

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Código: AA-1802

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

Evaluación de la formulación de tablillas de chocolate con cuatro porcentajes de grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su preferencia por el consumidor.

TÍTULO A OBTENER: Ingeniero(a) Agroindustrial

AUTORES:

Nombres, apellidos	Dirección	Teléfono y correo electrónico	Firma
Sara Raquel Crespín González	Avenida principal, Ayutuxtepeque, San Salvador.	7053-0167 crespinsara@gmail.com	
Hugo Isaac Pérez Tobar	Colonia San Antonio, Ayutuxtepeque, San Salvador.	7050-7571 hugo_tobar91@hotmail.com	

DATOS DE LOS DOCENTE DIRECTOR:

Directores	Lugar de trabajo.	Teléfono y correo.	Firma.
Ing. Agr. Carlos Mario Aparicio González	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Dpto. Fitotecnia.	7067-9085 apariciocm@yahoo.com	

VISTO BUENO:

Coordinador General de Procesos de Graduación del Departamento: Ing. Agr. Mario Alfredo Pérez Ascencio	Firma:
Director General de Procesos de Graduación de la Facultad: Ing. Agr. M.Sc. Elmer Edgardo Corea Guillén	Firma:
Jefe del departamento: Ing. Agr. M.Sc. Fidel Ángel Parada Berríos	Firma:
	Sello:

FECHA:

Ciudad Universitaria, 10 de octubre de 2018

Evaluación de la formulación de tablillas de chocolate con cuatro porcentajes de grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su preferencia por el consumidor.

Crespín-González SR¹, Pérez-Tobar HI¹, González-Rosales SO².

RESUMEN

El estudio se desarrolló en el periodo de febrero a octubre de 2017. La elaboración de las fórmulas de tablillas de chocolate se realizó en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos, CENTA, ubicado en San Andrés, La Libertad. Se efectuó una prueba de preferencia por ordenación con un nivel de significancia del 5%, con la participación del consumidor final en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, determinando a la vez los principales motivos de la preferencia. Además, se midieron los grados Brix en cada formulación de bebida de chocolate en el Laboratorio de Agroindustria del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD). La muestra de tablilla de chocolate más preferida fue preparada por digestión ácida con microondas, aplicando el método Association of Official Analytical Chemists 999.10. Mediante la utilización del método de espectrometría de absorción atómica con horno de grafito se determinó la concentración de As, Pb y Cd y el método de espectrometría de absorción atómica con llama para la determinación de la concentración de Cu.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluyó que la bebida de chocolate preparada con tablilla conteniendo el 20% de grano de cacao fue la más preferida, seguido de las formulaciones del 25% y 17% de cacao. La tablilla de chocolate con adición del 30% de cacao fue significativamente la menos preferida. También, se encontró que la cantidad de azúcar por taza de bebida de chocolate sobrepasa el consumo diario recomendado por la OMS. En cuanto a metales pesados, el contenido fue menos de 0.03 mg/kg de As, 6.5 mg/kg de Cu, menos de 0.1 mg/kg de Pb y 0.05 mg/kg de Cd en la tablilla de chocolate más preferida, estas concentraciones no sobrepasan los límites establecidos en las normativas. Por otro lado, al comparar costos de producción de una tablilla de 42 g para una taza de las diferentes formulaciones de tablilla de chocolate, se determinó que no hay un incremento considerable de los costos totales al adicionar más cacao en las formulaciones desde 17% a 30% de cacao.

Palabras clave: Grano de cacao, tablilla de chocolate, prueba de preferencia por ordenación, grados Brix, metales pesados, costos de producción.

Evaluation of the formulation of chocolate tablets with four percentages of cocoa bean (*Theobroma cacao* L.) and your preference for the consumer.

Crespín-González SR¹, Pérez-Tobar HI¹, González-Rosales SO².

ABSTRACT

The research was developed in the period from February to October 2017. The formulae of chocolate tablets were made in CENTA's Food Technology Laboratory, located in San Andrés, La Libertad. A consumer ranking preference test with a 5%, level of significance was carried out in the Agricultural Sciences Faculty of the University of El Salvador; addressing reasons of consumer preference. Furthermore, Brix degree content was

¹Universidad de El Salvador, Departamento de Fitotecnia, Estudiantes tesisistas.

²Universidad de El Salvador, Departamento de Fitotecnia, Docente Director.

measured in each chocolate drink formulation in the Agribusiness Laboratory of the Center for Health Research and Development (CENSALUD). The most preferred chocolate tablet sample was prepared by acid digestion with microwave heating, applying the "Association of Official Analytical Chemists 999.10 method". By using the method of atomic absorption spectrometry with graph oven, the concentrations of As, Pb, and Cd in the chocolate tablet preferred by the consumer was determined, and Atomic absorption spectrometry with flame was used to determine Cu concentration.

According to results obtained, it was concluded that the chocolate drink prepared with 20% cocoa beans chocolate tablet was the most preferred, followed by 25% and 17% of cocoa formulae. The chocolate tablet with addition of 30% cocoa was significantly least preferred. Also, it was found that the amount of sugar per cup of chocolate beverage exceeds the WHO recommended daily consumption. Regarding heavy metals, the content was less than 0.03 mg/kg for As, 6.5 mg/kg for Cu, less than 0.1 mg/kg for Pb and 0.05 mg/kg for Cd in the most preferred chocolate tablet, These concentrations do not exceed the limits established in the regulations. On the other hand, when comparing production costs of a 42 g tablet for one cup of the different chocolate tablet formulations, it was determined that there is not a considerable increase of the total costs when adding more cocoa in the formulations from 17% to 30% cocoa

Key words: Cocoa beans, chocolate tablet, ranking preference test, brix degrees, heavy metals, raw material costs.

1. INTRODUCCION

Para los nobles, emperadores, sacerdotes, jefes guerreros mayas y aztecas el consumo de "xocolatl" era una amenidad especial, se utilizaba la pulpa que recubre la semilla para elaborar bebidas fermentadas y los granos secos, tostados y sin cascarilla eran triturados en una piedra de moler (metate) para formar una pasta que se mezclaba y batía con agua, cuyo objetivo era formar la apreciada espuma. Esta bebida a veces se le agregaba miel de mamey, achiote, maíz, chile y las bebidas más finas, se condimentaban con vainilla y flores de varias especies (Dubón y Sánchez 2016).

En El Salvador, actualmente se sigue consumiendo la bebida de chocolate, elaborada a partir de una tablilla redondeada compuesta principalmente de azúcar de caña y grano de cacao, el cual es tostado y triturado para la obtención de trozos de grano de cacao, también conocidos como nibs. La tablilla es producida de manera artesanal, sin un proceso estandarizado y comercializada popularmente. Según CONACYT (2000) en su Norma Salvadoreña para el Chocolate: NSR 67.00.79:99, un chocolate dulce debe poseer como mínimo un 30% del total del extracto seco de cacao en su composición para ser considerado como tal. Cabe destacar, que no existe ninguna normativa que regule la composición de la tablilla de chocolate. Es por ello que los productores de tablilla de chocolate utilizan formulaciones de 17% o menos de cacao para reducir costos de producción.

Por otra parte, según Hernández *et. al* (s.f.), el consumir chocolate con alto porcentaje de cacao tiene importantes beneficios para la salud, por ejemplo, proporciona energía, su alto contenido de antioxidantes ayuda a neutralizar los radicales libres del cuerpo y además produce un estado de bienestar debido a sus propiedades estimulantes y antidepresivas. El Salvador no cuenta con estudios sobre la contaminación de arsénico (As), cobre (Cu), plomo (Pb) en tablilla de chocolate. La Norma Salvadoreña para el Chocolate: NSR 67.00.79:99 establece las dosis máximas permitidas de As, Cu y Pb en

chocolate dulce y chocolate sin edulcorar, pero no específicamente para tablilla de chocolate. El cadmio (Cd) no está incluido en la norma anterior, no obstante, un estudio realizado por Beltrán *et al.* (2017), determinó que los niveles de Cd encontrados en tablillas de chocolate comercial, no sobrepasan las dosis máximas establecidas por organismos internacionales como la FAO/OMS Unión Europea y MERCOSUR.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción de materia prima

Los granos de cacao fueron adquiridos en el Mercado Central de San Salvador, con el objetivo de asemejar la calidad de la materia prima utilizada para la elaboración de tablilla de chocolate que se comercializa y consume popularmente en El Salvador, se compró ocho libras de cacao para elaborar las tablillas de chocolate. Así mismo, se compró azúcar y canela.

2.2. Procesamiento de los granos de cacao

El procesamiento de los granos de cacao se realizó en Laboratorio de Tecnología de Alimentos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), San Andrés, La Libertad, durante el mes de mayo de 2017.

Limpieza y selección de granos: Los granos de cacao en mal estado como el vano, podrido, quebrado, dañado por insectos, infestado por hongos y/o mohos, y materias extrañas como material vegetal, piedras y otra clase de grano, fueron separados, pesados y descartados.

Tostado: Los granos de cacao seleccionados fueron colocados en bandejas de malla galvanizada y llevados dentro de un horno de convección eléctrica marca Hobart, modelo CN85, a 120°C por 30 minutos. A los 15 minutos, se realizó un único volteo de los granos de cacao para la transmisión uniforme de calor.

Descascarillado: Este proceso se llevó a cabo sobre mesas de acero inoxidable, separando manualmente toda la cascarilla del grano de cacao en recipientes plásticos.

Trituración: El grano de cacao tostado y descascarillado, fue procesado en un triturador eléctrico para alimentos marca C6W de acero inoxidable, moliendo durante diez segundos a 1,800 revoluciones por minuto. El objetivo de la trituración del grano fue facilitar la molienda de la mezcla de materia prima para la elaboración de tablilla de chocolate.

Almacenamiento: Los nibs de cacao fueron empacados en bolsas plásticas de polietileno con cierre tipo zip-lock, pesadas de acuerdo al tratamiento en que se iba a utilizar. La identificación de las bolsas se hizo atendiendo el código de tratamiento. Las bolsas se colocaron dentro de una caja plástica transparente con cierre hermético y agarraderas de seguridad, colocadas en condiciones adecuadas de ventilación, temperatura y aseo.

2.3. Formulación de tablillas de chocolate

La formulación popular de tablilla de chocolate artesanal fue el principal aspecto que determinó las formulaciones de tablilla de chocolate a evaluar en la investigación. De acuerdo a María Isabel Guardado³ (2017), productora artesanal de chocolate, para la elaboración de sus tablillas de chocolate, utiliza una proporción de una libra de cacao por

³Guardado, MI. 7 de set. 2017. Formulación de tablilla de chocolate (entrevista). La Libertad, El Salvador, Comercial Imperio

cada seis libras de azúcar. Además, al no existir normativas para tablilla de chocolate, se investigó normativas nacionales e internacionales de tipos de chocolate con composición similar a la del producto en estudio, como el chocolate para mesa se encuentra en la Norma CODEX STAN 87-1981 el Chocolate para Mesa (FAO/OMS 2016) y chocolate dulce corriente (Norma Salvadoreña para el Chocolate NSR 67.00.79:99) (CONACYT 2000), en donde establecen que el porcentaje mínimo de extracto seco de cacao que deben componer al chocolate es 20% y 30%, respectivamente. La materia prima que se utilizó para la elaboración de tablillas de chocolate en los diferentes tratamientos fueron: azúcar blanca, granos de cacao y canela en polvo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Formulación de tablilla de chocolate por tratamiento.

Materia prima	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Grano de cacao	17.0%	20.0%	25.0%	30.0%
Azúcar blanca	82.5%	79.5%	74.5%	69.5%
Canela en polvo	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Se consideraron 1,000 g de producto final por tratamiento para realizar la evaluación sensorial con el consumidor final. Además, se consideró 764.77 g extra por cada tratamiento para la determinación de grados Brix, metales pesados y pérdidas en el proceso de elaboración de tablilla de chocolate. Los pesos de la materia prima por tratamiento fueron los siguientes (Cuadro 2):

Cuadro 2. Peso de materia prima para elaborar la tablilla de chocolate por tratamiento.

Materia prima	Peso por tratamiento (g)			
	T1	T2	T3	T4
Grano de cacao	300.00	352.95	441.79	529.43
Azúcar blanca	1,455.95	1,403.00	1,314.16	1,226.52
Canela en polvo	8.82	8.82	8.82	8.82
Total	1,764.77	1,764.77	1,764.77	1,764.77

2.4. Elaboración de tablillas de chocolate

El proceso descrito a continuación se realizó atendiendo las indicaciones de un proceso artesanal como comúnmente se elaboran las tablillas de chocolate, se desarrolló en el mes de mayo de 2017. Los pasos son descritos a continuación:

Pesado: El pesado de la materia prima se realizó en una balanza digital de acuerdo a las cuatro formulaciones. Para el grano de cacao el proceso inicio a partir de la obtención de “nibs”. Se elaboraron dos tratamientos de tablilla de chocolate por día.

Mezcla: La mezcla de la materia prima (“nibs” de cacao, azúcar blanca y canela en polvo) se realizó sobre mesas de acero inoxidable, utilizando un recipiente de acero inoxidable y una cuchara para mover los ingredientes hasta mezclarlos y así continuar con el proceso de molienda.

Molienda: Para el proceso de molienda se utilizó un molino de discos CTI, modelo Ewing de 1.5 HP, realizando cuatro repasos de la mezcla hasta obtener una masa más homogénea y refinada para facilitar el proceso de moldeado

Moldeado: La masa obtenida de la molienda fue moldeada sobre bandejas de acero inoxidable en las mesas de trabajo, utilizando vasos de durapax de cuatro onzas para asemejar la presentación comercial de tablilla de chocolate.

Secado: El proceso de secado se realizó a temperatura ambiente, colocando las tablas de chocolate en bandejas de acero inoxidable y cubriéndolas con una manta de tela. Este proceso duró dos horas.

Empacado: Las tablas de chocolate se envolvieron con papel aluminio individualmente, identificando cada tratamiento con etiquetas adhesivas. Se almacenaron en hieleras plásticas marca Guateplast a temperatura ambiente y en condiciones inocuas, libres de humedad, sin exposición a luz solar; para conservar su calidad hasta el momento de realizar los análisis posteriores.

2.5. Evaluación sensorial

En la evaluación sensorial se consideró principalmente el sentido del gusto para interpretar por medio de la percepción de sabores qué muestra de bebida de chocolate es la más preferida por el consumidor final, se desarrolló en el mes de junio de 2017. Los pasos que se siguieron se describen a continuación:

2.5.1. Selección del método y tipo de prueba sensorial: El análisis sensorial se realizó aplicando el método afectivo y utilizando la prueba de preferencia por ordenamiento ya que según Hernández Alarcón (2005), este método y prueba se utiliza principalmente para conocer el nivel de aceptación y preferencia del consumidor final por un determinado producto frente a otros. La prueba de preferencia por ordenamiento requirió como mínimo la participación de 75 consumidores de bebida de chocolate para la obtención de resultados confiables.

2.5.2. Selección de panel para la prueba sensorial: Para la confiabilidad de los resultados, el desarrollo de la prueba sensorial implicó la participación de 120 personas que consumen bebida de chocolate. El panel fue conformado por jóvenes estudiantes mayores de 18 años de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

2.5.3. Diseño de la prueba de preferencia por ordenamiento: Se elaboró una hoja de 120 códigos con números aleatorios utilizando el programa Random.com, posteriormente se agruparon de acuerdo a cada tratamiento.

El ordenamiento de las muestras para la prueba sensorial fue siguiendo el orden de las cuatro primeras letras del abecedario; siendo "A" para la formulación de 17% de grano de cacao, "B" para la formulación de 20%, "C" para formulación de 25% y "D" para la formulación de 30%. Para evitar que los panelistas tuvieran la misma presentación de las muestras al momento de hacer la prueba, se desarrollaron 24 formas distintas de como presentar las muestras a los panelistas. Al ser 120 panelistas para la prueba, el orden de presentación de las muestras se repitió cuatro veces.

2.5.4. Construcción de boleta de análisis sensorial: Se elaboró una boleta de análisis sensorial en donde se solicitó a cada participante algunos datos personales (nombre, edad y género) y la fecha en que realizó la prueba. En la boleta se encontraban las indicaciones de la prueba sensorial, presentando la categoría 1 como "MÁS PREFERIDA" y 4 como la "MENOS PREFERIDA" para el ordenamiento de las muestras según la

preferencia del consumidor. Además, se presentó un cuadro con los códigos de muestras a evaluar en la columna izquierda, mientras que en la columna derecha se encontraba un espacio en blanco para que el consumidor colocara el número ordinal según su categoría de preferencia. Finalmente, se presentaban dos preguntas en relación a la preferencia del consumidor.

2.5.5. Materiales para la prueba sensorial: Los materiales y equipos para la ejecución de la prueba sensorial se adquirieron en la Supertienda Morena.

2.5.6. Lugar de ejecución de la prueba sensorial: La prueba de preferencia por ordenamiento se realizó el día martes 06 de junio de 2017 en la sala de estudios de ASECAS de Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, la cual contaba con siete mesas de madera y 26 sillas. Además, se contaba con el servicio de electricidad que fue útil para la preparación de muestras.

2.5.7. Preparación de muestras para la prueba sensorial

La bebida de chocolate de los cuatro tratamientos fue elaborada un día antes de la prueba sensorial. Para ello, se consideró la relación de 42.0 g de tablilla de chocolate para la preparación de 237.0 ml (una taza) de bebida de chocolate, al ser la relación promedio de tablillas de chocolate comercial para preparar una taza de bebida. En total, se utilizó 655.21 g de tablilla de chocolate para preparar 3,700.0 ml de bebida de chocolate por tratamiento en ollas y cocina de gas, cantidad suficiente para la preparación de 120 vasos con 30.0 ml de muestra por cada tratamiento.

Las bebidas de chocolate de los cuatro tratamientos se calentaron hasta llegar a una temperatura inferior a los $57^{\circ}\text{C}\pm 1$ en una cocina eléctrica (marca Brentwood), considerando que según Hernández Alarcón (2005), por lo general las muestras se deben presentar a la temperatura a la cual se consume normalmente el alimento. Cada mesa de trabajo utilizada para el análisis sensorial de bebidas de chocolate se dividió en cuatro estaciones, siendo un total de 26 estaciones. En cada estación, se colocó una silla, vaso con agua para enjuague, vaso de descarte, bolígrafo, servilleta, ficha de prueba de preferencia por ordenación enumerada y las cuatro muestras de bebidas de chocolate caliente codificadas y ordenadas de izquierda a derecha.

2.5.8. Ejecución de la prueba sensorial

Una vez ubicados los catadores en su estación de catación, se explicó el objetivo de la prueba y las indicaciones para el desarrollo del análisis sensorial:

- a) Indique su nombre completo, fecha de la prueba, edad y género.
- b) Pruebe de izquierda a derecha las muestras de bebida de chocolate.
- c) Según las categorías indicadas en la boleta, asigne un orden de preferencia a las muestras de bebidas de chocolate en la columna vacía "GRADO DE PREFERENCIA".
- d) Conteste las dos preguntas de la boleta

2.5.9. Prueba de Basker y Kramer para análisis de resultados

Los datos obtenidos de cada boleta de análisis sensorial fueron ordenados en una hoja de Microsoft Office Excel 2007 para la obtención de suma de categorías. Se utilizó la prueba de Basker y Kramer definida por Lawlees y Heymann (1998), con un nivel de significancia de: $\alpha = 0.05$, aplicando la Tabla de Prueba de Basker y Kramer "Valor crítico de diferencia entre suma de categorías" para la identificación de un valor crítico (según el número de

muestras y panelistas) necesario para definir cuál de las formulaciones de tablilla de chocolate caliente es preferida por el consumidor final y si la preferencia es significativa o no entre muestras.

Debido al llenado incorrecto de la boleta, el número resultante de panelistas fue inferior al establecido. Es por ello, que se interpoló para la obtención del valor crítico, utilizando la siguiente fórmula:

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$$

En donde:

Y_x = Valor crítico de panelistas resultantes

Y_0 = Valor crítico para número de panelistas inferior

Y_1 = Valor crítico para número de panelistas superior

X = Número de panelistas resultante

X_0 = Número de panelistas inferior

X_1 = Número de panelistas superior

2.6. Determinación de grados Brix

Se determinaron los grados Brix con un refractómetro marca ATAGO, modelo PAL-BX ACID181 en las cuatro muestras de bebida de chocolate, realizando cinco réplicas a cada tratamiento. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Agroindustria del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD), Universidad de El Salvador, San Salvador, durante el mes de julio de 2017.

La medición de los grados Brix fue para determinar los sólidos solubles, especialmente el azúcar en una taza de bebida, de chocolate, ya que el contenido de azúcar en tablilla de chocolate no es igual que en la bebida, debido al proceso de evaporación que los concentra. Por tal motivo, se determinó el contenido de azúcar en bebida de chocolate, para evaluar si no sobrepasa los límites de consumo de azúcar diario recomendados por la OMS (25 g/día) (OMS 2014).

2.6.1. Preparación de la muestra

- a. Se pesó la tablilla de chocolate: 42 g de muestra
- b. Se midió una taza de agua: 237 ml
- c. Se introdujo la tablilla en agua y se llevó a ebullición.
- d. Se dejó en reposo para alcanzar la temperatura ambiente.
- e. Se rotulo cada muestra con su código correspondiente.

2.6.2. Medición de grados Brix

- a. Se limpió el prisma del refractómetro con agua destilada.
- b. El prisma fue secado con papel toalla.
- c. Se calibró con una gota de agua
- d. Se tomó una muestra de 10 ml de bebida de chocolate a temperatura ambiente.
- e. Las muestras fueron identificadas.
- f. El botón START fue oprimido.
- g. Se tomó 0.2ml de la muestra de bebida de chocolate.
- h. La muestra fue colocada en el prisma del equipo
- i. El botón de lectura del aparato se accionó.
- j. Al estabilizarse la medida se anotó la lectura.

- k. Éste procedimiento se realizó cinco veces por cada muestra.

2.7. Determinación de metales pesados

La determinación de Cd, As, Pb y Cu se realizó en la formulación de tablilla de chocolate más preferida, según lo obtenido en el análisis de los resultados de la prueba de preferencia por ordenación. Los análisis se realizaron en el Laboratorio Especializado en Control de Calidad, ubicado en Calle San Antonio Abad #1965, San Salvador, durante el mes de octubre de 2017.

2.7.1. Preparación de las muestras

El análisis de metales pesados en tablilla de chocolate, se realizaron en 300 g de muestra de tablilla de chocolate, la cual fue pesada en una balanza digital y depositada en una bolsa hermética con etiqueta de identificación.

2.7.2. Equipo y materiales.

Los procedimientos para determinación de metales pesados fueron realizados bajo los estándares establecidos por Association of Official Analytical Chemists International 999.10 (2005), para determinar las concentraciones de metales pesados en la muestra, se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- a. **Equipo:** Balanza analítica, pipetas y micropipetas, espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito y espectrofotómetro de absorción atómica con llama, vasos de digestión con teflón, horno microondas, matraces aforados, embudos y botellas de plástico.
- b. **Reactivos:** Agua Redestilada, Ácido Nítrico al 65% (w/w), Ácido Nítrico 0.1 M, Ácido Nítrico 3 M, Peróxido de Hidrogeno al 30%, Soluciones estándar para Cd, As, Cu y Pb, solución estándar de trabajo.

2.7.3. Procedimiento para digestión ácida con microondas

Según Association of Official Analytical Chemists International (2005) en su método oficial 999.10 2002 el procedimiento para la digestión ácida con microondas es el siguiente:

- a. Pesar 0.5 g de muestra en el envase de digestión.
- b. Añadir 5 ml de HNO₃, concentrado al 65% y 2 ml de H₂O₂ al 30% cerrar los vasos herméticamente y someter a digestión en microondas, el perfil de la temperatura permitirá llegar a 180°C ± 5°C en menos de 5.5 minutos y permanecerá a 180°C ± 5°C durante 9.5 minutos para la finalización de las reacciones específicas.
- c. Dejar enfriar completamente los vasos de digestión antes de abrirlos, después el contenido del recipiente se puede filtrar, centrifugar o decantar.
- d. Transferir a un matraz aforado 25 ml y envasar con agua desionizada, luego transferir esta solución en un envase de polipropileno de 50 ml. Tratar los blancos de la misma forma.
- e. Si la solución requiere dilución por la alta concentración de metal, se diluirá con HNO₃ 3M, con el fin de mantener la concentración de ácido antes de la determinación de los metales.

Posterior al proceso descrito, la muestra de tablilla de chocolate en solución (resultado de los procesos de digestión) se sometieron al proceso de lectura del contenido de Pb, Cd y

As en el equipo de espectrometría de absorción atómica con horno de grafito, mientras que para el Cu se utilizó el equipo de espectrometría de absorción atómica con llama.

2.7.4. Cálculos y evaluación de resultados

Con los resultados obtenidos se calculó la concentración del metal en la muestra de ensayo de acuerdo con la siguiente fórmula:

Dónde:

C= Concentración de la muestra de ensayo (mg/kg)

a= Concentración en las soluciones de ensayo (mg/L)

b= Concentración promedio en las soluciones del blanco (mg/L)

V= Volumen de la solución de ensayo (ml)

m= Peso de la porción de ensayo (g)

$$C = \frac{(a - b) \times V}{m}$$

Cuando la muestra de prueba se diluyó, entonces se tomó en cuenta el factor de dilución. Cuando se corren los duplicados, el promedio de los resultados se debe dar con dos cifras significativas. Los resultados se informarán en mg/kg o µg/kg de Cd. Para el análisis de los resultados se compararon con los niveles máximos de As, Cu, Pb en chocolate según las especificaciones de la Norma salvadoreña para el chocolate: NSR 67.00.79:99 (CONACYT 2000). Para Cd los resultados obtenidos se compararon con las especificaciones establecidas en Reglamento Técnico MERCOSUR (2011) sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos (Derogación de las res. gmc nº 102/94 y nº 35/96), ya que en El Salvador no existe una normativa que regule los niveles máximos de Cd en chocolate.

2.8. Estimación de costos de tablilla de chocolate

Para la estimación de costos de las cuatro formulaciones de tablillas de chocolate, se utilizaron los costos de materia prima (grano de cacao, azúcar blanca, canela y material de empaque), sin considerar los costos del equipo (mesas de trabajo, moldes, recipientes, cucharas e indumentaria), maquinaria (cocina y báscula de mesa), servicios (energía eléctrica, agua, mano de obra) y recursos de limpieza e higiene (jabón, papel toalla, escoba y trapeador), ya que estos fueron facilitados por el Laboratorio de Tecnología de Alimentos, CENTA. Este análisis se realizó en el mes de julio de 2017.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Pesos obtenidos en el proceso de elaboración de chocolate

En el proceso de limpieza y selección de grano de cacao, se obtuvo una pérdida en peso del 7.6% (Cuadro 3), debido a la eliminación de piedras, hojas, granos básicos, alimento de mascota, grano de cacao con moho, daño mecánico o vano, encontrados en los 3.63kg de grano de cacao iniciales. Posteriormente, durante el tostado se perdió el 2.49% del peso, principalmente por pérdida de humedad por evaporación en el proceso.

En el descascarillado se obtuvo un 16.01% de pérdida, debido a la eliminación de la cascarilla del grano de cacao. Por último, se perdió peso en el proceso de triturado al obtener polvillo de grano de cacao, siendo un mínimo porcentaje del 1.67%. El peso total obtenido al final del proceso fue de 2.62 kg (72.23% de rendimiento), perdiéndose un total de 1.01 kg (27.77%) hasta la obtención de nibs de cacao para la elaboración de las cuatro formulaciones de tablilla de chocolate. De la mezcla inicial de 1,764.77 g por tratamiento, se obtuvieron los siguientes pesos de producto final en cada formulación T1: 1,588.28 g, T2: 1,589.17 g, T3: 1,587.78 g y T4: 1,524.37 g.

Cuadro 3. Pesos del procesamiento de grano de cacao.

Proceso	Peso Inicial (g)	Peso Perdido (g)	Pérdida (%)	Peso Final (g)	Rendimiento (%)	Material inicial	Producto Obtenido
Limpieza y selección	3,632.00	276.00	7.6	3,356.00	92.4	Grano de cacao	Grano de cacao limpio
Tostado	3,356.00	90.20	2.49	3,265.80	89.91	Grano de cacao limpio	Grano de cacao tostado
Descascarillado	3,265.80	581.59	16.01	2,684.21	73.90	Grano de cacao tostado	Grano de cacao sin cascarilla
Triturado	2,684.21	60.93	1.67	2,623.28	72.23	Grano de cacao sin cascarilla	Nibs de cacao
Total	-	1,008.72	27.77	-	72.23	-	-

3.2. Prueba de Basker y Kramer

Luego de realizar la prueba de preferencia por ordenación con la participación de 120 panelistas consumidores de bebida de chocolate caliente, se tomaron en cuenta los resultados de 112 panelistas para la obtención de la suma de categorías. Se obtuvo un total de ocho panelistas que llenaron incorrectamente la boleta, por tal razón fueron descartados para el análisis de resultados.

De acuerdo a Lawlees y Heymann (1998), utilizando la Tabla de Prueba de Basker y Kramer "Valor crítico de diferencia entre suma de categorías", se observó que no aparece en la tabla el valor crítico para 112 panelistas. Para ello, se obtuvo su valor crítico interpolando entre el número de panelistas inferior y superior más cercanos a 112, con sus valores críticos (110= 49.2 y 120= 51.4). Sustituyendo se obtuvo:

$$Y_x = 49.2 + \frac{112 - 110}{120 - 110}(51.4 - 49.2)$$

$$Y_x = 49.64$$

Se obtuvieron los valores absolutos (8, 1, 69, 7, 77 y 70) de la diferencia entre cada uno de los productos (A= 17%, B= 20%, C=25% y D= 30%), los cuales fueron comparados con el valor crítico (49.64), para determinar si existe una preferencia significativa por el consumidor final por una de las formulaciones evaluadas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Organización de resultados de la prueba de preferencia por ordenación.

PRODUCTO	PRODUCTO	A (17%)	B (20%)	C (25%)	D (30%)
	SUMADE CATEGORIAS	265	257	264	334
A (17%)	265	0	8	1	-69
B (20%)	257	-8	0	-7	-77
C (25%)	264	-1	7	0	-70
D (30%)	334	69	77	70	0

Considerando la escala de la prueba de preferencia por ordenación, en donde: 1= más preferido y 4= menos preferido, se observan gráficamente los resultados:

De acuerdo a la Figura 1 no hay una diferencia significativa entre la preferencia de las formulaciones de bebida de chocolate caliente con 17%, 20% y 25% de cacao (producto A, B y C, respectivamente), porque el valor absoluto entre ellos es menor al valor crítico (49.64). Siendo, la formulación de la bebida de chocolate caliente con 20% de cacao (producto B) el producto más preferido, sin embargo, la diferencia de preferencia solo es significativa sobre el producto D (30% de cacao).

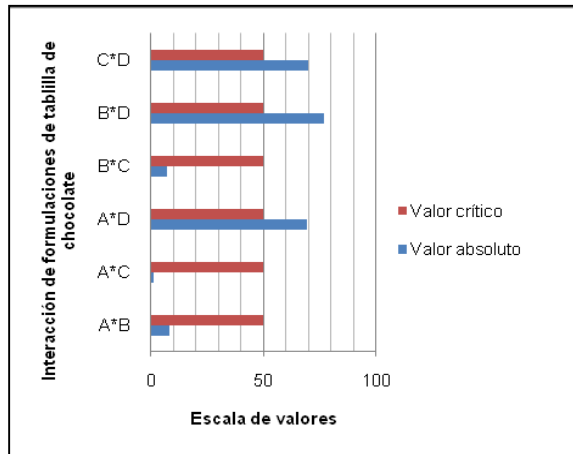


Figura 1. Interacción de formulaciones de tablilla de chocolate con el valor crítico

En cambio, la formulación de bebida de chocolate caliente con 30% de cacao (producto D), tiene una diferencia significativa con las formulaciones de 17%, 20% y 25% de cacao (producto A, B y C respectivamente), al ser el producto menos preferido al presentar una suma de categorías superior al resto.

Al agrupar por similitud las respuestas a la pregunta “¿Por qué razón es la más preferida?”, la bebida de chocolate caliente con más preferencia tiene como principales razones las siguientes (Figura 2) la buena concentración y sabor

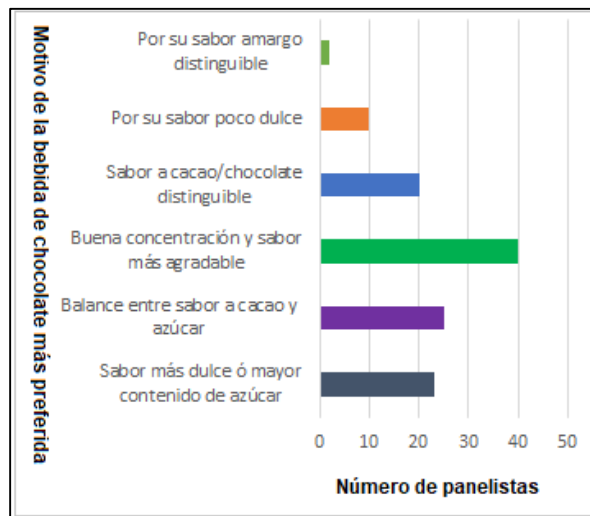


Figura 2. Motivo de la bebida de chocolate más preferida

agradable (33%), es la principal razón para definir cuál es la formulación más preferida, seguido del balance entre sabor a cacao y azúcar (21%) y un sabor dulce o mayor contenido de azúcar (19%). Presentando una menor frecuencia su sabor amargo distinguible y poco dulce (10%). Lo cual indica, que el consumidor final, prefiere una bebida de chocolate caliente con buena concentración de azúcar y cacao, logrando un balance de sabores en el que predomine el sabor dulce que el amargo.

Mientras que los motivos de bebida de chocolate menos preferida de los participantes en la prueba de preferencia por ordenación, se observan en la Figura 3, entre los motivos dados por los consumidores predomina una bebida de chocolate simple o de menos concentración (32%) como la principal razón para definir qué formulación es la menos preferida, seguido del sabor muy amargo (24%). Resultando la razón de bebida poco dulce o muy espesa o concentrada las de menor frecuencia para definir su menor preferencia. Por tanto, el consumidor final, no prefieren las bebidas de chocolate caliente simples y con una intensidad alta a sabor amargo.

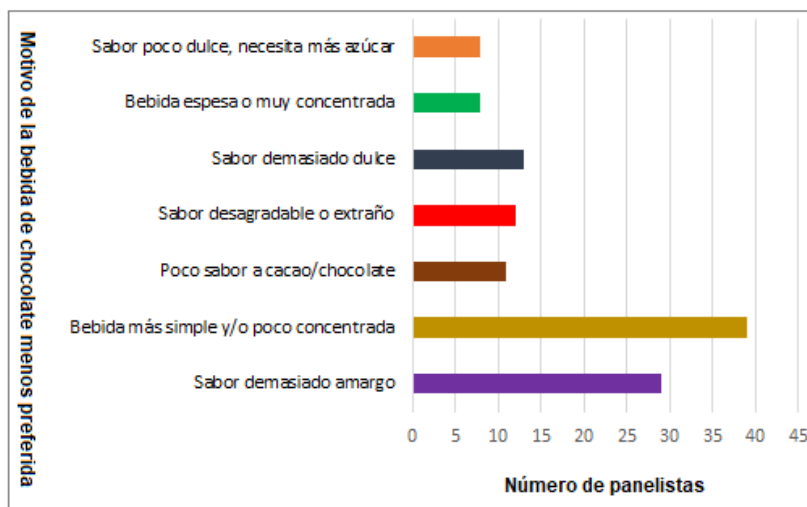


Figura 3. Motivos de la bebida de chocolate menos preferida

Los resultados obtenidos en las preguntas realizadas en la ficha de prueba sensorial coinciden con los resultados de la prueba de Basker y Kramer (Lawlees y Heymann 1998). Considerando que el sabor amargo es una característica con altos porcentajes de cacao en la bebida. Y como se observó en la prueba, si hay una diferencia significativa entre la formulación con 30% de cacao con el resto, al ser la menos preferida y a la vez siendo la más amarga, por su contenido elevado de cacao, al compararse con el resto de formulaciones.

3.3. Determinación de grados Brix

Según el Cuadro 5 los grados Brix totales en las formulaciones de tablilla de chocolate varió de acuerdo a la cantidad de azúcar agregada en la fabricación del producto. Para el caso de la formulación de tablilla de chocolate con 17% de cacao, se encontró un promedio de 17.44 grados Brix, equivalente a 17.44 g de sacarosa por cada 100 ml de disolución, siendo un total de 41.26 g en una taza de bebida de chocolate (236.58 ml), en cambio las formulaciones restantes presentaron un promedio inferior a 15 grados Brix por cada 100 ml de disolución.

Cuadro 5. Comportamiento de los grados Brix en las bebidas de chocolate.

Replica	Formulación 17% de cacao y 82.5% de azúcar	Formulación 20% de cacao y 79.5% de azúcar	Formulación 25% de cacao y 74.5% de azúcar	Formulación 30% de cacao y 69.5% de azúcar
	Grados Brix	Grados Brix	Grados Brix	Grados Brix
1	17.5	14.4	14.3	14.2
2	17.6	14.7	14.5	14.3
3	17.3	14.8	14.5	14.0
4	17.3	14.5	14.4	14.2
5	17.5	15.7	14.2	14.3
Promedio	17.44	14.82	14.38	14.2

En la Figura 4, se observó que la formulación de bebida de chocolate caliente con 17% de cacao presentó el valor más elevado, con un promedio de 17.44 grados Brix. Según la OMS (2015 citado por Prats (2015), idealmente, para “proporcionar beneficios adicionales para la salud”, la cantidad de azúcar debería quedar por debajo del 5% del aporte calórico

(seis cucharadas, 25 g al día)”. En el caso de los niños, el consejo es no sobrepasar los 37 g al día (para una dieta de 1,750 calorías).

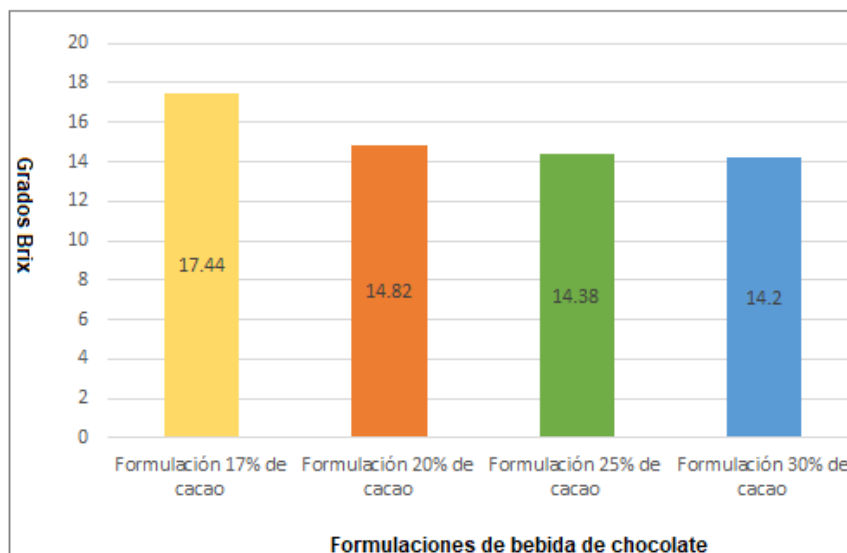


Figura 4. Comportamiento de grados Brix en las formulaciones de bebida de chocolate

El contenido total de azúcar en una taza (236.58 ml) de bebida de chocolate de las formulaciones en estudio (17, 20, 25 y 30% de cacao) presentaron un promedio de 41.26 g, 35.06 g, 34.02 g y 33.59 g, respectivamente, sobrepasando (las cuatro formulaciones) los 25 g de azúcar al día recomendados por la OMS. Por lo tanto, solo el consumo de una taza de bebida de chocolate al día, contribuye a la aparición de enfermedades no transmisibles (OMS 2015).

3.4. Contenido de metales pesados en tablilla de chocolate con 20% de cacao

Existe variación en la dosis máxima permitida de Cd para productos derivados de cacao. Esta situación ha conllevado a que los límites que han establecido varios países no estén sustentados sobre una base científica y varían mucho para cada país, lo cual puede afectar el comercio mundial de estos productos. En el Cuadro 6, se menciona el límite máximo de metales pesados (As, Cu, Pb y Cd) según NSR 67.00.79:99 y el Reglamento Técnico MERCOSUR (2011) y las concentraciones obtenidas de cada metal en las unidades de mg/kg:

Cuadro 6. Especificaciones según normativas y resultados obtenidos de metales pesados en tablilla de chocolate con 20% de cacao

Metal	Especificación según normativa (mg/kg)	Resultados (mg/kg)
Arsénico (As)	0.5	Menor de 0.03
Cobre (Cu)	15.0	6.5
Plomo (Pb)	1.0	Menor de 0.1
Cadmio (Cd)	0.20	0.05

Las concentraciones de As, Cu, Pb y Cd en la tablilla de chocolate con 20% de cacao son inferiores a los niveles máximos permitidos por la Norma salvadoreña para el Chocolate: NSR 67.00.79:99 de CONACYT (2000) (0.5 mg de As/kg, 15.0 mg de Cu/kg, 1.0 mg de

Pb/kg) y el Reglamento Técnico de MERCOSUR (2011) sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos (Derogación de las res. gmc n° 102/94 y n° 35/96 (0.20 mg de Cd/kg); determinando de esta manera que el contenido de los metales pesados en la muestra de tablilla de chocolate analizada con un valor aproximado de sólidos de cacao del 20%, cumplen con las especificaciones de las normativas descritas para chocolate con un contenido < 40 % de sólidos de cacao.

3.5. Análisis de costos de materia prima, insumos y material de empaque para la elaboración de tablilla de chocolate

Para obtener costos de materia prima, se determinó la cantidad de granos de cacao, azúcar y canela de cada formulación. Dicha materia prima, tuvo una variación de costo de producción para cada formulación en estudio. Cabe mencionar que cuando se procesó el grano de cacao en el LTA-CENTA, se obtuvo una merma del 27.77% (Cuadro 3), pérdida resultante de los procesos de limpieza, selección, tostado, descascarilla y triturado del grano hasta la obtención de nibs de cacao. Para lo cual se ha considerado en la formulación de tablillas de chocolate una cantidad adicional de grano de cacao, con el objetivo de evaluar los costos, respetando los porcentajes establecidos en la formulación por tratamiento (Cuadro 7).

Cuadro 7. Estimación de porcentaje de grano de cacao adicionado a formulación

Materia prima	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
% Grano de cacao establecido por fórmula	17.0	20.0	25.0	30.0
% Grano de cacao adicionado	4.72	5.55	6.94	8.33
Total (%)	21.72	25.55	31.94	38.33

De acuerdo a la estimación de precio en el mercado, una tablilla de chocolate comercial que rinde para dos tazas, tiene un precio promedio de \$0.30 centavos de dólar. Sin embargo, el precio promedio incluye otros costos de producción, los cuales no han sido considerados.

El costo de las materias primas, insumos y empaque para la elaboración de las tablillas de chocolate en estudio, que se determinó en la formulación del 17% de cacao, presenta menores costos de producción. Debido a que mayormente está compuesto por azúcar, que comúnmente tiene un costo menor que el cacao en el mercado nacional.

Entre las formulaciones de 17% y 20% de cacao, los costos de materia prima, insumos y material de empaque total de una unidad de 42 g para una taza, aumentan \$0.01 (Cuadro 8). En cambio, entre las formulaciones de 20%, 25% y 30% de cacao los costos totales se mantienen; lo cual significa que no incrementa considerablemente los costos de producción al adicionar más cacao en la formulación.

Cuadro 8. Costos de materia prima, insumos y material de empaque para la producción de tablilla de chocolate de 42 g.

Formulación de 17% de cacao				
Materias primas	Unidad	Cantidad	Costo (\$US)	Total (\$US)
Grano de cacao	Gramos	7.14	1.50 (454 g)	0.02
Azúcar blanca	Gramos	34.65	0.50 (454 g)	0.04
Canela en polvo	Gramos	0.21	1.10 (60 g)	0.004
Empaque con etiqueta	Unidad	1	0.03	0.03
Total (\$US)				0.09
Formulación de 20% de cacao				
Materias primas	Unidad	Cantidad	Costo (\$US)	Total (\$US)
Grano de cacao	Gramos	8.40	1.50 (454 g)	0.03
Azúcar blanca	Gramos	33.39	0.50 (454 g)	0.04
Canela	Gramos	0.21	1.10 (60 g)	0.004
Empaque con etiqueta	Unidad	1	0.03	0.03
Total (\$US)				0.10
Formulación de 25% de cacao				
Materias primas	Unidad	Cantidad	Costo (\$US)	Total (\$US)
Grano de cacao	Gramos	10.50	1.50 (454 g)	0.03
Azúcar blanca	Gramos	31.29	0.50 (454 g)	0.03
Canela	Gramos	0.21	1.10 (60 g)	0.004
Empaque con etiqueta	Unidad	1	0.03	0.03
Total (\$US)				0.10
Formulación de 30% de cacao				
Materias primas	Unidad	Cantidad	Costo (\$US)	Total (\$US)
Grano de cacao	Gramos	12.60	1.50 (454 g)	0.04
Azúcar blanca	Gramos	29.19	0.50 (454 g)	0.03
Canela	Gramos	0.21	1.10 (60 g)	0.004
Empaque con etiqueta	Unidad	1	0.03	0.03
Total (\$US)				0.10

4. CONCLUSIONES

No hay diferencia significativa de preferencia entre las formulaciones de tablilla de chocolate de 17%, 20% y 25% de cacao.

La formulación de tablilla de chocolate con 30% de cacao fue significativamente la menos preferida entre las cuatro formulaciones estudiadas. Siendo, para el 50.9% de los consumidores la de menor preferencia.

La principal razón de mayor preferencia de la formulación de tablilla de chocolate con 20% de cacao fue la buena concentración de cacao en la bebida y su sabor agradable al paladar.

El sabor demasiado amargo de la bebida de chocolate fue la principal razón de menor preferencia de la formulación de tablilla de chocolate con 30% de cacao.

Todas las formulaciones de tablilla de chocolate poseen un contenido de azúcar superior a lo que se recomienda consumir al día (25 g al día).

La concentración de arsénico (As), cobre (Cu), plomo (Pb) y cadmio (Cd) encontrada en la tablilla de chocolate más preferida no sobrepasan los límites máximos establecidos por las normativas.

Comparando los costos de materia prima en la formulación de tablilla de menor adición de cacao (17%) y la formulación con mayor adición de cacao (30%), existe un incremento de los costos de \$0.01 en esta última.

5. RECOMENDACIONES

Realizar una prueba de preferencia por ordenación con formulaciones de tablilla de chocolate elaboradas de grano de cacao criollo.

Realizar una investigación similar con tablillas de chocolate que estén compuestas por otro tipo de edulcorante natural, para evaluar si existe una percepción diferente en la preferencia del consumidor final.

Evaluar la preferencia del consumidor de tablillas de chocolate con proporciones mayores de grano de cacao a partir de cacao fermentado, utilizando enzimas que reduzcan las concentraciones de compuestos fenólicos.

Evaluar las concentraciones de metales pesados en productos con alto contenido de sólidos de cacao como los chocolates amargos.

Actualizar la Norma salvadoreña para chocolate en cuanto a los metales pesados para incluir al Cadmio.

6. BIBLIOGRAFIAS

AOAC (Association of Official Analytical Chemists International). 2005. AOAC Official Method 999.11 Determination of Lead Cadmium, Copper, Iron and Zinc in Foods (en línea). United States. Consultado 17 oct. 2017. Disponible en <http://img.21food.cn/img/biaozhun/20100108/177/11285282.pdf>

Beltrán, E; Hernández, K; Rodríguez, A. 2017. Determinación de cadmio en chocolate de mesa comercializado en la zona metropolitana de san salvador. Tesis Ing. San Salvador, El Salvador. UES. 145p.

CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, El Salvador). 2000. Norma Salvadoreña para el Chocolate: NSR 67.00.79:99(en línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 8 sep. 2017. Disponible en <http://faolex.fao.org/docs/pdf/els22869.pdf>

Dubón, A; Sánchez, J. 2016. Manual de producción de cacao. 2 ed. González, V; Tejada, R; Bardales, M (eds). La Lima, Cortés, Honduras, s.e. 264 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura); OMS (Organización Mundial de la Salud). 2016. Normas para el chocolate y los productos del chocolate (CODEX STAN 87-1991). 12p

Hernández Alarcón, E. 2005. Evaluación Sensorial (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 22 oct. 2017. Disponible en <http://www.inocua.org/site/Archivos/libros/m%20evaluacion%20sensorial.pdf>

Hernández, C; Corado, N; Flores, B; Doddoli, C. s.f. Ciencia con sabor a chocolate (en línea). El Salvador. Consultado 22 ago. 2017. Disponible en http://www.universum.unam.mx/assets/pdf/expo_chocolate.pdf

Lawlees, HT; Heymann H. 1998. Sensory evaluation of food. Principles and practices. New York, United States, Aspen Publishers. 47 p.

MERCOSUR (Mercado Común del Sur). 2011. Reglamento Técnico Mercosur Sobre Límites Máximos de Contaminantes Inorgánicos en Alimentos (Derogación de las Res. GMC N° 102/94 y N° 35/96) (en línea). Consultado 09 jul. 2017. Disponible en http://www.puntofocal.gov.ar/doc/r_gmc_12-11.pdf

OMS (Organización Mundial para la Salud). 2014. Plan de Acción para la prevención de la obesidad en la niñez y la adolescencia (en línea). Consultado 1 jun. 2017. Disponible en http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=28899&Itemid=270&lang=es

OMS (Organización Mundial para la Salud). 2015. Sugar intake for adults and children (en línea). s.l. Consultado 30 jul. 2017. Disponible en http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugars_intake/en/

Prats, J. 2015. La OMS recomienda no consumir más de 12 cucharillas de azúcar al día (en línea). Valencia, España. Consultado 30 jul. 2017. Disponible en https://elpais.com/elpais/2015/03/04/ciencia/1425492900_302754.html