

**Evaluación de tostado y desarrollo de
chocolate con leche a partir de cacao
(*Theobroma cacao*) var. Trinitario**

José Carlos Bonilla Oliva

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Octubre, 2014

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Evaluación de tostado y desarrollo de chocolate con leche a partir de cacao (*Theobroma cacao*) var. Trinitario

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para
optar al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

José Carlos Bonilla Oliva

Zamorano, Honduras

Octubre, 2014

Evaluación de tostado y desarrollo de chocolate con leche a partir de cacao (*Theobroma cacao*) var. Trinitario

Presentado por:

José Carlos Bonilla Oliva

Aprobado:

Jorge Cardona, Ph.D.
Asesor Principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Departamento de Agroindustria
Alimentaria

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Asesor

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

**Evaluación de tostado y desarrollo de chocolate con leche a partir de cacao
(*Theobroma cacao*) var. Trinitario**

José Carlos Bonilla Oliva

Resumen: La mayoría del cacao hondureño se exporta debido a la falta de conocimiento para su procesamiento. El objetivo de este estudio fue determinar la temperatura y el tiempo adecuados para tres tipos de cacao hondureño. Se utilizaron diseños completamente al azar con arreglo factorial 3×3 (Primera fase) y 2×3 (segunda fase). Los factores evaluados fueron tipo de cacao (A, B y C) y tipo de tostado (100 °C/60 min y 120 °C/30 min). En la fase inicial los tratamientos fueron evaluados contra un control (cacao sin tostar de cada tipo de cacao). Se realizaron análisis físico-químicos a los cacaos y chocolates de cada tratamiento. Además, se realizó una prueba sensorial de aceptación a los chocolates desarrollados. Los granos de cacao redujeron su humedad y presentaron cambios en color luego del tostado. Los chocolates elaborados presentaron altos porcentajes de humedad lo cual aumentó actividad de agua y redujo rigidez en los mismos. El chocolate más aceptado bajo las condiciones de este estudio fue el elaborado con cacao C (tostado a 120 °C/30 min) y el menos aceptado el elaborado con cacao A (tostado a 120 °C/30 min) el cual presentó separación de fases, lo cual concuerda con los análisis físicos (textura y color). Por cada kilogramo de cacao seco se obtuvieron alrededor de 38 porciones de chocolate con leche (40 g), con un costo variable por porción alrededor de L. 10.50. Se recomiendan futuras investigaciones para afinar el procesamiento y la formulación de chocolate con leche.

Palabras clave: Leche condensada, licor de cacao, rendimiento.

Abstract: The majority of the Honduran cocoa is exported due the lack of knowledge for processing. The main objective of this study was to determine the suitable temperature and time for roasting cocoa beans from three types of Honduran cocoa beans. The experimental designs were completely randomized 3×3 factorial arrangement (First phase) and 2×3 (second phase). The factors evaluated were type of cocoa beans (A, B and C) and type of roast (100 °C for 60 min and 120 °C for 30 min). In the first phase treatments were evaluated against a control (unroasted cocoa beans from each type of cocoa beans). Physical and chemical analysis of the cocoa beans and chocolates of each treatment were performed. A sensory acceptance test was performed to the chocolates. The cocoa beans reduced their humidity and changed their color after roasting. The chocolates showed high humidity which increased the water activity and reduced the rigidity thereof. The most accepted chocolate under the conditions of this study was made with cocoa beans C and roasted at 120 °C for 30 min and the less accepted was made with cocoa beans A and roasted at 120 °C for 30 min, this treatment showed phase separation, which agrees with the physical analysis (texture and color). For every kilogram of dry cocoa about 38 milk chocolate portions (40 g) are obtained, with a variable cost of L. 10.50 per bar. Further research is recommended to tune up the processing and formulation of milk chocolate.

Key words: Cocoa liquor, condensed milk, yield.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
4 CONCLUSIONES	17
5 RECOMENDACIONES	18
6 LITERATURA CITADA.....	19

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Diseño experimental del estudio.....	4
2. Resultados de humedad (%) en tres tipos de granos de cacao hondureño...	7
3. Resultados de análisis físicos en licor de cacao.....	10
4. Resultados de análisis físicos a chocolates elaborados a partir de tres tipos de cacao hondureño.....	12
5. Resultados de color en chocolates elaborados a partir de tres tipos de cacao hondureño.....	12
6. Rendimiento de la transformación de cacao a chocolate.....	
7. Costos variables en lempiras de producción de chocolate con tres tipos de cacao hondureño.....	14 14
8. Composición química en porcentaje del chocolate más aceptado por la población de Zamorano.....	15
Figuras	Página
9. Flujo de proceso para elaboración de chocolate artesanal.....	4
10. Cambios de color en los granos de cacao según el tipo de tostado.....	8
11. Resultados de luminosidad en granos de cacao según tipo de tostado.....	9
12. Resultados de luminosidad en chocolates.....	11
13. Resultados de análisis sensorial de los chocolate con leche elaborados a partir de tres tipos de cacao hondureño.....	16

INTRODUCCIÓN

Theobroma cacao es un árbol originario de América y que actualmente se produce también en África, siendo Brasil el mayor productor en América y Costa de Marfil en África (FAO 2004). Este árbol pertenece a los bosques bajos, en los cuales se encuentran condiciones de alta humedad, sombra y calor; el árbol de cacao, se desarrolla en la franja comprendida entre las latitudes 20°N y 20°S; el fruto de este árbol es una baya, en la cual por lo general encontramos entre 20 y 40 semillas de cacao (Urquhart 1963) las cuales comprenden alrededor de la mitad de su peso en manteca de cacao, alrededor de 7% de polifenoles, 6% de almidón y su sabor característico es debido a la teobromina y cafeína de las cuales posee alrededor de 1.7 y 0.1%, respectivamente (Afoakwa 2010).

En Honduras se encuentran aproximadamente 600 productores de cacao, ubicados en la costa norte del país, los cuales poseen alrededor de 2,000 hectáreas. La producción aproximada de cacao en Honduras para el año 2008 fue de 800 toneladas métricas (PRONADERS 2012). Actualmente, la FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola) gestiona un proyecto, en el cual promueve la competitividad de los productores de cacao hondureños (Noticias de la FHIA 2013).

Un flujo de proceso típico para la transformación de cacao a chocolate implica los siguientes pasos: cosecha, fermentado, tostado, descascarillado, molido, separación de manteca y sólidos de cacao, mezclado, moldeado y enfriado (Enríquez y Paredes 1983). Para continuar con el proyecto, la FHIA necesita profundizar en investigación con el fin de optimizar y estandarizar el proceso del tostado del cacao.

La importancia del tostado del cacao va más allá de simplemente ser un paso más en la conversión de cacao a chocolate, el tostado es el proceso clave que determina el sabor y la calidad del chocolate. Claro está que la calidad del chocolate depende de los requerimientos de sus consumidores, en Europa se prefieren chocolates con menor tostado, mientras en América se prefiere chocolates que han tenido un mayor proceso de tostado. Para obtener chocolate de mayor calidad, el cacao es tostado a 110-150 °C durante 25 a 50 min (Cuesta 2008). Al momento de definir los parámetros para el tostado del cacao no se debe tomar en cuenta solamente el sabor del chocolate sino también asegurarse que esos parámetros aseguran la eliminación de microorganismos patógenos (Knight 1999).

Las semillas de cacao son un riesgo potencial ya que si han tenido malas prácticas de manufactura pueden estar contaminadas con *Salmonella* spp. (Beckett 2009). A pesar de que el chocolate es un producto seco, con una actividad de agua alrededor de 0.4 (Beckett 2009), ningún microorganismo puede crecer en estas condiciones, pero *Salmonella* spp.

puede sobrevivir más tiempo en chocolate que en otras matrices alimenticias (Cordier 1994). Se cree que la matriz grasa del chocolate envuelve y protege los microorganismos como *Salmonella* spp. (D'Aoust 1997). El procedimiento actual de tostado de cacao, (105-150 °C durante 15-120 min), es suficiente para destruir microorganismos vegetativos, incluidos patógenos como *Salmonella* spp. (Swanson 2011).

La mayoría del cacao producido en Honduras se exporta para ser procesado en otros países, esto se debe al desconocimiento de un método estandarizado a seguir para generar valor agregado a base de ese cacao. Lo cual nos enfrenta ante la necesidad de desarrollar un método viable para el procesamiento de cacao a nivel artesanal con base científica, con el fin de incentivar a los productores hondureños a procesar su cacao. A la vez, se está promoviendo el desarrollo de una nueva línea de producto, chocolate con leche, para la Planta de Procesamiento Hortofrutícola Zamorano, con el fin de ampliar la gama de conocimientos técnicos en el procesamiento de alimentos, adquiridos por estudiantes provenientes de toda Latinoamérica, e incentivar futuras investigaciones en el área de procesamiento de cacao. El cacao fue donado por la FHIA y el estudio se limitó a la cantidad de cacao donado por ellos, así mismo las pruebas de preferencia y aceptación se limitaron solamente a la población interna de Zamorano y visitantes en la feria panamericana.

En este contexto se definieron los objetivos siguientes:

- Evaluar las características físicas, químicas y microbiológicas del cacao, sin tostar y después de sometidos a dos tipos de tostado.
- Evaluar las características físicas, químicas y sensoriales de los chocolates elaborados a partir de cacao sometido a dos tipos de tostado.
- Determinar el rendimiento y los costos de procesamiento en la transformación de cacao a chocolate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Estudio. El tostado del cacao y el desarrollo del chocolate, así como las pruebas preliminares se llevaron a cabo en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA). Los chocolates elaborados se evaluaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial, las pruebas físico-químicas y caracterización se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ) y las pruebas microbiológicas en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos Zamorano (LMAZ); todos están situados en el campus de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Departamento de Francisco Morazán, 32 km al este de Tegucigalpa, Honduras. El cacao fue provisto por la FHIA, proveniente de tres regiones del territorio hondureño, todo el cacao era de la variedad trinitario, pero en cada región se utiliza un clon diferente, esto podría generar variaciones entre la composición del cacao de cada región (cantidad de grasa, tipos de ácidos grasos, cantidad ácidos, entre otros), estas variaciones pueden ser atribuidas tanto a los diferentes clones como a las diferentes prácticas agrícolas en cada región, ya que estas variables no fueron controladas se omitirá el nombre de las regiones en el presente documento con el fin de no afectar injustamente ninguna región productora de cacao, ya que no es solamente la región lo que varía entre cada tipo de cacao si no también clones utilizados, condiciones climáticas, tipos de suelo y prácticas agrícolas. Se utilizaron aleatoriamente las letras A, B y C para los tres tipos de cacao. Las condiciones luego de la cosecha fueron todas controladas ya que los pasos de fermentado y secado fueron llevados a cabo en el Centro Experimental y Demostrativo de Cacao (CEDEC) generando cacao de la mejor calidad para los tres tipos de cacao.

Diseño Experimental. El experimento constó de tres fases, la fase uno consistió en la evaluación del tostado en granos de cacao, la fase dos consistió en la evaluación de chocolates con leche y la fase tres fue la caracterización del chocolate con leche más aceptada de la fase dos.

Para la fase uno se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con un arreglo factorial de 3×3 con 3 repeticiones para cada tratamiento. En el cual se evaluaron tres tipos de tostado (temperatura/tiempo) en tres tipos de cacao variedad trinitario (Cuadro 1). Para la fase 2 Se utilizó un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial de 2×3 con 3 repeticiones para cada tratamiento. En esta fase se evaluaron dos tipos de tostado (temperatura/tiempo) en tres tipos de cacao variedad trinitario para la elaboración de chocolate con leche. En la fase tres se utilizó solamente el tratamiento más aceptado de la fase dos.

Cuadro 1. Diseño experimental del estudio.

Tostado (°C/min)	Tipo de cacao		
	A	C	B
0/0	T1	T2	T3
100/60	T4	T5	T6
120/30	T7	T8	T9

Elaboración de chocolate. El cacao se recibió por parte de la FHIA después de haber pasado los pasos de cosechado, fermentado y secado, se almacenó en la Planta de Procesamiento Hortofrutícola Zamorano, luego de almacenado el cacao presentó una humedad de 3.82% para el cacao A, 3.75% para el cacao B y 4.09% para el cacao C.

El cacao se tostó a las temperaturas y tiempos establecidos y luego se descascarilló manualmente. Una vez descascarillado se calentó en un horno microondas hasta alcanzar alrededor de 90 °C y se molió el cacao utilizando un procesador de alimentos Hobart FP41 por cinco min hasta generar un licor de cacao que se encontraba entre 75-83 °C, al cual se le midió pH y grados Brix para caracterizarlo. A este licor de cacao se le añadió leche condensada azucarada “La Lechera” en un proporción 1:1 en base a peso, dicha formulación fue determinada mediante pruebas preliminares asegurando que cumple con los requerimientos del *Codex alimentarius* para poder llamar al producto chocolate con leche. Luego se siguió mezclando en el procesador por otros cinco min, la mezcla resultante fue envuelta en láminas de papel aluminio. Los chocolates fueron almacenados en congelación a -15 °C con el fin de solidificar y mantener sólida la mezcla (Figura 1).

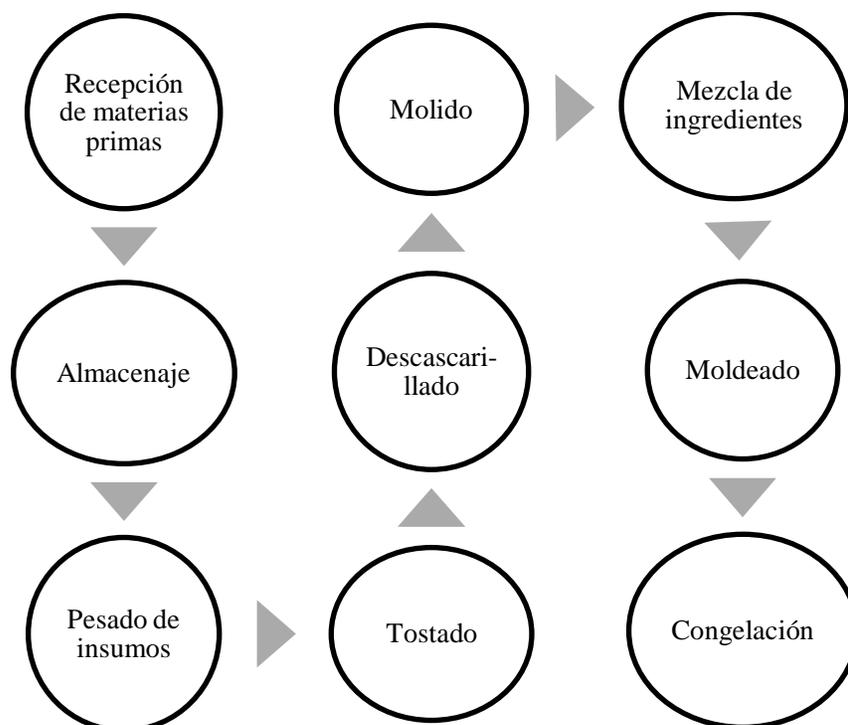


Figura 1. Flujo de proceso para elaboración de chocolate artesanal.

Color. Se utilizó un dispositivo electrónico (iPad) para medir el color de los granos de cacao pre y pos tostado así como de los productos finales (Chocolate), utilizando el software Mcolormeter que generó valores de color RGB. Los valores RGB se convirtieron a valores de L^*a^*b , utilizando una plantilla en Excel (la cual fue validada con el sitio web www.colormine.org), utilizando la misma plantilla se calculó el ángulo hue y el croma, con el fin de graficar las diferencias de color. Se midió el color a los granos de cacao sin cáscara antes y después del proceso de tostado. También se midió el color a todos los tratamientos en su producto final (Chocolate).

Perfil de Textura. Se utilizó un texturómetro Brookfield CT3 y el programa computacional TextureProCT para medir la textura de todos los chocolates. Se midió la rigidez del chocolate a los dos y a los cuatro milímetros de penetración utilizando un cono de 30 grados y una velocidad de penetración de 10 m/s en pedazos de chocolate de 3 cm de largo por 2 cm de ancho por 1 cm de grosor. Los resultados fueron reportados en Newtons (N). El método para medir textura varía del utilizado por Alvis *et al.* (2011) solamente en el texturómetro utilizado.

pH. Se utilizó un potenciómetro Extech PH100 para medir el pH del licor de cacao de todos los tratamientos durante su procesamiento dentro del procesador de alimentos. Se utilizó un potenciómetro Thermo Scientific Orion 3 Star para medir el pH a diez gramos del chocolate generado por cada tratamiento.

Sólidos solubles. Se utilizó un refractómetro de bolsillo (atago pocket refractometer) para medir los sólidos solubles del licor de cacao durante el procesamiento a todos los tratamientos y a aproximadamente dos gramos de todos los chocolates. Los resultados fueron reportados en grados Brix, que indican el porcentaje de sólidos solubles en base a la solución total.

Humedad. Se utilizó el método de la AOAC 952.08, colocando las muestras en un horno de convección (Sybron Thermolyne), el cual opera a 105 °C. Se midió humedad en los granos de cacao pre y pos tostado con el fin de medir la humedad removida por cada tostado, así como a todos los chocolates. Los resultados fueron reportados en porcentaje.

Actividad de Agua. Se midió la actividad de agua utilizando el AquaLab 3TE a aproximadamente diez gramos del chocolate generado por cada tratamiento. Los resultados fueron reportados en unidades de 0 a 1 aw.

Análisis proximal. Se realizó un análisis proximal completo al chocolate más aceptado con el fin de caracterizarlo. El análisis proximal completo incluye: humedad, materia orgánica, cenizas (minerales), proteína cruda, fibra cruda, grasa cruda, y extracto libre de nitrógeno (Carbohidratos).

La materia orgánica y cenizas se midieron en base al método de la AOAC 923.03, se utilizó una mufla marca Sybron Thermolyne que trabaja a 500 °C. La proteína cruda se midió en base al método Kjeltex AOAC 2001.11, se utilizó el equipo Kjeltex 8000, marca Foss, se necesitaron como reactivos: Ácido sulfúrico, amoníaco y ácido clorhídrico. La fibra cruda se midió en base al método de la AOAC 991.43, se utilizaron una bomba al

vacío, embudo y papel para filtro. La grasa cruda se midió en base al método de la AOAC 2003.05, se utilizó un equipo Soxtec 2055, marca Foss, éter de petróleo como solvente y un horno al vacío para secar la muestra. El extracto libre de nitrógeno se calculó por diferencia de peso con la siguiente fórmula: Carbohidratos digeribles (ELN): g de alimento – (g humedad + g lípidos + g proteína cruda + g cenizas + g fibra cruda). Todos los anteriores serán reportados en unidades de porcentaje (%).

Conteo de enterobacterias totales. Se realizó un análisis microbiológico al cacao antes de tostado con el fin de determinar la calidad del cacao, así como el manejo que se le había dado a dicho cacao. Se diluyeron 10 g de cacao descascarillado en 90 mL buffer de fosfato, luego se colocaron aproximadamente 10 mL de medio AGRV (Agar glucosa bilis rojo violeta) a 48 °C en platos petri con 1.0 mL de la muestra diluida, los cuales se movieron en círculos hasta dispersar bien y se dejaron solidificar. Una vez solidificado se sobrepuso cada plato con 5-8 mL de medio AGRV. Después de solidificado se invirtieron los platos y se incubaron por 24 horas a 35 °C. Los resultados fueron reportados en UFC/g (Downes e Ito 2001).

Pruebas sensoriales. Se realizó una prueba sensorial afectiva de aceptación en la cual se evaluó apariencia, textura, aroma, dulzura, amargor, sabor y aceptación general; utilizando una escala hedónica de 1 a 9 siendo 1, desagrado extremo, 5, no gusta ni disgusta y 9 agrado extremo. Esta prueba se hizo comparando los seis tratamientos utilizando 90 panelistas residentes en Zamorano, dentro de los cuales se encontraban estudiantes universitarios, profesores y empleados de la Escuela Agrícola Panamericana. La prueba se hizo con el fin de determinar cuál es el tratamiento más aceptado por la población de Zamorano.

Análisis rendimiento y costos. Se pesó el cacao antes y después de cada etapa del proceso con el fin de medir el rendimiento de cada etapa del proceso y general. Los resultados fueron expresados en porcentaje. También se calcularon los costos variables de procesamiento e insumos.

Análisis Estadístico. Para la prueba sensorial de aceptación, así con las análisis físicos y químicos se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) utilizando el programa estadístico SAS® y una separación de medias por Duncan cuando el tipo de cacao y el tipo de tostado no presentaron interacción y una separación de medias por LSMEANS cuando sí presentaron interacción. Se utilizó una probabilidad menor a 0.05 ($p < 0.05$).

Pruebas preliminares. Mediante pruebas preliminares se determinó el uso de leche condensada como único ingrediente en la formulación a parte del cacao, esto por facilidades de manejo con el fin de dar las mismas condiciones a todos los tratamientos. A pesar que la industria chocolatera utiliza leche en polvo y azúcar como ingredientes, la velocidad con la que estos ingredientes son añadidos al licor del cacao afecta el chocolate final y fue imposible controlar dicha velocidad bajo las condiciones de este estudio, por tanto con el fin de eliminar la variabilidad que esto podría generar no se utilizaron ingredientes secos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Humedad. El cacao perdió humedad después de ser sometido a los dos tipos de tostado. El cacao B no presentó cambio significativo en su humedad después de ser tostado a 100 °C por 60 min, los cacaos A y C sí. Los tres tipos de cacao presentaron pérdida de humedad significativa luego de ser tostados a 120 °C por 30 min y presentaron una humedad significativamente menor a la del tostado a 100 °C por 30 min (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resultados de humedad (%) en tres tipos de granos de cacao hondureño.

Tipo de cacao	Tostado		Humedad Media \pm DE [†]
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	
A	0	0	3.82 \pm 0.07 b [‡]
	100	60	3.49 \pm 0.16 c
	120	30	3.04 \pm 0.18 de
B	0	0	3.75 \pm 0.06 b
	100	60	3.67 \pm 0.05 bc
	120	30	3.19 \pm 0.09 d
C	0	0	4.09 \pm 0.09 a
	100	60	3.54 \pm 0.19 c
	120	30	2.97 \pm 0.05 e
CV ^Σ (%)			2.72

[†]Desviación estándar, [‡]Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas (P<0.05),
^ΣCoefficiente de variación.

Estos resultados pueden ser atribuidos a que el tamaño del grano de cacao B es significativamente mayor por consiguiente dichos cacaos poseen menor área superficial y es más difícil que el agua sea removida. El tostado a 120 °C por 30 min al encontrarse 20 °C arriba del punto de ebullición del agua evaporó más agua, ya que al aplicarse 120 °C en la superficie del grano se asegura que hasta cierto punto la temperatura dentro del grano es mayor de 100 °C y está evaporando el agua rápidamente, mientras que cuando se aplican 100 °C a la superficie del grano se tiene una temperatura dentro del grano de cacao menor a 100 °C por tanto la evaporación del agua tarda más y aunque es tostado por 60 min la cantidad de agua evaporada es significativamente menor.

Los resultados de humedad se encuentran por debajo de los reportados por Álvarez *et al.* (2007). Los cuales varían entre 4.26 y 6.37% a pesar de haber sido tostados a mayor temperatura (150 °C por 30 min). Esta diferencia puede ser atribuida al proceso de secado, ya que el secado en los granos de cacao influye directamente en el porcentaje de humedad de los mismos.

Color. Los cacaos no presentaron diferencia significativa en el color (medido con el ángulo de matiz) luego de ser tostados a 100 °C por una hora, aunque sí presentaron cambios significativos en la pureza del color (medido con el croma). Mientras que cuando los cacaos fueron tostados a 120 °C por 30 min prestaron cambio en el color y en la pureza del color (Figura 2). El largo de la línea en la figura 1 representa el croma (pureza del color), mientras que el ángulo entre la línea y el eje X representa el ángulo de matiz (Color).

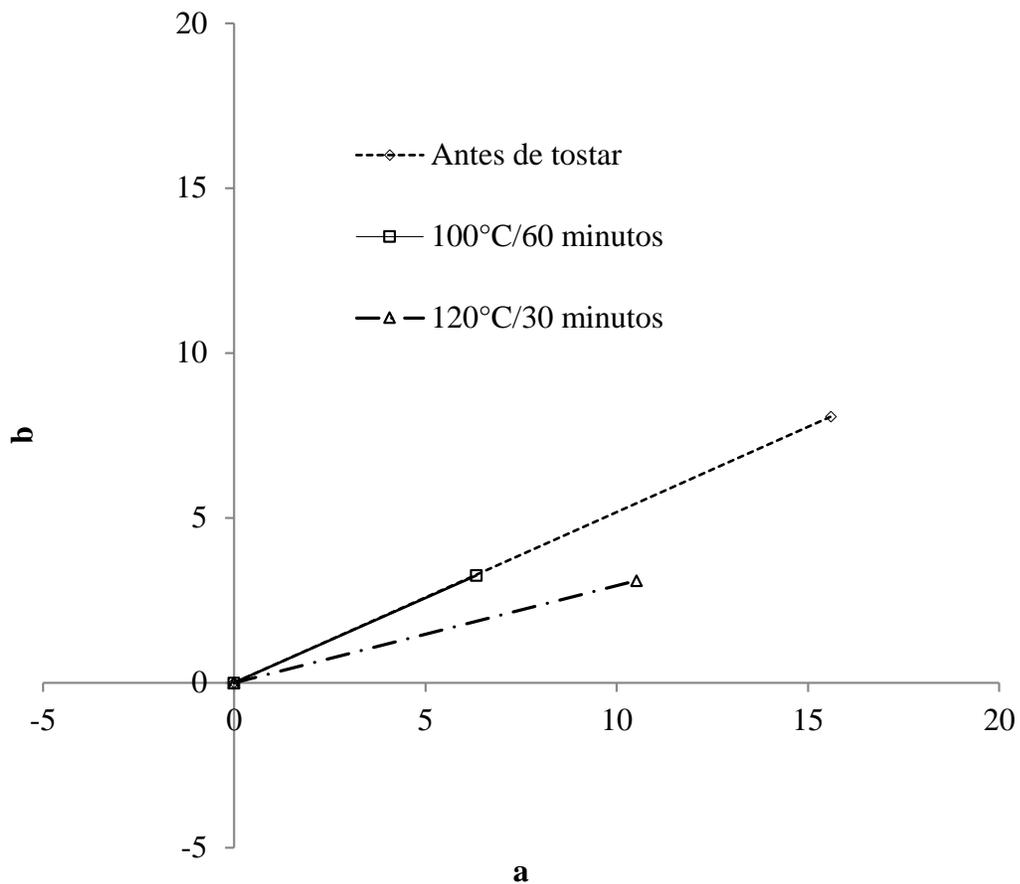


Figura 2. Cambios de color en los granos de cacao según el tipo de tostado.

El tostado a 100 °C por 30 min no es suficiente para cambiar significativamente el color de los granos de cacao el cual se mantiene en un color naranja, aunque sí disminuye significativamente la pureza del color. El tostado a 120 °C por 30 min al ser a mayor temperatura sí incidió en un cambio significativo en el color de los granos de cacao de un color naranja hacía un rojo, así como también un reducción significativa de la pureza del

color. Al ser tostados a 100 °C por 60 min los granos de cacao B y C mostraron reducciones significativas en su valor L (luminosidad) viéndose más oscuros. Los granos de cacao A se mostraron significativamente más oscuros que los otros tipos de cacao antes de ser tostados pudiendo ser esta la razón por la cual no se mostraron más oscuros luego de ser tostados a 100 °C por 60 min. Mientras que al ser tostados a 120 °C durante 30 min todos los granos presentaron una reducción significativa en su luminosidad (Figura 3). El hecho que los granos de cacao oscurezcan después de tostados puede ser atribuido a un aumento de los pigmentos cafés, tal y como lo demuestra Krysiak (2006) en su estudio, donde demostró que a mayor temperatura y tiempo de tostado la cantidad de pigmentos café aumenta.

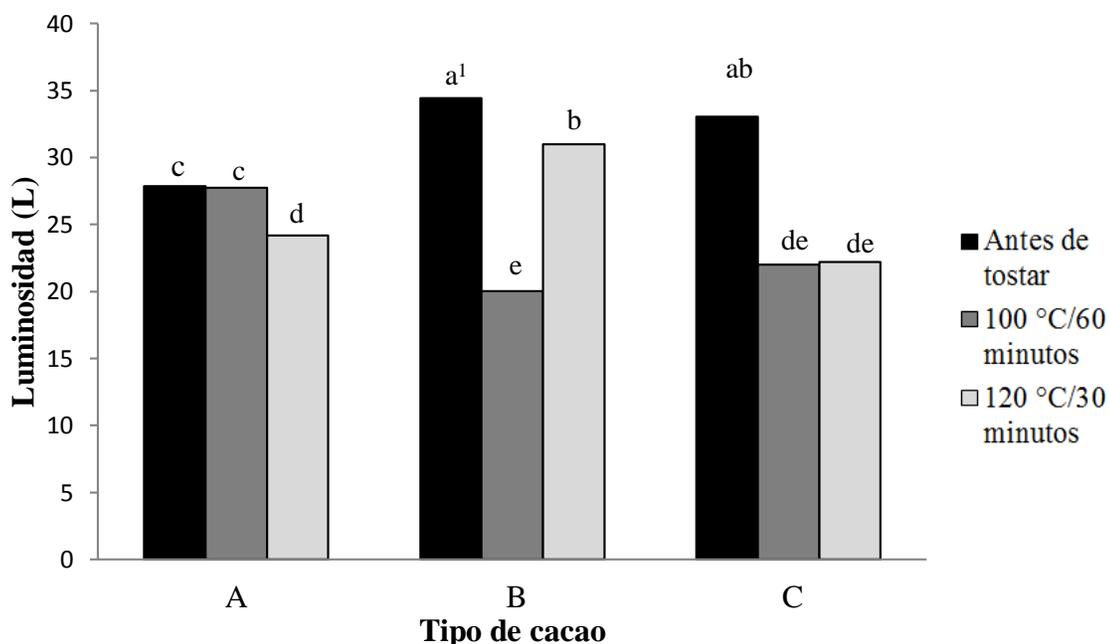


Figura 3. Resultados de luminosidad en granos de cacao según tipo de tostado.
¹Separación de medias

Enterobacterias. Los granos de cacao antes de ser tostados presentaron <10 log UFC/gramo de enterobacterias totales, lo cual refleja un buen manejo post-cosecha de los granos (Swanson 2011). Conteos luego de tostado fueron innecesarios debido a la ausencia de enterobacterias en los granos antes del tratamiento térmico.

Licor de cacao. Los licores de cacao producidos a partir de a cada tratamiento no presentaron diferencias significativas en pH, ni en porcentaje sólidos solubles (medido en °Brix) (Cuadro 3). El valor de pH del licor de cacao para todos los tratamientos se encuentra por encima del rango indicado por la literatura, donde se indica que el pH del cacao sin alcalinizar debe estar entre 5.4 - 5.8 (Minifie 1999), la leve diferencia puede ser atribuida la variedad de cacao utilizado y las condiciones en las que se cultivó.

Cuadro 3. Resultados de análisis físicos en licor de cacao.

Tipo de cacao	Tostado		Análisis físicos	
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	pH Media ± DE [¶]	°Brix (%) Media ± DE [¶]
A	100	60	5.95 ± 0.08 a [‡]	79.6 ± 1.76 a
	120	30	5.93 ± 0.06 a	77.8 ± 1.75 a
B	100	60	5.97 ± 0.09 a	80.3 ± 1.47 a
	120	30	5.93 ± 0.06 a	79.9 ± 2.27 a
C	100	60	5.95 ± 0.06 a	79.1 ± 2.21 a
	120	30	5.94 ± 0.09 a	80.1 ± 1.99 a
CV ^Σ (%)			1.20	1.64

[¶]Desviación estándar, [‡]Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas (P<0.05), ^ΣCoefficiente de variación.

pH. El pH del chocolate si mostró diferencias entre tratamientos siendo el chocolate elaborado con el cacao A y tostado a 100 °C por 60 min el que presentó el pH más elevado, y el chocolate elaborado con el cacao C luego de tostado a 100 °C por 60 min el que presentó mayor acidez (pH más bajo) (Cuadro 4). Los valores de pH para el chocolate son significativamente menores a los valores de pH obtenidos del licor de cacao. En el pH para el licor de cacao no se mostraron diferencias entre tratamientos mientras que en el pH para el chocolate sí, a pesar que todos los tratamientos tuvieron el mismo proceso, esto puede ser atribuido al uso de diferentes potenciómetros, el pH del chocolate se midió con un potenciómetro de laboratorio (Thermo Scientific Orion 3), mientras que el pH del licor fue medido durante el procesamiento con un potenciómetro de bolsillo Extech PH100. El pH de los granos se encuentra cercano al 5.2 reportado por Afoakwa (2010). Las diferencias entre tratamientos pueden ser atribuidas a la composición de los diferentes tipos de cacao y a como el tostado afectó los ácidos que encontramos en los granos de cacao, los cuales son ácido acético y ácido oxálico.

Sólidos solubles. Los sólidos solubles en los chocolates (medidos en % de °Brix) no presentaron diferencia significativas entre tratamientos al igual que en el licor de cacao, la adición de leche condensada aumentó levemente la cantidad de sólidos solubles del licor al chocolate de 79 ± 1.3% a 82.5 ± 0.3% (Cuadro 4).

Humedad y Actividad de agua. El chocolate elaborado con el cacao A tostado a 100 °C por 60 min presentó mayor humedad que el chocolate elaborado con el cacao C tostado a 120 °C por 30 min (Cuadro 4). La humedad de todos los chocolates se encuentra muy por arriba de la reportada por Beckett (2009), quien indica que la humedad del chocolate con leche debe estar alrededor de 1.6%, esto se debe a la adición de leche condensada como ingrediente único, mientras que los chocolates con leche por lo general llevan en su formulación leche en polvo para cumplir con los requerimientos del *Codex alimentarius*. Los chocolates no presentaron diferencia estadística en su actividad de agua, presentando un actividad de agua de 0.69 ± 0.01 (Cuadro 4), la cual está por arriba de la reportada por Beckett (2009), quien reporta una actividad de agua de 0.4, esto se debe que estos

chocolates presentan un porcentaje de humedad significativamente mayor al de otros chocolates con leche.

Textura. Los chocolates presentaron diferencias significativas en rigidez a los dos milímetros de penetración siendo los chocolates elaborados con cacao A y B tostados a 120 °C por 30 min, los que presentaron mayor rigidez, se encontró una correlación significativa entre la rigidez a dos milímetros y la rigidez a cuatro milímetros, entre mayor rigidez presentaban los chocolates a dos milímetros mayor fue su rigidez a cuatro milímetros, siendo el chocolate más rígido a los cuatro milímetros de penetración el elaborado con cacao A y tostado a 120 °C por 30 min (Cuadro 4), el cual presentó una separación de fases (separándose la grasa de la matriz) dejando así el chocolate más sólido. Los resultados de rigidez a dos y cuatro milímetros de penetración para todos los chocolates se encuentran por debajo de los reportados Alvis *et al.* (2011) quienes reportaron 13.7 Newtons a dos milímetros y 34.9 Newtons a cuatro milímetros para chocolate con leche, la diferencia puede ser atribuida al contenido de agua de los chocolates evaluados en este experimento, como ya se mostró es significativamente elevado comparado con los chocolates con leche que se comercializan y a que los chocolates de este estudio no pasaron por un proceso de templado.

Color. Los chocolates presentaron diferencias en el valor a de la escala de color L*a*b, pero no presentaron diferencias significativas en el valor b, siendo esta la razón por la cual los chocolates no presentaron diferencias significativas en su color (ángulo de matiz) (Cuadro 5). Por tanto tienen el mismo color rojo pero con distinta pureza siendo el chocolate elaborado con cacao C y tostado a 120 °C por 30 min el chocolate con el color rojo más puro y el chocolate elaborado con cacao A y tostado a 100 °C por 60 min el chocolate con el color rojo menos puro (Cuadro 4). Los chocolates presentaron diferencias significativas en su luminosidad (Figura 4), siendo el chocolate elaborado con el cacao A y tostado a 120 °C por 30 min el que presentó una mayor luminosidad debido a que presentó separación de fases, la grasa se separó de la matriz quedando el chocolate recubierto por una capa de color blanco (la manteca de cacao solidificada). Luego del chocolate elaborado con el cacao A se encuentra el chocolate elaborado con cacao C y también tostado a 120 °C por 30 min, luego los demás chocolates no presentaron diferencias significativas en su luminosidad.

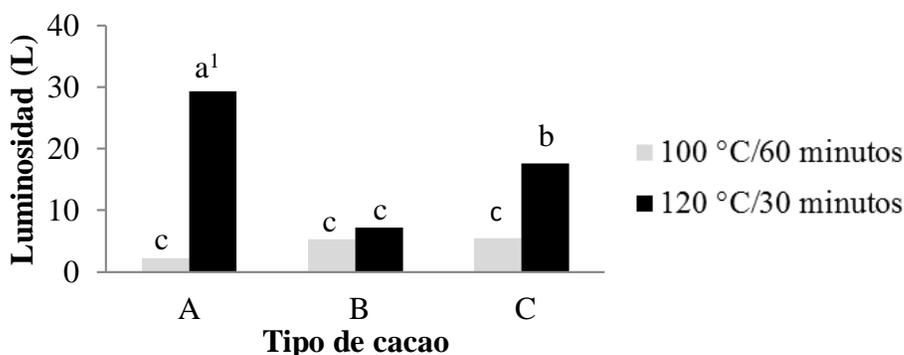


Figura 4. Resultados de luminosidad en chocolates.

¹Separación de medias.

Cuadro 4. Resultados de análisis físicos a chocolates elaborados a partir de tres tipos de cacao hondureño.

Tipo de cacao	Tostado		Análisis físicos Media ± DE [¶]					
	Temp. ^Σ (°C)	Tiempo (min.) [‡]	pH	°Brix (%)	Humedad (%)	Aw	Rigidez a 2 mm (N)	Rigidez a 4 mm (N)
A	100	60	5.27 ± 0.01 a [¥]	82.3 ± 0.35 a	19.7 ± 0.27 a	0.70 ± 0.01 a	2.46 ± 0.56 bc	4.41 ± 0.56 d
	120	30	5.23 ± 0.00 b	82.5 ± 0.72 a	18.3 ± 1.18 ab	0.68 ± 0.02 a	4.82 ± 0.76 a	10.6 ± 1.31 a
B	100	60	5.17 ± 0.01 d	82.8 ± 0.25 a	18.5 ± 0.69 ab	0.68 ± 0.00 a	1.81 ± 0.32 c	4.82 ± 0.39 d
	120	30	5.23 ± 0.00 b	82.6 ± 0.72 a	18.5 ± 1.15 ab	0.68 ± 0.02 a	3.55 ± 0.17 ab	8.09 ± 1.03 b
C	100	60	5.03 ± 0.02 e	82.8 ± 0.42 a	19.3 ± 0.50 ab	0.69 ± 0.02 a	3.02 ± 0.37 bc	6.73 ± 0.98 c
	120	30	5.22 ± 0.00 c	82.8 ± 0.70 a	17.8 ± 0.90 b	0.68 ± 0.01 a	2.57 ± 0.46 bc	5.30 ± 1.09 d
CV^Σ (%)			0.08	0.51	3.60	2.01	18.52	8.97

^ΣTemperatura, [‡]Min, [¶]Desviación estándar, [¥]letras diferentes en la columna indican diferencias significativas (P<0.05), ^ΣCoefficiente de variación.

Cuadro 5. Resultados de color en chocolates elaborados a partir de tres tipos de cacao hondureño.

Tipo de cacao	Tostado		L Media ± DE [¶]	a Media ± DE [¶]	b Media ± DE [¶]	Hue Media ± DE [¶]	Croma Media ± DE [¶]
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)					
A	100	60	2.23 ± 1.20 c [¥]	2.34 ± 0.75 c	-0.14 ± 0.62 a	359 ± 17.8 a	2.04 ± 0.71 d
	120	30	29.3 ± 7.98 a	2.79 ± 2.14 c	5.66 ± 5.61 a	411 ± 49.5 a	7.69 ± 2.63 b
B	100	60	5.32 ± 1.61 c	7.83 ± 2.00 b	0.70 ± 2.97 a	366 ± 19.2 a	8.21 ± 2.12 b
	120	30	7.16 ± 4.78 c	7.02 ± 3.62 b	-0.42 ± 0.49 a	357 ± 4.13 a	7.04 ± 3.63 bc
C	100	60	5.47 ± 1.90 c	5.59 ± 1.99 bc	-0.94 ± 1.33 a	347 ± 14.6 a	5.80 ± 1.82 c
	120	30	17.6 ± 1.92 b	13.4 ± 0.49 a	4.38 ± 0.61 a	378 ± 1.88 a	14.1 ± 0.63 a
CV^Σ (%)			27.87	1.09	2.07	5.82	9.32

[¶]Desviación estándar, [¥]letras diferentes en la columna indican diferencias significativas (P<0.05), ^ΣCoefficiente de variación.

Rendimiento. El rendimiento de los granos de cacao en la etapa de tostado se encuentra en $98 \pm 1\%$, la pérdida representa la humedad evaporada en el proceso de tostado, no solo del grano sino también de la cascarilla. En el descascarillado se encontraron diferencias significativas siendo el cacao B el que presentó mayor rendimiento, lo cual se debe a que tienen un tamaño de grano mayor por tanto hay menos cascarilla por unidad de peso. Los resultados de rendimiento en el proceso de descascarillado coinciden con los reportado por Álvarez *et al.* (2007), quien reportó porcentajes de testa en cacao alrededor de 15%. Se presentaron diferencias significativas en el rendimiento del procesamiento de conversión cacao descascarillado a chocolate, las cuales se atribuyen a la cantidad de chocolate que no se extrae del procesador de alimentos. En el rendimiento general, desde los granos de cacao secos sin tostar hasta el chocolate con leche, el cacao B presentó significativamente un mayor rendimiento por su mayor tamaño, lo cual incide en menos cascarilla por unidad de peso y menos remoción de humedad en el tostado, todos los demás cacaos presentan el mismo rendimiento (Cuadro 6).

Estimación de costos. Dentro de la estimación de los costos variables para la producción de chocolate con leche se incluyeron los siguientes costos incurridos en este estudio: energía eléctrica, cacao, leche condensada y un estimado del empaque. El costo por porción de chocolate de 40 gramos es de aproximadamente L. 10.50 (Cuadro 7), este costo se puede reducir considerablemente al llevar este proceso a una mayor escala de producción.

Análisis proximal. El chocolate elaborada con cacao C y tostado a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30 min presentó diferencias en su composición química (Cuadro 8) comparada con otros chocolates con leche comerciales. El chocolate elaborado en este estudio presentó menos carbohidratos que la comercial la cual presenta 57.5% (Hershey's® 2014) debido a la no adición de azúcar, solamente el proveniente en la leche condensada; mayor porcentaje de humedad que los chocolates comerciales por las razones indicadas anteriormente en este documento; menor porcentaje de grasa que el chocolate comercial que presentó 30% (Hershey's® 2014), lo cual se atribuye a la no adición de grasas ajenas a la de cacao; mayor porcentaje proteína que el chocolate comercial que presentó 7.5% (Hershey's® 2014), lo cual se atribuye a que el chocolate elaborado en este estudio tiene mayor porcentaje de cacao en su formulación y al alto porcentaje de leche condensada añadida. Los valores de fibra cruda no son comparables con chocolates comerciales ya que en los chocolates comerciales se mide fibra dietética como parte de que etiqueta nutricional y no existe una relación entre fibra dietética y fibra cruda. El chocolate elaborado en este estudio presentó 2.1% de cenizas (Cuadro 8) lo cual se encuentra muy cercano con lo reportado por Afoakwa (2010) quien reporta 2.63% de cenizas en granos de cacao. Es un hecho que los chocolates elaborados en este estudio no presenten la misma composición química de otros chocolates comerciales, lo cual se atribuye a la leche condensada añadida, pero más que todo al alto porcentaje de cacao en su formulación (50%). La formulación utilizada en este estudio (50% cacao y 50% leche condensada) cumple con todos los requerimientos establecidos por el *Codex alimentarius* para llamar al chocolate elaborado en este estudio “chocolate con leche”.

Cuadro 6. Rendimiento de la transformación de cacao a chocolate.

Tipo de cacao	Tostado		Rendimiento Media \pm DE [†]			
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Tostado	Descascarillado	Mezcla de ingredientes	General
A	100	60	97.8 \pm 0.40 bc [‡]	83.7 \pm 0.87 cd	92.5 \pm 0.16 b	75.5 \pm 1.10 b
	120	30	97.1 \pm 0.07 c	84.2 \pm 0.98 c	93.0 \pm 0.29 ab	76.0 \pm 0.85 b
B	100	60	99.0 \pm 0.53 a	85.8 \pm 0.79 b	93.5 \pm 0.40 a	79.5 \pm 1.12 a
	120	30	98.1 \pm 0.61 abc	86.6 \pm 1.06 a	93.0 \pm 0.46 ab	79.0 \pm 1.83 a
C	100	60	98.3 \pm 0.76 ab	83.6 \pm 1.10 d	93.0 \pm 0.45 ab	76.0 \pm 0.36 b
	120	30	97.6 \pm 0.54 bc	83.9 \pm 1.11 cd	92.5 \pm 0.18 b	75.5 \pm 1.30 b
CVΣ (%)			0.489	0.277	0.438	0.954

[†]Desviación estándar, [‡]letras diferentes en la columna indican diferencias significativas (P<0.05), ^ΣCoefficiente de variación.

Cuadro 7. Costos variables en lempiras de producción de chocolate con tres tipos de cacao hondureño.

Detalle	Precio	Tanda de 200 g de cacao	Chocolates (40 g)	
			A y C	B
Energía eléctrica	3.70/kWh [§]	11.00	1.452	1.388
Cacao	30.00/kg [¶]	16.30	2.152	2.057
Leche condensada	35.00/lata	35.00	4.620	4.416
Empaque	86.00/rollo	20.00	2.640	2.640
Total		55.00	10.86	10.50

[§]Kilowatt-hora, [¶]Kilogramo.

Cuadro 8. Composición química en porcentaje del chocolate más aceptado por la población de Zamorano.

Tipo de cacao	Tostado		Componente	Media \pm DE [¶]	CV ^Σ (%)
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)			
C	120	30	Carbohidratos	35.4 \pm 1.00	2.72
			Grasa	22.4 \pm 0.80	3.69
			Humedad	17.9 \pm 1.30	7.03
			Proteína	11.6 \pm 0.60	5.00
			Fibra Cruda	10.6 \pm 1.10	10.7
			Cenizas	2.10 \pm 0.02	1.00

[¶]Desviación estándar, ^ΣCoefficiente de variación.

Análisis sensorial. El chocolate más aceptado en los siete aspectos evaluados por la población de Zamorano fue el elaborado con el cacao C y tostado a 120 °C por 30 min, siendo únicamente el chocolate elaborado con cacao C y tostado a 100 °C por 60 min igual de aceptado en su apariencia (Figura 5). Los chocolates menos aceptados en general fueron los elaborados con cacao A y tostado a 120 °C por 30 min, y B tostado a 100 °C por 60 min, siendo también los dos menos aceptados en sabor y en dulzura, lo cual se puede atribuir a que el cacao B al ser de mayor tamaño la temperatura en el centro del grano de cacao es menor y no recibe el mismo tratamiento térmico que a los demás granos, siendo 100 °C por 60 min insuficientes para generar un buen sabor; en cuanto a los bajos niveles de aceptación de cacao A y tostado a 120 °C por 30 min se atribuyen a la separación de fases mencionada anteriormente, la cual generó una apariencia desagradable, éste es también el chocolate menos aceptado en apariencia y textura, lo cual coincide con los resultados de luminosidad y textura mostrados en este estudio donde este chocolate fue el menos oscuro (el cual presentó separación de fases) y el más rígido de todos.

Es claro que el cacao C fue la materia prima que terminó en el chocolate más aceptado, aunque los cacaos sean de la misma variedad, el clon utilizado en cada tipo de cacao varia. Según el origen puede variar la proporción de ácidos grasos (Beckett 2009), modificando así no solo atributos sensoriales, sino también físicos, pudiendo ser esta la razón de la separación de fases en el chocolate elaborado con cacao A y tostado a 120 °C por 30 min. Los triglicéridos más abundantes en la manteca de cacao son SOS POP y SOP, también se encuentra el SOO (S: esteárico, P: palmítico, O: oleico) los cuales se pueden cristalizar en seis diferentes polimorfismos: η , α , β_{III} , β_{IV} , β_V y β_{VI} , siendo el β_V el más buscado por la industria ya que se derrite a la temperatura de la boca. Un cambio en la proporción de los ácidos grasos SOS/SOO es notable con cambios de región donde se cultiva el cacao, SOO es líquido a temperatura ambiente mientras que SOS es sólido (Beckett 2009). Mayor cantidad de SOO da como resultado menor tiempo para convertir el cacao en licor, haciendo que el proceso estandarizado utilizado en este estudio sea excesivo y separe las fases dentro del procesador de alimento. Es claro que no solamente el tipo de cacao presentó variación, sino también el tostado tuvo efecto en el resultado

siendo el tostado a 120 °C por 30 min el que provocó la separación de fases en el cacao A y el mejor sabor en el cacao C, lo cual se atribuye que a mayor temperatura incide en un diferente ordenamiento molecular en las partículas de grasa (Beckett 2009).

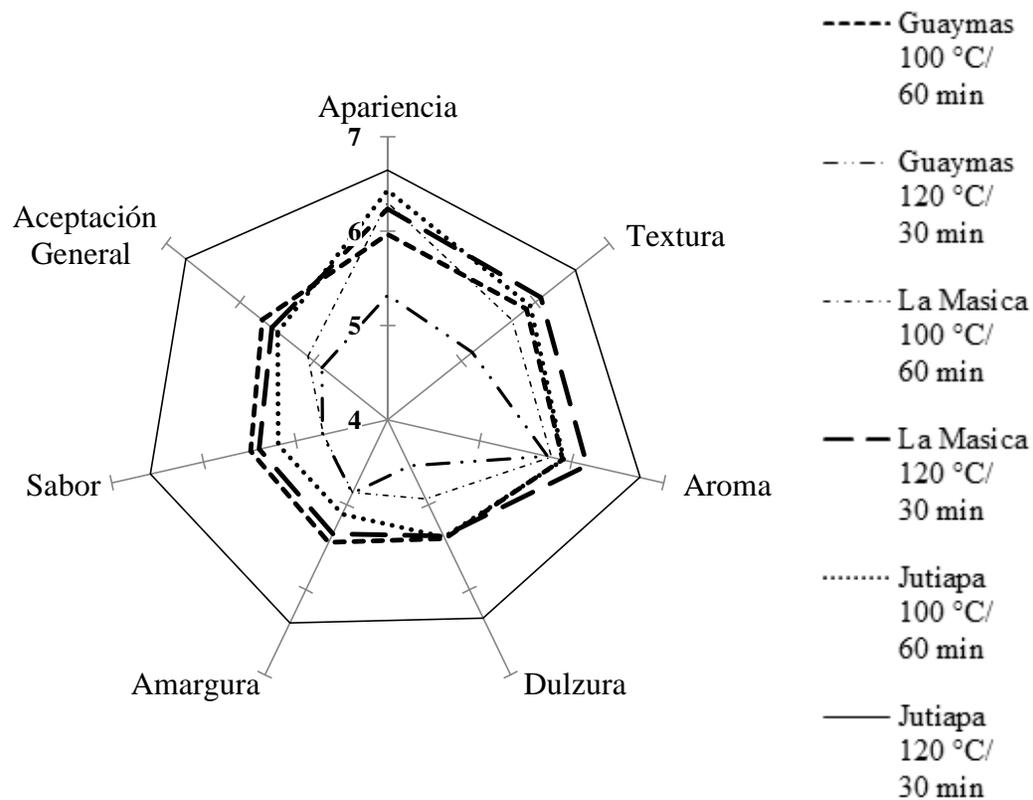


Figura 5. Resultados de análisis sensorial de los chocolate con leche elaborados a partir de tres tipos de cacao hondureño.

CONCLUSIONES

- Los granos de cacao redujeron su contenido de humedad luego de tostados, a excepción del cacao B cuando fue tostado a 100 °C por 60 min; y cambiaron su color (reduciendo su ángulo de matiz) únicamente al ser tostado a 120 °C por 30 min.
- Los granos de cacao presentaron menos de 10 UFC/g de enterobacterias esto debido a que tuvieron excelentes prácticas durante su manejo post-cosecha.
- Los chocolates elaborados presentaron alto contenido de humedad, lo que insidió en una mayor actividad de agua y menor rigidez, la aceptación de dichos chocolates bajo las condiciones de este estudio se reportó entre indiferencia y agrado medio, siendo el chocolate más aceptado el elaborado con cacao C y tostado a 120 °C por 30 min.
- Por cada kilogramo de cacao fermentado y seco que ingresa al proceso de elaboración de chocolate se obtienen 1.54 kilogramos de chocolate, lo que equivale a 38 porciones de 40 gramos, con un costo variable alrededor de L. 10.50 por porción.

RECOMENDACIONES

- Desarrollar procesos individuales para cada tipo de cacao.
- Ampliar la investigación en la formulación y procesamiento, específicamente en los procesos de templado y conchado del chocolate con leche.
- Realizar un análisis más profundo costos variables tomando en cuenta procesos a mayor escala, con mayores volúmenes de insumos.
- Realizar un análisis de perfil de ácidos grasos para el cacao producido en cada tipo de cacao.

LITERATURA CITADA

Afoakwa, E. 2010. *Chocolate Science and Technology*. Singapore, Wiley-Blackwell. 275p.

Álvarez, C. Pérez y E. Lares, M. 2007. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Agronomía Tropical*, 4 : Vol. 57.

Alvis, A. Pérez, L. y Arrazola, G. 2011. Determinación de las propiedades de textura de tabletas de chocolate mediante técnicas instrumentales. *Información Tecnológica* 3 : Vol. 22.

Beckett, S. 2009. *Industrial Chocolate Manufacture and Use*. Cuarta edición. York, Inglaterra, Blackwell Publishing Ltd. 669p.

Cordier, J. 1994. HACCP in the Chocolate Industry. *Food Control* 5:171-175.

Cuesta, J. 2008. Diseño de una línea procesadora de pasta de cacao artesanal. Tesis. Ing. de Alimentos. Guayaquil, Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral. 72p.

D'Aoust, J. 1997. Salmonella and the Chocolate Industry, A review. *Journal of Food Protection* 40:718-727.

Downs, F. e Ito, K. 2001. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4ta edición. Washington, D.C., Estados Unidos de Norteamérica, American Public Health Association.

Enríquez, G. y Paredes, A. 1983. *El Cultivo del Cacao*. San José, Editorial Universidad Estatal a Distancia.

FAO. 2004. *Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas*. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación.

FHIA. 2013. FHIA y Fundación ETEA impulsan la producción de cacao en el occidente de Honduras. *Noticias de la FHIA* 75: 1-2.

Enríquez, G. y Paredes, A. 1983. El Cultivo del Cacao. San José, Costa Rica, Editorial Universidad Estatal a Distancia. 61p.

Hershey's®. 2014. Productos, Milk Chocolate (en Línea). Consultado el 21 de septiembre del 2014. Disponible en:
<http://www.hersheys.com.mx/chocolates/>.

Knight, I. 1999. Chocolate & Cocoa: Health and Nutrition. Londres, Inglaterra, Blackwell Publishing Ltd. 341p.

Krysiak, W. 2006. Influence of Roasting Conditions on Coloration of Roasted Cocoa Beans. *Journal of Food Engineering* 77:449-453.
Minifie, Bernard. 1999. Chocolate, Cocoa and Confectionery. Aspen, Estados Unidos de Norteamérica, Aspen Publishers Inc.

PRONADERS. 2012. Cacao, Antecedentes (en Línea). Consultado el 30 de Junio del 2014. Disponible en:
http://pronaders.hn/pronegocios/sim/index.php?option=com_content&view=article&id=56:cacao&catid=38:cadena-agroalimentarias&Itemid=81.

Swanson, K. 2011. Chocolate, Cocoa and Confectionery *In* Micro-Organisms in Foods 8. Londres, Inglaterra, Blackie Academic & Professional.

Urquhart, D.H. 1963. Cacao. 2ed. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 317p.