

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Formulación y aceptación de barras de chocolate con diferentes cantidades de cacao (*Theobroma cacao* L.) y nuez de marañón (*Anacardium occidentale* L.), edulcoradas con panela granulada

POR:

**BR. CARLOS IVÁN RECINOS VELA
BR. JOSÉ EDGARDO MORENO PALACIOS**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

SAN VICENTE, 9 DE ABRIL DE 2021

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. M. Sc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL

DECANO:

ING. MAE ROBERTO ANTONIO DÍAZ FLORES

SECRETARIO:

LIC. M. Sc. CARLOS MARCELO TORRES ARAUJO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ING. AGR. M. Sc. JOSÉ FREDY CRUZ CENTENO

DOCENTES ASESORES:

ING. AGR. M. Sc. DAGOBERTO PÉREZ

ING. EN ALIMENTOS HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PÉREZ

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. AGR. EDGARD FELIPE RODRÍGUEZ

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad determinar el grado de aceptación y preferencia de tres formulaciones de barras de chocolate con dulce de panela y nuez de marañón; frente a una barra de chocolate tradicional a base de cacao y azúcar glas.

Las formulaciones de barras de chocolate fueron T0 (57% licor de cacao, 36% azúcar glas, 7% manteca de cacao), T1 (65% licor de cacao, 23% panela granulada, 5% nuez de marañón, 7% manteca de cacao), T2 (57% licor de cacao, 26% panela granulada, 10% nuez de marañón, 7% manteca de cacao) y T3 (50% licor de cacao, 30% panela granulada, 13% nuez de marañón, 7% manteca de cacao). Se evaluó la aceptación de las características: sabor, color, olor y textura y se realizó una prueba descriptiva del producto evaluando características como: aroma a chocolate, sabor a chocolate, dulzura, acidez, amargor, astringencia, consistencia grumosa, rompimiento claro, brillo y color oscuro.

Los resultados de las pruebas sensoriales muestran que la formulación con mayor a aceptación es T3. Entre formulaciones la variable sabor presenta diferencia estadísticamente significativa con un $p < 0.05$. Mientras que las variables color, sabor y textura no presentan diferencia estadísticamente significativa con un $p > 0.05$.

Para determinar la calidad del producto a las tres formulaciones y la formulación testigo se les realizó análisis bromatológico y un análisis microbiológico basado en los criterios del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 67.04.50:17). Presentando ausencia de *Salmonella spp.* y destacando la formulación T3 por poseer mayor cantidad de proteína cruda y menor cantidad de grasa.

Palabras claves: Chocolate, cacao, nuez de marañón, panela.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN	iv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. Generalidades del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	2
2.1.1. Áreas de producción y comercio	2
2.1.2. Grupos genéticos	3
2.1.3. Composición nutricional y beneficios a la salud	4
2.1.4. Condiciones edafoclimáticas	5
2.1.5. Manejo poscosecha	5
2.1.6. Calidad del grano de cacao	10
2.2. Generalidades del cultivo de marañón (<i>Anacardium occidentale</i> L.)	11
2.2.1. Áreas de producción y comercio	11
2.2.2. Composición nutricional y beneficios a la salud	12
2.2.3. Condiciones edafoclimáticas	13
2.3. Generalidades de la caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.)	13
2.3.1. Comercio de panela granulada.....	13
2.3.2. Composición nutricional y beneficios a la salud	14
2.3.3. Condiciones edafoclimáticas	15
2.4. Producción y comercio de chocolate	15
2.5. Proceso para la elaboración de chocolate	16
2.5.1. Recepción y Limpieza.....	17
2.5.2. Tostado.....	17
2.5.3. Descascarillado.....	18
2.5.4. Molido.....	18
2.5.5. Prensado	18
2.5.6. Refinado.....	19
2.5.7. Conchado	19
2.5.8. Atemperado.....	20
2.5.9. Moldeado	21

2.5.10. Envasado.....	22
2.5.11. Almacenamiento.....	22
2.6. Tipos de chocolates.....	22
2.6.1. Chocolate oscuro.....	23
2.6.2. Chocolate con leche.....	23
2.6.3. Chocolate blanco.....	23
2.7. Análisis sensorial	23
2.7.1. Prueba discriminatoria	24
2.7.2. Prueba afectiva	24
2.7.3. Prueba descriptiva.....	24
2.7.4. Paneles sensoriales	24
2.7.5. Sitio para las pruebas sensoriales	25
2.7.6. Muestras	25
2.7.7. Análisis sensorial del chocolate.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Ubicación	27
3.2. Materias primas y equipos.....	27
3.2.1. Equipo y utensilios.....	27
3.2.2. Descripción de la materia prima	30
3.3.1. Formulación y elaboración de barras de chocolate	37
3.3.2. Determinación de mermas durante las etapas de producción de las barras de chocolate	42
3.3.3. Determinación de costos de producción	42
3.3.4. Análisis sensorial.....	42
3.4. Metodología de laboratorio.....	43
3.5. Metodología estadística	43
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. Fermentación.....	44
4.2. Prueba de corte en granos de cacao húmedos.....	45
4.3. Prueba de corte en granos de cacao secos.....	45
4.4. Índice de grano e índice de mazorca	45
4.5. Mermas durante las etapas de producción de las barras de chocolate	47

4.6. Estimación de costos de producción de las barras de chocolate	47
4.7. Prueba afectiva	49
4.7.1. Variable color	49
4.7.2. Variable olor	49
4.7.3. Variable sabor	50
4.7.4. Variable textura	51
4.7.5. Aceptabilidad general de las variables organolépticas	52
4.8. Perfil de atributos	52
4.8.1. Formulación T0	53
4.8.2. Formulación T1	52
4.8.3. Formulación T2	53
4.8.4. Formulación T3	54
4.9. Análisis bromatológicos	54
4.10. Análisis microbiológicos	55
5. CONCLUSIONES	56
6. RECOMENDACIONES	57
7. BIBLIOGRAFÍA	58
8. ANEXOS	67

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
Cuadro 1:	Proceso de secado del cacao: día, número de horas de exposición al sol.....	33
Cuadro 2:	Formulaciones de barras de chocolate para cada uno de los tratamientos.....	38
Cuadro 3:	Peso de materia prima por cada formulación.....	38
Cuadro 4:	Resultados prueba de corte.....	45
Cuadro 5:	Resultados prueba de corte realizada en granos de cacao durante el proceso de secado para monitorear el proceso.....	46
Cuadro 6:	Mermas durante el proceso de producción de chocolate.....	47
Cuadro 7:	Mermas durante el proceso de obtención de manteca de cacao...	48
Cuadro 8:	Mermas durante el proceso de conchado y refinado, para la producción de chocolate.....	48
Cuadro 9:	Aceptabilidad general de las variables organolépticas de las cuatro formulaciones.....	52
Cuadro 10:	Comportamiento de atributos de las cuatro formulaciones.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
Tabla 1:	Características de los granos de cacao después de la fermentación.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1: Variación de importaciones de chocolate y demás preparaciones alimenticias que contengan cacao en los últimos años.....	16
Figura 2: Variación de exportaciones de chocolate y demás preparaciones alimenticias que contengan cacao en los últimos años.....	17
Figura 3: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de las barras de chocolate.....	28
Figura 4: Ubicación campo experimental y de prácticas UES.....	29
Figura 5: Corta de mazorcas de cacao con tijera de podar.....	31
Figura 6: Extracción de semillas de cacao de forma manual.....	31
Figura 7: Hielera de poliestireno con semillas de cacao.....	32
Figura 8: Selección y limpieza de granos de cacao.....	35
Figura 9: Granos de cacao dentro del medidor de humedad.....	35
Figura 10: Licor de cacao en mantas de colar.....	37
Figura 11: Extracción de manteca de cacao.....	37
Figura 12: Pesado del azúcar glas.....	39
Figura 13: Proceso de conchado y refinado: a) adición de panela granulada b) adición de manteca de cacao.....	40
Figura 14: Proceso de atemperado: chocolate sobre recipiente con agua y hielo para reducir temperatura.....	40
Figura 15: Adición de nuez de marañón a los moldes con chocolate.....	41
Figura 16: Proceso de desmoldado y empacado de chocolate.....	42
Figura 17: Variación de temperatura durante los días de fermentación del cacao.....	44
Figura 18: Promedio de resultados de variable color de las cuatro formulaciones.....	49
Figura 19: Promedio de resultados de variable olor de las cuatro formulaciones.....	50
Figura 20: Promedio de resultados variable sabor de las cuatro formulaciones..	51
Figura 21: Promedio de resultados variable textura de las de las cuatro formulaciones.....	51

Figura 22: Representación de los diferentes atributos para las cuatro formulaciones evaluadas.....	53
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
Cuadro A – 1:	Contenido nutricional de los granos de cacao por 100 g.....	68
Cuadro A – 2:	Composición nutricional en 100 g de nuez de marañón.....	68
Cuadro A – 3:	Composición nutricional de la panela granulada en 100 g.....	69
Cuadro A – 4:	Número de mazorcas de cacao y su promedio.....	69
Cuadro A – 5:	Costos de materias primas y consumo energético de equipos para formulación T0.....	70
Cuadro A – 6:	Costos de materias primas y consumo energético de equipos para formulación T1.....	71
Cuadro A – 7:	Costos de materias primas y consumo energético de equipos para formulación T2.....	72
Cuadro A – 8:	Costos de materias primas y consumo energético de equipos para formulación T3.....	73
Cuadro A – 9:	Análisis de varianza de la variable color.....	73
Cuadro A – 10:	Análisis de varianza de la variable olor.....	73
Cuadro A – 11:	Análisis de varianza de la variable sabor.....	74
Cuadro A – 12:	Análisis de varianza de la variable textura.....	74
Figura A – 1:	Comportamiento de los granos de cacao según los días de fermentación.....	74
Figura A – 2:	Diferentes tipos de granos después de terminado el beneficiado.....	75
Figura A – 3:	Equipos y utensilios utilizados.....	76
Figura A – 4:	Toma de temperatura durante la fermentación de los granos de cacao.....	77
Figura A – 5:	Proceso de secado en malla tipo zaranda.....	77
Figura A – 6:	Panelistas durante el análisis sensorial.....	77
Figura A – 7:	Formato de prueba afectiva.....	78
Figura A – 8:	Formato prueba descriptiva.....	79
Figura A – 9:	Prueba de corte en húmedo.....	80
Figura A – 10:	Prueba de corte de grano seco: granos bien fermentados.....	80
Figura A – 11:	Prueba de corte de grano seco: granos regularmente fermentados.....	81

Figura A – 12:	Prueba de corte de grano seco: granos pizarrosos.....	81
Figura A – 13:	Análisis bromatológico de formulaciones de barras de chocolate.....	82
Figura A – 14:	Análisis microbiológico formulación T0.....	83
Figura A – 15:	Análisis microbiológico formulación T1.....	84
Figura A – 16:	Análisis microbiológico formulación T2.....	85
Figura A – 17:	Análisis microbiológico formulación T3.....	86

1. INTRODUCCIÓN

En el panorama mundial, el cacao se ha propagado en distintas partes del mundo por su uso como materia prima para la industria de los chocolates, la cual tiene gran demanda internacional. El cacao salvadoreño es considerado por los expertos de los mejores a nivel mundial y el cual se proyecta aumentar su producción, según el MAG (2018) actualmente se cultiva una superficie de 6 324.5 ha, obteniendo un volumen de 350 000 kg. Por lo cual es de vital importancia generar alternativas a los productores locales para dar valor agregado a este producto, y que a su vez aumente las oportunidades de negocio en El Salvador.

Con el objetivo de aprovechar las oportunidades que ofrece el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) el trabajo de investigación busca generar una alternativa de producción de chocolate, esto nace con la necesidad de obtener mejores beneficios económicos y darle valor agregado a cultivos de cacao y marañón manejados orgánicamente. La extensión territorial con cultivo de marañón ronda las 2 450 ha obteniendo una producción de 585 954 kg (MAG 2018), lo cual lo hace un producto viable e innovador dada la disponibilidad de materia prima.

Así mismo, el uso de panela granulada, azúcar obtenida a través de un proceso artesanal busca modificar las características organolépticas del chocolate. Por tanto, a través de esta investigación se pretende determinar la aceptación por el consumidor de este chocolate.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)

El cacao de nombre científico *Theobroma cacao* L., pertenece a la familia Sterculiaceae (De la Cruz *et. al* 2009). Es originario de América y se cultiva desde México a Brasil en zonas tropicales. No obstante, se cultiva actualmente en África Occidental (Valenzuela 2007).

2.1.1. Áreas de producción y comercio

Hasta la llegada de los españoles, las plantaciones del cacao se extendían a lo largo del territorio salvadoreño. Con la conquista, las plantaciones de este cultivo se focalizaron en las zonas de Sonsonate e Izalco. Sin embargo, a finales del siglo XVII la producción comenzó a disminuir por conflictos políticos, epidemias que redujeron la población indígena y la creciente competencia de grandes productores como Venezuela y Ecuador. Gradualmente, el cacao fue reemplazado por el café, el algodón y la caña de azúcar y con esto el conocimiento de producción y la capacidad técnica en el cultivo de este (Alianza Cacao El Salvador s. f.).

Con el propósito de aumentar la producción de cacao en El Salvador, en los últimos 8 años se han realizados diferentes esfuerzos por establecer y potenciar dicho cultivo: El proyecto Alianza Cacao El Salvador es una iniciativa en la cual participan actores nacionales e internacionales que trabajan en conjunto con productores para recuperar el cultivo del cacao. Según esta institución para 2019, proyecta haber sembrado 7 000 ha para consumo local y de exportación (BCR 2018). Por otra parte, el proyecto Vida que es desarrollado por grupo CEL, el cual consiste en implementar un programa de reforestación de la cuenca del río Lempa y subcuencas con el fin de mejorar las condiciones ambientales, económicas y sociales de las personas de zonas de influencia; siendo el cacao uno de los cultivos promovidos por dicho proyecto (CEL 2017).

Según el MAG (2018), en El Salvador el cacao se cultiva en una superficie de 6 324.5 ha (9 035 Mz), obteniendo un volumen de 350 000 kg (7 700 QQ). Los precios promedio del grano a nivel nacional fueron \$135.1 por 45.45 kg en el mercado mayorista en enero 2018 (BCR 2018).

A nivel internacional, el grano se cotiza en \$1 952 por tonelada (aproximadamente \$195.2 el quintal, muy superior a los precios nacionales). De 2005 al 2017, los precios del cacao tuvieron un máximo de \$3 525.1 por tonelada. Según la Organización Internacional del Cacao, la producción mundial en la cosecha 2016 – 2017 fue de 4 733 millones de toneladas y la demanda mundial ha sido estimada en 4 351 millones de toneladas (BCR 2018).

El Salvador pasó de exportar \$2.9 millones de cacao en el año 2000 a \$5.7 millones en 2017. Un factor que determinó el aumento en el valor de las exportaciones fueron los buenos precios, pues el crecimiento del volumen fue de 2.4% en promedio durante los años 2000 al 2017 (BCR 2018).

2.1.2. Grupos genéticos

El cacao es una especie alógama con un 95% de polinización cruzada. Por genética se clasifican en tres grandes grupos: Criollos, Forasteros y una mezcla de ellos que se le denomina Trinitarios (INTA 2009).

Las características físicas y organolépticas de los grupos genéticos de cacao se describen a continuación:

Cacao criollo: corresponde a una planta de poco vigor y bajo rendimiento, destacándose la alta calidad de sus semillas (Cruz 2012). Además, Se puede distinguir por la arquitectura de un árbol débil, hojas grandes y oscuras, los rebrotes nuevos son verde pálido, y rebrotes de color rojo intenso (INTA 2009).

Las mazorcas son rústicas de cáscara delgada y de superficie rugosa, como también, surcos pronunciados y de forma alargada. Los cotiledones de las semillas son de color blanco a cremoso y el mucílago es de sabor dulce con bastante aroma después del fermentado. Su sabor no es astringente debido al bajo contenido de taninos. El tanino aporta un sabor seco, áspero, rugoso, astringente que se siente en medio de la lengua y la parte delantera de la boca (Dubón 2016).

Cacao forastero: son originarios de la Cuenca del Amazonas, son árboles robustos y grandes, hojas pequeñas, mazorcas tipo amelonado, duro de cáscara, grueso y liso, almendras

aplanadas y pigmentadas, tolerantes a plagas y se adaptan muy bien a diversos ambientes. El sabor de las almendras es muy ordinario y amargo (INTA 2009).

A este tipo de cacao se le atribuye menor calidad, así como a los chocolates elaborados con sus granos. Sus frutos se caracterizan por presentar cotiledones de la semilla de color morado o violeta oscuro, el mucilago es de sabor ácido y difícilmente presenta aroma después de la fermentación. Además, presenta sabor astringente o amargo debido al elevado contenido de taninos (Dubón 2016).

Cacao trinitario: El cacao del tipo trinitario está compuesto por una población heterogénea de diversas cruzas entre cacaos criollos y forasteros. Los frutos de árboles provenientes de estas cruzas dieron origen a un tipo de cacao con características intermedias entre criollo y forastero. El cacao trinitario heredó el delicado sabor del cacao criollo y la robustez del cacao forastero (Dubón 2016). Sin embargo, Cruz (2012) relata que es más resistente y productivo que el cacao criollo, pero de inferior calidad.

2.1.3. Composición nutricional y beneficios a la salud

Del procesamiento de los granos de cacao se obtiene 15% cáscara, 30% cocoa y 55% de manteca (Cruz 2012). El componente más importante es la grasa o manteca, el cual es ampliamente usado en la industria chocolatera, farmacéutica y de cosméticos. Por otra parte, las semillas de *Theobroma cacao*, fueron tempranamente reconocidas como una rica fuente de bioelementos como calcio, fosforo, hierro, vitaminas del complejo B, ácido ascórbico, entre otros compuestos (Cuadro A - 1) (Kalvatchev *et. al* 1998).

El cacao tanto como semilla, polvo o en el chocolate posee varias propiedades y beneficios para la salud debido a su enorme concentración de minerales y vitaminas. Así mismo, en la composición del chocolate destaca la elevada cantidad de polifenoles (principalmente flavonoides), en mayor concentración que en otros alimentos como vino tinto, té verde o algunas frutas (Gómez *et al.* 2011).

Los flavonoides del cacao tienen una significativa actividad antioxidante, pudiendo proteger los tejidos del estrés oxidativo. Los estudios de intervención realizados en humanos tras el consumo de chocolate muestran una disminución de la oxidabilidad de las lipoproteínas de

baja densidad (LDL) séricas y un aumento de la capacidad antioxidante del plasma. Además, los flavonoides del cacao han mostrado tener efecto modulador sobre la función plaquetaria, reduciendo el riesgo de formación de trombos y disminución de la presión arterial, este efecto posiblemente sea debido a su contenido en flavonoides, los cuales muestran actividad a nivel del óxido nítrico (NO) vascular e intervienen en el control de la presión sanguínea (Gómez *et al.* 2011).

A nivel cerebral, los flavonoides del chocolate y del polvo de cacao presentan efectos neuroprotectivos que promueven un mejor rendimiento cognitivo y parecen reducir el riesgo de demencia, según numerosos estudios. (Beneficios nutricionales... s. f.).

2.1.4. Condiciones edafoclimáticas

Los factores climáticos críticos para el desarrollo del cacao son la temperatura y la lluvia (Anacafé 2004). A estos se le unen el viento y la luz o radiación solar, siendo las condiciones más idóneas los climas cálidos y húmedos (Arvelo *et. al* 2017).

El cacao es una especie humbrófila, es decir, requiere de sombra para su crecimiento, desarrollo y buena producción (INTA 2009). La planta joven de cacao requiere hasta 70% de sombra, que debe reducirse a 30% cuando la plantación alcanza el quinto año. Según Anacafé (2004) necesita entre los 1 500 y 2 500 mm anuales de agua. Como también temperaturas que oscilen entre los 18 °C y 32 °C (Arvelo *et. al* 2017).

Por otra parte, el cacao necesita ambiente húmedo, con una humedad relativa de aproximadamente el 80% como en un bosque tropical o las que ofrecen una sombra artificial (De la Cruz *et. al* 2009). Para el establecimiento del cultivo Paredes (2004) recomienda los suelos aluviales, francos y subsuelo permeable y que se encuentren en una altura comprendida entre los 0 y 800 msnm. El pH óptimo según De la Cruz *et. al* (2009) es de 6.0 a 7.1.

2.1.5. Manejo poscosecha

El manejo poscosecha se realiza con el objetivo de mejorar las características organolépticas de los granos de cacao, así como también eliminar la viabilidad de la semilla.

Una vez recolectadas las mazorcas, se separan las que pueden estar enfermas y las que no hayan alcanzado el grado de madurez requerido para garantizar que sólo se beneficien los frutos maduros y sanos de lo contrario, se afectará la calidad final del producto (Batista 2009). A continuación, se describe cada uno de los pasos para obtener un cacao de calidad.

Quebra: La quebra consiste en partir la mazorca y extraer las almendras, las cuales una vez separadas de la placenta, serán sometidas a la fermentación (Batista 2009).

El quebrado o picado de las mazorcas debe realizarse con mucho cuidado para evitar el corte de almendras puesto que las almendras quebradas son más susceptibles a la contaminación por mohos (IDIAF 2011).

Para realizar la quebra se pueden utilizar machetes cortos acondicionados especialmente para esta labor (Paredes 2004). No obstante, Ávila *et al.* (2013) recomienda abrir las mazorcas golpeándolas con un mazo de madera o con una piedra sobre un tronco ya que al no contar con el cuidado y la experiencia adecuada el uso del machete puede herir las semillas, y una vez heridas los granos pueden ser infectados por hongos e insectos. Además, la separación de los granos de la pulpa se realiza a mano.

Para los casos en los cuales no exista la cantidad de cacao suficiente para fermentar o no haya mano de obra disponible para hacer la quebra, se sugiere amontonar las mazorcas hasta 5 días. Una vez transcurrido ese tiempo, los jugos que afloran de las mazorcas se concentran y facilitan la extracción de las almendras y también del proceso de fermentación (Paredes 2004).

Fermentación: Denominado también beneficio, cura o preparación. Es un proceso bioquímico interno y externo de la semilla en la que ocurren cambios notables en su estructura (Paredes 2004). La pulpa que rodea los granos se somete a un proceso de fermentación mediante el cual se desarrolla el color y el sabor de los granos. El pH inicial, los cambios en el contenido de azúcar y las condiciones anaeróbicas favorecen la actividad de las levaduras de la pasta de cacao (De la Cruz *et al.* 2009).

El proceso de fermentación de las levaduras inicia la conversión de los azúcares de la pulpa en alcohol y dióxido de carbono, las bacterias oxidantes a continuación, inician el cambio del

alcohol en ácido láctico y luego, cuando las condiciones se vuelven más aeróbicas, se produce ácido acético. Esto produce calor y eleva la temperatura en las primeras 24 horas. A medida que la pulpa se rompe y drena, las bacterias siguen siendo activas hasta que la fermentación se ha completado. Cabe destacar, que las levaduras que se encuentran durante la fermentación del cacao provienen del entorno, por ejemplo, suelo y árboles, las especies más frecuentes en esta etapa son las especies de *Saccharomyces*, en particular *S. cerevisiae* y otras especies como: *Candida krusei*, *Kloeckera apiculata*, *Pichia fermentans*, *Anomala hansenula* y *Schizosaccharomyces pombe*) (De la Cruz *et. al* 2009).

Es importante llevar el control de temperatura porque permite vigilar los procesos que ocurren en la masa de cacao. En las primeras 24 horas el cacao debe alcanzar temperaturas mayores de 30 °C. Al segundo día la temperatura alcanza entre 45 y 50 °C. En el caso de que algunas bandejas no estén calentando se debe colocar la bandeja al centro de la pila de bandejas, que es donde hay más calor (Ávila *et al.* 2013).

Según Paredes (2004) la fermentación comprende los procesos siguientes:

- Descomposición y remoción del mucílago azucarado que cubre el grano fresco, para facilitar el secado y la conservación o almacenamiento.
- Elevar la temperatura que mata al embrión, para facilitar el desarrollo del sabor a chocolate.
- Destrucción de las células pigmentadas o cambios en la pigmentación interna.
- La transformación del sabor astringente de los cotiledones.
- El desarrollo de sabor y aroma del chocolate.

Durante la fermentación los azúcares que contienen las almendras son transformados a alcoholes por las levaduras. Estos a su vez son convertidos en ácido acético por las bacterias acéticas.

Para una buena fermentación, debe nivelarse uniformemente la masa de cacao en los cajones y cubrirlos con hojas de plátano, costales de yute o plástico, a fin de mantener la humedad y conservar el calor desprendido por la fermentación alcohólica. La capa de granos frescos no debe superar los 70 cm. En consecuencia, se corre el riesgo que se compacten y reduzca la aireación de los granos además de dificultar el volteo obteniéndose una fermentación dispareja (Paredes 2004).

Batista (2009) afirma que la razón de realizar los volteos es la de uniformizar el desarrollo de los procesos bioquímicos que se manifiestan en el curso de la fermentación. La acumulación de temperatura se inicia lentamente debido a la poca contaminación del mucílago fermentado que, al airearse convenientemente, produce un efecto positivo directo.

El primer volteo se debe efectuar a las 48 horas de depositarse la masa de cacao, luego a las 72 y por último a las 96 horas, quedando apto para someterse al secado a las 120 horas (5 días). Luego de estos tres volteos las almendras tienen en promedio un 55% de humedad. Este procedimiento permitirá lograr una fermentación más uniforme si la comparamos con los métodos anteriores (Paredes 2004).

Sukha y Seguíne (2015) citado por García y Martínez (2018) relatan que cuando la cantidad de cacao es menor a 30 kg se recomienda utilizar una hielera de poliestireno ya que constituyen un medio adecuado para la fermentación de pequeñas cantidades de granos de cacao. Para tal fin, se deben realizar entre seis y ocho agujeros de 1.5 cm de diámetro a intervalos regulares a una distancia de cuatro cm entre sí, en la parte inferior de la hielera.

Prueba de corte en húmedo: Finalmente, concluido el proceso de fermentación, se realiza una prueba de corte en húmedo que consiste en tomar 50 granos de diferentes puntos en la fermentación y se van depositando en un recipiente plástico para homogenizar la muestra, una vez mezclados se toman 25 granos del total de la muestra los cuales se parten longitudinalmente y se evalúan para conocer el grado de fermentación. El grano bien fermentado tiene un agrietamiento pronunciado del cotiledón, color café o marrón oscuro y presencia en el interior de líquido color vinoso o marrón achocolatado. Si se tienen entre 16 y 17 granos (65-68%) bien fermentados, la fermentación se da por finalizada (Figura A - 1) (García y Martínez 2018).

Secado: Después de la fermentación las semillas de cacao o las almendras pasan directamente al área de secado, de esta manera cuando llega al secado la semilla tiene alrededor de 55% de humedad y esta humedad debe reducirse al 6 – 8% (Ávila *et al.* 2013). De acuerdo con lo anterior, Batista (2009) y Cubillos *et. al* (2008) establecen que la humedad óptima con la que debe ser almacenado el cacao es del 7%.

Al inicio, el secado debe ser lento o suave para que se libere el ácido acético (vinagre) y agua dentro del grano. Esto se logra poniendo el primer día el cacao por poco tiempo (2 horas) al sol de las primeras horas en la mañana. Siempre que esté al sol o incluso bajo la sombra, debe remover el cacao aproximadamente cada 30 min, usando un rastrillo de madera para evitar dañar o partir los granos. Durante la noche se debe guardar el cacao en un lugar cerrado para que no entre viento con humedad, ni le caiga sereno (Dubón 2016).

Así mismo, se debe secar al segundo día durante cuatro horas al sol, al tercer día seis horas al sol y el cuarto día durante ocho horas al sol. Hasta el tercer día hay que hacer la remoción cada 30 min, el cuarto día se pueden hacer las remociones cada hora (Dubón 2016).

Determinación de la humedad del grano: Para saber si el grano está seco se realizan las pruebas manuales de puñados. Se frota un puñado de granos dejándolo caer, si está seco los granos emiten un sonido crujiente, a la vista el grano seco se ve de color café cenizo (Avila *et al.* 2013).

Selección: Para llevar al mercado los granos de cacao, deben eliminarse todas las impurezas, tales como granos mohosos, partidos y vanos sin almendras, lo que puede hacerse mediante proceso manual o con la ayuda de zarandas, de tal manera que solo deben dejarse los granos sanos y secos (Paredes 2004).

Almacenamiento: El almacenamiento del cacao juega un papel preponderante. Si no es realizado en perfectas condiciones todo el esfuerzo realizado en obtener un producto de calidad puede perderse (IDIAF 2011). Por lo cual, terminado el secado los granos deben envasarse en costales de yute en buen estado (Paredes 2004). No se recomienda utilizar sacos que se hayan usado para guardar pesticidas u otro material contaminante que genere sabor y olores extraños (Dubón 2016).

El cacao es altamente higroscópico, es decir absorbe la humedad con suma rapidez. Si se almacenan almendras con menos de 8% de humedad, pueden mantenerse en buen estado por unos cinco meses, a condiciones de humedad menores de 75%. Cuando la almendra seca es almacenada en ambientes con 95% de humedad relativa en 10 días puede superar el 15% de humedad (Paredes 2004).

2.1.6. Calidad del grano de cacao

Para efectos de clasificación del cacao, se realiza la prueba de corte que consiste en tomar una muestra de granos representativa se colocan alrededor de 100 granos del cacao seco en una bandeja. Se introduce una hoja cortante de metal, la cual realiza el corte de los granos, concluido el corte se saca de nuevo la hoja, se abre la bandeja y los granos aparecen cortados en dos mitades iguales (Batista 2009).

Si no se cuenta con la bandeja, los granos se parten en forma longitudinal con una navaja, bisturí o una cuchilla afilada, de manera que los cotiledones queden divididos en dos mitades, haciendo posible la observación de las características que se juzgan, a fin de clasificar los granos de acuerdo con la norma de calidad existente (Anacafé 2004).

Luego del corte se aprecian las diferentes tonalidades en el color interno de los granos, así como las transformaciones físicas recibidas durante el proceso (Figura A - 2) (Paredes 2004).

CAOBISCO (2015), relata que la normativa ISO 2451 establece que los granos de cacao deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- Ser fermentados y luego secados hasta que el porcentaje de humedad deje de superar el 7.5%.
- Estar libre de contaminación con olores indeseados.
- Estar libre de toda evidencia de adulteración.
- Estar prácticamente libres de materia extraña.
- Tamaño razonablemente uniforme, aptos para la producción de un alimento.
- Estar prácticamente libres de insectos vivos y de otras infestaciones.
- Estar razonablemente libres de granos rotos, fragmentados y trozos de cáscara.
- Estar libres de granos aglomerados, aplanados, germinados, residuos y desechos del cribado.

Por otra parte, Cubillos *et al.* (2008) determina que los granos de cacao deben cumplir con los requisitos mínimos de calidad para que su comercialización no tenga inconvenientes de parte del fabricante, siendo estos requisitos: el peso de 100 granos de cacao mayor a 105 g, granos

bien fermentados mínimo de 65%, granos levemente fermentados como máximo el 35%, granos pizarrosos como máximo 3%, y granos germinados como máximo 3%.

Determinación del índice de grano: Para determinar el índice de grano se toma una muestra representativa del lote (300 granos) que se pesan en una balanza analítica. El peso obtenido se divide entre 300 (que corresponde a la cantidad de granos tomados) obteniéndose el peso promedio de un grano (García y Martínez 2018).

$$IG = \frac{\text{Peso de la muestra (g)}}{300}$$

Determinación del índice de mazorca: Para determinar la cantidad de mazorcas necesarias para producir un kilogramo de cacao fermentado y seco, aspecto importante para conocer el potencial productivo de los tipos de cacao, García y Martínez (2018) determinan la siguiente fórmula:

$$IM = 1000 / IG / \text{Semfrut}$$

Donde:

IM = índice de mazorca

1000 = 1000 g que conforman 1 kg

IG = índice de grano

Semfrut = Cantidad de semillas en cada fruto

2.2. Generalidades del cultivo de marañón (*Anacardium occidentale* L.)

El nombre científico del marañón es *Anacardium occidentale* L. y este registra su origen en América Tropical en las planicies del bajo Amazonas y en todo el litoral del noreste brasileño (Chirino 2009). En los siguientes apartados se describe las áreas de producción, comercio, composición nutricional y condiciones edafoclimáticas del cultivo.

2.2.1. Áreas de producción y comercio

Según el MAG (2004), en El Salvador el cultivo de marañón se concentra en la Región Oriental. Las áreas más extensas se localizan en los municipios de Conchagua y San Alejo en el

departamento de La Unión y los municipios de Chirilagua y San Miguel, del departamento de San Miguel. Otras áreas importantes se localizan en el litoral de los departamentos de Usulután, San Vicente y La Paz.

En el país el área cultivada es aproximadamente de 1 619 ha (2 313 Mz) de marañón común (MAG 2018). El 92% del área cultivada son plantaciones con extensiones entre 70 y 840 ha (100 y 1 200 Mz). Los propietarios de estas grandes plantaciones son cooperativas constituidas bajo el proceso de la Reforma Agraria. El 8% restante son plantaciones con extensiones menores de 28 ha (40 Mz) (MAG 2004). Obteniendo una producción para el año agrícola 2017 – 2018 de 585 954.54 kg (12 891 QQ) y rendimiento por ha de 363.62 kg (MAG 2018). Munguía (2019), detalla que se obtiene en promedio de nuez procesada entre el 22 al 26%.

Según Constanza *et al.* (2017) las exportaciones realizadas por El Salvador han presentado un leve crecimiento en los últimos años, en 1996 se exportaron 484.2 t (\$594 000.60), y en el año 2000, 583.2 t (\$755 000.50). El 71% de estas, se destina a la India, siendo producto sin procesar, el 17% a Guatemala y el 8% a Estados Unidos.

2.2.2. Composición nutricional y beneficios a la salud

Según INCAP (2012) la nuez de marañón es un alimento rico en proteína, fósforo, magnesio, potasio, hierro, calcio y zinc. Además, contiene 28.80% de ácidos grasos insaturados, predominando ácido linoleico lo que lo hace un producto beneficioso para la salud ya que ayuda a reducir el colesterol LDL que produce problemas cardiovasculares (Constanza *et al.* 2017). En el Cuadro A - 2 se presenta la Composición en 100 g de nuez de marañón.

La semilla tiene una gran demanda a nivel mundial por sus propiedades nutricionales, además es utilizada en la repostería y muy recomendada en la dieta alimenticia (Álvarez y Hernández 2017). Los frutos secos no contienen colesterol, pero sí un gran número de nutrientes esenciales, incluidas proteínas y fibra. También son una gran fuente de vitaminas, como el ácido fólico, niacina y las vitaminas B6 y E, minerales como magnesio, cobre, el zinc, selenio, fósforo, calcio y potasio (Méndez y Aguilar 2015).

Se ha demostrado a partir de diversos estudios que las nueces, incluidas la de marañón, han sido asociadas con la reducción del cálculo biliar. De acuerdo con el estudio Nurses' Health que observó datos de la dieta de 80 718 mujeres, que integraban al menos una onza de nueces por semana, estas ayudan a las mujeres a reducir en un 25% el riesgo de desarrollo de cálculos biliares (Constanza *et al.* 2017).

2.2.3. Condiciones edafoclimáticas

El árbol es robusto y resistente a la sequía, crece mejor en suelos arenosos bien drenados con una precipitación anual de al menos 900 mm (Constanza *et al.* 2017). Además, se adapta a temperaturas mínimas de 16 a 20 °C y máximas de 34 a 37 °C, aunque en períodos prolongados de temperaturas mínimas o máximas pueden afectar el óptimo desarrollo de la planta (Chirino 2009).

El rango óptimo de elevación para el cultivo del marañón es de 0 a 600 msnm. A mayor altitud sobre el nivel del mar, el marañón se desarrolla, con limitaciones en la producción, por la mayor incidencia de enfermedades debido a la humedad relativa existente (Galdámez 2004).

Cabe destacar, que el marañón crece en suelos arenosos, salinos y pedregosos; sin embargo, los mejores resultados se obtienen cuando estos son suelos profundos y fértiles con textura franco arenosa. Además, soporta pH que varía entre 4.3 y 8.7 y puede sembrarse en pendientes hasta del 45% (Coto 2003).

2.3. Generalidades de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)

2.3.1. Comercio de panela granulada

La producción de dulce de panela ha sido una tradición en el Valle de Jiboa en El Salvador, en donde existe una fuerte identidad cultural alrededor de él. Las características del suelo y la geografía hacen de ese territorio un sitio ideal para el cultivo de caña de azúcar y la fabricación de derivados como el azúcar y la panela.

Durante la revisión bibliográfica solo se pudieron encontrar dos empresas productoras de panela granulada en El Salvador, ACOPANELA DE R. L. y DIZUCAR quienes elaboran un tipo de panela pulverizada.

La Asociación Cooperativa de Producción Agroindustrial, Aprovechamiento, Comercialización, Ahorro y Crédito de Productores de Dulce de Panela del Valle de Jiboa de Responsabilidad Limita ACOPANELA de R. L. ubicada en San José Verapaz, en el Departamento de San Vicente, elabora y comercializa panela granulada en diferentes presentaciones, así como también dulce de atado. Además, ofrecen el servicio de ahorro y crédito para sus socios (Amaya 2018).

La cooperativa produce por zafra alrededor de 90 800 kg a 136 200 kg (2 000 a 3 000 QQ) de panela granulada los cuales el 90% es comercializada en El Salvador y el 10% es exportada a Estados Unidos (Amaya 2018).

2.3.2. Composición nutricional y beneficios a la salud

La panela es un producto rico, respecto al contenido de nutrientes. Los minerales son los que más se destacan en su composición y en caso especial son el Calcio, Potasio, Fósforo y Hierro; tres nutrientes indispensables en la alimentación actual y cuyos requerimientos diarios no son cubiertos por gran porcentaje de la población (Mascietti 2014). En el Cuadro A – 3 se detalla la composición de la panela granulada en 100 g de producto.

El principal constituyente de la panela es la sacarosa, cuyo contenido varía entre un 75 y un 85%. Posee menos calorías que el azúcar blanco, ya que contiene de 310 a 350 calorías por 100 g frente a las 400 calorías del azúcar blanco (Obando 2010).

Esta azúcar a diferencia de la azúcar blanca, no es sometida a ningún refinado, centrifugado, depuración o cualquier otro tipo de procesado, por lo que conserva todas las vitaminas y minerales presentes en la caña de azúcar. Es un producto nutricional debido a que reúne los nutrientes esenciales como el agua, carbohidratos, minerales, proteínas y vitaminas para el organismo en las cantidades adecuadas, suministra la energía para el desarrollo de los procesos metabólicos y está libre de sustancias nocivas para el organismo (López y Zavala 2010).

2.3.3. Condiciones edafoclimáticas

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) para su óptimo desarrollo necesita una precipitación pluvial entre 1 500 y 1 800 mm anuales. Así mismo, la temperatura ideal varía ya que para la brotación de los esquejes debe oscilar entre los 32 °C y 38 °C; no obstante, para la maduración de la caña son preferibles temperaturas relativamente bajas entre 12 °C y 14 °C debido a que ejercen una marcada influencia sobre la reducción de la tasa de crecimiento vegetativo y el enriquecimiento de azúcar de la caña (Aguilar s.f.).

La caña de azúcar se adapta desde los 0 hasta los 1 000 msnm con humedad relativa entre 85% y 65%. Además, puede tolerar un rango considerable de acidez y alcalinidad del suelo. Por esta razón se cultiva en suelos con pH entre 5.5 y 7.8 (SND 2008).

2.4. Producción y comercio de chocolate

Según el BCR (2016) el mercado nacional de chocolate está concentrado en cuatro grandes empresas importantes las cuales procesan y exportan confitería como principal rubro, con el 80% del total para exportación. Siendo así, Cruz (2012) señala que en El Salvador existen cuatro empresas agroindustriales principales: Chocolates Shaws, PROINCA, MELHER Y FACEMA. Adicionalmente, existen iniciativas de procesamiento de chocolate artesanal, en su mayoría lideradas por mujeres emprendedoras en la región de los Izalcos.

La cooperativa de cacao Los Izalcos de R. L. actualmente trabaja para agregar valor a su materia prima mediante la producción de chocolate sin azúcar, chocolate instantáneo, caramelos de cacao, chocolate tradicional, tablillas, entre otros. Además, PROINCA S. A. es otra empresa productora de chocolate ubicada en el Municipio de San Marcos de San Salvador, e inició sus operaciones en 1982. Esta empresa procesa 13 620 kg (300 qq) de cacao al año, los cuales son en gran parte importados de Nicaragua (Say *et. al* 2013).

La empresa ETCETERA S. A., que produce y comercializa los Chocolates Shaws, inició sus operaciones en el año 1980 y se localiza en San Benito de San Salvador. En la actualidad procesa aproximadamente 6810 kg (150 qq) de cacao en grano por mes, para la elaboración de barras de chocolates y figuras comestibles (Say *et. al* 2013).

Chocolates MELHER es una empresa salvadoreña ubicada en Mejicanos, El Salvador que nació en 1983, se dedica a la fabricación de chocolates, alternativas alimenticias y otros consumos básicos, especializándose en cubiertas de chocolate para frutas congelados, helados, sorbetes, paletas y productos de panificación (Chocolates MELHER s. f.).

En las Figuras 1 y 2 se muestra la tendencia en dólares de importaciones y exportaciones de chocolate y demás preparaciones alimenticias que contengan cacao en El Salvador desde el año 2014 al 2018 lo cual muestra un aumento tanto en las importaciones como en las exportaciones, siendo los principales países de donde se importó Estados Unidos, México, Guatemala, Costa Rica, Turquía, Colombia, Chile, Brasil, Francia, Argentina y Canadá. Y los principales países a los que se exportó: Honduras, Guatemala, Estados Unidos, Nicaragua, República Dominicana y Costa Rica (ITC 2018).

2.5. Proceso para la elaboración de chocolate

Para elaborar cualquier tipo de chocolate es necesario utilizar cacao de calidad. Es decir, que el cacao a utilizar debe tener más del 65% de granos bien fermentados, todo esto con el fin de que se garanticen las cualidades organolépticas del chocolate. En los siguientes apartados se describe el proceso de elaboración.

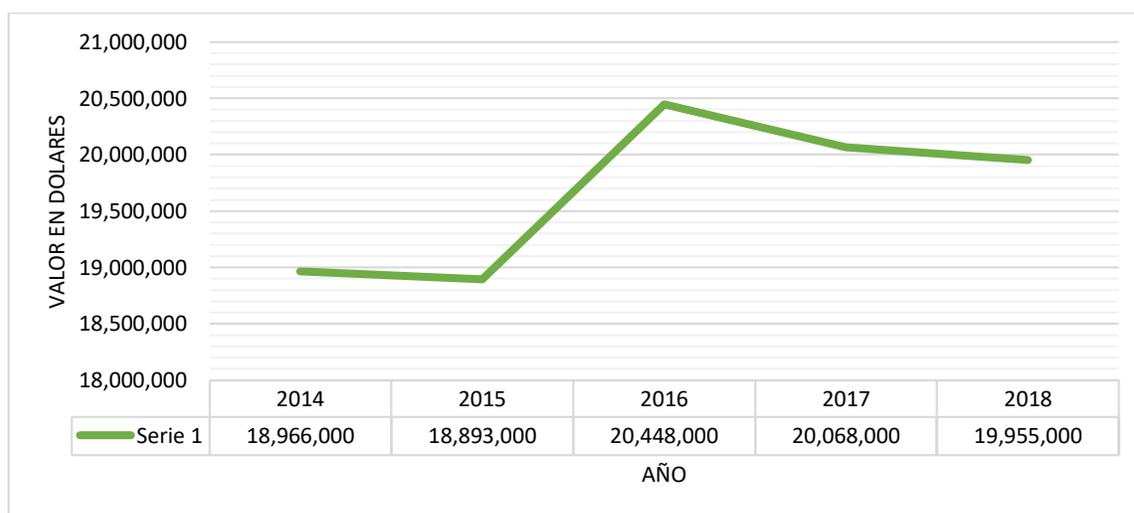


Figura 1. Variación de importaciones de chocolate y demás preparaciones alimenticias que contengan cacao en los últimos años.

Fuente: Elaborado con base en ITC 2018.

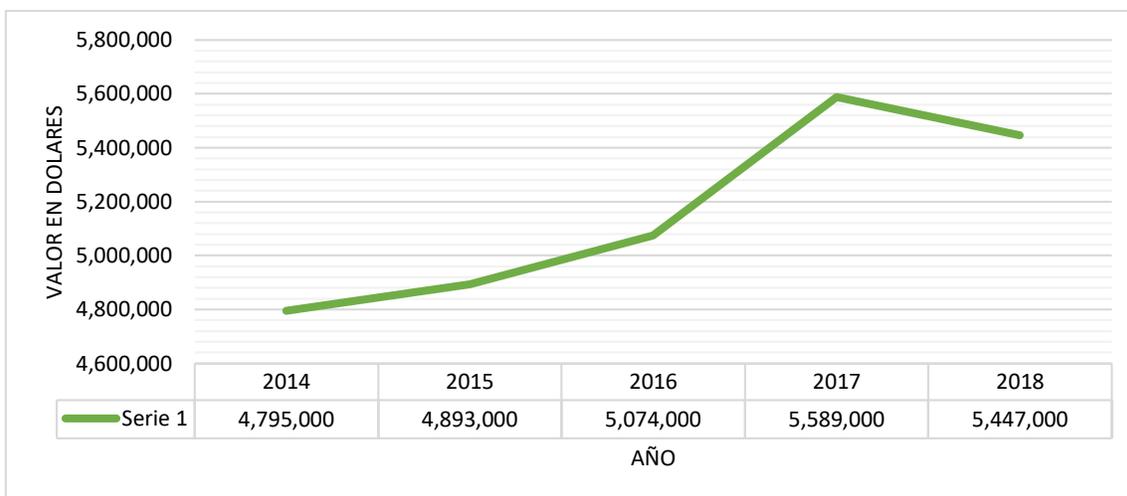


Figura 2. Variación de exportaciones de chocolate y demás preparaciones alimenticias que contengan cacao en los últimos años.

Fuente: elaborado con base en ITC 2018.

2.5.1. Recepción y Limpieza

En esta operación se efectúa una inspección de la materia prima. Así mismo, se realiza la limpieza que consiste en eliminar cuerpos extraños, como: tierra, arena, metales, piedras, trozos de madera, hojas, entre otros. Dicha labor, se puede realizar de forma manual como mecánica en una tamizadora, este equipo posee cilindros suaves que mueven los granos y los impulsan hacia unas cribas de diferente calibre y se clasifican de acuerdo con el tamaño de la partícula. (Liendo 2005).

2.5.2. Tostado

El tostado consiste en someter los granos de cacao a condiciones de temperatura entre 110 a 140 °C durante 35 a 40 min (Egas 2005), en este proceso se promueve un conjunto de reacciones químicas, en las cuales intervienen los compuestos precursores formados durante la fermentación y el secado, que luego darán origen al sabor y aroma inicial del chocolate. El buen sabor y aroma depende mucho de la variedad de cacao que proporcionó las almendras y de la manera como se realizó el proceso de fermentación y secado (Liendo 2005). Del

proceso de tostado dependen las características del producto final, es por esto, que es una operación considerada determinante en el proceso de manufactura del cacao (Egas 2015). En este proceso se desprende la cascarilla del cotiledón, el contenido de humedad disminuye hasta un máximo del 2% y el color del cotiledón se torna más oscuro. Además, gracias a las reacciones de Maillard los aminoácidos libres formados durante la fermentación son degradados y los azúcares reductores naturales desaparecen casi completamente, de igual manera se pierden ácidos volátiles desarrollados durante la fermentación que le otorga el sabor amargo y ácido (Egas 2015).

2.5.3. Descascarillado

Con el proceso de tostado, la cascarilla que se encuentra adherida se desprende parcialmente. Los granos de cacao poseen un 10% - 14% con relación al peso total de la semilla, por lo que es difícil separarla completamente, el residuo de la cascarilla que no puede ser removida, provoca efectos negativos, ya que al tener contacto con el medio externo presenta contaminantes, lo cual afecta el sabor del producto final y por su dureza puede provocar daños en los equipos de molienda (Egas 2015).

2.5.4. Molido

En esta etapa, los granos de cacao son molidos varias veces para eliminar la cáscara y quedar suficientemente finos (Oliveras 2007). Durante la molienda los granos de cacao son fraccionados, las células se rompen y la grasa se libera. Debido a la fricción se eleva la temperatura dentro del equipo, esto provoca que la grasa liberada se funda y forme una pasta fluida conocida como licor de cacao.

La molienda se puede realizar en diferentes tipos de molinos: molino de impacto, molino de discos, molino de martillo, molino de bolas y molino de rodillos (Egas 2015).

2.5.5. Prensado

El licor de cacao es prensado para extraer la manteca de cacao que según Gonzales y Peña (2015) representa el 50% del peso total. El resultado, además de la manteca de cacao, es también la torta de cacao, la cual es una masa sólida que al triturarse permite obtener polvo

de cacao. La presión a la cual debe someterse el licor de cacao es de 50 mPa para garantizar extracciones mayores al 82% de grasa.

Para el proceso de prensado, Egas (2015) destaca que la temperatura es un factor determinante en los rendimientos de extracción, ya que a mayor temperatura las paredes celulares se debilitan, además, las proteínas precipitan y esto favorece a que la grasa fluya fácilmente siendo recomendables temperaturas entre 100 y 110 °C. La manteca de cacao junto con el polvo de cacao son materias primas de otros procesos que permiten obtener derivados como: bebidas, chocolates, golosinas y cremas de uso cosmético (González y Peña 2015).

2.5.6. Refinado

Este proceso tiene lugar en la refinadora, en donde utilizando elevadas presiones producidas en unos rodillos de acero, se reduce el tamaño de todas las partículas sólidas, sobre todo, de cacao y azúcar, a unas 25 µm con el fin de obtener una pasta lisa, sin gránulos que sean perceptibles por el paladar (Oliveras 2007).

2.5.7. Conchado

Jácome (2015) define el conchado como el proceso en el que se aplican fuerzas de cizallamiento para separar aglomerados desmenuzables procedentes del refinado, convirtiéndose en un líquido homogéneo de baja viscosidad con el fin de que la pasta pierda acidez y una parte de las últimas trazas de humedad. Para lo cual, en las máquinas denominadas conchas se calienta la masa procedente del refinado a una temperatura de entre 60 a 80 °C (Coello 2011).

Este proceso se lleva a cabo en dos partes: La primera es el conchado en seco, que utiliza el máximo de fricción entre las partículas de cacao y los cristales de azúcar para pulir sus ángulos salientes. La segunda es el conchado líquido, en que se agrega manteca de cacao. Para finalizar, se incorpora un emulsionante natural, la lecitina de soya, para licuar mejor y homogenizar la mezcla. En el conchado, la pasta, mantenida a una temperatura entre 60 y 80 °C, es agitada y alisada en grandes cavas durante uno o tres días, así, la pasta adquiere una

firmeza que dará al chocolate una suavidad y cremosidad al paladar humano (FUNDESYRAM 2015).

2.5.8. Atemperado

El atemperado del chocolate es una etapa crítica en la elaboración de chocolates debido a que en esta etapa se cristaliza la manteca de cacao con el fin de desarrollar textura, brillo y sensación agradable (Martínez 2006 citado por Jácome 2015).

La manteca de cacao presenta una característica especial que es el polimorfismo que significa que cristaliza en varios modos diferentes. Según Rincón y Herrera (2013) la manteca de cacao presenta seis formas polimórficas las cuales son: γ , α , β'_2 , β'_1 , β_2 y β_1 . Habitualmente, en el caso particular del cacao se emplea otra nomenclatura para estas celdas. Las mismas se conocen como I, II, III, IV, V, VI en orden de estabilidad termodinámica creciente.

Según Ruiz *et al.* (2012) las formas V y VI son las más estables y son empaquetamientos de longitud de tres cadenas, siendo la forma V la deseada para la elaboración de chocolate. El resto de las formas es de dos cadenas, siendo las formas I, II y III muy inestables.

A los tratamientos térmicos que se aplican para la elaboración del chocolate se le denomina temperado y consiste en la reducción de la temperatura del chocolate que en el conchado alcanzó entre 60 y 80 °C, a 28 °C garantizando la cristalización de una cantidad mínima de manteca en cristales del tipo estable, aproximadamente el 1%. Mientras que los cristales del tipo inestable están listos para ser moldeados. Después se vuelve a calentar sin sobrepasar los 35 °C, para volver a darle fluidez, evitando que se funda la grasa cristalizada (Oliveras 2007).

FUSADES (s.f.) afirma que si el proceso de temperado se ha realizado de forma óptima se obtendrá un chocolate con las siguientes características: buenas propiedades de viscosidad y de límite de fluidez durante la utilización, contracción de solidificación adaptada, brillo perfecto, textura y fusión agradables, sin burbujas de aire, mejora de la transferencia de sabor, resistencia al blanqueo de grasa ("Fat bloom") y buenas propiedades de almacenaje.

Por el caso contrario, si este proceso no se ha realizado de forma óptima, se observarán los siguientes defectos de elaboración: brillo insuficiente, ausencia del rompimiento claro (crack), fusión defectuosa y contracción insuficiente (FUSADES s.f.).

El Fat bloom o blanqueamiento del chocolate según Tisoncik (2013) es un defecto físico que aparece durante el almacenamiento, y se caracteriza como una capa blanquecina en la superficie exterior. El impacto de este fenómeno es muy grande desde el punto de vista comercial, ya que afecta dos atributos sensoriales principales del chocolate como lo son el color y brillo.

El blanqueo del chocolate está relacionado con la forma polimórfica VI la cual según Rincón y Herrera (2013) aparece por factores internos como incompatibilidad entre las materias grasas presentes en el caso de mezclas, sensibilidad a las fluctuaciones de temperatura de la grasa empleada, la presencia de pequeñas cantidades de lípidos distintos a los triglicéridos y la obtención de productos con superficies defectuosas que estimulan cambios en la forma cristalina de la materia grasa. Así mismo, por factores externos de los cuales se puede mencionar: la temperatura de almacenamiento y las fluctuaciones térmicas que puedan ocurrir.

2.5.9. Moldeado

La finalidad del moldeado es la continuación de la cristalización de tal manera que al final tendremos el 75% de cristales, entonces, no se trata en primera línea de enfriar el chocolate, si no de eliminar el calor de cristalización. Cabe destacar, que de un enfriamiento demasiado rápido resultará la formación de cristales de punto de fusión más alto, así se forman cristales inestables con un bloqueador de grasa más rápido (FUSADES s.f.).

Para este proceso, el chocolate es vertido en moldes metálicos para darle forma de barras, tabletas, bolas, entre otras formas. Además, es el momento de añadir los ingredientes como frutos secos, y almendras (Oliveras 2007). Los moldes con chocolate son colocados sobre mesas vibrantes para repartir uniformemente la pasta y suprimir las bolas de aire. Esos moldes pasan luego a través de túneles de enfriamiento (entre 3 °C y -12 °C): el chocolate se contrae y cristaliza. Después viene el desmolde y el embalaje del producto (FUNDESYRAM 2015).

Para elaborar chocolates rellenos FUSADES (s.f.) recomienda vaciar el chocolate temperado en los moldes, luego darle vuelta a los moldes sobre una bandeja para quitar el exceso a que quede hueco y refrigerarlo una hora. Posteriormente sacar el chocolate de la refrigeradora y rellenarlo al gusto, seguidamente calentar el chocolate con el que va a ser cubierto el relleno entre 29 °C a 31 °C, verterlo y dejar reposar por 6 horas y empacarlo.

2.5.10. Envasado

El empaque clásico para el chocolate es el papel aluminio, sin embargo, debido al uso de nuevos ingredientes de rápido enranciamiento, el papel ha sido sustituido por empaques de aluminio con un espesor de entre 10 µm a 14 µm. De igual forma, se utilizan capas de polietileno que ayudan a proteger de contaminación, gases y humedad. Además, los chocolates se envasan también en cajas de cartón para evitar que se rompan en el transporte (Jácome 2015).

2.5.11. Almacenamiento

Con el objeto de garantizar la máxima calidad en el chocolate se recomienda siempre que el chocolate se mantenga en lugar seco y oscuro, constante a temperaturas entre los 10 y los 18 °C, para evitar condensaciones de humedad, que la manteca migre a la superficie (fat bloom), y que no se deforme por fusión (Oriol s.f.).

Según Oriol (s.f.) otro factor a tener en cuenta es el de los olores, para lo cual recomienda que se mantenga alejado de productos que puedan alterar la percepción organoléptica del producto. Especial cuidado hay que tener con la proximidad a jabones y detergentes, habitualmente muy perfumados, y sobre todo en envases permeables a sus propios olores.

2.6. Tipos de chocolates

Actualmente existe una gran variedad de chocolates, sin embargo, el CODEX STAN 87-1981 (2016) detalla que el chocolate debe contener, referido al extracto seco, no menos del 35% de extracto seco total de cacao, del cual el 18% será manteca de cacao y el 14% por lo menos será extracto seco magro de cacao. Los diferentes tipos de chocolates se detallan a continuación:

2.6.1. Chocolate oscuro

Según IDDBA (2016) este tipo de chocolate contiene licor de cacao, manteca de cacao y edulcorante; el chocolate oscuro por su composición puede ser llamado amargo con un porcentaje mayor a 70% de cacao, semiamargo entre 50% y 70% de cacao y semidulce con un contenido entre 35% y 45% de cacao.

2.6.2. Chocolate con leche

Este tipo de chocolate contiene todos los componentes del chocolate oscuro, más leche en polvo, debe contener no menos del 10% de licor de cacao y por lo menos 12% de sólidos lácteos (IDDBA 2016).

2.6.3. Chocolate blanco

Este chocolate se constituye de manteca de cacao, leche y edulcorante, es necesario aclarar que no contiene licor de cacao. Debe contener 20% de manteca de cacao, por lo menos 14% de sólidos lácteos y menos del 55% de edulcorantes (IDDBA 2016).

2.7. Análisis sensorial

En general, Hernández (2005) define el análisis sensorial como la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo con las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo, del espacio y del tiempo principalmente.

El análisis sensorial, es un referente obligado para lograr un mejor desempeño en la investigación y desarrollo de nuevos productos alimenticios (Ramírez 2012). Para poder obtener resultados concluyentes es necesario un correcto diseño experimental y un análisis estadístico apropiado (Gonzales *et al.* 2014).

En el análisis sensorial se utilizan las pruebas sensoriales las cuales son un instrumento para dar respuesta a un bagaje de preguntas formuladas para determinar la calidad de un producto

(Hernández 2005). De acuerdo con Liria (2007) existen tres tipos de pruebas sensoriales: discriminatorias afectivas o hedónicas y descriptivas detallándose a continuación:

2.7.1. Prueba discriminatoria

Las pruebas discriminatorias se usan para detectar diferencias, aunque no necesariamente detectan el tipo de diferencia encontrada. Generalmente se usa cuando queremos introducir un nuevo producto y queremos saber si este es diferente al anterior. Dentro de las pruebas discriminatorias podemos encontrar: pruebas de comparación pareada, prueba triangular y prueba dúo-trío.

2.7.2. Prueba afectiva

Las pruebas afectivas o hedónicas se refieren al grado de preferencia y aceptabilidad de un producto. Este tipo de pruebas permiten no sólo establecer si hay diferencias entre muestras, sino el sentido o magnitud de esta. Dentro de las pruebas afectivas o hedónicas podemos encontrar: pruebas de preferencia (preferencia pareada y categorías de preferencia) y pruebas de aceptabilidad (prueba de Likert y escala grafica lineal).

2.7.3. Prueba descriptiva

Constituye una de las metodologías más importantes y sofisticadas del análisis sensorial cualitativos y cuantitativos, por grupos de personas entrenadas y estandarizadas.

Dentro de las pruebas descriptivas podemos encontrar pruebas de: perfil de sabor, perfil de textura y análisis cuantitativo (estimación magnitud, grados o porcentajes, valoración de atributos).

2.7.4. Paneles sensoriales

El instrumento de prueba para el análisis sensorial es el panel de personas reclutadas para realizar tareas específicas de evaluación sensorial.

Existen varios tipos de panelista de acuerdo con el estudio que se esté realizando: panelistas expertos, panelistas entrenados o panelistas de laboratorio y panelistas consumidores. Los dos primeros son empleados en el control de calidad en el desarrollo de nuevos productos o para cuando se realizan cambios en las formulaciones. El segundo grupo es empleado para determinar la reacción del consumidor hacia el producto alimenticio (Hernández 2005).

La importancia de un buen diseño del panel evaluador lleva a cumplir ciertos requisitos. En el caso de evaluaciones sensoriales con jueces afectivos, aleatorios no entrenados; Surco y Alvarado (2011) definen como conveniente conformar un panel de degustación que reúna las siguientes características: en referencia al tamaño del panel se necesitan como mínimo 10 personas para que los resultados sean significativos. Además, los evaluadores deben ser consumidores habituales del producto evaluado y tomados al azar.

2.7.5. Sitio para las pruebas sensoriales

El desarrollo de las pruebas se debe realizar, en un lugar que cumpla con condiciones que favorezcan resultados eficientes, se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

El área debe estar retirada de ruidos, por lo cual debe ser un lugar tranquilo, además, tener una temperatura ambiente entre 18 y 22 °C, como también tener una iluminación natural y uniforme. Por otra parte, el lugar debe tener buena ventilación libre de olores extraños y el color de las paredes debe ser claro que no interfiera con el producto (Hernández 2005).

2.7.6. Muestras

Para Hernández (2005) las muestras deben estar a la temperatura que normalmente se consume el producto, para productos cocinados a 57 °C, refrescos y bebidas que se consumen frías entre 4 y 10 °C. En cuanto al tamaño de la muestra, este depende de la cantidad de muestras que deba probar el panelista, para lo que se recomienda: para alimentos pequeños como dulces, chocolates y caramelos, la muestra debe ser una unidad, para alimentos a granel debe ser 25 g y para sopas y bebidas frías 15 ml y 50 ml respectivamente.

2.7.7. Análisis sensorial del chocolate

En el análisis sensorial del chocolate, se evalúa la intensidad de los parámetros como: textura, apariencia, sabor, olor, entre otras características. Cabe destacar, que para el aroma y gusto

por el chocolate no existe un valor absoluto agradable y correcto, depende de cada proceso y materia prima. Es importante que el chocolate no presente sabores extraños que alerten de fallas en el proceso de elaboración del licor de cacao, conchado o de un incorrecto empaquetamiento o almacenamiento (Beckett 2000 citado por Jácome 2015).

Para dicho análisis sensorial, consumidores sin previo entrenamiento pueden detectar problemas en acidez, humedad, textura, apariencia y fundido (Jácome 2015).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación consistió en formular y evaluar la aceptación de tres barras de chocolate utilizando como materia prima: cacao, panela granulada y nuez de marañón, comparadas con una formulación testigo compuesta de cacao y azúcar glas. El proceso de elaboración de las barras de chocolate comprendió desde el manejo poscosecha del cacao hasta la elaboración del producto final como se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 3.

El análisis sensorial se realizó con panelistas no entrenados utilizando una prueba afectiva y una descriptiva, obteniendo como resultado el tratamiento con mayor aceptación (sabor, color, olor y textura) por los panelistas. A las tres formulaciones y la formulación testigo se le realizó un análisis bromatológico y un análisis microbiológico para determinar la calidad según el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 67.04.50:17).

3.1. Ubicación

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en tres lugares diferentes. La cosecha y poscosecha del cacao se realizó en la finca Las Marías en el cantón La Laguneta municipio de Guadalupe departamento de San Vicente. El procesamiento se llevó a cabo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador ubicada en el municipio de San Luis Talpa, La Paz (Figura 4). Finalmente, la recopilación de datos se realizó en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Paracentral en el municipio de San Vicente, departamento de San Vicente.

3.2. Materias primas y equipos

3.2.1. Equipo y utensilios

Para el proceso de elaboración de las barras de chocolate se utilizaron diferentes equipos y utensilios como: molino nixtamal, tostadora de granos, conchadora y refinadora, prensadora manual, medidor de humedad de granos, termómetro digital, recipientes plásticos, moldes de silicón, papel aluminio, cocina industrial, hielera de poliestireno, cama de secado, colador y báscula digital (Figura A – 3).

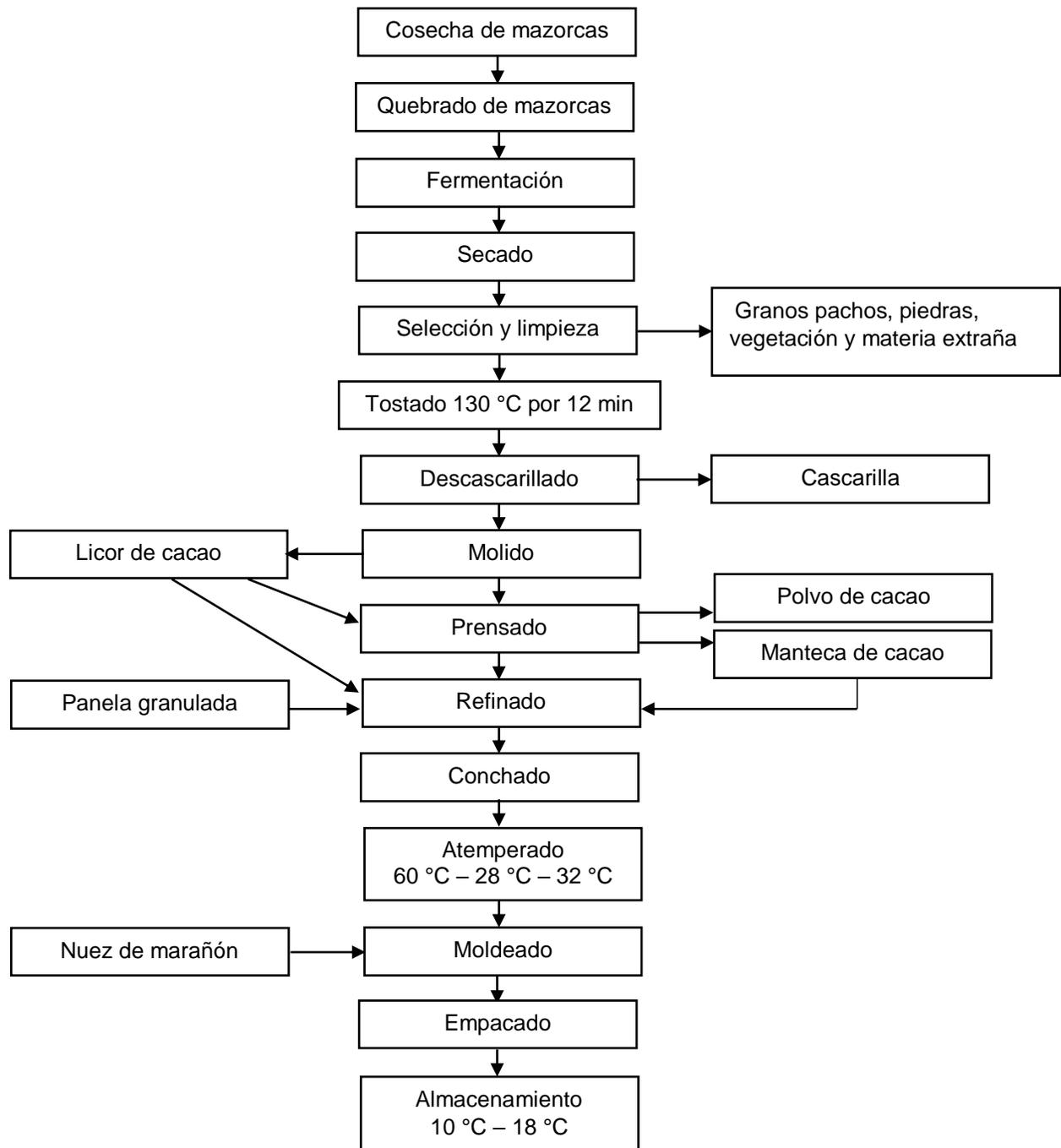


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de barras de chocolate.

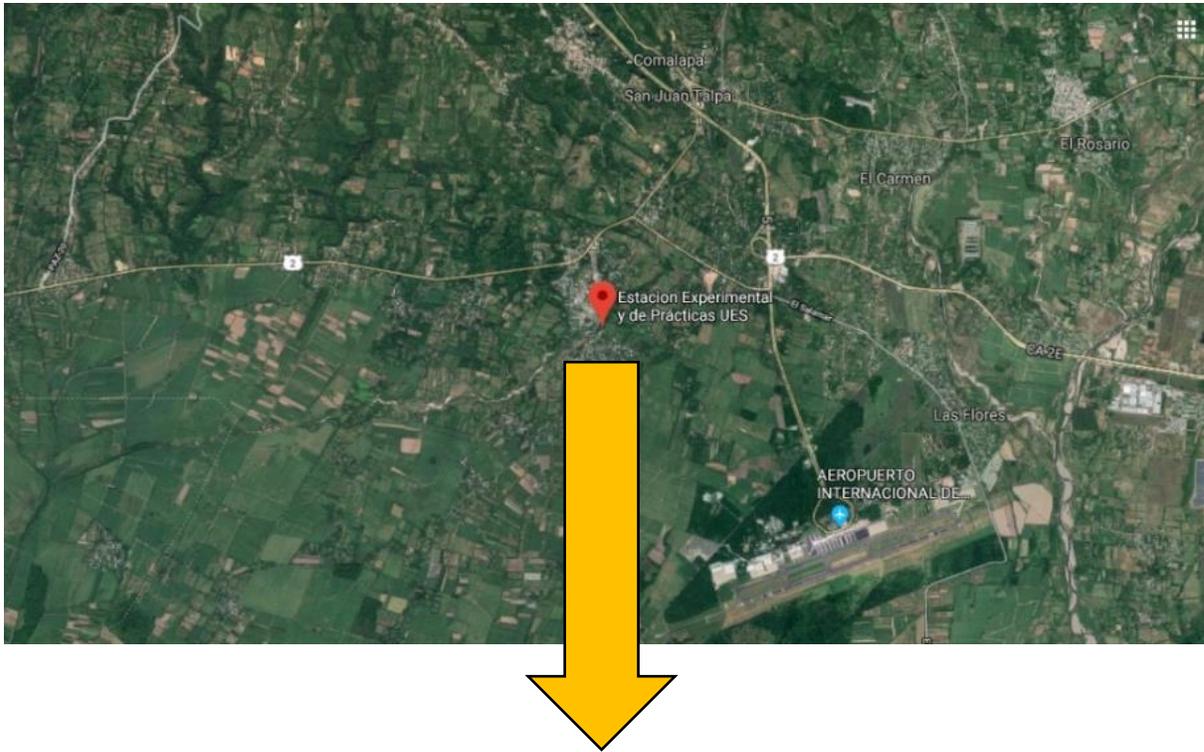


Figura 4. Ubicación campo experimental y de prácticas UES.

Fuente: Tomado de Google Maps.

3.2.2. Descripción de la materia prima

Se obtuvieron 2.27 kg (5 lb) de panela granulada en la Asociación Cooperativa de Producción Agroindustrial, Aprovechamiento, Comercialización, Ahorro y Crédito de Productores de Dulce de Panela del Valle de Jiboa ACOPANELA DE R. L. ubicada en el barrio El Calvario, San José Verapaz, departamento de San Vicente, y se obtuvo 0.908 kg (2 lb) de nuez de marañón (conocida localmente como miga ya que nace de un proceso agroindustrial en donde cierta parte de semilla es quebrada durante su manipulación) en la Asociación de Productores Agroindustriales Orgánicos de El Salvador (APRAINORES) ubicada en el cantón San Carlos Lempa, Tecoluca, departamento de San Vicente. Por otra parte, se obtuvieron 0.908 kg (2 lb) de azúcar glas.

El cacao utilizado pertenece al grupo genético conocido como Trinitario y se utilizó para el proceso 17.27 kg de cacao con mucilago. En los siguientes apartados se describen los procedimientos de manejo poscosecha del cacao. Además, se describe parte del proceso hasta obtener licor de cacao como también manteca de cacao, materia prima principal de la formulación.

3.3. Descripción del proceso de elaboración de barras de chocolate

Cosecha de mazorcas de cacao

Se identificaron las mazorcas con índice de madurez óptimo, cuyo indicador es el cambio de color de las paredes externas de la mazorca. Según IDIAF (2011) los frutos de color verde cambian a tonalidad amarilla y los frutos de color rojo cambian a tonalidad anaranjada. Se realizó el corte con tijera de podar (conocida como pico de loro) evitando dañar el cojinete floral (Figura 5). Posteriormente, las mazorcas fueron trasladadas al centro de acopio de la finca.

Quebrado de mazorcas

El quebrado de la mazorca consistió en dar un golpe con un mazo de madera, procedimiento recomendado por Ávila *et al.* (2013). Este autor detalla que el uso del machete puede herir las semillas, haciéndolas más susceptibles al ataque de hongos e insectos.



Figura 5. Corta de mazorcas de cacao con tijera de podar.

Luego de abrir las mazorcas se extrajo la semilla de forma manual, evitando seleccionar la semilla pacha o germinada (Figura 6) y se colocó en un recipiente plástico. Al terminar este proceso se pesó el total de semilla, obteniendo 17.27 kg (39 lb). Posteriormente, las semillas fueron trasladadas a una hielera de poliestireno para su fermentación.

Fermentación

Las semillas (recubiertas de mucilago) fueron fermentadas en una hielera de poliestireno (Figura 7), método recomendado por Sukha y Seguíne (2015), para fermentar cantidades de cacao entre 15 y 30 kg. Las paredes internas de la hielera se recubrieron con hojas de guineo (*Musa paradisiaca*) y posteriormente se depositaron las semillas, luego se procedió a sellar herméticamente para generar condiciones anaerobias, se realizaron volteos a las 48, 72 y 96 horas, quedando apto para someterse al secado a las 120 horas, siendo este procedimiento descrito por Paredes (2004).



Figura 6. Extracción de semillas de cacao de forma manual.



Figura 7. Hielera de poliestireno con semillas de cacao.

Durante cada volteo se llevó a cabo el control de la temperatura (Figura A – 4), según Ávila *et al.* (2013) debe oscilar entre los 45 y 50 °C para obtener una buena fermentación.

Para concluir la fermentación, se realizó la prueba de corte en húmedo recomendada por García y Martínez (2018), la cual consistió en tomar 50 granos de diferentes puntos en la fermentación y se depositaron en un recipiente plástico para homogenizar la muestra, una vez mezclados se tomaron 25 granos del total de la muestra los cuales se partieron longitudinalmente con una navaja y se procedió a realizar la prueba de corte en húmedo. El grano bien fermentado tiene un agrietamiento pronunciado del cotiledón, color café o marrón oscuro y presencia en el interior de líquido color vinoso o marrón achocolatado. Si se tienen entre 16 y 17 granos (64-68%) bien fermentados, la fermentación se dará por finalizada para lo cual se tomó como referencia el comportamiento del grano de cacao según los días de fermentación descrito por Batista (2009).

Secado

Después de haber fermentado los granos de cacao, se realizó el proceso de secado en una malla de plástico ubicada a 30 cm del suelo, para evitar contacto con la superficie del suelo (Figura A - 5). Ávila *et al.* (2013) afirma que los granos de cacao contienen 55% de humedad después de haber sido fermentados y debe reducirse hasta el 7%. Tomando en cuenta el proceso que recomienda Dubón (2016), el secado se realizó de la siguiente manera (Cuadro 1).

Cuadro 1. Proceso de secado del cacao: día, número de horas de exposición al sol.

Día	Número de horas al sol
Primero	2
Segundo	4
Tercero	6
Cuarto – hasta estar seco	8

Durante el secado se removió el grano de forma manual cada 30 min del primero al tercer día y cada hora el cuarto día hasta que el grano alcanzó las condiciones de secado.

Determinación de la humedad del grano

Se realizó la prueba de puñado descrita por Ávila *et al.* (2013) y consistió en frotar con una mano aproximadamente 30 granos de cacao, según este autor al realizar el procedimiento los granos emiten un sonido crujiente cuando tienen una humedad entre el 6% y 8%.

Determinación de la calidad del grano

Se determinó la calidad del grano de cacao por medio de la prueba de corte descrita por Batista (2009) y consistió en tomar 100 granos de forma aleatoria partiéndolos longitudinalmente de manera que los cotiledones quedaran divididos en dos mitades, haciendo posible la observación de las características (Tabla 1) a fin de clasificar los granos de cacao lo planteado por Cubillos *et al.* (2008).

Se estableció el peso del grano (IG) mediante la siguiente fórmula, tomando una muestra representativa de 300 granos de cacao (Aguilar 2016).

$$IG = \frac{\text{Peso de la muestra (g)}}{300}$$

Datos:

IG = índice de grano

300 = 300 granos

Peso de la muestra en g = peso de 300 granos

Tabla 1. Características de los granos de cacao después de la fermentación.

Tipo de grano	Características
Bien fermentado	Color externo café anaranjado, granos rollizos o hinchados-inflados y, sobre todo, por su olor agradable. El interior es de textura agrietada, color café chocolate.
Regularmente fermentado	Presenta un color violeta y levemente agrietado.
Pizarrosos	Se reconocen por su característico color pizarra y textura de queso seco.
Mohosos	Color blanquecino en el interior y exterior del grano.
Germinados	El germen del grano se desprende y deja un hueco redondo en la testa o cascarilla. El grano queda predispuesto a ser invadido por hongos o al ataque de insectos.
Aplanado	Son granos imperfectamente desarrollados con muy poco contenido de almendra
Infestado por insectos	Se observa daño en la estructura del grano.

Fuente: Elaborado con base en: Cubillos *et al.* 2008 y Dubón 2016.

Para determinar cuántas mazorcas de cacao se necesitan para obtener un kilogramo de granos de cacao seco (IM), se obtuvo el índice de mazorca haciendo uso de la fórmula descrita por García y Martínez (2008), para tal fin se contó el número de granos de cacao de 10 mazorca de tamaño mediano a grande y se obtuvo un promedio (Cuadro A – 4).

$$IM = 1000 / IG / Semfrut$$

Datos:

IM = índice de mazorca

1000 = 1000 g

IG = índice de grano

Semfrut = semillas por fruto

Limpieza y selección de granos

La limpieza y selección de granos se hizo de forma manual eliminando granos pachos, quebrados, dañados por insectos, infestados por mohos y materias extrañas como hojas u otros (Figura 8).



Figura 8. Selección y limpieza de granos de cacao.

Medición de la humedad del grano de cacao

Para comprobar que la humedad de los granos de cacao estuviese en el valor adecuado el cual según Ávila *et. al* (2013) debe ser entre el 6 y 8%. Para este procedimiento, se tomó una muestra al azar de 30 granos y se colocó en el medidor de humedad de granos portátil MT-PRO (Figura 9), se encendió el equipo y se procedió a hacer la lectura.



Figura 9. Granos de cacao dentro del medidor de humedad.

Tostado de granos de cacao

Los granos de cacao seleccionados se colocaron en la tolva de un prototipo de tostadora industrial de 746 A y 220 V, la tostadora se calentó previamente a 130 °C y se introdujo el grano. El tostado se llevó a cabo a 130 °C durante dos min, luego se redujo la temperatura a 120 °C por dos min, posteriormente se redujo a 115 °C por cuatro min, seguidamente se apagó el fuego de la tostadora y se dejó los granos de cacao en el tambor rotativo por dos min. Para finalizar el proceso, los granos de cacao fueron depositados en el enfriador rotativo de la tostadora. Como indicador del tostado de grano se realizaron pruebas de desprendimiento de la cascarilla presionando el grano de cacao con los dedos índice y pulgar, tomando muestras cada dos min.

Descascarillado

Luego de haberse enfriado los granos de cacao se realizó el descascarillado de forma manual sobre mesas de acero inoxidable para su posterior triturado, así como el pesaje de cascarilla obtenida.

Molido

Concluido el descascarillado, los granos de cacao fueron pesados y posteriormente molidos en un molino nixtamal. El licor de cacao fue molido 3 veces para lograr reducir el tamaño de las partículas. Posteriormente, el licor de cacao fue pesado y empacado en bolsas plásticas de polietileno de acuerdo con la cantidad utilizada en las formulaciones y prensado, almacenándola en refrigeradora a 16 °C.

Prensado

Luego de haber obtenido el licor de cacao se realizó el prensado de esta, con el objetivo de obtener manteca de cacao. Este procedimiento se efectuó en un prensador manual de acero inoxidable y para evitar pérdidas de licor en las paredes perforadas de la prensa, se utilizaron mantas de colar para su posterior prensado (Figura 10), posteriormente, se colocó una bandeja en la parte inferior de la prensa donde se depositaría la manteca extraída. Se procedió a girar el tornillo sin fin para generar presión en el licor de cacao, realizando la extracción durante 24.



Figura 10. Licor de cacao en mantas de colar

Para facilitar la extracción, la prensadora se colocó al sol durante las horas diurna ya que el aumento de temperatura funde la grasa y vuelve más fácil su extracción (Figura 11), en las horas nocturnas la prensadora fue colocada dentro de la planta de procesamiento.

3.3.1. Formulación y elaboración de barras de chocolate

La formulación de la barra de chocolate semiamargo se basó en el CODEX STAN 87-1981 (2016) y en la Norma Salvadoreña para el Chocolate NSR 67.00.79:99.

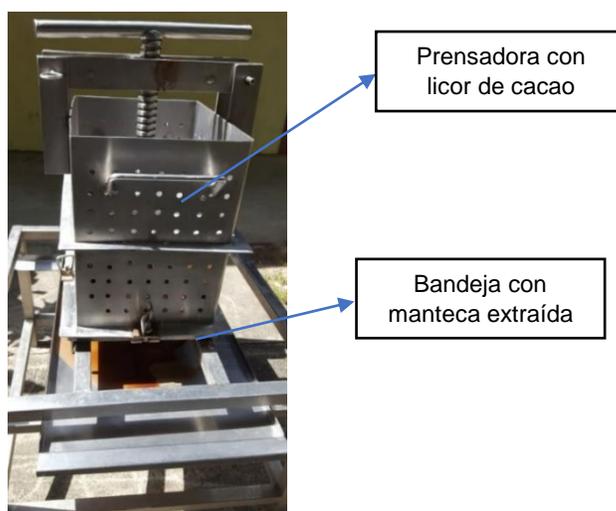


Figura 11. Extracción de manteca de cacao

Las normas mencionadas anteriormente determinan que el chocolate debe contener más del 18% de manteca de cacao, más del 14% de extracto seco desgrasado de cacao y más del 35% de extracto total de cacao. Además, se tomó en cuenta los porcentajes de cacao y edulcorantes que debe contener un chocolate semiamargo, siendo según DDBA (2016), entre el 50 y 70% de cacao.

Con base en el enunciado anterior se procedió a formular los tres tratamientos a evaluar y el tratamiento testigo detallándose los porcentajes respectivos (Cuadro 2).

Se estimó que para el desarrollo de la investigación se necesitarían 1 300 g de chocolate, considerando 900 g para la prueba afectiva y descriptiva, 100 g para análisis microbiológicos, 200 g para análisis bromatológico y 100 g de pérdidas en el procesamiento.

Con los datos anteriores de porcentajes por formulaciones y la estimación de la cantidad de chocolate a producir, se determinó el peso de la materia prima que se necesitó (Cuadro 3).

Cuadro 2. Formulaciones de barras de chocolate para cada uno de los tratamientos.

Materia prima	Tratamientos %			
	T0	T1	T2	T3
Licor de cacao	57	65	57	50
Panela granulada	36*	23	26	30
Nuez de marañón	0	5	10	13
Manteca de cacao	7	7	7	7
Total	100	100	100	100
Azúcar glas*				

Cuadro 3. Peso de materia prima por cada formulación.

Materia prima	Peso por tratamiento en g			
	T0	T1	T2	T3
Licor de cacao	741	845	741	650
Panela granulada	468 *	299	338	390
Nuez de marañón	0	65	130	169
Manteca de cacao	91	91	91	91
Total	1 300	1 300	1 300	1 300
Azúcar glas*				

Elaboración de las barras de chocolate

El proceso descrito a continuación, se realizó bajo condiciones de limpieza, desinfección y buenas prácticas de manufactura para garantizar la inocuidad del producto. Tuvo una duración de cinco días en total y se realizó en el mes de julio de 2019. Las actividades realizadas son descritas a continuación:

Pesado

El pesado de la materia prima se realizó en una balanza digital de acuerdo con las cuatro formulaciones. Se taró el recipiente y se pesó el licor de cacao, manteca de cacao, panela granulada y el azúcar glas (Figura 12). La panela granulada fue tamizada en una malla de 18 mesh (colador casero), ya que poseía gránulos que podían dañar el equipo de conchado y refinado. La panela retenida en el tamizador fue separada del proceso.

Conchado y refinado

El proceso de conchado y refinado se llevó a cabo en un equipo de doble función de 124.33 A y 110 V. El proceso se llevó a cabo adicionando cantidades pequeñas de licor de cacao evitando generar una pasta gruesa en los rodillos de la conchadora y refinadora, luego de haberse refinado durante una hora, se comenzó adicionar la panela en cantidades de 40 g cada 15 minutos y al mismo tiempo se adicionó la manteca de cacao en cantidades de 8 g (Figura 13).



Figura 12. Pesado del azúcar glas



Figura 13. Proceso de conchado y refinado: a) adición de panela granulada b) adición de manteca de cacao

Atemperado

Finalizado el proceso de conchado y refinado se procedió a atemperar el chocolate, proceso que consistió en aumentar la temperatura del chocolate a 60 °C colocándolo en baño María a 80 °C, posteriormente se redujo a 28 °C colocando el recipiente conteniendo chocolate sobre un recipiente con agua y hielo (Figura 14), finalmente se aumentó la temperatura a 32 °C colocando nuevamente en baño María quedando el chocolate apto para ser moldeado, los cambios de temperatura se realizaron inmediatamente que el chocolate había alcanzado la temperatura establecida por este proceso. Durante este proceso se agitó el chocolate con una espátula de silicón para lograr una temperatura homogénea llevando el control de temperatura con un termómetro digital de aspa.



Figura 14. Proceso de atemperado: chocolate sobre recipiente con agua y hielo para reducir temperatura.

Moldeado

Concluido el proceso de atemperado se procedió a moldear el chocolate. Para facilitar el llenado de los moldes, el chocolate se colocó en bolsas de plástico transparente, se pesó el chocolate obtenido del proceso anterior y posteriormente se pesó el porcentaje correspondiente de nuez de marañón en una báscula digital. Para obtener la cantidad de nuez de marañón por barra de chocolate, se sumó el peso del chocolate obtenido y el peso de la nuez de marañón correspondiente al porcentaje del tratamiento y se dividió entre 24, ya que el molde tiene capacidad para formar barras de 24 g. Luego de obtenida la cantidad de barras de chocolate, se dividió el peso de la nuez de marañón correspondiente al tratamiento entre el número de barras de chocolate.

Posteriormente, se agregó chocolate hasta la mitad de los moldes y se adicionó la cantidad de nuez de marañón correspondiente por barra de chocolate (Figura 15), seguidamente se cubrió el resto del molde con chocolate. Los moldes llenos se colocaron en refrigeración a 16.8 °C por 6 horas.

Empacado

Seguidamente de haber cumplido seis horas en refrigeración, se procedió a desmoldar haciendo presión en la parte inferior del molde y extrayendo el chocolate, se empacó en papel aluminio y fueron puestos en refrigeración en bolsas plásticas de polietileno con cierre hermético e identificados por tratamiento (Figura 16).



Figura 15. Adición de nuez de marañón a los moldes con chocolate.

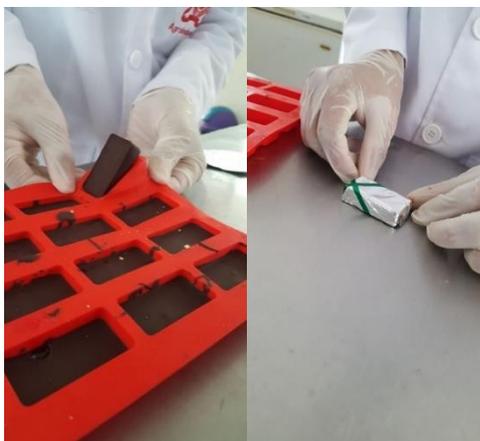


Figura 16. Proceso de desmoldado y empackado de chocolate

3.3.2. Determinación de mermas durante las etapas de producción de las barras de chocolate

Para determinar los rendimientos de materia prima en cada etapa del proceso de producción se tomó el peso antes y después de cada procedimiento desde la fermentación hasta la obtención del producto final.

3.3.3. Determinación de costos de producción

Se realizó un análisis de costos de producción para la elaboración de 1 300 g de chocolate, tomando en cuenta los costos de los granos de cacao, nuez de marañón, panela granulada y consumo energético de los equipos utilizados. Para estimar la cantidad de gramos de cacao requerida para cada tratamiento se tomaron en cuenta las pérdidas del proceso de tostado, descascarillado y molienda que se estima son del 20.12% así como también las mermas durante el conchado y refinado que son de 3.23%.

3.3.4. Análisis sensorial

La prueba sensorial se llevó a cabo en el salón de post grado en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Paracentral, San Vicente, El Salvador. Con 32 panelistas consumidores no entrenados con edades de entre los 18 años a los 55 años (Figura A - 6), para dicho análisis se presentaron muestras de 8 g de las cuatro formulaciones que los

panelistas degustaron y según su percepción de sabores identificaron el de su preferencia y las características del perfil de sabor.

La recolección de datos cualitativos se realizó a través de una prueba afectiva de tipo escala gráfica lineal de diez cm con dos extremos: atrayente y no atrayente elaborada con base en Gonzales (2014) donde se evaluaron las variables: color, olor, sabor y textura. Para cuantificar los datos se utilizó una regla de 20 cm y se midió donde fue colocado el punto por los panelistas en la escala gráfica lineal (Figura A – 7).

Además, se realizó una prueba descriptiva para identificar el perfil del sabor del chocolate elaborada con base en Hernández (2005) evaluando el grado de percepción de los panelistas en una escala del uno al cinco de las características: aroma a chocolate, sabor a chocolate, dulzura, acidez, amargor, astringencia, consistencia grumosa, rompimiento claro (crack), brillo y color oscuro (Figura A – 8).

3.4. Metodología de laboratorio

A las 3 formulaciones de barras de chocolate y la formulación testigo se les realizó un análisis bromatológico determinando humedad, materia seca, ceniza, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y carbohidratos, así mismo se realizó un análisis microbiológico para determinar si se cumple con los criterios de calidad establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 67.04.50:17).

3.5. Metodología estadística

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para analizar los datos obtenidos de la prueba afectiva, con un diseño experimental completamente al azar con el Software SPSS (Statistical Package for the Social Science), versión 22. Los valores con probabilidad $p \leq 0.05$, indican que existe diferencia entre las formulaciones y los valores de $p \geq 0.05$ indican que no hay diferencia entre las formulaciones. Las formulaciones que tuvieron diferencia estadística se determinó la separación de medias a través de la prueba de Tukey a un nivel de confiabilidad del 95%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente apartado se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, desde el proceso de fermentación, resultados de la prueba de corte en húmedo y seco, índice de grano y mazorca. Además, se describen los resultados en cuanto al rendimiento en peso de producto final y costo de las materias primas que se utilizaron en la elaboración de las barras de chocolate. Además, se detallan los resultados de las pruebas afectivas y descriptivas.

4.1. Fermentación

Durante la fermentación se obtuvo un aumento de temperatura del segundo al cuarto día y una leve disminución el quinto día; siendo el segundo día de fermentación 40 °C, el tercer día 44 °C, el cuarto día 46 °C y 45 °C el quinto día (Figura 17). Por lo anterior, se puede afirmar que el cuarto y quinto día se obtuvo una buena fermentación ya que según Ávila *et al.* (2013), la temperatura debe oscilar entre 45 °C y 50 °C para que se dé un buen proceso de fermentación.

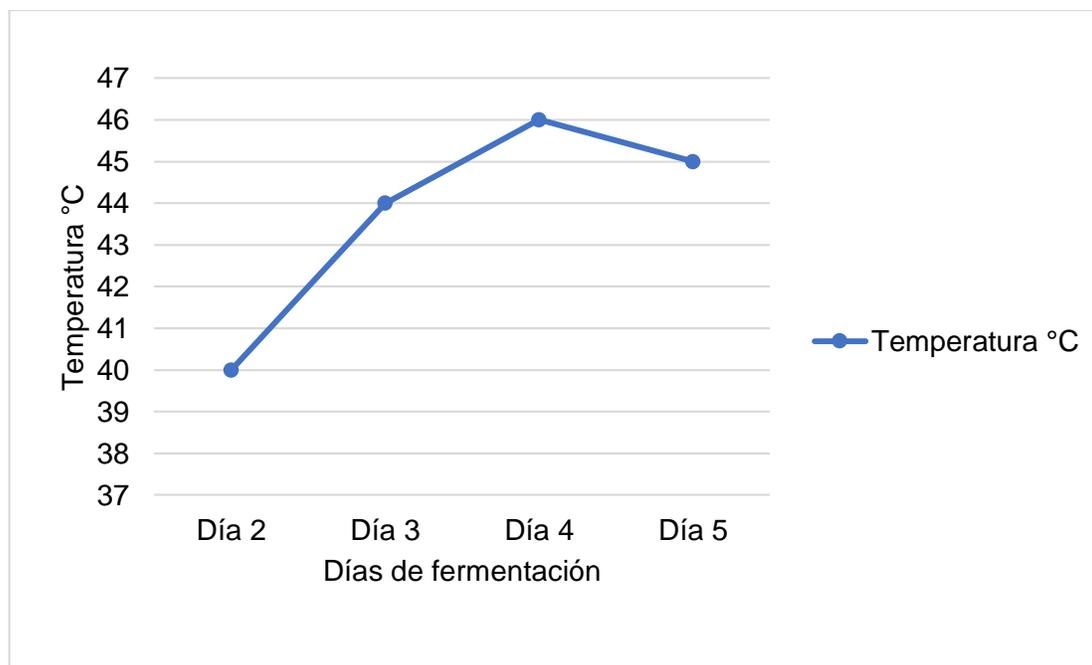


Figura 17. Variación de temperatura durante los días de fermentación del cacao.

4.2. Prueba de corte en granos de cacao húmedos

En la prueba de corte realizada a las 120 horas de fermentación (cinco días), se obtuvieron 17 granos bien fermentados y ocho granos levemente fermentados, que presentaron características como coloración morada y/o presencia de embrión (Figura A - 9) correspondientes a 68% y 32% respectivamente (Cuadro 4), este valor cumplió con el criterio mencionado por García y Martínez (2018) quien afirma que, si se tienen entre 16 y 17 granos (65-68%) bien fermentados, la fermentación se da por finalizada. Por lo tanto, se procedió a realizar el proceso de secado a las 120 horas.

4.3. Prueba de corte en granos de cacao secos

Luego de finalizado el proceso de fermentación se procedió a colocar los granos en una malla plástica de diez mesh para iniciar el proceso de secado del grano, para verificar que el proceso cumpliera con los requisitos, se seleccionó una muestra al azar de 100 granos y se obtuvieron 67 granos bien fermentados, 31 granos regularmente fermentados, 2 granos pizarrosos (Figuras A - 10, A -11 y A -12) siendo en porcentajes respectivamente 67%, 31% y 2% (Cuadro 5). No se presentaron granos mohosos, pachos e infestados por insectos. Con los resultados de la prueba de corte se cumplió con los requisitos mínimos para granos de cacao de calidad los cuales según Cubillos *et al.* (2008) deben cumplir con 65% de granos bien fermentados, un máximo de 35% de granos regularmente fermentados, 3% de granos pizarrosos, 3% de granos mohosos y 3% de granos germinados, pachos e infestados por insectos.

4.4. Índice de grano e índice de mazorca

El índice de grano e índice de mazorca se utiliza para obtener el peso del grano y el número de granos que se necesitan para tener un kg de granos secos, describiéndose los resultados:

Cuadro 4. Resultados prueba de corte.

Característica del grano	Número de granos	Porcentaje
Granos bien fermentados.	17	68
Granos levemente fermentados con coloración morada y/o presencia de embrión.	8	32

Cuadro 5. Resultados prueba de corte realizada en granos de cacao durante el proceso de secado para monitorear el proceso.

Característica del grano	Porcentaje
Granos bien fermentados	67
Granos regularmente fermentados	31
Granos pizarrosos	2
Granos mohosos	0
Granos germinados, pachos e infestados por insectos	0

El peso promedio del grano de cacao utilizado fue de 1.08 g, siendo mayor al peso mínimo (1.05 g) de un cacao de calidad descrito por Cubillos *et al.* (2008). Además, se obtuvo un promedio de 34.8 semillas por mazorca, siendo el índice de mazorca de 26.60. Es decir, que se necesitaron aproximadamente 27 mazorcas de cacao para obtener un kg de granos de cacao seco.

Para determinar el índice de grano (IG) y el índice de mazorca (IM) se realizó la operación de las fórmulas descritas a continuación:

Paso 1: Determinación índice de grano.

$$IG = \frac{\text{peso de la muestra (g)}}{300}$$

$$IG = \frac{325 \text{ g}}{300}$$

$$IG = 1.08 \text{ g}$$

Paso 2: Determinación índice de mazorca.

Datos:

1000 g que conforman 1 kg

IG: 1.08 g

Semillas por fruto (semfrut): 34.8

$$IM = 1000 / IG / \text{Semfrut}$$

$$IM = 1000 / 1.08 / 34.80$$

$$IM = 26.61$$

4.5. Mermas durante las etapas de producción de las barras de chocolate

Para estimar las mermas durante el proceso de producción del chocolate se tomó el peso al inicio y al final de cada etapa del proceso de elaboración, obteniendo pérdidas de masa en fermentación 12.81%, secado 50.43%, selección y limpieza 2.31%, tostado 4.03%, descascarillado 11.58%, molido 2.26%, prensado 16.25%, conchado y refinado para la formulación T0 3.51%, para la formulación T1 3.31%, para la formulación T2 3.50% y para la formulación T3 3.71% (Cuadros 6, 7 y 8.).

4.6. Estimación de costos de producción de las barras de chocolate

Para la estimación de costos se toma en cuenta 1 300 g de materia prima (licor de cacao, nuez de marañón, manteca de cacao y panela granulada) por formulación. Sin embargo, la cantidad de chocolate obtenida varía conforme a la formulación y las mermas durante el conchado y refinado, costos de mano de obra y energía eléctrica consumida por los equipos utilizados.

Cuadro 6. Mermas durante el proceso de producción de chocolate.

Proceso	Peso inicial (g)	Peso perdido (g)	Pérdida (%)	Peso final (g)	Rendimiento (%)	Producto obtenido
Fermentación (cacao con mucilago)	17 272.72	2 213.63	12.81	15 059.09	87.19	Cacao fermentado
Secado (cacao fermentado)	15 059.09	7 595.45	50.43	7 463.64	49.57	Cacao seco
Selección y limpieza (cacao con granos dañados y materia extraña)	7 463.64	172.30	2.31	7 291.34	97.69	Cacao limpio y seleccionado
Tostado (granos sin tostar)	7 291.34	294.05	4.03	6 997.29	95.97	Granos tostados
Descascarillado (granos con cascarilla)	6 997.29	810.78	11.58	6 186.51	88.42	Granos sin cascarilla
Molido (granos sin cascarilla)	6 186.51	140.26	2.26	6 046.25	97.74	Licor de cacao

Cuadro 7. Mermas durante el proceso de obtención de manteca de cacao.

Proceso	Peso inicial (g)	Manteca obtenida (g)	Manteca (%)	Pérdida (g)	Pérdida (%)	Producto obtenido
Prensado (licor de cacao)	3 000.00	389.25	12.98	98.25	3.27	Manteca y polvo de cacao

Cuadro 8. Mermas durante el proceso de conchado y refinado, para la producción de chocolate.

Proceso	Formulación	Peso inicial (g)	Peso perdido (g)	Pérdida (%)	Peso final (g)	Rendimiento (%)
Conchado y refinado (licor de cacao, manteca de cacao y panela granulada)	T0	1 300.00	44.00	3.51	1 256.00	96.49
	T1	1 235.00	41.00	3.31	1 194.00	96.69
	T2	1 170.00	41.00	3.50	1 129.00	96.50
	T3	1 131.00	42.00	3.71	1 089.00	96.29

Para la producción de 1 256 g de chocolate con la formulación T0 su costo fue de \$20.40 (Cuadro A - 5), ya que se elaboraron barras de chocolate de 24 g el costo de producción de cada una fue de \$0.39.

La producción de 1 259 g de chocolate con la formulación T1 tiene un costo de \$21.09 (Cuadro A - 6). Al elaborar barras de chocolate de 24 g estas tuvieron un costo de \$0.41.

Para la producción de 1 259 g de chocolate con la formulación T2 se estima un costo de \$21.01 (Cuadro A - 7). Por consiguiente, las barras de chocolate de 24 g tienen un costo de \$0.40.

La formulación T3 para 1 258 g tuvo un costo de producción de \$20.81 (Cuadro A - 8). Las barras de chocolate de 24 g con esta formulación tuvieron un costo de \$0.40.

4.7. Prueba afectiva

Para analizar los resultados obtenidos se procedió a determinar si existe algún tipo de diferencia en cuanto a las variables color, olor, sabor y textura. Si los resultados entre formulaciones muestran una probabilidad $p < 0.05$, existe diferencia estadística significativa entre las formulaciones. Por consiguiente, se debe realizar una prueba de medias a través del método de Tukey a un nivel de confiabilidad de 95%, para determinar qué formulación es la mejor estadísticamente. Si las formulaciones muestran una probabilidad $p > 0.05$, no existe diferencia significativa entre formulaciones; por lo tanto, se determina que estadísticamente son iguales.

4.7.1. Variable color

El análisis de varianza de la variable color para las formulaciones T0, T1, T2 y T3 (Cuadro A - 9), muestra un p-valor igual a 0.59, el cual es mayor que 0.05. Por lo tanto, no existe diferencia estadística significativa entre las formulaciones, tendiendo a ser similares entre sí (Figura 18).

4.7.2. Variable olor

El análisis de varianza de la variable olor (Cuadro A – 10), muestra un p-valor igual a 0.08, el cual es mayor a 0.05. Por consiguiente, no existe diferencia estadística significativa entre las formulaciones siendo similares entre sí (Figura 19).

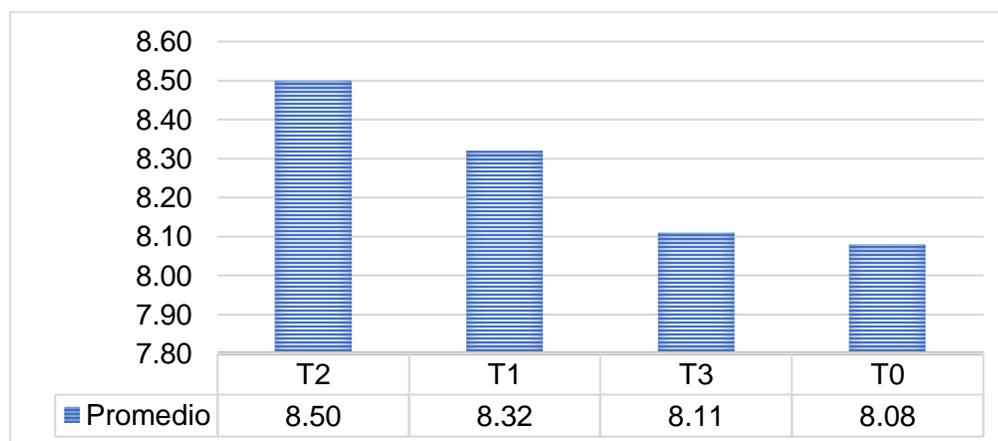


Figura 18. Promedio de resultados de variable color de las cuatro formulaciones.

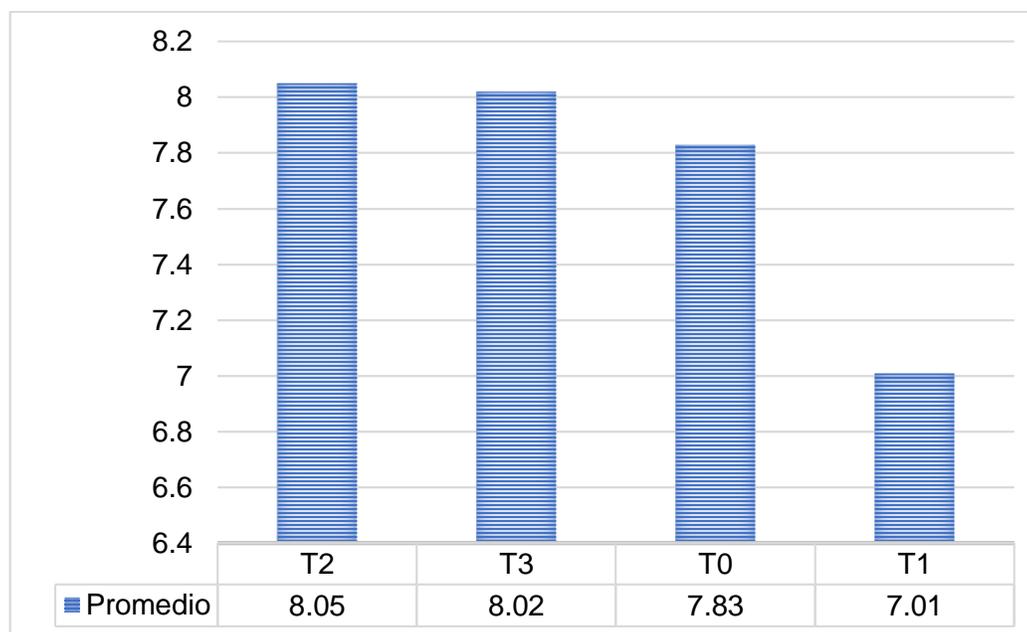


Figura 19. Promedio de resultados de variable olor de las cuatro formulaciones.

4.7.3. Variable sabor

El análisis de varianza de la variable sabor (Cuadro A - 11), muestra un p-valor igual a 0.00, siendo menor que 0.05. Por lo tanto, existe diferencia estadística significativa entre las formulaciones. Por lo que se realizó la prueba de medias de Tukey describiéndose los resultados a continuación.

La formulación T3 obtuvo mejor calificación por los panelistas con un valor promedio de 8.34 siendo estadísticamente igual que la formulación T2 que obtuvo un valor promedio de 7.73. Así mismo, T2 es estadísticamente igual que T0 el cual obtuvo un valor promedio de 6.76. T0 es estadísticamente igual que la formulación T1 la cual obtuvo la menor calificación siendo el valor promedio de 5.58 (Figura 20).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el diseño estadístico la formulación con mayor aceptación en cuanto a sabor fue la formulación T3, el cual presenta mayor porcentaje de panela granulada, nuez de marañón y menor porcentaje de licor de cacao, orientándose a la formulación con mayor dulzura.

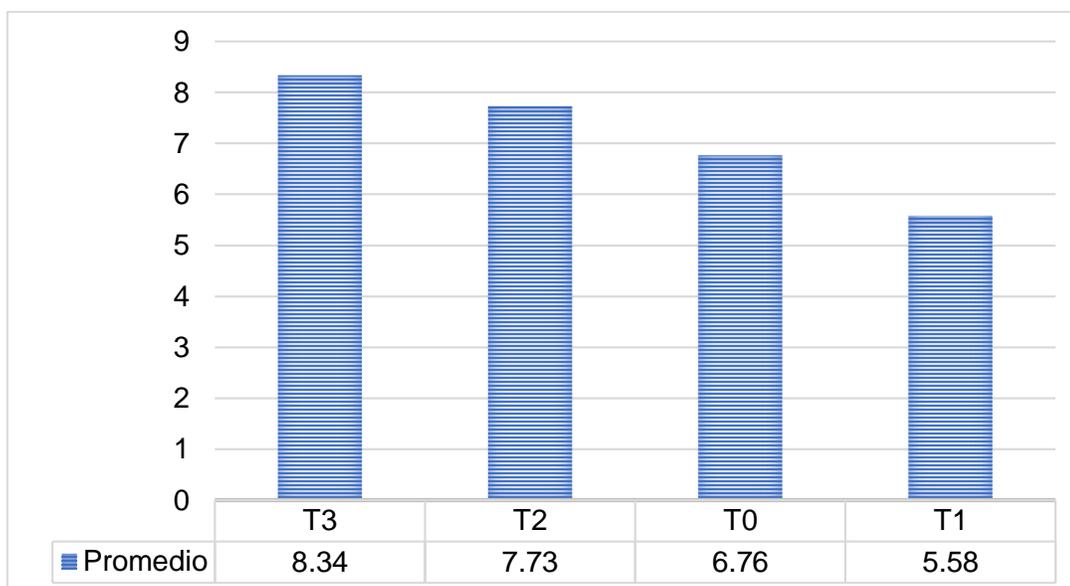


Figura 20. Promedio de resultados variable sabor de las cuatro formulaciones.

4.7.4. Variable textura

El análisis de varianza para la variable textura (Cuadro A - 12), muestra un p-valor igual a 0.07 siendo mayor que 0.05. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre las formulaciones, siendo estadísticamente similares (Figura 21).

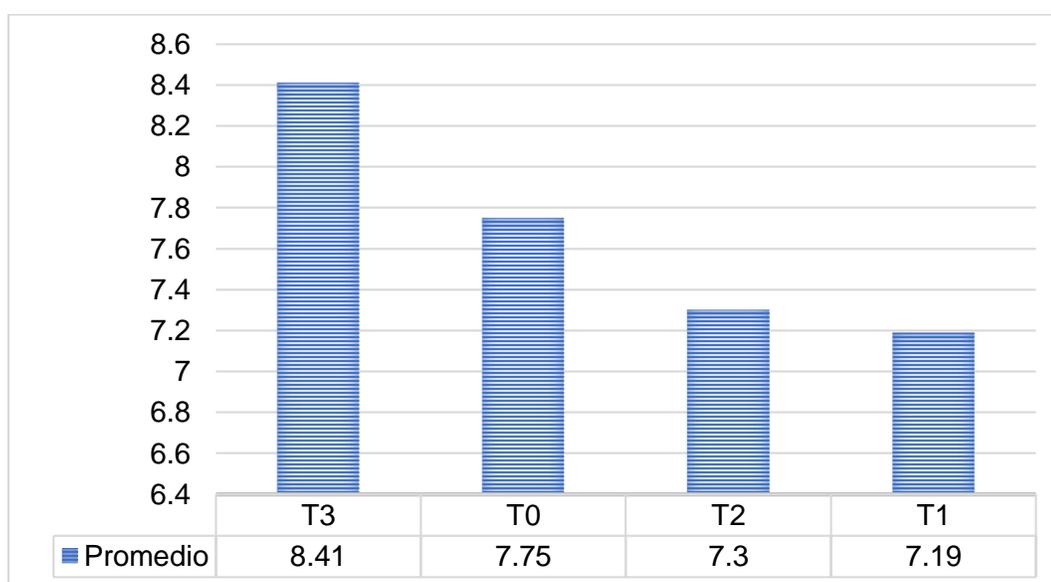


Figura 21. Promedio de resultados variable textura de las de las cuatro formulaciones.

4.7.5. Aceptabilidad general de las variables organolépticas

La formulación con mayor aceptación fue la formulación T3 con un promedio de 8.22, seguida de la formulación T2 con un promedio de 7.90, seguidamente la formulación testigo T0 con un promedio de 7.61. El último lugar lo obtuvo la formulación T1 (Cuadro 9) tendiendo a tener más aceptación las formulaciones con mayor cantidad de edulcorante y nuez de marañón.

4.8. Perfil de atributos

Se presentan los perfiles de atributos de las cuatro formulaciones que se elaboraron a través de una prueba de análisis sensorial descriptiva. Los atributos evaluados fueron: aroma a chocolate, sabor a chocolate, dulzura, acidez, amargor, astringencia, consistencia grumosa, rompimiento claro (crack), brillo y color oscuro (Cuadro 10 y Figura 22).

Cuadro 9. Aceptabilidad general de las variables organolépticas de las cuatro formulaciones.

Formulaciones	Variables				Sumatoria	Media
	Color ^{NS}	Olor ^{NS}	Sabor ^S	Textura ^{NS}		
T3	8.11	8.02	8.34	8.41	32.88	8.22
T2	8.50	8.05	7.73	7.30	31.58	7.90
T0	8.08	7.83	6.76	7.75	30.42	7.61
T1	8.32	7.01	5.58	7.19	28.10	7.03

Cuadro 10. Comportamiento de atributos de las cuatro formulaciones.

Variables	Formulaciones			
	T0	T1	T2	T3
Aroma a chocolate	3.88	3.66	4.13	4.41
Sabor a chocolate	3.91	3.34	4.25	4.41
Dulzura	2.56	2.25	3.22	3.81
Acidez	2.47	2.66	2.56	2.03
Amargor	3.56	3.88	3.06	2.72
Astringencia	2.81	2.91	2.78	2.50
Consistencia grumosa	1.75	2.31	1.81	2.44
Crack	2.63	2.59	3.13	3.69
Brillo	3.56	3.94	3.94	3.72
Color oscuro	4.38	4.31	4.19	4.38

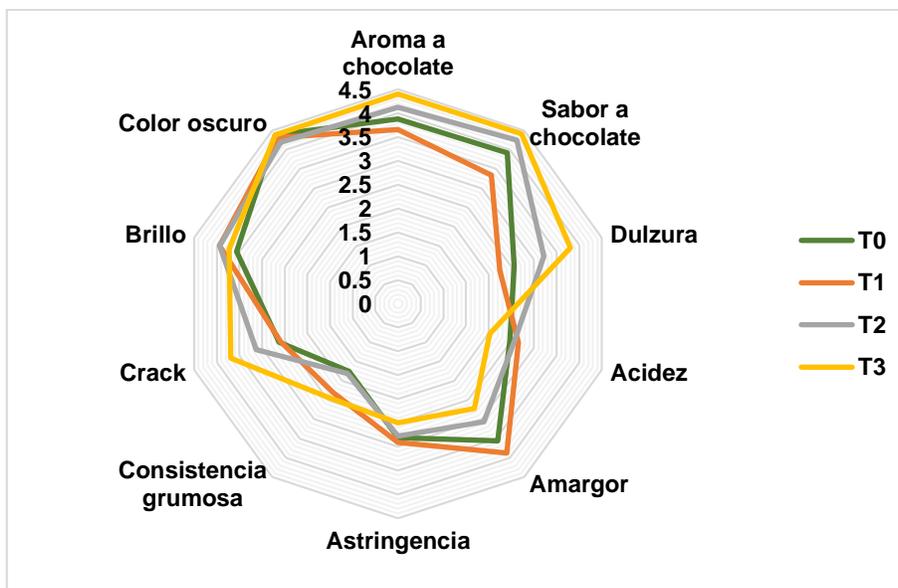


Figura 22. Representación de los diferentes atributos para las cuatro formulaciones evaluadas.

4.8.1. Formulación T0

El perfil de sabor de la formulación T0, se caracterizó por poseer atributos de mayor intensidad como el color oscuro, sabor a chocolate, aroma a chocolate, mostrando datos de menor intensidad en cuanto a consistencia grumosa, acidez y dulzura.

4.8.2. Formulación T1

El perfil de sabor de la formulación T1, se caracterizó por poseer atributos de mayor intensidad color oscuro, brillo y amargor, mostrando datos de menor intensidad en dulzura y consistencia grumosa.

4.8.3. Formulación T2

La formulación T2, se caracterizó por poseer atributos de mayor intensidad como sabor a chocolate, color oscuro, aroma a chocolate y brillo, mostrando datos de menor intensidad en consistencia grumosa, acidez y astringencia.

4.8.4. Formulación T3

El perfil de la formulación T3, se caracterizó por poseer atributos de mayor intensidad aroma a chocolate, sabor a chocolate y color oscuro, mostrando datos de menor intensidad en acidez, consistencia grumosa y astringencia.

El comportamiento de atributos de las cuatro formulaciones en base a la descripción de los panelistas, muestra que la formulación con mayor aceptación de la prueba afectiva fue la formulación T3 destacando las variables sabor y textura, siendo evaluada en la prueba descriptiva por poseer atributos como mayor sabor a chocolate, dulzura, rompimiento claro (crack) y por ser de menor acidez y amargor con relación a las otras formulaciones y el que tuvo mayor aceptación en base a las variables color y olor fue la formulación T2 al describirlo por poseer atributos como mayor brillo, un excelente aroma a chocolate y un color oscuro no tan intenso.

4.9. Análisis bromatológicos

Los estudios bromatológicos se realizaron a las cuatro formulaciones T0, T1, T2, T3 a través del análisis químico dando como resultado una explicación de la naturaleza del producto. Para esta etapa se llevaron al laboratorio de Química Agrícola de la Universidad de El Salvador muestras de 50 g de cada formulación, los cuales se tomaron de los mismos productos evaluados por los panelistas.

Los resultados obtenidos por el análisis bromatológico (Figura A - 13), determinan que la formulación que posee mayor cantidad de proteína bruta es la formulación T3 con 13.03%, seguida de la formulación T2 con 11.45%, la formulación T1 posee 11.17% de proteína y finalmente la formulación T0 con 9.20%. Es evidente que el aumento de proteína en las formulaciones está dado por la cantidad de nuez de marañón, al respecto Hernández y Ruiz (2010) señala que ésta posee una digestibilidad del 80% y la proteína aportada por el cacao tiene una digestibilidad entre 16% y 17%.

El análisis bromatológico para la determinación de grasa, indica que la formulación T1 posee mayor cantidad de grasa con 40.80%, seguido de la formulación T0 con 40.33%, las formulaciones T2 y T3 poseen 38.89% y 38.84% respectivamente. Los datos descritos

anteriormente no se rigen de acuerdo a la cantidad de licor de cacao utilizado para las formulaciones, dado que las formulaciones T0 y T2 poseen la misma cantidad de licor de cacao y difieren entre sí; no obstante, varían las materias primas como nuez de marañón y el edulcorante utilizado. Por otra parte, las formulaciones cumplen con los criterios de calidad establecidos por la Norma Salvadoreña para el Chocolate NSR 67.00.79:99 para un chocolate semiamargo, la cual indica que la cantidad de manteca de cacao debe ser mayor a 18%, en este caso determinada como extracto etéreo.

El porcentaje de carbohidratos determinado por el análisis establece que la formulación T0 posee mayor cantidad de carbohidratos con 47.13% seguido de la formulación T2, la formulación T3 y la formulación T1 con 44.69%, 43.21% y 42.99% respectivamente. La formulación T0 posee mayor cantidad de carbohidratos debido al azúcar glas utilizada en esta formulación y la pureza de la cual está compuesta, y en las formulaciones en las cuales se utilizó panela granulada y nuez de marañón los carbohidratos aumentan cuando la cantidad de estas materias primas aumentan.

4.10. Análisis microbiológicos

Los criterios microbiológicos determinan la aceptación de un producto basándose en la ausencia o presencia de microorganismos en un alimento que pueden causar daños a la salud, para ello se realizó análisis a las cuatro formulaciones estudiadas, tomando en cuenta los criterios establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 67.04.50:17). En donde se establece como prioridad la ausencia de *Salmonella* para productos de esta naturaleza.

Se tomaron las cuatro muestras de 25 g de los productos utilizados en la prueba hedónica y se llevaron al respectivo análisis al laboratorio de Control de Calidad de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer (USAM). Los resultados reflejan que todas las formulaciones analizadas presentaron ausencia de *Salmonella spp.* (Figuras A - 14, A - 15, A - 16 y A - 17) por lo que cumplen con lo establecido en la norma.

5. CONCLUSIONES

1. La formulación con mayor aceptación fue T3, resaltando por mejor sabor y textura el cual contiene menor cantidad de cacao y mayor cantidad de nuez de marañón en comparación a las demás formulaciones.
2. Las características que están relacionadas con la formulación de mayor aceptación T3 son aroma a chocolate, sabor a chocolate, dulzura y rompimiento claro (crack). Además, presenta menor acidez y astringencia, en comparación a las demás formulaciones.
3. La formulación T3 posee en comparación con las demás formulaciones mayor cantidad de proteína y menor cantidad de grasa.
4. El producto terminado cumple con las normas establecidas por Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 67.04.50:17) y la Norma Salvadoreña para el Chocolate (NSR 67.00.79:99).

6. RECOMENDACIONES

1. Por su aceptación se recomienda la producción de la formulación T3.
2. Se recomienda el uso de la panela granulada y la nuez de marañón como ingredientes innovadores.
3. Se recomienda el estudio de más formulaciones con mayor cantidad de nuez de marañón y panela granulada.
4. Tomar en cuenta las buenas prácticas de manufactura, así como limpieza y desinfección de equipos y utensilios para garantizar la inocuidad de las barras de chocolate.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, H. 2016. Manual para la evaluación de la calidad del grano de cacao. Lima, Cortez, HN. S.e. 15 p.
- Aguilar Rivera, N. s.f. Ficha Técnica del Cultivo de Caña de Azúcar (en línea). Veracruz, México. Consultado 06 abr. 2019. Disponible en: http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CANÑA_DE_AZÚCAR,_FICHA_TÉCNICA.pdf
- Alianza Cacao El Salvador, S. F. El Cacao, datos históricos (en línea). SV. Consultado 2 mar. 2019. Disponible en: <http://www.alianzacacao.org/es/page/datos-historicos>
- Álvarez de Ventura, AC; Hernández Ortiz, RM. 2017. Intervención en las Condiciones Ergonómicas para el Proceso de Producción de Semilla de Marañón. Prototipo Semi-Automatizado de Descortezadora. (en línea). Consultado 27 jun. 2017. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/uploads/2018/03/09-Mara%C3%B1%C3%B3n-ITCA.pdf>
- Amaya, M. 2018. Producción de panela granulada en la Cooperativa ACOPANELA DE R. L. (entrevista). San Vicente, SV.
- Anacafé (Asociación Nacional del Café, GT). 2004. Cultivo de Cacao (en línea). S. L. GT. S. e. 23 p. Consultado 15 abr. 2019. Disponible en: <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/Cultivo-de-Cacao.pdf>
- Arvelo Sánchez, MA; Gonzales León, D; Maroto Arce, S; Delgado López, T; Montoya Rodríguez, P. 2017. Manual Técnico del Cultivo de Cacao, Buenas Prácticas Para América Latina (en línea). San José, CR. Editorial A. Arévalo. 165 p. Consultado 2 mar. 2019. Disponible en: <repositorio.iica.int/bitstream/11324/6181/1/BVE17089191e.pdf>
- Ávila, A; Campos, M; Guharay, F; Camacho, A. 2013. Aprendiendo e innovando sobre la cosecha, fermentación y secado del cacao (en línea). Managua, NI. Editorial Mercedes Campos. 38 p. Consultado 09 abr. 2019. Disponible en:

https://www.academia.edu/14499715/R-MT-guia8-Cosecha_fermentacion_y_secado_de_cacao

Batista, L. 2009. El cultivo de Cacao (en línea). Santo Domingo, RD. S.e. 232 p. Consultado 09 abr. 2019. Disponible en: http://190.167.99.25/digital/Guia_Cacao.pdf

BCR (Banco Central de Reserva de El Salvador). 2018. Informa Analítico de Comercio Exterior de El Salvador (en línea). San Salvador, SV. S.e. 6 p. Consultado 2 mar. 2019. Disponible en: <https://www.bcr.gob.sv/bcrsite/uploaded/content/category/371957483.pdf>

BCR (Banco Central de Reserva de El Salvador). 2016. La transformación productiva en el sector agropecuario: una herramienta para el crecimiento económico en el área rural de El Salvador (en línea). San Salvador, SV. S.e. 54 p. Consultado 05 de abr. 2019. Disponible en: <https://www.bcr.gob.sv/bcrsite/uploaded/content/category/1105524910.pdf>

Beneficios Nutricionales y Antienvjecimiento del Cacao y chocolate Negro (en línea). S.F. S.L. s.e. s.p. Consultado 05 abr. 2019. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:UUELZwKAY0J:static.plenummedia.com/34522/files/20140516183214-beneficios-nutricionalesyantienvjecimiento-del-cacao-y-chocolate-negro.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=sv>

CAOBISCO. 2015. Cacao Beans: Chocolate and Cocoa Industry Quality Requeriments (en línea). Bruselas, BE. S.e. 110 p. Consultado 13 ago. 2019. Disponible en: http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao%20en%20Grano%20Requisitos%20de%20Calidad%20de%20la%20Industria%20Apr%202016_es.pdf

CEL (Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, SV). 2017. Exitosa ofensiva ecológica del proyecto vida (en línea). Portal de transparencia. San Salvador, SV. jul. 05. Consultado 2 mar. 2019. Disponible en: <https://www.cel.gob.sv/exitosa-ofensiva-ecologica-del-proyecto-vida/>

Chirino Díaz, C.J. 2009. Determinación en campo, de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, en el desarrollo del portainjerto e injerto en plantas de marañón (*Anacardium occidentale*

L.) (en línea). Tesis M. Sc. San Salvador. Universidad de El Salvador. 61 p. Consultado 2 mar. 2019. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/963/1/13100620.pdf>

Chocolates MELHER. S. f. Nos dedicamos a fabricar chocolates, alternativas alimenticias y otros consumos básicos, buscando siempre una competitividad socialmente responsable y sostenible (en línea). San Salvador, SV. Consultado 05 de abr. 2019. Disponible en: <https://melher.com/>

CODEX STAN 87-1981. 2016. Norma para el chocolate y los productos del chocolate (en línea). S. l. s. e. 8 p. Consultado 01 may. 2019. Disponible en: <https://docplayer.es/31075942-Norma-para-el-chocolate-y-los-productos-del-chocolate-codex-stan-adoptada-en-revision-enmienda-2016.html>

Coello Domínguez, MG. 2011. El Chocolate (en línea). S.L. s.e. 23 p. Consultado 24 abr. 2019. Disponible en: <https://caumas.org/wp-content/uploads/2015/03/09-el-chocolate1.pdf>

Constanza, UE; Reyes Hernández, JM; Rosa Hernández, II. 2017. Elaboración de tres formulaciones de mantequilla usando como base la almendra de marañón orgánico (*Anacardium occidentale* L.) en APRAINORES, San Carlos Lempa, municipio de Tecoluca, departamento de San Vicente (en línea). Tesis Ing. San Vicente. Universidad de El Salvador. 62 p. Consultado 09 abr. 2019. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15365/1/Tesis%202017.pdf>

Cruz Montesinos, E. 2012. Caracterización de la cadena de valor del cacao en El Salvador (en línea). San Salvador, SV. S.e. 69 p. Consultado 2 mar. 2019. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B4134e/B4134e.pdf>

Coto Amaya, OM. 2003. Guía Técnica del Cultivo de Marañón (en línea). S.L. SV. S.e. 38 p. Consultado 24 abr. 2019. Disponible en: <http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20maranon%202003.pdf>

Cubillos, G; Merizalde, GJ; Correa, E. 2008. Manual de Beneficio del Cacao (en línea). Medellín, CO. S.e. 29 p. Consultado 15 abr. 2019. Disponible en: https://www.chocolates.com.co/wp-content/uploads/2018/05/manual_beneficio_cacao.pdf

De la Cruz Medina, J; Vargas Ortiz, MA; Del Ángel Coronel, OA. 2009. CACAO: Operaciones Poscosecha (en línea). Veracruz, MX. Editorial AGST/FAO. 77 p. Consultado 15 abr. 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-au995s.pdf>

Dubón, A. 2016. Protocolo para el beneficiado y calidad de cacao (en línea). Lima, Cortés, HN. Editorial FHIA. 19 p. Consultado 2 mar. 2019. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Protocolo_para_el_Beneficiado_y_Calidad_del_Cacao_2016.pdf

Egas Chávez, MA. 2015. Evaluación y análisis técnico financiero del proceso de prensado de licor de cacao (*Theobroma cacao*) para la obtención de manteca y polvo de cacao (en línea). Tesis Ing., Quito, EC. Escuela Politécnica Nacional. 109 p. Consultado 22 abr. 2019. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11477/1/CD-6485.pdf>

FUNDESYRAM (Fundación para el desarrollo socioeconómico y restauración ambiental, SV) 2015. Tecnología: Del grano de cacao al chocolate (en línea). SV. Consultado 08 abr. 2019. Disponible en: <http://www.fundesyram.info/biblioteca/displayFicha.php?fichaID=3421>

FUSADES (Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social, SV) S. F. Innovación Tecnológica en Confitería y Chocolatería (en línea). La Libertad, SV. S.e 73 p. Consultado 08 abr. 2019. Disponible en: <http://fusades.org/sites/default/files/investigaciones/sistematizacionchocolate2-140807121529-phpapp02.pdf>

Galdámez, AC. 2004. Guía técnica del cultivo del marañón. Programa nacional de frutas de El Salvador (en línea). Santa Tecla, SV. 69 p. Consultado 24 abr. 2019. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0216e/B0216e.pdf>

García Escobar, HM; Martínez Ramírez, RN. 2018. Determinación del perfil de sabor de doce cacaos autóctonos (*Theobroma cacao* L.) producidos en siete fincas cacaoteras de El Salvador (en línea). Tesis Ing. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. 94 p. Consultado 15 abr. 2019. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16512/1/13191670.pdf>

Gómez Juaristi, M; Gonzáles Torres, L; Bravo, L; Vaquero, MP; Bastida, S; Sánchez Muniz, FJ. 2011. Efectos beneficiosos del chocolate en la salud cardiovascular (en línea). Madrid, ES. S.e. 292 p. Consultado 05 abr. 2019. Disponible en: http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v26n2/07_revision_05.pdf

Gonzales Bustos, AR; Peña Chila, FI. 2015. Rediseño de un sistema óleo hidráulico de extracción de manteca de cacao (en línea). Tesis Ing., Guayaquil, EC. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 76 p. Consultado 22 abr. 2019. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/94425/D-CD88210.pdf>

Gonzales, V; Rodeiro, C; Sanmartín, C; Vila S. 2014. Introducción al análisis sensorial estudio hedónico del pan en el IES Mugaros. Mugaros, ES. S.e. 26 p. Consultado el 02 de feb. 2019. Disponible en: <http://www.seio.es/descargas/Incubadora2014/GaliciaBachillerato.pdf>

Hernández, E. 2005. Evaluación Sensorial. Bogotá, CO. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. 128 p. Consultado 02 de feb. 2019. Disponible en: <http://www.inocua.org/site/Archivos/libros/m%20evaluacion%20sensorial.pdf>

Hernández, A; Ruiz López, M. 2010. Composición y calidad nutritiva de los alimentos (en línea). Madrid, ES. Medica Panamericana. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en: https://books.google.com.sv/books?id=hcwBJ0FNvqYC&pg=PT386&lpg=PT386&dq=que+tan+digestible+es+la+proteina+de+cacao&source=bl&ots=6IH_Nnva1o&sig=ACfU3U3pQ_Euznx4BS_nqmQ0xDUaUhsdRQ&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi-hZ_I_8rqAhUISN8KHZ-OBtkQ6AEwA3oECAkQAQ#v=onepage&q=que%20tan%20digestible%20es%20la%20proteina%20de%20cacao&f=false

IDDBA (International Dairy – Deli – Bakery – Association, EU). 2016. Tipos de chocolate (en línea). S.I. s.e. 1 p. Consultado 08 abr. 2019. Disponible en: <https://www.iddba.org/training-materials/pdfs/jg-choctype-es.aspx?ext=.pdf>

IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, PR) 2011. Manejo Poscosecha y Catación de Cacao (en línea). Mayaguez, PR. S.e. s.p. Consultado 09 abr.

2019. Disponible en: https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/poscosecha_y_catacion_de_cacao.pdf

INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, GT). 2012. Tabla de composición de alimentos de Centro América (en línea). 2 ed. S.L. GT. S.e. 126 p. Consultado 08 abr. 2019. Disponible en: https://www.academia.edu/19120143/Tabla_de_Composicion_de_Alimentos_para_Centro_america_del_INCAP

INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria) 2009. Guía Tecnológica del Cultivo de Cacao (en línea). 4 ed. Managua, NI. S.e. 37 p. consultado 09 abr. 2019. Disponible en: <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/Guia-CACAO-2010.pdf>

ITC (Centro de Comercio Internacional, CH) 2018. Lista de mercados importadores y exportadores para un producto exportado e importado por El Salvador, producto: 1806 Chocolate y demás preparaciones alimenticias que contengan cacao (en línea). Ginebra, CH. Consultado 09 abr. 2019. Disponible en: https://www.trademap.org/tradestat/Country_SelProductCountry_TS.aspx?nvpm=3%7c222%7c%7c%7c1806%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1

Jácome Lagla, WD. 2015. Diseño de una planta de elaboración de chocolate negro y chocolate con leche a partir de licor de cacao (en línea). Tesis Ing., Quito, EC. Escuela Politécnica Nacional. 97 p. Consultado 22 abr. 2019. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/12608/1/CD-6670.pdf>

Kalvatchev, Z; Garzaro, D; Guerra Cedezo, F. 1998. *Theobroma cacao* L.: un nuevo enfoque para la nutrición y salud (en línea). Caracas, VE. S.e. 25 p. Consultado 05 abr. 2019. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3233588.pdf>

Liendo, RJ. 2005. Procesamiento del cacao para la fabricación de chocolate y sus subproductos (en línea). Maracay, VE. S.e. 4 p. Consultado 22 abr. 2019. Disponible en: https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/EI_Chocolate.pdf

- Liria Domínguez, MR. 2007. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. Lima, PE. S.e. 44 p. Consultado 06 jul. 2019. Disponible en: <http://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf>
- López Guido, DA; Zavala Chávez, RA. 2010. Análisis socioeconómico del subsector panelero de los departamentos: Cabañas, Cuscatlán, La paz y San Vicente. Tesis M.Sc. San Salvador. Universidad de El Salvador. 65 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV) 2018. Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2017 – 2018. Santa Tecla, SV. S.e. 82 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 2004. Guía técnica del cultivo del marañón. (en línea). San Salvador, SV. Consultado 24 mar. 2019. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0216e/B0216e.pdf>
- Mascietti, MM. 2014. Panela: propiedades información y aceptación (en línea). Tesis Lic. Buenos Aires. Universidad FASTA. 61 p. Consultado 22 abr. 2019. Disponible en: http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/771/2014_N_020.pdf?sequence=1
- Méndez Estrada, JR; Aguilar Flores, MS. 2015. Elaboración de una bebida a partir de la semilla de marañón (*anacardium occidentale*) edulcorada con stevia. Tesis M.Sc. San Salvador. Universidad Dr. José Matías Delgado. 67 p.
- Munguía, E. 2019. Producción de nuez de marañón en APRAINORES S.A. (entrevista). San Vicente, SV.
- Norma Salvadoreña para el Chocolate (NSR 67.00.79:99.). 2000. Norma para el chocolate. San Salvador, SV. Consultado 17 jul. 2020. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/els22869.pdf>
- Obando, P. 2010. La panela, valor nutricional y su importancia en la gastronomía. (en línea). Consultado 27 jun. 2018. Disponible en:

<http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-panela-valor-nutricional-y-su-importancia-en-la-gastronomia.pdf>

Oliveras Sevilla, JM. 2007. La elaboración del chocolate, una técnica dulce y ecológica (en línea). S.L. s.e. 51 p. Consultado 22 abr. 2019. Disponible en: <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/28/37/a37.pdf>

Oriol, A. s. f. La seguridad alimentaria del chocolate (en línea). S. L. s.e. 18 p. Consultado 03 may. 2019. Disponible en: https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/19_LA_SEGURIDAD_ALIMENTARIA_DEL_CHOCOLATE.pdf

Paredes Arce, M. 2004. Manual de Cultivo del Cacao (en línea). S.L. PE. S.e. 100 p. consultado 09 abr. 2019. Disponible en: <http://canacacao.org/wp-content/uploads/Manual-de-Cultivo-de-Cacao-Peru.pdf>

Ramírez Navas, JS. 2012. Análisis Sensorial: pruebas orientadas al consumidor (en línea). Cali, CO. ReCiTeIA 2012. 97 p. Consultado 03 may. 2019. Disponible en: https://www.academia.edu/28353054/AN%C3%81LISIS_SENSORIAL_PRUEBAS_ORIENTADAS_AL_CONSUMIDOR

Rincón Cardona, JA; Herrera, ML. 2013. Chocolate (en línea). Buenos Aires, AR. S.e. 62 p. Consultado 01 may. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/256657226_Chocolate

RTCA (Reglamento Técnico Centroamericano) s.f. Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos. S. I. s.e. 57 p. Consultado 15 jul. 2019. Disponible en: https://members.wto.org/crnattachments/2017/SPS/CRI/17_2611_00_s.pdf

Ruiz, M; Caballero, P; Luz, A; Maldonado O. 2012. Influencia de la cristalización de la manteca de cacao en las propiedades sensoriales y físico químicas de una cobertura de chocolate con leche. Pamplona, CO. S.e. 64 p. Consultado 01 may. 2019. Disponible en: https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/Influencia_de_la_cristalizacion_de_la_manteca_de_cacao....pdf

- Say, E; Villalobos, M; Escobeto, A; Sánchez, S; Somarriba E. 2013. Uso actual y oferta de tecnologías sostenibles en las cadenas de valor del cacao en El Salvador para mejorar la seguridad alimentaria (en línea). San Salvador, SV. S.e. 44 p. Consultado 05 de abr. 2019. Disponible en: https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/Informe_El_Salvador.pdf
- Surco, J; Alvarado, J. 2011. Estudio estadístico de pruebas sensoriales de harinas compuestas para panificación. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés. S. e. 87 p. Consultado 11 de Feb. 2019. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339676005.pdf>
- SND (Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo, HN) 2008. Caña de Azúcar (en línea). Tegucigalpa, HN. Comunica. 16 p. Consultado 24 jul. 2019. Disponible en: <http://www.bibalex.org/Search4Dev/files/289330/120295.pdf>
- Sukha, D; Seguire, E. 2015. Cacao en grano: requisitos de calidad de la industria del chocolate y del cacao. Bruselas, Bélgica. 110 p.
- Tisoncik, M. 2013. Chocolate Fat Bloom (en línea). Chicago, US. S.e. 68 p. Consultado 01 may. 2019. Disponible en: http://www.blommer.com/_documents/Chocolate-Fat-Bloom-article.pdf
- Valenzuela, BA. 2007. El chocolate, un placer saludable. Revista chilena de nutrición (en línea). Santiago, CL. S.e. Vol. 34. 20 p. Consultado 05 de abr. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237035110_El_chocolate_un_placer_saludable

8. ANEXOS

Cuadro A - 1. Contenido nutricional de los granos de cacao por 100 g.

Composición	Cantidad/Unidad	Composición	Cantidad/Unidad
Calorías	456.00 u	Nicotinamida	2.10 mg
Agua	3.60 ml	Ácido pantoténico	1.35 mg
Proteína	12.00 g	Histidina	0.04 – 0.08 g
Grasa	46.30 g	Arginina	0.03 – 0.08 g
Carbohidratos (totales)	34.70 g	Treonina	0.14 – 0.84 g
Fibra	8.60 g	Serina	0.88 – 1.99 g
Glucosa	8.00 – 13.00 g	Ácido glutámico	1.02 – 1.77 g
Sucrosa	0.40 – 0.90 g	Prolina	0.72 – 1.97 g
Calcio	106.00 mg	Glicina	0.09 – 0.35 g
Fósforo	537.00 mg	Alanina	1.04 – 3.61 g
Hierro	3.60 mg	Valina	0.57 – 2.60 g
Tiamina	0.17 – 0.24 mg	Lisina	0.08 – 0.56 g
Riboflavina	0.14 – 0.41 mg	Leucina	0.45 – 4.75 g
Niacina	1.70 mg	Isoleucina	0.56 – 1.68 g
Ácido ascórbico	3.00 mg	Tirosina	0.57 – 1.27 g
Piridoxina	0.90 mg	Fenilalanina	0.56 – 3.36 g

Fuente: Tomado de Kalvatchev *et. al* 1998.

Cuadro A - 2: Composición nutricional en 100 g de nuez de marañón.

Composición	Cantidad/Unidad	Composición	Cantidad/Unidad
Energía	574.00 kcal	Ác. Grasos monoinsaturados	27.32 g
Proteína	15.31 g	Ác. Grasos poliinsaturados	7.84 g
Grasa total	46.35 g	Ác. Grasos saturados	9.16 g
Carbohidratos	32.69 g	Colesterol	0.00 mg
Fibra dietética total	3.00 g	Potasio	565.00 mg
Ceniza	3.95 g	Sodio	16.00 mg
Calcio	45.00 mg	Zinc	5.60 mg
Fósforo	490.00 mg	Magnesio	260.00 mg
Hierro	6.00 mg	Vitamina B6	0.26 mg
Tiamina	0.20 mg	Folato	69.00 mcg
Riboflavina	0.20 mg	Vitamina C	0.00 mg
Niacina	1.40 mg		

Fuente: Elaborado con base en INCAP 2012

Cuadro A – 3. Composición nutricional de panela granulada en 100 g de producto.

Composición	Cantidad/Unidad	Composición	Cantidad/Unidad
Energía	356.00 Kcal	Ác. Grasos monoinsaturados	0.00 g
Proteína	0.40 g	Ác. Grasos poliinsaturados	0.00 g
Grasa total	0.50 g	Ác. Grasos saturados	0.00 g
Carbohidratos	90.60 g	Colesterol	0.00 mg
Ceniza	1.10 g	Potasio	346.00 mg
Calcio	51.00 mg	Sodio	39.00 mg
Fósforo	44.00 mg	Zinc	0.18 mg
Hierro	4.20 mg	Vitamina B6	0.03 mg
Tiamina	0.02 mg	Vitamina C	2.00 mg
Riboflavina	0.11 mg	Niacina	0.30 mg

Fuente: Elaborado con base en INCAP 2012

Cuadro A – 4. Número de granos en 10 mazorcas de cacao y su promedio.

N° de mazorca	Cantidad de granos
1	33.00
2	33.00
3	35.00
4	36.00
5	38.00
6	33.00
7	36.00
8	33.00
9	35.00
10	36.00
Suma	348.00
Promedio	34.80

Cuadro A – 5. Costos de materias primas y consumo energético de equipos para formulación T0 (57% licor de cacao, 36% azúcar glas, 7% manteca de cacao).

Materias primas	Costo unitario \$/kg	Cantidad utilizada kg	Costo \$	
Cacao en grano	4.95	0.90	4.45	
Azúcar glas	1.56	0.47	0.73	
Manteca de cacao	27.00	0.09	2.43	
Material	Costo unitario \$	Cantidad utilizada		
Empaque	0.01	52.00	0.65	
		Subtotal	8.26	
Equipo	Costo unitario \$/kW/h	Consumo energético kW/h	Horas de trabajo	Costo \$
Tostadora	0.16	0.39	0.13 (8 min)	0.01
Molino nixtamal	0.16	1.18	0.16 (10 min)	0.03
Conchadora - refinadora	0.16	0.12	5.00	0.10
			Subtotal	0.14
Otros	Costo Unitario (\$)		Jornal	Costo \$
Mano de obra	6.00		2.00	12.00
			Subtotal	12.00
			Costo total	20.40

Cuadro A – 6. Costos de materias primas y consumo energético de equipos para formulación T1 (65% licor de cacao, 23% panela granulada, 5% nuez de marañón, 7% manteca de cacao).

Materias primas	Costo Unitario \$/kg	Cantidad utilizada kg	Costo \$	
Cacao en grano	4.95	1.01	5.00	
Panela granulada	1.58	0.30	0.47	
Nuez de marañón	6.60	0.06	0.40	
Manteca de cacao	27.00	0.09	2.43	
Material	Costo unitario \$	Cantidad utilizada		
Empaque	0.01	52.00	0.65	
		Subtotal	8.95	
Equipo	Costo unitario \$/kW/h	Consumo energético kW/h	Horas de trabajo	Costo \$
Tostadora	0.16	0.39	0.13 (8 min)	0.01
Molino nixtamal	0.16	1.18	0.16 (10 min)	0.03
Conchadora - refinadora	0.16	0.12	5.00	0.10
			Subtotal	0.14
Otros	Costo Unitario \$	Jornal	Costo \$	
Mano de obra	6.00	2.00	12.00	
		Subtotal	12.00	
		Costo total	21.09	

Cuadro A – 7. Costos de materias primas y consumo energético de equipos para formulación T2 (57% licor de cacao, 26% panela granulada, 10% nuez de marañón, 7% manteca de cacao).

Materias primas	Costo Unitario \$/kg	Cantidad utilizada kg	Costo \$	
Cacao en grano	4.95	0.89	4.40	
Panela granulada	1.58	0.34	0.53	
Nuez de marañón	6.60	0.13	0.86	
Manteca de cacao	27.00	0.09	2.43	
Material	Costo unitario \$	Cantidad utilizada		
Empaque	0.01	52.00	0.65	
		Subtotal	8.87	
Equipo	Costo unitario \$/kW/h	Consumo energético kW/h	Horas de trabajo	Costo \$
Tostadora	0.16	0.39	0.13 (8 min)	0.01
Molino nixtamal	0.16	1.18	0.16 (10 min)	0.03
Conchadora - refinadora	0.16	0.12	5.00	0.10
			Subtotal	0.14
Otros	Costo Unitario \$	Jornal	Costo \$	
Mano de obra	6.00		2.00	12.00
			Subtotal	12.00
			Costo total	21.01

Cuadro A – 8. Costos de materias primas y consumo energético de equipos para formulación T3 (50% licor de cacao, 30% panela granulada, 13% nuez de marañón, 7% manteca de cacao).

Materias primas	Costo Unitario \$/kg	Cantidad utilizada kg	Costo \$	
Cacao en grano	4.95	0.78	3.86	
Panela granulada	1.58	0.39	0.61	
Nuez de marañón	6.60	0.17	1.12	
Manteca de cacao	27.00	0.91	2.43	
Material	Costo unitario \$	Cantidad utilizada		
Empaque	0.01	52.00	0.65	
		Subtotal	8.67	

Equipo	Costo unitario \$/kW/h	Consumo energético kW/h	Horas de trabajo	Costo \$
Tostadora	0.16	0.39	0.13 (8 min)	0.01
Molino nixtamal	0.16	1.18	0.16 (10 min)	0.03
Conchadora - refinadora	0.16	0.12	5.00	0.10
		Subtotal	0.14	
Otros	Costo Unitario \$	Jornal	Costo \$	
Mano de obra	6.00	2.00	12.00	
		Subtotal	12.00	
		Costo total	20.81	

Cuadro A – 9. Análisis de varianza de la variable color.

Formulaciones	Media	Factor	Origen	Suma de cuadrados	GI	Cuadrático promedio	F	p-valor
T2	8.50	A	Formulaciones	3.73	3.00	1.24	0.65	0.59 ^{NS}
T1	8.32	A	Replicas	128.69	31.00	4.15	2.17	0.00
T3	8.11	A	Error	178.00	93.00	1.91		
T0	8.08	A	Total	9 019.12	128.00			

Cuadro A – 10. Análisis de varianza de la variable olor.

Formulaciones	Media	Factor	Origen	Suma de cuadrados	GI	Cuadrático promedio	F	p-valor
T2	8.05	A	Formulaciones	22.78	3.00	7.59	2.37	0.08 ^{NS}
T3	8.02	a	Replicas	251.75	31.00	8.12	2.54	0.00
T0	7.83	a	Error	298.04	93.00	3.21		
T1	7.01	a	Total	8 223.42	128.00			

Cuadro A – 11. Análisis de varianza de la variable sabor.

Formulaciones	Media	Factor	Origen	Suma de cuadrados	GI	Cuadrático promedio	F	p-valor
T3	8.34	a	Formulaciones	139.47	3.00	46.49	10.82	0.00 ^S
T2	7.73	ab	Replicas	226.71	31.00	7.31	1.70	0.03
T0	6.76	bc	Error	399.28	93.00	4.29		
T1	5.58	c	Total	7 220.78	128.00			

Cuadro A – 12. Análisis de varianza de la variable textura.

Formulaciones	Media	Factor	Origen	Suma de cuadrados	GI	Cuadrático promedio	F	p-valor
T3	8.41	a	Formulaciones	29.15	3.00	9.72	2.45	0.07 ^{NS}
T0	7.75	a	Replicas	154.95	31.00	4.99	1.26	0.20
T2	7.30	a	Error	369.64	93.00	3.97		
T1	7.19	a	Total	8 078.32	128.00			



Figura A – 1. Comportamiento del grano de cacao según los días de fermentación.

Fuente: Tomado de Batista 2009.

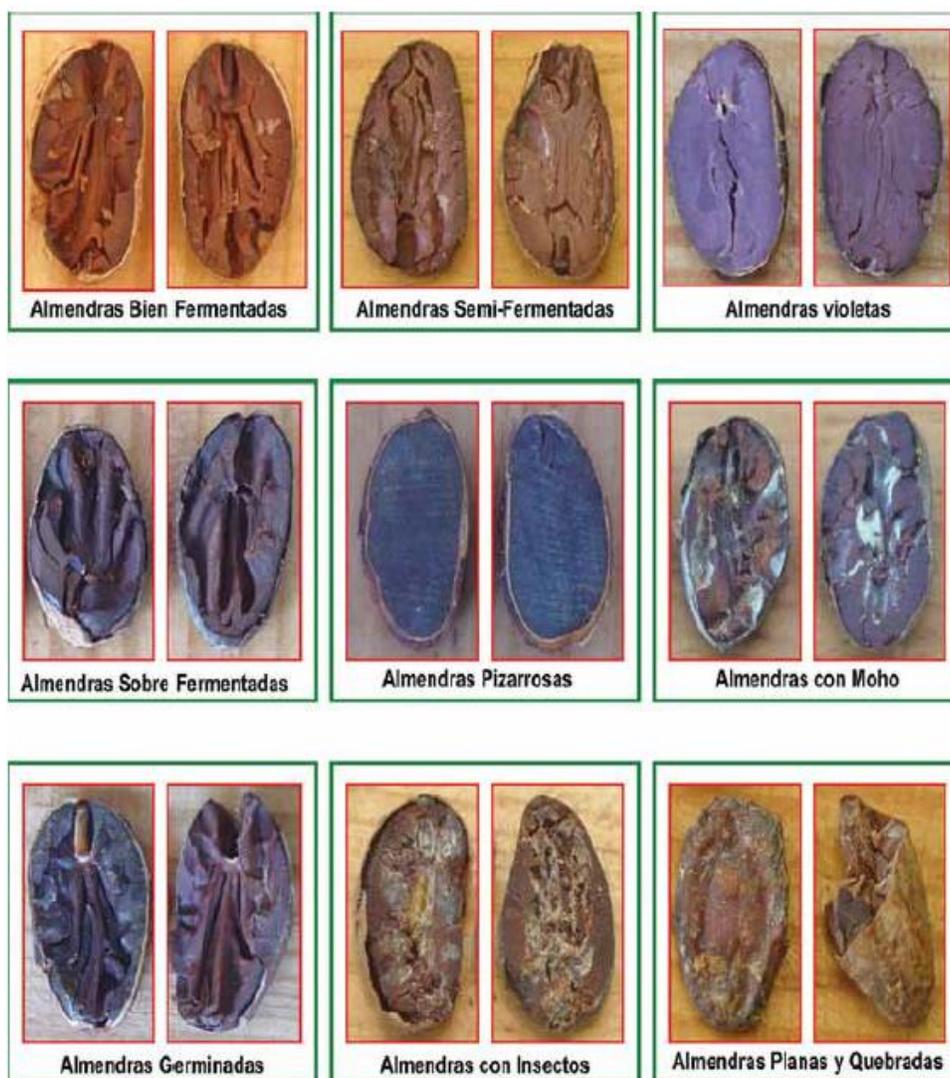


Figura A – 2. Diferentes tipos de granos después de terminado el beneficiado.

Fuente: Tomado de Paredes 2004.

 <p>Mesa de acero inoxidable</p>	 <p>Tostadora</p>	 <p>Conchadora y refinadora</p>
 <p>Cocina industrial</p>	 <p>Papel aluminio</p>	 <p>Termómetro digital</p>
 <p>Recipientes plásticos</p>	 <p>Moldes de silicón</p>	 <p>Colador</p>
 <p>Medidor de humedad de granos</p>	 <p>Báscula digital</p>	 <p>Molino nixtamal</p>
 <p>Cama de secado</p>	 <p>Hielera de poliestireno</p>	 <p>Prensadora manual</p>

Figura A – 3. Equipo y utensilios utilizados



Día 2

Día 3

Día 4

Día 5

Figura A – 4. Toma de temperatura durante la fermentación de los granos de cacao.



Figura A – 5. Proceso de secado en malla tipo zaranda de plástico.



Figura A – 6. Panelistas durante el análisis sensorial.



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria Paracentral
Departamento de Ciencias Agronómicas
Ingeniería Agroindustrial

Prueba afectiva de barra de chocolate con nuez de marañón y panela granulada utilizando diferentes cantidades.

A continuación, se le presentará una escala en la cual evaluará las características organolépticas: color, olor, sabor y textura del producto presentado, colocando un punto en la línea recta en la parte que estime conveniente.

COLOR

No atrayente		Atrayente
--------------	--	-----------

OLOR

Desagradable		Agradable
--------------	--	-----------

SABOR

Desagradable		Agradable
--------------	--	-----------

TEXTURA

Desagradable		Agradable
--------------	--	-----------

Observaciones:

Figura A – 7. Formato prueba afectiva.



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria Paracentral
Departamento de Ciencias Agronómicas
Ingeniería Agroindustrial

Prueba descriptiva de barra de chocolate con nuez de marañón y panela granulada utilizando diferentes cantidades.

A continuación, se le presentará un cuadro en la cual describirá las características organolépticas del producto presentado, en escala del 1 al 5 colocar una X sobre el cuadro que estime conveniente.

Atributos sensoriales	1	2	3	4	5
Aroma a chocolate					
Sabor a chocolate					
Dulzura					
Acidez					
Amargor					
Astringencia					
Consistencia grumosa					
Rompimiento claro (crack)					
Brillo					
Color oscuro					

Observaciones: _____

Figura A – 8. Formato prueba descriptiva.



Figura A – 9. Prueba de corte en húmedo.



Figura A – 10. Prueba de corte de grano seco: granos bien fermentados.



Figura A – 11. Prueba de corte de grano seco: granos regularmente fermentados.

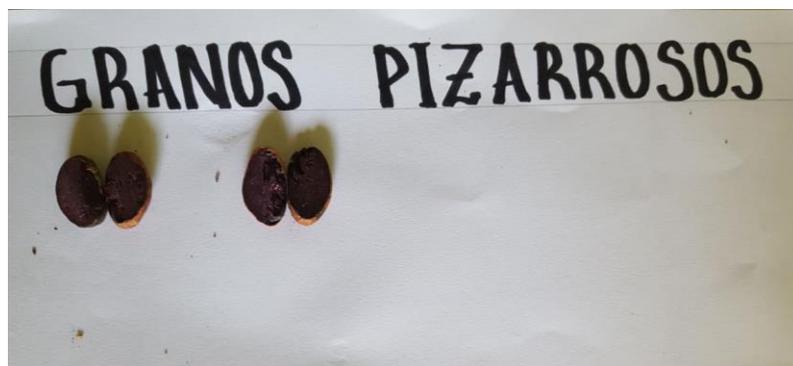


Figura A – 12. Prueba de corte en seco: granos pizarrosos.



Figura A – 13. Análisis bromatológico de formulaciones de barras de chocolate.



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

Nombre de la Muestra TRATAMIENTO T0		Lote NO APLICA	Fabricación NO APLICA	Vence NO APLICA	Número de registro de Muestra NO APLICA	Fecha de Ingreso 01/10/19	Fecha de Emisión 15/10/19
Número de Análisis 50443	Tipo de Muestra CHOCOLATE	Vía de Administración NO APLICA	Nombre del solicitante del análisis: JOSE MORENO PALACIOS Dirección: SAN VICENTE Nº Teléfono: 7108-8022				
Contenido declarado: NO APLICA							
Descripción de la muestra: Chocolate en forma rectangular color café oscuro contenido en bolsa no estéril.							

DETERMINACION	FECHA DE ANALISIS	METODO DE REFERENCIA	ESPECIFICACION	RESULTADO	FECHA DE FINALIZACION DEL ANALISIS
<i>Salmonella spp.</i>	03/10/19	USP 40-NF 35, 2017 MEDIO SELECTIVO	AUSENCIA/25g	NO DETECTADO/25g	07/10/19

NOTA: El certificado de análisis corresponde únicamente a la muestra enviada por el interesado.

***Análisis acreditado**

CONCLUSIONES ANALITICAS:

LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES ESTABLECIDAS.


Lic. Stephanie Sánchez
QUÍMICO ANALISTA
MICROBIOLOGÍA

Licda. Stephanie Jeshabel Sánchez Menjivar
QUÍMICA FARMACÉUTICA
Insc. JVPQF No. 3371

República de El Salvador
D.N.M.
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD USAM
No. Inscip. 520
Prop. UNIVERSIDAD SALVADOREÑA
ALBERTO MASFERRER (USAM)
San Salvador San Salvador


Lic. Gracia Magaña de Gómez
GERENTE TÉCNICA

Licda. Gracia Rocio Magaña de Gómez
QUÍMICA FARMACÉUTICA - BIOLOGÍA
Insc. JVPQF No. 2868

Prohibida la reproducción total o parcial sin previa autorización
Código: F-PG-22-1

Página 1 de 1

 controldecalidad@usam.edu.sv

 Tels: 2231-9651 / 2231-9656

 3ª Calle Poniente Nº 1126 entre 19 y 21 Av. Norte,
San Salvador, El Salvador.

Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OSA con Registro No. LEA 19:08
para el alcance detallado en www.osa.gob.sv
Inscrito en la DNM con el número 520



Figura A – 14. Análisis microbiológico formulación T0.



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

Nombre de la Muestra TRATAMIENTO T1		Lote NO APLICA	Fabricación NO APLICA	Vence NO APLICA	Número de registro de Muestra NO APLICA	Fecha de Ingreso 01/10/19	Fecha de Emisión 15/10/19
Número de Análisis 50444	Tipo de Muestra CHOCOLATE	Via de Administración NO APLICA	Nombre del solicitante del análisis: JOSE MORENO PALACIOS Dirección: SAN VICENTE Nº Teléfono: 7108-8022				
Contenido declarado: NO APLICA							
Descripción de la muestra: Chocolate en forma rectangular color café oscuro contenido en bolsa no estéril.							

DETERMINACION	FECHA DE ANALISIS	METODO DE REFERENCIA	ESPECIFICACION	RESULTADO	FECHA DE FINALIZACION DEL ANALISIS
<i>Salmonella spp.</i>	03/10/19	USP 40-NF 35, 2017 MEDIO SELECTIVO	AUSENCIA/25g	NO DETECTADO/25g	07/10/19

NOTA: El certificado de análisis corresponde únicamente a la muestra enviada por el interesado.

***Análisis acreditado**

CONCLUSIONES ANALITICAS:

LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES ESTABLECIDAS.

Lic. Stephanie Sánchez
QUÍMICO ANALISTA
MICROBIOLOGÍA

Licda. Stephanie Jeshabel Sánchez Menjivar
QUÍMICA FARMACÉUTICA
Insc. JVPQF No. 3371

República de El Salvador
D. N. M.
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD USAM
No. Insc. 520
Prop. UNIVERSIDAD SALVADOREÑA
ALBERTO MASFERRER (USAM)
San Salvador San Salvador

Lic. Gracia Magaña de Gómez
GERENTE TÉCNICA

Licda. Gracia Rocío Magaña de Gómez
QUÍMICA FARMACÉUTICA - BIOLOGÍA
Insc. JVPQF No. 2868

Prohibida la reproducción total o parcial sin previa autorización
Código: F-PG-22-1

Página 1 de 1

controldecalidad@usam.edu.sv

Tels: 2231-9651 / 2231-9656

3ª Calle Poniente N° 1126 entre 19 y 21 Av. Norte,
San Salvador, El Salvador.

Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OSA con Registro No. LEA 19:08
para el alcance detallado en www.osa.gob.sv
Inscrito en la DNM con el número 520



Figura A – 15. Análisis microbiológico formulación T1.



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

Nombre de la Muestra TRATAMIENTO T2		Lote NO APLICA	Fabricación NO APLICA	Vence NO APLICA	Número de registro de Muestra NO APLICA	Fecha de Ingreso 01/10/19	Fecha de Emisión 15/10/19
Número de Análisis 50445	Tipo de Muestra CHOCOLATE	Vía de Administración NO APLICA	Nombre del solicitante del análisis: JOSE MORENO PALACIOS Dirección: SAN VICENTE Nº Teléfono: 7108-8022				
Contenido declarado: NO APLICA							
Descripción de la muestra: Chocolate en forma rectangular color café oscuro contenido en bolsa no estéril.							

DETERMINACION	FECHA DE ANALISIS	METODO DE REFERENCIA	ESPECIFICACION	RESULTADO	FECHA DE FINALIZACION DEL ANALISIS
<i>Salmonella spp.</i>	03/10/19	USP 40-NF 35, 2017 MEDIO SELECTIVO	AUSENCIA/25g	NO DETECTADO/25g	07/10/19

NOTA: El certificado de análisis corresponde únicamente a la muestra enviada por el interesado.

***Análisis acreditado**

CONCLUSIONES ANALITICAS:

LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES ESTABLECIDAS.

Lic. Stephanie Sánchez
QUÍMICO ANALISTA
MICROBIOLOGÍA

Licda. Stephanie Jeshabel Sánchez Manjivar
QUÍMICA FARMACÉUTICA
Insc. JVPQF No. 3371

República de El Salvador
D.N.M.
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD USAM
No. Insc. 520
Prop. UNIVERSIDAD SALVADOREÑA ALBERTO MASFERRER (USAM)
San Salvador San Salvador

Lic. Gracia Magaña de Gómez
GERENTE TÉCNICA

Licda. Gracia Rocío Magaña de Gómez
QUÍMICA FARMACÉUTICA - BIOLOGÍA
Insc. JVPQF No. 2868

Prohibida la reproducción total o parcial sin previa autorización
Código: F-PG-22-1

Página 1 de 1

controldecalidad@usam.edu.sv

Tels: 2231-9651 / 2231-9656

3ª Calle Poniente Nº 1126 entre 19 y 21 Av. Norte,
San Salvador, El Salvador.

Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OSA con Registro No. LEA 19:08
para el alcance detallado en www.osa.gob.sv
Inscrito en la DNM con el número 520



Figura A – 16. Análisis microbiológico formulación T2.



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

Nombre de la Muestra TRATAMIENTO T3		Lote NO APLICA	Fabricación NO APLICA	Vence NO APLICA	Número de registro de Muestra NO APLICA	Fecha de Ingreso 01/10/19	Fecha de Emisión 15/10/19
Número de Análisis 50446	Tipo de Muestra CHOCOLATE	Vía de Administración NO APLICA	Nombre del solicitante del análisis: JOSE MORENO PALACIOS Dirección: SAN VICENTE Nº Teléfono: 7108-8022				
Contenido declarado: NO APLICA							
Descripción de la muestra: Chocolate en forma rectangular color café oscuro contenido en bolsa no estéril.							

DETERMINACION	FECHA DE ANALISIS	METODO DE REFERENCIA	ESPECIFICACION	RESULTADO	FECHA DE FINALIZACION DEL ANALISIS
<i>Salmonella spp.</i>	03/10/19	USP 40-NF 35, 2017 MEDIO SELECTIVO	AUSENCIA/25g	NO DETECTADO/25g	07/10/19

NOTA: El certificado de análisis corresponde únicamente a la muestra enviada por el interesado.

***Análisis acreditado**

CONCLUSIONES ANALITICAS:

LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES ESTABLECIDAS.

Lic. Stephanie Sánchez
QUIMICO ANALISTA
MICROBIOLOGIA

Licda. Stephanie Jeshabel Sánchez Menjivar
QUÍMICA FARMACÉUTICA
Insc. JVPQF No. 3371

República de El Salvador
D.N.M.
LABORATORIO DE CONTROL DE
CALIDAD USAM
No. Inscip. 520
Prop. UNIVERSIDAD SALVADOREÑA
ALBERTO MASFERRER (USAM)
San Salvador San Salvador

Lic. Gracia Magaña de Gómez
GERENTE TÉCNICA

Licda. Gracia Rocío Magaña de Gómez
QUÍMICA FARMACÉUTICA - BIOLOGÍA
Insc. JVPQF No. 2868

Prohibida la reproducción total o parcial sin previa autorización
Código: F-PG-22-1

Página 1 de 1

controldecadidad@usam.edu.sv

Tels: 2231-9651 / 2231-9656

3ª Calle Poniente Nº 1126 entre 19 y 21 Av. Norte,
San Salvador, El Salvador.

Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OSA con Registro No. LEA 19:08
para el alcance detallado en www.osa.gob.sv
Inscrito en la DNM con el número 520



Figura A – 17. Análisis microbiológico formulación T3.