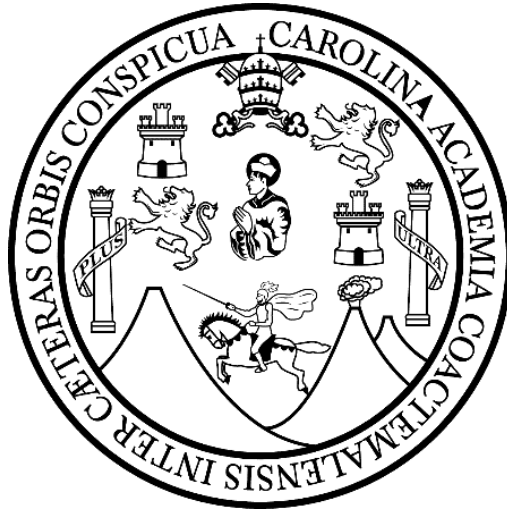


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

INGENIERÍA EN ALIMENTOS



Trabajo de graduación:

**FORMULACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE BARRAS DE CHOCOLATE Y LA
EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL EN UNA INDUSTRIA DE
ALIMENTOS EN QUETZALTENANGO**

Por:

TPA Angela María Zúñiga Santizo

201040366

Asesores:

Q.B. Gladys Calderón Castilla

Inga. Ana Lucía Chávez Maldonado

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, FEBRERO 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cerdón Lucero

Secretario General

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE

M.A. Luis Carlos Muñoz López Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa

Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Edín Aníbal Ortiz Lara

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

MSc. José Norberto Thomas Villatoro

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Oztzy Rosales

Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lic. Sergio Román Espinoza Antón

Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales

Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos

Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.S. Juan Pablo Ángeles Lam

Coordinador Carrera Periodista Profesional y

Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

AGRADECIMIENTOS

A: Universidad De San Carlos De Guatemala

Por haberme permitido formarme en sus aulas y darme la oportunidad de escalar un peldaño más en el campo del conocimiento.

A: mis asesores

Mi cariño y agradecimiento por la asesoría brindada, en especial a Q.B. Gladys Calderón Castilla, gracias por el cariño y amistad que siempre me ha brindado.

A: docentes de la carrera de ingeniería en alimentos

Por formarme profesionalmente al compartir sus conocimientos; en especial a Ingeniero en alimentos Ángel Alfonso Solórzano por su ayuda y acompañamiento en este proceso de graduación.

A: la industria de alimentos analizada

Por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación, de poder aportar mis conocimientos y desarrollarme como profesional. En especial a Ing. Orlando Guzmán, mi admiración y respeto.

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar a esta meta, por darme la sabiduría necesaria para alcanzar este logro y por poner en mi camino a aquellas personas que han sido parte de este proceso.

A mi madre

Gracias por ser mi inspiración y mi fuerza. El motivo más grande para cumplir esta meta. Aunque físicamente no estás a mi lado, puedo verte sonreír al decirte ¡Se logró! Tu sueño hoy es una realidad.

A mi padre

Papi gracias por todo tu amor, por guiarme y apoyarme incondicionalmente. Estoy orgullosa del gran papá que eres.

A mi esposo

Dany, gracias por ser un pilar fundamental en mi vida, por apoyarme en todo, por creer en mí, por cada sueño y meta que hemos ido cumpliendo juntos. Te amo.

A mis hermanos

José Alberto, Astrid y Lucky; por siempre estar, darme su amor y apoyo.

A mis suegros

Luis Alfonso y Vilma Jenny; gracias por acogerme como una hija, por su apoyo siempre.

A mis amigos

Gracias por hacer que los años de universidad nos hicieran no solo compañeros si no amigos que están para abrazar en los malos tiempos y reír en los buenos. No hace falta mencionarlos ustedes saben quiénes son.

Índice

Contenido	Página
Resumen.....	1
Abstract	2
1. Introducción	3
2. Planteamiento del problema.....	5
3. Justificación	6
4. Marco teórico.....	7
4.1 Chocolate.....	7
4.1.1 Tipos de chocolate	8
4.2 Materias primas.....	10
4.2.1 Cacao.....	10
4.2.2 Azúcar	11
4.2.3 Manteca de cacao.....	12
4.2.4 Agentes emulsificantes	13
4.2.5 Potenciadores de sabor.....	14
4.3 Etapas de elaboración del chocolate.....	15
4.3.1 Fermentación.....	15
4.3.2 Secado	15
4.3.3 Tostado.....	15
4.3.4 Reducción de tamaño.....	17
4.3.5 Descascarillado	17
4.3.6 Molienda	18
4.3.7 Prensado.....	18
4.3.8 Homogeneizado	19

4.3.9	Refinado.....	19
4.3.10	Conchado	20
4.3.11	Atemperado.....	20
4.3.12	Moldeado	22
4.3.13	Enfriado.....	22
4.3.14	Empacado y almacenado.....	23
4.4	Determinaciones fisicoquímicas de importancia en el chocolate.....	23
4.4.1	Humedad	23
4.4.2	Grasa	24
4.4.3	Cenizas.....	25
4.4.4	Sacarosa	26
4.4.5	Fibra cruda	27
4.4.6	Glucosa	27
4.4.7	Tamaño de partícula.....	28
4.5	Evaluación sensorial.....	28
4.5.1	Propiedades sensoriales aplicadas al chocolate	30
4.5.2	Análisis estadísticos utilizados en la evaluación sensorial	32
5.	Objetivos.....	35
5.1	Objetivo general	35
5.2	Objetivos específicos.....	35
6.	Hipótesis	36
7.	Recursos y materiales	37
7.1	Recursos	37
7.1.1.	Recursos humanos	37
7.1.3.	Recursos institucionales.....	37

7.1.4.	Recursos económicos.....	37
7.2	Materiales y equipo	38
7.2.1.	Materia prima.....	38
7.2.2.	Elaboración de la barra de chocolate	38
8.	Marco operativo	40
8.1	Primera etapa: prueba sensorial piloto y estandarización de parámetros	40
8.1.1.	Proceso de elaboración de las barras de chocolate	41
8.1.2.	Prueba sensorial piloto.....	43
8.1.3.	Estandarización de tiempos y temperatura	44
8.2	Segunda etapa: evaluación fisicoquímica de las barras de chocolate	44
8.3	Tercera etapa: evaluación sensorial.....	45
8.4	Cuarta etapa: diseño estadístico	46
9.	Resultados y discusión de resultados	51
9.1	Resultados panel sensorial piloto	51
9.2	Resultados de evaluación fisicoquímica	56
9.3	Resultados panel sensorial	62
10.	Conclusiones	70
11.	Recomendaciones	72
12.	Referencias.....	73
13.	Anexos	76
13.1	Cuadro de requisitos químicos	76
13.2	Tabla de diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia de 5%	77
13.3	Tabla de distribución T tabulada –tt-.....	78
14.	Apéndices.....	79

14.1	Boleta de evaluación sensorial piloto	79
14.2	Boleta para la evaluación sensorial	80
14.3	Resultados panel sensorial piloto	83
14.4	Registro de tiempos y temperaturas.....	84
14.5	Resultados fisicoquímicos	86
14.6	Análisis estadísticos.....	89
15.	Glosario.....	99

Resumen

Esta investigación estuvo enfocada a la formulación y estandarización de una barra de chocolate, a la que se le efectuaron evaluaciones fisicoquímicas de humedad, grasa, cenizas, sacarosa, fibra cruda, glucosa y tamaño de partícula, para que esté acorde con la Norma Guatemalteca Obligatoria –COGUANOR- NGO 34159 y además, que sea aceptada por el consumidor.

El procedimiento empleado para esta investigación se dividió en cuatro etapas; la primera consistió en el desarrollo de cinco formulaciones de barras de chocolate, una prueba piloto sensorial con trabajadores de la empresa para seleccionar las 3 barras de mayor agrado y el establecimiento de los parámetros de temperatura y tiempo en cada operación unitaria dentro del proceso a nivel planta piloto.

. En la segunda etapa se enviaron muestras de las tres barras elaboradas a un laboratorio externo, donde se les realizaron análisis fisicoquímicos basándose en la Norma COGUANOR descrita con anterioridad y poder determinar si estas cumplen y están dentro de los parámetros permitidos. En la tercera etapa se realizó el panel sensorial con las barras de chocolate analizadas; en donde participaron colaboradores dentro de la industria analizada que cuentan con conocimientos acerca del producto. En la cuarta y última etapa se aplicó el diseño estadístico de bloques al azar a los resultados de las boletas, para establecer si hay diferencia estadística entre las barras analizadas.

La presente investigación fue desarrollada en una industria de alimentos de la ciudad de Quetzaltenango.

Abstract

This research was focused on the formulation and standardization of a chocolate bar, to which physicochemical evaluations of moisture, fat, ashes, sucrose, crude fiber, glucose and particle size were carried out, so that it is in accordance with the Mandatory Guatemalan Standard. –COGUANOR- NGO 34159 and also, that it is accepted by the consumer.

The procedure used for this investigation was divided into four stages; The first consisted of the development of five formulations of chocolate bars, a sensory pilot test with company workers to select the 3 most liked bars and the establishment of temperature and time parameters in each unit operation within the process at the level pilot plant.

In the second stage, samples of the three elaborated bars were sent to an external laboratory, where physicochemical analyzes were carried out based on the COGUANOR Standard described above and to determine if they comply with and are within the permitted parameters. In the third stage, the sensory panel was made with the analyzed chocolate bars. In this stage, collaborators within the analyzed industry who have knowledge about the product participated. In the fourth and last stage, the random block statistical design was applied to the results of the ballots, to establish if there is a statistical difference between the analyzed bars.

This research was developed in a food industry in the city of Quetzaltenango.

1. Introducción

De la semilla del cacao se elabora el chocolate que es consumido en diferentes presentaciones por gran cantidad de personas en todo el mundo. Según la norma del Codex Alimentarius para el chocolate y los productos de chocolate (Codex Stan 87-1981, Rev.1-2003) lo define con el nombre genérico de los productos homogéneos que por un proceso adecuado de fabricación a partir de la semilla del cacao, puede combinarse con azúcares y/o edulcorantes, productos lácteos y otros aditivos.

La elaboración de chocolate a nivel industrial requiere una gran cantidad de controles, en cada una de sus operaciones, para el desarrollo correcto del producto final, además se debe contar con formulaciones que permitan una estabilidad de la mezcla y un sabor placentero al paladar.

El consumo de chocolate en Guatemala, se ha incrementado en los últimos años, especialmente en las presentaciones de chocolate de leche y chocolate de taza, esto aumenta las exigencias de los consumidores en el mercado en cuanto a sabor, presentación y calidad. Es por esta razón que surgió esta investigación dentro de esta industria de alimentos ubicada en Quetzaltenango para poder crear productos nuevos, como lo es una barra de chocolate que cumpla con lo requerido en la Norma COGUANOR NGO 34-159 y que permita contar con un producto nuevo en la línea de producción.

Al realizar los análisis fisicoquímicos de las formulaciones aceptadas por los panelistas, se pudo determinar que las 3 formulaciones cumplían con los parámetros requeridos, sin embargo fisicoquímicamente la fórmula 743, correspondiente a la muestra “X3” fue superior en base al informe de resultados basados en la Norma –COGUANOR- NGO 34-159.

Al realizar el análisis estadístico mediante el análisis sensorial, se determinó que no existió diferencia significativa entre cada una de las formulaciones; lo que indica que las tres formulaciones fueron bien aceptadas por los panelistas, teniendo en general una nota promedio de 6,04 que corresponde a 6 y en la escala hedónica indica “gusta moderadamente” sin embargo la formulación 743 en la que el porcentaje de cacao es más alto, presentó mayor preferencia en cuanto a las características organolépticas evaluadas siendo esta la que será trasladada al proceso industrial.

2. Planteamiento del problema

En la industria donde se desarrolló esta investigación solamente se ha vendido en mayor cantidad, el chocolate para elaborar la bebida que se consume en caliente en taza o en un vaso y de manera tradicional. Sin embargo, aún no se produce en gran cantidad barras de chocolate en diferentes presentaciones. En este sentido, esta industria se ha quedado un poco a la zaga respecto a otras que si lo fabrican en gran cantidad. De esta manera la industria ha dejado de atender un sector importante que consume las barras de chocolate.

Ésta fue la principal razón que motivó a diseñar tres formulaciones de barra de chocolate, que puedan cumplir con los parámetros fisicoquímicos establecidos en la Norma COGUANOR NGO 34-159.

De esta forma, se espera ofrecer al consumidor final un producto que no solamente satisfaga su paladar, sino que tenga la garantía que no le va a causar ningún daño a la salud cuando lo consuma.

Con base en lo anterior se planteó la siguiente interrogante: ¿La barra de chocolate elaborada fue aceptada por el consumidor? ¿La barra de chocolate cumplió con los parámetros fisicoquímicos establecidos en la Norma COGUANOR NGO 34-159?

3. Justificación

Toda industria y específicamente la dedicada a elaborar alimentos, tienen que estar de manera permanente en investigación e innovación de sus procesos para no quedarse a la zaga de otras, y no dejar escapar algún nicho de mercado, o bien atrapar otros nichos. Pero esto solamente lo puede hacer si hacen los cambios necesarios en las formulaciones y presentaciones de los productos que ofrecen, o bien creando otros productos acorde a las necesidades del consumidor. Acá cobra importancia el departamento de investigación y desarrollo (I+D) que toda industria debe de tener. La elaboración de chocolate a nivel industrial requiere una gran cantidad de controles, en cada una de sus operaciones, para el desarrollo correcto del producto final, además se debe contar con formulaciones que permitan una estabilidad de la mezcla y un sabor placentero al paladar.

La principal razón de la presente investigación, fue diversificar la producción de la empresa al formular y estandarizar una barra de chocolate inocua que sea del agrado del consumidor, evaluando el proceso productivo de elaboración de chocolate en barra, incluyendo la formulaciones y materias primas utilizadas, mediante evaluaciones fisicoquímicas de humedad, grasa, cenizas, sacarosa, fibra cruda, glucosa y tamaño de partícula, para que esté acorde con la Norma Guatemalteca Obligatoria –COGUANOR- NGO 34159, con el fin de poder establecer, las variables recomendadas por la bibliografía y generar una formulación, con la que se obtenga las propiedades organolépticas y fisicoquímicas del producto terminado.

4. Marco teórico

4.1 Chocolate

El chocolate proviene del (náhuatl: *xocolatl*) y del (maya: *chocolhá*) es el alimento que se obtiene mezclando azúcar con dos productos derivados de la manipulación de las semillas del cacao: una materia sólida (la pasta de cacao) y una materia grasa (la manteca de cacao). A partir de esta combinación básica, se elaboran los distintos tipos de chocolate, que dependen de la proporción entre estos elementos y de su mezcla o no con otros productos tales como leche y frutos secos (Valenzuela, 2007).

El chocolate es nutricionalmente completo, ya que contiene aproximadamente un 30% de materia grasa, un 6% de proteínas, un 61% de carbohidratos, y un 3% de humedad y de minerales (fósforo, calcio, hierro), además de aportar vitaminas A y del complejo B. La materia grasa del chocolate es la manteca de cacao, la que contiene un 35% de ácido oleico, un 35% de ácido esteárico, y un 25% de ácido palmítico. El 5% restante está formado por diversos ácidos grasos de cadena corta cuya composición es típica de las diferentes almendras de cacao. La estructuración de los triacilglicéridos que componen la materia grasa del chocolate, se caracteriza por tener un punto de fusión en el rango 27-32°C, y es esta la característica organoléptica más interesante del chocolate, ya que una barra de este producto se funde con relativa rapidez en el paladar humano formando, sin originar grumos, una masa cremosa de textura y sabor muy agradable.

Los chocolates, de bajo costo, confeccionados con manteca de cacao sintética, o manteca industrial, no tienen esta característica, ya que la mayoría no funden a la temperatura corporal, de ahí el sabor desagradable y grasoso que producen en el paladar (Valenzuela, 2007).

El RTCA, en su subdivisión: “productos de cacao y chocolate, incluidos los productos de imitación y sucedáneos del chocolate” indica lo siguiente:

Productos de cacao y chocolate: El chocolate se produce a partir de la almendra de cacao descortezada, cacao en pasta, tortas prensadas de cacao, cacao en polvo o licor de cacao con o sin azúcar añadido, manteca de cacao, sustancias aromatizantes o saborizantes e ingredientes optativos (p. ej., nueces). Comprende nueces y frutas recubiertas de chocolate (p. ej., pasas), pero no incluye las nueces recubiertas de yogur, cereales o miel (categoría 15.2). Entre estos productos se incluyen los siguientes: bombones, dulces de manteca de cacao (a base de manteca de cacao, sólidos secos de leche y azúcar), chocolate blanco, pepitas de chocolate (p. ej., para hornear), chocolate con leche, chocolate cremoso, chocolate dulce, chocolate amargo, chocolate relleno (chocolate con una textura distinta en el interior y un recubrimiento externo, excluidos las tortas, galletas y pasteles y los productos de panadería fina de las categorías), y el chocolate compuesto (chocolate con sustancias comestibles añadidas, excluidos el almidón de harina y la grasa, a no ser que estén expresamente permitidos) (Ministerio de Salud y Asistencia Social, 2012).

4.1.1 Tipos de chocolate

La Norma Guatemalteca Obligatoria –COGUANOR– NGO 34159; en donde se establecen las especificaciones para los chocolates; clasifica los chocolates de la siguiente manera:

4.1.1.1 Chocolate de cobertura amarga o chocolate amargo: es el sólido homogéneo o el producto semiplástico, que se obtienen por una molienda fina de semillas de cacao descascarilladas y desgerminadas, a la cual se le puede agregar manteca de cacao, torta de cacao y cacao en polvo.

4.1.1.2 Chocolate simple: es el producto homogéneo obtenido por un proceso adecuado de manufactura a partir de una mezcla de semillas de cacao, con pasta de cacao, torta de cacao, cacao en polvo, con azúcar y con o sin manteca de cacao.

4.1.1.3 Chocolate cobertura simple: es el chocolate simple apropiado para propósitos de cobertura.

4.1.1.4 Chocolate adicionado de saborizantes: es el chocolate simple adicionado de sustancias aromáticas tales como: canela, vainilla y otras permitidas; también puede llevar otros aditivos alimentarios permitidos. En base a este tipo de chocolate se evaluaron las características fisicoquímicas de las barras a desarrollar.

4.1.1.5 Chocolate de leche: es el producto homogéneo obtenido por un proceso adecuado de manufactura a partir de una mezcla de semillas de cacao, con pasta de cacao, torta de cacao, cacao en polvo, con azúcar y sólidos de leche y con o sin manteca de cacao.

4.1.1.6 Chocolate de leche compuesto: es el chocolate de leche al que se han incorporado pasas, nueces, almendras, cereales inflados y otros similares.

4.1.1.7 Chocolate de cobertura de leche: es el chocolate de leche apropiado para propósitos de cobertura.

4.1.1.8 Chocolate relleno: es la cobertura de chocolate rellena de cualquiera de los siguientes productos: café, miel, licor de diferentes sabores, frutas secas, frutas frescas y otros similares.

4.1.1.9 Chocolate “fondant” o chocolate tipo suizo, chocolate blando: es el chocolate preparado con un mínimo de 30% de manteca de cacao, la cual es responsable de su bajo punto de fusión.

4.1.1.10 Chocolate claro o blanco: es el producto preparado con manteca de cacao, azúcar, leche en polvo o leche condensada.

4.2 Materias primas

Se define como materia prima, todos los elementos que se incluyen en la elaboración de un producto. La materia prima, es todo aquel elemento, que se transforma e incorpora en un producto final. Un producto terminado tiene incluido una serie de elementos y subproductos, que mediante un proceso de transformación permitieron la confección del producto final (Ramirez Toledo, 2011).

4.2.1 Cacao

El árbol del cacao, o cacaotero, es una planta perenne que rinde varias cosechas al año. El nombre científico del cacao es *Theobroma cacao L.*, Desde un punto de vista botánico y taxonómico existen tres variedades de cacao: El cacao criollo y trinitario. Ambos son considerados de grado fino, es el criollo al que se le llama “fino de aroma” y de mayor calidad para la industria chocolatera. En cambio, el chocolate forastero es considerado solo para producción en gran cantidad, es decir masiva. El fruto del árbol del cacao tiene una cáscara dura,

de forma ovalada o esférica y tienen una longitud de unos 20 cm. En su punto de madurez tienen una tonalidad dorada o rojiza con unas rayas longitudinales y emiten un sonido característico al ser golpeados. Este sonido lo producen las semillas contenidas en el interior de los frutos, llamadas a veces habas del cacao. Estas semillas de cacao, de sabor amargo, son de color púrpura o blancuzco y se parecen a las almendras (Bermúdez Albia y Mendoza Alcívar, 2016).

En la industria donde se va a desarrollar la investigación, se utiliza un tipo de cacao de variedad “Trinitario”. Este es más resistente y productivo que el cacao criollo, pero de inferior calidad, representa el 15 % de la producción mundial. Es el resultado de la hibridación entre el cacao Forastero y el Criollo. Es un híbrido que produce ambos tipos de almendras pero con una mayor proporción de almendras color púrpura, debido a su contenido en antocianinas (Cienfuegos-Jovellanos Fernández, 2016).

4.2.2 Azúcar

El azúcar es el sacárido cristalizado, de sabor dulce, que se extrae de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera. Tanto la remolacha como la caña, producen una misma sustancia, que es natural y que químicamente se denomina sacarosa. El azúcar es un disacárido, compuesto por los monosacáridos glucosa y fructosa enlazados químicamente. Existen otros muchos azúcares, como los monosacáridos glucosa (dextrosa) y la fructosa, el disacárido lactosa, así como los alcoholes azúcares, como por ejemplo, el sorbitol y el xylitol. Sin embargo, para la producción de chocolate, el tipo de azúcar más importante es la sacarosa (Beckett, 2008). La industria azucarera suministra gran variedad de azúcares cristalizados y líquidos. El azúcar blanco cristalizado, debe fluir libremente y tener los cristales de tamaño uniforme. No hay

estipulaciones legales referentes al tamaño del grano o de partícula. No obstante, se puede realizar por tamizado la siguiente graduación, que es más o menos aceptada por regla general.

El azúcar cristalino es extremadamente puro, normalmente es más del 99.9% y raramente menos del 99.7%. Se puede comprar con diferentes tamaños de cristal, que son aproximadamente los siguientes:

Tabla 1

Diferentes calidades de azúcar según su tamaño de grano

Calidad de azúcar	Tamaño del grano
Azúcar grueso	1,0 – 2,5 mm de tamaño de grano (0,04-0,1 pulgadas)
Azúcar medio fino	0-6 – 1,0 mm de tamaño de grano (0,02 – 0,04 pulgadas)
Azúcar fino	0,1 – 0,6mm de tamaño de grano (0,004 – 0,002 pulgadas)
Azúcar de glasear	0,005 – 0,1 mm de tamaño de grano (0,2*10 ⁻³ – 0,004 pulgadas)

Fuente: (Beckett, 2008)

La fabricación de chocolate, está basada predominantemente, en la utilización de azúcar de finura media, con la cantidad inevitable de grano fino $\leq 0,2$ mm (0,008 pulgadas), sin exceder el 2% (Beckett, 2008).

4.2.3 Manteca de cacao

La grasa del chocolate tiene una fusión única. Una alta proporción de las moléculas de triglicéridos en la cocoa son idénticas, o sea, que contienen radicales de ácido palmítico, oleico y esteárico, con el oleico situado en el carbono central del glicerol. La oleoildiestearina es otro componente principal. Estos dos triglicéridos en su forma cristalina estable, tienen puntos de

fusión con diferencia de unos cuantos grados, entre uno y otro y apenas por debajo de la temperatura corporal. Esto le da al chocolate su agudo punto de fusión y el que no pueda masticarse. La manteca de cacao es “sólida” por debajo de los 31°C. Calentada arriba de 34°C se derrite fácilmente. El chocolate para recubrir primero se funde y luego se enfría y se agita para que se desarrollen muchos núcleos de cristal en la forma beta estable (Beckett, 2008).

4.2.4 Agentes emulsificantes

También llamados emulsionantes, emulsivos o emulgentes, estabilizan las mezclas de los líquidos inmiscibles, como las emulsiones. Una emulsión, se define como una suspensión o dispersión, de un líquido en otro, siendo las moléculas de los dos líquidos, inmiscibles, o mutuamente antagónicas.

4.2.4.1. Lecitina de soya: la lecitina se obtiene, como subproductos de la refinación de aceite de soya y es en realidad, una mezcla de aceite con diversos fosfátidos; como se observa en la tabla siguiente:

Tabla 2

Composición aproximada de la lecitina comercial de soya

Componente	Porcentaje (%)
Aceite de soya	36
Lecitina	17
Cefalina	15
Fosfatidilinositol	11
Fitoglucolípidos y otros fosfátidos	14
Hidratos de carbono	5
Humedad	2

Fuente: (Beckett, 2008)

La lecitina desempeña un papel muy importante, en las propiedades de textura de los alimentos, actúa como emulsionante, debido a que su molécula contiene una parte hidrófoba y otra hidrófila. El grupo fosfato y la base nitrogenada, interaccionan con la fase acuosa, mientras que las cadenas hidrocarbonadas, lo hacen con la lípida, con lo cual se logra un contacto físico más estrecho entre las dos fases inmiscibles (Beckett, 2008). Su uso más importante, es como emulsionante; sobre todo en productos infantiles y de confitería. El porcentaje recomendado para la formulación de un chocolate es de 0,1 a 0,5% (Beckett, 2008).

4.2.5 Potenciadores de sabor

En la fabricación de chocolate, se utilizan diversos productos estabilizadores y potenciadores de sabor.

La adición de saborizante más común es la vainilla, en forma de vaina de vainilla natural, o en la forma más comúnmente utilizada en la actualidad de sabor de vainilla artificial, la vainillina, bien en su forma metílica o etílica (el nivel general de adición está entre 0,06% y 0,09% en chocolate con leche, y puede llegar hasta 0,1% en el chocolate oscuro y el dulce amargo).

La sal es quizá la segunda adición más corriente. Ambos se añaden para exaltar el sabor, más que para enmascararlo, la vainilla o vainillina produce acento de crema, mientras que la sal acentúa la particularidad de fractura limpia. Se han añadido muchas especias tales como nuez moscada, canela, etc. para producir o exaltar ciertos matices (Ramirez Toledo, 2011).

4.3 Etapas de elaboración del chocolate

4.3.1 Fermentación

Es el proceso a que se somete el cacao en baba, que consiste en causar la muerte del embrión, eliminar la pulpa que rodea a los granos y lograr el proceso bioquímico que le confiere el aroma, sabor y color característicos. La fermentación puede realizarse de diferentes formas, las más comunes utilizadas en nuestro medio es el uso de cajas de madera.

Las diferencias en la calidad de la fermentación podrían explicar las posibles relaciones entre el sabor a cacao con floral, frutal y nuez. Las muestras mejor fermentadas desarrollan no solo una expresión más intensa del sabor a cacao sino también notas sensoriales aromáticas típicas de los cacaos finos o de aroma (Bermúdez Albia & Mendoza Alcívar, 2016).

4.3.2 Secado

Terminado el proceso de fermentación del grano de cacao, es necesario someterlo al proceso de secado, el cual consiste en reducir la humedad con que sale el grano de cacao una vez finalizada la etapa de fermentación (55% aproximadamente) hasta un contenido de humedad final máxima del 7% que es la aceptada durante la fase de comercialización del grano de cacao seco, la cual permite conservar la calidad del grano durante el almacenamiento y sin riesgo de deterioro por aparición de hongos. Existen varios tipos de secadores tanto naturales (calor del sol) como artificiales (Bermúdez Albia & Mendoza Alcívar, 2016).

4.3.3 Tostado

La ciencia ha proporcionado controles automáticos de temperatura, tiempos y movimientos en el tostado, pero la experiencia en este paso es muy importante, ya que las

condiciones varían según las condiciones del grano de cacao y de los objetivos del chocolate.

Existen dos problemas básicos que crearon la necesidad de realizar el proceso de tostado; el primero, es que el cacao no es una materia prima uniforme, probablemente menos uniforme que cualquier otra semilla que se desee tostar. Además, la falta de uniformidad no es sólo en el contenido de humedad, sino también se da en la fermentación. El sabor que se conoce normalmente como chocolate, es impreciso y su análisis hasta ahora, ha evadido muchas evaluaciones científicas. Se sabe que los precursores del sabor del chocolate, son formados solo mediante la fermentación y se sabe que el tostado es requerido, para convertir esos precursores del sabor, en el tipo e intensidad de sabor, que identifica al chocolate deseado. Antes del tueste, las habas pueden presentar un sabor astringente, amargo, ácido, mohoso, sucio o incluso avellanado. Las temperaturas de tostado recomendadas son de 104°C hasta 149 °C. La variación en las temperaturas se ve afectada en gran medida, por el equipo que se esté utilizando en el proceso de tostado, el tipo de licor de cacao, la duración del tostado (se recomienda de 20 a 30 minutos máximo) y el volumen de aire dentro de la tostadora. El segundo problema se debe a que, realizando diferentes tipos de tostado, se pueden obtener distintos tipos de chocolate para diferentes usos.

Los cambios más importantes desarrollados durante el tostado, se pueden resumir de la siguiente manera:

- Desarrollo del agradable complejo aromático, que brinda el sabor conocido como chocolate, obtenido de los granos fermentados de cacao que se estén utilizando. Evaporación de los ácidos de sabor fuerte y otros astringentes orgánicos de naturaleza volátil.
- Modificación química de los taninos y otros compuestos no volátiles, con su correspondiente reducción de la amargura.

- Obscurecimiento de los cotiledones a un atractivo y fuerte color café.
- Eliminación del exceso de humedad.
- Pérdida de la cascara de los cotiledones.

En la empresa analizada, se cuenta con una tostadora tipo Batch, la cual opera a 140 °C por aproximadamente 20 minutos para cada batch de 25 libras. El grano de cacao se encuentra almacenado en bolsas grainpro; que son una solución simple y efectiva para productos con riesgo de humedad y daños por insectos durante su transporte y almacenamiento.

4.3.4 Reducción de tamaño

El proceso de reducción de tamaño de los granos de cacao tostados, son quebrados mediante un molino de fricción permitiendo que los cotiledones y las cáscaras se separen. Todas las piezas que varían de tamaño, desde partículas de polvo hasta segmentos de grano de una pulgada de largo, son separados por un molino que utilizan las fuerzas de cizalla para la reducción de tamaño (Rueda Barreno y Sánchez Paredes, 2015).

En la empresa analizada, se utiliza un molino de doble disco. En ésta modificación, la armadura tiene dos discos, que giran en dirección opuesta, generando un esfuerzo de cizalla mayor que la que se puede conseguir con los molinos de disco único.

4.3.5 Descascarillado

Consiste en retirar la cascarilla que cubre del grano de cacao. El cotiledón y la cáscara separados en el proceso anterior, son descargados en la descascarilladora, las cuales poseen un flujo de aire con velocidad suficiente para llevarse la cáscara, pero no lo sumamente fuerte como para arrastrar los cotiledones (Rueda Barreno, 2015).

La corriente de partículas muy finas, o polvo, es descartada o sometida a procesos para la recuperación de manteca de cacao. Los diferentes tamaños de nibs son re combinados y pasados a la siguiente operación (Ramírez toledo, 2011).

4.3.6 Molienda

A partir del quebrado y descascarillado de las semillas de cacao se obtiene un líquido llamado licor de cacao o licor de chocolate por medio de la etapa de molienda. El licor de cacao es chocolate puro en forma líquida y está compuesto de dos ingredientes principales, la manteca o grasa de cacao y el cacao seco. Este licor es la base para hacer todo tipo de chocolates (Ramírez Toledo, 2011).

La molienda del grano de cacao tiene dos objetivos por cumplir: el primero es hacer que las partículas sean lo suficientemente pequeñas para una buena homogenización y la segunda, es la de extraer la mayor cantidad posible de grasa del interior de las células del cotiledón; misma que es necesaria para facilitar el flujo del chocolate tanto en el proceso de elaboración como cuando se funde en a boca (Ramírez Toledo, 2011).

4.3.7 Prensado

Una vez fabricado el licor de cacao, se prensa y se separa la manteca del polvo. Las materias primas separadas se pueden entonces mezclar en diferentes cantidades con otros ingredientes, como el azúcar y la leche para la elaboración de tabletas de chocolate o por separado para elaborar cocoa en polvo y chocolate blanco (Ramirez, 2011). Cuando se rompen las paredes celulares del grano de cacao mediante aplastamiento o molienda se hace presente la grasa, que humedece las partículas celulares fraccionadas. Con la desintegración progresiva

queda libre cada vez mayor cantidad de manteca de cacao que sirve como vehículo de las partículas de cacao; en este período es cuando se obtiene el primer producto que tiene las características del chocolate (Velasteguí Arcos, 2010)

4.3.8 Homogeneizado

En esta etapa el licor de cacao, la azúcar refinada, la manteca de cacao, la leche en polvo y cualquier otro material saborizante, serán mezclados juntos en las cantidades establecidas por la fórmula particular determinada (Velasteguí Arcos, 2010).

Solo la cantidad suficiente de manteca de cacao, se agrega en esta etapa para producir una mezcla pesada. La cantidad de manteca de cacao, depende del grado de reducción de las partículas. El contenido total de grasa de la pasta de chocolate, en esta etapa, puede estar dentro de un rango del 25% al 30%. En el rango inferior se encuentran los chocolates y las capas relativamente gruesas para confitería, revestimientos blancos y pinturas de aceite para helados. En la parte superior del rango están los productos muy suaves y aquellos con licor alto en contenido de cacao o sólidos (Velasteguí Arcos, 2010).

4.3.9 Refinado

Es un proceso por el cual se reduce aún más el tamaño de las partículas individuales no grasas, de manera que no sean perceptibles al paladar. El propósito principal de la refinación es obtener una masa de chocolate que tenga el tamaño de partícula apropiado. Casi siempre se utiliza una refinadora de cinco rodillos; también se utiliza un molino refinador de bolas (Velasteguí Arcos, 2010).

En la empresa analizada, se cuenta con un molino refinador de bolas.

4.3.10 Conchado

Aunque la fermentación, secado y tueste sean capaces de desarrollar los precursores del sabor del chocolate, desarrollan también compuestos químicos indeseables; estos dan lugar a sabores ácidos y astringentes en el paladar. El objetivo de conchar es el eliminar los sabores indeseables, y a la vez desarrollar los agradables. Durante esta operación, se están teniendo procesos físicos y químicos concurrentemente, que no deber ser considerados por separado. Se cuentan entre ellos, partículas de azúcar, que no están cubiertas de grasa; éstas impiden que el chocolate fluya adecuadamente cuando la grasa está en estado líquido, por este motivo, el chocolate todavía no puede usarse en la confección de dulces y no presenta al paladar la textura normal del chocolate (Ramirez Toledo, 2011).

El proceso de conchado, por lo tanto, cubre estas nuevas superficies con grasa y desarrolla las propiedades de fluidez así como las de sabor, esto se realiza normalmente agitando el chocolate durante un período prolongado en un depósito grande. El proceso implica la exposición al aire del chocolate puro a temperaturas bastantes elevadas (60-70°C), el principal efecto es que las superficies frescas del chocolate se exponen al aire, las sustancias volátiles pueden eliminarse, y las que van a producir los distintos sabores continúan su proceso de cambio, el contenido de humedad se reduce aún más, y se exprime más grasa de las partículas de cacao de modo que la viscosidad decrece (Velasquí Arcos, 2010).

4.3.11 Atemperado

Atemperado o templado se define como llevar a consistencia o dureza apropiada. La manteca de cacao se cristaliza en cuatro diferentes formas que son γ α β . Esta última es la forma estable y el propósito del templado es cristalizar el chocolate en esa forma estable, de otra

manera el chocolate sería inestable y gradualmente se invertiría durante el almacenamiento buscando estabilidad, provocando así contracción y esfuerzo en el chocolate.

El proceso de templado es uno de los procesos fundamentales para conseguir un chocolate brillante y con una textura y conservación adecuadas. Consiste en someter a una serie de cambios de temperatura con el fin de que se produzca la cristalización de la manteca de cacao (la grasa propia del cacao). La cristalización es el paso del estado líquido a sólido de la manteca de cacao, y debe realizarse a temperaturas determinadas. La manteca de cacao está formada por distintos cristales: unos inestables que funden entre 18 y 28°C aproximadamente, otro que es estable y que funde entre 33 y 35°C y otro que funde entre 44 y 46°C. El templado se realiza para lograr la mezcla íntima de esos cristales y con esa homogeneización conseguir que el chocolate se desmolde fácilmente además de conseguir, como decíamos antes, brillo, una buena textura y mejor conservación del chocolate terminado. Seguido de la fundición se procede a enriquecer la pasta con una siembra de cristales, que a continuación se descende la temperatura entre 32 y 28°C para proporcionarle una mayor fluidez que permita una mejor adaptación a los moldes (Velasquí Arcos, 2010).

Las condiciones de templado deben ser determinadas tomando en cuenta varios factores como:

- Composición del chocolate
- Viscosidad del chocolate
- Temperatura de conchado
- Tiempo de conchado

4.3.12 Moldeado

El moldeado es un método de producir piezas con tamaños precisos. Como su nombre sugiere, los moldes son la parte principal de la instalación.

Otro método es el sistema de moldes sueltos en el cual, unas prolongaciones de las cadenas portadoras se acoplan en alojamientos especialmente diseñados en el molde. La limpieza es una exigencia necesaria, ya que los moldes acumulan muy rápidamente exceso de chocolate en los bordes de entrada y salida del molde que rodea el dulce. Esto puede producir graves problemas de infestación cuando algo de este material cae a los enfriadores principales (Ramirez Toledo, 2011).

Los moldes pueden rellenarse a mano a una temperatura de 31 a 33°C; en esta etapa el chocolate está espeso y pastoso, por esto, se somete a agitación o vibración vigorosa para asegurar que el chocolate esté en contacto total con el molde y para expulsar las burbujas de aire que aparecen en la superficie (Velasteguí Arcos, 2010).

4.3.13 Enfriado

Luego del moldeado del chocolate, se realiza el enfriamiento del mismo, esta es una combinación de conducción, convección y radiación. En todos los enfriadores, una vez que se ha bañado el centro, la cristalización avanzada debe proceder sin otro tratamiento a medida que el chocolate se va solidificando. Solamente se necesita la temperatura ligeramente inferior para completar la transición desde el estado plástico al sólido. A pesar del hecho de que el chocolate se solidificará rápidamente en aire libre frío, se necesitan enfriadores.

Para enfriar y solidificar apropiadamente el chocolate, se debe dejar en primer lugar que se enfríe suavemente, en condiciones de radiación o de aire en movimiento ligero. Se debe evitar que el chocolate sea un enfriamiento fuerte, ya que esto tiene el efecto de segregar la manteca de cacao hacia la superficie del producto conduciendo rápidamente a la producción de la eflorescencia grasa (Velasteguí Arcos, 2010).

4.3.14 Empacado y almacenado

Las exigencias básicas del empaquetado del chocolate son relativamente sencillas. Necesita protección contra el manejo, suciedad, manchas e infestación por insectos, así como también contra la humedad (Ramirez Toledo, 2011).

4.4 Determinaciones fisicoquímicas de importancia en el chocolate

4.4.1 Humedad

La humedad puede afectar negativamente las propiedades de flujo del chocolate. El agua puede encontrarse ligada o libre. Cuando se encuentra ligada, no representa mayor problema porque se encuentra atrapada entre los ingredientes. Sin embargo, el agua libre puede interactuar con los ingredientes y causar pegajosidad en los polvos o cristalización del azúcar, resultando en la aglomeración de partículas o la formación de grandes cristales, aumentos en la viscosidad y elasticidad aparente, dificultando el procesamiento del chocolate (Quirós Martínez, 2016)

Existen distintos métodos para la determinación de humedad en alimentos, entre los que se pueden encontrar la determinación por convección, estufa de vacío, por balanza de humedad, por destilación azeotrópica, liofilización y por la reacción de Karl-Fisher, entre las más utilizadas (Quirós Martínez, 2016)

El chocolate contiene aproximadamente un 1% de humedad, sin embargo, ésta puede migrar a través del chocolate lentamente, por lo que remover la humedad de trozos grandes puede tomar largos periodos de tiempo, pudiendo dispersarse en otro medio o utilizarse una reacción química como la de Karl Fisher para realizar la determinación (Beckett, 2008). La determinación por reacción de Karl-Fisher se utiliza para muestras con bajos contenidos de humedad y altos contenidos de grasa, como el chocolate y permite obtener el contenido de agua tanto libre como ligada. No obstante, al utilizar el método de la estufa, se obtiene el contenido de agua libre en la muestra. Para el chocolate se puede realizar en estufa usando arena pre secada para aumentar el área superficial, o utilizar estufa de vacío, aunque éste método es más lento y poco preciso, su costo es mucho menor. La AOAC Internacional -Asociación de Químicos Analíticos Oficiales- cuenta con un método gravimétrico para productos de cacao, llevando a masa constante en estufa a vacío a 100°C (Beckett, 2008).

4.4.2 Grasa

Los ingredientes lipídicos son mezclas complejas de diferentes ácidos grasos que se unen con glicerol formando diferentes estructuras moleculares conocidas como glicéridos. Las grasas están compuestas principalmente por triacilglicéridos, junto con diacilglicerol, monoacilglicerol, ácidos grasos libres y componentes lipídicos menores como fosfolípidos y glicolípidos (Quirós, 2016).

El contenido de grasa puede ser determinado por instrumentos de reflexión o radiación infrarroja sobre la superficie del chocolate; sin embargo, este tipo de radiaciones se ve afectada por otros factores tales como el tamaño de partícula o la composición del chocolate, lo que significa que estos equipos deben ser recalibrados para cada producto. Esto puede evitarse

utilizando el método tradicional de determinación de grasa por Soxhlet que consiste en una extracción intermitente con un exceso de disolvente (Beckett, 2008).

4.4.3 Cenizas

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes. El valor principal de la determinación de cenizas (y también de las cenizas solubles en agua, la alcalinidad de las cenizas y las cenizas insolubles en ácido) es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos, por ejemplo en las especias y en la gelatina es un inconveniente un alto contenido en cenizas. Las cenizas de los alimentos deberán estar comprendidas entre ciertos valores, lo cual facilitará en parte su identificación.

En el método de cenizas totales; toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los (550 - 600)°C; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza. Para la determinación de cenizas se siguen métodos para determinación en seco y en húmedo; en cuanto a la determinación de cenizas en seco hay varias ventajas y desventajas (Pedrero y Pangbom, 1997)

La determinación en seco es el método más común para determinar la cantidad total de minerales en alimentos y este método se basa en la descomposición de la materia orgánica quedando solamente materia inorgánica en la muestra, este método es eficiente ya que determina tanto cenizas solubles en agua, insolubles y solubles en medio ácido. Por otro lado la determinación húmeda se basa en la descomposición de la materia orgánica en medio ácido por

lo que la materia inorgánica puede ser determinada por gravimetría de las sales que precipiten, y también por algún otro método analítico para las sales que permanezcan en disolución acuosa o ácida. Para la determinación húmeda se dan cenizas alcalinas, ácidas y neutras y esto se basa en el tipo de anión o catión ya sea metálico o complejo de tal suerte que hay cenizas como tartratos, citratos que producirán cenizas con un carácter alcalino, esto es demostrable para otros compuestos minerales. Es necesario tomar en cuenta que también un índice de alcalinidad de cenizas es muestra del contenido de carbonatos en disolución acuosa (Beckett, 2008)

Según la Norma Guatemalteca Obligatoria –COGUANOR- NGO 34159 admite un 8% máximo del contenido de cenizas totales y 0.2% de cenizas insolubles en ácidos.

4.4.4 Sacarosa

Coloquialmente se denomina azúcar, azúcar común o azúcar de mesa. Es el compuesto orgánico de mayor producción en forma pura. Su fórmula molecular es $C_{12}H_{22}O_{11}$. La sacarosa es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa, que se obtiene principalmente de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera. El azúcar blanco es sometido a un proceso de purificación final mecánico por centrifugación. El azúcar moreno no sufre este proceso. La cromatografía líquida de alta resolución es una técnica cromatográfica usada para separar componentes de una muestra que se fraccionan entre una fase móvil líquida y una fase estacionaria sólida compuesta por partículas muy finas contenidas en una columna, y donde se utiliza una presión muy elevada para formar el paso del disolvente a través de ella, consiguiendo así separaciones de gran resolución, permitiendo su identificación y cuantificación. La cromatografía líquida de alta resolución tiene ventajas en el análisis de azúcares debido a su gran

solubilidad en agua y a su idoneidad para la separación de especies no volátiles o termolábiles (Beckett, 2008).

La Norma Guatemalteca Obligatoria –COGUANOR- NGO 34159 admite un 80% máximo del contenido de sacarosa de un chocolate simple.

4.4.5 Fibra cruda

Es el residuo insoluble obtenido del tratamiento de la muestra de chocolate. Se debe entender la fibra cruda como la parte orgánica del alimento que es insoluble y no digestible y que está formada en la inmensa mayoría de las ocasiones por celulosas y lignocelulosas provenientes de los tejidos vegetales.

Según la Norma Guatemalteca Obligatoria –COGUANOR- NGO 34159 el contenido de fibra cruda será no mayor a 7%.

4.4.6 Glucosa

La glucosa es un monosacárido con fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$. Es una hexosa; es decir; contiene átomos de carbono, es una aldosa, esto es, el grupo carbonilo está en el extremo de la molécula (es un grupo aldehído). Es una forma de azúcar que se encuentra libre en el pan blanco, chocolate, miel, zanahoria, copos de maíz, arroz, tortilla, pasteles, pasta y remolacha, entre otros.

Según la Norma Guatemalteca Obligatoria –COGUANOR- NGO 34159 el contenido de glucosa como máximo de 25%.

4.4.7 Tamaño de partícula

El tamaño de partícula de los ingredientes tiene un impacto sobre la textura del producto final, el sabor y la fluidez. La mayoría de chocolate se refina a un tamaño de partícula entre 15 μm – 35 μm . Para un chocolate en barra de alta calidad el tamaño de partícula debe ser menor que 20 μm (Quirós, 2016). Sin embargo, partículas mayores a 50 μm se pueden encontrar ocasionalmente en algunas muestras y el tamaño máximo de partícula puede variar en gran medida entre muestras de un mismo chocolate; por esto, generalmente se reporta el percentil 90, que representa el tamaño al cual el 90% de las partículas sólidas son menores o iguales a este valor (Beckett, 2008).

Según la Norma Guatemalteca Obligatoria –COGUANOR- NGO 34159 el tamaño de partícula será no mayor a 425 μm .

4.5 Evaluación sensorial

Es el análisis de alimentos y otros materiales por medio de los sentidos. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido. La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, o sea, sus cinco sentidos (Castro Martín, J. J., Valls, J. S. y Bota Prieto, Enric 1999). El sistema sensitivo del ser humano es una gran herramienta para el control de calidad de los productos de diversas industrias. En la industria alimentaria la vista, el olfato, el gusto y el oído son elementos idóneos para determinar el color, olor, aroma, gusto, sabor y la textura quienes aportan al buen aspecto y calidad al

alimento que le dan sus propias características con los que se les identifica y con los cuales se puede hacer un discernimiento de los mismos.

El chocolate presenta un conjunto particular de características sensoriales que dictan su elección y aceptabilidad por parte del consumidor. Estas características son originadas por precursores presentes en los granos de cacao y formadas durante el proceso de elaboración del chocolate. Además de estos factores inherentes, otros como los ingredientes y las técnicas de procesamiento también presentan un efecto importante. Sin embargo, el gusto es el atributo sensorial más importante del chocolate, el cual es influenciado por el olor, sabor y textura del mismo durante el consumo.

Las pruebas de preferencia por ordenamiento se pueden evaluar múltiples productos, le orden de las muestras se debe presentar en forma aleatoria, no se permite empates. Esta prueba tiene como objetivo ordenar una serie de muestras de acuerdo a la preferencia de cada panelista. Debido a que son niveles de preferencia se trabaja con datos ordinales por lo tanto se usan pruebas no paramétricas como: Prueba de análisis de ordenamiento por rangos, Prueba de Basker, Friedman o Krame (Pedrero y Pangbom, 1997).

Las pruebas orientadas al consumidor, son aquellas empleadas para evaluar preferencia, aceptabilidad o grado en que gusta cierto producto alimenticio. En estas pruebas se pueden realizar peticiones directas a los panelistas con el fin de obtener respuestas específicas.

Una prueba de agrado brinda información acerca de si el consumidor gusta o no del producto en un panorama general, involucrando la medida de respuestas hedónicas por parte de estos, además permite saber cuál producto es el más gustado y cual menos, así como el gusto relativo de cada producto (Quirós Martínez, 2016).

Las pruebas de preferencia por ordenamiento tienen como objetivo ordenar una serie de muestras de acuerdo a la preferencia personal de un grupo de consumidores las muestras no necesariamente deben ser homogéneas, esto es, pueden compararse productos diferentes. Tiene como objetivo ordenar una serie de muestras de acuerdo a la preferencia personal de un grupo de consumidores

Para esta prueba generalmente se utiliza una escala hedónica de 7 puntos, también conocida como escala de agrado, según tabla 3:

Tabla 3

Valoración numérica de resultados de boleta de análisis sensorial.

Escala	Puntaje
Me gusta mucho	7
Me gusta moderadamente	6
Me gusta poco	5
No me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta poco	3
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta mucho	1

Fuente: Castro Martín, J. J., Valls, J. S. y Bota Prieto, Enric,(1999)

4.5.1 Propiedades sensoriales aplicadas al chocolate

4.5.1.1. Gusto/sabor: es la sensación percibida a través de las terminaciones nerviosas de los sentidos del olfato y gusto principalmente, localizado en la lengua y cavidad bucal, se definen cuatro sensaciones básicas: ácido, salado, dulce y amargo (Manfugás, 2007). El gusto permite deslumbrarse o no, entre sus sabores, definir si es amargo, dulce, ácido.

4.5.1.2. Olor: es la sensación producida al estimar el sentido del olfato y que permite la estimulación del sentido del olfato (Manfugás, 2007). Es quizás uno de los más importantes, con este se puede reconocer y determinar la pureza del mismo.

4.5.1.3. Textura: es el conjunto de percepciones que permiten evaluar características físicas de un alimento por medio de la piel y músculos sensitivos de la cavidad bucal (Espinosa Manfugás, 2007). La mejor manera de evaluar la textura en alimentos es por medio de paneles sensoriales (Quirós Martínez, 2016).

En cuanto a la textura del chocolate, el quiebre y la dureza son dos de las características de mayor importancia ya que al romperla significa que fue elaborada de forma correcta (Beckett, 2008). La dureza es el parámetro físico que se evalúa en función a la textura ideal de un chocolate, adicional ésta debe ser lisa, lo que significa que los azúcares que lo conforman lograron compactarse durante el proceso de manufactura.

4.5.1.4. Color: es en general el estímulo luminoso al ojo, ya que es lo que más llama la atención en los alimentos (Espinosa Manfugás, 2007). El chocolate de buena calidad presenta un color continuo de café claro a oscuro, dependiendo del tipo del producto elaborado, así como una apariencia brillante. Manchas o parches blancos debidos a la migración de la grasa o del azúcar en la superficie del producto, representan características de color indeseables (Quirós Martínez, 2016).

4.5.1.5. Apariencia /vista: el chocolate con altas cantidades de cacao y que ha sido correctamente temperado debe poseer brillo a primera vista para demostrar su calidad (Quirós Martínez, 2016).

El brillo es el resultado de la reflexión y la refracción de la luz en la superficie de un material (Ramirez Toledo, 2011). Uno de los factores más importantes en la

producción de chocolate es la presentación final y el brillo del mismo es un aspecto que determina totalmente su calidad. El brillo en el chocolate se alcanza al realizar un correcto proceso de templado y de enfriamiento. Si en caso no se realizará un templado de chocolate, es de suma importancia los emulsionantes, como la lecitina, en adecuadas concentraciones, que permitirán darle un acabado final agradable y brillante siempre y cuando se realice un correcto proceso de enfriamiento. Cabe resaltar que un proceso sin templado el brillo es más complicado de controlar (Ramírez Toledo, 2011).

4.5.2 Análisis estadísticos utilizados en la evaluación sensorial

Los métodos estadísticos sirven para hacer inferencias y obtener conclusiones acerca de los productos alimenticios. Utilizando el apropiado, se puede determinar si una hipótesis debe aceptarse o rechazarse, determinar si existen diferencias entre las muestras, tratamientos o poblaciones y si estas diferencias dependen a su vez de otras variables o parámetros y verificar la consistencia de los panelistas entrenados, tanto durante la fase de capacitación, como durante el estudio mismo (Myers, R H., Myers, S. L., Ye, K. y Walpole, R. E., 2012).

Existen pruebas para el análisis estadístico, entre las que se pueden mencionar:

4.5.2.1. Análisis de ordenamiento por rangos: es un procedimiento de comparación múltiple que involucra la suma de rangos de Friedman para el análisis de datos ordinales. El análisis de los datos de pruebas que se basan en ordenamiento por rangos (o escalas de rangos ordinales) puede ser de dos tipos:

- Comparación de todas las muestras (tratamientos) entre sí.

- Comparación entre una referencia y varias muestras.

El primer tipo de análisis pretende discernir aquellas muestras que son “superiores” o “inferiores” a otras muestras. El segundo tipo de análisis indica si una referencia es superior dentro de un grupo de muestras o simplemente si es diferente (Pedrero, 1997).

4.5.2.2. Coeficiente de correlación de Pearson: es una medida de dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. El fundamento del coeficiente de Pearson es el siguiente: Cuanto más intensa sea la concordancia (en sentido directo o inverso) de las posiciones relativas de los datos en las dos variables, el producto del numerador toma mayor valor (en sentido absoluto). Si la concordancia es exacta, el numerador es igual a N (o a $-N$), y el índice toma un valor igual a 1 (o -1).

4.5.2.3. Regresión lineal: es un campo de estudio que enfatiza la relación estadística entre dos variables continuas conocidas como variables de predicción y respuesta. (Nota: cuando hay más de una variable predictora, se convierte en regresión lineal múltiple). La variable predictora se denota con mayor frecuencia como “ x ” y también se conoce como variable independiente. La variable de respuesta se denota con mayor frecuencia como “ y ” también se conoce como variable dependiente.

4.5.2.4. Análisis de varianza: se utiliza este método para tener comparaciones precisas entre los tratamientos o muestras bajo estudio. Utilizar bloques es una forma de controlar la varianza del error experimental para tener mayor precisión. Elimina una fuente de variación del error, aumentando de esta forma la precisión del ensayo, permitiendo una gran flexibilidad en la relación tratamiento bloque, siempre y cuando se reserven un

número igual (o un múltiplo) de tratamientos por unidad experimental, la pérdida de información por bloque o tratamiento no dificulta el análisis estadístico.

De acuerdo al método de análisis de varianza para un diseño de bloques al azar se analizaron los resultados obtenidos.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

- 5.1.1. Formular barras de chocolate para ser evaluadas fisicoquímica y sensorialmente, elaboradas en una industria de alimentos en Quetzaltenango.
- 5.1.2. Estandarizar barras de chocolate para ser evaluadas fisicoquímica y sensorialmente, elaboradas en una industria de alimentos en Quetzaltenango.

5.2 Objetivos específicos

- 5.2.1 Seleccionar tres formulaciones de barras de chocolate de las cinco presentadas, mediante una prueba sensorial piloto.
- 5.2.2 Estandarizar los parámetros de temperatura y tiempo del proceso de elaboración de las barras de chocolate.
- 5.2.3 Determinar las características fisicoquímicas de las tres formulaciones de barras de chocolate seleccionadas en la prueba sensorial piloto.
- 5.2.4 Evaluar mediante un panel sensorial las barras de chocolate que cumplieron con los parámetros fisicoquímicos.
- 5.2.5 Establecer si existe diferencia estadística en las barras de chocolate evaluadas por los panelistas mediante un análisis de varianza.

6. Hipótesis

- 6.1** Al menos una de las formulaciones de la barra de chocolate, cumplirá con los requisitos fisicoquímicos descritos en la Norma –COGUANOR- NGO 34-159.
- 6.2** No existe diferencia estadística en cuanto a calidad sensorial de las tres barras de chocolate elaboradas.

7. Recursos y materiales

7.1 Recursos

7.1.1. Recursos humanos

- Investigador: T. U. Angela María Zúñiga Santizo
- Asesor principal: Q. B. Gladys Calderón Castilla
- Asesor adjunto: Inga. Ana Lucía Chávez Maldonado
- Panel piloto: colaboradores de la industria donde se realiza la investigación.
- Panel sensorial: colaboradores de la industria donde se realiza la investigación.

7.1.2. Recursos físicos

- Industria donde se realizará la investigación.
- Laboratorio de Desarrollo e Innovación
- Laboratorio de análisis de alimentos (se trabajó con Laboratorio Desarrollo de Soluciones Globales –DSG-)

7.1.3. Recursos institucionales

- Centro Universitario de Suroccidente, CUNSUROC, Mazatenango, Suchitepéquez

7.1.4. Recursos económicos

- Los gastos para la realización del estudio fueron cubiertos por la estudiante.

7.2 Materiales y equipo

7.2.1. Materia prima

- Cacao tostado; variedad trinitario
- Azúcar granulada blanca
- Manteca de cacao: extraída de cacao trinitario
- Lecitina de soya
- Sal como potenciador de sabor
- Vainilla en polvo como potenciador de sabor

7.2.2. Elaboración de la barra de chocolate

- Termómetro digital
- Pesa digital
- Temporizador
- Refinadora de chocolate nivel laboratorio
- Atemperadora a nivel laboratorio
- Molino de bolas
- Molino de discos
- Moldes de acrílico
- Recipientes
- Computadora
- Calculadora
- Paleta

- Refrigeradora
- Mesa de trabajo

7.2.3. Evaluación sensorial

- Barras de chocolate
- Boletas de evaluación
- Galletas soda
- Vasos plásticos
- Platos
- Agua purificada
- Servilletas
- Muestras
- Etiquetas
- Lapiceros

8. Marco operativo

La presente investigación se desarrolló en las etapas siguientes:

8.1 Primera etapa: prueba sensorial piloto y estandarización de parámetros

Para la elaboración de las barras, se tomó como factor principal el tipo de chocolate que se desea evaluar siendo el chocolate adicionado de saborizante. Primero se realizaron cinco formulaciones en las cuales se variaron los porcentajes de cacao, manteca de cacao y azúcar, mientras que el resto de ingredientes como la lecitina, la vainilla en polvo y la sal, mantuvieron el porcentaje establecido. Estas cinco barras elaboradas se sometieron a un panel piloto integrado con colaboradores de la empresa, con la finalidad de que seleccionaran tres barras y obtener sugerencias para mejorarlas.

Las formulaciones planteadas fueron las siguientes:

Tabla 4

Formulaciones planteadas

Componente	A	B	C	D	E
	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
Azúcar granulada	54,20	49,20	44,20	39,20	34,20
Cacao	25,00	26,00	25,00	35,00	40,00
Manteca de cacao	20,00	24,00	30,00	25,00	25,00
Lecitina de soja	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Vainilla en polvo	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sal granulada	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

Fuente: elaboración propia, 2020

Nota: En una prueba piloto se parte de una formulación base, ésta fue tomada de la bibliografía basada en el libro de La Ciencia del Chocolate, (Beckett, 2008). Luego de la formulación base, se cambian los porcentajes de algunos ingredientes a criterio del investigador. Ya sea de más o de menos. De esta manera se cuenta con diversas fórmulas. Esto se hace para disminuir el costo del producto pero manteniendo la calidad.

8.1.1. Proceso de elaboración de las barras de chocolate

Consiste en lo siguiente:

8.1.1.1. Fermentación: es la etapa donde se desarrollan los aromas y sabores del grano de cacao. El cacao utilizado se almacena en cajones de 5 a 7 días, a 40 grados celsius y un pH entre 4 y 5 para lograr que los azúcares del grano de cacao se transforman en alcohol y posteriormente en ácido acético.

8.1.1.2. Lavado: en esta etapa se eliminó por completo la pulpa.

8.1.1.3. Secado: es el proceso en donde se buscó reducir la humedad de los granos entre 6 a 8%. Este proceso se realiza de manera mecánica utilizando cámaras de secado a temperaturas de 65 grados celsius.

8.1.1.4. Tueste: se realizó un batch de 25 libras de cacao el cual utilizó una curva de tueste que inició en 115 grados celsius, hasta llevarlo a 140 grados celsius durante 25 minutos.

8.1.1.5. Recepción de materia prima: en esta etapa se observó ciertas características de color, olor, textura, empaque y etiquetado de las materias primas: cacao tostado, azúcar granulada, lecitina de soja y vainilla en polvo, licor de cacao, manteca de cacao azúcar granulada, lecitina de soja, sal granulada y vainilla en polvo. Para que lleguen al consumidor en buen estado, es fundamental hacer una buena recepción y comprobación de las materias primas.

8.1.1.6. Reducción de tamaño: consistió en la trituración de los granos de cacao previamente tostados en partículas de diferentes tamaños.

8.1.1.7. Descascarillado: se utilizó una máquina para descascarillar los granos dejando las semillas de cacao o nibs.

8.1.1.8. Molienda: es el proceso donde se trituraron los nibs de cacao a través de un molino de discos, donde por medio de fricción se obtuvo una pasta fina y homogénea llamada licor de cacao.

8.1.1.9. Prensado: durante este proceso por medio de una prensa hidráulica se separaron los sólidos de cacao de la manteca de cacao.

8.1.1.10. Homogeneizado: en esta etapa se realizó el mezclado de la pasta de cacao, azúcar granulada y 2/3 del peso total de manteca de cacao

8.1.1.11. Refinado: la mezcla se sometió a un proceso de refinado a través de un molino de bolas hasta obtener una pasta suave. Este proceso ayuda a mejorar la textura del chocolate.

8.1.1.12. Conchado: este proceso fue de vital importancia para obtener un producto de calidad y desarrollando aún más sabor y la textura, reduciendo la acidez. Conchado es un proceso de amasado o de suavizado. El tiempo y la temperatura del amasado (entre 60 y 75 grados) afectan al sabor. Se logra un sabor deseado en el chocolate por medio de un equipo que se llama concha, donde las sustancias volátiles fueron eliminadas y se mejoró la textura y viscosidad del chocolate obtenido.

8.1.1.13. Atemperado: en esta etapa donde se enfrió el chocolate para que la cristalización de la manteca de cacao sea estable, a través de cambios de temperatura que van desde los 45°C hasta los 28°C para mejorar la consistencia y dureza del chocolate, evitar la floración de grasa y que el producto final sea brillante, suave y de textura homogénea.

8.1.1.14. Moldeado: se realizó en moldes de acrílico, asegurando que el chocolate esté en contacto total con el molde y que se expulsen las burbujas de aire que aparecen en la superficie.

8.1.1.15. Enfriado: la mezcla se colocó en moldes en una cámara de enfriamiento. Una vez frío se procedió al empaquetado y almacenado.

8.1.2. Prueba sensorial piloto

Se presentaron 5 formulaciones que fueron evaluadas en una prueba piloto sensorial de preferencia (ver boleta en apéndice 14.1 en la página 79) con 15 colaboradores de la industria donde se realiza la investigación, se seleccionaron tres muestras de barras de chocolate que más le agrade al consumidor mediante un análisis estadístico, debido a que son niveles de preferencia se trabajó con datos ordinales por lo tanto se usan pruebas no paramétricas, tal como el análisis de ordenamiento por rangos.

Utilizando esta prueba se logró identificar cuál de entre varios productos evaluados (más de 2) es preferido entre varios panelistas. El producto preferido tiene 1 punto, el siguiente 2 y el último, en este caso 5.

De acuerdo al número de panelistas y número de productos se definió el valor crítico utilizando la tabla de diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia de 5% (ver tabla en anexo 13.2 en la página 77). Posteriormente se realizó la comparación de la suma de los datos y se hizo con la diferencia absoluta entre suma de rangos.

8.1.3. Estandarización de tiempos y temperatura

Establecer los parámetros adecuados en cada operación unitaria de las barras de chocolate seleccionadas en el panel sensorial piloto donde los puntos de control de tiempo y temperatura sean críticos, y poder definirlos adecuadamente a las condiciones que se presentan dentro de la planta en la que se realizó esta investigación.

Para esto fue necesario, controlar los tiempos y temperaturas de las operaciones unitarias que tienen puntos de control críticos, entre ellas: refinado, conchado, atemperado y enfriado. Para esto fue necesario controlar los cambios que puedan existir entre las tres muestras evaluadas.

8.2 Segunda etapa: evaluación fisicoquímica de las barras de chocolate

Esta evaluación se realizó en un laboratorio externo, para lo cual se enviaron muestras de las tres barras de chocolate que fueron seleccionadas en la prueba piloto. Los análisis realizados fueron los siguientes: humedad, grasa, cenizas totales, cenizas insolubles en ácido, sacarosa, fibra cruda, glucosa, y tamaño de partícula basado en la Norma COGUANOR NGO 34-159 (Ver anexo 13.1 de la página 76).

8.3 Tercera etapa: evaluación sensorial

Muestras similares de las tres barras de chocolate enviadas a analizar al laboratorio externo, fueron sometidas a un panel sensorial compuesto por 15 colaboradores de la industria de alimentos, contando entre ellos personal que conoce el producto e ingenieros en alimentos que laboran dentro de la empresa donde se desarrolló esta investigación.

En este panel se evaluaron las características: olor, color, sabor, textura y apariencia. Las barras de chocolate se identificarán con los códigos 453, 852, 743 respectivamente. La prueba de evaluación sensorial utilizada fue la de escala hedónica de 7 puntos.

Procedimiento

i. Preparación y evaluación de las muestras

- (i) Las muestras de barras de chocolate a utilizar se sirvieron una por plato, el tamaño de la muestra fue de 25 gramos.
- (ii) Se le asignó un código de referencia a cada una de las muestras colocadas al azar.
- (iii) A cada panelista se le hizo entrega la boleta, (ver apéndice 14.2, página 80) en donde evaluaron las características de las muestras de chocolate: olor, color, textura, apariencia y sabor

ii. Recolección de datos

A los resultados obtenidos se les asignó un valor de acuerdo a la tabla 3, página 30.

8.4 Cuarta etapa: diseño estadístico

Al completar el proceso de evaluación sensorial por los panelistas, los resultados fueron sometidos a un análisis estadístico de bloques al azar con arreglo aleatorizado. Se asumió un 95% de confiabilidad y un error experimental de 5%. Al final del análisis se realizó una prueba de Fisher para verificar si existió diferencia significativa entre tratamientos. El procedimiento para aplicar este diseño estadístico fue el siguiente:

- i. Se definieron los tratamientos y los bloques.
- ii. Se sumaron todos los valores de las unidades experimentales. A este valor se le llamó “Y”. Se obtuvo el cuadrado de todos los valores de las unidades experimentales y luego se sumaron. A ese valor se le llamó:

$$“\sum Y_{ij}^2”$$

- iii. Se calculó la suma de cuadrados total con la fórmula:

$$\text{Suma de cuadrados} = \sum Y_{ij}^2 - (y..)^2/n$$

Donde “n” es el total de los datos.

- iv. Fue necesario encontrar la varianza entre los tratamientos. Primero se obtuvo la suma de cada uno de los tratamientos (que se llamó Y_i). Cada suma de tratamientos se elevó al cuadrado y se sumaron los cuadrados.
- v. Se calculó la suma de cuadrados de los tratamientos con la fórmula:

$$\text{Suma de cuadrados de tratamientos} =$$

$$\sum Y_i^2/r - (y..)^2/n$$

Donde “r” es el número de repeticiones. Nótese que el segundo término ya está calculado.

- vi.** También se encontró la varianza entre los bloques. Primero se obtuvo la suma de cada uno de los bloques (que se llamó y-1). Cada suma de bloques se elevó al cuadrado y se sumaron los cuadrados.

- vii.** Se calculó la suma de cuadrados de bloque con la fórmula:

Suma de cuadrados de tratamientos =

$$\Sigma Y_j^2/t - (y_{..})^2/n$$

Donde “t” es el número de repeticiones. Nótese que el segundo término ya está calculado.

- viii.** Se calculó los grados de libertad de los tratamientos que serán:

$$(t - 1)$$

Donde “t” es el número de tratamientos.

- ix.** Se calcularon los grados de libertad de los bloques que serán:

$$(r - 1)$$

Donde “r” es el número de bloques.

- x.** Se calcularon los grados de libertad del total:

$$(n - 1)$$

xi. Los datos hasta ahora calculados se llenaron en la tabla de análisis de varianza. GL son los grados de libertad, SC es la suma de cuadrados y CM son los cuadrados medios.

xii. Se calcularon los grados de libertad del error: grados de libertad error $(t - 1)(r - 1)$. También se puede calcular GL del error como:

$$GL \text{ error} = GL \text{ total} - GL \text{ tratamientos} - GL \text{ bloques}$$

xiii. Se calculó la suma de cuadrados del error, la fórmula es:

$$SC \text{ error} = \sum y_{ij}^2 - \sum y_{.j}^2 / t - \sum y_{i.}^2 / r + y_{...}^2 / n$$

El primer término se puede tomar de la fórmula de la SC total, el segundo término de la SC tratamientos. Otra forma de calcular la SC error:

$$SC \text{ error} = SC \text{ total} - SC \text{ tratamientos} - SC \text{ bloques}$$

xiv. Se calcularon los cuadrados medios de los bloques con la siguiente fórmula:

$$CM \text{ bloques} = SC \text{ bloques} / GL \text{ bloques}$$

xv. Se calcularon los cuadrados medios de los tratamientos con la siguiente fórmula:

$$CM \text{ error} = SC \text{ error} / GL \text{ error}$$

xvi. Se calculó el valor de F de tratamientos con la siguiente fórmula:

$$F = CM \text{ tratamiento} / CM \text{ error}$$

xvii. Se calculó el valor de F de bloques con la siguiente fórmula:

$$F = \text{CM bloques} / \text{CM error}$$

- xviii.** Se buscó en las tablas de la distribución F para los tratamientos con el 0.05% de significancia. Si la F calculada es mayor que la F de las tablas, se concluye que sí hay diferencia entre los tratamientos, de lo contrario se concluye que no hay diferencias entre tratamientos.
- xix.** Se buscó en las tablas de la distribución F para los bloques con el 0.05% de significancia. Los grados de libertad de los bloques serán los grados de libertad del numerador y los grados de libertad del error serán los grados de libertad de denominador.
- xx.** Si la F calculada es mayor que la F de las tablas, se concluye que sí hay diferencia entre bloques (que sí influyen), de lo contrario se concluye que no hay diferencias entre bloques (o que no influyen).
- xxi.** En caso de que sí existan diferencias entre los tratamientos o bloques al 95% de seguridad, se puede verificar si existe la misma diferencia al 99%.

Las fórmulas utilizadas se muestran en la tabla 5 “Análisis de varianza para un diseño de bloques al azar”.

Tabla 5*Análisis de varianza para un diseño de bloques al azar*

Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio de error	Factor calculado	Factor tabulado
Tratamiento	$\Sigma(\Sigma \text{trat.})^2 /$ No. Bloques – FC	No. Trat. – 1	Sc trat. / Gl trat.	CM trat. / CM error	Buscar en tabla
Bloque	$\Sigma(\Sigma \text{bloque})^2 /$ No. Trat. – FC	No. bloque. – 1	Sc bloque / Gl bloque	CM bloque. / CM error	Buscar en tabla
Error	Sc total – Sc trat. – Sc bloque	Gl total – Gl trat. – Gl bloque	Sc error / Gl error		
Total	$(\Sigma \text{dato})^2 - FC$	n – 1			

Fuente: (Myers, R H., Myers, S. L., Ye, K. y Walpole, R. E., 2012)

$$FC = (\Sigma \text{total})^2 / n$$

Donde:

GL: grados de libertad

N: bloques o tratamientos

SC: factor tabulado

CM: cuadrado medio de error

fC: factor calculado

fT: factor tabulado

CV: causas de variación

Los datos obtenidos se tabularon en apéndice 14.6 de la página 89, tablas 33 - 38.

9. Resultados y discusión de resultados

9.1 Resultados panel sensorial piloto

Por medio de una prueba de preferencia en el panel sensorial piloto realizado con colaboradores de la industria donde se realiza la investigación, debido a que son niveles de preferencia con datos ordinales por lo tanto se usan pruebas no paramétricas, tal como el análisis de ordenamiento por rangos. Con esta prueba se lograron identificar las muestras preferidas entre los panelistas. En la tabla 23, apéndice 14.3 en la página 83, se muestran los resultados de 15 panelistas. De acuerdo al número de panelistas y número de productos se define el valor crítico utilizando la tabla de diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia de 5 (ver anexo 13.2 de la página 77). Se tienen 15 panelistas para 5 productos, es decir el valor crítico es de 24.

Los resultados se ven reflejados en las siguientes tablas

Tabla 6

Sumatoria de datos: prueba de preferencia por ordenamiento

Producto	Suma
A	39.00
B	61.00
C	58.00
D	40.00
E	27.00

Fuente: elaboración propia, 2022

Tabla 7*Comparación de datos por ordenamiento de rangos*

Comparación	Total	$\leq/\geq$	Valor crítico
A - B	22	$\leq$	24
A - C	19	$\leq$	24
A - D	1	$\leq$	24
A - E	12	$\leq$	24
B - C	3	$\leq$	24
B - D	21	$\leq$	24
B - E	34	$\geq$	24
C - D	18	$\leq$	24
C - E	31	$\geq$	24
D - E	13	$\leq$	24

Fuente: elaboración propia, 2022

Estadísticamente los datos se interpretan que si $p < 0,05$ y p es 24, entonces las diferencias absolutas entre B y E y C y E fueron significativas. En conclusión las barras de chocolate de las fórmulas B y C no fueron tan aceptadas como lo fueron las barras de las fórmulas A, D y E. Dado que el menor puntaje corresponde al producto de mayor preferencia (definido al realizar la prueba, producto preferido es 1 y el último en preferencia es el 5), se dice que el producto “E” fue preferido al Producto “A”, “B”, “C” y “D”, sin embargo no fue diferente al Producto “A” y “D”. También se encontró que el producto “B” fue menos preferido que el producto “C”.

Por lo que en la tabla 8, se muestran las formulaciones que fueron preferidas por los panelistas y con las que se trabajó, las cuales se identifican con el código: 453 para la fórmula A, 852 para la fórmula D y 743 para la fórmula E.

Tabla 8*Formulaciones aceptadas*

Componente	453	852	743
	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
Azúcar granulada	54,20	39,20	34,20
Cacao	25,00	35,00	40,00
Manteca de cacao	20,00	25,00	25,00
Lecitina de soja	0,40	0,40	0,40
Vainilla en polvo	0,30	0,30	0,30
Sal granulada	0,10	0,10	0,10

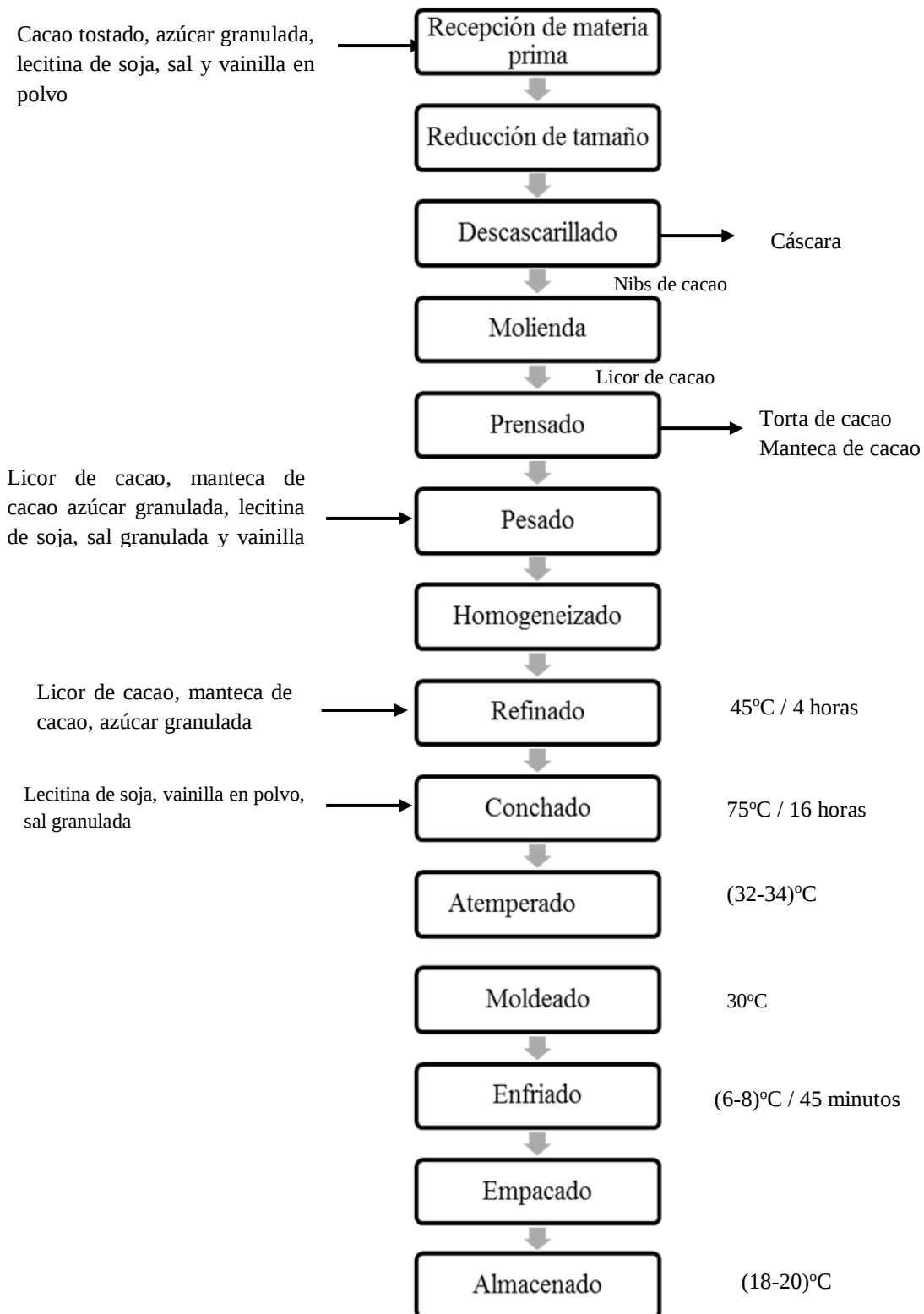
Fuente: elaboración propia, 2022

9.1.1. Diagrama de bloques

En este proceso se estandarizaron los parámetros de tiempo y temperaturas de las barras de chocolate haciendo diferentes pruebas (ver tabla 24 apéndices 14.4 página 84); y para mejorar la comprensión del proceso, se representa visualmente en la figura No.1 la secuencia de operaciones para llevar a cabo el producto final sometido a evaluación.

Figura 1

Diagrama de bloques: “Barra de chocolate”



Fuente: elaboración propia, 2022

9.1.2. Diagrama de flujo proceso técnico

Por medio de la simbología estándar, en la figura 2, se diagramó el flujo y tiempo del proceso de elaboración la barra de chocolate seleccionada por los panelistas estandarizando así el proceso para su elaboración. Además se clasificaron las operaciones del proceso según la categoría a la que pertenecen, como transporte, demora, inspección y almacenaje.

Figura 2

Diagrama de flujo proceso técnico

Descripción de la actividad	Símbolo	Tiempo
Recepción de materia prima	O ⇒ D □ ▼	15 min
Reducción de tamaño	○ ⇒ D □ ▼	10 min
Descascarillado	○ ⇒ D □ ▼	30 min
Molienda	○ ⇒ D □ ▼	10 min
Prensado	○ ⇒ D □ ▼	30 min
Pesado	○ ⇒ D □ ▼	10 min
Homogeneizado	○ ⇒ D □ ▼	10 min
Refinado	○ ⇒ D □ ▼	4 horas
Conchado	○ ⇒ D □ ▼	16 horas
Atemperado	○ ⇒ D □ ▼	50 min
Moldeado	○ ⇒ D □ ▼	15 min
Enfriado	○ ⇒ D □ ▼	45 min
Empacado	○ ⇒ D □ ▼	10 min
Almacenado	O ⇒ D □ ▼	6 meses

Fuente: elaboración propia, 2022

9.2 Resultados de evaluación fisicoquímica

Para la evaluación fisicoquímica se enviaron las muestras al laboratorio de análisis de alimentos, se identificaron como: X1 la muestra 453, X2 la muestra 852 y X3 la muestra 743.

9.2.1. Resultados el contenido de cenizas

El informe de resultados evidencia los porcentajes de cenizas de las diferentes formulaciones que se presentan a continuación en la tabla 9:

Tabla 9

Contenido de cenizas

Muestra	% de ceniza
X1	0,86
X2	0,74
X3	1,14

Fuente: elaboración propia, 2022

El contenido de cenizas fluctuó entre 0,74 a 1,14%. La norma establece un valor de 8% máximo, indicando que los valores menores al mismo corresponden a chocolates de alta calidad. Probablemente la diferencia poco marcada entre las formulaciones se deba al tipo de cacao empleado, ya que influyen factores como la fermentación del cacao y a su vez en el contenido de minerales presentes en las formulaciones presentadas .

9.2.2. Resultados del contenido de cenizas insolubles en ácido

En la tabla 10 se evidencian los resultados que se obtuvieron por cada fórmula de barra de chocolate:

Tabla 10*Contenido de cenizas insolubles en ácido*

Muestra	% de ceniza insoluble en ácido
X1	0,14
X2	0,10
X3	0,0

Fuente: elaboración propia, 2022

El análisis de contenido de cenizas insolubles en ácido, sirve para determinar si existen minerales no digestibles de sílice, por lo que se le realizó a las tres formulaciones, donde se observa que las muestra “X1” y “X2” contienen cantidades próximas al máximo permitido según la norma que es de 0,2% y que la muestra “X3” contiene menos cantidad de cenizas insolubles en ácido, ya que cuenta con un 0,0%, por lo que se puede determinar que las tres formulaciones evaluadas están en el máximo permitido de la Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR NGO-34159.

9.2.3. Resultados del contenido de grasa

Los resultados obtenidos para el contenido de grasa de cada una de las formulaciones evaluadas que se presentan a continuación:

Tabla 11*Contenido de grasa*

Muestra	% de grasa
X1	28,94
X2	30,52
X3	31,35

Fuente: elaboración propia, 2022

El contenido de grasa de un chocolate depende en gran medida de la variedad de cacao empleado para su elaboración, así como también del contenido de manteca utilizada. En estas muestras osciló entre 28,94% “X1” y 31,35% “X3”. La Norma Guatemalteca Obligatoria – COGUANOR- NGO 341593 indica un mínimo de 27% de materia grasa para estos chocolates; por lo que se puede determinar que las tres formulaciones cumplen con el parámetro establecido y que son aptas para el consumo. El contenido de grasa es el parámetro más importante en el cacao, ya que ésta proviniendo de la manteca de cacao, aporta brillo y textura adecuada al chocolate. Los resultados de grasas variaron de acuerdo a la composición de cada formulación. La manteca de cacao y el licor de cacao de cada formulación son la principal fuente de grasa en cada uno de ellos, cumpliendo así con lo permitido en la norma.

9.2.4. Resultados del contenido de fibra cruda

En la tabla 12: se evidencian los resultados que se obtuvieron por cada fórmula de barra de chocolate

Tabla 12

Contenido de fibra cruda

Muestra	% de fibra cruda
X1	2,27
X2	1,89
X3	1,33

Fuente: elaboración propia, 2022

El contenido de fibra cruda expresado en el informe de resultados muestra que no hay diferencias significativas dentro de las muestras ya que los valores se encuentran entre 1,33% para “X3” y el más alto es de 2,27% para “X1” lo que indica que el porcentaje de materia

orgánica de las barras de chocolate es bajo y se encuentran dentro del porcentaje que establece la Norma COGUANOR- NGO 341593.

9.2.5. Resultados del contenido de glucosa

El informe de resultados evidencia los porcentajes de glucosa de las diferentes formulaciones que se presentan a continuación:

Tabla 13

Contenido de glucosa

Muestra	% de glucosa
X1	5,36
X2	7,21
X3	8,11

Fuente: elaboración propia, 2022

La glucosa como bien se sabe es un azúcar que se encuentra libre en los alimentos, en este caso los resultados evidencian el porcentaje de glucosa libre en las formulaciones de barras de chocolate, para “X1” el porcentaje es de 5,36 siendo este el más bajo y para “X3” un 8,11% lo que representa que esta barra contiene un porcentaje más alto de glucosa, sin embargo, las tres formulaciones se encuentran dentro de los requisitos de la norma, la cual tiene como máximo permitido un 25%.

9.2.6. Resultados de granulometría

En la tabla 14 se muestran los resultados de granulometría con un mesh #270 correspondiente a 53 micrones.

Tabla 14*Resultados de Granulometría (% retenido)*

Muestra	% granulometría
X1	0,97
X2	0,91
X3	0,60

Fuente: elaboración propia, 2022

Un chocolate de calidad en teoría puede llegar a tener un tamaño de partícula entre 15 μm – 35 μm , y según la Norma COGUANOR- NGO 341593, lo aceptable es de 425 μm . Éste es un parámetro importante porque favorece la textura de una barra de chocolate; es decir al probarla rápidamente se puede saber si se siente granuloso o liso, para este análisis se utilizó un mesh no. 270 el cual corresponde 53 μm , es decir que partículas más grandes a este valor es el resultado que se presenta en cada muestra, es decir por medio de tamizaje y lo que quedó en el mesh corresponde para “X1” 0,97% del total de la muestra, para “X2” 0,91% y para “X3” 0,60% siendo esta última la que contiene la mayor cantidad de partículas menores a 53 μm , dando como resultado que su calidad en este parámetro es superior, sin embargo la diferencia es poco significativa y podría deberse a diferentes factores como la molienda en el licor de cacao, o alguna variación en proceso el conchado.

9.2.7. Resultados del contenido de humedad

En la tabla 15 se muestran los resultados de humedad obtenidos por cada formulación de barras de chocolate.

Tabla 15*Contenido de humedad*

Muestra	% humedad
X1	0,13
X2	0,87
X3	0,19

Fuente: elaboración propia, 2022

La Norma especifica un contenido máximo de humedad de 3%, lo cual cumplieron todas las muestras. El contenido de humedad presente en una barra de chocolate puede indicar y garantizar la calidad de los procesos, ya que el grado de humedad puede afectar el tiempo de conservación del producto y por ende la calidad del producto final. Entre las muestras “X1”, “X2” y “X3” existió poca variabilidad en los resultados y esto puede deberse a diversos factores como la calidad del grano antes y después del tueste, la calidad de las demás materias primas añadidas, las buenas prácticas de manejo y la conservación final de las barras de chocolate.

9.2.8. Resultados del contenido de sacarosa

En la tabla 16 se muestran los resultados de humedad obtenidos por cada formulación de barras de chocolate.

Tabla 16*Contenido de sacarosa*

Muestra	% sacarosa
X1	54,75
X2	42,42
X3	40,85

Fuente: elaboración propia, 2022

En la elaboración de chocolates la sacarosa es un ingrediente sumamente importante debido a que las partículas de azúcar tienen la propiedad de dispersarse en soluciones grasosas, impartiendo así densidad y textura, por lo que al momento de formular se trató de que la cantidad de azúcar añadida estuviera en el rango permitido por la Norma COGUANOR- NGO 34159. Por lo que, lo que se revela en el informe de resultados de laboratorio que las tres muestras evaluadas cumplen.

Al realizar el análisis fisicoquímico se pudo observar que las tres muestras evaluadas cumplieron de manera satisfactoria. Entendiéndose en su conjunto que las variaciones en los porcentajes de cada parámetro evaluado, no afectan directamente a ninguna de las formulaciones, sin embargo, se puede concluir que fisicoquímicamente la fórmula 743, correspondiente a la muestra “X3” es superior en base al informe de resultados por lo que se acepta la hipótesis que indica que “al menos una de las formulaciones de la barra de chocolate, cumplirá con los requisitos fisicoquímicos descritos en la Norma –COGUANOR- NGO 34-159. “

9.3 Resultados panel sensorial

Los parámetros de evaluación del análisis estadístico indican que “Si la F calculada es mayor que la F de las tablas, se concluye que sí hay diferencia entre los tratamientos o bloques, de lo contrario se concluye que no hay diferencias entre tratamientos o bloques”.

Tabla 17*Evaluación del panel sensorial*

	Sc	GL(N-1)	CM	Fc	Ft
Tratamiento	1,75	2	0,87	2,80	2,92
Bloque	1,81	4	0,45	1,45	2,1318
Error	2,49	8	0,31		
Total	6,05	14			

Fuente: elaboración propia, 2022

A partir del análisis estadístico global del panel sensorial cuyos resultados se pueden ver reflejados en la tabla 17, se puede concluir lo siguiente:

- No existe diferencia estadística entre los aspectos
- No existe diferencia estadística entre las 3 formulaciones

Los resultados del análisis estadístico demuestran que las tres formulaciones fueron bien aceptadas por los panelistas ya que la opinión general de los panelistas fue “me gusta moderadamente”.

9.3.1. Evaluación de color

En la tabla 18 se presentan los resultados del análisis estadístico para la característica de color, evaluada en el panel sensorial.

Tabla 18*Evaluación del color*

	Sc	GL(N-1)	CM	Fc	Ft
Tratamiento	17,73	2	8,87	16,62	2,92
Bloque	8,53	14	0,61	1,14	1,7613
Error	14,93	28	0,53		
Total	41,20	44			

Fuente: elaboración propia, 2022

En el análisis de color, la Fc es 16,62 y el valor de Ft es de 2,91, ya que es mayor estadísticamente se admite diferencia en los tratamientos, lo que indica que el panel sensorial si identificó diferencias entre las fórmulas de barras de chocolate y debido a que no existe diferencia estadística significativa entre bloques se infiere a que no existió diversidad de criterios en los panelistas al emitir su opinión para el aspecto “color”.

El color es un aspecto que puede indicar fiabilidad en los alimentos, ya que representa la frescura y contenido del propio alimento, y en el caso de las barras de chocolate, se espera un alimento, de color oscuro, representando el color característico del cacao; de esta cuenta que las notas asignadas por los panelistas indican en su mayoría aceptación por dichas barras, demostrando una tendencia a mayor gusto por las fórmulas un alto contenido de cacao, esto debido al cambio que este ingrediente pueda generar, lo cual se puede observar en la tabla 34, página 94 “análisis estadístico del color”; la fórmula con “743” obtuvo la nota superior con 6,93 en promedio, considerándose como 7 de “me gusta mucho”. El color de los alimentos genera en el ser humano el gusto de comer, haciéndolo más apetitoso, además brinda un toque de frescura, al momento de la degustación se relaciona con el sabor y la calidad del alimento.

9.3.2. Evaluación de olor

En la tabla 19, se presentan los resultados del análisis estadístico para la característica de olor, evaluada en el panel sensorial.

Tabla 19

Evaluación del olor

	Sc	GL(N-1)	CM	Fc	Ft
Tratamiento	1,64	2	0,82	1,30	2,92
Bloque	4,98	14	0,36	0,56	1,7613
Error	17,69	28	0,63		
Total	24,31	44			

Fuente: elaboración propia, 2022

En la evaluación estadística de olor se obtuvo una Fc es 1,30 y la Ft es de 2,92, por lo cual al ser menor Fc, se establece que estadísticamente no hay diferencia, por lo cual se afirma que el panel sensorial no identificó una diferencia marcada en el olor de las tres fórmulas de barras de chocolate y debido a que tampoco existe diferencia estadística significativa entre bloques se infiere a que no existió diversidad de criterios en los panelistas al emitir su opinión para el aspecto “olor”.

El segundo factor sensorial analizado es el olor, siendo otro factor decisivo en la degustación de alimentos y en donde el panel de personas marcó una pequeña tendencia hacia aceptar de mejor manera la fórmula “743” con mayor contenido de cacao, considerando que este provee de un olor agradable, siendo un factor a su favor. De igual manera cabe mencionar que las tres muestras obtuvieron una nota promedio de 6,24, la cual aproxima a 6 y se considera

como “me gusta moderadamente”, estos datos se pueden visualizar en la tabla 35, página 95 “análisis estadístico del olor”.

9.3.3. Evaluación de textura

En la tabla 20, se presentan los resultados del análisis estadístico para la característica de textura, ésta se evalúa según la sensación que tan granuloso o suave puede sentirse dentro de la boca, en función de la granulometría obtenida en el proceso de molienda.

Tabla 20

Evaluación de textura

	Sc	GL(N-1)	CM	Fc	Ft
Tratamiento	7,60	2	3,80	3,93	2.92
Bloque	6,53	14	0,47	0,48	1.7613
Error	27,07	28	0,97		
Total	41,20	44			

Fuente: elaboración propia, 2022

La evaluación estadística de este aspecto indica que Fc es mayor a Ft, por lo cual se establece que estadísticamente hay diferencia significativa, lo que quiere decir es que el panel sensorial identificó una diferencia marcada en la textura de las tres formulaciones y debido a que no existió diferencia significativa entre bloques, se puede determinar que no existieron criterios marcados entre los panelistas.

Según tabla 36, página 96 “análisis estadístico de textura”, la fórmula “852” fue superior a las otras dos fórmulas obteniendo una nota de 6 que corresponde a “me gusta moderadamente” y las fórmulas “453” y “743” ambas obtuvieron una nota promedio de 5, la cual en la escala hedónica es “me gusta poco”.

En general se puede mencionar que el aspecto de textura, es un parámetro sencillo que indica que tan suave, que tan duro o que tan granuloso se siente el chocolate; también un aspecto de suma importancia es el quiebre y la dureza son dos de las características que pueden indicar la calidad del chocolate ya que al quebrarla y escuchar el “crunch” de la barra significa que las barras fueron elaboradas de forma correcta. Para este aspecto evaluado, el análisis de granulometría toma relevancia ya que ambos resultados revelan que los azúcares que conforman las tres fórmulas lograron compactarse durante el proceso de manufactura.

9.3.4. Evaluación de apariencia

En la tabla 21, se presentan los resultados del análisis estadístico de esta característica, evaluada en el panel sensorial.

Tabla 21

Evaluación de apariencia

	Sc	GL(N-1)	CM	Fc	Ft
Tratamiento	20,58	2	10,29	11,04	2,92
Bloque	8,31	14	0,59	0,64	1.7613
Error	26,09	28	0,97		
Total	54,98	44			

Fuente: elaboración propia, 2022

La evaluación estadística de la apariencia (vista) indica que Fc es 11,04 y Ft es de 2,92 por lo que se concluye que estadísticamente hay diferencia significativa, lo que indica que en el panel sensorial se identificó una diferencia marcada en la apariencia de las tres formulaciones y debido a que no existió diferencia significativa entre bloques, se puede determinar que no existieron criterios marcados entre los panelistas.

En la tabla 37, página 97, la fórmula “453” fue la que menor puntaje obtuvo en comparación a las otras dos fórmulas obteniendo una nota de $4,47 \approx 4$, la cual en la escala hedónica corresponde a “no me gusta ni me disgusta”, este valor pudo verse afectado por los porcentajes bajos de cacao y manteca de cacao en la formulación, porque estas materias primas son fundamentales para aportar brillo y textura lista a las barras de chocolate. Las fórmulas “852” y “743” ambas obtuvieron una nota promedio de 6, la cual en la escala hedónica es “me gusta moderadamente” lo cual puede indicar que el chocolate con altas cantidades de cacao y que ha sido correctamente temperado debe poseer brillo a primera vista para demostrar su calidad.

9.3.5. Evaluación de sabor

En la tabla 22, se presentan los resultados del análisis estadístico para la característica de sabor, evaluada en el panel sensorial.

Tabla 22

Evaluación de sabor

	Sc	GL(N-1)	CM	Fc	Ft
Tratamiento	16,04	2	8,02	15,36	2,92
Bloque	9,24	14	0,66	1,26	1.7613
Error	14,62	28	0,52		
Total	39,91	44			

Fuente: elaboración propia, 2022

Los datos estadísticos obtenidos reflejan que Fc tiene un valor de 15,36 y Ft es de 2,92 siendo Fc mayor que FT, se establece que estadísticamente hay diferencia significativa entre las

formulaciones evaluadas y debido a que no existió diferencia estadística entre los bloques se puede mencionar que los criterios de los panelistas fueron poco variados.

En los datos de la evaluación sensorial, tabla 38, página 98 se puede observar que la muestra “852” presentó un valor un poco más bajo en relación a las muestras “453” y “743”, siendo en general una nota promedio de 6,04 que corresponde a 6 y en la escala indica “gusta moderadamente” lo que aporta información importante ya que indica que las tres formulaciones fueron aceptadas por los panelistas. Sin embargo cabe mencionar que la fórmula 743 fue la que presentó mayor preferencia en el panel sensorial.

El sabor, que fue la última característica evaluada es de las más importantes porque al degustarla los sentidos reaccionan de forma simultánea y permite determinar la calidad del chocolate y conocer aspectos importantes como el porcentaje de cacao utilizado, fermentación adecuada, el tueste adecuado así como también los ingredientes que hayan sido incluidos en la formulación del producto, estos resultados obtenidos también nos indican que durante el proceso de elaboración y precisamente durante la etapa de conchado la cual juega un rol determinante para el sabor y aroma del producto final, se realizó de forma correcta cumpliendo con los parámetros de tiempo y temperatura establecidos; cabe mencionar que si el proceso de elaboración de chocolate tiene algún descuido o incumplimiento en los parámetros establecidos, se pueden generar defectos sensoriales como la floración de la grasa y el azúcar, sabores y aromas indeseables que no se volatilizaron durante el proceso y que pueden afectar la calidad del producto final.

10. Conclusiones

- 10.1** Durante la prueba sensorial, se estableció que las tres fórmulas de mayor preferencia por los panelistas fueron las que se identifican con el código: 453 para la fórmula A, 852 para la fórmula D y 743 para la fórmula E.
- 10.2** Estandarizar el proceso de elaboración de las barras de chocolate permitió identificar tiempos y temperaturas de procesamiento creando un proceso más preciso. En las principales operaciones unitarias se determinó que los parámetros se establecieron para el refinado 4 horas a 45 grados celsius, en conchado durante 16 horas de agitación a una temperatura ideal de 75 grados celsius, el atemperado es un proceso donde la curva debe iniciar entre 45-50 grados celsius, bajarla a 28 grados celsius y después subirla a 30 grados celsius como temperatura ideal, esto aproximadamente durante 30 minutos, y el proceso de enfriado se estandarizó a 7 grados celsius.
- 10.3** La primera hipótesis de la investigación, “al menos una de las formulaciones de la barra de chocolate, cumplirá con los requisitos fisicoquímicos descritos en la Norma – COGUANOR- NGO 34-159” se acepta ya que las tres formulaciones cumplieron y se encontraron de acuerdo a los parámetros requeridos en la norma.
- 10.4** La formulación que obtuvo los mayores puntajes, según los resultados obtenidos en el panel sensorial es la “743”, dando como indicación que los panelistas prefieren el chocolate más amargo, el cual contiene mayor cantidad de cacao y menor cantidad de azúcar en su formulación.
- 10.5** La segunda hipótesis planteada “no existe diferencia estadística en cuanto a calidad sensorial de las tres barras de chocolate elaboradas” es aceptada ya que en la evaluación

sensorial las tres barras de chocolate “gusto moderadamente” a los panelistas con respecto a color, olor, textura, apariencia y sabor, debido a que en las cinco categorías sensoriales de las tres muestras evaluadas el promedio de las medias aritméticas es de $5,86 \approx 6$ puntos en la escala hedónica de siete puntos y por lo tanto no existió diferencia estadística significativa en cuanto a la calidad sensorial de las tres formulaciones evaluadas.

11. Recomendaciones

- 11.1** Diseñar otros productos a partir de la materia prima principal disponible en la empresa y realizar el proceso de formulación y selección por medio de paneles sensoriales para ofrecer productos que sean de agrado al consumidor.
- 11.2** Realizar la documentación necesaria del proceso; así como también registros de tiempos y temperaturas de cada operación unitaria para tener un control de las variables sugeridas en el estudio del chocolate en barra para controlar su calidad.
- 11.3** Al cumplir con los parámetros fisicoquímicos; es necesario que se tome en cuenta realizar análisis para que el producto final pueda contar con tabla nutricional.
- 11.4** Crear un manual de procedimientos, donde estén las especificaciones generales de formulación y proceso para la correcta elaboración del chocolate y realizar paneles sensoriales con frecuencia para determinar la calidad de la producción.
- 11.5** Es necesario considerar la realización de un análisis de costos para determinar cuál de las tres muestras aceptadas tiene mayor rentabilidad en la producción de esta industria de alimentos.

12. Referencias

- Asociación Nacional del Café, ANACAFÉ. (2004). *Cultivo de cacao*: Programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetera. <http://infocafes.com/porta/wp-content/uploads/2016/05/Cultivo-de-Cacao.pdf>
- Beckett, S. (2008). *La ciencia del chocolate*. (2ª ed.). [Documento en ODF] Editorial Acribia S.A.
- Bermúdez Albia, K. J. y Mendoza Alcívar, C. A. (2016). *Post-cosecha y secado del grano del cacao nacional fino y de aroma para la determinación de perfiles físicos, bromatológicos y organolépticos*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.es pam.edu.ec/bitstream/42000/562/2/T AI116.pdf>
- Castro Martín, J. J., Valls, J. S. y Bota Prieto, Enric (1999). *Introducción al Análisis Sensorial de Alimentos*. Editorial Universitat de Barcelona. https://books.google.com.pe/books?id=cw1_dn02I8C&printsec=frontcover&hl=es &source=gbsgesummaryr&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Cienfuegos-Jovellanos Fernández, E. (2016). *Estudio del contenido de compuestos bioactivos del cacao y su aplicación en la obtención de un ingrediente rico en polifenoles para el diseño de un chocolate enriquecido*. [Tesis de grado, Universidad de Murcia] <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/371732/TECJF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comisión del Codex Alimentarius (1981). *Norma para el chocolate y los productos del chocolate (CODEX STAN 87-1981, Rev.1-2003)*. https://www.fao.org/fao-whocodexalimentarius/shproxy/pt/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fwww.fao.org/docrep/010/a0400e/spa/codex/stan/STAN_87-1981_rev1-2003.pdf

[kspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B871981%252FCXS087s.pdf](https://www.fao.org/sites/codex/standards/CXS/2B871981/2FCXS087s.pdf)

Espinosa Manfugás, J. (2007). *Evaluación sensorial*. Editorial Universitaria.
<https://www.academia.edu/6387439/Evaluaci%C3%B3nSensorialAplicadaalaInvestigaci%C3%B3ndesarrolloycontroldecalidadenlaIndustriaAlimentaria>

Ministerio de Economía. Comisión Guatemalteca de Normas. (1998). *Norma guatemalteca obligatoria: Chocolates*.
<https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/Inversion%20y%20Competencia/catalogocoguanor2017.pdf>

Ministerio de Salud y Asistencia Social. (2012). *Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.54:10*. Guatemala: Codex Stan 192-1995. (Rev. 6-2005).
<https://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCAAditivosAlimentarios.pdf>

Myers, R H., Myers, S. L., Ye, K. y Walpole, R. E. (2012). (9ª ed.) *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Editorial Pearson education.
https://vereniciafunez94hotmail.files.wordpress.com/2014/08/8vaproabilidad-y-estadistica-para-ingenier-walpole_8.pdf

Pedrero, D. y Pangbom, R. M (1997). *Evaluación sensorial de los alimentos, métodos analíticos*. Editorial Alhambra Mexicana. <https://pdfslide.net/documents/evaluacion-sensorial-dr-daniel-pedrero.html>

Quirós Martínez, M.C. (2016). *Factibilidad técnica de la elaboración de un chocolate con leche de cabra y evaluación de sus características físico-químicas y sensoriales*. [Tesis de grado, Universidad de Costa Rica].
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3883/1/40154.pdf>

- Ramírez Toledo, E. A. (2011). *Reingeniería del proceso productivo de chocolate en barra*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1212_Q.pdf
- Rueda Barreno, D. S. y Sánchez Paredes, G.A. (2015). *Diseño y Construcción de una máquina para acondicionamiento final del chocolate*. [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10381/4/CD-6179.pdf>
- Valenzuela, A. (2007). El chocolate, un placer saludable. *Revista chilena de nutrición*, 34(3), 189.190. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000300001>.
- Velasteguí Arcos, V. A. (2010). *Desarrollo de la tecnología para la elaboración de chocolate de cobertura*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato] <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/873>

Vo. Bo. 
Licda. Ana Teresa de González
Bibliotecaria CUNSUROC



Vo.Bo. Licda. Ana Teresa de González
Bibliotecaria
Centro Universitario de Sur Occidente
USAC

13. Anexos

13.1 Cuadro de requisitos químicos

Tipo de chocolate	Humedad en % en masa, máximo	Contenido de grasa (en base libre de humedad) en % en masa, mínimo	Sacarosa (en base libre de grasa y de humedad) en % en masa, máximo	Cenizas (en base libre de grasa, azúcar y de humedad) en % en masa, máximo	Cenizas insolubles en ácido (en base libre de grasa, azúcar y de humedad) en % en masa, máximo	Fibra cruda (en base libre de grasa, azúcar, leche y de humedad) en % en masa, máximo	Sólidos no grasos de la leche, en % en masa, mínimo	Glucosa, en % en máximo
Cobertura amarga de chocolate	3	50	-	8	0.2	7	-	-
Chocolate simple	3	27	80	8	0.2	7	-	-
Cobertura de chocolate simple	3	30	80	8	0.2	7	-	-
Chocolate adicionado de saborizantes	3	27	80	8	0.2	7	-	25
Chocolate de leche	3	27	70	8	0.2	7	10.5	25
Cobertura de chocolate de leche	3	30	70	8	0.2	7	10.5	25
Chocolate fondant o tipo suizo, chocolate blando.	3	30	75	8	0.2	-	-	25
Chocolate claro blanco	3	34	38	-	-	-	10.5	-
Chocolate relleno	La cobertura para los chocolates rellenos deberá cumplir con los requisitos químicos indicados en el presente cuadro. La composición del relleno es muy variable, dependiendo del tipo de relleno de las diferentes formulaciones propias de cada fabricante.							

Fuente: (Comisión Guatemalteca de Normas, 1998) –COGUANOR– NGO 34159

13.2 Tabla de diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia de 5%

Panelistas	No. muestras									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28
4	7	10	13	15	18	21	21	27	30	33
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	37
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44
8	10	14	18	22	26	30	34	39	43	47
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50
10	11	15	20	24	29	34	38	43	48	53
11	11	16	21	26	30	35	40	45	51	56
12	12	17	22	27	32	37	42	48	53	58
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61
14	13	18	24	29	34	40	46	52	57	63
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	66
16	14	22	25	31	37	42	49	55	61	67
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69
18	15	20	26	32	39	45	51	58	65	71
19	15	21	27	33	40	46	52	60	66	73
20	15	21	28	34	41	47	54	61	68	75
21	16	22	28	35	42	49	56	63	79	77
22	16	22	29	36	43	50	57	64	71	79
23	16	23	30	37	44	51	58	65	73	80
24	17	23	30	37	45	52	59	67	74	82
25	17	24	31	39	46	53	61	68	76	84
26	17	24	32	39	46	54	62	70	77	85
27	18	25	32	40	47	55	63	71	79	87
28	18	25	33	40	48	56	64	72	80	89
29	18	26	33	41	49	57	65	73	82	90
30	19	26	34	42	50	58	66	75	83	92
31	19	27	34	42	51	59	67	76	85	93
32	19	27	35	43	51	60	68	77	86	95
33	20	27	36	44	52	61	70	78	87	96
34	20	28	36	44	53	62	71	79	89	98
35	20	28	37	45	54	63	72	81	90	99
36	20	29	37	46	55	63	73	82	91	100
37	21	29	38	46	55	64	74	83	92	102
38	21	29	38	47	56	65	75	84	94	103
39	21	30	39	48	57	66	76	85	95	105
40	21	30	39	48	57	67	76	86	96	106

Fuente: (Pedrero, 1997)

13.3 Tabla de distribución T tabulada –tt-

n	t _{0,55}	t _{0,60}	t _{0,70}	t _{0,80}	t _{0,90}	t _{0,95}	t _{0,975}	t _{0,99}	t _{0,995}
1	0,1584	0,3249	0,7265	1,3764	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567
2	0,1421	0,2887	0,6172	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248
3	0,1366	0,2767	0,5844	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409
4	0,1338	0,2707	0,5686	0,9410	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041
5	0,1322	0,2672	0,5594	0,9195	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321
6	0,1311	0,2648	0,5534	0,9057	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074
7	0,1303	0,2632	0,5491	0,8960	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995
8	0,1297	0,2619	0,5459	0,8889	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554
9	0,1293	0,2610	0,5435	0,8834	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498
10	0,1289	0,2602	0,5415	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693
11	0,1286	0,2596	0,5399	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	2,1058
12	0,1283	0,2590	0,5386	0,8726	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0543
13	0,1281	0,2586	0,5375	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123
14	0,1280	0,2582	0,5366	0,8681	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768
15	0,1278	0,2579	0,5357	0,8662	1,3406	1,7531	2,1314	2,6025	2,9467
16	0,1277	0,2576	0,5350	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208
17	0,1276	0,2573	0,5344	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982
18	0,1274	0,2571	0,5338	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784
19	0,1274	0,2569	0,5333	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609
20	0,1273	0,2567	0,5329	0,8600	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453
21	0,1272	0,2566	0,5325	0,8591	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314
22	0,1271	0,2564	0,5321	0,8583	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188
23	0,1271	0,2563	0,5317	0,8575	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073
24	0,1270	0,2562	0,5314	0,8569	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969
25	0,1269	0,2561	0,5312	0,8562	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874
26	0,1269	0,2560	0,5309	0,8557	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787
27	0,1268	0,2559	0,5306	0,8551	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707
28	0,1268	0,2558	0,5304	0,8546	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633
29	0,1268	0,2557	0,5302	0,8542	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564
30	0,1267	0,2556	0,5300	0,8538	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500
40	0,1265	0,2550	0,5286	0,8507	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045
50	0,1263	0,2547	0,5278	0,8489	1,2987	1,6759	2,0086	2,4033	2,6778
60	0,1262	0,2545	0,5272	0,8477	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603
80	0,1261	0,2542	0,5265	0,8461	1,2922	1,6602	1,9901	2,3739	2,6387
100	0,1260	0,2540	0,5261	0,8452	1,2901	1,6602	1,9840	2,3642	2,6259
120	0,1259	0,2539	0,5258	0,8446	1,2886	1,6577	1,9799	2,3578	2,6174
∞	0,126	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,327	2,576

Fuente: (Pedrero, 1997)

14. Apéndices

14.1 Boleta de evaluación sensorial piloto

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Suroccidente

Ingeniería en Alimentos



Nombre: _____

Fecha: _____

No. de boleta: _____

Se le presentarán cinco muestras de **BARRAS DE CHOCOLATE**, sírvase degustarlas. Por favor, debe colocar el código de la muestra y ordenar en forma creciente de acuerdo a su preferencia. Cada muestra debe llevar un orden diferente, dos muestras no deben de tener el mismo orden.

1 = más preferida

5= menos preferida

MUESTRA	ORDEN DE PREFERENCIA
A	
B	
C	
D	
E	

Observaciones:

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

14.2 Boleta para la evaluación sensorial

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Suroccidente

Ingeniería en Alimentos



Nombre: _____

Fecha: _____

No. de boleta: _____

Se le presentarán dos muestras de **BARRAS DE CHOCOLATE**, sírvase degustarlas. Por favor, evalúelas y determine su nivel de agrado con cada muestra marcando con una X en la escala que mejor describe su sentir con el código de la muestra.

Enjuagar la boca antes y entre las evaluaciones y espere entre 30 a 40 segundos entre cada muestra.

COLOR			
Atributo	Código de las muestras		
	453	852	743
Me disgusta mucho			
Me disgusta moderadamente.			
Me disgusta levemente			
No me gusta ni me disgusta			
Me gusta levemente			
Me gusta moderadamente			
Me gusta mucho			

OLOR			
Atributo	Código de las muestras		
	453	852	743
Me disgusta mucho			
Me disgusta moderadamente.			
Me disgusta levemente			
No me gusta ni me disgusta			
Me gusta levemente			
Me gusta moderadamente			
Me gusta mucho			

TEXTURA			
Atributo	Código de las muestras		
	453	852	743
Me disgusta mucho			
Me disgusta moderadamente.			
Me disgusta levemente			
No me gusta ni me disgusta			
Me gusta levemente			
Me gusta moderadamente			
Me gusta mucho			

APARIENCIA			
Atributo	Código de las muestras		
	453	852	743
Me disgusta mucho			
Me disgusta moderadamente.			
Me disgusta levemente			
No me gusta ni me disgusta			
Me gusta levemente			
Me gusta moderadamente			
Me gusta mucho			

SABOR			
Atributo	Código de las muestras		
	453	852	743
Me disgusta mucho			
Me disgusta moderadamente.			
Me disgusta levemente			
No me gusta ni me disgusta			
Me gusta levemente			
Me gusta moderadamente			
Me gusta mucho			

Observaciones:

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

14.3 Resultados panel sensorial piloto

Tabla 23

Tabulación de datos obtenidos panel piloto

No. Panelistas	A	B	C	D	E
1	2	4	5	3	1
2	3	4	5	2	1
3	4	5	3	2	1
4	3	5	4	1	2
5	3	1	2	5	4
6	1	3	5	4	2
7	2	5	4	1	3
8	3	5	4	1	2
9	3	4	5	2	1
10	2	5	4	3	1
11	2	3	4	5	1
12	3	4	5	2	1
13	1	5	3	4	2
14	5	3	4	2	1
15	2	5	1	3	4
Σ	39.00	61.00	58.00	40.00	27.00

Fuente: elaboración propia, 2022

14.4 Registro de tiempos y temperaturas

Tabla 24

Registro de tiempos y temperatura

PRUEBA 1

Operación	453		852		743	
unitaria	t*	T**	t*	T**	t*	T**
Refinado	3.5 horas	50 °C	3 horas	55 °C	4 horas	45 °C
Conchado	18 horas	80 °C	20 horas	70 °C	16 horas	75 °C
Atemperado	50 min	30 °C	50 min	30 °C	60 min	30 °C
Enfriado	25 min	6 °C	35 min	5 °C	45 min	7 °C
Observaciones	En el atemperado se pudo observar que el tiempo y la temperatura debían mantenerse ya que hacer el procedimiento adecuadamente da la textura y crunch deseado. Presenta mejores características físicas y sensoriales la muestra X3					

PRUEBA 2

Operación	453		852		743	
unitaria	t*	T**	t*	T**	t*	T**
Refinado	4 horas	45 °C	3.5 horas	50 °C	3 horas	55 °C
Conchado	16 horas	75 °C	18 horas	80 °C	20 horas	70 °C
Atemperado	60 min	30 °C	50 min	30 °C	50 min	30 °C
Enfriado	45 min	7 °C	25 min	6 °C	35 min	5 °C
Observaciones	Los tiempos y temperaturas similares a la prueba anterior en X3 colocados en X1 hacen que dicha muestra tenga mejor textura.					

PRUEBA 3

Operación unitaria	453		852		743	
	t*	T**	t*	T**	t*	T**
Refinado	3 horas	55 °C	4 horas	45 °C	3.5 horas	50 °C
Conchado	20 horas	70 °C	16 horas	75 °C	18 horas	80 °C
Atemperado	50 min	30 °C	60 min	30 °C	50 min	30 °C
Enfriado	35 min	5 °C	45 min	7 °C	25 min	6 °C
Observaciones	Se colocaron los tiempos y temperaturas que han dado mejores resultados en la muestra X2, y se obtiene un mejor resultado en la muestra la cual presenta un brillo más notorio y una textura deseada, aunque la muestra X3 con estos parámetros de tiempo y temperatura tiene una textura similar y características sensoriales aceptables.					

Fuente: elaboración propia, 2022

t*: tiempo

T**: temperatura

14.5 Resultados fisicoquímicos



LABORATORIO DSG
DESARROLLO DE SOLUCIONES GLOBALES
31 Avenida D-56 zona 7, Utatlán 1
Tel: (502) 2441-4918, (502) 2439-6808

(R03-PW0004)

Informe de Resultados: 2022-00229

Fecha: 09/2/2022

Cliete:	Angela Zuñiga	Referencia:	
Dirección:	Ciudad	Fecha y Hora Muestreo:	17/02/2022 10:20
Orden de Cliente:		Lugar de Muestreo:	Tomado por el cliente
Muestra enviada por:	Angela Zuñiga		
Fecha de Recepción:	17/02/2022		

Código: 25608		Descripción: Muestra X1		Lote:	
Referencia: 1		Tipo: Alimento			
Análisis	Resultado	u.m.	LD/LC	Metodología	Fecha de Análisis
Cenizas	0.86	%*	0.10	Gravimetría	22/02/2022
Cenizas insolubles en ácido	0.14	%*		Gravimetría	22/02/2022
Contenido de grasa	28.94	%*	0.1	Extracción Soxhlet	21/02/2022
Fibra Cruda	2.27	%*	0.50	AOAC: 962.09	23/02/2022
Glucosa	5.36	%*	0.5	Volumetría de Fehling	03/03/2022
Granulometría mesh no. 270	0.97*	%*	NA	Determinado por tamizaje	23/02/2022
Humedad	0.13	%*	0.10	Pérdida por secado en la estufa	22/02/2022
Sacarosa	54.75	%*	0.5	Calculo por diferencia entre azúcares totales y reductores	03/03/2022

* u.m.= unidad de medida, LD/LC= Límite de Detección/Cuantificación, ND= No detectable al LD/LC.

Los resultados en este informe corresponden únicamente a los ítems sometidos a ensayo. Prohibida la modificación o reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita de DSG. Cuando la muestra es entregada por el cliente, él es responsable de la información de la misma. En ese caso los resultados corresponden a la muestra tal y como fue recibida.

ULTIMA LINEA



Juan Carlos González Soto
Ingeniero Químico
Colegiado No. 1785

Ing. Juan Carlos González
Colegiado No. 1785
Director Técnico Físicoquímica

Informe de Resultados: 2022-00229

Fecha: 09/12/2022

Cliente:	Angela Zuñiga	Referencia:	
Dirección:	Ciudad	Fecha y Hora Muestreo:	17/02/2022 10:20
Orden de Cliente:		Lugar de Muestreo:	Tomado por el cliente
Muestra enviada por:	Angela Zuñiga		
Fecha de Recepción:	17/02/2022		

Código: 25609		Descripción: Muestra X2		Lote:	
Referencia: 2		Tipo: Alimento			
Análisis	Resultado	u.m.	LD/LC	Metodología	Fecha de Análisis
Cenizas	0.74	%*	0.10	Gravimetría	22/02/2022
Cenizas insolubles en ácido	0.10	%*		Gravimetría	22/02/2022
Contenido de grasa	30.52	%*	0.1	Extracción Soxhlet	21/02/2022
Fibra Cruda	1.89	%*	0.50	AOAC: 962.09	21/02/2022
Glucosa	7.21	%*	0.5	Volumetría de Fehling	03/03/2022
Granulometría mesh no. 270	0.91*	%*	NA	Determinado por tamizaje	24/02/2022
Humedad	0.87	%*	0.10	Pérdida por secado en la estufa	24/02/2022
Sacarosa	42.42	%*	0.5	Cálculo por diferencia entre azúcares totales y reductores	03/03/2022

* u.m. = unidad de medida, LD/LC = Límite de Detección/Cuantificación, ND = No detectable al LD/LC.

Los resultados en este informe corresponden únicamente a los ítems sometidos a ensayo. Prohibida la modificación o reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita de DSG. Cuando la muestra es entregada por el cliente, él es responsable de la información de la misma. En ese caso los resultados corresponden a la muestra tal y como fue recibida.

ULTIMA LINEA



Juan Carlos González Soto
Ingeniero Químico
Colegiado No. 1785

Ing. Juan Carlos González
Colegiado No. 1785
Director Técnico Riscoquímica

Informe de Resultados: 2022-00229

Fecha: 09/2/2022

Cliete:	Angela Zuñiga	Referencia:	
Dirección:	Ciudad	Fecha y Hora Muestreo:	17/02/2022 10:20
Orden de Cliente:		Lugar de Muestreo:	Tomada por el cliente
Muestra enviada por:	Angela Zuñiga		
Fecha de Recepción:	17/02/2022		

Código: 25610		Descripción: Muestra X3		Lote:	
Referencia: 3		Tipo: Alimento			
Análisis	Resultado	u.m.	LD/LC	Metodología	Fecha de Análisis
Cenizas	1.14	%*	0.10	Gravimetría	23/02/2022
Cenizas insolubles en ácido	ND	%*		Gravimetría	23/02/2022
Contenido de grasa	31.35	%*	0.1	Extracción Soxhlet	23/02/2022
Fibra Cruda	1.33	%*	0.50	AOAC: 962.09	23/02/2022
Glucosa	8.11	%*	0.5	Volumetría de Fehling	03/03/2022
Granulometría mesh no. 270	0.60*	%*	NA	Determinado por tamizaje	24/02/2022
Humedad	0.19	%*	0.10	Pérdida por secado en la estufa	22/02/2022
Sacarosa	40.85	%*	0.5	Cálculo por diferencia entre azúcares totales y reductores	03/03/2022

* u.m.= unidad de medida, LD/LC= Límite de Detección/Cuantificación, ND= No detectable al LD/LC.

Los resultados en este informe corresponden únicamente a los ítems sometidos a ensayo. Prohibida la modificación o reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita de DSG. Cuando la muestra es entregada por el cliente, él es responsable de la información de la misma. En ese caso los resultados corresponden a la muestra tal y como fue recibida.

ULTIMA LINEA



Juan Carlos Gonzalez Soto
Ingeniero Químico
Colegiado No. 1785

Ing. Juan Carlos Gonzalez
Colegiado No. 1785
Director Técnico Físicoquímica

14.6 Análisis estadísticos

Tabla 25

Análisis estadístico de contenido de cenizas

Muestra	% de ceniza
X1	0,86
X2	0,74
X3	1,14

Media 0,91

varianza 0,04

Desviación estándar 0,21

Fuente: elaboración propia, 2022

Tabla 26

Análisis estadístico de contenido de cenizas insolubles en ácido

Muestra	% de ceniza insoluble en ácido
X1	0,14
X2	0,10
X3	0

Media 0,08

varianza 0,01

Desviación estándar 0,07

Fuente: elaboración propia, 2022

Tabla 27*Análisis estadístico de contenido de grasa*

Muestra	% de grasa
X1	28,94
X2	30,52
X3	31,35

Media 30,27

varianza 1,50

Desviación estándar 1,22

Fuente: elaboración propia, 2022

Tabla 28*Análisis estadístico de contenido de fibra cruda*

Muestra	% de fibra cruda
X1	2,27
X2	1,89
X3	1,33

Media 1,83

varianza 0,22

Desviación estándar 0,47

Fuente: elaboración propia, 2022

Tabla 29*Análisis estadístico de contenido de glucosa*

Muestra	% de glucosa
X1	5,36
X2	7,21
X3	8,11

Media 6,89

varianza 1,97

Desviación estándar 1,40

Fuente: elaboración propia, 2022

Tabla 30*Análisis estadístico de granulometría*

Muestra	% de retenido
X1	0,97
X2	0,91
X3	0,60

Media 0,83

varianza 0,87

Desviación estándar 0,19

Fuente: elaboración propia, 2022

Tabla 31*Análisis estadístico de contenido de humedad*

Muestra	% de humedad
X1	0,13
X2	0,87
X3	0,19

Media 0,40

varianza 0,17

Desviación estándar 0,41

Fuente: elaboración propia, 2022

Tabla 32*Análisis estadístico de contenido de sacarosa*

Muestra	% de sacarosa
X1	54,75
X2	42,42
X3	40,83

Media 48,59

varianza 76,01

Desviación estándar 8,72

Fuente: elaboración propia, 2022

Tabla 33*Análisis estadístico del panel sensorial*

Característica	X1	X2	X3	Σ	Σ bloques ²	X1 ²	X2 ²	X3 ²	
	bloques								
Color	5,40	6,07	6,93	18,400	338,560	29,160	36,845	48,025	
Olor	6,00	6,27	6,47	18,740	351,188	36,000	39,313	41,861	
Textura	5,40	6,00	5,00	16,400	268,960	29,160	36,000	25,000	
Apariencia	4,47	5,87	5,93	16,270	264,713	19,981	34,457	35,165	
Sabor	5,80	5,47	6,87	18,140	329,060	33,640	29,921	47,197	
Σ	27,07	29,68	31,20	87,95	1552,4801	147,9409	176,5356	197,2476	521,7241
Σ ²	732,7849	880,9024	973,44	2587,12	7735,202				

Fuente: elaboración propia, 2022

	Sc	GL(N-1)	CM	Fc	Ft
Bloque	1,81	4	0,45	1,46	2,1318
Tratamiento	1,75	2	0,87	2,81	2,92
Error	2,49	8	0,31		
Total	6,04	14			

Fuente: elaboración propia, 2022

Si la F calculada es mayor que la F de las tablas, se concluye que si hay diferencia entre los tratamientos, de lo contrario se concluye que no hay diferencias entre tratamientos.

Tabla 34

Análisis estadístico del color

No. Panelistas	X1	X2	X3		Σ bloque	Σ bloque ²	X1 ²	X2 ²	X3 ²
1	5	6	7		18	324	25	36	49
2	6	7	7		20	400	36	49	49
3	4	6	6		16	256	16	36	36
4	7	6	7		20	400	49	36	49
5	6	7	7		20	400	36	49	49
6	5	5	7		17	289	25	25	49
7	5	6	7		18	324	25	36	49
8	6	5	7		18	324	36	25	49
9	4	7	7		18	324	16	49	49
10	7	5	7		19	361	49	25	49
11	6	7	7		20	400	36	49	49
12	5	6	7		18	324	25	36	49
13	4	5	7		16	256	16	25	49
14	6	6	7		19	361	36	36	49
15	5	7	7		19	361	25	49	49
Σ	81,00	91,00	104,00		276,00	5104,00	451,00	561,00	722,00
Σ^2	6561,00	8281,00	10816,00	25658,00	76176,00				
Media	5,40	6,07	6,93						1734,00
6,13 $\approx$ 6 = gusta moderadamente									

	Sc	GL(N-1)	CM	Fc	Ft
Bloque	8,53	14	0,61	1,14	1,7613
Tratamiento	17,73	2	8,87	16,62	2,92
Error	14,93	28	0,53		
Total	41,20	44			

Fuente: elaboración propia, 2022

Si la F calculada es mayor que la F de las tablas, se concluye que si hay diferencia entre los tratamientos, de lo contrario se concluye que no hay diferencias entre tratamientos.

Tabla 35

Análisis estadístico del olor

No. Panelistas	X1	X2	X3		Σ bloques	Σ bloques ²	X1 ²	X2 ²	X3 ²
1	7	7	6		20	400	49	49	36
2	5	7	7		19	361	25	49	49
3	6	6	7		19	361	36	36	49
4	7	7	6		20	400	49	49	36
5	5	6	6		17	289	25	36	36
6	6	7	5		18	324	36	49	25
7	7	6	7		20	400	49	36	49
8	6	5	7		18	324	36	25	49
9	6	7	6		19	361	36	49	36
10	7	6	6		19	361	49	36	36
11	6	7	7		20	400	36	49	49
12	5	5	7		17	289	25	25	49
13	6	7	6		19	361	36	49	36
14	6	5	7		18	324	36	25	49
15	5	6	7		18	324	25	36	49
Σ	90,00	94,00	97,00		281,00	5279,00	548,00	598,00	633,00
Σ^2	8100,00	8836,00	9409,00	26345,00	78961,00				
Media	6,00	6,27	6,47						1779,00
6,24 $\approx$ 6 = gusta moderadamente									

	Sc	GL(N-1)	CM	Fc	Ft
Bloque	4,98	14	0,36	0,56	1,7613
Tratamiento	1,64	2	0,82	1,30	2,92
Error	17,69	28	0,63		
Total	21,31	44			

Fuente: elaboración propia, 2022

Si la F calculada es mayor que la F de las tablas, se concluye que si hay diferencia entre los tratamientos, de lo contrario se concluye que no hay diferencias entre tratamientos.

Tabla 36

Análisis estadístico de textura

No. Panelistas	X1	X2	X3		Σ bloques	Σ bloques ²	X1 ²	X2 ²	X3 ²
1	4	6	5		15	225	16	36	25
2	5	6	7		18	324	25	36	49
3	6	6	4		16	256	36	36	16
4	6	6	3		15	225	36	36	9
5	5	7	7		19	361	25	49	49
6	5	6	4		15	225	25	36	16
7	6	5	4		15	225	36	25	16
8	5	6	6		17	289	25	36	36
9	6	6	5		17	289	36	36	25
10	5	5	7		17	289	25	25	49
11	6	6	5		17	289	36	36	25
12	5	7	4		16	256	25	49	16
13	6	6	5		17	289	36	36	25
14	5	7	4		16	256	25	49	16
15	6	5	5		16	256	36	25	25
Σ	81,00	90,00	75,00		246,00	4054,00	443,00	546,00	397,00
Σ^2	6561,00	8100,00	5625,00	20286,00	60516,00				
Media	5,40	6,00	5,00						1386,00
$5,47 \approx 5 = \text{gusta poco}$									

	Sc	GL(N-1)	CM	Fc	Ft
Bloque	6,53	14	0,47	0,48	1,7613
Tratamiento	7,60	2	3,80	3,92	2,92
Error	27,07	28	0,97		
Total	41,20	44			

Fuente: elaboración propia, 2022

Si la F calculada es mayor que la F de las tablas, se concluye que si hay diferencia entre los tratamientos, de lo contrario se concluye que no hay diferencias entre tratamientos.

Tabla 37*Análisis estadístico de apariencia*

No. Panelistas	X1	X2	X3		Σ bloques	Σ bloques ²	X1 ²	X2 ²	X3 ²
1	5	5	6		16	256	25	25	36
2	4	6	7		17	289	16	36	49
3	5	5	7		17	289	25	25	49
4	3	6	5		14	196	9	36	25
5	6	7	5		18	324	36	49	25
6	3	6	6		15	225	9	36	36
7	4	5	6		15	225	16	25	36
8	4	7	6		17	289	16	49	36
9	5	7	5		17	289	25	49	25
10	3	6	5		14	196	9	36	25
11	6	5	7		18	324	36	25	49
12	4	7	6		17	289	16	49	36
13	5	5	5		15	225	25	25	25
14	6	5	6		17	289	36	25	36
15	4	6	7		17	289	16	36	49
Σ	67,00	88,00	89,00		244,00	3994,00	315,00	526,00	537,00
Σ^2	4489,00	7744,00	7921,00	20154,00	59536,00				
Media	4,47	5,87	5,93						1378,00
5,42 $\approx$ 5 = gusta poco									

	Sc	GL(N-1)	CM	Fc	Ft
Bloque	8,31	14	0,59	0,64	1,7613
Tratamiento	20,58	2	10,29	11,04	2,92
Error	26,09	28	0,93		
Total	54,98	44			

Fuente: elaboración propia, 2022

Si la F calculada es mayor que la F de las tablas, se concluye que si hay diferencia entre los tratamientos, de lo contrario se concluye que no hay diferencias entre tratamientos.

Tabla 38*Análisis estadístico de sabor*

No. Panelistas	X1	X2	X3		Σ bloques	Σ bloques ²	X1 ²	X2 ²	X3 ²
1	5	5	7		17	289	25	25	49
2	6	6	7		19	361	36	36	49
3	6	6	7		19	361	36	36	49
4	5	5	6		16	256	25	25	36
5	6	6	7		19	361	36	36	49
6	6	5	7		18	324	36	25	49
7	7	3	7		17	289	49	9	49
8	5	6	6		17	289	25	36	36
9	6	7	7		20	400	36	49	49
10	7	6	7		20	400	49	36	49
11	5	6	7		18	324	25	36	49
12	5	5	7		17	289	25	25	49
13	7	6	7		20	400	49	36	49
14	5	4	7		16	256	25	16	49
15	6	6	7		19	361	36	36	49
Σ	87,00	82,00	103,00		272,00	4960,00	513,00	462,00	709,00
Σ^2	7569,00	6724,00	10609,00	24902,00	73984,00				
Media	5,80	5,47	6,87						1684,00

$6,04 \approx 6 = \text{gusta moderadamente}$

	Sc	GL(N-1)	CM	Fc	Ft
Bloque	9,24	14	0,66	1,26	1,7613
Tratamiento	16,04	2	8,02	15,36	2,92
Error	14,62	28	0,52		
Total	39,91	44			

Si la F calculada es mayor que la F de las tablas, se concluye que si hay diferencia entre los tratamientos, de lo contrario se concluye que no hay diferencias entre tratamientos.

Fuente: elaboración propia, 2022

15. Glosario

- 15.1 Ácido esteárico:** es un ácido graso saturado de 18 átomos de carbono presente en aceites y grasas animales y vegetales. A temperatura ambiente es un sólido parecido a la cera; su fórmula química es $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$.
- 15.2 Ácido oleico:** es un ácido graso mono insaturado de la familia de los ácidos grasos omega 9. Está presente principalmente en los aceites de origen vegetal como el aceite oliva, el de aguacate, de manía, de cacao, de canola y más.
- 15.3 Ácido palmítico:** es un ácido graso saturado de cadena larga, formado por dieciséis átomos de carbono. Su nombre es el ácido hexadecanoico. El ácido palmítico es el principal ácido graso saturado de la dieta, constituyendo aproximadamente un 60% de los mismos. Es el más abundante en las carnes y grasas lácteas y en los aceites vegetales como el aceite de cacao, de coco y el aceite de palma. Es el ácido graso menos saludable pues es el que más aumenta los niveles de colesterol en la sangre.
- 15.4 Ácidos grasos:** es una biomolécula de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de diferente longitud o número de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo.
- 15.5 Agua libre:** es agua en suspensión que forma películas que cubren la superficie de partículas sólidas o las paredes de fracturas pero en exceso del agua pelicular; el agua móvil tiene libertad para moverse en cualquier dirección por efecto de la fuerza de gravedad y de la presión desequilibrada de la película.
- 15.6 Agua ligada:** en hidrología, el agua ligada es una capa extremadamente delgada de agua que rodea las superficies minerales. Las moléculas de agua tienen una fuerte

polaridad eléctrica, lo que significa que hay una carga positiva muy fuerte en un lado de la molécula y una carga negativa fuerte en el otro.

15.7 Emulsificante: es una sustancia que es superficialmente activa y permite que dos líquidos inmiscibles permanezcan íntimamente mezclados y estables. Una emulsión es una suspensión de minúsculas gotas de un líquido en otro. Los emulsificantes confieren estabilidad a una emulsión al disminuir la tensión interfacial entre los dos líquidos inmiscibles que componen la emulsión (uno disperso en forma de gotas).

15.8 Fructosa: es un azúcar simple que se puede encontrar de manera natural en las frutas y que se ingiere principalmente en forma de sacarosa. La sacarosa, más conocida como azúcar común, es una molécula formada por glucosa y fructosa que, al ser ingerida, se separa en el intestino en sus dos moléculas.

15.9 Glucosa: es un monosacárido con fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$. Es una hexosa, es decir, contiene 6 átomos de carbono, y es una aldosa, esto es, el grupo carbonilo está en el extremo de la molécula. Es una forma de azúcar que se encuentra libre en las frutas y en la miel.

15.10 Extracción de Soxhlet: se usa como primer paso de una purificación o separación. La extracción de muestras sólidas con disolventes, generalmente conocida como extracción sólido-líquido o lixiviación, es un método muy utilizado en la separación de analitos de muestras sólidas.

15.11 Reacción de Karl-fisher: es un clásico método usado en química analítica que utiliza una valoración coulombimétrica o volumétrica para determinar trazas de agua en una muestra. Fue inventada en 1935 por el químico alemán Karl Fischer.

15.12 Reología: es la rama de la física de medios continuos que se dedica al estudio de la deformación y el flujo de la materia.

15.13 Sacarosa: es el edulcorante natural por excelencia de la alimentación humana, es el azúcar blanco común. Proporciona sabor dulce y energía. Es un disacárido formado por glucosa y fructosa. Su nombre químico es alfa-D-Glucopiranosil -beta-D-Fructofuranósido, y su fórmula es $C_{12}H_{22}O_{11}$.



Mazatenango, 22 de marzo de 2022

Comisión Evaluadora de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Alimentos
CUNSUROC-USAC
Presente

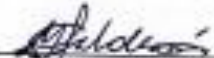
Sres. Comisión Trabajo de Graduación:

De manera atenta nos dirigimos a ustedes deseándoles éxitos en sus actividades académicas.

Por este medio hago constar que yo Q.B. Gladys Calderón Castilla asesora principal, del trabajo de graduación titulado: **"FORMULACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE UNA BARRA DE CHOCOLATE Y SU EVALUACIÓN SENSORIAL Y FISICOQUÍMICA EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS EN QUETZALTENANGO."** elaborado por Angela María Zúñiga con Carné No. 201040366, que he revisado dicho trabajo y se han incorporado las correcciones requeridas, por lo que considero que cumple con los requisitos para someterlo a evaluación de Seminario II.

Sin otro particular, me despido de ustedes,

Deferentemente

(f) 

Q.B. Gladys Calderón Castilla

Asesora Principal



Universidad de San Carlos de
Guatemala



Centro Universitario de Investigaciones
CUNSUROC

Mazatenango, 22 de marzo de 2022

Comisión Evaluadora de Trabajo de Graduación

Ingeniería en Alimentos

CUNSUROC-USAC

Presente

Respetables miembros:

De manera atenta me dirijo a ustedes deseándoles éxitos en sus actividades académicas.

Por este medio hago constar que yo Inga. en alimentos Ana Lucía Chávez Maldonado asesora adjunta, revise la investigación del trabajo de graduación titulado: **"FORMULACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE UNA BARRA DE CHOCOLATE Y SU EVALUACIÓN SENSORIAL Y FÍSICOQUÍMICA EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS EN QUETZALTENANGO."** elaborado por Angela María Zúñiga con Carné No. 201040366 Estamos de acuerdo con el contenido del mismo considerando que llena los requisitos para someterlo a evaluación de Seminario II.

Sin otro particular, me despido de ustedes,

Deferentemente

(f) 

Inga. Ana Lucía Chávez Maldonado

Asesora adjunta

Mazatenango, 2 de noviembre de 2022.



M. Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos.
CUNSUROC –USAC–.

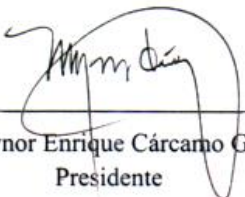
Señor Coordinador:

Nos dirigimos a usted cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente, es para informarle que el Comité de Trabajo de Graduación ha recibido el informe revisado por los asesores nombrados y las correcciones técnicas correspondientes de la terna evaluadora de Seminario II, del Trabajo de Graduación titulado: **FORMULACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE BARRAS DE CHOCOLATE Y LA EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS EN QUETZALTENANGO** de la estudiante: **Angela María Zúñiga Santizo**, quien se identifica con número de carné: **201040366**.

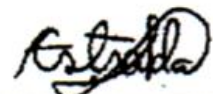
El documento antes mencionado presenta, además, los requisitos establecidos de redacción y corrección, para que se proceda con los trámites pertinentes.

Deferentemente,


Dr. Mynor Enrique Cárcamo González
Presidente


M. Sc. Carlos Alberto Hernández Ordoñez
Secretario


M.A. Silvia Marisol Guzmán Téllez
Vocal


M.A. Aurora Carolina Estrada Elena
Suplente



Mazatenango, 08 de febrero 2023

M.Sc. Bernandino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador académico
Centro Universitario del Sur Occidente, USAC
Presente

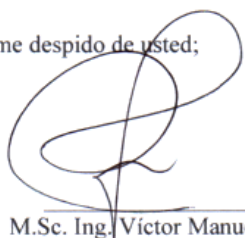
Le saludo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

De conformidad con el cumplimiento de mis funciones, como Coordinador de la carrera de Ingeniería en alimentos del Centro Universitario del Sur Occidente, he tenido a bien revisar el informe de trabajo de graduación titulado: **"Formulación y estandarización de barras de chocolate y la evaluación fisicoquímica y sensorial en una industria de alimentos en Quetzaltenango."**, de la estudiante T. U. Angela María Zúñiga Santizo, quien se identifica con el número de carné 201040366.

El documento antes mencionado llena los requisitos necesarios para optar al título de Ingeniero en Alimentos, en el grado académico de Licenciado, por lo que solicito la autorización del **Imprímase**

Sin otro particular, me despido de usted;

Deferentemente



M.Sc. Ing. Víctor Manuel Najera Toledo

Coordinador

Carrera Ingeniería en alimento



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-03-2023

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, nueve de febrero de dos mil veintitrés. _____

Encontrándose agregado al expediente el dictamen del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN: "FORMULACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE BARRAS DE CHOCOLATE Y LA EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS EN QUETZALTENANGO", de la estudiante: Angela María Zuñiga Santizo, carné No. 201040366 CUI: 2054 95648 1101 de la carrera Ingeniería en Alimentos.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.A. Luis Carlos Muñoz
Director CUNSUROC



/gris