



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA



CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**Desarrollo y Caracterización de Mermelada producida a partir del fruto de
mate *Crescentia cujete L***

Trabajo de Titulación, modalidad Propuesta Tecnológica, previa a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autora: Mariana Estefany García Granda

Tutor: Ing. Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

Ambato-Ecuador

Noviembre-2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este trabajo de titulación modalidad Propuesta Tecnológica, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 25 de Septiembre del 2019



.....
Fernando Cayetano Álvarez Calvache. Msc.

C. I. 180104502-0

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Mariana Estefany García Granda, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniería en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Mariana Estefany García Granda

C. I. 230038809-3

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad de Propuesta Tecnológica, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.



.....

Presidente del Tribunal



.....

Diego Manolo Salazar Garcés, MSc.
C.I. 180312429-4



.....

Julio César Sosa Cárdenas, Mg.
C.I. 171665084-9

Ambato, 28 de Octubre del 2019

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente Trabajo de Titulación o parte de él, como un documento libre para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en líneas patrimoniales de mi Trabajo de Graduación, con fines de difusión pública, además apruebo su reproducción parcial o total dentro de las regulaciones de la Universidad Ecuatoriana, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Mariana Estefany García Granda

C. I. 230038809-3

AUTORA

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía fundamental en toda mi carrera universitaria, por ayudarme a fortalecer mis miedos y permitirme lograr una meta más.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos por enriquecer mis conocimientos y brindarme la oportunidad de crecer en el ámbito profesional.

A mis padres y hermano, Telmo, Flor y Eduardo, por brindarme siempre su amor y confianza, ser mi apoyo y perseverancia, por forjarme con sus valores y enseñarme con humildad a luchar por mis sueños.

A mis abuelitos Segundo, Leonor y Mariana por sus consejos y oraciones, pero sobre todo por mantener su credibilidad en mí.

A mis primos Patricia y Juan, porque los considero mis segundos padres, por su ayuda, compañía y refugio desde que llegaron a esta ciudad.

A mi prima Katherine, porque más que una prima ha sido una hermana para mí, por su cariño, paciencia y vivencias desde muy pequeñas.

“Así que ni el que planta es algo,
ni el que riega, sino Dios, que da el crecimiento.
Porque nosotros somos colaboradores de Dios”.

(1° Corintios 3:7-9)

Estefany García

AGRADECIMIENTO

A Dios por proteger a mi familia, por bendecir mi camino desde que decidí estudiar en otra ciudad, por corregir mis fallas y ayudarme a mejorar día a día.

A mis padres y hermano, por anhelar lo mejor para mí, estar siempre dispuestos a cualquier ayuda y brindarme siempre una palabra de ánimo.

A la Universidad Técnica de Ambato sobre todo a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos que me permitió instruirme profesionalmente, por haberme permitido conocer grandes personas a las que pude llamar amigo, gracias a mis compañeros y maestros que a lo largo de este trayecto me dejaron grandes experiencias.

A mi tutor, Mg Fernando Álvarez por acoger mi idea en la realización de este proyecto de Investigación.

Al Ingeniero Msc Diego Salazar y Dra. Mirari Arancibia por su amistad, consejos y guía en mi trabajo de titulación.

A mis amigos Tannia, Karina, Jenny, Lily, Shirley e Iván quienes desde un inicio fueron partícipes de tantas travesías en este largo recorrido. De igual manera a Karen, amiga de tesis con quien compartí una gran experiencia.

A todos quienes de una u otra forma estuvieron apoyándome y deseando mi bienestar en cada momento. Gracias

Estefany García

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES	1
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	IV
DERECHOS DE AUTOR	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Antecedentes Investigativos.....	3
1.2. Hipótesis.....	6
1.2.1. Hipótesis Nula (H_0):.....	6
1.2.2. Hipótesis Alternativa (H_a):.....	7
1.3. Señalamiento de variables	7
1.3.1. Variable Independiente	7
1.3.2. Variable Dependiente.....	7
1.4. Objetivos	7
1.4.1. Objetivo General	7
1.4.2. Objetivos Específicos.....	7
CAPÍTULO II	8
METODOLOGÍA	8

2.1.	Materiales	8
2.1.1.	Obtención de la materia prima	8
2.1.2.	Formulación	8
2.2.	Métodos	9
2.2.1.	Análisis Fisicoquímicos	9
	Determinación de la concentración del ion hidrógeno (pH).....	9
	Determinación de Acidez Titulable	10
	Determinación de sólidos solubles totales	11
2.2.2.	Propiedades Funcionales.....	11
	Determinación de almidón total y Amilosa	11
2.2.3.	Propiedades Bioactivas	13
	Determinación de compuestos fenólicos	13
2.2.4.	Análisis microbiológicos.....	13
2.2.5.	Reología	13
2.2.6.	Textura	14
2.2.7.	Colorimetría	15
2.2.8.	Análisis Sensorial.....	15
2.2.9.	Análisis proximal	15
	Humedad.....	15
	Proteína	16
	Grasa	16
	Fibra.....	17
	Ceniza	18
	Carbohidratos.....	18
	Energía.....	18
2.2.10.	Diseño experimental.....	19
CAPÍTULO III.....		20

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
3.1. Análisis Fisicoquímicos	20
3.2. Análisis microbiológicos	22
3.3. Reología.....	23
3.4. Textura.....	25
3.5. Color	26
3.6. Análisis sensorial.....	28
3.7. Análisis proximal	29
3.8. Verificación de la hipótesis	30
CAPÍTULO IV.....	31
CONCLUSIONES	31
4.1. Conclusiones	31
Referencias bibliográficas.....	32
Anexos	39
Anexo 1. Diagrama de flujo de elaboración de mermelada de mate	39
Anexo 2. Balance de materia de mermelada de mate en pulpa con sucralosa	40
Anexo 3. Análisis del contenido de proteína en mermelada.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación base de las mermeladas con edulcorantes.....	8
Tabla 2. Codificación de los tratamientos empleados en la elaboración de mermelada	9
Tabla 3. Valores obtenidos de los análisis fisicoquímicos del fruto de mate.....	20
Tabla 4. Resultados de pH, acidez y sólidos solubles en mermeladas de mate	21
Tabla 5. Evaluación microbiológica en la mermelada	23
Tabla 6. Evaluación de los diferentes parámetros de textura.....	26
Tabla 7. Evaluación de parámetros de color en las mermeladas.....	27
Tabla 8. Valores obtenidos en la mermelada en análisis proximal	30
Tabla 9. Parámetros de balance de materia para la elaboración de mermelada con adición de sucralosa	41
Tabla 10. Valores determinados para el balance de materia en mermeladas.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol del fruto mate	3
Figura 2. Mate variedad (Crescentia cujete L).....	4
Figura 3. Mermelada de mate en trozos con azúcar (A), en pulpa con azúcar (B), en trozos con sucralosa (C), en pulpa con sucralosa (D).	9
Figura 4. pH-metro METTLER TOLEDO pH 10 NS 220	10
Figura 5. Titulador potenciómetro METTLER TOLEDO G20 Compact	11
Figura 6. Reómetro Anton Para MCR 302. Australia.....	14
Figura 7. Texturómetro Brookfield PRO CT3	14
Figura 8. (a) Módulo de almacenamiento G' , (b) Módulo de pérdida G'' y (c) $\tan \delta$ en función de la frecuencia angular.	25

Figura 9. Evaluación sensorial de mermelada a partir del fruto de mate.....	28
--	----

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de acidez titulable	10
Ecuación 2. Determinación de amilosa	12
Ecuación 3. Determinación de almidón total	12
Ecuación 4. Determinación de coordenada o saturación croma C*	15
Ecuación 5. Determinación de tono °H.....	15
Ecuación 6. Determinación de humedad.....	16
Ecuación 7. Determinación de grasa	17
Ecuación 8. Determinación de fibra cruda	17
Ecuación 9. Determinación de ceniza	18
Ecuación 10. Determinación de carbohidratos.....	18
Ecuación 11. Determinación de energía.....	19
Ecuación 12. Determinación de rendimiento del producto	41
Ecuación 13. Determinación de rendimiento por unidad.....	41

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó con el propósito de brindar una alternativa satisfactoria de aprovechamiento del fruto de mate que es cultivado en América Tropical, en el Ecuador se desconoce alternativas de industrialización para este tipo de frutos. La experimentación permitió desarrollar y caracterizar mermeladas empleando la pulpa de fruto de mate (*Crescentia cujete L.*). Se elaboraron cuatro tipos de mermeladas que contenían: mate (pulpa o trozos), azúcar o sucralosa, pectina, ácido cítrico y ácido ascórbico. Los resultados obtenidos mostraron que el tipo de procesamiento y la relación fruta-edulcorante intervienen en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas, reológicas y de textura de las mermeladas. La caracterización de la materia prima se realizó mediante análisis fisicoquímico lo cual mostró ser un fruto ácido, con 4.6 pH, 0.22% acidez, 6.4 °Brix y 82.4 % humedad. Las mermeladas tanto con adición de azúcar y sucralosa aumentaron en dureza y disminuyeron en adhesividad. La evaluación sensorial permitió determinar que la formulación realizada con pulpa y con adición de sucralosa obtuvo mayor aceptabilidad por los panelistas. Las mermeladas se ajustaron al modelo de la Ley de Potencia, al presentar índices de comportamiento con valores menores a la unidad ($n < 1$). La evaluación del contenido nutricional fue realizada al producto óptimo el cual presentó 94.29 % humedad, 0.53 % proteína, 0.64 % grasa, 3.20 % fibra, 0.22 % cenizas, 1.12 % carbohidratos y 12.37 kcal. Por otra parte, se estimó el tiempo de vida útil mediante evaluación microbiana, obteniendo durabilidad de cuatro meses.

Palabras claves: fruto mate, *Crescentia cujete L.*, edulcorante, forma de procesamiento, mermeladas.

ABSTRACT

The research work was performed out with the purpose of providing a satisfactory alternative for the use of the mate fruit that is grown in Tropical America, in Ecuador industrialization alternatives for this type of fruit are unknown. The experimentation allowed to develop and characterize jams using the pulp of mate fruit (*Crescentia cujete L*). Four types of jams were made containing: mate (pulp or pieces), sugar or sucralose, pectin, citric acid and ascorbic acid. The results obtained allowed us to verify that the type of processing and the fruit-sweetener ratio are involved in the physicochemical, sensory, microbiological, rheological and texture properties of jams. The characterization of the raw material was performed out by physicochemical analysis which showed to be an acidic fruit, with 4.6 pH, 0.22% acidity, 6.4 °Brix and 82.4% humidity. Jams with both sugar and sucralose added, increasing in hardness and decreased in adhesiveness. The sensory evaluation allowed to determine that the formulation made with pulp and with the addition of sucralose obtained greater acceptability by the panelists. Jams were adjusted to the model of the Law of Power, presenting indices of behavior with values smaller than the unit ($n < 1$). The nutritional content evaluation was carried out at the optimum product which presented 94.29% humidity, 0.53% protein, 0.64% fat, 3.20% fiber, 0.22% ash, 1.12% carbohydrates and 12.37 kcal. On the other hand, the useful life time was estimated by microbial evaluation, obtaining durability of four months.

Keywords: matte fruit, *Crescentia cujete L*, sweetener, processing, jams.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

Mate

Crescentia cujete L es una especie de la familia Bignoniaceae Juss característica de climas húmedos a secos, sabanas y selvas bajas. Nativa de las sabanas del sur de México, América Central y zona norte de Sudamérica (Salazar & Santacruz, 2017). Aunque el mate se desarrolla mejor en suelos profundos de textura arcillosa, tolera los suelos pobres en nutrientes, con drenaje deficiente y sujetos a inundaciones frecuentes. Se adapta mejor en estación seca bien definida, pero crece bien con sombra moderada y en climas húmedos en condiciones de alta luminosidad (Montealegre, 2017).



Figura 1. Árbol del fruto mate

Crescentia cujete L es una especie cultivada a lo largo de América tropical, en Ecuador se le conoce en las provincias de: Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas, Manabí, Guayas, Bolívar, Napo y Pastaza (Bravo & Vélez, 2016). Sin

embargo, en nuestro país se desconoce alternativas de industrialización del totumo, debido a que es usado en la producción de artesanías con la corteza mientras que la pulpa se desperdicia, de ahí el interés de dar a conocer las características que posee este fruto y a la vez proponer alternativas de transformación e industrialización para el mate (**Recalde, 2015**).

Según **Pool (2014)**, *Crescentia cujete L* es conocida con varios nombres comunes como: higüero (Puerto Rico); güira (República Dominicana); calabaza (Cuba); taparo (Venezuela); mate, pilche (Ecuador); huingo (Perú); bassenboon (Surinam); cuite (Brasil); calabash, calabash-tree (Estados Unidos), jícaro, jícara, morro, guacal, calabacero totumo (América Central), cujete, cirián, tecomate, guaje (México). El mate puede producir entre 16.2 y 81.2 Kg de fruto por árbol. Se distingue por su árbol entre 10 m de altura y 30 cm de diámetro, con ramas extendidas, fruto con coloración verde brillante, leñoso de entre 20 y 50 cm de diámetro con variabilidad en forma y tamaño. En cuanto a su forma puede ser ovalado, alargado y redondo, mientras que su tamaño varía desde pequeño a grande. Su pulpa blanca, gelatinosa y esponjosa que encierra numerosas semillas según su estado de madurez (**Botero & De La Ossa, 2011**). *Crescentia cujete L* especie que crece durante todo el año en gran magnitud, sin embargo los frutos no son aprovechados (**Cendales, 2013**).

El mate es una especie multipropósito, presenta varios usos como son el uso ancestral, alimenticio, medicinal y de ornamentación. Es un fruto con grandes posibilidades de aprovechamiento, facilidades de propagación, capacidad de crecimiento en varias regiones, convirtiéndose por todas estas ventajas en una oportunidad de expansión en el mercado (**Garavito, 2010**).



Figura 2. Mate variedad (*Crescentia cujete L*)

Recolección del fruto

El proceso de recolección de los frutos de mate es muy sencillo, consiste en arrancar los frutos de los árboles cuando están en estado de madurez. Se deben recoger los mates de la mejor calidad o sea que sean fuertes y que tengan el tamaño y la forma más adecuada para el trabajo que se va a realizar con ellos (**Casas, 2010**). Para la elaboración de la mermelada se requiere que los mates se encuentren en estado de madurez tierno, con una coloración verde brillante, debido a que esto facilita el cortado del fruto.

Espitia, Duran, Fandiño et al. (2011), señalan que la pulpa del fruto con la semilla triturada contiene un 12.5% Proteína, 14.8% Grasa, 2% Cenizas, 0.4% Fósforo, 2.30% Potasio, 0.18% Magnesio y 0.4 % Calcio. Mientras que la pulpa cruda del fruto de *C. kujete* contiene ácidos orgánicos (cianhídrico, cítrico, tartárico) y de manera general el fruto presencia de alcaloides y polifenoles.

Mermelada

Según **NTE INEN 2825 (2013)**, se entiende por mermelada al producto preparado por cocimiento de frutas enteras, en trozos o machacadas mezcladas con productos alimentarios que confieren un sabor dulce, hasta obtener un producto semilíquido o espeso/viscoso. La elaboración de mermelada sigue siendo uno de los métodos más populares para la conservación de las frutas en general. Generalmente los ingredientes esenciales en la elaboración de mermeladas son: fruta, pectina, ácido y azúcar. La fruta otorga características peculiares de la mermelada como es el sabor; mientras que la pectina, ácido y azúcar permiten la formación de gel de dicho producto. La cantidad de estos ingredientes varía de acuerdo con el tipo de fruta, variedad y estado de madurez (**Azofeifa, 2016**).

Pectina

Es un polímero natural que facilita la absorción de agua. Hidrocoloides que en disoluciones de agua permiten espesar, estabilizar y gelificar la mermelada. Presentando solubilidad en jarabes ricos en azúcares (**J. Martínez, 2009**).

Ácido cítrico

Su principal función es ayudar a gelificar a la mermelada, otorga brillo en cuanto a la coloración, aumenta el sabor, evita la cristalización de azúcar, alargando el período de tiempo de anaquel del producto. La adición de ácido cítrico oscila desde 0.15 a 0.2 % del peso total en la mermelada (**Valencia, 2013**).

Sorbato de potasio

El Sorbato de potasio es un conservante suave y neutro, no posee olor y su sabor es neutro. Se presenta en polvo de color blanco y granulado. Es usado en la elaboración de mermeladas para alargar el tiempo de vida útil, ya que no altera las características organolépticas del producto (**Aroca, 2010**).

Azúcar

Es un disacárido obtenido por la fusión de la fructosa y dextrosa, constituido por sacarosa, obtenida por caña de azúcar o remolada. Es importante en la elaboración de mermeladas al conseguir la gelificación y conservación de esta. Sin embargo su adición al producto en cantidad baja podría causar una fermentación, mientras que una alta cantidad podría provocar cristalización en el producto (**E. Gómez, 2016**).

Sucralosa

La Sucralosa es fabricada a partir de la molécula de sacarosa, es aproximadamente 600 veces más dulce que el azúcar, presentando características de sabor similares al azúcar. Es sumamente estable, mantiene su dulzor aun cuando se somete a procesos industriales de elaboración de alimentos a altas temperaturas tales como pasterización, esterilización, ultra pasteurización y horneado (**González, 2010**).

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis Nula (H_0):

El tipo de procesamiento y la relación fruta: edulcorante no interviene directamente en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas, reológicas y de textura de la mermelada del fruto de mate.

1.2.2. Hipótesis Alternativa (H_a):

El tipo de procesamiento y la relación fruta: edulcorante interviene directamente en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas, reológicas y de textura de la mermelada del fruto de mate.

1.3. Señalamiento de variables

1.3.1. Variable Independiente

Tipo de procesamiento

Relación fruta: edulcorante

1.3.2. Variable Dependiente

Propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas, reológicas y de textura de la mermelada del fruto de mate.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar y Caracterizar mermeladas producidas a partir del fruto de mate (*Crescentia cujete L.*).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la materia prima mediante análisis fisicoquímicos.
- Determinar al producto óptimo mediante análisis fisicoquímico y sensorial.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas, reológicas y de textura del producto óptimo.
- Realizar un análisis proximal al producto óptimo.
- Estimar el tiempo de vida útil del producto final mediante un análisis microbiológico.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

2.1.1. Obtención de la materia prima

La materia prima fue adquirida en el sector de la Santa Martha de la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas, provincia de Santo Domingo. El fruto mate fue seleccionado en estado de madurez tierno.

2.1.2. Formulación

La formulación para las mermeladas varía según el tipo de fruta. De igual manera la cantidad de pectina a adicionar a una mermelada variará en función a la cantidad de pectina que aporta la fruta en forma natural (**Mendoza, 2006**).

La cantidad de ácido cítrico varía entre 0,15 y 0,2 % del peso total de la mermelada, el mismo que debe ser adicionado para ayudar a extraer la pectina. La fruta verde contiene la máxima cantidad de pectina, esto favorecido en un medio ácido (**Valencia, 2013**).

La elaboración de las mermeladas siguió una formulación base 40: 60, fruta: azúcar, realizadas mediante dos formas de procesamiento, en trozos de fruta y jugo de pulpa. Y se empleó dos tipos de edulcorantes azúcar y Sucralosa, como conservante se adicionó Sorbato de potasio.

Tabla 1. Formulación base de las mermeladas con edulcorantes

INGREDIENTES	
EDULCORANTE NATURAL	EDULCORANTE ARTIFICIAL
Fruto mate	Fruto mate
Azúcar	Agua
Agua	Ácido cítrico
Ácido cítrico	Pectina
Pectina	Sorbato de potasio
Sorbato de potasio	Sucralosa

Tabla 2. Codificación de los tratamientos empleados en la elaboración de mermelada

CODIFICACIÓN	SIGNIFICADO
MTAz	Mermelada de mate en trozos con azúcar
MPAz	Mermelada de mate en pulpa con azúcar
MTS	Mermelada de mate en trozos con sucralosa
MPS	Mermelada de mate en pulpa con sucralosa



Figura 3. Mermelada de mate en trozos con azúcar (A), en pulpa con azúcar (B), en trozos con sucralosa (C), en pulpa con sucralosa (D).

2.2. Métodos

2.2.1. Análisis Físicoquímicos

Determinación de la concentración del ion hidrógeno (pH)

La determinación de pH se realizó mediante la metodología NTE INEN 389 (INEN, 1986). Se pesó 10 g de muestra y se midió en el pH-metro de brazo METTLER TOLEDO pH 10 NS 220, el cual debe estar calibrado con soluciones de buffer 4 y 7. Las mediciones se realizaron por triplicado en la materia prima y en el producto final.



Figura 4. pH-metro METTLER TOLEDO pH 10 NS 220

Determinación de Acidez Titulable

La determinación de acidez se realizó mediante la metodología de la norma **NTE INEN 0381 (1986)**, se pesó 10 g de muestra y se combinó con 40 ml de agua destilada. Las mediciones se realizaron por triplicado tanto en la materia prima como en el producto final, mediante el uso del Titulador potenciómetro METTLER TOLEDO G20 Compact. La acidez expresada como porcentaje de ácido cítrico se calculó mediante la ecuación (1):

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V_{NaOH} * N_{NaOH} * 0.064}{P_m} * 100$$

(Ecuación 1)

Dónde:

V_{NaOH} = *volumen gastado de hidróxido de sodio*

N_{NaOH} = *concentración de la solución de hidróxido de sodio*

P_m = *peso de la muestra*

Factor 0.064 = peso equivalente de ácido cítrico



Figura 5. Titulador potenciómetro METTLER TOLEDO G20 Compact

Determinación de sólidos solubles totales

Se realizó mediante el método de refractométrico **NTE INEN 0380 (1986)**, se colocó dos gotas de la muestra en el medidor digital de mano ATAGO PAL α H427751, enseguida el equipo procede a leer la cantidad de sólidos solubles totales. Las mediciones se realizaron por triplicado en la materia prima y en el producto final.

2.2.2. Propiedades Funcionales

Determinación de almidón total y Amilosa

La determinación se realizó mediante el uso del Kit enzimático Megazyme. La amilopeptina fue precipitada empleando concaavalina A (Con-A). Al obtener la amilosa se hidrolizó con glucosa. Se pesó 25 mg del fruto mate en un tubo de 10 ml y se agregó 1 ml de Dimetilsulfóxido (DMSO), se colocó el tubo con la muestra en un agitador vórtex y enseguida se añadió el tubo en un baño María durante 15 min. Luego se añadió 2 ml de etanol al 95%, se centrifugó los tubos a 2,000 g por 5 min, se desechó los sobrenadantes y se drenó los tubos en papel filtro durante 10 min. Después se usó el pellet y se agregó 2 ml de DMSO. Se colocó en un baño María durante 15 min, al retirar los tubos del baño María se agregó 4 ml de solvente con A se mezcló y se transfirió el contenido del tubo a un matraz de 25 ml.

En la determinación de amilosa se transfirió 1 ml de solución A en tubos Eppendorf de 2.5 ml. Se añadió 0.50 ml de solución de Con A y se mezcló por inversión repetida. Después se dejó reposar al tubo durante 1 hora a temperatura ambiente y se centrifugó a 14.000 g durante 10 min, luego se transfirió 1 ml del sobrenadante y 3

ml de acetato de sodio en un tubo de centrífuga de 15 ml. Se mezcló el contenido y se calentó en un baño María durante 5 min. Posteriormente se añadió 0.1 ml de amiloglucosidasa α -amilosa y se incubó a 40°C durante 30 min, transcurrido este tiempo se centrifugó el tubo a 2.000 g durante 5 min. Se añadió 4 ml de GOPOD y se incubó el reactivo blanco conjuntamente con los controles D-glucosa a 40°C por 20 min. Finalmente se midió la absorbancia de ambos a 510 nm.

Para la determinación de almidón se mezcló 0.5 ml de solución A con 4 ml de acetato de sodio ajustado a pH 4.5. Se agregó 0.1 ml de solución amiloglucosidasa α -amilosa, incubando a 40°C durante 10 min. Luego se transfirió por duplicado alícuota de 1 ml a los tubos de vidrio y se agregó 4 ml de reactivo GOPOD. Se incubó a 40°C durante 20 min. La determinación de almidón y amilosa se realizó por duplicado mediante el uso de un espectrofotómetro UV-Visible (Evolution 60 S) a una longitud de onda a 510 nm. Se empleó la ecuación (2) y (3) para los cálculos respectivos.

$$\% \text{ Amilosa } \left(\frac{W}{W} \right) = \frac{\text{Absorbancia (Con A sobrenadante)}}{\text{Absorbancia (Alícuota de almidón total)}} * \frac{6.15}{9.2} * \frac{100}{1}$$

(Ecuación 2)

$$\% \text{ Almidón } = \Delta A * F * EV * \frac{D}{W} * 0.90$$

(Ecuación 3)

Dónde:

ΔA = Absorbancia de la solución de muestra frente al reagente blanco

F = Factor de conversión de valores de absorbancia en mg de glucosa

EV = volumen de extracción de la muestra

D = dilución adicional de la solución de la muestra

W = peso de la muestra (mg)

2.2.3. Propiedades Bioactivas

Determinación de compuestos fenólicos

La determinación de compuestos fenólicos se realizó en la materia prima. Se pesó 0.25 g del fruto de mate, se añadió 10 ml de agua destilada y se filtró en balones de aforo de 25 ml. Luego se colocó con una micropipeta 2,5 ml de muestra y 1 ml de Folin-Ciocalteu por duplicado en tubos de vidrio y se esperó por 1 hora. Transcurrido este tiempo se añadió 5 ml de carbonato de sodio al 35 %, se aforó con agua destilada y se esperó por 1 hora. Después se midió en un espectrofotómetro UV-Visible (Evolution 60 S) la absorbancia a 765 nm. Para la preparación de la curva patrón se empleó ácido gálico como sustancia patrón y se midió la concentración de fenoles totales.

2.2.4. Análisis microbiológicos

Para cada uno de los tratamientos de la mermelada del fruto mate se pesó 10 g de muestra y se añadió en bolsas estériles (Sterilin, Stone, Staffordshire, Reino Unido) con 90 ml de agua de peptona estéril (Difco, Le Pont de Claix, France). Se colocó en un homogeneizador Stomacher (400C, Seward, Londres, Reino Unido) a 200 revoluciones por un minuto. Se realizaron evaluaciones microbiológicas por duplicado, en mohos y levaduras se usó Rose Bengal Chloramphenicol Agar y se incubó a 26,1 °C por cinco días. Para Mesófilos aerobios se usó Plate Count Agar y se incubó a 37°C por un día. En Coliformes se usó Chromocult Coliformen Agar y se incubó a 37° C por un día.

2.2.5. Reología

Se determinó empleando un Reómetro Anton Parr MCR 302. Australia, usando una geometría plato-rugosa (60mm de diámetro y 1,5 mm de espacio). Se añadió la muestra de mermelada entre las placas del equipo, teniendo la precaución de que la muestra no sobresalga y de ser el caso eliminar el exceso del producto añadido inicialmente. La experimentación reológica fue realizada por triplicado.



Figura 6. Reómetro Anton Para MCR 302. Australia

2.2.6. Textura

El tipo de prueba por compresión facilitó establecer mediciones de dureza, pico presión, fuerza adhesividad y adhesividad para los cuatro tratamientos de la mermelada. Se usó el Texturómetro PRO CT3 BROOKFIELD, EE. UU. El objetivo del test fue realizado por distancia, los parámetros generales del test fueron carga de activación 5 g, velocidad de 1 mm/s, sonda TA39, elemento TA-BT-KIT, rango de carga instrumento 4500 g y se ajustó la base a 60 mm. Las mediciones se realizaron por cuatro meses consecutivos en intervalos de 30, 60, 90 y 120 días.

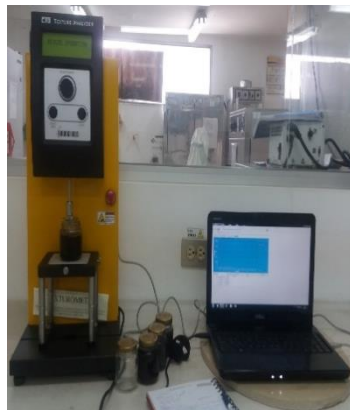


Figura 7. Texturómetro Brookfield PRO CT3

2.2.7. Colorimetría

Se realizó la determinación en los cuatro tratamientos de las mermeladas, empleando el colorímetro (LOVIBOND, LC 100, EE. UU) las variables de color evaluadas fueron L^* (oscuro), a^* (rojo/verde), b^* (amarillo/azul) y C^* (brillante), con un iluminador D65 (luz natural) y observador estándar D10. El programa SpectrMagic NX (KONICAMINOLTA, Japón, 2011) facilitó el reporte de datos. Se realizó 10 mediciones en distintos ángulos de la muestra. La coordenada o saturación cromática C^* y tono $^{\circ}H$ se calculó a partir de las ecuaciones (4) y (5):

$$C^* = \sqrt{(a^2 + b^2)}$$

(Ecuación 4)

$$^{\circ}H = \text{actg} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

(Ecuación 5)

2.2.8. Análisis Sensorial

Para el análisis sensorial de las mermeladas se empleó 13 estudiantes semi entrenados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, los atributos evaluados fueron: color, viscosidad, sabor y aceptabilidad mediante una escala hedónica de 5 puntuaciones.

2.2.9. Análisis proximal

Para medir el contenido nutricional en el producto óptimo se realizó un análisis proximal.

Humedad

Se realizó mediante el método de la **AOAC 925.45 (AOAC, 2000)**. Se pesó 2 g de muestra una vez pesada la cápsula, enseguida se colocó la muestra en una estufa a 105°C por 24 horas. Transcurrido el tiempo especificado se dejó enfriar en un desecador y finalmente se pesó. El ensayo fue realizado por triplicado, el contenido

de humedad se calculó por diferencia de peso entre la muestra seca y húmeda empleando la ecuación (6):

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W_1 - W_2}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

(Ecuación 6)

Dónde:

$W_1 = \text{peso de la muestra} + \text{cápsula antes de la estufa (g)}$

$W_2 = \text{peso de la muestra} + \text{cápsula después de la estufa (g)}$

Proteína

El ensayo fue realizado en Laconal mediante la técnica de Kjeldahl, empleando el método descrito por la **AOAC 991.2 (AOAC, 2016)**. Bajo condiciones ambientales de temperatura 19.1 °C y 48.8% de humedad relativa respectivamente.

Grasa

La evaluación del contenido de grasa se realizó mediante el método **AOAC 930.39 (AOAC, 1999)**. Se deshidrató la muestra en una estufa a 100°C por un tiempo de 5 horas, después se dejó enfriar en un desecador a la cápsula con muestra. Una vez obtenida la muestra deshidratada se pesó 3 g en un dedal de celulosa, añadiendo algodón en la superficie de este. Luego se introdujo el dedal y los vasos de vidrio con 50 ml de hexano en el equipo de extracción. Se cerró la unidad de extracción, enseguida se inició el flujo de agua de enfriamiento y el calentamiento. Cuando el solvente comenzó a hervir, se sumergió el dedal en el vaso de vidrio colocando el deslizador en la posición de inmersión. Después de 15-60 minutos, se extrajo el dedal del disolvente colocando el control deslizante en la posición Lavado. Transcurrido el tiempo de lavado a reflujo, se cerró la llave situada debajo del condensador enfriado por agua y se evaporó completamente el disolvente del recipiente de extracción. Finalizado el lavado se colocó el deslizador en la posición de recuperado para evaporar completamente los residuos de solvente. Se dejó enfriar el recipiente recolector de extracto en un desecador y se pesó. La experimentación se realizó por

triplicado, posteriormente se calculó el porcentaje del peso después de evaporar el solvente mediante la ecuación (7):

$$\% \text{ Grasa} = \frac{W_2 - W_0}{W_1} * 100$$

(Ecuación 7)

Dónde:

W_2 = peso del vaso vacío (g)

W_1 = peso de la muestra (g)

W_0 = peso del vaso con grasa (g)

Fibra

La determinación de fibra cruda se realizó empleando el método de la **AOAC 994.12 (AOAC, 2000)**. Se pesó en un crisol de filtración aproximadamente 1 g de muestra previamente desengrasada y seca, una vez colocada la muestra en el equipo se añadió 150 ml de ácido sulfúrico al 1.25%, precalentado en la plancha de para reducir el tiempo requerido de ebullición. Se agregó 3-5 gotas de n-octanol como agente antiespumante y se dejó hervir 30 minutos exactamente desde el inicio de la ebullición. Luego se drenó el ácido sulfúrico y enseguida se lavó tres veces con 30 ml de agua destilada caliente, conectándose cada vez con aire comprimido para agitar el contenido de los crisoles. Después de drenar el último lavado, se agregó 150 ml de hidróxido de potasio al 1.25% precalentado y 3-5 gotas de antiespumante. Se dejó hervir 30 minutos e inmediatamente se filtró y lavó tres veces con 30 ml de agua caliente. Posteriormente se realizó un último lavado con agua destilada fría para enfriar los crisoles y luego se lavó tres veces el contenido del crisol con 25 ml de acetona, revolviendo cada vez con aire comprimido. Se retiró los crisoles del equipo y se determinó el peso seco después de secar en una estufa a 105 °C durante una hora, enfriando en un desecador. Finalmente, los crisoles son colocados en una mufla a 550°C durante 3 horas y se vuelven a pesar una vez enfriados en un desecador.

La experimentación se realizó por triplicado y los cálculos fueron determinados según la ecuación (8):

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{F_1 - F_2}{F_0} * 100$$

(Ecuación 8)

Dónde:

$F_1 = \text{Peso del crisol con la ceniza (g)}$

$F_2 = \text{Peso del crisol con el residuo seco (g)}$

$F_0 = \text{Peso de la muestra (g)}$

Ceniza

La medición de cenizas se realizó mediante el método **NTE INEN 0401 (INEN, 2012)**. Se colocó el crisol limpio y seco por una hora en Mufla a 550°C. Transcurrido el tiempo especificado se llevó el crisol al desecador dejándolo enfriar. Se registró el peso del crisol vacío, luego se pesó 5 g de muestra en el crisol y se colocó en la mufla a 550°C por 8 horas. Las determinaciones se realizaron por triplicado y los cálculos se realizaron empleando la ecuación (9).

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{C3 - C1}{C2 - C1} * 100$$

(Ecuación 9)

Dónde:

$C1 = \text{masa del crisol vacío (g)}$

$C2 = \text{masa del crisol con la muestra (g)}$

$C3 = \text{masa del crisol con las cenizas (g)}$

Carbohidratos

El contenido de carbohidratos se calculó según la **(AOAC, 1990)**, restando del 100% la suma de proteína, fibra, grasa, humedad y cenizas.

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\text{Humedad} + \text{Proteína} + \text{Grasa} + \text{Fibra} + \text{Cenizas})$$

(Ecuación 10)

Energía

El contenido de energía se realiza mediante cálculo como se señala en la **NTE INEN 1334-2 (INEN, 2011)**, los factores se basaron en métodos analíticos 4Kg/g para carbohidratos, 4Kg/g para proteínas y suma de la multiplicación de los valores de proteínas, carbohidratos y grasas 4, 4 y 9 Kg/g para grasa.

$$\text{Energía (Kcal)} = ((\text{Proteína} * 4) + (\text{Carbohidratos} * 4) + (\text{Grasa} * 9))$$

(Ecuación 11)

2.2.10. Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental AxB, el análisis estadístico se realizó mediante el programa Statgraphics Centurion XVI.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis Físicoquímicos

En la Tabla 3 se muestra los datos de la caracterización realizada en la materia prima, el fruto presenta valores de 4.16 pH, 0.22 % acidez, 6.4 °Brix y 83.4 % humedad. El fruto de mate fue recolectado en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas-Ecuador en estado de madurez fisiológica (verde), debido que al madurar completamente el fruto, la cáscara y pulpa se vuelven dura dificultando su manipulación siendo usado generalmente en el ámbito medicinal y artesanal por lo que **Morton (1968)**, menciona que el fruto de mate es recomendable recolectarlo en proceso de maduración (tierno), condición que favorece la elaboración de mermeladas **Florez (2012)**, señala en un estudio realizado en Colombia, al mate en estado verde presentó valores de pH de 4.36, 0.33 % acidez, 10 °Brix y 60.12 % humedad. Los valores obtenidos en el análisis físicoquímico corroboran a lo mencionado por el autor.

Tabla 3. Valores obtenidos de los análisis físicoquímicos del fruto de mate

<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Medición</i>
<i>pH</i>		4.16
<i>Acidez</i>	% ácido cítrico	0.22
<i>Sólidos solubles</i>	°Brix	6.4
<i>Humedad</i>	%	83.4

En la Tabla 4 se muestran los valores de pH, acidez y sólidos solubles en las mermeladas, con relación al pH se observa diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), el pH varió para los tratamientos MPAz y MTAz de 2.82 a 2.84 a diferencia de los tratamientos MTS y MPS que presentan valores de 3.22 a 3.25. Valores de pH alrededor de 3.5 favorecen la gelificación de la pectina y además son estables microbiológicamente (**Belović, Torbica, Pajić & Mastilović, 2017**). Una experimentación realizada en mermelada de fresa en relación 60-40 % en su formulación presentó valores de pH de 2.91-3.5, almacenadas por 60 días. Los valores de pH se ajustan a la normativa (**NTE INEN 419, 1988**).

En cuanto a la acidez no se observa diferencias significativas ($P > 0.05$), debido a que los valores reportados oscilan alrededor del 0.83 y 0.84 % **Khan, Afridi, Ilyas et al.**

(2012), reportan valores de acidez entre 0.68 y 0.86 % en su investigación realizada en mermelada de fresa. Los valores de acidez se ajustan a la normativa (COVENIN 1151, 1977). Un parámetro primordial en la calidad de la fruta es la acidez, al representar la intensidad sensorial del contenido de ácidos orgánicos (Musacchi & Serra, 2018). En el fruto de mate los ácidos orgánicos responsables de conferir el sabor agrio a la fruta son el ácido cítrico, tartárico y cianhídrico (Espitia et al., 2011). La acidez de la mermelada elaborada a partir del fruto de mate fue expresada en % ácido cítrico, al ser este ácido el predominante en el fruto (Recalde, 2015). En mermeladas el porcentaje de acidez expresada como ácido cítrico es del 0.5 y 1% como rango mínimo y rango máximo respectivamente. Como consecuencia una acidez baja dificultará la gelificación y ocasionará la cristalización de la mermelada. Por el contrario, una acidez alta podría causar que el gel se comprima al liberar el agua atrapada en el producto produciendo a su vez granulación en la muestra elaborada (Ávila, 2015).

En la Tabla 4 se observa que los valores de sólidos solubles (°Brix) presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), los °Brix varían para los tratamientos elaborados con adición de sucralosa desde 4.1-5.1 a 65.2-65.5 para los tratamientos MTAz y MPAz elaborados con adición de azúcar respectivamente. Una experimentación realizada en mermelada light de frutilla empleando sucralosa como edulcorante reportó 4.2 % sólidos solubles como menciona Mancheno (2011). De igual manera en otra experimentación, T. B. Martínez (2017) presentó valores de 60 a 65 % en sólidos solubles realizada en mermeladas de tomate con adición de azúcar. Los valores obtenidos corroboran a los mencionados por ambos autores.

Tabla 4. Resultados de pH, acidez y sólidos solubles en mermeladas de mate

TRATAMIENTOS	pH	Acidez (% ácido cítrico)	Sólidos solubles (°Brix)
MTAz	2.84±0.013 ^b	0.84±0.001 ^a	65.2±0.24 ^a
MPAz	2.82±0.001 ^a	0.83±0.001 ^a	65.5±0.19 ^a
MTS	3.25±0.001 ^d	0.84±0.001 ^a	4.4±0.36 ^c
MPS	3.22±0.001 ^c	0.83±0.001 ^a	5.1±0 ^d

MTAz (mermelada de mate en trozos con azúcar), MPAz (mermelada de mate en pulpa con azúcar), MTS (mermelada de mate en trozos con sucralosa), MPS (mermelada de mate en pulpa con sucralosa). Las diferentes letras en los superíndices indican diferencia significativa, mediante la prueba Tukey al 95%.

Almidón total y Amilosa

El contenido de almidón total en el fruto de mate fue de 44 % y 46.7 % de amilosa, no se reporta bibliografía referencial sobre contenidos de almidón y amilosa en este tipo de frutos, se puede señalar estudios realizados sobre la cuantificación de almidón en el plátano (43.8 %) y amilosa (40.7 %), siendo ambos frutos climatéricos y cultivados en la Costa (**Bello, Contreras, Romero et al., 2002**). El contenido de almidón puede variar debido al origen, estado de maduración y almacenamiento de los frutos (**Aristizábal, Sánchez & Lorío, 2007**). Mientras que el contenido de amilosa varía con el crecimiento del gránulo del almidón presente en frutos (**Reyes, Agama, Bello & Alvarez, 2019**).

Compuestos fenólicos

La cuantificación de compuestos fenólicos realizada en pulpa del fruto de mate fue 0.02 µg (AG)/g de muestra. No se reportan estudios realizados en el fruto de mate respecto a la pulpa, sin embargo **Parvin, Das, Jahan et al. (2015)**, reportan 0.028 µg (AG)/g de muestra evaluados en hojas del fruto de mate. Las frutas son fuente de compuestos fenólicos, un consumo alto de frutas puede disminuir enfermedades crónicas como la cardiovascular y el cáncer (**A. Muñoz, Ramos, Ortiz & Castañeda, 2007**). Dentro de los frutos que presentan alto contenido de compuestos fenólicos se encuentra el tomate de árbol, ciruela, carambola, naranja, kiwi, cereza y badea. **W. Muñoz, Chavez, Pabón et al. (2015)**, reportan 2010.40 µg (AG)/g de muestra en tomate de árbol. El valor reportado es superior al obtenido en la investigación. Como consecuencia, la variación del contenido de compuestos fenólicos de una fruta a otra puede verse afectado por factores genéticos, condiciones ambientales de precosecha (tipo de suelo, temperatura, agua, nutrientes) (**Zaro, 2014**).

3.2. Análisis microbiológicos

En la Tabla 5 se observa los valores de crecimiento microbiano, los resultados permitieron evidenciar que no existió crecimiento microbiano durante los cuatro meses consecutivos de evaluación, lo cual resulta satisfactorio en el producto. Una experimentación realizada sobre un análisis microbiológico de la mermelada de mora con el Chaguarmishqui reportó ausencia de microorganismos para Coliformes totales, Mohos y Levaduras. Los valores obtenidos se pueden comparar con lo mencionado

por **Olmedo (2014)**. La humedad relativa (30 %) y temperatura (20 °C) fueron condiciones favorables de almacenamiento para evitar el crecimiento microbiano en mermeladas **Santesteban & López (2008)**, manifiestan que la Microbiología predictiva detalla resultados microbianos a condiciones ambientales específicas, con lo que permite una evaluación objetiva del efecto de los parámetros de conservación sobre la calidad y seguridad del producto. Por tal razón, los estudios se realizaron bajo condiciones aceleradas con la finalidad de obtener una estimación de tiempo de vida útil en el que se empleó progresión lineal entre tiempo y acidez, el resultado de esta estimación fue de seis meses en contraste con los cuatro meses que se obtuvo en la evaluación en tiempo real.

La formulación empleada en la elaboración de las mermeladas fue 40:60 relación fruta azúcar. La cantidad de azúcar adicionada en mermelada repercute en la calidad, sabor y gelificación favorable del producto, siendo así que si se añade azúcar en cantidad inferior al 60% causaría una fermentación y con ello proliferación de microorganismos. Por lo contrario si se añade azúcar en cantidad superior al 60% podría cristalizar el producto (**Aguiar, 2015**). El azúcar proporciona estabilidad en mermeladas, en el caso de mermeladas con sucralosa por déficit calórico podría ser apto a la proliferación microbiana, sin embargo, esto es confrontado con adición de conservante y envasado al vacío. El efecto inhibidor del Sorbato de potasio es superior en comparación a otros conservantes, siendo su límite máximo 2g/kg (**Vera, 2012**). Esto demuestra que la mermelada elaborada con sustitución de azúcar por sucralosa puede desarrollar características semejantes. **Riera, Salcedo & López (2004)**, manifiestan que en general para mermeladas se utiliza envases de vidrio con tapa metálica. El envasado al vacío permite la seguridad y hermeticidad del cierre.

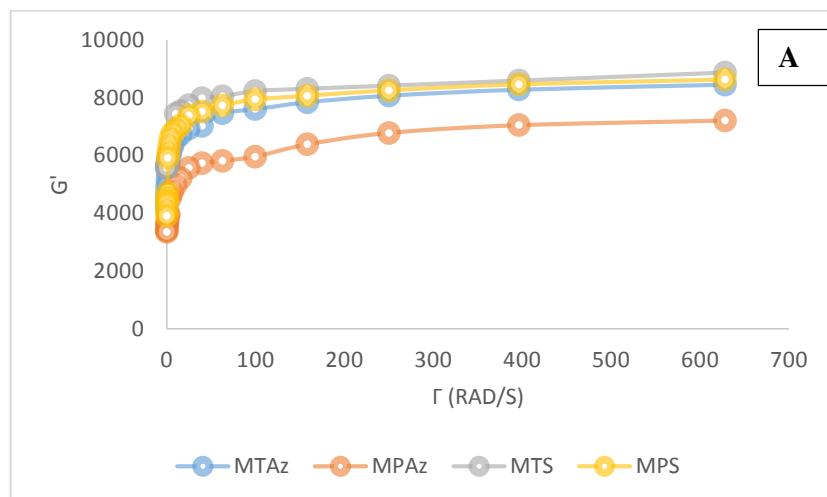
Tabla 5. Evaluación microbiológica en la mermelada

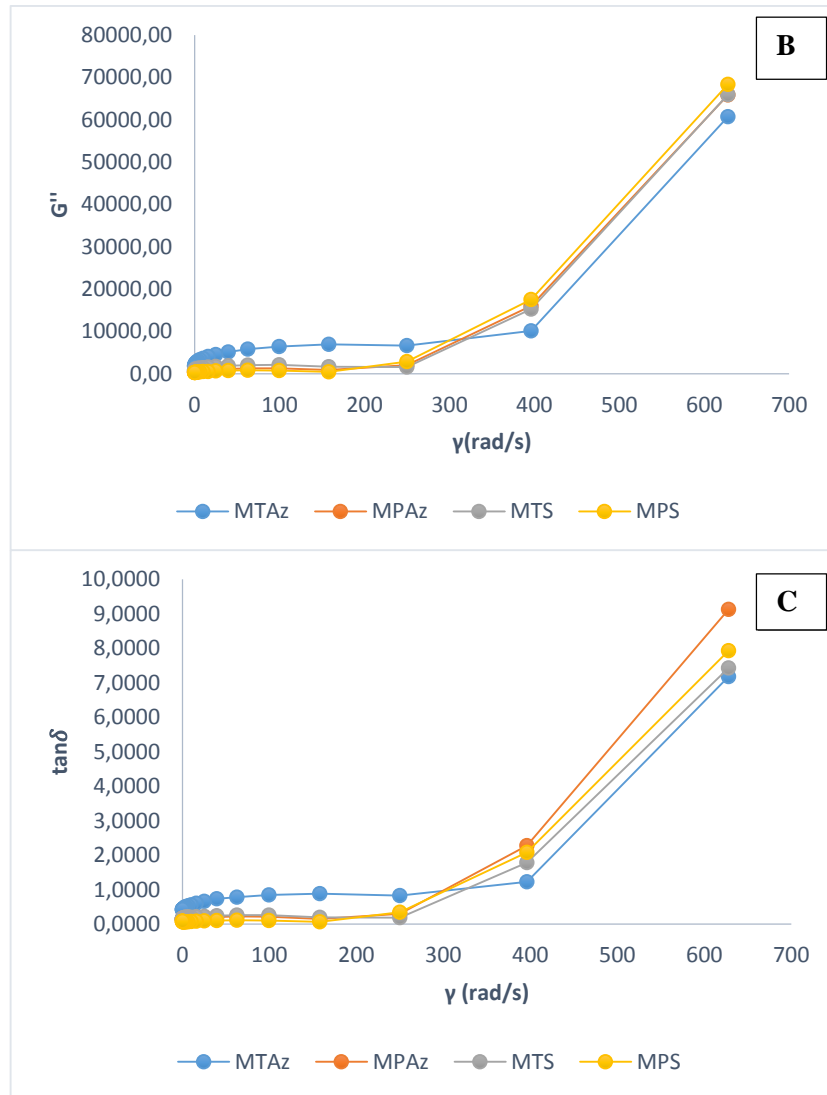
Análisis microbiológico	UFC/g
Mesófilos aerobios	Ausencia
Mohos y Levaduras	Ausencia
Coliformes totales	Ausencia

3.3. Reología

La Figura 8 indica los perfiles obtenidos del módulo de almacenamiento (G'), módulo de pérdida (G'') y $\tan \delta$ en función de la frecuencia angular. Se observa que

el módulo G' y G'' asciende al aumentar la frecuencia angular para los tratamientos MTAz, MPAz, MTS y MPS. Todos los tratamientos presentaron valores de $\tan \delta < 1$, mostrando tener un comportamiento más elástico que viscoso. En general, los cuatro tratamientos evaluados en la mermelada mostraron que G' es mayor que G'' , presentando mayor contribución del componente elástico ante el componente viscoso como menciona **Baixauli (2015)**. Los parámetros reológicos se ajustaron a la Ley de Potencia, mostrando comportamiento Pseudoplástico en las mermeladas al obtener el índice de comportamiento valores menores a la unidad ($n < 1$). Una experimentación realizada en mermelada elaborada a partir de pulpa de garibora en la que se evaluó el efecto del módulo de almacenamiento (G') en función de la frecuencia angular a 25°C , presentó un comportamiento Pseudoplástico al describir al sistema con $R^2 > 0.98$. Los valores obtenidos comprueban que la Ley Potencia es el modelo más empleado en la descripción de comportamientos reológicos en mermeladas (**Santos, Lima, Petkowicz & Candido, 2013**). El índice de consistencia K es mayor en mermeladas con adición de azúcar a diferencia de las de adición de sucralosa que son menor. El aumento de concentración de azúcar baja la disponibilidad de agua libre ocasionando el déficit de formación de puentes de hidrógeno en la mermelada, causando mayor resistencia al flujo (**Figuroa, Barragán & Salcedo, 2017**).





MTAz (mermelada de mate en trozos con azúcar), MPAz (mermelada de mate en pulpa con azúcar), MTS (mermelada de mate en trozos con sucralosa), MPS (mermelada de mate en pulpa con sucralosa).

Figura 8. (a) Módulo de almacenamiento G' , (b) Módulo de pérdida G'' y (c) $\tan \delta$ en función de la frecuencia angular.

3.4. Textura

En la Tabla 6 se muestra los valores de los parámetros de textura evaluados. En cuanto a dureza, pico presión y adhesividad no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$), mientras que Fuerza Adhesividad presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) debido a que los tratamientos MTAz y MTS presentan valores de 2.25 a 3.5 (g) a diferencia de los tratamientos MPS y MPAz que obtuvieron valores de 4.55 a 5.4 (g), la forma de procesamiento tanto en trozos como en pulpa puede influir en este parámetro evaluado.

La pectina es la encargada de conseguir la textura de gel en las mermeladas, aunque la dureza del gel depende de la relación alta de azúcar (60%) y ácido (0.5%). Aun así, habrá mayor cantidad de agua atrapada por la red cristalina en alta concentración de azúcar, y una alta concentración de gel hará que sea mayor la dureza del gel. Por lo contrario concentraciones bajas de ácido podrían ocasionar que la estructura del gel no resista el líquido presentando grumos en el producto (Márquez, Caballero & Vanegas, 2016).

Los valores reportados en este estudio son similares a los señalados por López, Mercado, Martínez & Magaña (2011), donde señalan en un análisis de perfil de textura realizado en mermeladas de tuna valores de 38.54 g dureza y 0.354 J en adhesividad. De igual manera en otra investigación en mermeladas de frutas con contenido reducido de azúcar, detalla que la adición de azúcar tiende a aumentar la dureza a diferencia de la adhesividad que disminuye (Wang, Lien, Chang & Wu, 2012).

Tabla 6. Evaluación de los diferentes parámetros de textura

TRATAMIENTOS	Dureza (g)	Pico presión (dym/cm ²)	Fuerza Adhesividad (g)	Adhesividad (J)
MTAz	15.8±4.01 ^a	1271.9±474.74 ^a	3.5±1.01 ^{ab}	0.0003±0 ^a
MPAz	20.4±8.06 ^a	1660.7±827.74 ^a	5.4±2.13 ^b	0.0006±0 ^a
MTS	15.3±11.19 ^a	1228.6±1014.91 ^a	2.25±0.30 ^a	0.0002±0 ^a
MPS	17.25±8.13 ^a	1392.8±790.78 ^a	4.55±1.15 ^b	0.0004±0 ^a

MTAz (mermelada de mate en trozos con azúcar), MPAz (mermelada de mate en pulpa con azúcar), MTS (mermelada de mate en trozos con sucralosa), MPS (mermelada de mate en pulpa con sucralosa). Las diferentes letras en los superíndices indican diferencia significativa, mediante la prueba Tukey al 95%.

3.5. Color

Los valores de los parámetros de color se muestran en la tabla 7. Con respecto a L*, a* y b* se observa que existieron diferencias significativas (P<0.05). Para luminosidad (L*), los tratamientos elaborados con azúcar MTAz y MPAz evidenciaron una coloración oscura a diferencia de los tratamientos MTS y MPS con adición de sucralosa. Este efecto se podría atribuir a que el azúcar provocó caramelización o reacción de Maillard debido a la temperatura de preparación (105-115°C). Entre mayor cantidad de azúcar, mayor pérdida de pureza en la coloración de la mermelada (J. Gómez & Hernandez, 2014). Una de las reacciones por

oscurecimiento es la polifenoloxidasa (PFO), la cual cataliza reacciones de fenoles. Esta oxidación y polimerización ocasiona la formación de melaninas, favoreciendo el oscurecimiento en frutas (Salinas, López, González & Vázquez, 2007). Esto podría ser el motivo principal que ocasionó el oscurecimiento del fruto de mate al elaborar la mermelada.

La coordenada a^* presentó diferencias significativas ($P < 0.05$), debido a la variabilidad de los valores obtenidos en los cuatro tratamientos MTAz, MPAz, MTS y MPS. Sin embargo, todos los valores reportados fueron positivos equivalentes a color rojo. Para la coordenada b^* existió diferencias significativas ($P < 0.05$), el tratamiento MTAz presentó un color amarillo al obtener valor positivo, a diferencia de los tratamientos MPAz, MTS y MPS con valores negativos determinando color azul (Tonato & Karen, 2017). Los tratamientos MTAz y MPAz presentaron valores mayores (0.68-0.79) a diferencia de los tratamientos MTS y MPS con valores menores (0.32-0.34) evidenciando que los tratamientos elaborados con azúcar obtuvieron intensidad alta de color. Valores elevados del parámetro C^* evidencian intensidad alta de color como lo mencionan Pathare, Opara & Al-Said (2012). Una experimentación realizada en mermelada a partir de la fruta umbucajazeira reportó en el parámetro L^* valores mayores de 20 a 27.64 para mermeladas con adición de azúcar a diferencia de las mermeladas con xilitol como consecuencia de la caramelización de azúcar. De igual manera señaló para las coordenadas a^* y b^* coloración roja y amarilla respectivamente y en el parámetro C^* existió valores altos. Los valores obtenidos comprueban a los mencionados por De Oliveira Mamede, De Carvalho, De Souza Viana et al. (2013).

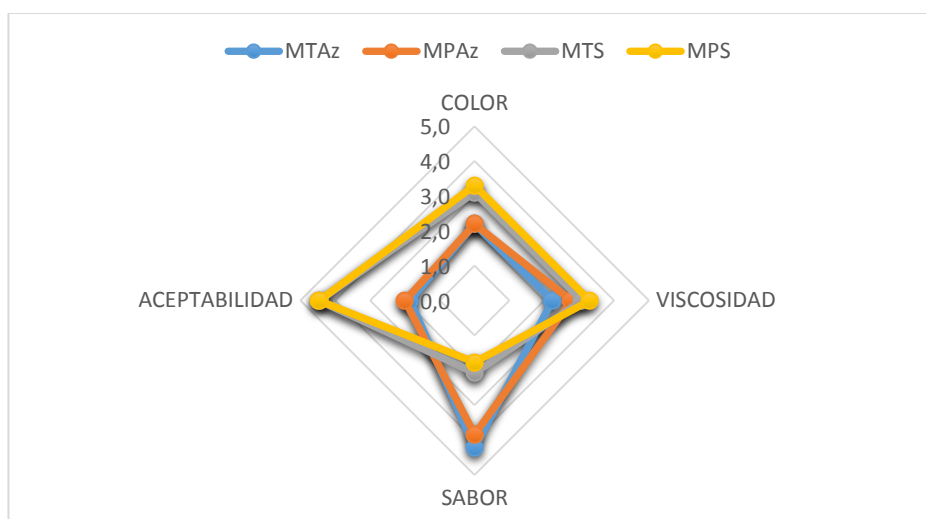
Tabla 7. Evaluación de parámetros de color en las mermeladas

TRATAMIENTOS	L^*	a^*	b^*	C^*	H^*
MTAz	3.49±0.66 ^a	0.56±0.37 ^a	0.09±0.36 ^a	0.68±0.34 ^a	155.89±156.04 ^a
MPAz	4.95±0.28 ^b	0.79±0.17 ^a	-0.01±0.27 ^a	0.83±0.16 ^a	170.39±156.04 ^{ab}
MTS	17.6±1.69 ^c	2.54±0.55 ^b	-1.86±0.30 ^b	0.32±0.36 ^b	323.01±8.68 ^b
MPS	16.94±0.12 ^c	2.92±0.06 ^b	-1.66±0.08 ^b	0.34±0.36 ^b	330.21±1.47 ^b

MTAz (mermelada de mate en trozos con azúcar), MPAz (mermelada de mate en pulpa con azúcar), MTS (mermelada de mate en trozos con sucralosa), MPS (mermelada de mate en pulpa con sucralosa). Las diferentes letras en los superíndices indican diferencia significativa, mediante la prueba Tukey al 95%.

3.6. Análisis sensorial

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial se muestran en la figura 9. Parámetros como color, viscosidad, sabor y aceptabilidad fueron evaluados. Tanto entre catadores como entre atributos existió diferencias significativas ($P < 0.05$). Los cuatro tratamientos analizados, indicaron que las mermeladas elaboradas con sucralosa fueron las que presentaron mayor aceptabilidad, al mostrar mayor agrado de coloración y viscosidad resultando ser MPS (mermelada de mate en pulpa con sucralosa). Los resultados reportados por los panelistas respecto a los valores de color muestran que los tratamientos MPS y MTS presentaron intensidad de color violeta carmín en la mermelada, e intensidad violeta cobalto para los tratamientos MTaz y MPaz. El sabor puede resultar un atributo de evaluación complejo al englobar parámetros como olor, aroma y gusto (Vega, 2017). De manera general los tratamientos MTaz y MPaz presentaron mayor sabor descrito como muy dulce. Los tratamientos MPS y MTS señalaron al sabor como ácido, dado que el producto fue realizado con una fruta ácida otorgando un sabor astringente al mismo (Ejelonu, Lasisi, Olaremu & Ejelonu, 2011). El tratamiento MPS fue el que mejor puntuación presentó, por lo que fue establecido como el tratamiento óptimo.



MTaz (mermelada de mate en trozos con azúcar), MPaz (mermelada de mate en pulpa con azúcar), MTS (mermelada de mate en trozos con sucralosa), MPS (mermelada de mate en pulpa con sucralosa).

Figura 9. Evaluación sensorial de mermelada a partir del fruto de mate

3.7. Análisis proximal

En la tabla 8 se observa la composición proximal del tratamiento óptimo MPS (mermelada de mate con adición de sucralosa). La muestra presentó 94.29 % humedad, este valor es superior al reportado por **Mazón (2015)**, en un estudio realizado en mermelada baja en calorías a partir de tomate de árbol con sucralosa en donde reportó 72.83 % humedad. El contenido de humedad está relacionado con el contenido de sólidos solubles, por consiguiente el azúcar es una sustancia que posee una alta retención de agua a diferencia de la sucralosa que no aporta sólidos solubles con lo que el producto tiende a presentar mayor contenido de humedad (**Vera, 2012**). Para proteína se observa 0.53%, el valor obtenido resultó inferior al mencionado por **Mazón (2015)**, con 1.95 % en un estudio realizado en mermelada de tomate de árbol. Valores bajos en el contenido de proteínas puede darse a la desnaturalización como consecuencia del aumento de temperatura durante su procesamiento como mencionan (**Anrrango & Burbano, 2012**).

El contenido de grasa en la mermelada fue 0.64 %, **Cisneros (2018)**, reportó 0.17 % grasa en mermelada de jaca elaborada con Stevia. El aporte lipídico es bajo debido a que no se usó materiales que presenten grasa, esto resulta favorable en cuanto a estabilidad del gel logrando una sola fase (**Olmedo, 2014**). Respecto a fibra, la mermelada presentó 3.20%, una experimentación realizada en mermelada de penca de nopal y fresa reportó 3.89 % fibra, el valor obtenido resulta considerable al ser un componente que mejora las características del producto como la sinéresis y vida útil, debido a su capacidad de retención de agua aumentando la viscosidad, textura y propiedades organolépticas de la mermelada (**Pérez, Martínez, León & Sánchez, 2019**). En cuanto al valor de cenizas se observa 0.22%, un estudio realizado en mermelada light de frutilla con adición de sucralosa reportó 0.765 %, esta variación puede deberse al manejo agronómico involucrado en las plantaciones de cada fruto (**Araneda, Quilamán, Martínez & Morales, 2014**). En carbohidratos se observa 1.12 %, el contenido obtenido fue bajo con relación a lo reportado por **Mazón (2015)**, al mencionar 0.73 % en un estudio realizado en mermelada de tomate de árbol empleando como edulcorante sucralosa. **Márquez et al. (2016)**, menciona que la sucralosa es un sustituto del azúcar, como consecuencia la cantidad de adición en un producto es mínima, por esa razón se puede rechazar las calorías aportadas como consecuencia de su déficit en aporte de carbohidratos, con lo que no aumenta los

sólidos solubles. Conforme lo analizado la mermelada presenta 12.37 Kcal, el valor obtenido fue inferior al reportado en una experimentación realizada en mermelada con sucralosa 17.68 Kcal como manifestaron **Anrrango & Burbano (2012)**.

Tabla 8. Valores obtenidos en la mermelada en análisis proximal

Tratamiento	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos totales (%)	Energía (Kcal)
MPS	94.29	0.53	0.64	3.20	0.22	1.12	12.37

MPS (mermelada de mate en pulpa con sucralosa)

3.8. Verificación de la hipótesis

Hipótesis Nula (H₀): El tipo de procesamiento y la relación fruta: edulcorante no interviene directamente en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas, reológicas y de textura de la mermelada del fruto de mate.

Hipótesis Alternativa (H_i): El tipo de procesamiento y la relación fruta: edulcorante interviene directamente en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas, reológicas y de textura de la mermelada del fruto de mate.

La hipótesis alternativa es aceptada debido a que las evaluaciones de las mermeladas elaboradas a partir del fruto de mate prueban que la adición de azúcar ante la adición de sucralosa interviene directamente en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, reológicas y de textura.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

- Las mermeladas fueron desarrolladas a partir del fruto de mate (*Crescentia cujete L.*) la forma de procesamiento fue tanto en trozos como en pulpa, se utilizó como edulcorante azúcar y sucralosa. La caracterización se realizó mediante propiedades fisicoquímicas, reológicas, de textura y sensoriales.
- La materia prima se caracterizó mediante análisis fisicoquímicos lo que permitió conocer que el fruto presenta características ácidas al obtener 4.6 pH y 0.22 % acidez, así mismo, el contenido de °Brix fue de 6.4 °Brix, y 82.4 % humedad, el ácido dominante fue el cítrico dentro de los ácidos orgánicos.
- El análisis sensorial permitió determinar que los tratamientos con adición de sucralosa obtuvieron una media superior en aceptabilidad, siendo MTS el mejor puntuado entre los panelistas, además el producto mostró una coloración interesante ya que el fruto es blanco y la mermelada presenta un color violeta carmín con sabor ácido. Por otra parte, el análisis fisicoquímico permitió establecer que el producto presenta 3.25 pH, 0.84 % acidez y 4.4 sólidos solubles.
- Las propiedades reológicas determinaron que el tratamiento MTS presenta un comportamiento elástico al obtener valores de $\tan \delta < 1$, de igual manera se ajustó al modelo Ley de la Potencia. Con respecto a las propiedades fisicoquímicas la acidez fue el parámetro de calidad relevante, debido a que influye en el estado de conservación del producto, siendo su rango máximo permitido 1%. Para textura el producto óptimo aumentó la dureza (17.25 g) y la adhesividad disminuyó (0.0004 J).
- El valor nutricional del tratamiento MTS se evaluó mediante análisis proximal, se obtuvo 94.29 % humedad, 0.533 % proteína, 0.64 % grasa, 3.2 % fibra, 0.22 % cenizas, 1.12 % carbohidratos y energía de 12.372 kcal. El producto favorece el consumo al reportar un valor alto en fibra y bajo en grasa.
- La vida útil estimada en tiempo real para los tratamientos fue de cuatro meses, mismos que evidenciaron ausencia de aerobios mesófilos, coliformes,

mohos y levaduras. Bajo condiciones aceleradas se empleó progresión lineal entre tiempo y acidez, lo que determinó durabilidad de seis meses en contraste con los cuatro meses que se obtuvo en la evaluación en tiempo real.

Referencias bibliográficas

- Aguiar, J. (2015). *Utilización del chontaduro Bactris gasipaes para la elaboración de mermelada en la ciudad de Riobamba. 2014.* (Licenciado en Gestión Gastronómica Tesis de grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. Section 925.45.14th. Ed. Association of Oficial Analytical Chemist. Washington D.C. USA.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. Section 994.12.14th. Ed. Association of Oficial Analytical Chemist. Washington D.C. USA.
- AOAC. (1990). AOAC Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemist. Washington, D.C., 15th (Volume 1), 136-138.
- Anrrango, A. & Burbano, A. (2012). *Elaboración de mermelada dietética apta para personas diabéticas utilizando mezcla de penca de nopal (Opuntia ficus indica) y fresa (Fragaria vesca L.).* (Ingeniero Agroindustrial), Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador.
- Araneda, X., Quilamán, E., Martínez, M. & Morales, D. (2014). Elaboración y evaluación de jugo de maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz) por arrastre de vapor. *Scientia Agropecuaria*, 5(3), 149-156.
- Aristizábal, J., Sánchez, T. & Lorío, D. M. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca:* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma.
- Aroca, E. (2010). *Estudio del sorbato de potasio en la vida útil de mermelada de zanahoria (Daucus carota) con adición de coco (Cocos nucifera).* (Ingeniería en Alimentos), Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

- Ávila, E. (2015). Manual Mermelada. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial. Vicepresidencia de fortalecimiento empresarial. Cámara de comercio de Bogotá.
- Azofeifa, A. (2016). *Evaluación de la aceptación sensorial y del concepto de producto de tres mermeladas de vegetales con especias y determinación de la vida útil de la mermelada más susceptible al deterioro mediante un estudio de almacenamiento*. (Licenciatura en Ingeniería de Alimentos), Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.
- Baixauli, E. (2015). *Influencia de distintos polioles en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de mermelada de fresa*. (Tesis de grado), Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Belović, M., Torbica, A., Pajić, I. & Mastilović, J. (2017). Development of low calorie jams with increased content of natural dietary fibre made from tomato pomace. *Food Chemistry*, 237, 1226-1233.
- Bello, L., Contreras, S., Romero, M., Solorza, J. & Jiménez, A. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L.(var. Macho). *Agrociencia*, 36(2), 169-180.
- Botero, L. & De La Ossa, V. (2011). Consumo suplementario de ensilaje salino de frutos maduros de Totumo (*Crescentia cujete*) en ganado vacuno de doble propósito. *Zootecnia Tropical*, 29(3), 293-300.
- Bravo, E. & Vélez, E. (2016). *Efecto de la temperatura y adición de ácido ascórbico en el pardeamiento enzimático de la pulpa de mate (Crescentia cujete)*. (Ingeniero Agroindustrial), Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta.
- Casas, L. (2010). Cartilla para la producción sostenible de artesanías en totumo. *Bogotá: Artesanías de Colombia SA*.
- Cendales, L. (2013). Caracterización del totumo en el municipio de Girardot. 62.
- Cisneros, F. (2018). *Desarrollo de formulación para la elaboración de mermelada de fruto jaca (Artocarpus heterophyllus Lam.) con sustitución parcial de azúcar por edulcorantes*. (Ingeniera en Alimentos Tesis de grado), Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Ambato-Ecuador.

- Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma Venezolana COVENIN 1151. (1977). Frutas y Productos derivados. Determinación de la Acidez.
- De Oliveira Mamede, M., De Carvalho, L., De Souza Viana, E., De Oliveira, L., Dos Santos Soares Filho, W. & Ritzinger, R. (2013). Production of dietetic jam of umbu-caja (*Spondias* sp.): physical, physicochemical and sensorial evaluations. *Food and Nutrition Sciences*, 4(04), 461. doi: 10.4236/fns.2013.44059
- Ejelonu, B., Lasisi, A., Olaremu, A. & Ejelonu, O. (2011). The chemical constituents of calabash (*Crescentia cujete*). *African Journal of Biotechnology*, 10(84), 19631-19636. doi: 10.5897/AJB11.1518
- Espitia, J., Duran, H., Fandiño, J., Díaz, F. & Gómez, H. (2011). Química y biología del extracto etanólico del epicarpio de *Crescentia cujete* L.(totumo). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(4), 337-346.
- Figuroa, J., Barragán, K. & Salcedo, J. (2017). Comportamiento reológico en pulpa edulcorada de mango (*Mangifera indica* L. cv. Magdalena river). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 615-627.
- Florez, E. (2012). Evaluación de pulpa de totumo (*Crescentia cujete* L) ensilada en dos estados de maduración como alternativa en alimentación bovina. *Temas Agrarios*, 44-51.
- Garavito, C. (2010). Establecimiento y fortalecimiento de sistemas productivos artesanales orientados al mercado verde y al biocomercio en el departamento de Córdoba.
- Gómez, E. (2016). *Estudio de la incorporación de la pulpa de zanahoria (*Daucus Carota*) en la elaboración de mermelada de maracuyá (*Passiflora Edulis*)*. (Ingeniería en Alimentos), Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Gómez, J. & Hernandez, N. (2014). Uso del tomate *Solanum lycopersicum* L. de calidad inferior (Clase II) en la preparación de mermelada baja en calorías.
- González, D. (2010). *Desarrollo de una tecnología adecuada para la elaboración de mermelada dietética de fresa (*Fragaria vesca*) con la utilización de sucralosa para personas con restricciones alimentarias*. (Ingeniería en Alimentos), Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 389. (1986). Conservas Vegetales. Determinación de la concentración del ion hidrógeno (pH).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0380. (1986). Conservas vegetales. Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0381. (1986). Conservas Vegetales. Determinación de Acidez Titulable. Método potenciométrico de referencia.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0401. (2012). Conservas Vegetales. Determinación de cenizas.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana. ICONTEC NTC 285. (2007). Frutas Procesadas, Mermeladas y Jaleas de Frutas.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 419. (1988). Conservas Vegetales. Mermelada de Frutas. Requisitos.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2825. Norma para las confituras, jaleas y mermeladas (CODEX STAN 296-2009, MOD).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-2. (2011). Rotulado de Productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado Nutricional. Requisitos.
- Khan, R., Afridi, S., Ilyas, M., Sohail, M. & Abid, H. (2012). Development of strawberry jam and its quality evaluation during storage. *Pakistan Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 45(1), 23-25.
- López, M., Mercado, J., Martínez, G. & Magaña, J. (2011). Formulación de una mermelada a partir de pulpa y cáscara de tunas (*Opuntia* spp.) elaborada a nivel planta piloto. *Acta Universitaria*, 21(2), 31-36.
- Mancheno, G. (2011). *Desarrollo de un Prototipo de Mermelada LIGHT de Frutilla Ecológica, Utilizando Sucralosa (splenda) como Edulcorante no Calórico.*

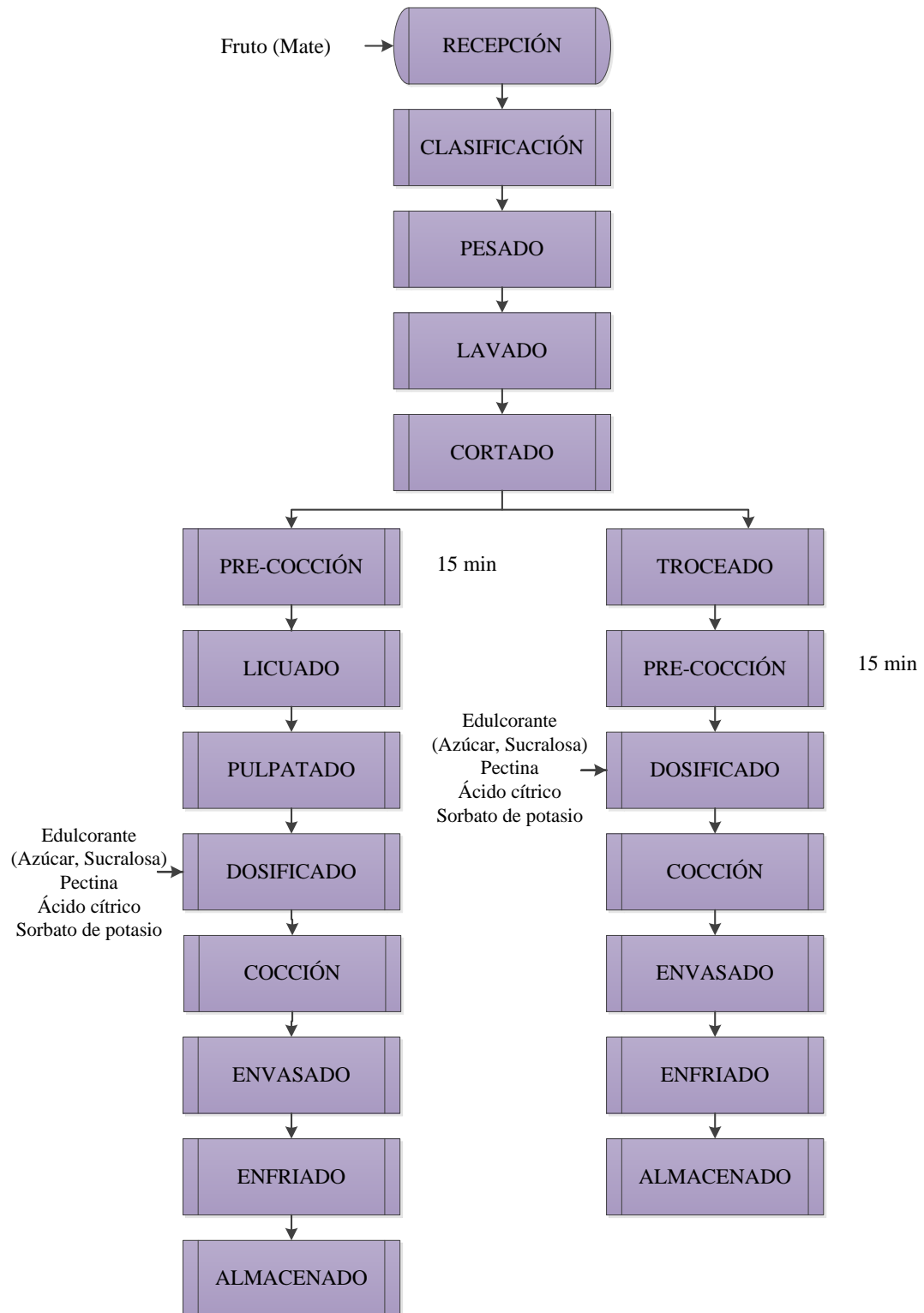
- (Bioquímico Farmacéutico Tesis de grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.
- Márquez, C., Caballero, B. & Vanegas, K. (2016). Efecto de edulcorantes no calóricos sobre el desarrollo de mermelada de mora (*Rubus glaucus* Benth). *Temas Agrarios*, 32-39.
- Martínez, J. (2009). La preparación de mermelada como recurso didáctico. *Real Sociedad Española de Química*(3), 221-226.
- Martínez, T. B. (2017). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SITIO PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DEL Nogal Serr INJERTADO EN LA COMUNIDAD DE ERQUIS CEIBAL. *AGR iencias*.
- Mazón, E. G. P. (2015). *Elaboración de mermelada baja en calorías a partir de tomate de árbol*. CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS FACULTAD: INGENIERÍA DE ALIMENTOS.
- Mendoza, J. (2006). Elaboración de mermeladas. *Mailxmail–Cursos para compartir lo que sabes*.
- Montealegre, J. (2017). *Estado del arte de la utilización del totumo (Crescentia cujete l) como alternativa para la alimentación del ganado bovino*. (Zootecnista Monografía), Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Girardot.
- Morton, J. (1968). The calabash (*Crescentia cujete*) in folk medicine. *Economic Botany*, 22(3), 273-280.
- Muñoz, A., Ramos, D., Ortiz, C. & Castañeda, B. (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 73(3), 142-149.
- Muñoz, W., Chavez, W., Pabón, L. C., Rendón, M. R., Patricia-Chaparro, M. & Otálvaro-Álvarez, Á. M. (2015). Extracción de compuestos fenólicos con actividad antioxidante a partir de Champa (*Campomanesia lineatifolia*). *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 46, 38-46.
- Musacchi, S. & Serra, S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 234, 409-430.
- Olmedo, E. (2014). *Elaboración de mermeladas baja en calorías utilizando los componentes edulcorantes que posee el chaguarmishqui (Agave), con frutas de la zona, en la Escuela De Gastronomía de Salud Pública-ESPOCH*.

(Licenciada en Gestión Gastronómica Tesis de Grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.

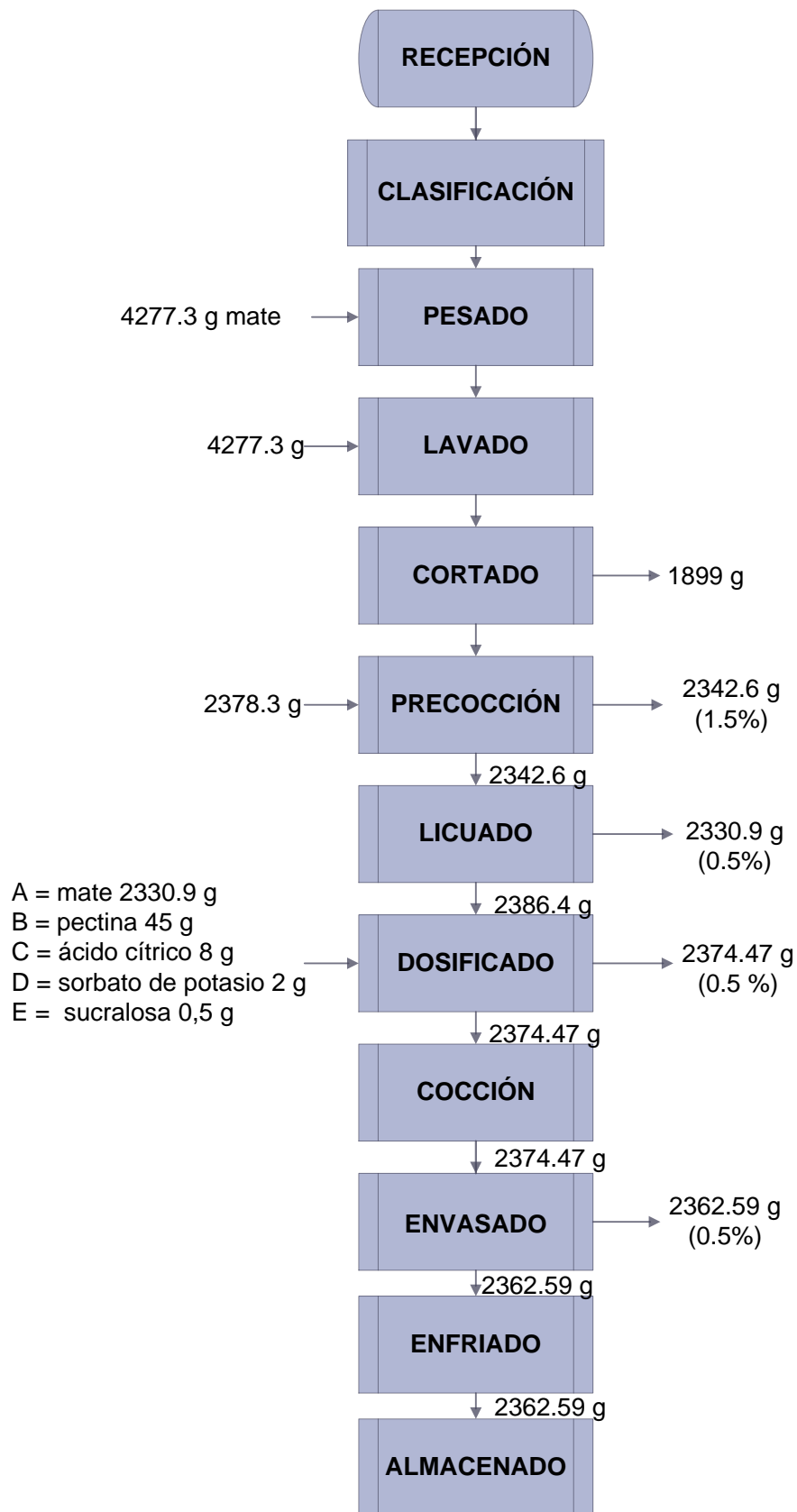
- Parvin, M., Das, N., Jahan, N., Akhter, M., Nahar, L. & Islam, M. (2015). Evaluation of in vitro anti-inflammatory and antibacterial potential of *Crescentia cujete* leaves and stem bark. *BMC research notes*, 8(1), 412.
- Pathare, P., Opara, U. & Al-Said, F. (2012). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food Bioprocess Technol*, 6(1), 36-60. doi: 10.1007/s11947-012-0867-9
- Pérez, A., Martínez, G., León, F. & Sánchez, M. (2019). The effect of the presence of seeds on the nutraceutical, sensory and rheological properties of *Physalis* spp. fruits jam: a comparative analysis. *Food Chemistry*, 125141. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125141
- Pool, M. (2014). La jícara y sus usos tradicionales en Yucatán, una vasija hecha del fruto de *Crescentia cujete* L.(Bignoniaceae). 116-118.
- Recalde, C. (2015). *Evaluación de las características físico-químicas de Crescentia cujete (TOTUMO) de diferentes zonas de la provincia de Los Ríos, con la finalidad de proponer su aprovechamiento agroindustrial*. (Ingeniero Agroindustrial), Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias de las Ingenierías, Quevedo-Los Ríos.
- Reyes, J., Agama, E., Bello, L. & Alvarez, J. (2019). Morphological, molecular evolution and in vitro digestibility of filamentous granules of banana starch during fruit development. *International journal of biological macromolecules*, 132, 119-125.
- Riera, J., Salcedo, R. & López, P. (2004). *Mermeladas y confituras*. Universidad de Barcelona.
- Salazar, L. & Santacruz, P. (2017). *Caracterización físico-química y actividad antioxidante del aceite obtenido de las semillas del fruto del mate (Crescentia cujete L.)*. (Trabajo de Titulación-Investigación), Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas, Guayaquil-Ecuador.
- Salinas, Y., López, J., González, G. & Vázquez, G. (2007). Compuestos fenólicos del grano de maíz y su relación con el oscurecimiento de masa y tortilla. *Agrociencia*, 41(3), 295-305.

- Santiesteban, N. & López, A. (2008). Descripción e importancia de algunos modelos predictivos utilizados como herramienta para la conservación de alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 2(2), 14-26.
- Santos, M., Lima, J., Petkowicz, C. & Candido, L. (2013). Chemical characterization and evaluation of the antioxidant potential of gabiropa jam (*Campomanesia xanthocarpa* Berg). *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35(1), 73-82.
- Tonato, C. & Karen, D. (2017). Evaluación del uso de mesocarpio de cacao (*Theobroma cacao* L.) como agente espesante en la elaboración de mermelada de mango.
- Valencia, A. (2013). *Estudio de la utilización de Stevia como sustituto de la sacarosa en la fabricación de mermelada de piña (Ananas comosus)*. (Ingeniero Agroindustrial Tesis de grado), Universidad Laica Ely Alfaro de Manabí. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Manta, Manabí-Ecuador.
- Vega, L. (2017). *Extracción de pectina de la cáscara de plátano de dos variedades con dos índices de madurez. Quevedo 2016*. (Ingeniero en Alimentos Proyecto de Investigación), Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo-Los Ríos-Ecuador.
- Vera, M. (2012). *Elaboración de mermelada light de durazno*. (Título de Ingeniero en Alimentos), Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Wang, Y., Lien, L., Chang, Y. & Wu, J. (2012). Pectin methyl esterase treatment on high- methoxy pectin for making fruit jam with reduced sugar content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(2), 382-388.
- Zaro, M. (2014). *Análisis de factores que afectan la acumulación, distribución y estabilidad de antioxidantes de naturaleza fenólica en berenjena (Solanum melongena L.)*. (Doctor de la Facultad de Ciencias Extras Tesis Doctoral), Universidad Nacional de la Plata. , Buenos Aires, Argentina.

Anexos



Anexo 1. Diagrama de flujo de elaboración de mermelada de mate



Anexo 2. Balance de materia de mermelada de mate en pulpa con sucralosa

Tabla 9. Parámetros de balance de materia para la elaboración de mermelada con adición de sucralosa

ENTRADAS	SALIDAS
A= fruto mate	F= cocción
B= pectina	G= agua evaporada
C= sorbato de potasio	H= desperdicio cocción
D= ácido cítrico	I= producto final cocción
E= sucralosa	J= desperdicio envasado
	K= producto final envasado

Tabla 10. Valores determinados para el balance de materia en mermeladas

ENTRADAS	SALIDAS
A= 2330.9 g	H= 8 g
B= 45 g	J= 3.7 g
C= 2 g	K= X
D= 8 g	G= X
E= 0.5 g	

$$G = F - H - I$$

$$G = 2386.4 \text{ g} - 8 \text{ g} - 2376.4 \text{ g}$$

$$G = 2 \text{ g}$$

$$K = I - J$$

$$K = 2376.4 \text{ g} - 3.7 \text{ g}$$

$$K = 2372.7 \text{ g}$$

$$A + B + C + D + E = H + J + K + G$$

$$2330.9 \text{ g} + 45 \text{ g} + 2 \text{ g} + 8 \text{ g} + 0.5 \text{ g} = 8 \text{ g} + 3.7 \text{ g} + 2372.7 \text{ g} + 2 \text{ g}$$

$$2386.4 \text{ g} = 2386.4 \text{ g}$$

Rendimiento

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso}_{\text{final}}}{\text{Peso}_{\text{inicial}}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{2372.7}{2386.4} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 99.43 \%$$

(Ecuación 12)

Rendimiento por unidad

$$\text{Rendimiento}_{\text{unidad}} = \frac{\text{Peso}_{\text{final}}}{\text{Peso}_{\text{mermelada}}}$$

$$\text{Rendimiento}_{\text{unidad}} = \frac{2386.4}{103.16}$$

$$\text{Rendimiento}_{\text{unidad}} = 23 \text{ frascos}$$

(Ecuación 13)

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

Certificado No:19-162						R01-5.10.10
Solicitud N°: 19-162						Pág.:1 de 1
Fecha recepción: 05 de agosto de 2019			Fecha de ejecución de ensayos: 06 de agosto de 2019			
Información del cliente:						
Empresa:			C.I./RUC: 2300388093			
Representante: Estefany García			Celular: 0993405503			
Dirección: Ambato			E mail: mgarcia093@uta.edu.ec			
Ciudad: Ambato						
Descripción de las muestras:						
Producto: Mermelada a partir del fruto de mate			Peso: 50 g			
Marca comercial: n/a			Tipo de envase: frasco de vidrio			
Lote: n/a			No de muestras: una			
F. Elb.: n/a			F. Exp.: n/a			
Conservación: Ambiente: x Refrigeración: Congelación:			Almac. en Lab: 30 días			
Cierres seguridad: Ninguno: Intactos: x Rotos:			Muestreo por el cliente: 05 de agosto de 2019			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/ Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Mermelada a partir del fruto de mate	16219351	Ninguno	Proteína, Kjeldhal	AOAC Ed. 20, 2016 2001.11	%(Nx6,25)	0,533
Conds. Ambientales: 19,1°C; 48,8%HR						
 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						
Fecha de emisión del certificado: 06 de agosto de 2019						

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado.
No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.
"La información que se está consultando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser usada. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos conserarla
inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente."

Anexo 3. Análisis del contenido de proteína en mermelada