

1.1 ANTECEDENTES

El sésamo es considerado como uno de los más importantes cultivos entre las oleaginosas en el mundo, debido a que sus semillas tienen alto contenido de aceite y proteína (Carreño, 2013).

Antiguamente, el sésamo fue cultivado en Mesopotamia, en la India, en Egipto, en China y en Grecia, sus semillas eran muy apreciadas como condimento y como alimento energético. Actualmente, sigue siendo de uso popular en países orientales y americanos, donde se prepara con él una bebida muy nutritiva (SESABOL, 2006).

La planta de ajonjolí es conocida hace 3000 años antes de Jesucristo por los hindús y 1000 años antes de la era cristiana por los egipcios. Además grandes personajes como Hipócrates, Dioscórides y Plinio hablaron de la importancia del ajonjolí (Gutiérrez, 2004).

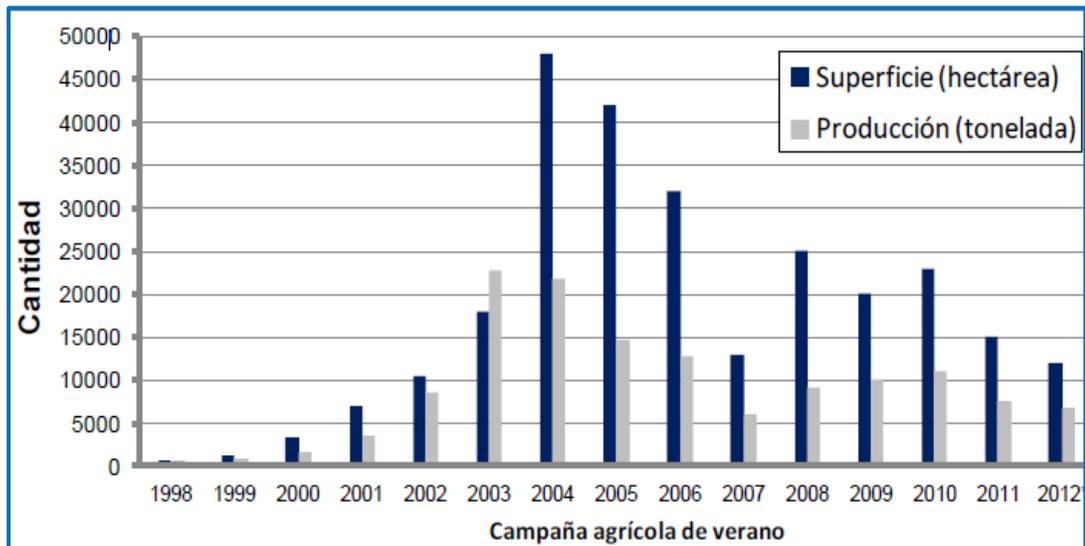
El cultivo del sésamo ingresó comercialmente a Bolivia el año 1998 y desde esa época se produjeron 130 toneladas, de ahí en adelante hubo un crecimiento porque el producto se exportó al Japón. Después en el año 2005, alcanzó la producción máxima de 23 mil toneladas que significan alrededor de 50 mil hectáreas en todo el departamento de Santa Cruz (Loredo, 2012).

El sésamo es un grano alternativo que se cultiva en verano y compite con los cultivos de maíz y soya, se siembra en áreas marginales del departamento de Santa Cruz. En poco tiempo ha adquirido un valor comercial importante, dado a su alternativa en los sistemas de rotación de cultivos (Mercado, 2013).

Las variedades de sésamo utilizadas por los productores en Bolivia, principalmente en el departamento de Santa Cruz son: Nevada, Escoba y Sésamo Negro, que fueron introducidas de Paraguay y Guatemala, países sesameros de la región (Mercado 2013).

En el mercado boliviano desde el 2007 el principal cliente del producto "Sésamo lavado y tostado" es el programa de subsidio prenatal y de lactancia, a través del cual se promueve su consumo masivo en madres gestantes y niños lactantes (CABEXSE,.....).

Figura 1.1
Superficie de cultivo y rendimiento de sésamo en Bolivia



Fuente: (CABEXSE,.....)

1.1.1 ZONAS PRODUCTORAS DE SÉSAMO EN BOLIVIA

Las zonas y productores de sésamo; en el año 2012 se registraban 2500 productores, gran parte de ellos menonitas; actualmente son cerca de 4500 productores, la mayor parte son comunidades originarias indígenas de Santa Cruz. En la Tabla 1.2 se muestran las zonas productoras de sésamo en Bolivia.

Tabla 1.2
Zonas productoras de sésamo en Bolivia

| ZONA | LOCALIDADES | VARIEDAD |
|---|---|----------------------|
| NORTE | Warnes, Montero, Chane y Portachuelo | Escoba Blanca Nevada |
| CENTRO | El Torno, la Guardia, Cotoca, Paurito hasta Pailas | Escoba Blanca |
| ESTE | Pailón, 4 Cañadas, Berlín, San Julián, Guarayos, San José, 3 Cruces y San Xavier | Escoba Blanca Negro |
| SUR I SUR II SUR III | Colonias Menonitas de las Brechas Basilio hasta Mora Camiri, Gutiérrez, Colonias Menonitas de Charagua y Yacuiba | Escoba Blanca |

Fuente: (Carreño, 2013)

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo surge como una necesidad de incorporar un sustituto (libre de lactosa) de productos lácteos, con la finalidad que satisfaga, a niños y adultos, a prevenir alergias debido al consumo de productos de origen animal.

Este producto surge como una alternativa para incentivar el consumo de calcio a través del sésamo, con la finalidad de disminuir problemas de osteoporosis en la población en general.

Debido a que el sésamo contiene una importante fuente de nutrientes, el producto también ayudará a las personas que tienen problemas de sobrepeso, a reducir la pérdida de memoria, a personas que sufren de nervios y estrés, contra el agotamiento físico y mental, en la reducción del colesterol, a retardar el envejecimiento de la piel, a mujeres embarazadas y en la etapa de lactancia, a reducir la infertilidad, tanto masculina como femenina.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar refresco de sésamo a partir de la etapa de tostado, con la finalidad de obtener un producto nutritivo e innovador.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades fisicoquímicas del sésamo, para establecer su composición nutricional.
- Determinar las variables en la etapa de tostado como ser tiempo y temperatura, para conocer las condiciones del proceso.
- Realizar el balance de materia y energía en el proceso de elaboración del producto para determinar el flujo másico y energético.
- Realizar la evaluación sensorial del producto.
- Determinar el análisis microbiológico del producto final, con el fin de establecer su inocuidad.
- Determinar el análisis fisicoquímico del producto final, para establecer composición nutricional.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a que en mercado local el refresco de sésamo no es muy conocido, surge la idea de incorporar un producto sustituto con características funcionales libre de lactosa y rico en calcio, que ejerza una acción benéfica y así también que reduzca el riesgo de padecer alguna enfermedad como ser: alergias, obesidad, problemas de osteoporosis y problemas mentales.

La elaboración de refresco de sésamo y su posterior conservación, responde a una necesidad de darle un valor agregado al sésamo y así poder aprovechar los diferentes beneficios que nos brinda, además satisfacer las necesidades nutricionales para la salud.

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Será posible elaborar refresco, utilizando las semillas de sésamo como principal materia prima?

1.6 HIPÓTESIS GENERAL

La técnica adecuada que se utilizará en la elaboración de refresco de sésamo, garantizará poner a disposición de la población de un producto nutritivo y saludable.

2.1 ORIGEN DEL SÉSAMO

El sésamo (ajonjolí), es proveniente de África (Etiopia), y su origen probable es la India, por encontrarse en esta zona la mayor diversificación genética; después pasó a la China y Japón para establecerse en la Asia central y países del mediterráneo. Esta oleaginosa es cultivada en la China desde 4300 a.c (Mazzani, 1983).

En la antigüedad, la planta de sésamo o ajonjolí tenía varios nombres, los antiguos le daban el nombre de tila. Para los árabes tomaba el nombre de semsem o simsim, los hindúes o africanos lo llamaban beni, los franceses le dan el nombre de sésamo, Gingelina, en los países de América además de sésamo, se le conoce también con el nombre de ajonjolí (Cerna y Melara, 2013).

2.2 TAXONOMÍA DE LA PLANTA DE SÉSAMO

Tabla 2.1
Clasificación taxonómica

| | |
|---------------------------|------------------------|
| Nombre Científico: | Sesamun indicum |
| Reino: | Vegetal |
| División: | Embriophyta |
| Sub. División: | Espermatophyta |
| Clase: | Dicotiledónea |
| Sub. Clase: | Metaclamydeae |
| Orden: | Tubiflorae |
| Sub. Orden: | Solamineae |
| Familia: | Pedaliaceae |
| Género: | Sesamum |
| Especie: | S. indicum L |

Fuente: (Mazzani, 1983)

2.3 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Figura 2.1
Planta de sésamo (ajonjolí)



Fuente: Wikipedia

El sésamo (ajonjolí), es una planta anual cuyo ciclo vegetativo puede variar entre 80 y 130 días. Es una especie rústica y de rápido crecimiento. Posee sistema radicular bien desarrollado, muy ramificado y fibroso.

La planta contiene entre 50 y 60% de aceites los cuales son de alta estabilidad, dada la presencia de antioxidantes naturales como la sesamolina, sesamina y sesamol. La composición de sus aceites varía según las variedades (Carreño, 2013).

2.3.1 TALLO

Puede ser simple o ramificado, liso o pubescente; es decir cubierto de vello o pelo fino y suave según la variedad, con glándulas que secretan una sustancia viscosa. El tallo es cuadrangular y puede alcanzar una altura de 1 a 2 metros de alto (Bastilla y Laguna, 2003).

2.3.2 HOJAS

Figura 2.2

Características generales de la hoja de sésamo



Fuente: (Carreño, 2013).

Sus hojas son de pecíolo largo y dentadas; en algunos casos son muy menudas y aparecen demasiado juntas en las ramas, son totalmente diferentes de la formación normal de las hojas; éstas presentan variedad de formas sobre todo en regiones donde el clima no es muy apropiado para la vegetación de esta planta; también la forma varía dependiendo del terreno, clima y de otros factores como la humedad, y la altitud, etc. (Gutiérrez, 2004).

2.3.3 FLOR

Las flores aparecen entre los 60 y 75 días de haber sido plantadas y las plantas florecen de Julio a Septiembre. La flor de la planta de ajonjolí es tubular, en forma de campana con doble labio; aparece en colores palo de rosa hacia blanco y tiene una longitud de 2 a 2.5 cm. Los dos lóbulos del labio superior son más cortos que los lóbulos del inferior. Una flor es producida en el eje de cada hoja. Las flores inferiores empiezan a abrirse a los dos o tres meses de haber sido plantada la semilla, y el floreo continúa por algún tiempo hasta que las flores superiores se abren (Zamorano, 2001)

2.3.4 FRUTO

El fruto es una cápsula de 2 a 5 cm de largo, formada generalmente de dos carpelos, cada fruto tiene de 60 a 100 semillas y en la madurez se abre por las suturas longitudinales de la cápsula (Bastilla y Laguna, 2003).

2.3.5 SEMILLA

La semilla es aplanada, pequeña, blanca, gris o negra en su exterior; mide de 2 a 4 mm de longitud y 1 a 2 milímetros de ancho. La semilla de sésamo (ajonjolí) es una de las oleaginosas de mayor valor económico. Aproximadamente la mitad del peso de la semilla es aceite; el resto se forma de proteínas (20 a 35%), carbohidratos (8 a 18%), minerales (2 a 6%), fibras, agua (5%), y otros componentes (Gutiérrez, 2004).

2.4 VARIEDADES DE SÉSAMO

A continuación se describen las variedades de sésamo más conocidas que se cultivan, tanto a nivel mundial como a nivel nacional.

2.4.1 VARIEDAD ESCOBA BLANCA

Esta es una variedad que tiene un ciclo vegetativo entre 100 a 120 días de corte, con una estructura ramificada de 1 a 20 ramas por planta, la altura de la planta es de 1,5 a 2,0 m; las flores son de color blanco, la semilla es de color blanca crema (Carreño, 2013).

2.4.2 VARIEDAD NEVADA

Su ciclo vegetativo es de 110 a 130 días a corte, la estructura ramificada es de 1 a 10 ramas por planta, con una altura que llega a medir de 1,3 a 1,80 m; el color de la cápsula de madurez es verde limón, la flor tiene un color blanca-púrpura, con semillas de color blanco (Carreño, 2013).

2.4.3 VARIEDAD NEGRO DOBLE (TORDO)

El ciclo vegetativo consta de 85 a 90 días a corte, la altura de la planta es de 1,2 a 1,7 m; las flores son de color blanco púrpura, el color de cápsula de madurez es verde limón, la semilla es de color negro, cáscara doble (Carreño, 2013)

2.4.4 VARIEDAD NEGRO SIMPLE (MAURI)

Esta variedad tiene un ciclo vegetativo de 85 a 90 días a corte, alcanza una altura de 1,0 a 1,4 m; con flores de color púrpura, el color de cápsula de madurez es verde limón, la semilla de color negro y de cáscara simple (Carreño, 2013).

2.4.5 VARIEDAD VENEZUELA 44

Variedad que ramifica es de ciclo medio, pero tarda de noventa a noventa y cinco días en producir. Tiene buena resistencia al ataque de hongos del suelo (Gutiérrez, 2004).

2.4.6 VARIEDAD PRECOZ

Tiene la ventaja de que su período vegetativo es corto. Se cosecha a los ochenta días después de la siembra (Gutiérrez, 2004).

2.4.7 VARIEDAD INAMAR

Éste es de una variedad híbrida con buena producción, es de estructura ramificada, tiene un ciclo vegetativo de 90 días y con buena adaptación a suelos pesados (Gutiérrez, 2004).

2.5 CULTIVO

El sésamo (*Sesamun indicum* L.), es un cultivo que tiene grandes ventajas y excelente potencial de respuesta viable a las necesidades de la región, por presentar características tales como: capacidad de cultivo en condiciones de rusticidad, pocas exigencias de agua, ciclo de vida corto, posibilidad de mecanización, posibilidad de sembrar y trabajar rústicamente en pequeñas parcelas básicamente (Carreño, 2013).

2.6 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

2.6.1 SUELO

El ajonjolí se adapta a una gran variedad de texturas de suelos existentes en Santa Cruz, la más recomendada es un suelo franco y arenoso porque crece mejor en comparación con las tierras pesadas debido a que no tolera el encharcamiento o acumulación de agua, es decir, requiere suelos con buen drenaje, sueltos, fértiles y con un pH entre 5,4 y 6,75. Valores de pH más bajos disminuyen su crecimiento.

No son aconsejables los suelos que muestran concentraciones altas de sal porque provocan la muerte del ajonjolí. Otros terrenos desfavorables son terrenos poco profundos (menos de 35 cm) con un sub-suelo impermeable o capa compactada (Carreño, 2013).

2.6.2 DISPONIBILIDAD HÍDRICA Y TEMPERATURA

El sésamo es un cultivo exigente en agua hasta los 35 días de la siembra, pero muy sensible al encharcamiento. Para un máximo rendimiento necesita una distribución uniforme de agua, En etapa de cosecha es necesario clima seco.

El sésamo requiere de temperaturas altas y uniformes (27 a 35°C). Valores inferiores a 17°C provocan la caída de las flores, esterilidad del polen e inhiben la germinación; temperaturas superiores a los 40°C disminución de los rendimientos (Lazcano, 2006).

2.6.3 FERTILIZACIÓN

La fertilización ayuda a mejorar el suelo; los fertilizantes más utilizados son el sulfato de amonio, urea para el nitrógeno y el súper fosfato triple para el fósforo o mezclados, en caso de ser necesarios ambos nutrientes.

2.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SEMILLA DE SÉSAMO

La composición promedio de la semilla de sésamo varía de una semilla a otra,

Tabla 2.2

Composición química promedio de la semilla de ajonjolí

| Contenido | Variación (%) |
|---------------------------|---------------|
| Humedad | 4,19 a 5,97 |
| Proteína cruda | 16,69 a 31,56 |
| Grasa | 45,15 a 63,68 |
| Ceniza total | 5,01 a 6,14 |
| Hidratos de carbono | 0,00 a 12,76 |
| Fibra cruda | 2,88 a 15,70 |
| Oxido de calcio | 1,32 a 1,76 |
| Fósforo (como P_2O_5) | 1,42 a 1,78 |

Fuente: (Robles, 1982)

2.7.1 PROTEÍNAS

Las proteínas de la semilla de sésamo aportan aminoácidos, que son esenciales para el metabolismo humano y para que el organismo funcione adecuadamente y mantenga una buena salud. De los 20 aminoácidos conocidos, ocho se consideran esenciales; es decir que sólo se pueden obtener a través de los alimentos: triptófano, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, valina, leucina e isoleucina (Gutiérrez, 2004).

Tabla 2.3
Comparación del valor proteínico de semillas de
ajonjolí con otros productos alimenticios

| Alimentos | Proteínas (%) |
|--|---------------|
| Semilla de ajonjolí | 18,60 |
| Alubias (frijoles blancos) | 7,80 |
| Harina de avena | 14,20 |
| Chícharos crudos (guisantes, arvejas) | 6,30 |
| Arroz limpio | 12,10 |
| Semilla de soya | 7,80 |
| Lentejas (semillas semejantes al fríjol) | 7,80 |
| Huevo | 13,80 |

Fuente: (Gutiérrez, 2004)

2.7.2 AMINOÁCIDOS

Las semillas de ajonjolí proporcionan dos aminoácidos importantes. Uno es la metionina, que aparece en bajas cantidades en la mayor parte de alimentos vegetales y es crucial para el mantenimiento de la sana función del hígado. El ajonjolí es una de las fuentes naturales que contienen una mayor cantidad de metionina. Cuando el cuerpo tiene una saturación de metionina, el exceso se convierte en colina. La colina fortalece la capacidad para manejar el colesterol y ayuda en el proceso mediante el cual el organismo produce energía en lugar de grasa. Las semillas de ajonjolí

proporcionan una adecuada calidad nutricional, puesto que proveen de arginina y metionina; aunque aumenta su valor en mezclas con otras proteínas ricas en lisina (Cerna y Melara, 2013).

2.7.3 GRASAS

Las semillas de ajonjolí contienen un 50,9% de aceites. Los ácidos grasos omega 6 engloban al ácido linoleico que se encuentra en el aceite de sésamo. Los ácidos grasos esenciales (omega 3 y omega 6) son nutrientes esenciales, que juegan un papel muy importante en el mantenimiento de una piel sana y se obtiene de las semillas de ajonjolí. El aceite de ajonjolí contiene más del 75% de ácidos grasos insaturados (Cerna y Melara, 2013).

2.7.4 CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos son la principal fuente de energía para todas las funciones corporales y resultan imprescindibles para el metabolismo de otros nutrientes (Cerna y Melara, 2013).

2.7.5 FIBRA

Aunque la fibra no posea un valor nutritivo apreciable, su función en el tracto intestinal es la de aumentar el volumen de las materias nutritivas y estimular el peristaltismo intestinal.

Las semillas de sésamo contribuyen al gran aporte de fibra, que es un tipo muy especial de hidrato de carbono. Fundamental para mantener una buena salud intestinal ya que ésta actúa como un cepillo limpiando en profundidad los elementos tóxicos que van quedando depositados en las paredes intestinales. Además, favorece la formación de masa fecal (Cerna y Melara, 2013).

2.7.6 CENIZAS

Todos los alimentos contienen elementos minerales formando parte de compuestos orgánicos e inorgánicos (Cerna y Melara, 2013).

2.7.7 VITAMINAS

Las semillas de sésamo son particularmente ricas en vitaminas del grupo B (B1, B3, B6, ácido fólico). Estas vitaminas son esenciales para la buena salud de la piel y de los tejidos, y por lo tanto favorece el correcto funcionamiento del corazón y de los músculos. También contiene una cantidad significativa de vitamina E, una de las vitaminas más antioxidantes, capaz de contrarrestar los efectos de los radicales libres (Cerna y Melara, 2013).

2.7.8 MINERALES

Las semillas de sésamo, a pesar de su pequeño tamaño, contienen numerosos minerales, fósforo, potasio, magnesio, zinc, etc. Pero lo más destacable es su extraordinario aporte de calcio. Las semillas de sésamo son una de las fuentes más ricas de calcio que podemos encontrar. Por eso es un alimento crucial que no debe faltar en la dieta de niñas y niños, así como en la de mujeres postmenopáusicas y embarazadas. Contiene casi el doble de calcio que la leche. (Cerna y Melara, 2013).

2.8 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL SÉSAMO LAVADO Y TOSTADO

Los indicadores más sobresalientes de la calidad nutritiva del producto sésamo lavado y tostado son, su alto contenido en proteínas, calcio, fósforo y hierro, componentes esenciales en el periodo de embarazo y crecimiento del niño; alto contenido en grasas insaturadas que contribuyen a reducir los niveles de colesterol sanguíneo, además contiene fibras fáciles de digerir que permite su fácil asimilación por los niños previniendo el estreñimiento. La composición nutritiva del producto se muestra en la Tabla 2.4 (CABEXSE,).

Tabla 2.4
Contenido nutricional del sésamo lavado y tostado

| Química nutricional | Resultado | Método de ensayo |
|---------------------------------|------------------|---|
| Proteína; (%) | 21,00 | Kjeldahl |
| Grasa; (%) | 57,50 | Soxhiet |
| Carbohidratos; (%) | 6,57 | Por diferencia |
| Cenizas; (%) | 4,93 | Incineración Mufla 550°C hasta peso Ctte. |
| Fibra; (%) | 10,30 | AOCS Ba 6.84 |
| Hidratos de Carbono; (%) | 14,60 | NB 312031 |
| Valor energético; (Kcal/100 gr) | 625,00 | Por cálculo |
| Calcio; (mg-Ca/100 gr) | 885,00 | Titulométrico |
| Hierro; (mg-Fe/100 gr) | 5,69 | Espectrofotométrico |
| Fósforo; (mg-P/100 gr) | 620,00 | AOAC 995.11 |

Fuente: Laboratorio LABROB – Alimentos Santa Cruz

2.9 USOS DEL SÉSAMO COMO MATERIA PRIMA

Las semillas de sésamo se utilizan para la obtención de aceite. En la alimentación humana se usa principalmente en panadería para adornar y darle buen sabor a los panes, en confituras o caramelos de ajonjolí, en horchatas refrescantes, especialmente recomendadas como excelente alimento, pues tiene la propiedad de favorecer la secreción láctea (Gutiérrez, 2004).

2.9.1 EN LA MEDICINA

Ayuda con el estrés, la depresión, el insomnio, y otros problemas del sistema nervioso. Sus altos contenidos de calcio, hierro y zinc lo hacen muy recomendable para las personas con anemia. Por su alto contenido de fibra, el sésamo (ajonjolí) es un fantástico regulador intestinal. Previene el agotamiento mental y físico, previene la pérdida de memoria y previene la impotencia masculina (Gutiérrez, 2004).

2.9.2 EN LA INDUSTRIA COSMETOLÓGICA

El aceite de alto refinamiento es el más apetecido por la industria cosmetológica, como base para la fabricación de productos cosméticos e inyectables, tales como: labiales, polvos faciales, jabones, cremas humectantes para piel seca, tónicos, mascarillas, detergentes, acondicionadores para el cabello, etc (Bastilla y Laguna, 2003).

2.9.3 EN LA MANUFACTURA DE PINTURAS A BASE DE ACEITE

El aceite de sésamo se utiliza como componente para la fabricar de pinturas al óleo. El óleo para secar incluye un grupo de aceites orgánicos, que debido a procesos de polimerización, cuando se aplican en una capa delgada, forman una capa elástica. Este grupo de óleos contienen al aceite de linaza, amapola, nogal y sésamo (Bastilla y Laguna, 2003).

2.9.4 EN LA MANUFACTURA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

Las semillas de sésamo son unas de las más valoradas en la cocina, ya que en cualquiera de sus formas son deliciosas y aportan a los platillos, un sabor y untuosidad, que se degusta con placer (Bastilla y Laguna, 2003).

2.9.4.1 EN LA INDUSTRIA PANIFICADORA

En este caso es de gran utilización las semilla de ajonjolí blanca ya que no se oscurece en el proceso de horneado. El ajonjolí es utilizado en la producción de harina para pan, como también en grano natural tostado como aderezo al pan para hamburguesa, de la misma manera que se utiliza en la elaboración de palitos de pan y galletas (Bastilla y Laguna, 2003).

2.9.4.2 EN LA PREPARACIÓN DE COMIDAS

El ajonjolí es muy utilizado en los restaurantes de comida asiática y naturista, ya que posee un gran contenido proteínico y sirve como sustituto para personas con preferencias vegetarianas (Bastilla y Laguna, 2003).

2.9.4.3 EN LA ELABORACIÓN DEL GOMASIO

Es un condimento muy utilizado en Japón que consiste en elaborar una pasta (seca) en la que se mezclan diferentes proporciones de semillas de sésamo molidas y sal marina (Bastilla y Laguna, 2003).

2.9.4.4 EN LA ELABORACIÓN DEL TAHINI

Es otro de los condimentos típicos. Una crema dulce que resulta de tostar la semilla descortezada y molerla, a la cual se le agrega miel, azúcar, aceite de girasol y cacahuate, este producto es muy consumido por árabes y judíos (Bastilla y Laguna, 2003).

2.9.4.5 EN LA OBTENCIÓN DE ACEITE

Las semillas de ajonjolí con la mejor pureza se seleccionan para ser prensadas en frío y filtradas doblemente para obtener el maravilloso aceite ligero. El aceite de ajonjolí es un producto que se obtiene mediante prensado de la semilla y filtrado doblemente para obtener un excelente sazónador, dándole un mejor sabor a los platillos y ensaladas. Éste es un buen complemento en los alimentos de la dieta diaria y baja en colesterol. No se aplican conservadores, aditivos o productos químicos para producir este aceite (Gutiérrez, 2004).

2.9.5 USOS DE LA PASTA

La torta o sea la pasta que queda de las semillas al extraerles el aceite u otro producto, es de alto valor nutritivo, útil para la alimentación del ganado y aves de corral que contiene de 40 a 50% de proteínas.

El ganado lechero, tiene la propiedad de aumentar la leche, sin que ésta adquiera el olor característico de la torta, aún cuando se emplee en elevada cantidad. La torta también suele usarse como abono cuando se deja descomponer: contiene 60 partes por mil de nitrógeno, 33,2 partes por mil de ácido fosfórico y 14,7 partes por mil de potasa (Gutiérrez, 2004).

2.10 DESCRIPCIÓN DE LOS INSUMOS

A continuación se describen cada uno de los insumos que se utilizaron en la elaboración del refresco de sésamo.

2.10.1 AZÚCAR

El azúcar es la sustancia de sabor dulce que se forma naturalmente en las hojas de numerosas plantas y se concentra en sus raíces y en sus tallos. Es un hidrato de carbono soluble cuya fórmula química es $C_{12}H_{22}O_{11}$ sacarosa, compuesta por glucosa y fructosa. Su nombre común es azúcar. Su poder edulcorante por definición es igual a uno (Rodríguez, 2015).

El azúcar se utiliza como edulcorante y conservante en la elaboración de confituras, jaleas, mermeladas, etc. está asociada a numerosas elaboraciones lácteas, como leche merengada, cremas, flanes, etc. Como mejorante del sabor y el color (caramelo). Se compone de los siguientes nutrientes: hidratos de carbono 98,02%, agua 1,34 g, proteínas 0,12g, grasas 0g, vitaminas (niacina b3 y b6) y minerales (calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio y sodio).

El azúcar o sacarosa se obtiene de la caña de azúcar (de su tallo) o de la remolacha. Pertenece al grupo de los hidratos de carbono simples, de los disacáridos más concretamente. Es una sacarosa que se encuentra en grandes cantidades en dos plantas mencionadas anteriormente (Rodríguez, 2015).

2.10.2 CANELA

La canela es una de las especias conocidas en la cocina desde hace miles de años. Este aromatizante universal, pertenece a la misma familia que el laurel, La canela se obtiene del árbol de la canela, canelero de Ceilán, o canelo árbol con corteza papirácea marrón claro, perteneciente a la familia de las lauráceas. En su estado silvestre puede alcanzar los 10 m de altura, tiene tres venas prominentes, simples, coriáceas, largas y aromáticas, de color rojo brillante cuando son jóvenes y verde intenso con llamativos nervios blancos al madurar (Moreiras, 2013).

La canela es una planta aromática milenaria que a lo largo de la historia ha sido utilizada con diferentes fines medicinales. En particular, de los distintos tipos de canela que existen, se considera que la variedad conocida como canela cassia es la que contiene propiedades curativas. También posee aceites esenciales, terpenos, mucilagos y diferentes vitaminas que favorecen la circulación sanguínea e influyen en el metabolismo de los hidratos de carbono, impidiendo que éstos se conviertan en grasa, evitando así la formación de placas de colesterol en las paredes arteriales (Infomed, 2014).

2.10.3 CLAVO DE OLOR

El clavo de olor es una especia que proporciona un intenso aroma y sabor a las distintas elaboraciones culinarias en las que se aplica.

Es originario de las Islas Maluku (Indonesia), conocidas también como Islas de Especias, y entre sus usos y aplicaciones, además de las culinarias se puede mencionar la fabricación de incienso, el aceite esencial para aromaterapia u otras

medicinas alternativas y como un componente más de los cigarrillos locales de Indonesia llamados (Gastronomía. 2009).

El clavo de olor se obtiene de un árbol que florece dos veces al año. Los botones florales tienen inicialmente un color pálido que poco a poco se convierten en verde para después tornar a un color rojo o marrón oscuro. Los clavos los capullos sin abrir y se cosechan cuando las hojas verdes externas han cambiado de color verde a un amarillo-rosa

En la actualidad, cada vez son más los consumidores que buscan adquirir productos naturales, mínimamente procesados sin que se comprometa la inocuidad de los alimentos. Es por eso que se ha dirigido la atención hacia productos naturales que las plantas y especias pueden proveer, debido a que muchos de estos productos han demostrado tener propiedades adicionales; no sólo el aportar sabor y olor, sino también cualidades medicinales y de conservación para extender la vida útil y prevenir el deterioro de los alimentos. (Aguilar y Gonzales, 2013).

2.11 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL REFRESCO DE SÉSAMO

El refresco de sésamo es una bebida de origen vegetal que se obtiene a partir de las semillas de sésamo o ajonjolí, y que se convierte en una excelente alternativa para quienes no pueden beber leche con lactosa. Ésta sería una bebida que vaya a sustituir las necesidades del calcio que contiene la leche normal.

Al igual que la soja, el refresco de sésamo es especialmente rico en lecitina, ácidos grasos insaturados (destacando sobre todo los ácidos grasos omega 6 y omega 9), vitaminas y minerales (sorprendiendo por su altísimo contenido en calcio).

2.11.1 PROPIEDADES Y BENEFICIOS DEL REFRESCO DE SÉSAMO

- Debido a su alto contenido en calcio, ayuda a prevenir la aparición de la osteoporosis y pérdida de cabello.
- Debido a su contenido en lecitina es ideal para que lo tomen personas que sufran de agotamiento, tanto físico, y mental,
- Ayuda a mantener el colesterol disuelto en la sangre evitando que se acumule en las paredes arteriales, evitando la aparición de arteriosclerosis y la aparición de infartos.
- Ayuda a los problemas nerviosos, como ansiedad, estrés, irritabilidad o depresión.

2.11.2 INFORMACIÓN NUTRICIONAL DEL REFRESCO DE SÉSAMO

Las semillas de sésamo contienen una amplia variedad de principios nutritivos de alto valor biológico.

Tabla 2.5

Composición nutricional del refresco de sésamo

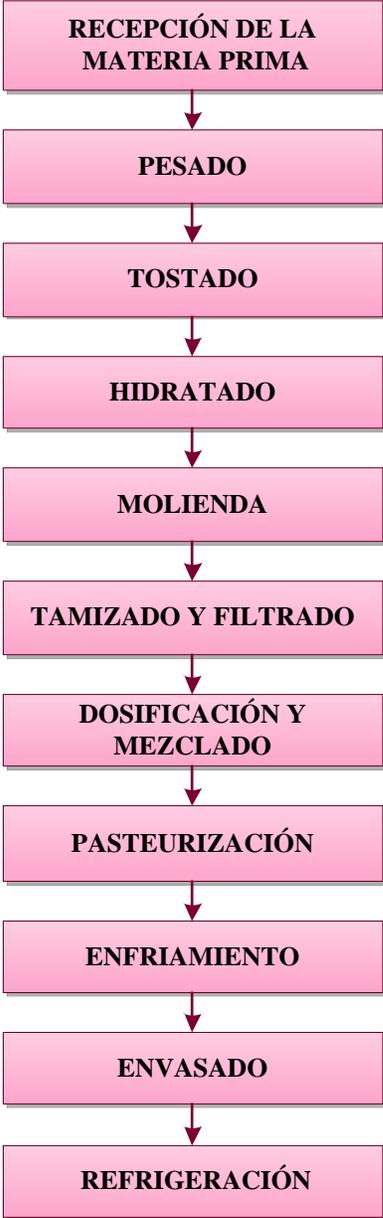
| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| Valor energético | 422,00 kcal. |
| Proteínas | 11,30 g (de alta calidad) |
| Hidratos de carbono | 69,00 g |
| Fibra alimentaria | 3,40 g |
| Sodio | 0,10 g |
| Grasa total | 11,20g |
| Grasa saturada | 1,70 g |
| Grasa Monoinsaturada | 4,20 g |
| Grasa poliinsaturada | 5.30 g |

Fuente: <http://miratusalud.com>

2.12 DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL REFRESCO DE SÉSAMO

Figura 2.3

Proceso de elaboración del refresco de sésamo



Fuente: Elaboración propia

2.12.1 RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima que se va utilizar en el proceso de elaboración del refresco de sésamo será. La semilla de sésamo, a la cual se le hace una limpieza, para eliminar diferentes cuerpos extraños presentes en el grano de sésamo, esto con la finalidad de obtener un producto de calidad.

2.12.2 PESADO

El pesado de la materia prima se realiza con la finalidad de conocer el rendimiento del producto final.

2.12.3 TOSTADO

Este proceso se hace con la finalidad de darle un buen sabor al producto terminado, mismo que se lleva a cabo a un proceso de calentamiento del grano en una olla, a tiempo y temperatura determinados.

2.12.4 HIDRATADO

Esta operación consiste en someter a la materia prima a un proceso de reposo con agua caliente por un tiempo determinado,

2.12.5 MOLIENDA

Consiste en la ruptura celular de los granos de sésamo con la finalidad de liberar los componentes del grano. Este proceso se lleva a cabo colocando las semillas de sésamo en una licuadora, donde se agrega agua a temperatura ambiente.

2.12.6 TAMIZADO Y FILTRADO

El proceso del tamizado consiste en la extracción de toda la sustancia lechosa de los residuos o del salvado del sésamo, mediante la adición de agua hervida a una temperatura adecuada sobre un colador de malla milimétrica. Seguidamente se le hace un filtrado para retener los materiales insolubles conocidos como residuos del sésamo. Este proceso del filtrado se lleva a cabo utilizando un filtro de tela de manera que se evite el paso de partículas juntamente con el líquido.

2.12.7 DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO

Esta etapa consiste en adicionar a la mezcla un jarabe preparado anteriormente, mismo que contiene azúcar, agua y aditivos los cuales tienen la finalidad de darle sabor, color, consistencia, a la vez conservar el producto.

2.12.8 PASTEURIZACIÓN

En la pasteurización del producto, lo que se quiere es eliminar la carga microbiana del alimento, para darle a este un mayor tiempo de durabilidad.

2.12.9 ENFRIAMIENTO

Se realiza el enfriamiento. Debido a que en el envasado se utilizaran botellas pett y éstas no resisten altas temperaturas.

2.12.10 ENVASADO

El envasado se realiza con la finalidad de aislar el alimento del medio ambiente, con el propósito de que éste pueda conservarse de forma segura. Para el envasado del producto terminado se utilizan envases adecuados.

2.12.11 REFRIGERACIÓN

La refrigeración es una de las técnicas más importantes para aumentar la vida de los alimentos manufacturados frescos. Puede utilizarse de dos maneras, o bien refrigeración o congelación.

2.13 ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL

El análisis sensorial es una disciplina científica utilizada para identificar, medir, analizar e interpretar reacciones hacia aquellas características de los alimentos y materiales, tal y como son percibidas por los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído. A través del uso adecuado de esta metodología científica se puede llegar a conocer, por ejemplo, el perfil de apariencia, sabor, color, aroma, olor y textura de un producto, el impacto de esas características en la aceptabilidad del consumidor. (Gutiérrez, 2004).

La evaluación sensorial surge como disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor. Además, la evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta. (Gutiérrez, 2004).

Las pruebas sensoriales se clasifican en dos grandes categorías: analíticas y afectivas.

2.13.1 PRUEBAS ANALÍTICAS

Las pruebas analíticas se usan para evaluación de productos en el laboratorio, en términos de diferencias o similitudes o para identificación y cuantificación de atributos sensoriales. Los tipos de pruebas analíticas más importantes son las pruebas discriminativas y las pruebas descriptivas. Las pruebas discriminativas utilizan

panelistas semientrenados y las pruebas descriptivas utilizan panelistas entrenados. (Gutiérrez, 2004).

2.13.2 PRUEBAS AFECTIVAS

El objetivo de las pruebas afectivas es evaluar la respuesta personal (aceptabilidad o preferencia) de los consumidores del producto. En estas pruebas se utilizan evaluadores sin entrenamiento, los cuales son seleccionados de entre la población, principalmente en base a consumo frecuente del producto bajo investigación. (Gutiérrez, 2004).

3.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, “Elaboración de refresco de sésamo”, fue realizado en el Taller de alimentos (LTA) de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

3.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, MATERIALES, MATERIA PRIMA, INSUMOS Y ADITIVOS UTILIZADOS

A continuación, se describen todos los equipos, materiales, materia prima e insumos que se utilizaron en la realización de la parte experimental.

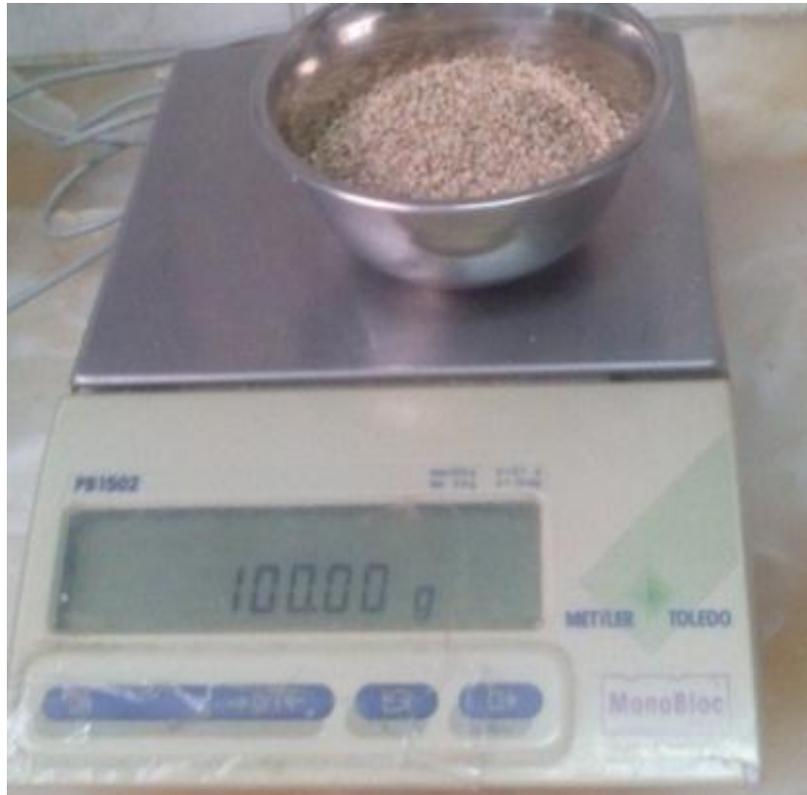
3.2.1 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Balanza electrónica
- Licuadora
- Olla tostadora
- Cocina
- Heladera
- Termómetro

3.2.1.1 BALANZA ELECTRÓNICA DIGITAL

La balanza electrónica se utilizó para el pesado de materias primas e insumos durante el proceso de elaboración del refresco de sésamo.

Figura 3.1
Balanza digital



Fuente: Elaboración propia

Especificaciones técnicas

- **Marca:** METTLER TOLEDO
- **Potencia:** 5w
- **Capacidad:** Máxima 1510 g; mínima 0,5 g
- **Industria:** Suiza
- **Frecuencia:** 50/60 Hz

3.2.1.2 LICUADORA

La licuadora fue utilizada en la etapa de la molienda, con la finalidad de triturar los granos de sésamo, así poder extraer sus componentes nutricionales

Figura 3.2

Licuadora



Fuente: Elaboración propia

Especificaciones técnicas

- **Marca:** Oster
- **Modelo:** PST2
- **Capacidad:** 1.25 litros
- **Industria:** Mexicana
- **Voltaje:** 220V
- **Potencia:** 600 w

3.2.1.3 OLLA TOSTADORA DE ACERO INOXIDABLE

La cual fue diseñada especialmente para ser utilizada en la etapa de tostado del grano de sésamo

Figura 3.3
Olla tostadora



Fuente: Elaboración propia

Especificaciones técnicas

- **Capacidad:** 2.616 kg
- **Industria:** Alemana
- **Diámetro:** 24cm
- **Altura:** 12 cm
- **Espesor:** 2,5 mm
- **Número de aspas:** 4
- **Material:** Acero inoxidable

3.2.1.4 COCINA

Utilizada para el tostado del grano de sésamo, también durante la pasteurización del jarabe, en la pasteurización del agua y en la etapa de pasteurización del producto final.

Figura 3.4
Cocina



Fuente: Elaboración propia

Especificaciones técnicas

- **Marca:** Ecogas
- **Modelo:** DANNA C/T
- **Capacidad térmica:** 9,26 kw
- **Presión nominal:** 2,90 kpa

3.2.1.5 HELADERA ELÉCTRICA (FRIGOBAR)

Este equipo fue utilizado para la realización de pruebas, durante el almacenamiento del producto final.

Figura 3.5
Heladera frigobar



Fuente: Elaboración propia

Especificaciones técnicas

- **Marca:** VENAX
- **Modelo:** VNX-160
- **Capacidad:** 118 L
- **Tensión:** 220-240 V
- **Potencia:** 90 w
- **Frecuencia:** 50 Hz

3.2.2 MATERIALES DE LABORATORIO

En la Tabla 3.1, se muestran los materiales que se utilizaron en el proceso de elaboración del refresco de sésamo

Tabla 3.1
Materiales utilizados en la elaboración
del refresco de sésamo

| Descripción | Cantidad | Capacidad | Calidad |
|----------------|----------|-----------|------------------|
| Jarra | 2 | 1000 ml | Plástico |
| Termómetro | 1 | 100 °C | |
| Colador | 2 | 30 cm | Plástico |
| Tela filtrante | 1 | 1/4 metro | Gasa |
| Ollas | 2 | 3y5 L | Acero inoxidable |
| Ollas | 1 | 5 L | Aluminio |
| Recipientes | 2 | Pequeños | Acero inoxidable |
| Cuchara | 1 | Pequeña | Acero inoxidable |
| Botellas | | 1000ml | Plástico |

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada en la elaboración de refresco de sésamo, es proveniente del departamento de Santa Cruz, que fue adquirida del mercado Campesino. La variedad de sésamo que se utilizó en el trabajo de investigación, es el escoba blanco debido a que esta variedad ofrece un buen sabor en la elaboración de diferentes productos alimenticios.

3.2.4 INSUMOS Y ADITIVOS

Tabla 3.2
Insumos y aditivos utilizados para la elaboración
del refresco de sésamo

| Insumos | Descripción | Procedencia |
|---------------|------------------|---------------|
| Azúcar | Blanca granulada | Bolivia |
| Canela | En rama | Mercado local |
| Clavo de olor | | Mercado local |

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6
Canela



Fuente: Elaboración propia

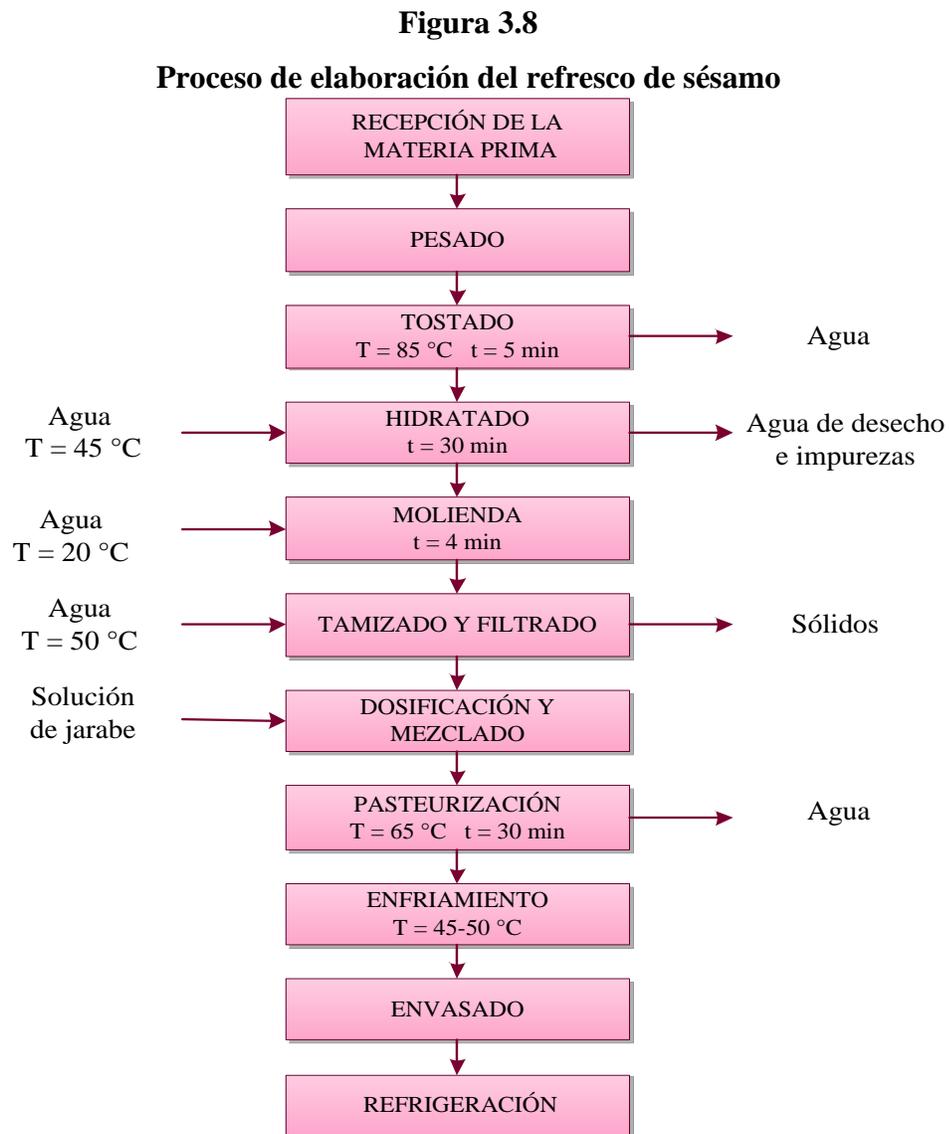
Figura 3.7
Clavo de olor



Fuente: Elaboración propia

3.3 METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DEL REFRESCO

En la Figura 3.8 se muestran las diferentes etapas que se siguen para la elaboración del refresco de sésamo.



Fuente: Elaboración propia

3.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL REFRESCO DE SÉSAMO

A continuación se describe cada una de las etapas del proceso de elaboración del refresco de sésamo.

3.3.1.1 RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima que se utilizará en la elaboración de refresco de sésamo fue adquirida del mercado campesino, en la recepción de la materia, se parte de un grano ya seleccionado al momento de adquirirlo, etc.

3.3.1.2 PESADO

El pesado del grano de sésamo se lo hizo en una balanza digital electrónica con la finalidad de determinar el rendimiento del proceso.

3.3.1.3 TOSTADO

Para este proceso se inicia con el calentamiento del equipo tostador de granos, el recipiente tostador consiste en una olla tostadora de granos de acero inoxidable adaptada para este proceso. El tostado se realizó a una temperatura de 85 °C, por un tiempo de 5 minutos, luego se vacía el sésamo ya tostado sobre un recipiente plano de porcelana para el enfriamiento.

3.3.1.4 HIDRATADO

Una vez tostado el grano de sésamo se procede a hidratar las semillas tostadas de sésamo, colocándolas en un recipiente de acero inoxidable, donde se le agrega agua a 45 °C, luego se deja reposar por un tiempo de 30 minutos, transcurrido este tiempo se las escurre en un colador, para luego ser llevadas a la molienda.

3.3.1.5 MOLIENDA

El sésamo ya hidratado se lleva a una licuadora, donde se realiza la molienda con un poco de agua a temperatura ambiente. El tiempo de molienda es de 4 minutos.

3.3.1.6 TAMIZADO Y FILTRADO

Para realizar el tamizado, se adiciona agua a 50 °C lo que facilita el paso de la sustancia líquida en menor tiempo, para el tamizado se utiliza un colador de malla fina, por el cual pasa el líquido y quedando los residuos sólidos del sésamo retenidos en el colador.

Por último se realiza un filtrado, para eliminar las partículas más pequeñas que hayan pasado junto con el líquido, para ello se utiliza una tela de gasa, sobre un colador.

3.3.1.7 DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO

Una vez concluida con la etapa de separación entre la parte sólida y líquida, se lleva la mezcla a un recipiente de acero inoxidable. Se adiciona una solución de jarabe elaborada anteriormente con agua, azúcar, canela y clavo de olor, el que fue pasteurizado por un tiempo de 10 minutos.

3.3.1.8. PASTEURIZACIÓN

Para la pasteurización del refresco de sésamo, se utiliza un sistema a baño María. Utilizando una pasteurización lenta a temperatura de 65 °C y un tiempo de 30 minutos.

3.3.1.9 ENFRIAMIENTO

Terminada la etapa de pasteurización se realiza un enfriamiento rápido hasta 50 °C, con la finalidad de que los envases que conservarán al producto no se deformen.

3.3.1.10 ENVASADO

Para el envasado del se utilizan botellas de plástico Pet, con capacidad de 1 litro. Antes de que el producto sea envasado se realiza un lavado de las botellas y sus tapas utilizando agua caliente a 40 °C y finalmente un desinfectante en solución. Por último se procede al envasado del producto.

3.3.1.11 REFRIGERACIÓN

Una vez envasado el producto se procede a refrigerar a temperatura de 5 a 8°C, para evitar el crecimiento microbiano en el producto terminado.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

3.4.1 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA MATERIA PRIMA

Tabla 3.3

Análisis fisicoquímico y microbiológico del grano de sésamo

| Materia prima | Producto final |
|---------------------|------------------------------|
| Calcio total | Calcio total |
| Cenizas | Cenizas |
| Fibra | Fibra |
| Materia grasa | Materia grasa |
| Humedad | Humedad |
| Hidratos de carbono | Hidratos de carbono |
| Proteína total | Proteína total |
| Valor energético | Valor energético |
| Coliformes totales | Coliformes totales y fecales |
| | Mohos y levaduras |

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 TÉCNICAS DE DETERMINACIÓN DE LOS ANÁLISIS

La determinación de propiedades físicoquímicos y microbiológicos fueron realizados en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo “CEANID” Dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”. Los análisis realizados en la determinación de propiedades físicoquímicas y microbiológicas de la materia prima y producto final son:

Calcio total, cenizas, fibra, materia grasa, humedad, hidratos de carbono, proteína total valor energético y coliformes totales.

Tabla 3.4
Métodos de análisis utilizados

| PARÁMETROS | METODO UTILIZADO |
|---|-------------------------|
| Determinación de Calcio total | Absorción atómica |
| Determinación de Cenizas | NB 39034-10 |
| Determinación de Fibra | Gravimétrico |
| Determinación de Materia grasa | NB 313019-06 |
| Determinación de Humedad | NB 313010-05 |
| Determinación de Hidratos de carbono | Calculo |
| Determinación de Proteína total | NB ISO 8968-1-08 |
| Determinación de Valor energético | Calculo |
| Determinación de coliformes totales | NB 3200-02 |

Fuente: CEANID

3.5 ANÁLISIS SENSORIAL

Las evaluaciones sensoriales del presente trabajo de investigación fueron realizadas durante las etapas de elaboración y en el producto terminado, en base a las pruebas afectivas y evaluadas por jueces no entrenados. Estas pruebas se llevaron a cabo en los ambientes del laboratorio taller de alimentos LTA perteneciente a la Universidad.

3.5.1 EVALUACIÓN SENSORIAL INICIAL PARA LA DOSIFICACIÓN DE INSUMOS

Para determinar las cantidades adecuadas de los insumos, se realizó una evaluación sensorial de cuatro muestras con diferentes cantidades de sésamo y azúcar, estas muestras fueron evaluadas por 15 jueces no entrenados para la degustación, que determinaron los atributos sabor, color y olor.

3.5.2 EVALUACIÓN SENSORIAL FINAL PARA LA DOSIFICACIÓN DE INSUMOS

Para determinar las cantidades exactas de canela y azúcar, se realizó una evaluación sensorial de dos muestras con mayor promedio, que fueron elegidas de la anterior evaluación sensorial, estas muestras fueron evaluadas por 15 jueces no entrenados para la degustación, que determinaron los atributos sabor y olor.

3.5.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO

Para la evaluación sensorial del producto terminado, se presentó una muestra que fue la ganadora de la anterior evaluación, a 15 jueces no entrenados para la degustación, para determinar los atributos sabor color y olor.

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental aplicado al presente trabajo, permite el estudio de las variables más importantes y significativas. Minimizando los costos durante el proceso, se puede realizar el estudio de varios factores en el estudio del conjunto (Montgomery, 1991).

Según (Montgomery, 1991), uno de los diseños factoriales de dos niveles más utilizados es:

$$2^k$$

Ecuación (3.1)

Dónde:

k = Número de variables

2 = Número de niveles

3.6.1 DISEÑO FACTORIAL EN LA ETAPA DE TOSTADO DEL SÉSAMO

Para determinar el tiempo y temperatura de tostado del sésamo, se realizó el siguiente diseño factorial:

$$2^k = 2^2 = 4$$

Ecuación (3.2)

- Temperatura (T) = 2 niveles
- Tiempo (t) = 2 niveles

En la Tabla 3.5 se muestran los niveles de variación de los factores en el proceso de tostado.

Tabla 3.5

Variación de los factores en el proceso de tostado del sésamo

| Factores | Nivel Inferior | Nivel Superior |
|-------------|----------------|----------------|
| Temperatura | 75 °C | 85 °C |
| Tiempo | 3 min | 5 min |

Fuente: Elaboración propia

Las combinaciones realizadas entre los factores y los diferentes niveles analizados en el proceso de tostado, se detallan en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6

Diseño factorial en la etapa de tostado del sésamo

| Pruebas | Tratamientos | Factores | | Interacción de efectos | Total Y_i |
|---------|--------------|----------|---|------------------------|-------------|
| | | T | t | T*t | |
| 1 | (1) | - | - | + | Y_1 |
| 2 | a | + | - | - | Y_2 |
| 3 | b | - | + | - | Y_3 |
| 4 | ab | + | + | + | Y_3 |

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Y_i = contenido de humedad del sésamo tostado

T = temperatura

t = tiempo

4.1 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA MATERIA PRIMA

Los análisis, se realizaron en el Centro de Análisis y Desarrollo CEANID. En la tabla 4.1, se detallan los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del grano de sésamo como materia prima.

Tabla 4.1
Resultados de análisis fisicoquímico y microbiológico del grano de sésamo

| Parámetros | Unidad de medida | Sésamo en grano |
|---|------------------|-----------------|
| Calcio total | mg/100g | 774 |
| Cenizas | % | 3,30 |
| Fibra | % | 6,00 |
| Materia grasa | % | 29,00 |
| Humedad | % | 4,72 |
| Hidratos de carbono | % | 33,29 |
| Proteína total | % | 23,69 |
| Valor energético | Kcal/100g | 448,92 |
| Coliformes totales | UFC/g | < 10 (*) |
| UFC: unidad formadora de colonias | | |
| *: no se observa desarrollo de colonias | | |

Fuente: CEANID, 2016

Como se puede observar en la Tabla 4.1 los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de la materia prima grano de sésamo, tiene un valor en calcio total de 774 mg/100g, cenizas 3,3 %, fibra 6,00 %, materia grasa 29,00 %, humedad 4,72 %, hidratos de carbono 33,29 %, proteína total 23,69 %, valor energético 448 %. En el caso del análisis microbiológico, tiene un valor de coliformes totales < 10 (*) UFC/g.

4.2 ELABORACIÓN DEL REFRESCO DE SÉSAMO

Se procedió a elaborar el refresco de sésamo, tomando en cuenta varios aspectos en las diferentes etapas del proceso, que serán estudiados mediante las herramientas de estadística, como la evaluación sensorial, para determinar los atributos sensoriales que produce al consumir el alimento y el diseño experimental para determinar las variables de mayor incidencia en la elaboración del refresco de sésamo.

4.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN INICIAL

Para determinar la muestra preliminar se realizaron 4 muestras haciendo variar cantidades de sésamo y azúcar.

Posteriormente fueron evaluadas por 15 jueces no entrenados en cuanto se refiere a los atributos sabor, color y olor en base a una escala hedónica. (Anexo B)

4.2.1.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO SABOR

En la Tabla 4.2 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de 15 jueces no entrenados para el atributo sabor.

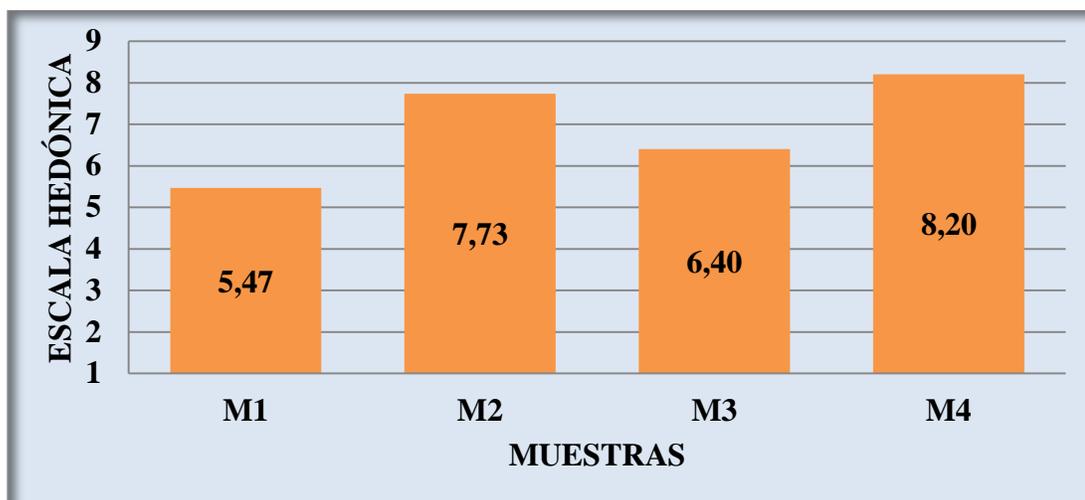
Tabla 4.2
Resultados de la evaluación sensorial para el atributo sabor

| Jueces | Muestras | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 |
| 1 | 6 | 8 | 7 | 9 |
| 2 | 5 | 8 | 6 | 9 |
| 3 | 7 | 7 | 6 | 8 |
| 4 | 5 | 7 | 6 | 8 |
| 5 | 3 | 7 | 6 | 7 |
| 6 | 7 | 8 | 7 | 8 |
| 7 | 4 | 9 | 6 | 9 |
| 8 | 7 | 9 | 5 | 8 |
| 9 | 5 | 6 | 6 | 8 |
| 10 | 6 | 7 | 6 | 8 |
| 11 | 6 | 8 | 8 | 9 |
| 12 | 5 | 7 | 7 | 8 |
| 13 | 5 | 8 | 6 | 7 |
| 14 | 5 | 8 | 7 | 9 |
| 15 | 6 | 9 | 7 | 8 |
| \bar{Y}_j | 5,47 | 7,73 | 6,40 | 8,20 |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1 se muestra la gráfica de los promedios obtenidos de los resultados de la evaluación sensorial para el atributo sabor.

Figura 4.1
Promedios para el atributo sabor



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4.1, la muestra que tiene mayor aceptación por los jueces, en la evaluación sensorial realizada, es la M4 = 8,20; en comparación a las muestras M2 = 7,73; M3 = 6,40 y M1 = 5,47 las cuales tienen un menor puntaje en escala hedónica.

En la Tabla 4.3 se muestra el análisis de varianza para el atributo sabor según la tabla C.4 (Anexo C)

Tabla 4.3
ANVA análisis de varianza para el atributo sabor

| Fuente de Varianza | SC | G L | CM | Fcal. | Ftab. |
|---------------------------|-----------|------------|-----------|--------------|--------------|
| Total | 112,85 | 59 | | | |
| Tratamientos (A) | 70,18 | 3 | 23,39 | 37,73 | 2,83 |
| Jueces (B) | 16,60 | 14 | 1,19 | 1,92 | 1,93 |
| Error | 26,07 | 42 | 0,62 | | |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.3 para los tratamientos o muestras (A), $F_{cal.} > F_{tab}$ ($37,73 > 2,83$), lo cual nos indica que si existe diferencia estadística de variación entre muestras M1, M2, M3, M4; para una $p < 0,05$ por lo tanto se rechaza la hipótesis.

4.2.1.1.1. PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO SABOR

En la Tabla 4.4 se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de los datos extraídos de la Tabla C.7 (Anexo C).

Tabla 4.4
Análisis de los tratamientos para el atributo sabor

| Tratamientos | Análisis de los valores | Efectos |
|--------------|-------------------------|------------------------------------|
| M4 – M2 | $0,47 < 0,57$ | No existe diferencia significativa |
| M4 – M3 | $1,80 > 0,60$ | Si existe diferencia significativa |
| M4 – M1 | $2,73 > 0,62$ | Si existe diferencia significativa |
| M2 – M3 | $1,33 > 0,57$ | Si existe diferencia significativa |
| M2 – M1 | $2,26 > 0,60$ | Si existe diferencia significativa |
| M3 – M1 | $0,93 > 0,62$ | Si existe diferencia significativa |

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 4.4 del análisis de los tratamientos para el atributo sabor en la prueba de Duncan. Las muestras las muestras (M4 – M3), (M4 – M1), (M2 – M3), (M2 – M1) y (M3 – M1) si tienen diferencia significativa, (M4 – M2) no tienen diferencia significativa, pero tomando en cuenta el promedio de cada muestra en base a la evaluación sensorial realizada, se elige a la muestra M4 como muestra ganadora.

4.2.1.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO COLOR

En la Tabla 4.5 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de 15 quince jueces no entrenados, para el atributo color.

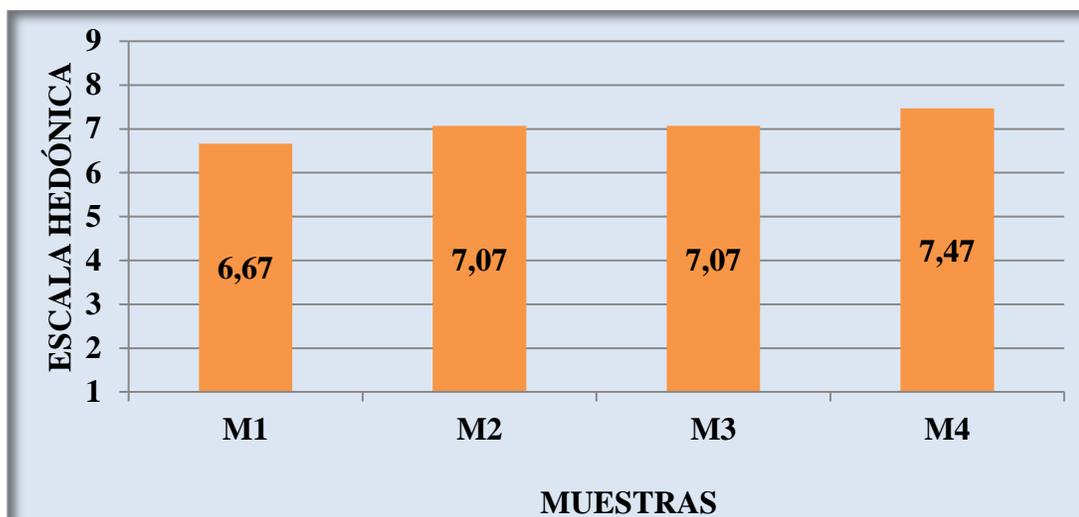
Tabla 4.5
Resultados de la evaluación sensorial para el atributo color

| Jueces | Muestras | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 |
| 1 | 7 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 7 | 8 | 7 | 9 |
| 3 | 6 | 6 | 6 | 7 |
| 4 | 5 | 7 | 6 | 8 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 8 | 8 | 7 | 7 |
| 7 | 8 | 6 | 6 | 6 |
| 8 | 8 | 8 | 7 | 8 |
| 9 | 6 | 5 | 6 | 7 |
| 10 | 6 | 8 | 8 | 7 |
| 11 | 6 | 7 | 8 | 7 |
| 12 | 6 | 6 | 8 | 7 |
| 13 | 6 | 9 | 7 | 8 |
| 14 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 15 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| \bar{Y}_j | 6,67 | 7,07 | 7,07 | 7,47 |

Fuente: elaboración propia

En la Figura 4.2 se muestra la gráfica de los promedios obtenidos de los resultados de la evaluación sensorial para el atributo color.

Figura 4.2
Promedios para el atributo color



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4.2, la muestra que tiene mayor aceptación por los jueces, en la evaluación sensorial realizada, es la M4 = 7,47; en comparación a las muestras M2 y M3 =7,07; M1 = 6,67; las cuales tienen un menor puntaje en escala hedónica.

En la Tabla 4.6 se muestra el análisis de varianza para el atributo color según la Tabla C.9 (Anexo C).

Tabla 4.6
ANVA análisis de varianza para el atributo color

| Fuente de Varianza | SC | GL | CM | Fcal. | Ftab. |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| Total | 81,73 | 59 | | | |
| Tratamientos (A) | 4,80 | 3 | 1,60 | 2,50 | 2,83 |
| Jueces (B) | 50,23 | 14 | 3,59 | 5,61 | 1,93 |
| Error | 26,70 | 42 | 0,64 | | |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.6 para los tratamientos o muestras (A), $F_{cal.} < F_{tab.}$ ($2,50 < 2,83$), lo cual indica que no existe evidencia estadística significativa de variación entre muestras M1, M2, M3, M4, para una $P < 0,05$; por lo tanto se acepta la hipótesis y cualquiera de las muestras puede ser elegida para el atributo color.

Para el caso de los jueces, $F_{cal.} > F_{tab.}$ ($5,61 > 1,93$), en este caso sí existe evidencia estadística de variación entre los 15 jueces, para una $p < 0,05$.

4.2.1.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO OLOR

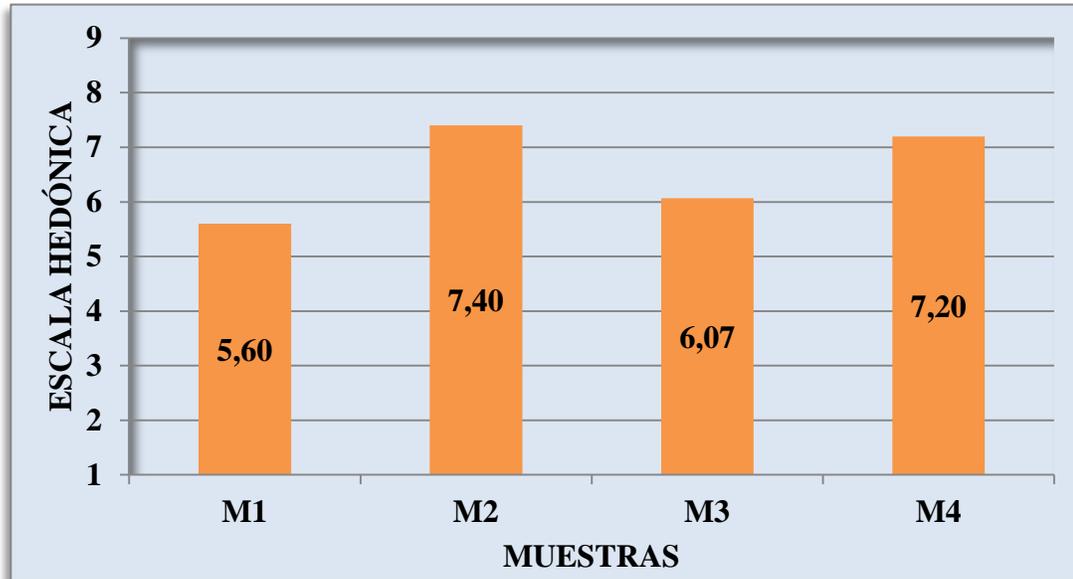
Tabla 4.7
Resultados de la evaluación sensorial para el atributo olor

| Jueces | Muestras | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 |
| 1 | 7 | 8 | 7 | 9 |
| 2 | 6 | 7 | 6 | 9 |
| 3 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 4 | 5 | 7 | 5 | 8 |
| 5 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 6 | 7 | 8 | 6 | 8 |
| 7 | 4 | 8 | 6 | 7 |
| 8 | 7 | 8 | 7 | 5 |
| 9 | 5 | 5 | 5 | 7 |
| 10 | 5 | 8 | 5 | 8 |
| 11 | 5 | 8 | 6 | 6 |
| 12 | 5 | 8 | 7 | 8 |
| 13 | 5 | 8 | 7 | 6 |
| 14 | 6 | 8 | 6 | 8 |
| 15 | 6 | 8 | 6 | 7 |
| \bar{Y}_j | 5,60 | 7,40 | 6,07 | 7,20 |

Fuente: elaboración propia

En la Figura 4.3 se muestra el gráfico de los promedios obtenidos de los resultados de la evaluación sensorial para el atributo olor.

Figura 4.3
Promedios para el atributo olor



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4.3, la muestra que tiene mayor aceptación por los jueces, en la evaluación sensorial realizada, es la M2 = 7,20; en comparación a las muestras M4 = 7,20; M3 = 6,07 y M1 = 5,60 las cuales tienen un menor puntaje en escala hedónica.

En la Tabla 4.8 se muestra el análisis de varianza para el atributo olor según la tabla C.11 (Anexo C)

Tabla 4.8
ANVA análisis de varianza para el atributo olor

| Fuente de Varianza | SC | GL | CM | Fcal. | Ftab. |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| Total | 86,73 | 59 | | | |
| Tratamientos (A) | 34,20 | 3 | 11,40 | 14,62 | 2,83 |
| Jueces (B) | 19,73 | 14 | 1,41 | 1,81 | 1,93 |
| Error | 32,80 | 42 | 0,78 | | |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.8, para los tratamientos o muestras (A), $F_{cal.} > F_{tab.}$ ($14,62 > 2,83$), lo cual indica que si existe diferencia estadística de variación entre muestras M1, M2, M3, M4, para una $p < 0,05$; por lo tanto se rechaza la hipótesis.

4.2.1.3.1. PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO OLOR

En la tabla 4.9 se muestra los del análisis estadístico de la prueba de Duncan de los datos extraídos de la Tabla C.14 (Anexo C).

Tabla 4.9
Análisis de los tratamientos para el atributo olor

| Tratamientos | Análisis de los valores | Efectos |
|---------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| M2 – M4 | $0,20 < 0,66$ | No existe diferencia significativa |
| M2 – M3 | $1,33 > 0,69$ | Si existe diferencia significativa |
| M2 – M1 | $1,80 > 0,71$ | Si existe diferencia significativa |
| M4 – M3 | $1,13 > 0,66$ | Si existe diferencia significativa |
| M4 – M1 | $1,60 > 0,69$ | Si existe diferencia significativa |
| M3 – M1 | $0,47 < 0,71$ | No existe diferencia significativa |

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la Tabla 4.9, que las muestras (M2 – M3), (M2 – M1), (M4 – M3), (M4 – M1), sí tienen diferencia significativa, mientras que (M2 – M4), (M3 – M1), no tienen diferencia significativa. Tomando en cuenta el promedio de cada muestra en base a la evaluación sensorial realizada, se elige a la muestra M2 como muestra ganadora para el atributo olor.

En base a la evaluación sensorial realizada para determinar la cantidad de azúcar y sésamo en la dosificación inicial, se determinó que la muestra M4 tiene mayor puntaje para los atributos; sabor (8,20), color (7,47), y la muestra M2 tiene mayor puntaje para el atributo olor (7,40); en comparación a las demás muestras; Realizando el análisis estadístico se pudo evidenciar que sí existe evidencia estadística de variación significativa entre las muestras para una $p < 0,05$

4.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN FINAL

Para determinar la dosificación final se procedió a elaborar dos muestra (M2A y M4A), con diferentes cantidades de canela y azúcar, las cuales fueron evaluadas por 15 jueces no entrenados para los atributos sabor y olor en escala hedónica. (Anexo B).

4.2.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO SABOR EN LA ETAPA DE DOSIFICACIÓN FINAL

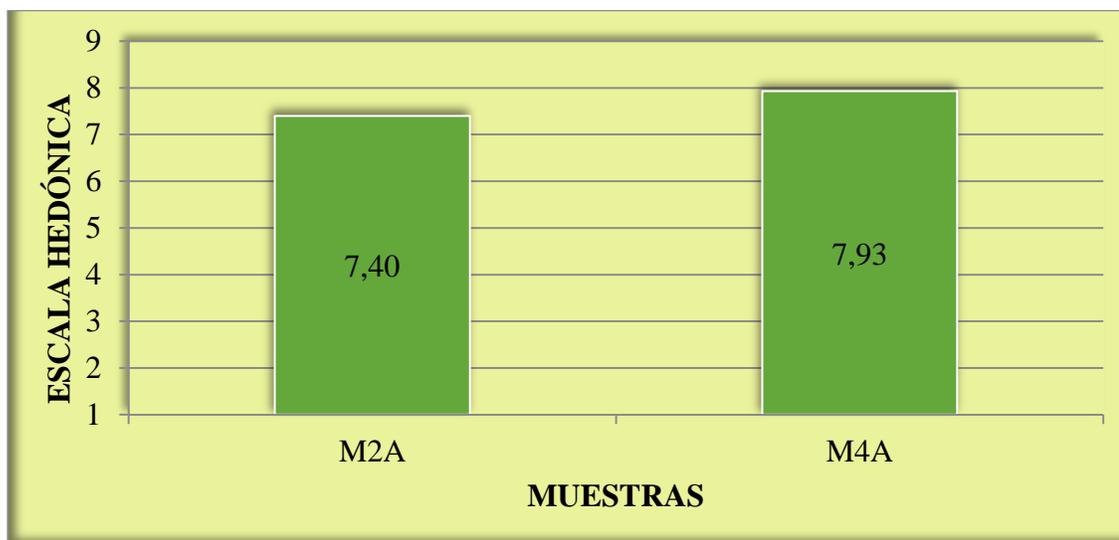
Tabla 4.10
Resultados de la evaluación sensorial para el atributo sabor

| Jueces | Muestras | |
|-------------|-------------|-------------|
| | M2A | M4A |
| 1 | 7 | 7 |
| 2 | 6 | 7 |
| 3 | 9 | 7 |
| 4 | 8 | 9 |
| 5 | 5 | 7 |
| 6 | 7 | 9 |
| 7 | 7 | 8 |
| 8 | 9 | 8 |
| 9 | 7 | 9 |
| 10 | 8 | 7 |
| 11 | 7 | 8 |
| 12 | 8 | 9 |
| 13 | 8 | 7 |
| 14 | 8 | 9 |
| 15 | 7 | 8 |
| \bar{Y}_j | 7,40 | 7,93 |

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.4 se muestran los promedios obtenidos de la evaluación sensorial para determinar la cantidad de azúcar y canela, en el atributo sabor.

Figura 4.4
Promedios para el atributo sabor



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4.4, la muestra que tiene mayor aceptación por los jueces, en la evaluación sensorial realizada, es la M4A = 7,93; en comparación a la muestra M2A = 7,40; la cual tiene un menor puntaje en escala hedónica.

En la Tabla 4.11 se muestra el análisis de varianza para el atributo sabor según la tabla C.16 (Anexo C)

Tabla 4.11
ANVA análisis de varianza para el atributo sabor

| Fuente de Varianza | SC | GL | CM | Fcal. | Ftab. |
|-------------------------|-------|----|------|-------|-------|
| Total | 28,67 | 29 | | | |
| Tratamientos (A) | 2,14 | 1 | 2,14 | 2,74 | 4,60 |
| Jueces (B) | 15,67 | 14 | 1,12 | 1,43 | 2,48 |
| Error | 10,86 | 14 | 0,78 | | |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.11, para los tratamientos o muestras $F_{cal.} < F_{tab.}$ ($2,74 < 4,60$), lo que indica que no existe diferencia estadística significativa de variación entre las muestras M2A y M4A para una $p < 0,05$; por lo tanto se acepta la hipótesis y cualquiera de las dos muestras puede ser elegida para el atributo sabor.

4.2.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO OLOR EN LA ETAPA DE DOSIFICACIÓN FINAL

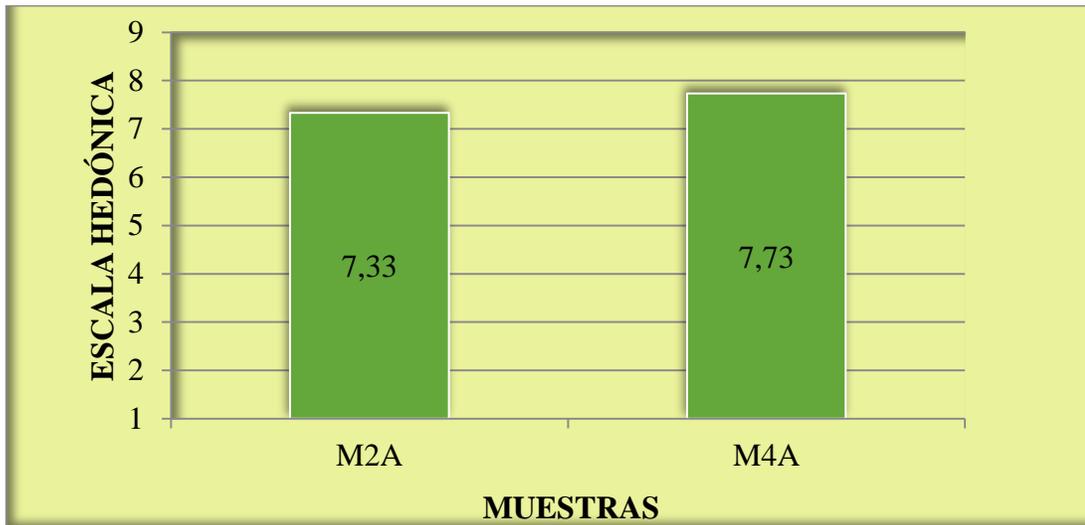
Tabla 4.12
Resultados de la evaluación sensorial para el atributo olor

| Jueces | Muestras | |
|-------------|-------------|-------------|
| | M2A | M4A |
| 1 | 8 | 8 |
| 2 | 5 | 7 |
| 3 | 8 | 9 |
| 4 | 7 | 8 |
| 5 | 6 | 7 |
| 6 | 8 | 9 |
| 7 | 6 | 7 |
| 8 | 9 | 8 |
| 9 | 8 | 7 |
| 10 | 7 | 7 |
| 11 | 6 | 8 |
| 12 | 7 | 8 |
| 13 | 8 | 6 |
| 14 | 8 | 9 |
| 15 | 9 | 8 |
| \bar{Y}_j | 7,33 | 7,73 |

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.5 se muestran los promedios obtenidos de la evaluación sensorial para determinar la cantidad de azúcar y canela, en el atributo olor.

Figura 4.5
Promedios para el atributo olor



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4.5, la muestra que tiene mayor aceptación por los jueces, en la evaluación sensorial realizada, es la M4A = 7,73; en comparación a la muestra M2A = 7,33; la cual tiene un menor puntaje en escala hedónica.

En la Tabla 4.13 se muestra el análisis de varianza para el atributo olor según la tabla C.18 (Anexo C).

Tabla 4.13
ANVA análisis de varianza para el atributo olor

| Fuente de Varianza | SC | GL | CM | Fcal. | Ftab. |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| Total | 31,47 | 29 | | | |
| Tratamientos (A) | 1,20 | 1 | 1,20 | 1,71 | 4,60 |
| Jueces (B) | 20,47 | 14 | 1,46 | 2,09 | 2,48 |
| Error | 9.80 | 14 | 0,70 | | |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.14, para los tratamientos o muestras $F_{cal.} < F_{tab.}$ ($1,71 < 4,60$), lo que indica que no existe diferencia significativa de variación entre las muestras M2A y M4A para una $p < 0,05$; por lo tanto se acepta la hipótesis y cualquiera de las dos muestras puede ser elegida.

Para el caso de los jueces, $F_{cal.} < F_{tab.}$ ($2,09 < 2,48$), esto prueba que no existe evidencia estadística de variación entre jueces, para una $p < 0,05$; por lo tanto se acepta la hipótesis.

En base a la evaluación sensorial realizada para determinar la cantidad de azúcar y canela en la dosificación final, se determinó que la muestra M4A es la que tiene mayor puntaje para los atributos; sabor (7,93) y olor (7,73); en comparación a la muestra M2A que tiene menor puntaje para los atributos sabor (7,40) y olor (7,33). Realizando el análisis estadístico se pudo evidenciar que no existe diferencia estadística significativa entre muestras para una $p < 0,05$.

4.2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO

En la Tabla 4.14, se muestran los resultados obtenidos de la tabla C.19 (Anexo C) de la evaluación sensorial del producto terminado (refresco de sésamo), utilizando 15 jueces no entrenados, para evaluar los atributos sabor, color y olor.

Tabla 4.14
Resultados de evaluación sensorial para los atributos sabor, color y olor del producto terminado

| Jueces | Atributos | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Sabor | Color | Olor |
| 1 | 8 | 9 | 8 |
| 2 | 9 | 8 | 9 |
| 3 | 9 | 8 | 8 |
| 4 | 9 | 9 | 9 |
| 5 | 6 | 8 | 7 |
| 6 | 8 | 8 | 7 |
| 7 | 7 | 8 | 8 |
| 8 | 8 | 6 | 6 |
| 9 | 8 | 6 | 7 |
| 10 | 7 | 8 | 8 |
| 11 | 9 | 9 | 9 |
| 12 | 8 | 8 | 8 |
| 13 | 8 | 8 | 8 |
| 14 | 7 | 8 | 6 |
| 15 | 8 | 9 | 7 |
| \bar{Y}_j | 7,93 | 8,00 | 7,67 |

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.6 se muestran los promedios obtenidos de la evaluación sensorial de los atributos sabor, color y olor del producto terminado.

Figura 4.6
Promedios de la evaluación sensorial del producto final



Fuente: Elaboración propia

Como se observa la gráfica de la Figura 4.6, el atributo color, es el que tiene un mayor puntaje de 8,00; en comparación a los atributos sabor = 7,93 y olor = 7,67 en la escala hedónica.

En la Tabla 4.15 se muestra el análisis estadístico de varianza de la evaluación sensorial para los atributos sabor, color y olor del producto terminado.

Tabla 4.15
Análisis de varianza (ANVA)

| Fuente de Varianza | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrados Medios | Fcal. | Ftab. |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------|-------|
| Total | 37,20 | 44 | | | |
| Tratamientos | 0,93 | 2 | 0,47 | 0,95 | 3,34 |
| Jueces | 22,53 | 14 | 1,61 | 3,29 | 2,06 |
| Error | 13,74 | 28 | 0,49 | | |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.15 se observa para los atributos o muestras $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,95 < 3,34$), para un límite de confianza del 95%, no existe diferencia significativa de variación entre atributos, por lo tanto se acepta la hipótesis.

En base a la evaluación sensorial realizada se determinó que los atributos: color (8,00) y sabor (7,93) tiene mayor puntaje; en comparación con el atributo olor (7,67) el cual tiene menor puntaje en escala hedónica. Así mismo, realizado el análisis estadístico para los tratamientos no existe evidencia estadística significativa: ya que $F_{cal} < F_{tab}$, por lo cual se acepta la hipótesis planteada para una $P < 0,05$.

4.2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LAS VARIABLES EN LA ETAPA DE TOSTADO

Para determinar las variables en la etapa tostado, se realizó el diseño factorial que muestra en la (Tabla 3.6) y niveles de variación (Tabla 3.5), donde la variable medida es el contenido de humedad, y los resultados se muestran en la (Tabla 4.16).

Tabla 4.16
Resultados del contenido de humedad en la etapa de tostado

| Corridas | variables | | Réplica 1 | Réplica 2 | Total |
|--------------|-----------|---|-----------|-----------|-------|
| | A | B | | | |
| 1 | 75 | 3 | 2,62 | 2,62 | 5,24 |
| a | 85 | 3 | 1,83 | 1,60 | 3,43 |
| b | 75 | 5 | 2,02 | 2,39 | 4,41 |
| ab | 85 | 5 | 1,82 | 1,79 | 3,61 |
| Total | | | 8,29 | 8,40 | 16,69 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los a los resultados de la Tabla 4.16, se procedió a realizar el análisis de varianza de los valores obtenidos del contenido de humedad, para el diseño experimental 2², los resultados se muestran en la Tabla D.4 (Anexo D).

Tabla 4.17
ANVA análisis de varianza para el contenido de humedad
en la etapa de tostado

| Fuente de varianza | SC | GL | MC | Fcal | Ftab |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| Total | 1.13 | 7 | | | |
| Factor A (temperatura) | 0,85 | 1 | 0,85 | 34 | 7,71 |
| Factor B (tiempo) | 0,05 | 1 | 0,05 | 2 | 7,71 |
| Interacción AB | 0,13 | 1 | 0,13 | 5 | 7,71 |
| Error experimental | 0,10 | 4 | 0,025 | | |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.17, $F_{cal} > F_{tab}$. ($34 > 7,71$), para el factor A (temperatura), lo cual indica que sí existe evidencia estadística significativa de variación en la etapa de tostado para una $P < 0,05$.

Por otro lado, el factor B (tiempo) y la interacción AB (temperatura – tiempo) no son significativos en la etapa de tostado para una $P < 0,05$.

Entonces se concluye que el factor A (Temperatura), es el que tiene mayor incidencia en relación al factor B (tiempo) y la interacción AB (temperatura - tiempo) en el proceso de tostado.

4.3 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL PRODUCTO TERMINADO

En la Tabla 4.18, se muestran los resultados del análisis fisicoquímico del producto terminado (refresco de sésamo)

Tabla 4.18

Análisis fisicoquímico del producto terminado

| Parámetros | Unidad de medida | Resultados |
|---------------------|------------------|------------|
| Cenizas | % | 0,06 |
| Calcio total | mg/100ml | 109,00 |
| Fibra | % | 0,07 |
| Materia grasa | % | 1,19 |
| Hidratos de carbono | % | 8,33 |
| Humedad | % | 89,98 |
| Proteína total | % | 0,44 |
| Valor energético | Kcal/100g | 45,79 |

Fuente: (CEANID, 2017)

En la Tabla 4.19, se muestra los resultados del análisis microbiológico del producto terminado (refresco de sésamo).

Tabla 4.19

Análisis microbiológico del producto terminado

| Parámetros | Unidad de medida | Resultados |
|--|------------------|------------|
| Coliformes totales | UFC/g | < 10 (*) |
| Coliformes fecales | UFC/g | < 10 (*) |
| Mohos y levaduras | UFC/g | < 10 (*) |
| UFC: unidad formadora de colonias (*): no se observa desarrollo de colonias | | |

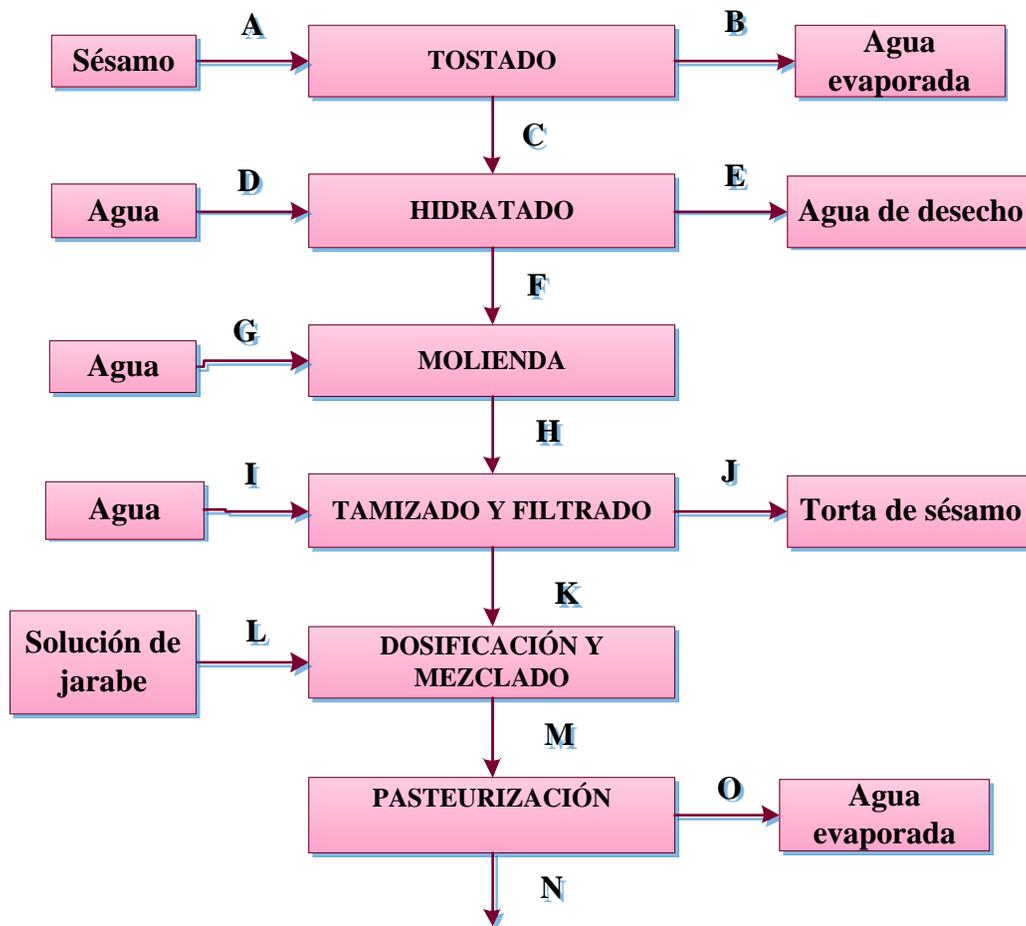
Fuente: (CEANID, 2017)

4.4 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN PARA EL REFRESCO DE SÉSAMO

En la figura 4.7 se muestra el diagrama de flujo del balance de materia para el proceso de elaboración del refresco de sésamo.

Figura 4.7

Balance de materia para el proceso de elaboración del refresco de sésamo

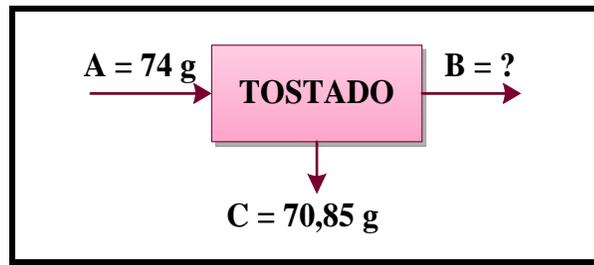


Fuente: Elaboración propia

4.4.1 BALANCE DE MATERIA EN EL TOSTADO DEL SÉSAMO

En la Figura 4.8, se muestra el balance de materia en la etapa de tostado del grano de sésamo.

Figura 4.8
Balance de materia en la etapa de tostado



Fuente: Elaboración propia

Dónde

A = Sésamo sin tostar (g)

B = Agua evaporada (g)

C = Sésamo tostado (g)

Balance de materia global en la etapa de tostado

$$A = B + C$$

Ecuación (4.1)

Despejando B se tiene:

$$B = A - C$$

Ecuación (4.2)

Remplazando datos en la ecuación 4.2, se tiene

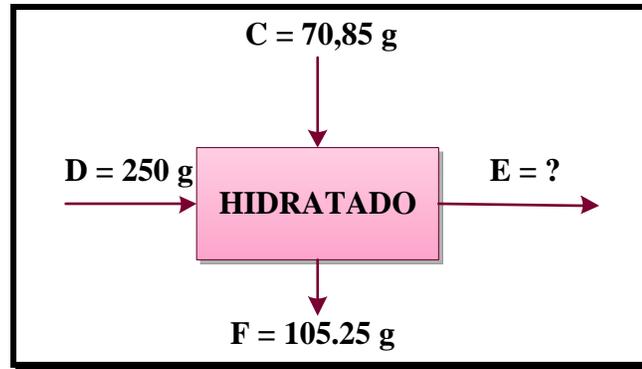
$$B = (74 - 70,85)g$$

$$B = 3,15g$$

4.4.2 BALANCE DE MATERIA EN EL HIDRATADO

En la Figura 4.9 se muestran el balance de materia en la etapa de hidratado del grano de sésamo.

Figura 4.9
Balance de materia en la etapa de hidratado



Fuente: Elaboración propia

Dónde:

C = Sésamo tostado (g)

D = Agua (g)

E = Agua de desecho (g)

F = Sésamo hidratado (g)

Balance de materia global en la etapa de hidratado

$$C + D = E + F$$

Ecuación (4.3)

$$E = C + D - F$$

Ecuación (4.4)

Remplazando datos en la ecuación 4.4, se obtiene el valor de E.

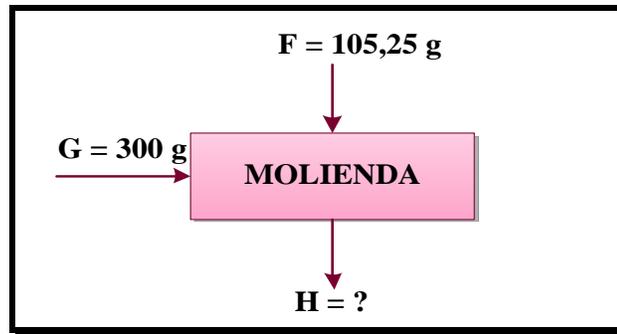
$$E = (70,85 + 250) g - 105,25 g$$

$$E = 215,6 g$$

4.4.3 BALANCE DE MATERIA EN LA MOLIENDA

En la Figura 4.10 se muestran el balance de materia en la etapa de molienda del grano de sésamo.

Figura 4.10
Balance de materia en la etapa de molienda



Fuente: Elaboración propia

Dónde:

F = Sésamo hidratado (g)

G = agua (g)

H = Mezcla (sésamo molido y agua) (g)

Balance de materia global en la etapa de molienda

$$F + G = H$$

Ecuación (4.5)

Despejando H se tiene:

$$H = F + G$$

Ecuación (4.6)

Remplazando datos en la ecuación 4.6, se tiene:

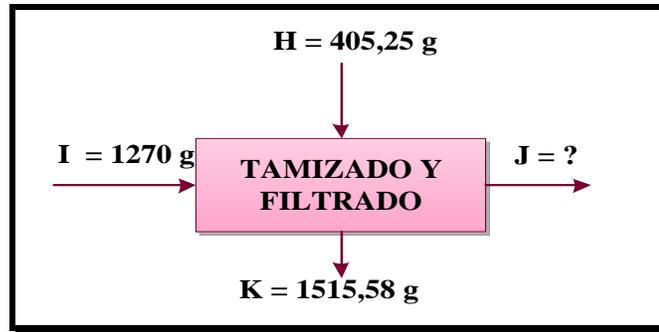
$$H = (300 + 105,25)g$$

$$H = 405,25g$$

4.4.4 BALANCE DE MATERIA EN EL TAMIZADO Y FILTRADO

En la Figura 4.11 se muestra el balance de materia en la etapa de tamizado y filtrado de la mezcla que sale después de la molienda del grano de sésamo.

Figura 4.11
Balance de materia en la etapa de tamizado y filtrado



Fuente: Elaboración propia

Dónde:

H = Mezcla (sésamo molido y agua) (g)

I = Agua (g)

J = Torta de sésamo (g)

K = Mezcla filtrada (g)

Balance de materia global en la etapa de tamizado y filtrado

$$H + I = J + K \quad \text{Ecuación (4.7)}$$

Despejando J se tiene la ecuación 4.8

$$J = H + I - K \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

Remplazando datos en 4.8 se tiene:

$$J = (405,25 + 1270) g - 1515,58 g$$

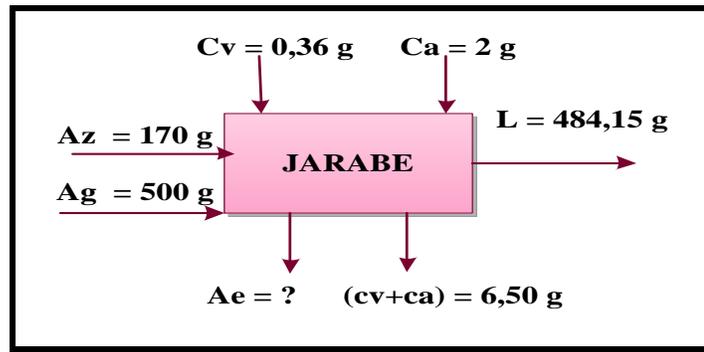
$$J = 159,67 g$$

4.4.5 BALANCE DE MATERIA EN LA ELABORACIÓN DEL JARABE

En la Figura 4.12, se muestran el balance de materia para la elaboración del jarabe.

Figura 4.12

Balance de materia para la elaboración del jarabe



Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Az = azúcar (g)

Ag= agua (g)

Cv = clavo de olor (g)

Ca = canela

L = solución de jarabe

(Cv + Ca) = (clavo de olor más canela)

Ae = Agua evaporada

Balance de materia global en la elaboración del jarabe

$$Az + Ag + Cv + Ca = L + (Cv + Ca) + Ae \quad \text{Ecuación (4.9)}$$

Despejando Ae se tiene:

$$Ae = Az + Ag + Cv + Ca - L - (Cv + Ca) \quad \text{Ecuación (4.10)}$$

Remplazando datos en la ecuación 4.10, se tiene:

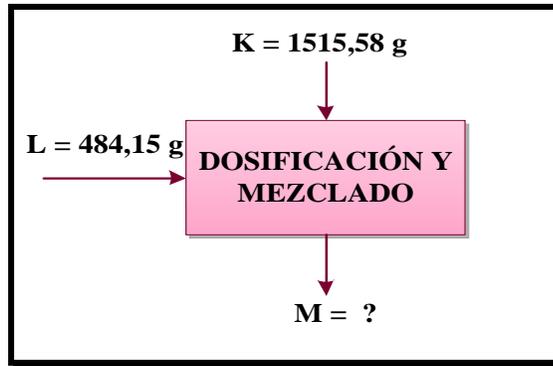
$$Ae = 500 + 170 + 0,36 + 2 - 484,15 - 6,50$$

$$Ae = 181,71 \text{ g}$$

4.4.6 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO

En la Figura 4.13, se muestran el balance de materia en la etapa de dosificación y mezclado.

Figura 4.13
Balance de materia en la etapa de dosificación y mezclado



Fuente: Elaboración propia

Dónde:

K = Mezcla filtrada (g)

L = Solución de jarabe (g)

M = refresco de sésamo (g)

Balance de materia global en la etapa de dosificación y mezclado

$$K + L = M \quad \text{Ecuación (4.11)}$$

Despejando M

$$M = K + L \quad \text{Ecuación (4.12)}$$

Remplazando datos en la ecuación 4.12

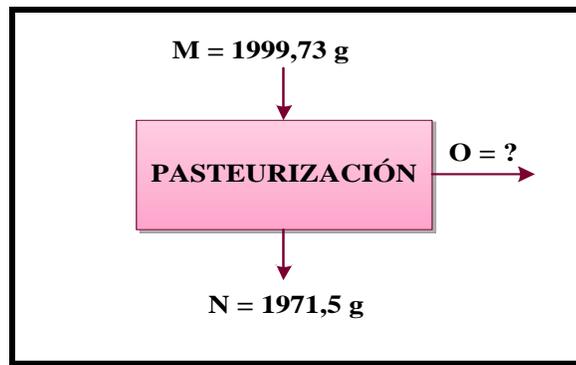
$$M = (1515,58 + 484,15) \text{ g}$$

$$M = 1999,73 \text{ g}$$

4.4.7 BALANCE DE MATERIA EN LA DE ETAPA PASTEURIZACIÓN

En la Figura 4.13, se muestran el balance de materia para la etapa de pasteurización del refresco de sésamo.

Figura 4.13
Balance de materia en la etapa de pasteurización



Fuente: Elaboración propia

Dónde:

M = Refresco de sésamo (g)

N = Refresco de sésamo pasteurizado (g)

O = Agua evaporada (g)

Balance de materia global en la etapa de pasteurización

$$M = N + O \quad \text{Ecuación (4.13)}$$

Despejando O

$$O = M - N \quad \text{Ecuación (4.14)}$$

Remplazando datos en la ecuación 4.14

$$O = 1999,73 - 1971,50$$

$$O = 28,23 \text{ g}$$

4.4.8 BALANCE DE ENERGÍA EN EL TOSTADO DEL GRANO DE SÉSAMO

El balance de energía para etapa de tostado se calcula a partir de la siguiente fórmula, citada por Valiente Barderas (1994).

$$Q_T = Q_g - Q_c \quad \text{Ecuación (4.15)}$$

$$Q = m * Cp * \Delta T \quad \text{Ecuación (4.16)}$$

$$Q = m * \lambda \quad \text{Ecuación (4.17)}$$

Dónde:

Q_T = Calor total

Q_g = Calor ganado

Q_c = Calor cedido

m_s = 0,074 kg masa del sésamo

m_o = 2,616 kg masa olla tostadora

m_{Ae} = $3,15 \times 10^{-3}$ kg masa de vapor (V)

T_i = 23 °C temperatura inicial olla

T_f = 90 °C temperatura final olla

T_i = 24 °C temperatura inicial sésamo

T_f = 85 °C temperatura final sésamo

Cp =? Calor específico del sésamo

Cp_o = 0,12 kcal/kg°C calor específico (olla acero inoxidable) (Valiente, 1994)

λ_v = 548.36 Kcal/kg calor latente de vaporización (lomas 2010)

Según la siguiente fórmula, de los apuntes de tecnología del frío del Ing. Weimar Torrejón, se calcula el calor específico de un alimento:

$$Cp = \frac{P}{100} + \left(\frac{100-P}{100} \right) \quad \text{Ecuación (4.18)}$$

Donde P = 4.72% humedad del sésamo

Remplazando en la ecuación 4.18, se tiene:

$$Cp = \frac{4,72}{100} + \left(\frac{100 - 4,72}{100} \right)$$

$Cp = 0,24 \text{ Kcal/kg } ^\circ\text{C}$ calor específico del sésamo

Remplazando datos en la (ecuación 4.16), se tiene:

❖ Calor ganado de la olla

$$Q_g = 2,616 \text{Kg} * \frac{0,24 \text{ kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (90 - 23) ^\circ\text{C}$$

$$Q_g = 21,03 \text{ kcal}$$

❖ Calor ganado del sésamo

$$Q_g = 0,074 \text{Kg} * \frac{0,24 \text{ kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (85 - 24) ^\circ\text{C}$$

$$Q_g = 1,08 \text{ kcal}$$

❖ Calor cedido por la olla

$$Q_c = 2,616 \text{kg} * \frac{0,24 \text{ kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (85 - 90) ^\circ\text{C}$$

$$Q_c = (-1,57) \text{ kcal}$$

Remplazando datos en la ecuación 4.17 se tiene

❖ Calor del vapor

$$Q = 3 \times 10^{-3} \text{ kg} * 537,38 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$$

$$Q = 1,65 \text{ kcal}$$

Remplazando datos en la ecuación 4.15, se tiene

$$Q_T = Q_g - Q_c$$

$$Q_T = 21,03 + 1,08 + 1,57 - 2,15$$

$$\mathbf{Q_T = 22,03 \text{ kcal}}$$

4.4.9 BALANCE DE ENERGÍA EN LA PASTEURIZACIÓN DEL AGUA

El balance de energía para la pasteurización del agua, se calcula a partir de la siguiente formula, citada en el libro de balance Valiente, (1994):

$$Q_T = m * C_p * \Delta T + m_v * \lambda_v \quad \text{Ecuación (4.19)}$$

Desarrollando la ecuación (4.19) se obtiene la ecuación (4.20).

$$Q_T = m_o * C_{p_o} * (T_f - T_i) + m_{ag} * C_{p_{ag}} * (T_f - T_i) + m_v * \lambda_v \quad \text{Ecuación (4.20)}$$

Dónde:

Q_T = calor total que se requiere durante la etapa del tostado del grano de sésamo

$M_{ag} = 0,2$ kg masa de agua

$m_o = 0,475$ kg masa olla

$m_v = 0,21$ kg masa de vapor

$C_{p_o} = 0,12$ kcal/kg °C calor específico (olla acero inoxidable) (Lomas, 2010)

$\lambda_v = 538,88$ kcal/kg calor latente de vaporización (Lomas, 2010)

$C_{p_{ag}} = 1$ kcal/kg °C calor específico del agua

$T_f = 93$ °C temperatura final

$T_i = 24$ °C temperatura inicial del agua

$T_i = 23$ °C temperatura inicial de la olla

Remplazando datos en la (ecuación 4.20), se tiene:

$$Q_T = 0,475 \text{kg} * 0,12 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} * (93 - 23) \text{°C} + 2,03 \text{kg} * \frac{1 \text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} * (93 - 24) \\ + 0,21 \text{kg} * \frac{538,88 \text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$$

$$Q_T = 260,21 \text{ kcal}$$

4.4.10 BALANCE DE ENERGÍA EN LA PASTEURIZACIÓN DEL JARABE

El balance de energía para la pasteurización del jarabe, se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_T = M * C_p * \Delta T + M_v * \lambda_v \quad \text{Ecuación (4.21)}$$

Desarrollando la ecuación (4.21) se obtiene la ecuación (4.22).

$$Q_T = M_o * C_{p_o} * (T_f - T_i) + M_{mezcla} * C_{p_{mezcla}} * (T_f - T_i) + M_v * \lambda_v \quad \text{Ecuación (4.22)}$$

Dónde:

$$m_{Mezcla} = 0,672 \text{ kg}$$

$$m_v = 0,182 \text{ kg masa vapor}$$

$$m_o = 0,475 \text{ kg masa olla (acero inoxidable)}$$

$$T_f = 93 \text{ }^\circ\text{C temperatura final de la mezcla}$$

$$T_i = 24 \text{ }^\circ\text{C temperatura inicial mezcla}$$

$$T_i = 23 \text{ }^\circ\text{C temperatura inicial de la olla}$$

$$C_{p_o} = 0,12 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C masa (olla acero inoxidable) (Lomas, 2010)}$$

$$C_{p_{ag}} = 1 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C calor específico de agua (Valiente, 1994)}$$

$$C_{p_{mezcla}} = ? \text{ Calor específico de la mezcla}$$

$$\lambda_v = 538,88 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C calor latente de vaporización (Lomas, 2010)}$$

Según la siguiente fórmula de los apuntes de tecnología de frío del Ing. Weimar Torrejón, se calcula el calor específico de un alimento:

$$C_p = \frac{P}{100} + \left(\frac{100-P}{100} \right) \quad \text{Ecuación (4.23)}$$

Donde P = % de humedad del alimento.

Remplazando datos en la (ecuación 4.23), se obtiene el calor específico para el clavo de olor, canela y del azúcar:

$$Cp_{Az} = 0,21 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$Cp_{canela} = 0,28 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$Cp_{\text{clavo de olor}} = 0,25 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

Según la siguiente fórmula citada en Valiente, (1994), se calcula el calor específico de la mezcla:

$$Cp_{mezcla} = Cp_{az}X_{az} + Cp_{ag}X_{ag} + Cp_{canela}X_{canela} + Cp_{clavo}X_{clavo} \text{ Ecuación (4.24)}$$

Donde

$$X = \frac{m_{componente}}{m_{mezcla}}$$

Reemplazando los datos en la (ecuación 4.24), se tiene el calor específico de la mezcla

$$Cp = \frac{2,21 \text{ kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * \left(\frac{0,17 \text{ kg}}{0,672 \text{ kg}} \right) + 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * \left(\frac{0,5 \text{ kg}}{0,672 \text{ kg}} \right) + 0,28 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * \left(\frac{2 \times 10^{-3} \text{ kg}}{0,672 \text{ kg}} \right) + 0,25 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * \left(\frac{3 \times 10^{-4} \text{ kg}}{0,672 \text{ kg}} \right)$$

$$Cp_{mezcla} = 0,80 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$$

Remplazando datos en la ecuación 4.31, se tiene:

$$Q_T = 0,475 \text{ kg} * 0,12 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (93 - 23)^\circ\text{C} + 0,672 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * 0,80 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (93 - 24)^\circ\text{C}$$

$$+ 0,182 * 538,88 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$$

$$Q_T = 139,16 \text{ kcal}$$

4.4.11 BALANCE DE ENERGÍA EN LA PASTEURIZACIÓN DEL REFRESCO DE SÉSAMO

El balance de energía para la pasteurización del refresco de sésamo, se calcula a partir de la siguiente formula, citada en el libro de balance de Valiente, (1994):

$$Q_T = Q_g - Q_c \quad \text{Ecuación (4.25)}$$

Desarrollando la ecuación (4.25) se obtiene:

$$Q_g \text{ refresco} = m_o * C_{p_o} * \Delta T + m_r * C_{p_r} * \Delta T + m_v * \lambda_v \quad \text{Ecuación (4.26)}$$

$$Q_c \text{ agua} = m_o * C_{p_o} * \Delta T + m_{ag} * C_{p_{ag}} * \Delta T + m_v * \lambda_v \quad \text{Ecuación (4.27)}$$

Dónde:

$$m_{ag} = 0,2 \text{ kg masa de agua}$$

$$m_o = 0,475 \text{ kg masa olla (aluminio)}$$

$$m_v = 0,07 \text{ kg masa de vapor del agua}$$

$$C_{p_o} = 0,21 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C calor específico (aluminio) (Paul Singh, 1998)}$$

$$m_r = 1,9997 \text{ kg masa de refresco}$$

$$m_o = 0,475 \text{ kg masa olla (acero inoxidable)}$$

$$m_v = 0,02823 \text{ kg masa de vapor del refresco}$$

$$C_{p_o} = 0,12 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C calor específico (olla acero inoxidable) (Lomas, 2010)}$$

$$\lambda_v = 560,35 \text{ kcal/kg calor latente de vaporización (Lomas, 2010)}$$

$$C_{p_{ag}} = \text{calor específico del agua } 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$C_{p_r} = ? \text{ Calor específico del refresco}$$

$$T_i = 23 \text{ } ^\circ\text{C temperatura inicial de la olla}$$

$$T_f = 78 \text{ } ^\circ\text{C temperatura final olla}$$

$$T_i = 40 \text{ } ^\circ\text{C temperatura inicial del refresco}$$

$$T_f = 65 \text{ } ^\circ\text{C temperatura final del refresco}$$

Calculando el calor específico del refresco, a partir de la ecuación 4,26; se tiene:

$$C_{p_{\text{refresco}}} = 0,92 \text{ kcal}$$

Remplazando datos en la ecuación 4.35, se tiene el calor del refresco:

$$Q_r = 0,475 \text{ kg} * 0,12 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (65 - 40)^\circ\text{C} + 1,9997 \text{ kg} * 0,92 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (65 - 40) + 0,02823 \text{ kg} * 560,35 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$Q_r = 63,22 \text{ kcal}$$

Remplazando datos en la ecuación 4.27, se tiene el calor del agua:

$$Q_{\text{ag}} = 0,447 \text{ kg} * 0,21 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (78 - 23)^\circ\text{C} + 2 \text{ kg} * 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (65 - 78)^\circ\text{C} + 0,07 \text{ kg} * 560,35 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{ag}} = 18,38 \text{ kcal}$$

Remplazando datos en la ecuación 4.25, se tiene:

$$Q_T = 63,22 - 18,38$$

$$Q_T = 44,84 \text{ kcal}$$

Calculando el calor total generado durante el proceso de elaboración del refresco de sésamo se tiene:

$$Q_{\text{Total}} = 22,03 + 260,21 + 139,16 + 44,84$$

$$Q_{\text{Total}} = 466.24 \text{ kcal}$$

4.4.11 BALANCE DE ENERGÍA EN LA MOLIENDA DEL SÉSAMO

Para calcular la energía eléctrica que se genera durante la molienda, utilizara la siguiente ecuación. Citada en Valiente, (1994).

$$E = P * t \quad \text{Ecuación (4.28)}$$

Dónde:

P = Potencia de la licuadora 600 w

E = energía potencial

t = tiempo 240 seg.

Remplazando datos en la ecuación 4.37, se tiene:

$$E = 600 \frac{J}{seg} * 240 \text{ seg}$$

$$E = 144000J * 1 \frac{kcal}{4,186,8J}$$

E = 34,39 kcal Energía requerida durante la etapa de molienda del sésamo

5.1 CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se llega a las siguientes conclusiones.

- ❖ De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos de la materia prima (grano de sésamo), se puede observar que presenta, 744 mg/100g de calcio total, 3,30% de cenizas, 6,00% de fibra, 29,00% de materia grasa, 4.72% de humedad, 33,29% de hidratos de carbono, 23,69% de proteína total, 448,92 Kcal/100g de valor energético. En el análisis microbiológico muestra un valor de $< 10^{(*)}$ UFC/g.
- ❖ En la evaluación sensorial para determinar la cantidad de azúcar y sésamo en la dosificación inicial, se determinó que la muestra M4 tiene mayor puntaje para los atributos; sabor (8,20), color (7,47), y la muestra M2 tiene mayor puntaje para el atributo olor (7,40); en comparación a las demás muestras; Realizando el análisis estadístico se pudo evidenciar que si existe evidencia estadística de variación significativa entre las muestras para una $p < 0,05$
- ❖ En la evaluación sensorial para determinar la cantidad de azúcar y canela en la dosificación final, se determinó que la muestra M4A es la que tiene mayor puntaje para los atributos; sabor (7,93) y olor (7,73); en comparación a la muestra M2A que tiene menor puntaje para los atributos sabor (7,40) y olor (7,33). Realizando el análisis estadístico se pudo evidenciar que no existe diferencia estadística significativa entre muestras para una $p < 0,05$.
- ❖ En base a la evaluación sensorial realizada del producto terminado se determinó que los atributos: color (8,00) y sabor (7,93) tienen mayor puntaje; en comparación con el atributo olor (7,67) el cual tiene menor puntaje en escala hedónica. Así mismo realizado el análisis estadístico para los tratamientos no existe evidencia estadística significativa para una $p < 0,05$

- ❖ En base al diseño experimental utilizado en el tostado del grano sésamo, se puede observar que $F_{cal} > F_{tab}$. ($34 > 7,71$), para el factor A (temperatura), lo cual indica que si existe evidencia estadística significativa de variación en la etapa de tostado para una $P < 0,05$.
Por otro lado, el factor B (tiempo) y la interacción AB (temperatura – tiempo) no son significativos en la etapa de tostado para una $P < 0,05$.
Entonces se concluye que el factor A (Temperatura), es el que tiene mayor incidencia en relación al factor B (tiempo) y la interacción AB (temperatura - tiempo) en el proceso de tostado.

- ❖ De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del producto terminado, se tiene: cenizas 0,06 %, calcio total 109 mg/100ml, fibra 0,07 %, materia grasa 1,19 %, hidratos de carbono 8,33 %, humedad 89,98 %, proteína total 0,44 %, valor energético 45,79 Kcal/100g. En el análisis microbiológico se tiene: coliformes totales < 10 ufc/ml, coliformes fecales < 10 ufc/ml y mohos y levaduras < 10 ufc/ml

5.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda utilizar los sólidos o torta de sésamo, que salen después de filtrado, en la elaboración de galletas, hamburguesas, en la panificación, etc, ya que contiene bastantes nutrientes que son muy beneficiosos para la salud.
- ❖ Se recomienda utilizar materia prima de calidad para obtener un buen producto en la elaboración de refresco de sésamo.
- ❖ Se recomienda realizar pruebas de laboratorio de estabilidad microbiológica y organoléptica durante el almacenamiento del producto, con el fin de determinar la vida útil del refresco de sésamo.