra vez con otras, - esto ocasiona un incremento potencial en seguridad, exactitud y confiabilidad; ya que los jueces pueden comparar otra vez el mismo estándar; d) en productos combinados o formulación de los mismos, el método provee una medida rápida de atributos y por lo tanto de ingredientes, los cuales necesitan ser incrementados o disminuidos relativamente para una preferencia fija.

En cambio el método "anchored" es muy conveniente en estudios donde se designa una referencia, esto es por ejemplo cuando se quiere variar una formulación o sustituir algún ingrediente de la misma. (48)

3.3. Industria de Postres.

Aspartame también tiene una aplicación potencial en leches con sabor, donde el azúcar o sacarosa puede ser reemplazado por este edulcorante. La mayoría de estos productos son distribuidos en refrigeración con una etiqueta que dice "consumase antes de" y generalmente tienen de 2 a 3 semanas de vida de -- anaquel, los productos elaborados con Aspartame retienen de lleno el dulzor aceptable, siempre que el pH sea de 7; y con niveles de 0.04-0.06 % de Aspartame se obtendrá un buen dulzor.

Los postres helados (en frío) son otra aplicación para el uso de este edulcorante; estos incluyen helados estandarizados, leches malteadas, helados de -- agua, pudines, gelatinas y yogurt.

3.3.1. Yogurt.

El yogurt es una leche fermentada que a nivel industrial se elabora con leche de vaca, en general muy descremada y a veces enriquecida en extracto seco con adición de leche en polvo, en una proporción alrededor del 2%. Se somete a -- una intensa pasteurización a 85°C durante 30 a 60 segundos. La siembra se realiza por adición del 2 al 5% de un fermento láctico que contenga en igual proporción Lb. bulgaricus y St. thermophilus, y la mezcla se distribuye en los recipientes correspondientes, que se llevan a la estufa a 45°C ; tras 2 a 5 horas la leche se cuaja; y los recipientes se enfrían rápidamente. Según la temperatura de incubación puede obtenerse el predominio de una especie u otra; -- de esta forma es posible conseguir un producto más o menos ácido y más o menos aromático. A este producto se le pueden adicionar extracto de frutas, confituras o aromas naturales para proporcionarle una mejor presentación al consumidor. (2)

El uso de Aspartame para endulzar yogurt es una categoría adicional con el grupo de productos lácteos. Este edulcorante puede ser usado con mezclas de saborizantes en el yogurt sin afectar el valor calórico. Si se reemplaza parte del azúcar que se adiciona al producto, el yogurt se verá incrementado en su contenido de proteínas.

En la tabla # 20 se muestra una formulación típica para yogurt elaborado con Aspartame.

Tabla # 20

Base para yogurt con Aspartame estilo suizo.

Base para yogurt	Cantidades
Leche descremada ^a	378.5 litros
Sólidos de leche no grasos	19.954 Kg
Estabilizante ^b	0.220 Kg
Cultivo para yogurt ^c	cantidad necesaria para 378.5 litros.
<u>Producto terminado.</u>	
Base de yogurt	99.88 %
Aspartame	0.07 %
Saborizante	lo suficiente
Colorante	lo suficiente

^a 8.5 - 9.0 % de sólidos.

^b gelatina de 225 grados Bloom

^c Lactobacillus bulgaricus y Streptococcus thermophilus en una proporción de 1 : 1

3.3.2 Helados de agua (sorbete)

La reducción substancial del contenido de sacarosa en helados de bajas calorías, establece la necesidad de encontrar sustancias que reemplacen a la sacarosa en todas o casi todas las propiedades que ésta proporciona al producto, de entre las cuales se pueden mencionar : dulzor, cuerpo, textura, volumen, característica de disminución del punto de congelación y habilidad para mezclar y resaltar sabores.

La principal diferencia entre la nieve y el sorbete es que la segunda contiene sólidos lácteos, además la nieve es fría y no presenta una textura suave. El concepto de sorbete involucra postres frescos, dulces y ácidos que se saborean con naranja, piña, limón o lima.

El sorbete de frutas deberá contener el doble de sólidos edulcorantes que el helado de crema, aproximadamente de 28 - 35 % del peso total. Una parte de -- estos sólidos siempre serán a base de dextrosa, glucosa o sólidos de maíz. -- Además deberá contener de 1-2 % de grasa láctea, de 30-40 % de overun y no más del 5 % en peso del total de sólidos lácteos.

En los sorbetes y nieves se puede utilizar la dextrosa para constituir arriba del 25 % de los edulcorantes totales y debido a que retarda el punto de congelación, si se emplea en cantidades excesivas puede dar origen a productos muy suaves, de buen sabor y más fríos al degustarlos.

Dependiendo del tipo de fruta utilizada, la nieve y el sorbete deben contener como mínimo un 2 % en peso de frutas cítricas, un 6 % de frutas como fresa, - cereza o zarzamora o bien un 10 % de otras frutas.

Si se desean productos más firmes, masticables o viscosos, se debe utilizar la glucosa de maíz. Mientras más edulcorantes provenientes del maíz se utilizan, los productos terminados tendrán mejor cuerpo y textura. (75)

Para poder determinar cual sería el mejor sustituto de la sacarosa en una -- formulación de sorbete estándar, se llevó a cabo un estudio en el cual se -- formuló un sorbete sabor naranja con el edulcorante artificial Aspartame, pe -- no de tal manera que el empleo de este edulcorante no afectara las caracte -- rísticas del producto original.

Primero se evaluaron sorbetes de sabor naranja de marcas comerciales que con -- tenían varios estabilizantes, para esto se utilizó un grupo de jueces que se -- leccionaron la muestra de mejor sabor para utilizarla como muestra estándar. Se elaboraron tres formulaciones diferentes para sorbetes.

La preparación y el método de congelación fue el mismo para todas las formula -- ciones de los sorbetes sabor naranja. (55)

Tabla # 21

Fórmula base para el control del sorbete y una fórmula de ensayo para Aspartame. (55)

Ingredientes	Base control sorbete		Base ensayo sorbete	
	Fórmula C	APM 3	Fórmula C	APM 3
	g	% S.T.	g	% S.T.
Sacarosa	750.0	16.57	--	---
Sólidos de jarabe de maíz	458.7	9.77	--	---
Dextrosa	---	---	803.1	17.75
Aspartame	---	---	2.0	0.05
Estabilizante A ^a	19.5	0.4	29.3	0.6
Agua	2449.0	---	2839.0	---
Mezcla de helado	795.5	6.65	795.5	6.65
Sabor de naranja	18.0	0.1	19.5	0.1
Acido cítrico	22.6	0.5	24.0	0.5
Color naranja	13.0	---	12.5	---
		33.9		25.65

^a Estabilizante del sorbete proveniente de la Gemco brand, Germantown Manufacturing Company.

El procedimiento de preparación involucra una pasteurización de la base del sorbete, enfriamiento, adición de los ingredientes restantes, congelación -- del sorbete, vaciado dentro de recipientes de cartón de 1/2 gal. y endurecimiento por un mínimo de 24 horas antes de la evaluación del sabor.

La base del sorbete consistió de agua, agente edulcorante y estabilizante, -- estos últimos se pesaron para completar 0.5 g de ambos y se mezclaron; el -- agua se pasteurizó a 71°C por 30 min. con agitación continua, se enfriaron a 1.1°C por 24 horas. Debido a que el Aspartame se hidroliza a altas temperaturas provocando la pérdida del dulzor, Este se incorporó después de la pasteurización, y como es más soluble a bajo pH pero menos estable, Este fue di--suelto en una solución al 50 % de ácido cítrico un poco antes del congela--miento.

Se analizaron sensorialmente diferentes formulaciones de sorbete con Aspartame y varios estabilizantes, estos últimos fueron arabinogalactosa, carragenina, goma guar, goma arábiga, goma tragacanto, celulosa purificada, celulosa microcristalina y goma xantana. (55)

En la figura 29 se muestra la escala y los resultados de la evaluación del -- perfil de textura, comparando una formulación ideal, la control y la que se -- formuló con Aspartame y con estabilizante normal del sorbete.

En la figura 30 también se muestran los resultados del perfil de textura com--parando las formulaciones: ideal y dos con Aspartame, una que contenía goma -- de algarroba y carragenina (APM 14) y la otra contenía goma xantana (APM 18); ambas formulaciones además contenían el estabilizante normal usado para sorbete.

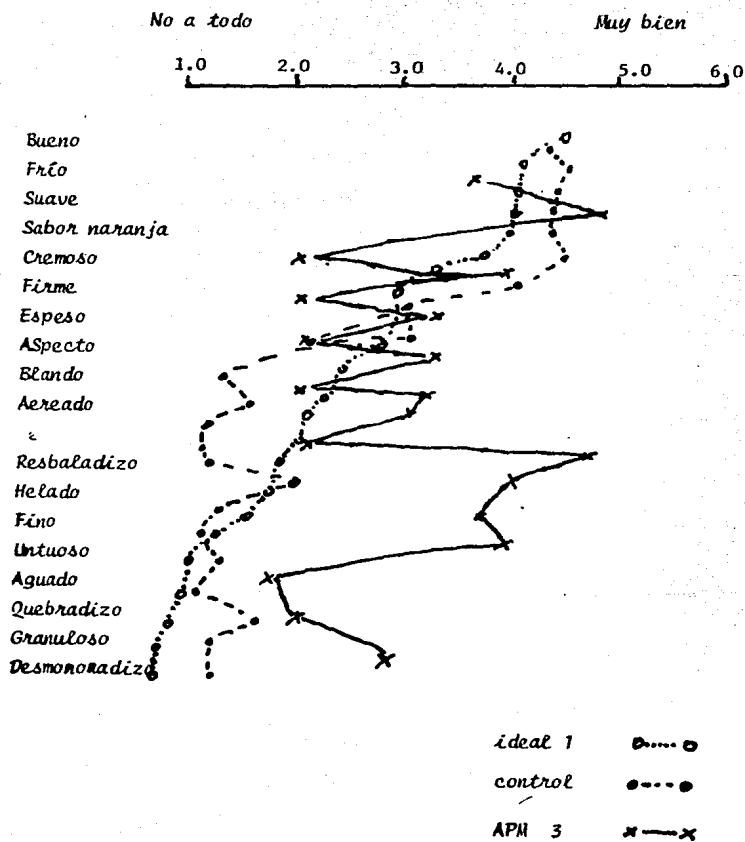


Figura 29. Comparación del perfil de textura para sorbete de naranja: ideal 1 APM 3 y el control.

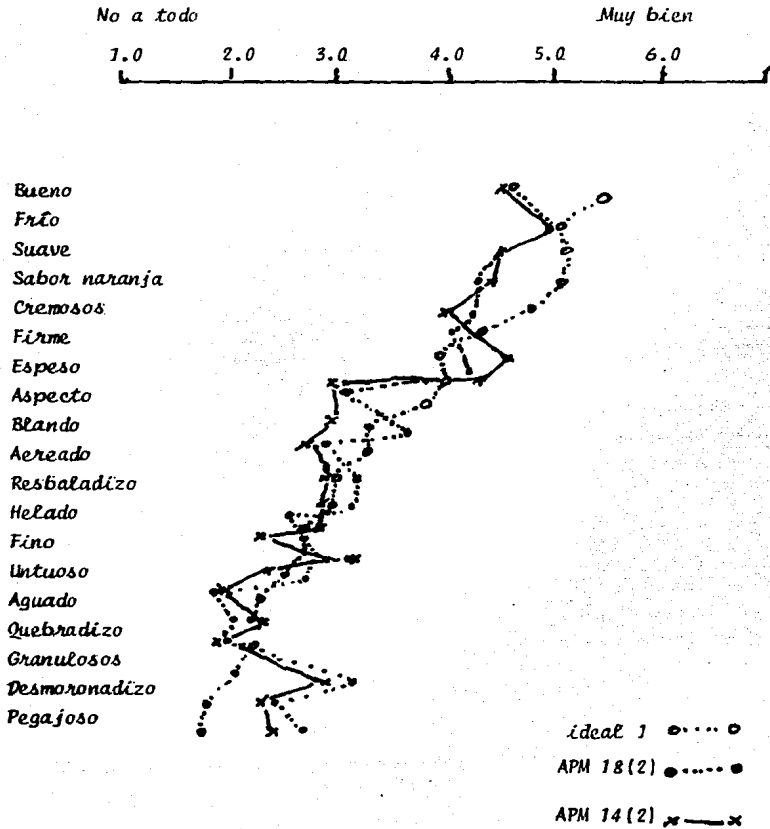


Figura 30. Comparación del perfil de textura para sorbete de naranja: ideal 1, APM 14 y APM 18

Con los sabores de naranja usados no se notó sinérgismo o potenciación en --
conjunción con Aspartame.

El perfil de textura de la formulación de Aspartame APM 3 que contenía 19.5g
de saborizante no tuvo diferencia significativa con la muestra control de --
sorbete el cual contenía 18g de saborizante.

Según los resultados obtenidos se encontró que la nieve de agua (sorbete) --
igual en conveniencia a la muestra estándar comercial fue producido con --
37.5 % del dulzor derivado de Aspartame usando goma xantana o una combina--
ción de carragenina y goma de algarroba como estabilizantes. (55)

3.3.3. Pudines y gelatinas.

En los pudines y gelatinas es muy sencillo incorporar en su formulación o --
sustituir totalmente la sacarosa por este edulcorante, ya que la elaboración
consiste solamente en una mezcla de los ingredientes en polvo y para su pre-
paración no se necesita un tratamiento térmico drástico; y sin embargo el --
producto adquiere ventajas muy favorables para cierto sector de la población,
como son : bajo valor calórico y al no contener sacarosa no incrementará el
nivel de glucosa en la sangre.

Los pudines endulzados con Aspartame contienen aproximadamente 70 % menos -
calorías que los convencionales, y en las gelatinas ha sido reducido a un --
90 % .

Para compensar el volumen de sacarosa que se esta reduciendo al emplear As--
partame, se puede usar polydextrosa, el cual es un aditivo que incrementa el
porcentaje de sólidos en la formulación, y también proporciona un bajo valor
calórico y no es sensible al calor. (8) (42)

Tabla # 22

Formulación de mezcla seca para gelatina (42)

Ingredientes	Porcentaje (% en peso)
Grenetina (225 grados Bloom)	67.90
Acido adípico	17.00
Acido fumárico	1.40
Citrato de sodio	6.40
Aspartame	3.80
Saborizante	lo suficiente
Colorante	lo suficiente

Preparación del producto: en un recipiente disolver 12 g de la mezcla en una taza de agua caliente y mezclar, después adicionar una taza de agua fría y --mezclar; colocar en el molde y meter al refrigerador para que cuaje. El contenido de energía es 12 - 13 % del producto endulzado con sacarosa.

Tabla # 23

Formulación de la mezcla seca para la preparación de un pudín sabor chocolate. (42)

Ingredientes	Porcentaje (% en peso)
Almidón de maíz	54.31
Almidón de maíz modificado	23.05
Aspartame	15.00
Sal	2.00
Polvo de algarrobo	1.35
Colorante	0.60
Saborizante	lo suficiente

Preparación del producto : colocar 28 g de la mezcla junto con dos tazas de leche en un recipiente, calentar hasta ebullición, retirar y colocar en moldes para dejar enfriar. El contenido de energía es aproximadamente 50 % del del producto endulzado con sacarosa.

3.4. Industria de Cereales.

Aspartame puede ser usado para reemplazar toda o parte de la sacarosa que se adiciona a los cereales. Al agregar este edulcorante se puede incrementar la cantidad de grano en la caja, esto es porque se necesita menor cantidad de -- Este para endulzar la misma proporción de grano que antes se endulzaba con -- mucha mayor cantidad de sacarosa y de esta manera se aumenta la cantidad del grano que debe ir en el paquete. El contenido de energía no es reducido ya -- que la mayor parte es proporcionada por el cereal. Aspartame puede ser incorporado al cereal antes de secarlo o mezclado con azúcar y espolvoreado sobre la superficie del cereal.

Así un cereal para el desayuno puede ser preendulzado por una cubierta com---; puesta de una lechada de proteína con Aspartame y posteriormente llevarlo a -- secar.

Esto se llevo a cabo de la siguiente manera : una lecha de 100g de proteína - de soya hidrolizada aislada en 150g de agua, fue tratada con Aspartame a una concentración de 1.3g/60g y rociada sobre 600g de cereal base hinchado y seco; posteriormente se secó con aire caliente a 180°C por 10 minutos. El cereal obtenido tuvo un sabor dulce sin nada de amargor o acidez, cualidades asociadas normalmente a las proteínas. (34)

3.5 Industria de Confitería.

El uso de Aspartame en el área de la confitería es muy prometedor ya que -- existe una gran variedad de dulces, chocolates, chiclosos, chicles, etc don de puede emplearse.

En las confituras que contienen una gran proporción de sacarosa el reemplazo total de ésta sin un agente que incremente el volumen convenientemente es -- improbable. Sin embargo existen ciertos dulces en los que se puede emplear - Aspartame satisfactoriamente.

Por ejemplo en la goma de mascar la estabilidad del dulzor es debida a la ca pa de Aspartame que cubre la superficie de ésta, en una cantidad de 0.025 -- a 0.058 % en peso.

Así la base de goma de mascar con un 20 - 30 %, el glicerol de 0.3-5.0 % , - sorbitol 68 - 80 % y el sabor de menta verde 0.8 - 2.0 % en peso, son mezcla dos para formar una masa uniforme de goma de mascar, la cual es extruída en laminillas. La laminilla es envuelta con Aspartame a 0.025-0.029 % en peso, por medio de un procedimiento estándar, dando una goma de mascar con un dul zor estable. Esto se verificó con un estudio que se realizó con muestras con trol donde el Aspartame se incorporó dentro de la mezcla de la goma de mas-- car. El nivel de Aspartame en las muestras tratadas por la superficie no pre sentó cambios durante el almacenamiento, mientras que en las muestras control disminuyó en un 64 % (de 0.146 % a 0.053 %) . (37)

Además de endulzar el Aspartame se puede usar en los dulces para resaltar sa bores frutales, y así el sabor y dulzor se pueden prolongar en una goma de - mascar hasta 30 minutos contra 5 - 6 minutos que dura normalmente. (14)

En la goma de mascar parte del azúcar se reemplaza por sorbitol esto es para

que el volumen se conserve. (42)

Entre otras aplicaciones para Aspartame se pueden mencionar: relleno de crema, glases, gomas, jaleas, preserves y rellenos de frutas.

Otra categoría de productos para el uso de Aspartame son las conservas, aunque para esta aplicación se tendría que usar un agente encrespante para reemplazar lo que provee la sacarosa.

Aunque permanecen todavía algunos problemas tecnológicos para el empleo de -- Aspartame en varias categorías de alimentos, muchos pueden ser controlados -- por medio de balancear las diferentes condiciones de proceso para conseguir la estabilidad requerida, o por mantener el pH y el contenido de humedad necesarios.

Aspartame puede ayudar a los productores de alimentos a explotar una de las - mayores tendencias en el mercado actual de alimentos, la cual es " alimentos ligeros ", o sea con un bajo valor calórico. Aunque no hay un sustituto general para la sacarosa y otros edulcorantes que sean carbohidratos; este edulcorante puede proporcionar muchas oportunidades para la formulación de nuevos productos.

La formulación de productos elaborados con Aspartame no es una simple sustitución de un edulcorante por otro, ya que requiere una reformulación y una evaluación objetiva.

3.6. Aspectos legislativos del Aspartame

El Aspartame fue aprobado por primera vez en 1974 por la FDA para su aplicación en la Industria Alimentaria como aditivo ; pero dicha aprobación posteriormente fue aplazada debido a la serie de objeciones formales que recibió - la FDA por parte de diferentes Instituciones, dichas objeciones tenían como -

base los posibles efectos tóxicos de los constituyentes aminoácidos y de los productos de descomposición del Aspartame cuando lo ingerían en altas cantidades los animales de laboratorio; alegando que este edulcorante representaba alto riesgo para el público en general ya que entre otros se mencionaban : -- cáncer en el cerebro, potencial de nitrosación del Aspartame y/o dicetopiperazina, riesgos para niños incluyendo daño en el cerebro, riesgo para los fenilcetonúricos y riesgo de la producción de alcohol metílico para el feto y la mujer embarazada ; por lo cual la FDA (Foods Drugs Administration) designó una comisión científica de investigación y un auditorio científico que verificará la autenticidad de los estudios toxicológicos realizados .

Según lo cual la FDA concluyó que el Aspartame era seguro y el aplazo de la -
regulación original fue retirado en octubre de 1981.

El Aspartame fue también aprobado en Canadá en 1981 para usarse como edulcorante en una variedad de productos alimenticios y también en bebidas carbonatadas.

Para determinar la seguridad del Aspartame, se hicieron varios estimados de -
los niveles de consumo (FDA 1981). Así se determinó que el nivel de consumo estimado para el 99 % de la población sería menor de 34 mg/Kg de peso corporal por día. De esto la ingesta diaria aceptable fue fijada a 50 mg/Kg de peso ---
corporal. Cuando fue aprobado este edulcorante el mínimo admisible para niños de 2 a 4 años de edad fue de 12 mg/Kg peso corporal/día y 24 mg/Kg peso corporal/día respectivamente.

En julio de 1983 la FDA aprobó una petición subsiguiente para el uso de Aspartame en bebidas carbonatadas y los jarabes usados para dichas bebidas.

Se presentaron nuevas objeciones para esta aprobación, alegando varias causas concernientes a la seguridad y se reabrió un aplazo a dicha aprobación. --

Después de una cuidadosa revisión de la seguridad específica sobre bebidas carbonatadas y sobre dicha objeción, los comisionados de la FDA derogaron el aplazo propuesto, diciendo que " las objeciones presentadas no proveen evidencia de que el Aspartame ocasione un riesgo a la salud pública y represente un arma potencial tóxica, por usarse en bebidas carbonatadas, por lo que no se autoriza el aplazo a la aprobación de dicho edulcorante ".

Con respecto a la aprobación del Aspartame para uso como aditivo la Comisión de la FDA comentó que " pocos compuestos has soportado tantas pruebas tan detalladas y repetidas sobre su seguridad, por lo que cerrado el escrutinio y el proceso a través del cual se indica que el Aspartame ha sido llevado al público con una confianza plena de esta seguridad " . [21][22][25][47][79].

La aprobación del uso de Aspartame como edulcorante en México esta basada en la aprobación de la FDA, debido a que apenas se empieza a promover la investigación acerca de los efectos toxicológicos que pueda tener este edulcorante en la población mexicana.

4. CONCLUSIONES

Pienso que mediante la información recopilada en este trabajo sería posible facilitar la investigación de los científicos que tengan a su cargo la aplicación de este edulcorante en productos alimenticios ; dado que se ha pretendido recopilar la información más concreta y objetiva que pueda ser utilizada en un momento dado como referencia de consulta.

La definición de productos elaborados con Aspartame deberá de ser estudiada cuidadosamente antes de ser lanzada al mercado, ya que se deben considerar los aspectos de aceptación del producto, costo, estabilidad, evaluación toxicológica ; así como el emplear un programa adecuado de publicidad y difusión que permita a la población consumidora conocer las ventajas del edulcorante así como la inocuidad al ingerirlo en un alimento procesado.

Sería conveniente estudiar otras alternativas de uso en los productos alimenticios de las ya existentes en el mercado, ya que si la difusión es adecuada, la población que padece obesidad y Diabetes mellitus consumirá estos productos sin temor y a su vez la demanda de este edulcorante aumentará.

En el área de la confitería este edulcorante tiene grandes perspectivas de uso y de aceptación, debido a que los niños podrán consumir los dulces, chicles, chiclosos, etc; sin peligro de aumentar la incidencia de caries y esto también favorece que aumente la población que permita a sus hijos consumir estas golosinas sin preocuparse.

Es importante señalar que el Aspartame es de los pocos edulcorantes artificiales, si no es que el único hasta ahora que se considera nutritivo, debido a su composición química y su facilidad de metabolizarlo en los organismos.

Sería necesario asimismo, el utilizar la información acerca de la legislación

existente en otros países, así como la evaluación toxicológica de referencia en este trabajo para tener elementos y diseños experimentales que permitan la normalización de este producto en México para sus diversas aplicaciones en la Industria Alimentaria, de acuerdo a estándares de uso que sean reglamentados.

Por otra parte sería factible, cuando la demanda de Aspartame sea lo suficientemente grande en México, que se realizará un estudio de la síntesis del ácido aspártico y la obtención de la fenilalanina, para poder posteriormente sintetizar el Aspartame y de esta manera reducir el costo de éste, ya que actualmente su precio es muy alto debido a que es un producto de importación y su precio está cotizado en dólares.

En la revista Scientific American de julio de 1987, señalan que aunque Aspartame puede ser inocuo en dosis diarias normales permitidas por la FDA, si se llega a abusar de éste se pueden tener efectos dañinos en el organismo.

5. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Abner Salant. NONNUTRITIVE SWEETENERS in T.E. Furia (ed) Handbook of --
Food Aditives
- 2.- Alais Charles. CIENCIA DE LA LECHE. Compañía Editorial Continental, S.A.
México 1980 pp. 41-48
- 3.- Alfano Michel C. NUTRITION, SWEETENERS AND DENTAL CRIES. *Food Technology*
34 (11) 70-74 (1980)
- 4.- Alkonis Justin J. CANDY TECHNOLOGY. AVI Publishing Co. Connecticut 1979
pp. 6 - 14
- 5.- Amihud Kramer y B.A. Twigg. QUALITY CONTROL FOR THE FOOD INDUSTRY. AVI --
Publishing Co. Connecticut 1970 (1)
- 6.- Andrés C.L. SWEETENERS OUT LOOK. *Food Processing* (34) dic. (1974)
- 7.- Anónimo. I DOLCIFICANTI SINTETICI *
- 8.- Anónimo. REDUCED CALORIE DESSERT MADE WITH ASPARTAME AND POLYDEXTROSE. --
Food Processing july 21-22 (1983)
- 9.- Anónimo. SUGAR : FACT AND FICTION
- 10.- Applebaum Arnold E. y M.W. Finkelstein. ASPARTATE-INDUCED NEUROTOXICITY -
IN INFANT MICE in ASPARTAME : *Physiology and Biochemistry*. Marcel Dekker
Inc. New York (1984)
- 11.- Arnold D.L., D.Kreske, I.C.Munro. SACHARIN : A TOXICOLOGICAL AND HISTORICAL
PERSPECTIVE. *Toxicology* 27 (3-4) 179-256 (1983)
- 12.- Baccalini Gianmarco. CHIMICA FINE, CHIMICA DOLCE: I'ASPARTAME. General --
Manager Chemical Division. Pierrel S.p.A. Milano. *
- 13.- Badui Dergal Salvador. QUIMICA DE LOS ALIMENTOS. ALHAMBRA México 1982 --
pp. 45,63,71-75
- 14.- Badoin Ruth y B.M. Korschgen. INTENSIFICACION OF FRUIT-FLAVORS BY ASPARTA

- ME. *Journal of Food Science* 44(3) 938-939 (1979)
- 15.- Beck Charles I. SWEETNESS, CHARACTER AND APPLICATIONS OF ASPARTIC ACID-BASED SWEETENERS. in *Symposium Sweeteners*. AVI Publishing Co. Connecticut 1974.
 - 16.- Beck Karl M. SYNTHETIC SWEETENERS: PAST, PRESENT AND FUTURE. in *Symposium Sweeteners*. AVI Publishing Co. Connecticut 1974.
 - 17.- Beidler Lloyd M. BIOPHYSICS OF SWEETENERS. In *Symposium Sweeteners*. AVI Publishing Co. Connecticut 1974
 - 18.- Bowen William H. ROLE OF SUGARS AND OTHER SWEETENERS IN DENTAL CARRIES in ASPARTAME; *Physiology and Biochemistry*. Marcel Dekker Inc. 1984
 - 19.- Braverman J.B.S. BIOQUIMICA DE LOS ALIMENTOS. *El Manual Moderno*. México 1980. pp. 103,122
 - 20.- Carreño Ortíz Hugo. EDULCORANTES. *Industria Alimentaria* 1(8,9) 26-27 (1979)
 - 21.- Ciranni Signoretti E. y A. DELL'UTRI ASPARTAME DETERMINAZIONE DELLE SPECIFICHE DI QUALITÀ AL FINE DELL'INOLUZIONE DELLA MONOGRAFIA IN FARMACOEPIA UFFICIALE. *Lab. ESTISAN* dic. 1-37 1982/85
 - 22.- Code of Federal Regulations. 21 Food and Drugs Parts 100 a 199. Office of the Federal Register National Archives.
 - 23.- Cruccas Damiano e Giovanni Pantini. LA L-FENILALANINA *
 - 24.- Doty Theodore E. y Esko Vanninen. CRYSTALLINE FRUCTOSE: USE AS FOOD INGREDIENT EXPECTED TO INCREASE. *Food Technology* (11) 34-38 (1975)
 - 25.- Dziejak D. Judie. SPECIAL REPORT: SWEETENERS AND PRODUCT DEVELOPMENT. -- *Food Technology* (1) 112-130 (1986)
 - 26.- Emodi Alexander. XYLITOL. ITS PROPERTIES AND FOOD APPLICATIONS. *Food Technology* (1) 28-32 (1978)
 - 27.- Fabre René, R. Truhaut, M.G. Poyeux. COMPENDIO DE TOXICOLOGIA. *Universidad -- Central de Venezuela*. (1) 1962 pp. 303-310

- 28.- *Federal Register* 48 (132) RULES AND REGULATIONS (1983)
- 29.- Fennema Owen R. *FOOD CHEMISTRY* Marcel Dekker, Inc. New York 1985
- 30.- Folleto de Azúcar S.A. México 1984.
- 31.- Folleto de la Hoechst Aktiengesellschaft (editor) ACESULFAM K. HOECHST A NEW NON NUTRITIVE SWEETENERS. *Lebensmittelzusatzstoffe*. 1984
- 32.- Folleto de Hoechst. SUNETT PURE SWEETNESS . Frankfurt Alemania 1984.
- 33.- *Food Chemicals Codex*. National Academy Press. Third edition. Washington D.C. 1981
- 34.- Gajewski Robert J. CEREAL PRESWEETENED WITH ASPARTAME. General Mills Inc. U.S. 4, 378, 377 marzo 1983.
- 35.- Gamong William F. *FISIOLOGIA MEDICA*. EL MANUAL MODERNO, S.A. 8 ed. México 1982. pp. 383
- 36.- Gene Bylinsky. THE BOTTLE FOR AMERICA'S SWEET TOOTH. *Fortune* july 28-31 1982.
- 37.- Glass Michael y Cea Theresa. ASPARTAME SWEETENED CHEWING GUM OF IMPROVED SWEETNESS STABILITY. Warner-Lambert Co. U.S. 4, 374, 858 feb. 1983
- 38.- Harper Alfred E. PHENYLALANINE METABOLISM. in *ASPARTAME: Physiology and Biochemistry*. Marcel Dekker Inc. New York 1984
- 39.- Harper Alfred E. y D.A.Gans CLAIMS OF ANTISOCIAL BEHAVIOR FROM CONSUMPTION OF SUGAR: AN ASESMENT. *Food Technology* 40(1) 142-149 (1986)
- 40.- Hemphill Gary. SWEETENERS SPARK FURTHER SEGMENTATION. HBJ Publication. Beverage Industry june 1-12 (1983)
- 41.- Homler Barry E. PROPERTIES AND STABILITY OF ASPARTAME. *Food Technology* - (38) 7 50-55 (1984)
- 42.- Homler Barry E. ASPARTAME: IMPLICATIONS FOR THE FOOD SCIENTIST. in *ASPARTAME: Physiology and Biochemistry*. Marcel Dekker Inc. New York 1984

- 43.- Honig Pieter. PRINCIPIOS DE TECNOLOGIA AZUCARERA. *Compañía Editorial Continental S.A. México 1974 pp. 43-72*
- 44.- Horn Harold. EVALUATING SWEETNESS *Food Product Development. 29-36, 57, 58*
- 45.- Horwitz David L. ASPARTAME USE BY PERSONS WITH DIABETES. *In ASPARTAME: Physiology and Biochemistry. Marcel Dekker Inc. New York 1984*
- 46.- Hussein M.M. y R.P. D'Amelia, A.L. Manz, H. Jacin y W.T.C. Chen. DETERMINATION OF REACTIVITY OF ASPARTAME WITH FLAVOR ALDEHYDES BY GAS CHROMATOGRAPHY, HPLC. AND G.P.C. *Journal of Food Science (49) 521-525 (1984)*
- 47.- Inglett G.E. SWEETENERS - A REVIEW *Food Technology (3) 37-41 (1981)*
- 48.- Larson Powers Nancy y Rose Marie Pangborn. DESCRIPTIVE ANALYSIS OF THE SENSORY PROPERTIES OF BEVERAGES AND GELATINS CONTAINING SUCROSE OR SYNTHETIC SWEETENERS. *Journal of Food Science (43) 47-51 (1978)*
- 49.- Larson Powers Nancy y Rose Marie Pangborn. PAIRED COMPARISON AND TIME-INTENSITY MEASUREMENTS OF THE SENSORY PROPERTIES OF BEVERAGES AND GELATINS CONTAINING SUCROSE OR SYNTHETIC SWEETENERS. *Journal of Food Science (43) 41-47 (1978)*
- 50.- Lawrie R.A. CIENCIA DE LA CARNE. *Acribia. España 1967. pp. 245-256*
- 51.- Lee Frank A. BASIC FOOD CHEMISTRY. *AVI Publishing Co. Connecticut 1975*
- 52.- Leprohon E. Greenwood Carol y G.H. Anderson. AN OVERVIEW OF THE MECHANISMS BY WHICH DIET AFFECTS BRAIN FUNCTION. *Food Technology 40(1) 132-138 (1986)*
- 53.- Leveille Gilbert A. THE HIGH-SUGAR FOODS CONTROVERSY. *Food Technology 34 (1) 75-76 (1980)*
- 54.- López Munguía Agustín y A. Valdivia L. SUSTITUCION PARCIAL DE SACAROSA EN BEBIDAS REFRESCANTES CON EDULCORANTES DE BAJO CONTENIDO CALORICO. *--- Tecnología de Alimentos 20 (6) 11-16 (1985)*

- 55.- Mc. Pherson A. Barbara, L.A. Mc Gill y F.W. Bodyfelt. EFFECT OF STABILIZING AGENTS AND ASPARTAME ON THE SENSORY PROPERTIES OF ORANGE SHERBET. *Journal of Food Science* (43) 935-939 (1978).
- 56.- Man John M. de PRINCIPLES OF FOOD CHEMISTRY. AVI Publishing Co. Connecticut 1979.
- 57.- Martir W. David, V.W. Rodwell y P.A. Mayes. BIOQUIMICA DE HARPER. El Manual Moderno S.A. de C.V. México pp. 181, 183
- 58.- Martínez Rubalcaba Eric. V. ALGUNOS ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA INDUSTRIA DE SABORIZANTES. Tesis U.N.A.M. Fac. de Química 1979.
- 59.- Matthewa David M. ABSORPTION OF PEPTIDES AMINO ACIDS, AND THEIR METHYLATED DERIVATIVES in ASPARTAME: Physiology and Biochemistry. Marcel Dekker: Inc. 1984
- 60.- Maynard A. Amerine, Rose Marie Pangborn y E.B. Rossler. PRINCIPLES OF -- SENSORY EVALUATION OF FOOD. Academic Press 1965
- 61.- Mazur Robert H. DISCOVERY OF ASPARTAME in ASPARTAME : Physiology and Biochemistry. Marcel Dekker Inc. New York 1984
- 62.- Mazur Robert H. y James M. Schlater, A.H. Goldkamp. STRUCTURE-TASTE RELATIONSHIPS OF SOME DIPEPTIDES. *Journal of the American Chemical Society* (91) 10 2684-2691 (1969)
- 63.- Meyers Frederick H., E. Jawetz y A. Goldfien. REVIEW OF MEDICAL PHARMACOLOGY 7th edition LANGE Medical Publications. California 1980 pp. 249 y 681
- 64.- Miflora Miñoza-Gatchalian SENSORY EVALUATION METHODS WITH STATISTICAL -- ANALYSIS. College of Home Economics University of the Philippines. 1981
- 65.- Molinary Samuel V. PRECLINICAL STUDIES OF ASPARTAME IN NONPRIMATE ANIMALS in ASPARTAME: Physiology and Biochemistry. Marcel Dekker Inc. New York 1984.
- 66.- Morris C.E. y A. Przybyla CYCLAMATE: SPECIAL REPORT. *Food Engineering* 57(11) 68 - 75 (1985)

- 67.- Nickerson T.A. WHY USE LACTOSE AND ITS DERIVATIVES IN FOOD ? *Food Technology* 32 (1) 40-46 (1978)
- 68.- Newbrun Ernest. SUGAR AND DENTAL CARIES. A REVIEW OF HUMAN STUDIES. -- *Science* 217 (4558) 418-423 (1982)
- 69.- Newton J.M. y E.K. Wardrip HIGH-FRUCTOSE CORN SYRUP in *Symposium Sweeteners* AVI Publishing Co. Connecticut 1974 pp. 87-96
- 70.- Norma Oficial Mexicana. AZUCAR REFINADA NOM F-3-5 1980 D.G.N.
- 71.- Norma Oficial Mexicana. GLUCOSA DE MAIZ NOM F-5 1983 D.G.N.
- 72.- Nutrasweet. ASPARTAME ACCEPTED BY FDA. *Food Technology* (9) 126 (1981)
- 73.- Pangborn Rose Marie. SENSORY PERCEPTION OF SWEETNESS in *Symposium Sweeteners*. AVI Publishing Co. Connecticut 1974
- 74.- Pantarotto C, M. Saloma y S. Garattini. PLASMA KINETICS AND URINARY ELIMINATION OF SACCHARIN IN MAN. *Toxicol. Lett.* 9 (4) 367-371 (1981)
- 75.- Pérez González Jorge A. PANORAMA GENERAL DE LA INDUSTRIA DE LOS HELADOS Tesis U.N.A.M. Fac. de Química 1986.
- 76.- Potter Norman N. LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS. EDUTEX México 1973pp.678,680
- 77.- Reference File. CORN SYRUP SWEETENERS. *Food Processing* July 22-26 (1978)
- 78.- Resumen de la Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. SPECIFICATIONS FOR IDENTITY AND PURITY. Genova marzo-abril 1981
- 79.- Rosetta L. SWEETENERS: NUTRITIVE AND NON-NUTRITIVE. *Food Technology* (8) 196-206 (1986)
- 80.- Samudsen J.A. HAS ASPARTAME AN AFTERTASTE ? *Journal of Food Science* (50) 1510 (1985)
- 81.- Shinoda Ichizo y Hides Okai. SWEETNESS AND BITTERNESS CONTRIBUTIONS OF - STRUCTURAL UNITS OF ASPARTAME AND SOME ANALOGUES. *Journal Agric. Food Chem.* (33) 792-795 (1985)