

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE  
ESENCIAL CRUDO DE JENGIBRE (*Zingiber officinale*) POR EL  
MÉTODO ARRASTRE DE VAPOR.**

**Por:**

**YENNY VICTORIA HUANCA LIMACHI**

**Proyecto de Grado: Investigación Aplicada presentado a consideración de la  
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito  
para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

**Abril del 2019**

**TARIJA-BOLIVIA**

**V°B°**

---

M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez  
**DECANO**  
Facultad de Ciencias y Tecnología

---

M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa  
**VICEDECANA**  
Facultad de Ciencias y Tecnología

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

---

Ing. Juan Pablo Herbas Barrancos

---

Ing. Hugo Franco Sánchez

---

Ing. Alicia Contreras Ramos

#### Advertencia

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

### *Dedicatoria*

*El presente trabajo va dedicado a Dios quien supo guiarme cada paso y estuvo alentándome a seguir adelante, dándome fuerza para poder culminar con esta etapa para mi formación profesional. A mi familia por su constante apoyo, consejos y amor. A mis docentes por la sabiduría que me transmitieron a lo largo de mi formación profesional.*



### *Agradecimiento*

*Agradezco a Dios por brindarme salud, sabiduría para lograr cumplir mis objetivos a lo largo de mi vida. A mis padres por darme la oportunidad de estudiar y enseñarme a levantarme con fuerza, voluntad y ahínco después de una caída dándome una gran lección de vida.*

## RESUMEN

Los aceites esenciales son sustancias contenidas en los vegetales, generalmente líquidos a temperatura ambiente, con carácter aromático intenso, los cuales son sensibles a la oxidación son fácilmente alterables, se encuentran en los órganos de las plantas, flores, corteza, semillas, raíces, hojas, tallo, etc.

El Aceite Esencial de Jengibre proviene de la raíz de jengibre un rizoma subterráneo, de aspecto peculiar. En este trabajo la extracción del aceite esencial de jengibre se realizó por el método de arrastre de vapor el cual permite la separación de sustancias volátiles e insolubles en agua. Consiste en generar vapor en la cámara de extracción el cual pasa a través de la materia prima (jengibre) solubilizando los compuestos volátiles y arrastrándolos hasta el condensador, obteniendo un condensado en dos fases aceite-agua y por diferencia de densidad separarlos. Este es uno de los procesos más utilizados en la Industria por su bajo costo, buen rendimiento, no genera residuo que contaminen el medio ambiente.

Se planteó un diseño factorial de  $2^3$ , es decir 3 variables (tipo de secado, tiempo de extracción, granulometría) a dos niveles cada uno (Natural-forzado, 60 min. -120min., tamaño 0,25-2; 4-5).

Para el proceso de extracción, se realizó secado del rizoma de jengibre a temperatura ambiente, con el cual se determinó la humedad de 73,395%, y también se determinó este parámetro por otros dos métodos el gravimétrico en estufa y el método infrarrojo, se denomina secado forzado, posteriormente se trituro y se tamizo, separando la materia prima en varios tamaños, los cuales se los organizo de 0,25mm a 2mm y de 4mm a 5mm, los cuales se cargaron a la cámara de extracción por separado, se aplicó calor para la generación de vapor ( $T_e=93^\circ\text{C}$  Punto de ebullición del agua en Tarija), se obtiene como condensado aceite-agua el cual por diferencia de densidades se separa el aceite esencial obtenido, se envasa en un frasco de color ámbar a rosca y se almacena, se realizó varias repeticiones con las diferentes variables propuestas, con el fin de determinar el juego de variables que obtenga un mejor rendimiento, por tanto dichas variables fueron las siguientes; secado a temperatura ambiente con una extracción de

120 minutos desde el momento de generación de vapor, con un tamaño de 0,25 mm a 2 mm.

El aceite esencial obtenido es líquido y presenta un olor característico al jengibre, de color amarillo con un sabor picante característico al jengibre, el mismo fue sometido a un análisis fisicoquímico, los cuales dan como resultado Índice de Refracción de 1,4701, la densidad de 0,855 gr/ml, en tanto el Análisis Cromatográfico reveló la composición química que identifica a 12 componentes: 2-Thujene 18,020%, Zingiberene 15,812%, Camphene 13,982%, Citral 11,745%, Citral b 8,182%, Beta-Sesquiphellandrene 6,387%, Eucalyptol 6,013%, Farnesene 5,558%, Pipene 5,165%, Myrcene 3,284%, Beta-Bisabolene 2,974% y Curumene 2,879%. Según los datos obtenidos el aceite esencial de jengibre extraído en el laboratorio de operaciones unitarias contiene componentes que no fueron identificados en los datos publicados en la revista de Amazónica de Investigación Alimentaria como ser el 2 Thujene, Camphene, Eucalyptol, Farnesene, Pipene, Beta-Bisabolene, así también se puede apreciar que el porcentaje obtenido del componente mayoritario es menor, la diferencia entre estos radica en la forma de cultivo, riego, tierra, ya que es un aspecto fundamental para que el producto sea de buena calidad.

El aceite esencial de jengibre es usado en diferentes ámbitos en la industria, como ser el Alimenticio-Farmacéutico, Medicinal, como base para la fabricación de aceites puros o mezclados refinados generando un producto como la oleína y estearina, así también en la formulación de pastas dentales, enjuagues bucales, este aceite es usado en preparaciones medicinales en la medicina natural, el cual es usado como ungüento para dolores musculares, como también es indicado para mejorar el sistema digestivo, mareos, falta de apetito entre otros.

## ÍNDICE

### INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	¡Error! Marcador no definido.
JUSTIFICACIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
OBJETIVOS .....	¡Error! Marcador no definido.
OBJETIVO GENERAL .....	¡Error! Marcador no definido.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	¡Error! Marcador no definido.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEORICO

1.1 ACEITES ESENCIALES .....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.1 PROPIEDADES DE LOS ACEITES ESENCIALES .....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES ....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.2.1 POR SU CONSISTENCIA .....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.2.2 POR SU ORIGEN.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.2.3 POR LA NATURALEZA QUÍMICA .....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.3 MERCADO DE ACEITES ESENCIALES .....	¡Error! Marcador no definido.
1.2 ORIGEN DEL JENGIBRE.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3 DESCRIPCIÓN DEL JENGIBRE (MATERIA PRIMA)	¡Error! Marcador no definido.
1.3.1 RIZOMA .....	¡Error! Marcador no definido.

1.3.2 COMPOSICIÓN DEL RIZOMA DE JENGIBRE .....;Error! Marcador no definido.

1.3.2.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL RIZOMA DE JENGIBRE .... ;Error! Marcador no definido.

1.3.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL RIZOMA DE JENGIBRE..... ;Error! Marcador no definido.

1.4 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES ..... ;Error! Marcador no definido.

1.4.1 MÉTODOS DIRECTOS .....;Error! Marcador no definido.

1.4.1.1 PRENSADO.....;Error! Marcador no definido.

1.4.1.2 EXHUDACIÓN .....;Error! Marcador no definido.

1.4.2 DESTILACIÓN .....;Error! Marcador no definido.

1.4.2.1 DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA..... ;Error! Marcador no definido.

1.4.2.2 DESTILACIÓN CON AGUA O HIDRODESTILACIÓN . ;Error! Marcador no definido.

1.4.2.3 DESTILACIÓN AGUA - VAPOR O VAPOR HÚMEDO . ;Error! Marcador no definido.

1.4.2.4 DESTILACIÓN PREVIA MACERACIÓN ...;Error! Marcador no definido.

1.4.2.5 DESTILACIÓN AL VACÍO .....;Error! Marcador no definido.

1.4.2.6 DESTILACIÓN MOLECULAR .....;Error! Marcador no definido.

1.4.3 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN CON SOLVENTES .....;Error! Marcador no definido.

1.4.3.1 MACERACIÓN EN GRASA .....;Error! Marcador no definido.

1.4.3.2 EXTRACCIÓN CON SOLVENTES VOLÁTILES.....;Error! Marcador no definido.

1.4.3.3 EXTRACCIÓN POR FLUIDOS SUPERCRÍTICOS (EFS);Error! Marcador no definido.

1.4.3.4 ENFLORACIÓN O ENFLEURAGE .....;Error! Marcador no definido.

1.5 ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DEL RIZOMA DE JENGIBRE .....;Error! Marcador no definido.

1.5.1 VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EXTRACCIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR.....;Error! Marcador no definido.

1.6 DEFINICIÓN DE ACEITE DE JENGIBRE .....;Error! Marcador no definido.

1.7 CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE DE JENGIBRE;Error! Marcador no definido.

1.8 APLICACIONES DE ACEITE DE JENGIBRE ..;Error! Marcador no definido.

1.8.1 ÁMBITO ALIMENTICIO-FARMACÉUTICO;Error! Marcador no definido.

1.8.2 ÁMBITO MEDICINAL .....;Error! Marcador no definido.

1.8.3 ÁMBITO INDUSTRIAL.....;Error! Marcador no definido.

1.9 SELECCIÓN DEL MÉTODO PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL RIZOMA DE JENGIBRE.....;Error! Marcador no definido.

1.10 CONTROL DE CALIDAD DEL ACEITE DE JENGIBRE;Error! Marcador no definido.

1.11 ESCALAMIENTO.....;Error! Marcador no definido.

1.11.1 SIMILARIDAD TÉRMICA .....;Error! Marcador no definido.

1.11.2 SIMILARIDAD MECÁNICA.....;Error! Marcador no definido.

1.11.3 SIMILARIDAD QUÍMICA.....;Error! Marcador no definido.

1.11.4 SIMILARIDAD GEOMÉTRICA .....;Error! Marcador no definido.

## CAPÍTULO II

### PARTE EXPERIMENTAL

- 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....;Error! Marcador no definido.
- 2.2 EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIAL UTILIZADOS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE;Error! Marcador no definido.
- 2.2.1 MATERIAL UTILIZADO.....;Error! Marcador no definido.
- 2.2.2 MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE .....;Error! Marcador no definido.
- 2.2.1.1 CÁMARA DE EXTRACCIÓN .....;Error! Marcador no definido.
- 2.2.1.2 FUENTE GENERADORA DE ENERGÍA ....;Error! Marcador no definido.
- 2.2.1.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN .....;Error! Marcador no definido.
- 2.3 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE MATERIA PRIMA ..... ;Error! Marcador no definido.
- 2.3.1 DETERMINACIÓN POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO EN ESTUFA A 105° C .....;Error! Marcador no definido.
- 2.3.2 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN EL SECADOR INFRARROJO SATORIUS MA 100.....;Error! Marcador no definido.
- 2.4 DISEÑO FACTORIAL.....;Error! Marcador no definido.
- 2.4.1 VARIABLES Y NIVELES DEL DISEÑO FACTORIAL ;Error! Marcador no definido.
- 2.5 EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL RIZOMA DE JENGIBRE .....;Error! Marcador no definido.

- 2.5.1 ADQUISICIÓN DE LA MATERIA PRIMA ....;Error! Marcador no definido.
- 2.5.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA ..;Error! Marcador no definido.
- 2.5.3 SECADO DEL RIZOMA DE JENGIBRE .....;Error! Marcador no definido.
- 2.5.4 MOLIENDA DEL RIZOMA DE JENGIBRE...;Error! Marcador no definido.
- 2.5.5 TAMIZADO DEL RIZOMA DE JENGIBRE...;Error! Marcador no definido.
- 2.5.6 OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE ...;Error! Marcador no definido.
- 2.5.6.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN  
.....;Error! Marcador no definido.
- 2.5.6.1.1 TEMPERATURA .....;Error! Marcador no definido.
- 2.5.6.1.2 PRESION .....;Error! Marcador no definido.
- 2.5.6.1.3 POTENCIA DE LA HORNILLA .....;Error! Marcador no definido.
- 2.5.6.1.4 VOLUMEN DE AGUA CARGADA EN LA CÁMARA ;Error! Marcador no definido.
- 2.5.6.1.5 CONDENSACIÓN .....;Error! Marcador no definido.
- 2.5.6.2 PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE  
.....;Error! Marcador no definido.
- 2.5.7 DECANTACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE ..... ;Error! Marcador no definido.
- 2.5.8 ENVASADO, ETIQUETADO Y ALMACENAJE DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE .....;Error! Marcador no definido.
- 2.6 ANÁLISIS DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE;Error! Marcador no definido.
- 2.6.1 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO .....;Error! Marcador no definido.



2.6.2 ANÁLISIS FÍSICOS.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.2.1 DENSIDAD .....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.2.2 ÍNDICE DE REFRACCIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.2.3 CROMATOGRAFÍA DE GASES .....	¡Error! Marcador no definido.
2.7 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA .....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.1 BALANCE DE MATERIA .....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.2 BALANCE DE ENERGÍA .....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.2.1 BALANCE DE ENERGÍA EN LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.2.2 BALANCE DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.2.3 GAS CONSUMIDO.....	¡Error! Marcador no definido.

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS DE LA MATERIA PRIMA: RIZOMA DE JENGIBRE ..	¡Error! Marcador no definido.
3.1.1 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE LA MATERIA PRIMA .....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.2 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA	¡Error! Marcador no definido.
3.1.2.1 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO EN ESTUFA A 105° C .....	¡Error! Marcador no definido.

- 3.1.2.2 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN EL SECADOR INFRARROJO SATORIUS MA 100.....;Error! Marcador no definido.
- 3.2 SECADO DE LA MATERIA PRIMA .....;Error! Marcador no definido.
- 3.2.1 SECADO NATURAL.....;Error! Marcador no definido.
- 3.2.2 SECADO FORZADO.....;Error! Marcador no definido.
- 3.3 GRANULOMETRÍA DEL RIZOMA DE JENGIBRE;Error! Marcador no definido.
- 3.4 CARACTERÍSTICAS Y PRINCIPALES COMPONENTES DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE .....;Error! Marcador no definido.
- 3.4.1 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS ..;Error! Marcador no definido.
- 3.4.2 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS .....;Error! Marcador no definido.
- 3.4.2.1 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA DENSIDAD ;Error! Marcador no definido.
- 3.4.2.2 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN .....;Error! Marcador no definido.
- 3.4.2.3 RESULTADOS DE CROMATOGRAFÍA DE GASES. ;Error! Marcador no definido.
- 3.5 RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE;Error! Marcador no definido.
- 3.5.1 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE .....;Error! Marcador no definido.
- 3.5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL..... ;Error! Marcador no definido.
- 3.5.3 TIPO DE SECADO VS RENDIMIENTO.....;Error! Marcador no definido.
- 3.5.4 TIEMPO DE EXTRACCIÓN VS. VOLUMEN;Error! Marcador no definido.

- 3.5.5 GRANULOMETRÍA VS. RENDIMIENTO .....;Error! Marcador no definido.
- 3.6 RESIDUO .....;Error! Marcador no definido.
- 3.7 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE .....;Error! Marcador no definido.
- 3.7.1 BALANCE DE MATERIA .....;Error! Marcador no definido.
- 3.7.1.1 BALANCE EN EL TAMIZ.....;Error! Marcador no definido.
- 3.7.1.2 BALANCE EN LA MOLIENDA.....;Error! Marcador no definido.
- 3.7.1.3 BALANCE EN EL SECADO.....;Error! Marcador no definido.
- 3.7.1.4 BALANCE EN EL CORTADO .....;Error! Marcador no definido.
- 3.7.1.5 BALANCE EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN ;Error! Marcador no definido.
- 3.7.1.6 BALANCE EN LA DECANTACIÓN O SEPARACIÓN ..;Error! Marcador no definido.
- 3.7.1.7 BALANCE EN LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN .....;Error! Marcador no definido.
- 3.7.2 BALANCE DE ENERGÍA .....;Error! Marcador no definido.
- 3.6.2.1 BALANCE EN LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN .....;Error! Marcador no definido.
- 3.7.2.2 BALANCE EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN ;Error! Marcador no definido.
- 3.6.2.3 CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA LA EXTRACCIÓN ..... ;Error! Marcador no definido.
- 3.8ALTERNATIVAS DE APLICACIÓN INDUSTRIAL PARA EL PRODUCTO .....;Error! Marcador no definido.
- 3.8.1 CERVEZA DE JENGIBRE (ANEXO 8) .....;Error! Marcador no definido.

- 3.8.2 ENJUAGUE BUCAL PROFILÁCTICO.....;Error! Marcador no definido.
- 3.8.3 CREMA TERAPÉUTICA .....;Error! Marcador no definido.
- 3.8.4 SÉRUM O ACEITE CONCENTRADO REVITALIZANTE NATURA ;Error!  
**Marcador no definido.**
- 3.9 PROPUESTA DE DISEÑO DE LA MICRO-PLANTA INDUSTRIAL.... ;Error!  
**Marcador no definido.**
- 3.9.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA MICRO-PLANTA  
INDUSTRIAL.....;Error! Marcador no definido.
- 3.9.2 DISTRIBUCIÓN DE LA MICRO-PLANTA INDUSTRIAL ;Error! Marcador  
**no definido.**
- 3.9.3 EQUIPOS A UTILIZAR EN LA MICRO-PLANTA.....;Error! Marcador no  
**definido.**
- 3.9.3.1 BALANZAS .....;Error! Marcador no definido.
- 3.9.3.2 MESA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN.....;Error! Marcador no  
**definido.**
- 3.9.3.3 CORTADORA DE CUCHILLAS .....;Error! Marcador no definido.
- 3.9.3.4 SECADOR DE BANDEJAS .....;Error! Marcador no definido.
- 3.9.3.5 MOLINO DE MARTILLOS.....;Error! Marcador no definido.
- 3.9.3.6 EQUIPO PARA DESTILACIÓN DE ACEITES ESENCIALES ..... ;Error!  
**Marcador no definido.**
- 3.9.3.7 BOMBA .....;Error! Marcador no definido.
- 3.10 DISEÑO DE LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN;Error! Marcador no  
**definido.**
- 3.10.1 ESCALAMIENTO DE LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN;Error! Marcador  
**no definido.**

3.10.2 CALCULOS PARA LAS DIMENSIONES DE LA FUENTE PARA LA  
CÁMARA DE EXTRACCIÓN .....; **Error! Marcador no definido.**

3.11 COSTOS DE PROYECTO DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA ..... ; **Error!**  
**Marcador no definido.**

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES .....; **Error! Marcador no definido.**

4.2 RECOMENDACIONES .....; **Error! Marcador no definido.**

BIBLIOGRAFÍA .....; **Error! Marcador no definido.**

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1: Principales países exportadores de Aceites Esenciales en el Mundo.; **Error!**  
**Marcador no definido.**

- Tabla I-2: Principales países importadores de Aceites Esenciales en el Mundo.  
.....; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla I-3: Principales países Exportadores de aceites esenciales en Latinoamérica.  
.....; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla I-4: Principales países Importadores de aceites esenciales en Latinoamérica.  
.....; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla I-5: Composición Nutricional del rizoma de jengibre. ....; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla I-6: Composición química del rizoma de jengibre.....; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla I-7: Tipo de Métodos.....; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla I-8: Principales componentes del aceite esencial de jengibre ; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla I-9: Estudio Cromatográfico del Aceite Esencial de Jengibre, Italia. .... ; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla I-10: Evaluación sensorial del aceite de jengibre.....; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla I-11: Características Físico-Químicas del Aceite Esencial de Jengibre... ; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla I-12: Características sensorial/fisicoquímicas del Aceite Esencial de Jengibre, Italia.....; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla I-13: Matriz de decisión del Método de Extracción.....; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla I-14: Valoración de la escala para la matriz de decisión...; **Error! Marcador no definido.**

Tabla I-15: Clasificación de los parámetros analíticos en control de calidad de aceite esenciales.....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla II-1: Material de laboratorio para la extracción de aceite esencial ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla II-2: Equipos e Instrumentos utilizados .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla II-3: Factores que influyen en el sistema .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla II-4: Matriz de diseño primera repetición .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla II-5: Matriz de diseño segunda repetición.....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla II-6: Plan de experimentación primera repetición.....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla II-7: Plan de experimentación segunda repetición.....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla II-8: Datos de la extracción de aceite esencial con mayor rendimiento... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla II-9: Corrientes del proceso de extracción .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla II-10: Corrientes a calcular .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-1: Análisis Organoléptico del jengibre .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-2: Informe de Análisis Físicoquímicos del Rizoma de Jengibre. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-3: Variación del porcentaje de humedad evaporada respecto al tiempo del rizoma de jengibre.....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-4: Resultados de humedad .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-5: Variación de masa vs tiempo para secado natural...**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-6: Variación de Masa vs. Tiempo para secado forzado .... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-7: Resultados de granulometría de jengibre molido .... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-8: Características Organolépticas del aceite esencial de jengibre ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-9: Datos de densidad..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-10: Resultado de la medición del índice de refracción **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-11: Resultados del Análisis Cromatográfico **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-12: Datos obtenidos de todos los experimentos..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-13: Datos para el Análisis Estadístico ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-14: Factores Inter-sujetos..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-15: Análisis de Varianza (ANOVA)..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-16: Coeficientes<sup>a</sup> ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-17: Resultados Variable Respuesta..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-18: Datos de Rendimiento vs. Tipo de Secado ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-19: Datos de Rendimiento vs. Granulometría..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-20: Resultados de Balance de Materia..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-21: Costo de Materia Prima ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-22: Costos de materiales y equipos..... **¡Error! Marcador no definido.**



Tabla III-23: Costo de Análisis Fisicoquímico del aceite esencial ... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-24: Costo de insumos..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-25: Consumo eléctrico de los equipos utilizados..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-26: Costo Energético de los equipos..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-27: Costos Indirectos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla III-28: Costo total del Proyecto..... **¡Error! Marcador no definido.**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I-1: Monoterpenos. .... **¡Error! Marcador no definido.**

- Figura I-2: Sesquiterpenos. ....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura I-3: Fenilpropanos.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura I-4: Planta de jengibre.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura I-5: Rizoma de jengibre. ....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura I-6: Equipo de Destilación por arrastre de vapor. ....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura I-7: Hidrodestilación a fuego directo/con calentamiento con serpentín y vapor. ....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura I-8: Hidrodestilación.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura I-9: Destilación en agua-vapor húmedo.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura I-10: Principios de la EFS.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura I-11: Método de enfleurage .....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura I-12: Diagrama de Bloques para la extracción del aceite de jengibre. ...; **Error! Marcador no definido.**
- Figura I-13: Aceite Esencial de jengibre.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura I-14: Similaridad Geométrica .....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-1: Ubicación de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-2: Rizoma de jengibre.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-3: Cámara de extracción y accesorios.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-4: Dimensiones de la Cámara de extracción; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-5: Dimensiones de las fuentes.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-6: Cocina pequeña conectada al tubo de gas natural ...; **Error! Marcador no definido.**

- Figura II-7: Refrigerante Graham .....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-8: Analizador Infrarrojo SARTORIUS MA 100 .....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-9: Diagrama de Bloques para extracción de aceite esencial de jengibre.  
.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-10: Adquisición de la materia prima.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-11: Lavado del rizoma de jengibre .....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-12: Oreado del rizoma de jengibre.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-13: Cortado o troceado del rizoma de jengibre.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-14: Secado natural de la materia prima.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-15: Secado el rizoma de jengibre en estufa .; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-16: Licuadora marca Mondial.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-17: Tamiz Vibratorio .....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-18: Balanza triple Astil .....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-19: Equipo de Destilación.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-20: Separación de fases.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-21: Envasado de aceite esencial de jengibre; **Error! Marcador no definido.**
- Figura II-22: Diagrama de Flujo del proceso de extracción de aceite esencial de jengibre.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura III-1: Residuo.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura III-2: Valores de las corrientes del Diagrama de flujo del proceso de extracción .....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura III-3: Ginger Ale, Fever Tree.....; **Error! Marcador no definido.**

Figura III-4: Sérum o Aceite Concentrado Revitalizante .....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura III-5: Diagrama de flujo de la Micro-planta Industrial del proceso de extracci3n de aceite esencial de jengibre .....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura III-6: Distribuci3n de las instalaciones de la Micro-planta Industrial ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura III-7: Dimensiones de Cámara de Extracci3n y fuentes diseñadas..... **¡Error! Marcador no definido.**

### ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica III-1: Curva de “Humedad evaporada Vs. Tiempo” .....**¡Error! Marcador no definido.**

Gráfica III-2: Curva de secado natural.....**¡Error! Marcador no definido.**

Gráfica III-3: Curva de secado forzado.....**¡Error! Marcador no definido.**

Gráfica III-4: Granulometría de rizoma de jengibre molido .....**¡Error! Marcador no definido.**

Gráfica III-5: Porcentaje relativo vs. Compuesto del Análisis Cromatográfico **¡Error! Marcador no definido.**

Gráfica III-6: Rendimiento Experimental vs. Rendimiento Modelo **¡Error! Marcador no definido.**

Gráfica III-7: Tipo de Secado vs Rendimiento. ....**¡Error! Marcador no definido.**

Gráfica III-8: Tiempo vs Rendimiento.....**¡Error! Marcador no definido.**

Gráfica III-9: Granulometría vs. Rendimiento.....**¡Error! Marcador no definido.**

### ABREVIATURAS

A&E	Aceites Esenciales
A <sub>CP</sub>	Área de la cámara de extracción prototipo
atm	Atmosfera unidad de presión
Bar	Bar unidad de presión
Bs.	Bolivianos
CEANID	Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo
C <sub>F</sub>	Masa final de la cápsula con muestra seca en gramos.
CG	Cromatografía de gases
cm	Centímetro
C <sub>p</sub>	Coefficiente de calor específico a presión constante
C <sub>m</sub>	Masa de la cápsula con muestra húmeda en gramos.
C <sub>o</sub>	Masa de la cápsula vacía en gramos.

C <sub>1</sub>	Masa de rizoma de jengibre
C <sub>2</sub>	Masa de perdida en el cortado
C <sub>3</sub>	Masa de jengibre cortado
C <sub>4</sub>	Masa de agua en el jengibre
C <sub>5</sub>	Masa de jengibre seco
C <sub>6</sub>	Masa de perdida en la molienda
C <sub>7</sub>	Masa de jengibre seco molido
C <sub>8</sub>	Masa de jengibre rechazado
C <sub>9</sub>	Masa de jengibre seco que entra a la cámara de extracción
C <sub>10</sub>	Masa de agua cargada en la cámara de extracción
C <sub>11</sub>	Masa de agua no evaporada
C <sub>12</sub>	Masa de perdida de vapor de agua
C <sub>13</sub>	Masa de residuo hidratado
C <sub>14</sub>	Masa de mezcla de vapores
C <sub>15</sub>	Masa de agua de refrigeración que sale
C <sub>16</sub>	Masa de agua de refrigeración que entra
C <sub>17</sub>	Masa de mezcla de condensados
C <sub>18</sub>	Masa de agua Condesada
C <sub>19</sub>	Masa de Aceite esencial obtenido
D <sub>CEP</sub>	Diámetro de la cámara de extracción prototipo
D <sub>CEM</sub>	Diámetro de la cámara de extracción modelo
D	Diámetro
EE. UU.	Estados Unidos

EM	Espectroscopia de masas
Exp.	Experimento
Etc.	Etcétera
FPP	Farnesipirofosfato
F	Factor
F <sub>M</sub>	Factor M-Granulometría
F <sub>R</sub>	Factor R-Volumen
F <sub>S</sub>	Factor S-Tipo de secado
F <sub>T</sub>	Factor T-Tiempo
F <sub>mv</sub>	Flujo másico de vapor
Kg	Kilogramo
Kcal	Kilocalorías
gl	Grados de libertad de la distribución
GPP	Genarilpirofosfato
gr	Gramos
h <sub>CP</sub>	Altura de la cámara de extracción prototipo
H	Humedad
H <sub>1</sub>	Variante de humedad 1
H <sub>2</sub>	Variante de humedad 2
Hp	Caballos de potencia
hrs.	Horas
Hz	Hertz
k	Numero de variables o factores

LOU	Laboratorio de Operaciones Unitarias
m	Masa
mol	Mol
ml	Mililitros
min	Minutos
mm	Milímetro
m <sup>3</sup>	metro cubico
mg	miligramos
M <sub>O</sub>	Masa de agua que queda en los residuos
M <sub>T</sub>	Masa Total de agua en la cámara extracción
M <sub>V</sub>	Masa de vapor generado en la cámara de Extracción
N°	Numero
NAHA	Asociación Nacional de Aromaterapia Holística
NB	Norma Boliviana
Q	Calor
Q <sub>T</sub>	Calor total
Q <sub>S</sub>	Calor sensible
Q <sub>L</sub>	Calor Latente
Q <sub>r</sub>	Calor recibido
P <sub>ot</sub>	Potencia
p. ej.	por ejemplo
P	Presión
rpm	Revoluciones por minuto



R	Rendimiento
REDALYC	Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal.
REP.	Repetición
Sig	Significancia
seg	Segundo
SENASAG Alimentaria	Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
t	Tiempo
$t_e$	Tiempo de extracción
$t_c$	Tiempo de calentamiento
Típ	Típico
T	Temperatura
$T_e$	Temperatura de ebullición
$T_i$	Temperatura inicial
$T_s$	Temperatura salida
$T_v$	Temperatura de vapor
TRADE MAP de las empresas	Estadísticas de comercio para el desarrollo internacional
Vol	Volumen
V	Voltios
vs.	Versus

US\$	Dólares Americanos
UNE	Una Norma Española
W	Watts
x	Punto en el primer cuerpo referido en dimensión x
X	Punto en el segundo cuerpo referido en dimensión X
$X_P$	Variable en prototipo (P).
$X_M$	Variable en modelo (M)
y	Punto en el segundo cuerpo referido dimensión y
Y	Punto en el segundo punto referido en la dimensión Y
z	Punto en el tercer punto referido en la dimensión z
Z	Punto en el tercer referido en la dimensión 3
$\lambda_L$	Constante de relación de escalamiento lineal
$\lambda_X$ ,	Relaciones de escalamiento constantes en X
$\lambda_Y$ ,	Relaciones de escalamiento constantes en Y
$\lambda_Z$ ,	Relaciones de escalamiento constantes en Z
%	Porcentaje
°	Grado
$\rho$	Densidad
$\Delta T$	Variación de temperatura
$\varnothing_{\text{vap}}$	Calor de vaporización de agua
$\bar{h}$	Humedad media





## INTRODUCCIÓN

### ANTECEDENTES

Los aceites esenciales son compuestos formados por varias sustancias orgánicas volátiles, que pueden ser alcoholes, acetonas, cetonas, éteres, aldehídos, y que se producen y almacenan en los canales secretores de las plantas. Normalmente son líquidos a temperatura ambiente, y por su volatilidad, son extraíbles por destilación en corriente de vapor de agua, aunque existen otros métodos como ser destilación al vacío, Extracción con disolventes orgánicos, hidrodestilación Disolución en grasa, Extracción con gases en condiciones supercríticas, prensado.

Los aceites esenciales están ampliamente distribuidos en coníferas (pino, abeto), mirtáceas (eucaliptus), rutáceas (*Citrus*), compuestas (manzanilla), si bien las plantas con aceites esenciales se ubican principalmente en las familias de las Labiadas (menta, lavanda, tomillo, espliego, romero) y las umbelíferas (anís, hinojo). Pueden estar en diferentes órganos: raíz, rizoma (jengibre), leño (alcanfor), hoja (eucaliptus), fruto (anís), sumidades floridas (F. Labiatae).

En Bolivia el laboratorio cosmetológico Aceites Esenciales (A&E) y Uni-K produce más de 25 tipos de aceites esenciales naturales para el cuidado de la piel, como ser de eucalipto, molle, naranja, cusí, castaña, canela, romero, lavanda, caléndula y árbol de té, y otros (cada uno con sus propiedades cosméticas y hasta terapéuticas).

El aceite esencial de jengibre ha logrado una importante presencia en la economía mundial. Su fraccionamiento permite la generación de una gran variedad de productos como la oleína y estearina, que son materias primas necesarias para la fabricación de aceites puros o mezclados refinados en la Agroindustria.

También se usa este aceite en el ámbito de la medicina natural, evitando enfermedades musculares y reumáticas, ayuda a prevenir enfermedades de arterias coronarias, artritis, úlceras estomacales, reduce el crecimiento de tumores, migraña, entre otros. Además de todos los usos naturales que podemos dar al jengibre, es utilizado en la formulación de numerosos enjuagues bucales, pastas dentales, medicamentos de uso dentario, hasta

bebidas carbonatadas, el ginger beer (Cerveza de jengibre), ginger ale (bebida gaseosa), ginger tea (Té de jengibre) que están hechos a base de jengibre, fabricación de mantecas, jabones y en procesos oleo químicos, motivo por el cual el comercio mundial de aceite de jengibre ha ganado una importante participación en el consumo mundial de aceites y grasas vegetales a lo largo de las tres últimas décadas.

El mercado Internacional de aceite esencial de jengibre es muy cotizado debido a los múltiples usos que se le puede dar, desde producto alimenticio, cosmético y medicinal. El principal demandante de este producto es Estados Unidos con el 10,65% de participación mundial, seguido de Alemania 6,35%, China 5,99%, Reino Unido 5,16%, Francia 4,6%, Hong Kong 4,16% y Países Bajos 3,04%

Desde el 2013 las exportaciones han aumentado significativamente a nivel mundial, según datos del TRADE MAP las exportaciones mundiales de aceites esenciales para el 2017 fueron de 127.995.845 \$US. El principal exportador es Francia 13,88% del mercado mundial, seguido por EEUU 10,12%, Alemania 8,28%, Irlanda 6,61%, Singapur 5,08%.

Aunque el demandante del producto se fija más en la calidad del jengibre utilizado como ser tamaño, textura, daños y otros (CODEX STAN 218-1999), es un factor donde el jengibre asiático no resalta, debido a que el jengibre utilizado en Latinoamérica es de mejor calidad por las condiciones climatológicas óptimas en esta parte del mundo.

## **JUSTIFICACIÓN**

### **JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA**

Actualmente en el país existen Laboratorios que producen aceites esenciales, el departamento de Tarija no cuenta con la industria que realice la extracción del aceite esencial de jengibre (ANEXO 6), pero se dispone de la tecnología necesaria para la extracción que no requiere grandes inversiones, por lo cual la presente investigación servirá de base para desarrollar otros proyectos, como elaboración de perfumes, jabones y otros, con los datos obtenidos se podrá conocer en mayor medida el comportamiento de distintas variables, ayudara a generar nuevas ideas, recomendaciones, innovaciones, implementando tecnología avanzada para futuros estudios.

### **JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

Debido a la gran demanda de aceite esencial de jengibre (**TABLA I-2**), se pretende transformar la materia prima, misma que puede ser aplicada en la industria alimenticia, cosmética y como base de otros productos, por lo cual se ofrece a los agricultores una nueva alternativa para su desarrollo económico incentivando y aumentando la producción de jengibre, generando fuentes de trabajo, ya que se tendrá un mercado fijo para su producción, generando nuevas empresas en el territorio boliviano, disminuyendo la importación de productos que podrían ser producidos en el territorio boliviano, mejorando la calidad de vida de los agricultores y trabajadores en la industria.

### **JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

La presente investigación se constituye en una alternativa para una industrialización a futuro del jengibre, la cual beneficiará al sector agrícola, ya que fortalecerá la agricultura e incentivará a maximizar su producción, abasteciendo a la población en general, ya que posee propiedades beneficiosas para la salud, es usado en aromaterapia, elaboración de cerveza, y otros, con expectativas de exportación futuras ya que tiene un gran mercado internacional.

### **JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL**

En este proyecto se aplicó tecnología amigable con el medio ambiente que no genere residuos que la contaminen, se genera emisiones de vapor de agua por el efecto de la destilación de agua, la cual puede alterar los movimientos de masas de aire, humedad, temperatura, pero estos efectos son momentáneos y pueden revertirse físicamente al ambiente.

### **JUSTIFICACIÓN PERSONAL**

Con este trabajo pretendo poner en práctica mis conocimientos adquiridos, obtener el aceite esencial de jengibre, conocer sus características fisicoquímicas, dar a conocer con los datos obtenidos el porcentaje de rendimiento de la materia prima con respecto al aceite esencial, con el fin de que otros proyectos puedan usar el mismo como base o referencia, y así culminar con la formación profesional.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Extraer y caracterizar aceite esencial crudo de jengibre (*Zingiber officinale*) por el método de Extracción por arrastre de vapor.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar la materia prima para la obtención de aceite de jengibre.
- Determinar las variables de operación adecuadas para la obtención del aceite esencial de jengibre aplicando diseño experimental.
- Obtener a nivel laboratorio el aceite esencial de jengibre a partir del rizoma de *Zingiber officinale*.
- Proponer el diseño de una micro planta para la extracción de aceite esencial a partir del rizoma de *Zingiber officinale*.
- Determinar las características físico-químicas del aceite esencial obtenido a partir del rizoma de *Zingiber officinale*.
- Identificar alternativas de aplicación y/o uso del aceite esencial de jengibre a partir del rizoma de *Zingiber officinale*.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEORICO**

#### **1.1 ACEITES ESENCIALES**

Los aceites esenciales han estado en el mundo por siglos y siglos, pero hoy en día se han vuelto más relevantes que nunca. Muchos se han dado cuenta que pueden ser usados para reestablecer el bienestar físico y emocional del cuerpo.

Estos aceites esenciales son mezclas complejas de sustancias contenidos en los vegetales, se caracterizan por presentar un olor aromático intenso, por lo general son líquidos volátiles. Muchas son las especies que los contienen y este puede estar presente en todos los órganos de la planta, sus flores, corteza, semillas, raíces, hojas, tallo, etc.

Aun dentro de la misma especie las composiciones tanto cualitativa como cuantitativa varían de acuerdo al órgano considerado, así como de las condiciones ambientales en que la especie fue desarrollada y la época del año en que fue cultivada. Debido a sus múltiples propiedades son utilizados en una gran variedad de productos comerciales (Burt, 2004).

La mayoría de las plantas contienen de 0,01 a 10% de contenido de aceite esencial. La cantidad media que se encuentra en la mayoría de las plantas aromáticas es alrededor de 1 a 2%. Regularmente el contenido de aceites esenciales aumenta después de la lluvia y alrededor del mediodía, cuando se ha eliminado el agua de rocío depositada sobre la planta, y ha comenzado una deshidratación antes de la humedad relativa alta de la noche; la excepción a este comportamiento se presenta en la manzanilla que alcanza una mayor concentración de aceite esencial durante la noche.

Sus usos van desde malestares menores como una cortada hasta enfermedades mayores como el cáncer. Es importante consultar un terapeuta cuando se quiera hacer uso de las propiedades de la aromaterapia. Al igual que cualquier medicina, los aceites tienen su propósito particular y sus efectos dañinos cuando no se administran de manera responsable. El aromaterapeuta debe verificar contraindicaciones como epilepsia o alta presión sanguínea y discutir los usos de cada aroma.

Para las personas que compran aceites y experimentan por sí mismos, la terapeuta Marci Cervone, recomienda comprar aceites de calidad de compañías que prueban sus productos en CG/EM (Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas). Este test químico da el resultado de los ingredientes en una tanda de aceite. Algunas compañías menos éticas producen “aceites” que pueden ser sólo 20% aceite y 80% relleno.

La Asociación Nacional de Aromaterapia Holística (NAHA) tiene una base de datos para informarse sobre cada aceite. Tomando en cuenta lo mencionado antes, puedes literalmente hacer que los aceites sean tu compañía desde que despiertas hasta que vuelves a dormir y con ello mejorar tu calidad de vida significativamente. Combinarlos con un poco de medicina *ayurvédica* podría ser la mejor forma de consentir al cuerpo y clarificar la mente.

### **1.1.1 PROPIEDADES DE LOS ACEITES ESENCIALES**

Los aceites esenciales son generalmente líquidos a temperatura ambiente. Una de las diferencias con respecto a los aceites (lípidos) radica en su volatilidad o capacidad de evaporación al contacto con el aire a temperatura ambiente. Para que los compuestos aromáticos puedan volatilizarse su peso molecular debe ser menor a 250 gr/grmol. (Pauli, 2001)

Estos son sensibles a la oxidación, no se enrancian como los aceites fijos, son fácilmente alterables y presentan una tendencia a polimerizarse formando así productos resinosos incrementándose esta tendencia en aquellos que contiene alcoholes terpénicos insaturados, es decir, aquellos que se auto-oxidan, variando su viscosidad, color y olor, solubles en aceites, alcohol, éter de petróleo, tetracloruro de carbono y demás solventes orgánicos; insolubles en agua aunque le transmiten su perfume; son inflamables, responsables del aroma de las plantas, colores y sabores, a veces dulces o amargos, con densidad generalmente inferior a la del agua. Están compuestos en su mayor parte por hidrocarburos de la serie polimetilénica del grupo de los terpenos que se encuentran con otros compuestos, casi siempre oxigenados.

La calidad y la intensidad de los aceites esenciales varían debido a: Variedad de la planta, condiciones de cultivo, época de recolección, parte cosechada de la planta, manejo del material vegetal, métodos de extracción, otros. La cantidad de principios activos (productividad) de las plantas medicinales y aromáticas están determinadas por los siguientes factores:

- ✓ **Genético.** Se le considera el factor principal (metabolismo secundario).
- ✓ **Ontogenético.** Varía de acuerdo con la edad y el estado de desarrollo de la planta.
- ✓ **Ambiental.** Los genes responsables de la producción de principios activos pueden ser activados o desactivados de acuerdo con las condiciones climáticas, nutricionales, y de ataque de plagas a que haya sido sometido el material vegetal.

Cuando el almacenamiento de los aceites esenciales es el ideal, la mayoría se pueden preservar de 2 a 5 años. Los aceites de las frutas cítricas son muy susceptibles a la oxidación.

## 1.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales se clasifican con base en diferentes criterios: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

### 1.1.2.1 POR SU CONSISTENCIA

Las Esencias fluidas son líquidos volátiles a temperatura ambiente.

- ✓ **Los Bálsamos.** Son de consistencia más espesa, son poco volátiles contienen principalmente sesquiterpenoides y propensos a sufrir reacciones de polimerización. (bálsamos de Copaiba, bálsamo de Perú, bálsamo de Tolú).
- ✓ **Las Oleorresinas.** Tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (caucho, chicle, oleorresina de paprika, de pimienta negra, de clavero, etc.). se subdividen en; concretos, y absolutos.
  - ✚ **Los Concretos:** Se obtienen de plantas aromáticas frescas por extracción con solventes apolares (hidrocarburos). Tienen forma de semi-sólidos coloreados, libres del solvente original.

Estos componentes no son muy solubles en las bases para perfumes siendo así necesaria su conversión en absolutos.

- ✚ **Los Absolutos:** Son productos de conversión de concretos por la extracción con etanol absoluto. Una vez completa la disolución, los absolutos se refrigeran a temperaturas de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$

A estas temperaturas las ceras se precipitan y se pueden remover por filtración. El rendimiento de absolutos a partir de concretos varía de 1 a 65 %.

### 1.1.2.2 POR SU ORIGEN

Los aceites esenciales se clasifican como naturales, artificiales y sintéticos.

#### ✓ **Naturales**

Se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosas.

#### ✓ **Artificiales**

Se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín enriquecidas con linalool, o la esencia de anís enriquecida con anetol.

#### ✓ **Sintéticos**

Como su nombre lo indica son los producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.).

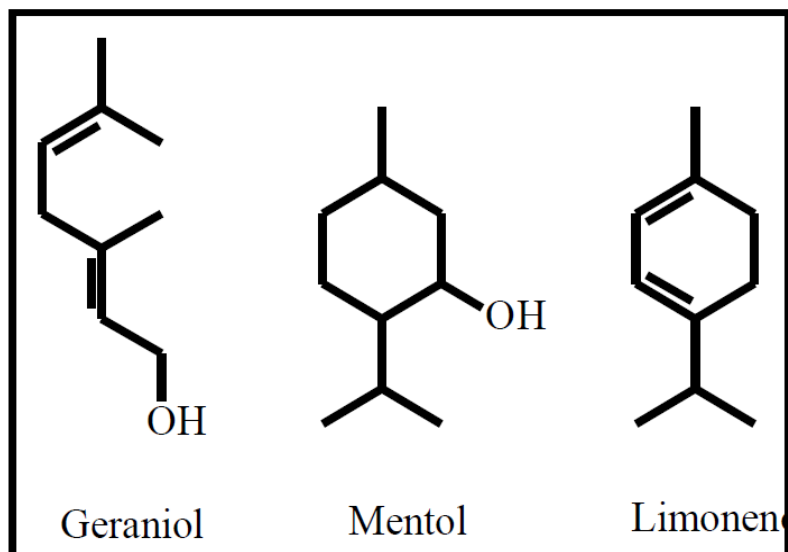
### 1.1.2.3 POR LA NATURALEZA QUÍMICA

Desde el punto de vista químico y a pesar de su composición compleja con diferentes tipos de sustancias, los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo al tipo de sustancias que son los componentes mayoritarios. Se denominan aceites esenciales:

- ✓ **Monoterpenoides** (linalool, nerol, 1-8 cineol, geraniol).
- ✓ **Sesquiterpenoides** (farnesol, nerolidol).
- ✓ **Fenilpropanoides** (alcoholes, aldehídos, cetonas).

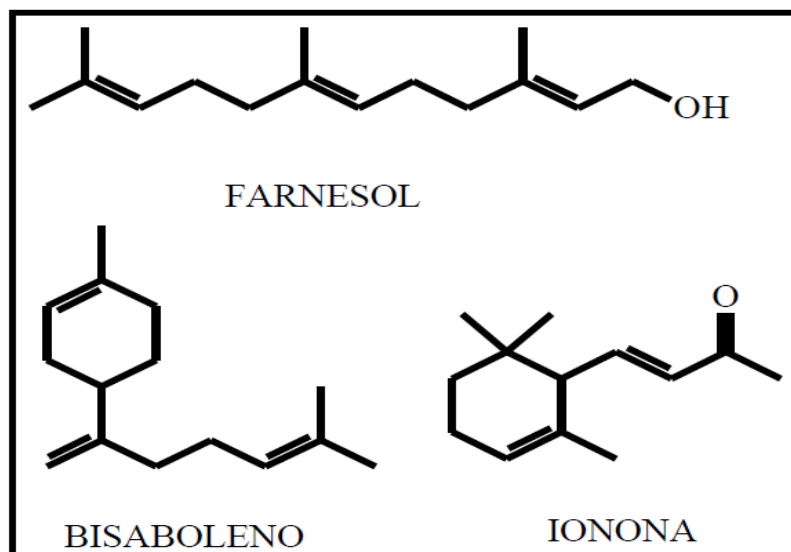
Los monoterpenos y sesquiterpenos son terpenos de 10 y 15 átomos de carbonos derivados biosintéticamente de geranilpirofosfato (GPP) y farnesilpirofosfato (FPP) respectivamente. A continuación, se muestra ejemplos:

**Figura I-1: Monoterpenos.**



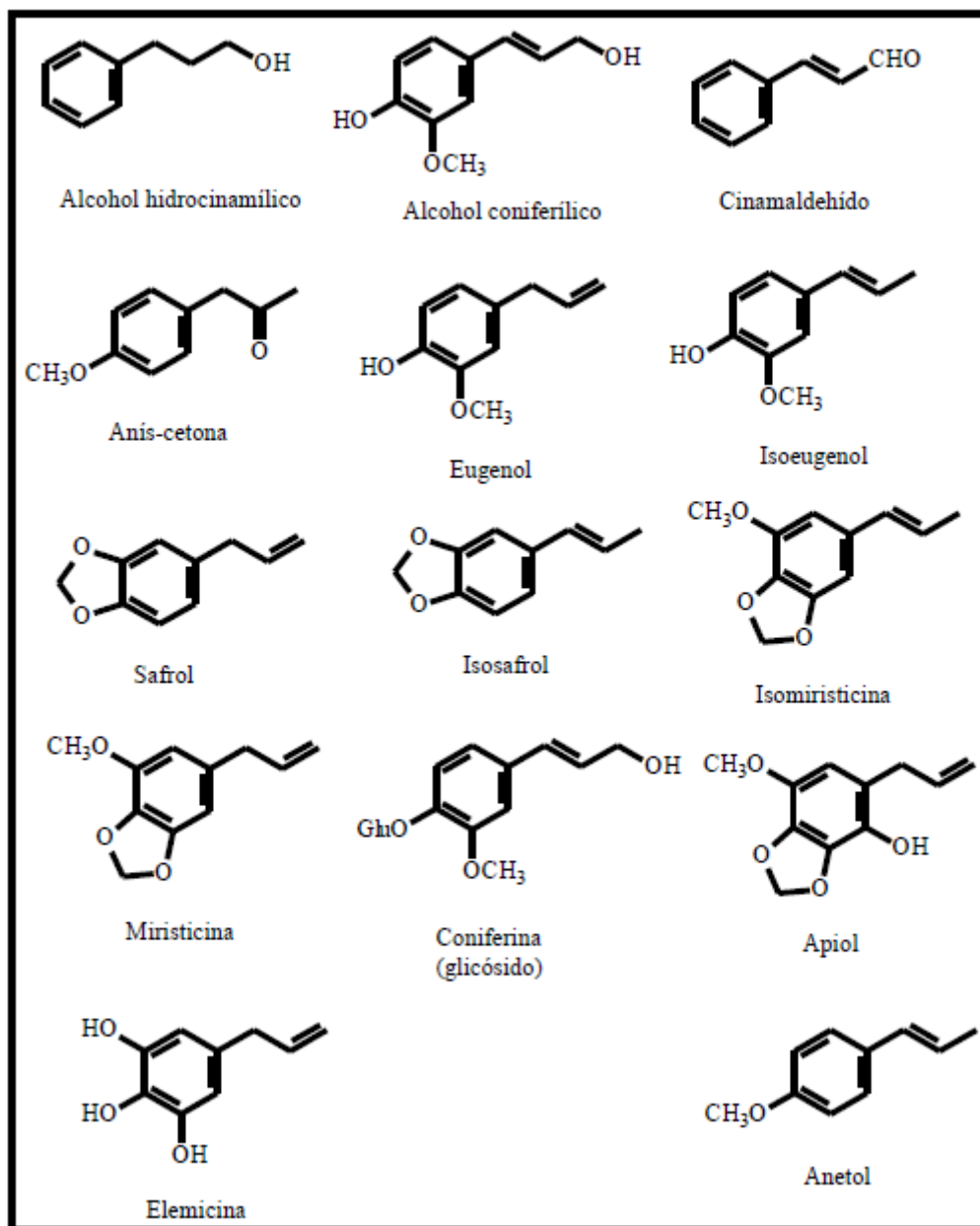
**Fuente:** Facultad Química Farmacéutica Medellín, 2003. (ANEXO 11)

**Figura I-2: Sesquiterpenos.**



**Fuente:** Facultad Química Farmacéutica Medellín, 2003. (ANEXO 11)

**Figura I-3: Fenilpropanos.**



**Fuente:** Facultad Química Farmacéutica Medellín, 2003. (ANEXO 11)

Los Fenilpropanos son sustancias naturales ampliamente distribuidas en los vegetales caracterizadas por un anillo aromático unido a una cadena de 3 carbonos y derivados biosintéticamente del ácido shikímico.



### 1.1.3 MERCADO DE ACEITES ESENCIALES

Los principales países exportadores e importadores a nivel mundial de aceites esenciales se los presenta en la siguiente tabla:

**Tabla I-1: Principales países exportadores de Aceites Esenciales en el Mundo.**

Exportadores	2013	2014	2015	2016	2017
	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$
Francia	16.675.952	17.446.714	15.148.432	15.558.785	17.761.220
EEUU	11.133.099	11.551.622	11.808.302	12.048.707	12.948.114
Alemania	11.132.478	11.118.643	9.708.132	10.058.472	10.603.645
Irlanda	8.214.654	9.138.349	8.802.210	8.628.709	8.459.601
Singapur	4.499.254	4.570.667	4.554.698	5.173.229	6.504.764
Reino Unido	6.129.798	6.389.094	5.504.745	5.501.126	5.841.263
Italia	4.382.151	4.619.725	4.382.316	4.941.976	5.513.092

**Fuente:** Elaboración propia basada en datos de TRADE MAP, 2017.

**Tabla I-2: Principales países importadores de Aceites Esenciales en el Mundo.**

Importadores	2013	2014	2015	2016	2017
	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$
EEUU	10.774.901	11.546.996	12.083.750	12.423.458	13.569.643
Alemania	7.104.746	7.266.717	7.047.991	7.233.821	8.092.190
China	2.384.842	3.372.164	4.509.560	5.506.877	7.633.644
Reino Unido	6.164.369	6.618.062	6.428.265	6.231.304	6.572.104
Francia	5.641.755	5.789.100	5.303.547	5.494.111	5.857.699
Hong Kong, China	3.447.344	3.711.598	4.013.205	4.606.782	5.300.091
Países Bajos	3.105.731	3.336.530	3.212.238	3.647.672	3.868.772

**Fuente:** Elaboración propia basada en datos de TRADE MAP, 2017.

Según los datos publicados en TRADE MAP Bolivia genero 5.372 mil US\$, exportando aceites esenciales. Su principal mercado es EEUU. con un 77.9% de la producción de aceites esenciales de Bolivia, le siguen los países bajos con 20.6% y Francia con 1.4%. A continuación, se muestra una tabla de los principales exportadores e importadores de aceites esenciales en Latinoamérica y una comparación con Bolivia.

**Tabla I-3: Principales países Exportadores de aceites esenciales en Latinoamérica.**

Exportadores	2013	2014	2015	2016	2017
	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$
México	2.544.886	2.494.936	2.356.864	2.330.044	2.304.888
Brasil	697.604	728.914	705.909	743.296	864.292
Argentina	790.165	733.769	763.395	632.222	635.374
Colombia	564.876	483.486	438.295	395.277	444.943
Guatemala	139.641	142.382	169.529	165.231	168.986
República Dominicana	78.291	93.934	93.389	104.229	101.932
Perú	134.296	132.069	114.682	99.593	92.899
Bolivia, Estado Plurinacional	3.336	4.727	7.012	6.694	5.372

**Fuente:** Elaboración propia basada en datos de TRADE MAP, 2017.

**Tabla I-4: Principales países Importadores de aceites esenciales en Latinoamérica.**

Importadores	2013	2014	2015	2016	2017
	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$
México	2.133.988	2.590.061	2.666.440	2.779.923	3.039.450
Chile	820.108	784.482	780.079	760.933	839.990
Brasil	1.047.915	961.584	823.564	643.049	721.108
Colombia	604.394	625.540	613.346	564.517	571.386
Argentina	574.722	457.778	465.351	480.784	507.620
Perú	464.211	451.393	437.892	425.440	444.662
Panamá	540.621	547.868	451.538	423.006	437.526
Bolivia, Estado Plurinacional	138.276	134.373	129.239	136.203	142.338

**Fuente:** Elaboración propia basada en datos de TRADE MAP, 2017.

Según estos datos presentados por TRADE MAP (Estadísticas de Comercio para el desarrollo de las Empresas) la demanda de aceites esenciales va en aumento, creando un mercado fijo para los aceites esenciales que puedan ser producidos en varias partes

del mundo que cuenten con la climatología y suelos que requieren cada materia prima para ser procesadas con el fin de producir aceites esenciales de calidad.

En Bolivia se importan varios productos de cosmética, perfumes, enjuagues bucales y hasta aceites esenciales entre otros, cada año estas demandas van en aumento (**ANEXO 1**), estos productos son producidos con aceites esenciales, los cuales pueden ser producidos en el territorio boliviano, generar nuevas empresas, empleos y abastecer la demanda nacional.

## **1.2 ORIGEN DEL JENGIBRE**

El nombre del género Zingiber y el nombre común jengibre, provienen del hindú zingibil o zengibil, nombre común dado a esta planta.

El jengibre es originario del este de Asia, las culturas hindúes y Chinas lo han utilizado por milenios como un alivante digestivo. Los chinos consideran el jengibre como el yang, o comida picante, la cual equilibra la comida fría ying para crear armonía. Los griegos romanos, también lo utilizaban para este propósito. Impactó en Europa y América cuando se estableció a sí mismo como una hierba medicinal y se convirtió en popular como una bebida suave para alivios estomacales.

## **1.3 DESCRIPCIÓN DEL JENGIBRE (MATERIA PRIMA)**

Se trata de una planta que tiene mucho que ofrecernos a todos los niveles, su rizoma es usado en la medicina natural, gracias a que es muy rico en aceites esenciales, vitaminas, minerales, antioxidantes y aminoácidos que otorgan muchos beneficios al cuerpo humano, incluso a nivel estético, ya que si tenemos la suerte de verla en directo en época de floración seguramente quedemos gratamente sorprendidos de los espectaculares colores y tamaño de sus flores que, dependiendo de la especie, pueden ser rojas, amarillas, moradas, lilas e incluso algunas con colores mezclados.

La planta puede llegar a medir hasta 1 metro de altura, aunque lo habitual es entre 60 y 90 centímetros. Sus hojas son alargadas, de un verde intenso y el rizoma es grueso carnoso, nudoso, ramificado en un solo plano, flores sésiles, amarillas y labios purpúreos de los cuales se destaca un labelo trilobulado con manchas de color amarillo-

violeta-pardo; las flores están reunidas en una espiga densa al extremo del tallo cubierto de brácteas. En otras latitudes también es conocido como “kión”. Se desarrolla mejor en suelos fértiles, sueltos, con riego abundante y expuesto a la luz directa a temperatura cálida (entre 25°C y 30°C). La plantación debe realizarse a finales del invierno y la raíz se debe arrancar a los diez meses de la plantación, cuando la planta ha acumulado las reservas y se puede extraer una mayor cantidad de principios activos de la misma.

**Figura I-4: Planta de jengibre**



**Fuente:** Plantas medicinales aprobadas en Colombia, 2da. Edición, 2007.

Se consume su raíz (rizoma), de sabor picante, en muchos formatos: fresca, desecada o en polvo como condimento en muchas cocinas, desde la oriental a la repostería

anglosajona o alemana donde se ha utilizado en platos dulces, galletas o tartas típicas. En la gastronomía oriental es habitual su incorporación como ingrediente en platos de arroz, de pescado y sobre todo en salsas, como por ejemplo la salsa gari que acompaña al sushi y al sashimi. Este rizoma es usado en la medicina natural, rico en aceites esenciales, vitaminas, minerales, antioxidantes y aminoácidos.

### 1.3.1 RIZOMA

Un rizoma se define como un eje que se desarrolla al ras del suelo o subterráneamente. Una característica principal de los rizomas es su crecimiento plagiotropo. Los entrenudos son cortos, lo que causa que las inserciones de las hojas estén muy juntas en muchas especies que presentan rizomas, estos son catafilos incoloros y membranosos, su vida es muy corta. Mientras el rizoma crece gracias a la formación de nuevas partes del eje, muere la parte vieja de atrás, con un continuo proceso de traslado de aquellas sustancias que fueron almacenadas a partes más jóvenes (Muller, 2000).

**Figura I-5: Rizoma de jengibre.**



**Fuente:** Monaco Nature Encyclopedia, 2017.

## 1.3.2 COMPOSICIÓN DEL RIZOMA DE JENGIBRE

### 1.3.2.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL RIZOMA DE JENGIBRE

La composición Nutricional es muy importante porque el desecho del aceite esencial de jengibre puede ser utilizada para alimento de animales o como parte para la formulación de alimento balanceado.

**Tabla I-5: Composición Nutricional del rizoma de jengibre.**

<b>COMPOSICION</b>	<b>CONTENIDO DE 100gr DE PARTE COMESTIBLE</b>
Calorías	47 gr.
Carbohidratos	9 gr.
Grasa total	1.6 gr.
Cenizas	1 gr.
Fibra	0.9 gr.
Fósforo	66 mg.
Calcio	44 mg.
Ácido ascórbico	2 mg.
Hierro	1.8 mg.
Niacina	0.7 mg
Riboflavina	0.06 mg.
Tiamina	0.02 mg.

**Fuente:** Muller, 2005.

### 1.3.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL RIZOMA DE JENGIBRE

La composición química del rizoma de jengibre es tomada en cuenta al determinar niveles de toxicidad en el aceite esencial de jengibre (CODEX STAN 193-1999). A continuación, se presenta una tabla con los porcentajes de los componentes del rizoma de jengibre:

**Tabla I-6: Composición química del rizoma de jengibre.**

COMPOSICION	PORCENTAJE
Agua	10
Materias Nitrogenadas	7.5
Materias grasas	3.5
Aceites Esenciales	2
Almidón	54
Otras materias extractivas no nitrogenadas	13
Celulosa	4.5
Ceniza	5.5
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Maestre, J, Las plantas de especias, 2012.

### 1.4 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Son procesos que son aplicados a los aceites esenciales y otros extractos vegetales aromáticos, sirven para separar y concentrar los componentes, para facilitar su procesamiento industrial o simplemente para homogenizar la calidad.

Los aceites son en extremo delicados por lo que requieren para su obtención una atención y cuidado muy especiales (Romero M, 2004).

Existen varios métodos de extracción de los aceites, son los siguientes:

**Tabla I-7: Tipo de Métodos**

Tipo de Método	Procedimiento	Productos obtenidos
Métodos Directos	Prensado	Aceites esenciales cítricos
	Exhudación	Gomas, resinas, bálsamos
Destilación	Arrastre con vapor de agua	Aceites esenciales y aguas aromáticas
	Destilación-maceración (liberación enzimática de agliconas en agua caliente)	
Extracción con solventes	Solventes volátiles	Infusiones y resinoides alcohólicos
		Concretos y Absolutos
	Solventes fijos (grasas y aceites)	Absolutos de pomadas
		Absolutos de enflorados
Extracción con fluidos en estado supercrítico		

**Fuente:** Introducción a la Industria de los aceites esenciales de plantas Medicinales y aromáticas, 2000.

### 1.4.1 MÉTODOS DIRECTOS

Los métodos directos se aplican principalmente a los cítricos, porque sus aceites están presentes en la corteza de la fruta, y el calor de los métodos de destilación puede alterar su composición.

El aceite de los cítricos está contenido en numerosas celdas del epicarpio. Al exprimir la corteza tales celdas se rompen y liberan el aceite, el cual se recoge inmediatamente para evitar que sea absorbido por la corteza esponjosa que resulta después de este tipo de procesos.

Los fenómenos que ocurren durante la extracción del aceite se clasifican en varias etapas:

- ✚ Laceración de la epidermis y de las celdas que contienen la esencia.
- ✚ Generación en la cáscara de áreas con presión mayor que sus circundantes a través de las cuales el aceite fluye al exterior.
- ✚ Abrasión de la cáscara, con la formación de pequeñas partículas de la raspadura.



#### **1.4.1.1 PRENSADO**

Este procedimiento es utilizado para la extracción de esencias cítricas, raspando o prensando la corteza de los frutos cítricos que es donde contienen su aceite esencial.

El material vegetal es exprimido mecánicamente para liberar el aceite esencial y este es recolectado y filtrado.

En la actualidad se usan maquinas especializadas que ejercen presión sobre la corteza de estos frutos.

Los aceites esenciales de cítricos obtenidos por prensado tienen características odoríferas superiores a los obtenidos por cualquier método de destilación. Esto es debido a la ausencia de calor durante el proceso y a la presencia de componentes que no serían volátiles en el vapor. Son también más estables a la oxidación, ya que contiene sustancias antioxidantes naturales, con tocoferoles, las cuales no son volátiles en el vapor. La ausencia de daño térmico en el aceite es significativa.

Los aceites obtenidos por prensado en frio, se extraen de pericarpio de la piel del cítrico, raspando o rompiendo los sacos de aceite cercanos a la superficie de la fruta. Este proceso involucra la abrasión de la piel (Sistema de Bibliotecas SENA)

#### **1.4.1.2 EXHUDACIÓN**

Este procedimiento se utiliza básicamente para aislar las gomorresinas de árboles y arbustos. Este método directo consiste en hacer una incisión a la planta mediante un corte, dónde la propia planta exuda una sustancia, que posteriormente se recoge. De este método se obtienen notas amaderadas, balsámicas.

#### **1.4.2 DESTILACIÓN**

Consiste en separar por calentamiento, en alambiques u otros vasos, sustancias volátiles que se llaman esencias, relativamente inmiscibles con el agua, de otras más fijas, enfriando luego su vapor para reducirlas nuevamente a líquido.

Como la mayor la de los aceites esenciales son una mezcla de compuestos volátiles, que cumplen la ley de Raoult, lo que representa que, a una temperatura dada, la presión

total del vapor ejercida por el aceite esencial, será la suma de las presiones del vapor de sus componentes individuales, por lo que, durante el proceso de la destilación de vapor, la vaporización del aceite ocurre a una temperatura menor que la del punto de ebullición del agua.

En general los componentes del equipo de destilación para extraer aceite esencial son:

- ✚ Fuente de energía.
- ✚ Destilador.
- ✚ Intercambiador de calor.
- ✚ Decantador.

**Fuentes de energía:** Se deben considerar dos tipos básicos de fuente de energía en la destilación de los aceites esenciales comerciales: En primer lugar, la combustión de la madera, la cual una vez iniciada, se mantiene con el material vegetal desgastado de una destilación anterior, por otro lado, el vapor generado en una caldera.

**Destilador:** Es el recipiente donde se carga el material vegetal que se destila, también se le llama extractor o alambique, generalmente es de forma cilíndrica y se instala verticalmente. Su capacidad depende de la escala de operación.

**Intercambiador de calor:** También se le conoce como condensador, su función involucra la remoción de calor para transformar al estado líquido la mezcla de vapor de agua y aceite esencial que emerge del destilador. Los dos diseños más populares son el de tipo serpentín, tipo coraza y tubo o tipo tubular.

**Decantador:** Popularmente se le conoce como separador del aceite o vaso florentino, su función consiste en separar la mezcla de agua y aceite esencial proveniente del intercambiador de calor.

Si el aceite esencial es más ligero que el agua se ubicará en la capa superior o en la capa inferior, sí es más pesado.

#### 1.4.2.1 DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA

Es el proceso más común para extraer aceites esenciales, más no es aplicable a flores ni a materiales que se apelmazan. En esta técnica se aprovecha la propiedad que tienen

las moléculas de agua en estado de vapor de asociarse con moléculas de aceite.

La extracción se efectúa cuando el vapor de agua entra en contacto con el material vegetal y libera la esencia, para luego ser condensada. Con el fin de asegurar una mayor superficie de contacto y exposición de las glándulas de aceite, se requiere picar el material según su consistencia.

**Descripción del proceso:** La materia prima se coloca sobre un fondo perforado o criba ubicado a cierta distancia del fondo de la cámara llamado alambique. La parte más baja de esta contiene agua hasta una altura algo menor que el nivel de la criba. El calentamiento se produce con vapor saturado que se provee de una fuente de calor, fluye mojado y a presión media, penetrando a través del material vegetal, el vapor de agua provoca que los aceites esenciales se difundan desde las membranas de la célula hacia fuera. Los componentes se volatilizan, y condensan en un refrigerante, siendo recogidos en una ampolla de separación, donde se separa el agua del aceite por diferencia de densidad.

**Figura I-6: Equipo de Destilación por arrastre de vapor.**



**Fuente:** Elaboración propia.2017.

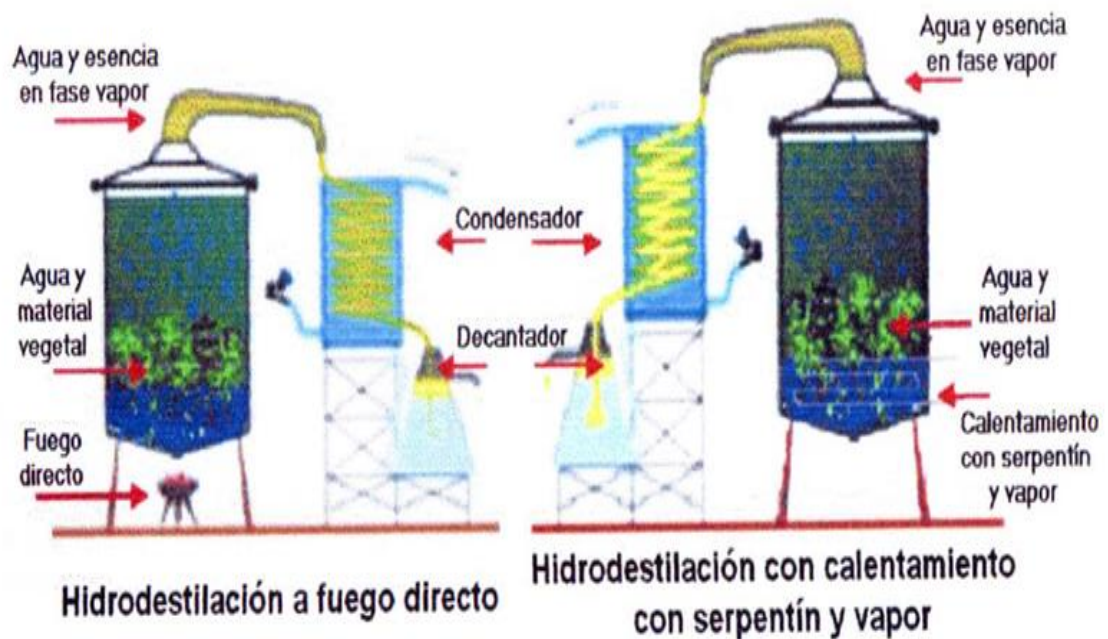
**Desventaja:** Pueden ocurrir procesos colaterales como polimerización y resinificación de los terpenos; así como hidrólisis de ésteres y destrucción térmica de algunos componentes.

**Ventajas:** Energéticamente es más eficiente, se tiene un mayor control de la velocidad de destilación, existe la posibilidad de variar la presión del vapor, y el método satisface mejor las operaciones comerciales a escala, al proveer resultados más constantes y reproducibles.

#### 1.4.2.2 DESTILACIÓN CON AGUA O HIDRODESTILACIÓN

Consiste en poner a hervir agua, bien sea por fuego directo, camisa de vapor o camisa de aceite, en la cual se ha sumergido previamente el material vegetal, preferiblemente en polvo, con el objeto de que el vapor de agua ejerza su acción en el mayor número posible de partículas vegetales.

**Figura I-7: Hidrodestilación a fuego directo/con calentamiento con serpentín y vapor.**



**Fuente:** Márquez D., 2011.

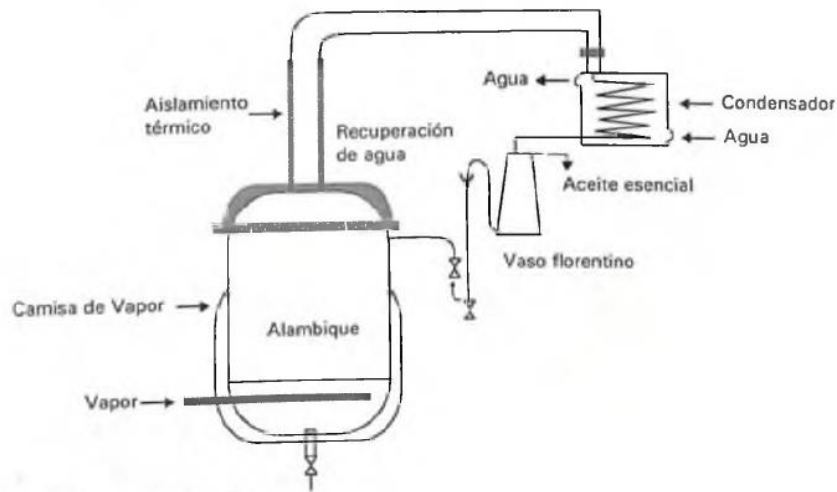
Similar al arrastre con vapor, el vapor producido arrastra los aceites esenciales hasta otro recipiente donde se condensan y se separan.

Este sistema de extracción tiene el inconveniente de que la temperatura que se emplea provoca que algunos compuestos presentes en las plantas se degraden y se pierdan.

El material vegetal aromático siempre debe encontrarse en contacto con el agua, para así evitar el sobrecalentamiento y la carbonización del mismo. Debe mantenerse en constante agitación para evitar que se aglomere o sedimente al adherirse a las paredes del recipiente, lo cual puede provocar también su degradación térmica.

Dado que generalmente no es posible colocar suficiente agua para sostener todo el ciclo de destilación, se han diseñado equipos que presentan un tubo de cohobación lateral que permite el retorno de agua hacia el recipiente de destilación.

**Figura I-8: Hidrodestilación**



**Fuente:** Introducción a la Industria de los aceites esenciales de plantas Medicinales y aromáticas, *BANDONI, A.*, 2000.

En general, los aceites producidos por destilación en agua son de menor calidad por las siguientes razones:

- a. Algunos componentes son sensibles a la hidrólisis, mientras que otros, son susceptibles de polimerización.
- b. Los compuestos oxigenados tienden a ser parcialmente solubles en el agua de destilación, por lo que es imposible la remoción completa de estos compuestos.
- c. Los tiempos requeridos de destilación son demasiado largos, lo cual se asocia a un detrimento de la calidad del aceite obtenido.

**Ventajas:** Involucran un bajo costo de fabricación del equipo y su operación no requiere de servicios de energía eléctrica, instalaciones auxiliares para la generación de vapor, aire u otros.

**Desventajas:**

- La extracción del aceite volátil es incompleta, ofrece una menor eficiencia energética con respecto a la destilación con vapor o vapor/agua y es aplicable sólo cuando las cargas son relativamente pequeñas.

- Por ser un sistema particularmente empleado en zonas rurales, se realiza como un arte y normalmente no se opera bajo condiciones óptimas de tiempo y temperatura.

#### **1.4.2.3 DESTILACIÓN AGUA - VAPOR O VAPOR HÚMEDO**

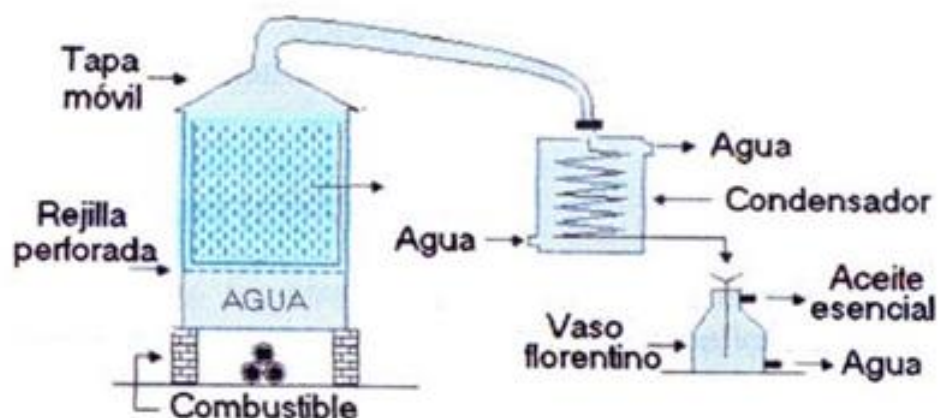
Este procedimiento comúnmente se utiliza en el agro para destilar especialmente hierbas y hojas. El material se coloca sobre una parrilla, y luego, entre el fondo y la parrilla se coloca el agua, hasta un nivel un poco inferior a la parrilla.

Cuando se dispone de poca agua, el agua que sale con el aceite esencial en la primera extracción, se recircula al extractor para sostener el proceso de destilación (cohobación).

El calentamiento se puede efectuar desde una fuente externa o dentro del propio cuerpo del extractor. El vapor de agua producido, se satura, atraviesa el material que se encuentra sobre la parrilla y provoca el arrastre de la esencia, no existiendo peligro de sobrecalentamiento del material vegetal, tal como ocurre en la hidrodestilación.

Se debe prevenir el recalentamiento que produce un olor desagradable en el aceite, y acanalar el vapor generado, de manera que se distribuya uniformemente en el alambique. Aunque este sistema mejora la calidad del aceite obtenido por hidrodestilación, y además tiene aplicación en el trabajo experimental, no es conveniente para ninguna destilación comercial.

**Figura I-9: Destilación en agua-vapor húmedo**



**Fuente:** Introducción a la Industria de los aceites esenciales de plantas Medicinales y aromáticas, *BANDONI, A*, 2000.

#### 1.4.2.4 DESTILACIÓN PREVIA MACERACIÓN

El método se aplica para extraer el aceite de semilla de almendras amargas, bulbos de cebolla, bulbos de ajo, semillas de mostaza y hojas de corteza de abedul. En el caso de plantas aromáticas, la maceración en agua caliente se emplea para favorecer la separación de su aceite esencial, ya que sus componentes volátiles están ligados a componentes glicosilados.

#### 1.4.2.5 DESTILACIÓN AL VACÍO

La destilación al vacío es un método de destilación realizado a presión reducida, esta técnica separa los compuestos en función de las diferencias en los puntos de ebullición, se usa cuando el punto de ebullición del compuesto deseado es difícil de lograr o causará que el compuesto se descomponga. Una presión reducida disminuye el punto de ebullición de los compuestos. La mayor ventaja de este método, es la mínima probabilidad de descomposición de los aceites esenciales y formación de compuestos no deseados, debido a las bajas temperaturas de trabajo.

La destilación al vacío permite que esta técnica de purificación se use en compuestos

con altos puntos de ebullición o que sean sensibles al aire. Los compuestos con un punto de ebullición inferior a 150°C se pueden destilar normalmente sin presión reducida. El uso de una columna de fraccionamiento en la configuración mejora la separación de las mezclas y puede permitir la separación de compuestos con puntos de ebullición similares.

#### **1.4.2.6 DESTILACIÓN MOLECULAR**

La destilación molecular es un tipo de destilación al vacío de corto recorrido, caracterizada por una presión de vacío extremadamente baja. Este proceso se caracteriza por la exposición a corto plazo del líquido destilado a altas temperaturas en alto vacío.

En la destilación molecular, los fluidos se encuentran en el régimen de flujo molecular libre, es decir, la trayectoria libre media de las moléculas es comparable al tamaño del equipo. La fase gaseosa ya no ejerce una presión significativa sobre la sustancia a evaporar, y en consecuencia, la velocidad de evaporación ya no depende de la presión. El movimiento de las moléculas está en la línea de visión, porque ya no forman un gas continuo. Por lo tanto, es necesario un camino corto entre la superficie caliente y la superficie fría, típicamente suspendiendo una placa caliente cubierta con una película de alimentación junto a una placa fría con una línea de visión en el medio, tiene las ventajas de evitar el problema de toxicidad que se produce en las técnicas que utilizan disolventes como agente de separación, y también de minimizar las pérdidas debidas a la descomposición térmica. y se puede usar en un proceso de alimentación continua para recolectar el destilado sin tener que romper el vacío como solventes orgánicos, que luego se separan y recuperan, obteniendo en cada fase orgánica compuestos determinados del aceite esencial según su afinidad frente al solvente. Este método se utiliza industrialmente para la purificación de aceites, enriquecer el aceite de borraja en ácido  $\gamma$ -linolénico (GLA) y también para recuperar los tocoferoles del destilado desodorizante del aceite de soja



### **1.4.3 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN CON SOLVENTES**

#### **1.4.3.1 MACERACIÓN EN GRASA**

La maceración es un proceso de extracción sólido-líquido. El producto sólido (materia prima) posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractante que son los que se pretende extraer. En este caso el agente extractante (la fase líquida) grasa, es un método de extracción con grasa caliente basado en sumergir los pétalos de flores en la grasa, y luego extraer las esencias con alcohol. Este método se ha reemplazado por completo por la extracción con disolventes orgánicos.

#### **1.4.3.2 EXTRACCIÓN CON SOLVENTES VOLÁTILES**

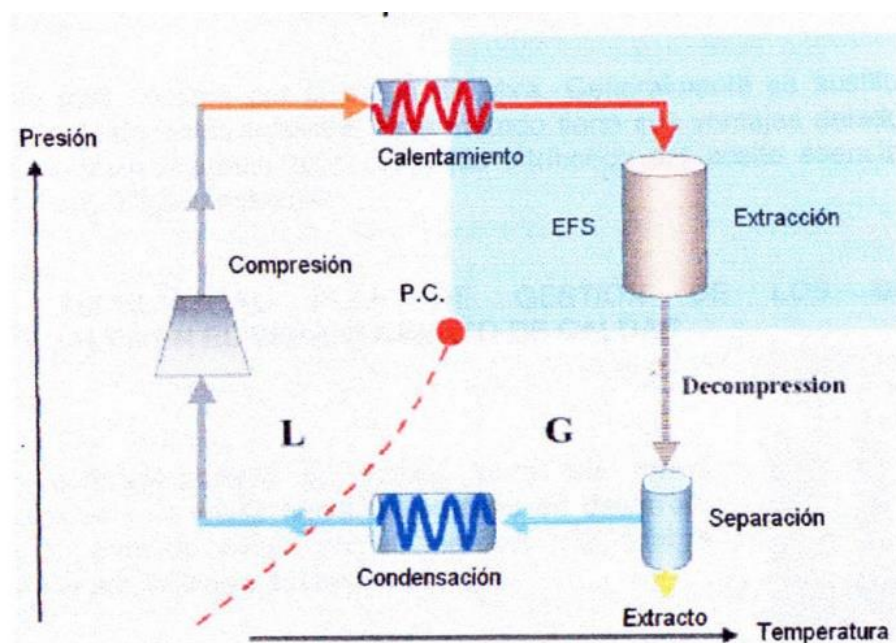
Este método se basa en la facilidad de los disolventes orgánicos para penetrar en el material vegetal y disolver sus aceites volátiles, debido a las diferencias de punto de ebullición entre el aceite esencial y el solvente. En esta técnica, la muestra seca y molida se pone en contacto con solventes tales como éter de petróleo, pentano, eter etílico, alcohol, cloroformo, etc. Estos solventes solubilizan la esencia, pero también solubilizan y extraen otras sustancias tales como ácidos grasos, ceras y pigmentos, que se pueden separar por destilación controlada. Las extracciones que se realizan se emplean básicamente en la industria de perfumes.

Este método tiene la ventaja de trabajar a temperaturas bajas, por lo que no provoca la termo destrucción ni alteración química de los componentes del aceite, ofrece la posibilidad de separación de componentes individuales y presentes en poca cantidad. Sin embargo, se utiliza a escala laboratorio pues a escala industrial resulta costoso por el valor comercial de los solventes, por requerir instalaciones fijas y personal especializado; además, porque se obtienen esencias impurificadas con otras sustancias y por el riesgo de explosión e incendio característicos de muchos solventes orgánicos volátiles.

### 1.4.3.3 EXTRACCIÓN POR FLUIDOS SUPERCRÍTICOS (EFS)

Consiste en utilizar como material de arrastre sustancias químicas en condiciones especiales de temperatura y presión. El material vegetal se corta en trozos pequeños, se licua y se empa en una cámara de acero inoxidable por donde se hace circular un líquido supercrítico. Los aceites esenciales se solubilizan y el líquido supercrítico que actúa como solvente extractor se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente. Finalmente se obtiene un aceite puro.

**Figura I-10: Principios de la Extracción SCF**



**Fuente:** Introducción a la Industria de los aceites esenciales de plantas Medicinales y aromáticas, I.S.A.S.F., Francia, 2000.

El proceso se inicia de la siguiente manera: La alimentación, generalmente un sólido molido, se carga al extractor. El dióxido se alimenta al extractor a través de una bomba de alta presión (100 a 400 bar). El dióxido comprimido se calienta de a un 1°C hasta la temperatura de extracción (30ª 60º). Luego ingresa al extractor y procede a extraer la esencia de la matriz herbácea cargada. La mezcla de dióxido extracto se envía a un separador con un previo paso a través de una válvula de reducción (150 a 50 bar). A la

temperatura y presión reducidas, el extracto precipita espontáneamente en el separador, mientras el dióxido, libre de cualquier extracto, se recicla al proceso, con pasos previos de enfriamiento y compresión.

**Ventajas:**

Alto rendimiento, ecológicamente limpio, el solvente se elimina fácilmente y se puede reutilizar, se utilizan para la extracción bajas temperaturas, químicamente no se modifican los componentes de la esencia, reduce los requerimientos de energía de la destilación.

**Desventajas:**

- Ácidos grasos, pigmentos y ceras también pueden ser extraídos junto con el aceite esencial.
- El equipo requerido es relativamente costoso, ya que se requieren bombas de alta presión y sistemas de extracción que también sean resistentes a las altas presiones.

De todos los solventes supercríticos, el dióxido de carbono es el más investigado, debido a que no es un elemento tóxico ni inflamable, no perjudica la naturaleza y no requiere de un equipo demasiado sofisticado para cumplir su misión de arrastre de aceites esenciales; presenta propiedades fisicoquímicas propias de los gases y los líquidas, lo que lo convierte en un solvente muy versátil en procesos de separación; es posible realizar extracciones selectivas a temperaturas menores de 20 °C y presiones fluctuantes entre 60 y 350 bar.

El extracto supercrítico del romero, exento de clorofila, contiene carnosol y ácido carnosólico, antioxidantes naturales por excelencia; es ideal para alargar la vida útil del salami, peperoni, mayonesa, mantequilla y otros alimentos grasos. Los extractos supercríticos de especias naturales son innovación que repercute favorablemente en el binomio calidad/costo de los alimentos, siendo por tanto de gran utilidad en la industria alimentaria.

#### 1.4.3.4 ENFLORACIÓN O ENFLEURAGE

La técnica de enflorado se ha empleado para la extracción de esencias de flores delicadas, sensibles al calor y costosas como: rosa, jazmín, azahar, acacia, violeta, y resinas como la mirra.

Los pétalos frescos se ponen en contacto con una delgada capa de grasa y el perfume emitido por las flores se absorbe. Después de dos o tres meses, muchas capas de grasa se saturan con las moléculas perfumadas del aceite de la flor, el cual se trata con alcohol y luego se destila para obtener la esencia.

Es un procedimiento muy costoso por la mano de obra. Generalmente se sustituye por la extracción con hexano ligero como solvente. Este método tiene sus ventajas debido a que la extracción de algunas plantas tiene bajo contenido intrínseco del aceite esencial, y otros métodos destruirían estas frágiles

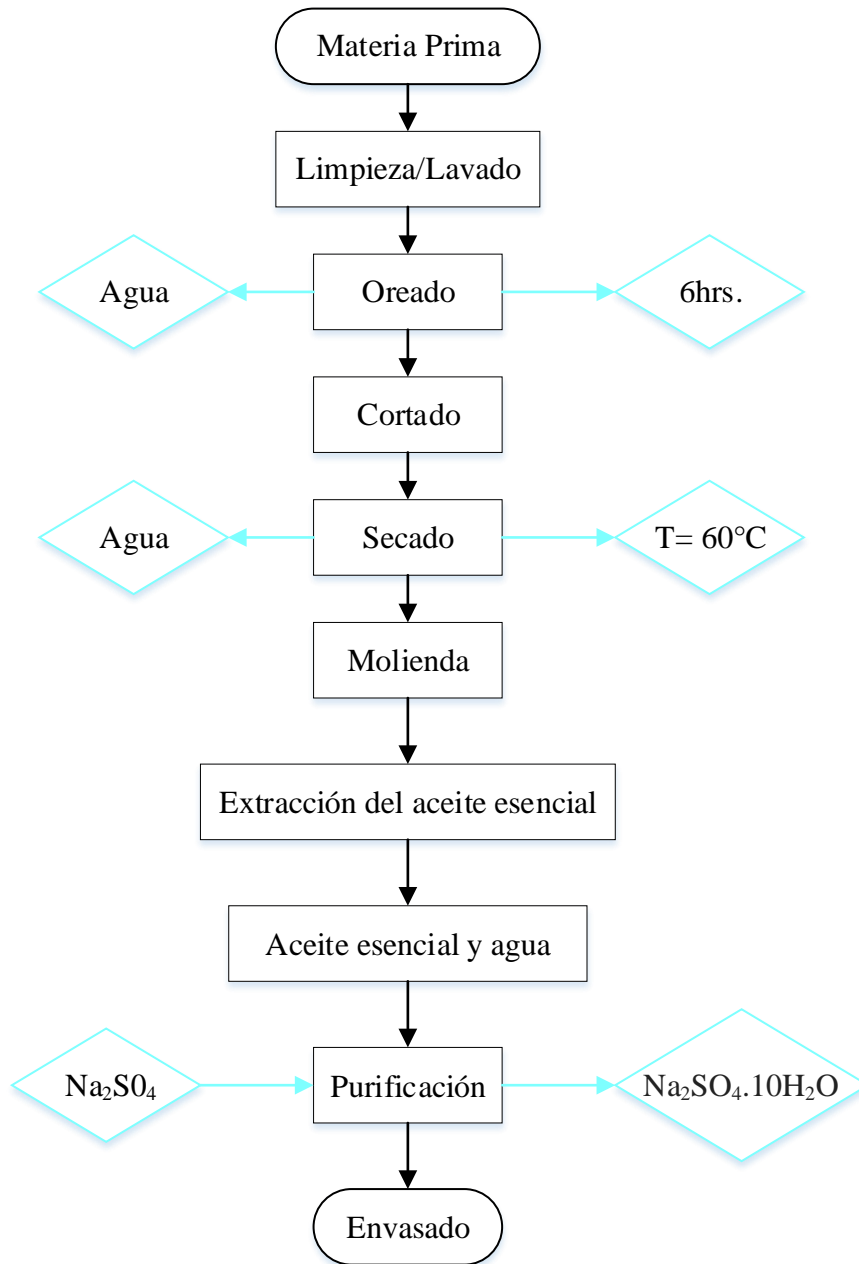
**Figura I-11: Método de enfleurage**



**Fuente:** Pearlstine E., 2011.

## 1.5 ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DEL RIZOMA DE JENGIBRE

Figura I-12: Diagrama de Bloques para la extracción del aceite de jengibre.



Fuente: O. Vásquez; A. Alva; J. Marreros; 2001.

- **Limpieza**, se eliminan cuidadosamente las raíces y la tierra adherida, de preferencia se utilizan cuchillos de acero inoxidable de hoja roma con el fin de separar también las escamas que cubren el rizoma.
- **Lavado**, tiene por finalidad eliminar los últimos vestigios de tierra y se realiza mediante un flujo continuo de agua potable a temperatura ambiente y luego se deja escurrir.
- **Oreado**, por seis (06) horas para eliminar el exceso de humedad.
- **Cortado o troceado**, debido a que la muestra debe ser secada, se recomienda cortarlas en hojuelas de 1 cm de espesor para facilitar la operación de secado. En forma manual con ayuda de cuchillos de acero inoxidable.
- **Secado**, se realiza para facilitar el proceso de extracción y así mismo lograr un mayor tiempo de almacenaje si es que no se va a extraer de forma inmediata. En este caso se debe utilizar un secador de bandejas a 60 °C.
- **Molienda**, se utiliza un molino de martillos, para obtener un mayor número de partículas que harán más eficiente la extracción al aumentar la superficie de contacto.
- **Extracción de aceite esencial**, se deja el equipo funcionando por un tiempo de tres a cuatro horas, pues durante las primeras horas se extrae alrededor de 80% del aceite esencial, mientras que el otro 20% se extrae dentro de las dos horas siguientes. Una vez transcurridas las tres a cuatro horas se apaga y se deja enfriar cuando ya se encuentra a temperatura ambiente, se abre la llave y se deja caer en un vaso de precipitación el agua que está sosteniendo al aceite esencial y que toma el nombre de “hidrolato”, esta podría ser aprovechada pues contiene las mismas propiedades y fragancias del aceite esencial, en un frasco se recoge luego el aceite esencial todavía emulsionado, este debe permanecer en reposo por alrededor de 24 horas que es el tiempo aproximado en que la emulsión se rompe y se puede separar el resto del agua.
- **Separación**, para separar el aceite esencial se necesita una ampolla de separación. En este caso se coloca el aceite esencial que está junto al agua en el mismo recipiente, debe dejarse en reposo unos minutos más debido a la agitación que se

provocó. Se recoge en un frasco el agua y en otro el aceite esencial con un porcentaje mayor de pureza.

- **Purificación**, para tener un aceite esencial con mayor pureza es necesario añadir un secante (Sulfato De Sodio,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) con el fin de que absorba el agua que queda encapsulada en medio del aceite esencial. (Sulfato de Sodio Decahidratado,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

### 1.5.1 VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EXTRACCIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR

Los factores que influyen en la extracción por arrastre de vapor son los siguientes:

- **Tipo de secado de la materia prima:** Se realiza para conservar sus propiedades del jengibre con secado indirecto al aire libre bajo techo, secado forzado con estufa a  $60^\circ\text{C}$  para conservar las propiedades de las mismas.
- **Tiempo de extracción:** Pasado un tiempo ya no sale más aceite esencial y el vapor posterior causa arrastre por solubilidad o emulsión del aceite, presentando una disminución en el rendimiento.
- **Factor de empaquetamiento:** Si el material queda muy suelto, el proceso termina muy pronto, presentando un alto consumo energético; si queda muy apretado, el vapor se acanala disminuyendo el rendimiento del aceite, debe de estar entre el 0,15 a 25% distribución interior del vapor.
- **Eficiencia del condensador (Condensación interior):** Se evita realizando una purga previa a los 30 minutos iniciado el proceso y, además manteniendo el tanque bien aislado.
- **Tiempo de residencia en la cámara de extracción:** Sobre todo si el diámetro es muy pequeño se produce arrastre del aceite. (VERA, I. O., 2012).

## 1.6 DEFINICIÓN DE ACEITE DE JENGIBRE

El aceite esencial de jengibre es picante y energizante, en concentraciones bajas es inocuo, no es tóxico ni irritante, pero puede ser fototóxico, por tal motivo hay que evitar aplicarlo en las áreas de la piel que estarán expuestas al sol las 24 horas posteriores a la aplicación, proviene de la raíz del jengibre (*Zingiber officinale*). El aroma varía según la destilación y la calidad de jengibre.

Es un aceite esencial denominado caliente, lo que implica que es adecuado para tratar problemas que se agravan con el frío o humedad, se puede diluir el aceite esencial de jengibre en un aceite esencial como el aceite de oliva o de coco. También puede combinarse con aceites esenciales con esencia de picor, la bergamota, flor de cananga y sándalo.

**Figura I-13: Aceite Esencial de jengibre.**



**Fuente:** Asociación Nacional de Aromaterapia Holística, 2018.



## 1.7 CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE DE JENGIBRE

Maistre (1969) manifiesta que por el método arrastre con vapor obtuvo entre 1.5 y 3% de aceite volátil. Es importante indicar que el rendimiento en aceite esencial se ve afectado por el proceso de secado, debido a que durante el cortado se rompen células que contienen el aceite esencial y a que durante el secado se pierden debido a su alta volatilidad.

**Tabla I-8: Principales componentes del aceite esencial de jengibre**

SUSTANCIA	PORCENTAJE (%)
$\alpha$ -zingibereno	22,22
Ar-curcumeno	13,11
$\beta$ -sesquifelandreno	9,44
Teraniol	3,33
$\beta$ - mirceno	1,47
Citral	1,25
Geranial	1,10
No identificado	48,08

Fuente: O. Vásquez; A. Alva; J. Marreros, 2001.

**Tabla I-9: Estudio Cromatográfico del Aceite Esencial de Jengibre, Italia.**

COMPUESTO	%	COMPUESTO	%	COMPUESTO	%
Tricyclene	0,25	Geraniolo	1,11	Cis, $\beta$ Farnesene	0,67
$\alpha$ Pinene	3,31	Geraniale	0,17	$\gamma$ Muurolene	1,81
Canfene	9,98	Bornil acetato	0,29	Ar Curcumene	8,93
$\beta$ Pinene	0,52	$\delta$ Elemene	0,25	$\gamma$ Cadinene	3,82
Mircene	0,92	$\alpha$ Cubenene	0,44	$\alpha$ Zingiberene	23,94
$\alpha$ Phellandene	0,41	Copaene	0,84	$\beta$ Bisabolene	11,4
1,8 Cineolo + $\alpha$ -	7,67	$\beta$ Elemene	1,19	$\beta$ Sesquiphellandrene	10,86
Ocimene	0,39	$\alpha$ Ylangene	0,68	Bisabolene trans, $\gamma$	0,61
Borneolo	1,02	$\beta$ Cubebene	0,43	Nerolidol	0,51
$\alpha$ Terpineolo	0,48	D Guaiene g Elemene	0,91	$\beta$ Eudesmolo	0,23
Nerolo	0,63	$\alpha$ Bergamotene	0,36		
Citronellolo	0,37	Allo Aromandrene	0,53		

Fuente: Estudio GC-MS, Ficha Técnica, Fundación Chankuap.

**Tabla I-10: Evaluación sensorial del aceite de jengibre**

Aspecto	Líquido Cristalino brillante
Color	Verdoso amarillento
Olor	Característico a la materia prima
Sabor	Ligeramente picante

**Fuente:** O. Vásquez; A. Alva; J. Marreros, 2001.

El aceite esencial del jengibre se presenta en forma de líquido bastante móvil, de color verdoso o amarillo, que tiene el olor característico del jengibre, por lo que el sabor ardiente de la especia se debería a una serie de sustancias no volátiles presentes en la oleorresina mas no en el aceite esencial (Maistre, 1961). Esta oleorresina se acostumbra extraerla mediante solventes orgánicos como la acetona, alcohol o éter, posee color amarillo y sabor muy ardiente.

**Tabla I-11: Características Físico-Químicas del Aceite Esencial de Jengibre**

Densidad (20°C)	0,872 a 0,894 (gr/ml)
Índice de Refracción(20°C)	1,485 a 1,492
Potencia Rotativa (20°C)	-52° a -12°
Punto de destello	+65°C

**Fuente:** Compagnie des Sens,2017.

**Tabla I-12: Características sensorial/fisicoquímicas del Aceite Esencial de Jengibre, Italia.**

Dato de Análisis	Rango	Método
Apariencia visual	Líquido aceitoso transparente	Visual
Color	Ligeramente amarillo	Visual
Olor	Típica nota a especia	Olor
Densidad(g/ml)	0,890- 0,900	<841> USP
Índice de refracción	1,4700 -1,490	<831> USP
Índice de acidez (%)	2,0	Método interno
Solubilidad en alcohol	Completamente soluble	Método interno

**Fuente:** Estudio GC-MS, Ficha Tecnica, Fundación Chankuap, 2017.

## **1.8 APLICACIONES DE ACEITE DE JENGIBRE**

El aceite esencial de jengibre es muy cotizado debido a las múltiples utilidades que se le puede dar a este producto, como en la industria alimenticia, farmacéutica y de uso medicinal.

### **1.8.1 ÁMBITO ALIMENTICIO FARMACÉUTICO**

El uso de los aceites esenciales de condimentos y especias tanto en la industria de alimentos como en la industria farmacéutica es cada vez más generalizado, debido en parte a la homogeneidad del aroma y a la minimización de las posibilidades de contaminación microbiana, cuando se compara con el uso directo de tales especias y condimentos.

### **1.8.2 ÁMBITO MEDICINAL**

Al consumir aceite esencial las personas están evitando enfermedades musculares y reumáticas, ayuda a prevenir enfermedades de arterias coronarias, artritis, úlceras estomacales, reduce el crecimiento de tumores, migraña, es un excelente antioxidante para el cuerpo humano, disuelve coágulos, reduce la presión arterial, ayuda a mejorar el funcionamiento del sistema digestivo eliminando de esta forma mareos y náuseas, combate la tos y relaja los músculos abdominales disminuyendo los dolores y diarrea, estimula los pulmones, previene el cáncer de piel, combate la fiebre y estimula el apetito.

El aceite de jengibre es adecuado para tratar y reducir la celulitis. Este aceite esencial se utiliza en cosmética natural como ingrediente en mezclas para masajes o baños, ya que tiene efectos antioxidantes y estimulantes. También se pueden realizar remedios caseros para combatir el cuero cabelludo irritado.

### **1.8.3 ÁMBITO INDUSTRIAL**

Además de todos los usos naturales que podemos dar al jengibre, es utilizado en la formulación de numerosos enjuagues bucales, pastas dentales, medicamentos de uso dentario, bebida carbonatada, el ginger ale (Cerveza de jengibre), que está hecha a base

de jengibre, así también se utiliza en la fabricación de mantecas y jabones y en procesos oleo químicos.

Este aceite esencial es muy usado como sustancia saponífera en bebidas alcohólicas y no alcohólicas. El aceite esencial de jengibre genera productos como la oleína y estearina, que son materias primas necesarias para la fabricación de aceites puros o mezclados refinados.

### 1.9 SELECCIÓN DEL MÉTODO PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL RIZOMA DE JENGIBRE

Para la elección del método más conveniente se elaboró la siguiente matriz de decisión:

**Tabla I-13: Matriz de decisión del Método de Extracción**

NECESIDADES		METODOS DE EXTRACCIÓN									
		Extracción por prensado		Extracción con fluido supercrítico		Extracción por arrastre con vapor		Extracción por Hidrodestilación		Extracción por Solvente	
Aplicable al rizoma de jengibre		NO	SI		SI		SI		SI		NO
Costo	40%	-	Muy alto	0	Bajo	6	Medio	4	Alto	2	-
Calidad de aceite obtenido	30%	-	Muy buena	8	Buena	6	Regular	4	Muy buena	8	-
Rangos de P y T accesibles	30%	-	NO	0	SI	10	SI	10	SI	10	-
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	-		240		<b>720</b>		580		620	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

Los rangos empleados en la matriz de decisión son los siguientes:

**Tabla I-14: Valoración de la escala para la matriz de decisión**

COSTO		CALIDAD DE ACEITE OBTENIDO		RANGOS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA	
Muy alto	0	Pésima	0	SI	10
Alto	2	Mala	2		
Medio	4	Regular	4		
Bajo	6	Buena	6	NO	0
Muy bajo	8	Muy buena	8		
Sin costo	10	Excelente	10		

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

El cálculo de la puntuación de cada método de extracción se calcula multiplicando el valor que se da a cada necesidad por el porcentaje de importancia que tiene cada una, luego sumar los resultados de la misma, por ejemplo:

Costo	:	40 x 6 = 240
Calidad de aceite obtenido	:	30 x 6 = 180
Rangos de T y P	:	30 x 10 = 300
TOTAL	:	300+180+240 = 720

Según estos parámetros y los resultados obtenidos en la matriz de decisión, el método más conveniente para extraer el aceite esencial de jengibre es el método de arrastre con vapor, con una puntuación de 720, debido a que este método es de bajo costo, se obtiene un aceite de buena calidad y los rangos de temperatura y presión son accesibles.

### **1.10 CONTROL DE CALIDAD DEL ACEITE DE JENGIBRE**

La calidad de un aceite está determinada por una serie de características o propiedades físicas y químicas que dan indicios acerca de la pureza, conservación, usos y otras cualidades del aceite. Estas propiedades se determinan mediante análisis físico-químicos (Cabrales R.A., 2013).

Se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros analíticos en el control de calidad de los aceites esenciales:

**Tabla I-15: Clasificación de los parámetros analíticos en control de calidad de aceite esenciales**

<b>Características Organolépticas</b>	Olor Color Apariencia
<b>Determinaciones Físicas</b>	Densidad Poder rotatorio Índice de refracción Miscibilidad en etanol Punto de congelación Punto de inflamación Rango de destilación
<b>Índices Químicos</b>	Índice de acidez Índice de éster Índice de saponificación Índice de acetilo Índice de fenoles
<b>Cromatografía Cualitativa y Cuantitativa</b>	Perfil cromatográfico por CG Cuantificación de los componentes principales
<b>Características Espectroscópicas</b>	Ultravioleta-visible Infrarrojo
<b>Otras determinaciones</b>	Pesticidas Metales pesados

**Fuente:** Rodas, M., 2012. (ANEXO 15).

## 1.11 ESCALAMIENTO

El escalamiento, es una técnica de diseño para definir un sistema de mayor capacidad a partir de uno pequeño y viceversa, es decir, de una planta piloto se obtienen datos de diseño necesarios que, a través de una técnica adecuada de escalamiento, sirven para definir la planta industrial. También de una planta industrial existente se obtienen datos de diseño que nos ayuda a definir la planta industrial de diferente capacidad (USON,2013).

El paso fundamental en el escalamiento consiste en pasar los datos obtenidos en la planta piloto a un modelo que puede ser:

- **Fenomenológico:** este modelo se fundamenta en algunos razonamientos teóricos, pero de tipo microscópico. No involucra consideraciones moleculares y permite hacer predicción en rangos o intervalos de operación no estudiados experimentalmente.
- **Empírico:** se postula sin bases teóricas y se espera solamente que ajuste la interacción entre los datos en el rango o intervalo de experimentación.
- **De similitud:** es obtenido a partir de un análisis de similitud con respecto a análogas físicas de tipo térmico, mecánico, geométrico, químico, etc.

El tipo de modelo de escalamiento depende tanto del proceso en cuestión como de la geometría de los equipos involucrados.

El escalamiento se basa en el “**Principio de Similitud**”, que establece que “la configuración de un sistema físico está determinado por relaciones entre magnitudes del sistema”. En un proceso químico, esas relaciones son: proporciones geométricas, gradientes de velocidad, gradientes de temperatura y gradientes de concentración (USON, 2017).

El principio de similitud hace referencia a la relación que existe entre sistemas físicos y el tamaño de los mismos, siendo básico en el escalamiento de procesos físicos y químicos. Los sistemas físicos se caracterizan por tres cualidades: tamaño, forma y composición. Las tres variables son independientes; por ejemplo, dos objetos pueden



ser diferentes en tamaño, pero tener la misma forma y composición (REDALYC, 2017).

Dentro de la Ingeniería Química son de interés cuatro tipos de similaridad:

#### **1.11.1 SIMILARIDAD TÉRMICA**

Involucra a los sistemas que presenta flujo de calor, por lo que se introduce la dimensión temperatura además de la longitud, fuerza y tiempo. El calor puede fluir por convección, conducción y radiación. La diferencia de temperaturas a tiempos correspondientes entre un par de puntos de un sistema y el par de puntos de otros se denominan temperaturas correspondientes. Sistemas que presentan similaridad geométrica son térmicamente similares cuando la diferencia de temperaturas presenta una relación constante entre ellos.

#### **1.11.2 SIMILARIDAD MECÁNICA**

Comprende en su área a la similaridad estática, cinemática y dinámica, las cuales se consideran como una extensión de la similaridad geométrica en sistemas fijos o en movimiento sujetos a fuerzas externas o internas.

#### **1.11.3 SIMILARIDAD QUÍMICA**

Se aplica a sistemas que presentan reacciones químicas donde la composición varía de un punto a otro, ya sea en procesos intermitentes o continuos, en diferentes instantes. No es necesario que las composiciones químicas de ambos sistemas sean las mismas, sólo debe existir una relación fija entre las concentraciones puntuales de algunos componentes de las cuales se realiza la comparación. Los sistemas con similaridad geométrica y térmica están en similaridad química cuando las diferencias correspondientes de concentración mantienen una relación constante entre uno y otro (REDALYC, 2017).

La aplicación del principio de similaridad implica que, en el sistema a diseñar, los fenómenos que ocurren en el sistema piloto, sean de la misma magnitud que en el sistema industrial, por lo tanto, es necesario obtener las relaciones de escalamiento,

para lo cual se divide la ecuación aplicada al sistema industrial por la misma ecuación aplicada al sistema piloto. De modo que:

$$\frac{\text{Ecuación industrial}}{\text{Ecuación piloto}} = 1 = \lambda_{\text{ecuación}} \quad (\text{Ec. 1-1})$$

Esta ecuación, puede ser un grupo adimensional, una correlación o bien la ecuación de diseño. A partir de la misma, pueden obtenerse las ecuaciones necesarias para definir el sistema industrial. Dentro del escalamiento se tiene cuatro tipos de ecuaciones (USON, 2017):

- ✓ Ecuaciones de similitud, resultan de la igualdad de grupos adimensionales.
- ✓ Ecuaciones de extrapolación, resultan de la igualdad de correlaciones.
- ✓ Ecuaciones de diseño, resultan de la igualdad de ecuaciones de diseño.
- ✓ Las ecuaciones que resultan de la combinación de ecuaciones de escalamiento con técnicas de diseño tradicional.

#### 1.11.4 SIMILARIDAD GEOMÉTRICA

La similitud geométrica se define con mayor precisión en términos de correspondencia. Considerando dos cuerpos sólidos, cada uno provisto de tres ejes imaginarios en el espacio que los interceptan. Un punto en el primer cuerpo referido al prototipo, está dado por las coordenadas  $x, y, z$ , mientras que en el segundo cuerpo el punto correspondiente al equipo a la nueva escala está dado por las coordenadas  $X, Y, Z$ , ambos grupos de coordenadas están relaciones por la ecuación:

$$\frac{x}{X} = \frac{y}{Y} = \frac{z}{Z} = \lambda_L \quad (\text{Ec. 1-2})$$

Donde:

$\lambda_L$  = constante de relación de escalamiento lineal.

Estos dos puntos y todos los demás pares de coordenadas espaciales que están relacionados en términos de  $\lambda_L$  son conocidos como puntos correspondientes. Dos cuerpos son geoméricamente similares cuando para todo punto en el primer cuerpo existe un punto en el segundo, como se ilustra en la **FIGURA I-14**.

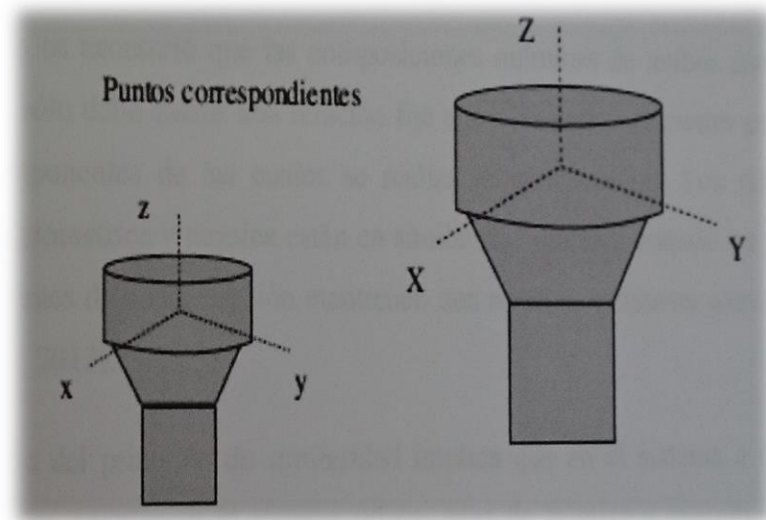
No es una condición necesaria que la relación de escalamiento sea la misma en cada uno de los ejes. Una definición más general acerca de los puntos correspondientes esta dada por:

$$\frac{x}{x'} = \lambda_x, \quad \frac{y}{y'} = \lambda_y, \quad \frac{z}{z'} = \lambda_z, \quad (\text{Ec. 1-3})$$

donde:

$\lambda_x$ ,  $\lambda_y$ ,  $\lambda_z$  = son relaciones de escalamiento constantes, pero no necesariamente iguales.

**Figura I-14: Similaridad Geométrica**



**Fuente:** REDALYC, 2017.

La relación entre dos cuerpos en los cuales las razones de escalamiento son diferentes en cada una de las direcciones, se denomina similaridad distorsionada.

## CAPÍTULO II

### PARTE EXPERIMENTAL

La Parte Experimental se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias que está ubicada en el campus de la Universidad Juan Misael Saracho, con el equipo de destilación por arrastre de vapor de agua.

**Figura II-1: Ubicación de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.**



**Fuente:** Google Maps, 2018.

## 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

En el presente trabajo de investigación se utilizó como materia prima el rizoma de jengibre, adquirido en el mercado, proveniente del Sector Cristal Mayu (Chapare) del departamento de Cochabamba.

El jengibre fue adquirido en el mercado local de Tarija, crece en suelos fértiles, sueltos, con riego abundante y expuesto a la luz directa a temperatura cálida. Para la extracción del aceite esencial se utilizó el rizoma con cáscara, ya que se observó que al ser pelado pierde bastante materia prima.

Los rizomas cultivados en territorio boliviano son grandes, aproximadamente unos 30 cm de largo, su crecimiento no es uniforme, tienen una piel lisa delgada, de un color mostaza claro, son picantes, la carne es de color amarillo, y se produce todo el año, presentando escases en épocas de lluvia, muchas veces se confunde con la cúrcuma debido a su parecido físico.

**Figura II-2: Rizoma de jengibre**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

## 2.2 EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIAL UTILIZADOS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE

### 2.2.1 MATERIAL UTILIZADO

El material utilizado en la extracción de aceite esencial de jengibre se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II-1: Material de laboratorio para la extracción de aceite esencial**

<b>Material</b>	<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>
Mangueras		2
Soporte Universal		3
Pinza doble nuez		3
Matraz Erlenmeyer	500 ml	2
Espátula	Metal	1
Refrigerante	Grande	1
Termómetro	0-250°C	3
Probeta	5 ml	1
Jarra	1000 ml	2
Ampolla de Separación	de vidrio	1
Anillo		1
Frasco	de vidrio, color ámbar, 5ml	5
Tubos de ensayo	De vidrio	2
Malla de amianto		1

**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

## 2.2.2 MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE

Se utilizó equipos e instrumentos existentes en el Laboratorio de Operaciones Unitarias compuesto por:

**Tabla II-2: Equipos e Instrumentos utilizados**

Equipo/Instrumento	Especificación	Cantidad
Cámara de Extracción	Acero Inoxidable	1
Calentador	A gas natural	1
Balanza Analítica	Marca. EUROPE Exactitud: 001 gr Potencia: 220W Capacidad máxima: 500 gr	1
Balanza triple Astil	Marca: AND(A&D WEIGHING) Capacidad máxima: 3110 gr	1
Estufa	Marca: Selecta Temperatura: 0 - 250°C	1
Tamiz	Marca: Orto-Alresa Accesorios: 1 juego de tamices Tensión: 220V y 110V. Frecuencia: 50-60 Hz. Velocidad: 2500rpm Consumo: 100W	1
Licuada	Marca: Mondial Modelo: L-95	1
Refractómetro	Marca: ABBE	1

**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

Los equipos utilizados para la extracción del aceite esencial se detallan a continuación:

### 2.2.1.1 CÁMARA DE EXTRACCIÓN

La cámara de extracción es de acero inoxidable recubierta con una capa intermedia de lana de vidrio y una capa externa de calamina aluminizada para evitar pérdidas de calor hacia el ambiente. Tiene una tapa que se sujeta a la cámara de una bisara y tres seguros

a presión para ajustarla y evitar fugas, en el cuerpo de la cámara hay tres entradas, dos de ellas son para introducir termómetros en la parte inferior y superior, el último es para introducir agua, en caso de que esta se agote, también cuenta con un tubo de vidrio para medir el nivel de agua.

Para cargar la materia prima en la cámara cuenta con tres fuentes de acero inoxidable con orificios en sus bases para permitir el paso del vapor, las fuentes se acomodan una sobre otra, la primera fuente se asienta sobre cuatro soportes ubicados a  $\frac{1}{4}$  de la base de la cámara, de modo que se deje un espacio entre el nivel de agua y la base de la primera fuente.

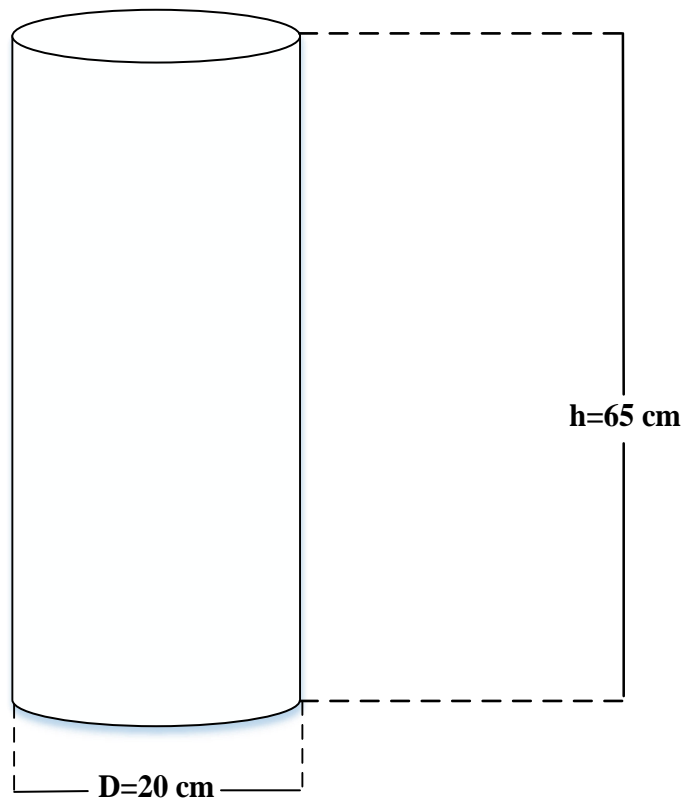
**Figura II-3: Cámara de extracción y accesorios**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

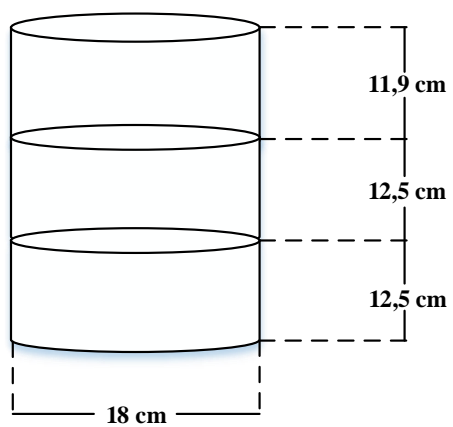


**Figura II-4: Dimensiones de la Cámara de extracción**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Figura II-5: Dimensiones de las fuentes**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### 2.2.1.2 FUENTE GENERADORA DE ENERGÍA

Para calentar el agua y generar el vapor de arrastre en el interior de la cámara, se utilizó una cocinilla pequeña de una sola hornalla conectada al flujo de gas natural.

**Figura II-6: Cocina pequeña conectada al tubo de gas natural**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU),2017.

### 2.2.1.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de condensación pertenece al Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología, es un tubo refrigerante Graham de vidrio, que se usa para condensar vapores que se desprenden de la cámara de extracción. El tubo exterior consta de dos conexiones donde se ajustan mangueras de entrada y salida del líquido refrigerante en este caso agua, y la condensación tiene lugar dentro de la espiral. Esta configuración maximiza el recojo de condensados, ya que todos los vapores fluyen a través de toda la longitud de la espiral teniendo contacto prolongado con el agua.

**Figura II-7: Refrigerante Graham**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

## 2.3 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE MATERIA PRIMA

### 2.3.1 DETERMINACIÓN POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO EN ESTUFA A 105° C

El análisis del contenido de humedad del rizoma de jengibre se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Química (LOU), en el campus Universitario de Juan Misael Saracho.

Para determinar el contenido de humedad en el rizoma de jengibre, se calienta a una temperatura de 105°C hasta peso constante, y por diferencia de peso se calcula el porcentaje de materia seca y posteriormente el porcentaje de humedad.

El método usado es el gravimétrico (estufa a 105 °C), según Norma Boliviana NB 074 (ANEXO 2).

El procedimiento para la determinación de humedad es el siguiente:

1. Tara la cápsula durante 30 min a 105 °C.
2. Llevar al desecador y dejar enfriar por 45 min para luego pesar la cápsula.
3. Pesar 5 gramos de muestra, y llevar a la estufa a 105°C por un espacio de 5 a 6 horas.
4. Dejar enfriar en un desecador por 45 minutos.
5. Pesar la cápsula con la muestra seca.
6. Se lleva a la estufa, después al desecador y finalmente se pesa; se realiza este procedimiento hasta que el peso sea constante.

El resultado se expresa en porcentaje de humedad usando la siguiente fórmula:

$$\%H = \left[ 1 - \left( \frac{C_F - C_o}{C_m - C_o} \right) \right] * 100 \quad (\text{Ec. 2-1})$$

Donde:

$C_o$  = Masa de la cápsula vacía en gramos.

$C_m$  = Masa de la cápsula con muestra húmeda en gramos.

$C_F$  = Masa final de la cápsula con muestra seca en gramos.

### 2.3.2 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN EL SECADOR INFRARROJO SARTORIUS MA 100

Se determina la humedad del rizoma de jengibre en un Analizador Infrarrojo SARTORIUS MA 100, que está en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Química, y se procede de la siguiente manera:

1. Picar el rizoma de jengibre.
2. Tara el patillo del analizador.
3. Pesar aproximadamente 5 gramos de la muestra en la balanza del analizador.
4. Iniciar el proceso de secado, anotar la variación de la Humedad con el tiempo hasta que este sea constante.

Los resultados dan directamente en porcentaje de humedad, no se necesita hacer ninguna clase de cálculo.

A continuación, se muestra en la figura el Analizador Infrarrojo, usado para la determinación del contenido de humedad del rizoma de jengibre.

**Figura II-8: Analizador Infrarrojo SARTORIUS MA 100**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

## 2.4 DISEÑO FACTORIAL

Un experimento diseñado, es una prueba o serie de pruebas en las cuáles se induce cambios deliberadores en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida (Montgomery, 1991).

Los diseños factoriales son ampliamente utilizados en experimentos en los que intervienen varios factores para estudiar el efecto conjunto de estos sobre una respuesta. Uno de los diseños en la serie  $2^k$  que tiene solo dos factores, A y B, cada uno con dos niveles. Este diseño se conoce como diseño factorial  $2^2$ . Arbitrariamente, los niveles del factor pueden llamarse “inferior” y “superior” (Montgomery, 1991).

$$2^k$$

2 = Número de niveles

k = Número de variables o factores

### 2.4.1 VARIABLES Y NIVELES DEL DISEÑO FACTORIAL

En el presente trabajo se realiza un diseño factorial, en el cual se tiene 3 factores, a 2 niveles cada uno, con 1 repeticiones,  $2^3$ .

Se eligió como una de las variables el tipo de secado ya que este influye en el porcentaje de aceite esencial obtenido, siendo forzado el cual se utiliza en muchas industrias ya que es menos complejo, y el natural que toma días en procesar la materia prima, pero se obtiene mejor rendimiento. El otro factor a analizar es la granulometría, ya que según investigaciones en la Revista Scientia et Technica (*Rendimiento y Composición Química del Aceite Esencial de Zingiber Officinale en función del diámetro de la partícula*), se dedujo que mientras más pequeña sea la partícula mejor el rendimiento, en un tiempo determinado obteniendo mejores rendimientos.

**Factor S(F<sub>S</sub>):** Tipo de secado

**Factor T(F<sub>T</sub>):** Tiempo

**Factor M(F<sub>M</sub>):** Granulometría

$$N^{\circ}_{\text{Exp.}} = (N^{\circ} \text{ niveles } F_S * N^{\circ} \text{ niveles } F_T * N^{\circ} \text{ niveles } F_M) * N^{\circ} \text{ repeticiones}$$

$$N^{\circ}_{\text{Exp.}} = (2 * 2 * 2) * 2$$

$$N^{\circ}_{\text{Exp}} = 16$$

Se realizarán 16 experimentos elementales.

(+) = nivel o valor alto

(-) = nivel o valor bajo

**Factor R(F<sub>R</sub>):** Factor Respuesta; Volumen (ml)

Los factores que influyen en el sistema se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla II-3: Factores que influyen en el sistema**

FACTORES	NIVEL	
	BAJO (-)	ALTO (+)
Tipo de Secado	Natural	Forzado
Tiempo (min)	60	120
Granulometría (mm)	0.25-2	4-5

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Los experimentos a realizarse incluyen todas las combinaciones de cada nivel de un factor con todos los niveles de los otros factores.

**Tabla II-4: Matriz de diseño primera repetición**

Muestra	Tipo de Secado	Tiempo (min)	Granulometría (mm)
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Tabla II-5: Matriz de diseño segunda repetición**

<b>Muestra</b>	<b>Tipo de Secado</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Granulometría (mm)</b>
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Tabla II-6: Plan de experimentación primera repetición.**

<b>Muestra</b>	<b>Tipo de Secado</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Granulometría (mm)</b>	<b>Volumen (ml)</b>
1	Natural	60	0.25-2	y <sub>1</sub>
2	Forzado	60	0.25-2	y <sub>2</sub>
3	Natural	120	0.25-2	y <sub>3</sub>
4	Forzado	120	0.25-2	y <sub>4</sub>
5	Natural	60	4-5	y <sub>5</sub>
6	Forzado	60	4-5	y <sub>6</sub>
7	Natural	120	4-5	y <sub>7</sub>
8	Forzado	120	4-5	y <sub>8</sub>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Tabla II-7: Plan de experimentación segunda repetición.**

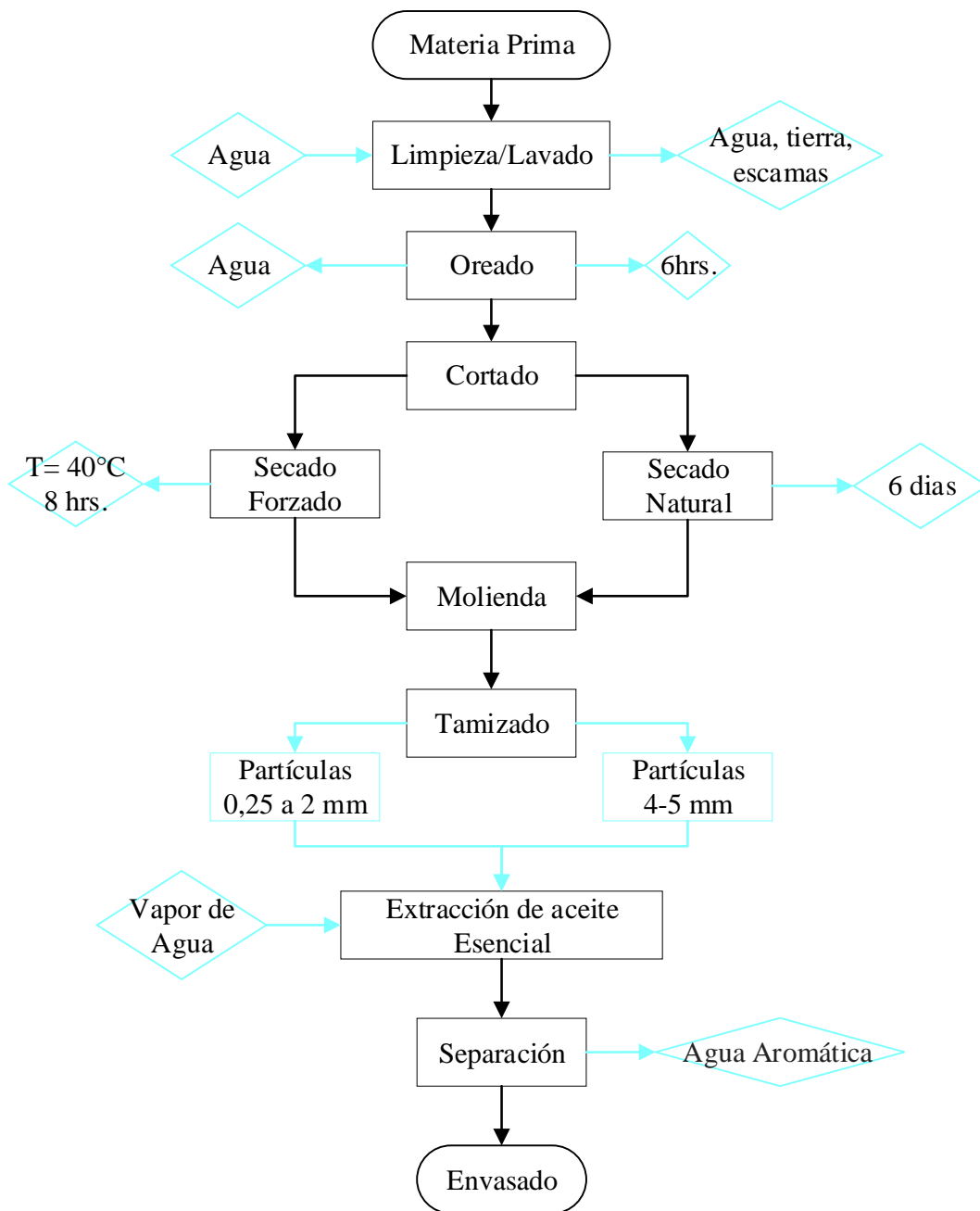
<b>Muestra</b>	<b>Tipo de Secado</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Granulometría (mm)</b>	<b>Volumen (ml)</b>
1	Natural	60	0.25-2	y <sub>1</sub>
2	Forzado	60	0.25-2	y <sub>2</sub>
3	Natural	120	0.25-2	y <sub>3</sub>
4	Forzado	120	0.25-2	y <sub>4</sub>
5	Natural	60	4-5	y <sub>5</sub>
6	Forzado	60	4-5	y <sub>6</sub>
7	Natural	120	4-5	y <sub>7</sub>
8	Forzado	120	4-5	y <sub>8</sub>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## 2.5 EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL RIZOMA DE JENGIBRE

Para la obtención de aceite esencial del rizoma de jengibre se elaboró el siguiente diagrama de flujo:

**Figura II-9: Diagrama de Bloques para extracción de aceite esencial de jengibre.**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### 2.5.1 ADQUISICIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima fue adquirida en el mercado campesino de la ciudad de Tarija, importada de la ciudad de Cochabamba, cultivada en el chapare sector CRISTAL MAYU con clima tropical, tuvo un costo de 130 bs arropa. La cual llego previamente lavada, pero aun así presentaba rastros de tierra adherida a su piel.

**Figura II-10: Adquisición de la materia prima**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

### 2.5.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

Para extraer aceite esencial del rizoma de jengibre se acondiciona la materia prima de manera que se logre un proceso eficiente, para esto se realiza pruebas en el Laboratorio de Operaciones Unitarias perteneciente a la carrera de Ingeniería Química, de las que se concluyó que la mejor manera de obtener aceite esencial de jengibre es secando el rizoma. El procedimiento es el siguiente:

1. **Limpieza**, se eliminan cuidadosamente las raíces y la tierra adherida, de preferencia se utilizan cuchillos de acero inoxidable de hoja roma con el fin de separar también las escamas que cubren el rizoma.

2. **Lavado**, tiene por finalidad eliminar los últimos vestigios de tierra y se realiza mediante un flujo continuo de agua potable a temperatura ambiente y luego se deja escurrir.

**Figura II-11: Lavado del rizoma de jengibre**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

3. **Oreado**, por seis horas para eliminar el exceso de humedad.

**Figura II-12: Oreado del rizoma de jengibre**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

4. **Cortado o troceado**, debido a que la muestra debe ser secada, se corta en hojuelas para facilitar la operación de secado. En forma manual con ayuda de cuchillos de acero inoxidable.

**Figura II-13: Cortado o troceado del rizoma de jengibre**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

### **2.5.3 SECADO DEL RIZOMA DE JENGIBRE**

Se realiza el proceso de secado para facilitar el proceso de extracción y así mismo lograr un mayor tiempo de almacenaje si es que no se va a extraer de forma inmediata.

- **Secado Natural**, bajo cobertizo por 6 días, sin contacto de luz solar.

Procedimiento para Secado Natural es el siguiente:

1. Lavar, picar la muestra.
2. Dejar secar bajo cobertizo sin contacto directo de luz solar.
3. Recoger la muestra en bolsas herméticas y guardar.

**Figura II-14: Secado natural de la materia prima**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

- **Secado Forzado**, se utiliza una estufa a 40 °C por 8 horas.

Procedimiento para Secado Forzado, se utiliza una estufa (SELECTA):

1. Lavar, cortar en rodajas.
2. Encender la estufa, programar 40 °C.
3. Colocar la muestra por 8 horas.
4. Recoger la muestra en bolsas herméticas y guardar.

**Figura II-15: Secado el rizoma de jengibre en estufa**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

#### 2.5.4 MOLIENDA DEL RIZOMA DE JENGIBRE

Se utiliza una Licuadora marca MONDIAL modelo L-95, para obtener un mayor número de partículas que harán más eficiente la extracción al aumentar la superficie de contacto y también libera las propiedades del rizoma que quedan encapsuladas después del secado. El proceso de molienda es el siguiente:

1. Se llena la jarra con hojuelas de jengibre hasta la cuarta parte de su volumen y se tapa.
2. Se da inicio a la molienda girando hacia la primera velocidad apretamos pulsar durante 15 segundos para disminuir el tamaño y no forzar el motor de la licuadora.
3. Se tritura unos 5 segundos para obtener partículas mayores a 5 mm.
4. Se deja unos 10 segundos las hojuelas jengibre para obtener partículas de jengibre menores a 5 mm de diámetro aproximadamente.

**Figura II-16: Licuadora marca Mondial**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

### 2.5.5 TAMIZADO DEL RIZOMA DE JENGIBRE

El equipo a utilizar para realizar la granulometría de rizoma de jengibre es un tamiz vibratorio marca Orto Alresa, Norma española UNE, con tamices de 5; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,063 mm

El procedimiento para el análisis granulométrico del rizoma de jengibre molido es el siguiente:

1. Pesar tamices.
2. Pesar muestra de rizoma de jengibre picado.
3. Introducir muestra de rizoma de jengibre picada al tamizador.
4. Programar tiempo de tamizado y la intensidad (rpm).
5. Puesta en marcha del tamizador.
6. Pesaje de rechazos contenidos en los tamices.

**Figura II-17: Tamiz Vibratorio**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.



Para pesar la serie de tamices en el análisis granulométrico e las muestras de jengibre se utilizó una balanza triple astil(brazo) Marca AND (A6D WEIGHING), con la capacidad máxima de 3110 gr.

**Figura II-18: Balanza triple Astil**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

## **2.5.6 OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE**

### **2.5.6.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN**

Las condiciones de trabajo con las que se realiza la investigación son las siguientes:

#### **2.5.6.1.1 TEMPERATURA**

La temperatura de trabajo durante todas las pruebas de extracción es de 93°C, siendo esta la temperatura de ebullición de agua en Tarija, que es a la cual empieza la extracción de aceite esencial de jengibre, registrándose en ambos termómetros las mismas temperaturas durante el proceso, siendo la temperatura constante.

#### **2.5.6.1.2 PRESION**

La presión de trabajo durante todo en proceso de extracción de aceite esencial de jengibre es de 0.94 atm siendo esta la presión atmosférica de Tarija.

#### **2.5.6.1.3 POTENCIA DE LA FUENTE GENERADORA DE CALOR**

Para obtener un mejor rendimiento de aceite esencial se determinó la potencia de trabajo, ya que afecta directamente sobre el flujo de vapor y este a su vez al rendimiento. Por este motivo se realizó pruebas a tres niveles de potencia; bajo, medio y alto. Teniendo como conclusión lo siguiente:

- ✓ En potencia baja se observa que el rendimiento es menor y el tiempo usado mayor, esto se debe a que el flujo de vapor es insuficiente.
- ✓ En potencia media presenta un flujo de calor moderado, el tiempo es óptimo y el rendimiento, ya que no presenta pérdidas ni maceraciones.
- ✓ En potencia alta generan mayor flujo de calor y el tiempo usado menor, pero las pérdidas eran altas, disminuyendo el rendimiento. La cámara de extracción no es completamente hermética y presenta pérdidas en la parte de los tapones en donde se introducen los termómetros y en la misma tapa de la cámara.

Por lo planteado se concluye que la potencia media es la más adecuada para la extracción del aceite esencial por este método.

#### **2.5.6.1.4 VOLUMEN DE AGUA CARGADA EN LA CÁMARA**

El volumen de agua cargada en la cámara de extracción en cada repetición es de 4 litros, ya que en trabajos realizados anteriormente el agua gastada en una prueba de extracción es de aproximadamente 2 litros en un tiempo de 2 horas, pero para controlar el nivel de agua se usarán 4 litros. La cámara cuenta con un nivel máximo de agua, el cual debe estar 5 cm debajo de la primera fuente, debe contar con espacio para la generación de vapor, y para que la materia prima no se compacte, y permita el flujo de vapor para la extracción.

#### **2.5.6.1.5 CONDENSACIÓN**

El condensador se encarga de cambio de fase de los vapores de aceite esencial a líquido, el cual toma agua fría de un grifo mediante una manguera y descarga agua a una mayor temperatura por otra. Para enfriar el agua antes de recircular por el refrigerante se usa un enfriador marca LAUDA PROLINE RP 180, a base de alcohol con el fin de disminuir la temperatura del agua extraída del grifo.

### **2.5.6.2 PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE**

El procedimiento de destilación de aceite esencial de jengibre es el siguiente:

1. Se arma el equipo de destilación.
2. Se carga la cámara de extracción 4 litros de agua.
3. Se introduce los canastillos que contiene el rizoma de jengibre seco. Cada canastillo contiene 100 gramos de rizoma de jengibre siendo una masa total de 300 gramos para cada extracción y con distinta granulometría ya que es una variable como se mostró en el diseño factorial.
4. Una vez cargada la cámara de extracción se tapa con cuidado para evitar pérdidas, colocar los termómetros en la torre.
5. Se conecta la cámara al equipo de destilación.
6. Se procede a encender la fuente generadora de calor, registrar la hora de inicio.
7. Una vez que se prende la fuente generadora de calor se inicia la etapa de calentamiento, se controla el tiempo hasta que el termómetro inferior registra la temperatura de ebullición, es cuando termina la etapa de calentamiento y empieza la etapa de extracción para la cual también se controla el tiempo.
8. Hacer circular el agua por el refrigerante.
9. Se recibe el hidrolato directamente en la ampolla de separación, en la cual el aceite esencial se queda en la parte superior y el agua en la parte inferior, siendo así que el agua se puede ir desechando en un vaso de precipitación, mientras la ampolla se llena.
10. Se deja reposar unos 10 minutos más en la ampolla de separación, cubierta con papel aluminio para evitar la proyección de la luz. Luego se mide el aceite esencial obtenido con ayuda de una probeta.
11. Envasar y almacenar el aceite esencial.
12. Finalmente se mide el agua que queda en la cámara de extracción.

**Figura II-19: Equipo de Destilación**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

### 2.5.7 DECANTACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE

La mezcla obtenida se la recibe directamente en la ampolla de separación la cual se va separando el agua del aceite esencial continuamente, debido a una diferencia de densidades ya que el aceite esencial es inmisible con el agua, la mezcla se va separando en dos fases, el aceite esencial forma una capa en la parte superior y el agua en la parte inferior. La ampolla de separación fue cubierta con papel aluminio para evitar la emisión de luz solar, blanca.

**Figura II-20: Separación de fases**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

### **2.5.8 ENVASADO, ETIQUETADO Y ALMACENAJE DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE**

El aceite esencial de jengibre es muy volátil, sensible a la luz, al aire y al calor, al igual que a los demás aceites esenciales, por lo que su envasado se usa un frasco de vidrio oscuro color ámbar, y una tapa hermética y etiquetado con su nombre. Se almacena en un lugar fresco y oscuro.

**Figura II-21: Envasado de aceite esencial de jengibre**



**Fuente:** Elaboración propia, U.A.J.M.S. (LOU), 2017.

## 2.6 ANÁLISIS DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE

### 2.6.1 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

Las características organolépticas del aceite esencial de jengibre color, olor y aspecto se determinó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, teniendo lo siguiente:

- **Color.**
- **Aspecto.**
- **Olor.**
- **Sabor.**

### 2.6.2 ANÁLISIS FÍSICOS

#### 2.6.2.1 DENSIDAD

La densidad del aceite esencial de jengibre se determinó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias; para tal efecto se pesó la muestra de aceite en una Balanza Analítica marca EUROPE y el volumen se midió con una probeta de 5 ml, el procedimiento se detalla a continuación:

1. Pesar probeta de 5ml, y tara la balanza.
2. Medir el volumen de aceite esencial con la probeta anteriormente pesada.
3. Pesar el aceite contenido en la probeta.
4. Calcular la densidad empleando la fórmula:

$$\rho = \frac{m}{Vol} \quad (\text{Ec. 2-2})$$

El aceite esencial de jengibre no debe poseer una densidad baja ya que esto indicaría que el aceite es ligero por motivo de una destilación incompleta, así mismo una densidad alta indicaría una destilación muy prolongada, un aceite muy viejo o el uso de rizomas muy maduros, la densidad debe ser la adecuada.

#### 2.6.2.2 ÍNDICE DE REFRACCIÓN

El índice de refracción es el valor numérico que se expresa la relación entre los senos de los ángulos de incidencia y refracción, para la presente investigación se realizó la determinación de esta propiedad física en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de



la Carrera de Ingeniería Química, se utilizó un refractómetro ABBE. El procedimiento para la medición es el siguiente:

1. Se limpió el equipo con agua destilada, donde se coloca la muestra a ser analizada.
2. Se calibra el equipo con agua destilada.
3. Se limpió el agua y se colocó unas gotas del aceite esencial de jengibre en el prisma para realizar la medición.

Se repite este procedimiento tres veces y se toma como resultado final el promedio de estas tres mediciones.

### **2.6.2.3 CROMATOGRAFÍA DE GASES**

La cromatografía de gases es una técnica cromatográfica en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de los otros tipos de cromatografías, la fase móvil no interactúa con las moléculas del analito; su única función es la de transportar el analito a través de la columna.

Para la presente investigación el análisis cromatográfico se realizó en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo “CEANID”.

## **2.7 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA**

En el proceso de extracción del aceite esencial de jengibre, es necesario realizar un balance de materia y energía, con la finalidad de tener conocimiento de los caudales másicos de todas las corrientes que intervienen en el proceso de extracción, así como las necesidades energéticas del mismo.

Durante los 16 experimentos propuestos en el diseño factorial se registraron una serie de datos que nos sirvió para el balance de materia y energía. Pero se utilizó solo los datos del experimento en el que se obtuvo mayor rendimiento de aceite esencial, con el fin obtener resultados óptimos.

El experimento de mayor rendimiento fue el de 1,7 ml de aceite esencial obtenidos con 300 gr de jengibre seco molido de partículas de 0,25 a 2 mm de diámetro en un tiempo de 120 minutos.

**Tabla II-8: Datos de la extracción de aceite esencial con mayor rendimiento**

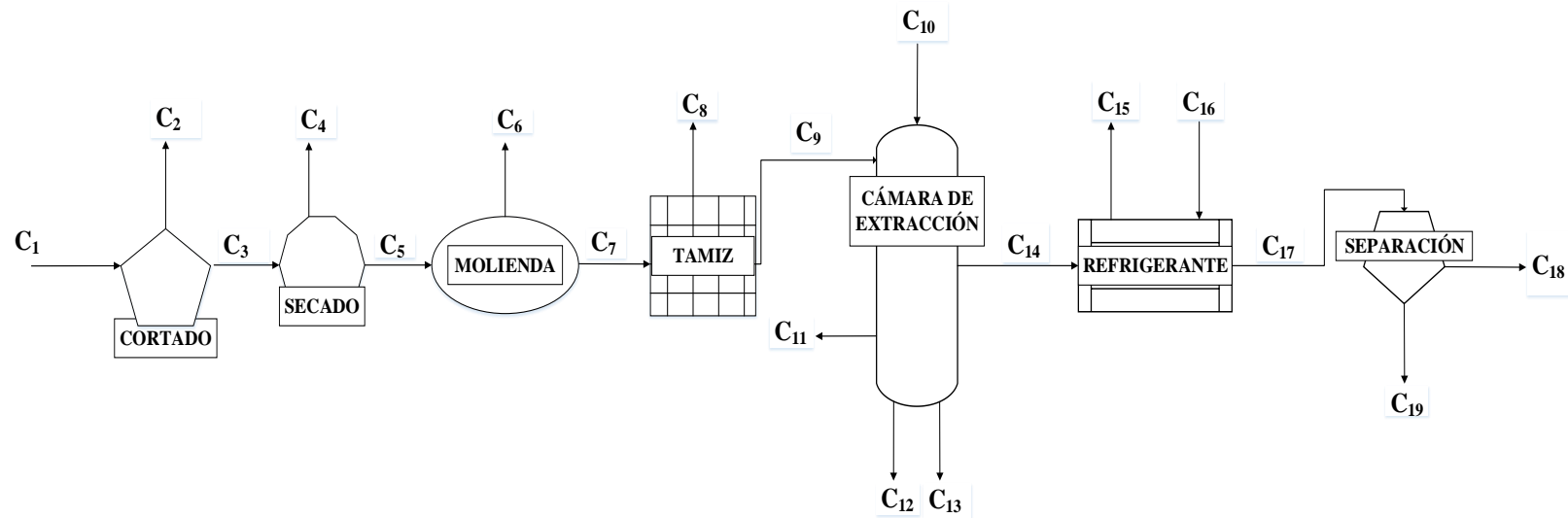
<b>Datos registrados en la Cámara de extracción</b>		
Masa de agua cargada en la cámara de extracción	3982,4	gr
Masa de jengibre seco cargado en la cámara de extracción	300	gr
Masa de residuos de jengibre	356,415	gr
Masa de agua no evaporada	1732,344	gr
Temperatura Inicial de agua en la cámara de extracción	20	°C
Temperatura del vapor en la torre	93	°C
<b>Datos registrados en el condensador</b>		
Flujo másico del agua de refrigeración	109,406	gr/s
Masa de agua condensada	2190,32	gr
Masa de aceite obtenido	1,442	gr
Temperatura del condensado	25	°C
Temperatura de entrada del agua de refrigeración	20	°C
Temperatura de salida del agua de refrigeración	22	°C
<b>Datos registrados de los equipos</b>		
Rendimiento del rechazo de partículas de 0.25 a 2 mm	57,6	%
Tiempo de calentamiento	37	min
Tiempo de extracción	120	min
<b>Otros datos a considerar</b>		
Densidad del agua	0,9956	gr/ml
Densidad del aceite esencial	0,8483	gr/ml
Calor específico del agua	1	cal/gr °C

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### 2.7.1 BALANCE DE MATERIA

El balance de materia del proceso de extracción se realiza para poder determinar el valor de las corrientes que no se conocen. A continuación, se presenta un diagrama de flujo del proceso, que ayudara a identificar y calcular los valores para cada corriente:

**Figura II-22: Diagrama de Flujo del proceso de extracción de aceite esencial de jengibre**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Con el diagrama de flujo del proceso (**FIGURA II-22**) se identifica las corrientes que intervienen en el proceso y se las describe en la Tabla II-9.

**Tabla II-9: Corrientes del proceso de extracción**

<b>Corrientes del Proceso</b>	
<b>Corriente</b>	<b>Nombre</b>
C <sub>1</sub>	Masa de rizoma de jengibre
C <sub>2</sub>	Masa de pérdida en el cortado
C <sub>3</sub>	Masa de jengibre cortado
C <sub>4</sub>	Masa de agua en el jengibre
C <sub>5</sub>	Masa de jengibre seco
C <sub>6</sub>	Masa de pérdida en la molienda
C <sub>7</sub>	Masa de jengibre molido
C <sub>8</sub>	Masa de jengibre rechazado
C <sub>9</sub>	Masa de jengibre seco que entra a la cámara de extracción
C <sub>10</sub>	Masa de agua cargada en la cámara de extracción
C <sub>11</sub>	Masa de agua no evaporada
C <sub>12</sub>	Masa de pérdida de vapor de agua
C <sub>13</sub>	Masa de residuo hidratado
C <sub>14</sub>	Masa de mezcla de vapores
C <sub>15</sub>	Masa de agua de refrigeración que sale
C <sub>16</sub>	Masa de agua de refrigeración que entra
C <sub>17</sub>	Masa de mezcla de condensados
C <sub>18</sub>	Masa de agua Condesada
C <sub>19</sub>	Masa de Aceite esencial obtenido

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Las corrientes a calcular son las siguientes:

**Tabla II-10: Corrientes a calcular**

<b>Corrientes a calcular</b>	
<b>Corriente</b>	<b>Nombre</b>
C <sub>7</sub>	Masa de jengibre molido
C <sub>8</sub>	Masa de jengibre rechazado
C <sub>14</sub>	Masa de mezcla de vapores
C <sub>12</sub>	Masa de pérdida de vapor de agua
C <sub>16</sub>	Masa de agua de refrigeración que entra
M <sub>t</sub>	Masa Total de agua en la cámara extracción
M <sub>o</sub>	Masa de agua que queda en los residuos
M <sub>v</sub>	Masa de vapor generado en la cámara de Extracción
F <sub>mv</sub>	Flujo másico de vapor

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## **2.7.2 BALANCE DE ENERGÍA**

Se realiza un balance de energía en la cámara de extracción y en el sistema de refrigeración, para determinar cuánto de energía se requiere para la extracción del aceite esencial, cuantificar el calor intercambiado entre los vapores y el agua de refrigeración y cuanto de gas natural consume.

### **2.7.2.1 BALANCE DE ENERGÍA EN LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN**

En la cámara de extracción se presentan dos tipos de calores, el calor sensible que es el encargado de calentar el agua hasta el punto de ebullición y el calor latente el cual se requiere para evaporar el agua. La energía requerida es la suma de estos calores.

$$Q_{total} = Q_{sensible} + Q_{latente} \quad (\text{Ec. 2-3})$$

Para el cálculo del calor sensible se usan datos de la Tabla II-8, calculando el calor latente multiplicando la potencia de la hornilla con el tiempo de extracción, la potencia de la hornilla se calcula dividiendo el calor sensible entre el tiempo de acondicionamiento. Los cálculos se presentan en el CAPÍTULO III del presente trabajo.

### **2.7.2.2 BALANCE DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

En el sistema de refrigeración hay transferencia de calor, desde la mezcla de vapores hacia el agua de refrigeración, esto quiere decir que hay calor cedido y calor recibido.

Para calcular el calor cedido es necesario el dato de calor de vaporización del agua a 93°C, para obtenerlo se divide el calor latente calculado en el balance de energía de cámara de extracción entre la masa de vapor generada en la misma.

### **2.7.2.3 GAS CONSUMIDO**

Para el cálculo de gas consumido se multiplica la potencia de la hornilla por el tiempo que se utiliza el gas, luego se divide el resultado entre el poder calorífico del gas natural.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 RESULTADOS DE LA MATERIA PRIMA: RIZOMA DE JENGIBRE

Se realizan los análisis a la materia prima, rizomas de jengibre los cuales se detallan a continuación:

##### 3.1.1 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE LA MATERIA PRIMA

Este análisis se hace en base a los indicadores que se muestran en la siguiente tabla (ANEXO 3):

**Tabla III-1: Análisis Organoléptico del jengibre**

<b>Características</b>	<b>Evaluación</b>
Forma	Plagiotropa
Tamaño	Grande
Color	Amarillo claro
Textura	Lisa
Sabor	Picante

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Se puede apreciar en la **Tabla III-1** que las características de la materia prima realizadas de forma visual.

##### 3.1.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA

Los Análisis Físicoquímicos de la materia prima fueron realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), siendo este el Laboratorio Oficial del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG) los cuales nos dieron como resultado lo siguiente:

**Tabla III-2: Informe de Análisis Fisicoquímicos del Rizoma de Jengibre.**

Parámetro	Técnica y/o Método de ensayo	Unidad	Resultado
Ceniza	NB 39034:10	%	0,74
Fibra	Gravimétrico	%	0,09
Grasa	NB 313019:06	%	0,10
Hidratos de Carbono	Calculo	%	12,73
Humedad	NB 313010:05	%	85,30
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	1,04
Valor energético	Calculo	Kcal/100g	55,98

**Fuente:** Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), 2018.

Estas características identificadas de la materia prima, se pueden apreciar en la bibliografía en la **Tabla I-5; Tabla I-6 (CAPITULO I)**.

### **3.1.2.1 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO EN ESTUFA A 105° C**

Realizado el procedimiento correspondiente y obteniendo los datos necesarios para los cálculos, se emplea la siguiente ecuación matemática para el cálculo de porcentaje de humedad. Según a Norma Boliviana NB074 (**ANEXO 2**):

$$\%H = \left[ 1 - \left( \frac{C_F - C_O}{C_m - C_O} \right) \right] * 100 \quad (\text{Ec.2-1})$$

$$\%H_1 = \left[ 1 - \left( \frac{35,0956 - 33,8592}{38,8445 - 33,8592} \right) \right] * 100$$

$$\%H_1 = 75,199$$

$$\%H_2 = \left[ 1 - \left( \frac{33,8327 - 32,5982}{37,5767 - 32,5982} \right) \right] * 100$$

$$\%H_2 = 75,203$$

El promedio de ambas es:

$$\%H = \frac{75,199 + 75,203}{2}$$

$$\%H = 75,201$$



### 3.1.2.2 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN EL SECADOR INFRARROJO SATORIUS MA 100

El analizador Infrarrojo SARTORIUS MA 100 permite registrar la variación del porcentaje de humedad evaporada respecto al tiempo. En la tabla siguiente se muestran los datos registrados de humedad evaporada respecto al tiempo.

**Tabla III-3: Variación del porcentaje de humedad evaporada respecto al tiempo del rizoma de jengibre**

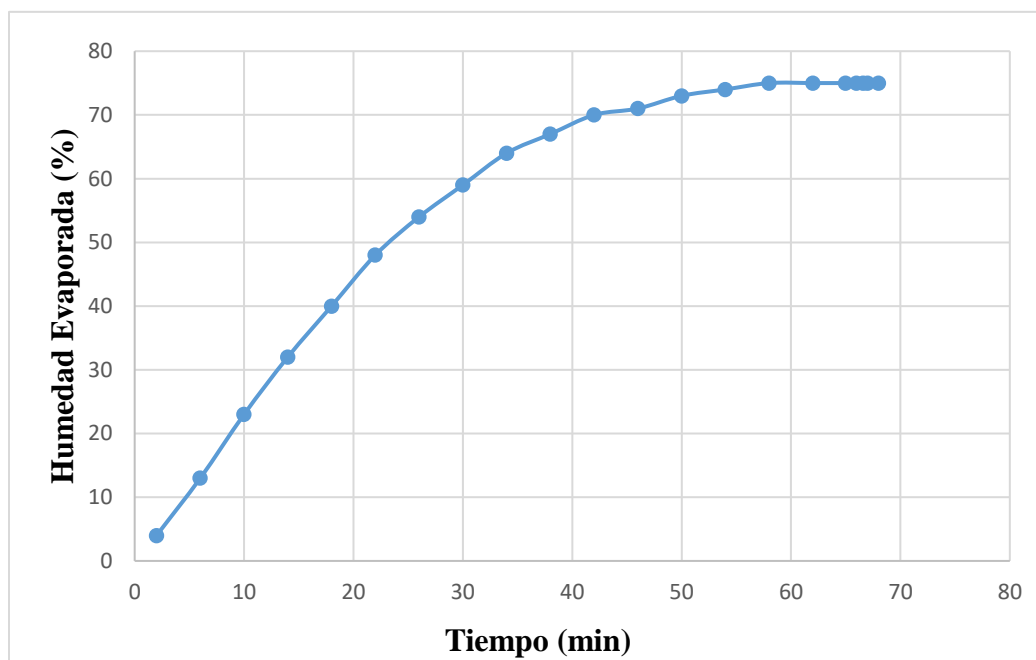
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Humedad Evaporada (%)</b>
2	4.028
6	13.128
10	22.693
14	32.174
18	40.405
22	47.791
26	54.108
30	59.460
34	63.783
38	67.260
42	69.978
46	71.241
50	73.107
54	74.092
58	74.736
62	75.140
65	75.344
66	75.404
66.6	75.424
67	75.424
68	75.424

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Según los datos de la **Tabla III-3** el porcentaje de humedad evaporada del rizoma de jengibre se hace constante a los 66.6 min con un porcentaje de humedad evaporada de 75.424 %, la masa de la muestra fue 4.952 gr.

A continuación, se muestra la curva de humedad evaporada versus tiempo realizado con los datos de **Tabla III-3**.

**Gráfica III-1: Curva de “Humedad evaporada Vs. Tiempo”**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la **Gráfica III-1** se observa que al minuto 66.6 disminuye de pendiente, volviéndose una línea recta ya que a ese tiempo se vuelve constante, cuando esto sucede finaliza el proceso de secado. Al minuto 2 el agua evaporada es de 4.028%.

Los resultados obtenidos con este método muestran que por ambos métodos la humedad es casi la misma. Según la siguiente tabla:

**Tabla III-4: Resultados de humedad**

Método	% Humedad	T(°C)
Gravimétrico en estufa	75,201	105
Secador Infrarrojo	75,424	105

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## 3.2 SECADO DE LA MATERIA PRIMA

### 3.2.1 SECADO NATURAL

Para determinar la humedad de la materia prima secada de forma natural, se cortaron en rodajas el rizoma de jengibre y se dejó secar bajo cobertizo. El lote a analizar tenía una masa inicial de 68.150gr, teniendo en cuenta los siguientes datos:

**Tabla III-5: Variación de masa vs tiempo para secado natural**

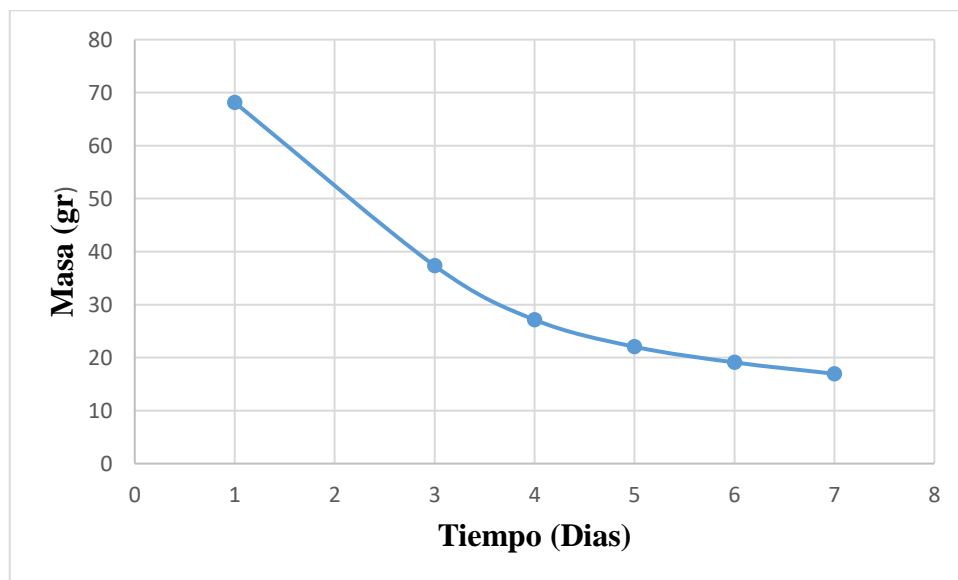
Tiempo (día)	Masa(gr)
1	68.150
3	37,333
4	27,141
5	22,045
6	19,092
7	16,949

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

La cual después del secado se determinó que su porcentaje de humedad es de 75,130%.

A continuación, tenemos la curva de secado natural:

**Gráfica III-2: Curva de secado natural**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### 3.2.2 SECADO FORZADO

La materia prima se sometido a un secado forzado en la estufa de marca Selecta por un tiempo de 8 horas a 40°C, con una masa inicial de 417,609 gramos, teniendo los siguientes datos:

**Tabla III-6: Variación de Masa vs. Tiempo para secado forzado**

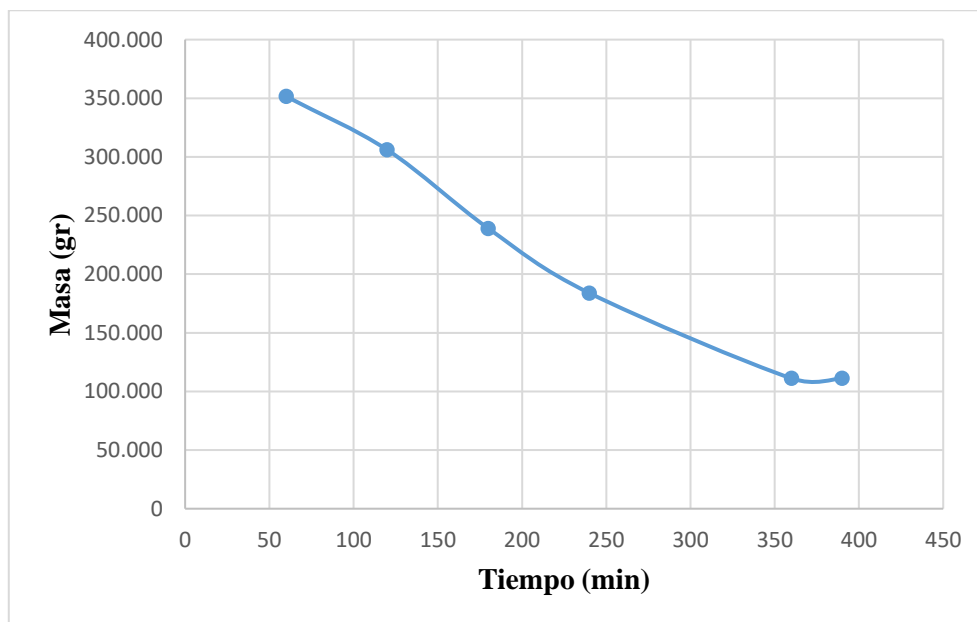
Tiempo(min)	Masa(gr)
60	351,519
120	305,968
180	238,976
240	183,846
360	111,107
390	111,107

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

La cual después del secado se determinó que su porcentaje de humedad es de 73,394%.

A continuación, tenemos la curva de secado forzado:

**Gráfica III-3: Curva de secado forzado**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### 3.3 GRANULOMETRÍA DEL RIZOMA DE JENGIBRE

Los resultados de granulometría del rizoma de jengibre molido, determinados en Laboratorio de Operaciones Unitarias, se detalla a continuación:

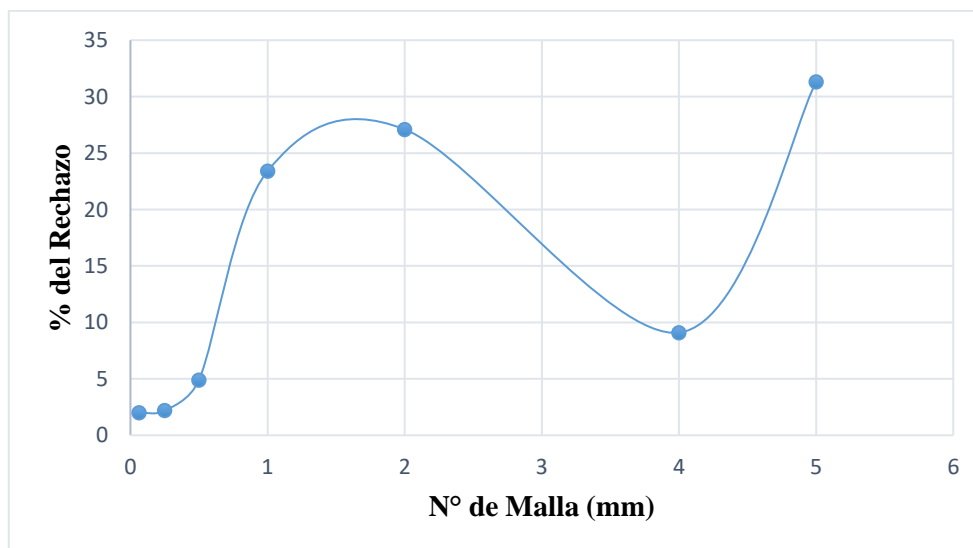
**Tabla III-7: Resultados de granulometría de jengibre molido**

N° de Malla (mm)	Peso (gr)			% del Rechazo
	Vacío	con rechazo	del Rechazo	
5	493,1	524,4	31,3	31,3
4	455,5	464,6	9,1	9,1
2	434,8	461,9	27,1	27,1
1	433,5	456,9	23,4	23,4
0,5	443,8	448,7	4,9	4,9
0,25	417,4	419,6	2,2	2,2
0,063	389,1	391,1	2	2

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Se cargaron 100 gr de jengibre molido, los datos expuestos en la **Tabla III-7** para la cantidad de masa rechazada en los diferentes tamices vs. el tamaño de tamiz se representan en una gráfica a continuación:

**Gráfica III-4: Granulometría de rizoma de jengibre molido**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la **Gráfica III-4** se puede observar que la malla con un mayor porcentaje de rechazo fue 5mm seguidas de la 2mm y 1mm. Para la extracción de aceite esencial se utilizó todos los rechazos de cada tamiz como parámetro partículas de 4-5mm a un nivel y partículas menores a 2 mm a otro nivel como se muestra en el diseño factorial.

### **3.4 CARACTERÍSTICAS Y PRINCIPALES COMPONENTES DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE**

#### **3.4.1 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS**

El aceite esencial de jengibre muestra los siguientes resultados al análisis organoléptico:

**Tabla III-8: Características Organolépticas del aceite esencial de jengibre**

<b>Características</b>	<b>Evaluación</b>
Color	Ligeramente amarillo
Aspecto	Líquido
Olor	Característico del jengibre
Sabor	Picante

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Los resultados mostrados en la **Tabla III-8** muestran similitud con los reportados en la bibliografía **Tabla I-10 y Tabla I-12 (CAPITULO I), (ANEXO 3)**.

### 3.4.2 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

A continuación, se detallan los análisis fisicoquímicos realizados al aceite esencial de jengibre.

#### 3.4.2.1 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA DENSIDAD

Los datos para calcular la densidad del aceite esencial de jengibre se obtienen en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, teniendo los siguientes datos:

**Tabla III-9: Datos de densidad**

N° Prueba	Volumen (ml)	Masa (gr)
1	3	2,460
2	3	2,629
3	3	2,547
<b>PROMEDIO</b>	<b>3</b>	<b>2,545</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Empleando la siguiente relación:

$$\rho = \frac{m}{vol} \quad (\text{Ec.2-2})$$

$$\rho = \frac{2,545}{3} = \frac{gr}{ml}$$

$$\rho = 0,8483 \frac{gr}{ml}$$

La densidad de los aceites esenciales generalmente es menor al del agua siendo esta de 0,9956 gr/ml en la ciudad de Tarija. **(ANEXO 3)**.

### 3.4.2.2 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN

El resultado de Índice de Refracción realizado en el Laboratorio de Operaciones Unitarias es el siguiente:

**Tabla III-10: Resultado de la medición del índice de refracción**

N° Repetición	Parámetro	Resultado
1	Índice de Refracción(20°C)	1.4822
2		1.4811
3		1.4812
Índice de Refracción Promedio		<b>1,4815</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Según la **Tabla III-10** el Índice de Refracción a 20°C es de 1,4815, es resultado obtenido se asemeja al reportado en la bibliografía **Tabla I-11** y **Tabla I-12** del **CAPITULO I, (ANEXO 3)**.

### 3.4.2.3 RESULTADOS DE CROMATOGRAFÍA DE GASES

El resultado de Cromatografía de Gases realizado en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo “CEANID” es el siguiente:

**Tabla III-11: Resultados del Análisis Cromatográfico**

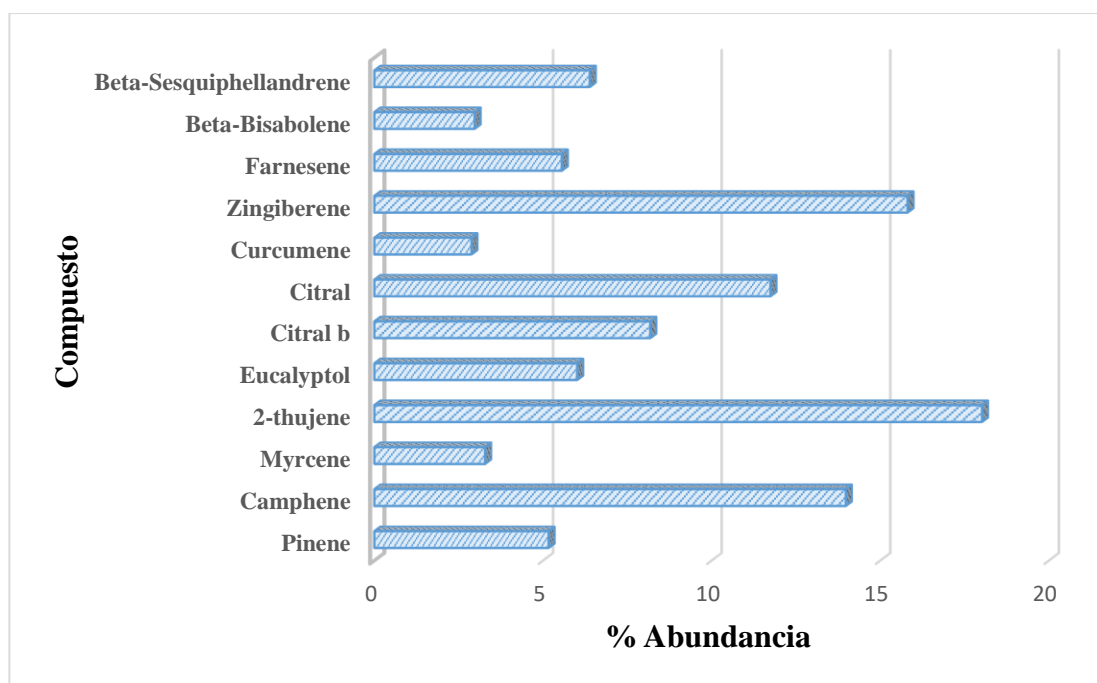
Ítem	Compuesto	Tiempo Retención(min)	% Abundancia
1	Pinene	8,267	5,165
2	Camphene	8,602	13,982
3	Myrcene	9,558	3,284
4	2-thujene	10,384	18,020
5	Eucalyptol	10,436	6,013
6	Citral b	14,544	8,182
7	Citral	15,063	11,745
8	Curcumene	18,619	2,879
9	Zingiberene	18,809	15,812
10	Farnesene	18,957	5,558
11	Beta-Bisabolene	19,019	2,974
12	Beta-Sesquiphellandrene	19,261	6,387
<b>TOTAL</b>			<b>100</b>

**Fuente:** Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo “CEANID”, 2017.



En la **Tabla III-11** se observan los resultados obtenidos a través del Análisis Cromatográfico donde el mayor porcentaje es de 2-thujene un Monoterpeno seguido del Zingiberene con un 15,812% el cual aporta el aroma al aceite esencial de jengibre (**ANEXO 4**).

**Gráfica III-5: Porcentaje relativo vs. Compuesto del Análisis Cromatográfico**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la **Gráfica III-5** se puede apreciar mejor el porcentaje que contiene cada compuesto encontrado en el aceite esencial de jengibre, así también se observa que hay 4 compuestos identificados en los datos bibliográficos **Tabla I-8**, **Tabla I-9** (**CAPITULO I**) que son isómeros de los compuestos de aceite esencial obtenido, también se puede apreciar en las tablas ya indicadas que hay compuestos que no se presentan en el aceite esencial obtenido, esto se debe a que la composición del aceite esencial de jengibre es complejo y varía según el lugar donde proviene, de la materia prima, características de la mismas y la variedad entre otros aspectos.

### 3.5 RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE

#### 3.5.1 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE

El rendimiento de aceite esencial de jengibre se calcula con la siguiente expresión:

$$R = \frac{\text{masa de aceite esencial}}{\text{masa de materia prima}} * 100 \quad (\text{Ec.3-1})$$

Para los cálculos se toma en cuenta la extracción en la que se obtiene el volumen más alto de aceite esencial.

Volumen de aceite esencial = 1,7 ml

Masa del aceite esencial = 1,442 gr

Masa de materia prima = 300 gr

$$R = \frac{1,442}{300} * 100$$

$$R = 0,481 \%$$

Por lo tanto, de cada 100 gramos de jengibre seco se obtiene 0,481gr que significa 0,567 ml de aceite esencial de jengibre en un tiempo de 120 minutos.

#### 3.5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Para realizar el análisis se emplea el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciencis), el cual es un programa estadístico con la capacidad de trabajar con grandes bases de datos y una sencilla interface para la mayoría de los análisis.

Los datos introducidos al programa son las variables del diseño factorial independientes: tiempo de extracción, tipo de secado, granulometría y la variable respuesta o dependiente es el rendimiento de aceite esencial.

**Tabla III-12: Datos obtenidos de todos los experimentos**

<b>Muestra</b>	<b>Tipo de Secado</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Granulometría (mm)</b>	<b>Volumen (ml)</b>
1	Natural	60	0.25-2	1.5
REP.	Natural	60	0.25-2	1.3
2	Forzado	60	0.25-2	1.2
REP.	Forzado	60	0.25-2	1.1
3	Natural	120	0.25-2	1.7
REP.	Natural	120	0.25-2	1.5
4	Forzado	120	0.25-2	1.3
REP.	Forzado	120	0.25-2	1.3
5	Natural	60	4-5	0.9
REP.	Natural	60	4-5	0.9
6	Forzado	60	4-5	0.9
REP.	Forzado	60	4-5	0.9
7	Natural	120	4-5	1.1
REP.	Natural	120	4-5	1.2
8	Forzado	120	4-5	1.1
REP.	Forzado	120	4-5	1.2

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Tabla III-13: Datos para el Análisis Estadístico**

Muestra	Tipo de Secado	Tiempo (min)	Granulometría (mm)	Volumen (ml)
1	-1	-1	-1	1.5
REP.	-1	-1	-1	1.3
2	+1	-1	-1	1.2
REP.	+1	-1	-1	1.1
3	-1	+1	-1	1.7
REP.	-1	+1	-1	1.5
4	+1	+1	-1	1.3
REP.	+1	+1	-1	1.3
5	-1	-1	+1	0.9
REP.	-1	-1	+1	0.9
6	+1	-1	+1	0.9
REP.	+1	-1	+1	0.9
7	-1	+1	+1	1.1
REP.	-1	+1	+1	1.2
8	+1	+1	+1	1.1
REP.	+1	+1	+1	1.2

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

A continuación, en la **Tabla III-14** se muestran las variables del diseño experimental y el número de experiencias para cada variable registradas por el programa y que son realizadas en la parte experimental de la investigación para un diseño  $2^3$  con dos repeticiones y un total de 16 experimentos.

**Tabla III-14: Factores Inter-sujetos**

		N°
<b>TSecado</b>	-1	8
	1	8
<b>Tiempo</b>	-1	8
	1	8
<b>Granulometría</b>	-1	8
	1	8

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la **Tabla III-15** se detalla en Análisis de varianza, aplicado en el diseño experimental para probar la significancia estadística de cada factor sobre el rendimiento.

**Tabla III-15: Análisis de Varianza (ANOVA)**

Variable dependiente: Volumen.

Origen	Suma de cuadrados Tipo III	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
<b>Modelo Corregido</b>	0,794 <sup>a</sup>	6	0,132	21,404	0
<b>Intersección</b>	22,801	1	22,801	3689,09	0
<b>TSecado</b>	0,076	1	0,076	12,236	0,007
<b>Tiempo</b>	0,181	1	0,181	29,225	0
<b>Granulometría</b>	0,456	1	0,456	73,719	0
<b>TSecado*Tiempo</b>	0,001	1	0,001	0,101	0,758
<b>TSecado*Granulometría</b>	0,076	1	0,076	12,236	0,007
<b>Tiempo *Granulometría</b>	0,006	1	0,006	0,91	0,365
<b>Error</b>	0,056	9	0,006		
<b>Total</b>	23,65	16			
<b>Total Corregida</b>	0,849	15			

a, R cuadrado= 0,935 (R cuadrado corregido =0,891)

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En el análisis de varianza, un nivel de significancia menor a 0,05 expresa que la variable influye en la variable respuesta. En la **Tabla III-15** las variables TSecado, Tiempo, Granulometría y TSecado\*Granulometría son significativas porque tienen una significancia aproximada 0 para un nivel de confianza de 95%.

Cuando los factores son significativos se procede al cálculo del modelo matemático que represente la mejor experiencia realizada, para ello se hace una regresión lineal y se introducen las variables significativas y la interacción entre ellas, y el programa calcula los coeficientes para el modelo matemático, a continuación, se presenta estos datos:

Tabla III-16: Coeficientes<sup>a</sup>

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes Tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95% para B		
	B	Error Típ.	Beta			Límite Inferior	Límite Superior	
1	(Constante)	1,194	0,019		63,667	0	1,152	1,235
	TSecado	-0,069	0,019	-0,298	-3,667	0,004	-0,11	-0,027
	Tiempo	0,106	0,019	0,461	5,667	0	0,065	0,148
	Granulometría	-0,169	0,019	-0,732	-9	0	-0,21	-0,127
	TSecado* Granulometría	0,069	0,019	0,298	3,667	0,004	0,027	0,11

a, Variable dependiente: Volumen.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

De la **Tabla III-16** se obtiene que el modelo matemático es el siguiente:

$$R = 1,194 - 0,069TSecado + 0,106Tiempo - 0,169Granulometría + 0,069TSecado * Granulometría$$

Este modelo matemático nos sirve para poder determinar las interacciones significativas de las variables para la extracción de aceite esencial del rizoma jengibre.

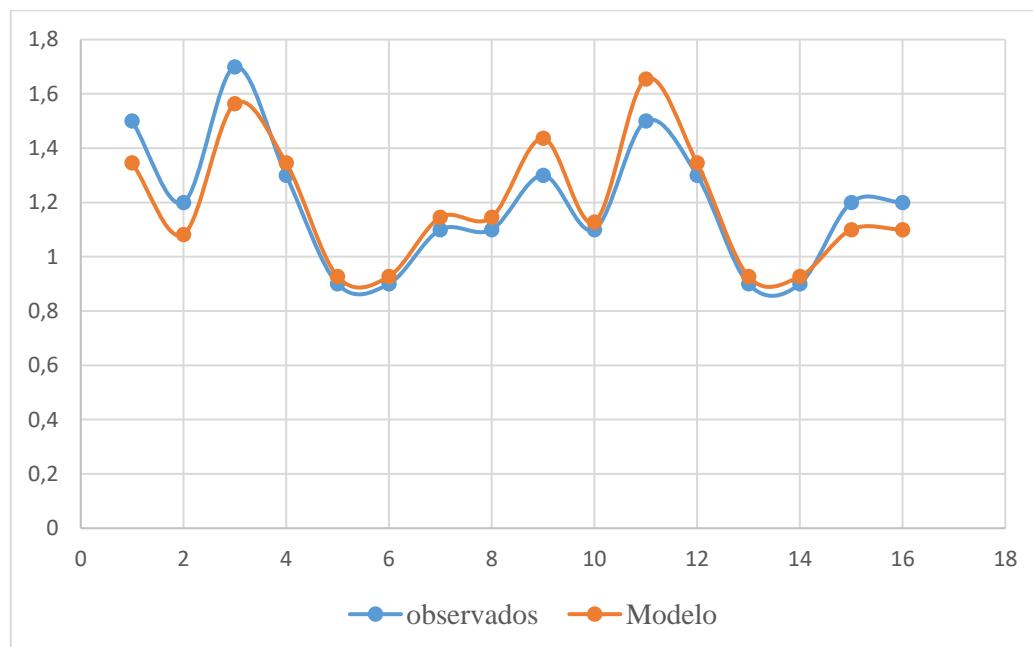
A continuación, se muestra en la **Tabla III-16** la variable respuesta (Volumen) experimental y la del Modelo.

**Tabla III-17: Resultados Variable Respuesta**

<b>Muestra</b>	<b>Tipo de Secado</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Granulometría (mm)</b>	<b>Volumen (ml)</b>	<b>Modelo</b>
1	-1	-1	-1	1,5	1,34545
2	1	-1	-1	1,2	1,08182
3	-1	1	-1	1,7	1,56364
4	1	1	-1	1,3	1,34545
5	-1	-1	1	0,9	0,92727
6	1	-1	1	0,9	0,92727
7	-1	1	1	1,1	1,14545
8	1	1	1	1,1	1,14545
9	-1	-1	-1	1,3	1,43636
10	1	-1	-1	1,1	1,12727
11	-1	1	-1	1,5	1,65455
12	1	1	-1	1,3	1,34545
13	-1	-1	1	0,9	0,92727
14	1	-1	1	0,9	0,92727
15	-1	1	1	1,2	1,1
16	1	1	1	1,2	1,1

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Se puede apreciar que los resultados obtenidos por el modelo son aproximados a los obtenidos en la parte experimental.

**Gráfica III-6: Rendimiento Experimental vs. Rendimiento Modelo**

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la **Gráfica III-6** se puede observar mejor la varianza entre el Rendimiento Experimental obtenido y el Modelo aplicado, en la cual se observa que ambos siguen una ruta paralela, se puede concluir que los factores aplicados para el método dieron los resultados adecuados.



### 3.5.3 TIPO DE SECADO VS RENDIMIENTO

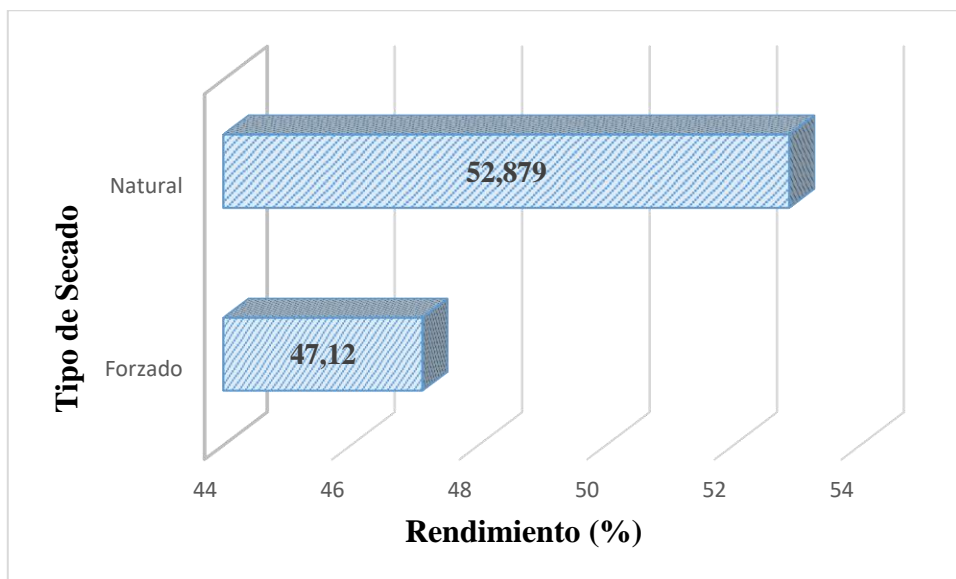
En la siguiente tabla se reportan los datos del volumen de aceite esencial obtenido para cada tipo de secado empleado en todos los experimentos:

**Tabla III-18: Datos de Rendimiento vs. Tipo de Secado**

Tipo de Secado	Granulometría (mm)	Tiempo de Extracción (min)	Volumen de aceite esencial (ml)	Volumen total de aceite esencial (ml)	% de Rendimiento (gr/100gr de jengibre seco)
Natural	0.25-2	60	1,5	10,1	0,424
	0.25-2	60	1,3		0,368
	0.25-2	120	1,7		0,481
	0.25-2	120	1,5		0,424
	4-5	60	0,9		0,254
	4-5	60	0,9		0,254
	4-5	120	1,1		0,311
	4-5	120	1,2		0,339
Forzado	4-5	60	0,9	9	0,254
	4-5	60	0,9		0,254
	0.25-2	60	1,2		0,339
	0.25-2	60	1,1		0,311
	0.25-2	120	1,3		0,368
	0.25-2	120	1,3		0,368
	4-5	120	1,1		0,311
	4-5	120	1,2		0,339

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Con el fin de observar el predominio del rendimiento de aceite esencial de jengibre se construye una gráfica de datos donde muestra la influencia de tipo de secado.

**Gráfica III-7: Tipo de Secado vs Rendimiento.**

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

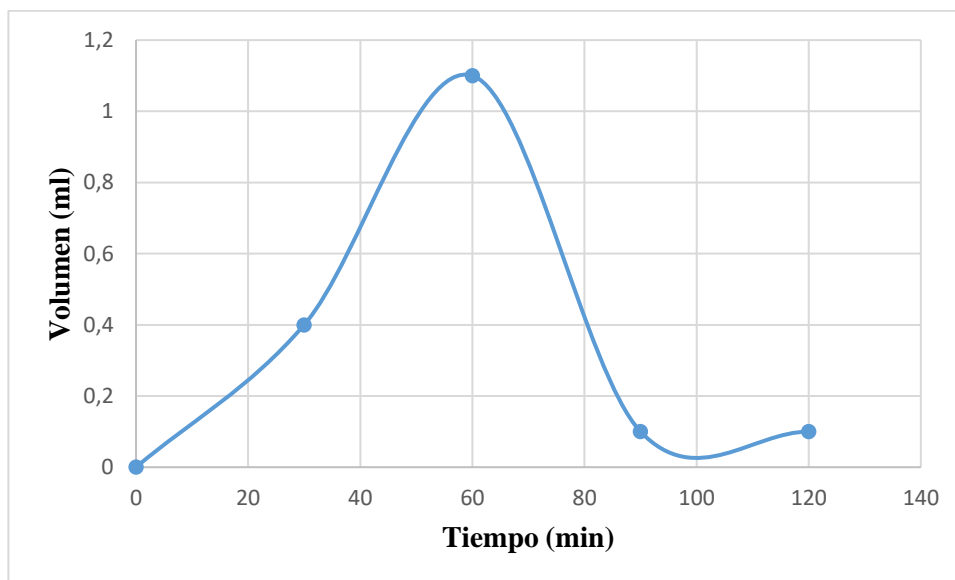
En la **Gráfica III-7** se observa que se obtiene un mayor rendimiento con el tipo de secado al Natural representando un volumen del 52,88% del aceite total obtenido en total de todos los experimentos realizados y el secado Forzado representa un 47,12%.

Por lo que el mejor tipo de Secado es al Natural ya que se obtiene un mayor porcentaje de aceite obtenido. Esto se debe a que las partículas de jengibre no están sometidas a altas temperaturas ya que estos se volatilizan con facilidad.

### 3.5.4 TIEMPO DE EXTRACCIÓN VS. VOLUMEN

Se construye una gráfica para observar la variación del volumen obtenido de aceite esencial con el tiempo, los datos a emplear pertenecen al experimento con mayor rendimiento de aceite esencial, estos datos se obtuvieron en intervalos de 60 minutos.

**Gráfica III-8: Tiempo vs Rendimiento**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la **Gráfica III-8** se puede observar que en a los 60 minutos se alcanza el mayor nivel de destilación alcanzándose un volumen de 1,1 ml de aceite esencial, posteriormente la velocidad de destilación va disminuyendo hasta los 120 minutos se obtienen 0,2 ml en total, por lo tanto, se determinó que el mejor tiempo de extracción es de 60 minutos, pues las cantidades destiladas posteriormente son mínimas hasta los 120 minutos, generando pérdidas de energía.

### 3.5.5 GRANULOMETRÍA VS. RENDIMIENTO

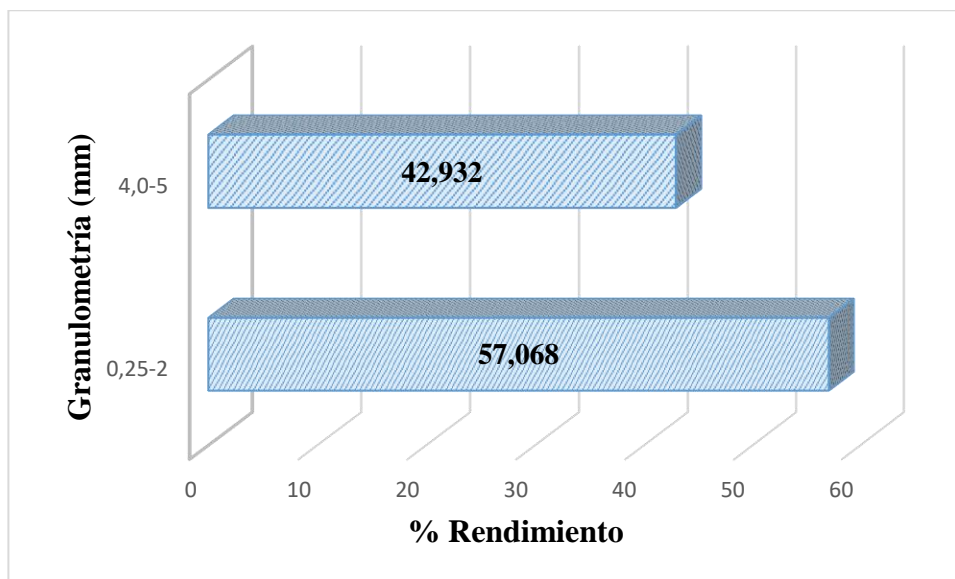
En la siguiente tabla se reportan los datos del volumen de aceite esencial total obtenido para cada uno de los tamaños de partícula empleados en todos los experimentos:

**Tabla III-19: Datos de Rendimiento vs. Granulometría**

Granulometría (mm)	Tipo de Secado	Tiempo de Extracción (min)	Volumen de aceite esencial (ml)	Volumen total de aceite esencial (ml)	% de Rendimiento (gr/100gr de jengibre)
0.25 - 2	Natural	60	1,5	10,9	0,424
	Natural	60	1,3		0,368
	Forzado	60	1,2		0,339
	Forzado	60	1,1		0,311
	Natural	120	1,7		0,481
	Natural	120	1,5		0,424
	Forzado	120	1,3		0,368
	Forzado	120	1,3		0,368
4 - 5	Natural	60	0,9	8,2	0,254
	Natural	60	0,9		0,254
	Forzado	60	0,9		0,254
	Forzado	60	0,9		0,254
	Natural	120	1,1		0,311
	Natural	120	1,2		0,339
	Forzado	120	1,1		0,311
	Forzado	120	1,2		0,339

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Con el fin de mostrar el predominio del tamaño de partícula en el rendimiento de aceite esencial de jengibre se construye una Gráfica que muestra la influencia del tamaño de partícula empleada.

**Gráfica III-9: Granulometría vs. Rendimiento**

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la **Gráfica III-9** se puede observar que el tamaño de partícula comprendido entre 0.25 a 2 mm tiene el mayor porcentaje de aceite esencial obtenido con un 57,068%, esto se debe a que aumenta la superficie de contacto, y con las partículas comprendidas entre 4 a 5 mm tenemos 42,93% de aceite en total obtenido.

Por lo tanto, se concluye que el mejor rendimiento se observa con las partículas de menor tamaño.

### 3.6 RESIDUO

Una vez finalizada la extracción de aceite esencial de jengibre, queda como residuo jengibre agotado en contenido de aceite esencial de jengibre, pero con mayor humedad que la inicial, debido a que una parte del agua de la cámara de extracción se condensa en la misma.

El residuo se deja secar en el papel para luego darle uso como Abono Orgánico. En la siguiente figura se muestra en jengibre agotado.

**Figura III-1: Residuo**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

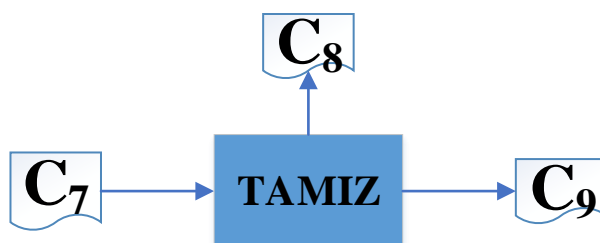
### 3.7 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE

Los datos que se emplean para los siguientes cálculos pertenecen a la extracción que tiene mayor volumen de aceite esencial de jengibre reportados en la **Tabla II-8**.

#### 3.7.1 BALANCE DE MATERIA

##### 3.7.1.1 BALANCE EN EL TAMIZ

Se realiza un balance en el tamiz, se tiene que  $C_9=300$  gr, y el rendimiento del tamiz para separar partículas de 0,25-2 mm es de 57,6%. Entonces se calcula la masa de jengibre molido cargado en el tamiz ( $C_7$ ). Entonces se calcula:



**Masa de jengibre cargado al tamiz ( $C_7$ ):**

$$C_7 = C_8 + C_9 \quad (\text{Ec.3-2})$$

$$C_8 = (1 - 0,576) * C_7 \quad (\text{Ec.3-3})$$

Remplazando (Ec. 3-3) en (Ec. 3-2), despejando  $C_7$  y remplazando datos se tiene:

$$C_7 = \frac{300 \text{ gr}}{(1 - 0,424)}$$

$$C_7 = 520,833 \text{ gr de jengibre molido}$$

**Masa de jengibre de rechazado en el tamiz ( $C_8$ ):**

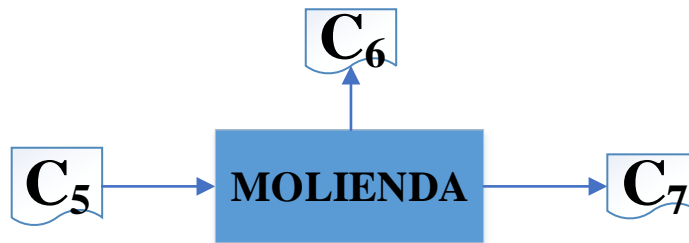
De la (Ec. 3-2) se despeja  $C_8$  y se reemplaza datos:

$$C_8 = 520,833 \text{ gr} - 300 \text{ gr}$$

$$C_8 = 220,833 \text{ gr de jengibre rechazado por el tamiz}$$

### 3.7.1.2 BALANCE EN LA MOLIENDA

Se realiza un balance en la molienda con una pérdida del 5% de la materia prima que se adhiere al equipo utilizado. Teniendo como dato  $C_7=520,833$  gr. Entonces se calcula  $C_5$  y  $C_6$ .



**Masa de jengibre seco que entra a molienda ( $C_5$ ):**

$$C_5 = C_6 + C_7 \quad (\text{Ec.3-4})$$

$$C_6 = (1 - 0,95) * C_5 \quad (\text{Ec.3-5})$$

Remplazando (Ec. 3-5) en (Ec. 3-4), despejando  $C_5$  y reemplazando datos se tiene:

$$C_5 = \frac{520,833 \text{ gr}}{(1 - 0,05)}$$

$$C_5 = 548,245 \text{ gr de jengibre seco}$$

**Masa de jengibre perdido en la molienda ( $C_6$ ):**

De la (Ec. 3-5) se reemplaza datos:

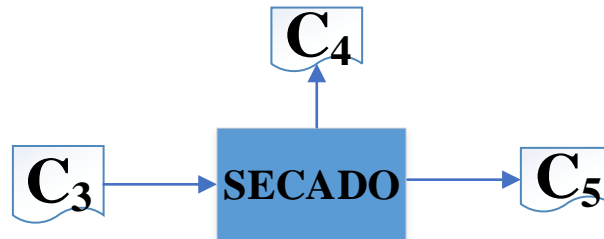
$$C_6 = (1 - 0,95) * 548,245$$

$$C_6 = 27,412 \text{ gr jengibre perdido en la molienda}$$



### 3.7.1.3 BALANCE EN EL SECADO

El balance en el secado se considera la cantidad de humedad en la materia prima que es de 75,130% y como dato el  $C_5=548,245$  gr.



**Masa de jengibre cortado que entra al secador ( $C_3$ ):**

$$C_3 = C_4 + C_5 \quad (\text{Ec.3-6})$$

$$C_4 = (1 - 0,249) * C_3 \quad (\text{Ec.3-7})$$

Reemplazando (Ec. 3-7) en (Ec. 3-6) despejando  $C_3$  y reemplazando datos se tiene:

$$C_3 = \frac{548,245 \text{ gr}}{(1 - 0,7513)}$$

$$C_3 = 2204,443 \text{ gr de jengibre cortado}$$

**Masa perdida por efecto de humedad ( $C_4$ ):**

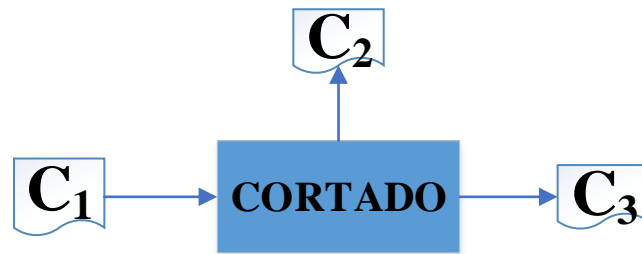
De la (Ec. 3-7) se reemplaza datos:

$$C_4 = (1 - 0,2487) * C_3$$

$$C_4 = 1656,198 \text{ gr de masa perdida por humedad}$$

### 3.7.1.4 BALANCE EN EL CORTADO

El balance realizado en el cortado o troceado de la materia prima, se consideró una pérdida de 3%, como dato tenemos el valor de  $C_3=2204,443$  gr.



**Masa de rizomas de jengibre ( $C_1$ ):**

$$C_1 = C_2 + C_3 \quad (\text{Ec.3-8})$$

$$C_2 = (1 - 0,97) * C_1 \quad (\text{Ec.3-9})$$

Remplazando (Ec. 3-9) en (Ec. 3-8) despejando  $C_1$  y reemplazando datos se tiene:

$$C_1 = \frac{2204,443 \text{ gr}}{(1 - 0,03)}$$

**$C_1 = 2272,611 \text{ gr de rizoma de jengibre}$**

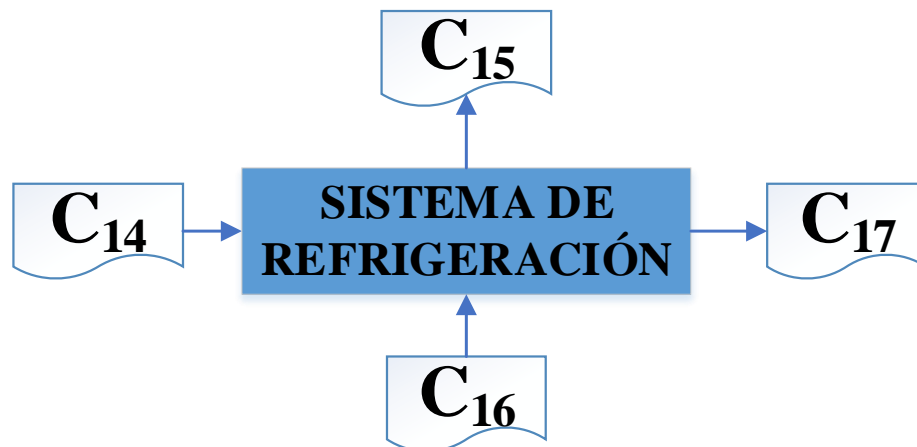
**Masa perdida por el cortado ( $C_2$ ):**

De la (Ec. 3-9) se reemplaza datos:

$$C_2 = (1 - 0,97) * C_1$$

**$C_2 = 68,179 \text{ gr de perdida por cortado}$**

### 3.7.1.5 BALANCE EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN



**Masa de agua de refrigeración que entra (C<sub>16</sub>):**

Como datos se tiene que el flujo másico del agua es de 109,406 gr/s y el tiempo de extracción es de 120 min. Entonces se calcula:

$$C_{16} = F_{mv} * t_e \quad (\text{Ec.3-10})$$

Convirtiendo los minutos a segundos y reemplazando datos en la ecuación (Ec.3-10) tenemos:

$$C_{16} = 109,406 \frac{\text{gr}}{\text{seg}} * 7200 \text{ seg}$$

$$C_{16} = 787723,2 \text{ gr de agua de refrigeración que entra}$$

Como el condensador no tiene pérdidas se tiene que  $C_{16} = C_{15}$ .

$$C_{15} = 787723,2 \text{ gr de agua de refrigeración que sale}$$

**3.7.1.6 BALANCE EN LA DECANTACIÓN O SEPARACIÓN**

Como datos se tiene  $C_{19} = 1,442 \text{ gr}$ ;  $C_{18} = 2190,32\text{gr}$

**Masa de mezcla de condensados (C<sub>17</sub>):**

$$C_{17} = C_{19} + C_{18} \quad (\text{Ec.3-11})$$

$$C_{17} = 1,442 \text{ gr} + 2190,32 \text{ gr}$$

$$C_{17} = 2191,762 \text{ gr de mezcla de condensados}$$

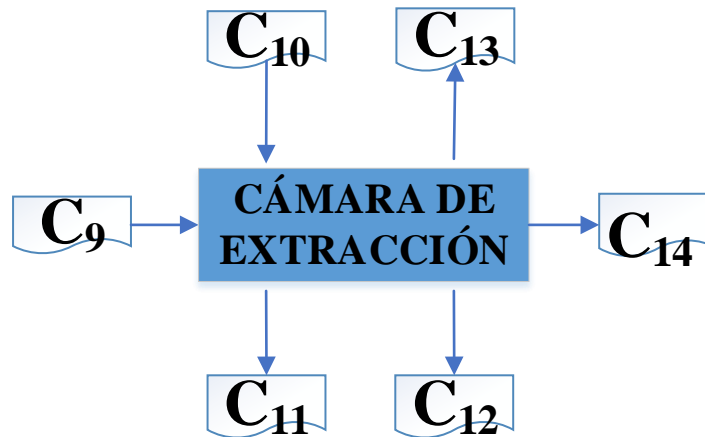
**3.7.1.7 BALANCE EN LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN**

Se tiene los datos de las corrientes:  $C_9=300\text{gr}$ ;  $C_{10}=3982,4\text{gr}$ ;  $C_{11}=1732,344\text{gr}$ ;  $C_{13}=356,415\text{gr}$

**Masa de mezcla de vapores (C<sub>14</sub>):**

La masa de vapores que sale de la cámara de extracción es la misma masa que sale del condensador entonces  $C_{14} = C_{17}$ .

$$C_{14} = 2191,762 \text{ gr de mezcla de vapores}$$

**Masa de agua en los residuos (M<sub>0</sub>):**

$$M_0 = C_{13} - C_9 \quad (\text{Ec.3-12})$$

$$M_0 = 356,415 \text{ gr} - 300 \text{ gr}$$

$$M_0 = 56,415 \text{ gr de agua que queda en el residuo}$$

**Masa Total de agua que se queda en la cámara de extracción (M<sub>T</sub>):**

$$M_T = C_{11} + M_0 \quad (\text{Ec.3-13})$$

$$M_T = 1732,344 \text{ gr} + 56,415 \text{ gr}$$

$$M_T = 1788,759 \text{ gr de agua que queda en la cámara de extracción}$$

**Masa de vapor perdido en la cámara de extracción (C<sub>12</sub>):**

$$C_{12} = C_{10} - C_{11} - C_{18} - M_0 \quad (\text{Ec.3-14})$$

$$C_{12} = 3982,4 \text{ gr} - 1732,344 \text{ gr} - 2190,32 \text{ gr} - 56,415 \text{ gr}$$

$$C_{12} = 3,321 \text{ gr perdida de vapor de agua}$$

**Masa de vapor generado en la cámara de extracción ( $M_v$ ):**

$$M_v = C_{18} + M_o \quad (\text{Ec.3-15})$$

$$M_v = 2190,32gr + 56,415gr$$

$$M_v = 2246,735 gr$$

**Flujo másico de vapor generado:**

Para calcular el flujo másico del vapor generado se tiene los siguientes datos:

$M_v=2246,735gr$ , tiempo de extracción  $t_e=120min$ .

$$F_{mv} = \frac{M_v}{t_e} \quad (\text{Ec.3-16})$$

$$F_{mv} = \frac{2246,735gr}{7200s}$$

$$F_{mv} = 0,312 \frac{gr}{s}$$

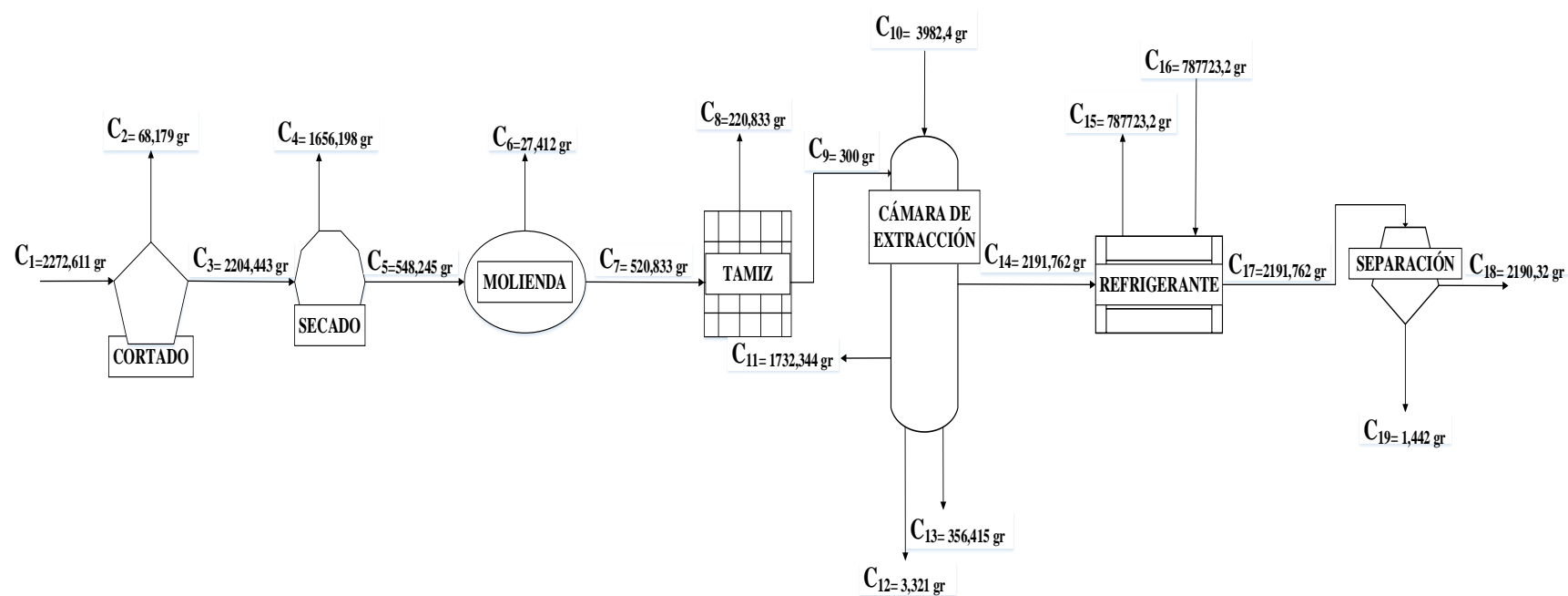
Los resultados del balance de materia se presentan en la **Tabla III-20** y **Figura III-2** donde se muestra el valor de cada corriente del proceso de extracción de aceite esencial de jengibre:

**Tabla III-20:Resultados de Balance de Materia**

Corrientes a calcular		Valores
Corriente	Nombre	
<b>C<sub>7</sub></b>	Masa de jengibre molido	520,833 gr
<b>C<sub>8</sub></b>	Masa de jengibre rechazado	220,833 gr
<b>C<sub>14</sub></b>	Masa de mezcla de vapores	2191,762 gr
<b>C<sub>12</sub></b>	Masa de perdida de vapor de agua	3,321 gr
<b>C<sub>16</sub></b>	Masa de Agua de refrigeración que entra	787723,2 gr
<b>M<sub>T</sub></b>	Masa Total de agua en la cámara extracción	1788,759 gr
<b>M<sub>o</sub></b>	Masa de agua que queda en los residuos	56,415 gr
<b>M<sub>v</sub></b>	Masa de vapor generado en la cámara de Extracción	2246,735 gr
<b>F<sub>mv</sub></b>	Flujo másico de vapor	0,312 gr/s

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Figura III-2: Valores de las corrientes del Diagrama de flujo del proceso de extracción**

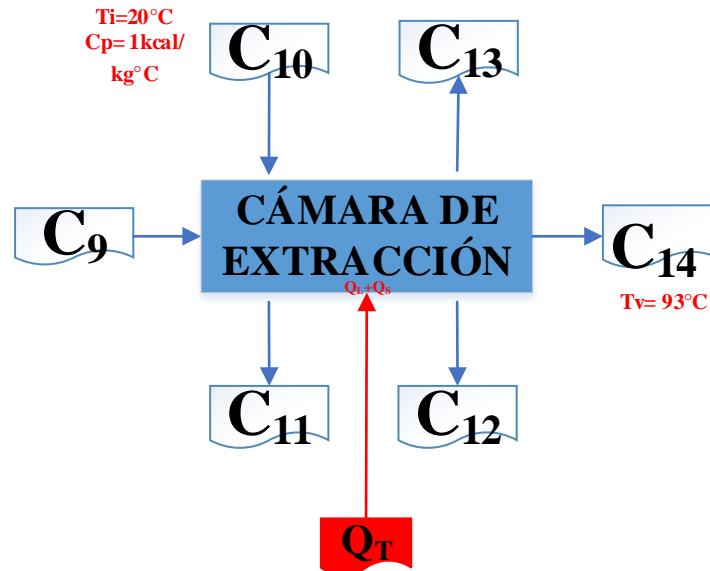


**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### 3.7.2 BALANCE DE ENERGÍA

Para el balance de energía en la cámara de extracción se realiza los siguientes cálculos:

#### 3.6.2.1 BALANCE EN LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN



Calor sensible para subir la temperatura del agua hasta el punto de ebullición.

$$Q_S = m * C_p * (\Delta T) \quad (\text{Ec.3-17})$$

$$Q_S = C_{10} * C_p * (T_V - T_i)$$

$$Q_S = 3,9824kg * 1 \frac{Kcal}{Kg^\circ C} * (93 - 20)^\circ C$$

$$Q_S = 290,715 Kcal$$

Para calcular el calor latente para evaporar el agua primero se calcula la potencia de la hornalla para lo cual se requiere el tiempo de calentamiento,  $t_c=37\text{min}=0,617\text{hr}$

$$P_{ot} = \frac{Q_S}{t_c} \quad (\text{Ec.3-18})$$

$$P_{ot} = \frac{290,715}{0,617}$$

$$P_{ot} = 471,175 \frac{kcal}{hr}$$

Posteriormente para calcular el calor latente se multiplica a potencia de la hornalla con el tiempo de la etapa de extracción,  $e_{extracción}=120\text{min}=2\text{hr}$ .

$$Q_L = P_{ot} * t_{extracción} \quad (\text{Ec.3-19})$$

$$Q_L = 417,175 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} * 2 \text{ hr}$$

$$Q_L = 834,35 \text{ Kcal}$$

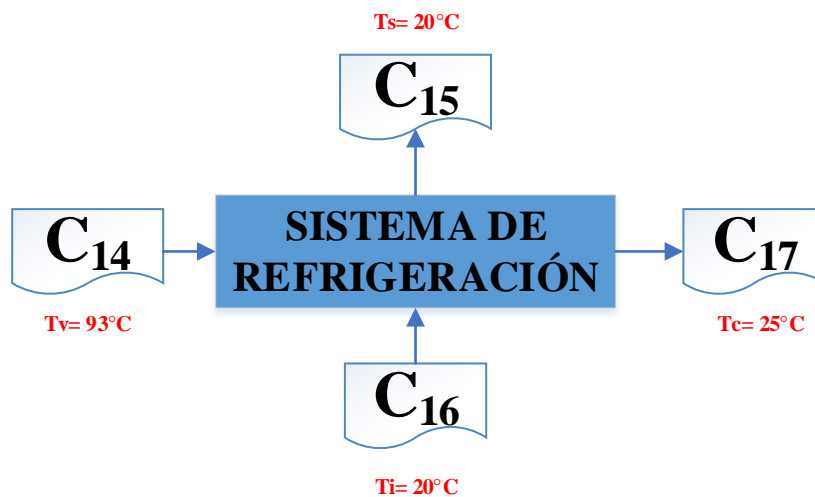
El calor requerido para la extracción calcula con la (Ec.2-3):

$$Q_T = Q_S + Q_L \quad (\text{Ec.2-3})$$

$$Q_T = 290,715 \text{ kcal} + 834,35 \text{ kcal}$$

$$Q_T = 1125,065 \text{ kcal}$$

### 3.7.2.2 BALANCE EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN



Calor de vaporización del agua a  $93^\circ\text{C}$ :

$$\phi_{vap} = \frac{Q_L}{M_v} \quad (\text{Ec.3-20})$$

$$\phi_{vap} = \frac{834,35 \text{ kcal}}{2,247 \text{ kg}}$$

$$\phi_{vap} = 371,317 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$



**Calor cedido por el vapor de agua:**

Para ello se requiere los siguientes datos:  $C_{18} = 2,190 \text{ kg}$ ;  $T_c = 25^\circ\text{C}$ ;  $T_v = 93^\circ\text{C}$

$$Q_c = C_{18} * \phi_{vap} + C_{18} * C_p * (T_c - T_v) \quad (\text{Ec.3-21})$$

$$Q_c = 2,190 \text{ kg} * 371,317 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} + 2,190 \text{ kg} * 1 \frac{\text{kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (25 - 93)^\circ\text{C}$$

$$Q_c = 664,264 \text{ kcal}$$

**Calor recibido por el vapor de agua:**

Para ello se requiere los siguientes datos:  $C_{15} = 787,7232 \text{ kg}$ ;  $T_i = 20^\circ\text{C}$ ;  $T_s = 22^\circ\text{C}$ .

$$Q_r = C_{15} * C_p * (T_s - T_i) \quad (\text{Ec.3-22})$$

$$Q_r = 787,723 \text{ kg} * 1 \frac{\text{kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (22 - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q_r = 1575,446 \text{ kcal}$$

**3.6.2.3 CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA LA EXTRACCIÓN**

El dato del poder calorífico del Gas Natural se obtiene de internet, el tiempo total de la extracción es la suma de los tiempos de la etapa de acondicionamiento y la etapa de extracción. Los datos son los siguientes:

$$\text{Poder calorífico del Gas} = 9200 \text{ Kcal/m}^3$$

$$\text{Tiempo total de uso por extracción} = 2,617 \text{ hr}$$

$$\text{Potencia de la hornalla} = 471,175 \text{ kcal/hr}$$

$$Gas_{Consumido} = \frac{Pot * Tiempo_{total}}{Poder \text{ calorífico del gas}} \quad (\text{Ec.3-23})$$

$$Gas_{Consumido} = \frac{471,175 \text{ kcal/hr} * 2,617 \text{ hr}}{9200 \text{ kcal/m}^3}$$

$$Gas_{Consumido} = 0,134 \text{ m}^3 \text{ por cada extracción}$$

### 3.8 ALTERNATIVAS DE APLICACIÓN INDUSTRIAL PARA EL PRODUCTO

Actualmente en la industria se utiliza este aceite esencial en enjuagues bucales, perfumería, y otros.

#### 3.8.1 CERVEZA DE JENGIBRE (ANEXO 8)

Las bebidas con sabor a jengibre son bebidas carbonatadas a base de azúcar, incluyen cervezas de jengibre, cervezas alcohólicas de jengibre. El jengibre se refiere a él rizoma de *Zingiber officinale* (Zingiberácea). Las cervezas, que son carbonatados por CO<sub>2</sub> presurizados, son refrescos. Las cervezas pueden ser alcohólicas, es decir, contiene más de 0.05% v/v de etanol. Las cervezas alcohólicas de jengibre son decididamente alcohólicas, que contiene hasta 11% v/v de etanol (*Hehner, 1880, Consumo de alcohol, 2012*). Tanto las cervezas de jengibre como las alcohólicas son carbonatadas por levadura o por “Planta de cerveza de jengibre” (GBP): un organismo compuesto de *Lactobacillus hilgardii* y *Saccharomyces florentinus* llamada "la planta de cerveza de jengibre" (*Pidoux, 1989; Daker & Stacey, 1938; Dicks & Endo, 2009*). Las anteriores bebidas de jengibre además del aceite de jengibre, contienen otros aceites y zumos de frutas. Cervezas alcohólicas de jengibre contienen aceite de lúpulo de *Humulus lupulus* (*Moraceae*).

En África occidental, el especiado de las bebidas alcohólicas a base de cereales incluyen: "fura da nono", "kunu" y "akamu". “Fura da nono” (en hausa) comúnmente se condimenta con pimienta negra *Piper guineense o nigrum* (*Piperaceae*), clavo *Eugenia caryophyllata* (*Myrtaceae*), ají: planta de *Capsicum* (*Solanaceae*) y jengibre. "Kunu" (en hausa) puede condimentar con uno o más de los siguientes: pimienta negra, ají, clavo, jengibre, granos del paraíso *Aframomum melegueta* (*Zingiberaceae*) y cocodrilo Pimienta: *Aframomum danielli o citratum* (*Zingiberaceae*). “Akamu” (en muchos Lenguas de África Occidental) se pueden condimentar con una o más especias como en "kunu". Las especias se utilizan en bebidas en todo el mundo porque a las personas les gusta el sabor y el aroma de aceites esenciales; y porque las especias están asociadas con beneficios para la salud. Todos los aceites esenciales de jengibre, lúpulo,

clavo y pimientos son fitoquímicos, es decir, plantas secundarias. Metabolitos, con peso molecular inferior o ligeramente superior a 300 daltons.

Ginger ale es un refresco con sabor a jengibre. Es popular en Europa desde donde llegó a Estados Unidos y Canadá. Thomas Cantrell de los Estados Unidos tiene fama de Suplemento dietético.

Aceites esenciales en bebidas con sabor, han inventado una marca comercializada por Grattan & Company con "The Original Mak- Los de Ginger Ale "en relieve en sus botellas (FOHBC.com, 2013). La marca era Oscuro y dulce, con un fuerte sabor a jengibre. Fue producido según un viejo "oro" receta de "estilo" y se describió como una "versión no alcohólica" de "cerveza de jengibre". día, el "estilo dorado" o el "ginger ale oscuro" se acreditan a Thomas Cantrell, mientras que el "estilo seco" o "estilo pálido", que tiene un sabor de jengibre mucho más suave, es Tributado a John McLaughlin de Canadá. En 1904 McLaughlin desarrolló un jengibre. extracto, que agregó al agua carbonatada para producir "Pale Dry Ginger Ale" que fue patentado en 1907 como "Canada Dry Ginger Ale" (Yates, 2003).

**Figura III-3: Ginger Ale, Fever Tree**



**Fuente:** Ferver Tree, 2005.

### **3.8.2 ENJUAGUE BUCAL PROFILÁCTICO**

El jengibre (*Zingiber officinale*) se ha utilizado extensamente como especia y medicina herbaria, se ha descrito que esta especie posee propiedades antimicrobianas y antifúngicas, entre otras. En el presente estudio se desarrolló un enjuague bucal profiláctico en base a aceite esencial de *Zingiber officinale* con actividad frente a *Streptococcus mutans*. Para ello se realizó la determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) del aceite esencial, la cual fue 6,70 mg/ml de  $\alpha$ -Zingibereno. Luego, se procedió a la formulación empleando distintas cantidades de agentes solubilizantes y cosolventes en base a un diseño experimental de mezclas Simplex-Centroid y la optimización de múltiples respuestas; a partir de los datos obtenidos se elaboró un enjuague bucal, creando una nanoemulsión, el cual mantuvo su estabilidad física a temperatura ambiente y protegido de la luz de 30 días. La formulación obtenida fue efectiva frente a *S. mutans*, pero no superior que el producto de referencia: clorhexidina al 0,04% con lo que se logró obtener un enjuague bucal profiláctico con un principio activo natural disminuyendo la posibilidad de efectos secundarios asociados al uso de antimicrobianos químicos. (Navarro Villamarín, Dayana).

### **3.8.3 CREMA TERAPÉUTICA**

Existen varias formas de hacer cremas terapéuticas, una de ellas es usando salicilato de metilo, mentol, aceite de ruda, aceite de jengibre, se mezcla, para luego ponerlo en un recipiente cerrado, se usa esta crema para hacer masajes en la zona dolorida, como ser cuello o espalda también es bueno para contracturas, etc.

Gary Young, fue fundador y Presidente de “Young Living Essential Oils” empezó una campaña personal para proteger la legitimidad del antiguo arte de curar con la terapia de aceites esenciales, publicó una guía de aceites esenciales en la cual se puede apreciar la forma de utilizar y las precauciones que deben tener cada aceite esencial obtenido en la empresa. Young Living ofrece aceites esenciales puro sin adulterar, mezclas de aceites esenciales y productos potenciados con aceites, se realizan análisis de los aceites, reportando altos estándares industriales que los califican como “de grado terapéutico”.

### 3.8.4 SÉRUM O ACEITE CONCENTRADO REVITALIZANTE NATURA (ANEXO 9)

Gracias a la sinergia de activos de la biodiversidad brasileña, y los activos de la ciencia mundial Natura Cosméticos SA. creó el Sérum o aceite Concentrado Revitalizante Natura Chronos el cual es un suero que ofrece múltiples beneficios para la piel.

Una de las principales ventajas que aportará, es la reparación de la piel de nuestro rostro; causada por agentes externos como lo es la contaminación, el estrés, y por supuesto los rayos UV provenientes del sol. Además:

- ✚ Estimula los mecanismos de defensa naturales de la piel.
- ✚ Previene el envejecimiento prematuro de la piel evitando líneas de expresión.
- ✚ Promueve la firmeza de la piel combatiendo la flacidez.
- ✚ Brinda bienestar general a todos los sentidos gracias a sus propiedades de aromaterapia.

**Figura III-4: Sérum o Aceite Concentrado Revitalizante**



**Fuente:** Natura Cosméticos SA., 2018.

Este suero revitalizante concentrado de natura contiene 5 Aceites Esenciales: Aceite Esencial de Lavanda, Aceite Esencial de Romero, Aceite Esencial de Jengibre, y Aceite Esencial de Copaiba. Los cuales brindan una aroma exquisito y revitalizante que

brindan un estado total de bienestar y relajación cuando los aplicamos. Además de calmar y relajar la piel de nuestro rostro de manera sutil. (ANEXO 9)

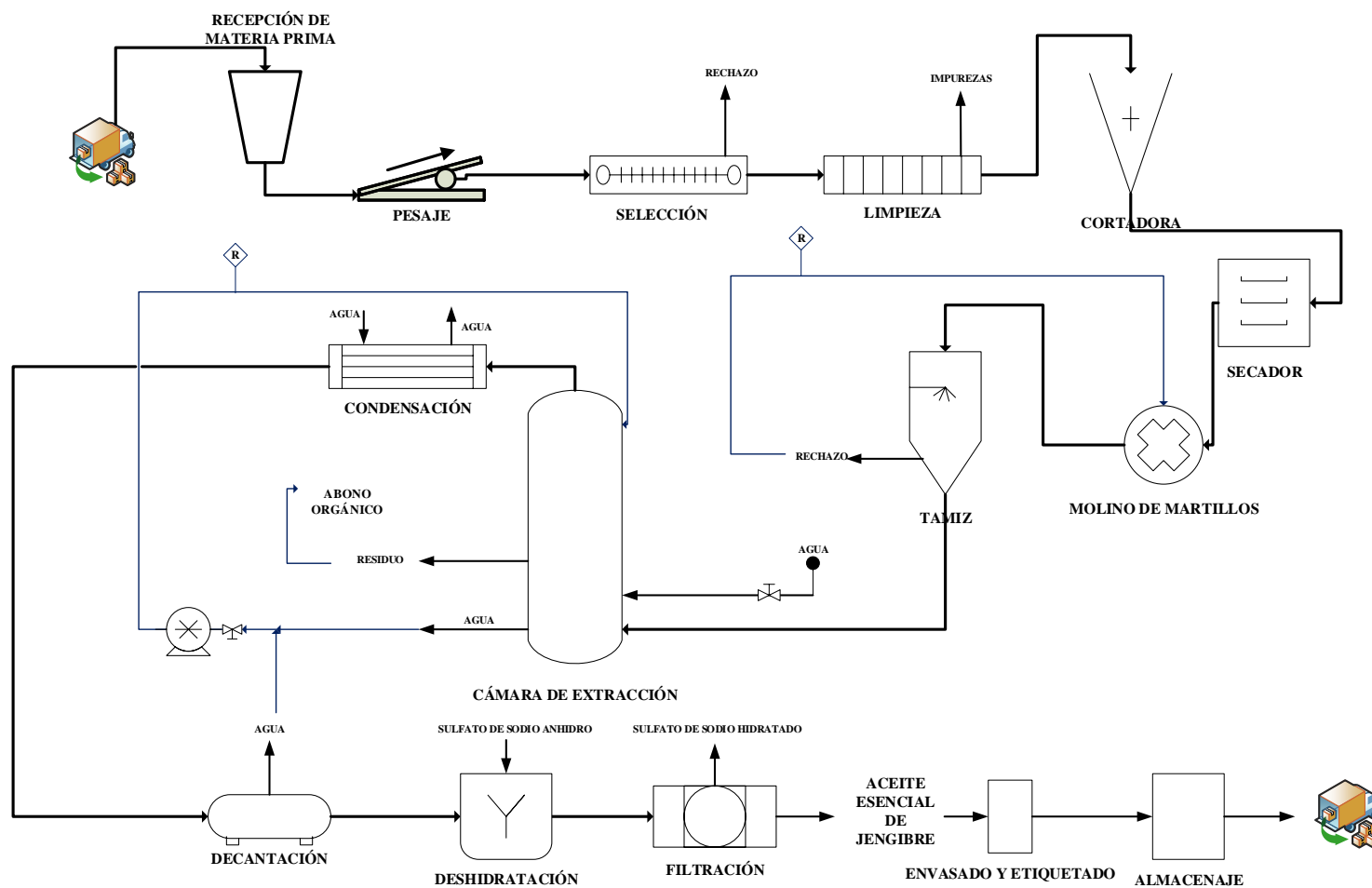
### **3.9 PROPUESTA DE DISEÑO DE LA MICRO-PLANTA INDUSTRIAL**

#### **3.9.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA MICRO-PLANTA INDUSTRIAL**

A continuación, se propone un diseño alternativo del diagrama de flujo del proceso, tomando como base el proceso de obtención de Aceite Esencial de Jengibre en laboratorio.

Empieza con la recepción de la materia prima, pesaje, selección de los rizomas que sean aptos para la extracción que no estén podridos, inmaduros, posteriormente se procede a la limpieza donde se eliminan vestigios de tierra adherida a los rizomas, luego se procede al cortado para que el secado sea homogéneo, una vez secado pasa al molino de martillos donde se tritura el rizoma seco, y es tamizado separando las partículas en diferentes tamaños usando así las partículas de menor tamaño y las que no son aptas recirculando hacia el tamiz para que vuelvan a ser trituradas hasta obtener el tamaño requerido, están partículas de tamaño pequeño pasan a la cámara de extracción que está cargada con agua, en la cual se carga el jengibre seco en partículas pequeñas y se procede a la extracción, obteniendo condensado agua-aceite esencial, el cual pasa a la decantación, el jengibre agotado se puede utilizar como abono orgánico, o también se puede procesar para producir alimento balanceado para animales, así también el agua que sale de la cámara de extracción y en la decantación se puede hacer recircular hacia la cámara de extracción con el fin de recuperar el aceite esencial que no se pudo separar por completo, si no se produce la recirculación se los puede utilizar esta agua para la producción de jabones, y también como aguas aromáticas. Posteriormente obtenido el aceite esencial de jengibre para quitarle toda el agua que contiene este producto se procede a la deshidratación usando sulfato de sodio anhidro, luego se filtra, y se obtiene aceite esencial de jengibre puro, se procede al envasado en un frasco color ámbar a rosca, se etiqueta y almacena en un lugar fresco sin contacto con luz solar.

**Figura III-5: Diagrama de flujo de la Micro-planta Industrial del proceso de extracción de aceite esencial de jengibre**

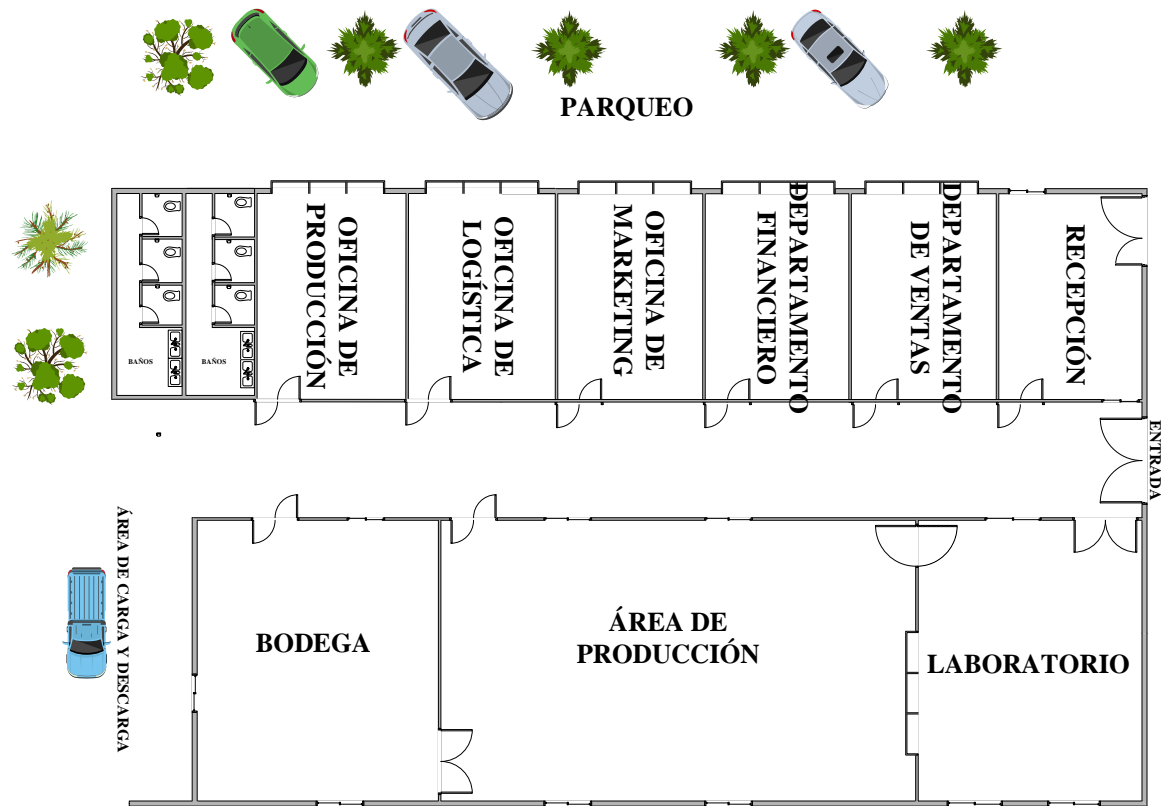


**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### 3.9.2 DISTRIBUCIÓN DE LA MICRO-PLANTA INDUSTRIAL

A continuación, se propone un diseño alternativo de las instalaciones de la Micro-planta Industrial de Aceite Esencial de Jengibre.

**Figura III-6: Distribución de las instalaciones de la Micro-planta Industrial**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



### **3.9.3 EQUIPOS A UTILIZAR EN LA MICRO-PLANTA**

#### **3.9.3.1 BALANZAS**

La capacidad de la balanza necesaria es de 0 a 100 kg.

Características: lb/kg., mecánica o electrónica, el precio de la última esta alrededor de USD 515 (Marca UWE, Modelo AFW, Capacidad 150 kg. x 20 g., tamaño de plataforma: 42 x 52 cm.

La segunda balanza debe tener la capacidad de pesado de 0 a 5000 g. Una balanza electrónica Marca UWE, Modelo ADW, Capacidad 6 kg x 1 g. Características: lb/kg.; batería auto recargable, tamaño de plataforma: 21 x 25 cm. tiene un valor de US\$ 240.

#### **3.9.3.2 MESA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN**

La mesa de selección y clasificación, deben ser de acero inoxidable para evitar cualquier proceso de oxidación al ponerse en contacto directo el material de la mesa y el rizoma a procesar. El precio es aproximadamente de US\$ 500. Las medidas son: Mesa de selección: Longitud 2m y ancho 1.5m

#### **3.9.3.3 CORTADORA DE CUCHILLAS**

Cortadora profesional, lamina ajustable de 1 mm a 7mm. La cuchilla de corte cambia de recta a corte de gofres. Dos espesores de corte en juliana. Fácil de agarrar guardia de seguridad con pasadores de metal fijo y extensible se adapte a todas formas y tamaños, se desliza sobres los corredores para garantizar su uso seguro. El precio es aproximadamente de US\$ 56.

#### **3.9.3.4 SECADOR DE BANDEJAS**

Secador de bandejas, de alta precisión de temperatura, buen grado de homogeneidad, de acero laminado en frio con spray de pintura metálica, con doble capa de vidrio de ventana de observación, sistema de circulación de aire se compone de ventiladores de bajo ruido y el conducto de aire de ciclo de tomar la temperatura más uniforme. El precio es aproximadamente de US\$ 200.

### **3.9.3.5 MOLINO DE MARTILLOS**

Molino Premill Molino de martillos con cámara de molienda provista de aristas de impacto y tamiz intercambiable. El molino Premill se emplea en molturación fina y gruesa, desaglomeración de materiales blandos, frágiles y semiduros, secos, o con cierta humedad. Realizado en acero carbono. Dimensiones boca de descarga 290x175mm. El precio es aproximadamente de US\$ 1500.

### **3.9.3.6 EQUIPO PARA DESTILACIÓN DE ACEITES ESENCIALES**

Equipo de destilación por arrastre de vapor compuesto por un reactor de acero inoxidable AISI 304, e vapor de agua es producido por un quemador a gas lo que otorga al equipo autonomía de movimiento. El condensador es de acero inoxidable AISI 304 con baffles internos para una mayor eficacia en el condensado. El condensado se recoge en un vaso de vidrio, quedando el agua en la parte inferior del mismo, reciclándose al reactor. El precio es aproximadamente de US\$ 3000.

### **3.9.3.7 BOMBA**

Esta bomba es ideal para productos líquidos, incluso con sólidos en suspensión. Su sólida construcción en acero inoxidable, de fácil desrame y utilización confiable, la hacen aptas para la industria procesadora de alimentos.

Modelo AISI, de 1 Hp de potencia, la cual tiene un costo aproximado de US\$ 1000

### 3.10 DISEÑO DE LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN

El diseño de la cámara de extracción se realizará a partir de las dimensiones del equipo y de los canastillos que se utilizaron en el laboratorio de Operaciones Unitarias durante el desarrollo de las pruebas experimentales. Dichas dimensiones serán escaladas tomando en cuenta factores adimensionales de similitud geométrica para lo cual es necesario la descripción del equipo que fue utilizado como modelo para la obtención de datos experimentales, el cual se describe en el **CAPITULO II**, tomando en cuenta las dimensiones de equipo mostrado en la **Figura II-4** y **Figura II-5**.

#### 3.10.1 ESCALAMIENTO DE LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN

Para realizar el escalamiento de la nueva cámara de extracción se aplicó el concepto de similitud geométrica a partir de la siguiente ecuación lineal:

$$X_P = \lambda * X_M \quad (\text{Ec.3-24})$$

donde:

$X_P$  y  $X_M$  = Representan una misma variable en modelo (M) y prototipo (P).

$\lambda$  = Factor de escala para dicha variable.

El factor de escalamiento para la cámara de extracción se determinará por las dimensiones de la misma y la cantidad de materia prima por fuente.

Datos:

$$D_{CEP} = 20 \text{ cm}$$

$$h_{CEP} = 65 \text{ cm}$$

Área de la Cámara Experimental:

$$A_{CEP} = \frac{\pi * D_C^2}{2} + \pi * D * h \quad (\text{Ec.3-25})$$

$$A_{CEP} = \frac{\pi * 20^2}{2} + \pi * 20 * 65$$

$$A_{CEP} = 4712,389 \text{ cm}^2$$

Se considera que el área de la cámara de extracción experimental debe incrementarse en la misma proporción que la materia prima a utilizarse por cada fuente, por lo que es necesario determinar  $\lambda_M$ , ya que esta será igual a  $\lambda_M = \lambda D_{CM}$ '

La cantidad de materia prima ( $m_P$ ) que se usó durante las pruebas experimentales es de 100 gramos por canastillo, por lo tanto, para la cámara de extracción se propone 300 gramos por fuente pretendiendo cubrir el 10% de la importación anual, valor que tomara la variable  $m_M$ . Por lo que partiendo de la ecuación lineal para similitud geométrica el factor de escala será:

Datos:

$$m_M = 300 \text{ gr}$$

$$m_P = 100 \text{ gr}$$

$$\lambda_{M'} = \frac{m_M}{m_P} \quad (\text{Ec.3-26})$$

$$\lambda_{M'} = \frac{300}{100} = 3$$

Entonces  $\lambda_M = \lambda D_{CEM'} = 3$

A continuación, se determina el diámetro de la nueva cámara de extracción:

$$D_{CEP} = \lambda D_{CEM'} * D_{CEP} \quad (\text{Ec.3-27})$$

$$D_{CEP} = 3 * 20 \text{ cm}$$

$$D_{CEP} = 60 \text{ cm}$$

La altura de la cámara de extracción está en función de número de fuentes.

Para calcular el volumen que ocupara el agua, calculamos el volumen que ocupa el agua utilizada en la extracción experimental.

$$Vol_{agua(P)} = \frac{\pi}{4} * D_{CEP}^2 * h_{agua(P)} \quad (\text{Ec.3-28})$$

$$h_{agua(P)} = \frac{4 * Vol_{agua}}{\pi * D_{CEP}^2}$$

$$h_{agua(P)} = \frac{4 * 4000cm^3}{\pi * (20cm)^2} = 12,73cm$$

Ahora calculamos en Volumen de agua a utilizar en la nueva cámara de extracción.

$$Vol_{agua(M)} = \frac{\pi}{4} * D_{CEM}^2 * h_{agua(P)} \quad (Ec.3-29)$$

$$Vol_{agua(M)} = \frac{\pi}{4} * (60cm)^2 * 12,73cm$$

$$v_{agua} = 35993,227cm^3 = 35,993 \text{ lts.}$$

Sí 35,993 litros de agua ocupan 12,73 cm de altura se asume un 25% de esta altura como margen de separación con la primera fuente para permitir que el vapor ascienda libremente y evitar el contacto con la muestra, entonces la altura requerida para la generación de vapor es de 15,91 cm y se decide redondear a 16 cm.

### 3.10.2 CALCULOS PARA LAS DIMENSIONES DE LA FUENTE PARA LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN

El tamaño de la fuente se determinó en función al diámetro de la cámara de extracción diseñada. La fuente diseñada tendrá una relación 1:1

$$D_{canastillos} = \frac{60}{1,1} = 54,545 \text{ cm}$$

Se tomará en cuenta la altura de la fuente utilizada debido a la generación de vapor requerida.  $h_{agua(P)}=h_{agua(M)}$  12,5 cm

**Área de la fuente diseñada:**

$$A_{fuente(M)} = \frac{\pi * 54,545^2}{2} + \pi * 54,545cm * 12,5cm$$

$$A_{fuente (M)} = 6815,343cm^2$$

Se pretende cubrir el 10% de la importación de aceites esenciales (ANEXO 7). En el cual se considera una producción 13.000 ml anual, por lo tanto, entran a la cámara de extracción 4 kilos de jengibre seco, entonces tenemos:

Numero de fuentes

$$N_C = \frac{4000gr}{300 gr} = 13 \quad (\text{Ec.3-30})$$

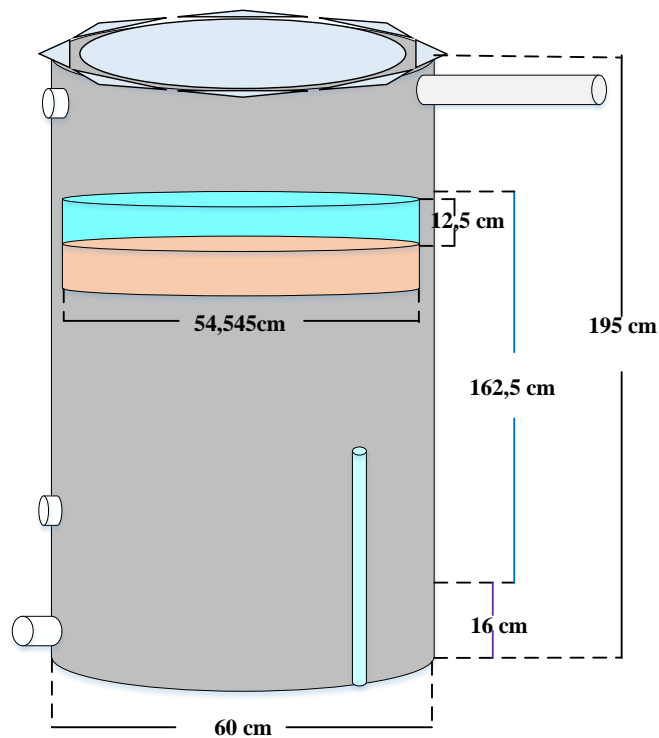
De acuerdo a la capacidad de la cámara de extracción contará con 13 fuentes, cada fuente con una altura de 12,5cm, Por lo tanto, tenemos que la altura de la cámara de extracción será la suma de la altura de las fuentes más la altura del agua a utilizar, más la altura de seguridad para que el vapor generado fluya hacia la cabeza de la cámara de extracción:

$$h_{CED} = 13 * 12,5cm + 16cm + 16 cm$$

$$h_{CED} = 194,5cm$$

Entonces tenemos que la altura de la nueva cámara de extracción es de 194,5cm y se decide redondear a 195cm y el diámetro es de 60cm que cuenta con 13 fuentes de 12,5 cm de altura y 54,545 de diámetro.

**Figura III-7: Dimensiones de Cámara de Extracción y fuentes diseñadas**



**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### 3.11 COSTOS DE PROYECTO DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA

Los costos del estudio para la extracción del aceite esencial se presentan en las siguientes tablas:

**Tabla III-21: Costo de Materia Prima**

Ítem	Detalle	Unidades	Precio unitario (Bs)	Cantidad	Costo (Bs)
1	Rizoma de jengibre	Kg	20	30	600
2	Transporte	Bs	-	-	50
<b>TOTAL</b>					<b>650</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Tabla III-22: Costos de materiales y equipos**

Ítem	Detalle	Unidades	Precio unitario (Bs)	Cantidad	Costo(Bs)
3	Licadora	Unidad	150	1	150
4	Termómetro(250°C)	Unidad	45	1	45
5	Jarra(1000ml)	Unidad	5	1	5
6	Frasco de vidrio ámbar (30ml)	Unidad	18	1	18
7	Jeringas 3ml	Unidad	1	5	5
8	Bolsas Herméticas	Unidad	0,3	50	15
<b>TOTAL</b>					<b>238</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Tabla III-23: Costo de Análisis Fisicoquímico del aceite esencial**

Ítem	Detalle	Unidades	Precio unitario (Bs)	Cantidad	Costo (Bs)
9	Cromatografía GC	Análisis	300	1	300
10	Análisis Fisicoquímico de la materia prima	Análisis	420	1	420
<b>TOTAL</b>					<b>720</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Tabla III-24: Costo de insumos**

Ítem	Detalle	Unidades	Precio unitario (Bs)	Cantidad	Costo (Bs)
10	Agua	m <sup>3</sup>	0,73bs/m <sup>3</sup> +15,82	0,200	16
11	Gas	m <sup>3</sup>	1,02bs/m <sup>3</sup>	0,134	0,137
<b>TOTAL</b>					<b>16,1</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Tabla III-25: Consumo eléctrico de los equipos utilizados**

Ítem	Equipo	Detalle	Potencias (KW)
12	Licadora	Molido de materia prima	0,35
13	Tamiz Vibratorio	Tamizado de materia prima	0,09
14	Balanza analítica	Pesado de materia prima y residuos	0,22
15	Mufla	Secado de materia prima	2,5

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Tabla III-26: Costo Energético de los equipos**

Ítem	Potencia (kW)	Tiempo (hr)	Energía (Kwhr)	Costo (Bs)
16	0,35	7	2,45	1,47
17	0,09	24	2,16	1,296
18	0,22	10	2,2	1,32
19	2,5	56	140	84
<b>TOTAL</b>				<b>88,086</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Los costos están calculados sobre la Base de 0,60 bs/kWhr que cobra SETAR.



**Tabla III-27: Costos Indirectos**

Ítem	Detalle	Unidades	Precio unitario (Bs)	Cantidad	Costo (Bs)
20	Internet	Horas	3	400	1200
21	Transporte	Pasaje	1	320	320
22	Impresión	Hoja	0,5	1080	540
23	Anillado	Anillado	6	5	30
24	Empastado	Empastado	50	4	200
25	Mano de Obra	Hora	10	500	5000
<b>TOTAL</b>					<b>7290</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Tabla III-28: Costo total del Proyecto**

Costos	(Bs)
Costo de Materia Prima	650
Costos de materiales y equipos	238
Costo de Análisis Físicoquímico del aceite esencial	720
Costo de insumos	16,1
Costo Energético de los equipos	88,086
Costos Indirectos	7290
<b>TOTAL</b>	<b>9002,186</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados para el presente trabajo de investigación y a los resultados obtenidos, se llega a las siguientes conclusiones:

- Se caracterizó la materia prima, proveniente del sector CRISTAL MAYU del Departamento de Cochabamba la cual fue sometida a un Análisis Físicoquímico en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) donde se evidencia que el jengibre contiene 0,74% de ceniza; 0,09% de Fibra; 0,10% de Grasa; 12,73% Hidratos de Carbono, 85,30 % de Humedad; 1,04% de Proteína total y 55,98 Kcal por cada 100 gr en Valor Energético (**Tabla III-2**).
- Se determinó que las variables de operación fueron óptimas, con un diseño de  $2^3$ , con tres variables a dos repeticiones con un total de 16 experimentos analizadas en el programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciencis*) se pudo evidenciar que las variables utilizadas con la mejor varianza siguen una ruta paralela al modelo matemático aplicado, dicho modelo es el siguiente:

$$R = 1,194 - 0,069TSecado + 0,106Tiempo - 0,169Granulometría + 0,069TSecado * Granulometría$$

En cual nos sirve para determinar las interacciones significativas de las variables de la extracción de aceite esencial de jengibre.

- Se obtuvo aceite esencial de jengibre por el método de arrastre con vapor con las siguientes variables de operación: presión atmosférica, temperatura de vapor constante de 93°C, tiempo de 120 minutos, masa de materia prima de 100gr por cada fuente con una masa total de 300 gr, granulometría de 0,25 a 2 mm, con un rendimiento de 0,481 gr/100gr de jengibre seco.
- El aceite esencial de jengibre obtenido es liquido de color ligeramente amarillo, un aroma característico al jengibre y de sabor picante (**Tabla III-8**).
- Se realizó el Análisis cromatográfico en el “CEANID” determina el % de cada componente presentando mayor abundancia el Monoterpeno 2-Thujene 18,020%,

un 15,812% de Zingiberene, 13,982% de Camphene, 11,745 de Citral, 8,182 de Citral b, 6,387% de Beta Sesquiphellandrene, 6,013 de Eucalyptol, 5,558 de Farnesene, 5,165 de Pinene, 3,284 de Myrcene, 2,974 de Beta-Bisabolene y 2,879 de Curcumene (**Tabla III-11**).

- De acuerdo al análisis realizado en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, la densidad del aceite de jengibre es de 0,8483 gr/ml y el Índice de Refracción es de 1,4815, comparándolos con los de la bibliografía se determina que se encuentra dentro de los rangos.
- Se propuso el diseño de las instalaciones de una micro planta para la extracción de aceite esencial de jengibre (**Figura III-6**) y así también el diagrama de flujo del proceso con los datos recolectados de acuerdo al proceso en laboratorio (**Figura III-5**).
- Se aplicó el escalamiento geométrico a la Cámara de extracción por arrastre de vapor que se encuentra en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, según el escalamiento aplicado las dimensiones para la nueva Cámara de Extracción son: Altura de 195cm con un diámetro de 60 cm y las fuentes para la materia prima: Altura de 12,5cm con un diámetro de 54,545cm (**Figura III-7**).
- Se identificaron alternativas de uso del aceite esencial en la Industria como en la Elaboración de Cerveza de jengibre (**ANEXO 8**), Sérum o Aceite Concentrado Revitalizante de Natura (**ANEXO 9**), Enjuagues Bucales, un ejemplo de ello es el Proyecto de Titulación de Navarro D. “*Desarrollo de un enjuague bucal profiláctico en base a aceite esencial de Zingiber Officinale con actividad frente a Streptococcus mutans*”.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Evaluar el rendimiento de aceite esencial de jengibre en las diferentes épocas del año, a objeto de observar si existe una variación.
- Variar el tiempo de secado al ambiente con el objeto de observar si existen cambios en el rendimiento de aceite esencial de jengibre.
- Se recomienda mantener e impulsar el cultivo de jengibre en el país y en la región, intensificando el aprovechamiento de la misma con charlas educativas, cursos prácticos, para que los pobladores conozcan sobre los beneficios de este producto agrícola.
- Realizar pruebas de sensibilidad biológica ante el *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus* y *S. Faecalis*.
- Realizar un estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta productora de aceite esencial de jengibre en nuestra región.
- Realizar trabajos de investigación sobre el aprovechamiento y aplicaciones del aceite esencial en la industria farmacéuticas, bebidas y otros en nuestra región.
- Implementación de medidor de gas natural en el Laboratorio de operaciones unitarias.
- Realizar un proyecto implementando el aceite esencial como Aditivo alimentario.
- Realizar proyecto sobre la producción de cerveza de jengibre a nivel laboratorio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **López Piscocama, M & Colorado Maldonado, L. (2003).** *Proyecto de producción y comercialización de jengibre para el consumo local y como alternativa de explotación en el cantón Marcabeli en la provincia de el oro.* Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
2. **El jengibre:** usos y aplicaciones terapéuticas, El herbolario. Recuperado el 1 de mayo del 2017, desde <http://elherbolario.com/plantas-medicinales/item/978-el-jengibre>
3. **Stephen, F. (1998).** *El Libro del Jengibre*, Recuperado el 29 de marzo del 2017, desde <http://joachimfest.info/148355-epub-gratis-pdf-ebook-descargas-el-libro-de-jengibre-download.html>
4. **Benítez, D. G. (2016).** Extracción de aceite esencial de Cáscara de Naranja. Investigación aplicada (Licenciado en Ing. Química). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias y Tecnología. Tarija (Bolivia).
5. **Zambrana, E. & Hinojosa, N. (2004).** *Desarrollo de una industria Nacional de aceites esenciales-El caso Boliviano.* Programa agroquímico "CORDECO-UMSS", Facultad de Ciencias y Tecnología, VII CONGRESO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES AROMÁTICOS Y MEDICINALES. Recuperado el 25 de abril del 2017, desde <http://www.herbotecnia.com.ar/c-biblio014-02.html>
6. **El Jengibre. (2014).** Recuperado el 25 de abril del 2017, desde <http://www.isnaya.org.ni/FCNMPT/laboratorio/jengibre.php>
7. **Simons, M. C. (2010).** Extracción de aceite de crudo de pepa de uva con solvente. Investigación aplicada (Licenciado en Ing. Química). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias y Tecnología. Tarija (Bolivia).
8. **Cevallos Moncayo, K. (2012).** *Obtención de aceite esencial crudo de jengibre (Zingiber Officinale) mediante los métodos soxhlet y arrastre de vapor.* Trabajo de Titulación, Universidad de las Américas, Pichincha, Ecuador.

9. **Amador, P. L. (2014).** Diseño de secador a bandejas para el secado de orégano. Investigación aplicada (Licenciado en Ing. Química). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias y Tecnología. Tarija (Bolivia).
10. **Vásquez Ribeiro, O. & Alva, A. & Marreros Valles, J. (2001).** *Extracción y caracterización del aceite esencial de jengibre (Zingiber officinale)*. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, v.1, n° 1, p. 38 – 42
11. **Chiluiza, J. & Ulloa, P. & Tulio, M. (2005).** *Proyecto de Extracción de aceite esencial de jengibre como alternativa de exportación*, Guayaquil, Ecuador.
12. **Aceite esencial de Jengibre, y todas sus increíbles propiedades.** Recuperado el 25 de abril del 2017 desde <http://aceites-esenciales.org/aceite-esencial-de-jengibre/>
13. **Delgado, M. E. (2016).** Extracción de aceite esencial de hojas de albahaca. Investigación aplicada (Licenciado en Ing. Química). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias y Tecnología. Tarija (Bolivia).
14. **Castillo, S. P. (2016).** Extracción de aceite esencial de hojas de albahaca. Investigación aplicada (Licenciado en Ing. Química). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias y Tecnología. Tarija (Bolivia).
15. **Servicio Nacional de Aprendizaje (2000).** Introducción a la industria de los aceites esenciales de plantas medicinales y aromáticas. Sistema de Bibliotecas SENA. Bogotá-Colombia.
16. **USON (2017).** Capítulo 4. El escalamiento aplicado al diseño de procesos químicos. Fecha de consulta 22 de noviembre del 2017. Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/660/Capitulo4.pdf>
17. **REDALYC (2017).** Escalamiento, el arte de la Ingeniería Química. Plantas piloto, el paso entre el huevo y la gallina. Fecha de consulta 22 de noviembre del 2017. Obtenido en: <http://www.redalyc.org/pdf/482/48223105.pdf>
18. **Leyva M. A. (2007).** Rendimiento y composición química del aceite esencial de *Zingiber Officinale* en función al diámetro de la partícula. Universidad Industrial de Santander.

19. **Vera, I. O. (2012).** Extracción por arrastre con vapor. Fecha de consulta: 16 de octubre del 2017. Disponible en: <http://es.slideshare.net/RRALO/extraccion-por-arrastre-con-vapor>
20. **Rodríguez, Á. M., Alcaraz, M. L., Real, C. S. M. (2012).** Procedimiento para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. Fecha de consulta 16 de octubre del 2017. Disponible en: <http://intranet.cibnor.mx/personal/bmurillo/docs/manual-aceites-esenciales.pdf>
21. **TRADEMAP. (2014).** *Lista de exportadores e importadores para el producto seleccionado: 33 Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética.* Fecha de consulta: 20 de septiembre del 2018.
22. **Ministerio de Agricultura y desarrollo rural (2006).** *Agroindustria y competitividad*, abril, Bogotá-Colombia.
23. **Flores G., M. C. (2010).** Investigación de los aceites esenciales, sus características y finalidad de uso. (Químico Farmacéutico). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Departamento de Química Farmacológica y Toxicológica. Santiago (Chile).
24. **Fonnegra G., R. & Jiménez R., S. (2007).** *Plantas medicinales aprobadas en Colombia, 2da. Edición.*
25. *National Association for Holistic Aromatherapy (NAHA)*, <https://naha.org/>
26. **Leyva, M. & Ferrada, P. & Martínez, J. & Stashenko, E. (2007).** Revista Scientia et Technica Año XIII, N° 33, *Rendimiento y Composición Química del Aceite Esencial de Zingiber Officinale en función del diámetro de la partícula*, mayo, UTP.ISSN 0122-1701.
27. **Sunday, J. & Nneka, I. & Ebeshi, B. (2014).** Essential Oils in Ginger, Hops, Cloves, and Pepper Flavored Beverages-A Review. Publicado en Journal of Dietary Supplements.
28. **Shukla & Singh, (2007).** *Cancer preventive properties of ginger.*
29. **Mosovska, S. & Nonakova, D. & Kalinak, M.(2015).** *Antioxidant activity of ginger extract and indentification of its active components.*

30. **Reyes, A. & Castro, H. & Rodríguez, L. & Quijano, C. & Parada, A. (2011).** *OBTENCIÓN DE EXTRACTOS DE JENGIBRE (Zingiber officinale) EMPLEANDO CO<sub>2</sub>SUPERCRÍTICO.* Rev. acad. colomb. cienc. exact. fis. nat. vol.35 no.136 Bogotá July/Sept. 2011.
31. **Alarcón, L. & Gonzales de C, N. & Peña, A. & Velasco, J. & Usubillaga, A. (2010).** *COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE Zingiber officinale DEL MUNICIPIO INDEPENDENCIA ESTADO TÁCHIRA.* Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de los Andes (ULA).
32. **Francesco, P. & Lucheroni, M.** *ACEITES ESENCIALES PARA RECUPERAR LA VITALIDAD EL BIENESTAR, LA BELLEZA.* Editorial de Vecchi, S.A.
33. **Martínez, A. (2003).** *ACEITES ESENCIALES.* Facultad de Química Farmacéutica Medellín, Universidad de Antioquia.
34. **Navarro, D. (2017).** *Desarrollo de un enjuague bucal profiláctico en base a aceite esencial de Zingiber Officinale con actividad frente a Streptococcus mutans.* Facultad de Ciencias Químicas. Carrera de Química Farmacéutica. Universidad Central del Ecuador.
35. **Yates, D. & Yates, E. (2003).** *CERVEZA DE JENGIBRE Y PATRIMONIO DE LA CERVEZA DE RAIZ.*
36. **Ojeda Correa, E. (2015).** *ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE.* Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Gestión Empresarial Internacional. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.
37. **Young, G. (2004).** *Essential Oils: Integrative Medical Guide, Essential Science, 3ra Edición.*
38. **Natura Cosméticos SA., (2018).** *Sérum o Aceite Concentrado Revitalizante, Anticontaminación y Antiestrés.* Fecha de consulta 6 de octubre del 2018. Disponible en: <http://naturademexico.com/concentrado-revitalizante-natura/>



**ANEXO 1**

**PRODUCTOS EXPORTADOS E**

**IMPORTADOS POR BOLIVIA**

**PRODUCTOS EXPORTADO E IMPORTADOS POR BOLIVIA**

<b>DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS IMPORTADOS</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$
Preparaciones de belleza, maquillaje y para el cuidado de la piel, incl. las preparaciones antisolares y las bronceadoras (exc. medicamentos); preparaciones para manicuras o pedicuros	32.307	30.401	32.257	33.179	32.806
Preparaciones capilares	33.142	32.082	27.918	29.752	32.065
Perfumes y aguas de tocador (exc. lociones para después del afeitado y desodorantes corporales)	29.253	25.557	25.873	28.838	26.543
Preparaciones para afeitarse o para antes o después del afeitado, desodorantes corporales, preparaciones para el baño, depilatorios y demás preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética, n.c.o.p.; preparaciones desodorantes de locales, incl. sin perfumar, aunque tengan propiedades desinfectantes	18.655	20.346	19.361	21.508	25.515
Mezclas de sustancias odoríferas y mezclas, incl. las disoluciones alcohólicas, a base de una o varias de estas sustancias, de los tipos utilizados como materias básicas para la industria; las demás preparaciones a base de sustancias odoríferas, de los tipos utilizados para la elaboración de bebidas	13.839	15.566	14.613	13.997	14.770
Preparaciones para higiene bucal o dental, incl. los polvos y cremas para la adherencia de las dentaduras; hilo utilizado para limpieza de los espacios interdentes "hilo dental", en envases individuales para la venta al por menor	10.990	10.297	9.103	8.801	10.379
Aceites esenciales, destilados o no, incl. los "concretos" o "absolutos"; resinoides; oleorresinas	90	123	113	129	260

de extracción; disoluciones concentradas de aceites esenciales en grasas, aceites fijos, ceras o materias simil., obtenidas por enflorado o maceración; subproductos terpénicos residuales de la desterpenación de los aceites esenciales; destilados acuosos aromáticos y disoluciones acuosas de aceites esenciales					
<b>DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS EXPORTADOS</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$	Miles US\$
Preparaciones capilares	539	1.169	2.487	2.574	2.870
Aceites esenciales, desterpenados o no, incl. los "concretos" o "absolutos"; resinoides; oleorresinas de extracción; disoluciones concentradas de aceites esenciales en grasas, aceites fijos, ceras o materias simil., obtenidas por enflorado o maceración; subproductos terpénicos residuales de la desterpenación de los aceites esenciales; destilados acuosos aromáticos y disoluciones acuosas de aceites esenciales	2.787	3.544	4.512	4.103	2.493
Preparaciones para afeitarse o para antes o después del afeitado, desodorantes corporales, preparaciones para el baño, depilatorios y demás preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética, n.c.o.p.; preparaciones desodorantes de locales, incl. sin perfumar, aunque tengan propiedades desinfectantes	5	6	2	17	9
Preparaciones para higiene bucal o dental, incl. los polvos y cremas para la adherencia de las dentaduras; hilo utilizado para limpieza de los espacios interdentes "hilo dental", en envases individuales para la venta al por menor	0	0	0	0	0

Mezclas de sustancias odoríferas y mezclas, incl. las disoluciones alcohólicas, a base de una o varias de estas sustancias, de los tipos utilizados como materias básicas para la industria; las demás preparaciones a base de sustancias odoríferas, de los tipos utilizados para la elaboración de bebidas	0	0	0	0	0
Perfumes y aguas de tocador (exc. lociones para después del afeitado y desodorantes corporales)	1	0	2	0	0
Preparaciones de belleza, maquillaje y para el cuidado de la piel, incl. las preparaciones antisolares y las bronceadoras (exc. medicamentos); preparaciones para manicuras o pedicuros	4	8	9	0	0

**ANEXO 2**

**MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE  
HUMEDAD**

**NORMA BOLIVIANA NB 074**  
**DETERMINACIÓN DEL HUMEDAD**

**MÉTODO ESTUFA A 105°C**

**1. OBJETO**

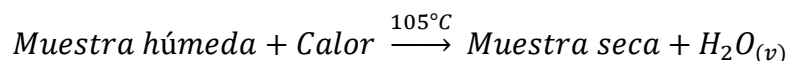
Esta norma tiene por objeto establecer el método de referencia para determinar el contenido de humedad.

**2. DEFINICIÓN**

Contenido de humedad; Se entiende por contenido de humedad a la pérdida de masa expresada con porcentaje, que experimenta el producto cuando es elevado el equilibrio con una atmosfera que tiene una precisión de vapor de agua nula en condiciones totales que no ocurran reacciones interferentes.

**3. PRINCIPIO DEL MÉTODO**

Consiste en determinar el contenido de humedad calentando la muestra a una temperatura de 105°C, y por diferencia de peso se calcula el porcentaje materia seca y posteriormente el porcentaje de humedad.



**4. MÉTODO DE ENSAYO**

**4.1 APARATOS**

**4.1.1 BALANZA**

Balanza analítica de precisión, con sensibilidad a 1 mg.

**4.1.2 ESTUFA**

Estufa, con regulador de temperatura, con reacciones suficientes y capaces de mantener una temperatura de 105°C ± 3°C.

### **4.1.3 DESECADOR**

Desecador, provisto de placa metálica o de porcelana perforada, conteniendo un ante deshidratante adecuado.

### **4.2 PROCEDIMIENTO**

El procedimiento para la determinación de humedad es el siguiente:

1. Tara la cápsula durante 30 min a 105 °C.
2. Llevar al desecador y dejar enfriar por 45 min para luego pesar la cápsula.
3. Pesar 5 gramos de muestra, y llevar a la estufa a 105°C por un espacio de 5 a 6 horas.
4. Dejar enfriar en un desecador por 45 minutos.
5. Pesar la cápsula con la muestra seca.
6. Se lleva a la estufa, después al desecador y finalmente se pesa; se realiza este procedimiento hasta que el peso sea constante.

### **4.3 CÁLCULO Y EXPRESIÓN DEL RESULTADO**

El resultado se expresa en porcentaje de humedad usando la siguiente fórmula:

$$\%H = \left[ 1 - \left( \frac{C_F - C_o}{C_m - C_o} \right) \right] * 100$$

Donde:

$C_o$  = Masa de la cápsula vacía en gramos.

$C_m$  = Masa de la cápsula con muestra húmeda en gramos.

$C_F$  = Masa final de la cápsula con muestra seca en gramos.

### **1.4. DISPERSIÓN DE RESULTADOS**

La diferencia resultante entre determinaciones duplicadas de la misma muestra no debe ser mayor de 0.5% en valor absoluto. En caso contrario se repetirá la determinación por duplicado.

**ANEXO 3**

**ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS DE LA  
MATERIA PRIMA Y ACEITE ESENCIAL DE  
JENGIBRE**





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"  
FACULTAD DE "CIENCIAS Y TECNOLOGIA"  
LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS (LOU)



## INFORME DE ENSAYO

### I-INFORMACIÓN

<b>Nombre:</b>	Yenny Victoria Huanca Limachi		
<b>Dirección:</b>	Calle Beretí s/n- Barrio Constructor		
<b>Teléfono:</b>	75134616	<b>Correo electrónico:</b>	yen676560@gmail.com

### II. INFORMACIÓN

#### MUESTRA 1

Descripción de la muestra:	Rizoma de jengibre		
Fecha y hora de muestreo:	2017-09-13		
Procedencia:	Tarija-Cercado-Bolivia		
Lugar de muestro:	L.O.U. - U.A.J.M.S.		
Responsable de muestreo.	Yenny Victoria Huanca Limachi		
Código de muestra:	0001	Fecha de ejecución de ensayo:	De 2017-09-13 al 2017-09-14
Cantidad	1kg		

*Rev.*

#### MUESTRA 2

Descripción de la muestra:	Aceite Esencial de Jengibre		
Fecha y hora de muestreo:	2017-11-22		
Procedencia:	Tarija-Cercado-Bolivia		
Lugar de muestro:	L.O.U. - U.A.J.M.S.		
Responsable de muestreo.	Yenny Victoria Huanca Limachi		
Código de muestra:	0002	Fecha de ejecución de ensayo:	De 2017-11-22 al 2017-11-23

*Rev.*

U. A. "J. M. S."  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA  
LABORATORIO OPERACIONES  
UNITARIAS  
Departamento Procesos Industriales  
Carrera de Ingeniería Química



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"  
FACULTAD DE "CIENCIAS Y TECNOLOGIA"  
LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS (LOU)



### III. RESULTADOS

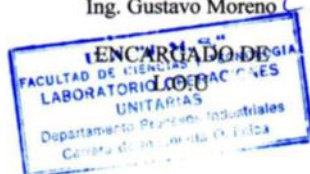
#### MUESTRA 1

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO D ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
Análisis Organoléptico	Sensorial	-	Ver inf. Adj.
Humedad	Gravimétrico en estufa a 105°C	%	75,201
Humedad	Secador Infrarrojo Satorius MA 100	%	75,42

#### MUESTRA 2

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
Análisis Organoléptico	Sensorial	-	Ver inf. Adj.
Densidad (20°C)	Densidad absoluta	g/ml	0,855
Índice de Refracción(20°C)	Refractómetro Abbé	-	1,4701

Ing. Gustavo Moreno



Ing. Juan Pablo Herbas B.

TRIBUNAL

Tarija, 28 de noviembre de 2017

# ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE

## I. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Descripción de la muestra	Aceite Esencial de Jengibre
Fecha del muestreo	22/11/2017
Procedencia	Tarija, Cercado. Tarija-Bolivia
Lugar de Muestreo	Laboratorio de Operaciones Unitarias "LOU"
Responsable del muestreo	Yenny Huanca Limachi

## II. RESULTADOS

Características	Evaluación
Color	Ligeramente amarillo
Aspecto	Líquido
Olor	Característico del Jengibre
Sabor	Picante

# ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE LA MATERIA PRIMA “RIZOMA DE JENGIBRE”

## I. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Descripción de la muestra	Rizoma de Jengibre
Fecha del muestreo	13/09/2017
Procedencia	Tarija, Cercado. Tarija-Bolivia
Lugar de Muestreo	Laboratorio de Operaciones Unitarias “LOU”
Responsable del muestreo	Yenny Huanca Limachi

## II. RESULTADOS

<b>Características</b>	<b>Evaluación</b>
Forma	Plagiotropa
Tamaño	Grande
Color	Amarillo claro
Textura	Lisa
Sabor	Picante

## **ANEXO 4**

# **ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA POR EL CENTRO DE ANÁLISIS, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (CEANID)**



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAE SARACHO"  
 FACULTAD DE "CIENCIAS Y TECNOLOGIA"  
 CENTRO DE ANALISIS, INVESTIGACION Y DESARROLLO "CEANID"  
 Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes  
 Red Nacional de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos  
 Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes  
 Laboratorio Oficial del "SENASAG"



## INFORME DE ENSAYO

### I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

<b>Cliente:</b>	Yenny Victoria Huanca Limachi				
<b>Solicitante:</b>	Yenny Victoria Huanca Limachi				
<b>Dirección:</b>	Calle Beretti entre Avenida La Paz y Salinas s/n				
<b>Teléfono/Fax:</b>	75134616	<b>Correo-e</b>	****	<b>Código</b>	AL 247/18

### II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

<b>Descripción de la muestra:</b>	Jengibre				
<b>Código de muestreo:</b>	***	<b>Fecha de vencimiento:</b>	***	<b>Lote:</b>	*****
<b>Fecha y hora de muestreo:</b>	2018-09-18				
<b>Procedencia</b> (Localidad/Prov/ Dpto)	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia				
<b>Lugar de muestreo:</b>	Lugar de elaboración				
<b>Responsable de muestreo:</b>	Yenny Victoria Huanca Limachi				
<b>Código de la muestra:</b>	808 FQ 494	<b>Fecha de recepción de la muestra:</b>	2018-09-06		
<b>Cantidad recibida:</b>	1000 g	<b>Fecha de ejecución de ensayo:</b>	De 2018-09-07 al 2018-09-18		

### III. RESULTADOS

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITES PERMISIBLES		REFERENCIA DE LOS LIMITES
				Min.	Max.	
Ceniza	NB 39034:10	%	0,74	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia
Fibra	Gravimétrico	%	0,09	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia
Grasa	NB 313019:06	%	0,10	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia
Hidratos de Carbono	Cálculo	%	12,73	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia
Humedad	NB 313010:05	%	85,30	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	1,04	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia
Valor energetico	Cálculo	Kcal/100 g	55,98	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia

NB: Norma Boliviana      Kcal: Kilocalorias      %: porcentaje  
 n.d.: No detectado      ISO: Organización Internacional de Normalización      g: gramos

- 1) Los resultados reportados se remiten a la muestra ensayada en el Laboratorio
- 2) El presente informe solo puede ser reproducido en forma parcial y/o total, con la autorización del CEANID
- 3) Los datos de la muestra y el muestreo, fueron suministrados por el cliente

Tarija, 18 de septiembre del 2018

Ing. Natalid Aceituno Cáceres  
 JEFE DEL CEANID



Original: Cliente  
 Copia: CEANID

## **ANEXO 5**

# **ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE**





UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"  
 FACULTAD DE "CIENCIAS Y TECNOLOGIA"  
 CENTRO DE ANALISIS, INVESTIGACION Y DESARROLLO "CEANID"  
 Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes  
 Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos  
 Laboratorio Oficial del "SENASAG"



### INFORME DE ENSAYO

#### I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

<b>Cliente:</b>	Yenny Victoria Huanca Limache				
<b>Solicitante:</b>	Yenny Victoria Huanca Limache				
<b>Dirección:</b>	Calle Bereti entre Av. La Paz y Salinas				
<b>Teléfono/Fax:</b>	75134616	<b>Correo-e</b>	****	<b>Código</b>	MO 017/17

#### II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

<b>Descripción de la muestra:</b>	Aceite esencial de Jengibre		
<b>Código de muestreo:</b>	*****	<b>Fecha de vencimiento:</b>	*****
<b>Fecha y hora de muestreo:</b>	2017-11-21		
<b>Procedencia</b> (Localidad/Prov/ Depto)	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia		
<b>Lugar de muestreo:</b>	L.O.U. - U.A.J.M.S.		
<b>Responsable de muestreo:</b>	Yenny Victoria Huanca Limache		
<b>Código de la muestra:</b>	2095	<b>Fecha de recepción de la muestra:</b>	2017-11-22
<b>Cantidad recibida:</b>	4 ml	<b>Fecha de ejecución de ensayo:</b>	De 2017-11-22 al 2017-11-27

#### III. RESULTADOS

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITES PERMISIBLES		REFERENCIA DE LOS LIMITES
				Min.	Max.	
Perfil cromatográfico	Cromatografía de gases		Ver Inf. Adj.	*****		****

- 1) Los resultados reportados se remiten a la muestra ensayada en el Laboratorio
- 2) El presente informe solo puede ser reproducido en forma parcial y/o total, con la autorización del CEANID
- 3) Los datos de la muestra y el muestreo, fueron suministrados por el cliente

Tarija, 27 de noviembre de 2017



*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Análid Aceituno Cáceres  
 JEFE DEL CEANID

Original: Cliente  
 Copia: CEANID



Muestra: Aceite Esencial de Jengibre

Código: MO 016/17

### Condiciones Cromatográficas

Equipo: Cromatógrafo Gaseoso Agilent 6890N acoplado a Detector de Masas 5975

Columna: HP-5MS (30m\*0.250mm\*0.25um)

Gas carrier: Helio

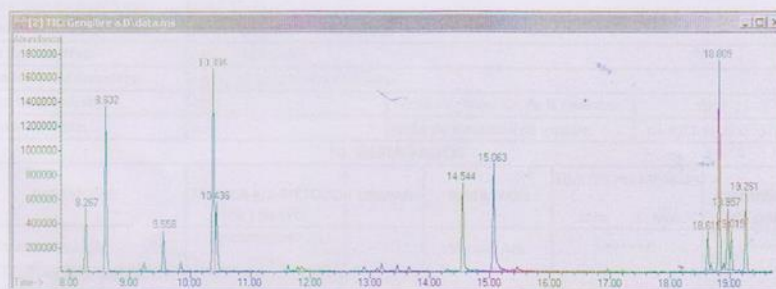
Volumen de inyección: 1ul de 0.1% de solución de muestra en acetato de etilo

Modo de inyección: Split ratio 10:1

Temperatura de Inyector: 250°C

Programación de temperaturas: 40°C 3min, 8°C/min 250°C

### Perfil Cromatográfico Aceite Esencial de Jengibre



### Aceite Esencial de Jengibre

Item	Compuesto	Tiempo de retención (minutos)	Abundancia %
1	Pinene	8.267	5.165
2	Camphene	8.602	13.982
3	Myrcene	9.558	3.284
4	2-thujene	10.384	18.020
5	Eucalyptol	10.436	6.013
6	Citral b	14.544	8.182
7	Citral	15.063	11.745
8	Curcumene	18.619	2.879
9	Zingiberene	18.809	15.812
10	Farnesene	18.957	5.558
11	Beta - Bisabolene	19.019	2.974
12	Beta - Sesquiphellandrene	19.261	6.387
<b>TOTAL</b>			<b>100</b>



**ANEXO 6**

**INDUSTRIAS REGISTRADAS EN**

**FUNDAEMPRESA CON MATRÍCULA**

**ACTUALIZADA**

**CÓDIGO ACEITES ESENCIALES**

<b>MATRICULA DE COMERCIO</b>	<b>NOMBRE DE LA EMPRESA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDAD</b>	
116784	UNIDAD DE NEGOCIOS DE ESPECIAS Y CONDIMENTOS S.A. <i>CHUQUISACA</i>	Producción, industrialización, comercialización y exportación de productos agrícolas en general y especialmente especias aromáticas y medicinales frescas deshidratadas o en aceites esenciales, mezclas y condimentos.	<b>Actividad general</b>	I. Manufacturera
			<b>Actividad Primaria</b>	Elaboración de productos alimenticios.
			<b>Actividad específica</b>	Elaboración de otros productos alimenticios.
175057	LABORATORIO COSMETOLOGICO A & E - UNIK ACEITES ESENCIALES Y COSMETICA NATURAL S.R.L. <i>COCHABAMBA</i>	Fabricación, comercialización y exportación de aceites esenciales, aceites vegetales y cosméticos naturales	<b>Actividad general</b>	I. Manufacturera
			<b>Actividad Primaria</b>	Elaboración de productos alimenticios.
			<b>Actividad específica</b>	Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal
158058	EMPRESA AGROINDUSTRIAL TOTAL CITRUS S.A. <i>SANTA CRUZ DE LA SIERRA</i>	Producción de cítricos, granos, semillas acondicionamiento, almacenamiento, procesamiento y conversión de los mismos, producción industrial de los derivados de cítricos como ser aceites esenciales, jugos concentrados y procesamiento agrícolas y forestales, empaque de frutas fresca para la comercialización en mercados locales y de exportación.	<b>Actividad general</b>	Agricultura, ganadería, caza, pesca y silvicultura
			<b>Actividad Primaria</b>	Agricultura, ganadería, caza y servicios conexos.
			<b>Actividad específica</b>	Cultivo de plantas perennes.

374780	MACKSUI S.R.L <i>COCHABAMBA</i>	Importación, exportación, comercialización, compra venta, consignaciones de todo tipo de artículos del hogar y de uso personal, como ser bisutería, prenda de vestir, material deportivo y de relajación, prestación de servicios importación, exportación, representación y compra venta de artículos comestibles y bebibles como ser te, café, frutos secos, pastelería entre otros aceites esenciales y libros de diferentes temáticas y autores y papelería e n general	<b>Actividad general</b>	Información no registrada
			<b>Actividad Primaria</b>	Información no registrada
			<b>Actividad específica</b>	Información no registrada
379120	ORGANICVH S.R.L. <i>COCHABAMBA</i>	Comercialización de los siguientes productos: alimentos orgánicos, percederos, cosmética natural y/o emocional. aceites esenciales de uso tópico, comestible y/o de difusión, perfumes, cremas, ambientadores, aceites vegetales y desodorantes orgánicos, detergentes orgánicos y pasta dental orgánica para el consumo humano. elementos de gemoterapia y terapia holística, gemas, jardines zen y esencias florales	<b>Actividad general</b>	Información no registrada
			<b>Actividad Primaria</b>	Información no registrada
			<b>Actividad específica</b>	Información no registrada
388053	CHOMATEO S.R.L. <i>LA PAZ</i>	Producción transformación artesanal y comercialización de productos ecológicos de cacao, café y otros con valor agregado del bosque amazónico como incienso, jalata, vainilla y aceites esenciales, mediante la exportación, distribución venta al por mayor y menor.	<b>Actividad general</b>	Industria Manufacturera
			<b>Actividad primaria</b>	Elaboración de productos alimenticios.
			<b>Actividad específica</b>	elaboración de otros productos alimenticios
308166		Producción de toda variedad de cítricos; producción industrial de los derivados de	<b>Actividad general</b>	Agricultura, ganadería, caza,

	<p style="text-align: center;">EMPRESA AGROINDUSTRIAL LIMONEIRA S.A. <b>SANTA CRUZ DE LA SIERRA</b></p>	<p>cítricos, como ser aceite esencial, jugo concentrado y otros; producción agrícola de granos y semillas en predios propios o ajenos y su procesamiento industrial; En ganaderos para la cría, re cría, engorde de ganado vacuno, equino, porcino, ovino, etc. en predios propios o ajenos; empaque de fruta fresca para comercialización e n mercados locales y de exportación y todos los productos derivados</p>		<p>pesca y silvicultura</p>
			<p><b>Actividad Primaria</b></p>	<p>Agricultura, ganadería, caza y servicios conexos</p>
			<p><b>Actividad especifica</b></p>	<p>Cultivo de plantas perennes</p>

## **ANEXO 7**

# **DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN**

## DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN

Según los productos importados en Bolivia los aceites esenciales reportan 260.000 \$ de dólares anualmente (ANEXO1). También este producto puro es comercializado a un precio de 10\$ un frasco de 5 ml. Por lo tanto, se propone cubrir el 10% de la demanda Nacional. Entonces tenemos que:

$$ml_{importados/año} = \frac{260.000\$ \times 5ml}{10\$}$$

$$ml_{importados/año} = 130.000ml$$

Se calcula el 10% de la producción anual:

$$ml_{producción} = \frac{130.000ml \times 10\%}{100\%}$$

$$ml_{producción} = 13000ml$$

Se considera que en cada fuente se colocare 300 gr de jengibre seco, entonces se considera las 8hrs de trabajo en las cuales se realiza 3 extracciones, también se considera 24 días hábiles con un funcionamiento anual, 12 meses, calculamos:

<b>Masa por cargada a la cámara(gr)</b>	<b>Aceite esencial producido (ml)</b>	<b>Aceite esencial producido por 3 extracciones/día. (ml)</b>	<b>Aceite esencial producido en el mes (ml)</b>	<b>Aceite esencial producido por año, 12 meses (ml)</b>
300	1,17	3,51	84,24	1010,88
3500	13,65	40,95	982,8	11793,6
4000	15,6	46,8	1123,2	13478,4

Por lo tanto, con 4 kg de jengibre seco se pretende cubrir el 10% de la demanda anual.

**ANEXO 8**

**ESSENTIAL OILS IN GINGER, HOPS,  
CLOVES, AND PEPPER FLAVORED  
BEVERAGES**





ARTICLE

## Essential Oils in Ginger, Hops, Cloves, and Pepper Flavored Beverages—A Review

Sunday J. Ameh, PhD<sup>1</sup>, Nneka N. Ikekwé, PhD<sup>1</sup>, & Benjamin U. Ebechi, PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Medicinal Chemistry and Quality Control, National Institute for Pharmaceutical Research and Development (NIPRD), Garki, Abuja, Nigeria  
<sup>2</sup>Department of Pharmaceutical & Medicinal Chemistry, Niger Delta University, Amassoma, Nigeria

**ABSTRACT.** In the West, sugar-based, ginger flavored beverages may contain hops, other flavorings, fruit juices, and varying levels of ethanol. Ginger ales contain 0.5% v/v; ginger beers ~0.5% v/v; and alcoholic ginger beers (5 ≤ 11% v/v). Ales are carbonated by pressurized CO<sub>2</sub>, while beers and alcoholic beers are carbonated by yeast or ginger beer plant (GBP). In Africa, grain-based beverages include “fura da nono,” “kunu,” and “akamu,” which are spiced with one or more flavorings including ginger, black pepper, clove, chili pepper, or Aframomum alligator peppers. Spices have flavor because they contain essential oils (EOs), which are composed of aroma-active compounds (AACs). The benefits and toxicities of spices are ascribed to their EOs/AACs contents. *Aim:* Given the toxic potentials of EOs/AACs vis-à-vis their benefits, this review aimed to investigate the means by which the levels of EOs/AACs in spiced beverages are regulated. *Methodology:* The benefits and liabilities of key EOs/AACs of spices were identified and described. The methods for assaying them in raw materials and beverages were also identified. *Result:* There was a dearth of data on the levels of EOs/AACs in both raw and finished goods. Moreover, their assay methods were found to be tedious and costly. The implications of these findings on regulation are discussed. *Conclusions:* Owing to the practical difficulties in assaying flavors in beverages, both manufacturers and regulators should focus on: (i) the wholesomeness of raw materials; and (ii) good manufacturing practice (GMP). However, studies aimed at developing more robust methods for flavor should continue.

**KEYWORDS.** Aroma-active compound (AAC), Beverage, Clove, Essential oil (EO), Flavor, Ginger, Hops, Pepper

### INTRODUCTION

An essential oil (EO) is a mixture of lipophilic aroma-active compounds (AACs) that may be extracted as a liquid from a named plant part. An EO has flavor because it contains volatile AACs, defined as substances that evoke a distinctive taste

Address correspondence to: Sunday J. Ameh, PhD, Department of Medicinal Chemistry & Quality Control, National Institute for Pharmaceutical Research and Development (NIPRD), Garki, Abuja, Nigeria (E-mail: sjam@niprd.gov.ng)

and odor. An EO may be called the “oil of” the plant from which it was extracted, usually by distillation, expression, or solvent extraction. An aromatic plant (AP) is a plant known for one or more EOs or AACs. Most EOs contain terpenes, terpenoids, and other lipophilic compounds as volatile AACs, with molecular weights (MWs) below, or slightly above, 300 daltons. The plant parts that have EOs are called spices. Spices have been in use since antiquity and are “generally regarded as safe” (GRAS) flavorings in foods and beverages. However, EOs used professionally in nutrition and medicine need to be handled strictly in accordance with “good manufacturing practice” (GMP). The reason for caution is that EOs/AACs, being secondary plant metabolites are produced for various ecophysiological purposes, such as defense against herbivores and pathogens, hence many EOs/AACs are dose-dependently beneficial or toxic (Bakkali, Averbeck, Averbeck, & Idomar, 2008). In the soft drink industry EOs/AACs are the major ingredients of concentrates used in blending syrups prior to dilution with carbonated water, and their use is closely guided by GMP. The International Organization for Standardization (ISO) has established over 100 standards on EOs, which are listed in ISO catalog (ISO catalog, 2013). The standards are meant to guide the production, quality control, marketing, and use of EOs worldwide. EOs/AACs or spices are known worldwide for their uses in flavoring foods and beverages (Sellar, 2001; Baser, & Buchbauer, 2010).

### USES OF SPICES, ESSENTIAL OILS, AND AROMATIC COMPOUNDS IN BEVERAGES—AN OVERVIEW

In the West, ginger flavored beverages are carbonated, sugar based drinks. They include ginger ales, ginger beers, and alcoholic ginger beers. Ginger refers to the rhizome of *Zingiber officinale* (Zingiberaceae). The ales, which are carbonated by pressurized CO<sub>2</sub>, are soft drinks. The beers may be alcoholic—i.e., contain over 0.05% v/v ethanol. Alcoholic ginger beers are decidedly alcoholic, containing up to 11% v/v ethanol (Hehner, 1880; Alcohol consumption, 2012). Both ginger beers and alcoholic ginger beers are carbonated by yeast or by “ginger beer plant” (GBP)—a composite organism of *Lactobacillus hilgardii* and *Saccharomyces florentinus* called “the ginger beer plant” (Pidoux, 1989; Daker & Slacey, 1938; Dicks & Endo, 2009). The foregoing ginger beverages may, in addition to ginger oil, contain other oils and fruit juices. Alcoholic ginger beers contain hop oil from *Humulus lupulus* (Moraceae). In West Africa, spiced, non-alcoholic, cereal based beverages include: “fura da nono,” “kunu,” and “akamu.” “Fura da nono” (in Hausa) is commonly spiced with black pepper—*Piper guineense* or *nigrum* (Piperaceae), clove—*Eugenia caryophyllata* (Myrtaceae), chili pepper—*Capiscum* plant (Solanaceae) and ginger. “Kunu” (in Hausa) may be spiced with one or more of the following: black pepper, clove chili pepper, ginger, grains of paradise—*Aframomum melegueta* (Zingiberaceae) and alligator pepper—*Aframomum daniellii* or *citratum* (Zingiberaceae). “Akamu” (in many West African languages) may be flavored with one or more spices as in “kunu.” Spices are used in beverage worldwide because people like the taste and aroma of essential oils; and because the spices are associated with health benefits. All the AACs of ginger, hop, clove and peppers are phytochemicals, i.e., plant secondary metabolites, with molecular weight below, or slightly above 300 daltons. For



example, the key aroma-active components of black pepper, hop, clove, and *Capiscum* pepper are piperine (MW: 285), humulene (MW: 204), eugenol (MW: 164), and capsaicin (MW: 305), respectively.

#### MOLECULAR BASES FOR THE EFFECTS AND USES OF ESSENTIAL OILS AND AROMATIC COMPOUNDS

Both the therapeutic and toxic effects of EOs/AACs depend upon concentrations, and have much to do with their ability to “permeabilize” barriers, i.e., to make cell walls and all membrane-types indiscriminately permeable to entities that normally transverse walls and membranes selectively (Bakkali, Averbeck, Averbeck, & Idaomar, 2008). Typically, a concentrated EO not only disrupts cellular structures, it interferes with intra-molecular and inter-molecular interactions of cellulose, mucoproteins, lipoproteins, and phospholipids complexes and in so doing, compromises their functions. Irrespective of cell type, permeabilization may lead to loss of ions, reduction of membrane potential, collapse of the proton pump, depletion of the ATP pool, or even coagulate the cytosol with irreversible damage to enzymes and other proteins (Bakkali, Averbeck, & Idaomar, 2008). But while a concentrated EO is indiscriminately injurious to both economic species (e.g., normal human cells) and non-economic species (e.g., pathogens or cancer cells), an appropriately diluted EO may have selective effects and prove therapeutic. Typically, an undiluted EO is an oily liquid that can be dangerous even in small quantities if taken internally or applied on the skin. Even a diluted EO may be harmful because it may cause abortion, cancer, gynecostasia, irritation, photo-toxicity, sensitization, liver damage, jaundice and other systemic derangements, and in extreme cases coma or death (Dweck, 2014). Despite the foregoing, EOs are useful as medicines, flavorings, and as additive to cosmetics, if used in accordance with professional directions. The uses, benefits and liabilities of spices or EOs/AACs derived from ginger, hops (*Humulus*), clove (*Eugenia*), and alligator pepper (*Aframomum*), black pepper (*Piper*), clove (*Eugenia*), and the pungent principle of chili pepper (*Capiscum*) are described in the following section.

#### COMPONENTS, USES, BENEFITS AND LIABILITIES OF SPICES OR EOs/AACs FROM SELECT PLANTS

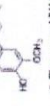

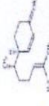
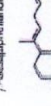
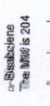




##### Ginger (*Zingiber officinale*) and Hops (*Humulus Lupulus*) in Ales and Beers

###### Compositions of Ginger and Hops Oils

**Ginger oil:** Ginger oil constitutes about 3% w/w of fresh ginger rhizome, and has many AACs including bisabolene, borneol, camphene, cineole, farnesene, geraniol, geranyl acetate, linalool, nerol, neryl, phellandrene, pincene, sesquiphellandrene, terpineol, zingerone, and zingiberene (Sellar, 2001; Baser, & Buchhalter, 2010; Tainter, & Anthony, 2001; Zingiber officinale ROSCOE—Zingiberaceae, 2014). The structure of key AACs that contribute to the aroma and other attributes of ginger are shown in Table 1.

**Hops oil:** Hops oil contains humulene, humulone, and isohumulone. Other constituents of hops oil are: xanthohumol—reputed to be anti-cancer and anti-oxidant

TABLE 1. Aroma-active Components of Ginger Oil and Their Attributes

Component	Structure	Attribute
6-Zingerone: Active in processed or stored ginger. Gingersol: Active in fresh ginger but converts to zingerone during storage or cooking processing.	 6-Zingerone MW is 194.	Zingerone has pleasant peppery taste and aroma, and is structurally similar to vanillin and eugenol. 6-Zingerone limes from 6-gingerol during processing of ginger.
Zingiberene: Constitutes up to 30% w/w ginger oil, and gives ginger its distinct flavor and aroma.		Zingiberene is a terpenoid sesquiterpene—the key constituent of ginger oil. MW is 204.
$\beta$ -Sesquiphellandrene: Exudes a pleasant and delicate aroma.		$\beta$ -Sesquiphellandrene is a sesquiterpene, mainly and slightly (about) larot. The MW is 204.
$\alpha$ -Sesquibellandrene: Aromatic effects are clearcut.		Hexadecalin is in aroma active constituent responsible for $\alpha$ -bisabolene which has been approved in the EU for use as a food additive.
Bisabolene are aroma-active. They occur in the oils of many other plants like cubeb and oregano. The $\beta$ -isomer occurs in biosynthesis of hemanolucin.	 The MW is 204.	$\beta$ -Farnesene is synthesized by many plants, e.g., potato as natural insect repellent. The linalyl $\alpha$ - $\beta$ -phellandrene is present in chili and slightly bitter. MW is 196.
Farnesene: A set of 6 related sesquiterpenes that have an appealing taste and aroma.	 Farnesene MW is 204.	
Both $\alpha$ - and $\beta$ -phellandrene are cyclic monoterpenes and are double bond isomers.		
Cineol (Eucalyptol): A component of the essential oils of many aromatic plants. About 80% w/w Eucalyptus oils is Eucalyptol.	 Cineol The MW is 154.	Eucalyptol has a fresh camphor-like smell and a spicy cooling taste. It contributes to the taste and odor of many aromatic plant oils.
Citral (Limonene)—Citral is present in the oils of many plants, e.g., lemon myrtle (90–98%), lemongrass (65–85%) lime (6–9%), lemon (2–5%) and orange.	 Citral The E-isomer is geranyl or citral A. The Z-isomer is neryl or citral B. MW is 152.	Essential has a strong lemon odor that is not, but neral's lemon odor is sweeter. Citral is mostly used for its citrus effect, and in the synthesis of vitamin A.

NOTE: Gingersol, zingerone, and shogaols collectively stimulate saliva flow<sup>10</sup>, anti-oxidation, alleviate rheumatism, nausea and exhibit anti-inflammatory effect<sup>11</sup>. Aroma-active components of ginger of linear molecular weights (MW) < 300 daltons.

(Bolea et al., 2010; Magalhães et al., 2009); isoxanthohumol—reputed to have limited estrogenic activity (Nikolic et al., 2004); and  $\beta$ -prenylflavonoids—reputed to have high estrogenic activity (Nikolic et al., 2004). Parkes (Parkes 2002) ascribed the aroma and sedative effect of hops to humulene and amyl-alcohol, respectively.

##### Uses of Ginger and Hops in Ales and Beers

**Ginger ale:** Ginger ale is a soft drink flavored with ginger. It is popular in Europe from where it got to the US and Canada. Thomas Cantrell of the US is reputed to



have invented a brand marketed by Gratian & Company with "The Original Makers of Ginger Ale" embossed on its bottles (FOHBC.com, 2013). The brand was dark and sweet, with a strong ginger flavor. It was produced as per an old "golden style" recipe and was described as a "nonalcoholic version" of "ginger beer." Today, the "golden style" or the "dark ginger ale" is credited to Thomas Cantrell, while the "dry style" or "pale style," which has a much milder ginger flavor, is attributed to John McLaughlin of Canada. In 1904 McLaughlin developed a ginger extract, which he added to carbonated water to yield "Pale Dry Ginger Ale" that was patented in 1907 as "Canada Dry Ginger Ale" (Yates, 2003). All ginger ales, pale or dark, are sodas (carbonated soft drinks). When ginger ale is not carbonated with pressurized CO<sub>2</sub>, yeast, which generates ethanol up to 0.4% v/v, is used (Fankhauser, 2006). Ginger ales are reputed home remedies for indigestion, nausea, restlessness, and sore throat.

**Ginger beer:** Ginger beer usually has hops and adequately answers to a definition of "beer" as "herbal drink: a carbonated or slightly fermented drink made from or flavored with the roots, leaves, or seeds of a plant" (Encarta Dictionary). The phrase "slightly fermented" suggests that the product contains ethanol, which may be more or less than 0.5% v/v. Historically, "brewed ginger beer" originated in Yorkshire in England in the 1750s and became popular in the UK, US, and Canada, attaining peak popularity in the early 1900s (Fankhauser, 2006). Though called beer, most ginger beers today are classified as sodas. But the original Yorkshire ginger beer was made from water, sugar, lemon juice, ginger, and a fungal-bacterial complex called "ginger beer plant" (Pidoux, 1989; Daker & Stacey, 1938; Dicks & Endo, 2009). Since the mixture was fermented for a few days, some ethanol content is implied. Indeed, "traditional ginger beer brewing can generate as much as 11% v/v of ethanol" (FOHBC.com, 2013).

**Alcoholic ginger beer:** Despite the long history of brewed ginger beer, which may have hops, a landmark in its modern history occurred only in 2009 in the UK, when a brand called Crabtree's Alcoholic Ginger Beer was launched. The drink was described as "UK's best-selling ginger beer... finally available in the US" in April 2013 (Huffingtonpost.com, 2013). Furthermore: "This ginger beer is fermented, old-school style, and that method is reflected in the flavor - slightly honeyced and floral...." Huffingtonpost.com, 2013. In the US the drink is sold at \$3.65 per 500-ml bottle. It contains 4% v/v ethanol and is labeled "Alcoholic" (LCBO Product Information, 2013).

#### Ginger Beer Plant

Ginger beer plant (GBP) is a composite organism consisting mainly of a bacterium—*Lactobacillus hilgardii* and a fungus—*Saccharomyces florentinus*, which form a symbiotic colony of bacteria and yeast. The colony forms a gelatinous coagulum that permits easy transfer from one fermenter to another. GBP was first described in 1892 by Harry Ward (Pidoux, 1989; Daker & Stacey, 1938; Dicks & Endo, 2009). Lactic Acid Beverages: sour beer, (milk) & soda, (2006). Original ginger beer was made by leaving water, sugar, ginger, and GBP to ferment for 3 or more days (Yates, 2003).

#### Homemade Recipe for Ginger Beer

The recipe is after Fankhauser (Fankhauser, 2006), with slight modifications. It involves assembling all the ingredients for fermenting sugar within a closed system—a tightly capped 2-L plastic bottle. The process involves production of carbon dioxide and ethanol ( $\leq 0.4\%$  v/v). The requirements and procedure are in Table 4.

#### Benefits and Liabilities of FOM/AACs of Ginger and Hops

**Ginger EO/AACs:** Ginger oil is described as analgesic/anti-pyretic/rubefacient, anti-emetic/earminative/laxative, antispasmodic/expectorant, bacteriostatic/bactericidal, psychostimulant/stomachic/tonic, Sudorific/diaphoretic, and has ability to relieve of colds and flu symptoms (Fankhauser, 2006). Its liabilities irritation of sensitive skin and mucous membranes and photosensitivity, i.e. a chemically induced change in the skin that makes people more sensitive to light (Tisserand, & Young, 2013).

**Hops EO/AACs:** Hops is used in brewing because its antibacterial properties favor yeast over less desirable microbes, and because its bitter flavor serves to balance malt's sweetness (Parks, 2002). In herbal medicine, hops are used similarly to valerian, as a remedy for anxiety, restlessness, and insomnia (*Humulus lupulus*, 2012). Hops are also used in preparations for relieving problems associated with hormone replacement or periods (Keiter, Zierau, & Kretzschmar, 2013; Bove, 2012). The liabilities of hops include dermatitis, which often results from harvesting hops. Some 3% of the persons engaged in its harvest suffer from skin lesions in the face, hands, and legs (*Humulus lupulus*, 2012).

#### Aframomum Peppers, Eugenia, Piper, and Capsicum Peppers

*Compositions of Aframomum Peppers, Clove, and Black Pepper oils, and Capsicum Pepper*

**Aframomum oils:** The oils of *Aframomum melegueta* seeds (grain of paradise) and *Aframomum daniellii* or *citratum* seeds (aligator pepper) are similar to ginger oil, in containing the aromatic ketone-6-paradol (MW: 278) and related compounds as key AACs. The oils are also similar to *Elettaria cardamomum* oil by containing  $\alpha$ -terpineol,  $\beta$ -pinene,  $\beta$ -phellandrene, cineol, humulene, limonene, menthone, myrcene, and sabinene as AACs (Sellar, 2001; Baser, & Buchbauer, 2010; Beichner, 1961). As shown in Table 1, some AACs like  $\beta$ -phellandrene and cineole, also occur in ginger oil. Other AACs of *Aframomum* oils, which they share with hops oil, are shown in Table 2. The similarities between *Aframomum*, *Elettaria*, and *Zingiber* oils are not unexpected since the three genera are Zingiberaceae family members.

**Clove oil:** Clove oil contains eugenol, eugenyl acetate, caryophyllene, isocaryophyllene, (Sellar, 2001; Baser, & Buchbauer, 2010; Chaieb et al., 2007; Clove (*Eugenia aromatica*), and Clove oil (Eugenol), 2012) and several terpenes and terpenoids as shown in Tables 2 and 3.

**Black pepper oil:** Black pepper contains many scores of AACs including  $\alpha$ -phellandrene,  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -caryophyllene,  $\beta$ -bisabolene,  $\beta$ -farnesene,  $\beta$ -pinene, camphene, limonene, linalool, myrcene, sabinene, and terpinen-4-ol (Meghwal, & Goshwami, 2012). The species of black pepper used in Nigeria and



TABLE 2. Aroma-active Components of Oils of Humulus and Aframomum

Component	Structure	Attribute
6-Paradol: An aromatic ketone that account for the characteristic peppery taste Aframomum.		6-Paradol – The key aroma-active of <i>Aframomum</i> is analogous to the 6-gingerol of ginger. MW is 278
$\beta$ -Pine: A pleasant smelling oil that occurs in hops, rosemary, parsley, dill, rose, and others.		$\beta$ -Pine is a major contributor to the taste and aroma of hops that give beers their aroma and flavor.
Terpineol: Has 3 isomers, $\alpha$ -, $\beta$ -, and $\gamma$ -terpineol found also in eucalypt and petitgrain oils. $\alpha$ -Terpineol is the dominant isomer.		Terpineol has a pleasant lilac-like aroma. It occurs in many flavors. It can be produced from $\alpha$ -pinene. Terpeneol refers to all 3 isomers
Limone: An oily cyclic monoterpene. The D-isomer is small, fragrant, limonene is known as dipentene. The MW is 136.		Limone is present in all citrus flavors used in food and drinks. Limonene is adenosine agonist which explains its anti-stress and sedative properties <sup>16</sup> .
Humulene ( $\alpha$ -caryophyllene): A sesquiterpene that abounds especially in the oil of <i>Humulus lupulus</i> (hops) and <i>Cannabis sativa</i> . MW is 204.		Humulene epoxide are produced in brewing. A study with a trained sensory panel revealed that the "hopy" aroma in beers is due to hydrolysis of humulene epoxide
Menthone: A monoterpene that has C-O when menthol has OH. It occurs in peppermint also. It is produced via oxidation of menthyl		Menthone is valued for its characteristic minty aroma. It is a minor component of the oils of a few plants.
Myrcene: An olefinic monoterpene in the oils of many other plants – citrus, bay, ylang-ylang, thyme, and parsley, and others.		Myrcene is one of the most important diene's of isoprene that contributes to the taste and aroma of many essential oils.
Sabinene: A bicyclic monoterpene in many plant oils. It has a strained system in which cyclopropane is fused to cyclopropane.		Sabinene is a key contributor to the spiciness of oils of Piper and carrot seeds and of nutmeg and lsa tree. MW is 136.
$\alpha$ -Pine: A monoterpene in many plants including pines, citrus, hops and rosemary. The racemic mixture of $\alpha$ -pinene occurs in eucalyptus oil and orange oil.		The desirable features of some beers imparted by hops, come from terpenes identified as $\alpha$ -pinene, $\beta$ -pinene, myrcene, $\beta$ -caryophyllene, and $\alpha$ -humulene. The MW is 136.

NOTE: All the above aroma-active compounds have molecular weight (MW) of less than 300. For example, the sesquiterpenes have MW of 204, while the MW of the terpenes 136.

TABLE 3. Aroma-active Components of Black Pepper, Clove and Capsicum Pepper and Their Attributes

Component	Structure	Attribute
Piperine: A pungent alkaloid. It is slightly soluble in H <sub>2</sub> O (40 mg/L at 20°C). ECH (1g/15mL) ether (1g/5mL) or CHCl <sub>3</sub> (1g/1.7mL). It is found in all species of the Piper, Capsicum, and other genera.		Piperine is desired in drinks for its "heat" taste that stimulates taste flow. Piperine acts by activating heat and acidity sensing ion channels on pain sensing neurons <sup>18</sup> .
Rotundone: A sesquiterpene first observed in the tubers of <i>Cyperus rotundus</i> <sup>19</sup> .		Rotundone is a key contributor to the taste and aroma of black pepper, oregano and thyme
Capsaicin: A highly pungent alkaloid especially of <i>Capsicum</i> (chilies). It is hydrophobic, and produces a sensation of burning on skin and mucous membranes.		Capsaicin and related compounds are called capsaicinoids. They are produced by chills to deter herbivores and fungi. Capsaicin is not sweetly aromatic. MW is 305.
$\beta$ -Caryophyllene: A bicyclic sesquiterpene in oil of many plants, e.g., clove, hemp, and hops. It is found as a mixture with $\alpha$ -humulene ( $\alpha$ -caryophyllene).		The spiciness and aroma of Piper and clove are due partly to $\beta$ -caryophyllene - cannabinoid receptor (CB <sub>2</sub> ) agonist. MW is 204.
Eugenol: A phenylpropanoid. It is a major component of the oils of clove, nutmeg, cinnamon, basil, and bay leaf. The MW is 164.		Eugenol is spicy with a rich aroma, and is used as a flavoring in food and drinks, and as a local anesthetic and anesthetic in dentistry.
Vanillin: Key term in vanilla extract - a mixture of > 100 chemicals. Present in black pepper and clove. The most costly flavoring in food and drinks, and mostly produced from lignin or from guaiacol.		Vanillin and ethylvanillin are highly valued. The ethyl has a stronger note and is costlier. Industrial vanilla flavoring is a solution of pure vanillin, usually of synthetic origin. The MW is 152
Methyl salicylate (MS): An ester produced by many species of plants, including wintergreens, coca and peppers. It is used as a fragrance, and included in liniments and rubbing ointments.		MS occurs in oil of many plants used in beverages like coca used in Coke. Plant genera and species that produce MS include: <i>Gaufferia</i> (wintergreen), <i>Betula</i> , <i>Spiraea</i> , black pepper, clove, and others.

NOTE: It is notable that aroma-active  $\beta$ -caryophyllene oxide is the substance detected by drug-sniffing dogs<sup>20</sup>. All the above aroma-active compounds have molecular weight (MW) of less than 300. For example, the sesquiterpenes have MW of 204, while that of terpenes, vanillin, eugenol and caryophyllene are 136, 152, 164 and 204 respectively.



TABLE 4. Requirements and Procedure for Making Ginger Beer at Home

Items	Capacity/ Quantity	Treatment/purpose
Bottle-plastic/ screw cap	2-L x 1	1. All the items are inspected for suitability
Grater with fine "cutting" teeth	1	2. Sugar (1 cup) is added to the empty 2-L bottle using dry funnel, which is left in place until the bottle is ready for capping
Funnel to match measuring cup	1	3. Baker's yeast (1/4 tsp, granular and active) is added to the bottle via the funnel. The bottle is shaken to mix the contents.
1/4 tea spoon	300 ml	4. Ginger-Lemon slurry is made as follows: To 2
1 Teaspoon	0.25 ml	Tablespoon of finely grated ginger in a measuring cup, 2
Others	15 ml	Tablespoon of lemon juice is added and stirred to form ginger-lemon slurry.
1. Water	2 L	5. The slurry is gently added to the bottle via the funnel.
2. Sugar	1 cup	6. Any slurry sticking to the funnel and wall of the bottle is washed in with some of the fresh potable water.
3. Ginger	2 Tbs	7. The bottle is gently shaken to mix the contents, and then filled to the 2-L mark with more of the fresh potable water - this should leave 2-3 cm of head space.
4. Lemon juice	2 Tbs	8. The bottle is securely capped, and then inverted repeatedly to dissolve/disperse the contents evenly.
5. Baker's yeast	1/4 tsp	9. The bottle is left standing in a warm kitchen or room for 24-48 hours. During this period the bottle is felt or squeezed from time to time to gauge the level of carbonation, to decide if the process can be discontinued or slowed before or after 48 hours.
6. Strainer		10. The fermentation is slowed or discontinued by placing the bottle in a refrigerator maintained at 5-10 °C. When required the cold drink is served into glass tumbler through a strainer.

NOTE: Glass bottle is not recommended in case of explosion. Equivalent quantities of dry ginger or granules can be used. If GBP equivalent to 1/2 teaspoon of baker's yeast is used, the lemon juice may be omitted or reduced since GBP produce enough lactic acid for sourness. The product is called beer rather than as per Fankhauser<sup>6</sup> because it is carbonated by yeast fermentation.

most of West Africa is *Piper guineense* (Ameh et al., 2011a). The structures of some of these are shown in Table 3.

**Capitium.** *Capitium* pepper, especially the variety called chili pepper (*Capitium annuum*), contains capsaicin, dihydrocapsaicin and nordihydrocapsaicin as its intensely spicy phytochemicals. They are intensely irritant to all mammals, and are neither liquids nor oily, but are rather crystalline substances.

#### Uses of Aframomum Peppers, Clove, Black Pepper, and Capsicum Pepper in Cereal-Based Beverages

Ginger and/or pepper spiced beverages in tropical West Africa are of three types: (i) "fura da nono" (in Hausa), which is made from grains, ginger, one or more peppers, and yoghurt; (ii) "kunu" (in Hausa), which is made from grains, ginger or chili pepper or both, with or without other spices, and usually with sweet potatoes and other plant materials; and (iii) "akamu" (in many West African languages) which is made from grains, with or without spices.

TABLE 5. Ingredients and Production of "fura da nono" (A Spiced Fermented Milk-cereal mix)

Ingredient	Quantity	Treatment/Purpose
Millet flour (ground)	1 1/2 cups	Coarse, not finely ground millet, is preferred, but the soybean must be finely ground to reduce cooking time.
Soya bean flour	1/2 cup	The two flours are thoroughly mixed by hand in bowl, or by tituration using mortar and pestle, or by using a mixing machine.
Black pepper (ground)	1/2 teaspoon	The spices are combined and mixed, and portions thereof are mixed with the mixed flours until all two mixtures are mixed to form one homogeneous mixture of flours and spices.
Chili pepper (ground)	1 teaspoon	Water is then added a little at a time (e.g., a tablespoon) until a thick paste that can be formed into firm balls (of about 4-5 cm diameter) is formed.
Clove (ground)	1/2 teaspoon	The water remaining in the pot is brought to boiling. The balls are gently placed in it, covered, and allowed to cook for 20 minutes. Thereafter, the balls are removed and ground into a thick paste that can be formed into firm balls as before. The moist balls are placed in a tray and covered all over with dry maize flour sprinklings, which help to keep the balls separate and from direct contact with the atmosphere. When required, the balls are served, reshaped and mixed with nono and sugar.
Ginger (ground)	1 teaspoon	
Others	2 L in cooking pot	
1. Water	1 tablespoon	
2. Dry maize flour	1 liter	
3. Nono (yoghurt)	To taste	
4. Sugar		

NOTE: A cup is about 300 ml. A teaspoon is about 5 ml. A tablespoon is about 15 ml. "fura da nono" is popular in the Northern Nigeria, where it can be taken at any time of the day.<sup>12</sup>

**Fura da nono:** In Hausa "fura" refers to a spiced cereal product prepared in a particular way, while "nono" means milk or yoghurt. Hence "fura da nono" means "spiced cereal product", served with yoghurt or milk. The product is consumed all over West Africa, especially in Northern Nigeria (Ameh et al., 2011a, Fura da nono drink, 2013). As shown in Table 5, the recipe for producing "fura da nono" may incorporate soybean to increase its protein content.

**Kunu:** Aside from cereals and spices "Kunu" may contain "isamia" (in Hausa) - the fruit of tamarind (*Tamarindus indica*) that imparts a pleasant sour taste; or it may instead contain a small quantity of ground *Cadaba farinosa* stem, or its water extract as an adjunct. "Enyu" or "Umu" (in Idoma) usually contains the ground corn of a species of *Glialotus*, which is thought to promote lactic acid fermentation, while inhibiting other types of microbial fermentation (Fura da nono drink, 2013). It is also thought that ginger, pepper, and *Cadaba farinosa* stem probably function, at least partly, by differentially inhibiting some types of fermentation. The term "kunun-zaki" means sweet "kunu" (Ameh et al., 2011b, Gafia, Jideani, & Nkama, 2002). The drink made from sorghum is milky maize, while that from millet or maize is milky white. A scheme illustrating the production of "kunu" is shown in Figure 1.

**Akamu:** Any of the three cereals - maize, millet, and sorghum, can be used in making "akamu." If desired, any combination of spices can be used. The general process, with explanations, is as follows (How to Make Akamu, Ogi or Pap, 2014):

(a) The cereal is washed, and then soaked in water for 2 days. This mobilizes starch and the enzymes required for germination. The cereal absorbs water and swells,



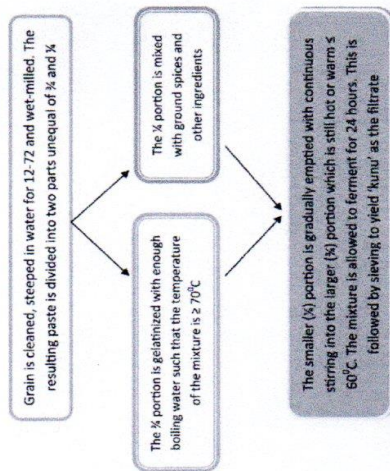


FIGURE 1. Slight variations of the above scheme may occur, but the principle and aim of the steps are as follows: (a) to maximize saccharification (i.e., hydrolysis of starch to sugars—to make the “kunu” sweet); and (b) to create and maximize opportunities for fermentation by lactic acid bacteria, while minimizing opportunities for other types of microbial fermentation—to make the “kunu” pleasantly sour. The spices and various ingredients like ground sweet potatoes, malted grains, *Cadaba* stem and *Gladolus* corn are intended to promote one or the other process. *Tamarindus indica* fruit is added to increase sourness.

liberating starch grains. For best results, the water used in soaking the cereal is changed every 12 hours.

(b) On the 3rd day, the soaked cereal is wet-milled into a smooth paste with the spices of choice. The paste is filtered through a medium (i.e., aperture size: 2.8 mm) or fine (i.e., aperture size: 2.0 mm or lower) sieve, with sufficient water, to yield “cereal milk,” which contains mainly starch, with some protein and lipid. The residue is discarded or fed to domestic animals. The “cereal milk” is actually an aqueous mixture—mainly water and starch, which, after 2 hours or more, separates into a sediment and a clear aqueous layer. The aqueous layer is discarded, while the sediment is allowed to ferment with atmospheric lactic acid bacteria for 2–3 days. The resulting, pleasantly sour, paste is called “akamu.” “Akamu” is usually stored cold until required.

(c) When required, a slurry of “akamu” is made by mixing 4–6 tablespoon chunks of “akamu” with 8–12 tablespoon of water. This is followed by addition of boiling water with continuous stirring until the preferred thickness is attained. The heat and stirring cause starch to gelatinize. Sugar or other food items like milk or honey may be added, if required.

When prepared ready to take, akamu may look like custard ready to take, but since akamu is made from whole grains and is fermented, it has a pleasant sour taste and an aroma not perceived in custard.

#### Benefits and Liabilities of Aframomum, Clove and Black Pepper Oils and Capsicum Pepper

**Aframomum oils:** Literature on Aframomum oils are rare, but given their similarities to ginger oil, their pharmacological and toxicological properties are expected to be similar to those of ginger oil (Lawless, 1995; Tisserand, & Young, 2013).

**Clove oil:** Clove oil has many medicinal uses that includes relief of pain due especially to arthritis, rheumatism, sprains, and toothache; control of asthma and bronchitis; and management of various bacterial, fungal and viral infections (Chieib et al., 2007; Clove (Eugenia aromatica) and Clove oil (Eugenol), 2012).

**The liabilities of clove oil include irritation to the skin and mucous membrane.** Moreover clove oil should be avoided, or used with extreme caution in: alcoholism; anticoagulant medications; disease of the kidney and liver; hemophilia, and prostatic cancer (Scilar, 2001; Basar, & Buchbauer, 2010; Dweck, 2014; Lawless, 1995; Tisserand, & Young, 2013).

**Black pepper oil:** The benefits of black pepper oil include its use as: an analgesic relieving sore muscles and joints; an anodyne and antiseptic in dental care; an anti-inflammatory agent; an antispasmodic and anipyrretic—indicated for enteric fever; and chills, flu, and colds; antispasmodic (Meghwal, & Goshwami, 2012); antisticking agent (Ameh et al., 2011a); and as an aphrodisiac—boost serum levels of androgens (Mhongate et al., 2005; Ekanem, Udoh, & Oku, 2010). The only liability of therapeutic use of black pepper in the form of Niprisan is mild irritation to gut and mucous membranes (Wambebe et al., 2001).


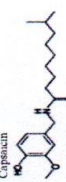
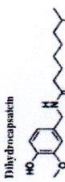
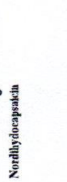
**Capsicum’s spicy constituents:** There are 20–27 species of *Capsicum* Walsh, & Hoot, 2001, of which the commonest are: *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, and *C. pubescens*. *C. annuum*, like other *Capsicum* species, occurs in many varieties that differ greatly in appearance and in their contents of capsaicinoids—the “hot,” spicy, pungent, or piquant alkaloids that typify the genus (Mason et al., 1991). The variety called “chili” contains high amounts of these alkaloids; whereas, the variety called sweet pepper, bell pepper, or paprika contain little or undetectable amounts. By contrast, the variety of *C. chinense* (or *C. annuum*, according to some taxonomists) called “Moruga Scorpion” contains phenomenal amounts, hence are described as “extremely hot.” It is thought that the capsaicinoids are produced by chili pepper to deter insect and mammals, but not birds (Mason et al., 1991); while capsidiol—an aroma-active terpenoid, is produced by sweet pepper in response to fungal infection (Maldonado-Bonilla, Belancourti-Jiménez, & Luzoya-Gloria, 2008). These phytochemicals are shown in Table 6.

#### Benefits and Liabilities of Capsaicin

**Benefits of capsaicin:** The benefits of capsaicin, DHC, or NDHC hinge on three important biochemical properties. The first, is the ability to permeabilize mitochondrial membranes, especially in some types of cancer cell (e.g., leukemic, lung, and prostate cancer cells) thereby disrupting their electrical potentials and physiological functions, leading inexorably to apoptosis. This ability accounts for the use



TABLE 6. Pungent Alkaloids of Chili Pepper and Aroma-active Terpenoid of Sweet Pepper

Variety of Capsicum annum	Pungent or Aroma-active Phytochemicals of C. annum	Species Measured in Scoville
Chili pepper or other hot varieties of <i>Capsicum annum</i>	Pungent Alkaloid  Capsaicin Low or non-detectable	Heat Units (SHU) Capsaicin: $16 \times 10^6$
Sweet pepper or other mild varieties of <i>Capsicum annum</i>	Low or non-detectable  Dihydrocapsaicin  Nordihydrocapsaicin  Vanillyl dihydrocapsaicin Capsaicin Spiciness of pepper and two terpenoids of ginger Pepper: $1.0 \times 10^5$ Shogaol: $1.6 \times 10^5$ Gingerol: $6.0 \times 10^5$	Dihydrocapsaicin: $15 \times 10^6$ Nordihydrocapsaicin: $9.1 \times 10^6$

NOTE: Capsaicin is not only the spiciest capsaicinoid of *Capsicum annum*, but is far more abundant in chili pepper than dihydrocapsaicin (DHC) and nordihydrocapsaicin (NHC) that occur only in traces. The table shows that pungent alkaloid AAC of chili pepper is capsaicin and its dihydro and nordihydro derivatives. The spiciness of capsaicin is expected to be very low, or undetectable on the Scoville scale.

of capsaicin in clinical studies, to induce apoptosis in prostate and lung cancer cells (Maldonado-Bonilla, Betancourt-Jiménez, & Lozoya-Gloria, 2008), and in actual clinical practice, to directly inhibit the growth of leukemic cells (Ito et al., 2004). The second is the ability to interact with calcium ion channels called transient receptor potential vanilloid-type 1 (TRPV1) on some types of neurons. Caterina et al. (1997) have shown that capsaicin selectively binds TRPV1—a heat-activated calcium channel in pain and heat-sensing neurons that opens in the range of 37–45°C. In such neurons, capsaicin on binding the ion channel causes it to open below 37°C, which is why capsaicin is linked to the sensation of heat. This property accounts for the following phenomena/ benefits: (i) a news report by a news reporter by Gorman (2010) states that many worldwide “enjoy the heat” imparted by small amounts capsaicin hence “the age long demand for chili-spiced products; and (ii) the claim that some experience euphoria from ingesting capsaicin can be ascribed to pain-induced release of endorphins, since the effect can be blocked by naloxone, which compete for the same receptor site as endorphins (Coccherelli, Gagliardi, Ruzante, & Giron, 2002). The third is the ability of capsaicin to cause some types of neurons to discharge their stores of a neurotransmitter called “substance P,”

which is required for such neurons to transmit pain. Kissin (2008) has shown that exposure of pain and heat-sensing neurons to capsaicin depletes presynaptic “substance P,” and that prolonged or chronic exposure leads to reduced sensation of pain. But if capsaicin is removed, the neurons recover. This third property accounts for observations, uses or benefits of capsaicin: (a) capsaicin (0.025–0.25% w/w), with or without rubefacients, is used in topical ointments, or as a dermal patch to relieve muscle, or pain due to post-herpetic neuralgia (Gliniski, Gliniska-Ferenz, & Pterozyska-Dubowska, 1991); and (b) capsaicin creams reduced itching/inflammation caused by psoriasis (Arnold, & van de Kerkhof, 1993).

**Liabilities of capsaicin:** It would seem that the liabilities of dietary, therapeutic, and political uses of capsaicin-based products stem from capsaicin’s rather versatile ability to permeabilize membranes—cellular and intracellular. Capsaicin-rich food can cause nausea and vomiting because the alkaloid is highly irritating to the guts of those not accustomed to it. The LD<sub>50</sub> in mice is 47.2 mg/kg (Johnson, 2007). Capsaicin-based therapies in humans is often accompanied by: (a) burning sensation in the face, eyes and fingers, hence the need to wear face masks, goggles, and hand gloves when applying capsaicin-based therapies; (b) even the minutest quantities of capsaicin inhaled, can provoke breathing difficulties, especially in asthmatics; and (c) accidental or intentional exposure of the eyes to capsaicin produces intense weeping and dripping from the eyes and nostrils, conjunctivitis, and even blepharospasm (Goldfrank, 2010). The use of capsaicin-based “pepper spray” in riot control may be a liability or a dubious benefit depending upon one’s side in the conflict, or the *casus belli*.

#### WHY IT MAY BE ESSENTIAL TO KNOW THE LEVELS OF EOS/ AACs IN FLAVORED BEVERAGES

When using wholesome, locally harvested spices in accordance with established traditions, there may be little or no danger of toxicity to most users in a given community, although idiosyncrasies such as rashes, sore mouth and diarrhea are not uncommon following the use of some spices. Therefore, given the globalization of spices use and the pharmacological and toxicological potentials of EOS/ AACs, which spices contain, there is a need to have data on how much EOS/ AACs occur in the ready to drink beverage. This is because, as seen in last section EOS/ AACs is present in a beverage, to be able to determine safety levels; (ii) dose-dependent useful effects, hence there is a need to know how much is present in a beverage, to be able to determine effective levels; and (iii) antimicrobial actions that are useful in controlling the microbial quality, hence there is a need to determine the effective level of such EOS/ AACs. Despite the foregoing however, there is a general lack of data on how much EOS/ AACs occur, not only in products, but also in raw material. Moreover, the few studies in which levels of AACs were determined in beverages revealed the complexity and probable high costs of such studies (Hansch, 2010). Yet such studies are essential if the levels of EOS/ AACs in beverages are to be properly regulated.



### IMPORTANCE AND RELEVANCE OF GMP AND ISO STANDARDS TO UTILIZATION OF EO/AACs

Aromatic plants (APs) or spices are "generally regarded as safe" (GRAS) flavorings, or additives, in foods, drinks, medicines and cosmetic. But extracted EOs or AACs used in industrial production of beverages need to be handled professionally in accordance with strict "GMP." This is because, as seen earlier, EOs/AACs, as secondary plant metabolites produced for various ecophysiological purposes of plants, can produce dramatic effects in humans. Therefore, to ensure safe use of EOs/AACs, standards needed to be developed for them. The International Organization for Standardization (ISO) has established over 130 standards on EOs. Examples include:

- ISO 4720:2009, for "Nomenclature"
- ISO 9235:2013 for "Aromatic natural raw materials—Vocabulary"
- ISO 7359:1985, for "Analysis of EOs by gas chromatography on packed columns"
- ISO 22972:2004 Essential oils—Analysis by GC on chiral capillary columns
- ISO 3061:2008 for "Oil of black pepper (*Piper nigrum* L.)"
- ISO 16928 for "Essential oil of ginger *Zingiber officinale* Roscoe"
- ISO/TR210:1999, for "General rules for packaging, conditioning and storage" of EOs

These standards and others are listed in ISO catalog, 2013 and are used to guide production, quality control, marketing, storage, and use of EOs/AACs globally. Without GMP and ISO or similar standards it would be impossible to properly regulate the use of flavors in beverages on a global scale.










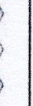
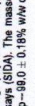

### METHODS FOR ANALYZING AACs IN SPICES, OILS AND BEVERAGES

#### Equipment and Techniques used in Flavor Analyses and Research

Equipment and techniques used in beverage flavor research include, among others:

- Liquid-liquid continuous extraction/solvent-assisted flavor evaporation (LLCE/SAFE) is a technique used in extracting AACs from products Engel, Bahr, & Schieberle (1999).
- Gas chromatography-olfactometry (GCO) is a technique used for detecting AACs. It works in conjunction with another technique called aroma extract dilution analysis (AEDA). This technique is well described and used by Hausch (2010).
- Solid phase microextraction (SPME) combined with stable isotope dilution assays (SIDA) is used in quantifying AACs (Bertuzzi, Tirillini, Angelini, & Venanzoni, 2013).

TABLE 7. Levels of Aroma-active Compounds (AACs) in Three Regulated Beverages

Molecule	Structure	Concentration of Component in mg/g of De-carbonated Soda as Mean or (Range at 35% Confidence Interval)		
		Sprite	Sierra Mist	7Up
Dehydrochalcone		1550 (1360–1740)	2630 (2380–2890)	2750 (2490–3010)
Linalool		220 (202–239)	296 (277–314)	376 (355–403)
Bornol		201 (189–213)	53.8 (52.6–55.1)	58.6 (52.1–65.1)
Octanal		168 (155–181)	449 (411–487)	347 (332–362)
Decanal		61.3 (54.8–67.8)	191 (183–199)	133 (121–145)
Geraniol		47.5 (39.9–55.0)	67.5 (59.3–75.7)	119 (105–132)
Nonalal		33.5 (31.8–35.2)	54.3 (53.7–55.0)	42.1 (35.5–49.6)
Nerol		32.9 (29.5–36.4)	35.0 (29.8–40.2)	49.5 (43.2–55.9)
Isobornol		32.5 (29.8–35.3)	16.0 (14.4–17.7)	12.2 (10.8–13.6)
Citriole (Eucalyptol)		29.7 (28.3–31.1)	17.4 (16.9–17.9)	15.5 (15.2–15.7)
Geraniol (ε-Citral)		5.64 (3.35–7.91)	6.56 (4.85–8.52)	10.0 (6.11–13.9)
Niral (ε-Citral)		3.58 (2.46–4.70)	3.83 (2.65–5.01)	4.59 (3.56–5.63)

NOTE: The data are after Hausch (2010), using liquid-liquid continuous extraction/solvent-assisted flavor evaporation (LLCE/SAFE), gas chromatography-olfactometry (GCO) and solid phase microextraction (SPME) combined with stable isotope dilution assays (SIDA). The masses of de-carbonated beverages were: Sprite—97.4 ± 1.5; Sierra Mist—97.6 ± 1.59; and 7Up—80.0 ± 0.19% w/w of their carbonated masses Hausch (2010).

(d) Gas chromatograph-mass spectroscopy (GC-MS) equipped with a comprehensive library is a requirement for flavor chemistry (Hausch, 2010; Engel, Bahr, & Schieberle, 1999; Bertuzzi, Tirillini, Angelini, & Venanzoni, 2013).

(c) High performance liquid chromatography (HPLC). It is, for example, often essential and convenient in flavor analysis to quantify benzoic acid in beverages using HPLC (Hausch, 2010); Engel, Bahr & Schieberle, 1999; Bertuzzi, Tirillini, Angelini & Venanzoni, 2013).



### Retention Time Locked Methods

Two Retention Time Locked Methods (RTLMs) for analyzing EOs/ AACs have been described by David, Scanlan, & Szelewski (2014).

- The first was a gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID) analyses performed on an Agilent 6980 GC equipped with a split/splitless inlet. Separation was done on a 50m x 0.32 mm id x 1.05µm HP-5 column ( $\beta = 72$ ): Agilent part number 19091J-215.
- The second was a gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analyses performed on an Agilent 6980 GC equipped with a split/splitless inlet in combination with an Agilent 5973N MSD.

Retention times (RTs) for each of 400 AACs were determined using both methods. These led to the creation of two RT databases. Thus AACs in food, spices and EOs can be searched for automatically based on RTs and/or mass spectra.

### Typical concentrations of AACs in finished products

Table 7 shows levels of AACs in three lemon-lime sodas: Sprite, Serra Mist and 7Up, as per the study by Hansch (2010).

### CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

There is a dearth of data on the contents and compositions of essential oils in spiced beverages both in the West and in West Africa. Yet there is a great need for such data for purposes of regulation, because these oils can exert profound physiological effects in humans. In view of the high cost and practical difficulties associated with current techniques for analyzing beverages for contents of essential oils, or their components, regulators and producers of these beverages should focus more attention on: i) controlling the type and quality of the raw spices; and ii) ensuring strict adherence to GMP in the use of these spices. These mean that the procedures for producing and analyzing these products should be thoroughly researched to arrive at the most cost-effective methodologies for quality control.

**Declaration of interest:** The authors report no conflict of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of the paper.

### REFERENCES

- Adehustun AA, Amusa NA, Fagade SO. Microbiological quality of locally fermented milk (momo) and fermented milk-cereal mixture (tura da momo) drink in Bancha, a Nigerian city. *J Food Technol Afr*. 2001;6(3): 87-89.
- Alcohol consumption. *Encyclopedia Britannica*. *Encyclopædia Britannica Ultimate Reference Suite*. Chicago: Encyclopædia Britannica; 2012.
- Ameh SJ, Obodozie OO, Inyang US, Abubakar MS, Garba M. Climbing black pepper (*Piper guineense*) seeds as an antisticking remedy. In VR, Preedy, RR Watson, VB Patel (Eds), *Nut & Seeds in Health and Disease Prevention* (1st ed.), pp. 333-343, 2011. London, Burlington, San Diego: Academic Press (Elsevier), 2011a. ISBN: 9780123756886

Ameh SJ, Obodozie OO, Oloruntimehin PO, Okoloko IE, Odekepe NA. Potentials of *Gladiolus cornus* as an antimicrobial agent in food processing and traditional medicine. *J Microbiol Antimicrobiol*. 2011b;3(1):8-12.

Arnold WP, van de Kerkhof PC. Topical capsaicin in pruritic psoriasis. *J Am Acad Dermatol*. 1993;29(3):438-42. doi:10.1016/0190-9622(93)70208-B. PMID:20486208

Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils - A review. *Food Chem Toxicol*. 2008;46(2):446-475.

Basel KH, Buchbauer G. *Handbook of Essential Oils: Science, Technology and Applications*. Boca Raton, London, New York: CRC Press; 2010. ISBN 978-1-4200-6315-8

Berthauer PE. The gram of paradise. *Spectulum*. 1961;36(2):302-307.

Bertazzi G, Trilippi B, Angelini P, Venanzoni R. Antioxidative action of *Citrus limonium* essential oil on skin. *Eur J Med Plant*. 2013;34(1):1-9.

Bolan S, Li J, Nikolic D, Rodeck N, Blondel P, Poeschl S, De Kockleire D, Bracke M, Heyrick A, Van Breemen R, Deyppere H. Disposition of hop prenylflavonoids in human breast tissue. *Mol Nutr Food Res*. 2010;54:S284-94. doi:10.1002/mnfr.200900519. PMID:20486208

Bowe J. The hop phytoestrogen, 8-prenylnaringenin, reverses the ovariectomy-induced rise in skin temperature in an animal model of menopausal hot flashes. *J Endocrinol*. 2012;191(2):399-405. doi:10.1677/joe.116919.

Calerna MJ, Schumacher MA, Tomimaga M, Rosen TA, Levine ID, Johns D. The capsaicin receptor: a heat-activated ion channel in the pain pathway. *Nature*. 1997;389(6653):816-24. doi:10.1038/389817a1.

Ceccherelli F, Gagliardi G, Ruzante L, Giron G. Acupuncture modulation of capsaicin-induced inflammation: Effect of intraperitoneal and local administration of naloxone in rats. A blinded controlled study. *J Altern Complement Med*. 2002;8(3):341.

Chaieb K, Hajlaoui H, Zmantar T, Khabla-Nakib AB, Rouabhia M, Mahdoui K, Bakhouf A. The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (Syzgium aromaticum) L. Myrtaceae: a short review. *Phytotherapy Res*. 2007;21(6):501-6. Clove (*Eugenia aromaticum*) and Clove oil (Eugenol). *National Institutes of Health, Medicine Plus*. nlm.nih.gov. 2012. <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/druginfomat/251.html>. Accessed 10th May 2014

Daker WD, Stacey M. Investigation of Polysaccharide produced from *Sucrose* by *Bacterium Vermiforme* (Ward-Meyer). 1958. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC238478/pdf/chemj01031-0064.pdf>. Accessed 10th May 2014

David F, Scanlan F, Szelewski M. Analysis of essential oil components using retention time locked methods and retention time databases: Application to food and flavors. *Agilent Technol*. 2014. <http://cp.chem.agilent.com/Library/applications/5988-6530EN.pdf>. Accessed 30th March 2014

Dicks LMT, Endo A. Taxonomic status of lactic acid bacteria in wine and key characteristics to differentiate species. *S Afr J Enol Viticult*. 2009;30(1):1-19

Dweck AC. Toxicology of essential oils. 2014. [http://www.zenitech.com/elements/toxicity\\_of\\_essential\\_oils.pdf](http://www.zenitech.com/elements/toxicity_of_essential_oils.pdf). Retrieved 30th January, 2014

Ekanem AP, Udoha FV, Oku EE. Effects of ethanol extract of Piper guineense seeds (Schum. And Thonn) on the conception of mice (*Mus Musculus*). *Afr J Pharm Pharmacol*. 2010;4(6):362-367.

Engel W, Bahr W, Schieberle P. Solvent assisted flavour evaporation - a new and versatile technique for the careful and direct isolation of aroma compounds from complex food matrices. *Eur Food Res Technol*. 1999;209:237-241.

Fankhense DB. Making ginger ale at home. 2006; <http://www.ginger-ale-agg.htm>. Accessed 24th August 2013.

FUHBBC.com. *The Federation of Historical Bottle Collectors*. 2013. <http://www.fhbhc.org>. Retrieved 24th August 2013.

Pura da momo drink. Galleria health & life style. Nigerian business directory. [http://www.nigeriagalleria.com/Health\\_Lifestyle/Recipe-Drinks/Pura-da-momo-Drink.html](http://www.nigeriagalleria.com/Health_Lifestyle/Recipe-Drinks/Pura-da-momo-Drink.html)

Gaffa T, Ayo JA. Innovations in the traditional kumun zaki production process. *Pakistan J Nutr*. 2002;1(5):202-205.



- Gaffa T, Jideani IA, Nkama J. Traditional production, consumption and storage of Kumu-a non-alcoholic cereal beverage. *Plant Foods Hum Nutr*. 2002;57(1):73–81.
- Gliniski W, Gliniska-Perencz M, Pterozynska-Dubowska M. Neurogenic inflammation induced by capsaicin in patients with psoriasis. *Acta Derm Venereol*. 1991;71(1):31–4. PMID 1711752.
- Goldfrank LR (ed.). *Goldfrank's Toxicologic Emergencies*. New York, New York: McGraw-Hill, p. 1167. ISBN 0-07-144310-X.
- Gorman J. A Peck of Our Evolution: Pleasure in Pain of Chilies. *New York Times* 2010; September 20, 2010.
- Hausch BJ. *Flavor Chemistry of Lemon-Lime Carbonated Beverages. MSc Thesis (Food Science and Human Nutrition)*. Urbana, Illinois: Graduate College, University of Illinois at Urbana-Champaign, 2010.
- Hehner O. Alcohol Tables: giving for all specific gravities, from 1.0000 to 0.7938, the percentages of absolute alcohol, by weight and volume. London: J & A Churchill, 1880. ASIN B0008R5H01.
- How to Make Akamu, Ogi or Pop. All Nigerian Recipes. 2014. <http://www.allnigerianrecipes.com/akamu-recipe/akamu-ogi-pop.html> Accessed 10th May 2014.
- Huffingtonpost.com. Crabble's Ginger Beer: An Alcoholic Warm-Weather Delight. 2013. Huffington Post, 17th April. 2013. [http://www.huffingtonpost.com/2013/04/17/crabblies-ginger-beer-alcoholic\\_n\\_3094581.html](http://www.huffingtonpost.com/2013/04/17/crabblies-ginger-beer-alcoholic_n_3094581.html) Retrieved 9th September, 2013.
- Humulus lupulus. Purdue University: Center for New Crops and Plant Products. 2012. <http://hort.purdue.edu/htp/wordpress/central/htp.html> Accessed 30th January, 2014.
- ISO catalog. International Organization for Standardization: 71.100.60. Essential oils. 2013.
- Ito K, Nakazato T, Yamato K, Miyakawa Y, Yamada T, Hozumi N, Segawa K, Ikeda Y, Kizaki M. Induction of apoptosis in leukemic cells by homovanillic acid derivative, capsaicin, through oxidative stress: implication of phosphorylation of p53 at Ser-15 residue by reactive oxygen species. *Cancer Res (Am Assoc Cancer Res)*. 2004;64(3):1071–1078. doi:10.1158/0008-5472.CAN-03-1670. PMID 14871840.
- Johnson W. Final report on the safety assessment of capsaicin annuum extract, capsaicin annuum fruit extract, capsaicin annuum resin, capsaicin annuum fruit powder, capsaicin fruitescens fruit, capsaicin fruitescens fruit extract, capsaicin fruitescens resin, and capsaicin. *Int J Toxicol*. 2007;26 Suppl 1: 3–106. doi:10.1080/09158106016639. PMID 17365137.
- Keller AM, Zierat O, Kretschmar G. Hop extracts and hop substances in treatment of menopausal complaints. *Phanta Med*. 2013;79(7):576–587. doi:10.1055/s-0012-1328330.
- Kissin I. Vanilloid-induced conduction analgesia. Selective, dose-dependent, long-lasting with a low level of potential neurotoxicity. *Anesth Analg*. 2008;107(1):271–281. doi:10.1213/ane.0b013e3181622ca3. PMC2497455. PMID 18635498.
- Lactic Acid Beverages: sour beer, (milk) & soda. 22 June 2006. <http://www.2.parc.com/en/membersaps/gingerbeer.pdf> Accessed 24th August, 2013.
- Lawless J. *The Illustrated Encyclopedia of Essential Oils*. Rockport, MA: Element Books, 1995. pp. 60–64.
- LCBO Product Information. Crabble's original alcoholic ginger beer LCBO 272807. Liquor Control Board of Ontario (LCBO) Product Information. 2013. <http://www.lcbo.com/ko-en/ko/products/details.do?itemNumber=272807> Accessed 9th September, 2013.
- Mangalathil PJ, Carvalho DO, Cruz JM, Guido FJ, Barros AA. Fundamentals and health benefits of xanthohumol, a natural product derived from Hops and Beer. *Nat Prod Commun*. 2009;4(5):591–510.
- Maldonado-Bonilla LD, Betancourt-Jiménez M, Lozoya-Gloria E. Local and systemic gene expression of sesquiterpene phytoalexin biosynthetic enzymes in plant leaves. *European J Plant Pathol*. 2008;121(4):439–449.
- Mason JR, Bean NJ, Shah PS, Shah LC. Taxon-specific differences in responsiveness to capsaicin and several analogues: Correlates between chemical structure and behavioral averseness. *J Chem Ecol*. 1991;17(12):2539–2551. doi:10.1007/BF00999460.
- Mbongue FGY, Kamshouching P, Essame OJI, Yewah PM, Dimo T, Lontsi D. Effect of the aqueous extract of dry fruits of Piper guineense on the reproductive function of adult male rats. *Indian J Pharmacol*. 2005;37:30e32.
- Meghwal M, Goshwami TK. Chemical composition, nutritional, medicinal and functional properties of black pepper: A review. *Open Access Sci Rep*. 2012;1(2):1–5. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2168-9872.1000104> Accessed 10th May 2014.
- Mori A, Lehmann S, O'Kelly J, Kumagai T, Desmond JC, Perron M, McBride WH, Kizaki M, Koeffler HP. Capsaicin, a component of red peppers, inhibits the growth of androgen-independent, p53 mutant prostate cancer cells. *Can Res (Am Assoc Can Res)*. 2006;66(6):3222–3229.
- Nikolic D, Li Y, Chadwick JR, Grubjesic S, Schwab P, Metz P, Van Breemen RB. Metabolism of 8-prenylnaringenin, a potent phytoestrogen from hops (*Humulus lupulus*), by human liver microsomes. *Drug Metab Dispos Biol Fate Chem*. 2004;32(2):272–279. doi:10.1124/dmd.102.272. PMID 14744951.
- Parkes S. Understanding alpha-acids, beta acids and beyond. *Hop Chemistry: Homebrew Science* March/April Issue. 2002. [www.tyco.com/stores/article/8-brewing-science/85-hop-chemistry-homebrew-science](http://www.tyco.com/stores/article/8-brewing-science/85-hop-chemistry-homebrew-science)
- Pedoux M. The microbial flora of sugary kefir grain (the ginger beer plant): biosynthesis of the grain from *Lactobacillus hilgardii* producing a polysaccharide gel. *MIRCEN J*. 1989;5(2):223–238.
- Schlar W. *The Directory of Essential Oils* (Reprint ed.). Essex: The C.W. Daniel Company, Ltd. 2001. ISBN0-85207-346-1.
- Tainter DR, Anthony TG. *Spices and Seasonings*. Wiley-IEEE, 2001. ISBN0-471-35575-5.
- Tisserand R, Young R. *Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals*. Churchill Livingstone, 2013. P. 784. ISBN: 0443062412/978-0443062414.
- Vnola K, Kupf's, Ratova I, Jarkkamjorn K, Kretschy N, Tschmann M, et al. Xanthohumol attenuates tumour cell-mediated breaching of the lymphendothelial barrier and prevents intravasation and metastasis. *Arch Toxicol*. 2013 Jul;87(7):1301–1312. doi: 10.1007/s00204-013-1025-2. Epub 2013 Mar 17. PubMed PMID: 23503827. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23503827>
- Walsh BM, Hoot SB. Phylogenetic Relationships of Capsicum (Solanaceae) Using DNA Sequences from Two Noncoding Regions: The Chloroplast at pB-rbcL Spacer Region and Nuclear waxy Introns. *Int J Plant Sci*. 2001;162(6):1409–1418. doi:10.1086/323273.
- Wambehe C, Khamoli H, Mumbi J, Ekpeyong M, Aaku B, Njoku S, et al. Double-blind placebo-controlled, randomized cross over clinical trial of NITRISAN in patients with sickle cell disorder. *Phytotherapy*. 2001;8(4):252–261.
- Yates D. Root Beer and Ginger Beer heritage. 2003. [http://www.fobic.com/bande\\_article4.html](http://www.fobic.com/bande_article4.html) Accessed 24th August, 2013.
- Zingiber officinale ROSCOE - Zingiberaceae. Species Information. Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases. <http://www.ars-grm.gov/808/npb/npbqsp/zhk/zhkplantdisp.asp?laxom=1078> Accessed 9th May 2014.

## **ANEXO 9**

# **SÉRUM O ACEITE CONCENTRADO REVITALIZANTE, ANTICONTAMINACIÓN Y ANTIESTRÉS**

## SÉRUM O ACEITE CONCENTRADO REVITALIZANTE NATURA

Natura Cosméticos SA. lanzo al mercado el Sérum/Aceite Concentrado Revitalizante Natura el cual es un suero que ofrece múltiples beneficios para la piel.

Una de las principales ventajas que aportará, es la reparación de la piel de nuestro rostro; causada por agentes externos como lo es la contaminación, el estrés, y por supuesto los rayos UV provenientes del sol. Además:

- ✚ Estimula los mecanismos de defensa naturales de la piel.
- ✚ Previene el envejecimiento prematuro de la piel evitando líneas de expresión.
- ✚ Promueve la firmeza de la piel combatiendo la flacidez.
- ✚ Brinda bienestar general a todos los sentidos gracias a sus propiedades de aromaterapia.



### ACTIVOS PRINCIPALES

Como activo de biodiversidad principal en nuestro concentrado revitalizante natura, tenemos la Sapucainha, el cual trabaja con lo micro daños. Ayudando a restablecer los mecanismos de defensa naturales de la piel. Lo cual se traduce como una piel más aterciopelada, suave, humectada (que no pierde agua). Y combate la acción de los radicales libres hasta en un 91%. Recuerda que estos últimos provocan la oxidación y envejecimiento rápido de las células. Al combatir los efectos de los antioxidantes, aumentamos los mecanismos de defensa naturales de la piel.

Por otra parte, como activo de la ciencia mundial, encontramos en éste fabuloso sérum los polifenoles extraídos del jengibre. Los cuales, también poseen propiedades antioxidantes. Y actúan de la misma manera que el activo procedente de la Sapucainha, es decir; retardan en envejecimiento acelerado de la piel causado por los agentes agresivos que mencionamos anteriormente.

Este suero revitalizante concentrado de natura contiene 5 Aceites Esenciales: Aceite Esencial de Lavanda, Aceite Esencial de Romero, Aceite Esencial de Jengibre, y Aceite Esencial de Copaiba. Los cuales brindan una aroma exquisito y revitalizante que brindan un estado total de bienestar y relajación cuando los aplicamos. Además de calmar y relajar la piel de nuestro rostro de manera sutil.



### **¿QUIÉN PUEDE UTILIZAR EL CONCENTRADO REVITALIZANTE NATURA?**

El aceite concentrado o Elixir de Belleza lo pueden utilizar hombres y mujeres a partir de los 25 años y para todo tipo de piel. Los beneficios inmediatos que tendremos son el alivio del estrés de la piel, así como volverla suave y radiante. A los 7 días veremos una estimulación de los mecanismos de defensa de la piel. Mejorando la protección de manera homogénea. A los 15 días retrasa las señales del envejecimiento: arrugas, áreas oscurecidas y flacidez. A los 30 días ya veremos una piel revitalizada, equilibrada y radiante.

Así como los factores externos pueden alterar el equilibrio natural de la piel, de igual forma; los factores internos pueden ocasionar alteraciones en ésta última. Tal es el caso de los desequilibrios hormonales, la mala alimentación, la falta de hidratación, vida sedentaria, malos hábitos como fumar y tomar. Radiación de equipos electrónicos, o incluso la falta de sueño, son también factores de envejecimiento prematuro. Es por ello que debemos llevar una vida más saludable a la par que usamos nuestro concentrado revitalizante. De esta manera evitaremos el estrés que se refleja en la piel de nuestro rostro.

### **MODO DE USO RECOMENDADO DEL ACEITE CONCENTRADO REVITALIZANTE NATURA**

La rutina o la forma más común de usar este aceite revitalizante, es antes que otra cosa, poner en práctica de la rutina de cuidado básico: limpieza, tonificación e hidratación con los cuidados específicos de Natura Chronos.

Entonces el primer paso será limpiar la piel de nuestro rostro con nuestro Jabón especial Chronos dependiendo el tipo de piel que tengamos. Así mismo, podemos usar el desmaquillante bifásico, o la espuma de limpieza suave según sea el Caso. Una vez a la semana podemos exfoliar nuestro rostro con el exfoliante anti señales de Chronos. De esta manera eliminamos células muertas de nuestro rostro y lo purificamos perfectamente para los activos de la línea Chronos.

Enseguida, la tonificamos y aplicamos nuestro Sérum Concentrado Revitalizante (anti-contaminación y estrés). Opcionalmente podemos usar un tónico Detox de la línea Chronos si así lo deseamos. Al usarlo inmediatamente la piel se vuelve más radiante. Con el uso continuo combate los radicales libres que aceleran el envejecimiento prematuro. No olvidemos también que debemos considerar seriamente el uso de nuestros productos con factor de protección solar para protegerla de los rayos UV. Con el uso del FPS sellamos la rutina básica de cuidado facial.

También se puede usar en la noche incluyéndolo en la rutina de cuidado nocturno. E incluso se puede usar 3 veces al día sin mayor problema.

La presentación es impecable, viene en una botella de vidrio con un práctico aplicador tipo gotero que ayuda a su correcta aplicación de manera sencilla.

## **BENEFICIOS DEL SÉRUM O ACEITE CONCENTRADO REVITALIZANTE NATURA**

Éste sérum potencializa los efectos de nuestras cremas hidratante de día o de noche según sea el caso. Bastan sólo 3 gotitas de éste hermoso Elixir que deja un agradable y sutil aroma relajante y con sensación de bienestar en la piel de nuestro rostro. Frotamos en nuestras manos las gotitas para calentar un poquito el aceite activando los aceites y moléculas del producto. Y con palpaciones o “sellados” hacemos una leve presión en todo nuestro rostro y cuello.

Vamos a notar que el aceite se absorbe de manera rápida, sin dejar rastro alguno de residuos grasos. Tampoco es comedogénico, es decir que no tapa los poros de la piel de nuestro rostro. Además, gracias a que trabaja en los micro daños que se presentan en nuestra piel, de cierta manera hace que la mirada se ilumine, se aclare la piel (da una sensación de luminosidad). Este producto ha sido testado con pruebas in vitro e in vivo (con personas) certificando sus resultados.

### **¿QUÉ SON LOS POLIFENOLES Y COMO SE CLASIFICAN?**

Son compuestos bio-sintetizados por las plantas (sus frutos, hojas, tallos, raíces, semillas u otras partes). La principal característica estructural de los polifenoles es poseer uno o más grupos hidroxilo (-OH) unidos a uno o más anillos bencénicos. Aunque son primariamente conocidos por sus propiedades antioxidantes, la mayor parte de los polifenoles exhibe, además, otras actividades biológicas potencialmente beneficiosas para la salud.

Los polifenoles, que generalmente dan cuenta de la mayor parte de la actividad antioxidante de las frutas y verduras, se clasifican en: flavonoides (de los cuales se han descrito varios miles en el reino vegetal) y en no-flavonoides (para los cuales se han descrito algunos cientos).



**ANEXO 10**

**RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN**  
**QUIMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE**  
**ZINGIBER OFFICINALE EN FUNCIÓN DEL**  
**DIÁMETRO DE LA PARTÍCULA**

**RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE ZINGIBER officinale EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO DE PARTICULA**

**RESUMEN**

El aceite esencial de los rizomas de *Zingiber officinale* (Zingiberaceae) fue obtenido empleando la hidrodestilación asistida por la radiación de microondas (MWHD) y analizado por GC-MS. El rendimiento y la composición química del aceite fueron determinados usando rizomas con diferentes tamaños de partícula. El aceite se caracterizó por la presencia de neral y geraniol (9.7-10.4% y 11.6-14.0%, respectivamente), zingibereno (17.8-8.4%), camfeno (5.4-6.4%), α-curcumeno (2.8-3.5%), α-fimoseno (3.2-3.6%), 1,8-cineol geraniol y citronelol. El contenido de lípidos en el aceite esencial fue de 1.67 mg/g. Las desventajas de los métodos de extracción de aceites esenciales presentes en el aceite fue determinada, mostrando un incremento de los monoterpenos por el menor diámetro de partícula. En cambio, los sesquiterpenos tales como α-curcumeno, zingibereno y α-fimoseno, aumentaron su contenido cuando se usaron mallas de menor número de malla (Dp = 3.99 mm).

**PALABRAS CLAVES:** *Zingiber officinale*, jengibre, aceite esencial, diámetro de partícula, MWHD, GC-MS

**ABSTRACT**

The essential oil of *Zingiber officinale* (Zingiberaceae) ground rhizome was obtained using microwave-assisted hydrodistillation (MWHD) and analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The yield and chemical composition of essential oil were determined for different rhizome particle sizes. The oil was characterized by the presence of citral, α-terpinene, neral (9.7-10.4%) and geraniol (11.6-14.0%), zingiberene (17.8-8.4%), camphene (5.4-6.4%), α-curcumene (2.8-3.5%), α-fimoseno (3.2-3.6%), 1,8-cineol, geraniol and citronellol. The lipid content in the essential oil was 1.67 mg/g. The disadvantages of the extraction methods present in the essential oil were determined, showing an increase in monoterpenes when smaller particle diameter was used. However, the content of sesquiterpenes such as α-curcumene, zingiberene and α-fimoseno increased, when sieves of smaller mesh number were used (Dp = 3.99 mm).

**KEYWORDS:** *Zingiber officinale*, ginger, essential oil, diameter of particle, mesh, MWHD, GC-MS

**1. INTRODUCCIÓN**

Además de ser un condimento muy apreciado, el jengibre (*Zingiber officinale*) ha sido utilizado con propósitos curativos desde hace miles de años. En la medicina ayurvédica de la India y en la medicina China, el jengibre ocupa un lugar importante. Existen estudios que apuntan a que en estos casos el jengibre es más efectivo que los medicamentos recetados [1,2].

Es un hlebe cultivado en las tierras calientes del Asia meridional y en forma de rizoma, a las cuales se les da el nombre de rizomas. Los rizomas de la planta, de un color fuerte amarillado, sabor azúcar, picante. Los rizomas son de color cenizo por fuera y blanco amarillento por dentro. Los hojas son alargadas como las de maíz cuando apenas brotan de la tierra y envuelven con su vaina el tallo. Las flores son vistosas.

Fecha de Recepción: 15 Febrero de 2007  
Fecha de Aceptación: 12 Marzo de 2007

**MIGUEL ANTONIO LEIVA**  
Escuela Ingeniería Química  
Universidad Industrial de Santander

**PEDRO JOSÉ FERRADA**  
Profesor Auxiliar  
Universidad Industrial de Santander  
pjferrada@uis.edu.co

**JAIRO RENÉ MARTÍNEZ**  
Profesor Titular  
Universidad Industrial de Santander

**ELENA E. STASHENKO**  
Química, Ph.D.  
Profesor Titular  
Universidad Industrial de Santander  
elena@uis.edu.co

**DIANEY CENYI AM**  
Docente  
Universidad Industrial de Santander

**DEBORA GONZALEZ**  
Docente  
Universidad Industrial de Santander

**2.3 Materiales y reactivos**  
α-Terpineno (se usó como patrones interno, *int. st.*), sulfato de hidrogeno (se usó como patrones externo, *ext. st.*) y acetato de metilo (DMF) de grado analítico se compraron a Merck (Duisburg, Alemania). Los aceites esenciales a ser cromatografiados se obtuvieron de *Agri-Farm S.A.* (Bogotá, Colombia).

**2.4 Extracción del aceite esencial**  
Se empleó la hidrodestilación asistida por la radiación de microondas (MWHD) usando un montaje de destilación tipo Clevenger, según el procedimiento descrito por Stashenko *et al.* [6]. Se usaron alrededor de 400 g de rizomas secados. La duración de la hidrodestilación fue de 60 minutos.

**2.5 Análisis cromatográfico**  
La composición química del aceite fue determinada en un cromatógrafo de gases *Agilent Technologies 6890 Plus* (HP, Palo Alto, California, USA), acoplado a un detector selectivo de masas (MSD) *Agilent Technologies 5973 Plus*. Los índices de Kovats fueron determinados en una columna capilar DB-5MS 60 m x 0.25 mm x 0.25 μm (J & W Scientific, Folsom, CA, USA) a 48 °C (5 min) luego 250 °C @ 5 °C min<sup>-1</sup> para la columna apolar.

El gas de arrastre fue helio (99.9995%, *689-7-0*, S.A.), con una presión de entrada en la cabeza de la columna de 113.3 kPa y una velocidad lineal de 26 cm s<sup>-1</sup>. El volumen de inyección del aceite en el cromatograma fue de 2 μL.

**2.6 Resultados**  
En la Tabla 1 se muestran las especificaciones del número de malla del tamiz empleado y su respectivo porcentaje de rendimiento de la esencia también es mostrado en la tabla.

$$D_p = \sqrt{D_p^2 + D_p^2}$$

Donde  $D_p$  es el diámetro promedio de las partículas retenidas entre las mallas con apertura de  $D_p$  y  $D_p$ . Los componentes volátiles identificados en el aceite de jengibre fueron alrededor de 66 compuestos. El aceite tuvo alto contenido de compuestos monoterpénicos oxigenados tales como geraniol (11.6-14.0%), neral (9.7-10.4%), bornol (3.6-4.0%), geraniol (1.2-3.5%), citronelol (2.0-2.9%) y limonol (2.0-2.4%); seguido por hidrocarburos sesquiterpénicos como α-zingibereno (7.2-4.0%), β-zingibereno (5.3-4.5%), β-bisaboleno (3.2-3.3%), los hidrocarburos α-curcumeno (2.8-3.5%) y α-fimoseno (3.2-3.6%) y compuestos relativamente bajo contenido de los compuestos sesquiterpénicos oxigenados. El diámetro de partícula del material vegetal lúthico en la extracción de los compuestos monoterpénicos y sesquiterpénicos.

l	Abertura en mm	Nº de malla	Dp en mm	% Rendimiento, pp.
4	4.75	4	—	—
1	3.99	6	3.99	0.17
2	3.56	6	3.56	0.17
3	3.15	6	3.15	0.17
1	1.18	16	1.67	0.25

Tabla 1. Rendimiento del aceite, Dp (mm) y N° de malla.

**3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**  
El mayor contenido de aceite de los rizomas de jengibre (0.22%), fue obtenido usando las partículas retenidas en la malla N° 16 (l = 1), que representa un diámetro de malla de 1.67 mm. El rendimiento fue relativamente bajo (0.17%).  
Se determinó la relación entre el tamaño de partícula y los rizomas del jengibre y el rendimiento de la esencia en la extracción del aceite esencial; a menor tamaño de partícula se puede obtener un mayor rendimiento del aceite.  
**4. AGRADECIMIENTOS**  
Se agradece al Centro de apoyo de investigación del CESVIAV COLCIENCIAS, contrato RC-432 de 2004.

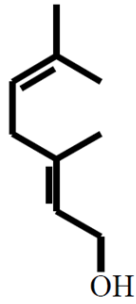
**5. BIBLIOGRAFIA**

[1] B.M. Lawrence, Major tropical spices; Ginger (*Zingiber officinale* Rose.), *Parifum. Flavor.* 9(5), 1-40 (1984).  
[2] BARTLEY, J.P. and JACOBS, A.L. Effect of Drying on Flavor Compounds in Australian-Grown Ginger (*Zingiber officinale*). *J. Sci. Food Agric.*, 80, 209-215 (2000).  
[3] MAGALHAES, M. *et al.* Brazilian Ginger: General Aspects, Essential Oil and Oleoresin. Part I. *Essential Oil*. *Chem. Abstr.* 17: 64-69 (1997).  
[4] NISHIMURA, O. *et al.* Identification of the Characteristic Odorants in Fresh Rhizomes of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Using Aroclor Evaporator Dilution Analysis and Modified Multidimensional Gas Chromatography Mass Spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.*, 43, 2941-2948 (1995).  
[5] OYENKUNLE, P.C. and HASHIMOTO, S. The Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) of West Nigerian Origin. *European Food Research Technol.* 209, 407-410 (1999).  
[6] STASHENKO, E. *et al.* ERGC and GC-MS analysis of essential oil from Colombian ylang-ylang (*Cananga odorata* Hook. Fil. El Thomson, *forme gemma*). *J. High Resol. Chromatogr.* 16, 441-444 (1993).

**ANEXO 11**  
**FORMULAS QUÍMICAS**  
**NOMBRES IUPAC**

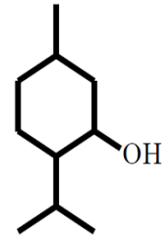
# NATURALEZA QUÍMICA

## Monoterpenos



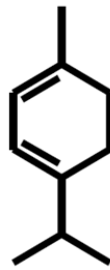
Geraniol

3,7-dimetil-2,6-octadien-1-ol



Mentol

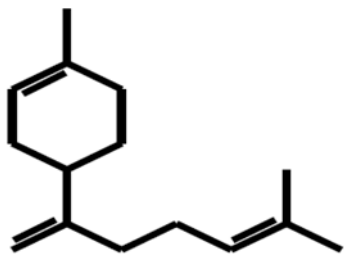
2-isopropil-5-metilciclohexanol



Limoner

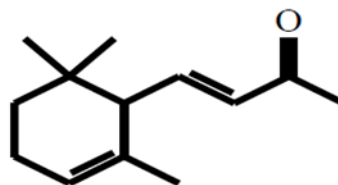
1-Metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexeno

## Sesquiterpenos



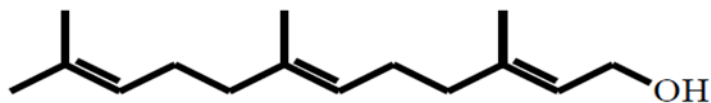
BISABOLENO

(*S*)-1-Methyl-4-(6-metfbenzailhepta-1,5-dien-2-yl)ciclohex-1-ene



IONONA

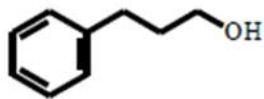
(*3E*)-4-(2,6,6-Trimetilciclohex-2-en-1-il)but-3-en-2-ona



FARNESOL

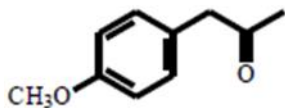
(*2E,6E*)-3,7,11-trimetildodeca-2,6,10-trien-1-ol

## Fenilpropanos



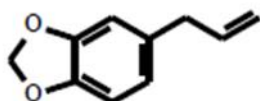
Alcohol hidrocinnamico

4 bencil, 1 Propanol



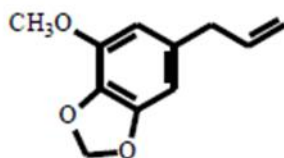
Anis-cetona

3(metoxifenil), 2Propanona



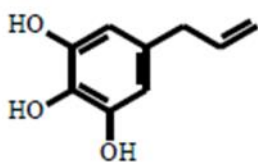
Safrol

5-(2-Propenil)-1,3-benzodioxol



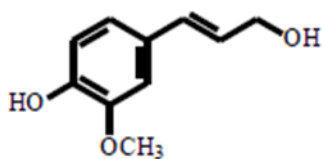
Miristicina

4-metoxi-6-prop-2-enil-benzo [1,3] dioxol



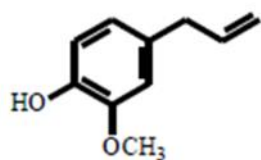
Elemicina

5(2 propenil), 2,3 Difenol



Alcohol coniferilico

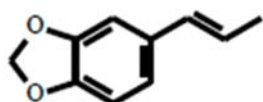
4-(3-hidroxi-1-propenil)-2-metoxifenol



H<sub>1</sub>

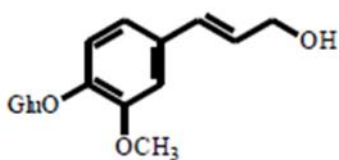
4-Alilo-2-metoxifenol

Eugenol



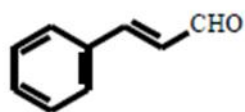
5-[(1E)-1-Propeno-1-il]-1,3-benzodioxol

Isosafrol



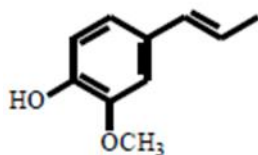
(2R,3S,4S,5R,6S)-2-(Hidroximetil)-6-[4-[(E)-3-hidroxi-prop-1-enil]-2-metoxifenoxi]oxane-3,4,5-triol

Coniferina  
(glicósido)



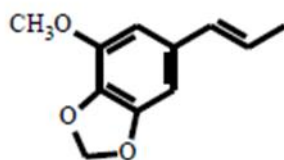
(2E)-3-fenilprop-2-enal

Cinamaldehydo



2-metoxi-4-(prop-1-en-1-yl)fenol

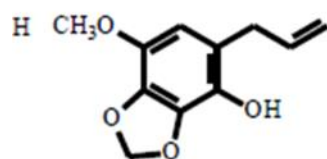
Isoeugenol



4-metoxi-6-prop-1-enil-benzo [1,3] dioxol

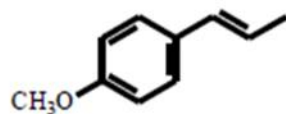
Isomiristicina





Apiol

4,7-Dimetoxi-5-(prop-2-en-1-yl)-2*H*-  
1,3-benzodioxole



Anetol

trans-1-metoxi-4-(prop-1-enil)benceno



**ANEXO 12**

**HOJAS DE SEGURIDAD DE JENGIBRE**

**ACEITES ESENCIALES**

# FICHA TÉCNICA



Fundación Chankuap, Dirección: Vidal Rivadeneira y Hernando de Benavente, Macas - Ecuador EC140150; Telf.: (593)7-2701763, e-mail: chankuap@mo.pro.ec. Para mayor información contactar: Área de Transformación de productos

## ACEITE ESENCIAL JENGIBRE

(GINGER ESSENTIAL OIL)

### 1. Descripción

El aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinalis*) es un producto obtenido de los rizomas por medio de una destilación por arrastre de vapor.

Se trata de un aceite esencial totalmente natural sin aditivos químicos.

### 2. Aplicaciones

ingrediente natural para cosméticos (Aroma)

### 3. Especificaciones

INCI name: Zingiber officinale  
CAS No.: 8007-08-7 / 84696-15-1  
EINECS No.: 283-634-2

COMPUESTO	% Id	COMPUESTO	% Id	COMPUESTO	% Id
Tricyclene	0,25	Gerantolo	1,11	Cis, $\beta$ - Farnesene	0,67
$\alpha$ Pinene	3,31	Gerantale	0,17	$\gamma$ - Murolene	1,81
Canfene	9,98	Bornil acetato	0,29	Ar - Curcumene	8,93
$\beta$ - Pimene	0,52	$\delta$ - Elemene	0,25	$\gamma$ - Cadmene	3,82
Mircene	0,92	$\alpha$ - Cubenene	0,44	$\alpha$ - Zingiberene	23,94
$\alpha$ - Phellandene	0,41	Capaene	0,84	$\beta$ - Bisabolene	11,4
1,8 Cineolo + $\alpha$ -	7,67	$\beta$ - Elemene	1,19	$\beta$ - Sesquiphellandrene	10,86
Octimene	0,39	$\alpha$ - Ylangene	0,68	Bisabolene trans, $\gamma$	0,61
Borneolo	1,02	$\beta$ - Cubenene	0,43	Nerolidol	0,51
$\alpha$ - Terpineolo	0,48	d - Guaiene g - Elemene	0,91	$\beta$ - Endesmolol	0,23
Nerolo	0,63	$\alpha$ - Bergamotene	0,36		
Citronellolo	0,37	Allo - Aromandrene	0,53		

GC-MS Estudio de la Universidad de Ferrara (Italia)

DATO DE ANÁLISIS	RANGO	MÉTODO
Apariencia Visual	Líquido acetoso transparente	Visual
Color	Ligeramente amarillo	Visual
Olor	Típica nota a especia	Olor
Densidad (g/ml)	0.890 - 0.900	-S41>USP
Índice de Refracción	1.4700 - 1.490	-S31>USP
Índice de Actidez (%)	2.0	Método Interno
Solubilidad en alcohol	Completamente soluble en alcohol 96°	Método Interno



## FICHA TÉCNICA



Fundación Chankuap', Dirección: Vidal Rivadeneira y Hernando de Benavente, Macas – Ecuador EC140150; Telf.: (593)7-2701763, e-mail: chankuap@mo.pro.ec. Para mayor información contactar: Área de Transformación de productos

### 4. Parte de la planta utilizada

Rizomas

### 5. Vida Útil

24 meses a partir de la fecha de producción. Al final del periodo de caducidad es aconsejable reanalizar el lote, si el lote cumple con los parámetros de calidad se puede seguir utilizando el producto.

### 6. Descripción de la Planta

El jengibre es una planta herbácea perenne monocotiledónea perteneciente a la familia de las Zingiberaceae, género Zingiber y especie *officinale*.

El jengibre se caracteriza por tener un gran rizoma en forma de disco ramificado con un diámetro de 5 a 20 cm. La parte aérea es delgada y mide entre 50 y 100 cm., lleva de ocho a doce hojas, apuestas, sésiles, lanceoladas, y estrechas de color verde claro en el haz y más pálidas en el envés.

### 7. Condiciones de Almacenamiento

Asegure buena ventilación, protéjase de la exposición directa a la luz.

Manténgase alejado de las Fuentes de ignición. No fumar.

Manténgase en contenedores estrechamente sellados.

### 8. Estándares de Empaque

El producto es empacado en botellas de vidrio ámbar (el volumen: de acuerdo con el pedido)

### 9. Uso Tradicional de la Planta

El zumo del rizoma se utiliza contra los síntomas de inflamaciones de la garganta y contrarrestar la tos.

En la cultura popular se emplea el jengibre por sus cualidades afrodisiacas.

En el rito shamánico es utilizado para interrumpir el estado alucinógeno que producen ciertas plantas rituales.

### 10. ASPECTOS SOCIALES Y MISIÓN DE FUNDACIÓN CHANKUAP'

La Fundación Chankuap' es una ONG (Organización No Gubernamental) sin fines de lucro. El centro de acopio de Chankuap' se encarga de la recolección de la materia prima vegetal y de la producción de la especia.

Cada producto es el fruto del trabajo de las comunidades amazónicas Shuar,

Achuar y Colono mestizo de Morona Santiago al Sur del Ecuador y se inserta en una clara voluntad de valorización de los recursos locales.

ANEXO I. Ficha técnica del aceite esencial de Jengibre (*Zingiber officinale*)

Fuente: (Chankuap, s. f.)



**Section 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking**

**1.1. Product identifier**

Product name: GINGER OIL ORGANIC  
CAS number: 8007-08-7  
EINECS number: 283-534-2  
Synonyms: GINGER OIL  
INCI name: Zingiber officinale root oil

**1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against**

**1.3. Details of the supplier of the safety data sheet**

Company name: Naissance  
Unit 9 Milland Road  
Industrial Estate  
Neath  
Neath Port Talbot  
SA11 1NJ  
Tel: 0630 0430 828  
Email: info@naissance.co.uk

**1.4. Emergency telephone number**

**Section 2: Hazards identification**

**2.1. Classification of the substance or mixture**

Classification under CLP: Skin Sens. 1A; H317: Asp. Tox. 1; H304: Aquatic Chronic 2; H411; Skin Sens. 1; H317;  
Skin Sens. 1B; H317

**Most important adverse effects:** May be fatal if swallowed and enters always. May cause an allergic skin reaction. Toxic to aquatic life with long lasting effects.

**2.2. Label elements**

**Label elements:**

**Hazard statements:** H304: May be fatal if swallowed and enters always.  
H317: May cause an allergic skin reaction.

H411: Toxic to aquatic life with long lasting effects.

**Hazard pictograms:** GHS07: Exclamation mark

GHS08: Health hazard

GHS09: Environmental



[cont...]

**Precautionary statements:** P273: Avoid release to the environment.  
P280: Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection.

**2.3. Other hazards**

**PBT:** This product is not identified as a PBT/vPvB substance.

**Section 3: Composition/information on ingredients**

**3.2. Mixtures**

**Section 4: First aid measures**

**4.1. Description of first aid measures**

**Skin contact:** Remove all contaminated clothes and footwear immediately unless stuck to skin. Wash immediately with plenty of soap and water.  
**Eye contact:** Wash and rinse with plenty of water. If irritation persists seek medical advice.  
**Ingestion:** Wash out mouth with water. Seek medical advice immediately.  
**Inhalation:** Move to fresh air in case of accidental inhalation of vapours. Contact a doctor if necessary.

**4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed**

**Skin contact:** Not determined. Listed as Category 3 according to GHS & CLP.  
**Eye contact:** Potential exists for serious eye damage.  
**Ingestion:** No data available.  
**Inhalation:** Listed as Category 1 according to GHS & CLP.

**4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed**

**Section 5: Fire-fighting measures**

**5.1. Extinguishing media**

**Extinguishing media:** Carbon dioxide, Dry chemical powder, Foam.

**5.2. Special hazards arising from the substance or mixture**

**Exposure hazards:** None.

**5.3. Advice for fire-fighters**

**Advice for fire-fighters:** Closed containers may build up pressure when exposed to heat and should be cooled with water spray.

**Section 6: Accidental release measures**

**6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures**

**Personal precautions:** Maintain good occupational and personal hygiene. Avoid contact with skin and eyes.

**6.2. Environmental precautions**

**Environmental precautions:** Do not discharge into drains or rivers.

[cont...]

**SAFETY DATA SHEET**  
GINGER OIL ORGANIC

Page: 3

**6.3. Methods and material for containment and cleaning up**  
Cleanup procedures: Absorb into dry earth or sand. Transfer to a suitable container.

**6.4. Reference to other sections**

**Section 7: Handling and storage**

**7.1. Precautions for safe handling**  
Handling requirements: Normal Chemical handling procedure. Normal hygiene practices should be employed. Ensure there is sufficient ventilation of the area. Do not eat or drink. Smoking is forbidden.

**7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities**  
Storage conditions: Keep container tightly closed. Store in a cool, well ventilated area. Keep away from heat sources.

**7.3. Specific end use(s)**

**Section 8: Exposure controls/personal protection**

**8.1. Control parameters**  
Workplace exposure limits: No data available.  
DNEL/PNEC Values

**8.2. Exposure controls**  
DNEL / PNEC No data available.

**Engineering measures:** Ensure there is sufficient ventilation of the area.  
**Respiratory protection:** Apply local ventilation where appropriate

**Hand protection:** Use chemical resistant gloves  
**Eye protection:** Safety glasses.  
**Skin protection:** Protective clothing.

**Section 9: Physical and chemical properties**

**9.1. Information on basic physical and chemical properties**  
State: Liquid  
Colour: Light yellow to yellow-brown.  
Odour: Characteristic, spicy, of ginger root.  
Solubility in water: 1g dissolves in 150g to 300g of water.  
Boiling point/range°C: 254  
Melting point/range°C: No data available.  
Flash point°C: 67  
Autoflammability°C: No data available.  
Vapour pressure: No data available.  
Relative density: 0.8820

**9.2. Other information**  
Other information: No data available.

[cont.]

**SAFETY DATA SHEET**  
GINGER OIL ORGANIC

Page: 4

**Section 10: Stability and reactivity**

**10.1. Reactivity**  
Reactivity: Stable under recommended transport or storage conditions.

**10.2. Chemical stability**  
Chemical stability: Stable under normal conditions.

**10.3. Possibility of hazardous reactions**

**10.4. Conditions to avoid**  
Conditions to avoid: Avoid storing for prolonged periods in hot areas and in containers pervious to direct light.

**10.5. Incompatible materials**  
Materials to avoid: Strong acids, Alkalis, Oxidising agents.

**10.6. Hazardous decomposition products**  
Haz decomp. products: In combustion emits toxic fumes of carbon dioxide / carbon monoxide, Non-identified organic compounds.

**Section 11: Toxicological information**

**11.1. Information on toxicological effects**

**Toxicity values:**

Route	Species	Test	Value	Units
DERMAL	RBT	LD50	5000	mg/kg
ORAL	RAT	LD50	5000	mg/kg

**Relevant hazards for product:**

Hazard	Route	Basis
Respiratory/skin sensitisation	DRM	Hazardous: calculated
Aspiration hazard	-	Hazardous: calculated

**Excluded hazards for substance:**

Hazard	Route	Basis
Acute toxicity (ec. tox. 4)	-	No hazard: calculated
Acute toxicity (ec. tox. 3)	-	No hazard: calculated
Acute toxicity (ec. tox. 2)	-	No hazard: calculated
Acute toxicity (ec. tox. 1)	-	No hazard: calculated
Skin corrosion/irritation	-	No hazard: calculated

[cont.]



**SAFETY DATA SHEET**  
GINGER OIL ORGANIC

Page: 5

Serious eye damage/irritation	-	No hazard; calculated
Germ cell mutagenicity	-	No hazard; calculated
Carcinogenicity	-	No hazard; calculated
Reproductive toxicity	-	No hazard; calculated
STOT-single exposure	-	No hazard; calculated
STOT-repeated exposure	-	No hazard; calculated

**Symptoms / routes of exposure**

**Skin contact:** Not determined. Listed as Category 3 according to GHS & CLP.  
**Eye contact:** Potential exists for serious eye damage.  
**Ingestion:** No data available.  
**Inhalation:** Listed as Category 1 according to GHS & CLP.

**Section 12: Ecological information**

**12.1. Toxicity**

**Ecotoxicity values:** No data available.

**12.2. Persistence and degradability**

**Persistence and degradability:** Not determined.

**12.3. Bioaccumulative potential**

**Bioaccumulative potential:** Not determined.

**12.4. Mobility in soil**

**Mobility:** Not determined.

**12.5. Results of PBT and vPvB assessment**

**PBT identification:** This product is not identified as a PBT/vPvB substance.

**Section 13: Disposal considerations**

**13.1. Waste treatment methods**

**Disposal operations:** Transfer to a suitable container and arrange for collection by specialised disposal company.

**NB:** The user's attention is drawn to the possible existence of regional or national regulations regarding disposal.

**Section 14: Transport information**

**Transport class:** This product does not require a classification for transport.

**Section 15: Regulatory information**

[cont...]

**SAFETY DATA SHEET**  
GINGER OIL ORGANIC

Page: 6

**15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture**

**15.2. Chemical Safety Assessment**

**Section 16: Other information**

**Other information**

**Other information:** This safety data sheet is prepared in accordance with Commission Regulation (EU) No 2015/830.

**Phrases used in s.2 and s.3:** H304; May be fatal if swallowed and enters airways.  
H317; May cause an allergic skin reaction.

**Legal disclaimer:** The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. This company shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product.

[final page]

**ANEXO 13**

**CODEX STAN 210-1999**



NORMA DEL CODEX PARA ACEITES VEGETALES ESPECIFICADOS

CODEX STAN 210-1999

El Apéndice de esta norma tiene como finalidad la aplicación volumétrica por los socios comerciales y no por los gobiernos.

1. AMBITO DE APLICACIÓN

La presente Norma se aplica a los aceites vegetales comestibles que se indican en la Sección 2.1, presentados en forma idónea para el consumo humano.

2. DESCRIPCIÓN

2.1 Definición del producto

(Nota: los sinónimos se indican entre parentesis, inmediatamente después del nombre del aceite).

- 2.1.1 El **aceite de maní** (aceite de cacahuate) se obtiene del maní (semillas de *Arachis hypogaea* L.).
- 2.1.2 El **aceite de babassú** se obtiene de la nuez del fruto de diversas variedades de la palma *Orbignya* spp.
- 2.1.3 El **aceite de coco** se obtiene de la nuez del coco (*Cocos nucifera* L.).
- 2.1.4 El **aceite de semilla de algodón** se obtiene de las semillas de diversas especies cultivadas de *Gossypium* spp.

- 2.1.5 El **aceite de pepitas** de uva se obtiene de las pepitas de uva (*Vitis vinifera* L.).
- 2.1.6 El **aceite de maíz** se obtiene del germen de maíz (embriones de *Zea mays* L.).

- 2.1.7 El **aceite de semilla de mostaza** se obtiene de las semillas de mostaza blanca (*Sinapis alba* L. o *Brassica hirta* Aiton), de mostaza parda y amarilla (*Brassica juncea* (L.) Czernajew y Cossent) y de mostaza negra (*Brassica nigra* (L.) Koch).

- 2.1.8 El **aceite de almendra de palma** se obtiene de la almendra del fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*).
- 2.1.9 El **aceite de palma** se obtiene del mesocarpio carnoso del fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*).

- 2.1.10 La **oleína de palma** es la fracción líquida obtenida del fraccionamiento del aceite de palma (descrito anteriormente).

- 2.1.11 La **esterina de palma** es la fracción con punto de fusión elevado obtenida del fraccionamiento del aceite de palma (descrito anteriormente).

- 2.1.12 El **aceite de colza** (aceite de semilla de colza, aceite de semilla de nabina o navilla) se obtiene de las semillas de las especies *Brassica napus* L., *Brassica campestris* L., *Brassica juncea* L. y *Brassica napus* var. *napus* (L.) Czernajew y Cossent).

- 2.1.13 El **aceite de colza de bajo contenido de ácido erúico** (aceite de nabina o de navilla y aceite de semilla de colza de bajo contenido de ácido erúico; aceite canola se obtiene de variedades de semillas oleaginosas de bajo contenido de ácido erúico de las especies *Brassica napus* L., *Brassica campestris* L. y *Brassica juncea* L.).

- 2.1.14 El **aceite de cártamo** (aceite de alazor, aceite de semillas de cártamo) se obtiene de las semillas de cártamo (semillas de *Carthamus tinctorius* L.).

- 2.1.15 El **aceite de cártamo de alto contenido de ácido oleico** (aceite de alazor, aceite de semillas de cártamo) se obtiene de las semillas de variedades de cártamo con un alto contenido de ácido oleico (semillas de *Carthamus tinctorius* L.).

- 2.1.16 El **aceite de sésamo** (aceite de semillas de sésamo, aceite de ajonjolí) se obtiene de las semillas de sésamo (semillas de *Sesamum indicum* L.).

- 2.1.17 El **aceite de soja** (aceite de semilla de soja) se obtiene de las semillas de soja (semillas de *Glycine max* (L.) Merr.).

- 2.1.18 El **aceite de girasol** (aceite de semillas de girasol) se obtiene de las semillas de girasol (semillas de *Helianthus annuus* L.).

- 2.1.19 El **aceite de girasol de alto contenido de ácido oleico** (aceite de semillas de girasol) se obtiene de las semillas de variedades de girasol con un alto contenido de ácido oleico (semillas de *Helianthus annuus* L.).

2.2 Otras definiciones

- 2.2.1 Los **aceites vegetales comestibles** son productos alimenticios constituidos principalmente por glicéridos de ácidos grasos obtenidos únicamente de fuentes vegetales. Pueden contener pequeñas cantidades de otros lípidos, tales como fosfolípidos, de constituyentes insaponificables y de ácidos grasos libres naturalmente presentes en la grasa o el aceite.

- 2.2.2 Los **aceites vírgenes** se obtienen, sin modificar el aceite, por procedimientos mecánicos y por aplicación únicamente de calor. Pueden haber sido purificados por lavado, sedimentación, filtración y centrifugación únicamente.

- 2.2.3 Los **aceites prensados en frío** se obtienen por procedimientos mecánicos únicamente, sin la aplicación de calor. Pueden haber sido purificados por lavado, sedimentación, filtración y centrifugación únicamente.

3. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD

- 3.1 **Gemas de composición de ácidos grasos determinadas mediante CGL (expresados como porcentajes)**

Las muestras que quedan fuera de las gamas especificadas en el Cuadro 1 no se ajustan a esta norma. Podrán utilizarse criterios complementarios, por ejemplo, variaciones geográficas nacionales y/o variaciones climáticas, si se consideran necesarios para confirmar que una muestra se ajusta a la norma.

- 3.2 El **aceite de colza de bajo contenido de ácido erúico** no deben contener más del 2 por ciento de ácido erúico (como porcentaje del contenido total de ácidos grasos).

- 3.3 El **aceite de cártamo de alto contenido de ácido oleico** deberá contener no menos de 70 por ciento de ácido oleico (como porcentaje del contenido total de ácidos grasos).

- 3.4 El **aceite de girasol de alto contenido de ácido oleico** deberá contener no menos de 75 por ciento de ácido oleico (como porcentaje del contenido total de ácidos grasos).

3.5 Punto de desluzamiento

- Oleína de palma no más de 24°C
- Esterina de palma no menos de 44°C

4. ADITIVOS ALIMENTARIOS

- 4.1 No se permiten aditivos alimentarios en los aceites vírgenes o en los aceites prensados en frío

4.2 Aromas

Pueden utilizarse aromas naturales y sus equivalentes sintéticos idénticos, y otros aromas sintéticos, salvo aquellos de los cuales se sabe que entrañan riesgos de toxicidad.

4.3 Antioxidantes

- 304 Polinitato de ascorbilo ) Dosis máxima
- 305 Escoruto de ascorbilo ) 500 mg/kg
- 306 Concentrado de tocoferoles mezclados )
- 307 Alfa-tocoferol ) BPF
- 308 Gamma-tocoferol sintético ) BPF



- 4.3 Antioxidantes**
- 309 Delta-tocóferol sintético
  - 310 Galato de propilo
  - 311 Hidroquinona (BHQ1)
  - 320 Butilhidroxianisoles (BHA)
  - 321 Butilhidroxitoluenos (BHT)
  - 322 Cualquier combinación de galatos BHA, BHT y/o BHQ1
  - 389 Troisopropionato de dilaurilo
- 4.4 Sinérgicos de antioxidantes**
- 330 Ácido cítrico
  - 331 Citratos de sodio
  - 334 Isopropil-citratos
  - 384 Citrato monoglicérido
- 4.5 Antisepicantes (aceites para freír a temperatura elevada)**
- 900a Dimetilpolisiloxano 10 mg/kg
- 5. CONTAMINANTES**
- 5.1 Metales pesados**
- Los aceites a los que se aplican las disposiciones de la presente norma deberán ajustarse a los límites máximos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius pero entretanto se aplicarán los siguientes límites.

Plomo (Pb)	0.1 mg/kg
Arsénico (As)	0.1 mg/kg

Concentración máxima permitida

- 5.2 Residuos de plaguicidas**
- Los productos a los que se aplican las disposiciones de la presente norma deberán ajustarse a los niveles máximos de residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para dichos productos.
- 6. HIGIENE**
- 6.1 Se recomienda que los productos regulados por las disposiciones de la presente norma se preparen y manipulen de conformidad con las secciones pertinentes del Código Internacional Recomendado de Prácticas de Higiene - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1/1969, Rev. 3-1/1997) y otros textos del Codex, tales como los Códigos de prácticas y los códigos de prácticas de higiene.
- 6.2 Los productos deberán ajustarse a los criterios microbiológicos establecidos de conformidad con los Principios para el establecimiento y la aplicación de criterios microbiológicos para los alimentos (CAC/GL 2/1/1997).
- 7. ETIQUETADO**
- 7.1 Nombre del alimento**
- El producto se etiquetará con arreglo a la Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985, Rev. 1-1/1991, Codex Alimentarius, Volumen 1A). El nombre del aceite deberá ajustarse a las descripciones que figuran en la Sección 2 de la presente Norma. Cuando un producto aparece con más de un nombre en la Sección 2.1, la etiqueta de ese producto debe incluir uno de esos nombres que sea aceptable en el país de uso.

- 7.2 Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor**
- La información relativa a los citados requisitos de etiquetado deberá figurar en el envase o en los documentos que lo acompañan, pero el nombre del alimento, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador deberán aparecer en el envase.
- No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador podrán sustituirse por una señal de identificación, siempre y cuando dicha señal sea claramente identificable en los documentos que acompañan al envase.
- 8. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO**
- 8.1 Determinación de las grasas de composición de ácidos grasos mediante CGL**
- De conformidad con el Método de la UIQPA 2.301, 2.302 y 2.304 o ISO 5508: 1990 y 5509: 2000 o AOCS Cc 2-66, Cc 1e-91 or Cc 1f-96.
- 8.2 Determinación del punto de desluzamiento**
- De conformidad con ISO 6321: 1991 y emitiendo 1: 1998 para todos los aceites, o AOCS Cc 3-25 (1997) para aceites de palma únicamente.
- 8.3 Determinación del contenido de arsénico**
- De conformidad con AOAC 952.13, UIQPA 3.136, AOAC 942.17, o AOAC 985.16.
- 8.4 Determinación del contenido de plomo**
- De conformidad con UIQPA, 2.632, AOAC 994.02 o ISO 12193:1994 o AOCS Ca 18c-91.



Cuadro 1: Gama de composiciones de ácidos grasos de aceites vegetales cuando determinados mediante CGL de muestras auténticas<sup>1</sup>, expresadas en porcentaje del contenido total de ácidos grasos (véase Sección 3.1 de la Norma) (cont.)

Ácidos grasos	Ácido de linoleico	Ácido de oleico	Ácido de esteárico	Ácido de mirístico	Ácido de palmítico	Ácido de araquídico	Ácido de behénico	Clases de ácidos grasos
C6:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C8:0	ND	2,6-7,3	4,6-10,0	ND	ND	ND	ND	ND
C10:0	ND	1,0-1,9	1,0-1,9	ND	ND	ND	ND	ND
C12:0	ND	4,6-5,6	4,1-12,2	ND	ND	ND	ND	ND
C14:0	ND	11,6-27,8	16,5-23,9	0,6-1,9	ND	ND	ND	ND
C16:0	8,0-16,0	2-11,0	7,5-10,2	2-14-26,4	15-11,0	8,6-16,5	0-4-5	8,6-16,5
C16:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C17:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C18:0	10-4,5	1,5-7,4	2-4-0	2-13,3	1,6-6,5	ND	ND	3,5-5,0
C18:1	35,6-69	9,0-20,0	5,6-10,0	14,7-21,7	12,8-28,0	20,0-42,2	6,6-23,0	36,6-44,0
C18:2	24-10,0	14-6,6	18-2,5	4,6-33,2	30,7-38,0	14,0-6,6	0,0-25,0	18,0-31,5
C18:3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:0	1,0-2,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:1	0-1,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C22:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C24:0	0,5-2,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C24:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = no detectable, definido como < 0,05 %.

<sup>1</sup> Datos de las respuestas recibidas en la Sección 2.

Cuadro 1: Gama de composiciones de ácidos grasos de aceites vegetales cuando determinados mediante CGL de muestras auténticas<sup>1</sup>, expresadas en porcentaje del contenido total de ácidos grasos (véase Sección 3.1 de la Norma) (cont.)

Ácidos grasos	Ácido de linoleico	Ácido de oleico	Ácido de esteárico	Ácido de mirístico	Ácido de palmítico	Ácido de araquídico	Ácido de behénico	Clases de ácidos grasos
C6:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C8:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C10:0	ND	0,1-0,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C12:0	1,0-2,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C14:0	1,0-2,0	1,5-6,0	2,5-7,0	ND	ND	ND	ND	ND
C16:0	4,0-7,0	1,5-6,0	2,5-7,0	ND	ND	ND	ND	ND
C16:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C17:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C18:0	1,0-2,0	1,5-6,0	2,5-7,0	ND	ND	ND	ND	ND
C18:1	1,0-2,0	1,5-6,0	2,5-7,0	ND	ND	ND	ND	ND
C18:2	1,0-2,0	1,5-6,0	2,5-7,0	ND	ND	ND	ND	ND
C18:3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:0	1,0-2,0	1,5-6,0	2,5-7,0	ND	ND	ND	ND	ND
C20:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C22:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C24:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C24:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = no detectable, definido como < 0,05 %.

<sup>1</sup> Datos de las respuestas recibidas en la Sección 2.



## APÉNDICE

## OTROS FACTORES DE CALIDAD Y COMPOSICIÓN

El presente texto está destinado a su aplicación voluntaria por los socios comerciales y no por los gobiernos.

## 1. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

1.1 El color, olor y sabor de cada producto deberán ser característicos del producto designado, que deberá estar exento de olores y sabores extraños o rancios.

## Dosis máximas

1.2 Materia volátil a 105°C 0,2% m/m

1.3 Impurezas insolubles 0,05% m/m

1.4 Contenido de jabón 0,005% m/m

## 1.5 Hierro (Fe):

Aceites vírgenes 1,5 mg/kg

Aceites vírgenes 5,0 mg/kg

## 1.6 Cobre (Cu):

Aceites refinados 0,1 mg/kg

Aceites vírgenes 0,4 mg/kg

## 1.7 Índice de ácido:

Aceites refinados 0,6 mg de KOH/g de aceite

Aceites prensados en frío y vírgenes 4,0 mg de KOH/g de aceite

Aceites de palmas vírgenes 10,0 mg de KOH/g de aceite

## 1.8 Índice de peróxido:

Aceites refinados hasta 10 miliequivalente de oxígeno activo/kg de aceite

Aceites prensados en frío y vírgenes hasta 15 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite

## 2. CARACTERÍSTICAS DE COMPOSICIÓN

2.1 El contenido de ácido araquídico y ácidos grasos de cadena más larga del aceite de maní, no deberá ser superior a 48 g/kg.

2.2 Los índices de saponificación para los aceites de coco, almendra de palma y babassú deberán mantenerse en las gamas de 6-8,5, 4-7 y 4,5-6,5, respectivamente.

2.3 Los índices de Polenske para los aceites de coco, almendra de palma y babassú deberán mantenerse en las gamas de 13-18, 8-12 y 8-10, respectivamente.

2.4 La reacción de Halphen para el aceite de semilla de algodón deberá ser positiva.

2.5 El contenido de eritrodial del aceite de semillas de uva deberá ser superior al 2 por ciento del total de esteroides.

2.6 El contenido total de carotenoides (como beta-caroteno) para el aceite de palma no blanqueado, la oleína de palma no blanqueada y la estearina de palma deberá mantenerse en las gamas de 500-2000, 550-2500 y 300-1500 mg/kg, respectivamente.

2.7 El índice de Crismer para el aceite de colza de bajo contenido de ácido erúico deberá mantenerse en la gama de 67-70.

2.8 La concentración de brassicasterol en el aceite de colza de bajo contenido de ácido erúico deberá superar en un 5 por ciento el contenido total de esteroides.

2.9 La prueba de Baudouin para el aceite de sésamo deberá ser positiva.

## 3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS

Las características químicas y físicas figuran en el Cuadro 2.

## 4. CARACTERÍSTICAS DE IDENTIDAD

4.1 Los niveles de desaturados en los aceites vegetales como porcentaje del contenido total de esteroides figuran en el Cuadro 3.

4.2 Los niveles de tocóferoles y tocotrienoles en los aceites vegetales figuran en el Cuadro 4.

## 5. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

5.1 Determinación de la materia volátil a 105°C

De conformidad con UIQPA: 2.601 o ISO 662:1988.

5.2 Determinación de las impurezas insolubles

De conformidad con UIQPA 2.604 o ISO 663:2000.

5.3 Determinación del contenido de jabón

De conformidad con BS 684 Sección 2.5.

5.4 Determinación del contenido de cobre y de hierro

De conformidad con ISO 8294:1994, UIQPA: 2.631 o AOAC 990.05 o AOCS Ca 188-91.

5.5 Determinación de la densidad relativa

De conformidad con UIQPA 2.101, con el factor de conversión apropiado.

5.6 Determinación de la densidad aparente

De conformidad con ISO 6883:2000, con el factor de conversión apropiado o AOCS Ce 10-95.

5.7 Determinación del índice de refracción

De conformidad con UIQPA 2.102 o ISO 6320:2000 o AOCS Ce 7-25.

5.8 Determinación del índice de saponificación (IS)

De conformidad con UIQPA 2.202 o ISO 3657:1988.

5.9 Determinación del índice de yodo (IY)

Wjy - de conformidad con UIQPA 2.205.1, ISO 3961:1996, AOAC 993.20, o AOCS Cd 14-92 (97), o por cálculo - de conformidad con AOCS Cd 1b-1987 (97). En la norma se establece el método que debe aplicarse para aceites vegetales específicos.

5.10 Determinación de la materia insaponificable

De conformidad con UIQPA 2.401 (parte 1-5) o ISO 3596:2000 o ISO 18609:2000.

5.11 Determinación del índice de peróxido (IP)

De conformidad con UIQPA 2.401 (según lo enmendado), AOCS Cd 88-90 (97) o ISO 3961:1988.

5.12 Determinación del contenido total de carotenoides

De conformidad con BS 684 Sección 2.20.

5.13 Determinación de la acidez

De conformidad con UIQPA 2.201 o ISO 660:1996 o AOCS Cd 3d-63.





Cuadro 3. Niveles de fumigación en los aceites vegetales crudos extraídos de ejemplares autóctonos<sup>1</sup> como porcentaje del contenido total de esteroles (véase el Apéndice de la Norma)

	Acetate de maní	Acetate de Bataio	Acetate de Coco	Acetate de semillas de algodón	Acetate de pepitas de uva	Acetate de maíz	Acetate de palma	Acetate de almendra de palma
Cobisterol	ND-13	12,17	ND-10	0,72,3	ND-0,3	0,24,6	2,64,7	0,63,7
Brassicasterol	ND-0,2	ND-0,3	ND-0,3	0,1-0,3	ND-0,2	ND-0,2	ND	ND-0,8
Campesterol	12,8-19,8	17,7-18,7	6,8-11,2	6,4-14,5	7,5-14,0	16,0-34,1	18,7-21,5	8,4-12,7
Ergosterol	5,4-13,2	8,7-9,2	11,4-15,6	21,6-8	7,5-12,0	4,5-8,0	8,5-11,9	12,0-16,6
Beta-sitosterol	47,4-60,0	48,2-53,9	52,6-58,7	70,8-87,1	64,0-70,0	54,5-66,6	50,2-62,1	62,8-73,1
Delta-5-sitosterol	5,0-18,8	16,0-20,4	20,0-40,7	1,87,3	1,63,3	1,58,2	ND-2,8	14,9-0
Delta-7-ergosterol	ND-0,1	ND	ND-0,0	ND-1,4	0,53,5	0,24,2	0,2-2,4	ND-2,1
Delta-7-stigmasterol	ND-0,5	0,4-1,0	ND-0,0	0,8-1,3	0,51,5	0,52,7	ND-0,1	ND-1,4
Otros esteroles	ND-1,4	ND	ND-0,6	ND-1,5	ND-0,4	ND-0,4	ND-0,1	ND-0,7
Contenido total (mg/kg)	300-250	300-400	400-1200	2700-4400	2000-3700	7000-22100	300-700	700-1400

<sup>1</sup> Datos de las especies incluidas en la Sección 2.

Cuadro 2. Características químicas y físicas de aceites vegetales crudos (véase el Apéndice de la Norma) (continuación)

	Acetate de palma	Acetate de Bataio	Acetate de Coco	Acetate de semillas de algodón	Acetate de pepitas de uva	Acetate de maíz	Acetate de palma	Acetate de almendra de palma
Densidad a 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	0,900-0,920	0,910-0,915	0,910-0,920	0,910-0,920	0,910-0,920	0,910-0,920	0,910-0,920	0,900-0,915
Densidad a 30°C (g/cm <sup>3</sup> )	0,890-0,900	0,900-0,905	0,900-0,905	0,900-0,905	0,900-0,905	0,900-0,905	0,900-0,905	0,890-0,900
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 20°C)	1,470-1,480	1,475-1,485	1,480-1,490	1,485-1,495	1,485-1,495	1,485-1,495	1,485-1,495	1,475-1,485
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 30°C)	1,460-1,470	1,465-1,475	1,470-1,480	1,475-1,485	1,475-1,485	1,475-1,485	1,475-1,485	1,460-1,470
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 40°C)	1,450-1,460	1,455-1,465	1,460-1,470	1,465-1,475	1,465-1,475	1,465-1,475	1,465-1,475	1,450-1,460
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 50°C)	1,440-1,450	1,445-1,455	1,450-1,460	1,455-1,465	1,455-1,465	1,455-1,465	1,455-1,465	1,440-1,450
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 60°C)	1,430-1,440	1,435-1,445	1,440-1,450	1,445-1,455	1,445-1,455	1,445-1,455	1,445-1,455	1,430-1,440
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 70°C)	1,420-1,430	1,425-1,435	1,430-1,440	1,435-1,445	1,435-1,445	1,435-1,445	1,435-1,445	1,420-1,430
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 80°C)	1,410-1,420	1,415-1,425	1,420-1,430	1,425-1,435	1,425-1,435	1,425-1,435	1,425-1,435	1,410-1,420
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 90°C)	1,400-1,410	1,405-1,415	1,410-1,420	1,415-1,425	1,415-1,425	1,415-1,425	1,415-1,425	1,400-1,410
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 100°C)	1,390-1,400	1,395-1,405	1,400-1,410	1,405-1,415	1,405-1,415	1,405-1,415	1,405-1,415	1,390-1,400
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 110°C)	1,380-1,390	1,385-1,395	1,390-1,400	1,395-1,405	1,395-1,405	1,395-1,405	1,395-1,405	1,380-1,390
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 120°C)	1,370-1,380	1,375-1,385	1,380-1,390	1,385-1,395	1,385-1,395	1,385-1,395	1,385-1,395	1,370-1,380
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 130°C)	1,360-1,370	1,365-1,375	1,370-1,380	1,375-1,385	1,375-1,385	1,375-1,385	1,375-1,385	1,360-1,370
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 140°C)	1,350-1,360	1,355-1,365	1,360-1,370	1,365-1,375	1,365-1,375	1,365-1,375	1,365-1,375	1,350-1,360
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 150°C)	1,340-1,350	1,345-1,355	1,350-1,360	1,355-1,365	1,355-1,365	1,355-1,365	1,355-1,365	1,340-1,350
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 160°C)	1,330-1,340	1,335-1,345	1,340-1,350	1,345-1,355	1,345-1,355	1,345-1,355	1,345-1,355	1,330-1,340
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 170°C)	1,320-1,330	1,325-1,335	1,330-1,340	1,335-1,345	1,335-1,345	1,335-1,345	1,335-1,345	1,320-1,330
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 180°C)	1,310-1,320	1,315-1,325	1,320-1,330	1,325-1,335	1,325-1,335	1,325-1,335	1,325-1,335	1,310-1,320
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 190°C)	1,300-1,310	1,305-1,315	1,310-1,320	1,315-1,325	1,315-1,325	1,315-1,325	1,315-1,325	1,300-1,310
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 200°C)	1,290-1,300	1,295-1,305	1,300-1,310	1,305-1,315	1,305-1,315	1,305-1,315	1,305-1,315	1,290-1,300
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 210°C)	1,280-1,290	1,285-1,295	1,290-1,300	1,295-1,305	1,295-1,305	1,295-1,305	1,295-1,305	1,280-1,290
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 220°C)	1,270-1,280	1,275-1,285	1,280-1,290	1,285-1,295	1,285-1,295	1,285-1,295	1,285-1,295	1,270-1,280
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 230°C)	1,260-1,270	1,265-1,275	1,270-1,280	1,275-1,285	1,275-1,285	1,275-1,285	1,275-1,285	1,260-1,270
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 240°C)	1,250-1,260	1,255-1,265	1,260-1,270	1,265-1,275	1,265-1,275	1,265-1,275	1,265-1,275	1,250-1,260
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 250°C)	1,240-1,250	1,245-1,255	1,250-1,260	1,255-1,265	1,255-1,265	1,255-1,265	1,255-1,265	1,240-1,250
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 260°C)	1,230-1,240	1,235-1,245	1,240-1,250	1,245-1,255	1,245-1,255	1,245-1,255	1,245-1,255	1,230-1,240
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 270°C)	1,220-1,230	1,225-1,235	1,230-1,240	1,235-1,245	1,235-1,245	1,235-1,245	1,235-1,245	1,220-1,230
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 280°C)	1,210-1,220	1,215-1,225	1,220-1,230	1,225-1,235	1,225-1,235	1,225-1,235	1,225-1,235	1,210-1,220
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 290°C)	1,200-1,210	1,205-1,215	1,210-1,220	1,215-1,225	1,215-1,225	1,215-1,225	1,215-1,225	1,200-1,210
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 300°C)	1,190-1,200	1,195-1,205	1,200-1,210	1,205-1,215	1,205-1,215	1,205-1,215	1,205-1,215	1,190-1,200
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 310°C)	1,180-1,190	1,185-1,195	1,190-1,200	1,195-1,205	1,195-1,205	1,195-1,205	1,195-1,205	1,180-1,190
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 320°C)	1,170-1,180	1,175-1,185	1,180-1,190	1,185-1,195	1,185-1,195	1,185-1,195	1,185-1,195	1,170-1,180
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 330°C)	1,160-1,170	1,165-1,175	1,170-1,180	1,175-1,185	1,175-1,185	1,175-1,185	1,175-1,185	1,160-1,170
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 340°C)	1,150-1,160	1,155-1,165	1,160-1,170	1,165-1,175	1,165-1,175	1,165-1,175	1,165-1,175	1,150-1,160
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 350°C)	1,140-1,150	1,145-1,155	1,150-1,160	1,155-1,165	1,155-1,165	1,155-1,165	1,155-1,165	1,140-1,150
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 360°C)	1,130-1,140	1,135-1,145	1,140-1,150	1,145-1,155	1,145-1,155	1,145-1,155	1,145-1,155	1,130-1,140
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 370°C)	1,120-1,130	1,125-1,135	1,130-1,140	1,135-1,145	1,135-1,145	1,135-1,145	1,135-1,145	1,120-1,130
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 380°C)	1,110-1,120	1,115-1,125	1,120-1,130	1,125-1,135	1,125-1,135	1,125-1,135	1,125-1,135	1,110-1,120
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 390°C)	1,100-1,110	1,105-1,115	1,110-1,120	1,115-1,125	1,115-1,125	1,115-1,125	1,115-1,125	1,100-1,110
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 400°C)	1,090-1,100	1,095-1,105	1,100-1,110	1,105-1,115	1,105-1,115	1,105-1,115	1,105-1,115	1,090-1,100
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 410°C)	1,080-1,090	1,085-1,095	1,090-1,100	1,095-1,105	1,095-1,105	1,095-1,105	1,095-1,105	1,080-1,090
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 420°C)	1,070-1,080	1,075-1,085	1,080-1,090	1,085-1,095	1,085-1,095	1,085-1,095	1,085-1,095	1,070-1,080
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 430°C)	1,060-1,070	1,065-1,075	1,070-1,080	1,075-1,085	1,075-1,085	1,075-1,085	1,075-1,085	1,060-1,070
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 440°C)	1,050-1,060	1,055-1,065	1,060-1,070	1,065-1,075	1,065-1,075	1,065-1,075	1,065-1,075	1,050-1,060
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 450°C)	1,040-1,050	1,045-1,055	1,050-1,060	1,055-1,065	1,055-1,065	1,055-1,065	1,055-1,065	1,040-1,050
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 460°C)	1,030-1,040	1,035-1,045	1,040-1,050	1,045-1,055	1,045-1,055	1,045-1,055	1,045-1,055	1,030-1,040
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 470°C)	1,020-1,030	1,025-1,035	1,030-1,040	1,035-1,045	1,035-1,045	1,035-1,045	1,035-1,045	1,020-1,030
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 480°C)	1,010-1,020	1,015-1,025	1,020-1,030	1,025-1,035	1,025-1,035	1,025-1,035	1,025-1,035	1,010-1,020
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 490°C)	1,000-1,010	1,005-1,015	1,010-1,020	1,015-1,025	1,015-1,025	1,015-1,025	1,015-1,025	1,000-1,010
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 500°C)	0,990-1,000	0,995-1,005	1,000-1,010	1,005-1,015	1,005-1,015	1,005-1,015	1,005-1,015	0,990-1,000
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 510°C)	0,980-0,990	0,985-0,995	0,990-1,000	0,995-1,005	0,995-1,005	0,995-1,005	0,995-1,005	0,980-0,990
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 520°C)	0,970-0,980	0,975-0,985	0,980-0,990	0,985-0,995	0,985-0,995	0,985-0,995	0,985-0,995	0,970-0,980
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 530°C)	0,960-0,970	0,965-0,975	0,970-0,980	0,975-0,985	0,975-0,985	0,975-0,985	0,975-0,985	0,960-0,970
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 540°C)	0,950-0,960	0,955-0,965	0,960-0,970	0,965-0,975	0,965-0,975	0,965-0,975	0,965-0,975	0,950-0,960
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 550°C)	0,940-0,950	0,945-0,955	0,950-0,960	0,955-0,965	0,955-0,965	0,955-0,965	0,955-0,965	0,940-0,950
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 560°C)	0,930-0,940	0,935-0,945	0,940-0,950	0,945-0,955	0,945-0,955	0,945-0,955	0,945-0,955	0,930-0,940
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 570°C)	0,920-0,930	0,925-0,935	0,930-0,940	0,935-0,945	0,935-0,945	0,935-0,945	0,935-0,945	0,920-0,930
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 580°C)	0,910-0,920	0,915-0,925	0,920-0,930	0,925-0,935	0,925-0,935	0,925-0,935	0,925-0,935	0,910-0,920
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 590°C)	0,900-0,910	0,905-0,915	0,910-0,920	0,915-0,925	0,915-0,925	0,915-0,925	0,915-0,925	0,900-0,910
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 600°C)	0,890-0,900	0,895-0,905	0,900-0,910	0,905-0,915	0,905-0,915	0,905-0,915	0,905-0,915	0,890-0,900
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 610°C)	0,880-0,890	0,885-0,895	0,890-0,900	0,895-0,905	0,895-0,905	0,895-0,905	0,895-0,905	0,880-0,890
Índice de refracción (D <sub>20</sub> 620°C)	0,870-0,880	0,875-0,						



Cuadro 3. Niveles de ésteres en los aceites vegetales crudos derivados de ejemplos autotípicos<sup>1</sup> como porcentaje del contenido total de ésteres (véase el Apéndice de la Norma) (continuación)

	Acetato de colza de bajo contenido de ácido erúico	Acetato de cárnamo	Acetato de cárnamo (leño olivo alto)	Acetato de sesamo	Acetato de soja	Acetato de girasol (leño olivo alto)
Colésterol	ND-1.3	ND-0.7	ND-0.5	0.1-0.5	0.2-1.4	ND-0.7
Brasisterol	5.0-13.0	ND-0.4	ND-2.2	0.1-0.2	ND-0.3	ND-0.2
Cumpesterol	24.7-38.6	9.2-13.3	8.8-10.9	10.1-20.0	15.8-34.2	6.5-13.0
Estigmasterol	0.2-1.0	4.5-9.6	2.8-4.9	3.4-12.0	14.8-19.1	6.0-13.0
Beta-sitosterol	45.1-57.9	40.2-50.6	40.1-66.9	57.7-61.9	47.6-60	50-70
Delta-5-avenasterol	2.5-6.6	0.8-4.8	0.2-3.9	6.2-7.8	1.5-3.7	ND-6.9
Delta-7-estigmasterol	ND-1.3	13.7-24.6	3.4-16.4	0.5-7.6	1.4-5.2	6.5-24.0
Delta-7-avenasterol	ND-0.8	2.2-6.3	ND-3.3	1.2-5.6	1.0-4.6	ND-9.0
Otros ésteres	ND-1.2	0.5-6.4	4.4-11.9	0.7-9.2	ND-1.8	ND-5.3
Contenido total (µg/kg)	450-1150	2100-4600	2000-4100	4500-19000	1500-4500	2400-5000

ND - No detectable, definido como <math>0.5\%</math>

<sup>1</sup> Datos de los ejemplos incluidos en la Sección 2.

Cuadro 2. Niveles de tocotrienoles y tocotrienoles en los aceites vegetales crudos como porcentaje del contenido total de ésteres (véase el Apéndice de la Norma) (µg/kg)

	Acetato de maíz	Acetato de Babassú	Acetato de Coco	Acetato de semilla de algodón	Acetato de pepitas de naranja	Acetato de maíz	Acetato de patata	Acetato de almendra de pasta
Alfa-tocoferol	49-73	ND	ND-17	186-674	16-33	23-573	4-103	ND-44
Beta-tocoferol	ND-41	ND	ND-11	ND-29	ND-69	ND-356	ND-234	ND-248
Gamma-tocoferol	88-389	ND	ND-14	18-746	ND-73	208-2468	ND-536	ND-257
Delta-tocoferol	ND-22	ND	ND	ND-21	ND-4	27-7	ND-123	ND
Alfa-tocotrienol	ND	25-46	ND-44	ND	15-107	ND-239	4-336	ND
Gamma-tocotrienol	ND	32-86	ND-1	ND	115-206	ND-450	14-710	ND-60
Delta-tocotrienol	ND	9-10	ND	ND	ND-3.2	ND-20	ND-377	ND
Total (µg/kg)	170-1100	60-130	ND-50	380-1300	240-410	300-370	150-1500	ND-260

	Acetato de colza de bajo contenido de ácido erúico	Acetato de cárnamo	Acetato de cárnamo (leño olivo alto)	Acetato de sesamo	Acetato de soja	Acetato de girasol (leño olivo alto)
Alfa-tocoferol	100-386	234-660	234-660	ND-3.3	9-352	400-953
Beta-tocoferol	ND-140	ND-17	ND-13	ND	ND-36	ND-45
Gamma-tocoferol	109-753	ND-12	ND-44	251-983	89-2307	ND-34
Delta-tocoferol	ND-22	ND	ND-6	4-21	154-932	ND-7.0
Alfa-tocotrienol	ND	ND	ND	ND	ND-69	ND
Gamma-tocotrienol	ND	ND-12	ND-10	ND-20	ND-103	ND
Delta-tocotrienol	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total (µg/kg)	430-2850	240-670	250-700	330-1010	600-3170	440-1520

ND - No detectable.

Nota: Aceite de maíz contiene también ND-5 µg/kg beta-tocoferol.

<sup>1</sup> Datos de los ejemplos incluidos en la Sección 2.

**ANEXO 14**  
**CODEX STAN 218-1999**



**NORMA PARA EL JENGIBRE**  
(CODEX STAN 218-1999)

**1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO**

Esta Norma se aplica a las variedades comerciales de jengibre obtenidas de *Zingiber officinale* Roscoe, de la familia *Zingiberaceae*, que habrán de administrarse frescos al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado. Se excluye el jengibre destinado a la elaboración industrial.

**2. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CALIDAD**

**2.1 REQUISITOS MÍNIMOS**

En todas las categorías, a reserva de las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, el jengibre deberá:

- estar entero;
- estar sano, deberán excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo;
- estar limpio, y prácticamente exento de cualquier materia extraña visible;
- estar prácticamente exento de daños causados por plagas que afecten al aspecto general del producto;
- estar exento de humedad externa anormal y secado apropiadamente si ha sido lavado, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica;
- estar exento de cualquier olor y/o sabor extraños;
- ser de consistencia firme;
- estar exento de abrasiones, salvo abrasiones ligeras que se hayan cicatrizado apropiadamente, las cuales no se consideren defectos;
- suficientemente seco para el uso a que se destina, la piel, tallos y cortes debidos a la recolección deberán estar totalmente secos.

2.1.1 El desarrollo y condición del jengibre deberán ser tales que le permita:

- soportar el transporte y la manipulación; y
- llegar en estado satisfactorio al lugar de destino.

**2.2 CLASIFICACION**

El jengibre se clasifica en tres categorías, según se definen a continuación:

**2.2.1 Categoría "Extra"**

El jengibre de esta categoría deberán ser de calidad superior y característico de la variedad y/o tipo comercial. Los rizomas deberán estar limpios, bien formados y exentos de defectos, salvo defectos superficiales muy leves siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase.

**2.2.2 Categoría I**

El jengibre de esta categoría deberán ser de buena calidad y característico de la variedad y/o tipo comercial. Los rizomas deberán tener consistencia firme, sin señales de machitamiento o deshidratación, y sin señales de brotación. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase:

Enmienda 2005.

- defectos leves de la piel debidos al roce siempre que estén cicatrizados y secos y que el total de la superficie afectada no supere el 10%.

**2.2.3 Categoría II**

Esta categoría comprende el jengibre que no puede clasificarse en las categorías superiores, pero satisface los requisitos mínimos especificados en la Sección 2.1. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos, siempre y cuando el jengibre conserve sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación:

- defectos de la piel debido al roce siempre que estén cicatrizados y secos y que el total de la superficie afectada no supere el 15%;
- primeras señales de brotación (no más del 10% en peso por unidad de forma de presentación);
- ligeras marcas causadas por plagas;
- heridas subterráneas cicatrizadas, siempre que estén completamente secas;
- ligeras trazas de tierra;
- magulladuras.

**3. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CLASIFICACION POR CALIBRES**

El calibre se determina por el peso del jengibre.

Código de calibre	Peso (gramos)
A	300
B	200
C	150

**4. DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS TOLERANCIAS**

En cada envase se permitirán tolerancias de calidad y calibre para los productos que no satisfagan los requisitos de la categoría indicada.

**4.1 TOLERANCIAS DE CALIDAD**

**4.1.1 Categoría "Extra"**

El 5%, en número o en peso, del jengibre que no satisfaga los requisitos de esta categoría pero satisfagan los de la Categoría I o, excepcionalmente, que no supere las tolerancias establecidas para esta última.

**4.1.2 Categoría I**

El 10%, en número o en peso, del jengibre que no satisfaga los requisitos de esta categoría pero satisfagan los de la Categoría II o, excepcionalmente, que no supere las tolerancias establecidas para esta última.

**4.1.3 Categoría II**

El 10%, en número o en peso, del jengibre que no satisfaga los requisitos de esta categoría ni los requisitos mínimos, con excepción de los productos afectados por podredumbre o cualquier otro tipo de deterioro que haga que no sean aptos para el consumo.

**4.2 TOLERANCIAS DE CALIBRE**

Para la Categoría "Extra", el 5%, y para las Categorías I y II el 10%, en número o en peso, del jengibre que no satisfaga los requisitos relativos al calibre.



## 5. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA PRESENTACIÓN

### 5.1. HOMOGENIDAD

El contenido de cada envase deberá ser homogéneo y estar constituido únicamente por jengibre del mismo origen, variedad y/o tipo comercial, calidad y calibre. La parte visible del contenido del envase deberá ser representativa de todo el contenido.

El peso del maníjo (rizoma) más pesado no podrá ser más de dos veces mayor que el peso del maníjo (rizoma) más ligero del mismo envase.

### 5.2. ENVASADO

El jengibre deberá envasarse de tal manera que el producto quede debidamente protegido. Los materiales utilizados en el interior del envase deberán ser nuevos<sup>1</sup>, estar limpios y ser de calidad tal que evite cualquier daño externo o interno al producto. Se permite el uso de materiales, en particular papel o sellos, con indicaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxico.

El jengibre deberá disponerse en envases que se ajusten al Código Internacional de Prácticas Recomendado para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 44-1995).

### 5.2.1 Descripción de los Envases

Los envases deberán satisfacer las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia necesarias para asegurar la manipulación, el transporte y la conservación apropiados del jengibre. Los envases deberán estar exentos de cualquier materia y olor extraños.

### 6. MARCADO O ETIQUETADO

#### 6.1. ENVASES DESTINADOS AL CONSUMIDOR

Además de los requisitos de la Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985), se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

##### 6.1.1 Naturaleza del Producto

Si el producto no es visible desde el exterior, cada envase deberá etiquetarse con el nombre del producto y, facultativamente, con el de la variedad y/o tipo comercial.

##### 6.2 ENVASES NO DESTINADOS A LA VENTA AL POR MENOR

Cada envase deberá llevar las siguientes indicaciones en letras agrupadas en el mismo lado, marcadas de forma legible e indeleble y visibles desde el exterior, o bien en los documentos que acompañan el envío.

##### 6.2.1 Identificación

Nombre y dirección del exportador, envasador y/o expedidor. Código de identificación (facultativo)<sup>2</sup>.

##### 6.2.2 Naturaleza del Producto

Nombre del producto si el contenido no es visible desde el exterior. Nombre de la variedad y/o tipo comercial (facultativo).

##### 6.2.3 Origen del Producto

País de origen y, facultativamente, nombre del lugar, distrito o región de producción.

<sup>1</sup> Para los fines de esta Norma, esto incluye el material recuperado de calidad alimentaria.

<sup>2</sup> La legislación nacional de algunos países requiere una declaración expresa del nombre y la dirección. Sin embargo, en caso de que se utilice una marca en clave, habrá de consignarse muy cerca de ella la referencia al "envasador y/o expedidor" (o a las siglas correspondientes).

## 6.2.4 Especificaciones Comerciales

- Categoría;
- Calibre (código de calibre o pesos mínimo y máximo en gramos);
- Número de unidades (facultativo);
- Peso neto (facultativo).

## 6.2.5 Marca de Inspección Oficial (facultativa)

### 7. CONTAMINANTES

7.1 El producto al que se aplica las disposiciones de la presente Norma deberán cumplir con los niveles máximos de la Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Premsos (CODEX STAN 193-1995).

7.2 El producto al que se aplica las disposiciones de la presente Norma deberán cumplir con los límites máximos de residuos de plaguicidas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius.

### 8. HIGIENE

8.1 Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de la presente Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969), Código de Prácticas de Higiene para Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 33-2003) y otros textos pertinentes del Codex, tales como códigos de prácticas y códigos de prácticas de higiene.

8.2 El producto deberá ajustarse a los criterios microbiológicos establecidos de conformidad con los Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos a los Alimentos (CAC/GL 21-1997).

**ANEXO 15**  
**DESCRIPCIÓN DE PARAMETROS**  
**TABLA I-15**

## PARÁMETROS ANALÍTICOS EN CONTROL DE CALIDAD DE ACEITE ESENCIALES

### ☞ CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉTICAS

Las características organolépticas es una determinación visual y olfativa que se realiza al aceite esencial, generalmente los aceites esenciales poseen el mismo color amarillo anaranjado, el olor característico a la materia prima y la apariencia en estado líquido, estos parámetros se toman en esta determinación física del aceite:

**Olor**, característico, ligero no desagradable y peculiar a la materia prima de la cual proceda el aceite, exento de sabores extraños o rancios.

**Color**, el color se determina mediante el método de Lovibond.

**Apariencia**, liquido transparente y libre de cuerpos extraños a 293 k (20°C).

**Sabor**, característico, ligero no desagradable y peculiar a la materia prima de la cual proceda el aceite, exento de sabores extraños o rancios.

### ☞ DETERMINACIONES FISICAS

#### Densidad

La densidad del aceite esencial de jengibre se determinó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias; para tal efecto se pesó la muestra de aceite en una Balanza Analítica marca EUROPE y el volumen se midió con una probeta de 5 ml, el procedimiento se detalla a continuación:

Pesar probeta de 5ml, y tara la balanza.

Medir el volumen de aceite esencial con la probeta anteriormente pesada.

Pesar el aceite contenido en la probeta.

Calcular la densidad empleando la fórmula:

$$\rho = m / Vol$$

### **Poder rotatorio**

La medición de la rotación óptica debe realizarse empleando un polarímetro capaz de apreciar diferencias de  $0,01^\circ$ . Como fuente de luz de los aparatos se emplean lámparas de sodio, de vapor de mercurio, xenón o halógeno-tungsteno entre otras, provistas de un dispositivo que permite transmitir un haz luminoso monocromático. La calibración del aparato puede realizarse empleando una placa de cuarzo montada sobre un soporte perpendicular al paso de la luz.

La rotación óptica es afectada por el solvente empleado para la medición, la concentración del analito, la longitud de onda y la temperatura, siempre deberán especificarse. A menos que se especifique de otro modo en la monografía correspondiente, las determinaciones en esta Farmacopea se realizan a  $25^\circ\text{C}$ , empleando la línea D del sodio a la longitud de onda de 589 nm.

### **Índice de refracción**

El índice de refracción es una constante física que se emplea a menudo como criterio de pureza permite detectar adulteraciones y envejecimientos, y sus principales ventajas son la rapidez y sencillez con que se pueda obtenerse.

Muchas de las especificaciones de índice de refracción en esta Farmacopea se definen a temperaturas distintas de  $25^\circ\text{C}$  a pesar de ser esta la temperatura para las mediciones farmacopeas. La temperatura debe ajustarse cuidadosamente y mantenerse constante a  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ , ya que el índice de refracción varía significativamente con la temperatura.

Los valores de índice de refracción dados en esta Farmacopea son para la línea D del sodio (doblete a 589,0 y 589,6 nm). La mayoría de los aparatos disponibles están diseñados para ser empleados con luz blanca, pero se calibran para dar el índice de refracción en función de la línea D del sodio.

Como no es sencillo medir directamente los ángulos de incidencia y de refracción, se han desarrollado sistemas ópticos especiales que se basan en la medida del ángulo límite de reflexión total.

Un aparato universalmente difundido que opera bajo este principio es el refractómetro de Abbe. El índice de refracción (comúnmente entre 1,3000 y 1,7000) puede ser leído directamente al tercer decimal y estimado al cuarto decimal.

Para lograr la exactitud teórica de  $\pm 0,0001$ , es necesario calibrar el aparato contra un estándar provisto por el fabricante, verificar con frecuencia el control de temperatura y la limpieza del aparato determinando el índice de refracción del agua, que corresponde a 1,3330 a 20°C y 1,3325 a 25°C.

### **Miscibilidad en etanol**

La miscibilidad en etanol es una técnica muy sencilla para detectar adulteraciones por el agregado de aceites fijos o minerales, insolubles en etanol.

La miscibilidad es la propiedad que tienen los líquidos de mezclarse en iguales proporciones, como resultado de lo cual se forma una solución homogénea. En cambio, cuando las sustancias no se pueden mezclar decimos que son inmiscibles. El agua y el etanol pueden combinarse perfectamente, no así el agua y el aceite, excelentes ejemplos de cómo dos sustancias no se mezclan entre sí en forma alguna.

### **Punto de congelación**

La determinación del punto de congelación, puede ser el reflejo de la calidad de un aceite esencial. Este es el caso de la esencia de anís, cuyo punto de congelación depende del contenido de anetol, componente mayoritario de la esencia.

El punto de congelación de un líquido es la temperatura a la cual la presión de vapor del líquido y del sólido se igualan, conservando la misma presión de vapor cuando están expuestos a una presión de una atmósfera, siendo dicho punto siempre inferior al de la solución pura. Por lo general, el sólido que se separa de la solución se encuentra en estado de pureza. Esto se da debido a la presencia de una pequeña cantidad de soluto no volátil que cambia la curva de equilibrio líquido - vapor.

Se conoce como descenso crioscópico o depresión del punto de fusión a la disminución de la temperatura del punto de congelación que experimenta una disolución respecto a la del disolvente puro. Todas las disoluciones en las que, al enfriarse, el disolvente

solidifica puro sin el soluto, tienen una temperatura de congelación inferior al disolvente puro. La magnitud del descenso crioscópico,  $\Delta T_c$ , viene dada por la diferencia de temperaturas de congelación (o de fusión) del disolvente puro y de la disolución,  $T_f^*$  y  $T_f$ , respectivamente.

Existen dos tipos de equipos que utilizan este fundamento de las propiedades coligativas de los líquidos para su funcionamiento, los crioscopios y los osmómetros, los cuales miden la depresión o abatimiento del punto de congelación, es decir, el volumen medido de la solución es colocado en el tubo de muestra y es sumergido en un baño de temperatura controlada. Luego un termopar y un vibrador son colocados dentro de la mezcla y la temperatura del baño es bajada hasta que la mezcla es superenfriada. Entonces se activa el vibrador para inducir la cristalización del agua en la solución de prueba y el calor de fusión liberado eleva la temperatura hasta el punto de congelación. Por medio de un puente de Wheatstone, el punto de congelación registrado se convierte en una medida en términos de osmolaridad. El instrumento se calibra utilizando soluciones de referencia de cloruro de sodio que cubran el rango esperado de osmolaridades.

Uno de los indicadores más susceptibles a la adición de materiales extraños en la leche es el punto crioscópico, el cual está regulado por las normas nacionales e internacionales, la leche fluida fresca deberá tener un punto crioscópico de  $-0.53$  a  $-0.57$  °C o de  $-0.512$  a  $0.550$  °C.

### **Punto de inflamación**

El punto de inflamación tiene importancia para el transporte de este tipo de materias, en relación con su peligrosidad.

El punto de inflamación de un líquido (flash point en inglés) es la temperatura más baja a la que se emite vapor suficiente para formar una mezcla inflamable en el aire a la presión atmosférica estándar. El punto de inflamación proporciona un índice sencillo y necesario para evaluar la inflamabilidad de una amplia variedad de materiales.

En DEKRA determinamos el punto de inflamación de líquidos, de acuerdo con el método de copa cerrada definido por el Manual de Pruebas y Criterios (5ª edición revisada), según requiere la ONU para la clasificación de mercancías peligrosas.

Este método de ensayo es aplicable a productos que tienen un punto de inflamación o flash point entre 0 y 110°C y una viscosidad menor a 150 st a 25°C.

Los equipos de ensayo en copa cerrada previenen la pérdida de componentes de bajo punto de ebullición al mantener la muestra cerrada hasta que se introduce la fuente de ignición. Por esta razón, los datos de punto de inflamación en copa cerrada son más conservadores - y generalmente se prefieren - a los obtenidos en copa abierta.

### **Rango de destilación**

El rango de destilación suele usarse para determinar la volatilidad de la esencia. Se controla la temperatura mínima a la cual comienza a destilar la esencia, y la temperatura máxima a la cual se destila su totalidad. También puede indicarse que porcentajes destilan a determinados rangos de temperaturas.

## **☞ INDICES QUIMICOS**

### **Índice de acidez**

Se refiere al grado de acidez de un aceite esencial y se define como el número de miligramos de hidróxido potásico necesarios para neutralizar la acidez contenida en un gramo de aceite esencial.

La acidez tiene importancia tanto para aceites comestibles como para los lubricantes, porque ni unos ni otros pueden contener ácidos grasos libres más allá de un límite dado. Se considera como impureza en las grasas, puede expresarse en varias formas. Cuando se expresa como porcentaje, los cálculos se hacen generalmente bajo el supuesto de que el PM del ácido libre es igual al del oleico. Sin embargo, no toda la acidez resultante de la hidrólisis es oleína, ni tampoco el PM medio de los ácidos grasos libres es equivalente al ácido oleico. Puede expresarse el % de acidez en el ácido graso que predomine en el aceite.

En la determinación no se emplea agua debido a la insolubilidad en agua de las grasas. Se emplea como disolvente el alcohol etílico, debe hacerse una buena agitación para garantizar la solubilización de todos los ácidos grasos libres y una buena distribución del indicador antes de realizar la valoración. El cambio de color se observa en la fase alcohólica.

Cuando el color del aceite es muy oscuro, el cambio de color del indicador no es observable, por lo tanto, se debe reducir la muestra. Si esto no da resultado el único recurso para cuantificar la acidez es una valoración electrométrica.

Con respecto al tamaño de muestra el método define cantidades de 50 gramos si se espera una acidez menor del 0.2% y de 25 gramos si la acidez esperada está en un rango entre 0.2 – 1 %

El resultado de la titulación con álcali en presencia de F.F se expresa en porcentaje de ácido oleico, cuyo peso molecular es 282.

Según la norma Icontec 218, la acidez libre ® mide el grado de descomposición lipolítica de los GLICERIDOS (hidrólisis enzimática, tratamiento químico, acción bacteriana)

Tamaño Muestra:

50g: Muestra con % acidez < 0.2%

25g: Muestra con % acidez (0.2-1%)

### **Índice de Ester**

Se refiere al contenido de esteres de la muestra. Se define como el número de miligramos de hidróxido potásico necesarios para saponificar los esteres contenidos en un gramo de aceite esencial.

### **Índice de saponificación**

El índice de saponificación es la suma del índice de éster más el índice de acidez.



### **Índice de acetilo**

Indica la riqueza en hidroxilos alcohólicos. Su determinación requiere un proceso de acetilación seguido de una saponificación.

### **Índice de fenoles**

Se refiere al contenido en fenoles de un aceite esencial y ha sido utilizado para aquellas esencias con elevado contenido en este tipo de compuestos, como puede ser de clavo (eugenol) o la de tomillo (timol y/o carvavrol). Se basa en el cambio de solubilidad que sufren los fenoles de esas esencias al formar el correspondiente fenato (en medio básico), pasando de la fase oleosa a la fase acuosa.

## **☞ CROMATOGRAFIA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA**

### **Perfil cromatográfico por CG, cuantificación de los componentes principales.**

La cromatografía de gases es tal vez la cromatografía más importante para análisis de aceites esenciales, por su rapidez y confiabilidad, es una técnica de separación que se basa principalmente en fenómenos de partición entre una fase móvil gaseosa (helio, argón, hidrógeno, nitrógeno) y una fase estacionaria constituida por un líquido muy viscoso retenido en el interior de una columna cromatográfica. La columna se coloca en un horno con temperatura regulable y programable, lo que permite al operador influir de forma decisiva en la separación de los componentes de la mezcla. El cromatógrafo se completa con un sistema de inyección, que permite introducir la muestra en la columna y un detector que muestra las diferentes sustancias a medida que van saliendo de la columna, una vez separadas. Las columnas cromatográficas utilizadas actualmente son de tipo capilar, están constituidas por un tubo de cuarzo flexible de diámetro muy pequeño (normalmente 0,25 mm) y longitud muy larga (desde 25 o 60 m hasta 200 m); proporcionan alta resolución y permiten separar las mezclas multicomponentes de sustancias de diversa polaridad y/o isómeros (Monoterpenos, Sesquiterpenos, etc.)

Para la identificación de los componentes del aceite esencial mediante CG se utiliza frecuentemente la comparación de sus tiempos de retención (tiempo transcurrido entre

la inyección de la muestra y la aparición del pico cromatográfico) con los de los patrones. Sin embargo, los tiempos de retención están fuertemente influenciados por numerosas variables, como la técnica de inyección, las variaciones de temperatura o flujo de los gases, el diseño de equipo, etc. Por este motivo ha sido necesario la introducción de parámetros relativos como son los tiempos de retención relativos y los índices de retención.

## ☞ CARACTERISTICAS ESPECTROSCOPICAS

### **Ultravioleta- visible e Infrarrojo**

Se utilizan principalmente la espectroscopia ultravioleta-visible y la infrarroja. En la espectroscopia infrarroja, el perfil del espectro IR de la esencia puede emplearse como parámetro de la calidad en relación a un estándar establecido. Una colección interesante de espectros IR de aceites esenciales y de algunos de sus componentes fue publicada por Bellanato e Hidalgo (1971).

## ☞ OTRAS DETERMINACIONES

### **Pesticidas - Metales pesados**

Análisis de pesticidas es muy importante debido a su liposolubilidad, es necesario detectar su presencia, sobre estos contaminantes existe muy poca información, pero debe si destacarse el trabajo realizado por Schilcher y col (1997,1998). A pesar de la gran difusión de su uso, debe admitirse como lo hacen estos autores que las dosis y la forma de uso de un aceite esencial, aun en medicina y en alimentación, juegan a favor de las mismas, y resulta altamente improbable que surja problema toxicológico por esta causa.

**ANEXO 16**

**NORMAS BOLIVIANAS PARA ACEITES**

**ESENCIALES**

<b>NORMAS BOLIVIANAS PARA ACEITES ESENCIALES</b>	
NB 75001:2005	Nomenclatura
NB 75002:2005	Muestreo-Toma de muestras
NB 75003:2005	Preparación de muestras de ensayo
NB 75004:2005	Determinación de la miscibilidad en etanol
NB 75005:2005	Determinación de la densidad relativa a 20°C-Metodo de referencia
NB 75006:2005	Determinación del índice de acidez
NB 75007:2005	Determinación del índice de refracción
NB 75008:2005	Determinación del poder rotatorio
NB 75009:2005	Determinación del punto de congelación
NB 75010:2005	Determinación del residuo de evaporación
NB 75011:2005	Cromatografía en fase gaseosa-Método general para columnas capilares
NB 75012:2005	Determinación del contenido de fenoles
NB 75013:2005	Determinación del índice de éster y del contenido de esterres
NB 75014:2005	Determinación del contenido en grupos carbonilo por el método del cloruro de hidroxilamonio
NB 75015:2005	Determinación del valor CD por espectrofotometría ultravioleta
NB 75016:2005	Determinación del índice de carbonilo, método de la hidroxilamina libre
NB 75017:2005	Vocabulario
NB 75018:2005	Reglas generales de envase
NB 75019:2005	Determinación del contenido en 1,8-cineol(eucaliptol)
NB 75020:2006	Determinación de color
NB 75021:2006	Reglas generales de etiquetado y marcado