

Elaboración de chocolate: funcionalidad de la manteca de cacao y los efectos de su reemplazo por grasas alternativas



AUTORES: GIACOMOZZI^{1,2,3}, ANABELLA; CARRIN^{2,3}, MARÍA E.; HERRERA⁴, MARÍA L.; MARTINI^{1*}, SILVANA.

*E-mail: silvana.martini@usu.edu

¹ Department of Nutrition, Dietetics, and Food Sciences, Utah State University, Logan, UT, USA

² Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur (UNS). Bahía Blanca, Argentina.

³ Planta Piloto de Ingeniería Química - PLAPIQUI (UNS-CONICET). Bahía Blanca, Argentina

⁴ Instituto de Tecnología en Polímeros y Nanotecnología (ITPN), CONICET, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires, Argentina.

Trabajo original preparado especialmente para A&G.

Resumen / Abstract

La manteca de cacao (MC) es la grasa que se encuentra presente en el grano de cacao. Debido a su composición química, propiedades de cristalización, contenido de grasa sólida, polimorfismo y estabilidad, la MC desempeña un rol muy importante en el proceso de elaboración de chocolate, proporcionando propiedades físicas y sensoriales típicas de este producto, como dureza, palatabilidad, sensación de frescura y brillo. La MC puede cristalizar en seis formas polimórficas, las cuales difieren tanto en su estructura como en su estabilidad y punto de fusión. La calidad del chocolate está influenciada por el comportamiento polimórfico de la MC, siendo la forma $\beta(V)$ la deseada en chocolate y la forma $\beta(VI)$ aquella que genera el fenómeno de blanqueo ("fat bloom"), caracterizado por la aparición de manchas blanquecinas en la superficie del chocolate. Éste es un defecto de calidad que no permite obtener el color uniforme y el brillo típico del chocolate.

La MC puede ser reemplazada por otras grasas, comúnmente conocidas como grasas alternativas a la MC, por razones económicas y/o tecnológicas. La selección de estas grasas debe basarse en su grado de compatibilidad con la MC, para evitar defectos en la apariencia y textura del chocolate.

Cocoa butter (CB) is the fat present in cocoa beans, and it plays a vital role in the processing and quality of chocolate products. CB chemical composition, crystallization properties, solid fat content, stability, and polymorphism provide unique physical and sensorial properties to chocolate and play an important role in the processing of chocolate. Some of these properties include mouthfeel, cooling sensation, and gloss. During chocolate processing CB can crystallize in six different polymorphic forms that differ in their melting point and stability. Chocolate quality is affected by the presence of these polymorphic forms where form $\beta(V)$ is the desired form for chocolate products and when form $\beta(VI)$ is obtained a typical white surface is observed which is called fat bloom. The presence of fat bloom is one of the most common defects found in chocolate and it is the main characteristic that limits chocolate shelf-life.

Fats other than CB, usually known as cocoa butter alternatives (CBA), can be used to process chocolate to decrease production costs and/or to obtain different functionalities. A careful selection of CBA must be performed based on their compatibility with CB to avoid softening and bloom in the final product.

Palabras claves / Key words

Chocolate; manteca de cacao; grasas alternativas; propiedades físicas.

Chocolate; cocoa butter; alternative fats; physical properties.

1. Introducción

El chocolate se convirtió en una verdadera delicia en Europa a principios del siglo XVIII, luego de que los españoles descubrieron los granos de cacao a principios del siglo XVI. El árbol del cacao se desarrolló en la región del Alto Amazonas, en una zona que actualmente incluye a Perú, Ecuador y Colombia. Desde allí el cultivo se extendió hacia el norte, a través de los Andes y hacia América Central. Los olmecas, mayas y aztecas consumían originalmente los granos de cacao en Mesoamérica, principalmente en forma de bebida mezclada con maíz y especias. Luego de la colonización de Mesoamérica por parte de España y con la introducción del azúcar, el chocolate pasó de ser una bebida a ser un dulce como el que conocemos y disfrutamos hoy en día (Vega & Kwik-Uribe, 2012).

Desde un principio, el procesamiento tanto del cacao como del chocolate implicó varios pasos, los cuales tuvieron lugar en las plantaciones y en las fábricas.

Independientemente del tipo de choco-

late que se elabore, la manteca de cacao (MC), que es la grasa presente de forma natural en el grano de cacao, desempeña un papel importante en la calidad de este producto, ya que influye tanto en su estabilidad física como en su sabor y sensación bucal. En muchos casos, la MC se sustituye por otras grasas durante la elaboración del chocolate para reducir el costo o mejorar la funcionalidad del producto.

El objetivo de este artículo es presentar brevemente al lector las etapas básicas involucradas en el proceso de elaboración de chocolate, y cómo éstas afectan su sabor y calidad. El artículo describirá la importancia de la MC en la calidad del chocolate, su sensación bucal y su sabor. También se discutirá acerca del uso de otras grasas que pueden utilizarse para sustituir a la MC en el proceso de elaboración de chocolate.

2. Elaboración de chocolate: desde el grano hasta la barra

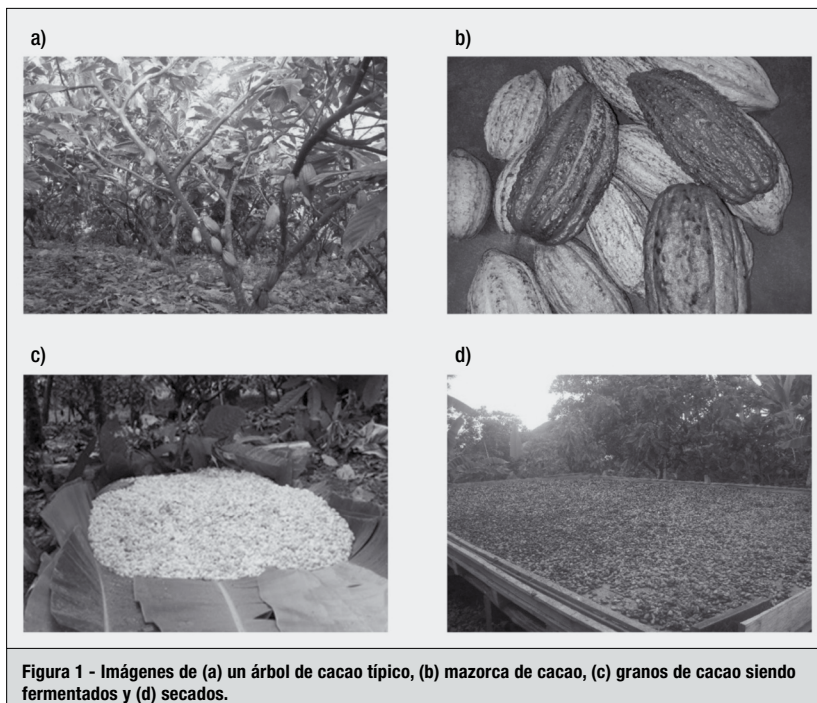
El proceso de elaboración de chocolate implica varias etapas que comienzan

en la plantación de cacao. Cada una de estas etapas impulsa el sabor y la calidad del producto final.

2.1 ¿Qué ocurre en la plantación?

La elaboración del chocolate involucra cuatro ingredientes básicos: granos de cacao, azúcar, leche y MC. La proporción utilizada de cada uno de estos ingredientes determina el tipo de chocolate obtenido: blanco, amargo o con leche. Además, se pueden añadir otros ingredientes, como lecitina y aromas, con el objetivo de modificar ciertas propiedades del chocolate, como el comportamiento de flujo ("flow behavior") y el sabor (Beckett, 2009).

Los granos de cacao son las semillas del fruto del árbol de cacao, denominado con su nombre científico *Theobroma cacao*, que significa en griego "alimento de los dioses". Los árboles de cacao (Figura 1a) solo crecen en las zonas tropicales situadas entre los 20° al norte y al sur del Ecuador. Son muy delicados y crecen en condiciones ambientales muy particulares. Por ejemplo, necesitan entre 1.000 y 4.000 mm de lluvia al año, siendo ideal niveles entre 1.500 y 2.500 mm. Se desarrollan en ambientes de alta humedad (70-80% de humedad y 100% por la noche), con temperaturas moderadas entre 18 y 32 °C, y sin vientos. Este tipo de árboles prefieren los suelos profundos, con buen drenaje y un pH neutro o ligeramente ácido (~5-7,5). El fruto del árbol de cacao se llama mazorca. Las mazorcas tienen la forma de un balón de fútbol americano y se parecen a una calabaza alargada (Figura 1b). Aquellas mazorcas que aún no se encuentran maduras son verdes o rojas, mientras que las que ya han madurado son naranjas o amarillas, según el tipo de cacao. Una vez que las mazorcas están maduras, se recogen del árbol y se cortan por la mitad. Los granos de cacao se encuentran en el interior de las mazorcas, rodeados de una pulpa blanca viscosa, la cual es rica en azúcar y pectina. Los granos de cacao y la pulpa blan-



ca se separan de la mazorca y se colocan en el suelo o en cajas de madera donde comienza el proceso de fermentación (Figura 1c). El proceso de fermentación es muy importante para el desarrollo del sabor, ya que en este proceso se forman precursores del sabor, como aminoácidos libres y azúcares reductores. Luego de permanecer aproximadamente una semana en las pilas de fermentación, los granos se transfieren a las bandejas de secado (Figura 1d) y se mantienen allí hasta que el contenido de humedad disminuye desde 65% hasta 6-8%. Generalmente, el proceso de secado dura una semana. En esta fase comienzan a desarrollarse los sabores. Después del secado, los granos se clasifican, se colocan en bolsas de arpillera y se envían a la fábrica (Fowler, 2009). En la Figura 2 se muestra una representación esquemática del procesamiento de los granos de cacao.

2.2 ¿Qué ocurre en la fábrica?

Al llegar a la fábrica, los granos de cacao se clasifican para seleccionar aquellos en buen estado y descartar todo aquel material extraño que pueda estar mezclado, como ramas, piedras, trozos de metal, etc. Los granos aglomerados o dañados se separan también de los granos sanos. A continuación, los granos seleccionados se tuestan para permitir el pleno desarrollo del sabor. El tiempo y la temperatura se controlan de manera estricta durante el tostado con el objetivo de obtener sabores específicos para distintos tipos de chocolate. Mientras que los precursores del sabor se desarrollan durante el proceso de fermentación que tiene lugar en la plantación, los compuestos del sabor comienzan a formarse durante el secado y se desarrollan completamente durante el tostado como consecuencia de la reacción de Maillard. Generalmente luego del tostado, se realiza el descascarillado de los granos de cacao, aunque este proceso también puede realizarse antes del tostado. Durante este proceso, la cáscara se separa de la parte interior del grano, el

nib. La cáscara se desecha o se utiliza como combustible o abono y los nibs se utilizan para el proceso de producción de chocolate. El proceso de elaboración de chocolate continúa con la molienda de los nibs hasta que alcanzan un tamaño de partícula menor a 20 μm . Esta reducción de tamaño es importante para evitar una textura granulada en el chocolate. Como resultado, se obtiene un material finamente molido, que se denomina licor o masa de cacao. En este punto, se añaden otros ingredientes a la mezcla, como leche en polvo, azúcar, cacao en polvo y/o MC, y se muelen juntos para reducir el tamaño de las partículas de los demás ingredientes, transformando el licor de cacao en chocolate.

El licor de cacao también puede utilizarse para obtener MC (Ziegler & Hoogg, 2009). Como ya se mencionó, los granos de cacao están compuestos por una parte interior llamada nib de cacao (82%), que es el cotiledón de la semilla, y la cáscara (10%) (Figura 3a). Poseen aproximadamente un 50% de grasa, que suele denominarse MC (Figura 3b), un 30% son hidratos de carbono y aproximadamente un 11% de proteínas, seguido por un 3% de polifenoles y un 1% de cenizas (Fowler, 2009). Dado que los granos de cacao tienen un alto porcentaje de grasa, en muchos casos el licor de cacao se prensa para extraer la MC y se obtiene una torta de cacao con una cantidad significativamente menor

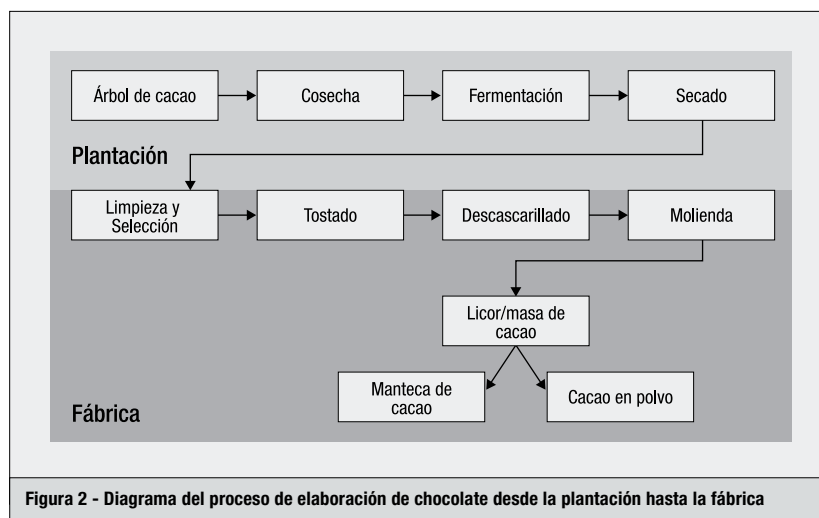


Figura 2 - Diagrama del proceso de elaboración de chocolate desde la plantación hasta la fábrica

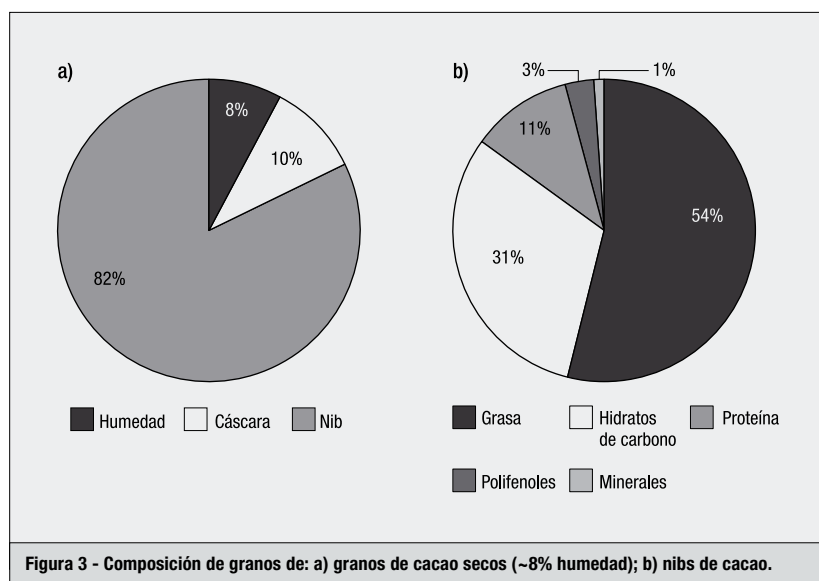


Figura 3 - Composición de granos de: a) granos de cacao secos (~8% humedad); b) nibs de cacao.

de MC (~10-20%). Posteriormente, la torta de cacao continúa procesándose, mediante una molienda, para obtener cacao en polvo, y la MC se utiliza para la producción de chocolate y productos de cosmética.

Después de moler el chocolate junto con todos los ingredientes añadidos, el material se somete a un proceso de conchado que implica un batido suave durante varios días con el fin de permitir la redistribución del sabor. Una vez finalizado este proceso, el chocolate se templea, se moldea, se envuelve y, a partir de ese momento, se encuentra listo para su consumo.

Cada uno de los pasos descritos anteriormente afecta tanto la calidad como el sabor del chocolate. Sin embargo, el disfrute del chocolate va más allá del sabor, ya que la sensación bucal también desempeña un papel muy importante en la aceptación del producto. La MC es uno de los principales ingredientes responsables de la sensación que el chocolate genera en la boca y de la liberación de su sabor.

3. El rol de la manteca de cacao en la calidad del chocolate

Como se ha mencionado anteriormente, las semillas de cacao tienen aproximadamente un 50% de MC (Figura 3). La MC es responsable de varias propiedades físicas y sensoriales del chocolate, ya que proporciona dureza, sensación bucal/palatabilidad, sensación refrescante, brillo adecuado, carácter crujiente ("snap"), y facilita el desmolde. Estas características se deben al proceso de cristalización de la MC, que a su vez está influenciado por su composición química y su comportamiento polimórfico.

3.1 Composición química de la manteca de cacao.

Las grasas y aceites comestibles están compuestos por triglicéridos (TAG), formados por una molécula de glicerol y tres moléculas de ácidos grasos (AG). La longitud de la cadena carbonada y el grado de insaturación de los AG esterificados a la molécula de glicerol determi-

nan las propiedades de cristalización y fusión de aceites y grasas. Por ejemplo, si en la molécula de TAG están presentes AG saturados, como el esteárico (St) y el palmítico (P), con 18 y 16 carbonos, respectivamente, la muestra tendrá un punto de fusión elevado. A medida que la longitud de los AG saturados disminuye, también lo hace el punto de fusión. Del mismo modo, la presencia de insaturaciones o dobles enlaces genera la disminución del punto de fusión del sistema. En general, las grasas y los aceites son mezclas de varios tipos de ácidos grasos. El número ilimitado de combinaciones de AG en la molécula de TAG da lugar a grasas y aceites con amplios rangos de fusión. Por ejemplo, la grasa de leche tiene un amplio rango de TAG, compuestos aproximadamente por 13% de St, 27% de P y 28% de oleico (O), presentando un punto de fusión de aproximadamente 35°C; mientras que el aceite de oliva tiene una composición de aproximadamente 3% de St, 9% de P y 80% de O, y un punto de fusión de aproximadamente 0°C. La MC es una grasa particular porque está formada por AG y TAG muy específicos. La Tabla 1 muestra la composición típica de AG y TAG de MC de diferentes orígenes (Chaiseri & Dimick, 1989; Foubert *et al.*, 2004). A partir de esta tabla podemos observar lo siguiente:

- Los principales AG que se encuentran en la MC son P, St y O.
- El contenido de estos AG cambia dependiendo de la procedencia de la MC. Por ejemplo, la MC de Brasil contiene menor proporción de St y mayor contenido de O que la proveniente de Malasia.
- Más del 70-80% de los TAG de la MC corresponde a POP, POST o StOST.
- La composición de la MC en función de los TAG también cambia dependiendo de su procedencia: aquella originaria de Brasil contiene menor proporción de StOST y POST que la proveniente de Malasia.

Tabla 1 - Composición de ácidos grasos (AG, %) y triglicéridos (TAG, %) de manteca de cacao proveniente de distintos orígenes.

AG (%)	Brasil	China	Ecuador	Costa de Marfil	Malasia	Nigeria
16:0 (P)	23,9	24,3	25,1	24,7	23,6	24,0
18:0 (St)	33,4	35,8	33,8	34,5	35,5	34,7
18:1 (O)	35,7	33,3	33,9	33,6	33,4	33,8
18:2 (L)	4,5	3,8	4,0	4,4	4,2	4,3
18:3 (Ln) + 20:0 (A)	1,6	1,8	1,8	1,7	1,9	1,9
TAG (%)						
OOL	0,5	1,0	1,1	0,6	1,0	1,8
PLP	1,5	1,1	1,3	1,5	1,2	1,1
OOO	5,1	0,8	1,9	1,8	1,4	1,2
POP	22,8	23,5	24,1	24,3	22,7	23,1
PPP	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
StOO	7,0	1,7	2,1	2,1	1,8	1,2
POST	34,1	37,0	37,3	37,3	36,9	37,3
PPSt	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
StOSt	28,3	33,1	31,1	31,4	33,4	32,5
StStP	0,1	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5
StStSt	0,6	1,0	0,8	0,7	1,1	1,1

P: palmítico; St: esteárico; O: oleico; L: linoleico; Ln: linolénico; A: araquídico.

Fuente:

Foubert, I., Vanrolleghem, P. A., Thas, O., & Dewettinck, K. (2004). Influence of chemical composition on the isothermal cocoa butter crystallization. *Journal of Food Science*, 69(9), E478-E487.
Chaiseri, S., & Dimick, P. S. (1989). Lipid and hardness characteristics of cocoa butters from different geographic regions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66(12), 1771-1776.

Estas propiedades químicas tan particulares afectan al proceso de cristalización de la MC y, en consecuencia, modifican las propiedades físicas que impactan en la calidad del chocolate, como se describirá a continuación.

3.2 Cristalización de la manteca de cacao.

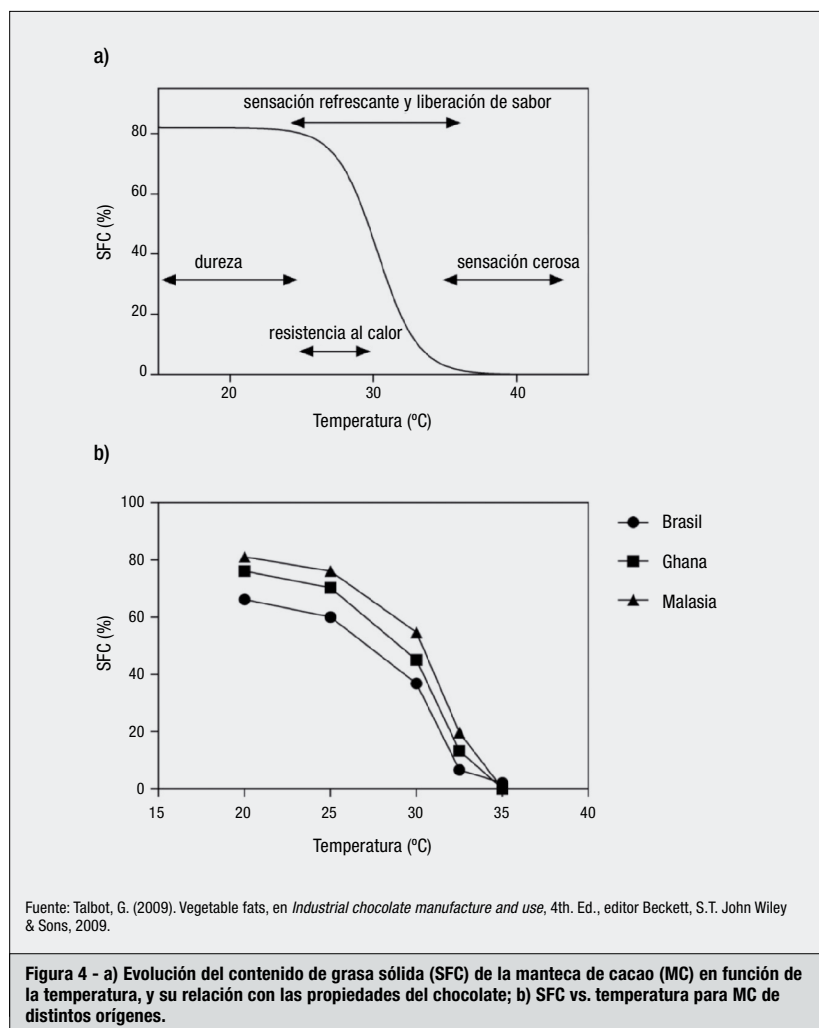
La composición química de la MC descrita anteriormente da lugar a un comportamiento de cristalización particular y, por lo tanto, la red cristalina que se forma presenta ciertas características especiales.

• **Contenido de grasa sólida (SFC, por sus siglas en inglés “Solid Fat Content”):** el contenido de grasa sólida se utiliza para medir la cantidad de material cristalino presente en función de la temperatura. La Figura 4a muestra la evolución típica del SFC de la MC en función de la temperatura, y su relación con las propiedades del chocolate. Como es de esperarse, el SFC disminuye con el aumento de la temperatura. La MC tiene un SFC muy alto (~80%) a bajas temperaturas (< 25°C), siendo éste el responsable de la dureza observada en el chocolate. La disminución del SFC que se produce entre 25°C y 30°C determina la resistencia del chocolate al calor, y la disminución aguda del SFC entre 25°C y 35°C determina la sensación de frescura y la liberación de sabores, que son típicos del chocolate. Por último, el SFC observado a temperaturas cercanas a 35°C determina si el chocolate es capaz o no de dar una sensación bucal cerosa. Para evitar esta sensación, el SFC debe ser nulo a temperaturas cercanas a 35°C. La Figura 4b muestra los cambios en los valores de SFC en mantecas de cacao obtenidas de distintos orígenes. Como es de esperarse, y en base a la composición en AG y TAG de estas mantecas (Tabla 1), la MC originaria de Brasil tiene un SFC más bajo comparado con la correspondiente a Malasia. Esta diferencia permite a los productores de chocolate elegir mantecas de cacao de distintos

orígenes en función de la aplicación deseada. Por ejemplo, si se requiere una MC blanda, se preferirá aquella originaria de Brasil en comparación con las que provienen de Malasia. Por el contrario, si se necesita una MC más dura, por ejemplo, para producir chocolates que deberán comercializarse en ambientes cálidos, se preferirá aquella originaria de Malasia.

• **Comportamiento polimórfico:** Como la mayoría de las grasas naturales, la MC cristaliza en diferentes formas polimórficas. Esto significa que, dependiendo de las condiciones de procesamiento, la MC puede cristalizar en diferentes celdas que dan lugar a una estructura cristalina con diferentes propiedades físicas. La MC cristaliza en seis formas polimórficas diferentes: sub α (I),

α (II), β' (III), β' (IV), β (V), y β (VI). La cristalización en las formas α da lugar a una celda unitaria hexagonal, mientras que la cristalización en las formas β' y β corresponde a una forma ortorrómbica y triclínica, respectivamente. La Figura 5 muestra una representación esquemática de las distintas formas polimórficas de la MC (Sasaki *et al.*, 2012). Quizás la propiedad más importante se basa en que tanto la estabilidad como el punto de fusión se incrementan al pasar de las formas polimórficas $\alpha \rightarrow \beta' \rightarrow \beta$. Sin embargo, cuando la MC cristaliza, la forma polimórfica que requiere menos energía para formarse es la α , seguida de la β' y, por último, la β . Aunque la forma α es la más favorable desde el punto de vista energético, es probable que se transforme en β' y β para alcanzar la forma polimórfica más estable. La



crystalización de la MC en la forma β' , y su posterior transformación en la forma $\beta(VI)$, se encuentra asociada a un defecto de calidad del chocolate muy importante, conocido como blanqueo del chocolate (“fat bloom”).

• **Temperado del chocolate:** Resulta imposible evitar completamente el fenómeno de blanqueo del chocolate, pero sí es posible retrasarlo de manera significativa procesando el chocolate y cristalizando la MC en la forma polimórfica adecuada. Este tipo de estructura cristalina se logra mediante un proceso denominado temperado. El temperado del chocolate consiste en someterlo a una cierta combinación de temperatura/tiempo que permita inducir la forma-

ción de la forma polimórfica más estable que se puede obtener a partir de la masa fundida: $\beta(V)$. En este proceso (Figura 6), el chocolate se calienta en principio hasta aproximadamente 50°C para garantizar la fusión completa de la MC. En este punto, el chocolate se compone de sólidos de cacao, azúcar y MC fundida. El segundo paso consiste en enfriar el chocolate hasta una temperatura inferior al punto de fusión de la MC, en la forma $\beta'(IV)$. Esto inducirá la cristalización de la MC, principalmente en la forma $\beta'(IV)$ (PF~ $27,5^{\circ}\text{C}$, Figura 5), pero también se formarán algunos cristales de la forma $\beta(V)$. El tercer paso consiste en calentar ligeramente el chocolate a una temperatura justo por encima del PF de la forma $\beta'(IV)$ para fundir

estos cristales y mantener solo los cristales que están en la forma $\beta(V)$ (Talbot, 2009). Este proceso permite obtener alrededor de 1-3% de cristales en la forma $\beta(V)$, que actuarán como semillas para la formación de nuevos cristales en esa misma forma polimórfica. Si el chocolate no se temple, la MC cristaliza en una forma polimórfica inadecuada, normalmente $\beta'(III)$ o $\beta'(IV)$. Como estas formas polimórficas no son muy estables, se transforman rápidamente en una forma polimórfica más estable: $\beta(VI)$. Esta transformación polimórfica está asociada a un proceso de recristalización de la MC que genera una superficie rugosa que difracta la luz en un ángulo diferente, dando lugar a una capa blanquecina y opaca en la superficie del chocolate. Este fenómeno de blanqueo se produce muy rápidamente en un chocolate que no ha sido temperado, pero también puede ocurrir en un chocolate correctamente temperado que ha sido sometido a variaciones de temperatura, o en casos donde el chocolate ha sido elaborado con una grasa incompatible con la MC. Por ejemplo, puede ocurrir en aquellos chocolates rellenos, que han sido correctamente temperados, donde la grasa que compone el relleno posee alto contenido de AG insaturados (por ejemplo, aceites de frutos secos: nuez, almendra y avellana), los cuales migran hacia el chocolate, mezclándose con la MC y generando de esta manera la aparición de manchas blanquecinas en la superficie del chocolate. Como se mencionó anteriormente, la aparición de estas manchas sobre la superficie del chocolate representa un efecto indeseable, el cual puede evitarse realizando un temperado adecuado, impidiendo que el producto esté expuesto a variaciones térmicas durante su almacenamiento, y utilizando grasas con altos contenidos de AG saturados (Lonchampt & Hartel, 2004). La Figura 7 muestra un ejemplo de un chocolate correctamente temperado que muestra una superficie brillante y un chocolate sin templear, que posee una capa blanquecina en su superficie. Varios estudios han explicado este fenómeno, y es ampliamente reconocido que

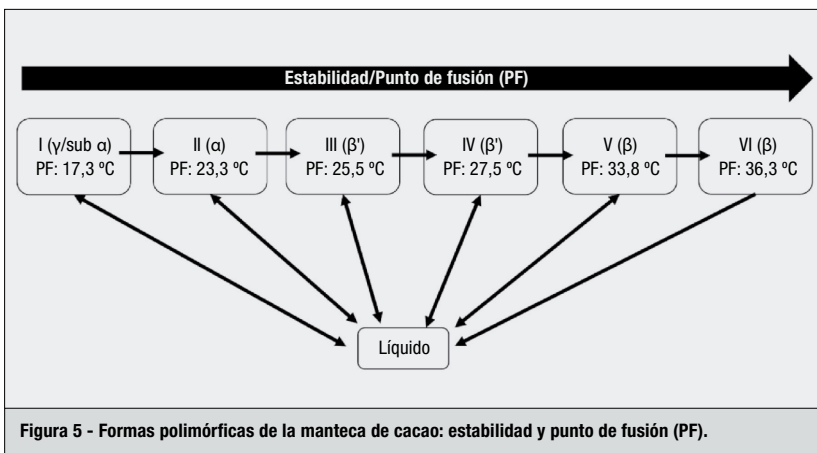


Figura 5 - Formas polimórficas de la manteca de cacao: estabilidad y punto de fusión (PF).

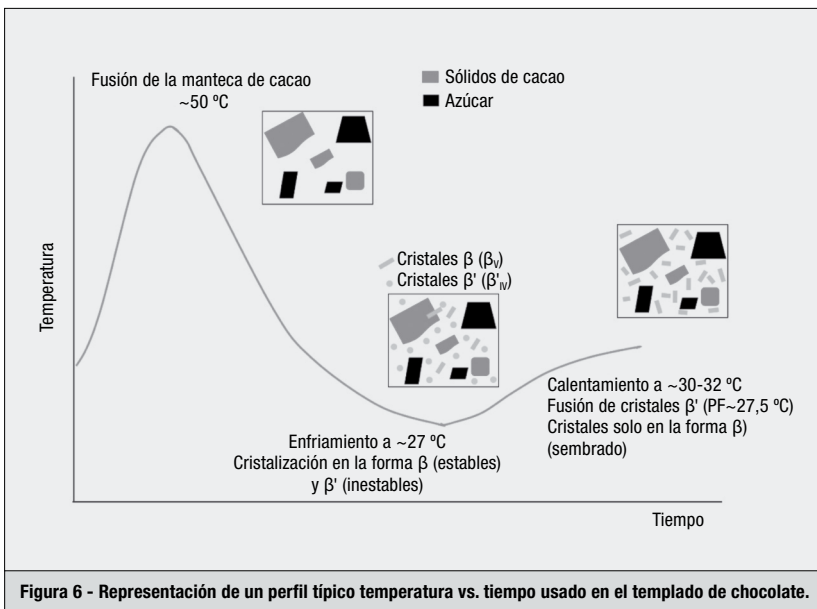


Figura 6 - Representación de un perfil típico temperatura vs. tiempo usado en el templado de chocolate.

el mismo tiene lugar en varios pasos (Bricknell & Hartel, 1998):

- Migración de la fase líquida de la MC a la superficie del chocolate.
- Recristalización de la MC en la superficie del chocolate.
- Formación de estructuras rugosas responsables de un cambio en la reflexión de la luz.
- Generación de una capa blanquecina.

La importancia de un correcto proceso de temperado se basa en la obtención de chocolate con ciertas características, tales como: facilidad para su uso como recubrimiento, viscosidad adecuada, estabilidad térmica durante el almacenamiento, superficie brillante y sensación bucal suave (Windhab, 2009).

• **Otras grasas utilizadas en los productos de confitería:**

La MC es la grasa presente en los granos de cacao, y está presente de forma natural en el chocolate. En muchos casos, la MC se añade a los chocolates como ingrediente adicional para mejorar su textura, sensación bucal y comportamiento de flujo. Otras grasas, como la grasa de leche, también pueden añadirse al chocolate para crear un producto diferente, como el chocolate con leche o el chocolate amargo. La incorporación de grasa de leche al chocolate da como resultado un producto más suave y con menor carácter crujiente. El chocolate con leche es más blando como consecuencia de la incompatibilidad parcial entre la grasa de leche y la MC, que será explicada más adelante. Además, la presencia de grasa de leche generalmente retrasa el fenómeno de blanqueo del chocolate. Dado que la MC resulta ser un ingrediente muy caro, los productores de chocolate han utilizado fuentes de grasa más económicas con el fin de sustituir a la MC para ciertas aplicaciones. La MC también puede ser reemplazada por otras grasas con el fin de darle al producto una funcionalidad diferente. Por ejemplo, es muy común el uso de aceite de coco en los chocolates utilizados para la cobertura de helados con el fin de obtener un chocolate más

suave. La formulación de un recubrimiento para helados con MC da como resultado un producto muy quebradizo que tiene propiedades inaceptables para su aplicación en productos congelados.

Es importante señalar que los países cuentan con diferentes normativas respecto al uso del término "chocolate". Por ejemplo, en Estados Unidos los productos similares al chocolate que tienen otras grasas distintas a la MC

no pueden denominarse chocolate y, en general, se llaman "compound coatings". En Europa, los productos pueden denominarse "chocolate" siempre que la incorporación de otras grasas no supere el 5% (sobre el peso total del chocolate) (Talbot, 2009). Las grasas utilizadas para sustituir a la MC en aplicaciones de confitería se denominan alternativas (CBA por sus siglas en inglés, "cocoa butter alternatives"). Estas se pueden clasificar en equivalentes de la MC

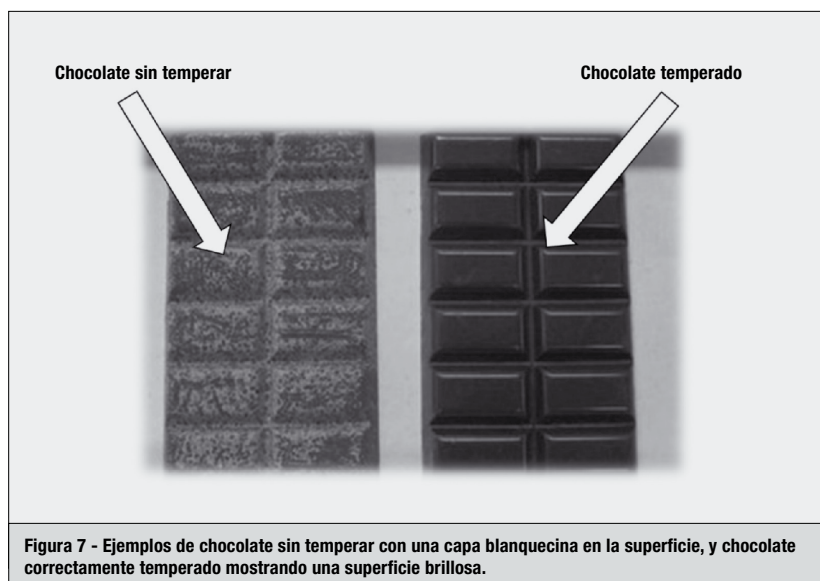
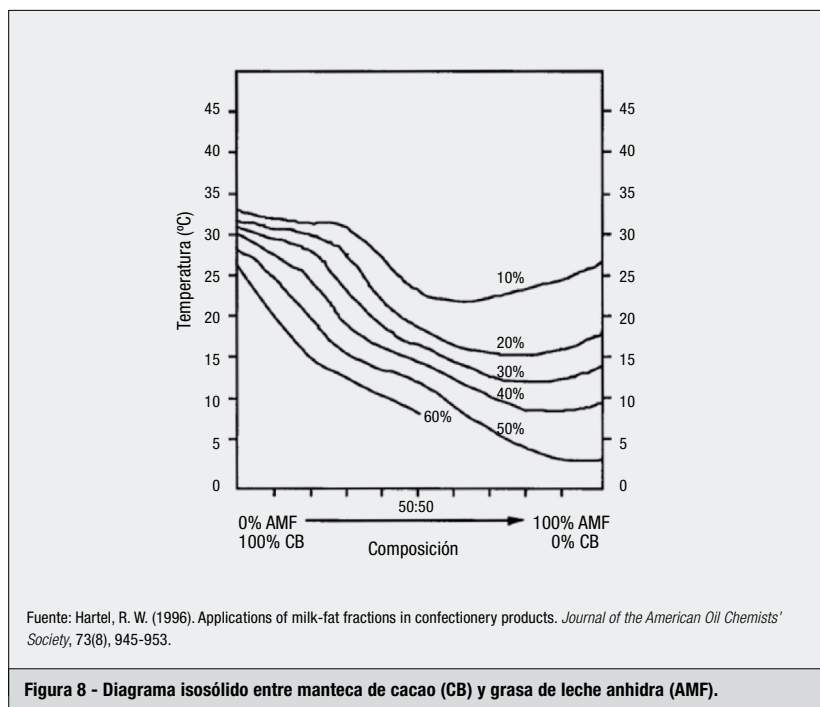


Figura 7 - Ejemplos de chocolate sin temperar con una capa blanquecina en la superficie, y chocolate correctamente temperado mostrando una superficie brillante.



Fuente: Hartel, R. W. (1996). Applications of milk-fat fractions in confectionery products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73(8), 945-953.

Figura 8 - Diagrama isosólido entre manteca de cacao (CB) y grasa de leche anhidra (AMF).

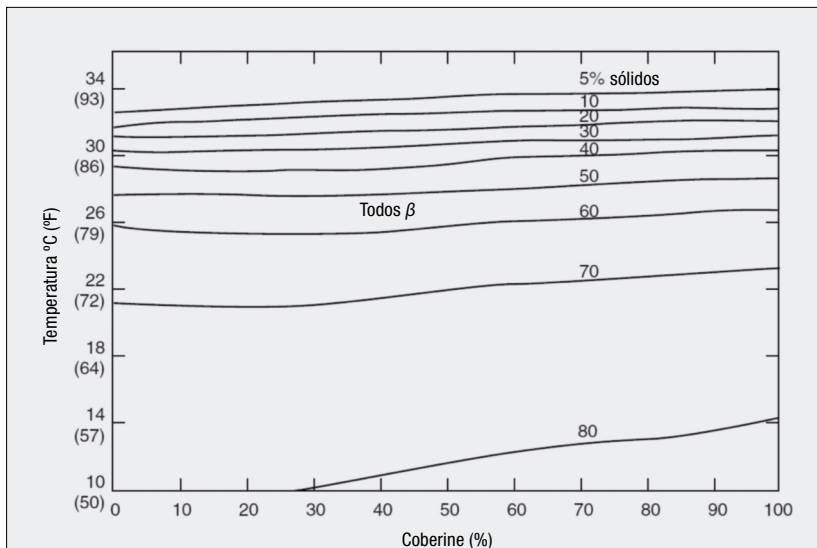
(CBE por sus siglas en inglés, “cocoa butter equivalents”), reemplazantes de la MC (CBR por sus siglas en inglés, “cocoa butter replacers”) y sustitutas de la MC (CBS por sus siglas en inglés, “cocoa butter substitutes”). Como se mencionó anteriormente, la MC tiene una composición de TAG muy típica, siendo más del 70% de la misma formada por POP, POST y StOSt (Tabla 1). Esta composición en TAG es responsable de sus propiedades físicas deseadas. Por lo tanto, cuando se utiliza una CBA en aplicaciones de confitería, debe considerarse cuidadosamente la compatibilidad entre la misma y la MC. Si las grasas no son compatibles, puede producirse un efecto de ablandamiento que

provocará el indeseado fenómeno de blanqueo en la superficie del chocolate. La compatibilidad entre la MC y otras grasas está determinada por su composición en AG y TAG, pero también por el tipo de forma polimórfica presente en la red cristalina. La forma más sencilla de evaluar la compatibilidad de las grasas corresponde al estudio de diagramas de isosólidos. Estos diagramas muestran las temperaturas en las cuales varias proporciones de la mezcla alcanzan un SFC constante. La Figura 8 muestra un diagrama isosólido para mezclas de MC y grasa de leche anhidra (AMF por sus siglas en inglés, “anhydrous milk fat”). El eje y de esta figura muestra las temperaturas necesarias para alcanzar un

determinado SFC en función de la relación AMF/MC. Por ejemplo, esta figura muestra que la temperatura necesaria para alcanzar un SFC del 10% disminuye significativamente cuando el contenido de AMF es superior al 30%, lo que provoca un efecto de ablandamiento. A mayores valores de SFC se observa un comportamiento similar. Varios estudios han evaluado la compatibilidad entre distintas fracciones de grasa de leche con la MC, demostrando un grado de incompatibilidad similar al observado entre la grasa de leche original y la MC (Metin & Hartel, 2012).

Ciertas grasas y aceites como las de Illipe, palma, manteca de karité y aceite de semilla de mango pueden utilizarse como CBE luego de ser procesadas mediante fraccionamiento y/o refinado. Las CBE no pueden ser ni hidrogenadas ni interesterificadas. Son completamente compatibles con la MC, por lo que pueden utilizarse para sustituirla parcial o totalmente sin afectar la calidad del producto final. Esta compatibilidad total se debe a la composición similar de AG y TAG entre estas grasas. La Tabla 2 muestra una composición típica de TAG para CBE comúnmente utilizadas en la industria de los productos de confitería. Más del 80% de la composición en TAG consiste en SOS (S: AG saturados) para la grasa Illipe, similar a lo que se encuentra en la MC, seguido por el 36% para la manteca de karité, y aproximadamente el 30% para el aceite de palma. El porcentaje de SOS en el aceite de palma y en la manteca de karité puede aumentarse utilizando técnicas de fraccionamiento. La Figura 9 muestra un diagrama de isosólidos típico entre una CBE y una MC. Las líneas rectas muestran la plena compatibilidad de estas grasas. Es decir, la temperatura necesaria para alcanzar un SFC específico no se ve afectada por la proporción de CBE en la MC y, por lo tanto, no se observa un efecto de ablandamiento (Talbot, 2009).

Las CBR se obtienen generalmente a partir de grasas tales como los aceites de



Fuente: Gordon, M. H., Padley, F. B., & Timms, R. E. (1979). Factors influencing the use of vegetable fats in chocolate. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 81(3), 116-121.

Figura 9 - Diagrama isosólido entre manteca de cacao y una grasa equivalente (coberine).

Tabla 2 - Composición de triglicéridos (TAG, %) de manteca de cacao (MC) y distintas grasas equivalentes.

TAG	MC	Aceite de palma	Illipe	Manteca de karité
MOP	0,9	1,2	-	-
MOST	1,3	-	-	-
POP	12,0	24,1	6,6	0,5
POST	34,8	7,0	34,3	6,4
StOSt	25,2	0,5	44,5	29,6
Total SOS	78,2	32,8	85,4	36,5
Total SSO	4,1	5,3	0,4	3,1

M: mirístico; P: palmitico; O: oleico; St: esteárico; S: saturado.

Fuente: Talbot, G. (2009). Vegetable fats, en *Industrial chocolate manufacture and use*, 4th. Ed., editor Beckett, S.T. John Wiley & Sons, 2009.

palma, soja o algodón, mediante interesterificación, hidrogenación (total) y/o fraccionamiento. Debido a la tendencia a eliminar los ácidos grasos *trans* de las formulaciones alimentarias, la hidrogenación parcial no se utiliza actualmente como técnica de procesamiento. Las CBR tienen una composición en AG similar a la de la MC, pero una composición en TAG diferente. Esto da lugar a una compatibilidad parcial de las mezclas de MC y CBR. La Tabla 3 muestra la composición típica de TAG de distintas CBE y CBR (Lonchampt & Hartel, 2004). Se puede observar que las CBR tienen un contenido muy alto de SOS (casi el 100%), siendo elevado el contenido de POP y bajo el correspondiente a POST (similar al observado en las CBE). La Figura 10 muestra un diagrama de isosólido típico de una CBR y una MC. Este diagrama muestra un efecto de ablandamiento que comienza aproximadamente a partir de la incorporación de 5% de CBR (Smith, 2012). Además, la CBR muestra un comportamiento polimórfico diferente a la MC, lo que también genera su incompatibilidad. Mientras que la MC cristaliza en una forma polimórfica β al ser sometida a un temperado correcto, la CBR tiende a cristalizar en la forma β' . Esto significa que cuando las CBR se añaden a la MC en proporciones mayores al 7%, los sistemas cristalizan en una mezcla de formas polimórficas β' y β , lo que resulta en cierta incompatibilidad, ablandamiento de la fase grasa y aparición de manchas blanquecinas en la superficie del chocolate. Sin embargo, cuando la adición de CBR es lo suficientemente alta (superior al 65%), el sistema cristaliza solo en β' , disminuyendo de esta manera la incompatibilidad. Esto significa que, al utilizar CBR, éstas pueden añadirse en proporciones inferiores al 7% o superiores al 65% con el fin de minimizar la incompatibilidad (Gordon *et al.*, 1979; Talbot, 2009).

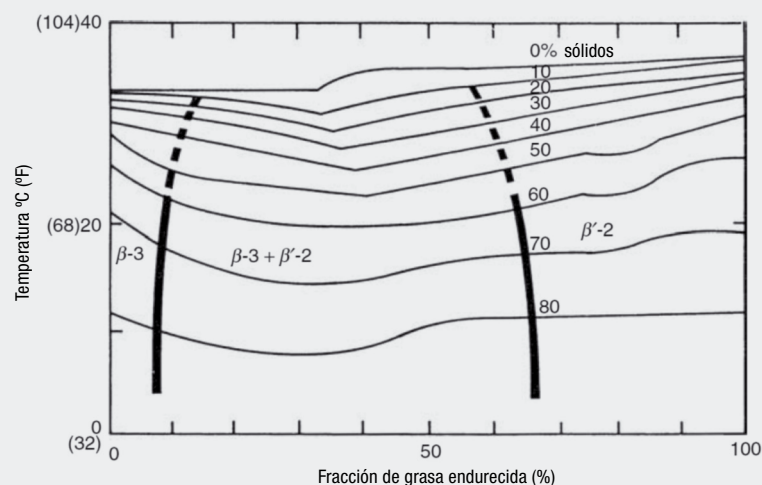
Por último, las CBS constituyen grasas elaboradas con grasas láuricas que contienen ácidos grasos de cadena corta, como el mirístico, el láurico, el cáprico

Tabla 3 - Composición de triglicéridos (TAG, %) de la manteca de cacao (MC), grasas equivalentes (CBE) y reemplazantes (CBR) provenientes de distintas fuentes comerciales.

TAG (%)	MC	CBE1	CBE2	CBE3	CBR1	CBR2	CBR3
POP	15,0	35,0	45,0	37,0	58,1	73,8	52,3
POST	46,3	19,0	14,0	17,9	14,8	9,0	18,3
StOSt	24,0	28,0	21,0	40,3	26,8	17,2	26,2
Otros	14,7	18,0	20,0	4,8	-	-	-
Total SOS	85,3	82,0	80,0	95,2	99,7	100,0	96,8

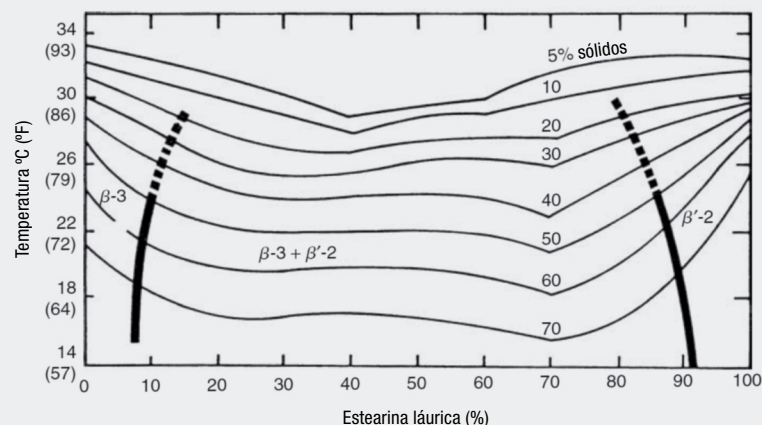
P: palmítico; O: oleico; St: esteárico; S: saturado.

Fuente: Lonchampt, P., & Hartel, R. W. (2004). Fat bloom in chocolate and compound coatings. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(4), 241-274.



Fuente: Gordon, M. H., Padley, F. B., & Timms, R. E. (1979). Factors influencing the use of vegetable fats in chocolate. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 81(3), 116-121.

Figura 10 - Diagrama isosólido entre manteca de cacao y una grasa reemplazante. El número indicado luego de cada forma polimórfica (β , β') hace referencia al empaquetado longitudinal de los triglicéridos.



Fuente: Gordon, M. H., Padley, F. B., & Timms, R. E. (1979). Factors influencing the use of vegetable fats in chocolate. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 81(3), 116-121.

Figura 11 - Diagrama isosólido entre manteca de cacao y una grasa sustituta.

y el caprílico. El aceite de semilla de palma y el aceite de coco procesados mediante hidrogenación, interesterificación y/o fraccionamiento pueden utilizarse como CBS. Las CBS tienen una composición en AG y TAG muy diferente a la de la MC y, por lo tanto, presentan un alto grado de incompatibilidad. La Figura 11 muestra un diagrama de isosólido típico de mezclas de MC y CBS en el que se observa la pérdida de compatibilidad a partir de la incorporación de aproximadamente un 5% de CBS a la MC (Gordon *et al.*, 1979; Talbot, 2009). De manera similar a lo que sucede con las mezclas de CBR/MC, la incompatibilidad se debe a la presencia de una forma polimórfica diferente. La Figura 11 muestra que el rango de incompatibilidad para la CBS es mayor que el observado para la CBR mostrada anteriormente, ya que la mezcla CBS/MC cristaliza como una mezcla de cristales β' y β en el rango de incorporación de CBS del 5% al 90%.

Además, resulta importante señalar que la CBS podría proporcionar un sabor jabonoso durante el almacenamiento debido a la hidrólisis de los ácidos grasos de cadena corta. Por lo tanto, la CBS debería evitarse en productos con mucha humedad, donde la reacción de hidrólisis podría verse potenciada.

4. Conclusiones

El chocolate es un alimento complejo compuesto por varios ingredientes, como el licor de cacao, la manteca de cacao, el azúcar y la leche. Es un producto que genera una experiencia de consumo única basada en su sabor y textura. El sabor del chocolate se desarrolla durante el procesamiento del grano de cacao, pero la textura, la sensación bucal y la liberación del sabor son impulsados por la grasa presente en el mismo, conocida como manteca de cacao. En muchos casos, la manteca de cacao se mezcla con otras grasas para

disminuir el costo o crear productos con una funcionalidad diferente. Cuando esto ocurre, la calidad del chocolate puede verse comprometida debido a la incompatibilidad entre las grasas. Las grasas alternativas a la manteca de cacao suelen emplearse para sustituirla de manera parcial o total. Dentro de las grasas alternativas, las llamadas equivalentes son grasas totalmente compatibles con la misma, que pueden añadirse en cualquier cantidad sin afectar a la calidad del producto. Las grasas sustitutas y reemplazantes de la manteca de cacao son menos compatibles con la misma que las grasas equivalentes, y deben añadirse en menor cantidad en los productos a base de chocolate, siendo las grasas sustitutas aquellas que presentan menor grado de compatibilidad.

Estas grasas se utilizan para sustituir total o parcialmente a la manteca de cacao deben elegirse de manera cuidadosa, ya que la incompatibilidad entre las mismas puede producir efectos de ablandamiento y blanqueo en el producto, los cuales son considerados defectos de calidad del chocolate.

• Referencias

- Vega, C., & Kwik-Urbe, C. (2012). *Theobroma cacao*-An Introduction to the Plant, Its Composition, Uses, and Health Benefits, en *Cocoa butter and related compounds*, editors N. Garti y N.R. Widlak. AOCS Press, Urbana, IL, 2012, p.36.
- Beckett, S. T. (2009). *Chocolate manufacture, en Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products*, editor Talbot, G. CRC Press, New York, 2009, p.12-16.
- Fowler, M.S. (2009). Cocoa beans: from Tree to Factory, en *Industrial chocolate manufacture and use*, 4th. Ed., editor Beckett, S.T. John Wiley & Sons, 2009, p.10-14, 34.
- Chaiseri, S., & Dimick, P. S. (1989). Lipid and hardness characteristics of cocoa butters from different geographic regions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66(12), 1771-1776.
- Foubert, I., Vanrolleghem, P. A., Thas, O., & Dewettinck, K. (2004). Influence of chemical composition on the isothermal cocoa butter crystallization. *Journal of Food Science*, 69(9), E478-E487.
- Ziegler, G.R & Hoogg, R. (2009). Particle size reduction, en *Industrial chocolate manufacture*

and use, 4th. Ed., editor Beckett, S.T. John Wiley & Sons, 2009, p.142-145.

- Sasaki, M., Ueno, S., & Sato, Kiyotaka. (2012). Polymorphism and Mixing Phase Behavior of Major Triacylglycerols of *Cocoa Butter*, en *Cocoa butter and related compounds*, editors N. Garti y N.R. Widlak. AOCS Press, Urbana, IL, 2012, p.160-162.
- Talbot, G. (2009). *Chocolate temper*, en *Industrial chocolate manufacture and use*, 4th. Ed., editor Beckett, S.T. John Wiley & Sons, 2009, p.268-269, 420-431.
- Lonchamps, P., & Hartel, R. W. (2004). Fat bloom in chocolate and compound coatings. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(4), 241-274.
- Bricknell, J., & Hartel, R. W. (1998). Relation of fat bloom in chocolate to polymorphic transition of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75(11), 1609-1615.
- Windhab, E.J. (2009). *Tempering*, en *Industrial chocolate manufacture and use*, 4th. Ed., editor Beckett, S.T. John Wiley & Sons, 2009, p.276-277.
- Hartel, R. W. (1996). Applications of milk-fat fractions in confectionery products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73(8), 945-953.
- Metin, S., & Hartel (2012). Milk Fat and Cocoa Butter, en *Cocoa butter and related compounds*, editors N. Garti y N.R. Widlak. AOCS Press, Urbana, IL, 2012, p.375-377.
- Smith, K.W. (2012). Confectionery fats, en *Cocoa butter and related compounds*, editors N. Garti y N.R. Widlak. AOCS Press, Urbana, IL, 2012, p.484-492.
- Gordon, M. H., Padley, F. B., & Timms, R. E. (1979). Factors influencing the use of vegetable fats in chocolate. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 81(3), 116-121.

• Abreviaciones

- AG: ácidos grasos
- CBA: grasas alternativas a la manteca de cacao
- CBE: grasas equivalentes a la manteca de cacao
- CBR: grasas reemplazantes de la manteca de cacao
- CBS: grasas sustitutas de la manteca de cacao
- MC: manteca de cacao
- O: oleico
- P: palmítico
- PF: punto de fusión
- S: saturado
- SFC: contenido de grasa sólida
- St: esteárico
- TAG: triglicéridos ■