

56



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

“RIESGO-BENEFICIO DE LOS SUSTITUTOS DE GRASA”

TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICA DE ALIMENTOS
P R E S E N T A
ELSA MARIA REYES TORRES



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D.F.



2002

**EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado Asignado

Presidente	Dr. Pedro Valle Vega
Vocal	M. en C. Francisco Javier Casillas Gómez
Secretario	I.Q. Miguel Angel Hidalgo Torres
Suplente 1	M. en C. Lucía Cornejo Barrera
Suplente 2	Dr. Arturo Navarro Ocaña

**Trabajo realizado en la Facultad de Química, U.N.A.M.
Ciudad Universitaria México D.F.**

Dr. Pedro Valle Vega



Elsa María Reyes Torres



**Con todo mi cariño
a ti mami y a ti hermana.**

A ti Pedro.

A todos ustedes amigos y profesores.

Gracias.

INDICE

	Página
JUSTIFICACION	
RESUMEN	1
OBJETIVO	2
INTRODUCCION	3
CAPITULO 1: INTRODUCCION A LOS LIPIDOS	
1.1 Características Generales	4
1.2 Aspectos Nutricionales y Funcionales de los Lípidos	6
1.3 Tipos de Lípidos	7
1.4 Usos de los Aceites	9
1.5 Digestión y Absorción en el humano	10
CAPITULO 2: LOS SUSTITUTOS DE GRASA	
2.1 Clasificación	14
CAPITULO 3: SUSTITUTOS DE GRASA BASE CARBOHIDRATOS	
3.1 Gomas	16
3.1.1 Goma arábica	18
3.1.2 Goma guar	19
3.1.3 Goma tragacanto	20
3.1.4 Goma xantana	21
3.1.5 Goma algarrobo	21
3.1.6 Gomas provenientes de síntesis microbiana: Dextrano y Xantano	22
3.1.7 Gomas provenientes de algas	
3.1.7.1 Carrageninas	23
3.1.7.2 Agar	24
3.1.7.3 Alginatos	24
3.1.8 Gomas de origen vegetal	
3.1.8.1 La pectina como Sustituto de Grasa	25
3.1.8.2 Celulosa	26
3.2 Almidones	30
3.2.1 Sustitutos de Grasa Base Almidones Modificados	31
3.3 Maltodextrinas	32
3.4 Polidextrosas	37
3.5 Hidrolizado de Avena	39
3.6 Emulsificantes	41
CAPITULO 4: SUSTITUTOS DE GRASA BASE PROTEINA	
4.1 Características generales	43
4.2 Las proteínas como sustitutos de grasa	44
4.3 Tipos de sustitutos base proteína	
4.3.1 Proteína de leche, huevo y suero de leche	45
4.3.1.1 Aplicaciones	45
4.3.2 Proteína de leche y huevo	46
4.3.3 Proteína de suero concentrado	47
4.3.4 Proteína animal: Gelatina	47
4.3.5 Proteína vegetal: Soya	48

CAPITULO 5: LOS SUSTITUTOS BASADOS EN GRASAS O SINTÉTICOS

5.1 Sustitutos Sintéticos tipo 1: Ésteres, Poliésteres de carbohidratos y de alquil glicósidos-ácidos grasos	50
5.1.1 SFE's: Ésteres de carbohidratos-ácidos grasos o SFE's	53
5.1.1.2 Obtención de los SFE's	54
5.1.2 Poliésteres de Carbohidratos-ácidos grasos o SPE's	55
5.1.2.1 Obtención de SPE's	55
5.1.2.2 Toxicología de Poliésteres de Carbohidratos-ácidos grasos o SPE's	56
5.1.2.3 Métodos de Análisis para los SPE's	56
5.1.3 Ésteres y Poliésteres de alquil glicósidos-ácidos grasos	57
5.1.3.1 Toxicología de Ésteres y Poliésteres de alquil glicósidos-ácidos grasos	58
5.2 Sustitutos Sintéticos tipo 2: Glicerol y ácidos grasos de cadena corta y larga	58
Tabla 5.2 (a).- Los Sustitutos que son sintéticos o base grasa	59
5.2.1 Los Gliceroles Esterificados Propoxiados o EPG's	61
5.2.1.1 Absorción de los EPG's	61

CAPITULO 6: LEGISLACIÓN

6.1 Legislación de los Sustitutos de Grasa en México	66
6.2 Etiquetado en México	67
6.3 Especificaciones Sanitarias y Publicidad	68

CAPITULO 7: CASOS DE SUSTITUTOS DE GRASA RIESGO / BENEFICIO

7.1 Caprenin®	69
7.2 Salatrim	69
7.2.1 Propiedades y aplicaciones	70
7.2.1 Regulación sanitaria	70
7.2.3 Seguridad	71
7.2.4 Etiquetado	71
7.2.5 Aplicaciones	72
7.2.6 Obtención	73
7.2.7 Ventajas y limitaciones de Salatrim	73
7.3 Olestra®	75
7.3.1 Comparación de Olestra® y la Grasa	76
7.3.2 Historia	77
7.3.3 Antecedentes de Olestra®	78
7.3.4 Regulación y Etiquetado	79
7.3.5 Salud, Seguridad y Estudios Ambientales	79
7.3.6 Efectos de Olestra® sobre las sales Biliares y los Esteroles Neutros Excretados	81
7.3.7 La Absorción y Digestión de los Azúcares Poliésteres	82
7.3.8 Regulaciones de Olestra®	83

CAPITULO 8: EFECTOS NUTRICIONALES

85

CAPITULO 9: BENEFICIOS Y RIESGOS DE LOS SUSTITUTOS DE GRASA

9.1 Los Beneficios de los Sustitutos de Grasa	91
9.2 Riesgos	91
Tabla 9.1 Análisis Comparativo de los Beneficios/Riesgos de los Sustitutos de Grasa	93

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

95

BIBLIOGRAFIA	100
---------------------------	-----

Justificación

El cambio de las costumbres alimenticias han catalizado el desarrollo de nuevos ingredientes que producen alimentos bajos o libres de grasa con la consecuente poca o nula contribución de calorías y algunos beneficios a la salud; sin embargo, tienen limitaciones, cualidades y en algunos casos tendría que demostrar su inocuidad en individuos sensibles, lo que ha generado controversia sobre su seguridad. Por lo tanto se requiere información sobre los riesgos y los beneficios de los sustitutos de grasa a fin de formar un criterio objetivo y definir su aplicación en alimentos.

RESUMEN

Se han desarrollado ingredientes que sean sustitutos de grasa, usando como base a los carbohidratos, las proteínas y los aceites, así como compuestos sintéticos. El propósito de estos derivados es mantener la funcionalidad y apariencia, textura similar a la que imparten las grasas, sin alterar el sabor de los alimentos y en la mayoría de los casos, con un aporte reducido en calorías.

Para las aplicaciones de estos compuestos, se analiza la composición de los alimentos, la función que pudiese aportar un determinado ingrediente, como: textura, cremosidad, facilidad para untarse, etc; dicho cambio puede representar beneficios en costo, en proceso, en el aspecto nutricional, pero, también se debe analizar los riesgos potenciales como molestias intestinales, la disminución o pérdida de nutrientes y el efecto carcinogénico.

Finalmente, se debe considerar los aspectos legales, en donde cada país puede aceptar o no el uso de sustitutos de grasa, considerando las tendencias de consumo de alimentos, necesidades nutricionales, estudios médicos presentados para garantizar que sean inocuos en su ingesta.

OBJETIVO

Integrar y analizar la información disponible en la bibliografía acerca de los Sustitutos de Grasa derivados de carbohidratos, proteínas o grasas, así como a los sintéticos: Olestra®, Salatrim/ Benefact® y Caprenim® respecto a su función, aplicación, efectos nutricionales y regulación para valorar si éstos compuestos podrían representar un riesgo a la salud o en caso de que sean seguros resaltar su aplicación en productos alimenticios.

INTRODUCCION

En nuestro país en los años cincuenta se logró una significativa disponibilidad de alimentos, lo que favoreció su consumo indiscriminado e inclusive problemas de sobrepeso. El incremento en calorías ha ocasionado que la ingesta de energéticos supere al gasto de energía de tal manera que el consumo de alimentos con alto contenido de grasa saturada sea frecuente. Se debe recordar que la grasa proporciona estímulos sensoriales asociados a textura, palatabilidad, sensación de lubricación y apariencia.

Ante la necesidad de mantener los aspectos sensoriales de las grasas, pero sin que éstas aporten calorías o aspectos contrarios a la salud, se han desarrollado ingredientes "sustitutos de grasa" con o sin aporte calórico. Estos ingredientes pueden ser clasificados por sus características funcionales como bajos en calorías, cuya digestibilidad es normal y en sustitutos libres de calorías, los cuales son no absorbidos por el tracto gastrointestinal.

Las aplicaciones mas frecuentes son las asociadas a los compuestos bajos en calorías, derivados de proteínas o carbohidratos que proveen de una a cuatro calorías por gramo y son considerados generalmente como seguros ("Generally recognized as Safe: GRAS").

Independientemente del uso de estos ingredientes en la formulación de alimentos o del beneficio que pudieran representar, su consumo deberá llevar implícito una dieta balanceada. Es decir que no deben ser considerados como sustitutos de lípidos desde el punto de vista nutrimentos; su uso deberá limitarse a una función de control de propiedades de textura, aspecto, untuosidad y en casos controlados como "bajos en calorías".

Las características físicas y químicas están definidas por el tipo de ácido graso y su posición estructural en la molécula del triglicérido; puede tener el mismo tipo de ácido graso "triglicérido simple" o puede tener diferentes "triglicérido mezclado" Fig. 1.1(b). Por lo general, las grasas naturales tienen ácidos grasos que van de 4 a 24 Carbonos.

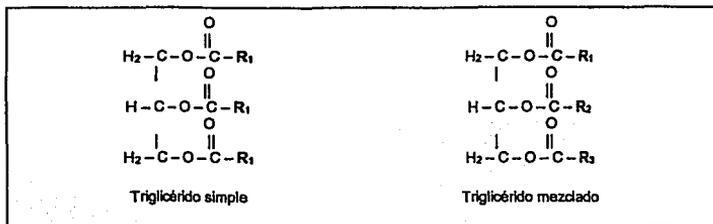


Fig. 1.1(b) composición de un Triglicérido simple y mezclado

Durante la hidrogenación (técnica en la cual se cambia las estructuras químicas de ácidos grasos insaturados en ácidos grasos saturados por una reacción con el hidrógeno sobre el doble enlace y catalizada por níquel cuya finalidad es producir en los aceites un aumento del punto de ebullición y hacerlos más resistentes a la oxidación y al calor), se producen los llamados ácidos grasos trans; éstos tienen puntos de fusión más altos por lo que son muy útiles para aplicarlos en margarinas. Las características físicas como extensibilidad, plasticidad y consistencia dependen de la cantidad de sólidos (cristales de glicéridos) presentes a una temperatura dada, del punto de fusión de los glicéridos presentes en la grasa y de la forma polimórfica (hábito cristalino) de los glicéridos constituyentes (Fenema O., 1993).

A su vez, las grasas sólidas pueden existir en diferentes formas cristalinas dependiendo del arreglo de sus moléculas. Usualmente, tienden a cristalizar de tres formas: Alfa (más bajo punto de fusión),

Beta prima (cristales pequeños, punto de fusión medianamente alto) y Beta (punto más alto de fusión).

Los estudios epidemiológicos y clínicos practicados en animales muestran una evidencia de la relación entre el consumo de grasas saturadas, y el aumento de enfermedades. Y aunque no es válido atribuir las enfermedades a los aceites y grasas o a los ácidos grasos per sé, se requiere mesura en su consumo y un balance nutricional, se ha demostrado que (Bourges H., 2000), reduciendo su consumo y modificando los hábitos alimenticios, se puede disminuir el riesgo hasta un 20 %.

1.2 Aspectos Nutrimientales y Funcionales de los Lípidos

Nutritionalmente las grasas cumplen varias funciones: son una medida concentrada de energía y ahorradores de proteína; es el medio de transporte para las vitaminas liposolubles (A, D, E y K); proporciona mantenimiento y salud de la piel, regulación del metabolismo del colesterol y son precursores de prostaglandinas (hormonas cuya función es regular procesos en el organismo), por mencionar algunas. Los ácidos grasos saturados funcionan como sustratos energéticos; los más abundantes en la dieta son el palmítico (C:16) y el esteárico (C:18) y son dispensables (el ser humano puede sintetizarlos), ácido palmítico y láurico (C:12) a los que se les ha atribuido efecto aterogénico (Bourges H., 2000).

Los ácidos grasos monoinsaturados también dispensables (se sintetizan a partir de los ácidos palmítico(C:16) y esteárico (C:18) siendo su función principal la estructural, formando parte de los fosfolípidos de la membrana celular(Bourges H., 2000).

Por la relación que existe entre la obesidad, la aterosclerosis y algunos tumores, los triglicéridos son actualmente objeto de gran interés.

Funcionalmente se encargan de proveer en los alimentos cremosidad, aroma, sabor y textura; en los productos de panadería, los aceites y grasas conforman una estructura que funciona como trampa que ayuda a distribuir los gases y el vapor de agua producido durante el cocinado. En productos como galletas y dulces, botanas y alimentos fritos contribuyen a la apariencia superficial y en general juega un importante papel en la saciedad por su estructura química.

1.3 Tipos de Lípidos

Los lípidos son sustancias orgánicas insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos como el éter, la acetona y el cloroformo. Entre éstos figuran nutrimentos agrupados como: Ácidos Grasos, Esteroles, Carotenos, Retinoides, Tocoferoles y Quinonas (por ejemplo: la ubiquinona indispensable que interviene en la fosforilación oxidativa o las naftoquinonas "indispensables" que constituyen la vitamina K que interviene en el proceso de coagulación).

Los ácidos grasos son ácidos orgánicos lineales con fórmula general $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COO}-$ (donde n = de 2 a 26 carbonos y rara ocasión más). Se clasifican según su longitud de cadena corta, media, larga y muy larga así como por el grado de saturación se dividen en saturados e insaturados (estos a su vez en monoinsaturados y polinsaturados).

Los ácidos grasos polinsaturados de 18 carbonos o más y se dividen en dos familias: la derivada del ácido linoléico (C18:2 en n-9, n-6) y la derivada del ácido linolénico (C18:3 en n-9, n-6, n-3); como el organismo es incapaz de desaturar carbonos anteriores a n-7 estos dos ácidos son indispensables

en la dieta y se metabolizan gracias a las desaturasas específicas para las uniones 4, 5, 6 y 9. En otro paso de elongación enzimático (adición de dos carbonos más mediante la elongasa) se produce el ácido araquidónico (20 carbonos) y a partir de éste se continúa la síntesis de eicosanoides como son las prostaglandinas, prostaciclina y otros compuestos que intervienen en los procesos de inflamación y coagulación.

Los Esteroles son lípidos cíclicos derivados del ciclopentano perhidrofenentreno como el colesterol (nutrimento dispensable precursor de las sales biliares y de las hormonas esteroideas: cortisol, aldosterona, progesterona, estrógenos, andrógenos y calcio), el ergocalciferol (vitamina D₂) y el colecalciferol o vitamina D₃ (Bourges H., 2000).

Se conocen alrededor de 600 carotenos y son pigmentos vegetales accesorios de la clorofila, antioxidantes eficientes de los cuales el beta-caroteno se transforma eficientemente en vitamina A.

Los Retinoides son compuestos que tienen un anillo de beta ionona y una cadena de unidades isoprenoideas; pertenecen a este grupo el retinol, el retinal y el ácido retinoico que en conjunto conforman la vitamina A con numerosas funciones aun no bien definidas bioquímicamente: visión nocturna, crecimiento, modelación ósea, integridad de las mucosas, respuesta inmune y funcionamiento de los genes entre otras (Bourges H., 2000).

Los Tocoferoles conformados de cuatro tocoles y cuatro tocotrienoles que conforman la vitamina E que el organismo no puede sintetizar y que funcionan como antioxidantes en las membranas celulares donde protegen de la oxidación a los ácidos grasos insaturados de los fosfolípidos; el más activo es el alfa tocoferol (Bourges H., 2000).

1.4 Usos de los Aceites

Los aceites son divididos de acuerdo a su uso: los aceites para cocinado, aplicados en operaciones de freído y los aceites para ensalada; éstos últimos son claros y han sido refinados, blanqueados y deodorizados. También son usados en la producción de mayonesas, aderezos y salsas. La mayoría de los aceites comestibles, provienen del algodón, maíz, cacahuata, oliva, canola, palma, coco, cacao, girasol y soya.

El aceite de soya cuyo peso en seco constituye el 20%, tiene un alto nivel de ácido linoléico y siempre deberá estar parcialmente hidrogenado antes de ser usado para freído. Sin estar hidrogenado es susceptible a la oxidación donde se aprecian sabores a pescado.

El aceite que proviene de la industria del algodón, obtenido de las especies *Gossypium hirsutum* y *Gossypium barbadense*, contiene menos ácido linoléico y es relativamente estable al freído. Es usado mezclado con otros aceites en ensaladas, salsas, mayonesas.

Del maíz es extraído el aceite que es relativamente bajo en ácidos grasos saturados (alrededor del 14 %) y tiene un sabor naturalmente dulce. Es usado por sus ácidos grasos poli-insaturados, porque es bajo en el contenido de ácido linoléico. El aceite de cacahuata contiene trazas de ácido linoléico y bajo nivel de ácido linoléico comparado con el aceite de soja, algodón y maíz. El aceite de oliva extraído por prensado se distingue de entre los aceites por su alto contenido de ácido oléico (monoinsaturado). Este también es más resistente a los cambios oxidativos por su bajo contenido de ácido linoléico. El aceite de girasol, tiene alto contenido de ácido linoléico y siempre es hidrogenado parcialmente antes de ser usado; por tener alto contenido de ácido oleico, posee buena estabilidad para freído.

Los aceites de coco, cacao, palma se consideran como tropicales. Estos tienen 50 % de ácidos grasos saturados, siendo muy estables a la oxidación. En general son sólidos a temperatura ambiente. Se utilizan como un sustituyente de la manteca de cacao. El aceite de coco tiene el más alto nivel de ácidos saturados que cualquier otro aceite vegetal. Tiene un bajo nivel de insaturados, por tanto es muy estable a la rancidez oxidativa. Este aceite es más susceptible a hidrólisis y es usualmente el preferido en el tostado de cacahuates (Grese J., 1996)

Las grasas animales incluyen "lardos y cebos". El primero tiene el 42 % de saturados. Los cebos poseen el 48 % de ácidos grasos saturados, ideal para el freído.

La margarina es una de las aplicaciones de las mezclas de grasas y aceites con otros ingredientes como agua y productos de leche, proteínas, sal, saborizantes, colorantes y vitaminas A y D. Pueden ser preparadas de una sola, de dos o más grasas hidrogenadas o la mezcla de grasas hidrogenadas y aceites no hidrogenados.

1.5 Digestión y Absorción en el humano

Los triglicéridos son digeridos por diferentes lipasas, pero la que lleva al cabo la mayor parte de la digestión es la pancreática en presencia de una co-lipasa y de sales biliares producidas por el hígado, las cuales combinadas con fosfolípidos forman una mezcla detergente sin la cual la lipasa no podría actuar (pues es una enzima hidrosoluble y su sustrato los triglicéridos no lo son), de lo que se obtiene dos ácidos grasos y un monoacilglicérido en posición dos. Las membranas celulares son estructuras fundamentalmente lipídicas, por lo que los monoacilglicéridos, los fosfolípidos y los ácidos grasos de 12 carbonos o menos atraviesan fácilmente la membrana de las células de la

mucosa intestinal, pasando a la circulación portal en forma libre (Bourges H., 2000); los ácidos grasos mayores a 12 carbonos se difunden poco y pasan a la circulación linfática.

La digestión, absorción y el subsecuente almacenamiento de energía es uno de los más eficientes procesos que realiza el cuerpo. La grasa en el estómago es intermitentemente liberada al intestino delgado dando una concentración de los ácidos grasos libres y monoglicéridos. La sensación de saciedad, la composición de la dieta y la energía ingerida están íntimamente relacionados.

La lipasa hidroliza los triglicéridos en el intestino delgado produciendo: ácidos grasos y 2-monoglicéridos. La velocidad de esta hidrólisis es dependiente de la accesibilidad a los triglicéridos por parte de la enzima. Esta accesibilidad está controlada por el área superficial de la fase aceite-acuosa. Abundantes áreas de este tipo son creadas en el intestino por dispersión de los triglicéridos dentro de gotas pequeñas, constituidas por los ácidos biliares, la bills y los fosfolípidos.

Los ácidos grasos y los 2-monoglicéridos son incorporados dentro de las micelas (agregados formados con los ácidos biliares). Éstas (de 10^{-5} mm de diámetro) se forman cuando las moléculas que tienen partes hidrofóbicas e hidrofílicas se agregan en soluciones acuosas con partes compatibles con el agua y otras, separándose de las estructuras no polares de la fase acuosa. Los productos de la digestión de la grasa en la micela son transportados a la membrana del intestino donde son absorbidas intactas por un proceso de difusión pasiva. De este lado de las células intestinales, los ácidos grasos y los 2-monoglicéridos son resintetizados por la célula intestinal en triglicéridos e incorporados dentro de los quilomicrones junto con el colesterol, fosfolípidos y proteínas, que serán transportados al hígado a través de las venas o hacia circulación linfática. Los quilomicrones llegan a la circulación general distribuyéndose a todo el organismo; pero en los tejidos

adiposo, muscular y hepático existe la enzima lipasa lipoproteínica, que los hidroliza y libera los ácidos grasos, los cuales pueden entonces pasar al interior celular de esos tejidos. Los fosfolípidos a su vez, se incorporan en las membranas celulares (Bourges H., 2000).

CAPITULO 2 LOS SUSTITUTOS DE GRASA

Para reemplazar la grasa se debe entender su funcionalidad en textura, estructura como en el chocolate y la margarina, efectos sobre la apariencia, cuerpo (mayonesa, coberturas), aireación (helados y pasteles), barrera (en los cereales), preservación (cambio en la actividad del agua), proceso y estabilidad; sensorialmente: sabor/aroma (balance/liberación, sabores solubles en la grasa). Si el objetivo es eliminar totalmente o parcialmente a la grasa, se deberá mantener estas características a un costo aceptable. Obviamente, un sustituto de grasa permite la reducción de calorías por la sustitución de unos ingredientes que son pobremente absorbidos o bien son hidrolizados por las enzimas digestivas.

El agua que constituye a los alimentos no sólo es el medio de reacción, sino también un ingrediente activo utilizado para controlar la textura, el comportamiento físico y biológico general; además de mantener diferentes equilibrios o uniones con proteínas, almidones, gomas, dextrinas, maltodextrinas, polisacáridos, emulsificantes (lecitina, mono y diglicéridos, polisorbatos) y agentes saborizantes. Por consiguiente, importante en la funcionalidad de los ingredientes sustitutos.

De tal manera, los sustitutos de grasa se pueden clasificar de acuerdo a carbohidratos, base proteína, grasa o bien en su alternativa sintética (Akon A. y Swanson N., 1994):

2.1 Clasificación

Base carbohidrato { Goma arábica, guar, tragacanto, xantana, algarrobo, dextrano, xantano; carragenina, celulosa, pectina, maltodextrinas, polidextrosas y almidones modificados o no.

Aplicación: panes, quesos, postres helados, salsas, mayonesa, carnes procesadas, pudines, coberturas, sopas cremosas y yogurt.

Base Proteína { Proteína en forma de concentrado de suero, proteínas micro-particuladas de huevo y leche. Soya y gelatina.

Aplicación: panes, mantequillas, queso, lácteos mayonesa, coberturas saladas y sopas cremosas.

Base Grasa o Sintéticos { Caprenin®, Salatrim; y Olestra® que pertenece a los azúcares poliésteres no calóricos, DDM (dialquildihexadecilmalonato), EPG (gliceroles esterificados propoxilados), etc.

Aplicación: panes, quesos, chocolate, confitados, margarinas y sopas cremosas

Una combinación de ingredientes proporciona una mejor funcionalidad comparado con un ingrediente individual, sin embargo con el cambio hay que evaluar también costo y calidad. El tipo de sustituto de grasa usado en un producto depende del complejo y las propiedades diversas de la **grasa a imitar**. En adición al sabor, la palatabilidad y la cremosidad, la grasa provee una acción que es esencial: lubricante; por ejemplo, en alimentos fritos, los aceites y grasas transmiten rápidamente calor, uniformidad y crujido (Robinson R., 1991).

Por lo tanto, las funciones deseadas particulares para producir el alimento aceptable en sabor/textura, lubricación, volumen o transferencia de calor van a determinar cuál o cuáles ingredientes como sustitutos de grasa y que técnicas de procesado se deberán emplear.

Los ingredientes "no asimilables" o pobremente absorbibles como los ésteres / poliésteres donde se le hacen cambios funcionales a un triglicérido convencional, para evitar la hidrólisis y/o la absorción en el lumen intestinal se consiguen reemplazando una parte del glicerol con azúcares o polioles; también se puede sustituir los ácidos grasos convencionales por ácidos grasos de pesos moleculares altos o reduciendo el enlace éster del glicerol a un enlace éter.

Para ciertos casos, el cambiar la grasa por un sustituto permite que la susceptibilidad a la rancidez oxidativa y a la sinéresis disminuya y por lo tanto que la vida de anaquel del producto final se prolongue. Para los alimentos que contienen sustitutos de grasa susceptibles a la rancidez ya sea por exposición al aire o a la luz, debido a los procesos, el diseño del envase o la selección de ingredientes, existen inhibidores de la oxidación basados en tocoferoles y mezcla de sabores naturales llamado Duralox®.

Los alimentos en los que se usan más comúnmente los Sustitutos de Grasa en Estados Unidos de Norteamérica son leches bajas en grasa, quesos, yogurt, helados y margarinas; coberturas de dulces, panes, salsas, mayonesas y productos cármicos (Insight F., 1995).

CAPITULO 3 SUSTITUTOS DE GRASA BASE CARBOHIDRATOS

Dentro de los carbohidratos, los polisacáridos desempeñan tres funciones principales: sirven como reserva de nutrientes, como entidad estructural, además unen agua y son componentes que regulan la presión osmótica. Llevan a cabo funciones en los alimentos como control de textura, agua y otras propiedades sensoriales; (Pomeranz Y., 1985) y nutricionalmente son recursos de nutrientes y fibra dietética.

Entre los materiales que modifican a la viscosidad y que pueden ser sustitutos de grasa están las gomas (alginatos, xantanos, carragenina, etc), celulosa, almidones modificados o no, maltodextrinas polidextrosas (compuestas de glucosa, sorbitol y ácido cítrico), un hidrolizado de avena llamado Oatrim® y otros ingredientes emulsificantes como la lecitina.

3.1 Gomas

Las gomas, definidas como polisacáridos solubles en agua, con capacidad en solución de incrementar la viscosidad de la fase acuosa con lo cual se evita que el aceite tienda a unirse y a separarse del agua y/o formar geles, son cadenas de polímeros obtenidas de exudados de árboles, de extractos de algas, y plantas, de harinas de semillas, cereales, tubérculos, raíces o producidas por una modificación química de los polisacáridos o por fermentación microbiológica (conocidos como biosintéticos). Pueden ligar grandes cantidades de agua, se usan como control del agua libre y en combinación con otras gomas dispersan la grasa impartiendo al alimento de cremosidad adicional permitiendo en ocasiones sean reducidas las calorías provenientes de las grasas a un tercio o incluso hasta un 50 %.

Las propiedades funcionales de los carbohidratos son determinadas por sus características composicionales: En primer lugar por sus componentes moleculares que pueden ser hexosas, pentosas y ácidos urónicos, y por la configuración del anillo; en segundo por sus grupos funcionales del tipo carboxilo, éster sulfato, éster fosfato, hidroxilo y metil éster. Localización en la molécula y grado de sustitución. Tercero su estructura: el tipo de estructura, la unión glicosídica, el grado de ramificación, grado de polimerización y distribución de las unidades básicas. Y por último la conformación si es de tipo helicoidal, banda, red, asociación o micela (Pomeranz Y., 1985).

Han sido utilizadas desde los años 80's a concentraciones de 0.1-0.5%; se requieren hasta 10 veces menos que un almidón para obtener la misma viscosidad (Bailey's, 1996); en general son estabilizantes, emulsificantes y proporcionan las propiedades de textura asociadas con las grasas y aceites.

Algunas gomas forman parte de la fibra cruda ya que el organismo humano no puede degradarlas. Son utilizadas por sus múltiples funciones y aplicaciones en alimentos ya que inhiben la cristalización en helados, son emulsificantes en aderezos y bebidas, encapsulantes de sabores y vitaminas microencapsuladas, formadoras de películas en productos cármicos, funcionan como agentes floculantes en vino y cerveza, estabilizan espumas en cremas y cervezas, agentes gelificantes en postres, estabilizadores en mayonesa y bebidas y agentes espesantes en salsas y mermeladas. Entre las más usadas provenientes de exudados de árboles están la Goma arábiga y Tragacanto; de semilla la goma Algarrobo y Guar; de síntesis microbiana Goma Xantana; de plantas la Pectina; y de algas la Carragenina y los Alginatos, todas reconocidas como GRAS; su contribución calórica es despreciable.

3.1.1 Goma arábica

Es un heteroglicano, complejo aniónico conformado de ácido arábico, galactosa, ramnosa, arabinosa y ácido glucurónico Fig. 3.1.1. Es usado como agente voluminoso y protector del coloide de altas concentraciones (arriba del 50%) que no es compatible con gelatina y alginato sódico. En helados coopera en la formación y retención de cristales de hielo pequeños contribuyendo con textura y palatabilidad similar a la grasa, de ahí su aplicación como sustituto de grasa. Su estructura es:

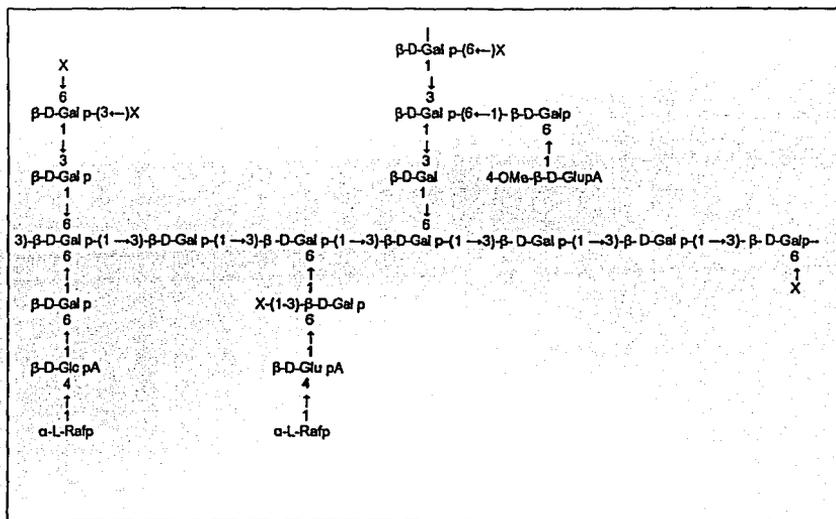


Fig. 3.1.1 Goma arábica

[Donde X 0 L-Ara-(1→; α-D-Galp-(1-3)-L-Ara-(1→; ó β-L-Araf-(1-3)-L-Ara-(1→)]

3.1.2 Goma guar

Obtenida del endospermo de la semilla leguminosa *Cyamopsis tetragonolobus* cuya estructura química esta ramificada conformada de D-manosa y D-galactosa en relación 2:1. Fig. 3.1.2.

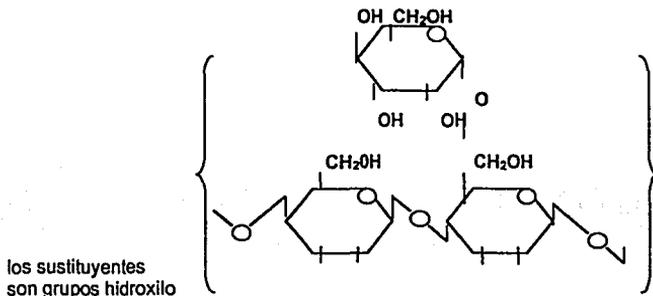


Fig. 3.1.2 Goma Guar

Es mas ampliamente usada por la habilidad de modificar viscosidad "espesante" y estabiliza emulsiones. Es excelente para unir agua libre especialmente actúa en agua fría. Ideal en panes al alargar la vida útil, postres congelados donde contribuye a suavidad, cuerpo y resistencia al choque térmico; en lácteos evitan sinéresis, en aderezos y salsas incrementa viscosidad.

Sinergismo con carrageninas, algarrobo, gnetina y carboximetilcelulosa y almidón de trigo. Funcionan como sustitutos de grasa ya que aumentan la dispersión de la grasa consiguiendo textura y cremosidad.

3.1.3 Goma tragacanto

Exudado vegetal producida por la especie *Astragalus gummifer* formado por un complejo de polisacáridos de ácido D-galacturónico y otros azúcares como fucosa, xilosa, arabinosa y ramnosa, pequeña cantidad de almidón y celulosa; resistente al medio ácido y al calor (Pomeranz Y., 1985). Imparte cremosidad, textura y da cuerpo en helados de crema bajos en grasa.

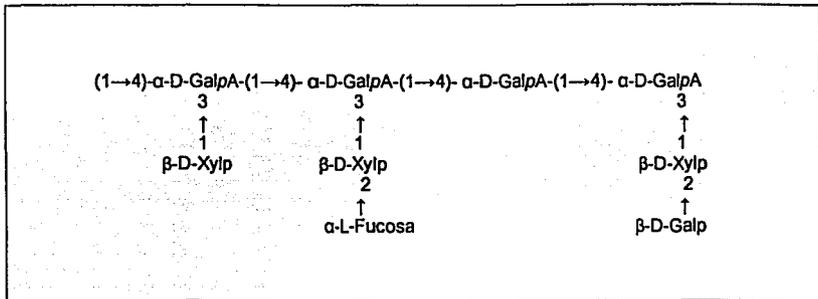


Fig. 3.1.3 Estructura Goma Tragacanto

3.1.4 Goma xantana

Polisacárido de alto peso molecular producido por *Xanthomonas campestris*; contiene D-glucosa, D-manosa y ácido D-glucurónico. Funciona en agua caliente y fría. Al formar soluciones muy viscosas estables al calor y se aplican en homeados y rellenos para conseguir textura. Disminuye considerablemente la sinéresis .

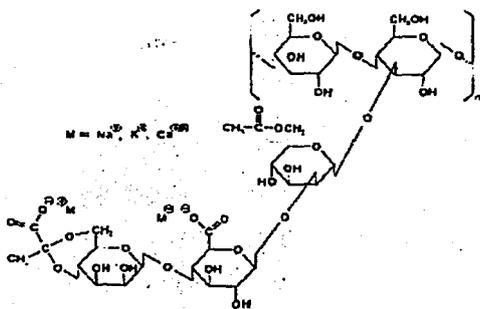


Fig. 3.1.4 Goma xantana

3.1.5 Goma algarrobo

Galactomanano de semillas de *Ceratonia silqua*. Liga agua. Sinergismo con carragenina: aumenta fuerza de gelificación, modifica textura y reduce sinéresis. Con goma karaya liga agua e inhibe cristales. Con goma guar se disminuye la viscosidad. Da cuerpo y suavidad a los alimentos que se les ha extraído la grasa. Retiene humedad.

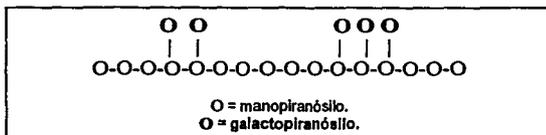


Fig. 3.1.5 Estructura idealizada de la Goma algarrobo (Fenema O., 1993)

3.1.6 Gomas provenientes de Biosíntesis microbiana: Dextrano y Xantano.

En esta categoría está el Dextrano compuesto de D-Glucosa donde la mayoría de los residuos de glucosa están unidos mediante enlaces α -(1 \rightarrow 6) glicosídicos sintetizados por *Leuconostoc mesenteroides* mediante la acción del enzima dextran sacarasa que actúa como una transferasa sobre la sacarosa (ver Fig. 3.1.6). Los residuos de fructosa se liberan de la sacarosa mediante la acción enzimática y los de glucosa se transfieren secuencialmente a un polímero de glucano con características neutras fácilmente soluble (Belitz H. y Grosch W., 1997); usado para retener humedad en el pan y como aditivo para elevar la viscosidad de jarabes; espesante y estabilizante en productos enlatados por su estabilidad térmica y capacidad como inhibidor de la cristalización del agua y azúcar.

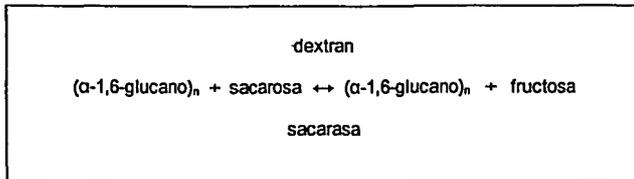


Fig. 3.1.6 Dextrano

El Xantano es un heteropolisacárido tiene una estructura química de unidades D-Glucosa, D-Manosa y ácido glucurónico, cuyo microorganismo fuente es *Xanthomonas campestris*, aplicado para estabilizar turbidez y mejorar palatabilidad en bebidas; básicamente la aplicación como sustitutos de grasa se encuentra al disminuir la sinéresis.

3.1.7 Provenientes de Algas

3.1.7.1 Carrageninas

La utilización de algas para la obtención de gomas es una práctica común, entre las principales están las carrageninas y los alginatos.

Las carrageninas son polisacáridos sulfatados, provienen de dos especies de algas rojas de la Clase *Rhodophyceae*, géneros *Chondrus*, *Eucheuma*, y *Gigartina*. Se reconocen tres tipos dependiendo del lugar y grado de sustitución de los grupos éster sulfato en las unidades de galactosa. Forman geles termoreversibles que significa que cuando se calienta el gel puede regresar al su estado líquido. La tipo Kappa forma geles débiles y la tipo iota forma geles más flexibles; lambda no forma geles Fig 3.1.7.1; hay una preferencia de uso en alimentos por las de peso molecular alto pues las de bajo peso, al parecer forman complejos con las mucoproteínas privando de la capa mucosa a la pared interna del intestino y dejándola expuesta a sustancias agresoras originadas por bacterias (Valle, P. y Lucas, B. 2000).

Entre otras muchas funciones emulsifican los aceites en aderezos. La carragenina tiene un aporte importante como sustituto de grasa en los alimentos de freído pues reduce la absorción de aceite y en los patés de res bajos en grasa se emplea para mayor firmeza.

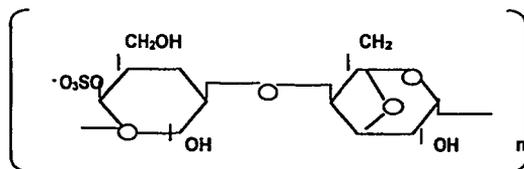


Fig. 3.1.7.1 Un ejemplo de la unidad básica de carragenina: kappa carragenina.

3.1.7.2 Agar

Entre los extraídos de algas marinas, el Agar cuya unidad básica es un disacárido Fig. 3.1.7.2 puede ser usado para helados por su habilidad para formar geles suaves, uniformes, incoloros, inodoros, neutros e insípidos aunque a la fecha no es usado propiamente como sustituto de grasa.

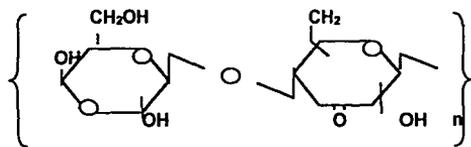


Fig. 3.1.7.2 Unidad básica del agar.

3.1.7.3 Alginatos

Los alginatos se obtienen de la especie de algas pardas *Laminaria hyperborea*. Los alginatos son polisacáridos formados por dos azúcares, los cuales son sales de ácidos manurónico y gulurónico llamados uronatos. Cuando se producen alginatos el ácido urónico es convertido en sales de manuronato (M) y guluronato (G). Las unidades M y G están combinadas en uno de tres bloques: GG, MM y MG y de su proporción, distribución y longitud dependerán las propiedades físicas y químicas de las moléculas de alginato.

Tienen excelente capacidad de unir agua, minimiza la sinéresis e imparte propiedades no termoreversibles en los productos terminados; propiedades humectantes, gelificantes, estabilizantes, formadores de película son usados en helados para estabilizar la emulsión y como emulsificantes; así confieren sensación de cremosidad por lo que son útiles como sustitutos de este tipo.

3.1. Gomas de origen vegetal

3.1.8.1 La Pectina como Sustituto de Grasa

Entre las gomas de origen vegetal entran las pectinas, celulosas, almidones, almidones modificados, maltodextrinas, polidextrosas e hidrolizados de avena.

La pectina es obtenida por extracción de cítricos y manzanas, son polímeros en forma de laminillas intermedias de las células de vegetales y frutas que tiene una mezcla de metilos esterificados de galacturonanos, galactanos y arabanos, con capacidad para formar geles fuertes; se diferencian entre sí por el contenido en ésteres metílicos o grado de esterificación (definido como el número de residuos de ácido D-galacturónico esterificados sobre el total de ellos expresado en porcentaje). Las de bajo grado de esterificación o bajo metoxilo forman geles fuertes sin requerir azúcares pero si cationes divalentes como el calcio (Fenemma O.,1993).

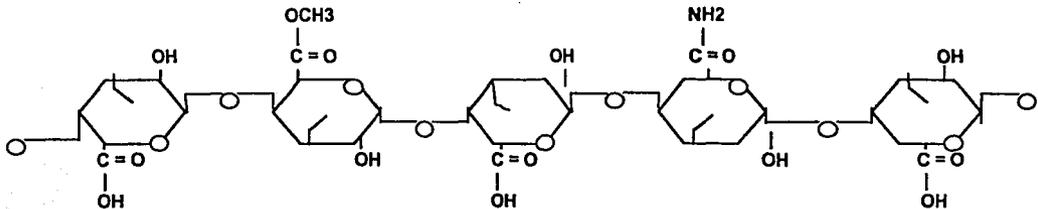


Fig. 3.1.8.1 Pectina

La pectina como sustituto de grasa actúa como una trampa de aire por lo que permite simular la textura y la sensación de la misma. Los geles hechos con pectina se utilizan para reemplazar la grasa en los postres congelados, homeados, quesos procesado, productos lácteos, sopas, salsas y postres.

La compañía Hercules en 1991 introdujo un sustituto de grasa (metil éster de ácido poligalacturónico) basado en pectina llamado Slendid®, extraído de manzanas y cáscaras de cítricos. Reemplaza hasta el 100% de grasa en: aderezos, sopas, salsas, postres helados, quesos procesados, yogurts. No se usa donde la grasa está en fase continua como el chocolate o aceite de freído. Es estable al calor: en homeado, cocinado, esterilizado y pasteurizado. Es insaboro, sin valor calórico y alarga vida de anaquel ya que disminuye sinéresis; se usa típicamente en concentración del 1% y es un **recurso de fibra dietética** al igual que Oatrim®.

También existen mezclas de componentes para formular sustitutos con pectina. Un ejemplo de este tipo, cuyo nombre comercial es Dried Plum Pure® tiene 3 componentes: pectina que actúa como trampa de aire, sorbitol y ácido málico que incrementan la vida de anaquel y acentúan el sabor. Los usos múltiples de aplicación están en panadería: galletas, muffins, pasteles y cereales.

3.1.8.2 Celulosa

La Celulosa $(C_6H_{10}O_5)_n$ es un importante componente estructural de las paredes de células vegetales, formada por polisacáridos de celobiosa (glucosa-glucosa unidos por enlaces glicosídico β -1,4). La enzima β -glucosidasa es la que hidroliza este enlace, sin que este presente en humanos, por lo tanto la celulosa no tiene valor calórico en la dieta. Se le considera como una fibra no digestiva que se excreta sin modificaciones en heces, se usa para aumentar el volumen en alimentos bajos en calorías y más recientemente en alimentos bajos y libres de grasa.

Puede ser procesada por tres caminos:

1. Pulverizado mecánico, si lo que se quiere es talco de celulosa con tamaño de partícula entre 20 y 300 μm (con una capacidad para absorber agua por su estructura mas abierta) y puede usarse en freído en alimentos bajos en grasas (FMC Corp., 2000).
2. La despolimerización química.
3. La desintegración húmeda mecánica, que produce celulosa microcristalina, a la que se le puede hacer una derivación química para producir carboximetil celulosa, metilcelulosa e hidropropilmetilcelulosa.

En fase acuosa, los microcristales forman una dispersión coloidal, las partículas insolubles estabilizan las emulsiones y los derivados de celulosa producen un gel de trabajo que estabiliza la espuma, modifica la textura, incrementa la viscosidad y adiciona fibra dietética.

La celulosa microcristalina manufacturada por FMC Co. llamada Avicel®, es usada como un sustituto de grasa en combinación con otros hidrocoloides. La celulosa que proviene de la pulpa de los árboles ó alfa-celulosa está compuesta por millones de microfibrillas; cada microfibrilla se compone de dos áreas: una región para-cristalina que es amorfa flexible y la región cristalina compuesta de un paquete de microfibrillas arregladas linealmente.

La celulosa durante su proceso es hidrolizada (despolimerizada) para remover las regiones amorfas de la fibra y concentrar las cristalinas, posteriormente se le seca para hacer un talco Fig.3.1.8.2 (a), alternativamente se le procesa con hidrocoloides solubles en agua como son los alginatos, goma xantana o goma guar y al conjunto se le seca obteniendo celulosa microcristalina coloidal en forma de polvo blanco bajo en cenizas y metales e insoluble en agua.

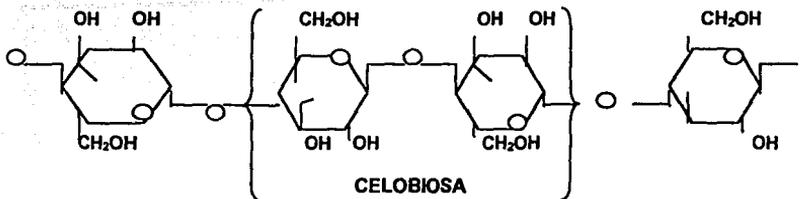


Fig. 3.1.8.2 (a) Celulosa

La celulosa microcristalina coloidal puede estabilizar las espumas actuando como una barrera física para mantener a células de aire en suspensión.

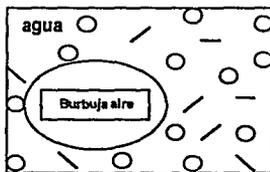


Fig. 3.1.8.2 (b) Estabilización de espumas

La celulosa forma también una red con las partículas coloidales y cuando se dispersa en agua previene la separación física o coalescencia de los glóbulos de grasa de la interfase agua-aceite como se observa a continuación:



Fig. 3.1.8.2 (c) Red de partículas que evita la coalescencia

Es microencapsulante, antiapelmazante, espesante, gelificante y un enturbador.

Dicha celulosa es estable al calor durante homeado, procesos UHT y microondas. También se usa para controlar el crecimiento de cristales de hielo, ya que la celulosa previene la migración de humedad e inhibe la agregación de proteínas y otros sólidos al una red que mantiene las tres fases del sistema agua-grasa-aire.

Las dispersiones de celulosa microcristalina con tamaño de partícula 0.2 μm son las usadas como sustituto de grasa en sistemas acuosos, donde contribuye a dar una consistencia reológica similar a la grasa, estabilidad a la emulsión, opacidad y palatabilidad con la ventaja de ser no calórica pues éstas partículas son muy porosas y absorben grandes cantidades de agua o aceites en su superficie así pueden reemplazar hasta el 100% grasa en postres congelados, funcionar como agente de volumen, fijador de color en alimentos grasos con colorantes solubles en agua y de origen vegetal y como recurso de fibra dietética. Es considerado como GRAS y no interfiere con nutrientes adicionados como vitaminas y minerales (FMC Corp., 2000).

La metilcelulosa (MC) y la hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) son éteres desarrollados por la compañía Dow Chemical Co., son gomas solubles en agua sin sabor o con características sápidas y no tienen valor calórico pero dan la palatabilidad de las grasas, controlan la viscosidad y ayudan a retener la cremosidad en alimentos bajos en grasa. Se usan en carnes de puerco procesadas y cármicos, salsas y mayonesas reducidas en grasas; estos éteres de celulosa a gelificar bajo calentamiento genera una barrera a la pérdida de cremosidad que lo hace rentable en alimentos homeados bajos en grasa (FMC Corp., 1985).

3.2 Almidones

El almidón es la reserva de energía de las plantas, es un polisacárido producido en forma de gránulos, con tamaño y característica a cada especie vegetal, está formado por amilosa y amilopectina, cuya proporción es determinante en sus características; así un almidón con mayor proporción de amilopectina (llamado céreo), tendrá propiedades de ser translúcido o claro; los almidones altos en amilosa son difíciles de gelatinizar (proceso físico en donde los gránulos intactos sufren un hinchamiento, pueden embeber poca agua de manera reversible y al aumentar la temperatura, las moléculas vibrarán, rompiéndose los enlaces intermoleculares y formándose puentes de hidrógeno con el agua).

Por su capacidad de unir agua, las harinas provenientes de cereales de maíz, avena y arroz, de raíces como la tapioca y de tubérculos como la papa han sido usados como ingredientes para reemplazar la grasa. Son extraídos por molienda húmeda o seca. A los almidones que se usan como sustitutos, se les realiza una hidrólisis enzimática o ácida para hacer moléculas más pequeñas: dextrinas (cuyo "DE" dextrosa equivalente, o sea contenido de azúcares reductores, es menor a 20) y peso rango de 5,000 a 1,000 000 daltons y un entrecruzamiento, con lo que se forman disoluciones menos viscosas, se hidratan a temperaturas bajas, ofrecen baja resistencia al calor y mantiene una mejor estructura del gel (menor tendencia a la sinéresis). Ya modificados, son secados hasta que sean parcial o totalmente gelatinizados.

Estos almidones, producen la palatabilidad similar a la grasa cuando se hidratan y del tipo (normales o céreos), modificación física o química (pregelatinización, hidrólisis ácida o enzimática, blanqueado, oxidación, enlaces cruzados) y tamaño del almidón, dependerá el efecto sensorial. Comparados con las gomas, unen menos agua por cantidad de polímero, pero su bajo costo los hace una buena alternativa.

La habilidad de los almidones como sustitutos de grasa se realiza cuando se combinan con carbohidratos. La interacción entre almidones y gomas vegetales da como resultado un efecto sinérgico.

3.2.1 Sustitutos de Grasa Base Almidones Modificados

Los almidones modificados se diferencian fundamentalmente de los nativos pues exhiben sus características más marcadas. Generalmente se utilizan como agentes espesantes, estabilizantes y humectantes en los alimentos, aun a distintos valores de pH (Carranza J., 2000).

Un tipo de modificación por ejemplo, es el entrecruzamiento que se efectúa para controlar la textura y obtener tolerancia al calor, a los ácidos y a los esfuerzos cortantes, resultando un almidón con mayor control durante el procesamiento y vida de anaquel. Otra modificación es la estabilización del almidón que previene la gelificación, sinéresis y mantiene la apariencia en textura debido a que los grupos aniónicos se reacomodan a través de todo el gránulo para bloquear la asociación molecular que ocurre a través de los puentes de Hidrógeno en la fracción lineal por medio de la repulsión iónica y por impedimento estérico.

Alternativamente, los almidones también pueden ser esterificados y eterificados porque los monómeros de D-glucopiranosilo tienen 3 grupos hidroxilo libres pudiendo obtener almidones con grado de sustitución desde cero hasta tres lo que provoca cambios en las propiedades coloidales para diversas aplicaciones.

En 1991 fue introducido un almidón modificado usado como sustituto de grasa llamado Stellar®; está compuesto de carbohidratos producidos por hidrólisis ácida del almidón del maíz; éste tratamiento ácido al cual son sometidos los gránulos de almidón, despolimeriza la estructura de la amilopectina.

Ya secado, tiene una característica de polvo blanco compuesto de más del 97% de carbohidratos que es insoluble en agua un 70% con un peso molecular menor a 20,000 mucho menor que las maltodextrinas de la papa (Bailey's I., 1996). Para su uso en soluciones se prepara al 25% sometiendo a una homogenización con presión de 8000 psi. Este proceso produce varios tamaños de partículas, agregados fácilmente deformables que producen en el producto cremosidad; no tiene aplicaciones de freído ni proceso aséptico, pero aporta textura estable en alimentos con larga caducidad por su alto grado de "inmovilización" de agua. Se aplica a: margarinas, helados, rellenos, salsas, aderezos, sopas, productos de queso, cárnicos, confitería y postres con leche.

Otro ejemplo de almidones modificados es el Sta-Slim 143® obtenido a partir de papa, se le considera como seguro y es usado como sustituto de grasa por su capacidad de "hincharse" y por consiguiente, similitud a la textura grasa sin embargo aporta 4 kcal/g. Otras de sus aplicaciones como reemplazo parcial de la grasa en productos cárnicos, botanas, homeados y sopas.

3.3 Maltodextrinas

Las maltodextrinas se les definen como polímeros de sacáridos integradas por D-glucosa unidas por enlaces α -1,4 con un DE (dextrosa equivalente) menor a 20, una indicación del número de grupos reductores presentes después de la ruptura del polímero del almidón hasta glucosa por hidrólisis. Usados por su habilidad de unir agua, propiedades de amasado y dispersabilidad. Aportan 4 kcal/g cuando se les aplica como sustitutos de grasa; son estables al calor y en alimentos homeados.

Son producidas de la hidrólisis parcial del almidón con ácido o enzimas. Las propiedades de las maltodextrinas van a depender del grado de despolimerización. Maltodextrinas de bajo DE tienen como características ser buenos para unir agua y reemplazar el volumen de la grasa. Los productos que tienen maltodextrinas con alto DE tienen propiedades de solubilidad y amasado similar a un jarabe.

Las maltodextrinas comerciales se obtienen del almidón de maíz, papa y tapioca, como ejemplo están: (Danisco, 2001)

- 1) N-Oil® una dextrina de tapioca, disponible desde 1984. Al adicionarlo en concentración mínima del 20% se obtiene textura similar a las mantecas hidrogenadas. Soporta altas temperaturas y procesos de acidificación. Es un polvo que se puede adicionar a mezclas secas con otros ingredientes o añadirlo en líquidos previos al calentamiento; reemplaza ya sea parcial o totalmente la grasa en margarinas, cremas, salsas, y en postres helados alimentos tipo imitación cremas, pudines y aderezos.
- 2) Instan N-Oil®, basado en almidón de tapioca donde la maltodextrina está pregelatinizada con sabor a cereal o similar al almidón de papa. Usado en yogurts, pudines, sopas cremosas, salsas de queso, postres congelados.
- 3) N-Oil II® se usa en alimentos que requieren poco o nulo calentamiento o en sistemas alimenticios procesados a altas temperaturas por muy corto tiempo (UHT). Usado al 30%-40 % donde aporta 1.2 kcal/g; sin embargo tiene como desventaja que requiere de varios días para lograr la viscosidad deseada (Pomeranz Y., 1985).

- 4) Rice-Trim 3 Complete®, (TrimChoice,2000) producto no refinado producido por hidrólisis del arroz con α -amilasa a dextrosa equivalente menor a 3. Todos los demás componentes del arroz como las proteínas, vitaminas y minerales no son removidos. La proteína (que constituye el 10%) y de tamaño 1-5 μ es responsable de la textura y la palatabilidad. Se usa en helados donde reemplaza el 50% de grasa y en quesos hasta el 25%.

- 5) N-Lite L® imparte cremosidad y lubricidad, estabilidad textural. Se dispersa rápidamente en agua, es resistente al ácido y al calor. N-Lite LP® ideal para mimetizar la grasa o cremosidad en alimentos fríos como sopas. N-lite F® para helados o panes. N-Lite B® reemplaza 100% en mantecas o mantequillas. Tipo N-Lite D® para lácteos; ésta maltodextrina es usada para ayudar a mantener la cremosidad.

- 6) Nutrifat C®, mezcla de dextrinas de dextrosa equivalente específica de trigo, papa, maíz y tapioca; reemplaza hasta el 50% de grasa.

- 7) SHP® proveniente de la hidrólisis controlada por temperatura del almidón de papa por la α -amilasa bacteriana a un grado de dextrosa equivalente de 5-8; después de la hidrólisis, la enzima es térmicamente inactivada y las impurezas separadas y el SHP® es secado por aspersión. SHP® forma un gel con 75% de agua, soluble en líquidos por homogenización o calentamiento a 80°C. Además de ser un sustituto de grasa, "extiende" la grasa en emulsiones y evita cambios desagradables a temperaturas de refrigeración. Usos: mayonesa, carnes, huevo, pescado, papas saladas, postres, helados, rellenos y aderezos. Es miscible en agua, mantequilla, lardo y parcialmente miscible con aceites vegetales.

- 8) Paselli SA₂® son maltodextrinas de almidón de papa con los mismos usos y sustituye la grasa o aceite hasta el 50% en la formulación de alimentos. Se produce por una hidrólisis enzimática de almidón (amilopeptina/amilosa) con consistencia en forma de talco y pH de 5.5-7.0; a temperatura ambiente, se hidrata y provoca una gelatización ligera, sin embargo dos o tres horas después, la hidratación ocurre plenamente. Los geles son estables a pH de 3.7 pero es mas firme entre pH 3.5-5.0. Al calentarlo entre 75-100 °C produce un gel fuerte. Provee 3.8 kcal/g. El sustituto de grasa es miscible con grasa y aceites y se usa con homeados, helados, productos cármicos; también en pasteurización o alimentos frios preparados y es especialmente utilizado para formulaciones acidificadas.
- 9) Maltrin M040® son maltodextrinas obtenidas a partir de hidrolizados de almidón de maíz, con dextrosa equivalente de aproximadamente 5. Da sensación similar a la mantequilla. En solución al 25% de sólidos forma un gel suave, blanco similar a las mantecas y cuando se calienta forma una solución clara. Usado en margarinas, "dips", postres helados, productos lácteos, cereales altos en fibra extruida y botanas (Akon, A. y Swanson N., 1994).
- 10) TrimChoice® patentado en los E.U.A. es un derivado de harina de avena que se hidrata rápidamente. Además de las maltodextrinas, contiene β-glucano, la mayor fibra soluble en avena acreditado como ingrediente que baja el colesterol sanguíneo y triglicéridos. La combinación de maltodextrinas de bajo DE y el β-glucano proveen la palatabilidad de la grasa aportando 1 cal/g, con buena textura y cremosidad en panes, cereales, salsas y confitura como nougats, coberturas y caramelos. Es un ingrediente considerado como seguro por la legislación de EUA.

Otros tipos de sustitutos de grasa base carbohidratos están formados por uniones no refinadas de jugos de frutas con dextrinas provenientes de granos, en particular Fruitrim® puede ser usado en helados, yogurts, pudines, postres helados y otros productos lácteos; este ingrediente funciona como un sustituto natural de huevo en los helados e inhibe la formación de cristales de hielo. Varios sustitutos de grasa con bases frutales como pasas y otras frutas se usan para dar riqueza de textura en jamones y homeados y para hacer salsas.

3.4 Polidextrosas

Las polidextrosas creadas en los 60's y comercializadas hasta los 80's, es un oligómero de dextrosa preparado por polimerización térmica al vacío de glucosa y catalizadores dando un polisacárido de enlaces cruzados al azar de glucosa todo tipo de uniones glucosídicas (1,6 predominantemente), menor cantidad de sorbitol y ácido Fig. 3.4. La función principal es como agente acarreador con los edulcorantes bajos en calorías; actualmente tienen otra aplicación en alimentos al sustituir la grasa o aceite y con bajo valor calórico de 1 kcal/g debido a falta de actividad enzimática en humanos para hidrolizar al polímero, sin embargo la polidextrosa es parcialmente fermentada por los microorganismos intestinales produciendo ácidos grasos volátiles, los cuales son absorbidos y utilizados, se les considera que podrían ser digerido como fibra dietética (Danisco, 2000).

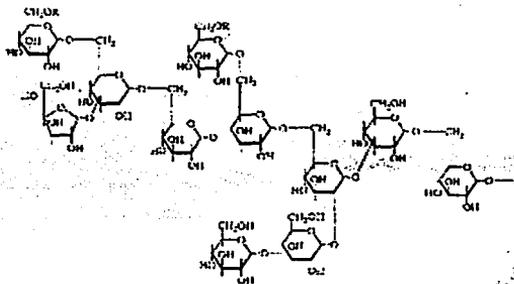


Fig. 3.4 Estructura de la polidextrosa

Llamado familia Litesse® elaborado por Pfizer, Litesse I®, Litesse II® y Litesse III® son sustitutos de grasa formados por un 90 % polímero de glucosa mas 2 % de sorbitol y ácido cítrico puede contener como máximo 4 % de 1,6 anhidro-D-glucosa, agua máximo 4 % y 4 % máximo de D-glucosa. Es un talco de color crema o blanco, soluble en agua. Litesse I® tiene una acidez de 0.03 meq/g, con un pH en solución al 10 % de 3.0 a 4.5, con uso del 5 al 10 % y presenta reacciones de Maillard al igual que

Litesse II® que tiene un pH de 3.5 a 5.0, un nivel de uso también del 10 %, con buena estabilidad en solución, Litesse III® es de color blanco, con pH de 4.5 a 6.5, se usa a un nivel del 20 %, tiene excelente estabilidad en solución y no toma parte en las reacciones de Maillard pues no contiene grupos reductores. Produce soluciones muy estables. Para preparar soluciones concentradas (mas del 50 %) requiere la adición del talco lentamente y baja agitación.

Desarrollado inicialmente como agente espesante y usado como edulcorante no nutritivo. Fue aprobado en EUA en 1981 y considerado seguro como aditivo alimentario espesante, texturizador, agente de volumen y humectante.

Es digerida parte de ella (del 5 al 10 %) ya que es fermentada en el colon, produciendo un valor calórico de (1 kcal/g). Es estable al calor, pero puede tener un efecto laxante usado a altas dosis (90 g/día comparado con 70 g/día de sorbitol). La povidexosa no interfiere con la absorción o utilización de las vitaminas, minerales o aminoácidos esenciales. Usado para reemplazar el azúcar o la grasa en hornados donde además retarda la vida de anaquel al evitar la migración de humedad gomas, postres, gelatinas, postres helados, gelatinas, budines; previene la sinéresis, es hábil para proveer viscosidad sin ser pegajoso.

De acuerdo con la Food and Drug Administration "FDA" (Bailey's l., 1996), puede usarse en aderezos, gelatinas, pudines y confitería como dulces, chicles y chocolates. Es no cariogénico y al ser amorfo y no cristalizar a bajas temperaturas o altas concentraciones se usa para controlar la cristalización de polioles y azúcares y por lo tanto la textura del producto final; sin embargo se requiere en EUA que las etiquetas adviertan al consumidor de que todo alimento que contenga povidexosas, lo declaren en la etiqueta con una advertencia sobre los efectos laxantes.

3.5 Hidrolizado de Avena

El Oatrim® es un ejemplo de los sustitutos de grasa que se obtienen de la avena, es usado en leche y en una variedad de alimentos incluyendo productos cárnicos, homeados y postres, imparte textura a las bebidas como leches sin grasa con o sin chocolate; es un hidrolizado de avena utilizado como sustituto de grasa. Inventado en 1990 por el científico George Inglett (Akon, A. y Swanson N., 1994).

Oatrim® se produce por el manejo de las hojuelas de avena con una enzima grado alimenticio (una hidrólisis enzimática, donde al término de la misma, se separa la fracción soluble de la insoluble a través de centrifugación) conteniendo fibra soluble "Betaglucano" (una larga cadena de monómeros de glucosa unidas en configuración Beta y Amilodextrina (fragmentos cortados de almidón); la combinación de ambos componentes hacen posible bajar el colesterol en dos formas. Primero el ingrediente actúa como un sustituto de grasa; por ejemplo una taza de 240 ml de leche con el sustituto tiene 0.05 g de grasa, cero colesterol y 85 k cal cuando una taza de leche tiene respectivamente 4.69 g de grasa , 18.40 ml de colesterol y 130 k cal.

Al ingrediente se le atribuye que puede disminuir el colesterol total en sangre, incrementar el buen colesterol (HDL) y disminuir "el malo" (LDL); el Betaglucano componente mayoritario del Oatrim®.

(Pszcsola D., 1996) refiere a un estudio independiente y el gobierno de los E.U.A, donde demostraron que las hojuelas de avena disminuyeron el colesterol sérico en las personas con altos niveles de colesterol. Para determinar el beneficio de Oatrim®, en Febrero de 1996 la FDA revisó un estudio donde 37 humanos ingirieron de 3-5 g de beta-glucano al día, concluyendo que hay disminución de alrededor del 18% del colesterol "malo" a causa del beta-glucano y no produce efectos secundarios, recalcando que Oatrim® no es la panacea mas sin embargo puede ser parte de una dieta balanceada.

Oatrim® contribuye con 4 kcal/g contra 9 kcal/g que aportan los triglicéridos de la grasa (Pszczola D., 1996). La incorporación al queso reduce el contenido de grasa y colesterol hasta el 50%; sin embargo la intensidad en el sabor a queso disminuye. Otras aplicaciones incluyen: helados, postres congelados, sopas, salsas, homeados, quesos, manteca de cacahuete, mayonesa, margarina, carnes y alimentos dietéticos; aunque es estable a temperaturas de homeado, es térmicamente estable a la pasteurización y puede formar geles estables termo-reversibles cuando se calienta, aunque tiene como limitación no poder usarse como sustituto del aceite en alimentos para freír.

Puede usarse a una concentración menor al 10% si el objetivo es incrementar el contenido de fibra soluble en los alimentos.

Comercialmente existen tres tipos de Oatrim: Oatrim-1, Oatrim-5 y Oatrim-10 donde el número significa el porcentaje en base peso en seco del β -glucano. Su comercialización la realizan principalmente: Quaker Oats Co., Rhône Poulenc Food Ingredients, Con Agra y A.E. Staley (bajo el nombre comercial TrimChoice®).

3.6 Emulsificantes

Los emulsificantes afectan la textura y cremosidad de los alimentos procesados por modificación de interacciones superficiales (reducen la tensión superficial, provocando que las fases agua-aceite logren un contacto más estrecho y se estabilicen). Su aplicación se lleva a cabo en alimentos bajos en grasa a niveles bajos de concentración. Son ésteres o ésteres parciales de ácidos grasos comestibles. Por lo tanto, cada uno tiene un valor calórico diferente dependiendo de su composición.

Como en alimentos bajos en grasa, al incrementar los niveles de agua, se hace necesario adicionar emulsificantes para prevenir que los componentes se separen; por otro lado, los emulsificantes trabajan reduciendo el tamaño de los glóbulos de grasa y así, una mejor dispersión de la grasa presente. Pueden complementarse con almidones y proteínas para dar textura y extender vida de anaquel.

Un uso novedoso de las emulsiones reducidas en grasa está descrita en una patente de Pfizer. Las partículas de grasa emulsificada están atrapadas en geles de agar o alginatos, dando pequeñas esferas de grasa o aceite con gran área superficial (Lucca P. y Tepper A., 1994).

La elección correcta del sistema emulsificador es un factor crítico donde primeramente es necesario determinar qué funciones se buscan. Los ésteres de glicerol son de los más sencillos y pueden contener ácidos como láctico, cítrico, acético y diacetiltartárico Fig. 3.6 (a).

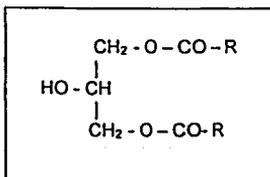


Fig. 3.6 (a) Ésteres de glicerol

Los ésteres del poliglicerol se sintetizan polimerizando el glicerol y luego haciéndolo reaccionar con un ácido graso como el esteárico.

Los ésteres de sorbitana se obtienen al hacer reaccionar el ácido graso con el sorbitol; por ejemplo el monoestearato de sorbitana y el monopalmitato de sorbitana conocidos por la marca comercial Span:

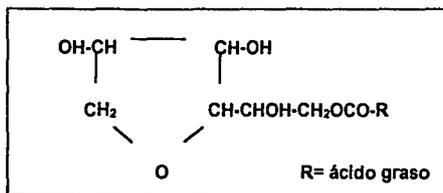


Fig. 3.6 (b) Ésteres de sorbitana: Span.

El tener una emulsión estable provoca efectos sensoriales y funcionales aceptables y por tanto niveles de grasa y aporte reducido de calorías.

CAPÍTULO 4 SUSTITUTOS DE GRASA BASE PROTEÍNA

4.1 Características generales

Las proteínas son componentes integrales y fundamentales de los alimentos; tienen propiedades funcionales y nutritivas, son recurso de energía y fuente de aminoácidos esenciales.

Su comportamiento y funcionalidad estarán determinadas por el acomodo y los grupos polares que las conforman; el tamaño en sí de la proteína, su estabilidad y solubilidad. Además, las proteínas pueden ser modificadas con la finalidad de obtener las características de la aplicación específica, a través de calor, la hidrólisis química o la enzimática.

Como ingredientes funcionales se añaden a los alimentos; por ejemplo:

- ✓ En fórmulas infantiles y alimentos enriquecidos. Por su calidad nutritiva (que se caracteriza por el total de aminoácidos esenciales, digestibilidad de la proteína y la bio-disponibilidad de los aminoácidos).
- ✓ En bebidas: por su solubilidad.
- ✓ En lácteos y mayonesas debido a la capacidad de unir al agua y grasa y sus propiedades emulsificantes.
- ✓ Por la facilidad para formar espumas (dispersiones coloidales de gas en fase líquida).
- ✓ Por su capacidad de gelificación (al formar una matriz ordenada debido a interacciones proteína-proteína y proteína-solvente en los alimentos).
- ✓ Por la contribución en sabor, apariencia y textura. (Miller M., 1994) y (Grese J., 1994)

4.2 Las proteínas como Sustitutos de grasa

Las proteínas que funcionan como sustitutos de grasa son las desnaturalizadas; por su gran carácter hidrofóbico, en cuanto se hidratan hábilmente imitan a las emulsiones de grasa e interaccionan con otros ingredientes, con la ventaja de ser digestibles, aportar 4 kcal/g y ser reconocidas como seguras.

La proteína ya hidratada, suaviza la matriz de caseína en el queso al igual que lo hacen los glóbulos de grasa al emulsificarse: éstas mismas partículas hidratadas en los alimentos homeados (Clark D., 1994) proveen de una fase dispersa uniforme al distribuir el agua por toda la matriz del alimento, dándole suavidad y textura.

Los sustitutos de grasa base proteína, derivan del huevo, la leche, la refinación del suero de leche (conformado de β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina, globulinas y albúmina del suero) y las proteínas vegetales conocida como soya (Grese J., 1994). Se producen como proteínas microparticuladas con tamaño y forma específica.

El proceso de "microparticulación" consiste en coagular con calor y envolver las proteínas de leche (caseína) y/o huevo (ovoalbúmina) o proteínas del suero dentro de partículas esféricas (imitando a los glóbulos de grasa) que oscilan entre 0.1 μm y 3.0 μm de diámetro; así, la lengua ya no las percibe como unidades individuales sino como un fluido, lo que conocemos como cremosidad (Grese J., 1994). Por lo tanto, la forma y el tamaño de las partículas darán las características de textura de grasa y aceite. Las proteínas microparticuladas son digeridas como una proteína. Un gramo tiene 1/3 de calorías, ó 3 gramos de sustituto en agua (1 g de proteína + 2 g de agua) sustituyen a 3 g de grasa ó 4 kcal sustituyen a 27 kcal.

Los sustitutos de grasa base proteínas tienen gran potencial de uso en alimentos lácteos como crema, helado, mantequilla, margarina, productos refrigerados y sopas; es útil en productos homeados y cocinados; en procesos como pasteurización, calentamiento y ultra-alta temperatura (UHT). Y aunque la estabilidad de proteínas induce a una estabilidad en la emulsión mayor, y puede usarse en formulaciones de bajo y alto pH, la limitación de éste ingrediente se encuentra en el frío, ya que a esta temperatura sufren desnaturalización y/o coagulación (Miller M., 1994).

4.3 Tipos de Sustitutos base proteína

4.3.1 Proteína de leche, huevo y suero de leche.

Es producido por "microparticulación" de la caseína, el suero de leche y la albúmina, y es llamado Simplese®. Como ingrediente aporta de 1-2 kcal/g. Se prepara con dos partes de agua por una de proteína. Es considerado seguro por la FDA (Miller M., 1994); promueve la textura cremosa, la suavidad, realza la humectación y masticabilidad, incrementa viscosidad y ayuda a mejorar la aireación en masas, realza características lácteas y puede reemplazar otro tipo de proteínas.

4.3.1.1 Aplicaciones

Se distribuye uniformemente controlando la cremosidad. Aporta estabilidad/textura en los postres. Se utiliza en helados, lácteos (yogurt, quesos y sopas de crema); como base aceite en productos como mayonesas, margarinas, quesos, lazañas, pizzas y salsas.

Un beneficio mercadológico manejado para su venta, es la declaración en etiqueta como ingrediente concentrado de proteína o proteína de leche, producto natural, multi-funcional (al sustituir total o parcialmente a la grasa) y con larga vida de anaquel de 18 meses.

Existen diversas presentaciones que se muestran en la siguiente tabla según la finalidad buscada en el alimento (Bailey's I., 1996).

Tabla 4.3.1.1. Diferentes productos protéicos usado como parte de los sustitutos de grasa (FMC BioPolymer, 2000).

Producto	Simplese® 100	Simplese® 500	Simplese® 710, 720 y 730
En la etiqueta es declarado como ingrediente:	Microparticulado	Protéina de Suero concentrado	Mezcla emulsificante
Funcionalidad:	Estabilidad al calor (UHT)	Realza textura, cremosidad, fortificación de proteínas, opacidad, control de crecimiento de cristales en helados y control de sinéresis.	Helados, cremas para café, quesos cottages, leches saborizadas, yogurt, mayonesa y pudines.
Aplicaciones:	Quesos procesados y naturales, salsas y cremas de queso.	Emulsificante, mejora aereación y masticabilidad en panes.	Panes, galletas, homeados y tortillas.

4.3.2 Proteína de leche y huevo

Sustituto de grasa basado en albúmina y caseína. Es similar a las características de las proteínas microparticuladas, pero obtenidas por un proceso diferente (no mencionado) que se usa en postres congelados y panes. Se le conoce como K-Blazer®, Ultra-Bake®, Ultra-Freeze®, Lita® (Grese J., 1996).

4.3.3 Proteína de Suero concentrado

La desnaturalización térmica controlada de la proteína (β -lactoglobulina, α -lactoglobulina y proteínas menores), expone las regiones hidrofóbicas sobre las sillas del polipéptido, dando propiedades anfílicas que proveen la emulsificación de la proteína, permite orientar la interfase de aire realizando la estabilidad, unen agua por ser proteínas desnaturalizadas, proporciona opacidad y como resultado, la misma funcionalidad que la grasa (Bailey's I., 1996). Se aplica entre 2 % y 5 % y contribuye con 4 kcal/g; se declara en etiqueta como concentrado de suero de proteína. Está conformado del 35 % de proteína, 3 % de grasa, 51 % de lactosa, 6 % de cenizas y 5 % de humectantes y es conocido como Dairy-Lo® (Grese J., 1996): es requerido que éste ingrediente esté balanceado con los sólidos de la leche presentes en la formulación, sobre todo con el nivel de lactosa para evitar su cristalización. Puede utilizarse en pasteurización (UHT). Sensorialmente no existe diferencia significativa en los atributos de sabor y textura.

Sus aplicaciones incluyen: leche y lácteos en general, aderezos, productos tipo mayonesas, panes, helados pues controla el agua libre con lo que ayuda a reducir el crecimiento de cristales.

4.3.4 Proteína animal: Gelatina

La gelatina es una mezcla de proteínas solubles en agua provenientes de piel, ligamentos y huesos de animales. La gelatina de pescado se usa como agente formador de película, estabilizador de emulsiones e inhibidor de crecimiento de cristales (Belitz H. y Grosch W., 1997). En general es utilizado como modificador de viscosidad y hasta recientemente como sustituto de grasa al impartir textura cremosa.

4.3.5 Proteína vegetal: Soya

Preparada a partir de hojuelas o harinas desgrasadas a las que se les ha eliminado todos los polisacáridos solubles e insolubles en agua, cenizas y otros constituyentes menores que producen sabores a soya cruda o frijol amargo y cuyo contenido de proteína oscila ente el 40 % y el 54 %. Ya como producto refinado proporciona emulsificación y modifica la textura. Son análogos de carne, resaltadores de sabor y componentes de salmuera. La aplicación más importante era en aditivos funcionales a bajos niveles para mejorar propiedades como el manejo durante el proceso, la textura, potenciar el sabor y el aspecto de los alimentos procesados.

En la actualidad, a parte de su principal rol nutricional en alimentos infantiles y funcionar como emulsionante y estabilizador de grasa en carne molida, se utiliza en productos cármicos bajos en grasa ya que las proteínas vegetales de soya son efectivas para unir agua y formar estructuras que dan textura a los cármicos (Clark D., 1994). Minimizan el encogimiento al actuar como emulsificante, de ahí su aplicación como sustituto de grasa, además de su bajo costo y alta disponibilidad.

CAPITULO 5 LOS SUSTITUTOS BASADOS EN GRASAS O SINTÉTICOS

Una estrategia que han seguido varias compañías en el desarrollo de sustitutos de grasa, es la modificación química a nivel molecular, de tal forma que se reduzca su susceptibilidad a la hidrólisis, digestión y/o absorción en el intestino. Existen métodos para elaborar éstos ingredientes reduciendo el enlace éster del glicerol a un enlace éter; en base a la estructura, comercialmente hay dos sustitutos de grasas: Olestra® (tipo 1) y Salatrim/Caprenim® (tipo 2).

En el caso de Olestra®, el glicerol es reemplazado por alcoholes o polioles, tales como los azúcares (poliésteres de sacarosa Tabla 5.1), que preservan propiedades funcionales de la grasa pero no son asimilados o son pobremente absorbidos. El Olestra® es usado a altas temperaturas e incluso para freído, contiene restos de ácido linoléico que por calentamiento dan lugar a dímeros y trímeros. Estos compuestos se pueden emplear a las mismas temperaturas que cualquier grasa comestible.

Tabla 5.1: Algunas propiedades de los poliésteres de sacarosa asociados con el nivel de esterificación (Pomeranz Y., 1995).

		Nivel de esterificación							
Sacarosa no esterificada		Mono	di	tri	tetra	Penta	Hexa	Hepta	Octa
Hidrofílico	Más hidrofílico							Más lipofílico	
	Más como azúcar							Más como grasa	
Digestible	Digestibilidad	→							
Absorbible	Absorbabilidad	→			← No digestible o absorbible →				

Para el caso de Salatrim/Caprenim® (tipo 2), al glicerol convencional al que están unidos los ácidos grasos, se le adicionan grupos que no pueden ser hidrolizados como serían los ácidos de cadena corta y larga, dando propiedades para usos específicos.

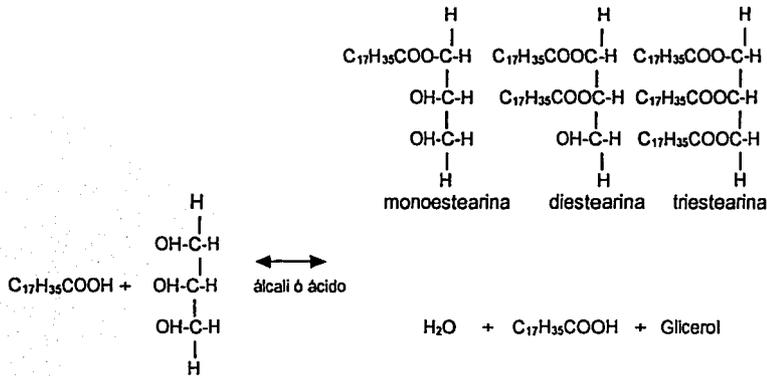
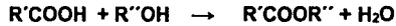
5.1 Sustitutos Sintéticos tipo 1: Ésteres, Poliésteres de carbohidratos y de alquil glicósidos-ácidos grasos.

En el caso de los poliésteres de azúcar (tipo 1, Olestra®), el método para reducir su valor calórico, retener sus características y propiedades físicas es preparar ésteres de ácidos grasos de carbohidratos, alquil-glicósidos y alcoholes de azúcares (polioles) que sean reducidos en digestión y absorción. Dicho objetivo se consigue alterando la porción del ácido graso o del carbohidrato, el poliol y la porción alquil glicósido.

En la síntesis de estos compuestos, se debe tener en consideración el número de grupos hidroxilos, grupos acetatos o sitios de esterificación disponibles en una molécula. La sacarosa libre tiene ocho grupos hidroxilos disponibles para esterificación. La sacarosa octaacetato tiene ocho grupos acetatos disponibles para sustitución/reemplazo (trans-esterificación, intercambio éster-éster) con una larga cadena de ácidos grasos. El grado de sustitución (**DS**) se define como el número de grupos OH esterificados o el número de grupos acetatos reemplazados con cadenas de ácidos grasos.

Los ésteres tienen una estructura típica de surfactantes, o sea tienen grupos polares y no polares en la misma molécula. La esterificación es la reacción reversible entre los ácidos carboxílicos y los alcoholes para dar ésteres con la eliminación de agua.

La reacción de esterificación es:



La sacarosa tiene 8 grupos hidroxilo de los cuales tres son primarios y cinco son secundarios por lo que se pueden obtener desde mono hasta octa ácidos grasos ésteres; los ésteres de sacarosa también pueden ser clasificados de acuerdo al tipo de ácido graso combinado con el grupo hidroxilo de la sacarosa. Los ésteres de sacarosa con largas cadenas de ácidos grasos incluyen: el Estereato de sacarosa, Palmitato de sacarosa, y Oleato de sacarosa, y los de cadena corta: Caprilato de sacarosa, Caprato de sacarosa y Laurato de sacarosa (Akon C. y Swanson B., 1994).

Variando el número de ácidos grasos de uno a ocho y el tamaño de los ácidos, se crea una familia grande de ésteres de sacarosa (poliésteres), incluyendo las formas poco sustituidas que funcionan como acondicionadores, emulsificantes y surfactantes y los de alta sustitución que pueden reemplazar las grasas y los aceites en mantecas no calóricas. Sin embargo se prefieren las cadenas de ácidos grasos de C14 a C18. Los ésteres de sacarosa, glucosa, fructosa, maltosa, rafinosa, sorbitol,

tetralosa son en los cuales hay gran interés; sin embargo se ha escogido a la sacarosa por ser un alcohol polihídrico de bajo costo, alta disponibilidad y producción a nivel mundial y con pureza química.

En la síntesis de ésteres y poliésteres de carbohidratos-ácidos grasos, es fundamental referirse a un término conocido como **HBL** (balance hidrofílico-lipofílico), es una mezcla de solubilidad e insolubilidad de surfactantes en agua y sus valores sugieren su potencial de uso. El HBL determina el tipo de emulsión que tiende a formar, o sea es un indicador del comportamiento en la emulsión. Un HBL bajo (3-6) indica que promueve o estabiliza emulsiones agua en aceite ó (w/o). Un HBL intermedio (8-13), estabiliza emulsiones aceite en agua (o/w); y un HBL alto (15-18) puede actuar como solubilizador.

Se sintetizan ésteres de azúcares - ácidos grasos, conocidos como SFE's. También poliésteres de carbohidratos - ácidos grasos llamados SPE's; y ésteres y poliésteres de alquil glicósidos-ácidos grasos; los dos últimos tienen un DS mayor a 3 (un HBL entre 4 y 14) y son altamente lipofílicos, parcial o totalmente no asimilables o hidrolizables, tampoco se pueden absorber o si lo hacen es de manera muy pobre (de ahí su aplicación como sustituyentes de la grasa). Tienen apariencia y propiedades físicas como las grasas y aceites convencionales, tienen un HBL entre (6-8) por lo tanto son promotores de emulsiones agua en aceite y se deberán usar como emulsificantes en mantequilla, margarina, queso, caramelos, chocolates, dulces y mantecas. Olestra® pertenece a éste tipo de compuestos.

5.1.1 Ésteres de carbohidratos-ácidos grasos o SFE's:

Los ésteres de sacarosa ácidos grasos (SFE: Sugar Faty acid esters) fueron aprobados para su uso en Japon hacia 1959 y en EU en 1983 aunque la síntesis empezó en E.U.A desde 1952 cuando Foster D. Snell (Akon C. y Swanson B., 1994) estudió la posibilidad de unir los ácidos grasos y la sacarosa con la finalidad de hacer surfactantes.

Se obtienen, entre otros procedimientos por trans-esterificación de los ésteres metílicos de ácidos grasos 14:0, 16:0, 18:0 y/o 18:1 con sacarosa o fructosa. Los mono y diesteres inodoros e insípidos que se obtienen, se utilizan para estabilizar emulsiones O/W y solubilizar polvos instantáneos.

Son funcionales como antimicrobianos (ácidos mirístico, palmítico y estéarico actúan contra bacterias, ácidos grasos que aparentemente actúan a nivel de absorción de nutrimentos en la membrana microbiana alterando su permeabilidad (Valle P. y Lucas B, 2000) además que la esterificación de los ácidos grasos con la sacarosa o el glicerol realzan la actividad microbiana de los mencionados ácidos en su forma libre (Akon C. y Swanson B., 1994); pueden usarse como texturizantes o como componentes protectores de coberturas aplicadas en fruta fresca; son también usados como solubilizadores, humectantes, dispersantes, emulsificantes pues reducen tensión superficial entre el agua y el aceite en (o/w) y agentes estabilizantes.

Tienen un alto balance hidrofílico-lipofílico (HLB 5-16), un DS de 1-3, son altamente hidrofílicos, digestibles, absorbibles. Un SFE comercial tiene forma de talco o forma granular.

Son regulados como Aditivos Alimenticios, permitidos para adición directa a alimentos de consumo humano (FDA, 1991).

La FDA y la Organización Mundial de la Salud en 1994 (Akon C. y Swanson B., 1994) aprobó el uso de pocos ésteres de ácidos grasos con sacarosa, y ha evaluado la aceptación en consumo diario para humanos de 0-10 mg/kg

Las aplicaciones potenciales mencionadas están en cosméticos, alimentos y la industria farmacéutica; pero por ser digestibles, no se utilizan como sustitutos de grasa.

5.1.1.2 Obtención de los SFE's

En el caso de los ésteres de carbohidratos - ácidos grasos sólo se sustituyen 3 grupos hidroxilos primarios en la glucosa y el C-1 y el C-6 de la fructosa (sitios reactivos) para producir mono, di y triésteres. Los grupos alquilo de los ácidos grasos funcionan como lipófilos y los grupos hidroxilos libres de la sacarosa como hidrófilos lo que hace posible sean usados como surfactantes no iónicos biodegradables (Akon C. y Swanson B., 1994). Inicialmente se usaban en su síntesis solventes tóxicos como la dimetilformamida (DMF), el dimetilsulfóxido (DMS) o la dimetilpirrolidona (DMP) donde se solubilizan la sacarosa y los ácidos grasos libres. En E.U.A. no fueron aceptados como aditivos alimenticios. Finalmente, se desarrollaron métodos como: la inter-esterificación libre de solventes donde reacciona la sacarosa fundida y los metil-ésteres de ácidos grasos en presencia de catalizadores de litio, potasio y sodio a una temperatura entre 170-187°C; pero se requiere remover los metil-ésteres que no reaccionaron, los ácidos grasos y los productos alcohólicos. Se ha determinado que a mayor proporción de monoésteres, tienen mejores propiedades surfactantes; hasta ahora la síntesis enzimática ha tenido poco éxito.

La industria que produce estos ésteres, hace mezclas de componentes homólogos como por ejemplo el surfactante comercial éster-sacarosa que es una mezcla de mono, di, y triésteres de ácido palmítico o ácido esteárico. Estos pueden modificar la superficie entre los líquidos los cuales están dispersos en bajas concentraciones.

En helados los ésteres de sacarosa disminuye la tensión superficial pues decrecen la atracción entre las moléculas; a una concentración del 0.25 % previenen la coalescencia de los glóbulos de grasa. También reportaron la inhibición del crecimiento de cristales (Akon A. y Swanson N, 1994).

Los SPE's son básicamente emulsificantes metabolizables; por tanto se ha centrado la atención en los poliésteres de carbohidratos.

5.1.2 Poliésteres de Carbohidratos-ácidos grasos o SPE's

Estos poliésteres tienen un grado de sustitución entre 4-14; son lipofílicos, no digestibles, no absorbibles como las moléculas de grasa, con propiedades físicas y químicas de los aceites y grasas convencionales. Tienen influencia sobre la cristalización y las transiciones polimórficas debido a la interacción entre los emulsificantes y las moléculas de grasa, donde los cristales de grasa pasaron de formas inestables a las formas más estables (Akon C. y Swanson B., 1994).

5.1.2.1 Obtención de SPE's

La síntesis se ha centrado en la sacarosa y menormente en otros azúcares como el almidón. Se han probado distintas síntesis donde se evite el uso de solventes tóxicos para obtenerlos grado alimenticio, las temperaturas altas y los prolongados tiempos de reacción. De la serie de síntesis, parece que la ideal donde se obtienen altos rendimientos, requiere la presencia de 1-2% de sodio

metálico como catalizador y aceites vegetales donde a Temperatura menor de 105° C, presión y alrededor de dos horas, el acetato metílico formado como resultado de la interesterificación (una reacción simple de intercambio éster-éster) que es atrapado en nitrógeno líquido (donde los grupos acetatos en la sacarosa octa-acetato son buenos grupos protectores que evitan la degradación y caramelización) se obtienen SPE's cuyas propiedades físicas y funcionales son el reflejo de los ácidos grasos que los conforman y de su concentración.

La propiedad de indigestibilidad o de reducción en la ingesta de calorías de éstos sustitutos, está basada en la dificultad estérica y la cercana saturación de los azúcares con los ácidos grasos esterificados.

5.1.2.2 Toxicología de Poliésteres de Carbohidratos-ácidos grasos o SPE's

Los poliésteres pueden ser o no parcialmente digeridos y absorbidos dependiendo del tipo de ácido graso que tienen unido. Se ha propuesto que los poliésteres metil glucósidos ácidos grasos con DS 4 pueden servir potencialmente como sustitutos de grasa y pueden competir con otros poliésteres del mismo tipo. Pero han sido asociados con desventajas como flatulencias o con la absorción de los micronutrientes esenciales como las vitaminas liposolubles por lo que en un inicio se encontraban limitados en su aprobación caso Olestra®.

5.1.2.3 Métodos de Análisis para los SPE's

El paso crítico en la obtención de los poliésteres en general es desarrollar un procedimiento para aislar, purificar y analizar el producto. Para su análisis se utiliza la cromatografía de capa fina, cromatografía en columna, la gas-líquido, HPLC, el Infrarrojo, espectroscopía de masas y la resonancia magnética nuclear.

5.1.3 Esteres y Poliésteres de alquil glicósidos-ácidos grasos

Alquilo o ésteres de glicósido-ácido graso, son no iónicos, no tóxicos, con propiedades de detergencia y emulsificación.

La síntesis de los ésteres y poliésteres de alquil glicósidos se basa en la glicosilación o la alquilación necesarias para convertir los azúcares reductores reaccionantes C-1 (centros anoméricos) a no reductores o a centros anoméricos menos reactivos en todas las síntesis probadas a la fecha Fig. 5.1.3(a). Sin embargo, poco ha sido reportado sobre la síntesis de alquil glicósido-ácido graso de glucosa, galactosa o del octilglucósido Fig. 5.1.3(b) como posible sustituto de grasa de aceites convencionales.

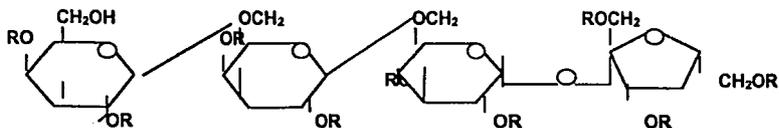


Fig. 5.1.3 (a) Estructura del poliéster metil-glicósido

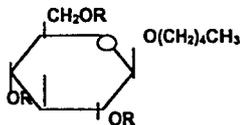


Fig. 5.1.3 (b) Estructura del octil- β -poliéster glicósido

5.1.3.1 Toxicología de Esteres y Poliésteres de alquil glicósidos-ácidos grasos

En un estudio realizado alimentando ratones (Akon C. y Swanson B., 1994), se concluyó que el poliéster metil-glicósido puede o no ser parcialmente digerido y absorbido, dependiendo del tipo de ácido graso unido lo que puede ayudar a reducir peso. Por lo tanto, puede ser una alternativa como sustituto de grasa y puede competir con otros poliésteres.

5.2 Sustitutos Sintéticos tipo 2: Glicerol y ácidos grasos de cadena corta y larga.

A esta familia de grasas re-estructuradas pertenecen: Benefact® o Salatrim, Caprenim®, Dur-Lo®, N-Flate®, DDM®, los glicerol esterificados propoxilados (EPG) y otros que se encuentran en conjunto por nombre, características y uso en la tabla 5.2 (a).

Tabla 5.2 (a).- Los Sustitutos que son sintéticos o base grasa.

Nombre	Compañía	Características	Uso
N-Flate®	National Starch and Chemical Corp. Bridgewater, NJ	Es reconocido seguro; es una mezcla de mono y diglicéridos emulsificados, almidón modificado y goma guar en una base de leche seca, que aporta 5.1 kcal/g y usada en pequeña proporción para reemplazar la grasa.	Se aplica en pasteles, galletas y alimentos homeados. (National Starch and Chemical Co, 2000)
Salatrim o Benefat®	Nabisco Holdings Co	Contribuye con 5 kcal/g (Pszczola D., 1996).	Para ser usado en lácteos y otros alimentos.
Caprenim®		Aporta 5 cal/g (Pszczola D., 1996)	Usado principalmente en coberturas de chocolate.
Dur-Lo® ó EC-25®	Sin referencia.	Son mono y diglicéridos emulsificados hechos de aceites vegetales; contiene 9 kcal/g cuya función principal es como emulsificante pero por su aporte calórico es poco usado; sustituye parcial o totalmente la grasa.	En mezcla de panes, galletas. (Pszczola D., 1996)
DDM® (dialquildihexa decilmalonato)	PEPSICO'S Frito-Lay Inc.	Es sintetizado del ácido malónico, y ácidos grasos como el palmítico, oléico, mirístico, linoléico y esteárico (Spearmen M., 1990). Menos del 0.1% son absorbidos en el tracto digestivo, por lo tanto es no calórico y es térmicamente estable.	Preparación de productos fritos como papas y frituras de maíz.
EPG (glicerol propoxilado esterificado)	ARCO Chemical Co.	Estable al calor, poliéter poliol formado por la reacción del glicerol con óxido de propileno para formar un poliéter-glicol el cual es esterificado con ácidos grasos. Variando las unidades de óxido de propileno y el tipo de ácidos grasos se obtienen productos para diferentes usos (Beck T., 1990).	Como aceite y en ensaladas, mayonesas, helados y salsas.

Nombre	Compañía	Características	Uso
TATCA (trialcoxy- tricarbalato)	CPC International Inc. Englewood	Son ésteres de ácido tricarbálico y ácido cítrico con alcoholes resistentes a hidrólisis enzimática in vitro y evaluado por Best Foods (Pomeranz J., 1986) y (Akon C. y Swanson B., 1994).	Aplicaciones convencionales de las grasas y aceites. El éster del oleil alcohol es mas satisfactorio como aceite vegetal en mayonesas y margarinas.
Poliésteres Raffinosa	Washington State University, Pullman, Wash	Son ésteres de ácidos grasos con trisacáridos que están en investigación (Bailey's I., 1996).	Aun desconocido
Ésteres poliglicerol	Swift	Poliglicerol preparado por polimerización de glicerina bajo condiciones alcalinas y esterificado con ácidos grasos. Se controlan moles de glicerina, grado de esterificación y tipos de ácidos grasos para obtener finalidad deseada. Tienen valor estimado de 2 kcal/g (Bailey's I., 1996).	Aplicaciones en margarinas.
Amidas ácidas poli-básicas	Dow Chemical Co.	Las amidas ácidas poli-básicas hechas por reacción de dímero o trímero de ácido con aminoácidos. En teoría tienen propiedades de sabor igual a triglicéridos, son hidrolizadas por enzimas digestivas pero proporcionan menos calorías sin especificar cuántas (Bailey's I., 1996).	No específico.
Aceite de Jojoba	No especificado.	Mezcla de ésteres lineales de ácidos grasos y alcoholes grasos, cuya digestibilidad es menor entre 20-40% lo que consideran útil para usarlo como grasa baja en calorías.	Aún en estudio. (Bailey's I., 1996)
Ésteres Polisacáridos	Arco Chemical Technology Inc.	Compuestos esterificados hechos de polisacáridos como goma xantana, guar, arábica y celulosa. El grado de esterificación es controlado para prevenir la hidrólisis por la lipasa.	Mayonesas y margarinas. (Akon C. y Swanson B., 1994)

5.2.1 Los Glicerolos Esterificados Propoxilados o EPG's

Dentro de los clasificados como sintéticos se encuentran también los glicerolos esterificados propoxilados o EPG, producidos por reacción de glicerina con óxido de propileno para formar un poliéter poliol que se esterifica con ácidos grasos de rango C14 - C18 (incluyendo el ácido palmítico, mirístico, esteárico, oléico y linoléico) provenientes del olivo, aceite de maíz y algodón. La estructura es similar a la grasa natural. Es bajo en calorías, parcialmente digestible y estable al calor. Se ha usado en alimentos helados, coberturas y homeados, mayonesas y botanas. Se ha probado su no toxicidad.

Estos sustitutos son híbridos de ácidos grasos con el esqueleto del glicerol sintetizados vía catalizador alcalino con glicerol a 230°C. Tienen atributos como emulsificantes, sustitutos de grasas, surfactantes, antiaglomerantes, dispersantes del sabor y estabilizantes en bebidas; realza textura en panes, margarinas, mantecas, manteca de cacahuete, grasa vegetal en la crema del café y los productos homeados. El aporte calórico es de 6-7 kcal/g y se requiere sólo del 0.04% al 0.2% para proporcionar los efectos deseados.

5.2.1.1 Absorción de los EPG's

El esqueleto del políglicerol no es tan rápidamente biotransformado como los ácidos grasos libres; se requiere hidrolizar las uniones éster, así que, debido a la esterificación, al alto punto de fusión de los EPG y a la solubilización micelar, es pobre la absorción de los ácidos grasos de cadena larga que se encuentran unidas a la glicerina, comparada con el aceite de maíz. Se ha demostrado que la políglicerina es excretada en la orina sin cambio.

Como son triglicéridos modificados en su configuración para reducir el contenido calórico o tienen estructuras químicas semejantes a los triglicéridos, se comportan como emulsificantes que tienen tanto propiedades hidrofílicas como lipofílicas. Fueron desarrollados por ARCO Chemical Co y CPC International.

También se han usado ésteres de ácidos grasos y polioles como el propilenglicol y el sorbitol. Estos ésteres son modificados por esterificación con ácidos orgánicos o por derivados de óxido de etileno.

Otra opción para desarrollar ingredientes de este tipo, es producir las propiedades físicas y funcionales del aceite o grasa sin conexión con la estructura del triglicérido. Como ejemplo, el desarrollo de materiales poliméricos no absorbibles como el polisiloxano o aceite de silicon o microcápsulas para reemplazar la gotita del lípido en los alimentos emulsificados (Akon C., y Swanson B., 1994). Adicionalmente, las grasas y aceites naturales son potenciales como sustitutos de grasa: por ejemplo, el mencionado aceite de jojoba por su utilidad, aceptabilidad y calidad (Bailey's I., 1996) pero se requiere una evaluación exhaustiva para garantizar su seguridad.

CAPÍTULO 6 LEGISLACIÓN

Existen legislaciones internacionales y locales que se basan en los estudios realizados con anterioridad para definir la utilización de los aditivos en la preparación de alimentos; así en E.U.A. un ingrediente generalmente reconocido como seguro GRAS (Generally Recognized as Safe) es reconocido sin efectos perjudiciales efectuando una serie de pruebas toxicológicas.

En la evaluación toxicológica de una sustancia, se expresa la dosis letal media (DL_{50}) como la dosis administrada en términos de mg del agente xenobiótico (cualquier sustancia extraña al organismo en cuestión), por Kg de peso corporal del organismo de prueba (Valle P. y Lucas B., 2000); además, se evalúa toxicidad aguda, subcrónica, crónica; carcinogenicidad (agente que produce cáncer por medio de la prueba de Ames); mutagenicidad, embriotoxicidad, teratogenicidad y comportamiento bioquímico en animales donde se evalúe el efecto que causaría su acumulación y su interacción con otros ingredientes; deberá cumplir con las especificaciones químicas en donde se determine la Dosis Diaria Aceptable (cantidad que se puede ingerir diariamente en la dieta durante toda la vida sin ningún riesgo para la salud expresada en mg/Kg de peso corporal y correspondiente a la centésima parte de la cantidad máxima que puede ser administrada en los animales de experimentación sin efectos tóxicos). Además tendrán que mantenerse en observación continua y se reevaluarán cuando se requiera. Es importante mencionar que los requerimientos de datos para evaluar la seguridad de un ingrediente, deberán ser determinados para cada caso específico.

Para que un aditivo alimentario sea aprobado por FDA (Food and Drug Administration) o por el Codex Alimentarius (Organización de la ONU para los Alimentos y Agricultura y por la Organización mundial de la salud) tendrá que haber sido evaluado por su cronicidad y haber cumplido los

estándares de seguridad para el ser humano antes que sea empleado en alimentos. Si en etapa de comercialización se llegaran a manifestar efectos de cualquier naturaleza, el Codex Alimentarius podrá solicitar al productor otra serie de pruebas para re – evaluación.

Los alimentos en México apegándose a estos estándares internacionales, se encuentran normados por la SSA a través del Reglamento de Salud de la Dirección General de Control Sanitario de Productos y Servicios, mediante la emisión de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Cuando dicha Secretaría tenga conocimiento basado en investigación científica reconocida de que un aditivo muestra indicios confirmados de efectos cancerígenos, teratogénicos, mutagénicos o cualquier otro riesgo a la salud, no se permitirá su importación. Así que los estudios toxicológicos ya sean nacionales o extranjeros a corto o mediano plazo para los aditivos en los que se incluya la DL_{50} en animales mamíferos de laboratorio y la ingestión diaria admisible para evaluar su inocuidad especialmente con el cáncer y sus efectos teratogénicos son válidos para la legislación mexicana y pueden modificar la lista de aditivos permitidos.

Por otro lado, la demanda por los alimentos bajos en calorías han incrementado las alternativas para su elaboración así como para su aplicación, por lo que la información en las etiquetas tiene que ser sobre el contenido nutricional. La regulación solicita la diferenciación de la grasa total, la grasa saturada y el colesterol por porción, debiendo declarar las calorías totales y las calorías que aportan las grasas (NOM-086-SSA1-1994) y (NOM-051-SCFI-1994).

Desde el punto de vista legal podrían presentarse contradicciones; la legislación establece un mínimo de grasa asociada a un alimento como las leches, mayonesas, margarinas, helados, quesos naturales y procesados que deben cumplir con los estándares de las legislaciones nacionales e

internacionales y especifican un mínimo contenido o un rango de los niveles de grasa que deberá seguir el producto para ser llamado con ese nombre tradicional. En general, las regulaciones requieren que los alimentos que no cumplan con los estándares mínimos de grasa, tendrán que ser llamados "imitación o sustitutos" o en algunos casos se les permite llamarlos bajos en grasa. A nivel Internacional, los sustitutos de grasa son utilizados en la elaboración de muy diversos alimentos, de ahí que exista una especificación y legislación precisa para los tipos sustitutos que son reconocidos como GRAS por FDA y aprobados para su uso. El impacto que han tenido ha originado que desde 1990 la NLEA (Nutrition Labeling and Education Act) Organización dependiente de la primera, haya estandarizado estos alimentos como:

Descripción del contenido de los Nutrientes relativo a los alimentos reducidos en grasa según la FDA (Bailey's, 1996).

DESCRIPTOR	DEFINICIÓN
Libre	< 5 cal ó <0.5 g de grasa ó < 0.5 g de grasa saturada ó < 2 mg de colesterol
Reducida	Un producto nutricional alterado que contiene 25 % menos de un nutriente o 25 % menos calorías que un alimento de referencia.
Magro	Una porción o 100 g de carne, pollo, pescado y carne de la caza conteniendo menos que 10 g de grasa, 4 g de grasa saturada y 95 mg de colesterol.
Extra magro	Una porción ó 100 g de carne de pollo, pescado y carne proveniente de la caza que tiene menos de 5 g de grasa, 2 g de grasa saturada y 95 mg de colesterol.
Baja	Bajo en grasa: 3 gramos o menos de grasa o reducido en grasa no menos del 25%.
Light	Reducido en un tercio de calorías o 50% menos de grasa.
% Libre de grasa	Por lo que 2.5 g de grasa in 50 g de alimento o menos de 0.5 gramos de grasa.
Saludable	Un alimento que es bajo en grasa y grasa saturada, una porción contiene no más que 480 mg de sodio y no mas de 60 mg de colesterol.

En 1996 la FDA propuso una Norma para etiquetar los productos que contengan sustitutos base grasa (61 FR 67243) (Grese, 1996). Esta establece el principio del contenido de nutrientes en la etiqueta y en base con el contenido de grasa disponible.

6.1 Legislación de los Sustitutos de Grasa en México

Los "sustitutos de grasa" están regulados conforme al Acuerdo por el que se determinan las sustancias permitidas como aditivos y coadyuvantes publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de diciembre de 1999. Un aditivo se encuentra definido como "cualquier sustancia permitida que, sin tener propiedades nutritivas, se incluya en la formulación de productos y que actúe como estabilizante, conservador o modificador de sus características organolépticas, para favorecer ya sea su estabilidad, conservación, apariencia o aceptabilidad" según la Ley General de Salud en el capítulo II artículo 215 fracción IV.

En base a lo anterior, está permitido la adición de los nutrimentos siempre y cuando se cumpla tener por escrito la siguiente información misma que deberán poner a disposición de la Secretaría de Salud cuando ésta lo solicite: grupo de población al que va dirigido; fuentes del nutrimento en la dieta y el consumo global en la población; vehículo propuesto para la adición, incluyendo el volumen de producción anual de dicho alimento; nutrimento o nutrimentos que se van a adicionar, forma química, en qué cantidad y mediante cuál procedimiento; se deberá demostrar la estabilidad del nutrimento adicionado en el alimento durante su vida de anaquel. Si la empresa no cuenta con los recursos para dicha demostración, podrá auxiliarse de un organismo aprobado por la Secretaría de Salud y acreditado por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial; tendrá soportes bibliográficos que demuestren la absorción del nutrimento en la forma química en la que se adicionó (NOM-120-SSA1-1994).

Para los que no exista una ingesta diaria recomendada (IDR) como es el caso de las vitaminas D y K, se debe justificar la adición con estudios nacionales o internacionales que demuestren la necesidad en la población nacional y en caso de generarse problemas de salud pública debidos a la carencia o a una alta ingestión de algún nutrimento, la Secretaría procederá conforme a lo establecido en la Ley General de Salud y su Reglamento.

6.2 Etiquetado en México

El etiquetado y las condiciones de aplicación en los productos que contienen sustitutos de grasa son reguladas conforme a la NOM-086-SSA1-1994, "Bienes y Servicios. Alimentos y Bebidas no alcohólicas con modificación en su composición", especificaciones nutrimentales publicadas en el diario oficial de la federación el 26 de junio de 1996 donde mencionan: "Las ciencias médico-biológicas comprueban día a día la correlación que existe entre la salud y la alimentación; debido a esto en nuestros tiempos se elaboran en grandes cantidades alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición por disminución, eliminación o adición de nutrimentos con la finalidad de contribuir a evitar deficiencias y prevenir excesos perjudiciales para la salud. Como consecuencia, se hace necesario establecer las especificaciones nutrimentales a que deben sujetarse dichos productos, unificando sus denominaciones y orientando al consumidor sobre sus características". Por tanto, la etiqueta deberá contener la denominación genérica o específica del producto, declaración de ingredientes, identificación y domicilio del fabricante, importador, envasador, maquilador o distribuidor nacional o extranjero según el caso; instrucciones para su conservación, uso, preparación y consumo; el o los componentes que pudieran representar un riesgo mediano o inmediato para la salud de los consumidores; el aporte nutrimental; fecha de caducidad; identificación del lote; leyendas precautorias y de advertencia. Un

caso, las polidextrosas si se comercializaran en nuestro país, se tendría que advertir en la etiqueta que dicho sustituto de grasa "puede ocasionar efectos laxantes".

6.3 Especificaciones Sanitarias y Publicidad

En cuanto a las especificaciones sanitarias, estos productos deben ajustarse a las características propias del alimento sin modificación establecidas en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Publicidad DOF del 04-05-00 el cual a su vez indica no deberá inducir o promover hábitos de alimentación nocivos para la salud, afirmar que el producto llena por si solo los requerimientos nutricionales, ni atribuir a los alimentos industrializados un valor nutritivo superior o distinto al que tengan etc.(Dirección General de Control Sanitario de Productos y Servicios, 2000).

Antes que Olestra® llegara a ser vendido, la FDA estaba convencida que los sustitutos son seguros y aprobados para su uso en alimentos. Debido a que la grasa es un nutriente esencial, la FDA puso especial cuidado en el cómo se deben de usar y en qué niveles; por ejemplo, se permitió que sustitutos de grasas como Carragenina y la Harina de Avena fueran usadas en productos etiquetados como hamburguesas o bases de carne, tradicionalmente estos nombres no se deberían usar sobre productos que contenían ingredientes adicionados. Ya demostrada su seguridad, la FDA (Akon A. y Swanson N., 1994) aprobó los efectos del tiempo que se requiere para comercializar un nuevo sustituto desarrollado.

Las percepciones de seguridad en los consumidores son muy importantes, por lo que una reacción negativa podría opacar el consumo de los sustitutos de grasa como Olestra® y otros productos.

CAPITULO 7 CASOS DE SUSTITUTOS DE GRASA RIESGO / BENEFICIO

7.1 Caprenin®

Caprenin® de Procter & Gamble, (Cincinnati, Ohio) es un triglicérido reducido en calorías formado por la esterificación del glicerol con tres ácidos grasos de cadena media: caprílico C:8, cáprico C:10 y uno de cadena larga: ácido behénico C:22 que pasa por tracto intestinal sin gran contribución de calorías pues sólo es parcialmente absorbido; los ácidos cáprico y caprílico son metabolizados mucho menos eficientemente comparados con los de cadena mas larga, por lo que ésta combinación de ácidos grasos aportan en total 5 cal/g (Grese J., 1996); debido a que tiene propiedades similares a la manteca del cacao, es útil para dar textura en dulces y en confitería funciona como cobertura de nueces, frutas, galletas y otros productos aportando la misma textura, palatabilidad y características. Se digiere, absorbe y metaboliza igual que otros triglicéridos. Los estudios en animales y en humanos no han demostrado efectos laxantes o disfunciones gastrointestinales. Existe la petición ante FDA para que sea aprobado como GRAS (Grese J., 1996).

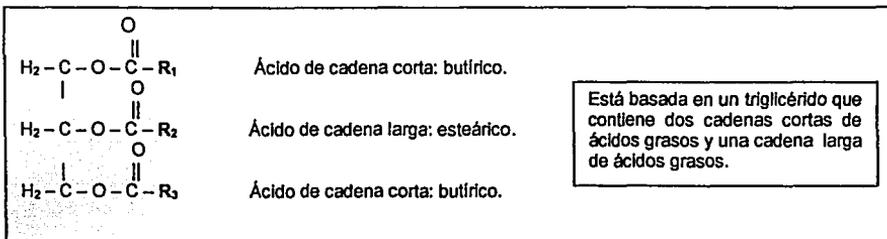
7.2 Salatrim

Salatrim o Benefact® pertenece a la familia de grasas re-estructuradas que dan las mismas características físicas de la grasa pero con tan solo 5 calorías por gramo. Salatrim es el acrónimo derivado de los términos "short and long acyl triglyceride molecule". Pertenece a la compañía Nabisco® licenciado a Danisco Cultor quien le llamó Benefact® y es considerado seguro. No está clasificado como carbohidrato o proteína pero debido a su uso en alimentos bajos en grasa entra dentro de la categoría basados en grasa. La limitación es que no puede usarse para freido (Grese J., 1996).

7.2.1 Propiedades y aplicaciones

Salatrim es el nombre genérico para la familia de triglicéridos estructurales los cuales contienen al menos una cadena corta de ácidos grasos y al menos una cadena larga de ácidos grasos: predominantemente C-18: ácido esteárico de aceites vegetales hidrogenados como el de canola y el de soya con proporciones específicas de cadenas cortas (C-2 ácido acético; C-3 ácido propiónico o C-4 ácido butírico). Esta mezcla de triacilgliceroles que contiene tanto largas como cortas cadenas sustituidas son estratégicamente distribuidas sobre las estructuras del glicerol.

La Estructura de Salatrim o Benefat® es:



7.2.2 Regulación sanitaria

La Petición GRAS para Salatrim fue hecha durante Diciembre de 1993 y aceptada por la FDA (Greese J., 1996) durante Junio de 1994. Tuvo que seguir con tres criterios para ser considerado como un producto GRAS y (Kosmark R., 1996).

- 1) Una larga historia de consumo en humanos
- 2) Seguridad comprobada
- 3) Ser considerados por el panel de expertos como GRAS.

7.2.3 Seguridad

Los triglicéridos de Salatrim son hidrolizados durante la digestión a glicerol y ácidos grasos. La cadena corta de ácidos grasos contribuye de manera muy pequeña a dar energía comparada con los de cadena larga. Por lo tanto estos valores de energía que aporta la composición de Salatrim estuvo fuera de diseño para la petición GRAS. Una valoración de la ingestión de Salatrim donde los sujetos consumieron 30 g por día, concluyó que los efectos clínicos no son significantes (Kosmark R., 1996) pero estudios de laboratorio mostraron no tener efecto sobre las lipoproteínas de alta densidad (HDL) ni sobre las lipoproteínas de baja densidad, ni sobre los micronutrientes o vitaminas liposolubles.

7.2.4 Etiquetado

Salatrim es un nombre genérico para todos los miembros de la familia de estos productos. En los Estados Unidos de Norteamérica, esta familia de grasas con reducidas calorías son identificados en los ingredientes con la leyenda Salatrim. Los productores pueden elegir poniéndolo en la etiqueta como un ingrediente: "Una grasa la cual contribuye con cinco calorías por gramo y es parcialmente disponible al cuerpo".

Salatrim puede ser clasificado en la información nutrimental como una grasa saturada y el total de Salatrim presente en el producto puede ser listado como grasa total (Kosmark R., 1996). Desde 1996 (aunque en México aún no se comercializan, muchos productos comerciales que contienen este sustituto de grasa han sido etiquetados ya, usando el siguiente formato:

Nutrition Facts

Serving Size ()	
Servings Per Container ()	
Amount per serving	
Calories _____ Calories from fat: Calculate salatrim at 5Kcal per gram	
_____ % Daily Value	
Total Fat: Use 5/8 quantity for salatrim grams* %	
Saturated Fat: Use salatrim grams x 5/8* %	
Cholesterol	mg %
Sodium	mg %
Total Carbohydrate	g %
Dietary Fiber	g %
Sugars	g
Protein	g
Vitamin A	% = Vitamin C %
Calcium	% = Iron %
*Fat content adjusted for reduced availability of fat from salatrim.	
Ingredients: _____ salatrim _____	

7.2.5 Aplicaciones

Salatrim fue desarrollado para reemplazar toda la grasa en productos alimenticios como: saborizantes en coberturas de chocolates, chispas de chocolate, caramelo, productos horneados, cacahuates tostados, condimentos, salsas y aderezos, productos lácteos como cremas acidificadas, helados, postres cremosos y quesos. Alternativamente puede ser usado en diferentes productos que dan la funcionalidad de la grasa y su formulación óptima resultará cuando el compuesto pueda igualarse a la aplicación final de grasa.

Los fabricantes no tienen más restricciones que los estándares existentes de identificación y del material que es usado de acuerdo a las buenas prácticas de manufactura.

7.2.6 Obtención

Los tecnólogos se han centrado en entender los atributos de Salatrim al sistema dependiendo del tipo de grasa, así como su fase continua. Han examinado la funcionalidad en sistemas recubiertos que contienen Salatrim y en manteca de cacao. Han encontrado como un sistema basado en Salatrim tolera la grasa extraña y como proveen a los productos finales una sensación equivalente al sistema de manteca de cacao. Este cambio se hace en el proceso convencional o formulación normal del producto obteniendo alimentos de calidad.

En términos generales cuando trabajan en un modelo, sustituyen simplemente Salatrim por toda la grasa; lo que resulta en una disminución del 45 % de las calorías; en una extrapolación de una formulación más práctica del 85 % al 90 % de sustitución de Salatrim resultando en un 38 al 40 % de la reducción de las calorías aportadas por grasa.

7.2.7 Ventajas y limitaciones de Salatrim

En casos extremos el tiempo en la línea de producción se ha reducido. Como por ejemplo la composición primaria de Salatrim consta de cristales en forma Alfa Estable. El compuesto es monomórfico, significa que no atraviesa una serie de fases de transición a la forma cristalina estable, que es lo que ocurre naturalmente en las grasas que son polimórficas donde existen varias formas cristalinas pero que al enfriarse rápidamente forman un cristal alfa el cual es inestable. Las coberturas y los productos que contiene como base Salatrim no requieren el paso de atemperado porque el material cristalino rápidamente pasa a la forma estable. El crecimiento acelerado de la cristalización se lleva a cabo en los túneles de enfriamiento por lo que el alimento final puede ser producido y envasado más rápidamente comparado con el elaborado con la manteca de cacao.

Otra ventaja está relacionada con la viscosidad; durante el atemperado en la cobertura del chocolate, el parámetro específico de temperatura deberá ser mantenido durante el proceso para que las formas cristalinas estables sean preservadas. La cobertura de Salatrim puede ser procesada a alta temperatura (es como una grasa líquida en la mezcla por lo que la viscosidad será más fluida, más manejable) con lo que se reducen costos energéticos.

Una más de las limitaciones de usar Salatrim en las aplicaciones de tipo chocolate comparada con la manteca de cacao, está relacionada con las transiciones polimórficas termodinámicamente estables y formadas durante el atemperado que ocasionan que los cristales formen estructuras más cerradas, compactas, cuestión que con Salatrim exhiben una contracción de volumen mínima.

Por los datos obtenidos de una serie de pruebas sensoriales donde evaluaron galletas con chispas de chocolate, se concluyó que no hay diferencia significativa en su sabor, textura, apariencia y aceptación entre los alimentos elaborados con manteca de cacao y Salatrim (Kosmark R., 1996).

Otras aplicaciones son su uso en coberturas de congelados lo que implica una disminución del 25 al 33 % en calorías. Para los azúcares sustitutos como lo son los polioles y la povidexrosa, lactitol, maltitol y povidexrosa se usan ya sea individualmente o en combinación para reemplazar toda o parte del azúcar y grasa en estos alimentos. Se han desarrollado nuevas versiones para su uso como quesos y aderezos.

7.3 Olestra®

Es uno de los sustitutos mas controvertidos. Desde que Nutrasweet como edulcorante no calórico fue introducido, la industria de alimentos no había experimentado gran revolución en un producto. Las industrias proponen usar los sustitutos de grasa para reducir la contribución calórica, retener o dar sabor y palatabilidad a los alimentos tipo mousses, coberturas de postres, mantequilla de cacahuete, postres cremosos, crema de queso; se ha sugerido su uso para tortillas de maíz, papas fritas, palomitas, botanas en general, galletas, ofreciéndole así al consumidor sus alimentos favoritos sin los riesgos que produce la grasa saturada.

Olestra® o SPE que significa Sacarosa-Poliéster de ácido graso también comercializado bajo el nombre de Olean®, es un poliéster de sacarosa, con 6 a 8 moles de ácidos grasos, a diferencia de los ésteres de sacarosa que contienen de 1 a 3 moles de ácidos grasos, usados como emulsificantes (los cuales son rápidamente absorbidos en tracto digestivo). Es sintetizado por una reacción de los ácidos grasos con grupos hidroxilos de la sacarosa en presencia de catalizadores.

Esta grasa sintética fue originalmente llamada Poliéster de Sacarosa con ácido graso (SPE) y ahora es llamada Olestra®; está involucrada con la disminución de la reabsorción del colesterol y con la disminución de lipoproteínas de baja densidad (LDL) en plasma sanguíneo.

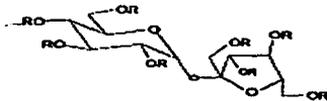


Fig. 7.3 (a) Estructura General de **Olestra®** donde R son ácidos grasos de C:12-20.

Formada por la adición de seis, siete u ocho ácidos grasos saturados e insaturados que se unen a los grupos hidroxilos de la sacarosa. Dichos ácidos grasos que van de 12 a 20 carbonos, provienen de la soya, maíz, palma, coco y algodón. Con éstos ácidos grasos, las enzimas digestivas no pueden hidrolizar a la sacarosa, por lo que pasa a través del tracto digestivo sin transformación (Grese J., 1996). Las propiedades físicas como apariencia, color, sabor, estabilidad y vida de anaquel son comparables con los aceites de cocinado tradicional pues en su estructura existen los mismos ácidos grasos de los aceites naturales. Aunque se considera un aditivo se aplica de un 30 al 40 % en peso.

7.3.1 Comparación de Olestra y la Grasa (Grese J., 1996)

La propiedad de no ser absorbible está relacionada con su estructura química.

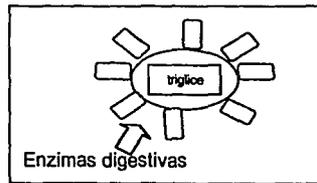
Grasa

Las enzimas digestivas del individuo, rompen la unión del ácido graso y el esqueleto del triglicérido por lo que se obtienen calorías.



Olestra®

La estructura de los ácidos grasos unidos al corazón (sacarosa) hacen que las enzimas no puedan romper los enlaces éster entonces pasa al tracto digestivo y así no proporciona calorías.



El nombre de Olestra® se basa en el prefijo "OL" (representativo de la oleína que es un éster metílico del ácido graso del glicerol y el ácido oléico, la porción líquida de una grasa) y "estr" (una contracción de ésteres, la forma química de la grasa sustituta (Grese J., 1996) por lo que "ol"

representa la parte ácido graso y "estra" representa la forma química de la combinación de ácidos grasos y azúcares o alcoholes- azúcares.

Poliéster es la definición química para una cadena de moléculas similares, como por ejemplo: almidón, celulosa y polietileno; poliéster también significa una fibra sintética, plástico. Vale resaltar que Olestra® no es un polímero a pesar de estar altamente esterificado. Es estable a temperatura ambiente y también a las altas temperaturas del freído de los alimentos; Olestra® reacciona en una ruta similar como lo harían los triglicéridos que tienen ácidos grasos en su composición. Tanto para Olestra® como para las grasas convencionales de freído, los cambios que ocurren con el freído son las reacciones de oxidación en las cadenas de los ácidos grasos que fue demostrado al calentar este ingrediente por 7 días bajo las condiciones de freído, usando la cromatografía de gases y la espectroscopia de masas para comparar los productos de reacción; en el cocimiento Olestra® no se degrada. La FDA concluyó que tanto para el freído y para el homeado Olestra® no da productos diferentes a los que se obtendrían con los aceites convencionales. Debido a que este sustituto de grasa puede ser modificado cambiando las cadenas de los ácidos grasos y su grado de saturación, se puede formular según las aplicaciones deseadas: el homeado y el freído, aceites para cocinado, margarinas y mantecas; además Olestra® en estos productos, tendrá las mismas propiedades de textura, color, sabor, palatabilidad, valores de saciedad y vida de anaquel que todos los triglicéridos que sustituyó.

7.3.2 Historia

La esterificación de los ácidos grasos lipofílicos y azúcares hidrofílicos da como resultado una molécula con superficie activa funcionalizada lipofílica e hidrofílica. El número de mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, hexa-, hepta-, y/o octaésteres de ácidos grasos con la sacarosa en una mezcla

sintética que determina el carácter lipofílico y/o hidrofílico de la mezcla. Una alta porción de cadenas largas y/o ácidos grasos saturados por ejemplo, incrementan la viscosidad y el punto de fusión de Olestra®. El grado de esterificación se define como el número de grupos hidroxilos del azúcar que están unidos con los ácidos grasos. Las propiedades de estos poliésteres se describen con el balance Hidrofílico-lipofílico (HLB) que se consiguen controlando el grado de esterificación.

7.3.3 Antecedentes de Olestra®

- ✓ En 1971 Olestra® fue patentado por primera vez por Procter & Gamble (Klis J., 1996); se rumoró sobre su patente como droga, sometiendo una investigación sobre la aplicación de ésta después de una serie de estudios en humanos donde se demostró que Olestra® disminuía los niveles de colesterol en sangre; sin embargo no fue suficiente para garantizar su uso.
- ✓ En 1988 la compañía abandonó esta aplicación (Grese J., 1996). En 1987 sometió una petición para que fuera aprobado como aditivo sustituto libre de calorías para grasa en mantecas y aceites de cocinado. Se solicitó su uso como sustituto hasta del 35% de la grasa en aceites de cocinado y mantecas de uso en hogares y mayor del 75% de la grasa usada en frituras comerciales o botanas industrialmente.
- ✓ En Agosto de 1990 la petición fue modificada solicitando su uso para reemplazar hasta el 100% de las grasas convencionales en la preparación de botanas como las papas fritas y galletas; la FDA solamente aprobó su uso para botanas. Hasta 1996 P&G estaba solicitando la aprobación para uso de Olestra® en Canadá y Reino Unido (Klis J., 1996).
- ✓ En Enero de 1996 la Food and Drug Administration aprobó el uso de Olestra® como un aditivo para uso humano (Klis J., 1996).

7.3.4 Regulación y etiquetado

La FDA requiere que la etiqueta del alimento que contenga Olestra® tenga la siguiente leyenda: **"Este producto contiene Olestra®. Olestra® puede causar molestias abdominales y flatulencias". Olestra® inhibe la absorción de algunas vitaminas y otros nutrientes. Vitaminas A, D, E y K deberán ser adicionadas"** (Akon C. y Swanson B., 1994).

7.3.5 Salud, Seguridad y Estudios Ambientales

Por tener propiedades de indigestibilidad y aporte de cero valor calórico, Olestra® se ha sometido a un proceso largo de estudios. Primeramente los resultados de los experimentos *in vitro* demostraron que Olestra® no fue hidrolizada independientemente del grado de insaturación y de las cadenas de ácidos grasos; para saber a dónde se dirige en el organismo, si es absorbido y si puede metabolizarse, se administró vía intravenosa a ratas y monos, así se demostró que el 70% de ésta fue tomada por el hígado y la restante no metabolizada se excretó lentamente en bilis y en heces. Posteriormente alimentaron a ratas al 9 % en peso y los resultados demostraron que no se acumula en tejidos. A lo largo de 1987 la compañía productora sometió su aprobación como sustituto de grasa basado en 150 estudios acerca de su seguridad que incluían animales y (8,000 humanos entre hombres, mujeres y niños) con la finalidad de determinar: que no es hidrolizada por las enzimas digestivas (Akon C. y Swanson B., 1994); cuánto se absorbe en el cuerpo; si Olestra® puede originar defectos o si una dieta que contenga este ingrediente está asociada con una alta incidencia de cáncer; los efectos sobre la absorción de Olestra® y las vitaminas hidrosolubles; los efectos gastrointestinales causados; y el efecto de Olestra® sobre la absorción de drogas o medicamentos, los cuales dieron como resultados:

Olestra® es diferente a otros aditivos que la FDA ha aprobado, estimando el uso a niveles del 30-40% (los aditivos se usan entre el 1 y 2%). También se concluyó que Olestra® puede causar un efecto sobre la absorción de las vitaminas liposolubles: A, D, E y K de los alimentos consumidos dependiendo de variables como concentración del soluto, la cinética de absorción y la cantidad de Olestra® (Bergholz C., 1992) y a la vez que se disuelven rápidamente en este sustituto y no hay oportunidad de ser absorbidas, por lo tanto son eliminados en el tracto digestivo; sin embargo, dicho efecto se puede compensar añadiendo a estos nutrientes a los productos e indicándole en la etiqueta al consumidor.

Respecto a la disminución de la absorción de algunos carotenoides (nutrientes encontrados en zanahorias, papas, hojas de vegetales cuya función es antioxidante), la compañía productora sigue monitoreando el producto post-marketing, dichos estudios están sometidos ante FDA.

Respecto a medicamentos lipofílicos orales no existió diferencia significativa en los niveles sanguíneos concluyendo que Olestra® no afecta la absorción de dichas drogas o medicamentos (Pauli G., 1992).

Como ha sido usado como sustituto de grasa, la dieta se torna hipocalórica; al diluirse las calorías en la dieta con la cualidad de vista, suavidad, palatabilidad, textura y la saciedad producida por los alimentos altos en grasa, facilita la pérdida de peso, baja los niveles de LDL, reduce la síntesis total de colesterol y disminuye la producción de triglicéridos por el hígado.

La diarrea, producida en individuos sensibles resulta cuando la Olestra® no modificada llega a los esfínteres anales como una "masa líquida" (ocurre fijación de agua por afinidad), así el esfínter no

puede contener la masa líquida, aparentemente estos efectos gastrointestinales no tienen consecuencias médicas. Para disminuir riesgos de irritaciones intestinales P&G ha reformulado a la Olestra® usando ácido palmítico o largas cadenas de ácidos grasos saturados.

La FDA concluyó que Olestra® es no tóxico, carcinogénico, genotóxico, teratogénico y es esencialmente no absorbible ni se biotransforma como sustituto de grasa y por los datos recopilados en los mismos, lleva un buen récord de seguridad (Klis J., 1996).

También concluyó que no hay efectos ambientales adversos causados por la manufactura de Olestra® y cuando sale del individuo no afecta a los sistemas de tratamiento de aguas pues se absorbe en fango y puede ser degradado completamente por los microorganismos anaerobios.

Inicialmente se usó este ingrediente en las nuevas versiones de papas Pringles®; actualmente se utiliza en otros productos que a México aún no llegan.

7.3.6 Efectos de Olestra® sobre las Sales Biliares y los Esteroles Neutros Excretados

Olestra® es causante de un aumento en la excreción de esteroles neutros por cada gramo de ingesta; desde que los esteroles neutros quedan disueltos en la fase aceitosa de Olestra® en el tracto gastrointestinal, al no estar disponibles para el organismo, se reduce la conversión del colesterol a coprostanol y coprostanona en el colon por bacterias y así disminuir el riesgo de cáncer en el colon.

Aun cuando también disminuye la absorción de las sales biliares por la terapia aplicada de Olestra® en diabéticos ha sido demostrado, que son mínimos (Akon C. y Swanson B., 1994).

7.3.7 La Absorción y Digestión de los Azúcares Poliésteres

Los estudios realizados por P&G (Akon C. y Swanson B., 1994) concluyen que la absorción de los poliésteres de sacarosa es dependiente de la hidrólisis por parte de la lipasa; dicha absorción disminuye cuando se incrementa el número de grupos ésteres. Los datos soportan el concepto que la hidrólisis de la grasa es un prerrequisito de la absorción. Los hexa-, hepta- y octa ácidos ésteres de sacarosa no son hidrolizados y por lo tanto no absorbidos; al no hidrolizarse no entran en la fase de la mezcla micelar en el lumen del intestino delgado y no es absorbido, por lo tanto no metabolizado.

Para muchos materiales lipofílicos como el colesterol y la vitamina A, la absorción en intestino es dependiente de la disolución del material lipofílico en la fase acuosa. La fase aceitosa en el intestino desaparece rápidamente por hidrólisis y absorción de los triglicéridos en el yeyuno.

En humanos la inhibición de la absorción del colesterol se observó con la disminución de LDL sérico sin que afectaran las lipoproteínas de baja densidad (HDL), pero la disminución mayor se observó cuando Olestra® se sustituyó por la mayoría de la grasa en la dieta. Estudios en ratas, perros, chingos y humanos (de 8-90 g de Olestra®/día) demostró que ingiriendo éste, aumenta la excreción del colesterol. La absorción de las vitaminas liposolubles se ve afectada, probablemente por un mecanismo similar a la absorción del colesterol ingerido en la dieta; al disolverse en Olestra® se reduce potencialmente la disponibilidad metabólica.

Un lípido no-absorbible como lo es SPE desaparece únicamente por tránsito intestinal, o sea permanece en la fase lipofílica mientras se absorben otros materiales.

7.3.8 Regulaciones de Olestra®

Procter & Gamble trabajó para obtener la aprobación de Olestra® de la FDA (Grese J., 1996) en 1971. En 1987 la compañía pidió a la misma institución se aprobara su uso como sustituto de grasa y aceite libre de calorías:

- ✓ Incluyendo el 35 % por peso de Olestra® en aceites salados, mantecas y aceites de cocinado para uso casero.
- ✓ Incluyendo 35 % por peso Olestra® en mantecas y aceites para uso en cocinado o como sazonzador para los siguientes alimentos en la industria: vegetales, carne de puerco, res y pescado; donas y huevo, exceptuando arriba del 75% en peso Olestra® en mantecas o aceites para uso de freido (incluyendo papas fritas).
- ✓ Incluyendo 75% por peso de Olestra® en mantecas y aceites usados para preparar saborizantes y botanas fritas como papas, palomitas, tortillas fritas y botanas extruidas.

Muchos factores contribuyeron para que Olestra® fuera aprobada por la FDA; éste difiere de otros ingredientes aditivos primeramente porque es un macrocomponente en alimentos, por su nivel de uso al 30%; típicamente un aditivo se usa en cantidades menores al 1 % en peso, sin embargo en algunos alimentos se encuentra en un 10% en peso. Existe para la FDA seguridad en los estudios referidos a animales en los que se utilizó por largo tiempo como aditivo, 100 veces la concentración requerida para consumo humano.

Procter & Gamble solicitó en registro varias patentes en U.S.A. para proteger la síntesis y el uso de este (SPE). La patente inicial expiró en 1988 y otras tres patentes en 1994. Procter & Gamble cree que requiere una extensión por 10 años, justificada por el desarrollo de un aditivo novel para la cual

la FDA no había establecido un camino normativo para su aprobación. La compañía afirmaba que su aprobación fue demorada ya que la FDA requería de un grupo de científicos y procedimientos administrativos para revisar la seguridad y eficacia de Olestra®. Finalmente, aprobaron el uso del sustituto de grasa el cual tiene que contener en la etiqueta la medida de los requerimientos del uso seguro de aditivos y prevenir a los consumidores de su contenido. La FDA pidió se adecuara la información en la etiqueta referente a un alimento seguro (Finley J., Robinson S., Armstrong G, 1990).

CAPITULO 8 EFECTOS NUTRICIONALES

La unidad funcional de la alimentación es la dieta, de manera que no son los alimentos aislados-ni mucho menos sus componentes químicos- sino la dieta como un todo que junto con otros factores como el genético puede contribuir al desarrollo de las enfermedades pues, existe la teoría que la grasa en la dieta aumenta la producción de bilis y del colesterol el cual proviene de dos fuentes: el colesterol exógeno de la ingestión de tejidos y productos de origen animal y el colesterol endógeno, sintetizado principalmente en el hígado e intestino a partir de los metabolitos acetil CoA y acetoacetil CoA que provienen del metabolismo de las grasas. La ruta que sigue la síntesis del colesterol es algo compleja, pero a continuación se representa de manera simplificada (algunos de los intermediarios no se indican).

Acetil CoA → Acetoacetil CoA → Acido mevalónico → Escualeno → Colesterol

El mecanismo de síntesis es estimulado por la presencia de grandes cantidades de grasa en la dieta, pero a medida que aumenta la concentración corporal de colesterol se piensa que decrece la actividad sintética. Se excreta por la bilis, aunque la mayor parte del colesterol excretado es convertido primero en los ácidos biliares glicocólico y taurocólico que resultan de la conjugación del producto de degradación del colesterol con la glicina y taurina respectivamente. Parte del colesterol excretado al tracto digestivo es reabsorbido después (Muller T., 1999).

Se cree que los ácidos y esteroides biliares se fragmentan en sustancias que pudieran ser carcinógenas (Robinson C. y Weigley E., 1986). La exposición continua de la pared intestinal a estas sustancias podría ser perjudicial.

Sin embargo, la grasa es componente esencial en la dieta; fisiológicamente, los cerca de 20 ácidos grasos encontrados en los alimentos se degradan hasta acetil CoA para ingresar al ciclo de Krebs aportando 9 kilocalorías por cada gramo y cuando en el cuerpo hay exceso de carbohidratos y proteínas, éstos también se transforman en tejido graso, al igual que la grasa en la dieta. Además que disminuye el volumen total que debe ingerirse para obtener energía y mejorar los alimentos, son formadores de estructuras; aumenta la capacidad de reproducción, la lactancia, la utilización de los alimentos y la salud física (Robinson R., 1991) además de los mencionados en el capítulo 1. También es la fuente de ácidos grasos indispensables; es acarreadora de sabores y de catalizadores biológicos, conocidos como vitaminas liposolubles A, D, E y K.

La vitamina A es un alcohol cuya fórmula es $(C_{20}H_{29}OH)$ encontrado en el hígado de animales como res, temera, pollo, puerco, cordero, pavo e inclusive peces. Dicha vitamina se encuentra preformada; existe como ésteres de retinol, retinaldehído, retinil y ácido retinóico. Los precursores de la vitamina que pueden ser convertidos en vitamina A por el hígado y la pared intestinal son α , β (ésta molécula al ser rota por el doble enlace central produce dos moléculas de vitamina A), y gamma- caroteno (en las cuales solamente el anillo A es una estructura β -ionona y la rotura de la molécula por el doble enlace únicamente libera una molécula de vitamina A) y la criptoxantina, encontrados en las verduras de hoja verde oscura y de color amarillo intenso así como en las frutas.

Debido a su característica liposoluble, la bilis es esencial para la absorción de la vitamina A y carotenos a partir de los intestinos. Interviene en la estructura normal de huesos y dientes. Es esencial para la producción y regeneración de la púrpura visual de la retina que permite a la retina del ojo a adaptarse a una luz tenue; en el mantenimiento de la integridad del tejido epitelial o capa exterior de la piel y membranas mucosas que revisten la nariz y el aparato respiratorio, boca y tubo

gastrointestinal, aparato genitourinario y las glándulas de secreción, la estabilidad lisosomal y es factor de crecimiento. Su deficiencia tendrá como consecuencia la ceguera.

Los efectos tóxicos se observan en niños y adultos que han tomado diariamente durante varios meses complementos de 25,000 a 50,000 UI de ésta vitamina, y cuyos síntomas incluyen náusea, vómito, dolor abdominal, detención de crecimiento en los niños y pérdida de pesos en adultos, piel seca y escamosa, adelgazamiento del cabello, dolores articulares, abultamiento de hígado y vaso.

La vitamina D es una familia de compuestos esteroides, insolubles en agua pero solubles en alcohol. Existen cerca de 10 formas de ésta vitamina; las dos más comunes son el ergocalciferol (D₂) y el colecalciferol (D₃). Los precursores de la vitamina D son el ergosterol en plantas y el 7-desidrocolesterol en la piel. Se absorbe con las grasas y es transportada al hígado a través de circulación linfática. Los adultos obtienen suficiente vitamina D mediante la exposición de la piel a la luz solar.

Su principal fuente es el hígado de los peces. Las del tipo D₁ y D₂ son transformadas en el hígado humano a 25-hidroxicolecalciferol, sustancia que luego es hidroxilada en los riñones, la que tiene actividad fisiológica ya en su forma activa como hormona (Robinson C. y Weigley E, 1986). Además desempeña funciones en el metabolismo óseo al regular la absorción intestinal de calcio y fosfato; el raquitismo y la osteoporosis es ocasionado por su carencia (Muller T., 1997).

La vitamina E, también es un alcohol y se clasifican en α , β , γ , y δ -tocoferol dependiendo de la distribución y número de grupos metilo unidos al anillo bencénico que la conforman. Funciona como antioxidante biológico, pues capta el oxígeno que de otra forma oxidaría sustancias más

importantes; por ejemplo, al incorporar el oxígeno, la vitamina E puede prevenir la oxidación de la vitamina A en el tubo intestinal; reduce la oxidación de los ácidos grasos poli-insaturados, ayudando con ello a mantener la normalidad de las membranas celulares.

Interviene en la respiración intracelular, la integridad celular y vascular, muscular y del sistema nervioso central. Su ausencia ocasiona hemólisis de glóbulos rojos, creatinuria y edema en prematuros. La recomendación dietética es de 10 mg para hombres y 8 mg para mujeres. El abuso de vitamina E, puede llevar a una elevación de los lípidos sanguíneos, a reducir los niveles sanguíneos de las hormonas de la glándula tiroides y a disminuir la habilidad de la sangre para coagularse.

La fuente principal son las semillas oleaginosas de maíz, soya cártamo y algodón; mantecas, mantequillas y margarinas; leguminosas, nueces y verduras de hoja verde oscuro.

Finalmente, la vitamina K (que dietéticamente la más importante es: tipo 1 (filoquinona), encontrada en verduras y la tipo 2 (menaquinona) producida por las bacterias, cuya fuente principal es la microflora gasto-intestinal del hombre. Pequeñas cantidades de la vitamina se almacenan en hígado, corazón, piel, músculos y riñón. Interviene en la formación de ciertos factores de coagulación sanguínea llamado protombina y su carencia provoca mala coagulación y hemorragia (Robinson C. y Weigley E., 1986).

La ingesta adecuada para adultos es de 70 a 140 mcg al día; las hojas verdes son una excelente fuente. Es importante recalcar que las sulfonamidas y los antibióticos administrados por vía oral,

reducen el crecimiento bacteriano en el intestino, de manera que disminuye la síntesis de la vitamina.

Si cualquiera de las vitaminas se omite, el cuerpo no funciona con propiedad. Cada vitamina es específica. Si no hay complicaciones y no se permite que la deficiencia llegue a ser severa, el desorden nutricional puede corregirse administrando la vitamina carente; pero debido a su baja solubilidad en agua las vitaminas liposolubles se excretan con dificultad por lo que pueden ser acumuladas en el individuo por lo que ingestas excesivas pueden exceder la capacidad metabólica del hombre (Muller T., 1999).

Respecto a los problemas de salud, los profesionales continúan advirtiendo a los consumidores que deben reducir el consumo de grasa y balancear su dieta, han sido precavidos en recomendar a los sustitutos de grasa ya que si la población tiende a comer más alimentos reducidos en grasa y reemplaza la dieta de frutas, vegetales y granos, puede crear malos hábitos alimenticios que repercutirían considerablemente.

Debido a que la cantidad ingerida de aceites y grasas es individual, tan indeseable es su ingestión excesiva como su ingestión insuficiente aunque estos son conceptos relativos a un valor de referencia que también es individual (Bourges H., 2000).

En los países donde se comercializan los sustitutos de grasa, los fabricantes perciben un crecimiento en el consumo y de como los consumidores tratan de cambiar sus hábitos alimenticios; por lo que se pudiera pensar a futuro que un crecimiento en el mercado nacional de alimentos sustitutos pudiera desplazar la demanda de aceites y grasas tradicionales. Ingredientes como Olestra® y otros SPE, hechos de aceites vegetales tradicionales podrían tener un impacto

económico sobre la industria aceitera; así que tendrá que buscar formas para diferenciar sus productos ante la competencia y mostrarlos al consumidor más atractivos resaltando por ejemplo, las propiedades nutricionales.

Por tanto, es responsabilidad de quien elabora los sustitutos de grasa (principalmente sintéticos que son los que han causado polémica) y de los organismos de Salud dar a conocer los beneficios de los productos que los contienen, pero a su vez las consecuencias que puede ocasionar el no llevar una dieta adecuada y el consumir dichos alimentos en grandes dosis, además que la publicidad a menudo da por hecho que existen pruebas, sin lugar a duda, del efecto perjudicial de algunas sustancias que pudieran ser infundados.

CAPITULO 9 BENEFICIOS Y RIESGOS DE LOS SUSTITUTOS DE GRASA

9.1 Los Beneficios de los Sustitutos de Grasa

Además de los beneficios aportados mencionados en funcionalidad, en materia de salud han demostrado su beneficio en la reducción en los niveles de colesterol en sangre p.e. Simplesse® con una reducción de energía total del 36% al 30% y de colesterol del 21% al 9%; la disminución en el consumo de grasas saturadas sin cambios en sabor, textura, apariencia y al existir un nulo aporte de calorías: Olestra®, Caprenim®, Salatrim o Benefact®. Además, el consumo de alimentos preferidos con propiedades sensoriales iguales a la grasa sin aumentar el peso del individuo.

9.2 Riesgos

Aunque la FDA y otras legislaciones siguen aplicando estándares rígidos para la aprobación de los sustitutos del tipo base grasa o sintéticos y aunque han sido aprobados como seguros, existen individuos que han reportado consecuencias gástricas al usarlos. Por consiguiente, se han dado opciones como:

- ✓ Una suplementación de vitaminas. Por ejemplo, para Olestra® que interfiere en la absorción de ciertas vitaminas y con la finalidad de compensar dicho efecto, se recomienda una suplementación con 1 mg de vitamina E (dosis equivalente a la proporcionada por los aceites vegetales) por gramo usado del sustituto (Grese J., 1996).

- ✓ Con excepción de los base proteína, en general los sustitutos de grasa, no aportan un suplemento nutricional.

- ✓ Ocasionalmente síntomas gastrointestinales: reportados para Olestra® (Akon C. y Swanson B., 1994) como diarreas, calambres, hinchazón; debido a que previene la absorción de carotenoides (cuya función se cree es proteger de enfermedades crónicas por ser antioxidantes); queda por demostrar aún si el uso frecuente de los sustitutos sintéticos o base grasa pueden causar cáncer.

- ✓ Hay evidencia de la alta lipofilia de drogas como los anticonceptivos. Y aunque no existe diferencia significativa en niveles sanguíneos deberá seguir la evaluación de la interacción fármaco - cinética con Olestra®.

Realizando un análisis desde el punto de vista nutricional, toxicológico, de proceso-coste y funcional, en la tabla 9.1 podemos resumir:

Tabla 9.1 Análisis Comparativo de los Beneficios/Riesgos de los Sustitutos de Grasa

Nutricionales	
<u>Beneficios</u>	<u>Riesgos</u>
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Aumentan el aporte de fibra soluble y dietética. ◆ Disminución de los niveles de colesterol sérico "malo" (Oatrim®). ◆ Mayor consumo de proteínas (Simplese®). (del 16-17% del total de energía, lo que representa un incremento de 5 g de proteína por 2000 kcal). ◆ Al disminuir el aporte calórico por dilución de calorías, representa una alternativa en la reducción de peso. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Disminución en la absorción de las vitaminas liposolubles. ◆ Aumento de la probabilidad de desbalanceo en la dieta.
Toxicológicos	
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Se consideran GRAS. ◆ Se han reportado como no teratogénicos, mutagénicos ni carcinogénicos y algunos son no cariogénicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Por las dosis aplicadas para los sintéticos: Olestra®, Salatrim, Caprenim® (30%-40%), se requiere se siga un monitoreo para descartar dudas sobre su seguridad. ◆ Causan desajustes gástricos (base grasa) como flatulencias en personas sensibles a un consumo prolongado.
Proceso y Costo	
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Son una alternativa de uso para proceso. ◆ Aumenta la vida de anaquel y estabilidad al evitar la sinéresis. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Los poliésteres como Olestra®, requieren la adición de las vitaminas liposolubles A, D, E y K para compensar su no absorción. ◆ Puede darse el caso de un aumento del costo y adecuación de

<ul style="list-style-type: none"> ◆ Evita el crecimiento de cristales por lo tanto se conserva textura y calidad. ◆ Pueden disminuir el tiempo de proceso por lo tanto disminuye el costo sin necesidad de cambiar técnica de elaboración ni de equipo especial. ◆ Facilita el manejo al funcionar como emulsificantes, estabilizantes de espuma y humectantes. ◆ En su caso proveen estabilidad en proceso de vapor y calentamiento. ◆ Forman trampas de aire optimizando el proceso. 	<p>su adición en dicho proceso.</p>
Funcionales	
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Se obtienen alimentos de buena calidad. ◆ En la mayoría de los alimentos, proporcionan características muy semejantes a la grasa, analizando previamente la matriz del mismo y la función a conseguir. ◆ Aportan textura, crujido, palatabilidad y cremosidad. ◆ No hay diferencia significativa en el sabor entre los alimentos elaborados con sustitutos y los elaborados con grasa. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ No pueden sustituir la grasa en todos los alimentos, ni usarse indistintamente, ni a cualquier dosis.

(Grese J., 1996)

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Como se puede apreciar las empresas productoras de los sustitutos de grasa sintéticos Nabisco, Procter & Gamble, Arco Chemical Co, etc ofrecen sus ingredientes dando únicamente sus atributos y resaltando que no se excedan las dosis recomendadas ni se cambie su aplicación. Sin embargo hay controversia debido a que existen personas con síntomas estomacales como vómitos, diarreas y dolores abdominales por el consumo de estos ingredientes particularmente Olestra®, además de atribuirles efectos teratogénicos. Los argumentos no son claros para determinarlo: no se reporta la técnica empleada, ni tamaño de población analizada ni el análisis estadístico que sustente que el usar sustitutos de grasa sea un riesgo para el cáncer.

En términos de legislación y a través de una Consulta pública ante la Secretaría de Salud donde se cuestionó sobre la regulación de los sustitutos de grasa y cuya respuesta fue se encuentran contemplados dentro de la NOM-086-SSA1-1994; haciendo una comparación con lo publicado por la FDA, hay lineamientos similares para los alimentos reducidos en grasa. Es muy probable que ante la carencia de infraestructura actual como las evaluaciones toxicológicas y etiquetado para los sustitutos de grasa del tipo sintético o base grasa, se adopten las reglamentaciones de la FDA en base a los estudios realizados para su comercialización futura. De cualquier forma, ante la apertura de mercado, la población de México tiene que estar informada y los tecnólogos en alimentos con un criterio abierto a la investigación.

Un punto a discutir es el dilema por parte del productor, ¿hasta dónde utilizar los sustitutos de grasa si la legislación establece un mínimo que deberá llevar un alimento para que sea llamado como tal y que lo limita en el mercado de sustitutos de grasa?, pues muchos de los objetivos para los sustitutos

de grasa son las margarinas, los helados, los quesos naturales y procesados, protegidos por las diferentes normas nacionales o internacionales que especifican un mínimo contenido o un rango de los niveles de grasa que deberá seguir el producto para ser llamado con ese nombre tradicional. Las normas de identidad han intentado guardar la integridad de los alimentos y del consumidor, aunque inadvertidamente han limitado el desarrollo de productos.

Vale resaltar que la información está polarizada entre la industria y el sector salud, por lo que es muy difícil dar una recomendación imparcial a un consumidor si debe o no usar estos ingredientes base grasa. Por ejemplo, existe discusión entre consumidores que han reportado síntomas estomacales cuando han consumido papas fritas que contienen Olestra®. La compañía productora indica lo contrario avalándose con la aprobación y reconocimiento legal de la FDA y la serie de estudios que han efectuado por años. Muchos de los tecnólogos en alimentos en una posición neutral, indican los beneficios de funcionalidad y de proceso en general, pero no recomiendan una sustitución total de la grasa.

El conjunto de sustitutos de grasa tienen ventajas, limitaciones y riesgos. Por tanto, se puede concluir que:

- a) Debido a la capacidad que tienen los carbohidratos de unir agua y las proteínas de hidratarse y estabilizar emulsiones se pueden utilizar como sustitutos de grasa en diversos tipos de alimentos; sin embargo tendrán como limitación de uso el freído.
- b) Los sustitutos de grasa aportan a los alimentos la funcionalidad y las cualidades sensoriales semejantes a la grasa respecto al sabor, cremosidad y textura de acuerdo a la

matriz del alimento y al objetivo perseguido, con lo que se abre una diversidad de aplicaciones pero no sustituyen las funciones nutrimentales de los lípidos.

- c) Pueden ser alternativa en cuanto al costo pues disminuyen el tiempo en la línea de producción, facilitan el manejo de los alimentos durante la misma y aumentan la vida de anaquel evitando la sinéresis y retardando la oxidación.
- d) Los sustitutos de grasa del tipo carbohidratos y proteínas, se consideran seguros y han demostrado ser no tóxicos, genotóxicos y no carcinogénicos; en México se han utilizado por años mezclas sinérgicas de gomas, almidones y proteína; y aunque apenas inicia su utilidad como sustitutos de grasa, se siguen desarrollando nuevas combinaciones.
- e) Tienen la capacidad de aumentar la fibra dietética y el consumo de proteína en la dieta.
- f) El uso de éstos sustitutos de grasa a las dosis recomendadas no representa riesgos a la salud humana.
- g) El uso de los sustitutos de grasa es una opción para quienes gustan de alimentos con las cualidades sensoriales de la grasa pero con aporte bajo o nulo de calorías; son alternativa y no solución para quienes buscan disminuir peso corporal y colesterol en plasma, sin embargo no deberá suprimirse el consumo de lípidos en totalidad.

- h) Respecto a los sustitutos de grasa que no aportan calorías o sea del tipo sintético, pueden causar reacciones en individuos sensibles. A pesar que son considerados como seguros se deberá declarar en etiqueta su presencia y tipo dando opción al individuo de elegir y conocer los posibles efectos adversos y sus beneficios.
- i) Podría llevarse a cabo un complemento de vitaminas en los alimentos que contienen a los sustitutos de grasa sintéticos, pero es aun mejor que el individuo que consuma productos hechos con éstos, complemente su ingesta con alimentos que las aporten naturalmente.
- j) No se puede concluir que los sustitutos de grasa del tipo sintético sean precursores de cáncer de colon debido a que la bibliografía no aporta datos que lo permita. Y aunque para Olestra® que ha causado mayor polémica la batería de evaluaciones tóxicas que han realizado concluyen que es no tóxica, carcinogénica, genotóxica, es recomendable un monitoreo más extenso tomando en cuenta que los alimentos pueden ser un tóxico potencial dependiendo de la dosis en que se consuma.
- k) Para todo el potencial de beneficios que aportan los sustitutos de grasas se debe considerar su seguridad debido a que constituirán entre el 30 % y el 40 % del alimento, comparado con el 1-2 % típico para los aditivos. La FDA garantiza inicialmente la seguridad en su uso y junto con la Asociación Dietética Americana ha invitado a los fabricantes de estos sustitutos a participar en estudios que examinen por largo tiempo el impacto y la seguridad en la calidad de la nutricional en la dieta y la cantidad que debe ser incorporada; la seguridad y la eficacia al usar sustitutos de grasa en los niños; el impacto en personas con enfermedades metabólicas; el uso por individuos con deficiencias

nutricionales que pudiera repercutir en problemas a la salud; el costo y el beneficio. Además, apoya el descubrimiento de alimentos reducidos en grasa pero enfatiza que se necesita una educación apropiada en el uso y cantidad; el balance, variedad y moderación en la dieta siguen siendo los principios fundamentales para obtener una nutrición óptima, consumiendo granos, frutas y vegetales y a su vez reducir en un 30 % el consumo de grasas saturadas, azúcares y alcohol.

- l) Los sustitutos de grasa pueden ser una ayuda para mantener la salud pero no son una panacea ni resuelven problemas de salud; adicionalmente, la reducción de grasa y de calorías en los alimentos no compensará los pobres hábitos alimenticios; no hay nada mejor que la moderación y una buena nutrición.

- m) Finalmente aunque los sustitutos aporten ciertos beneficios, el consumidor debe estar consciente que no hay ingredientes, alimentos, productos mágicos que le hagan perder peso. No hay sustitución a la dieta balanceada, al ejercicio y a la buena preparación de los platillos mexicanos.

BIBLIOGRAFIA

1. Akon A. y Swanson N., 1994; Carbohydrate Polyesters as Fat substitutes; Marcel Dekker Inc.; USA; p. 1-3, 9-25, 111-115, 120-123, 147, 164-165, 169-179, 183-192, 197-231.
2. Anónimo, 1991; Position of the American dietetic Association: "Fat Replacements"; J. American Dietetic Association; Vol. 91 (10): 50-53.
3. Anónimo, 1995; Position of the American dietetic Association "Review of ADA position on Fat Replacements"; J. American Dietetic Association; (3): 92-94.
4. Anónimo, 1994; Clinical assessment of Salatrim, a reduced-calorie triacylglycerol; J. Agríc. Food Chem (42): 581-596.
5. Anónimo, 1995; "Overview of Salatrim, a family of low calorie fats; J. Agríc. Food Chem., (42): 432-434.
6. Artz W. y Hansen S., 1992; Other Fat Substitutes; Illinois U.S.A.; 11: 197-231.
7. Ávila R., 2001; "Etiquetado de alimentos"; Énfasis alimentación; México; Vol. 6 (5): 72-77.
8. Badui S., 1995; Química de los Alimentos; Alhambra; México; 3a. ed.; p. 100-117.
9. Bailey's I., 1996; Industrial Oil and Fat Products; Y. H. Yul Jom Wiley & Sons Inc. EUA; Vol. 7 (1); p. 281-308.
10. Beck B., 1990; EPG a Versatile Fat Substitute. Presented at Fat and Fiber: Practical Implications for Reduced Calorie Products. Calorie Control Council; Washington, DC.; (2): 13-14.
11. Bergholz C., 1992; Safety Evaluation of Olestra: a nonabsorbable fat replacement derived from fat; J. Am. Chemical Society; P. & Gamble; 32: 391-399.
12. Bellitz H. y Grosch W., 1997; Química de los Alimentos; Acribia; España; 2a ed; México; p. 99, 497-499.
13. Bourges H., 2000; "Los lípidos en la nutrición humana"; Cuadernos de Nutrición; Vol. 23(3): 405-412.
14. Boletín Specialty Gran Prod. Co., 2000; "TrimChoice®"; Omaha NE, 1-800-395-05-50.
15. Bullens Ch. y Krawczyk G., 1994; "Reduced-Fat Cheese Products using carrageenan and microcrystalline Cellulose. Established techniques supplemented by ingredients may be used to replace the effects of fat on cheese texture; Food Technology; (1): 79-81.
16. Carranza J., 2000; Compendio de Hidrocoloides: Fundamentación y Aplicaciones en la Industria Alimentaria; Tesis de Licenciatura; Facultad de Química UNAM; México, D.F.
17. Casanueva Y. y Kaufer K., 1995; Nutriología Médica; Panamericana; 1ª ed; México, p. 364.
18. Casimir C. & Barry L., 1994; Carbohydrate Polyesters as Fat substitutes, Marcel Dekker Inc.; USA; 112-122.

19. Clark D., 1994; "More-Healthful Fats and Oils"; Food Technology; Vol. 48(11): 148.
20. Clark D., 1994; Fat Replacers and Fat Substitutes; Food Technology; Vol. 48(12): 86.
21. Clark D., 1994; "Blends Reduce Fat in Bakery Products. A series of powdered blends combining emulsifiers with microparticulated whey protein concentrate the guesswork out of formulating low-fat bakery products"; Food Technology; Vol. 48(2): 168-170.
22. Código Latinoamericano de Alimentos, 1964; "Emulsificantes"; México; 2a ed.; p. 290-293.
23. Conley K. y Kabara M., 1973; Antimicrobial action of esters of polyhydric alcohols. Antimicrobial Agents; Chemother (4):501.
24. Danisco, 2001; "Litesse"; Sweeteners Danisco Cultor Mexicana S.A. de C.V.; Benjamín Hill 188 Col. Condesa, CP. 06100 México D.F.
25. Danisco, 1995; "Xyllitol". Technical properties; Sweeteners Danisco Cultor Mexicana S.A. de C.V.; Benjamin Hill 188 Col. Condesa, CP. 06100 México D.F.
26. Desrosier N., 1996; Elementos de Tecnología de Alimentos, CECSA México, 3ª ed; p. 55, 162-164, 381.
27. Dirección General de Control Sanitario de Productos y Servicios 2001. Proyecto de Modificación por el que se determinan sustancias permitidas como coadyuvantes; México D.F.; DOF; 01.
28. Dirección General de Control Sanitario de Productos y Servicios 1999; "Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios"; México D.F.; DOF; 09-08-99.
29. Dirección General de Control Sanitario de Productos y Servicios 2000; Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Publicidad; México D.F.; DOF 04-05-00.
30. Eyat A., 1994; Formulating Reduced-fat Foods with Polyglycerol Ester Emulsifiers; Food Technology; (1): 82-83 y 140.
31. FDA, 1991; "Food additives permitted for direct addition to food for human consumption"; Code of Federal Regulations Part 172.859, p. 85-86.
32. Fenema O., 1993; Química de los Alimentos; Acirbia; España; 2a. ed.; p. 124-191.
33. Finley J., Robinson S., Armstrong G, 1990; Food Safety Assessment; J. Am. Chemical Society, Washington D.C., August 26-31.
34. FMC Corp., 1985; "Avicel Cellulose" FMC Corp. Boletín G-34, Philadelphia; FMC México: Av de las Granjas 300, Col. Electricistas, México D.F.
35. FMC Corp., 2000; "Microcrystalline Cellulose" FMC BioPolymer, Philadelphia; FMC México: Av. de las Granjas 300, Col. Electricistas, México D.F.
36. FMC BioPolymer, 2000; "Restructured Food Applications", Philadelphia; FMC México: Av de las Granjas 300, Col. Electricistas, México D.F.

37. Grese J., 1996; Fats and Fat Replacers: Balancing the Health Benefits: Assessing the dietary impact of fats and fat replacers requires consumers to make informed decisions; Food Technology; Vol. 50(9): 76-77.
38. Grese J., 1996; "Fats, Oils, and Fats Replacers". Fats and oils play vital functional and sensory roles in food products; Food Technology; Vol. 50(4): 77-84.
39. Grese J., 1996; "Olestra: Properties, Regulatory Concerns and Applications". Olestra a sucrose polyester may be used in frying of savory snacks-without adding calories; Food Technology; Vol. 50(3):130-131.
40. Grese J., 1994; Special Reports: "Proteins as Ingredients: Types, Functions, Applications"; Food Technology; Vol. 48(10): 50-60.
41. Hattan D., 1992; Acute and Chronic Toxicity Testing in the Assessment of Food Additive Safety; J. Am Chemical Society; 10: 99-104.
42. Hatchwell L., 1994; "Overcoming Flavor Challenges In low Fat Frozen Desserts: Simulate creamy texture lost when fat is removed from ice cream has been addressed by several technologies. Flavor, however, remains elusive"; Food technology; Vol. 48(2): 98-100.
43. Hayes K., 1996; "Designing a Cholesterol-Removed Fat Blend for Frying and Baking"; Food Technology; Vol. 50(4): 92-97.
44. Hideo T., 1994; Health Effects of Oligosaccharides: Ingestion of oligosaccharides increases the bifidobacteria population in the colon, which in turn contributes to human health in many ways; Food Technology; Vol. 48(10): 61-63.
45. Hollingsworth P., 1996; The Leaning or the American Diet; The aging baby boomer population bulge is fighting a battle of the bulge around its waist; Food Technology; Vol. 50(3): 86-90.
46. IFIC Review, 1994; "Sorting Out the Facts About Fat"; International Food Information Council Foundation USA; (6): 1-8.
47. Insight F., 1995; "Questions and Answers about Fat Reduction Ingredients"; Food Insight Media Guide on Food Safety and Nutrition; USA; p. 1-4.
48. Insight F., 1995; "Backgrounders fats & Fat Replacers"; Food Insight Media Guide on Food Safety and Nutrition; USA; p.1-4.
49. Insight F., 1995; "Questions and Answers about Fatty Acids and Dietary Fats"; Food Insight Media Guide on Food Safety and Nutrition; USA; p. 1-4.
50. Insight F., 1992; "Simple strategies for Reducing Fat"; Food Insight Reports; USA; (1): 7-9.
51. Insight F., 1993; "Understanding Trans Fatty Acid"; Food Insight Reports; USA; (2): 1-2.
52. Insight F., 1993; "Fats and Fat Replacers: Exploring the Benefits of Balance"; Food Insight Reports; USA; (5):1-5.
53. Insight F., 1993; "Americans Take Cholesterol Advice to Heart"; Food Insight Reports; USA; (4): 1-2.

54. Insight F., 1991; "Winning the War on Cholesterol"; Food Insight Reports; USA; (2): 41-43.
55. Insight F., 1994; "Affairs of the Heart: Unlocking the Genetic Mystery"; Food Insight Reports; USA; (1): 1-2.
56. Insight F., 1992; "Simple Strategies for reducing Fat": Put Fun Back into Food; Food Insight Reports ; USA; (1): 1-2.
57. Kabara J., 1972; Fatty acids and derivatives as antimicrobial agents; USA; (2): 23.
58. Kelly L., Chavez M. & Berthoud R, 1999; "Transient Overconsumption of Novel Foods by Rats: Effects of Novel Diet Composition"; Physiology & Behavior; Vol. 65(1): 793-800.
59. Klis J., 1996; FDA Approves Fat Substitute Olestra; Food technology; Vol. 50(2):124.
60. Kosmark R., 1996; "Salatrim: Properties and Aplications"; Food technology; Vol. 50(4): 98-101
61. Lucca P. y Tepper A.,1994; Fat replacers and the functionality of fat foods; Trends in Food Sci. and Technology; Vol. 5(1): 12-19.
62. Matz S., 1993; Snack Food Technology; Van Nostrand Reinhold New York; 3er ed; p. 6-7, 22-24, 326-327.
63. Mc Grady J., 1994; "More-Healthful Fats and Oils"; Food Technology; Vol. 48(11):148
64. Miller A., 1994. Proteins as fat substitutes. In Protein Functionality in Food Systems, 2ª ed.; Marcel Dekker New York; p. 435-465.
65. Miller A., 2000; "Effects of dietary fat, Nutrition labels and repeated consumption on sensory-specific satiety; Physiology & Behavior, (71):153-158.
66. Milner J., 1992; Diet and Carcinogenesis; A. Chemical Society; USA; Cap. 27: 298-311.
67. Muller T., 1999; Nutrición y Ciencia de los Alimentos; Acribia; España; 1a. ed.; p. 24-33.
68. Nabors A., 1991; "Alternative Sweeteners"; Mekker Inc. ;New York USA; p. 102-105.
69. National Starch and Chemical Co, 2000; "Polydextrose"; Information center; USA New Jersey 08831.
70. NOM-086-SSA1-1994; "Bienes y Servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificación en su composición. Especificaciones nutrimentales. Norma oficial mexicana, DGN, México D.F., DOF. <http://www.ssa.gob.mx/dircsbs>.
71. NOM-120-SSA1-1994; Bienes y Servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas. Norma oficial mexicana, DGN, México D.F., DOF.
72. NOM-002-SCFI-1993; Productos preenvasados-contenido neto tolerancias y métodos de verificación (que cancela la NOM-Z-96-1989). Norma oficial mexicana, DGN, México, D.F. DOF.
73. NOM-051-SCFI-1994; Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas, preenvasados. Norma oficial mexicana, DGN, México D.F. DOF 24-01-94.

74. Pariza E., 1992; Risk-Benefit Perception; A. Chemical Society; USA; Cap. 4: 36-49.
75. Pauli G., 1992; Food Ingredient Safety Evaluation; A. Chemical Society; USA; Cap. 15: 140-147.
76. Pomeranz Y., 1995; Functional Properties of food components; Academic Press Inc. USA; 79-114, 184-185, 194-195, 251, 360-361, 376-377, 479-483.
77. Pszczola D., 1996; Alternative Ingredients Provide Health and Formulation Benefits; Food Technology; (9): 82-84, 89-98.
78. Pszczola D., 1996; Low Fat Dairy Products: Getting a New Lease on Life; Food Technology; Vol. 50(9): 32.
79. Pszczola D., 1996; "Oatrim Finds Application in Fat-Free, Cholesterol-Free Milk"; Adding hydrolyzed oat flour to skim provides the taste and texture of a low-fat milk, while helping to reduce total blood cholesterol; Food Technology, Vol. 50 (9): 80-81.
80. Pszczola D., 1997; "Ingredients for fat replacement"; Food Technology; Vol. 51 (1): 83-88
81. Pszczola D., 2001; "Salad days, not for these Dressings" "Products & Technologies: Ingredients; Food Technology; Vol. 55 (4): 78-85.
82. Pszczola D., 1996; Update Fat Replacement; Food Technology; Vol. 50(3): 144-145.
83. Robinson R., 1991; Bioquímica y Valor Nutritivo de los Alimentos; Acribla; España; p. 95-97, 268-271, 310-325.
84. Robinson C. y Weigley E., 1986; Nutrición básica y dietoterapia; La prensa Médica Mexicana, México; p. 127-129, 225 y 375.
85. Spearman J., 1990; "Fat Substitutes Menu"; Calorie Control Council; Atlanta Ga; p.26-27.
86. Spearman J., 1990; "Malonate esters: thermally stable nonnutritive for snack food use. Presented at Fat and Fiber: Practical Implications for Reduced Calorie Products". Calorie Control Council; Washington, DC.; (2): 13-14.
87. Tomomatsu H., 1994; Health Effects of Oligosaccharides; Food Technology; Vol. 48(10): 61-64.
88. Valle P. y Lucas B., 2000; Toxicología de Alimentos; Cepis.OPS-OMS; <http://www.cepis.ops-oms.org>.
89. Wong D., 1995; Química de los Alimentos: Mecanismos y Teoría; Acribla; España; p. 23-49, 138-164.