

1.1. ANTECEDENTES

La Cucúrbita ficifolia, conocida en Bolivia como lacayote es una especie botánica de planta con flor de la familia de las cucurbitáceas, de hábito rastrero; herbácea, anual en zonas templadas, y perenne en zonas tropicales; el tallo vellosos alcanza una extensión de 5 m a 15 m, en su madurez cobra características semileñosas; es excepcional entre las cucúrbitas por ser perenne en su estado silvestre, aunque los cultivos se efectúen por lo general anualmente. Sus hojas son pecioladas, con nervaduras palmadas, penta o heptalobuladas, de gran tamaño, color verde oscuro y dorso pubescente; similar a la higuera en apariencia. La planta es monoica invariablemente. Las flores son solitarias, grandes y de pétalos carnosos, con corola de hasta 7,5 cm de diámetro y color amarillo o naranja. El fruto es globoso y de forma alargada; de 20 cm de diámetro, y no supera los 5 o 6 kg de peso. La piel, verde o blanquecina, protege una pulpa conformada básicamente por mesocarpio, fibrosa, de color blanco. Puede contener hasta 500 semillas de forma aplanada y color oscuro, parduzcas o negras según las variedades. Una misma planta puede dar hasta 50 frutos en condiciones favorables.

El fruto de lacayote es rico en calcio, potasio, y en vitamina A, posee propiedades desintoxicantes y diuréticas. Constituye una buena fuente de vitaminas del grupo B; la más abundante es la niacina; el aporte de ácido ascórbico se eleva a medida que el lacayote alcanza su grado de madurez.

El lacayote es usado en todo el mundo en gastronomía, casi toda la planta se aprovecha, las flores y brotes tiernos se emplean en México y otros países americanos como verdura, también se emplea el fruto inmaduro para sopas. El fruto maduro presenta una importante concentración de azúcares, por lo que se consume como dulce y se lo utiliza para elaborar bebidas. Las semillas ricas en lípidos y proteínas se consumen saladas, tostadas y horneadas en diversas regiones de América, las semillas también son el ingrediente principal de un típico postre de la región mexicana de Chiapas, las palanquetas.

En Bolivia, suele prepararse el lacayote tierno en sopas y ají de lacayote, el maduro para la elaboración de dulces y al horno. En el departamento de Tarija se usa el lacayote maduro especialmente para la preparación del dulce de lacayote, como relleno para las tradicionales empanadas blanqueadas. También es muy consumido horneado, lo cual consiste en poner el lacayote al horno a una temperatura regular por una hora o más, hasta que la cáscara este suave y tostada, y de esta manera no solo aprovechar su pulpa sino también sus pepas, ya que sus almendras son deliciosas.

Antes de la conquista española el lacayote era una hortaliza común en México (su nombre deriva del azteca chayotl), una de las teorías considera a este país el centro de origen de la especie. Después de la conquista de América se distribuyó en toda las zonas tropicales y subtropicales de América; posteriormente fue llevado a África, Australia y otras regiones productoras.

Los mayores productores de lacayote de todo el mundo son Costa Rica, seguida de Guatemala y México, además de los mencionados la República Dominicana, Brasil y Perú también son países productores en América. El lacayote también se cultiva, aunque en menor cantidad, en otros lugares del mundo, entre los principales cabe mencionar la India y China en Asia o Italia en Europa.

Aunque en Estados Unidos se cultiva en las zonas cálidas del sur (principalmente California y Florida) la mayor parte de los lacayotes consumidos aquí proceden de las exportaciones de países americanos, siendo Costa Rica el principal de todos. ⁽³⁾ El principal mercado internacional es Estados Unidos, donde se dirigen la mayoría de las exportaciones de lacayote, le sigue la Unión Europea con un 7% y a otros países se dirige el 1% restante. Es el mercado más estable y el producto se dirige principalmente al consumo de latinoamericanos.

En la tabla 1.1, se especifican los nombres comunes de la Cucúrbita ficifolia en los países de América.

Tabla 1.1. Nombres comunes en América de la cucúrbita ficifolia

País	Nombre común
Argentina	Alcayota (San Juan), cayote (Salta)
Ecuador	Zambo
Chile	Alcayota
Colombia	Auyama
Costa Rica	Chiverre
Bolivia	Blanca, lacayote
Guatemala	Ayote, chilacayote, cidracayote
México	Chilacayota, chilaca, kan
Perú	Calabaza blanca, lacayote
Venezuela	Auyama

Fuente: Wikipedia

El cultivo de lacayote en Bolivia no se encuentra ampliamente difundido razón por la cual su cultivo es de forma tradicional o asociado especialmente con el maíz.

En el departamento de Tarija, actualmente existen distintos niveles en la explotación del recurso del lacayote. En algunas comunidades de las diferentes provincias productoras del departamento de Tarija, sólo se recolecta para el consumo familiar, sin embargo, principalmente la recolección se hace para la venta en los mercados locales.

Por otro lado, hay quienes cultivan las plantas productoras en huertos familiares para vender y consumir sus frutos y otros han establecido el cultivo con fines comerciales.

En la provincia Arce, se lo cultiva junto con el maíz, frijoles, arvejas y zapallos a principios de diciembre, se lo cosecha con regularidad cuando alcanza el tamaño y estado de madures deseado, ya que crecen increíblemente rápido se los deja que se hagan grandes solamente aquellos que se destinan para obtener semillas para la próxima siembra. Generalmente las últimas cosechas son en junio.

1.2. JUSTIFICACIÓN

- Con el presente trabajo de investigación se pretende desarrollar un producto novedoso y nutritivo para el mercado tarijeño, mermelada de lacayote (*Cucúrbita ficifolia* Bouché); ya que es uno de los métodos de conservación más conocido y una forma de aprovechamiento del fruto del lacayote.
- Presentar al mercado tarijeño un producto que asegure tener un tiempo prolongado de vida, que cumpla con todas las exigencias requeridas por el consumidor. Para poder lograrlo poner en práctica mis conocimientos sobre las operaciones unitarias, las buenas prácticas de manufactura BPM y el proceso de conservación en la elaboración de la mermelada.
- Analizar qué puntos críticos se deben controlar en el proceso, aplicando un método adecuado. Y de esta manera este trabajo de investigación sirva para trabajos posteriores; como ser el procesamiento a nivel industrial, semindustrial como artesanal.
- Fruto de este trabajo es también encontrar la posibilidad de poner en conocimiento a la población productora y consumidora de lacayote (*Cucúrbita ficifolia* Bouché) del departamento de Tarija, a cerca de la composición fisicoquímica, beneficios y el mejor aprovechamiento del mismo. Y de esta manera los agricultores se incentiven en el cultivo de lacayote, para que los mismos puedan mejorar su economía y proporcionar nuevas alternativas de transformación del lacayote.

1.3. OBJETIVOS:

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y aplicar técnicas de conservación apropiadas en la elaboración de mermelada de lacayote (*Cucúrbita ficifolia* Bouché) a escala de laboratorio, con el propósito de conseguir un producto de buena calidad para el consumidor.

1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la materia prima, lacayote (Cucúrbita ficifolia Bouché) de la región de Padcaya, provincia Arce, del departamento de Tarija.
- Desarrollar formulaciones y procedimientos para la elaboración de mermelada de lacayote.
- Efectuar los diseños experimentales requeridos en el proceso.
- Determinación de la variación de sólidos solubles en el proceso de la concentración.
- Realizar la evaluación sensorial del producto.
- Emplear balance de materia y energía en el proceso de elaboración de la mermelada.
- Examinar el proceso de elaboración de la mermelada, efectuando análisis fisicoquímicos, organolépticos y microbiológicos al producto final.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL

¿Se lograra obtener mermelada de lacayote con las propiedades nutricionales y organolépticas aceptables para el consumidor, empleando el proceso metodológico y el diseño experimental?

1.5. HIPÓTESIS GENERAL

Mediante un proceso de concentración por ebullición a presión atmosférica, utilizando las variables adecuadas de azúcar, pectina, ácido cítrico y un tiempo de cocción necesario se obtendrá un producto final de calidad para el consumidor.

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA E INSUMOS

2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL LACAYOTE

2.1.1.1. ORIGEN

El origen del lacayote (*Cucúrbita ficifolia*) es aún incierto. Se tienen dos teorías. Algunos autores afirman que por evidencia lingüística su origen es mexicano, ya que los nombres empleados tienen origen náhuatl, lengua hablada por los pueblos nahuas (chilacayote, lacayote), dialecto propio de la región, sin embargo, los restos arqueológicos más antiguos conservados provienen del Perú. Se desconoce la variedad silvestre de la que se haya originado y las hipótesis apuntan a una especie, posiblemente nativa de la región de la cordillera andina. ⁽¹⁾



Figura 2.1. *Cucúrbita ficifolia* Bouché.

2.1.1.2. INFORMACION TAXONÓMICA

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

ORDEN: Violales

FAMILIA: Cucurbitaceae

GENERO: Cucúrbita

ESPECIE: *Cucúrbita ficifolia* Bouché

NOMBRES COMUNES: En náhuatl: chilacayote (México, Guatemala). En castellano: lacayote (Perú, Bolivia, Argentina), zambo (Ecuador), chiverri (Honduras,

Costa Rica), victoria, auyama (Colombia), alcayote, cayote (Chile). En inglés: fig leaf squash, fig leaved gourd, malabar gourd. (SIOVM, 2007)⁽²⁾

2.1.1.3. MORFOLOGÍA

El lacayote (*Cucurbita ficifolia* B.) es una planta rastrera o trepadora, monoica, perteneciente a la gran familia de plantas dicotiledóneas. Poseen un fruto carnoso, de forma redonda y alargada, de cáscara gruesa, rugosa o lisa, resistente a bajas temperaturas, pero no a heladas severas. Sus partes tienen las siguientes características generales:

El sistema radicular está constituido por una raíz principal adventicia, fibrosa, sin raíces engrosadas de reserva. Poseen cinco tallos herbáceos, vigorosos, ligeramente angulados, armados con aguijones cortos, punzantes, escasos y pelos glandulares.

Cuentan con tres a cuatro zarcillos ramificados y robustos, los cuales se encuentran en el lado opuesto de la hoja. Sus hojas son de forma lobulada grande (hasta 2.5cm de diámetro), de color verde claro a verde oscuro, con o sin manchas blancas o plateadas en la intersección de las nervaduras. Posee pecíolos de 5 a 25 cm de largo, con margen liso. Cada hoja puede tener de 3 a 5 lóbulos redondeados u obtusos y una epidermis vellosa.

Generalmente sus flores, son de color amarillo, monoicas, solidarias, axilares, grandes y de pétalos carnosos, con corola de hasta 7.5 cm de diámetro. Las flores masculinas tienen un cáliz en forma de campana, son largas pediceladas, con tres estambres. En tanto que las flores femeninas se caracterizan por pedúnculos robustos de 3 a 5 cm de largo, ovario ovoide elíptico, sépalos ocasionalmente foliáceos y corola algo más grande que las masculinas de estilo engrosado con tres estigmas lobulados.

Los frutos pueden llegar a medir de entre 15 y 20 cm de largo, de forma ovoide-elíptico, a veces ligeramente comprimido en el ápice, que une el fruto con el tallo. Su

epicarpio (cascara) es rígida, persistente, comúnmente se puede apreciar tres modelos de coloración:

- a) Verde claro u oscuro, con franjas longitudinales blancas hacia el ápice,
- b) Verde con pequeñas manchas blancas,
- c) Blancos o crema.

Además, el mesocarpio o pulpa es de color blanco con textura granulosa y fibrosa. Cabe resaltar que en el centro del fruto existen folículos contenedores de semillas, los cuales son de alargada.



Figura 2.2. *Partes del tallo.*

Las semillas de lacayote varían en su forma y cantidad de acuerdo con el tamaño, variedad y zona geográfica. Son generalmente ovaladas- elípticas (1.6 a 2.2 cm de longitud) y comprimidas (0.5 a 1.5 mm de espesor). El centro de las semillas es de color pardo de oscuro y dependiendo de la polinización, son blanquecinas o amarillentas. (Parsons, 1986) ⁽⁵⁾



Figura 2.3. *Semillas de Cucúrbita ficifolia B.*

2.1.1.4. FISIOLÓGÍA

El ciclo vegetativo de la planta tiende a ser persistente, por un periodo. Da la impresión de ser perenne, de vida corta. Sin embargo, al ser una planta rastrera o trepadora, comúnmente, se siembra de forma anual. Además, los cambios climáticos severos durante la polinización y la formación del fruto adelantan la maduración de la misma.

La germinación es de tipo epigeo. Las semillas germinan con facilidad en la oscuridad y están salen a la superficie cinco u ocho días después de siembra. En esta especie se presentan diferentes épocas de floración, de acuerdo con la disponibilidad de agua. Las flores nacen a lo largo de rama; es decir, guían en secuencia. Los granos de polen son grandes, pegajosos y pesados, por lo que no pueden ser transportados por el viento. Es necesaria la participación de insectos, especialmente abejas de colmena, para el transporte del polen. La polinización se realiza de forma cruzada.

Para la fructificación de la planta se necesitan suelos con suficiente humedad, debido a que el fruto contiene 90% de agua; además de periodos largos de luminosidad, lo cual lleva a obtener frutos de mayor calidad y buenos rendimientos de cultivo por hectárea. Se tiene reportado que en todas las especies de este género. *Cucúrbita ficifolia* es una de las planta que mayor número de frutos produce, con más de 50 frutos por planta. (Parsons, 1986)

2.1.1.5. REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS

Es una de las especies menos comerciales de cucúrbita, pero quizá la que muestra una distribución geográfica más amplia, debido a que soporta climas templado - cálidos, subtropicales y tropicales con temperaturas de 18 °C a 25 °C. En estado silvestre no es difícil encontrarla en las zonas altas (1000 a 3000 m.s.n.m.); sin embargo, cabe resaltar que no soportan las heladas. La facilidad del desarrollo de la planta y producir frutos se debe, en parte, a su probada resistencia a varios virus, que afectan a otras especies afines. Requiere suelos húmedos, de preferencia ligeros y ricos en materia orgánica. ⁽¹⁾

Los lacayotes conviven bien con la mayoría de cultivos, especialmente con lechugas, frijoles, maíz, y coles, en cambio no se llevan bien con las patatas. En cuanto a las rotaciones, aunque no suele ser fuente de problemas, convendrá respetar un mínimo de tres años para ocupar el mismo emplazamiento con nuevos cultivos de lacayotes. ⁽⁸⁾

2.1.1.6. COSECHA

Debido a los usos culinarios que tiene el fruto, se cosecha en dos períodos. El primero se realiza cuando el lacayote es tierno y el segundo cuando ha alcanzado su madurez. El lacayote maduro se recolecta cuando el color cambia de verde brillante a verde opaco; además, una muestra visible de que el lacayote ha alcanzado su punto de madurez óptimo, es la resequedad del pedúnculo el cual tiende a presentar un aspecto leñoso. (Parsons, 1986)

Si queremos lacayotes tiernos y jugosos, es importante cosecharlos con regularidad, porque crecen increíblemente rápido, dejando que se hagan grandes solamente aquellos que destinemos a obtener semillas. Cuanto más tierno cosechemos el lacayote, más estimularemos a la planta a producir nuevos frutos. Si se olvida de cosechar alguno, este se desarrolla descomunemente, provocando una disminución de la producción y el desarrollo de los que le siguen. Incluso veremos que algún lacayote pequeño ya formado, se marchita, amarillea o pudre. Toda la energía

disponible se la llevan los grandes y se paraliza la producción. La cosecha regular, asegura una producción regular, abundante y durante largos periodos. ⁽⁸⁾

Generalmente, la recolección del lacayote se realiza de forma manual, con la ayuda de implementos de cosecha como el machete, azadón, etc., con los cuales se corta el pedúnculo del fruto.

2.1.1.7. POSCOSECHA

Su cultivo en Bolivia no se encuentra muy difundido. Por esta razón existe muy poca información de cómo se procede con el fruto una vez cosechado. En el departamento de Tarija; en la provincia Arce los campesinos proceden de la siguiente manera; una vez cosechados los lacayotes, son colocados unos sobre otros, en un montón de aproximadamente veinte frutos, los cuales son dejados a la intemperie y en el mejor de los casos bajo sombra para luego ser utilizados a medida que se los requiera por el agricultor.

2.1.1.8. ALMACENAMIENTO

Por el espesor de la corteza del lacayote que sirve como barrera impenetrable para cualquier tipo de contaminación o enfermedad producida por microorganismos, el almacenamiento se realiza a temperatura ambiente. Es necesario que la corteza no sufra daños y debe permanecer sin fisuras para almacenarlo; caso contrario, se debe hacer uso inmediato del fruto.

2.1.1.9. USOS Y VENTAJAS

Las diferentes partes de la planta de lacayote se destinan a diversos usos alimenticios.

Fruto: En nuestro país se lo consume en sopas, dulce de lacayote y al horno. En Tarija se usa el dulce de lacayote como relleno para las empanadas blanqueadas.

Es necesario establecer que en sopas se utiliza el lacayote tierno, en tanto que para la elaboración de los dulces se utiliza el lacayote maduro.

En otras regiones como Honduras, Guatemala y México, la pulpa de los lacayotes maduros se destinan a la elaboración de bebidas refrescantes o ligeramente alcohólicas; además, en ciertos países de Centro América, usan la cáscara como recipiente para recolectar agua.

Estudios realizados en Chile, han demostrado que algunas enzimas proteolíticas extraídas de la pulpa de lacayote puede usarse en el tratamiento de agua residual. (SIOVM, 2007)⁽²⁾

Semillas: El valor nutritivo más importante del lacayote se encuentra en las semillas, cuyo consumo representa un aporte considerable de proteínas. Son también muy apreciadas en la elaboración de dulces, barras energéticas, granolas con alto contenido de fibra, etc.

Tallos y hojas: Se utiliza como forraje de ganado menor. Además, se utiliza como patrón para el injerto de otras especies de cucúrbitas de mayor interés, como el pepinillo (*Cucumis sativus* L.).

2.1.1.10. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

La composición química proximal del lacayote se muestra en la Tabla 2.1., en donde los datos de la composición química varía entre límites que dependen no solo de las líneas, sino también de las condiciones de cultivo, climatología, abonado, época de cosecha, hasta que llega al consumidor. Los procesos d manufactura son uno de los principales factores que modifican su composición. (FAO, 2007) ⁽⁶⁾

Tabla 2.1. Composición química del lacayote*

CONSTITUYENTE	TIERNO	MADURO
Humedad (%)	94,5	91,4
Proteína (%)	0,3	0,2
Grasa (%)	0,1	0,5
Carbohidratos totales, (%)	4,4	6,9
Fibra cruda (%)	0,5	0,6
Ceniza (%)	0,2	0,4

Fuente: FAO

* En base fresca

En la Tabla 2.2., se presenta el contenido de vitaminas y minerales tanto del lacayote tierno, como del maduro. Se observa que en estado tierno el contenido de calcio (24 mg) es mayor al compararlo con el maduro y de la misma forma sucede con el fósforo (19 mg). Este es uno de los minerales básicos, pues forma parte de los ácidos nucleicos DNA, RNA y de los fosfolípidos, que participan en la emulsificación y transporte de grasa. (FAO, 2007)

Tabla 2.2. Contenido de vitaminas y minerales en el lacayote *

CONSTITUYENTE	TIERNA	MADURA
Calcio (mg)	24	21
Fósforo (mg)	13	6
Hierro (mg)	0,3	0,5
Caroteno (mg)	0.04	---
Tiamina (mg)	0.02	0.01
Riboflavina (mg)	0.01	0.02
Niacina (mg)	0.26	0.22
Ácido ascórbico (mg)	18	4

Fuente: FAO

* En base seca

El lacayote constituye una buena fuente de vitaminas del grupo B; la más abundante es la niacina. También se observa que el aporte de ácido ascórbico se eleva a medida que el lacayote alcanza su grado de madurez óptimo (46 mg). Dado su poder antioxidante, el ácido ascórbico neutraliza los radicales libres y evita así el daño que los mismos generan al organismo. ⁽⁷⁾

2.1.2. INSUMOS ALIMENTARIOS

Los insumos son sustancias químicas o una mezcla de sustancias que son agregados intencionalmente al alimento con el propósito de:

- Mejorar su apariencia, sabor y textura
- Inhibir el crecimiento y actividad de los microorganismos
- Evitar las reacciones bioquímicas entre los componentes de los alimentos

Los insumos alimentarios principales que forman parte en la producción de conservas dulces son:

2.1.2.1. SACAROSA DE CAÑA AZÚCAR

La sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$), también conocida como azúcar común, es un disacárido formado de una molécula de glucosa y una de fructosa. Es soluble en agua y ligeramente en alcohol y éter.

La sacarosa posee las siguientes propiedades:

- a) Dulzor, por lo que es usada en la elaboración de mermeladas, jaleas, jarabes y muchos productos alimenticios.
- b) Coligativas, disminuye el punto de congelación, eleva el punto de ebullición y la osmoticidad.
- c) Alto grado de solubilidad, por lo que forma jarabes fácilmente, gracias a que forma soluciones moleculares debido al intercambio de puentes de hidrógeno.
- d) Reducción de la actividad de agua del alimento, mediante al aumento de la presión osmótica. En concentraciones elevadas evita el crecimiento de microorganismos.
- e) Uniformidad del tamaño de sus partículas, lo cual la hace un vehículo ideal para los aditivos de los alimentos, como saborizante o diluyente, o bien como esponjante.

- f) La sacarosa imparte densidad y volumen, dulzor, sabor y viscosidad en dulces de tipo gel que contienen pectina y almidón, para que soporten la estructura de gel y alcancen el sabor deseado. ⁽¹⁸⁾

2.1.2.2. ÁCIDO CÍTRICO

El ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) es un ácido orgánico muy común, se lo puede encontrar en la mayoría de frutas, especialmente en los cítricos. El ácido cítrico es un sólido incoloro, muy soluble en agua y con un sabor ácido fuerte. Comercialmente se lo encuentra en forma granular.

En la industria alimentaria tiene diferentes usos gracias a sus propiedades tales como las siguientes:

- a) Saborizante o resaltador de sabores en frutas y bebidas, creador de aroma.
- b) Regulador de pH en bebidas, dulces y conservas.
- c) Buen conservante y antioxidante natural, que se añade industrialmente como aditivo en el envasado de muchos alimentos como las conservas vegetales enlatadas, para retardar el pardeamiento de frutas, hortalizas. (Cubero, 2002)

2.1.2.3. PECTINA

La pectina es un polisacárido natural compuesto de una cadena lineal de moléculas de ácido D-galacturónico, las que unidas constituyen el ácido poligalacturónico. Es el principal componente enlazante de la pared celular de los vegetales y frutas. Se la obtiene de los subproductos de la industria de cítricos y manzanas.

La pectina tiene la propiedad de formar geles en medio ácidos y en presencia de azúcares, por lo que es usada en la industria alimentaria, en combinación con los azúcares como un agente espesante, por ejemplo en la fabricación de mermeladas y confituras.

Hay que considerar algunos parámetros para el mejor funcionamiento de las pectinas. Al enfriarse una solución de pectina, aumenta la tendencia de cohesión entre las cadenas moleculares. La reducción del pH incrementa la tendencia a la formación de gel. La presencia del azúcar tiende a insolubilizar a la pectina creando las condiciones para formar el gel. (Cubero, 2002)

2.1.2.4. GLUCOSA

La glucosa ($C_6H_{12}O_6$) es un monosacárido de seis carbonos. Puede ser encontrada y extraída de las frutas y de la miel. Es un poco menos dulce que la sacarosa, sólido o semi-sólido cristalino de color blanco. A nivel industrial tanto la glucosa semi-líquida (jarabe de glucosa), como la dextrosa (glucosa en polvo) se obtienen a partir de la hidrólisis enzimática de almidón de cereales (generalmente trigo o maíz).

Se utiliza, junto con la sacarosa, en la elaboración de conservas dulces, como ser mermeladas y jaleas. Se la emplea por su propiedad anticristalizante, higroscopicidad, textura y poder humectante. (Vaclavick, 2002)

2.1.2.5. CONSERVADORES INORGÁNICOS

La utilización de aditivos inorgánicos en la conservación de conservas se da con el propósito de controlar la proliferación de microorganismos y para controlar las reacciones bioquímicas de las conservas, entre los más usados tenemos:

a) Acido benzoico y benzoato de sodio:

El benzoato de sodio, sal de ácido benzoico, es usado ampliamente en la conservación de alimentos ácidos. Estos conservadores son generalmente más efectivos contra levaduras y mohos que contra bacterias.

El benzoato de sodio es más soluble en el agua que el ácido, por ello encuentra mayor preferencia. Es relativamente ineficaz a pH próximo a la neutralidad, su efectividad aumenta con la acidez, lo que indica que el agente efectivo es el ácido benzoico. Se cree que la acción germicida del ácido benzoico aumenta diez veces más al variar el

pH de un valor cercano a 17 a otro cercano a 3. El benzoato de sodio, debe ser preferentemente disuelto en agua, antes de su incorporación. La norma establece un límite máximo del 0.05% en peso de producto elaborado. Se puede añadir al final de la cocción.

b) Sorbato de potasio:

Se emplea como conservador de alimentos. Actúa mejor a un pH inferior a 6.0 y son ineficaces a un pH cercano a 7.0, entre pH 4.0-6.0 este conservador es más eficaz que el benzoato de sodio. Actúa contra muchos mohos comunes pero no contra bacterias. En mermeladas debe utilizarse como máximo 0.05% en función al producto final. Para determinar la cantidad de conservador que se va a añadir a la mermelada se debe conocer el peso de la misma. ⁽¹⁵⁾

2.1.2.6. CONSERVADORES Y AROMATIZADORES ORGÁNICOS

Cuando se agrega una sustancia aromática a los alimentos liberan compuestos aromáticos que actúan como bactericidas, ya que se tratan de alcoholes, formaldehidos, ácidos alifáticos, etc.

Entre los más usados tenemos se tiene a los siguientes:

a) Canela:

Es una de las especias más antiguas, se conoció y usó antes de la era cristiana por los chinos. La comercializaron los fenicios, fue utilizada por los egipcios y los romanos como aromatizante, conservador y embalsamante.

Canela, especia culinaria que se obtiene de la corteza de varias especies afines de árboles de la familia de las Lauráceas, principalmente de la especie *Cinnamomum zeylanicum*, cuyo nombre común es canela.



Figura 2.4: *Canela (Cinnamomum zeylanicum)*

Aunque esta especia fragante y de sabor un poco dulce es originaria de Sri Lanka, en la actualidad se cultiva en la mayor parte de las regiones tropicales cálidas y húmedas. La canela se obtiene a partir de las ramas de tres o cuatro años del canelo. Mediante cortes transversales y longitudinales se separa la corteza, la capa más externa se desprecia y la siguiente de color blanco, que una vez desecada pasa a ser de color anaranjado, corresponde a la canela. Ésta se enrolla para formar unas cañas o ramas de 2,5 cm de diámetro. También se emplea molida, que se utiliza ampliamente en postres, pasteles, dulces, etc., y entera se utiliza para adornar y sazonar algunos platos. En una cata organoléptica se podría decir que la canela tiene un sabor astringente. Además de su uso culinario, tanto en dulces como guisos de carne y caza, tiene propiedades terapéuticas: es antiespasmódica y estimulante de las funciones circulatoria y digestiva. ⁽²²⁾

Su aroma es debido al aceite esencial aromático que constituye un 0,5-2,5% de su composición. El componente mayoritario es el aldehído cinámico, también el eugenol y el alcohol cinámico. Con menos proporción encontramos el ácido trans-cinámico, el aldehído hidroxicinámico, el aldehído o-metoxicinámico, acetato cinámico, terpenos (linalol, diterpeno), taninos, mucílago, proantocianidinas oligoméricas y poliméricas 1, glúcidos y trazas de cumarina. ⁽²³⁾

b) Clavo de olor

Clavo (planta), nombre común de un árbol tropical de la familia de las Mirtáceas (Myrtaceae) y de las yemas florales secas que se extraen de él. El árbol es de tamaño entre pequeño y mediano, de hoja perenne, originario de las Molucas, al este de Indonesia, y ahora cultivado en otras regiones tropicales. La planta produce gran cantidad de flores pequeñas dispuestas en ramilletes. Hojas, flores y corteza son aromáticas. El fruto maduro tiene la forma de una aceituna, pero es algo más pequeño y de color rojo oscuro. A veces se vende seco con el nombre de clavo madre; en esta forma presenta aroma y sabor similares a los del clavo, pero mucho más atenuados. Las yemas florales se recolectan y secan por exposición al humo de leña y al sol. El clavo así obtenido se usa mucho como condimento de cocina.

Del clavo se obtiene por destilación repetida un aceite esencial utilizado en odontología como anestésico y, en ocasiones, como antiséptico. También se emplea en la elaboración de perfumes y jabones. Clasificación científica: el árbol del clavo pertenece a la familia de las Mirtáceas (Myrtaceae), especie *Syzygium aromaticum*.

Su acusado sabor amargo aromatiza y realza productos dulces, como la naranja o el jamón cocido. El aceite de clavo es antiséptico y, frotado en las encías, alivia el dolor de muelas. ⁽²²⁾



Figura 2.5: Clavo de olor seco

2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CONSERVAS VEGETALES DULCES

La preparación de conservas de fruta de producción casera se remonta a varios siglos como un procedimiento para recolectar la fruta durante la época de maduración y consumirla posteriormente. Las prácticas actuales de elaboración se basan generalmente en el tratamiento de la fruta; que ha sido conservada provisionalmente por procedimientos físicos o químicos, para disponer del producto terminado cuando sea preciso, sin limitarse a las temporadas relativamente cortas durante las que se dispone de fruta fresca.⁽⁹⁾

Para obtener conservas de calidad que el consumidor encuentra en el mercado, los productos agrícolas deben ser materias primas con unas cualidades óptimas de maduración, sabor, color, textura y estado sanitario. Además, la rapidez con que se transforma la materia prima en conserva vegetal y la garantía sanitaria del producto en su origen son las que determinan la calidad del producto final.

Las conservas vegetales son productos que se mantienen durante largo tiempo contenidos en recipientes (de metal, vidrio o material flexible) herméticamente cerrados. “Una conserva es un producto que consiste en poner en un envase hermético un material sólido, semisólido o un sólido inmerso en un medio de empaque”.⁽¹⁰⁾

En todos los métodos de conservación resulta esencial no sólo interrumpir la actividad de enzimas y microorganismos sino evitar también su entrada posterior con el aire, que incorpora cierta actividad enzimática durante la conservación y puede alterar el sabor. Esto se consigue mediante procedimientos diversos, por ejemplo, mediante el cierre al vacío de los frascos cubriendo adecuadamente la superficie de la conserva y envasando correctamente los alimentos. La mayoría de las bacterias, levaduras y hongos crecen óptimamente entre 15° y 40°C y su multiplicación es rápida si las frutas y hortalizas no son conservadas poco después de su recolección (Ramírez, 2000).⁽¹¹⁾

Para la obtención de productos basados en frutas y hortalizas, conservados en recipientes herméticos, tras tratamientos térmicos y conservables durante cierto tiempo, se requiere un estado de esterilidad. La conserva debe estar libre de gérmenes en estado vegetativo o esporas, de microorganismos patógenos o parcialmente nocivos, de toxinas, bacterias, hongos y levaduras de gran capacidad reproductiva.

Definiciones de algunas conservas dulces:

Confitura: Es el producto preparado con fruta(s) entera(s) o en trozos, pulpa y/o puré de fruta(s) concentrado y/o sin concentrar, mezclado con productos alimentarios que confieren un sabor dulce, con o sin la adición de agua y elaborado hasta adquirir una consistencia adecuada.

La confitura de cítricos puede obtenerse a partir de la fruta entera cortada en rebanadas y/o en tiras delgadas. (CODEX STAN 296-2009)

Jalea: Son preparados con el jugo de la fruta, al cual después de tamizado o filtrado se le agrega azúcar y se le concentra por ebullición hasta obtener su gelificación.

En los Estados Unidos las normas para conservas de frutas y jaleas son muy similares a las de otros países, definen los productos, la cantidad mínima de fruta o jugo de fruta que puede utilizarse y los ingredientes permitidos.

Las normas no distinguen entre conservas y jaleas, pero dice que una conserva es el producto semi-sólido preparado al combinar cuando menos 45 partes de fruta preparada en forma conveniente con 55 partes de azúcar y cocinar esta mezcla hasta llegar a un contenido final de sólidos solubles en 68% o más alto. ⁽¹³⁾

Mermelada: La mermelada es un producto de consistencia pastosa obtenido de frutas maduras, las que son sometidas a un pulpeado y posterior concentrado. Puede contener trozos o tiras según las exigencias del mercado. ⁽¹³⁾

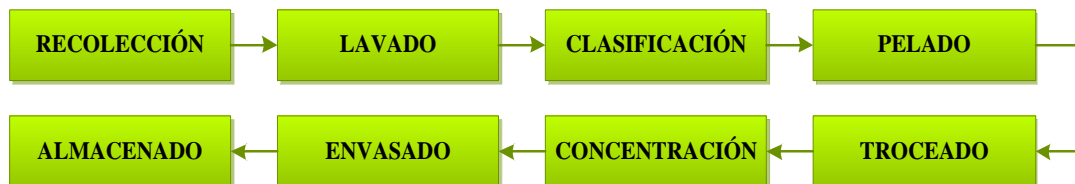
Pastas de fruta: La pasta o ate de fruta es una mezcla de pulpa de fruta y azúcar que se ha concentrado hasta tal punto que, al enfriarse, la masa se vuelve sólida. Consecuentemente, la elaboración de estos productos es igual al de las mermeladas. Sin embargo, siendo el producto sólido, este se envasa en envolturas de plástico o papel encerado. ⁽¹⁴⁾

Fruta confitada: la fruta confitada es producto en el cual el agua celular está sustituida por azúcar. La concentración del azúcar en la fruta debe ser entre 70 y 75%. Por el elevado contenido en azúcar, este producto se conserva durante largo tiempo sin medidas especiales. ⁽¹⁴⁾

2.2.1. PRINCIPALES OPERACIONES EN LA ELABORACIÓN DE CONSERVAS

Para poder elaborar una conserva de buena calidad hay que tener presentes muchas variables, y seguir un flujo adecuado desde la recolección del fruto hasta su comercialización como producto acabado.

Figura 2.6. Diagrama de las principales operaciones para la elaboración de Conservas Dulces



a. Recolección:

Para una buena recolección, hay que tener en cuenta que las frutas y hortalizas son especies vivas que siguen respirando, después de la cosecha (toman O₂ y eliminan CO₂). La respiración va acompañada de la transpiración del agua contenida en las células. Es por esta transpiración que las frutas y hortalizas se marchitan. El estado de madurez de las frutas y hortalizas es importante para obtener un producto con las características deseadas.

La cosecha de estas debe efectuarse en el momento adecuado. Una recolección en una época inadecuada favorece al desarrollo de anomalías, que son perjudiciales para la elaboración y conservación del producto.

Una recolección temprana impide la maduración del producto durante su almacenamiento. Además, la fruta demasiado verde es propensa a alteraciones fisiológicas y a una elevada transpiración. El producto cosechado tardíamente tiene un tiempo de conservación menor. Además es sensible a la podredumbre y a los efectos adversos de la manipulación.

La mayor parte de los alimentos pueden contener, en el momento de su recolección, diversos contaminantes o componentes no comestibles. Sus características físicas además, pueden ser muy diversas (por ejemplo tamaño, forma, color distintos). Por ello resulta imprescindible someter al alimento a una o más operaciones de lavado; limpieza, clasificación o pelado, que los prepare para las operaciones subsiguientes de elaboración, que permitan obtener un alimento de calidad elevada y uniforme.

b. Lavado:

El lavado es aquella operación unitaria en la que el alimento se libera de sustancias que lo contaminan, dejando su superficie en condiciones adecuadas para su elaboración posterior. Las operaciones de limpieza deben realizarse a la menor oportunidad antes del proceso de elaboración, con objeto de evitar averías en las instalaciones, por piedras, huesos u objetos y de ahorrar tiempo y dinero que consumiría el procesado de los componentes desechables.

El lavado es por tanto un método muy eficaz para reducir pérdidas. Mejora además la rentabilidad del proceso y supone la protección adicional para la salud del consumidor. Los métodos de lavado pueden ser métodos húmedo (remojo, lavado por flotación), secos (separación por aire, por magnetismo).

c. Clasificación:

Al igual que la limpieza, la clasificación debe aplicarse en el proceso de elaboración para asegurar un producto de calidad uniforme. Las cuatro propiedades físicas en las que se basa la clasificación son: el tamaño, la forma, el peso y el color.

d. Pelado:

El pelado es una operación imprescindible en la elaboración de muchas frutas y verduras en la que para mejorar el aspecto del producto final se requiere la eliminación del material no comestible. El coste de esta operación se procura reducir al mínimo eliminando la menor parte posible del producto y reduciendo al máximo los gastos energéticos, de materia y de mano de obra. Durante el pelado el producto no debe sufrir daños después de éste, la superficie del mismo debe quedar limpia.

e. Troceado:

En esta etapa se corta la materia prima de la forma requerida (cuartos, rebanadas, cubos, etc.)

f. Concentración:

Proceso de eliminación de agua para disminuir el peso y el volumen de un alimento manteniendo una cierta cantidad de humedad; generalmente el producto concentrado tiene más de 20% de agua. Se obtiene por evaporación, congelamiento y eliminación del hielo, osmosis inversa, ultrafiltración, electroósmosis y otros procesos.

Esta etapa en caso de las mermeladas se puede dividir a su vez en: inicio de la cocción, adición de la pectina, adición del ácido y continuación de la cocción.

g. Tratamiento térmico:

El tratamiento térmico constituye uno de los métodos importantes de conservación de alimentos, no sólo por efectos deseables que se obtiene sobre su calidad (muchos alimentos se consumen después de haber recibido algún tipo de tratamiento culinario), sino también por su efecto conservador al destruir sus enzimas, insectos, parásitos y microorganismos. Otras ventajas de los tratamientos térmicos son: La

destrucción de algunos componentes antinutritivos (por ejemplo, el inhibidor de la tripsina de las legumbres). El incremento del contenido de algunos nutrientes (por ejemplo, el tratamiento térmico por la mejora de digestibilidad de las proteínas, libera la niacina ligada).

Los parámetros del proceso pueden controlarse con facilidad. Por lo general la más elevada es la temperatura y mayor la duración del tratamiento, mayor es el efecto destructor sobre los microorganismos y enzimas. Mediante tratamientos térmicos a temperaturas más elevadas durante tiempos más cortos se obtiene el mismo efecto conservador que con tratamientos más largos a temperaturas más bajas. ⁽¹⁶⁾

h. Envasado

El llenado en recipientes de vidrio o metal se realiza mecánica o manualmente. El producto elaborado se coloca en los envases seleccionados, los cuales deben estar debidamente lavados y esterilizados con agua caliente al igual que las tapas. El control del llenado es necesario para mantener los límites precisos de espacio de cabeza. El vacío en el interior del recipiente puede lograrse mediante la inyección de vapor en el espacio libre, para lo cual el recipiente atraviesa un túnel de vapor antes de ser cerrado. El grado de vacío, que se logre, tendrá incidencia directa sobre la disponibilidad de oxígeno en el interior del envase y por tanto, sobre la posibilidad de desarrollo de microorganismos esporulados aerobios que sobrevivan al tratamiento térmico. ⁽¹⁵⁾

2.2.2. TIPOS DE TRATAMIENTO TERMICO

Generalmente, la capacidad de conservación se logra mediante tratamiento térmico, cuya acción consiste en reducir, destruir o frenar el notable desarrollo de los microorganismos presentes en las materias primas conservadas, con lo que se evita la descomposición de estas últimas.

Con ayuda de la energía calorífica se eliminan tanto los gérmenes patógenos y toxigénicos, como los responsables de la putrefacción. Con este método se asegura la

protección del consumidor, frente a trastornos de salud, pero a la vez tiene un carácter económico, al evitar pérdidas de productos.

El método utilizado debe asegurar asimismo la inactivación de las enzimas y el mantenimiento de las cualidades de la materia conservada. Por lo tanto, para alcanzar la deseada capacidad de conservación resultan determinantes, la temperatura utilizada y el tiempo de actuación de ésta (Sielaff, 2000).⁽¹⁰⁾

2.2.2.1. ESCALDADO

Se realiza con el objeto de destruir enzimas, principalmente en los vegetales, que catalizan determinadas reacciones de degradación. La enzima que se toma como ejemplo para esta operación es la peroxidasa, proteína que cataliza la oxidación de varios aceptores de protones a costa de peróxidos de oxígenos molecular en su defecto. Podemos decir que es un tratamiento térmico de corta duración y temperaturas moderadas (95 a 100 °C). El escaldado siempre será una operación previa a otro proceso, es importante realizarlo como primer paso a una conserva (se sostiene de leyes en la industria de conservas alimentarias) es previo a la pasteurización, estas altas temperaturas hacen que en primer lugar se elimine gases ocluidos que se encuentran en tejidos de diversos productos. El escaldado también disminuye el número de microorganismos presentes en la superficie de los alimentos, intensifica el color verde de las hortalizas y mantiene el color en las frutas.

La forma más común de efectuar este tratamiento térmico es sumergiendo el producto contenido en una bolsa o en un canasto en un baño de agua hirviendo o en una olla que contenga una pequeña porción de agua formando una atmosfera de vapor saturado a alta temperatura. En un sistema más mecánico, se puede usar un túnel de vapor con cinta continua o un transportador de cadena que se sumerge en un baño de agua caliente. En ambos casos se usa un juego de duchas de agua para el enfriamiento.⁽¹⁵⁾

2.2.2.2. LA PASTEURIZACIÓN

La pasteurización consiste en calentar un producto a temperaturas que provoquen la destrucción de los microorganismos patógenos. El calentamiento va seguido de un enfriamiento para evitar la sobre cocción y la sobrevivencia de los microorganismos termófilos. Es un tratamiento térmico relativamente suave (temperaturas generalmente inferiores a 100°C), que se utiliza para prolongar la vida útil de los alimentos durante varios días o varios meses.

Este método que conserva los alimentos por inactivación de sus enzimas y destrucción de los microorganismos relativamente termosensibles (por ejemplo bacterias no esporuladas, levaduras y mohos), provoca cambios mínimos en el valor nutritivo y las características organolépticas del alimento en cuestión. La intensidad del tratamiento térmico y el grado de prolongación de su vida útil se hallan determinados principalmente por el pH del alimento. El objetivo principal de alimentos de baja acidez $\text{pH} < 4.5$ consiste en la destrucción de los microorganismos causantes de su alteración y la inactivación de sus enzimas. El procesado de los alimentos envasados, tanto de aquellos cuyo pH natural es bajo (por ejemplo, frutas) como de los que se acidifican artificialmente es semejante al enlatado.

Tabla 2.3. Tratamiento térmico (pasteurización).

Alimento	Objetivo Principal	Objetivo Secundario	Condiciones Mínimas de Tratamiento
Frutas	Inactivación enzimática (pectinesterasa y poligalacturonas).	Destrucción de gérmenes causantes de alteraciones (levaduras y hongos).	65 °C < x 30min 77 °C x 1min 88 °C x 15 s

Fuente: (Fellows, 1994).

La intensidad del tratamiento térmico requerido para estabilizar un alimento se halla determinada por el valor D del enzima o microorganismo más termorresistente presente en el mismo. Los parámetros de la pasteurización pueden establecerse para conseguir la máxima retención en el valor nutritivo y las características organolépticas. Para ello deben utilizarse tratamientos a elevadas temperaturas durante tiempos cortos (HTST). Así por ejemplo, tratamientos de 88°C por 1" o 94°C x 0.1" o 100° por 0. 01. Como la pasteurización es un tratamiento térmico relativamente suave, los cambios sobre las características organolépticas y el valor nutritivo de los alimentos pasteurizados son poco importantes, incluso cuando aquella se combina con otras operaciones unitarias (como la irradiación o la refrigeración). (Fellows, 1994).

2.2.2.3. ESTERILIZACIÓN

La esterilización es un tratamiento más drástico, que elimina mayor número de microorganismos. Se logra empleando equipos más complejos como un autoclave en procesos discontinuos o intercambiadores de calor a placas en procesos continuos, donde por la sobrepresión que se alcanza, la temperatura puede ascender a niveles superiores a los de ebullición del agua a condiciones de medio ambiente.

Actualmente se dispone del método UHT, que permite una eliminación de microorganismos (m.o.) muy cercana al 100%, debido a la alta velocidad del proceso y al alto nivel de temperatura empleado. ⁽¹⁵⁾

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

En la antigüedad se preparaban las mermeladas exclusivamente con membrillo y miel de abeja, de donde derivó su nombre, proveniente del latín "melimelum", que significa membrillo. En la actualidad el concepto de mermelada se refiere al producto gelificado que combina esencialmente frutas y azúcar que por medio de cocción y concentración, alcanzan un sabor agradable y por el alto contenido final de azúcares se conservan fácilmente.

Producto que es el resultado de convertir la pulpa del fruto por la acción del calor, mediante cocción y concentración, agregándole, además, determinadas proporciones de agentes edulcorantes, gelificantes, acidificantes y otros aditivos que permita la legislación en cuanto a calidad y cantidad.

La elaboración de esta clase de productos, consiste en una rápida concentración de la fruta mezclada con azúcar hasta llegar al contenido de azúcares de 65%, que corresponde a un contenido en sólidos solubles de 68°Brix. Si todas las frutas tuviesen iguales características en lo que se refiere a gusto, aroma, consistencia, etc., la preparación de mermeladas sería una operación sencilla y simple, pero como quiera que las proporciones en ácido y pectina varían según la especie, la variedad e incluso el estado de madurez del fruto, no es, por tanto posible atenerse a unas normas rígidas en la elaboración. Las mermeladas representan un método popular para conservar una gran variedad de frutas y hortalizas. La elaboración de mermeladas sigue siendo uno de los métodos más populares para la conservación de frutos.

2.3.1. FACTORES IMPORTANTES PARA OBTENER UNA BUENA GELIFICACIÓN

Los factores básicos para la elaboración de la mermelada son: la formación de un gel estable, la concentración adecuada de fruta y azúcares y la obtención de un producto que no presente cristalización ni sinéresis (Ramírez, 2000).

Los tres factores que controlan la formación del gel son:

- 1) Tipo y cantidad de agente gelificante (generalmente es pectina),
- 2) Concentración de azúcar
- 3) pH.

Estos factores deben ser equilibrados para obtener un gel en condiciones óptimas. Por ejemplo, una reducción en el nivel de azúcar determina una estructura más débil al igual que un pH superior a 3.5. Mientras que un pH inferior a 2.9 aumenta la fortaleza

del gel aunque provoca también una tendencia hacia la sinéresis (separación del líquido libre del producto).

Es evidente que la fabricación de un producto que está sujeto a un número elevado de factores variables tiene que estar expuesto a errores. Aún en una producción controlada muy minuciosamente, algunas veces se producen defectos. No resulta siempre válido para determinar las causas de los defectos que se producen en la preparación de mermelada, el retornar a su origen, particularmente si los motivos del fracaso han sido ocasionados por más de un factor.

Técnicos experimentados pueden diagnosticar frecuentemente el defecto sin una investigación extensiva. Sin embargo, es más prudente apoyar el diagnóstico basándose en hechos obtenidos por medios más científicos. Los principales factores que se deben de evaluar cuando se tienen productos defectuosos son: contenido en sólidos solubles, acidez, valor del pH, porcentaje de inversión, grado de gelatinización, color y sabor.

Aparte de la apreciación del sabor y el color, que son, en cierto modo, de naturaleza subjetiva, los números obtenidos podrán, en muchos casos, dar valores que servirán de guía para averiguar las fallas en la elaboración.

2.3.2. DEFECTOS EN LAS MERMELADAS

Los principales defectos que puede presentar de una mermelada son (Rauch, 1987):

a) Mermelada poco firme que se debe a:

- Cocción prolongada que causa la hidrólisis de la pectina, dando lugar a un producto de consistencia como de jarabe.
- Una acidez demasiado alta que rompe el sistema reticular de la mermelada, causando sinéresis (sangrado).

- Una acidez demasiado baja que perjudica a la capacidad de gelatinización de la pectina y frecuentemente impide la formación de gel.
- La fruta contiene “tampones” en forma de sales minerales naturales. Estas sales retrasan y si se encuentran en proporciones elevadas, impiden por completo la gelatinización.
- La carencia general de pectina en la fruta o pulpa de fruta.
- Demasiada azúcar con relación a la pectina. Fórmula mal equilibrada.
- Un excesivo enfriamiento antes del envasado origina el fenómeno referido frecuentemente como “ruptura del gel”.

b) Sinéresis (“llorar o sangrar”) causado por:

- Acidez demasiado elevada.
- Deficiencia en pectina.
- Exceso de agua (demasiado baja en sólidos).
- Exceso de azúcar invertido.

c) Cambio de color causado por:

- Cocción prolongada: provoca la caramelización del azúcar o afecta a la clorofila volviéndola parda.
- Insuficiente enfriamiento después del envasado. Se observa frecuentemente cuando se llenan envases grandes en una sola operación.
- Utilización de pulpa descolorida.

- Contaminación con metales. Los fosfatos de magnesio y potasio, los oxalatos u otras sales insolubles de estos metales producen enturbiamiento. El estaño, el hierro y sus sales pueden originar un aspecto lechoso u oscurecimiento.
- Causas biológicas. Los daños mecánicos o una madurez excesiva causan el pardeamiento de un gran número de variedades de fruta.

d) Cristalización causada por:

- Una acidez demasiado elevada provoca una excesiva inversión de azúcar, dando lugar a la granulación de la dextrosa.
- Una acidez demasiado baja provoca la cristalización de la sacarosa.
- Una prolongada cocción es causa de una inversión excesiva.
- La permanencia de la mermelada en las pailas después de ebullición da lugar a una inversión excesiva, provocando la granulación de la dextrosa.

e) Endurecimiento o encogimiento de la fruta en la mermelada causado por:

- El someter a ebullición la fruta o piel en jarabes concentrados con insuficiente precocción. Si la piel o la fruta son demasiado duras no son capaces de absorber el azúcar.
- Fruta o piel precocidas en agua de elevada dureza.

f) Desarrollo de hongos y crecimiento de levaduras causado por:

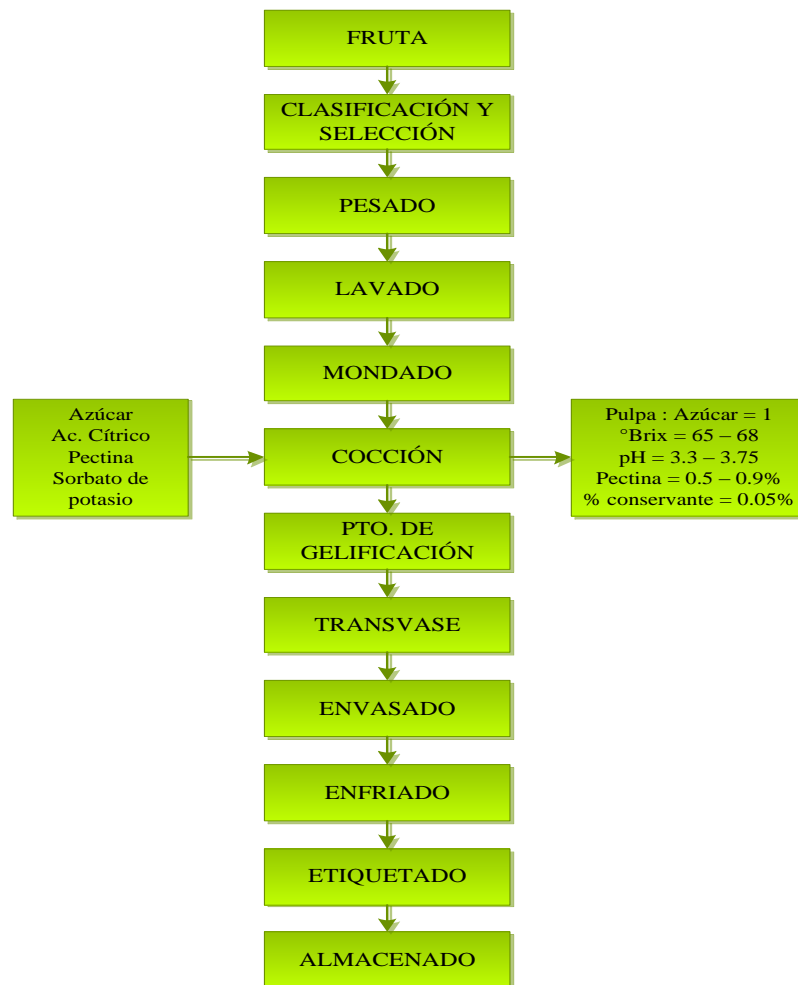
- Humedad excesiva en el almacén donde se guarda la mermelada.
- Contaminación anterior al cierre de los botes o tarros.
- Bajo contenido en sólidos solubles del producto.

- Contaminación de las películas o membranas utilizadas como tapas de los tarros.
- Mermelada poco firme (los fermentos pueden crecer en las mermeladas poco firmes).

2.3.3. PROCESO DE ELABORACIÓN

Los procesos tecnológicos principales que se llevan a cabo en la elaboración de mermelada se muestran en la figura 2.5.

Figura 2.7. Diagrama de flujo de mermeladas



Fuente: Centro de Investigación, Educación y Desarrollo CIED, Perú.

Las características de cada una de estas etapas se describen a continuación:

a) Fruta: Lo primero a considerar es la fruta, que será tan fresca como sea posible. Con frecuencia se utiliza una mezcla de fruta madura con fruta que recién ha iniciado su maduración y los resultados son bastante satisfactorios.

La fruta demasiado madura no resulta apropiada para preparar mermeladas, ya que no gelificara bien.

b) Selección: para la elaboración de estos productos se deben escoger los frutos maduros, sin pudrición, que tengan buen color; no importando su tamaño, por lo que se separa la fruta podrida.

c) Pesado: Es importante para determinar rendimientos y calcular la cantidad de los otros ingredientes que se añadirán posteriormente.

d) Lavado: los frutos se deben lavar enteros para eliminar la tierra, arena y residuos de productos antiparasitarios.

e) Mondado (acondicionado): en esta etapa se eliminan las porciones de fruta no aptas para el proceso. Además, se efectúan operaciones como de pelado y deshuesado, entre otras.

f) Cocción de la mezcla: es la operación que tiene mayor importancia sobre la calidad de la mermelada; por lo tanto requiere de mucha destreza y práctica de parte del operador. El tiempo de cocción depende de la variedad y textura de la materia prima. Al respecto un tiempo de cocción corto es de gran importancia para conservar el color y sabor natural de la fruta y una excesiva cocción produce un oscurecimiento de la mermelada debido a la caramelización de los azúcares.

La cocción puede ser realizada a presión atmosférica en pailas abiertas o al vacío en pailas cerradas. En el proceso de cocción al vacío se emplean pailas herméticamente cerradas que trabajan a presiones de vacío entre 700 a 740

mmHg., el producto se concentra a temperaturas entre 60 – 70°C, conservándose mejor las características organolépticas de la fruta.

- g) Punto de gelificación:** Finalmente la adición de la pectina se realiza mezclándola con el azúcar que falta añadir, evitando de esta manera la formación de grumos. Durante esta etapa la masa debe ser removida lo menos posible. La cocción debe finalizar cuando se haya obtenido el porcentaje de sólidos solubles deseados, comprendido entre 65-68%. Para la determinación del punto final de cocción se deben tomar muestras periódicas hasta alcanzar la concentración correcta de azúcar y de esta manera obtener una buena gelificación.
- h) Trasvase:** Una vez llegado al punto final de cocción se retira la mermelada de la fuente de calor, y se introduce una espumadera para eliminar la espuma formada en la superficie de la mermelada. Inmediatamente después, la mermelada debe ser trasvasada a otro recipiente con la finalidad de evitar la sobrecocción, que puede originar oscurecimiento y cristalización de la mermelada. El trasvase permitirá enfriar ligeramente la mermelada (hasta una temperatura no menor a los 85°C), la cual favorecerá la etapa siguiente que es el envasado.
- i) Envasado y enfriamiento:** Es la operación de llenado del envase con el producto terminado. El producto envasado debe ser enfriado rápidamente para conservar su calidad y asegurar la formación del vacío dentro del envase.
- j) Etiquetado:** es la operación de identificar al producto con su etiqueta respectiva, en donde previamente va impreso el nombre, marca, fabricante, entre otros.
- k) Empacado y almacenado:** consiste en la colocación del producto envasado y etiquetado en cajas de cartón corrugado o cualquier otro material, con el fin de almacenarlo. El lugar almacenaje debe estar limpio, ventilado, seco y con temperatura controlada. ⁽²¹⁾

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS EMPAQUES

El objetivo de todos los envases es llevar un producto al consumidor final en óptimas condiciones, a través de las diferentes etapas del proceso (empacado, almacenamiento, transporte, comercialización y uso), sin que el producto sufra daño alguno.

2.4.1. EMPAQUES FLEXIBLES

Cada día ganan más popularidad entre los fabricantes de alimentos y sus consumidores. Los empaques flexibles pueden mantener los alimentos más frescos durante un mayor tiempo y, al mismo tiempo, son más fáciles de utilizar.

El polietileno de alta y de baja densidad (PEHD, PE-LD), el polipropileno (PP), el cloruro de polivinilo (PVC), el poliestireno (PS) y la lámina de poliéster (PET) forman un grupo fuerte de los materiales de envase y embalaje. ⁽¹⁷⁾

2.4.1.1. TIPOS DE PLÁSTICOS QUE SE EMPLEAN EN EL ENVASADO DE ALIMENTOS

El polipropileno es similar al polietileno, pero con un gran nivel de brillo y claridad. Presenta una mayor fuerza en sus propiedades de durabilidad que las películas de polietileno. El poliéster se conoce en los Estados Unidos como Mylar, su permeabilidad a los gases es escasa; pero, frente al vapor de agua es ligeramente más elevada que el polietileno de baja resistencia. En este caso, se produce una pérdida de resistencia cuando se efectúa el cierre térmico. El polietileno es un polímero sin olor y sabor. Viene en diferentes grados de densidad. Presenta buenas propiedades como barrera a la humedad. ⁽¹⁷⁾

2.4.2. EL VIDRIO EN EL ENVASADO DE ALIMENTOS

Los dos tipos de envases de vidrio más utilizados en la alimentación son las botellas de vidrio con cuello estrecho y los tarros de vidrio de cuello ancho.

Aunque en el pasado se utilizaron cierres también de vidrio conjuntas de goma y con cierres de muelle metálico (para líquidos que necesitan un cierre a presión como las bebidas carbonatadas), actualmente los cierres suelen ser de otros materiales (metal, plástico, etc.)

2.4.2.1. VENTAJAS DEL ENVASADO DE ALIMENTOS EN VIDRIO.

Las ventajas del envasado de alimentos y bebidas en vidrio son las siguientes:

- a) **Transparencia:** Los consumidores desean en muchos casos ver el producto.
- b) **Color:** es posible tener vidrio de diversos colores, según el tipo de materias primas utilizadas en su fabricación. También se pueden fabricar en cantidades menores, vidrios de colores especiales.
- c) **Impermeabilidad:** a efectos prácticos el vidrio se considera impermeable en el envasado de alimentos y bebidas.
- d) **Integridad química:** el vidrio es químicamente o inerte a todos los alimentos (sólidos y líquidos). No transmite ningún olor.
- e) **Diseño flexible:** se pueden utilizar muchas formas y volúmenes para realzar el producto e identificar la marca.
- f) **Procesable por calor:** el vidrio es estable al calor, lo que le hace adecuado en los procesos de envasado en caliente de alimentos y bebidas, y en los procesos de pasteurización y esterilización de los productos ya envasados y cerrados.
- g) **Fácil apertura:** la rigidez del vidrio ayuda a que el envase pueda ser abierto con facilidad y reduce el riesgo de cierres defectuosos en comparación con los envases de plástico.

Sin embargo, para que el producto se mantenga bien en el envase, el sistema de cierre por rosca debe ser resistente durante el procesado y la distribución posterior.

- h) Higiene:** Las superficies de vidrio se pueden lavar y secar fácilmente antes del llenado del producto en el envase. El vidrio es un material muy higiénico.
- i) Beneficios para el medio ambiente:** Los envases de vidrio se pueden reutilizar y reciclar. También se ha conseguido reducir mucho el peso de los envases. ⁽¹⁷⁾

3.1. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo de investigación se realizó en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. En las instalaciones del Laboratorio Taller de Alimentos se llevó a cabo la parte experimental de procedimientos y formulaciones; la determinación de °Brix, pH y viscosidad en el Laboratorio de Operaciones Unitarias

Los análisis fisicoquímicos de la materia prima (pulpa) y del producto final obtenido, como también el análisis microbiológico de la conserva, se realizaron en el Laboratorio Centro de Análisis Investigación y Desarrollo "CEANID".

3.2. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, MATERIALES, MATERIA PRIMA E INSUMOS

Para desarrollar la parte experimental del trabajo, se utilizó diferentes equipos, instrumentos y materiales de laboratorio.

3.2.1. EQUIPOS

A continuación, se describen cada uno de ellos explicando sus funciones, utilidades y especificaciones técnicas.

a) **Balanza analítica digital:**

En la figura 3.1, se muestra la balanza digital que se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos; para la determinación y control del peso de los ingredientes e insumos.



Fig. 3.1. *Balanza Analítica digital*

Sus especificaciones técnicas son:

Marca: METTER TOLEDO

Modelo: PB1502

Fuerza electromotriz: 8-14,5 V

Rango de precisión: 0.1 g

Capacidad máxima: 1510 g

Capacidad mínima: 0.5 g

Peso aproximado: 3.5 kg

Industria: Española

b) Balanza electrónica:

En la figura 3.2, se muestra la balanza electrónica que se utilizó para el pesado de las materias primas e insumos en el procesado y producto final.



Fig. 3.2. *Balanza electrónica*

Sus especificaciones técnicas son:

Marca: CAMRY

Modelo: EK5055

Fuerza electromotriz: 9 V

Capacidad máxima: 5 kg

Capacidad mínima: 1 g

c) Licuadora manual:

La licuadora manual fue utilizada para llevar los trozos de pulpa a partículas pequeñas. Este equipo está provisto por aspas metálicas accionadas por un motor eléctrico. En la figura 3.3 se puede ver el modelo de la misma.



Fig. 3.3. *Licuadora manual*

Especificaciones técnicas:

Marca: PHILIPS

Modelo: HR2011, HR2010

Capacidad máxima: 1.25 litros

d) Cocina de dos hornallas:

La precocción, cocción y la concentración del lacayote y de la mermelada, fueron realizadas en una cocina de gas licuado de petróleo, de dos hornallas. También se usó la misma para la esterilización de los envases.



Fig. 3.4. *Cocina*

e) **Viscosímetro RAYPA-RP-1-R:**

La figura 3.5 nos muestra el modelo del viscosímetro utilizado para determinar la viscosidad de la mermelada.



Fig. 3.5. *Viscosímetro RAYPA-RP-1-R*

Especificaciones técnicas:

Varilla dentada,

Husillo R2 a R7, con soporte de husillo

Sensor de temperatura,

Cable de alimentación

f) **Refractómetro digital de ABBE COMECTA-WYA-S:**



Fig.3.6. *Refractómetro digital*

En la figura 3.6 se muestra el tipo de refractómetro usado para medir el índice de refracción y de esta manera determinar la concentración de sólidos solubles (°Brix) en cada una de las muestras del diseño experimental.

g) pHmetro de bolsillo



Fig.3.7. *pHmetro de bolsillo*

El pH-metro de la figura 3.7 se utilizó para medir y controlar el pH,

El pHmetro de la figura 3.7, fue el instrumento empleado para medir el pH durante el proceso de elaboración de la mermelada. Aunque el diseño y la sensibilidad de los pHmetros es variable, sus componentes esenciales son un electrodo de vidrio, un electrodo de referencia y un voltímetro calibrado para poder leer directamente en unidades de pH.

h) Refractómetro de bolsillo

Un refractómetro para medir los °Brix. Marca: ATAGO, Modelo: N-4E, Peso aproximado: 300 g, Rango: 0-65 °Brix., Industria: Japonesa



Fig.3.8. *refractómetro de bolsillo*

3.2.2. MATERIAL DE LABORATORIO

Los materiales que se utilizaron para el trabajo experimental en la operación de elaboración de mermelada de lacayote, son los que se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Descripción del material de laboratorio

Material	Característica	Calidad	Cantidad
Cuchillo	25 cm	Acero inoxidable	1
Bandeja	mediana	Plástico	1
Jarra volumétrica	1000 ml	Plástico	1
Ollas	Medianas	Acero inoxidable	2
Tabla de picar	Mediana	Madera	1
Paletas	Grande e mediana	Madera	2
Espátula	Mediana	Plástico	1
Cucharillas	Medianas	Acero inoxidable	2
Vaso	250 ml	Plástico	1
Termómetro	(0-105)°C	Vidrio	1

Fuente: Elaboración propia

Los equipos y materiales, como también los reactivos necesarios, que se usaron para la determinación de los parámetros fisicoquímicos de la materia prima y el producto final como ser acides, azucares totales, azucares reductores, contenido de macronutrientes, etc. se nombran en el ANEXO VI (referencia sobre los métodos de análisis)

Para la determinación de los parámetros físicos como ser peso promedio se usó la balanza electrónica de la figura 3.2, y para la determinación del tamaño promedio una cinta métrica.

3.2.3. MATERIA PRIMA E INSUMOS



Lacayote



Azúcar



Canela



Pectina



Ácido cítrico



Clavo de olor

ESPECIFICACIONES DEL LACAYOTE:

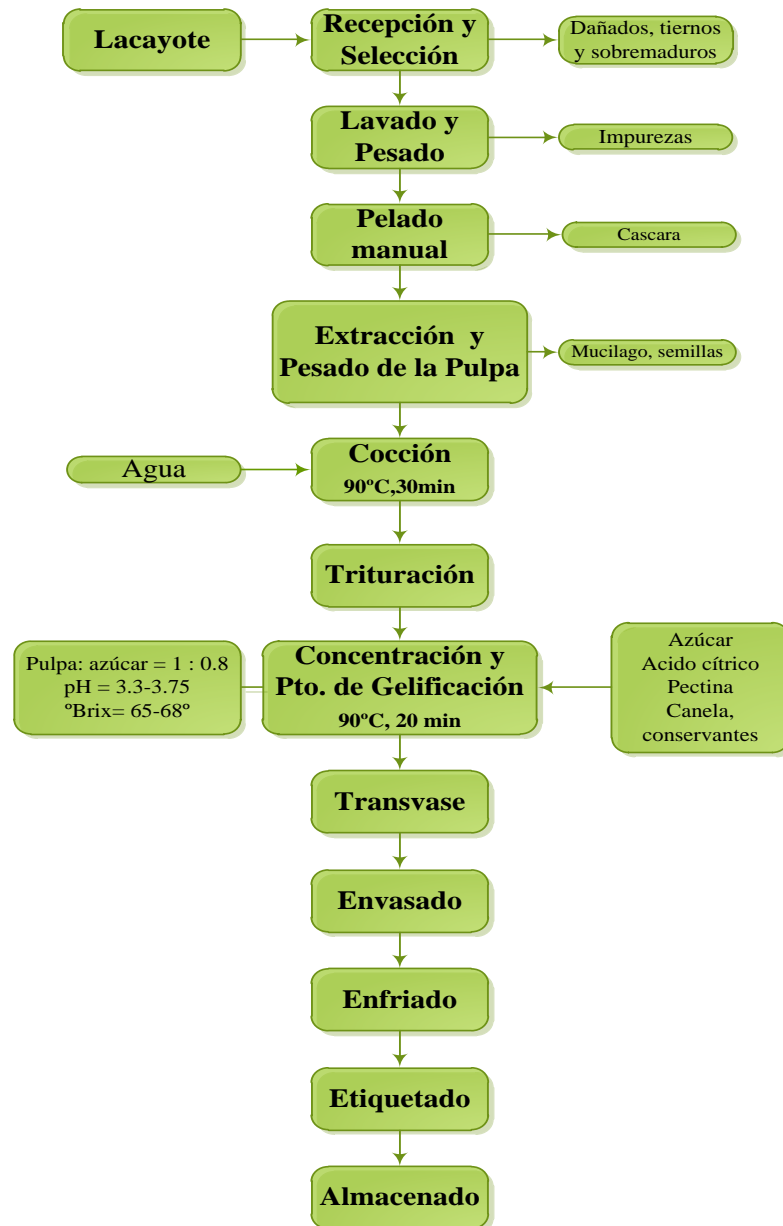
El Lacayote (*Cucurbita ficifolia* Bouché), fue producido en la localidad de Padcaya; Provincia Arce. El cultivo se realiza en diciembre del año 2012 junto con el maíz y se cosecho los últimos frutos en junio del 2013.

La recolección de lacayote (*Cucurbita ficifolia* B.) se realizó en sus tres estados de madurez (tiernos, semi-maduros y maduros) ya que el mismo es climatérico. Por el espesor de la corteza del lacayote que sirve como barrera impenetrable para cualquier tipo de contaminación o enfermedad producida por microorganismos, el almacenamiento se realiza a temperatura ambiente.

3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE MERMELADA DE LACAYOTE

En la figura 3.9, se muestra cada una de las etapas que se llevó a cabo para la obtención de la mermelada de lacayote

Figura 3.9: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de mermelada de lacayote



Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Recepción y Selección.

Se procedió a realizar los análisis físicos y fisicoquímicos de la materia prima (lacayote). Los frutos de lacayote deben tener cualidades óptimas de maduración, color, textura y estado sanitario. En las figuras 3.10, 3.11 y 3.12 se observan los estados de madures del fruto.



Fig. 3.10: *L. verde*



Fig. 3.11: *L. maduro*



Fig. 3.12: *L. sobremaduro*

El fruto recolectado fue sometido a un proceso de selección, ya que la calidad de la mermelada depende del mismo. En esta operación se descartan todos aquellos lacayotes que se encuentren en estado tierno y sobremaduro o que a su vez presenten daños físicos y microbianos en su corteza.



Fig. 3.13: *Lacayotes recolectado*

En la determinación de las propiedades físicas del fruto como ser peso, tamaño, porción comestible, etc. se tomaron para dicha operación diez frutos.

Después de la determinación del peso en una balanza, se procedió a tomar las medidas de largo y ancho del fruto, para lo cual se colocó el fruto en una mesa, que en cuya superficie tenia adherida una cinta métrica; los valores del largo y ancho del fruto se expresaron en cm.

3.3.2. Lavado y Pesado

Lavado: Se realiza con la finalidad de eliminar cualquier tipo de partículas extrañas, suciedad y restos de tierra que pueda estar adherida a la fruta.

Esta operación se llevó a cabo por inmersión en agua potable, y con ayuda de cepillos plásticos de forma manual.



Fig.3.14: *Lavado*

Pesado: el pesado es importante para determinar rendimientos y calcular la cantidad de azúcar e insumos que se añadirán posteriormente en el proceso de cocción y concentración.

3.3.3. Pelado Manual

El pelado se realizó, empleando cuchillos de acero inoxidable como se muestra en la fig.3.15; a nivel industrial se puede realizar de forma mecánica con máquinas.



Fig.3.15: *Pelado*

3.3.4. Extracción y Pesado de la Pulpa

El lacayote pelado se cortó en 2 partes como se muestra en la figura 3.16, para facilitar la remoción del mucílago que contiene a las semillas.



Fig.3.16: *cortado*

Posteriormente se procedió al pesado de la cáscara, mucilagos y semillas en una balanza de precisión.

Las mitades se cortaron en cubos de aproximadamente dos centímetros de lado, con cuchillos de acero inoxidable.



Fig.3.17: *Troceado en cubos*

3.3.5. Cocción y triturado

Este proceso de cocción es importante para romper las membranas celulares del lacayote para facilitar su digestión y extracción de la pectina. Si fuera necesario se añade agua para evitar que se queme el producto.

La pulpa se calentó hasta que comenzó a hervir. Después se mantuvo la ebullición a fuego lento y suave, hasta que el lacayote estuvo completamente blando.

Se retiró de la fuente de calor y con la ayuda de hielo se bajó la temperatura hasta 25°C, como mínimo para posteriormente proceder a la trituración.



Fig.3.18: *cocción*

Se redujo el tamaño de las partículas de pulpa con la ayuda de una licuadora, hasta averiguar el gusto y preferencia por el consumidor.

3.3.6. Concentración y Punto de Gelificación

Una vez que el producto está en la etapa de concentración a presión atmosférica y el volumen se haya reducido en un tercio, se procedió a añadir el ácido cítrico y la mitad del azúcar en forma directa. La cantidad total de azúcar a añadir en la formulación se calculó teniendo en cuenta la cantidad de pulpa obtenida. No debe añadirse el azúcar hasta que la fruta aparezca blanda y deshecha.



Fig.3.19: *Concentración*

Se coció esta mezcla inicial por 10 min pasado este período, se adicione el resto de azúcar, la pectina y demás insumos como ser canela, evitando la formación grumos. Durante esta etapa la masa debe ser removida lo menos posible.

La cocción finaliza cuando se haya obtenido el porcentaje de solidos solubles deseados, comprendido entre 65-68%. Para la determinación del punto final de concentración se tomaron muestras periódicas hasta alcanzar la concentración correcta y de esta manera obtener una buena gelificación.

Una vez alcanzado el punto de gelificación se agrega el conservante. El porcentaje de conservante a agregar no debe exceder al 0.05% del peso de la mermelada. En este caso se utilizó como conservante natural la canela y el clavo de olor.

3.3.7. Transvase

Una vez llegado al punto final de gelificación se retira la mermelada de la fuente de calor. Inmediatamente después, la mermelada debe ser trasvasada a otro recipiente con la finalidad de evitar la sobrecocción, que puede originar oscurecimiento y cristalización de la mermelada.

El trasvase me permitirá enfriar ligeramente la mermelada (hasta una temperatura no menor a los 85°C), la cual favorecerá la etapa siguiente que es el envasado.



Fig.3.20: *Trasvase*

3.3.8. Envasado

Este proceso reduce las posibilidades de contaminación y de crecimiento de los microorganismos, que se encuentran en el ambiente. Es necesaria la correcta selección del envase en que se pretende comercializar el producto.

El envasado se realizó en caliente a una temperatura no menor a 85°C en recipientes de vidrio esterilizados. Esta temperatura mejora la fluidez del producto durante el llenado y a la vez permite la formación de un vacío adecuado dentro del envase por efecto de la contracción de la mermelada una vez enfriada.

En este proceso se puede utilizar una jarra con pico que permita llenar con facilidad los envases, evitando que se derrame por los bordes. En el momento del envasado se deben verificar que los recipientes no estén rajados, ni deformes, limpios y desinfectados.

El llenado se realiza hasta el ras del envase, se coloca inmediatamente la tapa y se procede a voltear el envase con la finalidad de esterilizar la tapa. En esta posición permanece por espacio de 3 minutos y luego se voltea cuidadosamente.



Fig.3.21: *Envasado*

Esterilización de los envases de vidrio:

En un recipiente metálico con agua a ebullición, se esterilizo los envases de vidrio (frascos) con sus respectivas tapas metálicas. Ya que el tiempo depende del tamaño del envase fue (10 min), pequeños para el envasado de 300 gr de producto terminado.

Riesgo: Se debe cuidar muy bien este punto; se inspeccionan los envases antes de usarlos y se exigirá asimismo que la hojalata esté bien estañados y que el cierre sea perfecto y sin fallas. Si los envases no son lavados y esterilizados, dentro de poco tiempo la conserva de este producto no servirá, por la carga microbiana que se desarrollara.

3.3.9. Enfriado

El producto envasado fue sometido a un enfriamiento rápido para conservar su calidad y asegurar la formación del vacío dentro del envase.

Al enfriarse el producto, ocurrirá la contracción de la mermelada dentro del envase, lo que viene a ser la formación de vacío, que es el factor más importante para la conservación del producto.

El enfriado se realizó con chorros de agua fría, que a la vez nos permite realizar la limpieza exterior de los envases de algunos residuos de mermelada que se hubieran botado.



Fig.3.22: *Enfriado*

3.3.10. Etiquetado

El etiquetado constituye la etapa final del proceso de elaboración de mermelada. En la etiqueta se incluye toda información sobre el producto.



Fig.3.22: *Etiquetado*

3.3.11. Almacenado

El producto fue almacenado en un lugar fresco, limpio y seco; a fin de garantizar su conservación.

3.4. METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

En el desarrollo del trabajo de investigación como control de calidad, los datos que se determinaron por (medición, cálculo y análisis) son las propiedades físicas, fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas en la materia prima y el producto terminado. Los principales factores que se evaluaron en el producto son: contenido en sólidos solubles, acidez, valor del pH, porcentaje de inversión, apariencia, aroma, color, sabor y consistencia.

3.4.1. PROPIEDADES FÍSICAS EN LA MATERIA PRIMA:

En la tabla 3.2 y 3.3, se muestran los parámetros físicos que se determinaron en la materia prima, tomando como muestras 10 lacayotes; realizado en el Laboratorio Taller de Alimentos dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología “UAJMS”

Tabla 3.2
Características físicas del Lacayote en estado maduro

Muestras	Masa (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	L/A	Masa cascara (gr)	Masa semillas (gr)	Masa mucílago + agua (gr)	PC (%)
1	m ₁	L ₁	A ₁	(L/A) ₁	mc ₁	ms ₁	W ₁	PC ₁
2	m ₂	L ₂	A ₂	(L/A) ₂	mc ₂	ms ₂	W ₂	PC ₂
3	m ₃	L ₃	A ₃	(L/A) ₃	mc ₃	ms ₃	W ₃	PC ₃
4	m ₄	L ₄	A ₄	(L/A) ₄	mc ₄	ms ₄	W ₄	PC ₄
5	m ₅	L ₅	A ₅	(L/A) ₅	mc ₅	ms ₅	W ₅	PC ₅
6	m ₆	L ₆	A ₆	(L/A) ₆	mc ₆	ms ₆	W ₆	PC ₆
7	m ₇	L ₇	A ₇	(L/A) ₇	mc ₇	ms ₇	W ₇	PC ₇
8	m ₈	L ₈	A ₈	(L/A) ₈	mc ₈	ms ₈	W ₈	PC ₈
9	m ₉	L ₉	A ₉	(L/A) ₉	mc ₉	ms ₉	W ₉	PC ₉
10	m ₁₀	L ₁₀	A ₁₀	(L/A) ₁₀	mc ₁₀	ms ₁₀	W ₁₀	PC ₁₀

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3
Valores promedio de los parámetros físicos del lacayote

Detalle	Rango	Media
Masa del lacayote (gr)	$V_{\min} - V_{\max}$	$\sum m/n$
Largo (cm)	$V_{\min} - V_{\max}$	$\sum L/n$
Ancho (cm)	$V_{\min} - V_{\max}$	$\sum A/n$
Relación entre largo y ancho (L/A)	$V_{\min} - V_{\max}$	$\sum (L/A)/n$
Masa de la cascara	$V_{\min} - V_{\max}$	$\sum mc/n$
Masa de las semillas	$V_{\min} - V_{\max}$	$\sum ms/n$
Masa de mucilago más agua	$V_{\min} - V_{\max}$	$\sum w/n$
Porción comestible (%)	$V_{\min} - V_{\max}$	$\sum PC/n$

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN LA MATERIA PRIMA

Los parámetros de control de calidad fisicoquímicos que se llevaron a cabo se muestran en la Tabla 3.4; realizado en el CEANID, Centro de Análisis Investigación y Desarrollo; dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología “UAJMS”

Tabla 3.4

Determinación de las propiedades fisicoquímicas del lacayote (*)

Parámetro	Unidad
Ceniza	%
Fibra	%
Materia grasa	%
Hidratos de carbono	%
Humedad	%
Proteína totales	%
Valor energético	Kcal/100g

Fuente: Elaboración personal; CEANID, 2013

(*) En estado fresco

3.4.3. CONTROL DE CALIDAD EN EL PRODUCTO FINAL

a) PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

En la tabla 3.5, se muestran los parámetros para la determinación de las propiedades fisicoquímicas del producto final (mermelada de lacayote); realizado en el Laboratorio CEANID, Centro de Análisis Investigación y Desarrollo; dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología “UAJMS” de manera personal.

Tabla 3.5.

Determinación de las propiedades fisicoquímicas del producto

Parámetro	Unidades
pH	
Viscosidad	cp
Sólidos totales	%
Ácidos	%
Agua	%
E. Etéreo	%
Cenizas	%
Proteína totales	%
Fibra	%
Hidratos de carbono	%
Valor energético	Kcal/100g
Azúcares totales	%
Azúcares reductores	%

Fuente: Elaboración personal; CEANID, 2014

b) ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

El análisis microbiológico fue realizado en el Laboratorio CEANID, Centro de Análisis Investigación y Desarrollo; dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología “UAJMS”. En la tabla 3.6, se muestran los análisis microbiológicos realizados al producto terminado mermelada de lacayote

Tabla 3.6**Análisis microbiológicos del producto terminado (mermelada)**

Indicadores	Unidades
Coliformes totales	NMP/g
Mohos y levaduras	Ufc/g
Escharichia coli	Ufc/g

Fuente: CEANID, 2014

3.4.4. ANÁLISIS SENSORIALES DEL PRODUCTO

La evaluación sensorial es una valiosa técnica para resolver los problemas relativos a la aceptación de los alimentos es útil para mejorar el producto, para mantener la calidad, en elaboración de nuevos productos y en la investigación de mercados.

3.4.4.1. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES

En la evaluación sensorial para determinar la dosificación de ingredientes se formó un grupo de 30 jueces no entrenados a través de un test de escala hedónica (Anexo I.A.) para los atributos apariencia, color, sabor, aroma y consistencia.

3.4.4.2. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL PRODUCTO FINAL

Se realizó la evaluación sensorial del producto una vez determinada la muestra con mayor aceptación, mediante un test en escala hedónica de cinco puntos (Anexo I.B) para los atributos apariencia, color, sabor, aroma y consistencia.

3.4.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se entiende por diseño experimental aquel en que la investigan todas las posibles combinaciones de niveles de los factores en cada ensayo completo o réplica del experimento.

Para la realización del presente trabajo de investigación se aplicara un diseño factorial en la etapa de dosificación de ingredientes que consiste en un diseño de dos niveles de variación, según la Ecuación (3.1).

$$2^k \quad \text{Ecuación (3.1)}$$

Dónde:

2 = niveles

k = variables

3.4.5.1. DISEÑO FACTORIAL PARA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES Y TIEMPO PARA ALCANZAR EL PUNTO DE GELIFICACIÓN.

La dosificación de ingredientes y el tiempo es muy importante en la elaboración de la mermelada, si se quiere obtener una buena gelificación y un producto con sólidos solubles, acidez, valor del pH, y un porcentaje de inversión, requeridos para la conservación, color y sabor característicos de la mermelada.

Por lo tanto, en la operación de concentración del proceso de elaboración de la mermelada, se aplicó el diseño factorial, según la ecuación (3.2)

$$2^k = 2^3 = 8 \text{ tratamientos/muestras} \quad \text{Ecuación (3.2)}$$

En la Tabla 3.7, se determinan los niveles de variación de azúcar, ácido cítrico y el tiempo de gelificación en la etapa de concentración.

Tabla 3.7: Niveles de variación de azúcar, ácido cítrico y tiempo de gelificación

Factores	Nivel inferior (1)	Nivel superior (2)
Cantidad de Azúcar (A) gr	375	500
Tiempo de gelificación (B) min	7	8
Cantidad de Ac. Cítrico (C) gr	0.7	1.5

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3.8, se muestra el arreglo matricial de las variables de dosificación y tiempo de gelificación; en la operación de concentración para las muestras de mermelada a dos niveles.

Tabla 3.8

Arreglo factorial para el análisis de varianza de solidos solubles (°Brix) en los diferentes factores en estudio

Combinación de tratamientos	Y _i	Simbología
A bajo; B bajo; C bajo	Y ₁	1
A alto; B bajo; C bajo	Y ₂	a
A bajo; B alto; C bajo	Y ₃	b
A alto; B alto; C bajo	Y ₄	ab
A bajo; B bajo; C alto	Y ₅	c
A alto; B bajo; C alto	Y ₆	ac
A bajo; B bajo; C alto	Y ₇	bc
A alto; B alto; C alto	Y ₈	abc

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo como variable respuesta el contenido de solidos solubles (°Brix), de dos replicas como se expone en la Tabla 3.9

Tabla 3.9

Solidos solubles en los tratamientos

Cantidad de azúcar (FACTOR A) (g)	Tiempo de gelificación (FACTOR B) (min)			
	1		2	
	Ác. (FACTOR C) (g)		Ác. (FACTOR C) (g)	
	1	2	1	2
1	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁
	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂
2	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁
	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂

Fuente: elaboración propia

R₁: Replica I

R₂: Replica II

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La caracterización de la materia prima en el presente trabajo experimental fue realizada tomando en cuenta los siguientes aspectos:

4.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MATERIA PRIMA

En las Tablas 4.1 y 4.2 se muestran los resultados obtenidos de los parámetros físicos analizados en el Lacayote (*Cucúrbita Ficifolia Bouché*) en estado maduro, producido en la localidad de Padcaya provincia Arce. El muestreo se realizó al azar de manera aleatoria, tomando como tamaño de muestra 10 lacayotes (cosecha 2013).

Tabla 4.1. Características físicas del Lacayote en estado maduro

Muestras	Masa (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	L/A	Masa cascara (gr)	Masa semillas (gr)	Masa mucílago + agua (gr)	PC (%)
1	7040	33	22.3	1.48	1141	305	814	67.90
2	2420	22.8	16.8	1.36	417	115	287	66.16
3	2980	21.5	17.5	1.23	521	130	351	66.38
4	5240	28	20	1.4	912	215	661	65.88
5	5200	27.4	21.4	1.28	870	227	643	66.54
6	6098	29.99	19.76	1.52	1029	286	723	66.58
7	5239	28.59	17.23	1.66	858	241	618	67.22
8	6022	30.95	21.18	1.46	1015	279	695	66.97
9	7048	34.87	18.74	1.86	1155	317	792	67.88
10	5242	28.58	19.49	1.47	870	244	625	66.82

Fuente: Elaboración propia

PC: Porción comestible

En la tabla 4.2, se muestran los valores promedio de las características físicas del Lacayote en base a los resultados obtenidos de la tabla 4.1.

Tabla 4.2: Valores promedio de las características físicas del lacayote

Detalle	Rango	Media
Masa del lacayote (gr)	2420 - 7048	5252.9
Largo (cm)	21.5 - 34.87	28.568
Ancho (cm)	16.8 - 22.3	19.44
Relación entre largo y ancho (L/A)	1.23 - 1.86	1.472
Masa de la cascara	417 - 1155	878.8
Masa de las semillas	115 - 317	235.9
Masa de mucilago más agua	287 - 814	620.9
Porción comestible (%)	65.88 - 67.9	66.833

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA

El análisis proximal y valor energético del lacayote en estado maduro en base fresca fue realizado en el CEANID, el cual comprende la determinación de proteína bruta, grasa, cenizas, fibra bruta, humedad y la Kcal que aporta la porción comestible. En la tabla 4.3 se muestran los parámetros fisicoquímicos realizados en la misma

Tabla 4.3. Análisis fisicoquímicos de la materia prima

Parámetro	Unidad	Valor
Ceniza	%	1.03
Fibra	%	1.97
Materia grasa	%	0.05
Hidratos de carbono	%	1.61
Humedad	%	94.39
Proteína totales	%	0.95
Valor energético	Kcal/100g	10.69

Fuente: Elaboración propia; CEANID, 2013

* En base fresca

Se puede observar en la tabla 4.3, que el contenido de humedad en el lacayote maduro en base fresca es de 94.39 %, proteína total 0.95%, materia grasa 0.05%, hidratos de carbono 1.61%, fibra 1.97% y un valor energético 10.69 kcal/100g

4.2. DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES

Para determinar la dosificación de ingredientes en el proceso de elaboración de mermelada de lacayote, se realizaron las pruebas correspondientes al diseño experimental en el cual la cantidad de azúcar y ácido cítrico fueron las variables, manteniendo constante las cantidades de pectina y demás insumos en el proceso elaboración. En la tabla 4.4 se detallan claramente las formulaciones de las ocho muestras del diseño experimental realizado.

Tabla 4.4: Formulaciones de las muestras del diseño

COMPONENTES	MUESTRAS							
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈
Pulpa (gr)	500	500	500	500	500	500	500	500
Azúcar (gr)	375	500	375	500	375	500	375	500
Ac. Cítrico (gr)	0.7	0.7	1.5	1.5	0.7	0.7	1.5	1.5
Pectina (gr)	4	4	4	4	4	4	4	4
Canela (gr)	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
Clavo (gr)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
t _{cocción} (min)	45	45	45	45	45	45	45	45
t _{concentración} (min)	7	7	7	7	8	8	8	8

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES

Los resultados promedios de los atributos sensoriales de las ocho muestras puntualizadas en la tabla 4.5, fueron obtenidos de la evaluación sensorial realizada por veinte jueces no entrenados.

Tabla 4.5
Evaluación sensorial hedónica para determinar la dosificación de ingredientes

Muestras	Apariencia	Color	Aroma	Sabor	Consistencia
M ₁	6,4	6,15	6,5	6,6	6,8
M ₂	6	6,1	6,35	6,6	6,45
M ₃	6,55	6,65	7,3	6,75	6,8
M ₄	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05
M ₅	6,45	6,7	7,4	7,2	7,15
M ₆	7,2	7,05	7,65	7,35	7,35
M ₇	7,2	6,45	7,1	7,35	7,35
M ₈	7,35	6,95	7,4	7,35	6,95

Fuente: Elaboración propia

Los valores promedios de la tabla 4.5, son obtenidos de los (Anexo III.B.), (Anexo III.C), (Anexo III.D), (Anexo III.E.) y (Anexo III.F), que fueron expresados en porcentaje de aceptación de los diferentes atributos evaluados de las ocho muestras, mediante la ecuación Ec. (4.1).

$$\% = (np/nm)*100 \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Dónde:

np = Valor promedio del atributo evaluado.

nm = Máximo valor de la escala hedónica

En la tabla 4.6, se muestra los porcentajes promedio obtenidos del análisis sensorial de las nueve muestras evaluadas para determinar la dosificación de ingredientes.

Tabla 4.6

Evaluación sensorial porcentual para determinar la dosificación de ingredientes

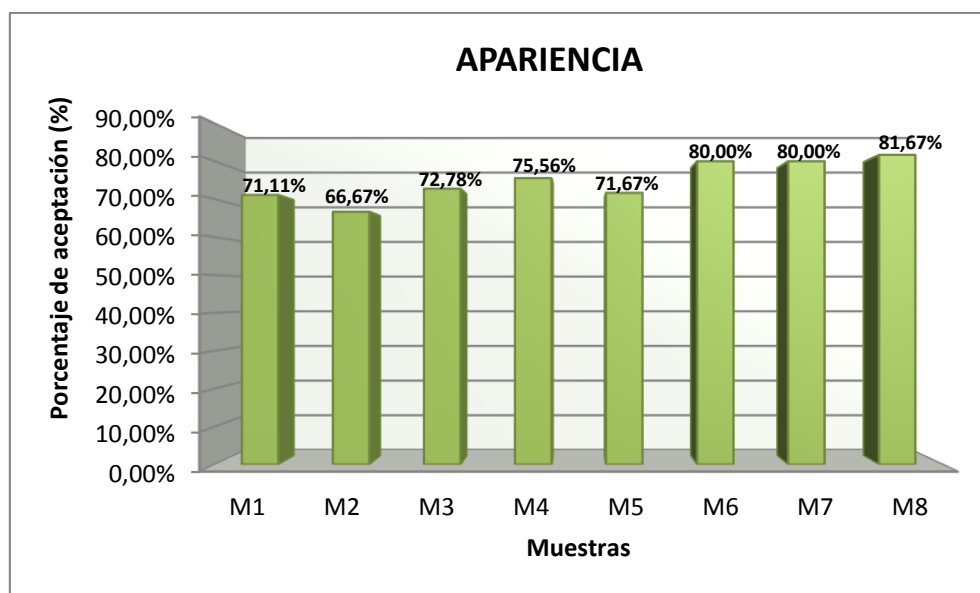
Muestras	Apariencia (%)	Color (%)	Aroma (%)	Sabor (%)	Consistencia (%)
M ₁	71,11	68,33	72,22	73,33	75,56
M ₂	66,67	67,78	70,56	73,33	71,67
M ₃	72,78	73,89	81,11	75,00	75,56
M ₄	75,56	73,33	73,33	73,33	78,33
M ₅	71,67	74,44	82,22	80,00	79,44
M ₆	80,00	78,33	85,00	81,67	81,67
M ₇	80,00	71,67	78,89	81,67	81,67
M ₈	81,67	77,22	82,22	81,67	77,22

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO APARIENCIA

En la figura 4.1, se muestra el porcentaje de aceptación del atributo apariencia, extraídos de la tabla 4.6, para las ocho muestras evaluadas de la mermelada de lacayote.

Fig. 4.1: Porcentaje de aceptación del atributo apariencia para determinar la dosificación de ingredientes



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.1, la muestra ($M_8 = 81.67\%$) tiene mayor aceptación por los jueces para el atributo apariencia, seguido de la muestra (M_7 y $M_6 = 80.00\%$) en escala porcentual en comparación a las muestras: ($M_4 = 75.56\%$), ($M_3 = 72.78\%$), ($M_5 = 71.67\%$), ($M_1 = 71.11\%$) y ($M_2 = 66.67\%$) que son menores.

4.2.1.1.1. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO APARIENCIA PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES

En la tabla 4.7, se observa el análisis de varianza del atributo apariencia para determinar la dosificación de ingredientes; extraído del (Anexo III.B)

Tabla 4.7

Análisis de varianza del atributo apariencia para determinar la dosificación de ingredientes

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Media de Cuadrados MC	F _{cal}	F _{tab} ($\alpha=0.05$)
Total	350,494	159			
Muestras (A)	31,644	7	4,5205	2,8531	2,0875
Jueces (B)	108,119	19	5,6905	3,5915	1,6738
Error	210,731	133	1,5844		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.7, $F_{cal} > F_{tab}$ ($2,8531 > 2,0875$) para los tratamientos. Por lo tanto, realiza la prueba de Duncan.

4.2.1.1.2. PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO APARIENCIA PARA DETERMINAR LA DOSIFICACION DE INGREDIENTES

En la tabla 4.8, se observan los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan expresados en el (Anexo III.B) para el atributo apariencia.

Tabla 4.8

Prueba de Duncan del atributo apariencia para la dosificación de ingredientes

Tratamientos	Análisis de Valores	Efectos
M ₈ - M ₇	$7,35-7,2 = 0,15 < 0,788$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₆	$7,35-7,2 = 0,15 < 0,829$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₄	$7,35-6,8 = 0,55 < 0,857$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₃	$7,35-6,55 = 0,8 < 0,877$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₅	$7,35-6,45 = 0,9 > 0,892$	Si hay diferencia significativa
M ₈ - M ₁	$7,35-6,4 = 0,95 > 0,905$	Si hay diferencia significativa
M ₈ - M ₂	$7,35-6 = 1,35 > 0,916$	Si hay diferencia significativa
M ₇ - M ₆	$7,2-7,2 = 0,00 < 0,788$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₄	$7,2-6,8 = 0,4 < 0,829$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₃	$7,2-6,55 = 0,65 < 0,857$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₅	$7,2-6,45 = 0,75 < 0,877$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₁	$7,2-6,4 = 0,8 < 0,892$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₂	$7,2-6 = 1,2 > 0,905$	Si hay diferencia significativa
M ₆ - M ₄	$7,2-6,8 = 0,4 < 0,788$	No hay diferencia significativa
M ₆ - M ₃	$7,2-6,55 = 0,65 < 0,829$	No hay diferencia significativa
M ₆ - M ₅	$7,2-6,45 = 0,75 < 0,857$	No hay diferencia significativa
M ₆ - M ₁	$7,2-6,4 = 0,8 < 0,877$	No hay diferencia significativa
M ₆ - M ₂	$7,2-6 = 1,2 > 0,892$	Si hay diferencia significativa
M ₄ - M ₃	$6,8-6,55 = 0,25 < 0,788$	No hay diferencia significativa
M ₄ - M ₅	$6,8-6,45 = 0,35 < 0,829$	No hay diferencia significativa
M ₄ - M ₁	$6,8-6,4 = 0,4 < 0,857$	No hay diferencia significativa
M ₄ - M ₂	$6,8-6 = 0,8 < 0,877$	No hay diferencia significativa
M ₃ - M ₅	$6,55-6,45 = 0,1 < 0,788$	No hay diferencia significativa
M ₃ - M ₁	$6,55-6,4 = 0,15 < 0,829$	No hay diferencia significativa
M ₃ - M ₂	$6,55-6 = 0,55 < 0,857$	No hay diferencia significativa
M ₅ - M ₁	$6,45-6,4 = 0,05 < 0,788$	No hay diferencia significativa
M ₅ - M ₂	$6,45-6 = 0,45 < 0,829$	No hay diferencia significativa
M ₁ - M ₂	$6,4-6 = 0,4 < 0,788$	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

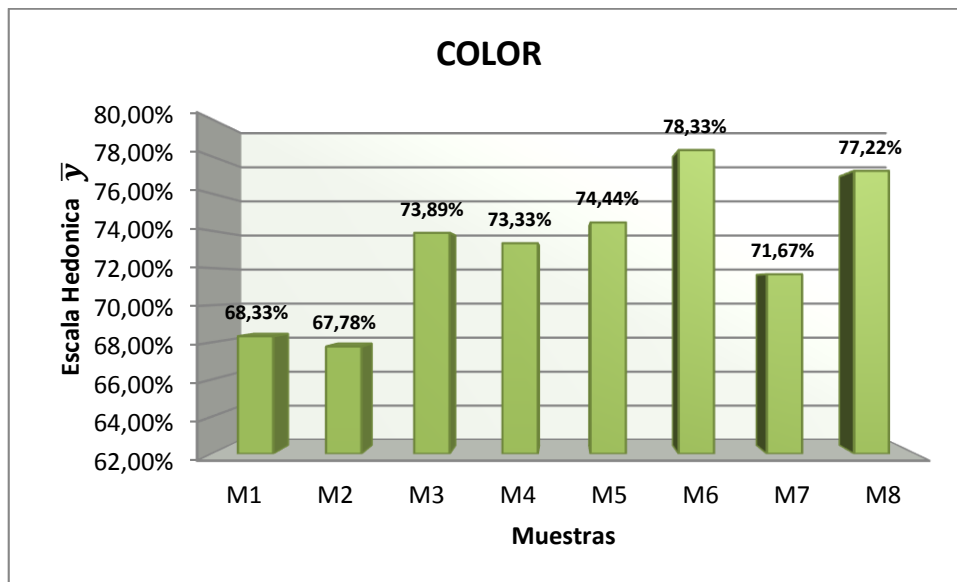
Como se puede observar en la Tabla 4.8, si existe evidencia estadística entre los tratamientos (M8 - M5), (M8 - M1), (M8 - M2), (M7 - M2) y (M6 - M2), que son significativos en comparación a los tratamientos (M8 - M7), (M8 - M6), (M8 - M4), (M8 - M3), (M7 - M6), (M7 - M4), (M7 - M3), (M7 - M5), (M7 - M1), (M6 - M4), (M6 - M3), (M6 - M5), (M6 - M1), (M4 - M3), (M4 - M5), (M4 - M1), (M4 - M2), (M3 - M5), (M3 - M1), (M3 - M2), (M5 - M1), (M5 - M2) y (M1 - M2) que no son significativos para un límite de confianza del 95%.

Los resultados del análisis sensorial nos demuestra la preferencia de los jueces por la muestra M8 (500gr de pulpa, 500gr de azúcar, 1.5 gr de ácido cítrico, 0.39 gr de canela, 0.04 gr de clavo de olor) con mayor puntaje en escala hedónica para el atributo apariencia.

4.2.1.2. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR

En la figura 4.2, se muestra el porcentaje de aceptación del atributo color, extraídos de la tabla 4.6, para las ocho muestras evaluadas de la mermelada de lacayote.

Fig. 4.2: Porcentaje de aceptación del atributo color para determinar la dosificación de ingredientes



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.2, la muestra ($M_6 = 78.33\%$) tiene mayor aceptación por los jueces para el atributo color, seguido de la muestra ($M_8 = 77.22\%$) en escala porcentual en comparación a las muestras: ($M_5 = 74.44\%$), ($M_3 = 73.89\%$), ($M_4 = 73.33\%$), ($M_7 = 71.67\%$), ($M_1 = 68.33\%$) y ($M_2 = 67.78\%$) que son menores.

4.2.1.2.1. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES

En la Tabla 4.9, se observa el análisis de varianza del atributo color para determinar la dosificación de ingredientes; extraído del (Anexo III.C)

Tabla 4.9

Análisis de varianza del atributo color para determinar la dosificación de ingredientes

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Media de Cuadrados MC	F _{cal}	F _{tab} ($\alpha=0.05$)
Total	356,944	159			
Muestras (A)	16,194	7	2,3134	1,5126	2,08749
Jueces (B)	137,319	19	7,2273	4,7253	1,67384
Error	203,421	133	1,5295		

Fuente: Elaboración propia

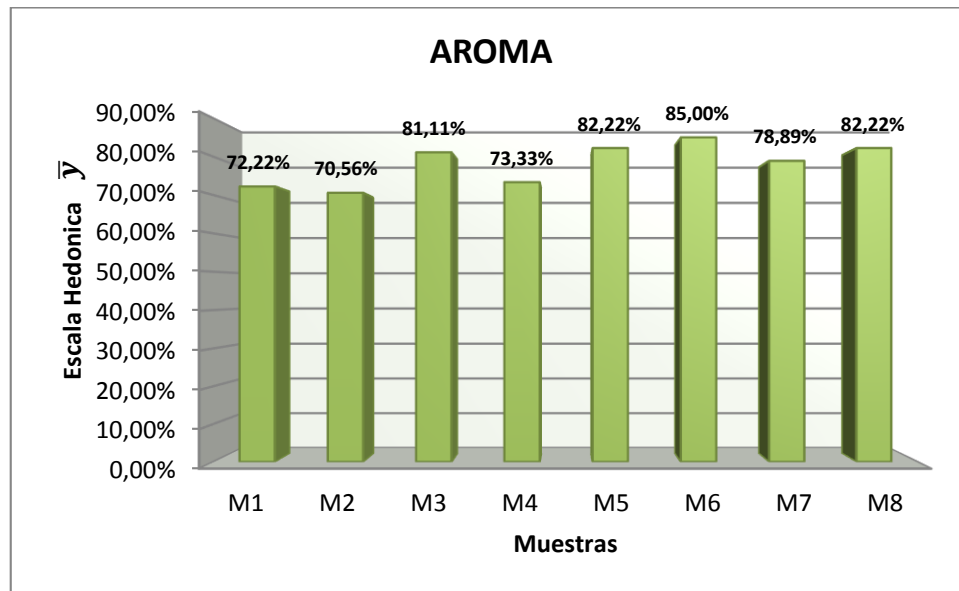
Como se puede observar en la Tabla 4.9 $F_{cal} < F_{tab}$ ($1.5126 < 2.0875$) para los tratamientos se acepta la hipótesis. Por lo que demuestra que no existe diferencias significativas entre muestras para el atributo color a un nivel de significancia de 95% ($\alpha=0.05$).

Donde los resultados del análisis sensorial por la preferencia de los jueces por la muestra M_6 (500 gr de pulpa, 500gr de azúcar, 0.7gr ácido cítrico, 4 gr de pectina, 0.39 gr de canela, 0.04 gr de clavo de olor y un tiempo total de cocción de 50 min) con mayor puntaje en escala hedónica para el atributo color.

4.2.1.3. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA

En la figura 4.3, se muestra el porcentaje de aceptación del atributo aroma, extraídos de la Tabla 4.6, para las ocho muestras evaluadas de la mermelada de lacayote.

Fig. 4.3: Porcentaje de aceptación del atributo aroma para determinar la dosificación de ingredientes



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.3, la muestra ($M_6 = 85.00\%$) tiene mayor aceptación por los jueces para el atributo aroma, seguido de la muestras (M_8 y $M_5 = 82.22\%$) en escala porcentual en comparación a las muestras: ($M_3 = 81.11\%$), ($M_7 = 78.89\%$), ($M_4 = 73.33\%$), ($M_1 = 72.22\%$) y ($M_2 = 70.56\%$) que son menores.

4.2.1.3.1. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO AROMA PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES

En la tabla 4.10, se observa el análisis de varianza del atributo Aroma para determinar la dosificación de ingredientes; extraído del (Anexo III.D)

Tabla 4.10

Análisis de varianza del atributo aroma para determinar la dosificación de ingredientes

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Media de Cuadrados (MC)	F_{cal}	F_{tab} ($\alpha=0.05$)
Total	299,775	159			
Muestras (A)	33,275	7	4,7536	3,4742	2,0875
Jueces (B)	84,525	19	4,4487	3,2514	1,6738
Error	181,975	133	1,3682		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.10, $F_{cal} > F_{tab}$ ($3,4742 > 2,0875$) para los tratamientos. Por lo tanto se realiza la prueba de Duncan.

4.2.1.3.2. PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO AROMA PARA DETERMINAR LA DOSIFICACION DE INGREDIENTES

En la Tabla 4.11, se observan los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan expresados con mayor detalle en el (Anexo III.D) para el atributo aroma.

Tabla 4.11

Prueba de Duncan del atributo aroma para la dosificación de ingredientes

Tratamientos	Análisis de Valores	Efectos
M ₆ - M ₈	$7,65 - 7,4 = 0,25 < 0,732$	No hay diferencia significativa
M ₆ - M ₅	$7,65 - 7,4 = 0,25 < 0,770$	No hay diferencia significativa
M ₆ - M ₃	$7,65 - 7,3 = 0,35 < 0,796$	No hay diferencia significativa
M ₆ - M ₇	$7,65 - 7,1 = 0,55 < 0,815$	No hay diferencia significativa
M ₆ - M ₄	$7,65 - 6,6 = 1,05 > 0,829$	Si hay diferencia significativa
M ₆ - M ₁	$7,65 - 6,5 = 1,15 > 0,841$	Si hay diferencia significativa
M ₆ - M ₂	$7,65 - 6,35 = 1,3 > 0,851$	Si hay diferencia significativa
M ₈ - M ₅	$7,4 - 7,4 = 0,00 < 0,732$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₃	$7,4 - 7,3 = 0,1 < 0,770$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₇	$7,4 - 7,1 = 0,3 < 0,796$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₄	$7,4 - 6,6 = 0,8 < 0,815$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₁	$7,4 - 6,5 = 0,9 > 0,829$	Si hay diferencia significativa
M ₈ - M ₂	$7,4 - 6,35 = 1,05 > 0,841$	Si hay diferencia significativa
M ₅ - M ₃	$7,4 - 7,3 = 0,1 < 0,732$	No hay diferencia significativa
M ₅ - M ₇	$7,4 - 7,1 = 0,3 < 0,770$	No hay diferencia significativa
M ₅ - M ₄	$7,4 - 6,6 = 0,8 > 0,796$	Si hay diferencia significativa
M ₅ - M ₁	$7,4 - 6,5 = 0,9 > 0,815$	Si hay diferencia significativa
M ₅ - M ₂	$7,4 - 6,35 = 1,05 > 0,829$	Si hay diferencia significativa
M ₃ - M ₇	$7,3 - 7,1 = 0,2 < 0,732$	No hay diferencia significativa
M ₃ - M ₄	$7,3 - 6,6 = 0,7 < 0,770$	No hay diferencia significativa
M ₃ - M ₁	$7,3 - 6,5 = 0,8 > 0,796$	Si hay diferencia significativa
M ₃ - M ₂	$7,3 - 6,35 = 0,95 > 0,815$	Si hay diferencia significativa
M ₇ - M ₄	$7,1 - 6,6 = 0,5 < 0,732$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₁	$7,1 - 6,5 = 0,6 < 0,770$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₂	$7,1 - 6,35 = 0,75 < 0,796$	No hay diferencia significativa
M ₄ - M ₁	$6,6 - 6,5 = 0,1 < 0,732$	No hay diferencia significativa
M ₄ - M ₂	$6,6 - 6,35 = 0,25 < 0,770$	No hay diferencia significativa
M ₁ - M ₂	$6,5 - 6,35 = 0,15 < 0,732$	No hay diferencia significativa

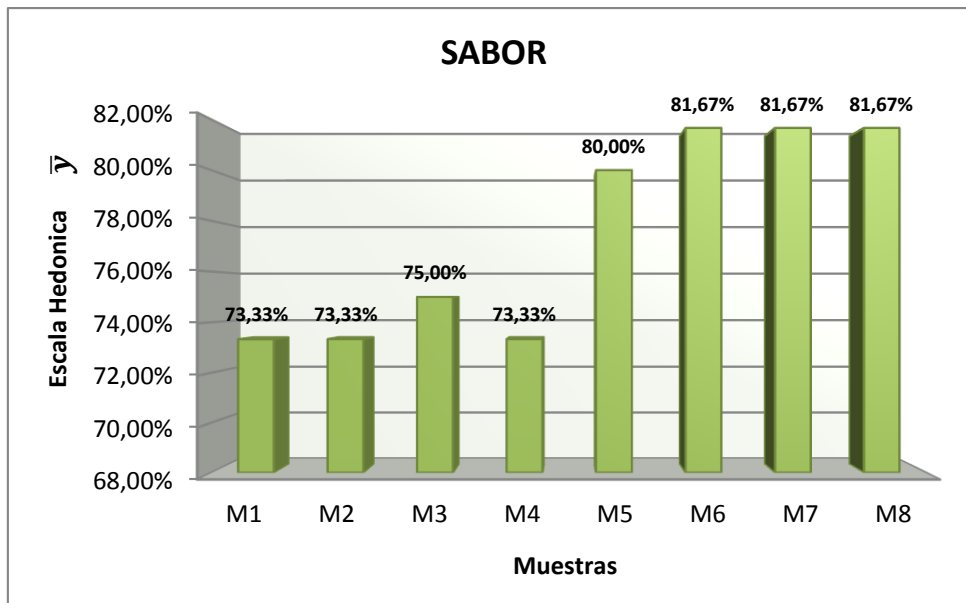
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.11, si existe evidencia estadística entre los tratamientos (M6-M4), (M6 - M1), (M6 - M2), (M8 - M1), (M8 - M2), (M5 - M4), (M5 - M1), (M5 - M2), (M3 - M1), y (M3 - M2) que son significativos en comparación a los tratamientos (M6 - M8), (M6 - M5), (M6 - M3), (M6 - M7), (M6 - M4), (M8 - M5), (M8 - M3), (M8 - M7), (M8 - M4), (M5 - M3), (M5 - M7), (M3 - M7), (M3 - M4), (M7 - M4), (M7 - M1), (M7 - M2), (M4- M1), (M4 - M2) y (M1 - M2) que no son significativos para un límite de confianza del 99%. Donde los resultados del análisis sensorial nos demuestra la preferencia de los jueces por la muestra M6 (500 gr de pulpa, 500gr de azúcar, 0.7g ácido cítrico, 4 gr de pectina, 0.39 gr de canela, 0.04 gr de clavo de olor y un tiempo total de cocción de 50 min) con mayor puntaje en escala hedónica para el atributo aroma.

4.2.1.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR

En la figura 4.4, se muestra el porcentaje de aceptación del atributo sabor, extraídos de la Tabla 4.6, para las ocho muestras evaluadas de la mermelada de lacayote.

Fig. 4.4: Porcentaje de aceptación del atributo sabor para determinar la dosificación de ingredientes



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.4, las muestras (M_6 , M_7 y $M_8= 81.67\%$) tienen mayor aceptación por los jueces para el atributo sabor, seguido de la muestra ($M_5 = 80.00\%$) en escala porcentual en comparación a las muestras: ($M_3 = 75.00\%$), (M_4 , M_3 y $M_1= 73.33\%$), que son menores.

4.2.1.4.1. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO SABOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES

En la Tabla 4.12, se observa el análisis de varianza del atributo sabor para determinar la dosificación de ingredientes; extraído del (Anexo III.E)

Tabla 4.12

Análisis de varianza del atributo sabor para determinar la dosificación de ingredientes

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Media de Cuadrados MC	F_{cal}	$F_{tab} (\alpha=0.05)$
Total	269,9	159			
Muestras (A)	18,9	7	2,7	2,27494	2,08749
Jueces (B)	93,15	19	4,9026	4,13082	1,67384
Error	157,85	133	1,1868		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.12, $F_{cal} > F_{tab}$ ($2,27494 > 2,0875$) para los tratamientos, se rechaza la hipótesis y se realiza la prueba de Duncan.

4.2.1.4.2. PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO SABOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACION DE INGREDIENTES

En la Tabla 4.13, se observan los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan expresados en el (Anexo III.E) para el atributo sabor.

Tabla 4.13

Prueba de Duncan del atributo sabor para la dosificación de ingredientes

Tratamientos	Análisis de Valores	Efectos
M ₈ - M ₇	$7,35 - 7,35 = 0,00 < 0,682$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₆	$7,35 - 7,35 = 0,00 < 0,718$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₅	$7,35 - 7,2 = 0,15 < 0,741$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₃	$7,35 - 6,75 = 0,6 < 0,759$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₄	$7,35 - 6,6 = 0,75 < 0,772$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₂	$7,35 - 6,6 = 0,75 < 0,783$	No hay diferencia significativa
M ₈ - M ₁	$7,35 - 6,6 = 0,75 < 0,792$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₆	$7,35 - 7,35 = 0,00 < 0,682$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₅	$7,35 - 7,2 = 0,15 < 0,718$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₃	$7,35 - 6,75 = 0,6 < 0,741$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₄	$7,35 - 6,6 = 0,75 < 0,759$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₂	$7,35 - 6,6 = 0,75 < 0,772$	No hay diferencia significativa
M ₇ - M ₁	$7,35 - 6,6 = 0,75 < 0,783$	No hay diferencia significativa
M ₆ - M ₅	$7,35 - 7,2 = 0,15 < 0,682$	No hay diferencia significativa
M ₆ - M ₃	$7,35 - 6,75 = 0,6 < 0,718$	No hay diferencia significativa
M ₆ - M ₄	$7,35 - 6,6 = 0,75 > 0,741$	Si hay diferencia significativa
M ₆ - M ₂	$7,35 - 6,6 = 0,75 < 0,759$	No hay diferencia significativa
M ₆ - M ₁	$7,35 - 6,6 = 0,75 < 0,772$	No hay diferencia significativa
M ₅ - M ₃	$7,2 - 6,75 = 0,45 < 0,682$	No hay diferencia significativa
M ₅ - M ₄	$7,2 - 6,6 = 0,6 < 0,718$	No hay diferencia significativa
M ₅ - M ₂	$7,2 - 6,6 = 0,6 < 0,741$	No hay diferencia significativa
M ₅ - M ₁	$7,2 - 6,6 = 0,6 < 0,759$	No hay diferencia significativa
M ₃ - M ₄	$6,75 - 6,6 = 0,15 < 0,682$	No hay diferencia significativa
M ₃ - M ₂	$6,75 - 6,6 = 0,15 < 0,718$	No hay diferencia significativa
M ₃ - M ₁	$6,75 - 6,6 = 0,15 < 0,741$	No hay diferencia significativa
M ₄ - M ₂	$6,6 - 6,6 = 0,00 < 0,682$	No hay diferencia significativa
M ₄ - M ₁	$6,6 - 6,6 = 0,00 < 0,718$	No hay diferencia significativa
M ₂ - M ₁	$6,6 - 6,6 = 0,00 < 0,682$	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.13, solo existe evidencia estadística de diferencia significativa entre los tratamientos (M₆-M₄), en comparación a los

tratamientos (M8 - M7), (M8 - M6), (M8 - M5), (M8 - M3), (M8 - M4), (M8 - M2), (M8 - M1), (M7 - M6), (M7 - M5), (M7 - M3), (M7 - M4), (M7 - M2), (M7 - M1), (M6 - M5), (M6 - M3), (M6 - M2), (M6 - M1), (M5 - M3), (M5 - M4), (M5 - M2), (M5 - M1), (M3 - M4), (M3 - M2), (M3 - M1), (M4 - M2), (M4 - M1) y (M2 - M1) que no son significativos para un límite de confianza del 95%. Donde los resultados del análisis sensorial nos demuestra la preferencia de los jueces por las muestras M₆ (pulpa 500 gr, azúcar 500gr, ácido cítrico 0.7 gr, pectina 4 gr, canela 0.39 gr y clavo de olor 0.04 gr), M₇ (pulpa 500 gr, azúcar 375 gr, ácido cítrico 1.5 gr, pectina 4 gr, canela 0.39 gr y clavo de olor 0.04 gr) y M₈ (pulpa 500 gr, azúcar 500 gr, ácido cítrico 1.5 gr, pectina 4 gr, canela 0.39 gr y clavo de olor 0.04 gr) (tiempo total de cocción de 50 min), con mayores puntajes en escala hedónica para el atributo sabor.

4.2.1.5. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO CONSISTENCIA

En la figura 4.5, se muestra el porcentaje de aceptación del atributo consistencia, extraídos de la Tabla 4.6, para las ocho muestras evaluadas de la mermelada.

Fig. 4.5: Porcentaje de aceptación del atributo consistencia para determinar la dosificación de ingredientes



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.5, las muestras (M_6 y $M_7 = 81.67\%$) tienen mayor aceptación por los jueces para el atributo consistencia, seguido de la muestra ($M_5 = 79.44\%$) en escala porcentual en comparación a las muestras: ($M_4 = 78.33\%$), ($M_8 = 77.22\%$), (M_3 y $M_1 = 75.56\%$), que son menores.

4.2.1.5.1. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO CONSISTENCIA PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES

En la Tabla 4.14, se observa el análisis de varianza del atributo consistencia para determinar la dosificación de ingredientes; extraído del (Anexo III.F)

Tabla 4.14

Análisis de varianza del atributo consistencia para determinar la dosificación de ingredientes

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Media de Cuadrados MC	F_{cal}	$F_{tab} (\alpha=0.05)$
Total	355,975	159			
Muestras (A)	13,075	7	1,86786	1,25832595	2,08749
Jueces (B)	145,475	19	7,65658	5,1580347	1.67384
Error	197,425	133	1,48440		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.14, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,2583 < 2.0875$) para los tratamientos, se acepta la hipótesis. Por lo que demuestra que no existe diferencias significativas entre muestras para el atributo consistencia a un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. Donde los resultados del análisis sensorial por la preferencia de los jueces por las muestras M_6 (pulpa 500 gr, azúcar 500 gr, ácido cítrico 0.7 gr, pectina 4 gr, canela 0.39 gr y clavo de olor 0.04 gr) y M_7 (pulpa 500 gr, azúcar 375 gr, ácido cítrico 1.5 gr, pectina 4 gr, canela 0.39 gr y clavo de olor 0.04 gr) (tiempo total de cocción de 50 min), con mayores puntajes en escala hedónica para el atributo consistencia.

4.3. VARIACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES EN LA OPERACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE LA PULPA

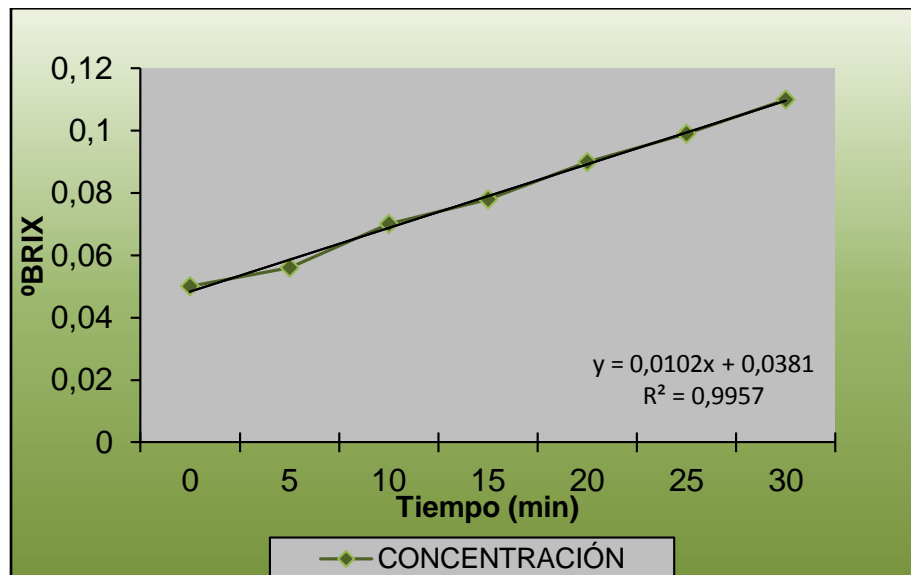
En la tabla 4.15, y en la figura 4.6 se expresa la variación de sólidos solubles (°Brix) en la pulpa de lacayote en función al tiempo.

Tabla 4.15

Variación de los °Brix en la pulpa

Tiempo (min)	°Brix
0	0,05
5	0,056
10	0,07
15	0,078
20	0,09
25	0,099
30	0,11

Fig. 4.6: Grafica de los °Brix vs tiempo en la pulpa



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.6, la variación de sólidos solubles (°Brix) en la pulpa en función al tiempo presenta un comportamiento proporcional, con respecto a una tendencia lineal.

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental de las muestras para determinar las variables en la operación de concentración se efectuó a partir de datos experimentales obtenidos de la medición de los °Brix, efectuada en dicha operación. Se procedió a la variación de tres insumos (variables), azúcar (500 a 350) g, ácido cítrico (0.7 a 1.5) g y el tiempo de gelificación (7 a 8) min; buscando de este modo obtener como variable respuesta el contenido de sólidos solubles, cuyos datos se muestran en la tabla 4.16.

Tabla 4.16
Datos medidos en laboratorio (refractómetro)

Cantidad de azúcar (FACTOR A) (g)	Tiempo de gelificación (FACTOR B) (min)			
	1		2	
	Ác. (FACTOR C) (g)		Ác. (FACTOR C) (g)	
	1	2	1	2
1	61,7	61,6	62,8	62,1
	61,9	61,3	62,5	62,2
2	64,8	64,7	65,2	65,1
	64,5	64,4	64,9	64,7

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.17, se muestra la matriz de resultados variables de la operación de concentración de las muestras de mermelada a dos niveles y con dos réplicas.

Tabla 4.17
Matriz de interacciones de las muestras de mermelada

Combinación de tratamientos	Réplicas		Total	Simbología
	I	II		
A bajo; B bajo; C bajo	61,7	61,9	123,6	1
A alto; B bajo; C bajo	64,8	64,5	129,3	a
A bajo; B alto; C bajo	62,8	62,5	125,3	b
A alto; B alto; C bajo	65,2	64,9	130,1	ab
A bajo; B bajo; C alto	61,6	61,3	122,9	c
A alto; B bajo; C alto	64,7	64,4	129,1	ac
A bajo; B bajo; C alto	62,1	62,2	124,3	bc
A alto; B alto; C alto	65,1	64,7	129,8	abc

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.18, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANVA) de un diseño 2^3 . La misma se muestra con mayor detalle en el (ANEXO IV.A).

Tabla 4.18

ANVA para los sólidos solubles en las diferentes variables en estudio, para un diseño 2^3

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	cuadrados medios	F _{cal}	F _{tab} ($\alpha=0.05$)
A	30,8025	1	30,8025	(*)746,7	5,32
B	1,3225	1	1,3225	(*)32,06	5,32
C	0,3025	1	0,3025	(*)7,333	5,32
AB	16	1	16	(*)387,9	5,32
AC	0,09	1	0,09	2,1818	5,32
BC	0,01	1	0,01	0,2424	5,32
ABC	0,0025	1	0,0025	0,0606	5,32
Error	0,33	8	0,04125		
Total	33,02	15			

Fuente: Elaboración propia

(*) Significativo

En la tabla 4.18 se puede observar que el factor (A) azúcar, (B) tiempo de gelificación, (C) ácido cítrico y la interacción (AB) azúcar y tiempo de gelificación, son muy importantes durante la operación de concentración con respecto a la cantidad de insumos y tiempo.

4.5. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO

En tabla 4.19, se muestran los resultados en la escala hedónica de cinco puntos de la evaluación sensorial del producto terminado M₆ (pulpa 500 gr, azúcar 500g, ácido cítrico 0.7 gr, pectina 4 gr, canela 0.39 gr y clavo de olor 0.04 gr) ya que fue la muestra con mayor preferencia por los jueces en la mayoría de los atributos evaluados para la dosificación de ingredientes con excepción del atributo apariencia en la cual tiene una aceptación 80% pero no presenta diferencia significativa con la muestra M₈ que tiene una aceptación 81.67%. Se valoraron los atributos de apariencia, color, aroma, sabor general y consistencia; los datos se hallan en el (ANEXO II.B)

Tabla 4.19
Evaluación sensorial de los atributos del producto

Producto final	Atributos Sensoriales				
	Apariencia	Color	Aroma	Sabor	Consistencia
M ₆	4,45	4,25	4,15	4,4	4,6

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.20, en base a los resultados de la tabla 4.19 y aplicando la ecuación (4.1) se calculó el porcentaje promedio del producto.

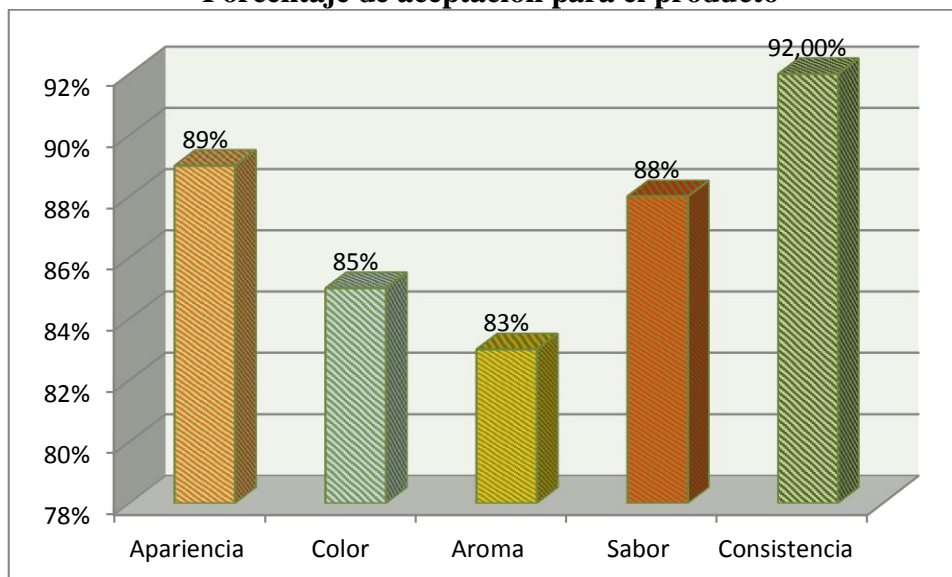
Tabla 4.20
Evaluación sensorial porcentual de los atributos del producto

Producto final	Atributos Sensoriales (%)				
	Apariencia	Color	Aroma	Sabor	Consistencia
M ₆	89%	85%	83%	88%	92,00%

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.7, se muestra el porcentaje de aceptación del producto, extraído de la Tabla 4.20 para los atributos evaluados de mermelada de lacayote.

Fig. 4.7
Porcentaje de aceptación para el producto



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.7, que el porcentaje promedio del atributo consistencia (92,00%), está por encima del 90% en comparación con los atributos de apariencia (89%), color (85%), aroma (83%) y sabor general (88%)

4.5.1. ANALISIS DE VARIANZA DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PRODUCTO

En la tabla 4.21, se observa el análisis de varianza para los atributos sensoriales de apariencia, color, aroma, sabor general y consistencia del producto.

Tabla 4.21

Análisis de varianza de los atributos en el producto final

FV	SC	GL	CM	Fcal	F_{tab} ($\alpha=0.05$)
Total	33,31	95			
Atributos (A)	2,46	4	0,615	1,2034	2.4928
Jueces (B)	9,71	19	0,5111		
Error	21,14	76			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.21, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1.2034 < 2.4928$) para los atributos, se acepta la hipótesis. Por lo que demuestra que no existen diferencias significativas entre atributos. Donde los resultados del análisis sensorial por la preferencia de los jueces por el atributo consistencia con mayor puntaje en escala hedónica.

4.6. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

Para la caracterización de la mermelada de lacayote se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

4.6.1. ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DEL PRODUCTO TERMINADO MERMELADA DE LACAYOTE

En la tabla 4.22 se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico realizado al producto terminado mermelada de lacayote.

Tabla 4.22

Propiedades fisicoquímicas del producto terminado

Indicadores	Valores	Unidades
pH	3.9	
Viscosidad	4700	Cp (60 rpm,15min)
Sólidos Totales	67.2	%
Acidez	0.2	%
Agua	32.8	%
E. Etéreo	0.077	%
Cenizas	0.66	%
Proteína	0.54	%
Fibra	1.198	%
Hidratos de carbono	64.725	%
Azucares totales	39.98	%
Reductores	14.17	%
Valor energetico	261.753	Kcal/100g

Fuente: Elaboración propia

4.6.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 4.23 se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado al producto terminado mermelada de lacayote

Tabla 4.23

Análisis microbiológico del producto terminado mermelada

Indicadores	Valores	Unidades
Coliformes totales	Ausencia	NMP/g
Mohos y levaduras	Ausencia	Ufc/g
Escharichia coli	Ausencia	Ufc/g

Fuente: CEANID, 2014

4.7. BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN

El balance de materia se sustenta en la ley de la conservación “la materia no se crea ni se destruye se transforma”

El balance general será:

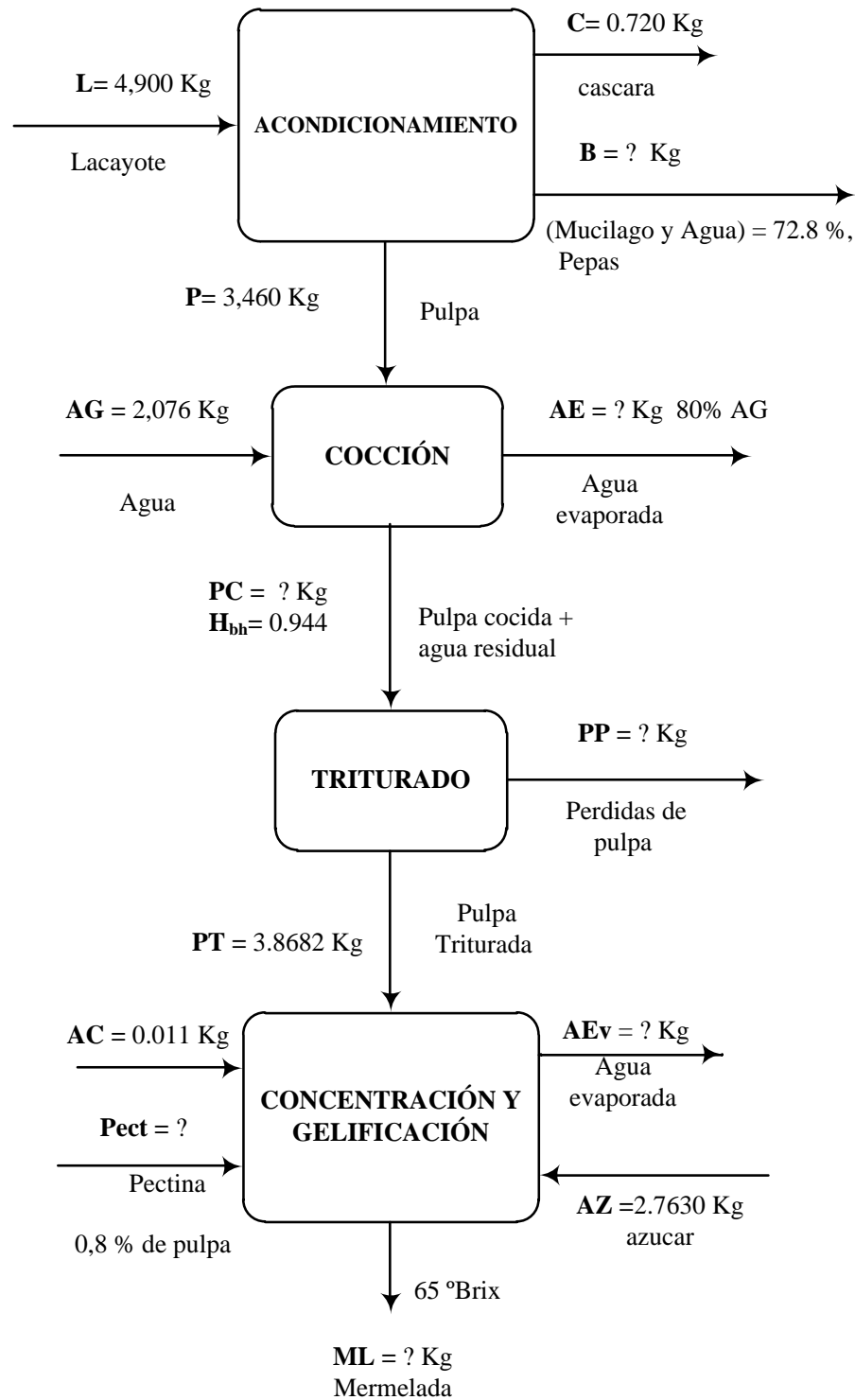
$$\text{Entrada} - \text{Salida} = \text{Acumulación} \quad \text{Ec. (4.2)}$$

En el caso de Acumulación igual cero el balance será:

$$\text{Entrada} = \text{Salida} \quad \text{Ec. (4.3)}$$

En la figura 4.8, se muestra el diagrama de flujo general del balance de materia para el proceso de elaboración de la mermelada de lacayote, tomando como base de cálculo un lacayote 4.9 Kg.

Figura 4.8
Diagrama de flujo general de BM del proceso de elaboración



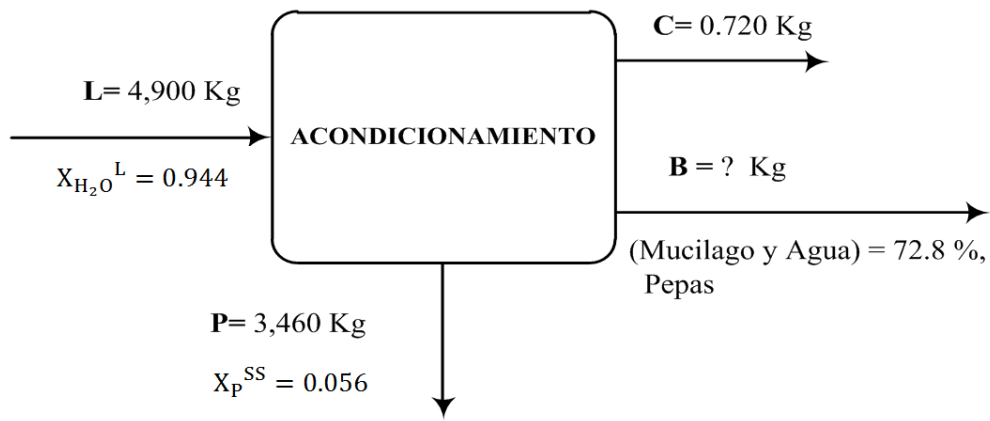
Fuente: Elaboración propia

4.7.1. BALANCE DE MATERIA EN LA OPERACIÓN DE ACONDICIONAMIENTO

La figura 4.9 se muestra el diagrama de flujo de la operación de acondicionamiento, en el cual se tomó como base de cálculo la masa de un lacayote de 4.9 kg de tamaño mediano.

Figura 4.9

Diagrama de flujo de balance de materia de la operación de acondicionamiento



Dónde:

L = masa del lacayote (kg)

P = masa de pulpa obtenida (kg)

C = masa de cascara (kg)

B = masa total (mucilago, agua y pepas) (kg)

$X_{H_2O}^L$ = fracción de agua en base fresca en el lacayote

X_{SS}^L = fracción de sólidos en base fresca en el Lacayote

X_p^{SS} = fracción de sólidos secos en la pulpa

❖ Balance general de masa en el acondicionado

$$\text{Si } L = P + C + B \rightarrow B = L - P - C \quad \text{Ec. (4.4)}$$

$$\text{Mucilago + Agua} = 0.728 \times B \quad \text{Ec. (4.5)}$$

$$\text{Pepas} = B - (\text{Mucilago} + \text{Agua}) \quad \text{Ec. (4.6)}$$

$$X_{SS}^L = 1 - X_{H_2O}^L \quad \text{Ec. (4.7)}$$

Resoluciones:

$$B = (4.900 - 3.460 - 0.720) \text{ kg} \rightarrow B = 0.72 \text{ kg}$$

$$\text{Mucilago} + \text{Agua} = 0.728 \times 0.72 \text{ kg} = 0.5242 \text{ kg}$$

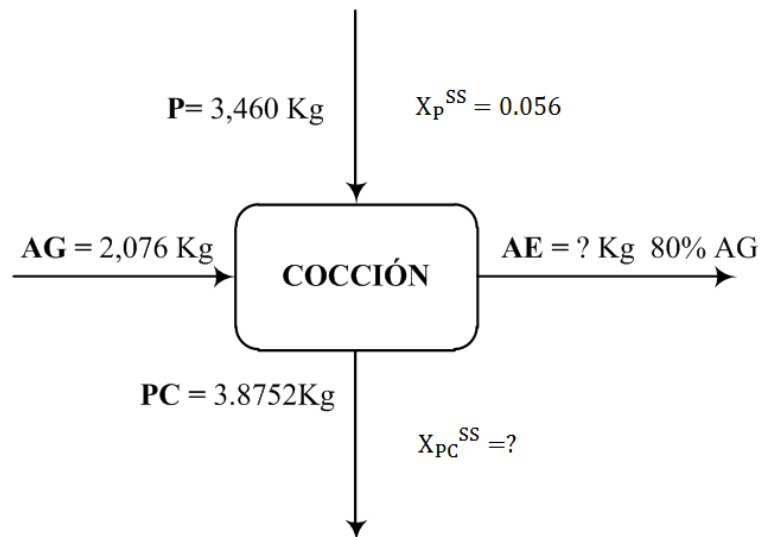
$$\text{Pepas} = (0.72 - 0.5242) \text{ kg} = 0.1958 \text{ kg}$$

$$X_{SS}^L = 1 - 0.944 = 0.056$$

4.7.2. BALANCE DE MATERIA EN LA OPERACIÓN DE COCCIÓN

Figura 4.10

Diagrama de flujo de balance de materia de la operación de cocción



Dónde:

P = masa de pulpa obtenida (kg)

AG = masa de agua agregada (kg)

AE = masa de agua evaporada (kg)

PC = masa de pulpa cocida más agua residual (kg)

X_P^{SS} = fracción de sólidos secos en la pulpa

X_{PC}^{SS} = fracción de solidos secos en la pulpa cocida

X_{PC}^{AG} = fracción de agua residual en la pulpa cocida

❖ **Balance general de masa en la operación de cocción**

$$\text{Si } P + AG = PC + AE \rightarrow PC = P + AG - AE \quad \text{Ec. (4.8)}$$

$$AE = 0.8 \times AG \quad \text{Ec. (4.9)}$$

$$X_{PC}^{SS} = \frac{X_P^{SS} \times P}{PC} \quad \text{Ec. (4.10)}$$

$$X_{PC}^{SS} = \frac{0.2 \times AG}{PC} \quad \text{Ec. (4.11)}$$

Resoluciones:

$$AE = 0.8 \times 2.076 \text{ kg} \rightarrow AE = 1.6608 \text{ kg}$$

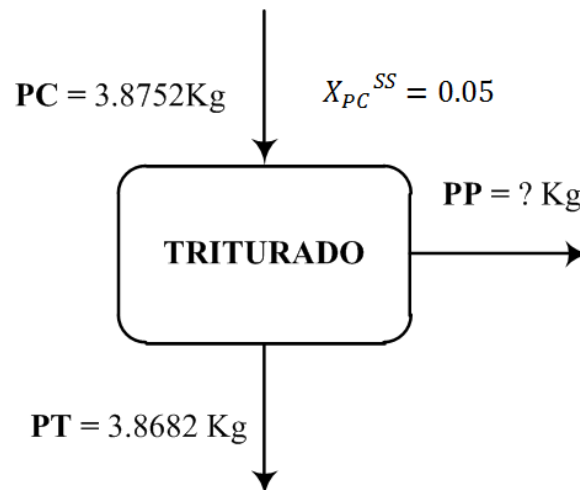
$$PC = (3.460 + 2.076 - 1.6608) \text{ kg} \rightarrow PC = 3.8752 \text{ kg}$$

$$X_{PC}^{SS} = \frac{0.056 \times 3.460}{3.8752} = 0.05 \quad ; \quad X_{PC}^{SS} = \frac{0.2 \times 2.076}{3.8752} = 0.107$$

4.7.3. BALANCE DE MATERIA EN LA OPERACIÓN DE TRITURACIÓN

Figura 4.11

Diagrama de flujo de balance de materia de la operación de trituración



Dónde:

PT = masa de pulpa triturada (kg)

PC = masa de pulpa cocida más agua residual (kg)

PP = masa de pérdida de pulpa (kg)

X_{PC}^{SS} = fracción de sólidos secos en la pulpa cocida más agua residual

X_P^{SS} = fracción de sólidos secos en la pulpa triturada

❖ **Balance general de masa en la operación de triturado**

$$\text{Si } PC = PT + PP \rightarrow PP = PC - PT \quad \text{Ec. (4.12)}$$

$$X_{PC}^{SS} = X_{PT}^{SS} \quad \text{Ec. (4.13)}$$

Resolución:

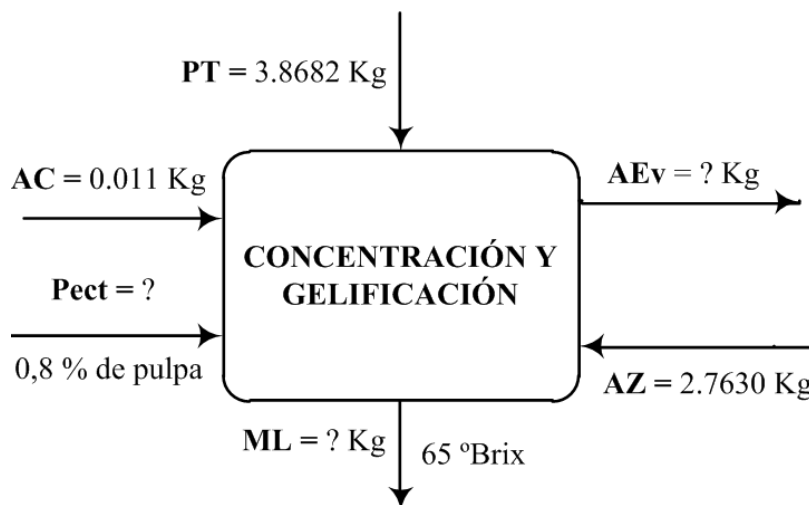
$$PP = (3.8752 - 3.8682) \text{ kg} \rightarrow PP = 0.007 \text{ Kg}$$

$$X_{PC}^{SS} = X_{PT}^{SS} = 0.05$$

4.7.4. BALANCE DE MATERIA EN LA OPERACIÓN DE CONCENTRACIÓN Y GELIFICACIÓN

Figura 4.12

Diagrama de flujo de B.M. en operación de concentración y gelificación



Dónde:

PT = masa de pulpa triturada (kg)

AZ = masa de azúcar (kg)

AE_v = masa de agua evaporada (kg)

AC = masa de ácido cítrico (kg)

Pet = masa de pectina (kg)

ML = masa de mermelada obtenida (kg)

MS = masa de pulpa sin agua residual obtenida (kg)

X_{PC}^{SS} = fracción de sólidos secos en la pulpa cocida más agua residual

X_{ML}^{SS} = fracción de sólidos secos en la mermelada

❖ **Balance general de masa en la operación de concentración y gelificación**

Si $PT + AZ + AC + Pet = ML + AE_v \rightarrow AE_v = PT + AZ + AC + Pet - ML$

$$AE_v = PT + AZ + AC + Pet - ML \quad \text{Ec. (4.14)}$$

❖ **Balance parcial de sólidos secos en la operación de concentración y gelificación**

Si $X_{PT}^{SS} PT + X_{AZ}^{SS} AZ + X_{AC}^{SS} AC + X_{Pet}^{SS} Pet = X_{ML}^{SS} ML + X_{AE_v}^{SS} AE_v$

$\rightarrow X_{ML}^{SS} ML = X_{PT}^{SS} PT + X_{AZ}^{SS} AZ + X_{AC}^{SS} AC + X_{Pet}^{SS} Pet$

$$X_{ML}^{SS} ML = X_{PT}^{SS} PT + X_{AZ}^{SS} AZ + X_{AC}^{SS} AC + X_{Pet}^{SS} Pet \quad \text{Ec. (4.15)}$$

Despejando ML de la Ec. (4.15) tenemos:

$$ML = \frac{X_{PT}^{SS} PT + X_{AZ}^{SS} AZ + X_{AC}^{SS} AC + X_{Pet}^{SS} Pet}{X_{ML}^{SS}} \quad \text{Ec. (4.16)}$$

$$Pet = 0.008 \times MS \quad \text{Ec. (4.17)}$$

$$MS = PT - \text{Agua residual} \quad \text{Ec. (4.18)}$$

Si reemplazamos la Ec. (4.17) en la (Ec. 4.16) tenemos la Ec. (4.19)

$$Pet = 0.008 \times (PT - \text{Agua residual}) \quad \text{Ec. (4.19)}$$

Resolución:

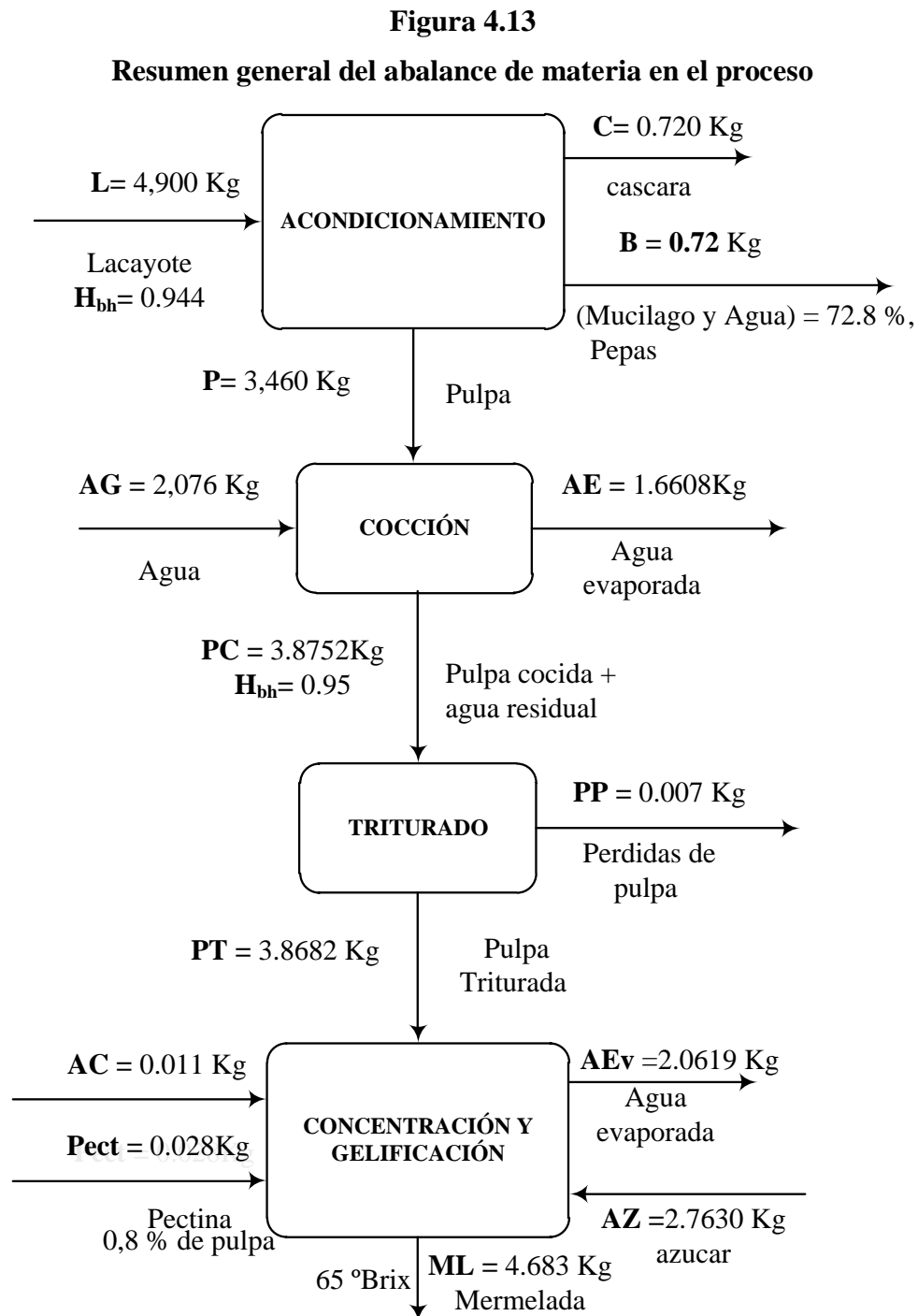
$$Pet = 0.008 \times (3.8682 - 0.4152) = 0.028\text{Kg}$$

$$ML = \frac{0.05 \times 3.8682 + 2.7630 + 0.011 + 0.028}{0.65} = 4.6083\text{Kg}$$

$$AEv = (3.8682 + 2.7630 + 0.011 + 0.028 - 4.6083)\text{Kg} = 2.0619\text{Kg}$$

4.7.5. RESUMEN GENERAL DEL BALANCE DE MATERIA

En la figura 4.13, se muestra el resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de la mermelada.



4.8. BALANCE DE ENERGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE MERMELADA DE LACAYOTE

Para el balance de energía se recurrirá a la Primera ley de la termodinámica:

$$\sum Q_{\text{CEDIDO}} = \sum Q_{\text{GANADO}} \quad (\text{Principio de la conservación de energía}) \quad \text{Ec. (4.20)}$$

$$Q = m \times c_p \times \Delta T \quad (\text{Calor sensible}) \quad \text{Ec. (4.21)}$$

$$Q = \lambda m \quad (\text{Calor latente}) \quad \text{Ec. (4.22)}$$

Dónde:

Q = Calor (Kcal); m = masa (Kg); C_p = Capacidad calorífica (Kcal/Kg°C)

ΔT = Diferencia de temperaturas (°C); λ = calor latente

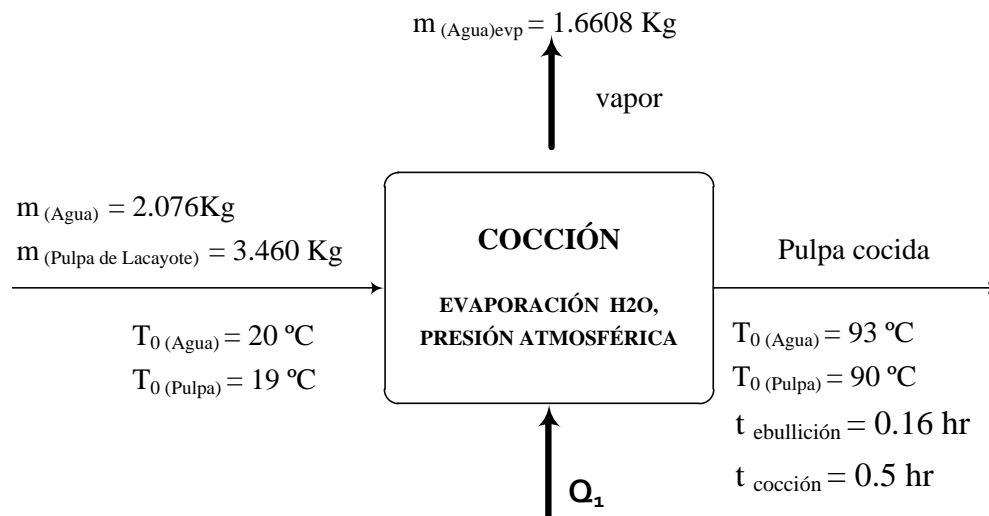
El balance de energía para la elaboración de la mermelada, se realizó en las etapas de cocción y concentración

4.8.1. BALANCE DE ENERGÍA PARA LA OPERACIÓN DE COCCIÓN

En la figura 4.14, se muestra el diagrama de flujo del balance de energía en la operación de cocción para la elaboración de mermelada.

Figura 4.14

Diagrama de flujo del balance de energía en la operación de cocción



❖ **Calculo de la capacidad calorífica para la pulpa troceada**

$$C_{p_p} = 0.5 \times \frac{P}{100} + 0.2 \times \frac{100 - P}{100} \quad \text{Ec. (4.23)}$$

Dónde:

C_{p_p} = capacidad calorífica (Kcal/Kg°C)

P= porcentaje de humedad en la pulpa de lacayote (94.4%)

Resolución:

$$C_{p_p} = 0.5 \times \frac{94.4}{100} + 0.2 \times \frac{100 - 94.4}{100} = 0.4832 \text{Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

❖ **Calculo de la cantidad de calor para la pulpa troceada**

$$Q_p = m_p \times C_{p_p} \times (T_{f_p} - T_{o_p}) \quad \text{Ec. (4.24)}$$

Dónde:

Q_p = calor requerido para la pulpa troceada (Kcal/Kg°C)

m_p = masa de la pulpa troceada (3.460Kg)

C_{p_p} = capacidad calorífica de la pulpa (Kcal/Kg°C)

T_{o_p} = temperatura inicial de la pulpa (19°C)

T_{f_p} = temperatura final de la pulpa (90°C)

Resolución:

$$Q_p = 3.460 \times 0.4832 \times (90 - 19) = 72.67 \text{Kcal}$$

❖ **Calculo de la cantidad de calor para el agua**

$$Q_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} \times C_{p_{\text{agua}}} \times [T_{f(\text{agua})} - T_{o(\text{agua})}] + \lambda m_{(\text{agua})\text{evp}} \quad \text{Ec. (4.25)}$$

Dónde:

Q_{agua} = calor requerido para el agua (Kcal/Kg°C)

m_{agua} = masa del agua (2.076Kg)

$C_{p_{\text{agua}}}$ = capacidad calorífica del agua (0.999Kcal/Kg°C; Tabla)

$T_{0 \text{ (agua)}}$ = temperatura inicial del agua (20°C)

$T_{f \text{ (agua)}}$ = temperatura final del agua (93°C)

λ = calor latente del agua (0.58Kcal/Kg, tabla)

$m_{\text{(agua)evp}}$ = masa de agua evaporada (1.6608Kg)

Resolución:

$$Q_{\text{agua}} = 2.076 \times 0.999 \times [93 - 20] + 0.58 \times 1.6608 = 152.360 \text{ Kcal}$$

❖ **Calculo de la cantidad de calor para el recipiente**

$$Q_{\text{recip}} = m_{\text{recip}} \times C_{p_{\text{recip}}} \times (T_{f \text{ recip}} - T_{0 \text{ recip}}) \quad \text{Ec. (4.26)}$$

Dónde:

Q_{recip} = calor requerido para el recipiente (Kcal/Kg°C)

m_{recip} = masa del recipiente (0.420 Kg)

$C_{p_{\text{recip}}}$ = capacidad calorífica del recipiente (0.2Kcal/Kg°C)

$T_{0 \text{ recip}}$ = temperatura inicial del recipiente (103°C)

$T_{f \text{ recip}}$ = temperatura final del recipiente (20°C)

Resolución:

$$Q_{\text{recip}} = 0.420 \times 0.2 \times (103 - 20) = 6.972 \text{ Kcal}$$

❖ **Calculo del calor necesario para la operación de cocción**

Si $\sum Q_{\text{CEDIDO}} = \sum Q_{\text{GANADO}}$ entonces $Q = Q_{\text{pulpa}} + Q_{\text{agua}} + Q_{\text{recip}}$

$$Q_1 = \frac{(Q_{\text{pulpa}} + Q_{\text{agua}} + Q_{\text{recip}})}{t_{\text{eb}}} \times t_c \quad \text{Ec. (4.27)}$$

Dónde:

Q_1 = calor requerido para la operación cocción (Kcal)

t_{eb} = tiempo requerido para alcanzar el punto ebullición (0.16h)

t_c = tiempo de cocción (0.5h)

Resolución:

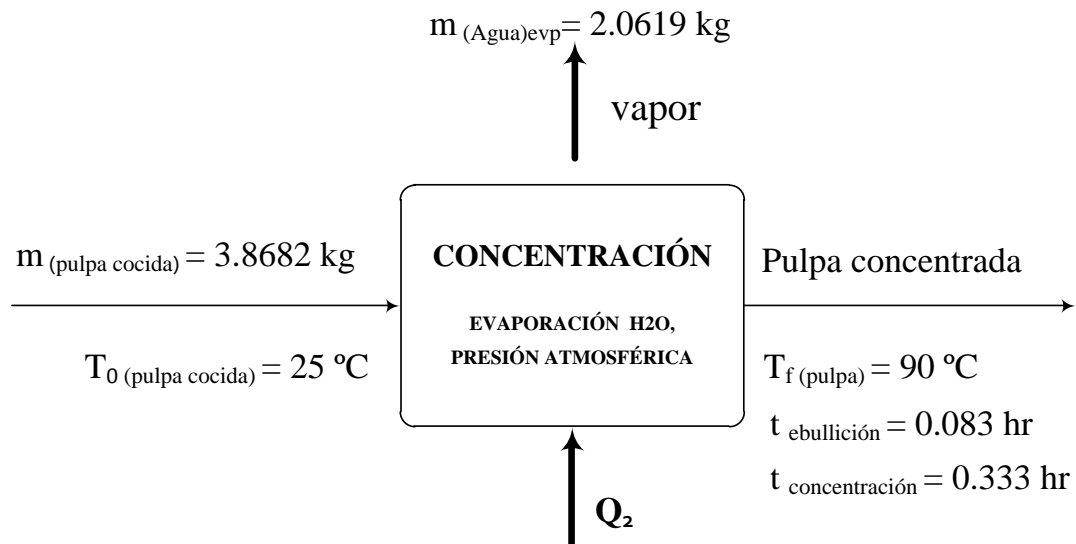
$$Q_1 = (232.002 \text{Kcal}/0.16\text{h}) \times 0.5\text{h} = 725 \text{Kcal}$$

$$Q_1 = 725 \text{Kcal}$$

4.8.2. BALANCE DE ENERGÍA PARA LA OPERACIÓN DE CONCENTRACIÓN

Figura 4.15

Diagrama de flujo del balance de energía en la operación de concentración



❖ **Calculo de la capacidad calorífica para la pulpa cocida**

$$C_{pPC} = 0.5 \times \frac{P}{100} + 0.2 \times \frac{100 - P}{100} \quad \text{Ec. (4.28)}$$

Dónde:

$C_{p_{PC}}$ = capacidad calorífica (Kcal/Kg°C)

P= porcentaje de humedad en la pulpa cocida (95%)

Resolución:

$$C_{p_p} = 0.5 \times \frac{95}{100} + 0.2 \times \frac{100 - 95}{100} = 0.485 \text{Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

❖ **Calculo de la cantidad de calor para el calentamiento y evaporación del agua de la pulpa cocida**

$$Q_{PC} = m_{PC} \times C_{p_{PC}} \times [T_{f(PC)} - T_{o(PC)}] + \lambda m_{(agua)evp} \quad \text{Ec. (4.29)}$$

Dónde:

Q_{PC} = calor requerido para la evaporación de agua de la pulpa cocida (Kcal/Kg°C)

m_{PC} = masa de pulpa cocida y triturada (3.8682Kg)

$C_{p_{agua}}$ = capacidad calorífica de la pulpa cocida (0.485Kcal/Kg°C)

$T_{o(PC)}$ = temperatura inicial de pulpa cocida (25°C)

$T_{f(PC)}$ = temperatura final de pulpa cocida y concentrada (90°C)

λ = calor latente del agua (0.58Kcal/Kg, tabla)

$m_{(agua)evp}$ = masa de agua evaporada (2.0619 Kg)

Resolución:

$$Q_{PC} = 3.8682 \times 0.485 \times [90 - 25] + 0.58 \times 2.0619 = 123.141 \text{ Kcal}$$

❖ **Calculo de la cantidad de calor para el recipiente**

$$Q_{recip} = m_{recip} \times C_{p_{recip}} \times (T_{f\ recip} - T_{o\ recip}) \quad \text{Ec. (4.30)}$$

Dónde:

Q_{recip} = calor requerido para el recipiente (Kcal/Kg°C)

m_{recip} = masa del recipiente (1.040 Kg)

$C_{p\text{recip}}$ = capacidad calorífica del recipiente (0.116Kcal/Kg°C)

$T_{0\text{ recip}}$ = temperatura inicial del recipiente (103°C)

$T_{f\text{ recip}}$ = temperatura final del recipiente (20°C)

Resolución:

$$Q_{\text{recip}} = 1.040 \times 0.116 \times (103 - 20) = 10.013\text{Kcal}$$

❖ **Calculo del calor necesario para la operación de concentración**

Si $\sum Q_{\text{CEDIDO}} = \sum Q_{\text{GANADO}}$ entonces $Q = Q_{\text{PC}} + Q_{\text{recip}}$

$$Q_2 = \frac{(Q_{\text{PC}} + Q_{\text{recip}})}{t_{\text{eb}}} \times t_{\text{conc}} \quad \text{Ec. (4.31)}$$

Dónde:

Q_2 = calor requerido para la operación concentración (Kcal)

t_{eb} = tiempo de ebullición

t_{coc} = tiempo de concentración

Resolución:

$$Q_2 = \left(\frac{123.141 \text{ Kcal} + 10.013 \text{ Kcal}}{0.083\text{h}} \right) \times 0.333\text{h} = 534.22 \text{ Kcal}$$

$Q_2 = 534.22 \text{ Kcal}$

4.8.3. CÁLCULO DEL CALOR REQUERIDO PARA LA OPERACIÓN DE COCCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE LA PULPA

Para determinar el calor total que ingresa a la operación de cocción y concentración por evaporación del agua a presión atmosférica se recurre a la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_1 + Q_2 \quad \text{Ec. (4.32)}$$

Dónde:

Q_{TOTAL} = calor total requerido para cocción y concentración de la pulpa

Q_1 = calor requerido para la operación de cocción

Q_2 = calor requerido para la operación de concentración

Resolución:

$$Q_{\text{TOTAL}} = 725 \text{Kcal} + 534.22 \text{Kcal} = 1284.98 \text{Kcal}$$

$Q_{\text{TOTAL}} = 1259.22 \text{Kcal}$
--

5.1. CONCLUSIONES

Se desarrolló un producto novedoso y nutritivo para el mercado tarijeño, mermelada de lacayote (*Cucúrbita ficifolia* Bouché); uno de los métodos de conservación más conocido y una forma de aprovechamiento del fruto del lacayote.

En la determinación de las propiedades físicas y fisicoquímicas de la materia se concluye que la masa promedio de un lacayote es de 5.2529 Kg y tiene un porcentaje de porción comestible de 66.833 %. Tiene un contenido de sustancias nutritivas en base fresca de ceniza 1.03%, fibra 1.97%, materia grasa 0.05%, hidratos de carbono 1.61%, proteína totales 0.95% y de agua 94.39%.

Del análisis estadístico del diseño experimental se concluye que los puntos críticos que se deben controlar en el proceso son factor (A) azúcar, (B) tiempo de gelificación, (C) ácido cítrico y la interacción (AB) azúcar y tiempo de gelificación.

En la evaluación sensorial para la dosificación de ingredientes la muestra M6 (pulpa 500 gr, azúcar 500g, ácido cítrico 0.7 gr, pectina 4 gr, canela 0.39 gr y clavo de olor 0.04 gr) fue la que tuvo mayor preferencia por los jueces en la mayoría de los atributos evaluados con excepción del atributo apariencia en la cual tuvo una aceptación 80% pero no presentó diferencia significativa con la muestra M8 que tuvo una aceptación 81.67%.

Del análisis estadístico se concluyó que la muestra M₆ es la mejor propuesta para elaboración del producto final, ya que cumple con todas las especificaciones que se plantearon y fue la más aceptada en la evaluación sensorial de 20 jueces no entrenados mediante una escala hedónica.

El Producto final obtuvo un buen nivel de agrado por los jueces no entrenados en una test de evaluación sensorial en escala hedónica de 5 puntos. Los resultados de los atributos evaluados son: apariencia 89%, color 85%, aroma 83%, sabor 88% y consistencia 92%.

De los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del producto, se puede afirmar que la composición química de la mermelada de lacayote elaborada es 0.077% de e. etéreo, 0.66% de cenizas, 0.54% de proteína total, 1.198% de fibra, 64.725% de hidratos de carbono y 32% de agua. La composición de azúcares totales es 39.98%, azúcares reductores 14.17%, tiene un pH 3.9, 67.2% de sólidos totales y un valor energético 261.753 Kcal/100g.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis microbiológico en el producto final mermelada de lacayote existe ausencia de coliformes totales (NMP/g); escherichia coli, mohos y levaduras (ufc/g)

Del balance de materia y energía se puede concluir que de un lacayote 4.900Kg se obtiene 4.683 Kg de mermelada de 65 Brix, con un contenido de sacarosa o azúcar común de caña de azúcar de 59%; y la cantidad de energía requerida para proceso de elaboración es de 1284.98 Kcal.

5.2. RECOMENDACIONES

Realizar el estudio de factibilidad económica y tecnológica para la implantación de una planta procesadora para este producto “mermelada de lacayote”.

Efectuar otros estudios de investigación para implementar el desarrollo de nuevos productos derivados del lacayote y de esta manera incentivar el cultivo de lacayote en agricultores del departamento de Tarija, para que los mismos puedan mejorar su economía.

Poner en conocimiento a la población productora y consumidora de lacayote (Cucúrbita ficifolia Bouché), a cerca de la composición fisicoquímica, beneficios y el mejor aprovechamiento del mismo.