

1.1 Antecedentes

Ecuador se encuentra entre los 10 países de mayor biodiversidad del mundo, gracias a esta característica se puede obtener una gran gama de productos naturales destinados al consumo directo y a la industria, entre estos productos se destacan las plantas medicinales, incluyendo las hierbas aromáticas (Vargas, 2012).

En el Perú se producen de manera artesanal diversas infusiones calientes, tales como la muña, menta, valeriana, toronjil, uña de gato, naranjo, boldo, hierba luisa, manzanilla, anís, etc. Las cuales, se usan con fines medicinales y actualmente son comercializadas a nivel nacional (Vera, 2003).

Bolivia es uno de los 11 países con mayor diversidad de plantas superiores, donde incluye aproximadamente unas 5000 especies exclusivas del país. Se conocen alrededor de 2849 especies de plantas medicinales con identidad taxonómica verificada en los distintos herbarios del país de las cuales los investigadores han evaluado cerca de 1726 (Oca, 2005).

La muña (*Minthostachys mollis*), es muy popular en Bolivia y sobre todo en Perú, tiene un ligero sabor a menta y se debe a que entre sus componentes contiene mentol. También conocida como la menta de los Andes y se encuentra entre las cuatro plantas medicinales (la muña, el paico, la menta, el cedrón) más consumidas en Cochabamba, las cuales tienen un sinnúmero de propiedades, entre las que destacan las antiinflamatorias, bactericidas, antiespasmódicas, carminativas y antisépticas (Ovando, 2016).

La planta de muña (*Minthostachys mollis*) se encuentra en las zonas altas de La Paz, Cochabamba, Chuquisaca, Potosí, Santa Cruz y Tarija, una de sus principales características, es su habilidad de adaptarse a diferentes condiciones ecológicas como temperaturas bajas y climas secos (Rojas, 2014).

1.2 Justificación

- ✓ Hasta la fecha la muña no ha tenido aplicaciones importantes para el consumo de la población, debido al poco conocimiento de las propiedades medicinales, benéficas que tiene para la salud y tan solo se reduce al consumo doméstico.
- ✓ En el departamento de Tarija no existe trabajos de investigación que permita generar información referente a la planta de muña y sus posibles aplicaciones tales como: (infusión, bactericida, insecticida y repelente doméstico). Por tal efecto, se ve la necesidad de realizar trabajos de investigación a nivel experimental con el fin de valorar la planta de muña, como ser en infusión.
- ✓ Según investigación realizada por Carhuapoma (2010), afirma que la planta de muña (*Minthostachys mollis*) posee propiedades antioxidantes que renuevan las células del ser humano y aceites esenciales que pueden eliminar del organismo al *Helicobacter pylori*, bacteria causante de la gastritis, que afecta al 90 por ciento de la población.
- ✓ Ante la situación actual que tiene la población tarijeña referente a la salud digestiva, se plantea elaborar infusión de muña con el fin de coadyuvar a mejorar ciertas enfermedades digestivas y respiratorias debido al contenido de aceites esenciales (mentona) y minerales (calcio, hierro, fosforo) entre otros.

1.3 Objetivos

Los objetivos planteados en el presente trabajo son los siguientes:

1.3.1 Objetivo general

Elaborar infusión de muña mediante el proceso de secado por aire caliente a nivel experimental, con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar las características físicas de la muña (*Minthostachys mollis*), con el fin de conocer la porción comestible.
- ✓ Determinar las características fisicoquímicas de la muña (*Minthostachys mollis*), con el fin de establecer su composición.
- ✓ Realizar pruebas preliminares a las muestras de muña, para definir el tipo de tratamiento a ser aplicado durante la etapa de secado.
- ✓ Aplicar diseño experimental al proceso de secado con el fin de establecer los parámetros de control.
- ✓ Determinar la composición fisicoquímica, microbiológica y organoléptica del producto terminado, con el fin de garantizar su calidad.
- ✓ Realizar balance de materia y energía a nivel experimental, con la finalidad de determinar el rendimiento del producto.

1.4 Variable independiente y dependiente

Variable dependiente (VD): Infusión de muña

Variable independiente (VI): Secado por aire caliente

1.5 Planteamiento del problema

Dado que en el departamento de Tarija existe poco conocimiento sobre la planta de muña, la gran mayoría de la población desconoce de su existencia, propiedades y beneficios para la salud de las personas; por lo que no es valorada como materia prima de importancia y existe una mayor preferencia de los consumidores por los productos importados tales como café y diferentes tipos de té, siendo estos pocos beneficiosos y perjudiciales para la salud. Por lo tanto, se ve la necesidad de elaborar infusión de muña a través del proceso de secado por aire caliente con el fin de aprovechar sus componentes tales como: aceites esenciales (mentona) y minerales (calcio, fosforo, hierro), coadyuvando a mejorar la salud de las personas.

1.6 Formulación del problema

¿Cómo elaborar infusión de muña experimentalmente a través del proceso de secado por aire caliente, para obtener un producto de calidad nutricional?

1.7 Hipótesis

El proceso de secado por aire caliente a nivel experimental a ser aplicado para la elaboración de infusión de muña permitirá obtener un producto de calidad nutricional.

2.1 Origen de la muña

La muña es una planta oriunda de los Andes, crece desde Venezuela hasta el norte de Argentina, entre (500 a 4200) m de altitud. Se la conoce como “muña” en Perú y Bolivia, “peperina” en Argentina y “poleo” en Ecuador. La muña fue descrita por primera vez en 1817 como *Bystropogon Mollis* Kunth (Paricahua, 2014).

El nombre científico actual *Minthostachys* proviene del griego minthos que significa menta y tachis rápido. La muña pertenece a la familia lamiácea, que es la séptima familia más grande de plantas con flores y comprende unos 250 géneros y alrededor de 7852 especies (Paricahua, 2014).

2.2 Descripción botánica de la planta de muña

La muña es una planta de hoja caduca que tiene por característica ser tupida en la parte superior. Mientras que su tallo es ramificado desde la base y posee hojas pequeñas y dentadas. Asimismo, sus flores son de color blanco y se encuentran reunidas en cortos racimos (López, 2017).

La muña, es un recurso natural que tiene un plano altitudinal de crecimiento entre los (2500 a 3500) m.s.n.m. Habita entre los diferentes pisos ecológicos de nuestra serranía, comportándose como tal. Es una planta que durante la época más fría del invierno y seco desaparecen sus órganos aéreos para brotar nuevamente con las primeras lluvias de la primavera. Alcanza una altura entre (0,80 a 1,50) m., crece en lugares cercanos a acequias, manantiales sin tener grandes requerimientos de agua. Se desarrolla en suelos arenosos, ricos en materia orgánica, bien drenados, con buena retención de humedad, florece en época de lluvia (Quintanar & Calderón, 2009).

2.3 Especies de muña

En el cuadro 2.1 se muestra las 12 especies más reconocidas de muña.

Cuadro 2.1

Especies de muña

Minthostachys mollis (Benth.) Griseb.
Minthostachys acutifolia Epling
Minthostachys andina Epling
Minthostachys diffusa Epling
Minthostachys dimorpha Schmidt-Led.
Minthostachys elongata Schmidt-Led.
Minthostachys fusca Schmidt-Led.
Minthostachys latifolia Schmidt-Led.
Minthostachys avala (Briq.) Epling
Minthostachys rubra Schmidt-Led.
Minthostachys setosa (Briq.) Epling
Minthostachys tormentosa

Fuente: Sismay, 2013

2.4 Clasificación taxonómica de la muña

En el cuadro 2.2, se muestra la clasificación taxonómica de la muña.

Cuadro 2.2

Clasificación taxonómica de la muña

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Lamiales
Familia:	Lamiaceae
Subfamilia:	Nepetoideae
Tribu:	Mentheae
Género:	<i>Minthostachys</i>
Especie:	<i>Minthostachys mollis</i>

Fuente: Anampa, 2015

2.5 Composición fisicoquímica de la muña

En la tabla 2.1, se muestra la composición fisicoquímica de la muña (*Minthostachys mollis*) en 100 g:

Tabla 2.1*Composición fisicoquímica de la muña*

Componentes	Valores
	g / 100 g
Humedad (%)	76,18
Proteínas	2,78
Grasa	0,59
Carbohidratos	66,30
Fibras	7,03
Ceniza	1,71
Energía	299 kcal
Minerales	mg / 100 g
Calcio	220
Fósforo	269
Hierro	22,40

Fuente: Liceras, 2017

2.5.1 Propiedades nutricionales de la muña

El uso de la muña en los diferentes países donde crecen: en Argentina se utiliza la infusión de hojas y tallos tiernos como digestivo, antiespasmódico y anti diarreico; en Bolivia, la infusión de hojas frescas se usa en problemas de indigestión, gastritis, cólicos, flatulencia y como carminativo, también para regular la menstruación, en caso de temblores nerviosos y palpitations del corazón (Mamani, 2010).

La muña es un excelente digestivo, luego de comidas pesadas. Tiene un ligero sabor a menta, que la hace muy agradable, cuando se sirve como infusión. Por su alto contenido de calcio, podría ser un buen complemento en la alimentación, dado que evita la descalcificación de los huesos y dientes, además de recuperar las fracturas óseas, previene la osteoporosis. También tiene un alto contenido de fósforo, que fortalece la dureza de los huesos y dientes además de intervenir en la coagulación. Su contenido en hierro favorece a la formación de glóbulos rojos y evita la anemia (Alarcón, 2009).

También es utilizada en el campo agrícola, donde, se aprovecha para la preservación de algunos productos como la papa y otros, del ataque de insectos. A manera de fumigante orgánico vegetal contra el gorgojo y como antimoho debido a su composición en aceites esenciales (Quintanar, 2009).

2.6 Composición química de los aceites esenciales de la muña

En la tabla 2.2 se muestra la composición química de los aceites esenciales de la muña:

Tabla 2.2

Composición química de aceites esenciales de la muña

Composición media aceite	Porcentaje (%)
Pulegona	46,70
Mentona (monoterpenonas)	15,89
Linalol	2,94
Cariofileno	2,03
Carvacrol acetato	1,85
Espatulenol	1,65
Limoneno	1,43
Isopulegon	1,18
Componentes menores	12,99

Fuente: INKANATURA, 2017

2.6.1 Usos y aplicaciones de la muña

Entre los principales usos que se otorgan la muña se pueden destacar los siguientes (INKANATURA, 2011):

- ✓ En la salud: el aceite esencial de muña-muña presente en las hojas y flores de esta hierba se puede utilizar para dolores estomacales, en casos de soroche o mal de altura ayuda a liberar bronquios y disipa el mareo
- ✓ Ingesta: para el tratamiento de gastritis, tomar 2 gotas de aceite esencial de muña disuelto en un vaso de agua fría o en cualquier infusión tibia elimina del organismo a la bacteria causante de la gastritis ‘‘Helicobacter pylori’’.
- ✓ En la piel: previene la aparición de arrugas prematuras al contrarrestar los efectos nocivos de radicales formados por stress ambiental.
- ✓ Otros: se lo usa como insecticida sobre los productos agrícolas almacenados para alejar los insectos y gusanos; el carbón de los tallos de muña-muña se usa para la fabricación artesanal de pólvora para los juegos artificiales.

2.7 Infusión

Denominamos infusión a la bebida que se logra ya sea de: hojas secas, flores, raíces, corteza, frutos o de hierbas y plantas que pueden ser aromáticas o no, tras agregarles agua que esté a punto de hervir, para evitar la volatilización de sus aceites esenciales y habitualmente se sirve en una taza (Ucha, 2013).

Desde tiempos inmemoriales, la gastronomía se ha beneficiado de las bondades de las hierbas silvestres (muña, romero, tomillo, etc.), pues ponen una nota de sabor distinta a las elaboraciones culinarias, potencian su sabor, le aportan un particular aroma y propiedades medicinales, las cuales contribuyen a mitigar un buen número de males y, de forma natural (Fernández, 2018).

Estas preparaciones a base de hierbas silvestres proporcionan diversos beneficios para nuestra salud. La naturaleza pone a nuestra disposición un gran abanico que, si se saben usar, pueden aportar más de una alegría a nuestro organismo; ya que la infusión no es lo mismo que tisana, para realizarla al contrario de lo que muchos creen, hay que calentar el agua (nunca hervirla) y después agregar la cantidad de planta deseada. Si, por el contrario, el agua hierve (a punto de ebullición) ya no es una infusión, sino una tisana. Además, con el proceso de ebullición la planta puede perder alguno de sus principios activos, sobre todo los aromáticos (Fernández, 2018).

2.7.1 Clasificación de las infusiones y sus utilidades

En el cuadro 2.3 se detalla la los tipos de infusiones y sus utilidades correspondientes.

Cuadro 2.3*Clasificación de las infusiones y sus utilidades*

Infusiones	Utilidades
Té	Para el sistema nervioso, dolores de cabeza y para la conjuntivitis.
Café	Estimulante, incrementa el rendimiento físico y mental, diurético.
Muña	Combate el dolor de estómago y es un buen aliado contra los gases.
Menta	Destaca por combatir el dolor de garganta, de cabeza, resfriado, congestión nasal.
Romero	Es antiespasmódico, para las migrañas y jaquecas.
Manzanilla	Para el dolor de estómago, problemas gastrointestinales.
Boldo	Para el estreñimiento o migrañas por malas digestiones.
Hinojo	Para contrarrestar la acidez, hinchazón estomacal o gases.
Salvia	Fundamental para infecciones respiratorias, gripe, dolor menstrual.
Tila	Para el nerviosismo, ansiedad, estrés, insomnio.
Hierba buena	Ayuda a neutralizar el mal sabor o problemas de halitosis, contribuye en el alivio de las digestiones pesadas.
Anís	Para aliviar los dolores de estómago, sobre todo en digestiones pesadas o por los gases.
Cola de caballo	Estimulan la eliminación de líquidos a través de la orina, elimina toxinas y deja el organismo más capacitado para quemar grasas.

Fuente: ICUMA (2013).

2.8 Secado

El secado es uno de los métodos más antiguos utilizados en la conservación de los productos perecederos; que consiste en reducir el contenido de agua de los alimentos hasta un valor tal que inhiba toda actividad microbiana o enzimática. Este método permite prolongar la vida útil de los alimentos, lo que supone en el caso de ciertos productos aliviar su carácter estacional (Dávila, 2017).

En general la deshidratación de un alimento lleva consigo, además, una notable reducción de su peso y volumen lo que ayuda a facilitar el almacenaje, transporte y manipulación de los mismos. Los principales problemas asociados a este tipo de operaciones de conservación son las alteraciones del valor nutritivo y de las

características organolépticas del alimento, así como el consiguiente consumo energético (Dávila, 2017).

2.8.1 Secado por aire caliente

En el proceso se presenta una transferencia de calor por convección y un contacto directo de la sustancia con el aire caliente en el cual tiene lugar la evaporación. Para que el proceso de secado se realice eficientemente, se requiere establecer las condiciones básicas del proceso como son: temperatura, humedad relativa del aire de secado, flujo de aire, tamaño y forma del producto (Corpoica, 2017).

2.9 Tipos de secadores

Los tipos de secadores y productos en que son utilizados se describen en el cuadro 2.4.

Cuadro 2.4

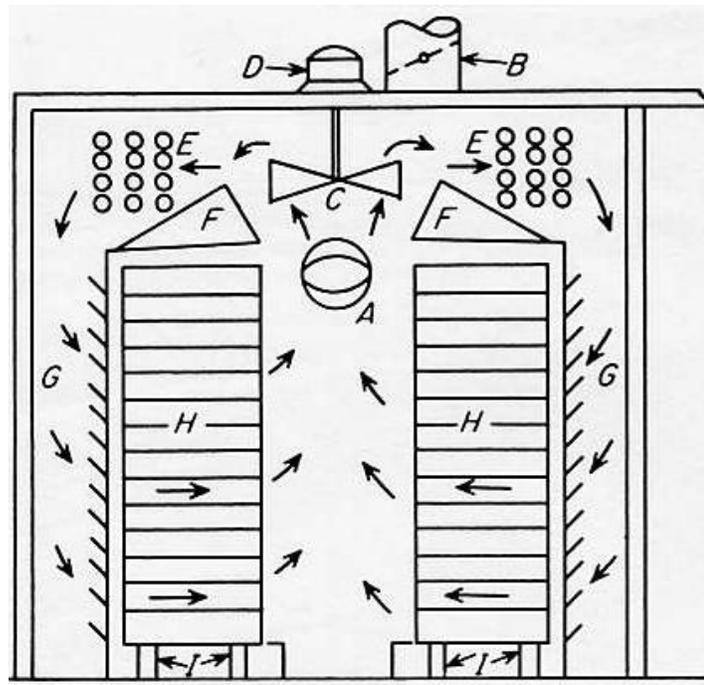
Tipos de secadores y productos en los que son utilizados

Secadores	Productos
Secador de bandeja	Futas, hortalizas, hierbas aromáticas
Secador de tambor	Leche, jugos de hortalizas, arándanos y plátanos
Secador de banda continua	Hortalizas
Secador congelado	Carnes
Secadores rotatorios	Algunos productos de carne, generalmente no se lo usa para productos alimenticios
Secadores de cabina	Frutas y hortalizas
Secadores de túnel	Frutas y hortalizas

Fuente: Cánovas, 1996

2.9.1 Secador de bandejas

El secador de bandejas (figura 2.1) o secador de anaqueles, consiste en un gabinete, de tamaño suficientemente grande para alojar los materiales a secar, en el cual se hace correr suficiente cantidad de aire caliente y seco. En general, el aire es calentado por vapor, pero no saturado, de modo que pueda arrastrar suficiente agua para un secado eficiente (Rodríguez, 2014).



Fuente: Rodríguez, 2014

Figura 2.1: Secador de bandejas

2.10 Contenido de humedad

El contenido de humedad de un producto puede expresarse como porcentaje en peso respecto al material seco. Un sólido expuesto al aire a una determinada humedad y temperatura pierde o gana agua hasta alcanzar las condiciones de equilibrio; por lo cual el grado de humedad en equilibrio, depende de las características del material (Rodríguez, 2014).

Según Rodríguez (2014), afirma la ecuación para determinar el contenido de humedad en base seca se describe a continuación en la (ecuación 2.1).

$$\% H_{bs} = \frac{m_{H_2O}}{m_{ss}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Dónde:

m_{ss} = masa de sólido seco (kg)

$\% H_{bs}$ = contenido de humedad en base seca (kg agua/kg sólido seco)

m_{H_2O} = masa de agua (kg)

La ecuación para determinar el contenido de humedad en base húmeda se describe en la (Ecuación 2.2).

$$\% H_{bh} = \frac{m_{H_2O}}{m_{H_2O} + m_{ss}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Dónde:

m_{H_2O} = masa de agua (kg)

m_{ss} = masa de sólido seco (kg)

$\% H_{bh}$ = % contenido de humedad en base húmeda

2.10.1 Contenido de humedad absoluta en el aire

La humedad absoluta es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se expresa en gramos de agua por unidad de volumen (g/m^3). A mayor temperatura, mayor es la cantidad de vapor de agua que permite acumular el aire (Dávila, 2017).

2.10.2 Contenido de humedad relativa

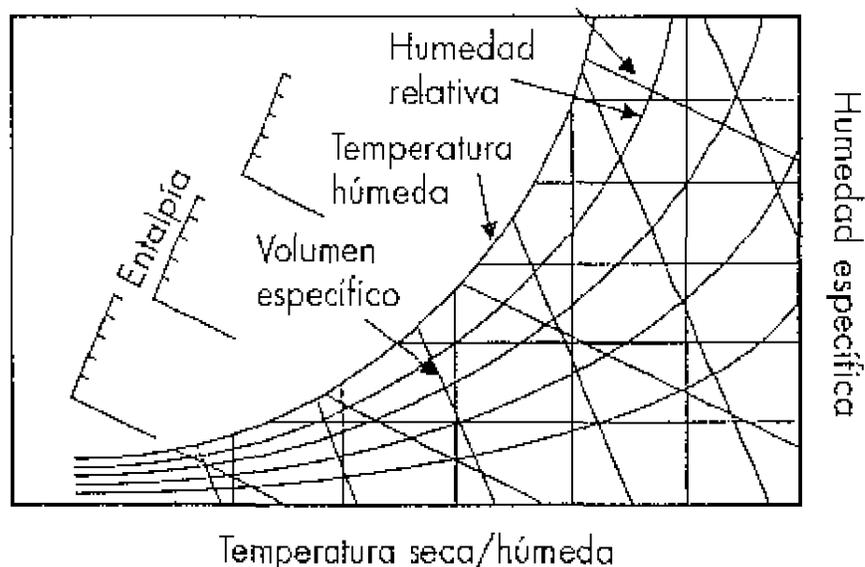
La humedad relativa es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Se expresa en porcentaje (%) (Dávila, 2017).

2.11 Psicrometría

La psicrometría, es una rama de la ciencia dedicada al estudio de las propiedades termodinámicas del aire húmedo y al efecto de la humedad atmosférica en los materiales y en el confort humano. En su sentido más amplio, se encarga de la determinación de las propiedades termodinámicas de las mezclas entre gases y vapores. Su aplicación más frecuente se centra en el sistema aire vapor de agua. Así el comportamiento de estas mezclas bajo distintas condiciones determina, entre otras cuestiones, el diseño de los secadores de alimentos y de los equipos para su almacenamiento (Dávila, 2017).

2.11.1 Diagrama psicrométrico

A la vista de lo expuesto, queda patente que las propiedades de las mezclas aire vapor de agua están interrelacionadas entre sí, pudiéndose determinar aplicando la expresión matemática al efecto. Sin embargo, para determinar las distintas propiedades se suele recurrir al empleo del diagrama psicrométrico a la presión barométrica correspondiente (figura 2.2). Las coordenadas del diagrama son temperatura, ya sea seca, húmeda o de saturación (abscisa) y la humedad absoluta o específica (ordenada). La familia de curvas de tipo exponencial representa la variación de la humedad relativa, la cual aumenta de derecha a izquierda hasta alcanzar su valor de saturación ($W_R = 100\%$). Es en esta última curva, por tanto, donde se podrán establecer las temperaturas de saturación (tanto el punto de rocío como la de saturación adiabática, coincidente en este caso con la de bulbo húmedo). (Dávila, 2017).



Fuente: Dávila, 2017

Figura 2.2: Diagrama psicrométrico

2.12 Cinética del secado

En la cinética del secado basan los estudios en los cambios de la cantidad promedio de humedad con el tiempo, contrario a lo que describe la dinámica del secado que describe los cambios de temperatura y humedad. Así la cinética del secado describe la cantidad

de humedad evaporada, el tiempo, el consumo de energía, etc. Sin embargo, el cambio de humedad depende de la transferencia de calor y de masa entre la superficie del cuerpo, el ambiente y el interior del material a secar (Rodríguez, 2014).

Es indispensable saber que la intensidad del secado refleja el cambio en la cantidad de humedad a través del tiempo, que viene a ser influenciado por los parámetros del secado como: temperatura, humedad, velocidad relativa del aire, presión total, etc. (Rodríguez, 2014)

Se define la velocidad de secado por pérdida de humedad del sólido húmedo en la unidad de tiempo $(-dX/dt)$ a condiciones constantes de secado. Analíticamente la velocidad de secado se refiere a la unidad de área de superficie de secado, de acuerdo con la ecuación 2.3 (Rodríguez, 2014).

$$W = \frac{S}{A} \left(\frac{dx}{dt} \right) \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

Dónde:

W: velocidad de secado

A: área de la superficie expuesta

S: peso del sólido seco

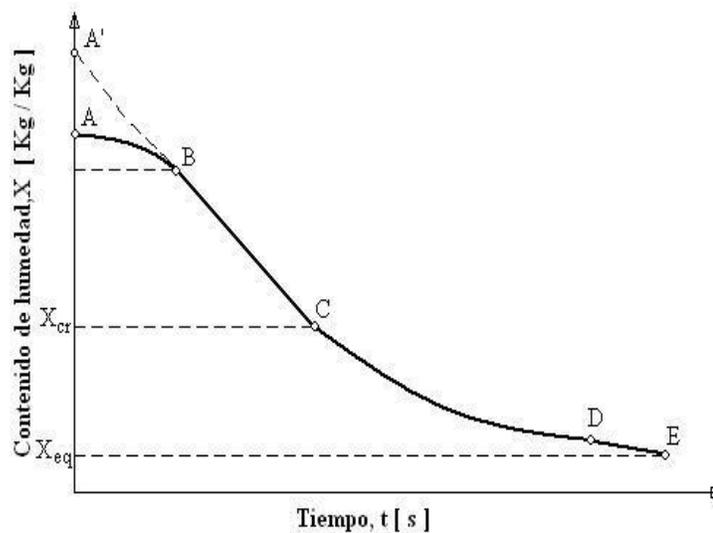
2.12.1 Curva de secado

Etapa A-B: es una etapa de calentamiento (o enfriamiento) inicial del sólido normalmente de poca duración en la cual la evaporación no es significativa por su intensidad ni por su cantidad.

Etapa B-C: Es el llamado primer período de secado o período de velocidad de secado constante; donde se evapora la humedad libre o no ligada del material y predominan las condiciones externas. En este período el sólido tiene un comportamiento no higroscópico.

Etapa C-D: Es el segundo período de secado o período de velocidad de secado decreciente; donde se evapora la humedad ligada del material y predominan las condiciones internas o las características internas y externas.

Etapa D-E: En esta etapa la evaporación ocurre desde el interior del sólido y ocurre hasta que no existe secado adicional (Rodríguez, 2014).



Fuente: Rodríguez, 2014

Figura 2.3: Curva de secado

2.13 Proceso de secado en hierbas

El secado de una planta es el proceso de extraer la humedad que contiene, para evitar que se pudra, enferme o pierda las sustancias activas, además de permitir su almacenamiento por un tiempo determinado antes de su utilización. Éste se puede realizar con calor natural o artificial; sea cual sea el sistema, el propósito es eliminar progresivamente la humedad contenida en las partes útiles, mediante técnicas adecuadas a cada especie de forma que no se pierdan o devalúen las sustancias que se pretenden retener (Caicedo & Otavalo, 2017).

Prácticamente sin excepciones las partes recolectadas deben ponerse a secar inmediatamente; se evitará de esta forma que se marchiten o requemen. Por esta misma razón, es necesario evitar el secado a pleno sol, dado que las sustancias activas se reducen o alteran por efecto de los rayos solares; así, las plantas ricas en aceites. Si el

tiempo de secado es excesivo, corre el riesgo que la planta pierda las sustancias activas; pero si el tiempo es escaso, puede provocar que la humedad que aún contienen les produzca enmohecimiento (Caicedo & Otavalo, 2017).

Según Sharapin (2001), el secado interrumpe los procesos de degradación causados por enzimas o fermentos, impide el desarrollo de microorganismos y las reacciones de oxidación y de hidrólisis. Sin embargo, como este proceso involucra calor, pueden presentarse pérdida de aceites esenciales y de sustancias volátiles. La mayoría de las plantas medicinales pueden ser secadas a temperaturas que varían entre 30 y 60°C.

El secado es el paso más importante para lograr un producto de óptima calidad, ya que de éste depende que el producto esté en condiciones de comercializarse, consumirse y conservarse por períodos prolongados, lo óptimo es secar el material a un 10% de humedad (Dávila, 2017).

El contenido de humedad de las materias vegetales medicinales y que por consiguiente son preparadas para su uso en forma seca debe mantenerse lo más bajo posible, con el fin de reducir los daños ocasionados por mohos y otros tipos de infestación por microbios (OMS, 2003).

2.14 Proceso de molienda

La molienda es una operación unitaria que reduce el volumen promedio de las partículas de una muestra sólida. Los métodos de reducción más empleados son: compresión, impacto, frotamiento de cizalla y cortado; las principales clases de máquinas para molienda son: trituradores (gruesos y finos), triturador giratorio, triturador de rodillo, molinos (intermedios y finos); molino de martillos, molino de rodillos de compresión, molino de tazón, molinos de barras (Ramírez, 2013).

Su naturaleza, es de suma importancia en diversos procesos industriales, ya que el tamaño de partículas representa en forma indirecta áreas, que a su vez afectan las magnitudes de los fenómenos de transferencia entre otras cosas. Considerando lo anterior, el conocimiento de la granulometría para determinado material es de importancia, consecuentemente (Ramírez, 2013).

2.15 Reactivos químicos para evitar el pardeamiento enzimático

Los reactivos químicos para evitar el pardeamiento enzimático de las hojas y tallos de la muña se detallan a continuación:

2.15.1 Ácido cítrico

El ácido cítrico es un polvo cristalino blanco. Puede existir en una forma anhidra (sin agua), o como mono-hidrato que contenga una molécula de agua por cada molécula de ácido cítrico. Es un buen conservante y antioxidante de vegetales, frutas y acidificante en bebidas refrescantes, confitería y repostería (Montellanos, 2019).

2.15.2 Ácido ascórbico

El ácido ascórbico o vitamina C es un polvo o cristal incoloro, inodoro, sólido, soluble en agua, con un sabor ácido. Es un ácido orgánico, con propiedades antioxidantes, proveniente del azúcar y puede encontrarse en distintos alimentos o determinados productos medicinales (Montellanos, 2019).

2.15.3 Metabisulfito de sodio

El metabisulfito de sodio se suele comercializar como un polvo blanco soluble en agua, es muy usado como aditivo alimenticio, ayuda a prevenir el pardeamiento y deterioro de un producto. Tiene ciertas propiedades antimicrobianas que funcionan como conservantes alargando la vida de un producto (Montellanos, 2019).

3.1 Desarrollo de la parte experimental

El desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación “Elaboración de infusión de muña”, se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A); dependiente de la carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

3.2 Equipos de proceso, instrumentos de laboratorio y utensilios de cocina

Durante el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo, se utilizaron equipos, instrumentos y material complementario que se encuentran en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A) y se detallan a continuación:

3.2.1 Equipos de proceso

Los equipos requeridos para el proceso de infusión de muña son:

3.2.1.1 Secador de bandejas eléctrico

El secador de bandejas eléctrico (figura 3.1), fue el equipo que se utilizó para secar las muestras de muña, con la finalidad de extraer el agua de estas. Este equipo se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A.).



Fuente: LTA, 2019

Figura 3.1: Secador de bandejas eléctrico

Las especificaciones técnicas del secador de bandejas, se detallan en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1

Especificaciones técnicas del secador de bandejas eléctrico

Marca	Esztergpm
Industria	Hungary
Tipo	1231 SZ-1
Capacidad	6 bandejas
Potencia total	2200 W
Tensión	220 V
Material	De hierro dulce externamente, encamisado con aluminio

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.2 Generador de corriente de aire eléctrico

Se utilizó un generador de corriente de aire (figura 3.2), que cumplió la función de introducir aire al secador de bandejas, con la finalidad de coadyuvar en la evacuación de aire caliente y húmedo de la cabina de secado. Este equipo se encuentra instalado en la parte lateral del secador y se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos.



Fuente: LTA, 2019

Figura 3.2: Generador de corriente de aire eléctrico

Las especificaciones técnicas del generador de corriente de aire eléctrico, se detallan en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2***Especificaciones técnicas del generador de corriente de aire***

Marca	INTERMED
Tensión	220 V
Frecuencia	50 Hz
Abertura de salida	75 mm
Velocidad del aire	3-5 m/s
Peso	4,3 kg

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.3 Procesador eléctrico de alimentos

El procesador eléctrico de alimentos (figura 3.3), se utilizó para triturar las hojas secas de muña el cual pertenece al Laboratorio Taller de Alimentos.



Fuente: LTA, 2019

Figura 3.3: Procesador eléctrico de alimentos

Las especificaciones técnicas del procesador eléctrico de alimentos, se detallan en el cuadro 3.3.

Cuadro 3.3

Especificaciones técnicas del procesador eléctrico de alimentos

Marca	HYUNDAI
Industria	Korea
Potencia	500 W
Tensión	220 V
Frecuencia	50 Hz

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.4 Tamiz vibratorio tipo Ro-Tap

El tamiz vibratorio tipo Ro-Tap (figura 3.4), se utilizó para separar las partículas de diferentes tamaños, con aberturas de malla de: 1mm, 0,50mm y 0,25mm. El mismo se encuentra en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad Ciencias y Tecnología.



Fuente: LOU, 2019

Figura 3.4: Tamiz vibratorio tipo Ro-Tap

Las especificaciones técnicas del tamiz vibratorio tipo Ro-Tap, se detallan en el siguiente cuadro 3.4.

Cuadro 3.4***Especificaciones técnicas del tamiz vibratorio tipo Ro-Tap***

Marca	ORTO ALRESA
Industria	Española
Tensión	110 - 220 V
Frecuencia	50-60 Hz
Potencia	100 W
Velocidad	2500 R.P.M
Material	Acero inoxidable

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.5 Selladora eléctrica manual

La selladora eléctrica manual (figura 3.5), se utilizó con el propósito de sellar los saquitos de infusión de muña y las bolsas de polipropileno que contienen al producto final. Este equipo se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos.



Fuente: LTA, 2019

Figura 3.5: Selladora eléctrica

Las especificaciones técnicas de la selladora eléctrica, se detallan en el cuadro 3.5.

Cuadro 3.5*Especificaciones técnicas de la selladora eléctrica*

Marca	ALFONSIN
Industria	Boliviana - Santa Cruz
Termonizador	0-10
Potencia	500 W
Tensión	220 V

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.6 Balanza de humedad a infrarrojo

La balanza de humedad a infrarrojo (figura 3,6), se utilizó para determinar el contenido de humedad de las muestras de infusión de muña; de manera automática con obtención de resultados directos. El mismo se encuentra en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad Ciencias y Tecnología.



Fuente: LOU, 2019

Figura 3.6: Balanza de humedad a infrarrojo

Las especificaciones técnicas de la balanza de humedad a infrarrojo se detallan en el cuadro 3.6.

Cuadro 3.6***Especificaciones técnicas del analizador de humedad electrónico***

Marca	Sartorius
Tensión	220 V
Frecuencia	48 - 60 Hz
Capacidad máxima de pesada	100 g
Capacidad mínima de pesada	5 g
Rango de temperatura	30 – 230°C

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Instrumentos y material de laboratorio

El material de laboratorio que se utilizó en el proceso de elaboración de infusión de muña (*Minthostachys mollis*), se detallan a continuación:

3.2.2.1 Psicrómetro

El psicrómetro (figura 3.7), se utilizó para medir temperatura de bulbo húmedo y bulbo seco, expresado (°C). Este instrumento se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A) dependiente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la facultad de Ciencias y Tecnología.



Fuente: LTA, 2019

Figura 3.7: Psicrómetro

Las especificaciones técnicas del psicrómetro, se detallan en el cuadro 3.7.

Cuadro 3.7*Especificaciones técnicas del psicrómetro*

Marca	KAAOW
Industria	POLAND
Tipo	TZ-9 N° 30/38
Escala term. bulbo seco	-34°C a 50°C
Escala term. bulbo húmedo	-36°C a 50°C

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2 Balanza de precisión digital

La balanza de precisión digital (figura 3.8), se utilizó en la mayoría de las etapas del proceso de secado y para los controles de peso de materia prima, reactivos y variación de pérdida de peso de la muña. Este instrumento se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos.



Fuente: LTA, 2019

Figura 3.8: Balanza analítica digital

Las especificaciones técnicas de la balanza analítica digital, se muestran en el siguiente cuadro 3.8.

Cuadro 3.8

Especificaciones técnicas de la balanza analítica

Marca	METTLER TOLEDO	
Modelo	PB 1502 – S	
Capacidad	Máx. 1510 g.	e 0,1 g.
	Min. 0,5 g.	d 10 mg
Potencia	5W	
Frecuencia	50/60 Hz	
Tensión	220 V	
Industria	Suiza	
Precisión	0,01 g	
Error	0,10 g	

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Material de laboratorio utilizado en el proceso de elaboración de infusión de muña

El material de laboratorio que se utilizó durante el desarrollo del presente trabajo, se detalla en la tabla 3.1.

Tabla 3.1

Material de laboratorio utilizado para la elaboración de infusión de muña

Materiales	Cantidad	Tamaño	Tipo de material
Tijeras para cortes de tallos	2	Mediano	Acero inoxidable
Bandejas para el secador	3	14 x 14 cm	Plástico
Bandejas para el secador	2	60 x 60 cm	Plástico
Mesas rectangulares	2	Normal	Acero inoxidable
Termómetro de alcohol	3	Normal	Vidrio
Cronometro	1	Pequeño	Plástico
Colador	2	Mediano	Plástico
Espátula	1	Mediano	Metálico
Fuente	2	Mediano	Plástico
Desecador	1	Normal	Vidrio
Jarras	2	Medianas	Plástico
Olla	1	Mediana	Acero inoxidable
Saquitos para infusión	100	Normal	Papel filtro
Bolsas de envoltura	1 paquete	Mediano	Polipropileno
Tazas	4	Normal	Porcelana

Fuente: Elaboración propia

3.3 Reactivos químicos de grado alimenticio

Los reactivos químicos de grado alimenticio que se utilizaron en el presente trabajo experimental para evitar el pardeamiento de las hojas de muña, se detallan en la siguiente tabla 3.2.

Tabla 3.2

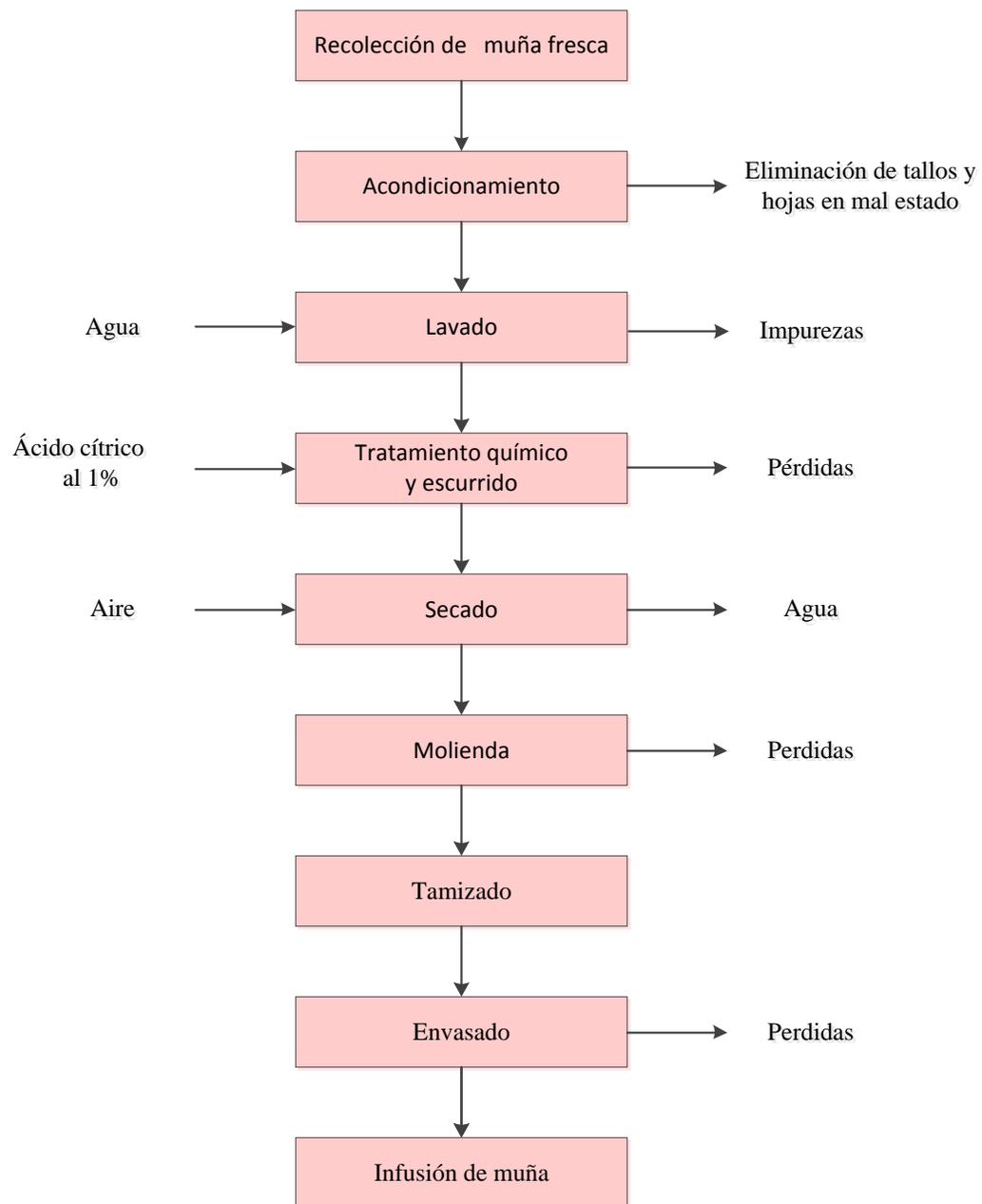
Reactivo químico de grado alimenticio

Reactivos	Estado	Procedencia	Marca
Ácido cítrico anhidro 99,99%	Sólido	Bolivia	SOLQUIFAR
Ácido ascórbico 99,99%	Sólido	Bolivia	SOLQUIFAR
Metabisulfito de sodio 97%	Sólido	Bolivia	SOLQUIFAR

Fuente: Elaboración propia

3.4 Proceso en la elaboración de infusión de muña (*Minthostachys mollis*)

En la figura 3.9, se muestra el proceso en la “Elaboración de infusión de muña”.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9: Proceso en la elaboración de infusión de muña

3.4.1 Descripción del proceso de elaboración de infusión de muña

Las operaciones implicadas a nivel experimental en el proceso de elaboración de infusión de muña (*Minthostachys mollis*) se detallan a continuación:

3.4.2 Recolección de muña fresca

Se realizó en las primeras horas de la mañana en el cerro llamado “Cascadas de Payuyo” de la comunidad de Tomatas 15 de abril de la provincia Méndez, distrito San Lorenzo – Tarija. Para realizar la recolección de muña se tomó en cuenta las mejores plantas (con las hojas verdes, completas y sanas), se colocaron en bolsas de polietileno y fueron transportadas hasta el Laboratorio Taller de Alimentos, donde se procedió al pesado de la materia prima con el fin de determinar el rendimiento del producto final.

3.4.3 Acondicionamiento

En esta etapa se clasificó dos tipos de corte de las muestras de muña para facilitar la etapa de secado; hojas y hojas más tallos tiernos. Esta operación se llevó a cabo de forma manual, con ayuda de una tijera de acero inoxidable donde ambos cortes fueron considerados como porción comestible y porción no comestibles los tallos maduros.

3.4.4 Lavado

El lavado de la materia prima se realizó de forma manual con agua potable, con el propósito de eliminar las impurezas como residuos de tierra adherida a la superficie de las hojas y tallos de muña.

3.4.5 Tratamiento químico y escurrido

Después del lavado se realizaron distintas pruebas experimentales para determinar el tratamiento químico más adecuado para evitar el pardeamiento de las hojas y tallos de la muña; durante el proceso de secado. Para tal efecto, se realizaron pruebas preliminares para las muestras de muña con ácido cítrico, ácido ascórbico y metabisulfito de sodio (concentración del 1% con un tiempo de inmersión de 1 min para los tres tratamientos químicos).

Luego del tratamiento químico se colocaron las muestras de muña sobre las bandejas de malla plástica de (14x14) cm y se dejó escurrir el agua que se encuentra en la parte externa de las hojas y tallos que adquirieron después del lavado y tratamiento químico.

3.4.6 Secado

Para el secado de las muestras de muña, primeramente, se puso en funcionamiento el secador de bandejas y se dejó calentar por un tiempo aproximadamente entre (30 a 40) minutos, con la finalidad de obtener las condiciones apropiadas para un buen secado; transcurrido este tiempo se pone en funcionamiento del generador de corriente de aire, ajustando a una velocidad constante de 5 m/s con el fin de introducir aire seco del exterior y remover el aire húmedo dentro de la cámara de secado.

Seguidamente son introducidas las bandejas con las muestras de muña al secador de bandejas con los tipos de cortes (hojas y hojas más tallos tiernos); ambas muestras operaron a una temperatura entre (40 y 50) °C, por tiempos de secado entre (7 a 8) horas, donde se realizó seguimiento cada 30 minutos controlando la pérdida de peso en las muestras de muña.

3.4.7 Molienda

Después del secado se dejó enfriar el producto seco hasta temperatura ambiente (25°C), por un tiempo aproximadamente entre (10 a 20) minutos. Transcurrido este lapso de tiempo se procede a la trituración de las muestras de muña en un procesador eléctrico de alimentos con la finalidad de reducir el tamaño y mejorar las características organolépticas del producto final. Por tal efecto, se realizaron diferentes pruebas experimentales tomando en cuenta que el tamaño de granulometría sea similar al de otras infusiones.

3.4.8 Tamizado

Esta operación se realizó en un tamiz vibratorio tipo Ro-Tap con distintas aberturas de malla, de; 1m/m, 0,50m/m y 0,25m/m en la serie de Tyler, con la finalidad de clasificar el tamaño de granulometría del producto seco. Para lo cual, se operó por un tiempo aproximadamente entre (4 a 6) minutos con una velocidad constante de 2500 r.p.m, transcurrido este tiempo se pesaron las muestras retenidas en cada uno de los tamices.

3.4.9 Envasado

Una vez obtenido el producto según su granulometría, se procedió al envasado en pequeñas fundas (6 cm de alto y 5 cm de ancho) de papel filtro termosellable de forma manual. Donde según pruebas experimentales se determinó 1g/saquito de producto, que fueron selladas con ayuda de una selladora manual, de la misma manera las envolturas de polipropileno que van a resguardar los saquitos de infusión, con el fin de proteger de la humedad y agentes extraños (tierra, insectos) entre otros.

3.5 Metodología utilizada para la obtención de resultados

La metodología utilizada para la obtención de resultados experimentales del presente trabajo de investigación, se detalla a continuación:

3.5.1 Características físicas de la muña (*Mintostachys mollis*)

En la tabla 3.3 se muestran los parámetros que se utilizaron para la caracterización física de la muña, realizado en dos tipos de cortes: hojas y hojas más tallos tiernos. Estos valores fueron determinados en el Laboratorio Taller de Alimentos; dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.3

Caracterización física de la muña

Características	Unidades
Peso	g
Porción comestible	%
Porción no comestible	%

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Análisis fisicoquímico de la muña (*Mintostachys mollis*)

En la tabla 3.4, se muestra los parámetros y técnicas que se utilizaron para determinar la composición fisicoquímica de la materia prima (muña). Estos parámetros fueron determinados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.4***Parámetros y técnicas de la muña (Minthostachys mollis)***

Parámetros	Unidad	Técnicas de ensayo
Humedad	%	NB 313010:05
Grasa	%	NB 313019:06
Ceniza	%	NB 39034:10
Fibra	%	Gravimétrico
Proteína total (Nx6,25)	%	NB/ISO 8968-1:08
Hidratos de carbono	%	Cálculo
Valor energético	kcal/100 g	Cálculo
Calcio total	mg/100 g	Absorción atómica
Fosforo	mg/100 g	SM 4500-P-D
Hierro total	mg/100 g	Absorción atómica

Fuente: CEANID, 2017

3.5.3 Análisis especiales del aceite esencial de la muña

En la tabla 3.5, se muestran los compuestos y técnica que se utilizó para determinar el análisis del aceite esencial de la muña. Este análisis fue realizado en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.5***Análisis del contenido de aceites esenciales de la muña***

Compuestos	Unidad	Técnica
Pulegone	%	Cromatografía
Menthone	%	Cromatografía
Carvone	%	Cromatografía
Dihydrocarvone	%	Cromatografía
Geraniol acetate	%	Cromatografía
Piperitone	%	Cromatografía
Isocaryophyllene	%	Cromatografía
Limonene	%	Cromatografía
Linalyl butyrate	%	Cromatografía
1,3,8-p.Menthatriene	%	Cromatografía

Fuente: CEANID, 2019

3.5.4 Análisis fisicoquímico del producto final

En la tabla 3.6, se muestran los parámetros y técnicas que se utilizó para determinar la composición fisicoquímica del producto final (infusión de muña). Estos parámetros

fueron determinados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.6

Parámetros y técnicas del producto final

Parámetros	Unidad	Técnica de ensayo
Humedad	%	NB 313010:05
Grasa	%	NB 313019:06
Ceniza	%	NB 39034:10
Fibra	%	Gravimétrico
Proteína total (N x 6,25)	%	NB/ISO 8968-1:08
Hidratos de carbono	%	Cálculo
Valor energético	kcal/100 g	Cálculo
Calcio total	mg/100 g	Absorción atómica
Fosforo	mg/100 g	SM 4500-P-D
Hierro total	mg/100 g	Absorción atómica

Fuente: CEANID, 2019

3.5.5 Análisis microbiológico del producto final

En tabla 3.7, se muestra el parámetro y técnica que se utilizó para determinar el análisis microbiológico del producto final. Este análisis fue realizado en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.7

Análisis microbiológico del producto final

Parámetros	Técnica de ensayo	Unidades
Mohos	Recuento de placas	UFC/g

Fuente: CEANID, 2019

Dónde: UFC= Unidades Formales de Colonia

3.6 Evaluación sensorial

El análisis sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Esta disciplina comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos e intenta aislar las propiedades sensoriales y aportar información útil

para el desarrollo de productos, control durante la elaboración, vigilancia durante el almacenamiento, entre otras. Las pruebas de análisis sensorial permiten traducir las preferencias de los consumidores en atributos bien definidos para un producto. La información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis denominados pruebas orientadas al consumidor (Ramírez, 2012).

Las evaluaciones sensoriales realizadas durante el presente trabajo de investigación “Elaboración de infusión de muña” se detallan en la tabla 3.8.

Tabla 3.8

Evaluación sensorial en el proceso de elaboración de infusión de muña

Evaluación sensorial	Atributos	Jueces	Escala	Test
Elección de tratamiento químico	Color	23 jueces no entrenados	Hedónica de 5 puntos	Test 1 (Anexo H)
Elección en el proceso de secado de muña	Apariencia Color Olor	23 jueces no entrenados	Hedónica de 5 puntos	Test 2 (Anexo H)
Elección de la muestra final	Apariencia Color Olor	21 jueces no entrenados	Hedónica de 5 puntos	Test 3 (Anexo H)
Determinación del producto final (infusión de muña)	Apariencia Color Aroma Olor Sabor	21 jueces no entrenados	Hedónica de 5 puntos	Test 4 (Anexo H)

Fuente: Elaboración propia

3.7 Diseño experimental

Un experimento puede definirse como la prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida (Montgomery, 2004).

3.7.1 Diseño factorial

El diseño factorial, es aquel que investiga todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores en cada ensayo completo o réplica del experimento. El diseño factorial 2^K , con k factores y dos niveles de variación de cada factor, corresponde a un diseño factorial (Montgomery, 2004) de la ecuación 3.1.

$$2^K \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Dónde:

2 = Número de niveles

K = Número de variables

3.7.2 Diseño experimental en la etapa de secado de la muña

En la tabla 3.9, se muestran los niveles de variación de las variables (nivel inferior y nivel superior), que se aplicó en la etapa de secado, conformado por tres variables: temperatura, tiempo y corte de las hojas.

Tabla 3.9

Niveles de variación de las variables en el proceso de secado de infusión de muña

VARIABLES	UNIDAD	NIVEL INFERIOR	NIVEL SUPERIOR
Temperatura (T)	°C	40	50
Tiempo (Θ)	H	7	8
Corte de la hojas (C)	-	hojas	hojas+tallo

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el diseño experimental en la etapa de secado de muña, se aplicó de acuerdo a la (ecuación 3.1), cuyo diseño factorial corresponde a la ecuación 3.2.

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

Donde los niveles de variación de cada factor son los siguientes:

- Temperatura de secado (T) = 2 niveles
- Tiempo de secado (Θ) = 2 niveles
- Corte de la hojas (C) = 2 niveles

En la tala 3.10, se muestra la matriz del diseño factorial que se utilizó en la etapa de secado, conformado por tres variables: temperatura, tiempo y corte de las hojas

Tabla 3.10

Diseño factorial de la matriz de variables para el proceso de secado la muña

Combinación de tratamientos	Factores			Interacciones				Total	
	T	Θ	C	T Θ	TC	Θ C	T Θ C	Y _i	Y _i
(1)	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	Y ₁	Y ₁
T	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	Y ₂	Y ₂
Θ	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	Y ₃	Y ₃
T Θ	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	Y ₄	Y ₄
C	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	Y ₅	Y ₅
TC	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	Y ₆	Y ₆
Θ C	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	Y ₇	Y ₇
T Θ C	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	Y ₈	Y ₈

Fuente: Elaboración propia

Donde:

T = temperatura de secado (°C)

Θ = tiempo de secado (h)

C = tipo de corte

Y_i = porcentaje de humedad (%) en el proceso de secado

4.1 Caracterización de la materia prima

Para realizar la caracterización de la materia prima (muña), se tomaron en cuenta las propiedades físicas, fisicoquímicas y análisis del contenido de aceites esenciales.

4.1.1 Características físicas de la muña

En la tabla 4.1 se muestra los valores de peso promedio, porción comestible y porción no comestible de la muña en dos tipos de corte (hoja) y (hoja+tallo); características determinadas en 15 unidades de muña (tallos medianos) tomadas al azar, datos extraídos de la tabla A.1 (Anexo A).

Tabla 4.1

Características físicas de la muña

Componente	Unidad	Valor (hoja)	Valor(hoja+tallo)
Peso	G	3,04	3,04
PC	%	55,17	69,85
PNC	%	44,83	30,15

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.1 se puede observar que la porción comestible (PC) para el tipo de corte (hoja) es 55,17%, siendo menor al tipo de corte (hoja+tallo) con un valor de 69,85% de porción comestible para un peso promedio de 3,04 g de muña.

4.1.2 Análisis fisicoquímico de la muña

En la tabla 4.2 se muestran los resultados del análisis fisicoquímico de la muña, datos extraídos de la tabla H.1 (Anexo H), realizados en el laboratorio Centro de Análisis Investigación y Desarrollo CEANID, perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.2

Análisis fisicoquímico de la muña

Componentes	Unidad	Valor
Humedad	%	70,93
Grasa	%	0,43
Ceniza	%	3,93
Fibra	%	13,15
Proteína total	%	3,50
Hidratos de carbono	%	20,61
Valor energético	kcal/100 g	100,61
Calcio total	mg/100 g	361,00
Fosforo	mg/100 g	32,57
Hierro total	mg/100 g	12,90

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.2 se expresan los resultados del análisis fisicoquímico de la muña, donde el contenido de humedad es 70,93%; grasa 0,43%; ceniza 3,93%; fibra 13,15%; proteína total 3,50%; hidratos de carbono 20,61%; valor energético 100,61 kcal/100g; calcio total 361,00 mg/100g; fosforo 32,57 mg/100g y hierro total 12,90 mg/100g.

4.2 Análisis especiales del contenido de aceites esenciales de la muña

Para el análisis del contenido de los aceites esenciales de la muña, se tomaron en cuenta los parámetros que se detallan en la tabla 4.3, realizados en el Centro de Análisis y Desarrollo CEANID mediante el método de cromatografía (Anexo H).

Tabla 4. 3

Análisis del contenido de aceites esenciales de la muña

Aceites esenciales	Unidad	Resultado
Pulegone	%	34,400
Menthone	%	28,403
Carvone	%	9,819
Dihydrocarvone	%	6,633
Geraniol acetate	%	6,279
Piperitone	%	4,555
Isocaryophillene	%	4,224
Limonene	%	1,887
Linalyl butyrate	%	2,218
1,3,8-p.Menthatriene	%	1,583

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.3 se expresan los resultados del análisis de aceites esenciales de la muña, donde el contenido de Pulegona es 34,400%; Menthone 28,403%; Carvone 9,819;

Dihydrocarvone 6,633%; Geraniol acetate 6,279%; Piperitone 4,555%; Isocaryophyllene 4,224%; Limonene 1,887%; Linalyl butyrate 2,218% y 1,3,8-p. Menthatriene 1,583%.

4.3 Caracterización de las variables en el proceso para obtener infusión de muña

Para caracterizar las variables del proceso se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

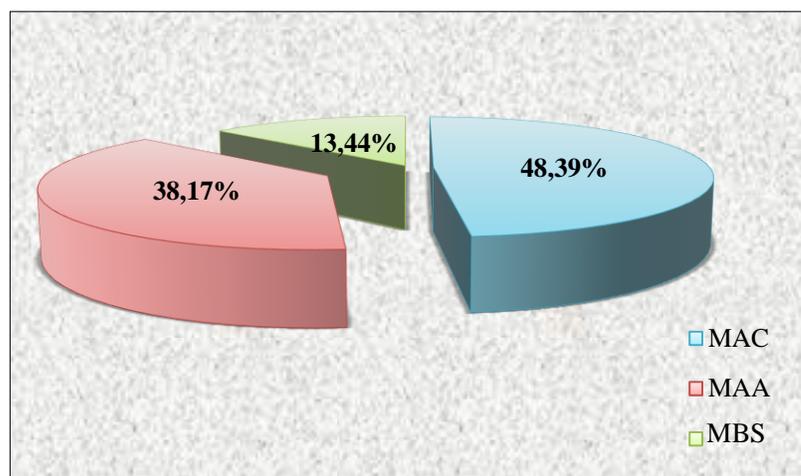
4.3.1 Elección del tratamiento químico aplicado a la muña

Antes de realizar la etapa de secado para la elaboración de infusión de muña, se realizan pruebas de tratamiento químico, con la finalidad de mantener el color característico del producto; para tal efecto se realizaron tres tratamientos químicos a una concentración del 1%: ácido cítrico (MAC), ácido ascórbico (MAA) y metabisulfito de sodio (MBS) con tiempo de inmersión de 1 min.

El atributo tomado en cuenta en la evaluación sensorial fue el color, ya que la función del tratamiento químico es conservar el color característico de las muestras de muña, el cual fue evaluado con 23 jueces no entrenados, en base a una muestra referencia de muña sin ningún tipo de tratamiento, la cual se encontraba codificada como R.

4.3.1.1 Análisis sensorial del atributo color para elegir el tipo de tratamiento químico

En la figura 4.1 se muestran los resultados de la evaluación sensorial para elegir el tratamiento químico aplicado a la muña: MAC (muestra con ácido cítrico); MAA (muestra con ácido ascórbico) y MBS (muestra con metabisulfito de sodio), según los resultados obtenidos en tabla C.2.1 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1: Resultados de la evaluación sensorial del atributo color para elegir el tratamiento químico

En la figura 4.1 se puede observar que el atributo color para la muestra con ácido cítrico (MAC); tiene mayor semejanza al color original de la muestra referencia (R) con un valor de 48,39%; consecutivamente la muestra con ácido ascórbico (MAA), con un valor del 38,17% y la muestra con metabisulfito de sodio (MBS) con 13,44%

4.3.1.2 Análisis estadístico de la prueba de Duncan del atributo color para elegir el tipo de tratamiento químico

En la tabla 4.4 se muestra el análisis estadístico de la prueba de Duncan del atributo color para elegir el tipo de tratamiento químico aplicado a las muestras de muña: MAC (muestra con ácido cítrico); MAA (muestra con ácido ascórbico) y MBS (muestra con metabisulfito de sodio), extraídos de la tabla C.2.4 (Anexo C).

Tabla 4.4

Prueba de Duncan del atributo color

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
MAC-MAA	0,82	0,37	Significativo
MAC-MBS	2,82	0,39	Significativo
MAA-MBS	2,00	0,37	Significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.4 según el análisis de la prueba de Duncan existe diferencia significativa entre los tratamientos (MAC-MAA); (MAC-MBS) y (MAC-MBS), para una probabilidad $p < 0,05$.

Realizada la evaluación sensorial para elegir el tratamiento químico aplicado a las muestras de muña, se demuestra estadísticamente que la muestra MAC (muestra con inmersión en ácido cítrico al 1%), es la que mejor mantiene el color característico en la etapa de secado. Por tanto, es tomado en cuenta como tratamiento previo durante la elaboración de infusión de muña.

4.4 Diseño experimental aplicado en la etapa de secado para la elaboración de infusión de muña

En la tabla 4.5 se muestran las variables controladas durante la etapa de secado para la elaboración de infusión de muña (temperatura, tiempo y tipo de corte), con los niveles de variación según indica la tabla 3.9 para el diseño factorial 2^3 , donde la variable respuesta fue el contenido de humedad en base seca.

Tabla 4.5

Porcentaje de humedad en base seca para la etapa de secado

Interacción	Variables			Réplica I	Réplica II	Total (y _i)
	Temperatura (T)	Tiempo (Θ)	Tipo de corte (C)			
(1)	40	7	hoja	9,47	9,94	19,41
T	50	7	hoja	9,81	9,46	19,27
Θ	40	8	hoja	10,21	10,19	20,40
TΘ	50	8	hoja	10,37	9,20	19,57
C	40	7	hoja+tallo	9,88	9,65	19,53
TC	50	7	hoja+tallo	9,64	9,30	18,94
ΘC	40	8	hoja+tallo	9,23	9,41	18,64
TΘC	50	8	hoja+tallo	9,46	9,23	18,69

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.6 se muestra el análisis de varianza del diseño factorial 2^3 aplicado en la etapa de secado para la elaboración de infusión de muña, la metodología y resolución se detalla en la tabla D.1.2 (Anexo D).

Tabla 4.6**Análisis de varianza en la etapa de secado de las muestras de muña en un diseño 2^3**

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad GL	Cuadrados medios MC	Fcal	Ftab
Total	233,70	15,00			
Factor T	0,77	1,00	0,77	0,03	5,32
Factor Θ	2,98	1,00	2,98	0,11	5,32
Factor C	1,32	1,00	1,32	0,05	5,32
Interacción T Θ	0,21	1,00	0,21	0,01	5,32
Interacción TC	0,48	1,00	0,48	0,02	5,32
Interacción Θ C	4,49	1,00	4,49	0,16	5,32
Interacción T Θ C	0,17	1,00	0,17	0,01	5,32
Error	223,27	8,00	27,91		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.6 se observa que los factores: Temperatura de secado (T), tiempo de secado (Θ), tipo de corte (C) y las interacciones: (T Θ) temperatura de secado-tiempo de secado, (TC) temperatura de secado-tipo de corte, (Θ C) tiempo de secado- tipo de corte, (T Θ C) temperatura de secado-tiempo de secado-tipo de corte; no son significativos en la etapa de secado, ya que $F_{tab} < F_{cal}$ para un límite de confianza del 95%.

En base al análisis estadístico realizado, se puede decir que ningún factor tomado en cuenta incide directamente en la etapa de secado para la elaboración de infusión de muña; por tanto, los niveles de variación de los factores no influyen elocuentemente en el contenido de humedad de la muña.

4.5 Análisis sensorial en la etapa de secado de las muestras de muña

En la etapa de secado de la muña a nivel experimental se elaboraron ocho muestras, donde las variables tomadas en cuenta fueron: tiempo de secado, temperatura y el tipo de corte de la muña según el siguiente detalle:

Tabla 4.7

Muestras de muña para el análisis sensorial

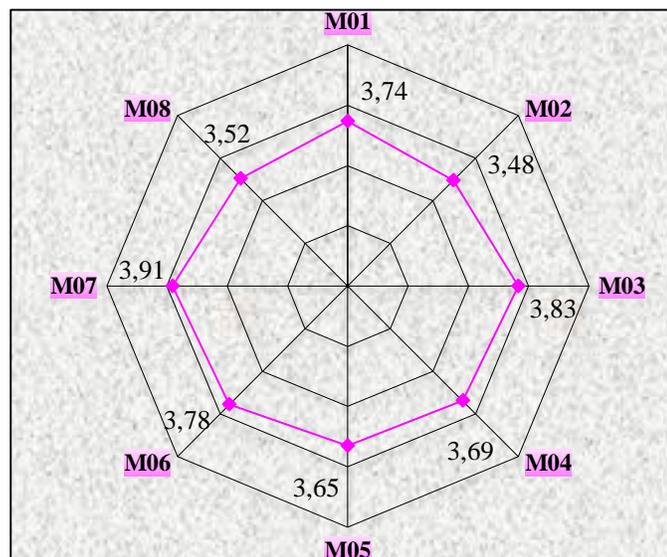
Muestra	Tiempo de secado (h)	Temperatura de secado (°C)	Tipo de corte
M01	7	40	hoja
M02	7	50	hoja
M03	8	40	hoja
M04	8	50	hoja
M05	7	40	hoja+tallo
M06	7	50	hoja+tallo
M07	8	40	hoja+tallo
M08	8	50	hoja+tallo

Fuente: Elaboración propia

Para tal efecto se utilizó 23 jueces no entrenados y los atributos evaluados fueron color, olor y apariencia.

4.5.1 Evaluación sensorial del atributo color en la etapa de secado de las muestras de muña

En la figura 4.2 se muestran los valores promedios de la evaluación sensorial del atributo color para determinar las variables durante el proceso de secado de muña, datos extraídos de la tabla C.3.1 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2: Valores promedios del atributo color

En la figura 4.2, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es M07 con valor promedio de (3,91); la mista tiene las siguientes características: tipo de corte (hoja+tallo); tiempo de secado (8 horas); temperatura (40°C); no obstante, la muestra M02 con valor promedio de (3,48) con un tipo de corte (hoja); tiempo de secado (7 horas), temperatura (50°C), es la de menor aceptación para el atributo color.

4.5.2 Análisis estadístico del atributo color en la etapa de secado de las muestras de muña

En la tabla 4.8; se muestra el análisis de varianza para el atributo color en la etapa de secado de la muña, resultados extraídos de la tabla C.3.2 (Anexo C).

Tabla 4.8

Análisis de varianza del atributo color la etapa de secado

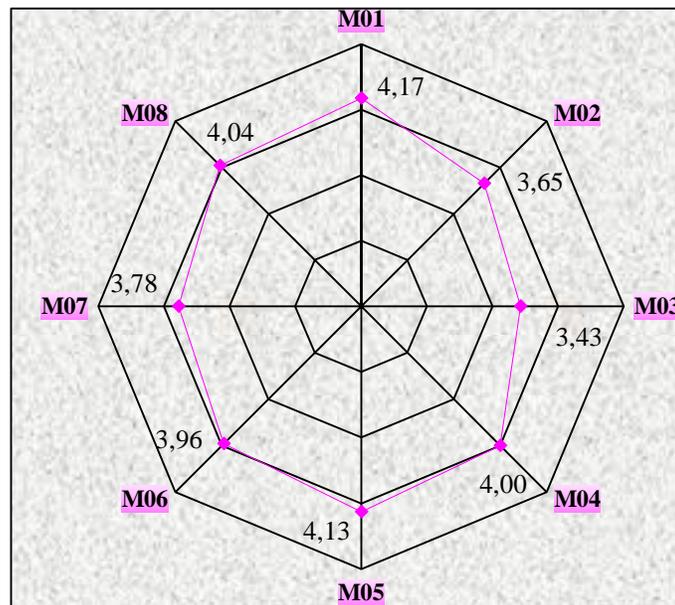
FV	SC	GL	CM	F cal	F tab	Observación
Total	136,56	183,00				
Muestras (A)	3,52	7,00	0,50	0,71	2,07	No Significativo
Jueces (B)	24,43	22,00	1,11	1,57	1,61	No Significativo
Error	108,61	154,00	0,71			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.8 se puede observar que el valor crítico de $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,71 < 2,07$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una probabilidad de $p < 0,05$; es decir no hay diferencia significativa entre las ocho muestras evaluadas; sin embargo, la muestra de mayor aceptación por los jueces en cuanto al atributo color es M07 (hoja+tallo; 8 horas y 40°C), es decir a menor temperatura de secado la muña mantiene mejor el color característico.

4.5.3 Evaluación sensorial del atributo olor en la etapa de secado de las muestras de muña

En la figura 4.3 se muestran los valores promedios de la evaluación sensorial del atributo olor para determinar las variables durante la etapa de secado de la muña, según resultados obtenidos en la tabla C.3.3 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3: Valores promedios del atributo olor

En la figura 4.3, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra M01 con valor promedio (4,17); tipo de corte (hoja); tiempo de secado (7 horas) y temperatura (40°C); siendo la muestra M03 con valor promedio (3,43); tipo de corte (hoja); tiempo de secado (8 horas) y temperatura (40°C) la de menor aceptación para el atributo olor.

4.5.4 Análisis estadístico del atributo olor en la etapa de secado de las muestras de muña

En la tabla 4.9; se muestra el análisis de varianza del atributo olor en evaluado en la etapa de secado de la muña, datos extraídos de la tabla C.3.4, (Anexo C).

Tabla 4.9

Análisis de varianza del atributo olor en la etapa de secado

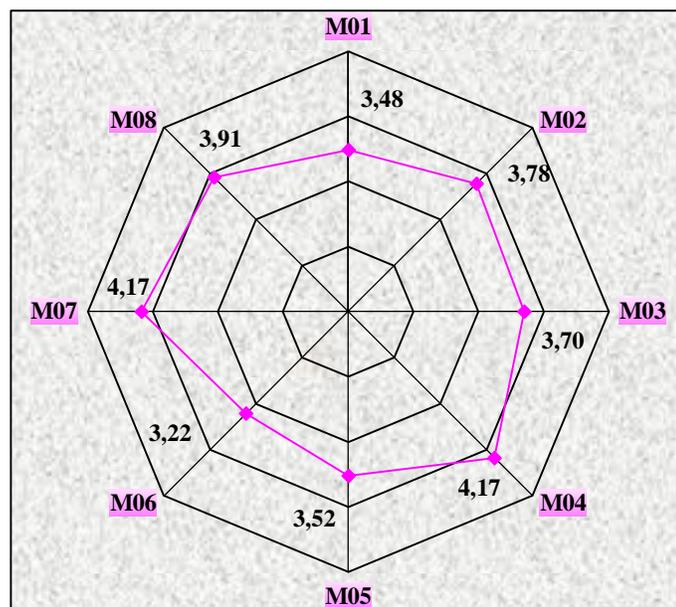
FV	SC	GL	CM	F cal	F tab	Observación
<i>Total</i>	147,04	183,00				
<i>Muestras (A)</i>	10,43	7,00	1,49	2,01	2,07	No Significativo
<i>Jueces (B)</i>	22,41	22,00	1,02	1,37	1,61	No Significativo
<i>Error</i>	114,20	154,00	0,74			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.9 se observa que el valor crítico de $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,01 < 2,07$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para $p < 0,05$; es decir no hay diferencia significativa entre las ocho muestras evaluadas. Sin embargo, la muestra de mayor aceptación por los jueces en cuanto al atributo olor fue M01 (hoja; 7 horas, 40°C); es decir, a menor temperatura (40°C) y tiempo de secado (7 horas) la muña mantiene mejor este atributo.

4.5.5 Evaluación sensorial del atributo apariencia en la etapa de secado de las muestras de muña

En la figura 4.4 se muestran los valores promedios de la evaluación sensorial del atributo apariencia para determinar las variables durante la etapa de secado de la muña, según resultados obtenidos en la tabla C.3.5 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4: Valores promedios del atributo apariencia

En la figura 4.4, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra M04 con valor promedio de (4,17); tipo de corte (hoja); tiempo de secado (8 horas); temperatura (50°C) y la muestra M07 con valor promedio (4,17); tipo de corte (hoja+tallo); tiempo de secado (8 horas) y temperatura (40°C). Siendo la muestra M06 la de menor aceptación por los jueces para el atributo apariencia, con valor promedio (3,22); tipo de corte (hoja+tallo); tiempo de secado (7 horas) y temperatura (50°C).

4.5.6 Análisis estadístico de la prueba de Duncan del atributo apariencia en la etapa de secado de las muestras de muña

En la tabla 4.10; se muestra el análisis estadístico del atributo apariencia aplicada en la etapa de secado de la muña, datos extraídos de la tabla C.3.5 (Anexo C).

Tabla 4.10

Prueba de Duncan del atributo apariencia

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
M01-M02	0,304	0,475	No Significativo
M01-M03	0,217	0,500	No Significativo
M01-M04	0,696	0,517	Significativo
M01-M05	0,043	0,529	No Significativo
M01-M06	0,261	0,540	No Significativo
M01-M07	0,696	0,547	Significativo
M01-M08	0,435	0,553	No Significativo
M02-M03	0,087	0,475	No Significativo
M02-M04	0,391	0,500	No Significativo
M02-M05	0,261	0,517	No Significativo
M02-M06	0,565	0,529	Significativo
M02-M07	0,391	0,540	No Significativo
M02-M08	0,130	0,547	No Significativo
M03-M04	0,478	0,589	No Significativo
M03-M05	0,174	0,475	No Significativo
M03-M06	0,478	0,500	No Significativo
M03-M07	0,478	0,517	No Significativo
M03-M08	0,217	0,529	No Significativo
M04-M05	0,652	0,584	Significativo
M04-M06	0,957	0,587	Significativo
M04-M07	0,000	0,589	No Significativo
M04-M08	0,261	0,475	No Significativo
M05-M06	0,304	0,576	No Significativo
M05-M07	0,652	0,579	Significativo
M05-M08	0,391	0,582	No Significativo
M06-M07	0,957	0,559	Significativo
M06-M08	0,696	0,564	Significativo
M07-M08	0,261	0,517	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.10 se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos: M01-M04; M01-M07; M02-M06; M04-M05; M04-M06; M05-M07; M06-M07; M06-M08; así mismo para los tratamientos M01-M02; M01-M03; M01-M05; M01-M06; M01-M08; M02-M03; M02-M04; M02-M05; M02-M07; M02-M08; M03-M04; M03-M05; M03-M06; M03-M07; M03-M08; M04-M07; M04-M08; M05-M06; M05-M08

y M07-M08, no existe diferencia significativa para una probabilidad ($p < 0,05$). Por lo tanto, se toma en cuenta la muestra de mayor aceptación por los jueces: M04 con tipo de corte (hoja); tiempo de secado (8 horas); temperatura (50°C) y la muestra M07 con tipo de corte (hoja+tallo); tiempo de secado (8 horas) y temperatura (40°C) consideradas como la mejor opción en cuanto al atributo apariencia.

Realizada la evaluación sensorial en la etapa de secado de las ocho muestras de muña, se pudo evidenciar que no existe diferencia significativa entre las muestras tanto para el atributo color y olor, sin embargo para el atributo apariencia si existe diferencia significativa, es así que se toma en cuenta la preferencia de los jueces en los atributos de mayor relevancia al producto (color y olor) siendo las muestras elegidas: M01 con tipo de corte (hoja); tiempo de secado (7 horas) y temperatura de secado (40°C) y la muestra M05 con tipo de corte (hoja+tallo); tiempo de secado (7 horas) y temperatura de secado (40°C) por ser la más aceptada en el atributo olor. Las muestras M03 con tipo de corte (hoja); tiempo de secado (8 horas) y temperatura de secado (40°C) y M07 con tipo de corte (hoja+tallo); tiempo de secado (8 horas) y temperatura (40°C) en concordancia al atributo color; ya que estos atributos fueron considerados los más importantes en la etapa de secado de la muña.

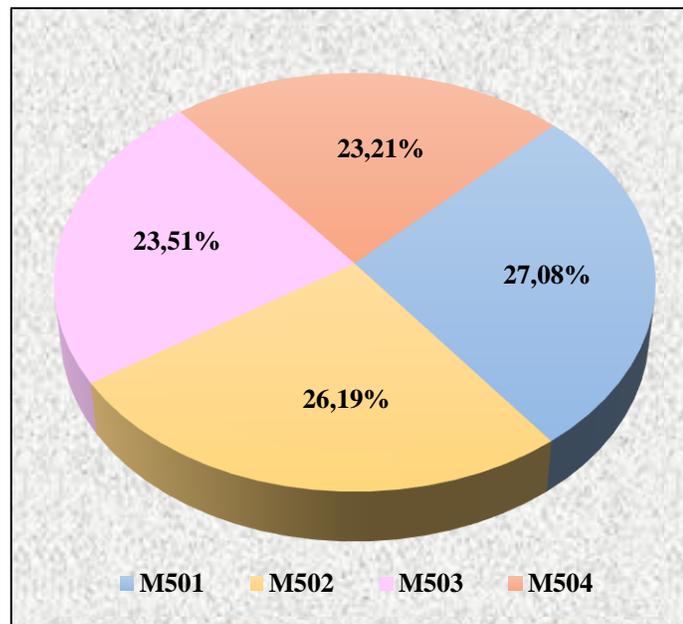
Por tanto, las muestras elegidas fueron M01, M03, M05 y M07, por tener mayor aceptación por los jueces en el atributo color y olor;

4.6 Evaluación sensorial para elegir la muestra final de infusión de muña

Una vez realizada la evaluación sensorial de las ocho muestras de muña elaboradas en diferentes condiciones: tipo de corte, temperatura y tiempo de secado, se consideró evaluar cuatro muestras (M01, M03, M05 y M07), que obtuvieron mayor promedio en los atributos sensoriales (color y olor).

4.6.1 Evaluación sensorial del atributo color para elegir muestra final de infusión de muña

En la figura 4.5 se muestran los valores promedios de la evaluación sensorial del atributo color para elegir la muestra final de infusión de muña, según resultados obtenidos de la tabla C.4.1 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5: Valores promedios del atributo color

En la figura 4.5, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra M501 (27,08%); tipo de corte (hoja); tiempo de secado (7 horas) y temperatura (40°C); seguido de la muestra M502 (26,19%) tipo de corte (hoja); tiempo de secado (8 horas) y temperatura de secado (40°C). Así mismo, las muestras M503 con tipo de corte (hoja+tallo); tiempo de secado (7 horas) y temperatura de secado (40°C) y M504 con tipo de corte (hoja+tallo); tiempo de secado (8 horas) y temperatura (40°C) tienen menor puntaje para el atributo color en escala hedónica.

4.6.2 Análisis estadístico de la prueba de Duncan del atributo color

En la tabla 4.11; se muestra el análisis estadístico del atributo color para elegir la muestra final de infusión de muña, datos extraídos de la tabla C.4.4 (Anexo C).

Tabla 4.11

Prueba de Duncan del atributo color

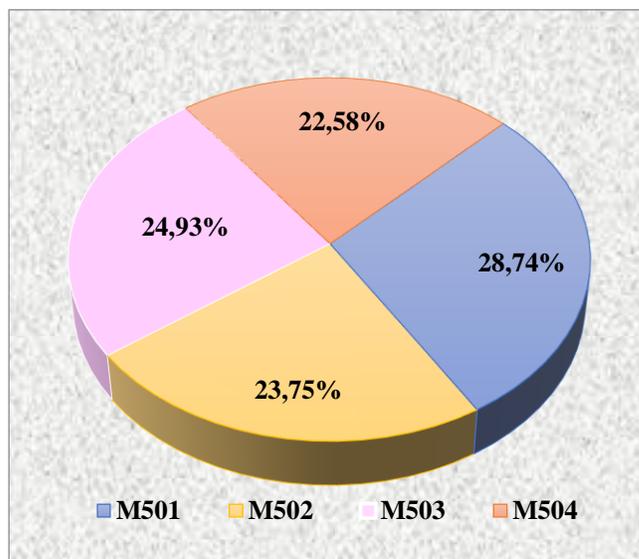
Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
M501-M502	0,143	0,361	No Significativo
M501-M503	0,571	0,380	Significativo
M501-M504	0,619	0,393	Significativo
M502-M503	0,429	0,361	Significativo
M502-M504	0,476	0,380	Significativo
M503-M504	0,048	0,440	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11 se puede observar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos M501-M503, M501-M504, M502-M503, M502-M504. Sin embargo, para los tratamientos M501-M502, M503-M504, no existe diferencia significativa para $p < 0,05$. Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra M501 con tipo de corte (hoja); tiempo de secado (7 horas) y temperatura (40°C) se tomó como la mejor opción en cuanto al atributo color.

4.6.3 Evaluación sensorial del atributo olor para elegir muestra final de infusión de muña

En la figura 4.6 se muestran los valores promedios de la evaluación sensorial del atributo olor para elegir la muestra final de infusión de muña, según resultados obtenidos de la tabla C.4.5 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6: Valores promedios del atributo olor

En la figura 4.6, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra M501 (28,74%) tipo de corte (hoja); tiempo de secado (7 horas) y temperatura (40°C); seguido de la muestra M503 (24,93%); con tipo de corte (hoja+tallo); tiempo de secado (7 horas) y temperatura de secado (40°C) así mismo la muestras M502 tipo de corte (hoja); tiempo de secado (8 horas) y temperatura de secado (40°C) y M504 con tipo de corte (hoja+tallo); tiempo de secado (8 horas) y temperatura (40°C) tiene menor puntaje para el atributo olor.

4.6.4 Análisis estadístico de la prueba de Duncan

En la tabla 4.12; se muestra el análisis estadístico del atributo olor para elegir la muestra final de infusión de muña, en base a los resultados obtenidos de la tabla C.4.6 (Anexo C).

Tabla 4.12

Prueba de Duncan del atributo olor

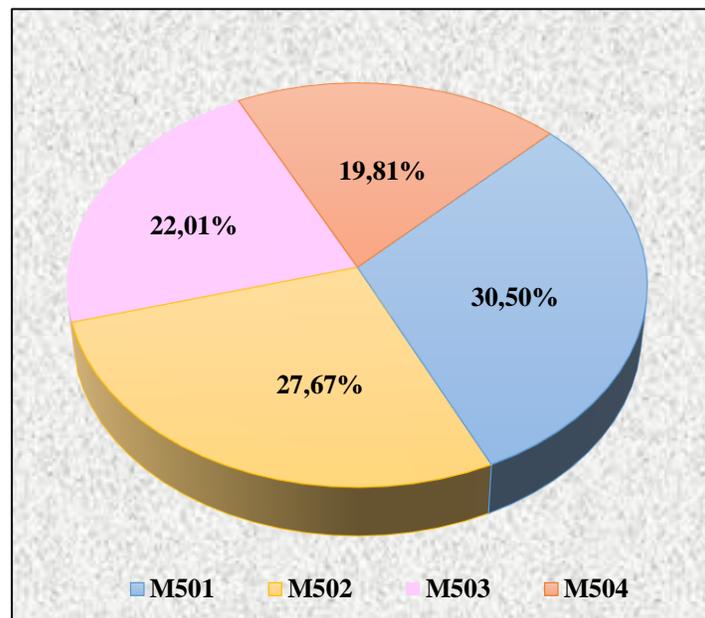
Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
M501-M502	0,810	0,390	Significativo
M501-M503	0,619	0,410	Significativo
M501-M504	1,000	0,424	Significativo
M502-M503	0,190	0,390	No Significativo
M502-M504	0,190	0,410	No Significativo
M503-M504	0,381	0,475	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.12 se puede observar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos M501-M502, M501-M503, M501-M504. Sin embargo, para los tratamientos M502-M503, M502-M504 y M503-M504, no existe diferencia significativa para una probabilidad $p < 0,05$. Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra M501 con tipo de corte (hoja); tiempo de secado (7 horas) y temperatura (40°C) se tomó como la mejor opción en cuanto al atributo olor.

4.6.5 Evaluación sensorial del atributo apariencia para elegir muestra final de infusión de muña

En la figura 4.7 se muestran los valores promedios de la evaluación sensorial del atributo apariencia para elegir la muestra final de infusión de muña, según resultados obtenidos de la tabla C.4.9 (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7: Valores promedios del atributo apariencia

En la figura 4.7, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra M501 (30,50%); tipo de corte (hoja); tiempo de secado (7 horas) y temperatura (40°C); seguido de la muestra M502 (27,67%) tipo de corte (hoja); tiempo de secado (8 horas) y temperatura de secado (40°C) así mismo la muestras M503 con tipo de corte (hoja+tallo); tiempo de secado (7 horas) y temperatura de secado (40°C) y M504 con tipo de corte (hoja+tallo); tiempo de secado (8 horas) y temperatura (40°C) tiene menor puntaje para el atributo apariencia.

4.6.6 Análisis estadístico de la prueba de Duncan del atributo apariencia

En la tabla 4.13; se muestra el análisis estadístico del atributo apariencia para elegir la muestra final de infusión de muña, en base a los resultados obtenidos de la tabla C.4.12 (Anexo C).

Tabla 4.13*Prueba de Duncan del atributo apariencia*

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
M501-M502	0,429	0,311	Significativo
M501-M503	1,286	0,327	Significativo
M501-M504	1,619	0,338	Significativo
M502-M503	0,857	0,311	Significativo
M502-M504	1,190	0,327	Significativo
M503-M504	0,333	0,379	No Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.13 se puede observar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos M501-M502, M501-M503, M501-M504, M502-M503 y M502-M504. Sin embargo, no existe diferencia significativa para para los tratamientos y M503-M504 con una probabilidad $p < 0,05$. Pero analizando la preferencia de los jueces, la muestra M501 se tomó como la mejor opción en cuanto al atributo apariencia.

Realizada la evaluación sensorial para elegir la muestra final de infusión de muña, se pudo evidenciar estadísticamente que, si existe diferencia entre las cuatro muestras evaluadas, sin embargo, la muestra M501 con tipo de corte (hoja); tiempo de secado (7 horas) y temperatura (40°C), tiene mayor preferencia por los jueces en los tres atributos analizados, por tanto, se considera como muestra ganadora, la misma que fue elaborada con un tipo de corte (hojas), temperatura (40°C) y tiempo (7 h).

4.7 Influencia del contenido de humedad en la etapa de secado de las muestras de muña

La variación de humedad se determina a partir de la pérdida de peso que se registra durante el secado de las muestras, partiendo de un peso inicial para todas las muestras próximo a 20 g de muña (Anexo E).

Para el cálculo del contenido de humedad en base seca se consideró el contenido de humedad de la materia prima 70,93% (tabla 4.2).

El contenido de humedad de los alimentos puede representarse en base seca de acuerdo a la siguiente expresión matemática (Sharma et al, 2003):

$$X_{BS} = \text{masa de humedad} / \text{masa de materia seca (kg de agua/kg sólidos)}$$

masa de materia seca = masa de producto humedo – masa de humedad

$$SS = P \left(1 - \frac{\%H}{100} \right) \quad \text{Ec. 4.1}$$

Dónde:

SS: Sólido seco

P: Peso inicial

%H: Porcentaje de humedad

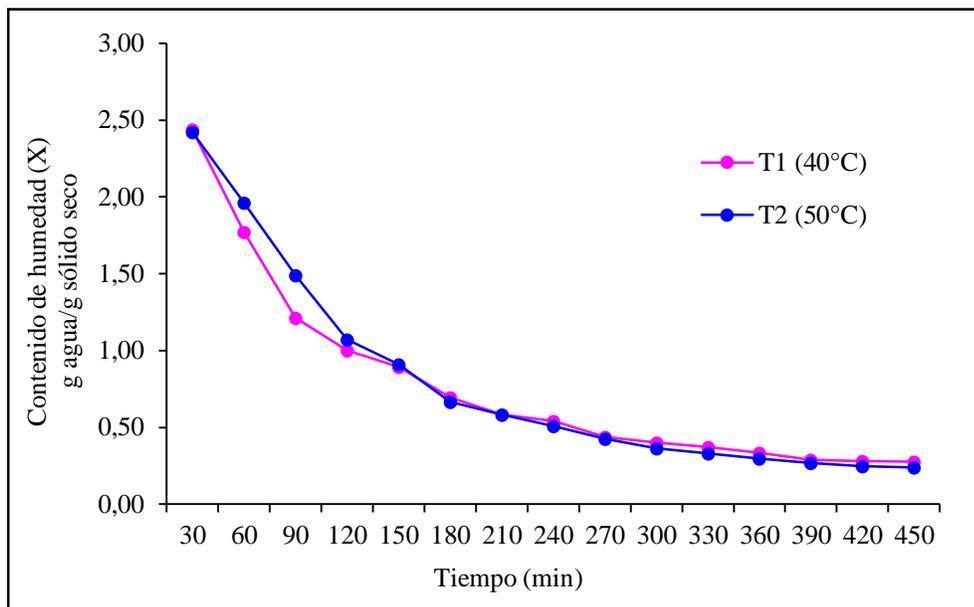
Por ende, se analiza la influencia de las variables: temperatura (T), tipo de corte (C) y tiempo de secado (Θ) respecto al contenido de humedad en base seca.

4.7.1 Influencia de la temperatura en el contenido de humedad de las muestras de muña

La temperatura desempeña un papel importante en los procesos de secado. En forma general, conforme se incrementa su valor se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles. En la práctica de secado, la elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en consideración la especie que se vaya a someter al proceso (Perry, 1984).

4.7.1.1 Variación del contenido de humedad con la temperatura, a Θ_1 (7 h) vs C_1 (hoja)

En la figura 4.8 se muestra la variación de humedad en base seca de las muestras de muña en función del tiempo e intervalos de 30 min, variando la temperatura entre (40-50) °C y manteniendo constante el tiempo de secado Θ_1 (7 h) y el tipo de corte C_1 (hoja). Según los datos obtenidos en la tabla E.1 y tabla E.2 (Anexo E).



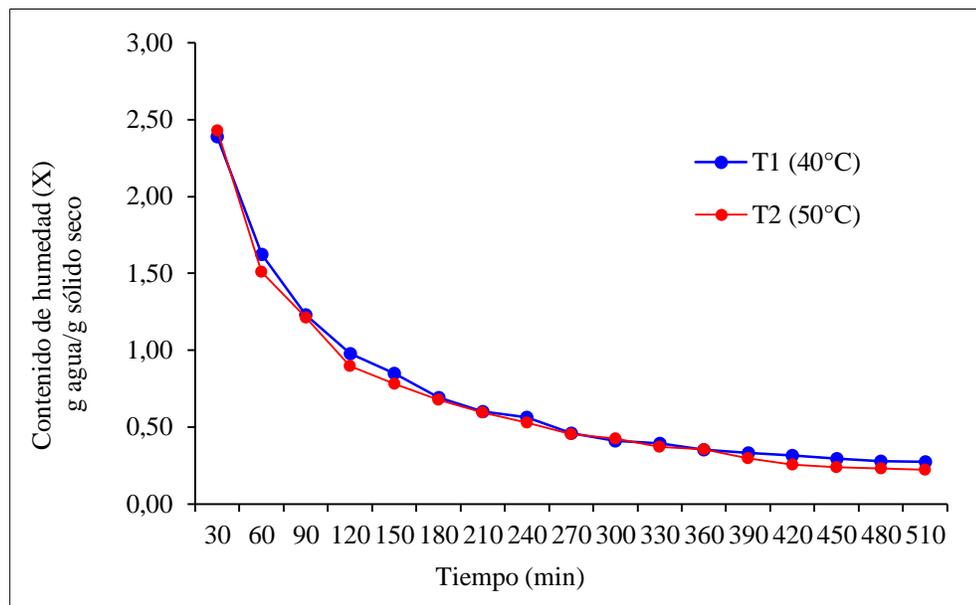
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8: Variación del contenido de humedad con la temperatura, a Θ_1 (7 h) vs C_1 (hoja)

En la figura 4.8 se puede observar que al incrementar la temperatura de 40°C (T_1) a 50°C (T_2), la operación de secado se ve favorecida con la variación de la humedad final, hay un mayor incremento de pérdida de agua. Es decir, la muestra M02 tratada a una temperatura (50°C), tiempo de secado (7 h) y tipo de corte (hoja); tiene un contenido de humedad final de 0,241 (g agua/g sólido seco) mientras que la muestra M01 tratada a una temperatura (40°C), tiempo de secado (7 h) y tipo de corte (hoja); adquiere un contenido de humedad final de 0,279 (g agua/g sólido seco) para un tiempo de 450 min.

4.7.1.2 Variación del contenido de humedad con la temperatura, a Θ_2 (8h) vs C_1 (hoja)

En la figura 4.9 se muestra la variación de humedad en base seca de las muestras de muña en función del tiempo e intervalos de 30 min, variando la temperatura entre (40-50) °C y manteniendo constante el tiempo de secado Θ_2 (8 h) y el tipo de corte C_1 (hoja). Según los datos obtenidos en la tabla E.3 y tabla E.4 (Anexo E).



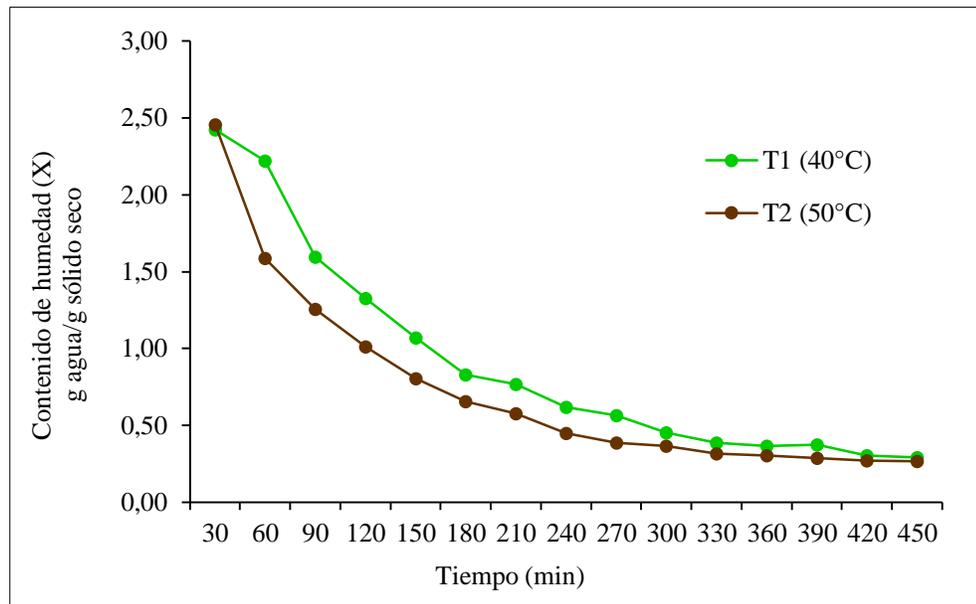
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9: Variación del contenido de humedad con la temperatura, a Θ_2 (8h) vs C_1 (hoja)

En la figura 4.9 se puede observar que al incrementar la temperatura de 40°C (T_1) a 50°C (T_2), la operación de secado se ve favorecida con la variación de la humedad final, hay un mayor incremento de pérdida de agua. Es decir, la muestra M04 tratada a temperatura (50°C), tiempo de secado (8 h) y tipo de corte (hoja) tiene un contenido de humedad final de 0,224 (g agua/g sólido seco); mientras que la muestra M01 tratada a una temperatura (40°C), tiempo de secado (8 h) y tipo de corte (hoja) adquiere un contenido de humedad final de 0,275 (g agua/g sólido seco) para un tiempo de 510 min.

4.7.1.3 Variación del contenido de humedad con la temperatura, a Θ_1 (7h) vs C_2 (hoja+tallo)

En la figura 4.10 se muestra la variación de humedad en base seca de las muestras de muña en función del tiempo e intervalos de 30 min, variando la temperatura entre (40-50) °C y manteniendo constante el tiempo de secado Θ_1 (7 h) y el tipo de corte C_2 (hoja+tallo). Según los datos obtenidos en la tabla E.5 y tabla E.6 (Anexo E).



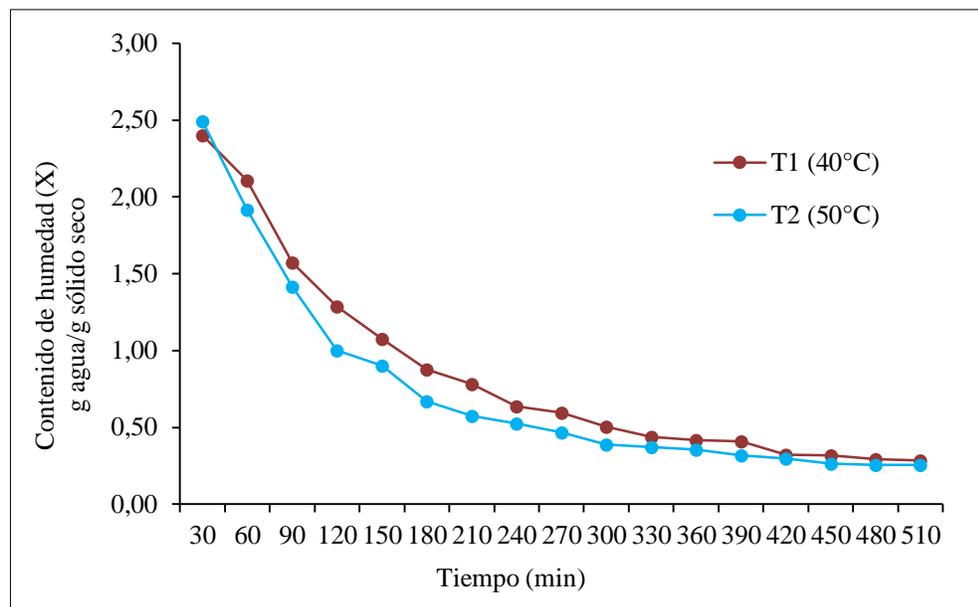
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10: Variación del contenido de humedad con la temperatura a Θ_1 (7h) vs C_2 (hoja+tallo)

En la figura 4.10 se puede observar que al incrementar la temperatura de 40°C (T_1) a 50°C (T_2), la operación de secado se ve favorecida con la variación de la humedad final, hay un mayor incremento de pérdida de agua. Es decir, la muestra M06 tratada a una temperatura (50°C), tiempo de secado (7 h) y tipo de corte (hoja+tallo) tiene un contenido de humedad final de 0,266 (g agua/g sólido seco); mientras que la muestra tratada a temperatura (40°C), tiempo de secado (7 h) y tipo de corte (hoja+tallo) adquiere un contenido de humedad final de 0,292 (g agua/g sólido seco) para un tiempo de 450 min.

4.7.1.4 Variación del contenido de humedad con la temperatura, a Θ_2 (8 h) vs C_2 (hoja+tallo)

En la figura 4.11 se muestra la variación de humedad en base seca de las muestras de muña en función del tiempo e intervalos de 30 min, variando la temperatura entre (40-50) °C y manteniendo constante el tiempo de secado Θ_2 (8 h) y el tipo de corte C_2 (hoja+tallo). Según los datos obtenidos en la tabla E.7 y tabla E.8 (Anexo E).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11: Variación del contenido de humedad con la temperatura a Θ_2 (8 h) vs C_2 (hoja+tallo)

En la figura 4.11 se puede observar que al incrementar la temperatura de 40°C (T_1) a 50°C (T_2), la operación de secado se ve favorecida con la variación de la humedad final, hay un mayor incremento de pérdida de agua. Es decir, la muestra M08 tratada a una temperatura (50°C), tiempo de secado (8 h) y tipo de corte (hoja+tallo) tiene un contenido de humedad final de 0,255 (g agua/g sólido seco); mientras que la muestra M07 tratada a temperatura (40°C), tiempo de secado (8 h) y tipo de corte (hoja+tallo) adquiere un contenido de humedad final de 0,287 (g agua/g sólido seco) para un tiempo de 510 min.

Analizada la influencia de temperatura en la etapa de secado de las muestras de muña se pudo observar que las muestras secadas a una temperatura de 50°C tienen mayor pérdida de agua que las muestras secadas a 40°C; Sin embargo, estas variaciones del contenido de humedad final son mínimas.

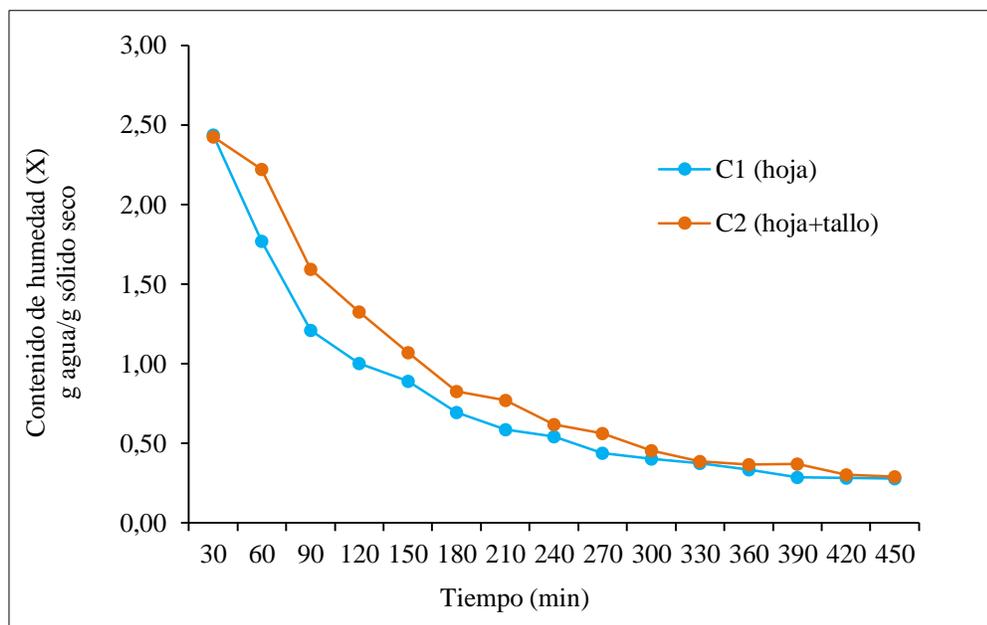
4.7.2 Influencia del tipo de corte en el contenido de humedad de las muestras de muña

Cuando sólo hay transferencia de calor por convección, la velocidad es independiente del espesor del sólido. Sin embargo, el tiempo necesario para secar entre los contenidos

de humedad fijos será directamente proporcional al espesor de la muestra, pues al aumentar el espesor, se elevará directamente la cantidad de sólido seco (Geankoplis, 1999).

4.7.2.1 Variación del contenido de humedad con el tipo de corte, a T_1 (40°C) vs Θ_1 (7 h)

En la figura 4.12 se muestra la variación de humedad en base seca de las muestras muña en función del tiempo e intervalos de 30 min, variando el tipo de corte (hoja-hoja+tallo) y manteniendo constante el tiempo de secado Θ_1 (7 h) y la temperatura T_1 (40°C). Según los datos obtenidos en la tabla E.1 y tabla E.5 (Anexo E).



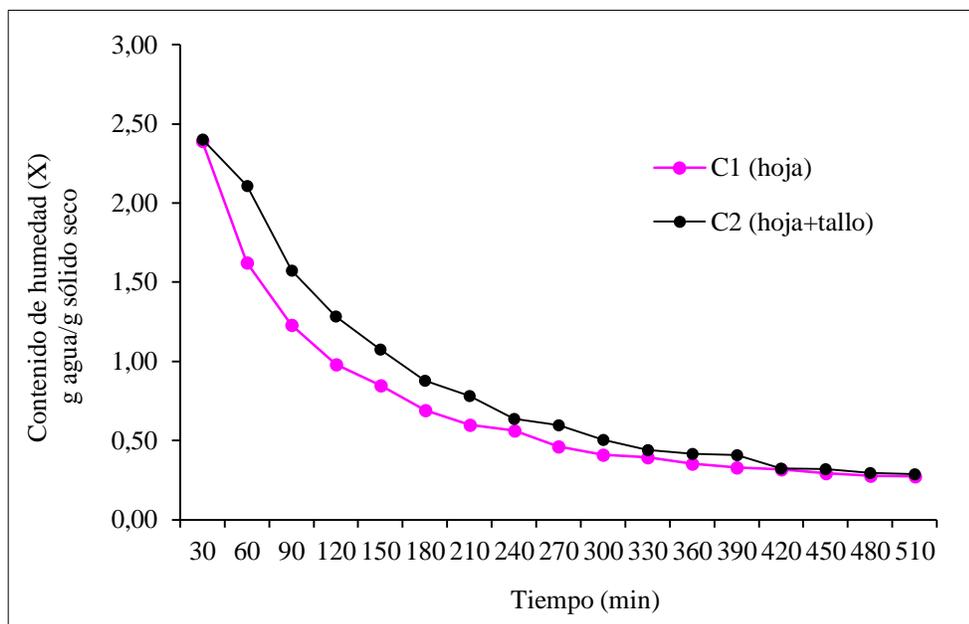
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12: Variación del contenido de humedad con el tipo de corte, a T_1 (40°C) vs Θ_1 (7 h)

En la figura 4.12 se observa, que para el tipo de corte C_1 (hoja), la operación de secado se ve favorecida con la variación de humedad final, existe mayor pérdida de agua a diferencia del tipo de corte C_2 (hoja+tallo). Es decir, cuando el tipo de corte es hoja (M01) tiene un contenido de humedad final de 0,279 (g agua/g sólido seco) a diferencia del tipo de corte hoja+tallo (M05) tiene 0,292 (g agua/g sólido seco) para un tiempo de 450 min.

4.7.2.2 Variación del contenido de humedad con el tipo de corte, a T_1 (40 °C) vs Θ_2 (8 h)

En la figura 4.13 se muestra la variación de humedad en base seca de las muestras de muña en función del tiempo e intervalos de 30 min, variando el tipo de corte (hoja-hoja+tallo) y manteniendo constante la temperatura de secado T_1 (40°C) y el tiempo de secado Θ_2 (8 h). Según los datos obtenidos en la tabla E.3 y tabla E.7 (Anexo E).



Fuente: Elaboración propia

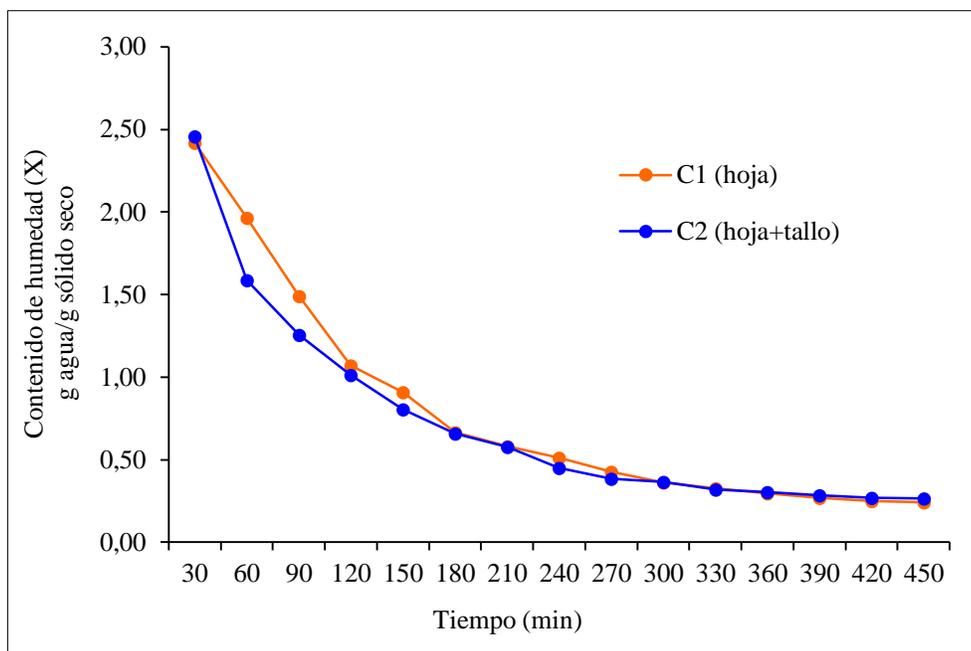
Figura 4.13: Variación del contenido de humedad con el tipo de corte, a T_1 (40 °C) vs Θ_2 (8 h)

En la figura 4.13 se observa, que para el tipo de corte a C_1 (hoja), la operación de secado se ve favorecida con la variación de humedad final, existe mayor pérdida de agua a diferencia del tipo de corte C_2 (hoja+tallo). Es decir, cuando el tipo de corte es hoja (M03) tiene un contenido de humedad final de 0,275 (g agua/g sólido seco) a diferencia del tipo de corte hoja+tallo (M07) tiene 0,287 (g agua/g sólido seco) para un tiempo de 510 min.

4.7.2.3 Variación del contenido de humedad con el tipo de corte, a T_2 (50°C) vs Θ_1 (7 h)

En la figura 4.14 se muestra la variación de humedad en base seca de las muestras de muña en función del tiempo e intervalos de 30 min, variando el tipo de corte (hoja-

hoja+tallo) y manteniendo constante la temperatura de secado T_2 (50°C) y el tiempo de secado Θ_1 (7 h). Según los datos obtenidos en la tabla E.2 y tabla E.6 (Anexo E).



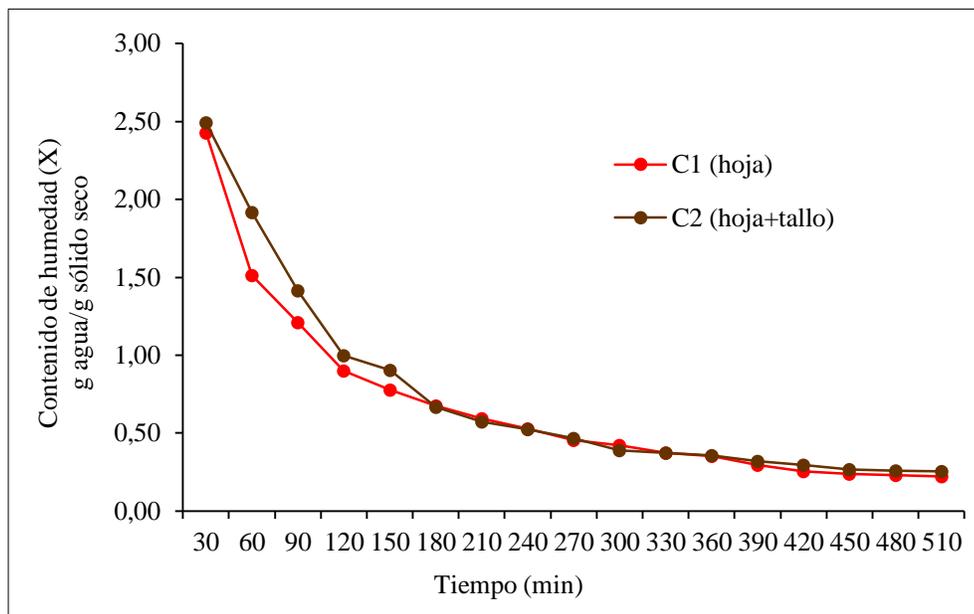
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14: Variación del contenido de humedad con el tipo de corte, a T_2 (50°C) vs Θ_1 (7 h)

En la figura 4.14 se observa, que para el tipo de corte a C_1 (hoja), la operación de secado se ve favorecida con la variación de humedad final, existe mayor pérdida de agua a diferencia del tipo de corte C_2 (hoja+tallo). Es decir, cuando el tipo de corte es hoja (M03) tiene un contenido de humedad final de 0,241 (g agua/g sólido seco) a diferencia del tipo de corte hoja+tallo (M06) tiene 0,266 (g agua/g sólido seco) para un tiempo de 450 min.

4.7.2.4 Variación del contenido de humedad con el tipo de corte, a T_2 (50°C) vs Θ_2 (8 h)

En la figura 4.15 se muestra la variación de humedad en base seca de las muestras de muña en función del tiempo e intervalos de 30 min, variando el tipo de corte (hoja-hoja+tallo) y manteniendo constante la temperatura de secado T_2 (50°C) y el tiempo de secado Θ_2 (8 h). Según los datos obtenidos en la tabla E.4 y tabla E.8 (Anexo E).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15: Variación del contenido de humedad con el tipo de corte, a T_2 (50°C) vs Θ_2 (8 h)

En la figura 4.15 se observa, que para el tipo de corte a C_1 (hoja), la operación de secado se ve favorecida con la variación de humedad final, existe mayor pérdida de agua a diferencia del tipo de corte C_2 (hoja+tallo). Es decir, cuando el tipo de corte es hoja (M04) tiene un contenido de humedad final de 0,224 (g agua/g sólido seco) a diferencia del tipo de corte hoja+tallo (M06) tiene 0,255 (g agua/g sólido seco) para un tiempo de 510 min.

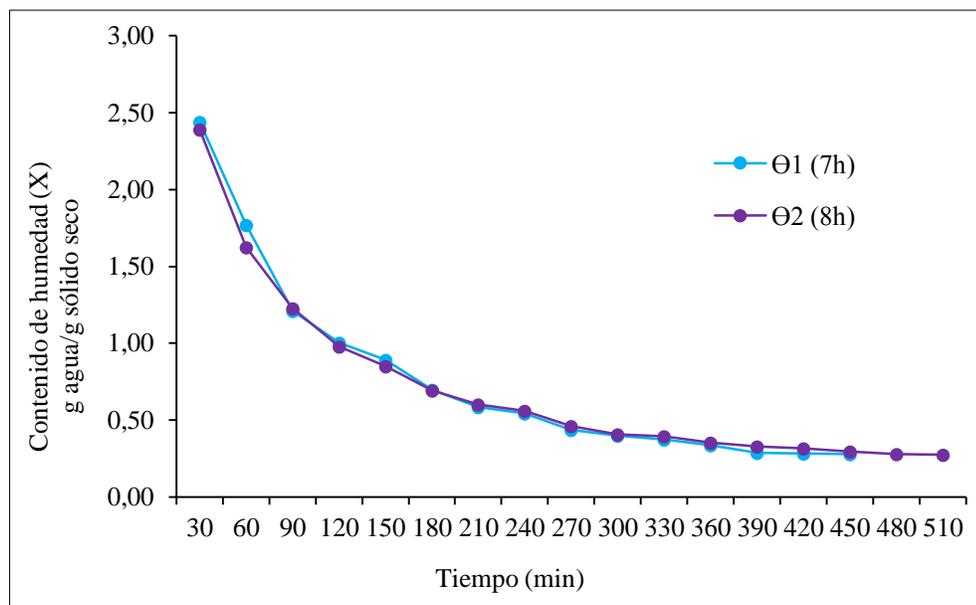
Analizado la influencia del tipo de corte en la etapa de secado respecto al contenido de humedad de la muña, se pudo evidenciar que finalmente las muestras de tipo de corte C_1 (hoja) tienen mayor pérdida de agua que las muestras con tipo de corte C_2 (hoja+tallo). Sin embargo, el comportamiento de esta diferencia, mayormente se percibe al final de la etapa de secado, observándose una variación mínima en el lapso del tiempo.

4.7.3 Influencia del tiempo de secado en el contenido de humedad de las muestras de muña

Se toma en cuenta el tiempo de secado como variable que influye en el contenido de humedad en las muestras en un intervalo de 7 horas y 8 horas, durante la etapa de secado, registrándose los pesos cada 30 minutos.

4.7.3.1 Variación del contenido de humedad con el tiempo de secado, a T_1 (40 °C) vs C_1 (hoja)

En la figura 4.16 se muestra la variación de humedad en base seca de las muestras de muña en función del tiempo e intervalos de 30 min, variando el tiempo de secado (7-8) horas y manteniendo constante la temperatura de secado T_1 (40°C) y el tipo de corte C_1 (hoja). Según los datos obtenidos en la tabla E.1 y tabla E.3 (Anexo E).



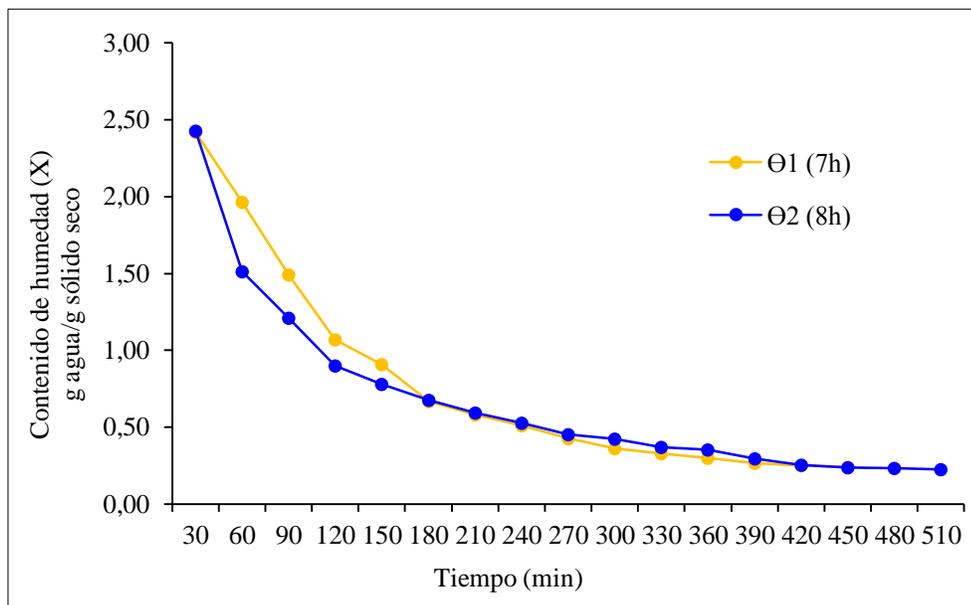
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16: Variación del contenido de humedad con el tiempo, a T_1 (40 °C) vs C_1 (hoja)

En la figura 4.16 se observa que, al incrementar el tiempo de 7 horas a 8 horas, la operación de secado se ve favorecida siendo mayor la pérdida de agua. Es decir, el contenido de humedad final en un tiempo Θ_1 (M01) es de 0,279 (g agua/g sólido seco), siendo superior a 0,275 (g agua/g sólido seco) para un tiempo Θ_2 (M03).

4.7.3.2 Variación del contenido de humedad con el tiempo de secado, a T_1 - C_1 constante

En la figura 4.17 se muestra la variación de humedad en base seca de las muestras de muña en función del tiempo e intervalos de 30 min, variando el tiempo de secado (7-8) horas y manteniendo constante la temperatura de secado T_2 (50°C) y el tipo de corte C_1 (hoja). Según los datos obtenidos en la tabla E.2 y tabla E.4 (Anexo E).



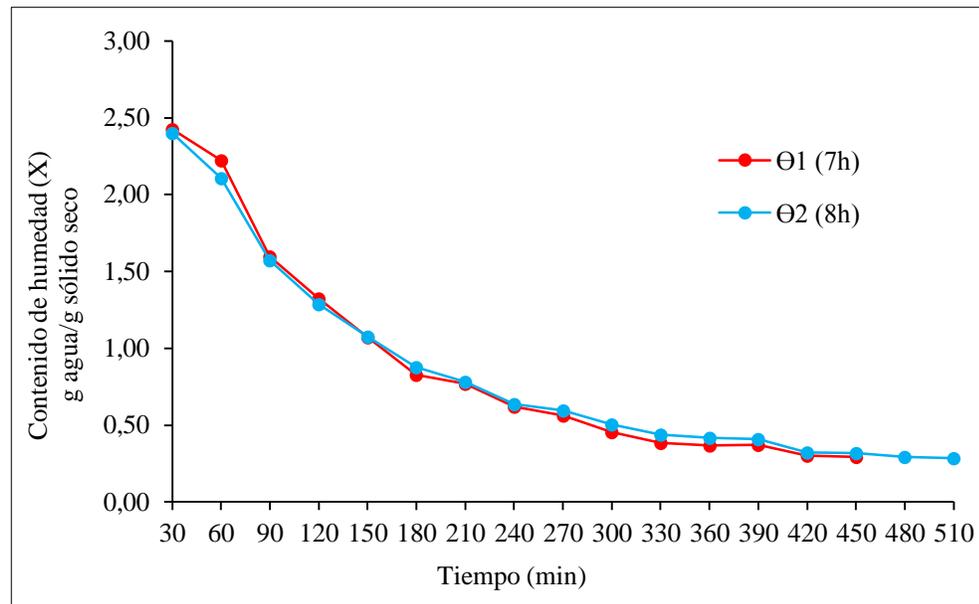
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17: Variación del contenido de humedad con el tiempo, a T_2 (50°C) vs C_1 (hoja)

En la figura 4.17 se observa que, al incrementar el tiempo de 7 horas a 8 horas, la operación de secado se ve favorecida siendo mayor la pérdida de agua. Es decir, el contenido de humedad final en un tiempo Θ_1 (M02) es de 0,241 (g agua/g sólido seco), siendo superior a 0,224 (g agua/g sólido seco) para un tiempo Θ_2 (M04).

4.7.3.3 Variación del contenido de humedad con el tiempo de secado, a T_1 (40°C) vs C_2 (hoja+tallo)

En la figura 4.18 se muestra la variación de humedad en base seca de las muestras de muña en función del tiempo e intervalos de 30 min, variando el tiempo de secado (7-8) horas y manteniendo constante la temperatura de secado T_1 (40°C) y el tipo de corte C_2 (hoja+tallo). Según los datos obtenidos en la tabla E.5 y tabla E.7 (Anexo E).



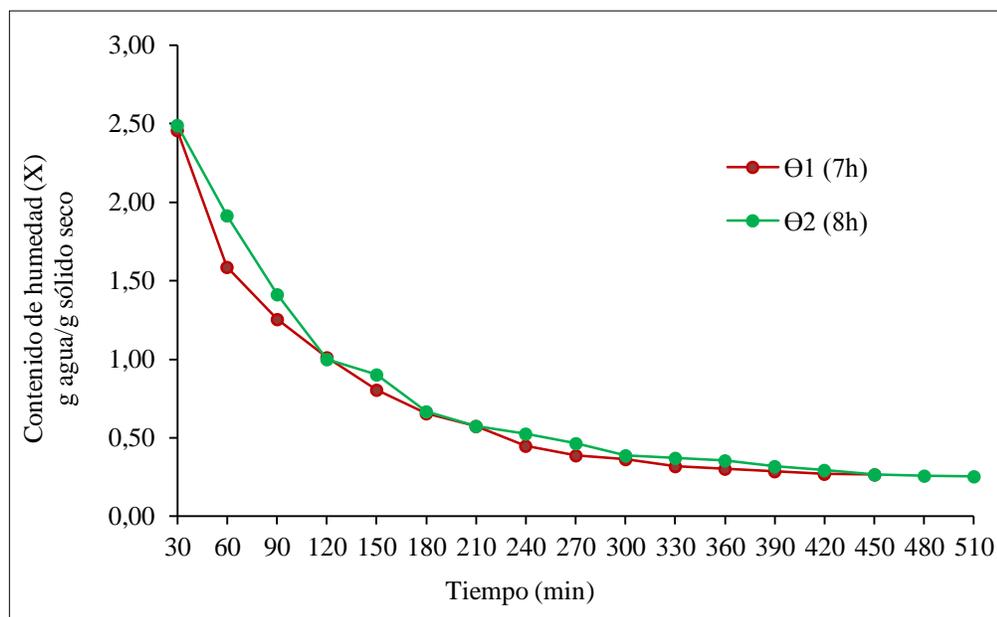
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18: Variación del contenido de humedad con el tiempo, a T_1 (40 °C) vs C_2 (hoja+tallo)

En la figura 4.18 se observa, que, al incrementar el tiempo de 7 horas a 8 horas, la operación de secado se ve favorecida siendo mayor la pérdida de agua. Es decir, el contenido de humedad final en un tiempo Θ_1 (M05) es de 0,292 (g agua/g sólido seco), siendo superior a 0,287 (g agua/g sólido seco) para un tiempo Θ_2 (M07).

4.7.3.4 Variación del contenido de humedad con el tiempo de secado, a T_2 (50 °C) vs C_2 (hoja+tallo)

En la figura 4.19 se muestra la variación de humedad en base seca de las muestras de muña en función del tiempo e intervalos de 30 min, variando el tiempo de secado (7-8) horas y manteniendo constante la temperatura de secado T_2 (50°C) y el tipo de corte C_2 (hoja+tallo). Según los datos obtenidos en la tabla E.6 y tabla E.8 (Anexo E).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19: Variación del contenido de humedad con el tiempo, a T_2 (50 °C) vs C_2 (hoja+tallo)

En la figura 4.19 se observa que, al incrementar el tiempo de 7 horas a 8 horas, la operación de secado se ve favorecida siendo mayor la pérdida de agua. Es decir, el contenido de humedad final en un tiempo Θ_1 (M06) es de 0,266 (g agua/g sólido seco), siendo superior a 0,255 (g agua/g sólido seco) para un tiempo Θ_2 (M08).

Analizado el tiempo de secado con respecto al contenido de humedad de las muestras de muña, se pudo evidenciar que las diferencias de pérdida de agua son mínimas. Sin embargo, las muestras tratadas por 8 horas tienden a perder mayor cantidad de agua.

Realizado el análisis de las variables controladas durante la etapa de secado, se pudo observar que la temperatura, tipo de corte y tiempo de secado influyen en el contenido de humedad final de las muestras de muña. Sin embargo, estas diferencias son mínimas es así que estadísticamente no existe diferencia significativa entre las muestras tratadas a distintas condiciones de temperatura, tiempo y tipo de corte.

4.8 Cinética de secado para la obtención de infusión de muña

En la tabla 4.14, se muestran los datos ajustados a la cinética de secado para la obtención de infusión de muña, para tipo de corte en (hojas), temperatura de secado de

40°C y tiempo de 7 horas. Los resultados experimentales fueron obtenidos mediante regresión lineal por Microsoft Excel 2010.

Las condiciones del proceso de secado a nivel experimental fueron las siguientes:

El área de la bandeja de secado está dada por la ecuación 4.2 (Gieck, 2005):

$$A_{\square} = a^2 \quad \text{Ec. 4.2}$$

Dónde:

$a = 0,14 \text{ m}$

Tiempo de secado: 7 horas

\therefore El área de la bandeja: $0,0196 \text{ m}^2$

Materia prima: 20,61 g

Temperatura de secado: 40°C

Contenido de materia seca: 5,99 g

Tabla 4.14

Variación del contenido de humedad y velocidad de secado para obtención de infusión de muña

Tiempo (min)	Peso (g)	X (kg H ₂ O/kgSS)	ΔX (kg H ₂ O/kgSS)	$\Delta \theta$ (h)	W (kgH ₂ O/m ² h)	X media (kgH ₂ O/kgSS)
0	21,00	2,44				
20	17,20	1,89	0,55	0,33	0,51	2,16
40	14,19	1,37	0,52	0,33	0,48	1,63
60	11,25	0,88	0,49	0,33	0,45	1,12
80	10,02	0,67	0,21	0,33	0,19	0,78
100	9,23	0,54	0,13	0,33	0,12	0,61
120	8,42	0,41	0,14	0,33	0,12	0,47
140	8,18	0,37	0,04	0,33	0,04	0,39
160	8,02	0,34	0,03	0,33	0,02	0,35
180	7,91	0,32	0,02	0,33	0,02	0,33
200	7,83	0,31	0,01	0,33	0,01	0,31
220	7,71	0,29	0,02	0,33	0,02	0,30
240	7,48	0,25	0,04	0,33	0,04	0,27
260	7,39	0,23	0,02	0,33	0,01	0,24
280	7,31	0,22	0,01	0,33	0,01	0,23
300	7,28	0,22	0,01	0,33	0,00	0,22
320	7,27	0,21	0,00	0,33	0,00	0,21
340	7,25	0,21	0,00	0,33	0,00	0,21
360	7,23	0,21	0,01	0,33	0,01	0,21
380	7,19	0,20	0,00	0,33	0,00	0,20
400	7,19	0,20	0,00	0,33	-	0,20
420	7,18	0,20	0,00	0,33	-	0,20

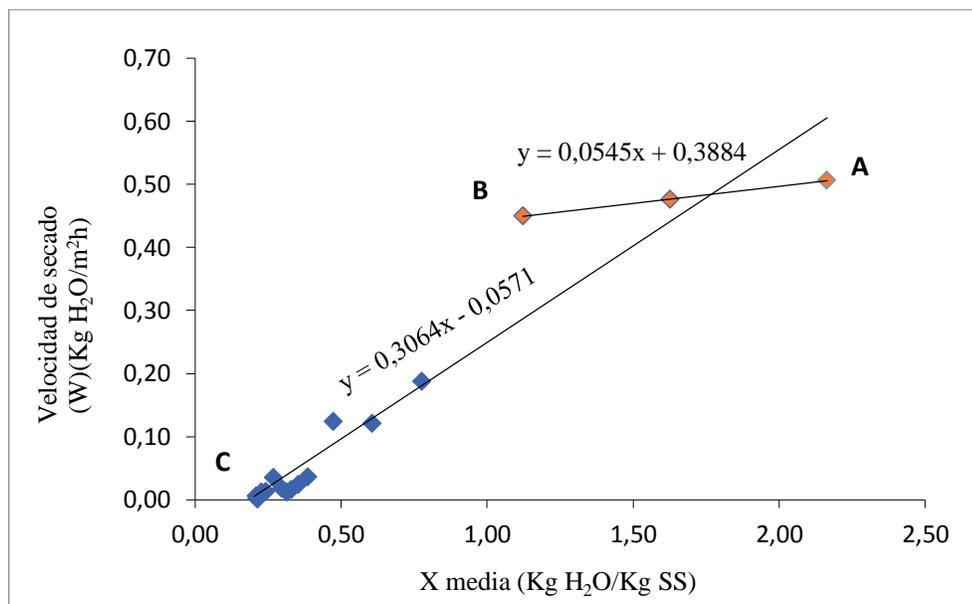
Fuente: Elaboración propia

Dónde:

W: velocidad de secado

X media: contenido de humedad media

En la figura 4.20, se muestra la curva de cinética de secado para la obtención de infusión de muña y el contenido de humedad media en base seca, a partir de los resultados obtenidos en la tabla 4.10, a condiciones experimentales a nivel laboratorio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20: Cinética en la operación de secado para obtención de infusión de muña

La figura 4.20, muestra el comportamiento del contenido de humedad media; en función a la velocidad de secado, donde se observa dos tramos distintos:

El periodo ante crítico (A-B), cuya velocidad de secado es relativamente constante, hasta que el contenido de humedad de la muña alcanza un valor crítico, la expresión matemática ajustada se da según la ecuación 4.1.

$$y = 0,0545x + 0,3884$$

Ec. 4.3

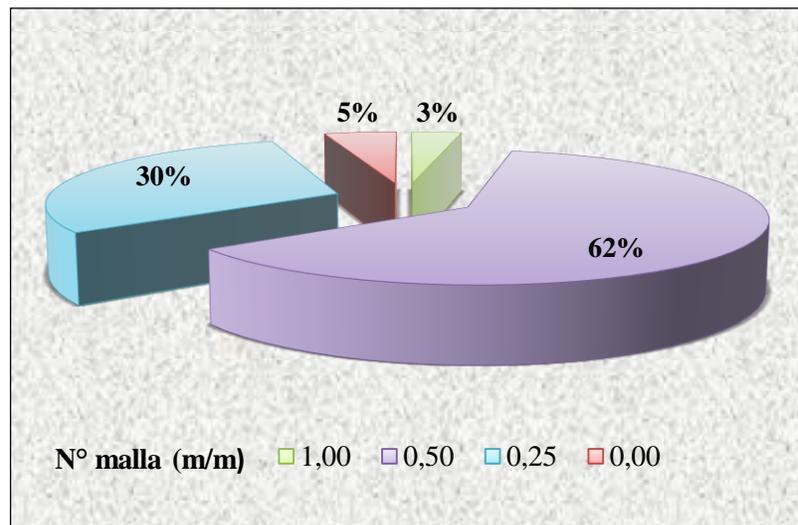
El tramo (B-C), representa el periodo post crítico, donde la velocidad de secado decrece linealmente, hasta que el contenido de humedad de la muña alcanza el valor de equilibrio, cuya expresión matemática se demuestra mediante la ecuación 4.2.

$$y = 0,3064x - 0,0571 \quad \text{Ec. 4.4}$$

4.9 Análisis de granulometría del producto seco (muña)

El análisis de granulometría se realizó en el laboratorio de operaciones unitarias “LOU”, utilizando un tamiz tipo Ro-Tap, con distintas aberturas de malla: 1 m/m, 0,50 m/m y 0,25 m/m en la serie de Tyler, para lo cual se utilizó 52,28 g de muña seca, el tiempo de tamizado fue de 5 min a una velocidad constante de 2500 rpm.

En la figura 4.21 se muestra el porcentaje de muña seca retenida, en función al número de malla, con la finalidad de clasificar el tamaño de granulometría del producto seco, en base a datos obtenidos de la tabla D.9 (Anexo D).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21: Granulometría de la infusión de muña

En la figura 4.21 se puede observar que la mayor cantidad de producto seco retenido se concentra en la malla N° 0,50 del tamiz utilizado, así mismo se tiene una cantidad mínima de fino y tallos retenidos en la malla N°1,00 y residuos.

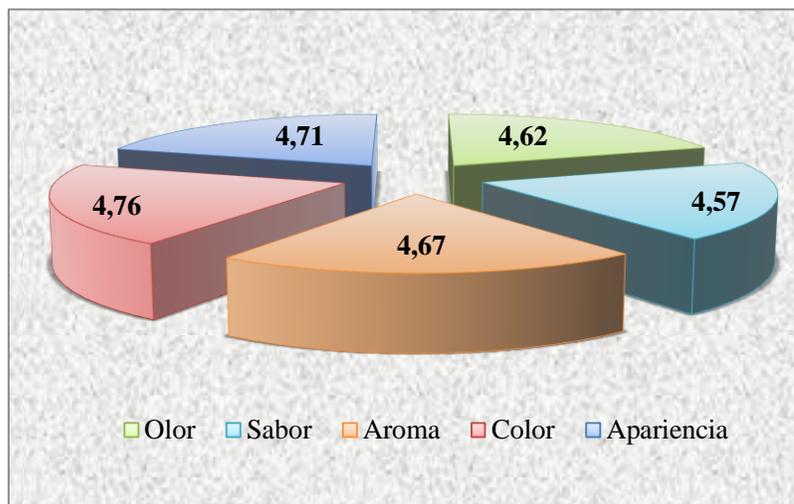
4.10 Caracterización del producto final

Para realizar la caracterización del producto final (infusión de muña), se tomó en cuenta el análisis sensorial, rendimiento de la infusión, las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas.

4.10.1 Evaluación sensorial para caracterizar los atributos de la infusión de muña

Elegida la muestra final de infusión de muña, se realizó una evaluación sensorial con 21 jueces no entrenados, donde los atributos a valorar fueron: olor, sabor, aroma, color y presentación.

En la figura 4.22 se muestra los valores promedios de los atributos sensoriales de infusión de muña, en base a resultados (Anexo C) y tabla C.4.13.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22: Valores promedios de los atributos sensoriales

Como se puede observar en la figura 4.22, los atributos con mayor puntaje fueron color (4,76), apariencia (4,71) y aroma (4,67); seguido del atributo olor (4,62) y sabor (4,57), para la infusión de muña.

4.10.1.1 Análisis estadístico de los atributos de la infusión de muña

En la tabla 4.15; se muestra el análisis de varianza de los atributos para la infusión de muña, datos extraídos (Anexo C) y tabla C.4.14.

Tabla 4.15

Análisis de varianza de los atributos de la infusión de muña

FV	SC	GL	CM	F cal	F tab	Observación
Total	27,33	104,00				
Atributos(A)	0,48	4,00	0,12	0,49	2,49	No Significativo
Jueces (B)	7,33	20,00	0,37	1,50	1,70	No Significativo
Error	19,52	80,00	0,24			

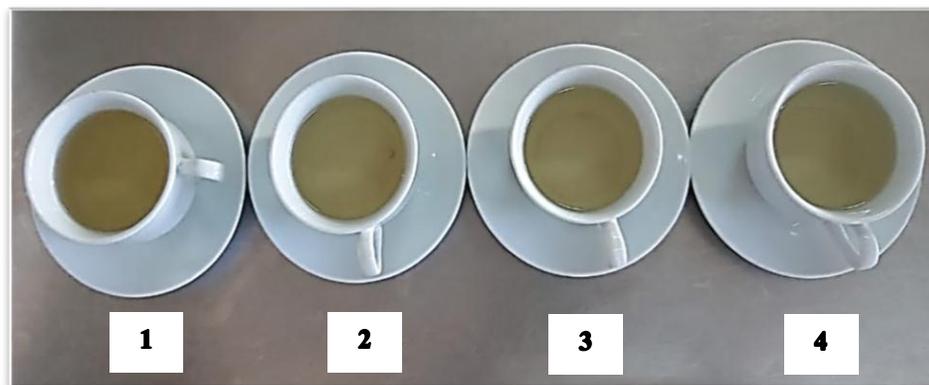
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.15, el valor crítico de $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,48 < 2,49$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una probabilidad de $p < 0,05$; es decir no hay diferencia significativa entre los atributos evaluados; por lo que se considera que la infusión de muña es aceptada por los jueces en cuanto a su apariencia, color, aroma, olor y sabor.

4.10.2 Prueba de rendimiento de la infusión de muña

Para realizar el rendimiento de la infusión de muña, se procedió a envasar el producto en saquitos de papel filtro termosellable, con un peso neto de 1g/saquito; se prepara la infusión con 150 ml de agua potable hervida y se realiza la inmersión del saquito por un tiempo de 2 min en cada taza.

En la figura 4.23 se muestra el rendimiento para 4 tazas de infusión de muña.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23: Prueba de rendimiento de la infusión de muña

En la figura 4.23 se puede observar que el color de la infusión de muña en la taza 1 es más intenso, en la taza 2 todavía presenta un color fuerte, sin embargo, en la taza 3 y

taza 4 disminuye; de igual manera el olor característico, que se va haciendo menos intenso. Por tanto, se puede considerar que un saquito de infusión de muña rinde 2 tazas aproximadamente.

4.10.3 Caracterización fisicoquímicos de la infusión de muña

Para la caracterización de las propiedades fisicoquímicas de la infusión de muña, se tomaron en cuenta los parámetros que se detallan en la tabla 4.16, realizados en el Centro de Análisis y Desarrollo CEANID (Anexo H).

Tabla 4. 16

Parámetros fisicoquímicos de la infusión de muña

Parámetro	Unidad	Resultado
Humedad	%	7,86
Grasa	%	1,16
Ceniza	%	6,37
Fibra	%	10,04
Proteína total (Nx6,38)	%	12,18
Hidratos de carbono	%	62,39
Valor energético	Kcal/100g	308,72
Calcio	mg/100g	952,00
Fosforo	mg/100g	171,90
Hierro	mg/100g	16,00

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.16 se expresan los resultados de los parámetros fisicoquímico de la infusión muña, donde el contenido de humedad 7,86%; grasa 1,16%; ceniza 6,37%; fibra 10,04%; proteína total 12,18%; hidratos de carbono 62,39%; valor energético 308,72 kcal/100g; calcio total 952,00 mg/100g; fósforo 171,90 mg/100g y hierro total 16,00 mg/100g.

Los resultados muestran la diferencia entre la muña como materia prima (tabla 4.2) y la infusión de muña (tabla 4.16), ya que la muña al ser sometida a un proceso de secado favorece la concentración de sus propiedades en cuanto al contenido de calcio, hierro y fósforo.

4.11 Caracterización microbiológica de la infusión de muña

Para la caracterización microbiológica de la infusión de muña, se tomó en cuenta el análisis de mohos y levaduras, realizado en el Centro de Análisis y Desarrollo CEANID (Anexo H).

Tabla 4. 17

Parámetro microbiológico de la infusión de muña

Parámetro	Unidad	Resultado	NB32006	
			Mínimo	Máximo
Mohos y levaduras	UFC/g	$7,8 \times 10^2$	5×10^2	1×10^3

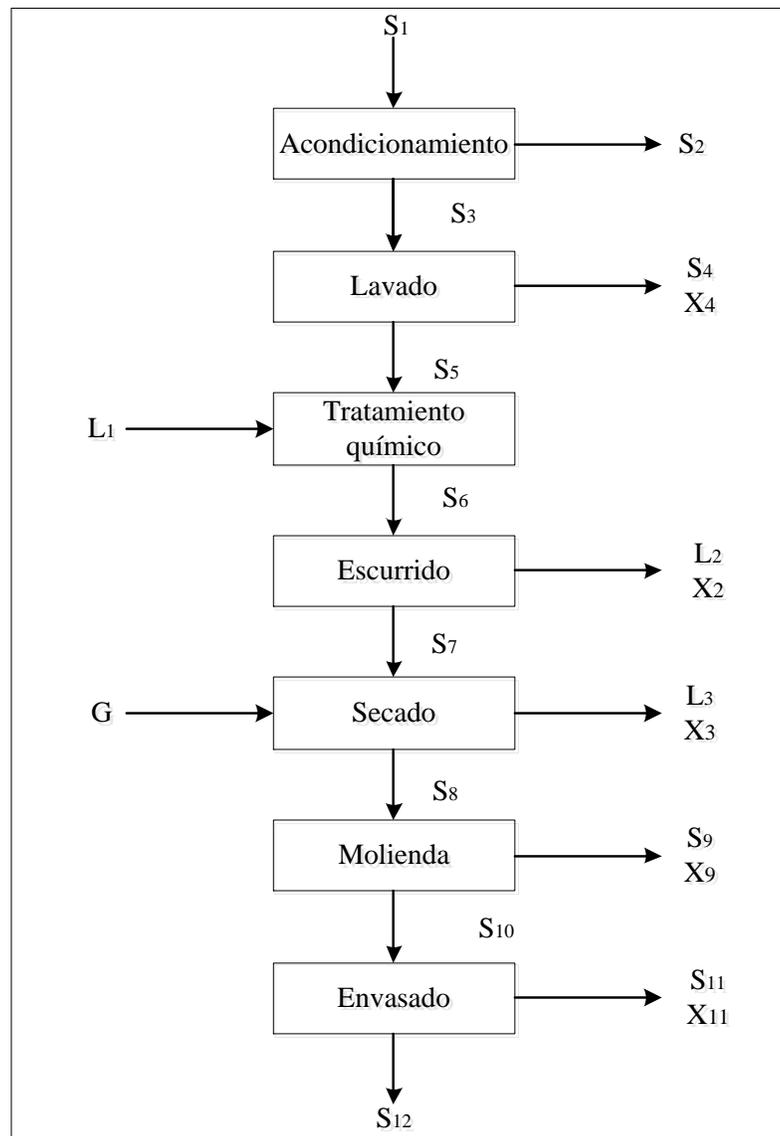
Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.17 se puede observar el resultado de mohos y levaduras ($7,8 \times 10^2$) UFC/g, y de acuerdo a la norma boliviana de requisitos microbiológicos para infusiones (NB32006) se encuentra dentro de los límites establecidos.

4.12 Balance de materia en el proceso de obtención de infusión de muña

El balance de materia en el proceso de obtención de infusión de muña, se realizó tomando en cuenta el proceso de elaboración presentado en la figura 3.9. Los cálculos se hacen en cada etapa del proceso considerando los datos obtenidos a nivel laboratorio en 1000 g de materia prima, cuyo contenido de humedad es 70,93 % (tabla 4.2), hasta una humedad final del producto terminado del 7,86% (tabla 4.16).

En la figura 4.24 se muestra el diagrama de bloques tomado en cuenta para el balance de materia para la obtención de infusión de muña.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.24: Balance de materia en el proceso de obtención de infusión de muña

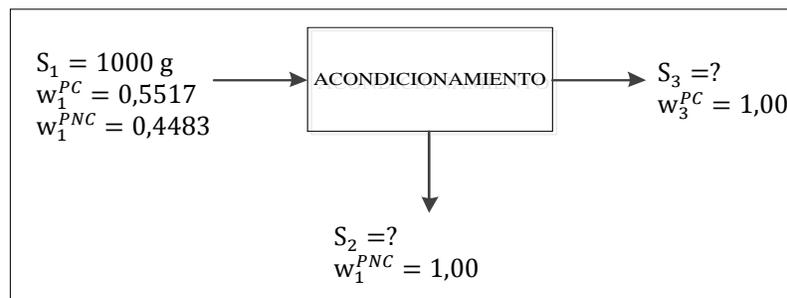
Donde:

- S_1 = Cantidad de muña (g)
- S_2 = Cantidad de pérdidas en el acondicionamiento (g)
- S_3 = Cantidad de muña acondicionada (g)
- S_4 = Cantidad de pérdidas en el lavado (g)
- S_5 = Cantidad de muña lavada (g)
- L_1 = Cantidad de solución de ácido cítrico (g)

- S_6 = Cantidad de muña con tratamiento químico (g)
 L_2 = Cantidad de pérdidas en el escurrido (g)
 S_7 = Cantidad de muña escurrida (g)
 G = Cantidad de aire (g)
 L_3 = Cantidad de agua evaporada (g)
 S_8 = Cantidad de muña seca (g)
 S_9 = Cantidad de pérdida en molienda (g)
 S_{10} = Cantidad de muña seca y molida (g)
 S_{11} = Cantidad de pérdida en envasado (g)
 S_{12} = Cantidad de producto final (g)
 X_4 = Cantidad de pérdidas en el lavado (%)
 X_2 = Cantidad de pérdidas en el acondicionamiento (%)
 X_3 = Cantidad de agua evaporada (%)
 X_9 = Cantidad de pérdida en molienda (%)
 X_{11} = Cantidad de pérdida en envasado (%)
 w = Concentración en fase solida
 x = Concentración en fase liquida
 y = Concentración en fase gaseosa

4.12.1 Balance de materia en la etapa de acondicionamiento

En la figura 4.25, se muestra el bloque que representa la etapa de acondicionamiento, en el cual se realizó con 1000 g de muña, la cual tiene 44,83% de porción no comestible, la diferencia corresponde a la porción comestible 55,17%, (tabla 4.1).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25: Acondicionamiento de la materia prima

Balance de materia general en la etapa de acondicionamiento:

$$S_1 = S_2 + S_3 \quad \text{Ec. 4.5}$$

Balance de materia parcial para la porción comestible en la etapa de acondicionamiento:

$$S_1 w_1^{PC} = S_2 w_2^{PC} + S_3 w_3^{PC} \quad \text{Ec. 46}$$

Despejando S_3 de la ecuación 4.6:

$$S_3 = \frac{S_1 w_1^{PC}}{w_3^{PC}}$$

$$S_3 = \frac{1000 \text{ g}(0,5517)}{1,00}$$

$$S_3 = 551,70 \text{ g de muña acondicionada}$$

Balance de materia parcial para la porción no comestible en la etapa de acondicionamiento:

$$S_1 w_1^{PNC} = S_2 w_2^{PNC} + S_3 w_3^{PNC} \quad \text{Ec. 4.7}$$

Despejando S_2 de la ecuación 4.7:

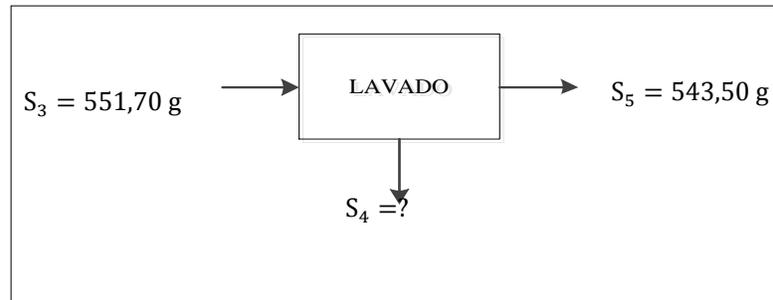
$$S_2 = \frac{S_1 w_1^{PNC}}{w_2^{PNC}}$$

$$S_2 = \frac{1000 \text{ g}(0,4483)}{1,00}$$

$$S_2 = 448,30 \text{ g de pérdidas en acondicionamiento}$$

4.12.2 Balance de materia en la etapa de lavado

En la figura 4.26, se muestra el bloque que representa la etapa de lavado, en el cual se realizó con 551,70 g de muña, y al finalizar el proceso se tiene 543,50 g de muña lavada.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.26: Lavado de las muestras de muña

Balance de materia general en la etapa de lavado:

$$S_3 = S_4 + S_5 \quad \text{Ec. 4.8}$$

Despejando S_4 de la ecuación 4.8:

$$S_4 = S_3 - S_5$$

$$S_4 = 551,70 \text{ g} - 543,50 \text{ g}$$

$$S_4 = 8,20 \text{ g de pérdida en lavado}$$

Tomando en cuenta los porcentajes de pérdida en la etapa de lavado:

$$S_4 = \frac{S_3 X_4}{100}$$

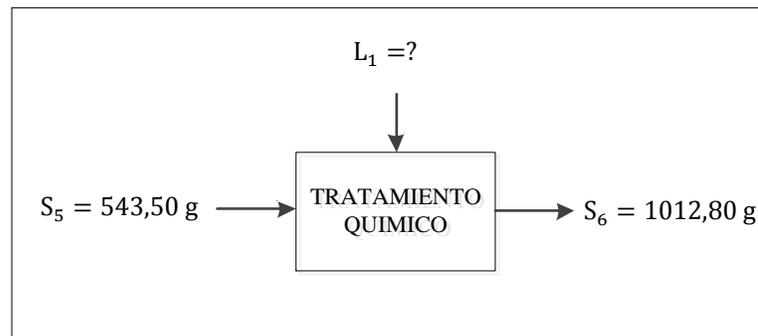
$$X_4 = \frac{S_4 * 100}{S_3}$$

$$X_4 = \frac{8,20 \text{ g} * 100}{551,70 \text{ g}}$$

$$X_4 = 1,49 \% \text{ de pérdida en la etapa de lavado}$$

4.12.3 Balance de materia en la etapa del tratamiento químico

En la figura 4.27, se muestra el bloque que representa la etapa del tratamiento químico, en el cual se realizó con 543,50 g de muña lavada, y al finalizar el proceso se tiene 1012,80 g de muña tratada con una solución de ácido cítrico al 1%.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27: Tratamiento químico de las muestras de muña

Balance general en la etapa del tratamiento químico:

$$S_5 + L_1 = S_6 \quad \text{Ec. 4.9}$$

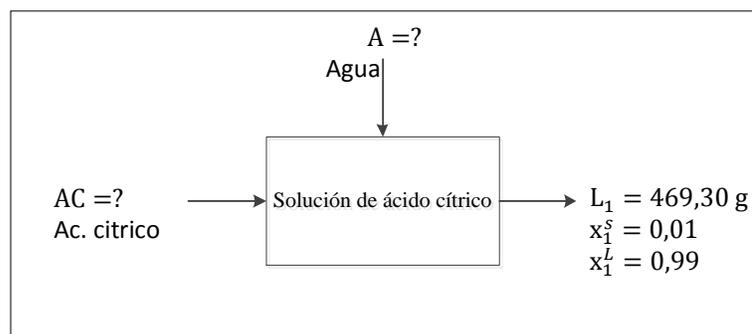
Despejando L_1 de la ecuación 4.9:

$$L_1 = S_6 - S_5$$

$$L_1 = 1012,80 \text{ g} - 543,50 \text{ g}$$

$$L_1 = 469,30 \text{ g de solución de ácido cítrico al 1\%}$$

En la figura 4.28 se muestra el balance de materia para preparar 469,30 g de solución de ácido cítrico al 1%:



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.28: Solución de ácido cítrico al 1%

Balance de materia general para la solución de ácido cítrico:

$$AC + A = L_1 \quad \text{Ec. 4.10}$$

Balance por componente sólido para la solución de ácido cítrico:

$$ACx_{AC}^S + Ax_A^S = L_1x_1^S \quad \text{Ec. 4.11}$$

Despejando AC de la ecuación 4.11:

$$AC = \frac{L_1 x_1^S}{x_{AC}^S}$$

$$AC = \frac{469,30 \text{ g} (0,01)}{1,00}$$

$$AC = 4,69 \text{ g de ácido cítrico}$$

A partir de la ecuación 4.10 calcular la cantidad de agua necesaria (A):

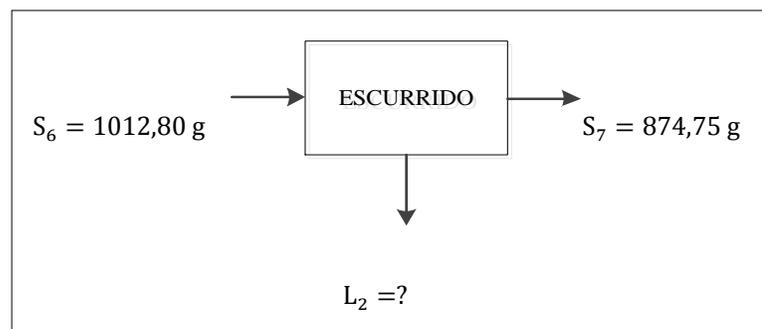
$$A = L_1 - AC$$

$$A = 469,30 \text{ g} - 4,69 \text{ g}$$

$$A = 464,61 \text{ g de agua}$$

4.12.4 Balance de materia en la etapa de escurrido

En la figura 4.29, se muestra el bloque que representa la etapa de escurrido, en el cual se realizó con 1012,80 g de muña con tratamiento químico, y al finalizar el proceso se tiene 874,75 g de muña escurrida.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.29: Escurrido de las muestras de muña

Balance de materia general en la etapa de escurrido:

$$S_6 = L_2 + S_7 \quad \text{Ec. 4.12}$$

Despejando L_2 de la ecuación 4.12:

$$L_2 = S_6 - S_7$$

$$L_2 = 1012,80 \text{ g} - 874,75 \text{ g}$$

$$L_2 = 138,05 \text{ g de pérdida en el escurrido}$$

Tomando en cuenta los porcentajes de pérdida en la etapa de escurrido:

$$L_2 = \frac{S_6 X_2}{100}$$

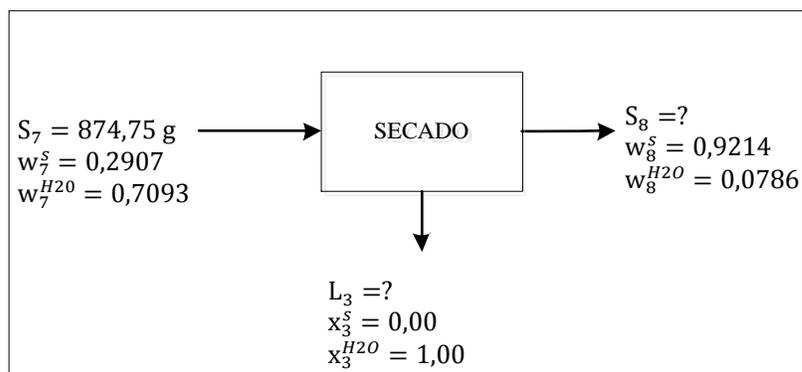
$$X_2 = \frac{L_2 * 100}{S_6}$$

$$X_2 = \frac{138,05 \text{ g} * 100}{1012,80 \text{ g}}$$

$$X_2 = 13,63 \% \text{ de pérdida en la etapa de escurrido}$$

4.12.5 Balance de materia en la etapa de secado

En la figura 4.30, se muestra el bloque que representa la etapa de secado, en el cual se realizó con 874,75 g de muña escurrida, con un contenido de humedad inicial de 70,93% y al final el proceso la muña tiene 7,86 % de humedad; análisis que fueron realizados en el laboratorio CEANID (Anexo H).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.30: Secado de las muestras de muña

Balance de materia general en la etapa de secado:

$$S_7 = L_3 + S_8 \quad \text{Ec. 4.13}$$

Balance por componente sólido en la etapa de secado:

$$S_7 w_7^S = L_3 x_3^S + S_8 w_8^S \quad \text{Ec. 4.14}$$

Despejando S₈ de la ecuación 4.14:

$$S_8 = \frac{S_7 w_7^s}{w_8^s}$$

$$S_8 = \frac{874,75 \text{ g } (0,2907)}{0,9214}$$

$$S_8 = 275,98 \text{ g de muña seca}$$

Balance parcial del agua en la etapa de secado:

$$S_7 w_7^{H_2O} = L_3 x_3^{H_2O} + S_8 w_8^{H_2O} \quad \text{Ec. 4.15}$$

Despejando L_3 de la ecuación 4.15:

$$L_3 = \frac{S_7 w_7^{H_2O} - S_8 w_8^{H_2O}}{x_3^L}$$

$$L_3 = \frac{874,75(0,7093) - 275,98(0,0786)}{1,00}$$

$$L_3 = 598,77 \text{ g de agua evaporada}$$

Tomando en cuenta los porcentajes de pérdida en la etapa de secado:

$$L_3 = \frac{S_7 X_3}{100}$$

$$X_3 = \frac{L_3 * 100}{S_7}$$

$$X_3 = \frac{598,77 \text{ g} * 100}{874,75 \text{ g}}$$

$$X_3 = 68,45 \% \text{ de agua evaporada en el secado}$$

Para calcular la cantidad de aire seco necesario en la etapa de secado, se utiliza la expresión matemática, citada por Valiente, 1994:

$$G = \frac{\text{masa de agua}}{Y_2 - Y_1} \quad \text{Ec. 4.16}$$

Dónde:

G = masa de aire seco (g)

Y_1 = Humedad absoluta del aire a la entrada (g de H_2O / g de aire seco)

Y_2 = Humedad absoluta del aire a la salida (g de H_2O / g de aire seco)

A partir de la temperatura registrada en el secador de bulbo húmedo y bulbo seco y por medio de una carta psicrométrica a 610 mm Hg (Zenteno, 2012), se obtienen los datos de humedad absoluta del aire de entrada y salida del secador.

Determinación de la humedad absoluta del aire a la entrada de la etapa de secado:

Datos:

$$T_{bH} = 14,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{bS} = 21,30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\therefore Y_1 = 0,012 \text{ g de H}_2\text{O/g de sólido seco}$$

Determinación de la humedad absoluta del aire a la salida de la etapa de secado:

Datos:

$$T_{bH} = 23,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{bS} = 37 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\therefore Y_2 = 0,016 \text{ g de H}_2\text{O/g de sólido seco}$$

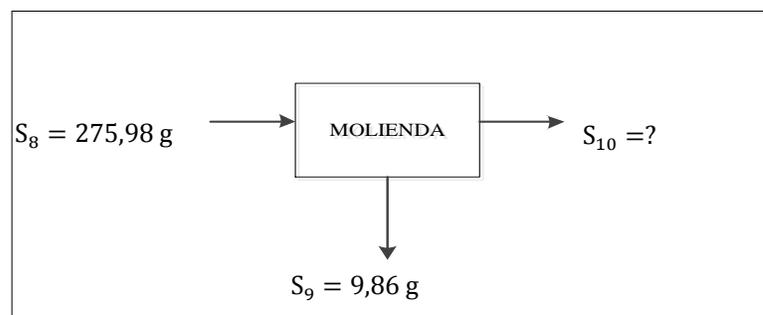
Reemplazando datos en la ecuación 4.16:

$$G = \frac{598,77 \text{ g}}{0,016 - 0,012} = 99795,00 \text{ g de aire}$$

$$G = \frac{99795,00 \text{ g}}{7\text{h}} = 14256,43 \text{ g aire/h}$$

4.12.6 Balance de materia en la etapa de molienda

En la figura 4.31, se muestra el bloque que representa la etapa de molienda, en el cual se realizó con 275,98 g de muña seca, con 9,86 g de pérdidas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.31: Molienda de las muestras de muña seca

Balance de materia general en la etapa de molienda:

$$S_8 = S_9 + S_{10} \quad \text{Ec. 4.17}$$

Despejando S_{10} de la ecuación 4.17:

$$S_{10} = S_8 - S_9$$

$$S_{10} = 275,98 - 9,86$$

$$S_{10} = 266,12 \text{ g de muña seca y molida}$$

Tomando en cuenta los porcentajes de pérdida en la etapa de molienda:

$$S_9 = \frac{S_8 X_9}{100}$$

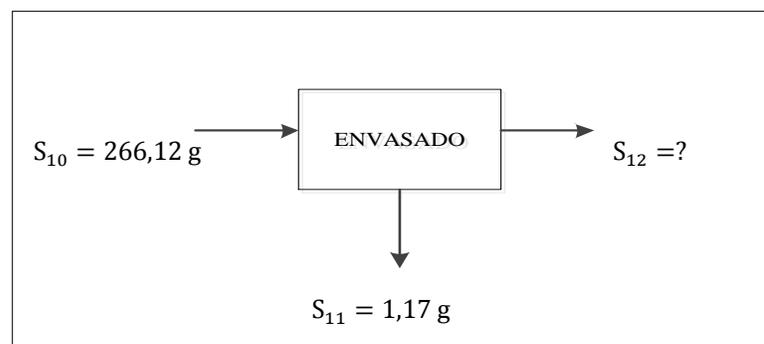
$$X_9 = \frac{S_9 * 100}{S_8}$$

$$X_9 = \frac{9,86 \text{ g} * 100}{275,98 \text{ g}}$$

$$X_9 = 3,57 \% \text{ de pérdida en la etapa de molienda}$$

4.12.7 Balance de materia en la etapa de envasado

En la figura 4.32, se muestra el bloque que representa la etapa de envasado, el cual se realizó con 266,12 g de muña seca, obteniendo una pérdida 1,17 g de muña. se envasa 1 g de producto en cada saquito de papel filtrable.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32: Envasado de las muestras de muña seca

Balance de materia general en la etapa de envasado:

$$S_{10} = S_{11} + S_{12} \quad \text{Ec. 4.18}$$

Despejando S_{12} de la ecuación 4.18:

$$S_{12} = S_{10} - S_{11}$$

$$S_{12} = 266,12 - 1,17$$

$$S_{12} = 264,95 \text{ g de producto final}$$

Tomando en cuenta los porcentajes de pérdida en la etapa de molienda:

$$S_{11} = \frac{S_{10} X_{11}}{100}$$

$$X_{11} = \frac{S_{11} * 100}{S_{10}}$$

$$X_{11} = \frac{1,17 \text{ g} * 100}{266,12 \text{ g}}$$

$$X_{11} = 0,44 \% \text{ de pérdida en la etapa de envasado}$$

Cálculo de unidades y paquetes de infusión de muña:

$$\text{N de unidades obtenidas} = \frac{\text{producto final}}{\text{peso neto}} \quad \text{Ec. 4.19}$$

$$\text{N de unidades obtenidas} = \frac{264,95 \text{ g}}{1,00 \text{ g}} = 264,95$$

$$\approx 264 \text{ unidades de infusión de muña}$$

$$\text{N de paquetes obtenidos} = \frac{\text{unidades de infusión de muña}}{\text{unidades por paquete}} \quad \text{Ec. 4.20}$$

$$\text{N de paquetes obtenidos} = \frac{264}{20}$$

$$\text{N de paquetes obtenidos} = 13,20$$

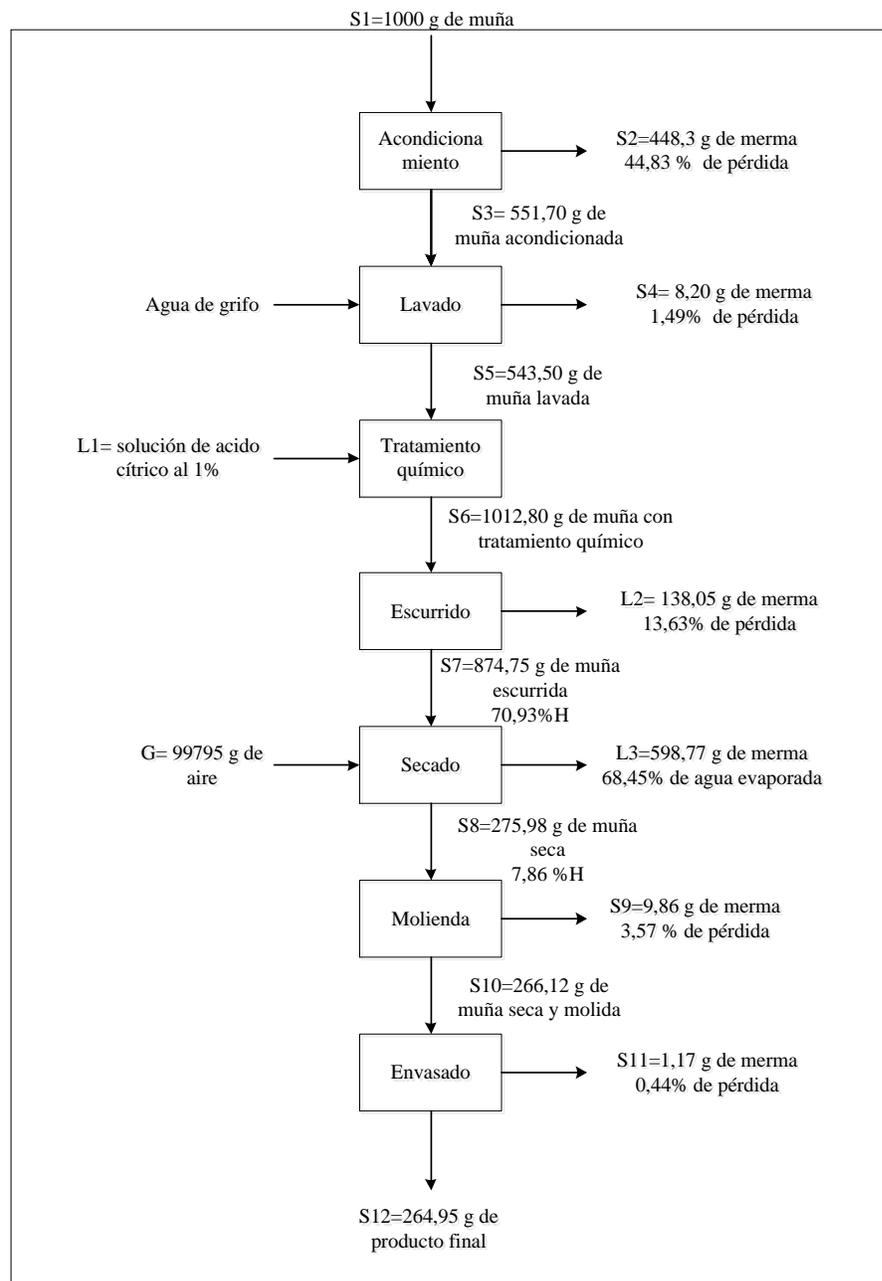
$$\approx 13 \text{ paquetes de infusión de muña}$$

Dónde:

N= número

4.13 Resumen general del balance de materia en el proceso de obtención de infusión de muña

En la figura 4.33 se muestra el resumen general del balance de materia en el proceso de obtención de infusión a partir de 1000 g de muña.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.33: Resumen general del balance de materia en el proceso de obtención de infusión de muña

4.14 Rendimiento en el proceso de obtención de infusión de muña

El rendimiento del proceso de elaboración de infusión de muña se determina a partir del producto obtenido en función de la materia prima acondicionada.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{infusion de muña obtenida (g)}}{\text{materia prima (g)}} * 100 \quad \text{Ec. 4.21}$$

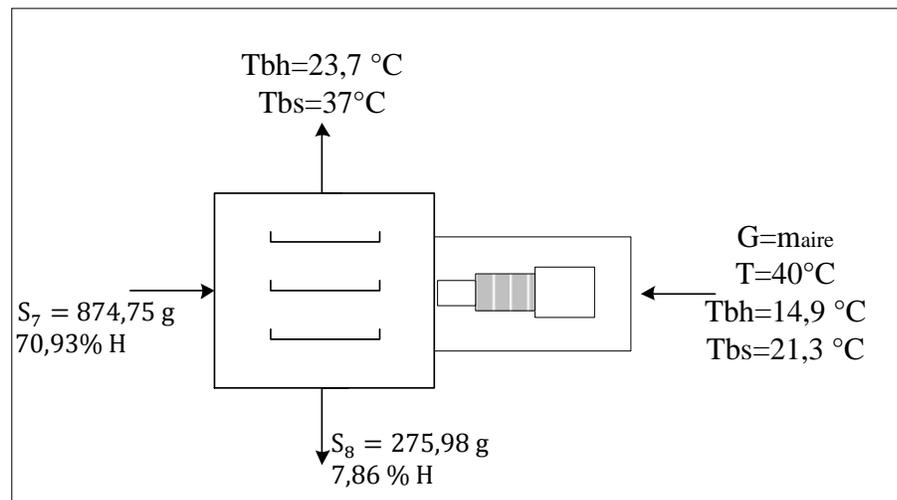
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{264,94 \text{ g}}{1000 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 26,49\%$$

4.15 Balance de energía en la etapa de secado para obtener infusión de muña

El balance de energía para la obtención de infusión de muña se realizó tomando en cuenta la etapa de secado de las muestras de muña, para un tipo de corte (hoja), temperatura de secado (40°C) y tiempo de secado (7 h).

En la figura 4.34, se muestra el balance de energía en la etapa de secado de la muña; los cálculos se realizan en base a datos de temperatura del aire de bulbo húmedo y bulbo seco obtenidos a nivel laboratorio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.34: Balance de energía en la etapa de secado

Para el balance de vapores condensables, el calor necesario en la operación de secado se define por la siguiente ecuación (Valiente, 1994):

$$Q = m_{\text{aire}} (c_{p\text{aire}} + c_{p\text{vapor}} * Y_o) * \Delta T_{\text{aire}} \quad \text{Ec. 4.22}$$

Datos:

$$m_{\text{aire}} = 99,795 \text{ kg de aire}$$

Cálculo de la humedad absoluta del aire a partir de la carta psicométrica a una presión de 610 mm Hg (Tarija).

Datos:

$$T_{bH} = 14,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{bS} = 21,30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\therefore Y_o = 0,012 \text{ kg de H}_2\text{O /kg de sólido seco}$$

Según tablas de transmisión de calor se tiene el valor del calor específico del aire y vapor de agua a presión atmosférica y temperatura de 20°C, (Coronel et al, 2016).

$$c_{p\text{aire}} = 1,007 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$c_{p\text{vapor}} = 1,865 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.22:

$$Q = 99,795 \text{ kg}(1,007 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} + 1,865 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} * 0,012) * (40 - 21,3)^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 1920,99 \text{ kJ}$$

Calor necesario para precalentar el aire en la etapa de secado=1920,99 kJ

5.1 Conclusiones

En el presente trabajo experimental de obtención de infusión de muña, según los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a las propiedades físicas determinadas en los gajos de muña, procedente de la comunidad Tomatas Grande perteneciente a la provincia Méndez del departamento de Tarija; se pudo establecer el peso promedio de 3,04 g. Porción comestible 55,17% y porción no comestible 44,83% para el tipo de corte hoja. Porción comestible 69,85% y porción no comestible 30,15% para el tipo de corte hoja+tallo.
- Según el análisis fisicoquímico realizado a la materia prima (muña), el contenido de humedad es 70,93%; grasa 0,43%; ceniza 3,93%; fibra 13,15%; proteína total 3,50%; hidratos de carbono 20,61%; calcio total 361,00 mg/100g; fósforo 32,57 mg/100g; hierro total 12,90 mg/100g y un valor energético de 100,61 kcal/100g.
- Realizado el análisis sensorial a las muestras de muña, el tratamiento químico aplicado antes de la etapa de secado es una solución de ácido cítrico al 1%, por tiempo de inmersión de 1 min.
- Aplicado el diseño factorial 2^3 en la etapa de secado se pudo constatar estadísticamente las variables: Temperatura (T), tiempo (Θ), tipo de corte (C) y las interacciones: (T- Θ) temperatura-tiempo, (T-C) temperatura-tipo de corte, (Θ -C) tiempo- tipo de corte, (T- Θ -C) temperatura-tiempo-tipo de corte; no influyen en la variable respuesta analizada.
- Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del producto terminado son: humedad 7,86%; grasa 1,16%; ceniza 6,37%; fibra 10,04%; proteína total 12,18%; hidratos de carbono 62,39%; calcio total 952,00 mg/100g; fósforo 171,90 mg/100g; hierro total 16,00 mg/100g y valor energético 308,72 kcal/100g.

- Según el análisis microbiológico realizado en el producto terminado de mohos y levaduras es $(7,8 \times 10^2)$ UFC/g, y de acuerdo a la norma boliviana de requisitos microbiológicos para infusiones (NB32006) se encuentra dentro de los límites establecidos.
- El rendimiento de proceso de obtención de infusión de muña es 26,49%, determinado en función al producto terminado y la materia prima acondicionada.
- De acuerdo al balance de energía se determinó que la cantidad de calor necesario para secar hojas de muña de 70,93% de humedad hasta 7,86% de humedad, es de 459,13 kcal.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un estudio experimental con otro tipo de plantas medicinales y aromáticas para la elaboración de infusiones como ser: albahaca, llantén, hierba buena, cedrón. Siendo un producto natural y novedoso que contribuye a la salud de las personas.
- Cuantificar la existencia de muña (*Minthostachys mollis*) en todo el país, principalmente en el departamento de Tarija, debido a que no existe estudios estadísticos y son poco valoradas como materia prima.
- Realizar un estudio de pre-factibilidad para infusión de muña, con la finalidad de definir el mercado, costos de producción, y la correspondiente evaluación económica.
- Se recomienda la implementación de una planta industrial para la elaboración de infusión de muña, con la finalidad de contribuir al desarrollo agroindustrial de la región.