

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos



Una Institución Adventista

**Tesis para la obtención del título profesional de Ingeniero de
Alimentos**

**Microencapsulación de aceite esencial de menta negra (*Mentha
piperita* L.) por atomización**

Por:

Bach. Efraín Huayllahuamán De la Cruz

Asesor:

Dr. Reynaldo Justino Silva Paz.

Lima, julio de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Dr. Silva Paz, Reynaldo Justino, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería en Alimentos, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "Microencapsulación de aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.) por atomización" constituye la memoria que presenta el Bachiller Efraín Huayllahuamán De la Cruz para aspirar al título de Profesional de Ingeniero de Alimentos ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, al mes de Julio del año 2019.



Dr. Silva Paz, Reynaldo Justino

Microencapsulación de aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.) por atomización

TESIS

Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos

JURADO CALIFICADOR



Dr. Rodrigo Alfredo Matos Chamorro
Presidente



Ing. Guido Fulgencio Anglas Hurtado
Secretario



Dr. Julio Florencio Paredes Guzmán
Vocal



Ing. Oscar Amado Crisostomo Gordillo
Vocal



Dr. Reynaldo Justino Silva Paz
Asesor

Lima, 12 de julio de 2019

Dedicatoria

Doy gracias a Dios, quién nos dio amor, sabiduría
y fuerzas, por poder culminar mi carrera
profesional.

También con inmenso amor y gratitud a mis padres
Víctor Huayllahuamán y Aniceta De la Cruz, por
su esfuerzo, sacrificio, confianza y apoyo
incondicional.

A la familia Huayllahuaman. Por toda la ayuda.

Efraín.

Agradecimiento

Al creador a nuestro Padre Celestial que me ha dado fortaleza, sabiduría, fuerza para poder continuar mis sueños y terminar el trabajo de investigación Gracias Dios.

A mis queridos padres: Víctor Huayllahuamán, Aniceta De la Cruz; por haberme enseñado buenos hábitos, valores, y luchar por tus sueños durante la trayectoria largo camino, a toda la Familia Huayllahuamán De la Cruz, por todo su apoyo incondicional en los momentos buenos y difíciles, que han sido en mi formación profesional, para la ejecución de este trabajo de investigación.

A mi asesor, Dr. Reynaldo Silva Paz, por asesorarnos en el desarrollo de la investigación.

A la Universidad Peruana Unión, a la Dirección de Escuela de Ingeniería de Alimentos por permitirnos el uso de los equipos de laboratorio para los análisis fisicoquímicos.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), y al Facultad de Química, Ingeniería Química e Ingeniería Agroindustrial, Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Química Orgánica por permitirnos al uso de sus equipos para los ensayos experimentales de microencapsulación y análisis fisicoquímicos.

Y a las personas, Ing. Eduardo Meza, Ing. Renzo Rajo, Dr. Julio Paredes, Julio C. Santiago y Marlene Velázquez por su apoyo en mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	1
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA	3
2.1 MENTA NEGRA	3
2.1.1 Definición del producto	3
2.1.2 Clasificación taxonómica	5
2.1.3. Morfología.....	5
2.1.4. Composición química.....	7
2.1.5. Propiedades.....	9
2.1.6. Distribución	9
2.1.7. Aceite esencial de menta negra (<i>Mentha piperita</i> L.)	11
2.2. ACEITES ESENCIALES	13
2.2.1. Introducción.....	13
2.2.2. Historia	14
2.2.3. Definición	15
2.2.4. Composición de los aceites esenciales	16
2.2.5. Propiedades fisicoquímicas de los aceites esenciales.....	18
2.2.6. Aplicación de los aceites esenciales	20
2.3. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES	21
2.3.1. Destilación por arrastre con vapor.....	22

2.4.	MÉTODOS DE MICROENCAPSULACIÓN DE LOS COMPUESTOS	24
2.4.1.	Agentes de encapsulantes	24
2.4.2.	Técnicas de microencapsulación	28
2.4.3.	Desarrollo de microencapsulación de autores	30
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		33
3.1	Lugar de ejecución.....	33
3.2	Materiales e insumos	33
3.2.1	Materia prima	33
3.2.2	Insumos.....	33
3.2.3	Materiales	33
3.2.4	Equipos	34
3.2.5	Reactivos	35
3.3	Metodología experimental	36
3.3.1.	Extracción del aceite esencial de menta negra	36
3.3.2.	Microencapsulación de aceite esencial de menta negra mediante atomización	
	40	
3.4.	Diseño experimental	48
3.5.	Análisis estadístico	49
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		50
4.1.	Análisis fisicoquímicos de aceite esencial.....	50

4.2. Análisis fisicoquímico de las microcápsulas de aceites esenciales de menta negra (<i>Mentha piperita</i> L.)	52
4.3. Color de escala CIEL*a*b	71
Figura 22. Gráfico de superficie de respuesta del color (L*, a*, b*).....	74
4.4. Análisis morfológico.....	74
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	79
REFERENCIAS	80
ANEXOS	101

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química más abundante aceite esencial de <i>Mentha</i> ssp.....	8
Tabla 2. Especies de mentha más abundantes y sus funciones.....	10
Tabla 3. Grupos funcionales de las moléculas constituyentes de los aceites esenciales....	18
Tabla 4. Aplicación en la industria de productos aromáticos naturales y aceites esenciales.	20
Tabla 5. Componentes para la formación de la emulsión para la atomización.....	41
Tabla 6. Parámetros de atomización.....	42
Tabla 7. Diseño central compuesto (DCCR): Niveles de variables independientes codificadas, reales y experimentales.....	48
Tabla 9. Variables independientes e variables de respuesta de diseño central compuesto (DCCR).....	49
Tabla 9. Análisis fisicoquímico de aceite esencial de menta negra (<i>Mentha piperita</i> L.)..	50
Tabla 10. Análisis fisicoquímico de las microcápsulas de aceite esencial.....	53
Tabla 11. Coeficientes de regresión de variables respuesta de microencapsulación de aceite esencial por atomización.....	57
Tabla 12. Análisis fisicoquímico de las microcápsulas de aceite esencial de menta negra (<i>Mentha piperita</i> L.).....	61
Tabla 13. Coeficientes de regresión de variables de respuesta de microencapsulación de aceite esencial por atomización.....	63

Tabla 14. Análisis fisicoquímico de la microcápsulas de aceite esencial de menta negra (<i>Mentha piperita</i> L.).....	66
Tabla 15. Coeficientes de regresión de variables de respuesta de microencapsulación de aceite esencial por atomización.....	68
Tabla 16. Determinación de color de las microcápsulas de aceite esencial de meta negra (<i>Mentha piperita</i> L.).....	71
Tabla 17. Coeficientes de regresión de color de microencapsulación de aceite esencial.....	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración esquemática del híbrido de menta (<i>Mentha piperita</i> L.) (C), <i>Mentha spicata</i> (A) y <i>Mentha aquatica</i> , (B).....	3
Figura 2. Planta y hoja de menta negra (<i>Mentha piperita</i> L.).....	6
Figura 3. Morfología de la planta de menta negra (<i>Mentha piperita</i> L.).....	6
Figura 4. Representación de los compuestos químicos más abundantes de aceite esencial de menta negra (<i>Mentha piperita</i> L.).....	8
Figura 5. Rendimiento de materia fresca/seca en Kg/Ha de menta negra (<i>mentha piperita</i> L.).....	10
Figura 6. Principales países de destino de exportación peruana de hierbas aromáticas en los años (2008 - 2009) e US\$.....	11
Figura 7. Síntesis de terpenos y clasificación según unidad de isopreno.....	17
Figura 8. Proceso de destilación por arrastre de vapor de aceite esencial.....	23
Figura 9. Esquema ilustrativo del proceso de microencapsulación secado por atomización.....	29
Figura 10. Esquema de arrastre de vapor de extracción de aceite esencial de menta negra (AEMN).....	36
Figura 11. Diagrama de flujo de extracción de aceite esencial de menta negra.....	37

Figura 12. Diagrama de flujo de microencapsulación de aceite esencial de menta negra por atomización.....	39
Figura 13. Esquema de proceso de atomización.....	42
Figura 14. Flojugrama experimental.....	47
Figura 15. Gráfico de contorno de A (humedad), B (SST), C (aw), D (D. aparente), E (D. real).....	58
Figura 16. Gráfico de superficie de respuesta de A (humedad) %, B (SST), C (aw), D (D. aparente), E (D. real)	59
Figura 17. Gráfico de contorno de F (humectabilidad), G (solubilidad), H (higroscopicidad), I (R. de partículas)	64
Figura 18. Gráfico de superficie de respuesta de F (humectabilidad (mni.)), G (solubilidad), H (higroscopicidad), I (R. de partículas)	65
Figura 19. Gráfico de contorno de K (AE superficial), J (AE encapsulado) M (eficiencia de microencapsulacion (MME))	69
Figura 20. Gráfico de superficie de respuesta K (AE superficial %), J (AE encapsulado %), M (eficiencia de microencapsulacion MME %).....	70
Figura 21. Gráfico de contorno de color (L*, a*, b*).....	73
Figura 22. Gráfico de superficie de respuesta de color (L*, a*, b*).....	74

Figura 23. Morfología de la microcápsulas de aceite esencial de menta negra de menor eficiencia (T1) y T3 mayor eficiencia de microencapsulación.....75

Figura 24. Gráfico de deseabilidad (A) y gráfico de contornos superpuestos (B) de las variables dependientes significativas.....77

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de humedad durante la microencapsulación de AE de menta negra	101
Anexo 2. Efectos y coeficientes de regresión para humedad.....	101
Anexo 3. Análisis de varianza de sólidos totales (SST) de microencapsulación de aceite esencial de menta negra.	101
Anexo 4. Efectos y coeficientes de regresión para (SST).....	102
Anexo 5. Análisis de varianza de actividad de agua (aw) de microencapsulación de aceite esencial de menta negra.....	102
Anexo 6. Efecto y coeficientes de regresión para aw.....	102
Anexo 7. Análisis de varianza de densidad aparente de microencapsulación de aceite esencial de menta negra.....	103
Anexo 8. Efectos y coeficientes de regresión para densidad aparente.....	103
Anexo 9. Análisis de varianza de densidad real de microencapsulación de aceite esencial de menta negra.....	103
Anexo 10. Efectos y coeficientes de regresión de densidad real.....	104
Anexo 11. Análisis de varianza de humectabilidad (min.) de microencapsulación de aceite esencial.....	104
Anexo 12. Efectos y coeficientes de regresión para humectabilidad.....	104

Anexo 13. Análisis de varianza de solubilidad (%) de microencapsulación de aceite esencial.....	105
Anexo 14. Efectos y coeficientes de regresión para solubilidad (%).....	105
Anexo 15. Análisis de varianza de rendimiento de partículas de microencapsulación de aceite esencial.....	105
Anexo 16. Efectos y coeficientes de regresión de rendimiento de partículas.....	106
Anexo 17. Análisis de varianza de higroscopicidad de microencapsulación de aceite esencial.....	106
Anexo 18. Efectos y coeficientes de regresión de higroscopicidad.....	106
Anexo 19. Análisis de varianza de % AE superficial de microencapsulación de aceite esencial.....	107
Anexo 20. Efectos y coeficientes de regresión para % de AE superficial.....	107
Anexo 21. Análisis de varianza de %AE encapsulado de microencapsulación de AEMN.....	107
Anexo 22. Efectos y coeficientes de regresión de %AE encapsulado.....	108
Anexo 23. Análisis de varianza de % MME de microencapsulación de aceite esencial.....	108
Anexo 24. Efectos y coeficientes de regresión de % MME.....	108
Anexo 25. Análisis de varianza de color, luminosidad (L*) de microcápsulas de AE....	109

Anexo 26. Efectos y coeficientes de regresión de luminosidad L^* de microcápsulas de AE.....	109
Anexo 27. Análisis de varianza de color -verde + rojo (a^*) de microcápsulas de AE.....	109
Anexo 28. Efectos y coeficientes de regresión de color -verde + rojo (a^*) de microcápsulas de AE.....	110
Anexo 29. Análisis de varianza de color - azul + amarillo (b^*) de microcápsulas de AE..	110
Anexo 30. Efectos y coeficientes de regresión de color - azul + amarillo (b^*) de microcápsulas de AE.....	110
Anexo 31. Gráfico de Pareto de A (humedad), B (SST), C (a_w), D (D. aparente), E (D real) de microcápsulas de AE.....	111
Anexo 32. Gráfico de Pareto de A, (humectabilidad), B (solubilidad), C (higroscopicidad), D (R de partículas) de microcápsulas de AE.....	112
Anexo 33. Gráfico de Pareto de A (%AE superficial), B (% AE encapsulado), C (eficiencia de microencapsulación (MME))	113
Anexo 34. Gráfico de Pareto de color ($L^*a^*b^*$) de microcápsulas de AE.....	114

Resumen

Se logró extraer aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.) por arrastre de vapor, se determinó los parámetros de pH, humedad (H)%, densidad (g/ml), índice de acidez (IA), índice de refracción (IR), evaporación residual (ER)%, solubilidad (S)% y rendimiento (R)% de extracción de aceite esencial de menta negra. Para la microencapsulación de aceite esencial de menta negra, se utilizó un diseño central compuesto (DCCR) con dos factores (aceite esencial de menta negra y goma arábiga). Se evaluó los parámetros fisicoquímicos de las microcápsulas, las cuales presentaron una humedad (H°) entre 7.84 - 10.20 %, sólidos totales (SST) 89.80 - 92.16 %, actividad de agua (AW) 0.37 - 0.46, densidad aparente 0.33 - 0.40 g/ml, densidad real 0.26 - 0.31 g/ml, humectabilidad (Hum.) 9.39 - 13.13 min., solubilidad (S) 78.50 - 91.25 %, higroscopicidad 3.99 - 6.31 g/100 bs, rendimiento de partículas (RP) 37.55 - 70.48 %, aceite esencial (AE) superficial 2.25 - 5.81 %, aceite esencial (AE) encapsulado 23.73 - 60.55 %, eficiencia del microencapsulación (MME) 86.99 - 95.46 %. Por otro lado, se determinó los parámetros de luminosidad (L*), los cuales se encuentran en un rango de 99.98 - 99.75; a* (- verde + rojo) 3.13 - 3.78 y para b* (- azul + amarillo) 10.85 - 13.51. Además, se realizó el análisis morfológico el cual mostró un adecuado encapsulamiento de goma arábiga y aceite esencial.

Palabras clave: menta negra, aceite esencial, microcápsulas, agentes encapsulantes

Abstract

It was possible to extract essential oil of black peppermint (*Mentha piperita* L.) by steam entrainment, the parameters of pH, humidity (H)%, density (g / ml), acidity index (AI), refractive index (IR), residual evaporation (ER)%, solubility (S)% and yield (R)% of extraction of essential oil of black peppermint. For the microencapsulation of black peppermint essential oil, a composite central design (DCCR) with two factors (black peppermint essential oil and gum arabic) was used. The physicochemical parameters of the microcapsules were evaluated, which presented a humidity (H °) between 7.84 - 10.20%, total solids (SST) 89.80 - 92.16%, water activity (AW) 0.37 - 0.46, apparent density 0.33 - 0.40 g / ml, actual density 0.26 - 0.31 g / ml, wettability (Hum.) 9.39 - 13.13 min., solubility (S) 78.50 - 91.25%, hygroscopicity 3.99 - 6.31 g / 100 bs, particle yield (RP) 37.55 - 70.48 %, surface essential oil (AE) 2.25 - 5.81%, encapsulated essential oil (AE) 23.73 - 60.55%, microencapsulation efficiency (MME) 86.99 - 95.46%. On the other hand, the luminosity parameters (L *) were determined, which are in a range of 99.98 - 99.75; a * (- green + red) 3.13 - 3.78 and for b * (- blue + yellow) 10.85 - 13.51. In addition, the morphological analysis was performed which showed an adequate encapsulation of gum arabic and essential oil.

Key words: black mint, essential oil, microencapsulation, microcapsules, encapsulating agents.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

El Perú es un país rico en recursos naturales y sustenta su riqueza en su gran biodiversidad; habiendo aportado al mundo alrededor de 2000 plantas con propiedades curativas y alimentación. En los últimos años, se ha venido incrementando significativamente el interés de productos naturales, de plantas medicinales y hierbas aromáticas, en especial en las zonas alto andinas donde se siembran plantas aromáticas específicamente, Cajamarca, Libertad, Huancavelica, Ancash y Ayacucho; e lugares aptos para la siembra del cedrón, manzanilla, toronjil, menta negra, entre otros. Hace una innovación en los cultivos y la industrialización da mayor calidad para tal producto, brindando ingresos económicos para los agricultores peruanos, generando así nuevos puestos de trabajo y bienestar del Perú Dirección Regional de Agricultura, (DRA, 2013). Existe un desaprovechamiento por parte de los productores, respecto las propiedades funcionales que poseen estas plantas aromáticas, por eso se debe rescatar y revalorizar el aceite esencial, y se pueden obtener por arrastre de vapor, hidrodestilación, fluidos supercríticos, y/o microondas (Chen y Spiro, 1994).

Los aceites esenciales son compuestos volátiles inestables que pueden sufrir degradación; por efecto de la luz, lo que conlleva a la oxidación, volatilización, si no son protegidas de los factores ambientales (Asbani et al., 2014). Es por ello. Que se debe investigar y conocer el tipo de compuesto bioactiva que mantenga su calidad de los compuestos y evitar así posible degradación y adulteracion (Troncoso et al., 2005; Bazinet et al., 2007).

Por otro lado, la microencapsulación de aceites esenciales es una tecnología muy importante utilizada en la industria de alimentos, ya que proviene la volatilización de compuestos, mantiene las propiedades bioactivas y aumenta su vida útil del producto

(Gonzales, Domínguez, Moreno y García 2010). Además, este método es utilizado para encapsular distintos productos como, minerales (hierro), pigmentos (antocianinas) como leche entre otros alimentos (Wandrey, Bartkowiak y Harding, 2010).

El objetivo de esta investigación tuvo como propósito de emplear, extarar y microencapsular el aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.) y evaluar los parámetros de microencapsulación por atomización, utilizando agentes encapsulantes como goma arábiga, analizando sus propiedades fisicoquímicas de las microcápsulas, este proceso que conlleva a la protección, estabilidad y conservación de las propiedades del producto.

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 MENTA NEGRA

2.1.1 Definición del producto

La menta negra (*Mentha piperita* L.), es una planta híbrida (*Mentha aquatica* x *Mentha spicata*) muestra en la figura 1. Si bien es una planta muy conocida desde la antigüedad (su uso data de aproximadamente 1000 años antes de Cristo), fue hasta el año 1696 que es clasificada por el botánico Ray al encontrar una especie de menta con sabor a pimienta en Inglaterra. El nombre genérico *Mentha* deriva de Mintha, una ninfa griega enamorada de Zeus, a quien los celos de la diosa Perséfone hicieron que se convirtiera en planta. En 1730 fue incorporada en la farmacopea inglesa y hoy figura en casi todas las farmacopeas mundiales (Cáceres A, 1999).

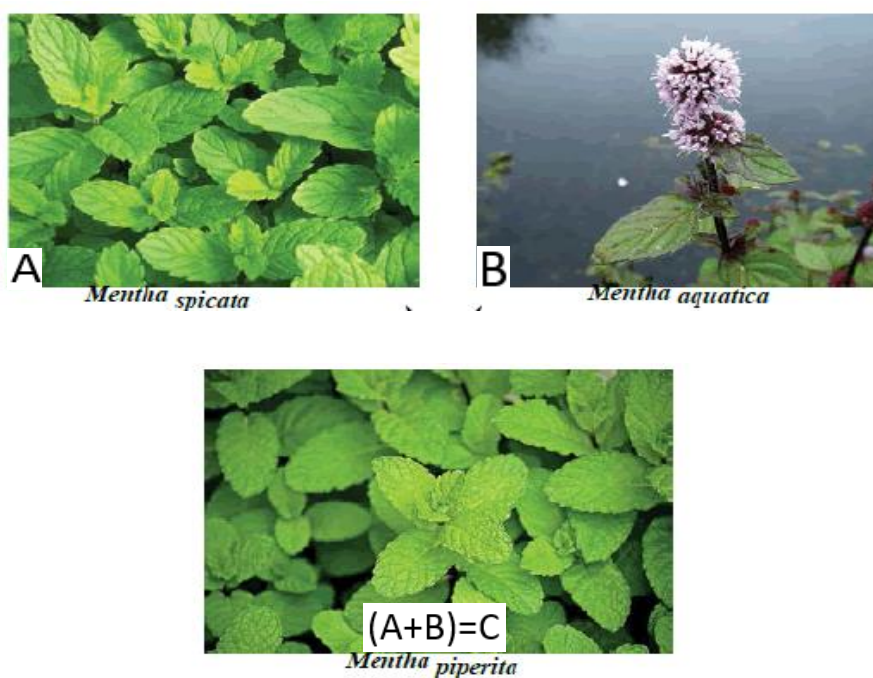


Figura 1. Ilustración esquemática del híbrido de menta (*Mentha piperita* L.), (c), *Mentha spicata* (a) y *Mentha aquatica*, (b) (Spirling et al., 2001).

La *Mentha piperita* L. Es el nombre común para el género de menta (Khalil et al., 2015), y el género *Mentha* incluye 25 a 30 especies (Hawryl et al., 2016), siendo una hierba perenne y nativa de Europa, que fue naturalizada en el norte de los Estados Unidos y Canadá, y cultivada en muchas partes del mundo (Kavrayan et al., 2001). La menta es un híbrido estéril de menta verde (*Mentha spicata*) y menta acuática (*Mentha aquatica*) de la familia Lamiaceae (Spirling et al., 2001). La menta (*Mentha piperita* L.), esta es un híbrido entre que pertenece a la familia Lamiaceae conformada por aproximadamente 220 géneros y 3300 especies (Mimica-Dukin y Bozin 2008).

Se caracteriza por ser de mayor altura, tallos rojizo-violáceos, hojas verdes oscuro y flores violetas. Es la que se cultiva principalmente en nuestro país, tiene poca difusión en nuestro país por su menor rusticidad, aunque presenta un aceite esencial de mayor valor comercial y altamente requerido por la industria (Arizo et al., 2008). Posiblemente originaria de Inglaterra. Se cultiva en regiones templadas, cálidas, húmedas, ricas en humus y bien drenados, como especie medicinal y aromática; no se conoce en estado salvaje (Cristina A., 2006).

Entre las plantas aromáticas de importancia en Perú, se destaca la menta que pertenece a la familia Lamiaceae, la cual se distribuye en regiones templadas y subtempladas (Arzani et al., 2007), donde sus producciones de hojas secas son usadas en té, condimentos y aceites esenciales (Dorman et al., 2003), que es fuente valiosa de antioxidantes, por lo que su consumo se ha incrementado (Rodríguez et al., 2006).

2.1.2 Clasificación taxonómica

Según Cáceres A et al., (2006), Cáceres A., (1999), Osorio E., (2009), Presentan la clasificación taxonómica de menta.

Reino: Vegetal

Sub reino: Phanerogamae

División: Espermatophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotiledoneae

Orden: Tubuliflorae

Familia: Methaceae (Lamiaceae)

Género: Mentha

Especie: Piperita

Nombre científico: *Mentha piperita* L. (Linnaeus)

Nombre común: Hierbabuena, Menta, Piperita.

2.1.3. Morfología

Es una hierba perenne, se propaga rápidamente por sus estolones subterráneos aéreos, tallos de 40 a 80 cm de alto, cuadrados sin ramificaciones en la parte inferior pero muy ramificado en la parte superior. Hojas variables de acuerdo a las razas, oblongas o lanceoladas, 4-8 cm de largo. Verde o rojizas, márgenes profundamente dentados muestra en la figura 2. Flores de 8 mm de largo, color rojo-rosadas, en las axilas de las brácteas (Cáceres A., 1999).



Figura 2. Planta y hoja de menta negra (*Mentha piperita* L.), (Solano M., 2016).

Tienen unos rizomas subterráneos que hacen que a menudo se comporten como especies que invaden todo el espacio. Las hojas son de disposición opuesta, simples y de forma oblonga a lanceolada, a menudo, tienen el margen dentado. Las flores tienen dos labios y cuatro lóbulos con colores que van del blanco a la púrpura. El fruto es una cápsula con hasta cuatro semillas muestra en la figura 3 (Gonzales A., 2004).



Figura 3. Morfología de la planta de menta negra (*Mentha piperita* L.). (Herbotecnia., 2009; Osorio E., 2009)

El aceite extraído de las partes aéreas de la planta (las hojas secas, las puntas de las ramas florecientes), la planta fresca floreciente y la planta entera, constituyen las partes medicinales de la Menta (Victoria et al., 2002). Los tallos están usualmente ramificados y tienen un color violeta. Las hojas presentan forma rectangular - ovoide y son cerradas (Victoria et al., 2002), sus medidas son de 4 a 5 cm de largo, dispuestas en espigas terminales. Frutos 2 - 4 unidades de aquenios ovoides, lisos, oscuros, de aprox. 0,8 mm de largo. Poseen olores fuertes, pero menos que otras mentas, agradable y delicado; se cultivan en terrenos húmedos (Herbotecnia., 2009).

Tolerancia: Es una especie que se desarrolla bien en zonas de clima templado, con elevada luminosidad, son tolerantes a heladas (Percy D., 2007).

Suelo: Crecen en gran variedad de suelos, pero son favorables en areno – arcillosos, francos, que sean fértiles, profundos y bien drenados. Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 3,800 msnm es una planta que requiere elevada luminosidad, los suelos humosos (negros) son los más recomendables por contener bastante materia orgánica (Percy D., 2007).

2.1.4. Composición química

Estudios demostraron que el aceite esencial de menta está compuesto de varios metabolitos secundarios (Riachi et al., 2015). Alankar S., (2009), Rohloff J., (1999), mencionaron que los principales compuestos químicos de la menta consisten en limoneno, cineol, mentona, mentofurano, isomentona, acetato de mentilo, isopulegol, mentol, pulegona y carvona (Figura 4 y Tabla 1).

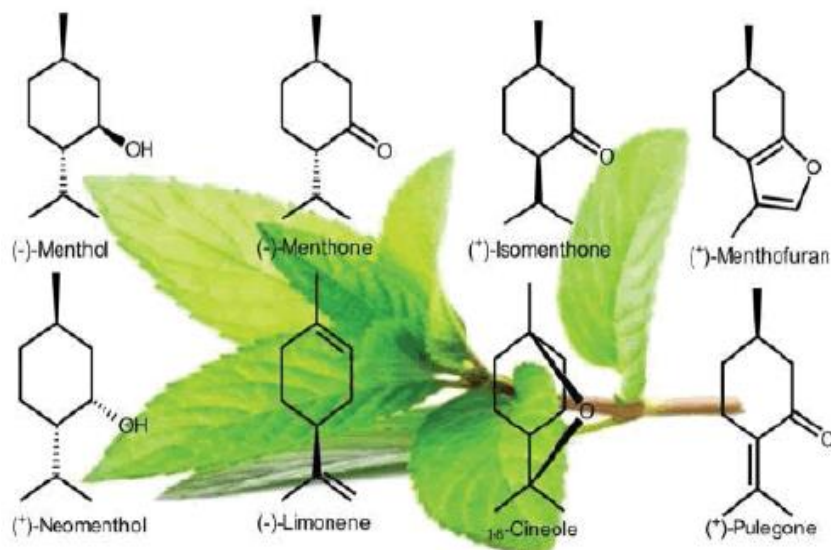


Figura 4. Representación de los compuestos químicos más abundantes de aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.).

Tabla 1. Composición química más abundante aceite esencial de *Mentha* ssp.

compuestos	Diversos autores *	Instituto nacional de	(Orav et	(Adamiec
		investigación	al.,	et al.,
		agraria (INIA)	2004)	2006)
		2004.		
		%		
Limoneno	1 a 5	1 a 5	1 a 5	1.96
Cinerol	3.5 a 14	3.5 a 14	3.5.a.14	-
Menton	14 a 32	14 a 32	14 a 32	22.96
Mentofurano	1 a 9	1 a 9	1 a 9	-
Isomenton	1.5 a 10	1.5 a 10	1.5 a 10	8.84
Acetato de mentilo	2.8 a 10	2.8 a 10	2.8 a 10	3.53
Isopulegol	0.2	hasta 0.2	-	-
Mentol	30 a 55	30 a 35	30 a 55	50.07
Isomenthol	-	-	-	0.24
Neomenthol	-	-	-	6.3
Pulegon	4	-	max. 4	-
Carvon	1	hasta 1	max. 1	-
Mon. hydrocarbons	-	-	-	2.74
Sesq. hydrocarbons	-	-	-	2.12

Fuente: (Mascher et al., 2001, Umezu et al., 2001, Rita et al., 2011, Arab Ameri et al., 2016, Riachi et al., 2015, Uribe et al., 2016, Alankar et al., 2009, Keifer et al., 2008).

2.1.5. Propiedades

La infusión de hojas secas y la esencia tienen propiedades antiespasmódicas, coleréticas, estomáquicas, carminativas, eupépticas, antifúngicas, antivirales. En uso externo, en forma de infusión, alcoholatura, jarabe, etc., en los trastornos estomacales, espasmos digestivos y abdominales, así como contra insuficiencia biliar y el meteorismo. La esencia se utiliza mucho como aromatizante y saborizante, en farmacia, en alimentación y licorería, repostería, culinaria. (Jima P., 2013).

2.1.6. Distribución

2.1.6.1. Distribución nacional

La menta negra (*Mentha piperita* L.) es uno de las plantas aromáticas cultivadas en el Perú ubicados en los diferentes departamentos como Lima, Lambayeque, Arequipa, Ayacucho y otros, a diferencia de la manzanilla cultivada en Junín, Huancavelica y Cusco. En el 2004, en Ayacucho inició el cultivo de plantas aromáticas, una de ellas la menta negra (*Mentha piperita* L.), cultivado en provincia de Huanta, en los Distritos san José de Santillana, Huamanguilla con el apoyo del programa Cooperación Belga – CTB y la codirectora PILVFS Ayacucho (programa integra de la lucha contra la violencia familiar y sexual) para el manejo sostenible plantas aromáticas y medicinales en el 2007. Para el año 2008 - 2012 han logrado la certificación orgánica por la Empresa Control Unión Certifications – Unión World Group, un total de 96 % para poder lograr un producto de calidad. Según Instituto de Comercio Exterior del Perú, en el año 1999 se reportó de 5000 a 6000 kg seco/ Ha y en el año 2000 se reportaron una producción de rendimiento de materia seca de 7000 a 8000 Kg seco/ Ha figura 5. El en año 2000 el departamento de Ayacucho registró 7859 kg/ha.

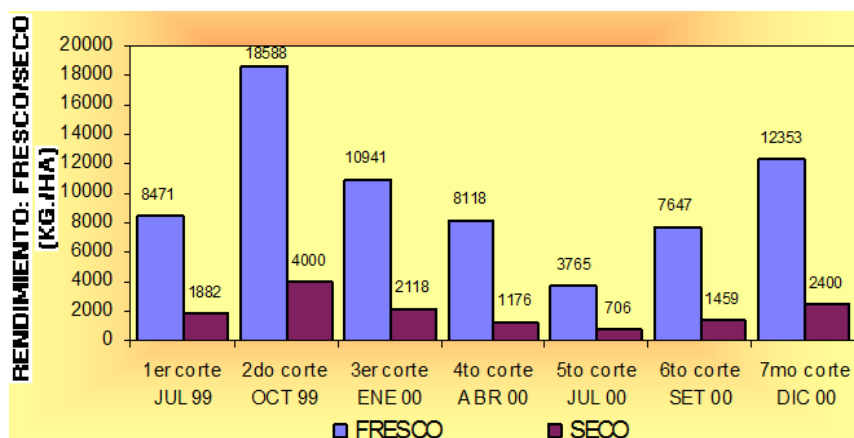


Figura 5. Rendimiento de materia fresca/seca en Kg/Ha de menta negra (*Mentha piperita* L.)

2.1.6.2. Distribución mundial

La menta negra (*Mentha piperita* L.) es uno de las plantas aromáticas cultivadas en diferentes partes del mundo, el género *Mentha* incluye de 25 a 30 especies menciona algunos en la tabla 2 (Hawryl et al., 2016). Además, es una hierba perenne y nativa de Europa, naturalizada en el norte de los Estados Unidos y Canadá, y cultivada en muchas partes del mundo (Kavrayan et al., 2001). Sin embargo, se debe indicar que la menta es un híbrido estéril de menta verde (*Mentha spicata*) y menta acuática (*Mentha aquatica*) de la familia Lamiaceae (Spirling et al., 2001).

Tabla 2. Especies de menta más abundantes y sus funciones

Especies	Uso	Referencia
<i>Mentha spicata</i> L.	Medicina	(Fitsiu et al ., 2016)
<i>Mentha suaveolens</i> .	Consumo ornamental	(Wang et al ., 2016)
<i>Mentha requienii</i>	Consumo ornamental	(Gaurav N., 2016)
<i>Mentha pulegium</i> L.	Medicina	(Nogueira et al 2016)
<i>Mentha piperita</i> L.	Medicina, consumo ornamental, ind. alimentaria, farmacéutica, comercial	(Coban et al., 2016), (Gras et al 2016)
<i>Mentha citrata</i> .	Medicina	(Bokhari et al., 2016)
<i>Mentha longifolia</i> L.	Medicina, comercial	(Mahmoudi et al., 2016), (Diop et al., 2016)
<i>Mentha canadensis</i> .	Hierba	(Yingying et al., 2016)

La menta tiene más de 101 nombres locales en diferentes países de acuerdo a sus costumbres locales en Brasil (pimiento nortela), Estados Unidos (menta de laboratorio, menta), Noruega (pepprmynte), España (menta inglesa), Portugal (hortelanapimentosa), India (urdu, pudina, pudyana), China (Po ho), Uruguay (menta), francés (menthe), Bogotá (hierba buena), Alemania (menta), México (menta piperita), Perú (menta negra, menta picante) (Sanchez et al., 1996). En la figura 6 presentan los principales países de exportación en los años 2008 – 2009.

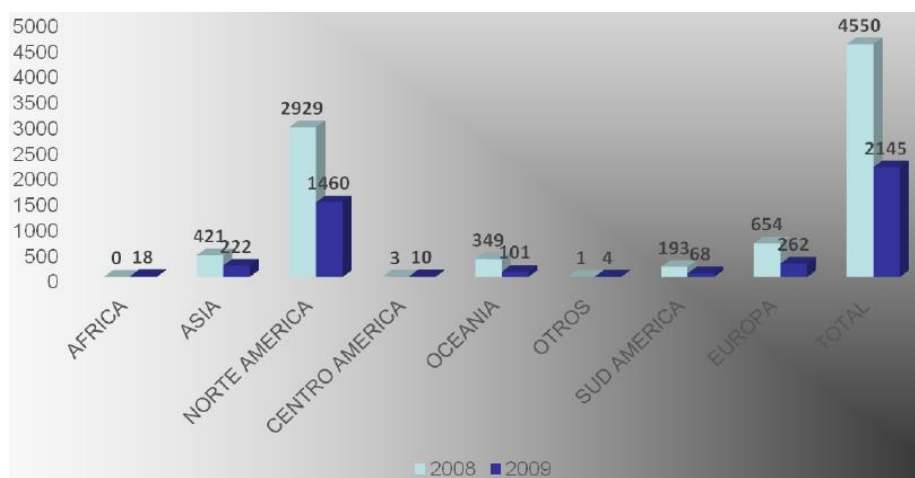


Figura 6. Principales países de destino de exportación peruana de hierbas aromáticas en los años (2008 - 2009) en US\$.

2.1.7. Aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.)

Es un aceite volátil, entre los principales compuestos pueden citarse: mentol (35-45 %), mentona (15-20 %), acetato de mentil (3-5 %), isomentona (2-3 %) neomentol (2.5- 3.5 %) mentofurano 2-7 %); también pueden hallarse limoneno, pulegona, (La Valle J., 2001). Según el análisis realizado en la Comunidad de Tranca (Ayacucho) reportarán 2.5 % de aceite esencial (Percy D., 2007), por lo que el contenido de aceites esenciales, oscila entre 1.3 y 2.1 %. La menta negra (*Mentha piperita* var. Micham) cultivada en el Departamento

de Ayacucho tiene alto contenido de aceite esencial, el cual está por encima de los estándares europeos (Percy D., 2007).

El aceite esencial de la menta, es un líquido incoloro con olor fuerte y sabor picante que se halla localizado en glándulas pequeñas situadas en la superficie superior e inferior de las hojas; los tallos contienen en mínima proporción aceite. El principal componente de la esencia es el mentol, que se halla en la proporción de 45 a 70 % (Percy D., 2007).

2.1.7.1. Compuestos activos

La química del aceite esencial de menta es muy compleja, han sido encontrados más de 100 compuestos en el aceite y la concentración depende de la localización geográfica. Se conoce que el aceite de la menta debe protegerse de la luz (Heck et al., 2000), y la planta puede contener entre 0.1 a 1 % de aceite volátil, el cual está compuesto principalmente de mentol, mentona, metilacetato (La Valle J., 2001).

a. Mentol

Es el responsable del olor a menta característico de este aceite esencial y de la mayor parte de su sabor. El mentol es un alcohol secundario que a temperatura ambiente es un sólido de tacto ceroso. El mentol se hace sólido y se puede separar del resto de componentes que permanecen líquidos.

b. La isomentona

Deriva de la mentona, que es la molécula anterior al mentol durante el proceso de síntesis en unas glándulas situadas en las hojas de la menta.

c. Acetato de mentilo

El acetato de mentilo es muy utilizado como aromatizante en muchos productos alimenticios debido a su olor mentolado, frutal y fresco.

d. Mentofurano y pulegona

Estas dos sustancias están presentes de forma natural en el aceite esencial de menta. Como sustancias químicas aisladas han sido muy utilizadas para aromatizar golosinas, chicles y bebidas de todo tipo, principalmente alcohólicas, en la menta el mentofurano es un derivado metabólico de la pulegona. Se encuentra mentofurano y pulegona en la menta poleo, orégano, té y algunas legumbres.

e. Limoneno

El limoneno tiene múltiples y variados usos entre los que destaca su uso como aditivo alimentario (aromatizante) aunque su mayor popularidad actual es como disolvente biodegradable.

f. Carvona

La carvona se encuentra en bajas cantidades en el aceite esencial de menta (*Mentha piperita* L.) pero puede llegar a ser hasta el 60 % o más en el aceite esencial de otras mentas como la hierbabuena (*Mentha sativa*). La carvona se utiliza como aditivo alimentario y en cosmética (INIA. 2004).

2.2. ACEITES ESENCIALES

2.2.1. Introducción

El término aceite esencial (AE) es utilizado para referirse a sustancias líquidas, volátiles, de carácter lipofílico y con fuertes propiedades aromáticas. Estas sustancias son

sintetizadas por las plantas como metabolitos secundarios y pueden ser extraídas mediante métodos físicos como la destilación a vapor o hidrodestilación. Los AE tienen un papel muy importante en la protección de las plantas actuando como agentes antibacterianos, antivirales, antifúngicas e insecticidas, presión de vapor suficientemente alta para volatilizarse a temperatura ambiente (Bauer et al., 2001). Los AE son conocidos desde la Edad Media por sus propiedades antisépticas, terapéuticas y por su intenso aroma, despertando un gran interés para la conservación de alimentos. Debido a sus propiedades antimicrobianas, actualmente se está potenciando el uso de este compuesto en la industria farmacéutica y alimentaria reduciendo así el uso de productos químicos de síntesis y protegiendo el equilibrio ecológico.

Hasta el 2003 se conocían alrededor de 3000 aceites esenciales, 300 de los cuales son comercialmente importantes para la industria farmacéutica, sanitaria, cosmética y alimentaria, como aroma en productos químicos de limpieza y como aditivos en alimentación. Además, el uso de mezclas de aceites esenciales está siendo ampliado en la actualidad con fines terapéuticos y en aromaterapia (Hajhasshemi et al., 2003); (Perry et al., 2003); (Silva et al., 2003).

2.2.2. Historia

En el siglo XIII, los aceites esenciales se producían en farmacias y sus aplicaciones ya eran descritas en farmacopeias (Bauer et al., 2001), pero su uso en Europa no parece extenderse hasta el siglo XVI, época en la que comenzaron a comercializarse en Londres (Crouzet J., 1998), que contiene la primera referencia sobre la industria y comercialización de aceites esenciales.

Los aceites esenciales, resinas, extractos y especias son conocidos y utilizados desde la antigüedad en gran número de aplicaciones: perfumes, ambientadores, cosméticos, medicinas, alimentación. Existen referencias en manuscritos egipcios, chinos y hay alrededor de 200 citas en la Biblia relacionadas con estas sustancias. (Ortuño M., 2006). Se denominan aromaterapia al tratamiento a base de aceites esenciales. (Hernández.V., 2005), entre los siglos XVI y XVII se prepararon por primera vez en las farmacias de todo el mundo la mayor parte de los aceites esenciales que se dispone en estos momentos.

Los modernos métodos de análisis permiten una identificación exhaustiva de los componentes presentes en los aceites esenciales, particularmente los que lo están en cantidades traza, responsables del perfil aromático, sutileza y finura de los productos naturales, lo que abre nuevas posibilidades en la obtención de productos interesantes. Así, cada vez salen a la luz un mayor número de características y propiedades de los aceites esenciales (Ortuño M., 2006).

2.2.3. Definición

Los aceites esenciales son mezclas de componentes volátiles, producto del metabolismo secundario de las plantas; en su composición química entran hidrocarburos del grupo de los terpenos, junto con compuestos oxigenados de bajo peso molecular (alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), que son los que les dan a los aceites esenciales el aroma que los caracteriza (Stashenko et al., 2010).

Son extremadamente volátiles, sensibles a los rayos del sol y a los cambios extremos de temperatura. Se disuelven bien en alcohol y mezclan en forma excelente con ceras, grasas y aceites vegetales (Hernández V., 2005). Se trata de sustancias líquidas, aromáticas y volátiles situadas en cualquier parte del vegetal (cavidades, células, pelos o canales

secretoras) conformadas por un grupo heterogéneo de sustancias orgánicas (alcoholes, aldehídos, ésteres, cetonas, etc.) (Kimbaris A et al., 2006). Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden tener la siguiente naturaleza química: Compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos).

Los aceites esenciales son productos volátiles de naturaleza compleja, elaborados por ciertos vegetales a los que confieren un aroma agradable (Kuklinski G., 2003). Son mezclas de sustancias volátiles con propiedades aromáticas, extraídos de plantas, son llamados esencias de una planta (Herbotecnia, 2005), obtenido a partir de una materia prima, por arrastre de vapor, procedimientos mecánicos o por destilación en seco (Bruneton J., 2001).

2.2.4. Composición de los aceites esenciales

Los AE son mezclas complejas que pueden contener entre 20 a 60 compuestos de diferentes estructuras químicas en concentraciones muy diferentes. Normalmente, sus propiedades son atribuidas a dos o tres componentes mayoritarios 20 – 70 %, que son los que determinan la actividad biológica de los mismos (Croteau et al., 2000); (Bowles E., 2003); (Pichersky et al., 2006). Entre los componentes mayoritarios de los aceites esenciales se encuentran los terpenos y otros componentes aromáticos.

Bruneton J., (2001), aclara que los aceites esenciales son complejas mezclas de constituyentes pertenecientes principalmente a dos grupos: terpenoides y compuestos arénicos derivados del fenilpropano. Por lo tanto, los aceites esenciales son más volátiles, como son los monoterpenos y sesquiterpenos. Valencia C., (1995), agrega que los monoterpenos son los compuestos cuyo punto de ebullición se encuentra entre los 140 y 180 °C, mientras que en los sesquiterpenos se encuentra arriba de los 200 °C. Además, menciona

que los olores y aromas de las plantas se deben a dichos compuestos. Es el precursor de los principales componentes de la esencia de las mentas (*Mentha spp.*, F. Lamiaceae), como carvona y mentol.

2.2.4.1. Terpenos

Los terpenos son lípidos insaponificables formados por dos o más unidades de isopreno (2-metil-1,3-butadieno). Pueden ser moléculas lineales o cíclicas, y algunos de ellos contienen estructuras de ambos tipos tabla 3 y figura 7 (Ávalos G y Pérez U., 2009).

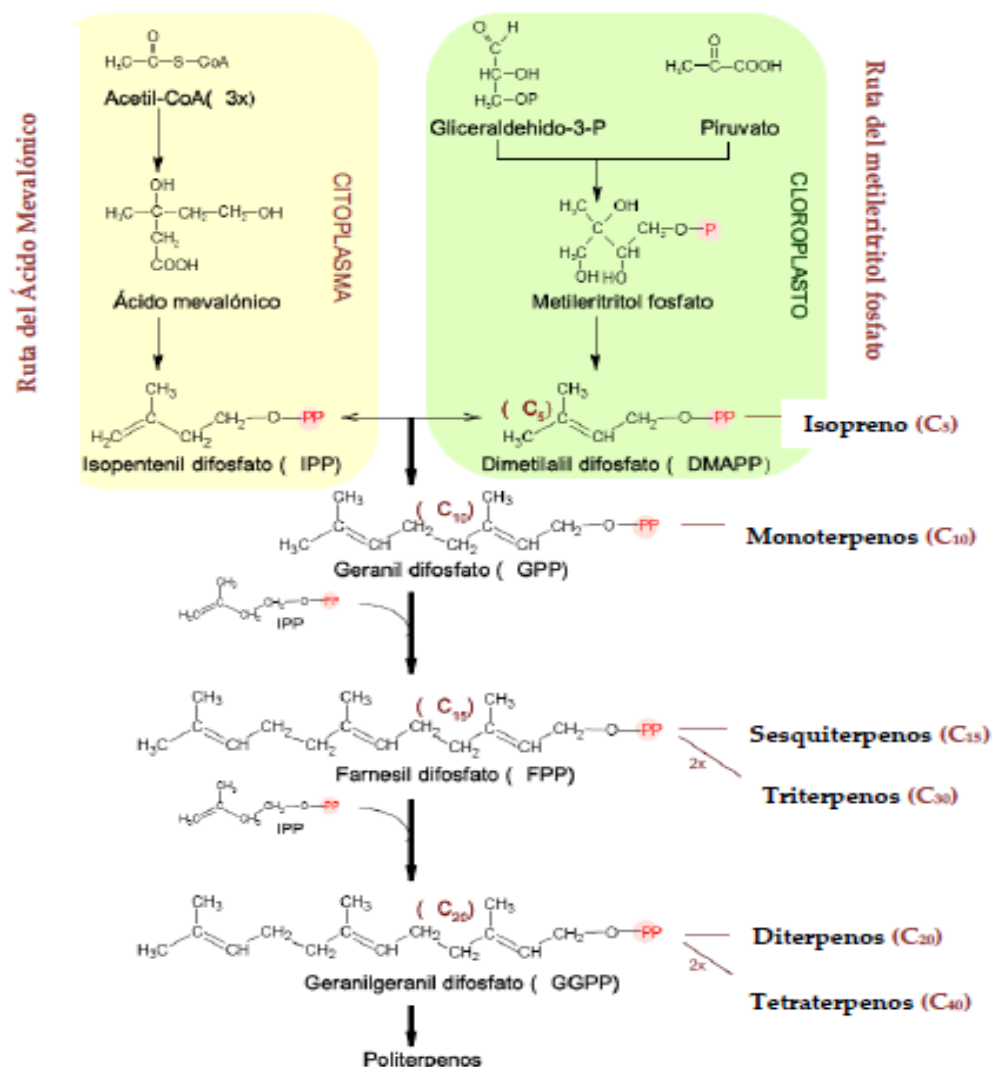


Figura 7. Síntesis de terpenos y clasificación según unidad de isopreno

Según Bandoni A (2000). Respecto a la formación y evolución de los aceites esenciales en las plantas es necesario tener en cuenta algunos aspectos externos, que pueden afectar la composición química de las esencias de manera cualitativa y cuantitativa, entre ellos, se pueden destacar los siguientes: condiciones geobotánicas (clima, altitud, tipo de suelo, pluviosidad), la obtención del aceite (destilación o expresión).

Tabla 3. Grupos funcionales de las moléculas constituyentes de los aceites esenciales,

Grupo funcional	Naturaleza química	Ejemplo
Hidrocarburos	Terpénicos	Limoneno, α -terpenino
	Aromáticos	Cumeno, p -cimeno
	Sesquiterpenicos	Trans - β -cariofileno
	Monoterpénicos	Citral
Aldehídos	Alifáticos	Nonanal, octadenal
	Aromáticos	Cinamaldehido
	Monoterpénicos	Geraniol, citronelol
Alcoholes	Alifáticos	3-decanol
	Sesquiterpenicos	Espatulenol, cedrol
	Aromáticos	Alcohol bencílico
Fenoles	Aromáticos	Timol, carvacrol

fuelle: (Díaz O., 2007).

2.2.5. Propiedades fisicoquímicas de los aceites esenciales

Las propiedades físicas de los aceites esenciales son su volatilidad y su difusión a temperatura ambiente. A la exposición con el aire, se evaporan completamente. Recién destilados son incoloros o ligeramente amarillos por tener en su estructura centros quirales, tienen un índice de refracción elevado. Son solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos como éter o cloroformo y alcohol de alta degradación. Son liposolubles y muy poco solubles en agua (Dolores P., 2014).

Las propiedades químicas de los aceites esenciales, se relacionan con la presencia de los grupos funcionales presentes como: alcoholes, aldehídos, ésteres, cetonas, terpenos, etc.,

responsables de los principios activos de un aceite esencial y de las propiedades terapéuticas: antisépticas, antibacterianas, diuréticas, antiespasmódicas, sedantes, tónicos, reequilibrantes, depurativas, anti-reumáticas (Dolores P., 2014).

Tienen la propiedad en común, de generar diversos aromas agradables y perceptibles al ser humano, pero siempre pronunciados y penetrantes, que nos recuerdan el olor del vegetal del que provienen. Poseen un color en la gama del amarillo, hasta ser transparentes en algunos casos. Tienen sabor cáustico, acre e irritante y a veces aromático, dulce y delicado (Albarracín G y Gallo S 2003).

Los aceites esenciales se caracterizan por su olor pronunciado y penetrante, generalmente agradable, tienen sabor cáustico, acre e irritante y a veces aromático, dulce y delicado. Son sustancias de aspecto oleoso poco solubles o insolubles en el agua, a la que le comunican su aroma característico. Si los aceites esenciales se dejan en contacto con el aire, se oxidan, solidifican y resinifican, perdiendo su olor característico, al igual que se alteran fácilmente bajo la acción de la luz, volviéndose amarillos y oscuros, modificándose asimismo su perfume (Bandoni A., 2000)

Las esencias fluidas son líquidos volátiles a temperatura ambiente. Los bálsamos son más espesos, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización. Las oleorresinas tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas. A condiciones ambientales, son líquidos menos densos que el agua, pero más viscosos que ella. Son solubles en los disolventes orgánicos comunes. Casi inmiscibles en disolventes polares asociados (agua, amoníaco). Tienen propiedades de solvencia para los polímeros con anillos aromáticos presentes en su cadena (Albarracín G y Gallo S, 2003; Cerpa, 2005).

2.2.6. Aplicación de los aceites esenciales

El tipo de aceite esencial y su calidad, determinan en qué producto final será incorporado un aceite. Los aceites esenciales son ampliamente utilizados como materia prima en diferentes tipos de industria, cosmética, alimenticia, bebidas, textil, etc., mientras que otras industrias pueden usar productos aislados de esencias, como es el caso de la industria farmacéutica (Biocomercio Sostenible, 2003). En la tabla 4 proporciona una visión general del uso del aceite esencial en las diferentes ramas de consumo.

Por su parte, la Fundación para la Innovación Agraria (2003), sostiene que los aceites esenciales requieren de calidad aromática, para ser utilizados en perfumería, calidad de consumo cuando son empleados en productos para la salud y alimentación y calidad, cuando son utilizados con fines industriales.

Tabla 4. Aplicación en la industria de productos aromáticos naturales y aceites esenciales

Industrias	Aplicaciones
Alimenticia	Salsas, condimentos, bebidas refrescantes, alimentos procesados y enlatados
Agroquímica	Bioinsecticidas y alelo químicas
Licorera	Aperitivos y saborizantes
Química fina	Precursores químicos
Textil	Elaboración de enmascaradores de olores y tratamientos después del teñido
Farmacéutica	Veterinaria, antisépticos, analgésicos, aromaterapia y homeopatía
Pinturas	Enmascaradores de olores disolvente biodegradable

fuelle: Díaz O., 2017

Los usos que presentan los aceites esenciales varían de acuerdo a sus principios activos (Crop & Food Research, 2001), señala que los usos finales son determinados por sus propiedades químicas, físicas y sensoriales las cuales difieren mucho de aceite en aceite, esta variedad de uso se incluyen todas las industrias (petrolera, minería, pinturas), alimentos (saborizantes), bebidas, productos farmacéuticos.

2.3. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

La destilación es uno de los procedimientos más empleados para la extracción del AE industrialmente son varios los métodos utilizados: destilación con agua o hidrodestilación, destilación con agua y vapor, y destilación con vapor directo (Vargas y Bottia., 2008).

La destilación viene a ser un proceso por el cual se le extrae el aceite esencial de las plantas, este es un proceso que consiste en calentar un líquido hasta su temperatura de ebullición, condensar los vapores formados y recolectarlos como líquido destilado (Lamarque, et al, 2008). La elección del método depende de la cantidad o características del aceite (volatilidad, punto de ebullición de los componentes, etc.), como de la planta o su parte de la cual se va a extraer el aceite esencial (Díaz O., 2007).

Existen diferentes métodos de extracción de aceites esenciales que se pueden obtener aromas y esencias, el método dependerá de las características de los aceites, la volatilidad de la esencia, cantidad de muestra, ubicación, pureza, calidad, densidad, % porcentaje de aceite esencial que deseamos obtener etc. Los aceites esenciales se obtendrán de plantas vegetales sometidos a diferentes tipos de extracción destilación, o prensado al frío. La destilación por arrastre de vapor es el método de extracción más utilizada a nivel industrial (Usano et al., 2014; Cogat P., 1995).

2.3.1. Destilación por arrastre con vapor

La destilación por arrastre de vapor, es el método más usado a nivel industrial, por su sencillez, bajo costo, rendimiento y el uso de cantidades grandes de material vegetal que se puede utilizar (Márquez D., 2011).

Este método es muy empleado con mucha frecuencia en la separación de los aceites que se encuentran en cáscaras, hojas y semillas de ciertas plantas, además de ser el más utilizado de los métodos de destilación a partir de un material vegetal lo más fresco posible. Este método permite la máxima difusión del vapor a través del material vegetal, reduciendo los daños que pudiesen sufrir los componentes de las esencias extraídas por otros métodos (Lamarque et al., 2008).

Según Brandoni A (2000). Menciona que la destilación por arrastre con vapor de agua, la muestra vegetal generalmente fresca y cortada en trozos pequeños, se coloca en un recipiente cerrado y sometida a una corriente de vapor de agua, la esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Esta técnica es muy utilizada especialmente para esencias muy volátiles.

El generador de vapor es externo, es responsable del suministro de material vegetal. La materia prima forma un lecho compacto, luego el vapor de agua es llevado mediante un distribuidor interno, a la base, con la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del lecho. (Hernández P., 2011). La mezcla vapor saturado-aceite esencial fluye hacia un condensador, allí la mezcla es condensada y enfriada hasta temperatura ambiente, obteniéndose una emulsión líquida inestable que es separada en un decantador o florentino. Se finaliza cuando no hay variación de aceite o agua presente en el florentino. Por otro lado,

se obtiene el agua floral la cual contiene compuestos químicos solubles del aceite esencial que otorga aroma del aceite (Hernández P., 2011).

Es un método de destilación en el cual se coloca la planta recomendablemente seca (por lo general depende del tipo de planta), pues fresca contiene mucílagos que enturbian el aceite y disminuyen su calidad, o parte que contenga el principio aromático en la caldera de un alambique de hierro, acero inoxidable, cobre o vidrio, y se cubre con agua. Al calentar la caldera se evapora el agua y el aceite volátil, que se condensa en el refrigerante, reuniéndose con el agua en el colector, de la cual se separa al cabo de cierto tiempo por diferencia de densidades, y finalmente se aísla con un embudo provisto de un grifo en la parte más estrecha. Cuando se realiza este tipo de extracción se debe tener cuidado que el tamaño de partícula no sea muy pequeño, ya que puede ser arrastrado por el vapor contaminando el producto condensado (De León M., 2008). El proceso de extracción se detalla en la figura 8.

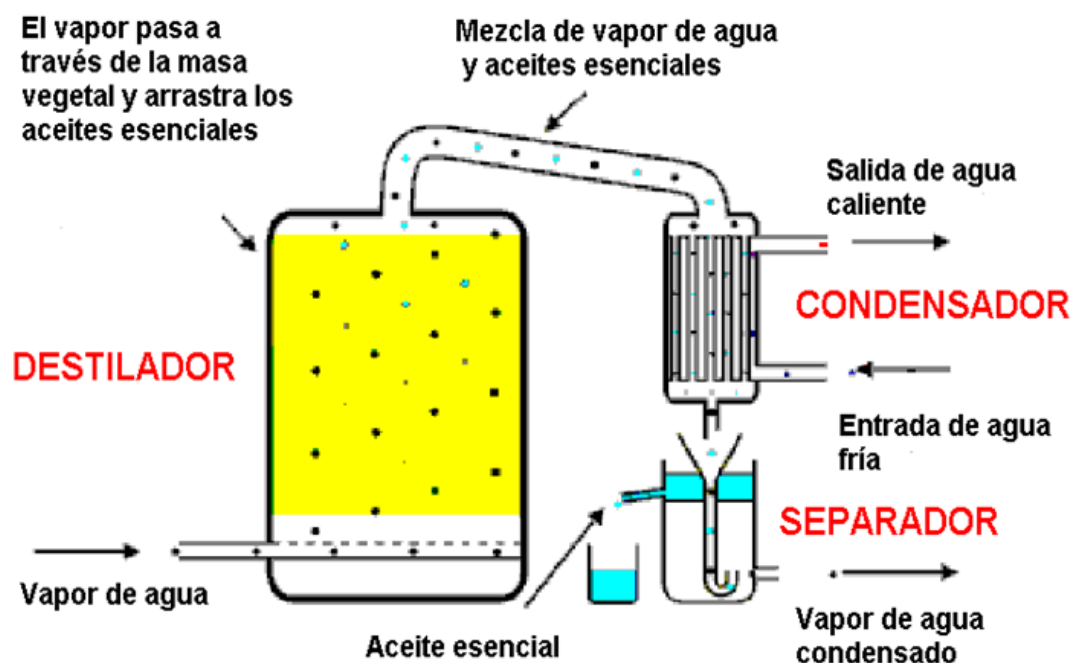


Figura 8. Proceso de destilación por arrastre de vapor de aceite esencial

2.4. MÉTODOS DE MICROENCAPSULACIÓN DE LOS COMPUESTOS

2.4.1. Agentes de encapsulantes

La encapsulación de componentes aromáticos implica la protección de los mismos frente al medio externo. El tamaño de la microcápsulas formada puede variar desde unos cuantos milímetros a menos una micra (Crouzet J., 1998). La cápsula más simple consiste en una molécula huésped rodeada de una cubierta. El material encapsulado puede estar formado por un sólo compuesto o por una mezcla de varios compuestos.

Los métodos de encapsulación son limitados, sin embargo, existe una extensa variedad de materiales que pueden ser utilizados como agentes encapsulantes. Entre ellos destacan proteínas, carbohidratos, lípidos y gomas (Brazel C., 1999). Todos ellos presentan ventajas e inconvenientes y su elección depende del objetivo del producto, del proceso de encapsulación utilizado y de aspectos legales relacionados con la aprobación del agente encapsulante por la European Food. Safety Authority, en la Unión Europea, o la Food and Drug Administration, en EEUU (Amrita et al., 1999).

2.4.1.1. Proteínas

Las proteínas son macromoléculas con estructuras químicas muy diversas, propiedades anfipáticas y con habilidad para asociarse entre ellas e interactuar con una gran variedad de sustancias, son excelentes con propiedades funcionales como solubilidad, viscosidad, propiedades emulsificantes y propiedades para formar films, lo que da gran aplicabilidad en encapsulación. Provee de estabilidad física a la emulsión durante el procesado y almacenamiento (Dalglish D, 1997; Dickinson E., 2001).

Alimentos hidrocoloides son ampliamente utilizados como microencapsulantes, por ejemplo: proteínas alimenticias como caseinato de sodio, proteína de lactosuero, aislados de

proteína de soya, Madene et al., (2006), gluten, gredetina, Yañez et al., (2002), caseína, soya, trigo Sáenz et al, (2009) y gelatina, este último utilizado por sus buenas propiedades de emulsificación, formación de películas, solubilidad de agua y biodegradabilidad (Favaro et al., 2010).

2.4.1.2. Hidratos de carbono

Según Reineccius G., (1991); Kenyon M., (1995) y Mc Namee et al, (1998), mencionan que los hidratos de carbono como agentes encapsulantes son ampliamente usados en la encapsulación mediante secado por atomización. La capacidad de los hidratos de carbono, como almidones, maltodextrinas (MD), siropes de maíz y gomas para encapsular aromas, unido al bajo coste y la variedad de los mismos, hacen de ellos la elección más adecuada para su encapsulación (Dziezak J, 1988); (Mutkaet al., 1988).

a. Maltodextrinas

Las maltodextrinas son principalmente útiles debido a su componente encapsulantes de alta es soluble en solución acuosa y con altos valores de temperatura de transición vítrea como consecuencia con alto peso molecular (Kenyon M., 1995). Bhandari A., (1999) estudió que la reducción del porcentaje de deposición durante el secado por atomización y la adherencia depende de la concentración de maltodextrina añadida, así como también de su peso molecular. Las Maltodextrinas (denominado EC 232-940-4 en la industria alimentaria), están dadas de acuerdos con su equivalencia de dextrosa, la capacidad reductora y ha sido considerada inversamente a su peso molecular promedio (Be Miller et al., 1996).

Son agentes principales de encapsulación de carácter lipídico están: grasa láctea, lecitinas, ceras, ácido esteárico, monoglicéridos, diglicéridos, parafinas, aceites vegetales

son excelentes formadores de películas capaces de cubrir las partículas individuales, proporcionando una encapsulación perfecta (Yañez et al., 2002).

b. Goma arábica

La goma arábica o acacia gum (nombre E-414 en la industria alimentaria dentro de los números EINECS) es de origen vegetal estructura ramificada que se obtiene de la resina de árboles, desarrolla un proceso de cicatrización como gummosis, este compuesto es de color ámbar se recolecta manualmente una vez seca. Se trata de una sustancia inflamable, aunque con un elevado punto de inflamación (>250 °C), y relativamente buena solubilidad en agua (aprox. 500 g/l). es una estructura químicamente ramificada de complejo heteropolisacárido en cantidades variables de D-galactopiranosas, L-arabinosa, L-ramnosas, derivados como el ácido D-glucorónico o el 4-Ometil-D-ácido glucorónico ligados a la cadena principal β -(1 6) (Be Miller et al., 1996).

Sheu T., (1995). Indicó que la goma arábica es la que más se usa como material encapsulante, por su alta solubilidad, baja viscosidad, propiedades emulsificantes y su buena retención de compuestos volátiles hace de ella un producto muy versátil para la mayoría de métodos de encapsulación. Además, este material se adapta muy bien en la encapsulación de gotas de lípidos ya que presenta propiedades como agente superficial activo, evitando la pérdida de volátiles en contacto con la atmósfera. Sin embargo, su aplicación dentro de la industria alimentaria es limitada.

Las partículas formadas durante el proceso de secado por atomización de mezclas de MD con gomas arábicas tienen un tamaño de 100-200 μ m. La retención depende de un gran número de variables incluyendo la temperatura interna del atomizador, la concentración de

la emulsión, la viscosidad y la proporción de goma arábiga y MD y el grado de hidrólisis de las mismas (William y Philip, 2000).

La goma arábiga, es un coloide vegetal obtenido de la planta leguminosa *Acacia Senegal* L. Está compuesta principalmente por el ácido D-glucurónico, la L-ramnosa, la D-galactosa y la L-arabinosa, con cerca de 5 % de proteína responsable de sus propiedades emulsificantes. Su baja viscosidad en soluciones acuosas en comparación con otras gomas que producen soluciones de alta viscosidad a concentraciones tan bajas como 1 %. Este polímero ha sido históricamente preferido como material de pared, por sus ventajas como la alta solubilidad en agua, (superior a 50 %) y sus características como tensoactivo (Hogan et al., 2001).

c. Almidón

El almidón y los productos de almidones modificados (almidones modificados, maltodextrinas (MD), ciclodextrinas (CDs)) son ampliamente utilizados en la industria alimentaria para la protección de compuestos volátiles. Usados en la encapsulación de aromas, aceites y como estabilizantes de una emulsión, el objetivo de mejorar la retención de aromas (Golovnya et al, 1998; Glenn y Stern, 1999; Tomas y Atwell, 1999). La capacidad de la amilosa en la formación de complejos de inclusión ha sido descrita para un amplio número de compuestos aromáticos (Solms J., 1986).

Almidones basados en ingredientes (almidones modificados, maltodextrinas, β -ciclodextrinas) son muy utilizados en la industria alimenticia, Murúa, B y Martínez, (2009); se han sido investigado por su habilidad de ser utilizado como material de pared para la encapsulación de β -caroteno. Tiene amplia distribución de tamaño, comparado con el almidón nativo y maltodextrina (Loksuwan, J., 2007).

d. Antioxidantes

Vitaminas liposolubles como la (vitamina A, D, E, K y carotenos) y vitaminas hidrosolubles como vitamina C pueden ser encapsuladas utilizando varias tecnologías. Para la encapsulación de vitamina C, la aspersión por enfriamiento, por congelamiento o recubrimiento de lecho frío, pueden ser utilizadas, para posteriormente ser añadida a alimentos sólidos, como barras de cereales, galletas o pan (Schrooyen et al., 2001).

2.4.2. Técnicas de microencapsulación

La selección de una u otra dependerá del material de membrana, del compuesto activo a encapsular y de la aplicación final, considerando su estabilidad química, física, concentración, tamaño y forma, mecanismo de liberación, degradabilidad, biocompatibilidad y costes de producción (Boh, B y Sumiga, B, 2008; Rodriguez S et al., 2008). La encapsulación de aromas se lleva a cabo por una gran variedad de métodos, siendo los dos procesos más importantes el secado por atomización y la extrusión (Beristain et al, 1996; Goubet et al, 1998).

2.4.2.1. Procesos mecánicos

a. Secado por atomización

Es un proceso de transformación de una alimentación en un estado fluido en un producto seco mediante la aspersión de alimentación en un medio de secado caliente, el producto obtenido será de forma polvos, gránulos o aglomerados. El secado por aspersión es un proceso en lo cual transforma una alimentación fluida en un producto seco de una operación (Flikovo et al., 1987).

También, el proceso involucra la dispersión de la sustancia a ser encapsulada en el material de pared, seguido por la atomización y asperjado de la mezcla dentro de la cámara

de secado, en la cual circula aire seco y caliente, las microcápsulas resultantes son transportadas a un separador ciclónico para su recolección (Madene et al., 2006).

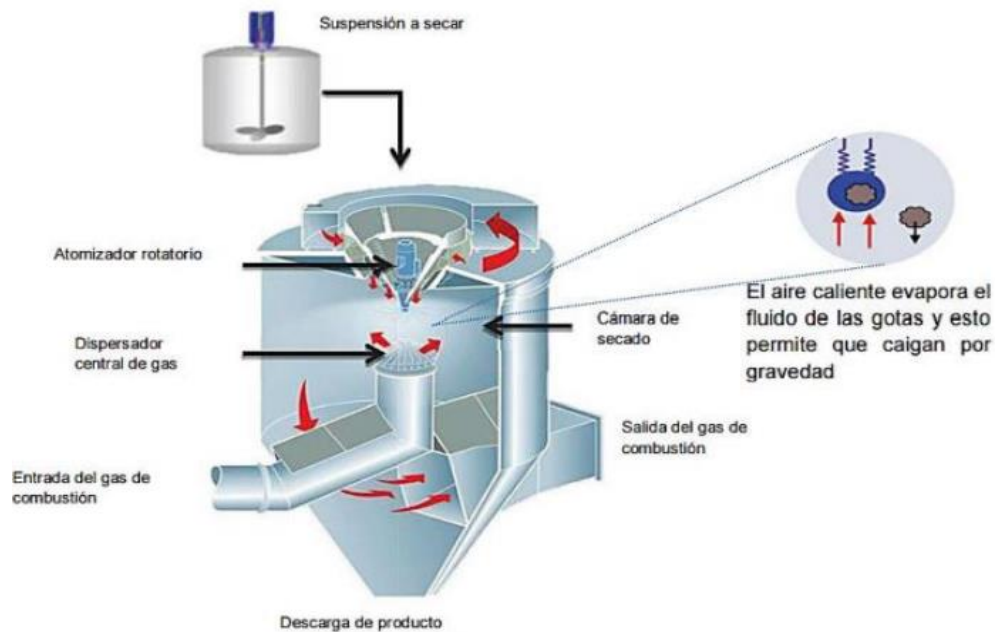


Figura 9. Esquema ilustrativo del proceso de microencapsulación secado por atomización (Cuaspué A., 2015)

El secado por pulverización es uno de los métodos de encapsulación más comunes utilizados en la industria alimentaria (Sansone et al., 2011). El tamaño de los polvos secados por pulverización está típicamente en el intervalo de 10-100 micras de diámetro. Materiales de la pared típicos que han sido utilizados para el secado por pulverización son polisacáridos, tales como goma arábica y maltodextrina (MD) con valores diferentes equivalente de dextrosa (DE). Otros materiales de la pared incluyen almidón modificado, gelatina, goma arábica, y el quitosano. Estos materiales de pared se utilizan solos o en combinaciones de dos o más en diferentes proporciones (Reineccius, G., 1988).

El proceso conlleva la dispersión de la sustancia a encapsular en el agente encapsulante, seguido de una atomización de la muestra en una cámara a alta temperatura

(Dziezak J., 1988). Las microcápsulas resultantes son transportadas a un ciclón separador para su recuperación esta ubicado en la figura 9.

La retención de volátiles en el secado por atomización depende de las propiedades fisicoquímicas del material encapsulante, del compuesto a encapsular, del contenido en sólidos de la emulsión y de la temperatura de procesado. Los mejores resultados se obtienen con emulsiones estables, y baja viscosidad a alta concentración de sólidos en la emulsión (Goubet et al., 1998).

2.4.3. Desarrollo de microencapsulación de autores

Según Siew N et al., (2006) Estudió as propiedades fisicoquímicas de los polvos de sandía secados por pulverización donde encontró que la maltodextrina fue un eficaz agente de secado para la pulverización y es influido por la temperatura. A medida que aumentaba la temperatura de entrada, el contenido de humedad del polvo disminuía al igual que el contenido de azúcar. En general se obtuvo productos inferiores debido a la pérdida de nutrientes y los cambios de color. Estas propiedades fisicoquímicas de los polvos son muy importantes para garantizar la producción de polvos de sandía de alta calidad, y la superficie y la higroscopicidad del polvo en relación con la vida útil del producto.

Kha T, et al., (2014). Analizaron el microencapsulación del aceite de Gac mediante secado por pulverización: optimización de la concentración de material de la pared y la carga de aceite utilizando la metodología de superficie de respuesta. Los resultados mostraron que el modelo polinomial cuadrático era suficiente para describir y predecir las respuestas investigadas en el proceso de formulación, optimización gráfica se empleó para predecir las condiciones de formulación óptimas dentro de los rangos experimentales, color y las propiedades físicas de los polvos de aceite, incluyendo A_w , pH, densidad aparente. Se

encontró una ligera diferencia al comparar las características de color entre la alimentación y las emulsiones reconstituidas indicaron su efectividad para preservar el color. Por lo tanto, se puede concluir que el aceite de Gac (fruto de Vietnam) que contiene, caroteno y licopeno.

Sócrates et al., (2011) estudiaron el microencapsulación de aceite de lino con zeína mediante pulverización y secado por congelación. Usando el diseño central compuesto y cara centrada, donde demostrarón que el rendimiento de las partículas y la eficiencia de la microencapsulación fueron afectados por la relación de zeína: aceite de lino. El rendimiento de las partículas se vio significativamente afectado por la concentración de zeína (lineal, $p = 0,008$), mientras que la eficiencia de la microencapsulación se vio afectada por la concentración de aceite de lino (lineal, $p = 0,013$), el modelo estadístico se realizó con éxito la eficiencia de la microencapsulación. La morfología de las microcápsulas dependió de la relación de zeína: aceite de lino y del proceso utilizado para la microencapsulación.

Lopera et al., (2009). Desarrollaron y caracterizarón de micropartículas de ácido fólico formadas por secado por aspersion, utilizando goma arábica y maltodextrina como materiales de pared. La técnica de secado por aspersion permitió la formación de micropartículas de ácido fólico con un tamaño de partícula de $0.5 \mu\text{m}$. La morfología de las micropartículas con relación de goma arábica y maltodextrina, son poco esféricas y con superficie contraída el porcentaje de goma arábica es alto, y esféricas y con fracturas cuando aumenta el porcentaje de maltodextrina, y una elevada eficiencia de encapsulación siendo el mejor de las micropartículas con goma arábica y maltodextrina.

Santana. Oliveira. Pinedo.Kurozawa. Park (2013). Microencapsulación Leche de Coco Babassu (*Attalea speciosa*). En conclusion se desarrolló con variables independientes (temperatura del aire de entrada en el secador y la concentración de goma arábica) los cuales influyeron significativamente ($p < 0,1$) en el contenido de humedad, la higroscopicidad y el

rendimiento del proceso. La distribución del tamaño de partícula presentó un comportamiento bimodal, morfología de partículas regulares y esféricas, indicaron que los polvos de alta calidad se dan con bajo contenido de humedad, higroscopicidad y oxidación de lípidos se pueden producir mediante secado por pulverización.

Cai et al., (2000). Evaluaron la producción y propiedades de pigmentos de betacianina de amaranto y secado por aspersión. Se trabajó a temperaturas de aire que se secan con spray más altas y una mayor producción de polvo 180 ° C / 96 ° C (entrada / salida) causó más pérdidas de betacianina, e influencia de la estabilidad de almacenamiento de pigmento, los agentes de recubrimiento afectaron significativamente las propiedades y la estabilidad de almacenamiento de los polvos de betacianina secados por pulverización. Las Maltodextrinas de 25 y 10 (DE) dieron la retención de pigmento más alta (97.3% y 88.7%) con 5% y 32% de HR, una interacción positiva entre las Maltodextrinas de DE más baja y de DE más alta como agentes portadores combinados en el secado por pulverización.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

La presente investigación fue realizada en el Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITAL) y el laboratorio de Centro Investigación en Ciencias Alimentarias (CICAL) de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión (UPeU), Lima (KM 19.5 carretera central, Ñaña-Lima). El secado por atomización se realizó en el laboratorio de Investigación y Desarrollo de Química Orgánica de la Facultad de Química, Ingeniería Química e Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3.2 Materiales e insumos

3.2.1 Materia prima

Las hojas de menta negra (*Mentha piperita* L.) fueron recolectados de los campos de cultivos y secados en secadero bajo sombra, el tamaño de lote fue 12.200 kg procedentes del Anexo Curipata s/n, Distrito Huamanguilla de la Provincia de Huanta del Departamento de Ayacucho, 3276 msnm.

3.2.2 Insumos

- Goma arábica Premium (marca “Frutarom”)
- Maltodextrina DE10-12 de GMO FREE (marca “Frutarom”)
- Aceite esencial de menta negra (*mentha piperita* L.), extraído.
- Agua destilada

3.2.3 Materiales

- Vasos precipitados de 300 ml

- Vasos precipitados de 50 ml
- Matraces de Erlenmeyer de 100 y 250 ml
- Bureta de 50 ml
- Frascos ámbar de 500 ml
- Frascos ámbar de 60 ml (código S5-14)
- Frascos de 10, 15 y 20 ml códigos, (Y8-P54), (Y8-I63), (Y8-V59)
- Placas Petri pírex
- Pipetas de 1, 5, 10 ml
- Probetas de 10, 100 ml
- Picnómetro
- Agitadores magnéticos
- Láminas de Papel filtro (Whatman N° 40)
- Fiola de 200 ml
- Tapers de L1- 3ONZ
- Cucharitas metálicas
- Vasos florentino

3.2.4 Equipos

- Balanza analítica (Modelo: OHAUS, serie: PA214), capacidad de 210 gr.
- Balanza digital marca: HENKEL, Serie: KG090287), capacidad 2000gr.
- Balanza de reloj (Modelo: LEVIS, Marca: ESCORPION), capacidad de 20 kg.

- Estufa (Mermmet, Modelo: UN200).
- Plancha magnética (Modelo: RCT-B, Marca: IKA°, Serie: IP 42 – U720555)
- pH. metro (Modelo: MI2020, Marca: HANNA, Serie: CO128013)
- Termómetro (Hanna, Modelo: HI98501)
- Baño maría (Modelo: G461, Marca: BUCHI), capacidad 100°C.
- Aqualab (Decagon Devices, modelo 3TE, Canadá)
- Colorímetro 3nh (Modelo: NR200, Serie: 2002260)
- Arrastre de vapor (Modelo: MOPC-EAE, Marca: INNOVA, Serie: 0018)
- Refractómetro digital (ABBE Alemania)
- Analizador de humedad (Modelo: AND MX-50, Marca: PESACON), capacidad 0.01%/max 51 g.
- Secador de pulverización (Modelo: TP-S15, Marca: TOPTION, Serie: CE ISO), capacidad de 1500-2000 ml/h, temperatura rango 40°C – 300°C.
- Microscópio Óptico de barrido (Modelo: SU8230, Marca: HITACHI).

3.2.5 Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH) al 1N
- Fenolftaleína 1%
- Alcohol puro de 96%
- Éter de petróleo
- Cloruro de sodio (NaCl)

3.3 . Metodología experimental

3.3.1. Extracción del aceite esencial de menta negra

3.3.1.1. Acondicionamiento de materia prima

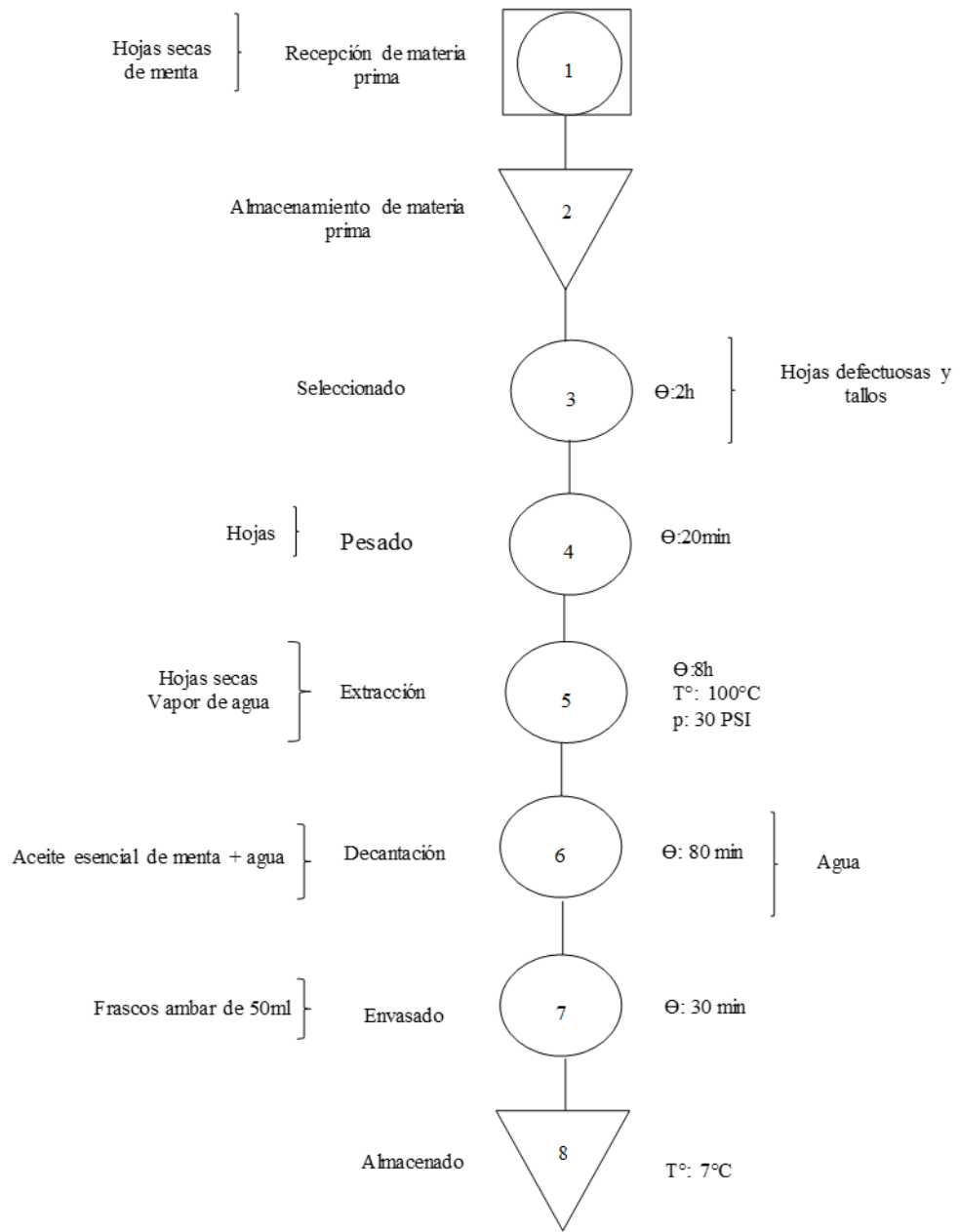
Se obtuvieron las hojas secas de menta negra del departamento de Ayacucho, distrito Huamanguilla, Anexo Curipata s/n. el método desarrollado de secado fue en secaderos artesanales bajo sombra con ventilación natural, después del secado ha sido limpiado, seleccionado, y empacado luego fue transportado al laboratorio y almacenado a temperatura ambiente a 22 °C por 6 días.

3.3.1.2. Extracción de aceite esencial de menta negra (*mentha piperita* L.)

Se trabajó por arrastre de vapor según metodología de Albarracín y gallo (2001), de los cuales el proceso de extracción fue en 3 etapas de 4.06 kg c/u, cada extracción tuvo una duración de 120 minutos y el esquema usado se muestra en la figura 10



Figura 10. Esquema de arrastre de vapor de extracción de aceite esencial de menta negra (AEMN).



SIMBOLOGÍA

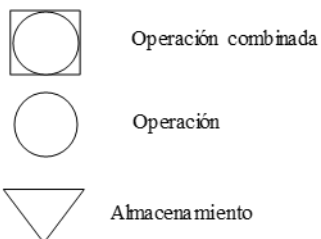


Figura 11. Diagrama de flujo de extracción de aceite esencial de menta negra

Una vez llenado el tanque con las hojas de menta, se cerró e ingresó el vapor de agua (100 °C a 20 PSI), este procedió que los aceites esenciales fueron arrastrados por los vapores de agua que eran enfriados hasta que se convirtieron en líquido en el condensador, luego se recolectó aceite esencial y agua floral, se decantó, almacenó en frasco ámbar y refrigerado a 7 °C por 6 días.

3.3.1.3. Caracterización fisicoquímica de aceite esencial de menta negra

a) Rendimiento

El rendimiento obtuvo a partir de la ecuación 1

$$\% R = \frac{\text{aceite esencial obtenido (ml)}}{\text{peso de muestra de hojas menta (g)}} \times 100 \quad (1)$$

b) Determinación de humedad

Se determinó por el método gravimétrico de la AOAC, 934.06., (1990)

c) Determinación de Índice de Acidez

Se realizó el índice de acidez, expresado por el ácido predominante ácido cítrico, mediante titulación con Hidróxido de sodio 0.1N con el indicador fenolftaleína de AOAC, 942.15, (1990).

d) Determinación de densidad (g/ml)

Se determinó la densidad de aceite esencial de menta negra mediante el método picnométrico, Norma Técnica Peruana (NTP), 209.128, (1980).

$$\text{Densidad} = \frac{(p'' - p)}{(p'' - p)} \times D \quad (2)$$

Donde:

P = Peso en g del picnómetro vacío (g)

P' = Peso en g del picnómetro lleno con agua (g)

P'' = Peso en g del picnómetro lleno con aceite (g)

D = Densidad del agua (milibares)

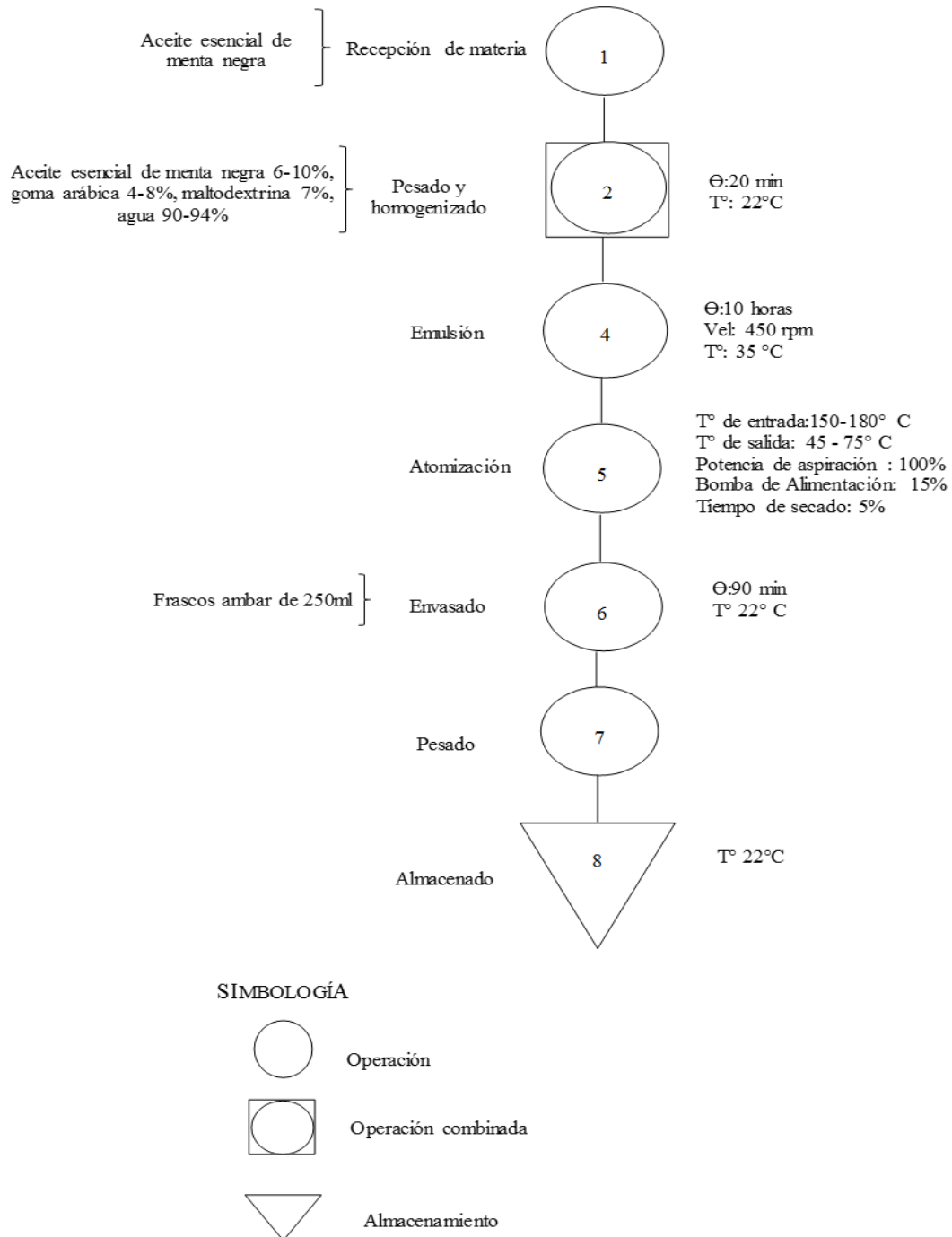


Figura 12. Diagrama de flujo de la microencapsulación de aceite esencial de menta negra por atomización

e) pH

Se realizó por el método: AOAC 981.12 18th. Ed. 2005.

f) Determinación de Índice de refracción

La medición del índice de refracción se realizó con un refractómetro digital ABBE ubicado en la Norma Técnica Peruana (NTP) 209.121. (1975).

g) Determinación de evaporación residual

Se determinó el residuo de evaporación se llevó a cabo mediante el método de la Norma Técnica Peruana (NTP) 319.089: (1974).

$$\% \text{ Residuo de evaporación} = \frac{\text{peso del residuo (g)}}{\text{peso de muestra de aceite (g)}} \times 100 \quad (3)$$

3.3.2. Microencapsulación de aceite esencial de menta negra mediante atomización

3.3.2.1. Elaboración de emulsión

La emulsión, se obtuvo siguiendo la metodología descrita por Jafari et al.; (2008). La goma arábiga y la maltodextrina se disolvió en agua destilada con agitación, la maltodextrina se mantuvo constante (7%) en la emulsión, a una temperatura ambiente para asegurar la saturación completa de las moléculas de polímero. Luego, se añadió progresivamente aceite esencial de menta negra a la solución de material de la pared mientras se agitaba a 400 rpm durante 30 minutos a una temperatura 80 °C, utilizando una plancha magnética (Safety control (IKA° RCT basic), para la formación de emulsión. La concentración del material de pared y la concentración de aceite esencial se varió de acuerdo con el diseño experimental para cada formulación, se preparó aproximadamente de 500 ml de muestra para la producción de microcápsulas.

Tabla 5. Componentes para la formación de la emulsión para la atomización

Tratamientos	A. esencial (AE) %	G. arábica (GA) %	Agua destilada %
Trat. 1	6	4	83
Trat. 2	6	8	79
Trat. 3	10	4	79
Trat. 4	10	8	75
Trat. 5	5.17	6	82
Trat. 6	10.83	6	76
Trat. 7	8	3.17	82
Trat. 8	8	8.83	76
Trat. 9 (C)	8	6	79
Trat. 10 (C)	8	6	79
Trat. 11 (C)	8	6	79
Trat. 12 (C)	8	6	79

3.3.2.2. Secado por atomización

La microencapsulación fue realizado en un equipo de atomización Marca: TOPTION, Serie: TP-S15, capacidad de 1500-2000 ml/h, temperatura rango 170 °C. Los parámetros de atomización están descritos en la Tabla 6, la duración del secado de las muestras fue de 20 a 30 minutos. Y las microcápsulas fueron almacenados en refrigeración a 7 a 10° C, Jafari et al., (2008), eran caracterizadas las propiedades físico-químicas e morfológicas y mientras que en la figura 13 detalla el proceso de microencapsulacion.

Tabla 6. Parámetros de atomización

parámetros técnicos	Valor
Capacidad máxima	1500 - 2000 mL/h
Rango de temperatura del aire de entrada.	150 - 180°C
Rango de temperatura del aire de salida.	45 - 80 °C
Precisión de temperatura de calentamiento	1 °C
Tiempo de secado	5 s
Cantidad máxima de alimentación	600 mL/h
Velocidad de bomba de alimentación	15 %
Velocidad de compresora	100 %
Boquillas de líquido	0.75 mm
Potencia del calentador	3 kw a 220 v



Figura 9. Esquema de proceso de atomización de Spray Dryer (TP-S15, TOPTION)

3.3.2.3. Caracterización fisicoquímica de microencapsulado de aceite esencial de menta negra

a) Humedad (H)

Se pesaron 2 g de muestra y se determinó con el equipo de analizador de humedad Modelo: AND MX-50, Marca: PESACON, capacidad 0.01%/max 51 g, por triplicado.

b) Sólidos totales (SST)

Se determinó mediante Norma Técnica Peruana (NTP), 202.135. (1998), que se presenta en la ecuación 4:

$$\text{sólidos totales (SST)} = \text{Humedad} - 100 \quad (4)$$

c) Actividad de agua (aw)

La medición de actividad de agua (aw) se realizó con 2 g de muestra y se determinó con el equipo de Aqualab (Decagon Devices, modelo 3TE, Canadá), se midió por triplicado.

d) Densidad aparente (g/ml)

La prueba de densidad aparente se determinó mediante la ecuación 5. Ya que desarrolla como: pesar 2 gramos de microencapsulado y se pesaron en una probeta de 10 ml. El volumen se ha leído después de 2 golpes suaves en una superficie plana, se calculó a partir de volumen ocupado (Bhandari et al., 1992). Se realizó por triplicado.

$$\text{Densidad aparente} = \frac{M}{V} \quad (5)$$

Donde:

D = Densidad

M = Masa (g)

V = Volumen (ml)

e) **Densidad real (g/ml)**

La prueba de densidad real se determinó mediante la ecuación 6. Se pesaron 2 gramos de microencapsulado en una probeta de 10 ml. Se calculó a partir de volumen inicial ocupado (Bhandari et al., 1992). Se realizó por triplicado

$$Densidad\ real = \frac{M}{V} \quad (6)$$

Donde:

D = Densidad

M = Masa (g)

V = Volumen (ml)

f) **Humectabilidad**

La humectabilidad fue determinada en un dispositivo de humectación estática de forma cuboide, propuesto y descrito por Freudig et al., (1999) y modificado por Ceballos et al., (2012), este tiempo de humectación se expresó en minutos, correspondiente al tiempo que tardó para la inmersión completa 1 g de polvo, depositado suavemente sobre 100 mL de agua a 20 °C. En todos los casos los análisis se realizaron por triplicado.

g) **Solubilidad**

Se llevó a cabo por la metodología de Eastman y Moore (1984), modificado por Cano et al. (2005), citado por Ochoa et al. (2011), en la cual 1 g de polvo se coloca en 100 mL de agua destilada, se agita manualmente hasta que se solubilice toda la muestra, se transfiere a tubos eppendorf para su centrifugación a 5260 rpm, durante 5 min, se toma una muestra representativa de 25 ml del sobrenadante y se pasa a placas Petri. Finalmente se seca en estufa a 105 °C por 5 h. La solubilidad (%) es calculada por diferencia de peso con la ecuación 7.

$$\% S = \left(\frac{M_1 - M_2}{M_1} \right) * 100 \quad (7)$$

Donde:

M1 = peso inicial de la muestra (g)

M2 = peso final de la muestra (g)

h) Higroscopicidad

La higroscopicidad se determinó de acuerdo con el método propuesto por Caí et al., (2000), con algunas modificaciones por Friezen-Friere et al., (2012). Se pesó aproximadamente 2 g de cada muestra de polvo en las placas de Petri se colocaron a 25 °C con una solución saturada de NaCl (75.29 % de HR) a 25 °C durante una semana. Después de 1 semana se pesó la humedad higroscópica (higroscopicidad) y expresó como g de humedad por 100 g de sólidos secos (g/100g). Por triplicado.

i) Rendimiento de partículas

El rendimiento de partículas propuesto por Galindo y Cabañas (2006). Se determinó mediante la ecuación (8)

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{microencapsulado obtenido (g)}}{\text{material de pared+aceite esencial (g)}} \times 100 \quad (8)$$

j) Determinación de color

La determinación de color se realizó con un colorímetro 3nh (modelo: NR200, Serie 2002260), los resultados fueron por reflectancia en parámetros de L*, a* y b* en el sistema CIEL*a*b*, localizados de cualquier color en el espacio CIEL*a*b* está determinada por: L*, a*, b* por triplicado.

- L* está dado por diferencia entre la luz (L*=100) y la oscuridad (L*=0).
- a* está dado por diferencia entre el verde (-a*) y el rojo (+a*).

- b^* está dado por diferencia entre el azul ($-b^*$) y el amarillo ($+b^*$).

k) Porcentaje de aceite superficial

Se evaluó el porcentaje de aceite superficial, también conocido como parte de aceite no encapsulado, se determinó según Quispe et al. (2011), Velasco et al., (2006), con modificaciones. Se pesó la muestra de 500 mg en un papel filtro (Whatman N° 40) preparado manualmente. Para la extracción se colocó encima de una probeta de 25mL que fue previamente tarada. Las microcápsulas se lavaron 5 veces usando 1mL de éter de petróleo a temperatura ambiente utilizando un total de 5mL. Después de la filtración, el disolvente se evaporó de la probeta y se determinó el aceite extraído, se realizó por triplicado.

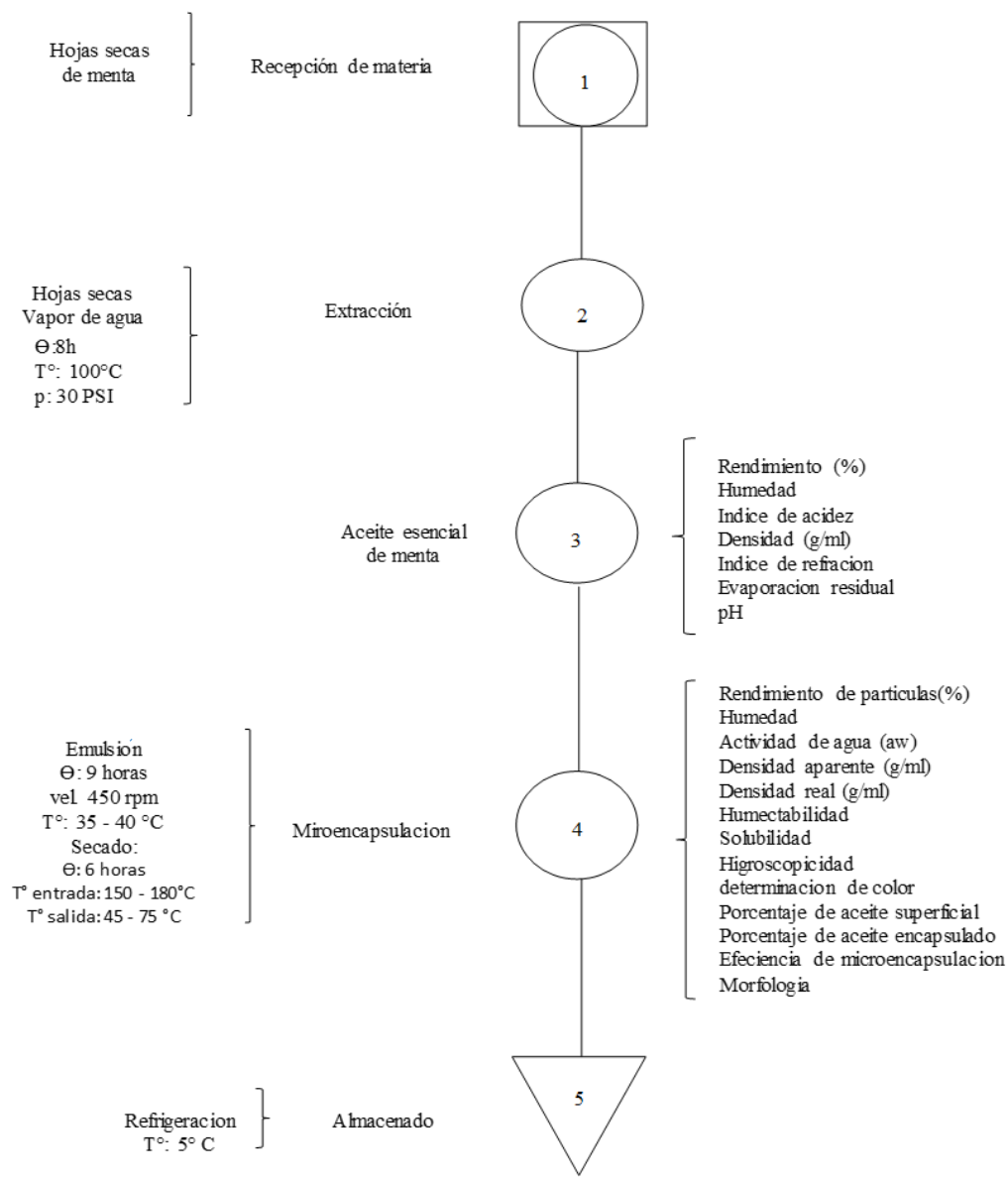
l) Porcentaje de aceite total encapsulado

Se determinó de acuerdo a Fernández y otros citado por Aragón et al., (2010) con modificaciones. Se pesaron 500 mg de microcápsulas de aceite esencial de menta (AEM) en 150 ml de agua destilada y procedió a una destilación simple.

m) Eficiencia de microencapsulacion (MME)

La eficiencia de microencapsulacion se determinó siguiendo la metodología Zilberboim et al (1986), y se calculó con la ecuación 9, a que se basa en el contenido de aceite total y el contenido de aceite superficial (Velasco et al 2006) y Seo et al., 2008).

$$\% MME = \frac{\text{aceite total (ml)} - \text{aceite superficial (ml)}}{\text{acete total (ml)}} \times 100 \quad (9)$$



SIMBOLOGÍA




-  Operación combinada
-  Operación
-  Almacenamiento

Figura 14. Flujograma experimental de extracción y microencapsulación de aceite esencial de menta negra

n) Análisis morfológico

La morfología y la apariencia superficial de las microcápsulas se examinaron utilizando Microscopio Electrónico de Barrido (SEM), (Modelo: SU8230, Marca: HITACHI. Ubicados Laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería.

3.4. Diseño experimental

Para la presente investigación se aplicó el diseño central compuesto para ajustar los datos a un modelo de segundo orden. En este modelo se investigó el efecto de las dos variables independientes sobre las diferentes variables de respuesta (Montgomery, 2011).

En la tabla 9, se muestran los puntos de diseño factorial (-1 y +1), los puntos de axiales (-1.4142 y + 1.4142) y los puntos centrales (0; 0). Las corridas se generaron a partir de las 2 variables en estudio con sus respectivos 2 niveles, aplicando en software STATISTICA. Así mismo, se muestran las unidades, los niveles reales y codificados de las variables independientes. Los ensayos se realizan por triplicado.

Tabla 7. Diseño central compuesto (DCCR): Niveles de variables independientes codificadas, reales y experimentales.

Variable (%)	Nivel codificado				
	-1.414	-1	0	1	1.414
Conc. Aceite esencial (AE)	5.17	6	8	10	10.83
Conc. Goma arábica (GA)	3.17	4	6	8	8.83

Tabla 9. Variables independientes e variables de respuesta de diseño central compuesto (DCCR)

Tratamientos	Variables independientes		Variable de respuesta
	AE	GA	
Trat. 1	-1(6)	-1(4)	Humedad, sólidos totales (SST).
Trat. 2	-1(6)	1(8)	Actividad de agua (a_w)
Trat. 3	1(10)	-1(4)	Densidad aparente (g/ml)
Trat. 4	1(10)	1(8)	Densidad real (g/ml)
Trat. 5	-1.414(5.17)	0(6)	Humectabilidad min.
Trat. 6	1.414(10.83)	0(6)	Solubilidad (%)
Trat. 7	0(8)	-1.414(3.17)	Higroscopicidad (g/100 BS)
Trat. 8	0(8)	1.414(8.83)	Rendimiento de partículas (%)
Trat. 9 (C)	0(8)	0(6)	Porcentaje de aceite superficial (%)
Trat. 10 (C)	0(8)	0(6)	Porcentaje de aceite total encapsulado (%)
Trat. 11 (C)	0(8)	0(6)	Eficiencia de microencapsulación (MME) (%)
Trat. 12 (C)	0(8)	0(6)	Análisis morfológico

3.5. Análisis estadístico

El adecuado modelo de superficie de respuesta se denominó utilizando el análisis del coeficiente de regresión (R^2) y el análisis de varianza (ANOVA) con la prueba de falta de ajustes. El ANOVA se realizó para evaluar la importancia de los efectos de las variables independientes sobre la variable respuesta y el modelo estadístico. Para el análisis estadístico de la regresión, se separará el término del error total en el error puro y el error de la falta de ajuste del modelo, que representa una prueba de bondad de ajuste para los modelos de superficie de respuesta (Montgomery, 2011).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis fisicoquímicos de aceite esencial

La extracción de aceite esencial de menta negra (*mentha piperita* L.) se realizó por arrastre de vapor y evaluaron los análisis fisicoquímicos de aceite esencial de pH, humedad (%), densidad (g/ml), índice de acidez (%), índice de refracción, evaluación residual (%) y rendimiento (%).

Tabla 9. Análisis fisicoquímico de aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.)

Parámetros de análisis	Resultados
pH	4.667 ± 0.22
Humedad (%)	15.549 ± 0.72
Densidad (g/ml)	0.927 ± 0.01
Índice de acidez (%)	2.554 ± 0.01
Índice de refracción	1.457 ± 0.01
Evaporación residual (%)	6.88 ± 0.04
Rendimiento (AE) (%)	2.54 ± 0.02

En la extracción de aceite esencial de menta negra (*mentha piperita* L.) se obtuvo de 310.12 ml, a partir de 12.200 kg de hoja seca registrando un rendimiento de 2.54 % p/p. los valores de rendimiento de los aceites esenciales, en general varían entre 0.01 – 2 %, valores muy bajos (Zekaria, 2006). Algunos autores reportaron rendimientos para aceites esenciales, tales como Muña 0,19 % p/p (Cano, 2007), Ruyaq muña 2,4 % v/p (Carhuapoma et al., 2009); Orégano 1,30 % v/p (Albado et al., 2001). De acuerdo a los resultados obtenidos el rendimiento para aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.) fue 2.54 % valor superior al AE de *mentha piperita* L.; muña, orégano y salvia, pero inferior al de Ruyaq muña y eucalipto. (Marotti et al., 1994) registró un rendimiento de 0.53 % v/p a partir de las hojas por arrastre de vapor. (Bandoni A., 2000) indicó que la presencia de agua y altas

temperaturas pueden ocurrir reacciones que favorecen la formación de compuestos, como alcoholes, ácidos por descomposición de esteres, y causa disminución en el contenido de aceite esencial. Pierozan et al., (2009) mencionaron que el proceso de secado de la muestra, es otro factor por su alta volatilidad, además de origen, especie, órgano de la planta, condiciones climáticas, método de extracción y almacenamiento también influyen en el rendimiento de aceite esencial.

La densidad de aceite esencial de menta negra a 21° C fue 0.927 g/ml, diversos autores presentan valores similares para diferentes aceites esenciales: Limón 0.853 g/ml destilación por arrastre de vapor (Albaladejo 1999), a 15°C 0.855-0.857 g/ml (Di Giacomo. 1994), jengibre 0.887 g/ml (Orozco et al., 2001), salvia morada 0.884 g/ml (Ricciardi y Ricciardi, 2000), muña 0.919 g/ml (Cano, 2007), Orégano 0.923 g/ml (Emilia et al., 2001), manzanilla 0.660 g/ml (Gonzales, (2004), romero 0.820 g/ml, tomillo 0.800 g/ml. La densidad AE de menta negra fue superior a la densidad de los aceites esenciales mencionados, esto se atribuye los resultados indica el tipo de extracción, calidad y pureza de las hojas.

El índice de refracción de aceite esencial de menta negra a 21° C fue de 1.457, similar a los valores reportados para algunos aceites esenciales de plantas aromáticas como el orégano 1.477 (Emilia et al., 2001), muña 1.473 (Cano, 2007), arrayan 1.477 (Carhuapoma et al., 2009), limón a 15° C 1.473 – 1.476 (Di Giacomo et al., 1986), eucalipto 1.464 (Granados et al., 2015), comparando los resultados de los diferentes autores con el obtenido en este trabajo, son similares, estos valores indican un alto índice de refracción, es decir un contenido contenido de pureza, calidad y compuestos oxigenados (Simon y Singh, 2001).

Los aceites esenciales presentan valores de pH entre 5 – 5.8, el cual es un índice de alta calidad (Domínguez, X 1979). El pH del AE de menta negra fue de 4.667, entonces esta

dentro de los parámetros de pH y la humedad del aceite esencial de menta negra fue de 15.6 %. El índice de acidez fue 2.554, estos valores indicaron que es un producto apto para el consumo según Códex 19-1981 (Enmienda 2009).

La evaporación residual de AE de menta negra fue de 6.88%, valores superiores a los reportados por diversos autores limón 1.78 – 3.77 % (Di Giacomo et al. 1986), donde la evaporación residual, es un parámetro que la evaporación residual es muy importante para determinar la pureza de los aceites esenciales, ya que evapora fácilmente y no tiene partículas en suspensión, es decir no deja residuos (Husnu y Buchbuer 2016). Los resultados son bajos, por lo tanto, se considera aceite esencial de menta negra de buena calidad.

4.2. Análisis fisicoquímico de las microcápsulas de aceites esenciales de menta negra (*Mentha piperita* L.)

En la tabla 10 se muestra porcentajes de humedad de cada formulación del proceso de microencapsulación de AE de menta negra. Las características de las microcápsulas secas dependen de las propiedades físicas y químicas de la alimentación, el diseño del secador y las condiciones de operación (Ré, 1998). En general, los alimentos secos con contenidos de humedad entre 3 y 10 g / 100 g tienen una buena estabilidad durante el almacenamiento.

La humedad fue mayor para T1, T2, que registraron 10.20 y 10.15 %, respectivamente y menor valores fue para la formulación F6 que presentó 7.84 %. Similar comportamiento presentado por Main JH., (1978), King AE., (1985) y Fu - Etzel, (1995), esto atribuye a que la microencapsulación a alta temperatura secado produce menor humedad de microcápsulas que fue 1.95 – 6.8 % Cai., et al., (2000), también De Barros et al. (2014) reporta la humedad de microcápsulas de romero a temperatura de 170 °C obteniendo 1.40 - 3.56 %.

Quek Yuil et al., (2007) menciona para jugo se sandia indicó menor porcentaje de humedad a mayor temperatura de secado por atomización, utilizando maltodextrina. El uso de temperaturas altas da una mayor tasa de transferencia de calor a las partículas, hace un aumento de la evaporación de agua del producto, resultando polvos con menor porcentaje de humedad.

Tabla 10. Análisis fisicoquímico de las microcápsulas de aceite esencial

Tratamientos	Humedad (%)	Sólidos totales (SST)	Actividad de agua (aw)	Densidad Aparente (g/ml)	Densidad real (g/ml)
Trat. 1	10.20 ± 0.08	89.80 ± 0.08	0.46 ± 2.0E-03	0.40 ± 1.5E-04	0.30 ± 4.6E-03
Trat. 2	10.15 ± 0.45	89.86 ± 0.45	0.43 ± 2.5E-03	0.41 ± 1.8E-03	0.29 ± 8.6E-03
Trat. 3	8.85 ± 0.04	91.16 ± 0.03	0.42 ± 2.5E-03	0.40 ± 7.7E-03	0.30 ± 2.2E-03
Trat. 4	8.45 ± 0.04	91.56 ± 0.04	0.38 ± 3.0E-03	0.41 ± 3.9E-03	0.31 ± 7.1E-03
Trat. 5	8.84 ± 0.02	91.17 ± 0.02	0.41 ± 2.5E-03	0.40 ± 1.8E-03	0.29 ± 5.0E-03
Trat. 6	7.84 ± 0.02	92.16 ± 0.02	0.37 ± 2.5E-03	0.33 ± 1.2E-03	0.26 ± 6.6E-03
Trat. 7	9.25 ± 0.03	90.76 ± 0.03	0.46 ± 2.0E-03	0.36 ± 5.2E-03	0.27 ± 1.5E-03
Trat. 8	8.80 ± 0.01	91.21 ± 0.01	0.37 ± 2.0E-03	0.33 ± 1.6E-04	0.29 ± 6.1E-03
Trat. 9 (C)	8.21 ± 0.01	91.79 ± 0.01	0.39 ± 9.0E-03	0.33 ± 1.1E-04	0.27 ± 2.0E-03
Trat. 10 (C)	8.22 ± 0.03	91.78 ± 0.03	0.40 ± 1.2E-02	0.33 ± 1.1E-03	0.27 ± 1.3E-05
Trat. 11 (C)	8.27 ± 0.04	91.74 ± 0.03	0.41 ± 8.0E-03	0.33 ± 3.3E-03	0.27 ± 4.3E-04
Trat. 12 (C)	8.23 ± 0.01	91.78 ± 0.01	0.41 ± 5.0E-03	0.33 ± 1.1E-04	0.27 ± 4.5E-02

Tonon, Brabet et al., 2008). Utilizaron distintas sustancias encapsulantes encontrando valores de humedad 4,29 y 8,22 % es decir que a mayor tiempo de secado se obtiene una humedad menor en función de entrada y salida de aire. Esto se debe a que, a mayor temperatura de entrada, la velocidad de transferencia de calor a la partícula es mayor,

lo que proporciona una mayor fuerza motriz para la evaporación de la humedad, en consecuencia, se forman polvos con contenido reducido de humedad (Goula et al., 2004). Se observó que las variables de concentración de AE y goma arábica generan diferencias significativas en el contenido de humedad ($p < 0.05$).

En la tabla 10 se muestra porcentajes de los sólidos totales (SST) de cada formulación del proceso de microencapsulación de AE de menta negra. El valor más alto en T6 fue 92.16 %, el menor de los valores fue para las formulaciones T1 y T2 que presentaron 89.80 y 89.86 %, respectivamente. La adición en la alimentación con el aumento de matodextrina y goma arábica disminuye la humedad, pero aumenta el contenido de sólidos totales y reduce la cantidad de agua para la evaporación. Abadio et al., (2004). Observaron que las variables de concentración de AE y goma arábica generan diferencias significativas en el contenido de humedad ($p < 0.05$).

La actividad de agua de las microcápsulas de aceite esencial de menta negra (AEMN) está en la tabla 10 de cada formulación, la actividad de agua fue mayor que evidenció para T1 y T7 que registraron valores iguales a 0.46, los menores valores fueron para la T6 y T8 que registró que ambos son iguales a 0.37. Baranauskienė et al., (2007), mencionaron que la actividad del agua de la microcápsulas de AE menta piperita fue de 0.54 a 0.75, pero en cambio al remover el aceite superficial de la microcápsulas disminuyó resultando 0.35 a 0.55, en cambio Alvarenga et al. (2012) indicaron que la actividad de agua de microcápsulas de aceite esencial de orégano fue de 0.061 - 0.159, De Barros et al. (2013) mencionó que la actividad de agua de microcápsulas de aceite esencial de romero fue 0.113 - 0.843 pero en comparación la a_w resultó similar a los rangos establecidos, para a_w están sujetos algunos parámetros como estabilidad de la microcápsulas, higroscopicidad y la humedad relativa.

Soottitantawat et al. (2004) indicaron que, con el aumento de actividad del agua aumenta la velocidad de liberación del núcleo.

La actividad del agua (a_w) es un índice importante para el polvo secado por atomización. Puede afectar en gran medida la vida útil del polvo producido. Además, Gharsalloui et al. (2007) y Turchiuli et al. (2005) indican que la actividad de agua con valor máximo de 0.2 para microcápsulas, asegura la estabilidad microbiológica, reduce el riesgo de degradaciones químicas y biológicas, además evita la coalescencia de partículas. Se observó que las variables de concentración de AE y goma arábica generan diferencias significativas en el contenido de humedad ($p < 0.05$).

La actividad del agua es diferente del contenido de humedad ya que mide la disponibilidad de agua libre en un sistema alimentario responsable de la reacción bioquímica y por lo tanto, la vida útil más corta, sin embargo, las condiciones de almacenamiento también jugaron un papel importante en este asunto. Los datos también mostraron que la actividad del agua disminuyó con una mayor concentración de maltodextrina agregada. Estos resultados fueron consistentes con otros investigadores (Masters K, 1991, Goula A. et al., 2005).

En la tabla 10 se muestra la densidad real (g/ml) de las microcápsulas de aceite esencial de menta negra, la mayor densidad real se dió en la T4 fue de 0.31 g/ml, en cambio el menor valor densidad real reportado fue de T1 y T3 son iguales fue 0.30 g/ml.

La densidad real que se obtuvo en microcápsulas de pulpa de tamarindo con diversos agentes encapsulantes como goma arábica fue de 0.33 g/ml, maltodextrina 0.35 g/ml, goma arábica + maltodextrina + goma acacia 0.40 g/ml. Aunque la densidad aparente registró de las microcápsulas de pulpa de tamarindo, con diversos agentes encapsulantes como goma

arábica 0.47 g/ml, maltodextrina 0.43 g/ml, goma arábica + maltodextrina + goma acacia 0.49 g/ml siendo estos valores similares en los reportados por Cynthia, et al., (2015).

Es uno de los parámetros de calidad para evaluar es la densidad aparente (g/ml) de las microcápsulas de aceite esencial de menta negra (AEMN), densidad aparente mayor en la T2 y T4, son iguales fue de 0.41 g/ml, y la densidad aparente menor valor fue de la T6, T8 y T9, y los puntos centrales de T10, T11 y T12 se obtuvieron resultados iguales a 0.33 g/ml, debido a que afecta en la fluidez y estabilidad de almacenamiento (Fitzpatrick S, 2005). La densidad aparente es de 0.370g/mL. Alvarenga et al. (2012) determinan la densidad aparente de microcápsulas de aceite esencial de orégano, sus valores varían entre 0.338 y 0.451g/mL. De Barros et al. (2013) evalúan las microcápsulas de aceite esencial de romero, de la mezcla de goma arábica y maltodextrina obtienen una densidad de 0.31g/mL.

Las densidades de las microcápsulas obtenidas vienen se que el proceso de envasado, almacenamiento, recipiente, altas temperatura y procesos de secado, que reducen la densidad de microcápsulas (Chegini, G.R.; Ghobadian, B 2005). También Beristain, García y Vernon (2001) mencionaron que la temperatura es uno de los parámetros más influyentes en la densidad aparente. Pero también influyen el tamaño de partícula, la humedad, las condiciones de procesamiento y la manipulación. (Gómez y Jiménez, 2014)

Tabla 11. Coeficientes de regresión de variables respuesta de microencapsulación de aceite esencial por atomización.

Factor	Humedad	SST	Aw	D. Aparente	D. real
Constante	8.230	91.770	0.400	0.333	0.271
Lineal					
β_1	- 0.558	0.558	- 0.019	-0.012	ns
β_2	- 0.136	0.136	- 0.025	-0.003	ns
Cuadrática					
β_{11}	0.674	-0.236	ns	0.028	0.009
β_{22}	1.357	-0.578	0.012	0.018	0.009
Interacción					
β_{12}	ns	ns	ns	ns	0.0044
R ²	0.751	0.751	0.794	0.539	0.394
Lack of fit	0.000001	0.000001	0.000113	0.000000	0.000004

En la tabla 11, se presentan los coeficientes de regresión, donde no se encuentran efectos significativos para la interacción (β_{12}) en la humedad, SST, aw y D. aparente. Sin embargo, tuvo un efecto significativo en la densidad real, por lo que la interacción influye sobre este parámetro. Los coeficientes lineales y cuadráticas influyen sobre la humedad, densidad aparente y SST. Sin embargo, para la aw es lineal.

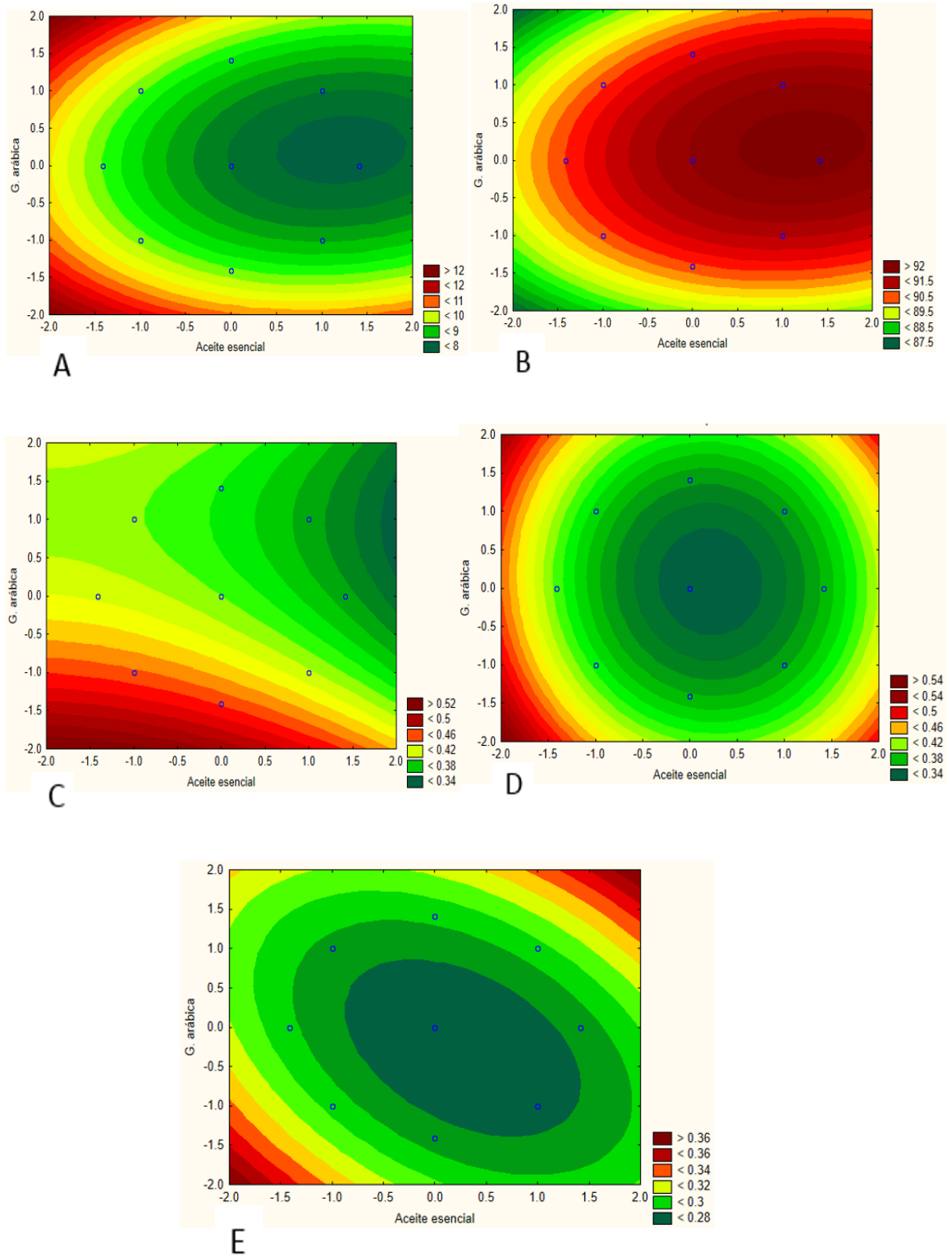


Figura 15. Gráfico de contorno de A (humedad), B (SST), C (aw), D (D. aparente), E (D. real)

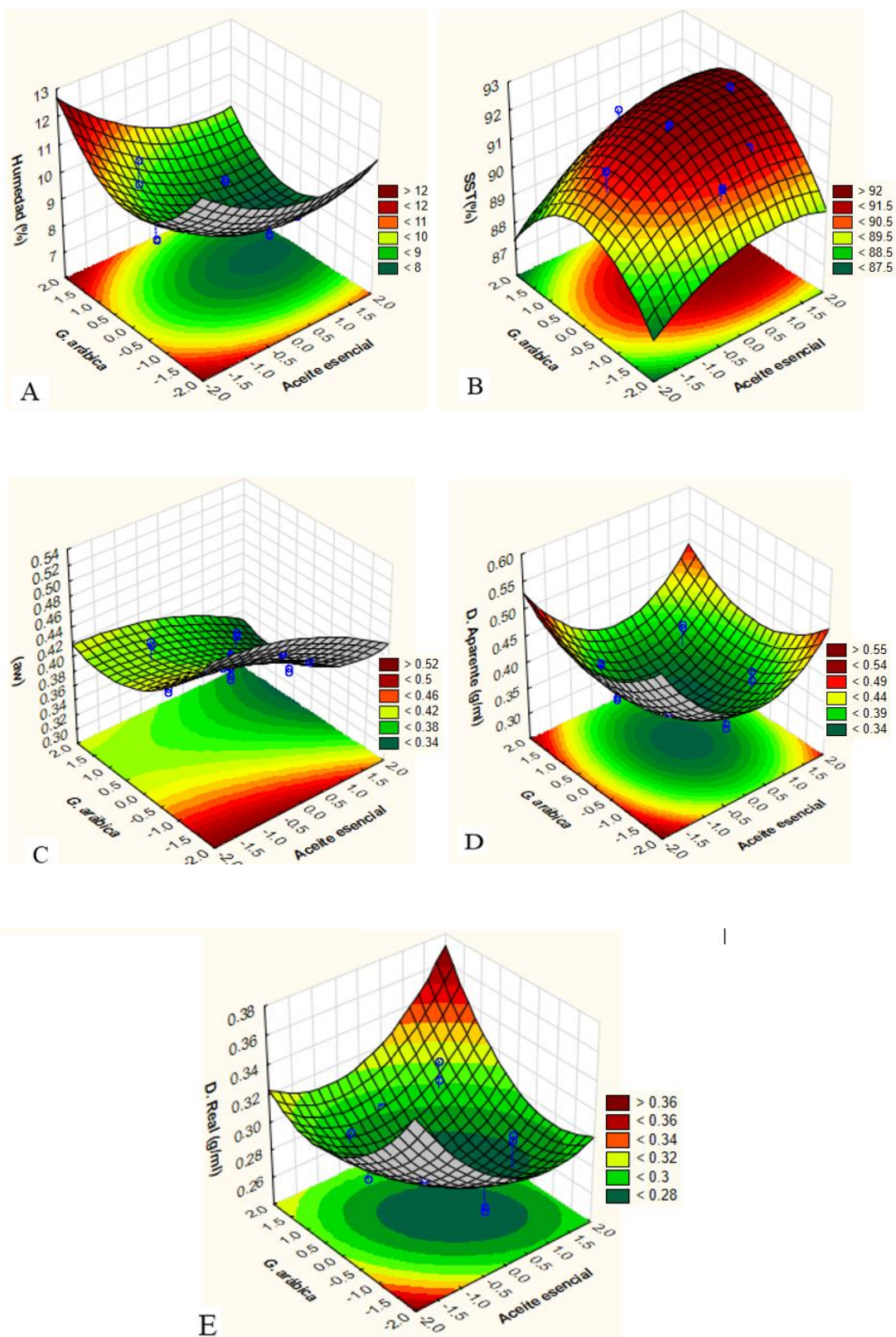


Figura 16. Gráfico de superficie de respuesta de A (humedad) %, B (SST), C (aw), D (D. aparente), E (D. real).

Con respecto a los gráficos de contorno que se muestra en la figura 15 se observó mencionaron que la actividad de agua y la densidad real presentaron mayor valor a baja concentración de AE y G. arábica. En relación a la humedad y densidad aparente a baja concentración de AE y a mayor o menor % de G. arábica se incrementaron de valores. Los SST mostraron mayores valores en los puntos centrales de AE y Goma arábica. También un similar comportamiento, se observó para las gráficas de superficie de respuesta indicada en figura 16.

En la tabla 12 muestra la humectabilidad (min.) de las microcápsulas de aceite esencial de menta negra AE esta de menta negra, la humectabilidad fue mayor para T3 que registró 13.13 minutos, pero en cambio fue para la T8 que presentó 9.39 min.

Según Cynthia et al., (2015), la humectabilidad de microcápsulas de pulpa de tamarindo (TPE) producido con agente encapsulante maltodextrina que registraron de 18.17 a 11.25 minutos, más bajos y diámetro más alto. Que atribuye que la humectabilidad resultó similar a AE de menta negra, estos resultados están relacionados con tamaño de partícula, lo que dificulta la penetración del agua en la matriz de las microcápsulas.

En la tabla 12 menciona que el porcentaje de solubilidad (%) de las microcápsulas de aceite esencial de menta negra (AEMN), la solubilidad fue mayor para T2 que registró 91.25 %, y respecto a menor valores fue para T3, T6 que presentó valores iguales a 78.50 %.

Según Cano et al., (2005) observó la solubilidad de pulpa de mango con agente encapsulante de maltodextrina presentó un alto grado de solubilidad, fue de 90 % Ceballos (2008) reportó valores de solubilidad entre 84,8 a 91,5 % para polvos deshidratados de frutas, resultaron valores similares a los encontrados en esta investigación.

La maltodextrina fue una de las sustancias más utilizadas como agente aditivo en secado por atomizador debido a sus propiedades físicas, tales como alta solubilidad en agua (Cai y Corke, 2000; Cano C, et al., 2004; Caparino, T. et al., 2012). Sin embargo, Jittanit, Chantara et al., (2011), afirma que el secado por atomización la temperatura de secado tiene un efecto positivo sobre la solubilidad, ya que producen más porosidad de las microcápsulas.

Tabla 12. Análisis fisicoquímico de las microcápsulas de aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.)

Tratamientos	Humectabilidad (min.)	Solubilidad (%)	Higroscopicidad (g humedad/100 g solido seco)	Rendimiento de microcápsulas (%)
Trat. 1	9.73 ± 0.09	84.00 ± 1.10	5.41 ± 0.01	41.50 ± 0.03
Trat. 2	9.83 ± 0.52	91.25 ± 1.75	4.99 ± 0.01	52.20 ± 0.30
Trat. 3	13.13 ± 0.08	78.50 ± 0.70	4.99 ± 0.51	37.55 ± 0.56
Trat. 4	10.41 ± 0.06	85.40 ± 3.10	5.33 ± 0.01	55.55 ± 0.35
Trat. 5	12.16 ± 0.34	83.20 ± 1.40	5.72 ± 0.25	52.48 ± 0.38
Trat. 6	12.70 ± 0.48	78.50 ± 2.30	3.99 ± 0.01	58.06 ± 0.26
Trat. 7	12.28 ± 0.19	88.25 ± 0.85	6.31 ± 0.03	41.26 ± 0.21
Trat. 8	9.39 ± 0.16	80.40 ± 1.40	4.25 ± 0.25	58.19 ± 0.29
Trat. 9 (C)	12.31 ± 0.13	81.65 ± 0.75	4.66 ± 0.27	57.50 ± 0.01
Trat. 10 (C)	12.28 ± 0.04	80.20 ± 1.10	4.66 ± 0.25	57.48 ± 0.02
Trat. 11 (C)	12.32 ± 0.07	81.50 ± 1.80	5.16 ± 0.26	56.91 ± 0.03
Trat. 12 (C)	12.32 ± 0.14	81.20 ± 0.30	4.16 ± 0.23	57.56 ± 0.01

En la tabla 12 se muestra la higroscopicidad (min.) las microcápsulas de aceite esencial de menta negra (AEMN), la higroscopicidad fue mayor para T7 que registró 6.31 g humedad/100 de sólido seco, y respecto a menor valor fue para T6 que presentó 3.99 g /100

BS. Según Cynthia S, et al., (2015) mencionaron que la higroscopicidad de microcápsulas de pulpa de tamarindo, muestra valor 0.54 a 0.72 minutos, está dado por 2 horas a 21 ° C y una humedad relativa 76 %. Las microcápsulas de menor peso molecular contienen más grupos hidrófilos y son más susceptibles a la adsorción de agua (Cai, Y.Z.; Corke, H. 2000).

Sin embargo, los resultados de higroscopicidad son similares con la microencapsulación de AE de menta negra están en rango, esto debido al agente encapsulante, a temperaturas de entrada de aire más altas es más higroscópico debido al menor contenido de humedad en microcápsulas. Esto está relacionado con el gradiente de concentración de agua entre el producto y el aire circundante, que es menos húmedo (Brabet et al., 2008). Sin embargo, esta relación inversa de la humedad y la higroscopicidad y por ende con la temperatura de entrada del aire no siempre se ocurre, (Ruiz et al., (2009) observaron que la higroscopicidad y el contenido de humedad es decir disminuyeron en el rango de temperaturas de 188 a 190 °C, disminuyeron con las altas temperaturas.

En la tabla 12 muestra rendimiento de partículas durante el proceso de atomización de AE de menta negra. El rendimiento de partículas fue mayor para T5 que registró 70.48 %, y respecto a menor valor fue para T3 que presentó 37.55 %. Los rendimientos de partículas de microcápsulas de aceite de pescado un intervalo de 59.15 a 92.73 %, para liofilización de 90 .02 a 93.96 % (Zhong et al, 2009), pero para secado por aspersion de microcápsulas de aceite de lino 65.22 a 64.22 % (Quispe-Condori et al., 2011). El mismo comportamiento se observó para las microcápsulas de aceite de sacha inchi alrededor del 18 %, de igual modo se observaron rendimientos similares para las microcápsulas de AE de menta negra. El rendimiento de partículas se atribuye a que las microcápsulas aumenta al incrementarse la concentración de maltodextrina, produciendo mayor incremento el porcentaje de partículas y concentración de sólidos.

Según Sócrates et al., (2011). Atribuyeron un mayor rendimiento de partículas de las microcápsulas, a la presencia de una mayor cantidad de zeína, que pudo haber permitido la formación de paredes de micropartículas más gruesas. Tan et al. (2005) obtuvieron rendimientos de partículas en el rango de 43.77 - 68.60 g / 100 g para la microencapsulación de almidón modificado con aceite marino. Además, Zhong y Jin (2009) obtuvieron bajos rendimientos de partículas en la microencapsulación de lisozima zeína mediante secado por pulverización (32.7 - 48.7 g / 100 g), por lo que estos valores varían en función al tipo de procesamiento.

Tabla 13. Coeficientes de regresión de variables de respuesta de microencapsulación de aceite esencial por atomización

Factor	Humectabilidad	Solubilidad	Higroscopicidad	Rendimiento de Partículas
Constante	12.305	81.137	4.658	57.535
Lineal				
β_1	1.095	- 2.249	- 0.316	- 0.269
β_2	-1.339	Ns	- 0.374	6.582
Cuadrática				
β_{11}	ns	ns	ns	0.793
β_{22}	-0.700	2.145	0.339	- 6.483
Interacción				
β_{12}	0.000000	ns	ns	0.000000
R ²	0.829	0.367	0.500	0.735
Lack of fit	0.000000	0.000087	0.002611	0.000000

En la tabla 13, se presentan los coeficientes de regresión, donde no se encuentran efectos significativos para la interacción (β_{12}) en la solubilidad (%), Higroscopicidad (g).

Sin embargo, tuvo unos efectos significativos en humectabilidad, rendimiento de partículas. Tampoco se observó un comportamiento definido sobre la linealidad o cuadrático.

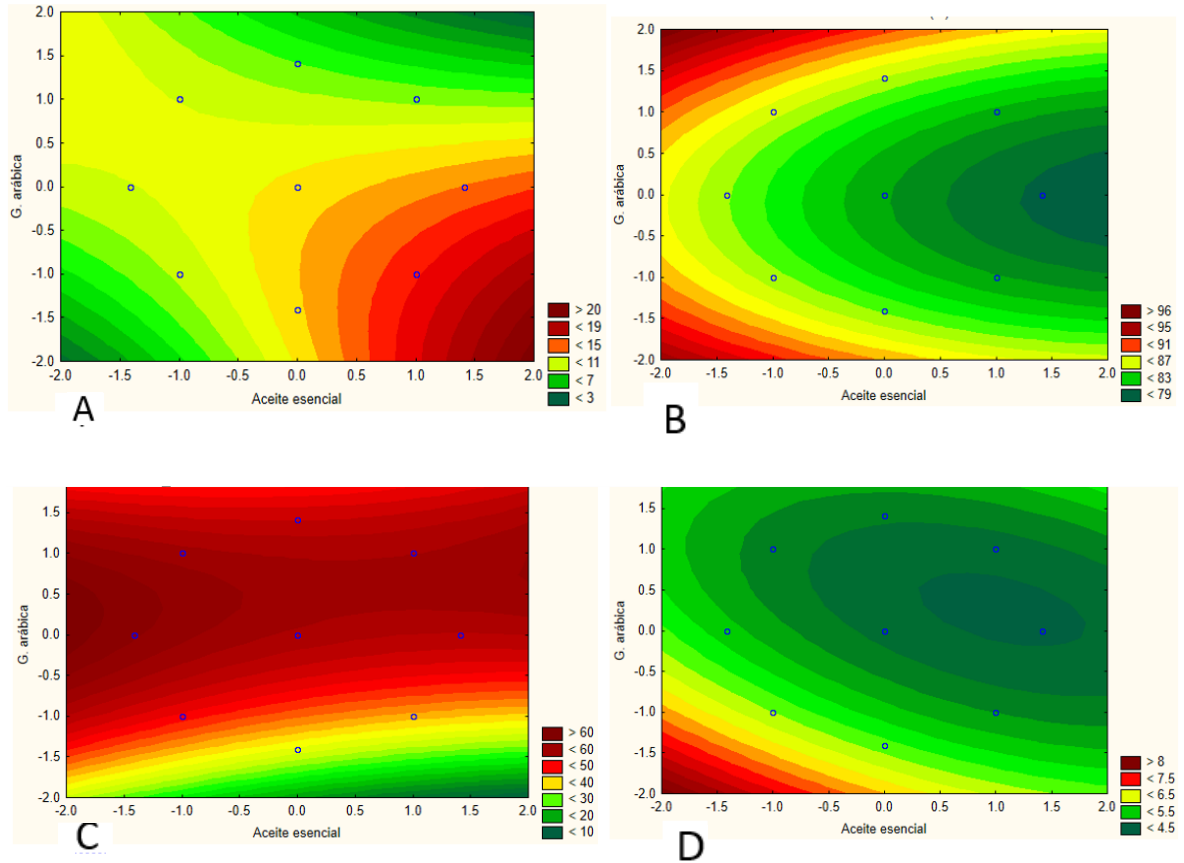


Figura 17. Gráfico de contorno de A (humectabilidad), B (solubilidad), C (higroscopicidad), D (R. de partículas)

Con respecto a las gráficas de contorno que se muestra en la figura 18 la solubilidad a baja concentración de AE y a mayor o menor % de goma arábica se incrementaron los valores. Pero en cambio para rendimiento de partículas presentó mayor valor a baja concentración de AE y goma arábica. Pero la humectabilidad presentó mayor valor a alta concentración de AE y baja concentración de G. arábica, pero la higroscopicidad presentó mayor valor en puntos centrales de Goma arábica y baja concentración de AE. Un similar se observó de comportamiento en las gráficas de superficie de respuesta en la gráfica 18.

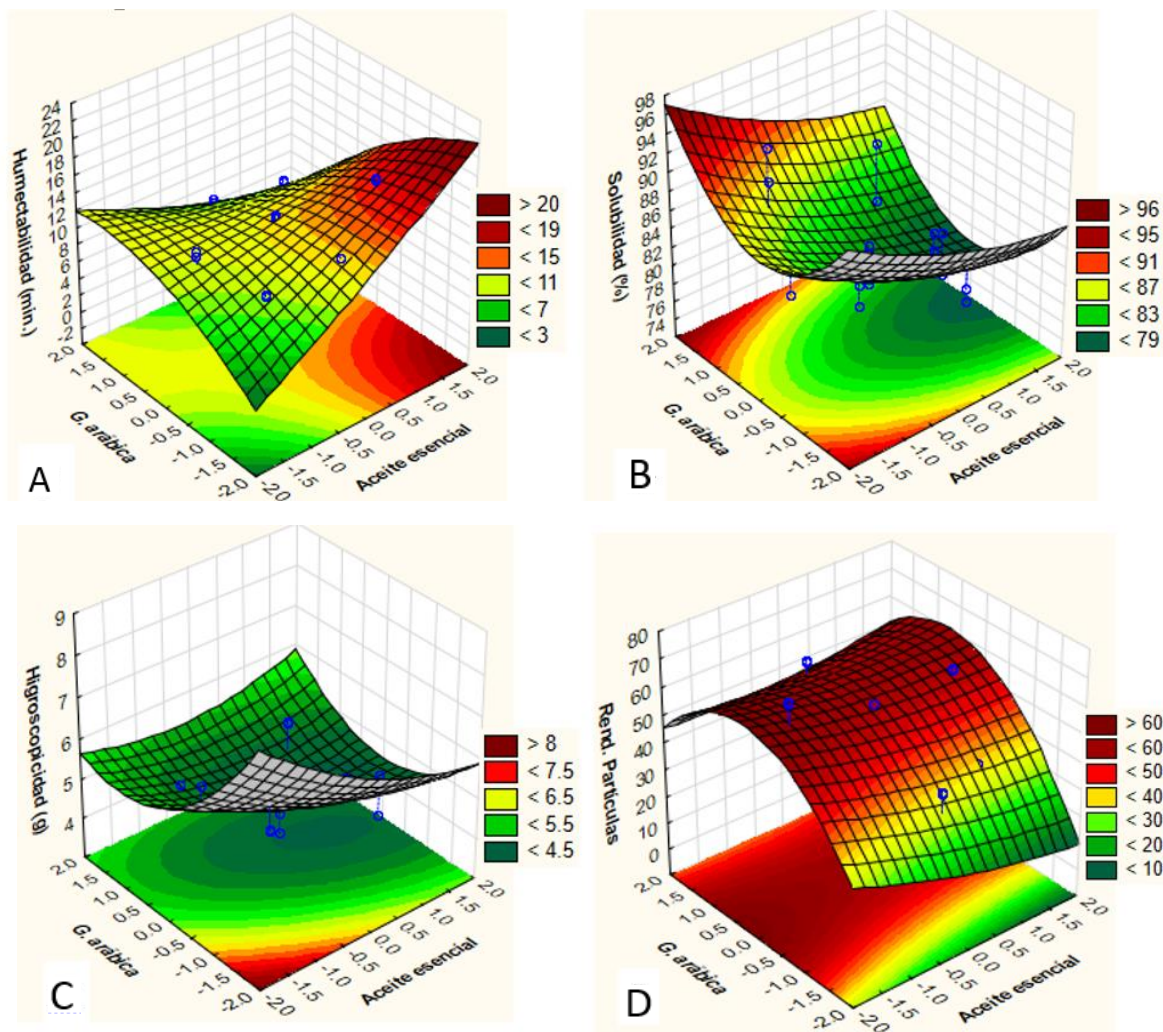


Figura 18. Gráfico de superficie de respuesta de A (humectabilidad (mmi.)), B (solubilidad), C (higroscopicidad), D (R. de partículas)

En la tabla 16 muestra aceite superficial y aceite encapsulado, durante el proceso de atomización de AE de menta negra, para aceite superficial fue mayor para T4 que registró 5.81 %, y respecto a menores valores fue para T6 y T3 que presentó 2.25 a 2.29 %. En cambio, para aceite total encapsulado fue mayor para T4 que registró 60.55 %, y respecto a menor valor fue para T7 que presentó 23.73 %.

Tabla 14. Análisis fisicoquímico de la microcápsulas de aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.)

Tratamientos	% AE Superficial	% AE Encapsulado	% MME
Trat. 1	3.78 ± 0.06	29.01 ± 1.29	86.99 ± 0.07
Trat. 2	5.00 ± 0.05	44.56 ± 0.08	88.69 ± 0.05
Trat. 3	2.25 ± 0.23	39.46 ± 0.05	95.46 ± 0.23
Trat. 4	5.81 ± 0.23	60.55 ± 0.19	90.41 ± 0.23
Trat. 5	2.62 ± 0.11	34.32 ± 0.47	92.38 ± 0.10
Trat. 6	2.29 ± 0.08	41.43 ± 0.06	94.48 ± 0.08
Trat. 7	2.72 ± 0.13	23.73 ± 0.12	88.54 ± 0.13
Trat. 8	4.04 ± 0.10	33.56 ± 0.12	87.97 ± 0.09
Trat. 9 (C)	3.15 ± 0.15	38.40 ± 0.12	91.42 ± 0.15
Trat. 10 (C)	3.11 ± 0.08	38.21 ± 0.25	91.52 ± 0.09
Trat. 11 (C)	3.18 ± 0.12	39.14 ± 0.26	91.66 ± 0.09
Trat. 12 (C)	3.01 ± 0.07	38.16 ± 0.05	90.80 ± 0.38

En la tabla 14 muestra los valores eficiencia de microencapsulación (MME) de microencapsulacion de AE de menta negra, durante el proceso se determinó (MME) que las microcápsulas fue mayor para T3 que registró 95.46 %, y respecto a menor valor fue para T1 que presentó 86.99 %.

Para la porcentaje de eficiencia de microencapsulacion (MME) para la microcápsulas de aceite de orégano con encapsulante de maltodextrina fue 87.19 a 96.14 % (Turasan, H. et al., 2015), según Quispe C., (2011) menciona para las microcápsulas de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) resultó un rango de 78.81 a 90.41 %, también observó el mismo

comportamiento para las microcápsulas liofilizadas de aceite de lino fue de 32.68 a 59.63 %, luego la (MME) fue de 75.42 a 90.57 % para las microcápsulas secadas por pulverización López et al. (2014) mencionaron que se microencapsularon aceite esencial de molle a 160°C, utilizan goma arábica y maltodextrina, obteniendo resultados entre de un eficiencia de 96 y 100%, Flores-Tique, Y. (2017), determinó la eficiencia de microencapsulación de aceite esencial de oregano resultando de 96.39%.

Los datos obtenidos resultaron similares esto de acuerdo al tipo de agente encapsulante como la maltodextrina y almidones, y la concentración de AE de menta negra. Esta MME es el resultado de una comparación de carbohidratos de bajo peso molecular que aumenta y proporciona mayores microcápsulas (Sheu y Rosenberg, 1998). Jafari, et al., (2008) indica que la proteína provoca la formación de una capa estable y resistente, los datos reportados de microcápsulas de AE de menta negra son similares a los mencionados por otros autores. Por lo tanto, los parámetros que afectan la eficiencia de la microencapsulación, cantidades de superficie y aceite total de las microcápsulas, estabilidad de la microcápsulas, tiende a oxidarse en presencia de oxígeno.

A medida que las partículas se hacen más pequeñas, aumenta la velocidad de secado, lo que mejora la velocidad de solidificación y también la retención de compuestos volátiles y las proteínas de suero (Jafari, et al., 2008). Según Barbosa et al. (2005), cuanto más estable es la emulsión, mayor es la eficiencia de microencapsulación para los aceites esenciales, es decir, menor es la cantidad de aceite esencial no encapsulado en la superficie de las partículas. Carneiro, Tonon, Grosso y Hubinger (2013), para obtener una mejor eficiencia de microencapsulación son las diferencias entre las matrices poliméricas formadas por los materiales de pared (Jyothi et al., 2012).

Tabla 15. Coeficientes de regresión de variables de respuesta de microencapsulación de aceite esencial por atomización

Factor	% AE Superficial	% AE Encapsulado	% Eficiencia de microencapsulación (MME)
Constante	3.111	30.916	93.946
Lineal			
β_1	0.148	5.815	0.148
β_2	0.830	5.067	-0.830
Cuadrática			
β_{11}	ns	2.985	Ns
β_{22}	0.456	-1.632	-0.485
Interacción			
β_{12}	0.000000	0.000373	0.000010
R ²	0.646	0.568	0.637
Lack of fit	0.000000	0.0000	0.000000

En la tabla 15, se presentan los coeficientes de regresión, donde se encontraron efectos significativos para la interacción (β_{12}) de % AE superficial, % AE encapsulado, % AE Eficiencia de microencapsulación MME.

Para la figura 19 que muestra el gráfico de contorno que es el resultado de la interacción, donde muestra un mayor porcentaje de concentración de Goma arábica y porcentaje de concentración de AEMN, pero también mostró baja interacción en ambas concentraciones.

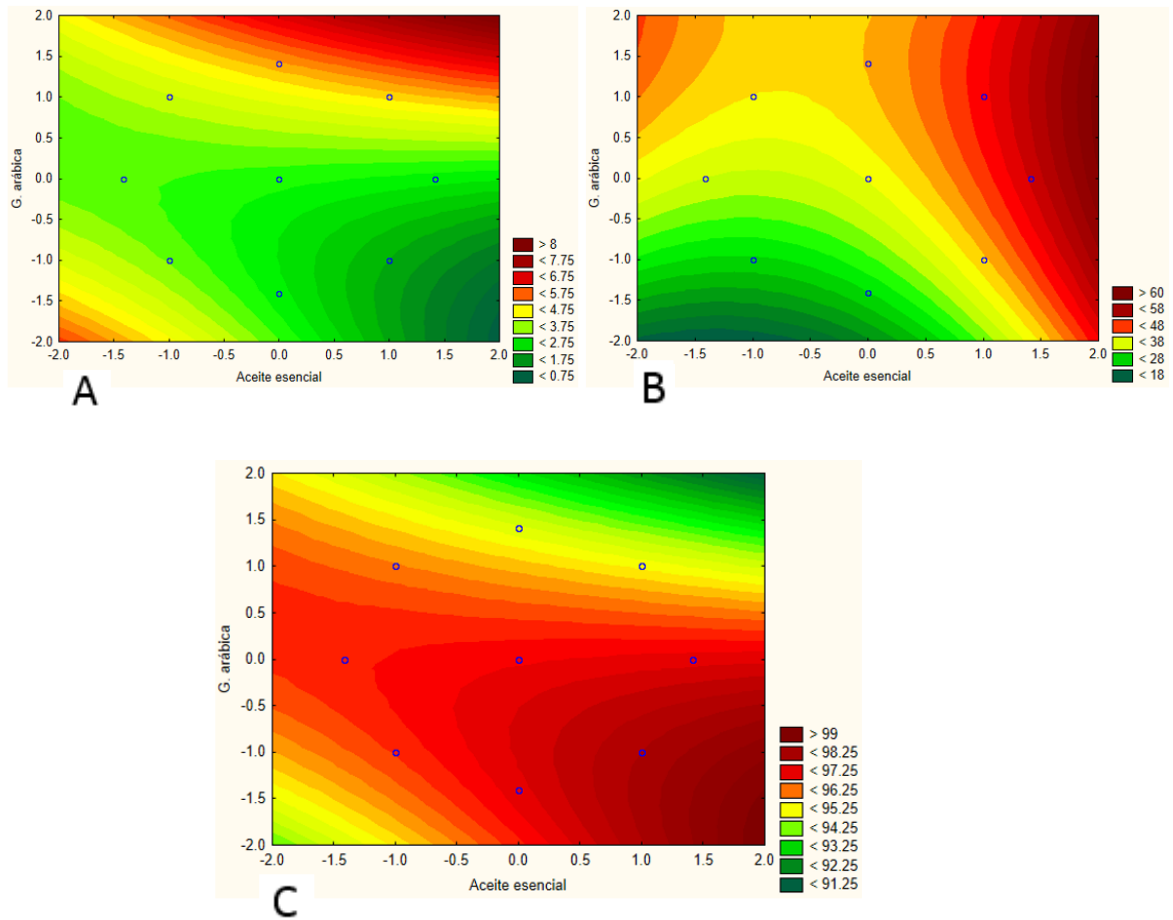


Figura 19. Gráfico de contorno de A (AE superficial), B (AE encapsulado) C (eficiencia de microencapsulación (MME))

En cambio, para el gráfico de contorno de porcentaje de AE encapsulado de la figura 19 en las interacciones que muestra, que el mayor valor en puntos centrales en porcentaje de concentración de Goma arábica y alto porcentaje de concentración de AEMN. En la figura 20 muestra el gráfico de contorno para la eficiencia de microencapsulación (MME), las interacciones entre porcentaje de concentración de AEMN y porcentaje de concentración de Goma arábica mostró claramente que los valores mayores dieron que a bajo porcentaje de concentración de Goma arábica y alto nivel de concentración de AEMN. Se desarrolló similar comportamiento que se observó para los gráficos de superficie de respuesta en la figura 20 para los variables de respuesta.

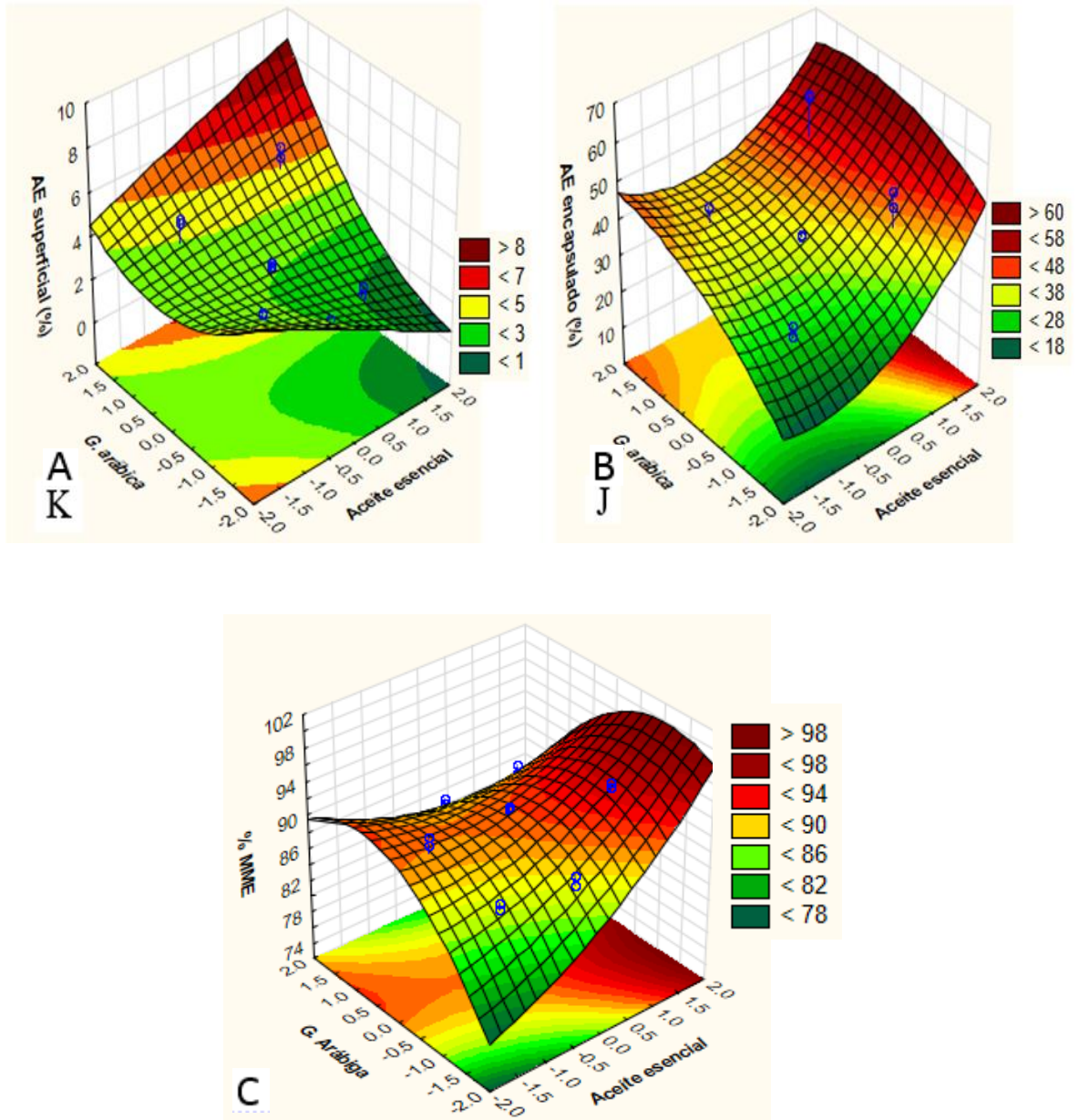


Figura 20. Gráfico de superficie de respuesta A (AE superficial %), B (AE encapsulado %), C (eficiencia de microencapsulación MME %).

4.3. Color de escala CIEL*a*b

Tabla 16. Determinación de color de las microcápsulas de aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.)

Tratamientos	Color		
	L*	a*	b*
Trat. 1	99.98 ± 0.07	3.44 ± 0.07	12.19 ± 0.81
Trat. 2	99.94 ± 0.02	3.35 ± 0.17	13.12 ± 0.80
Trat. 3	99.85 ± 0.03	3.78 ± 0.08	10.85 ± 0.94
Trat. 4	99.79 ± 0.03	3.18 ± 0.08	13.51 ± 0.95
Trat. 5	99.83 ± 0.07	3.13 ± 0.10	11.77 ± 2.14
Trat. 6	99.89 ± 0.09	3.36 ± 0.22	12.44 ± 2.31
Trat. 7	99.91 ± 0.04	3.67 ± 0.11	12.52 ± 1.59
Trat. 8	99.84 ± 0.03	3.72 ± 0.18	12.52 ± 0.26
Trat. 9 (C)	99.75 ± 0.04	3.56 ± 0.15	11.21 ± 2.30
Trat. 10 (C)	99.75 ± 0.04	3.56 ± 0.15	11.20 ± 2.31
Trat. 11 (C)	99.75 ± 0.05	3.57 ± 0.14	11.22 ± 2.30
Trat. 12 (C)	99.74 ± 0.04	3.56 ± 0.15	11.22 ± 2.32

En la tabla 16 muestra la determinación de color (L*, a*, b*) de las microcápsulas de (AEMN), el efecto de luminosidad (L*) y amarillamiento (b*) no se observaron diferencias entre AE y goma arábica. Sin embargo, para el enrojecimiento (a*) se observa en una menor interacción.

Según Cynthia, et al., (2015), las microcápsulas de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) secado por atomización que corresponde a la región de rojo y amarillo como se

mostró de rango para a^* 2.7 a 3.7 y para b^* 15.6 a 18.6 una luminosidad de 78.6 a 84.3. similares a los valores obtenidos Cai y Corke, (2000). Estudiaron el polvo de amaranto y reportó colores más brillantes (mayor a^*), pero similar en el color rojo. Estos valores son similares a los resultados obtenidos de microcápsulas de (AE) de menta negra, ya que esta esta determinación de color, fue afectada por los agentes encapsulantes de goma arábica, produciendo de los colores mas oscuros decir la disminución de la luminosidad. Este comportamiento atribuye que la goma arábica que tiene naturalmente un color mas oscuro.

Tabla 17. Coeficientes de regresión de color de microencapsulación de aceite esencial.

Factor	L*	a*	b*
Constante	99.749	3564	11.213
Lineal			
β_1	ns	ns	Ns
β_2	ns	ns	Ns
Cuadrática			
β_{11}	0.062	- 0.168	Ns
β_{22}	0.068	ns	Ns
Interacción			
β_{12}	ns	0.0233	Ns
R ²	0.511	0.518	0.092

En la tabla 17, se presentan los coeficientes de regresión, donde no se encuentran efectos significativos para la interacción (β_{12}) en la luminosidad (L*), y para (b^*) - azul + amarillo, de la misma forma en la linealidad. Sin embargo, para (a^*) de -verde + rojo tuvo efecto un significativode la interacción.

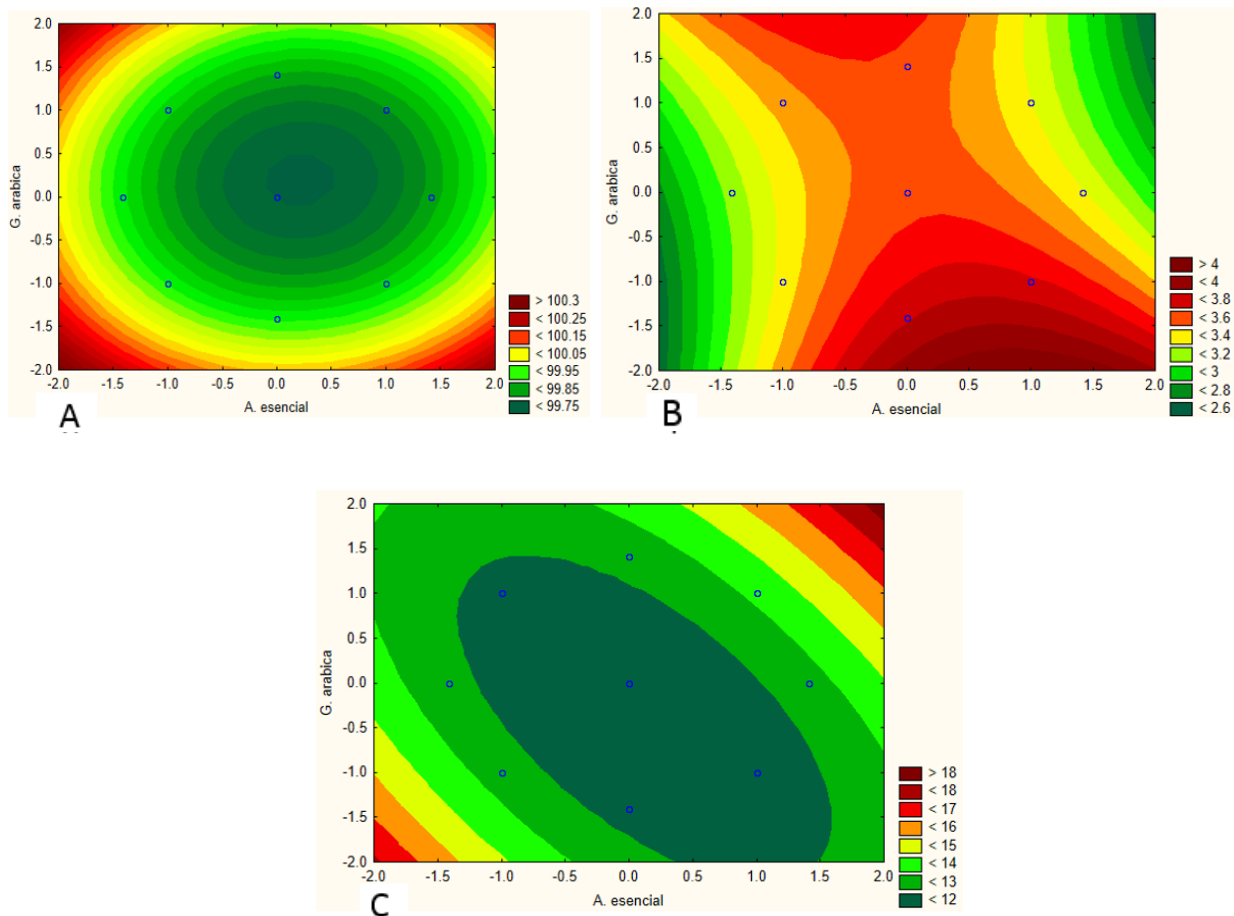


Figura 10. Gráfico de contorno de color (L^* , a^* , b^*) de luminosidad (A), amarillamiento (B), enrojecimiento (C)

Respecto a los gráficos de contorno de color para la microencapsulación de aceite esencial de menta negra para mayor luminosidad (L^*) y el amarillamiento (b^*) se dió a bajas concentraciones de aceite esencial de menta negra y la goma arábica, y para mantener el enrojecimiento se trabajó a bajas concentraciones de goma arábica y altas concentraciones de aceite esencial de menta negra (figura 21 y 22)

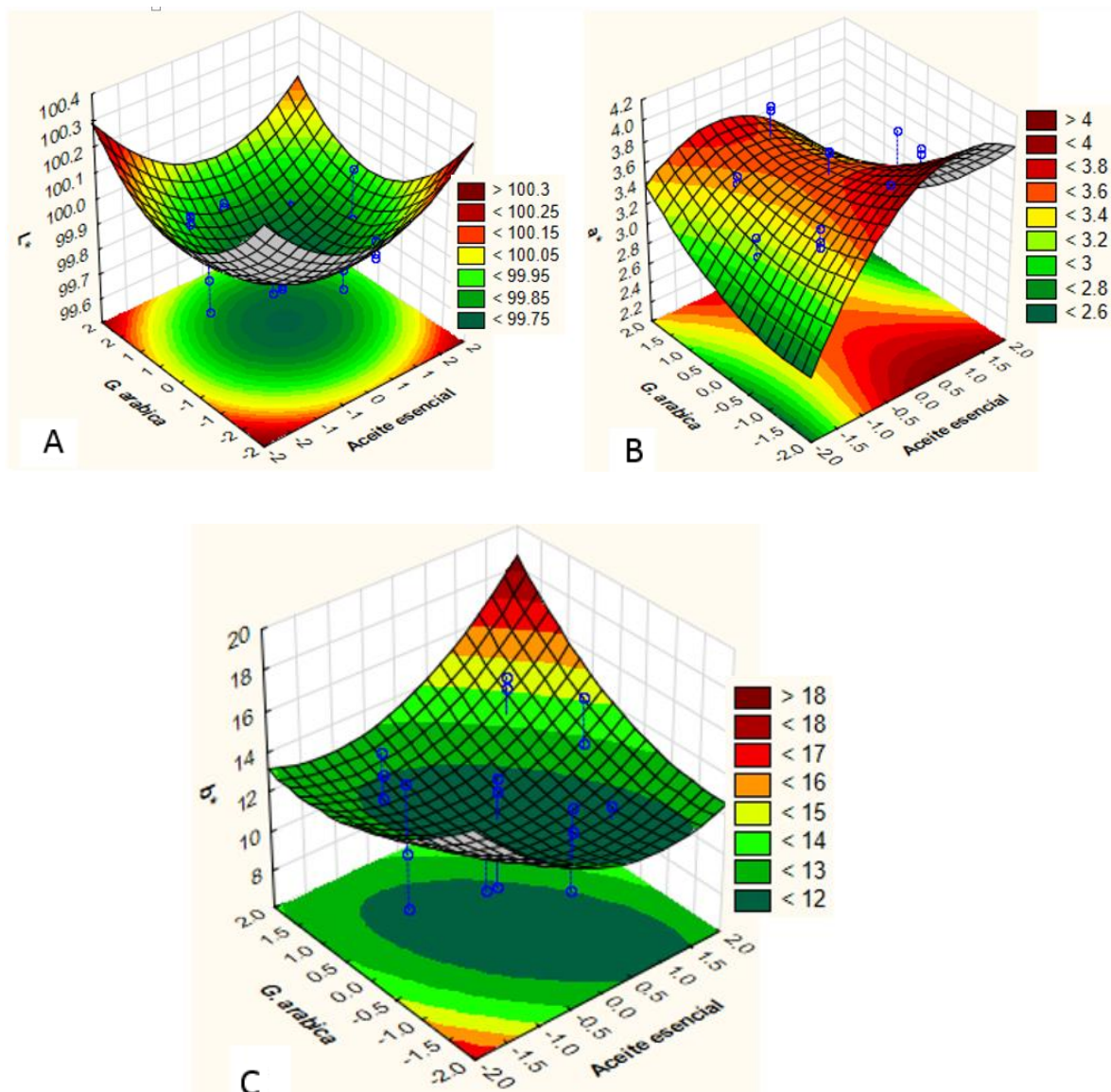


Figura 22. Gráfico de superficie de respuesta del color (L^* , a^* , b^*)

4.4. Análisis morfológico

Las muestras analizadas de los tratamientos de mayor y menor eficiencia de microencapsulación de aceite esencial de menta negra son de T3 y T1 que fueron trabajados a 150°C y 160°C , que presentarán algunas de formas irregulares, algunas microcápsulas con superficies lisas y otras con deformaciones similares a cráteres.

Alvarenga et al. (2012) evaluó la morfología de microcápsulas de aceite esencial de orégano, éstas resultan esféricas y otras con deformaciones superficiales. Similares a los encontrados en la figura 23.

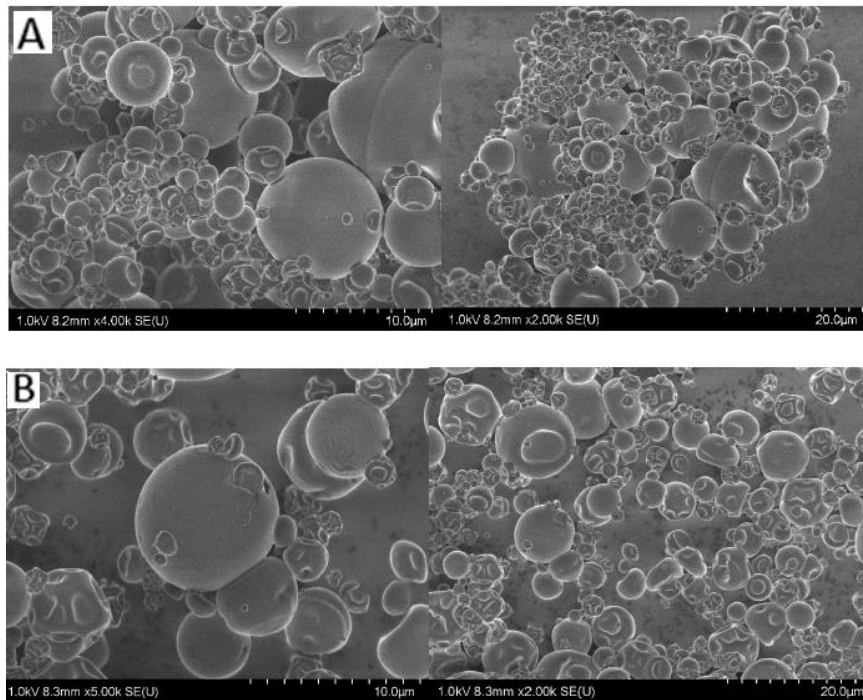


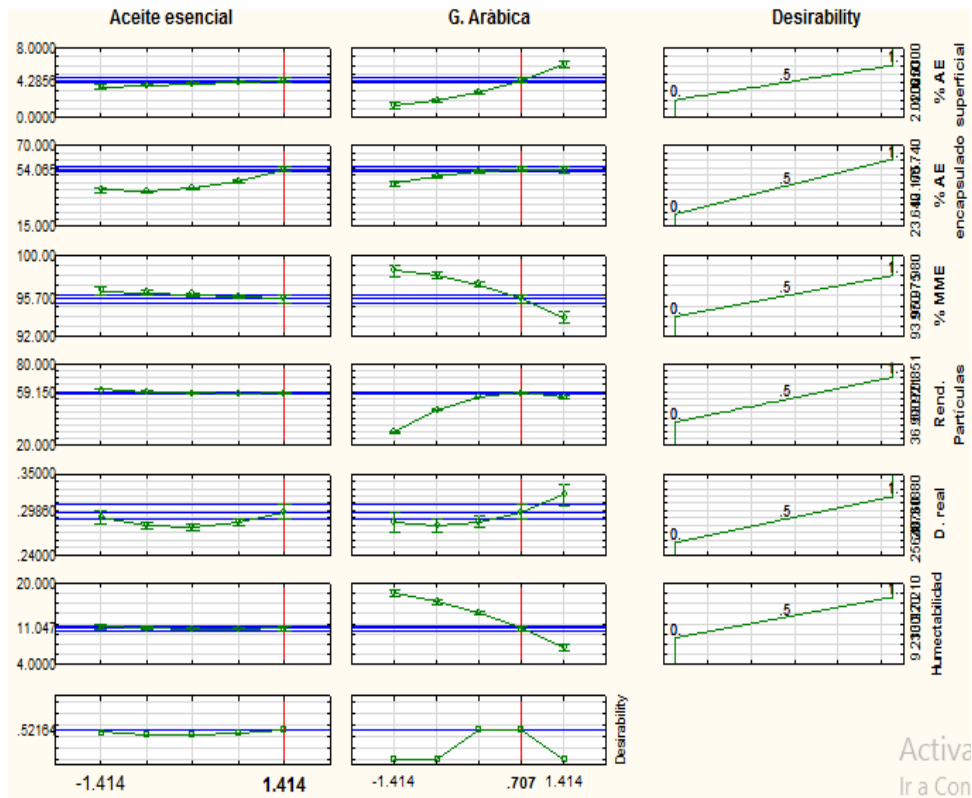
Figura 23. Morfología de las microcápsulas de aceite esencial menta negra de A=T3 de mayor (MME). Y B=T1 de microcápsulas de menor (MME).

En la figura 23 se muestra ambas eficiencias de microencapsulación T3 es mayor y T1 menor. La microscopía mostró una estructura multinuclear blanca que la concentración de aceite se distribuyó uniformemente en la matriz del atomizado posee características comunes en la matriz que son esféricas con una superficie lisa. Algunos autores indican que se pueden producir diversas morfologías de partículas cambiando las condiciones del proceso. Ferrándiz (2015) mencionó que las microencapsulas de aceite esencial de orégano, el tratamiento óptimo tiene una relación másica de 1:2 (goma arábiga: aceite), temperatura de entrada (160°C) y el flujo de aspiración (75%), el autor hace énfasis en que los dos últimos son los parámetros influyentes para formar microcápsulas esféricas. Priyanka Biswas et al.

(2016) mencionaron que el aumento de la temperatura conduce a la formación de cápsulas deformes más grandes y una cubierta externa más delgada. En específico Vaidya, Bhosale y Singhal (2006), Kanakdande, Bhosale y Singhal (2007) indican que la goma arábiga es un encapsulante que forma microcápsulas con muchas deformaciones en la superficie, mientras que la maltodextrina tiene la particularidad de formar pared y producir microcápsulas deformes y no completas. Las condiciones operativas de secado por atomización aparentemente no afectaron la morfología esférica de las microcápsulas; porque no exhibieron ninguna grieta superficial aparente.

Según Quispe et al (2015) mencionaron que las microcápsulas de aceite de sachá inchi también son de tamaño heterogéneo con un diámetro de partícula de 290.34 μm . Dado que los diámetros medios de las partículas son menores a 200 μm , el almidón más aceite girasol resultó 7 – 130 μm (Yılmaz et al., 1999), goma de acacia más aceite vegetal 32 μm . Sin embargo, se informaron diámetros medios de partícula bajos para las microcápsulas de aceite de pescado más almidón preparadas por liofilización 0,36 a 0,54 μm (Zhong et al., 2009).

(A)



(B)

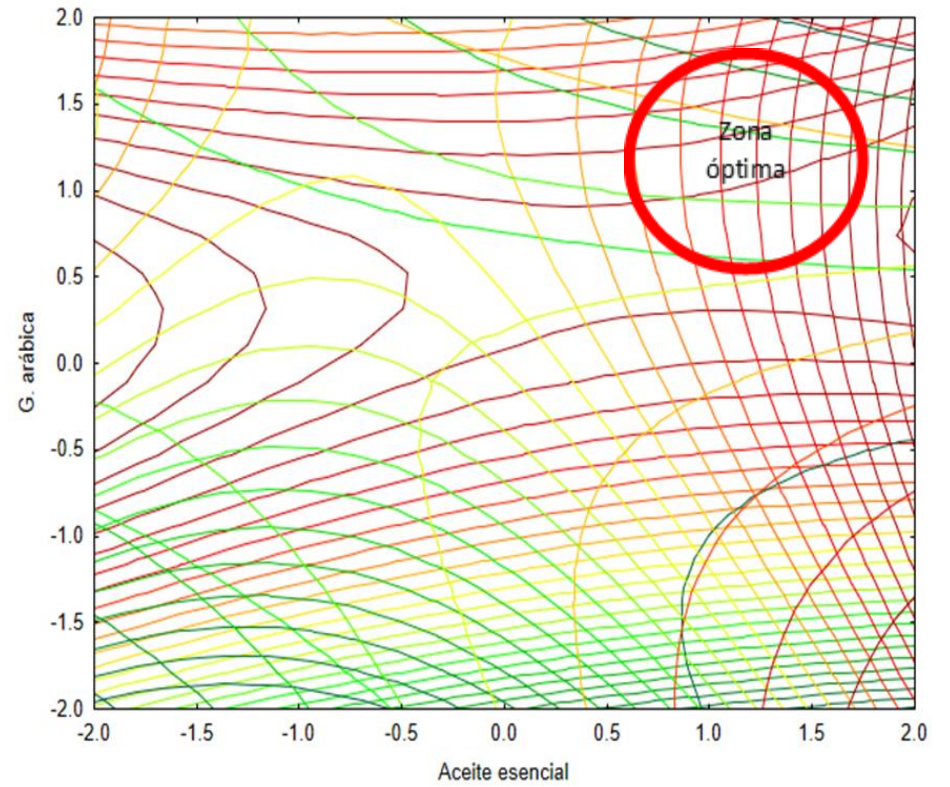


Figura 24. Gráfico de deseabilidad (A) y gráfico de contornos superpuestos (B) de las variables dependientes significativas

En comparación los resultados son similares por que la acción de goma arábica influye bastante, preparación de emulsión y la temperatura de atomización. Las cápsulas tienen menor permeabilidad, aumentando la protección y retención del material activo.

Según el análisis de formación de deseabilidad o optimización para encontrar los parámetros optimos respecto a las concentraciones de (AEMN) y goma arábica, se determinó que se debe trabajar a altas concentraciones de AE y Goma arábica para mejorar el % de AE superficial, % AE encapsulado, % MME, % rendimiento de partículas, densidad real (g/ml) y humectabilidad (min.). fue de 5.17% AE y 7% GA.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

El aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.) fue extraído por arrastre de vapor y se determinó los análisis fisicoquímicos de aceite esencial de pH 4.667, humedad 15.549 %, densidad 0.927 g/ml, índice de acidez 2.554 %, índice de refracción 1.457, evaluación residual 87.160 %, rendimiento de extracción es 2.54 %.

La microencapsulación del aceite esencial de menta negra (AEMN) mostró los siguientes resultados: humedad entre 7.84 a 10.20 %, sólidos totales (SST) 89.80 a 92.16 %, actividad de agua 0.37 a 0.46, densidad aparente 0.33 a 0.41 g/ml, densidad real 0.26 a 0.31 g/ml, humectabilidad 9.39 a 13.13 minutos, solubilidad 78.50 a 91.25 %, higroscopicidad 3.99 a 6.31 g humedad/100 de sólido seco, rendimiento de partículas 37.55 a 70.48 %, porcentaje de aceite de superficial 2.25 a 5,81 %, porcentaje de aceite encapsulado 23.73 a 60.55 %, eficiencia de microencapsulación (MME) 86.99 a 95.46 %, color efectos de luminosidad (L^*) 99.98 a 99.75, para a^* (- verde + rojo) 3.13 a 3.78, y para b^* (- azul + amarillo) 10.85 a 13.51. También se ha realizado el análisis morfológico de mayor y menor MME.

Por lo tanto, la microencapsulación es un proceso donde se determinarán parámetros desde la extracción del aceite esencial hasta obtención de las microcápsulas de AEMN y su respectivo análisis fisicoquímico, usos de los agentes encapsulantes se obtención de mayor % de eficiencia de microencapsulación.

REFERENCIAS

- Abadio, F. D. B., Domingues, A. M., Borges, S. V., & Oliveira, V. A. (2004). Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice, Effect of maltodextrin concentration and atomization speed. *Journal of Food Engineering*. 64, 285-287.
- Adolfo Ávalos García. Elena Pérez-Urria Carril. (2009). Metabolismo secundario de plantas, Departamento de Biología Vegetal I (Fisiología Vegetal). Facultad de Biología. Universidad Complutense. Madrid. *Reduca (Biología)*. Serie Fisiología Vegetal. 2 (3): 119-145, ISSN: 1989-3620
- Albado, E., Saez, G. y Grabiell, S (2001). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del *Origanum vulgare* (orégano). *Revista Medica Herediana*, 12(1), 17-19 (2001).
- Albarracín, G. y Gallo, S. (2001). Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial de *Piper aduncum* (cordoncillo) procedente de la zona cafetera. Universidad Nacional de Colombia.
- Amrita, K., Dabur, R. S., Kapoor, C. M. (1999). Application of microencapsulation technology in dairy industry. *Indian Food Industry*. 1999, 18, 57–64.
- Angel, R. C. M., Espinosa-Muñoz, L. C., Aviles-Aviles, C., González-García, R., Moscota-Santillán, M., Grajales-Lagunes, A., & Abud-Archila, M. (2009). Spray-drying of passion fruit juice using lactose-maltodextrin blends as the support material. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(4), 1011–1018. doi:10.1590/s1516-89132009000400026.

- Arizo.O, A. Curioni y G. Motta (2008). Evolución de las importaciones y exportaciones argentinas de mentol y aceites esenciales de menta. Análisis de la balanza comercial de la década 1996- 2005. *Horticultura Argentina* 27(63).
- Arzani, A.; Zeinadi, H. and Razmjo, K. (2007). Iron and magnesium concentrations of mint accessions (*Mentha* spp.). *Plant Physiol. Biochem.* 45:323-329.
- Asbahani, A. E., Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Addi, E. H. A., Casabianca, H., Elaissari, A. (2015). Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 483(1-2), 220–243. Doi:10.1016/j.ijpharm.2014.12.069.
- Bandoni, A. (2000). Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica. Su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores. 1ª Ed, Editorial U. Nacional de la Plata, La Plata. P.p. 13 – 42.
- Baranauskienė, R., Bylaitė, E., Žukauskaitė, J., & Venskutonis, R. P. (2007). Flavor Retention of Peppermint (*Mentha piperita*L.) Essential Oil Spray-Dried in Modified Starches during Encapsulation and Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(8), 3027–3036. doi:10.1021/jf062508c.
- Barbosa-Cánovas, G.V., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., and Yan H. (2005) Bulk properties. En *Food Powders: Physical Properties, Processing and Functionality*. G.V. Barbosa-Cánovas (ed.). Kluwer Academic/ Plenum Publishers. New York. Pp. 55-90.
- Bauer, K., Garbe, D., Surburg, H. (2001). *Common Fragrance and Flavors materials*.
- BeMiller J. y Whistler R. (1996). Carbohydrates. In: Fennema, O.R. (ed.), *Food Chemistry*. Third ed. Marcel Dekker, New York.

- Beristain, C. I., Vázquez, A., García, H. S., Vernon-Carter, E. J. (1996). Encapsulation of orange peel oil by cocrystalization. *Lebensmittel-Wissenschaft undtechnologie*. 29, 645-647.
- Beristain, C., García, H. & Vernon, E. (2001). Spray-dried encapsulation of cardamom (*Elettaria cardamomum*) essential oil with mesquite (*Prosopis juliflora*) gum. *Food Science and Technology*. 34, 398-401.
- Bhandari, B. R., D'Arcy, B. R., Padukka, I (1999). Encapsulation of lemon oil paste method using B-cy clodextrins: encapsulation efficiency and profile of oil volatiles. *J Agric Food Chem*, 47, 5194-5197.
- Bhandari, B. R., Dumoulin, E. D., Richard, H. M. J., Noleau, I., y Lebert, A. M. (1992). Flavor Encapsulation by Spray Drying: Application to Citral and Linalyl Acetate. *Journal of Food Science*, 57(1), 217–221. doi:10.1111/j.1365-2621.1992.tb05459.x
- Biswas, P., Sen, D., Mazumder, S., Basak, C. B., & Doshi, P. (2016). Temperature Mediated Morphological Transition during Drying of Spray Colloidal Droplets. *Langmuir*, 32(10), 2464–2473. doi:10.1021/acs.langmuir.5b04171
- Boh. B y Sumiga. B (2008) Microencapsulation technology and its applications in building construction materials. *RMZ- Materials and Geoenvironment*, 55(3), 329- 344.
- Bowles, E. J. (2003). *Chemistry of Aromatherapeutic Oils*. Allen y Unwin, ISBN 174114051X. 2003.
- Brazel C. S. (1999). Microencapsulation: offering solution for the food industry. *Cereals Foods World*, 44, 388-393

- Bruneton J., (2001). Farmacognosia, Fotoquímica. Plantas Medicinales. 2a Ed. Zaragoza: Acribia S. A. 500 pp.
- Cáceres, A. (1999). Plantas de uso medicinal en Guatemala. Guatemala: Editorial Universitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala. (pp. 265-267)
- Cáceres, A. et. al. (2006). Vademecum nacional de plantas medicinales. MSPAS-USAC. Guatemala: Editorial Universitaria. (pp. 151-152)
- Cai, Y. Z., y Corke, H. (2000). Production and Properties of Spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments. *Journal of Food Science*, 65(7), 1248–1252. doi:10.1111/j.1365-2621.2000.tb10273.x
- Cano, C.; Bonilla, P.; Roque, M.; Ruiz, J. (2008). Actividad antimicótica in vitro y metabolitos del aceite esencial de las hojas de *Minthostachys Mollis* (muña). *Rev. perú. med. exp. salud publica* 25(3): 298-301.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M. y Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6 (4), 420–428.
- Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., & Fellman, J. K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine ‘Carabao’ var.) powder. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 135-148. [http:// dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010](http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010).

- Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., & Fellman, J. K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 135-148. [http:// dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010](http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010).
- Carhuapoma Y M (2002). Plantas medicinales aromáticas nativas de la provincia de Huamanga y sus perspectivas económicas. Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico, UNSCH, Facultad de Ciencias Biológicas. Ayacucho.
- Carneiro, Helena & Tonon, Renata & Grosso, Carlos & Hubinger, Miriam. (2013). Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *Journal of Food Engineering*. 115. 443. [10.1016/j.jfoodeng.2012.03.033](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.033).
- Ceballos, A. M., Giraldo G. I. y Orrego C. E., (2012). Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp, *J Food Eng*, 111, 360–365.
- Cerpa. Ch., M. (2005). Extracción de productos naturales mediante fluidos supercríticos: fundamentos y posibilidades de uso en el peru.
- Chegini, G.R.; Ghobadian, B. (2005). Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powder. *Drying Technology*, 23 (3), 657–668.
- Cogat P. (1995). Apparatus for Separating Biochemical Compounds from Biological Substances. U.S.
- Cristina Arango (2006). Plantas medicinales: botanica de interest médico. Con ISBN 9789583392351. Consultado el 2 de enero de 2018.

- Croteau, R., Kutchan, T. M., Lewis, N. G. (2000). Natural products (secondary metabolites) en: Buchachan, B., Gruissem, W., Gruissem, W., Jones, R. (Eds), Biochemical and Molecular Biology of plants. Am Soc Plants Physiol.
- Crouzet, J. (1998). Aromes alimentaires. In: Techniques de l'ingénieur, Agroalimentaire F. pp1-16
- Cuaspud A. (2015). Obtención de aceite de aguacate microencapsulado mediante secado por atomización. Tesis de pregrado. Ecuador. 142 págs.
- Cynthia S, j, John Don Bosco & Soumya Bhol (2015). Physical and Structural Properties of Spray Dried Tamarind (*Tamarindus indica* L.) Pulp Extract Powder with Encapsulating Hydrocolloids, International Journal of Food Properties, 18:8, 1793-1800, DOI: 10.1080/10942912.2014.940536.
- Dalgleish, D. G. (1997). Adsorption of proteins and the stability of emulsions.
- Daraoui N, Dufour P, Hammouri H, Hottot A. (2010). Model predictive control during the primary drying stage of lyophilisation. Control Eng Pract; 18(5):483-494.
- De Barros, R., Vilela, S. & Alvarenga, D. (2013). Influence of spray drying operating conditions on microencapsulated rosemary essential oil properties. Ciencia e Tecnologia de alimentos, 33(1), 171-178.
- De León, M. (2008). “Comparación del rendimiento del aceite esencial de dos especies de eucalipto (*Eucalypto citriodora* Hook y *Eucalypto camaldulensis* Dehnh), aplicando el método de hidrodestilación a nivel de laboratorio”. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería-Escuela de Ingeniería Química. Guatemala.

- Díaz, O. (2007). Estudio comparativo de la composición química y evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial de *Aloysia triphylla* cultivada en 3 regiones de Colombia.
- Dickinson, E. Milk protein interfacial layers and the relationship to emulsion stability and rheology. *Colloids Interfaces*. 2001, 20, 197-210.
- Dolores, P. L. (2014). Perfil fitoquímicos del aceite esencial del fruto de tejocote mexicano.
- Domínguez, X. 1979. *Métodos de Investigación Fitoquímica*. Edit. Limusa. México.
- Dorman, H. J. D.; Kosar, M.; Kahlos, K.; Holm, Y. and Hiltunen R. (2003). Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, hybrids, varieties and cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 51:4563-4569.
- Dziezak, J. (1988). "Microencapsulation and Encapsulation Ingredients," *Food Technology*, Vol. 2, No. 4, pp. 136-151.
- Dziezak, J. D. (1998). Microencapsulation and encapsulation ingredients. *Food Technol*, 42, 136-151.
- Eastman, J. and Moore, C., (1984). Cold water soluble granular starch for gelled food composition. U.S. Patent 4465702.
- Emilia, PlauS, Saez, Gloria y Sandra, Ataucusi. (2001). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del *Origanum vulgare* (orégano). *Revista Medica Herediana*. 12. 10.20453/rmh.v12i1.660.

- Fang, Z. y Bhandari, B. (2012). Spray drying, freeze drying and related processes for food ingredient and nutraceutical encapsulation. En N. Garti y J. McClements, Encapsulation technologies and delivery systems for food ingredients and nutraceuticals (págs. 92-121). Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.
- Favaro, C., A. Santana, E. Monterrey, M. Trindade and F. Netto. (2010). The use of spray drying technology to reduce bitter taste of casein hydrolysate. *Food Hydrocolloids* 24(4): 336-340.
- Ferrándiz (2015) microencapsula aceite esencial de orégano, el tratamiento óptimo tiene una relación másica de 1:2 (goma arábica: aceite), temperatura de entrada (160°C) y el flujo de aspiración (75%), el autor hace énfasis en que los dos últimos son los parámetros influyentes para formar microcápsulas esféricas.
- Flikovo, I. and Mujumdar. A.S (1987). Industrial spray drying systems in hand book of industrial drying. Mujumdar A.S. editor. Marcel Dekker Inc. New York. Pp. 243.
- Flores-Tique, Y. (2017). Evaluación del efecto antimicrobiano del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) aplicado en el pan molde en microencapsulado y pulverizado. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima.
- Freire, R. H., Borges, M. C., Alvarez-Leite, J. I., Y Correia, M. I. T. D. (2012). Food quality, physical activity, and nutritional follow-up as determinant of weight regain after Roux-en-Y gastric bypass. *Nutrition*, 28(1), 53–58. doi:10.1016/j.nut.2011.01.011
- Freudig, B., Hogekamp, S., Schubert, H (1999). Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*: 38 (4-6),525–532.

- Freudig, B., S. Hoge Kamp y H. Schubert, (1999). Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel, *Chem Eng Process*, 38, 525–532.
- Fu WY, Etzel MR. (1995). Spray drying of *Lactococcus lactis* ssp. *Lactis* C2 and cellular injury. *J. Food Sci.* 60: 195-200.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A. & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients. *Food Research International*, 40(9), 1107-1121.
- Glenn, G. M., Stern D. J. (1999). Starch-based Microcellular Forms. US Patent Serial 5958589, Washington, DC.
- Golovnya, R. V., Misharina, T. A., Terenina, M. B. GC (1998). Evaluation of flavour compound sorption from water solutions by corn starch cryotextures obtained by freezing. *Nahrung*, 42, 380-384.
- Goubet, I., Le Quere, J. L., Voilley, A. (1998). Retention of aroma compounds by carbohydrates: influence of their physical state. *J Agric Food Chem.* 1998, 48, 1981-1990.
- Goula, A.M., Adamopoulos, K.G., Kazakis, N.A. (2004). Influence of spray drying conditions on tomato powder properties. *Dry. Technol.* 22(5), 1129–1151
- Granados V., R. L., D. Granados S. y A. Sánchez G. (2015). Caracterización y ordenación de los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) de la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz). *Madera y Bosques* 21(2): 23-43

- Hawrył M, Niemiec M, Słomka K, Waksmundzka-Hajnos M, Szymczak G (2016) Separación micro-2d-tlc de compuestos fenólicos en algunas especies de menta y sus huellas dactilares en la fase estacionaria polar unida a diol. *Acta Chromat* 28: 119-127.
- Herbotecnia, (2009). Informativo publico demostrativo sobre especies. medicinales/menta-/-hierbabuena-mentha-sativa-informacion.html.
http://www.plantasyhogar.com/jardin/plantas/aromaticasymedicinales/?pagina=jardin_plantas_aromaticasymedicinales_018_018. Consultado, 28 de octubre del 2009.
- Hernández, P. (2011d). Encapsulación de aceite esencial de clavo en su aplicación en la industria alimentaria. Universidad Católica San Antonio. 276 p.
- Hernández, V. L. (abril de 2005). Comparación de la calidad del aceite esencial crudo de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) en función de la concentración de geraniol obtenido por medio de extracción por arrastre con vapor y maceración. Guatemala, Republica de Guatemala.
- Hilbich, C., Kisters-Woike, B., Reed, J., Masters, C. L., y Beyreuther, K. (1991). Aggregation and secondary structure of synthetic amyloid β A4 peptides of Alzheimer's disease. *Journal of Molecular Biology*, 218(1), 149–163. doi:10.1016/0022-2836(91)90881-6.
- Hogan, S. A., Mc Namee, B. F., O'Riordan, E. D., O'Sullivan, M. (2001). Microencapsulating properties of whey protein concentrate. 75. *Food Engineering and Physical Properties*. 2001, 66, 675-680.

- Jafari, S. M., Assadpoor, E., He, Y., & Bhandari, B. (2008). Encapsulation Efficiency of Food Flavours and Oils during Spray Drying. *Drying Technology*, 26(7), 816–835. doi:10.1080/07373930802135972
- Jima, P. A. (2013). Respuesta de la hierba buena (*mentha piperita* l.) a dos distancias de siembra y a la aplicación edáfica de dos abonos orgánicos más compuestos minerales a tres dosis. Quito, Pichincha, Ecuador 15 de enero.
- Jittanit, Weerachet & Chantara-In, Maythawee & Deying, Tithiya & Ratanavong, Wantanee. (2011). Production of tamarind powder by drum dryer using maltodextrin and Arabic gum as adjuncts. *Songklanakarín Journal of Science and Technology*. 33. 33-41.
- Jyothi, NVN., Prasanna, PM., Sakarkar, SN., Prabha, KS., Ramaiah, PS. and Srawan, GY. (2010) Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. *J. Microencapsul.* 27 (3): 187-197
- Kanakdande, Dattanand & Bhosale, Rajesh & Singhal, Rekha. (2007). Stability of cumin oleoresin microencapsulated in different combination of gum Arabic, maltodextrin and modified starch. *Carbohydrate Polymers*. 67. 536-541. 10.1016/j.carbpol.2006.06.023.
- Kavrayan D, Aydemir T., (2001) Purificación parcial y caracterización de polifenoloxidasas de menta (*mentha piperita*). *Food Chem* 74 : 147-154.
- Kenyon M. (1995). Modified starch maltodextrin and corn syrup solids as wall materials for food encapsulation. In: *Encapsulation and controlled release of food ingredients*. Rish S. J. and Reiniccius G. A. (eds). ACS Symposium series 590, American Chemical Society. Washington, DC. pp. 42-50.

- Kha, T. C., Nguyen, M. H., Roach, P. D., & Stathopoulos, C. E. (2014). Microencapsulation of Gac Oil by Spray Drying: Optimization of Wall Material Concentration and Oil Load Using Response Surface Methodology. *Drying Technology*, 32(4), 385–397. doi:10.1080/07373937.2013.829854.
- Khalil AF, Elkatry HO, El Mehairy, HF (2015). Efecto protector de los aceites de hojas de menta y perejil contra la hepatotoxicidad experimentales. *Ana. Agric Sci*60: 353-359.
- Kimbaris, A. C., Siaty, N. G. Daferera, D. J., Tarantilis, P. A., Pappas, C. S., y Polissiou, M. G. (2006). Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). *Ultrasonics Sonochemistry*. 13:54-60.
- King AE. (1985). Studies on the production of banana juice powder using spray drying. *J. Chinese Agric. Chem. Soc. (in Chinese)* 23: 62-72.
- Kuklinski G, (2003). *Farmacognosia. Estudio de las drogas y sustancias medicamentosas de origen natural*. Edición Omega, S.A., Barcelona. 515 pp.
- La valle, J., (2001). *Natural Therapeutics Pocket Guide*. 1ra Edición. Lexi-Comp, Inc. Ohio, USA.
- Lamarque, J.-F., Kinnison, D. E., Hess, P. G., and Vitt, F.: Simulated lower stratospheric trends between 1970 and 2005: identifying the role of climate and composition changes, *J. Geophys. Res.*, 113, D12301, doi:10.1029/2007JD009277, 2008.

- Loksuwan, J. (2007). Characteristics of microencapsulated β -carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrina. *Food Hydrocolloids* 21: 928-935.
- Lopera C, Seneida M, Guzmán O, Cielo, Cataño R, Carlos, y Gallardo C, Cecilia. (2009). Desarrollo y caracterización de micropartículas de ácido fólico formadas por secado por aspersión, utilizando goma arábiga y maltodextrina como materiales de pared. *Vitae*, 16(1), 55-65. Retrieved October 07, 2019, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042009000100007&lng=en&tlng=es.
- Luis Gonzales-Mugaburu Figueroa (1915-2004). *Rev. perú. med. exp. salud publica* [online]. 2004, vol.21, n.3, pp.189-190. ISSN 1726-4634.
- Madene A., Jacquot M., Scher J., and Desobry S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release - a review. *International Journal Food Science and Technology* 41: 1- 21.
- Main JH, Clydesdale FM, Francis FJ. (1978). Spray drying anthocyanin concentrates for use as food colorants. *J. Food Sci.* 43: 1693-1694, 1697.
- Marotti G, M.A, Muglia, Palumbo, Carla y Zaffe, Davide. (1994). The microscopic determinants of bone mechanical properties. *Italian Journal of Mineral and Electrolyte Metabolism.* 8. 167-175.
- Márquez, D. (2011). Evaluación del rendimiento en la obtención del aceite “piper auritum kunth” mediante la hidrodestilación asistida por microondas. México. 63 p.

- Mc Namee, B. F., O'Riordan, E. D., O'Sullivan, M. Emulsification and microencapsulation properties of gum Arabic. *J Agric Food Chem.* 1998, 46, 4551-4555.
- Mimica-Dukin, N; Bozin, B. (2008). *Mentha L. species (Lamiaceae) as promising sources of bioactive secondary metabolites.* *Current Pharmaceutical Design* 14:3141- 3150.
- Montgomery, G. H. (2011). *The Scientific Status of Psychotherapies: A New Evaluative Framework for Evidence-Based Psychosocial Interventions.* *Clinical Psychology: Science and Practice*, 18(2), 89–99. doi:10.1111/j.1468-2850.2011.01239.x
- Murúa, B., C. Beristain and Martínez. F. (2009). Preparation of starch derivatives using reactive extrusion and evaluation of modified starches as shell materials for encapsulation of flavoring agents by spray drying. *Journal of Food Engineering* 91(3): 380–386.
- Mutka, J. R., Nelson, D. B. (1998). Preparation of encapsulated flavors with high flavors. *Food Tech*, 45, 144-147.
- Norma Técnica Peruana 209.121. (1975). Aceites y grasas comestibles. Método de determinación del índice de refracción. 5 p
- Ochoa, L.; Gonzales, S.; Morales, J.; Rocha, N.; Trancoso, N.; Ursina, N. 2011. Propiedades de rehidratación y funcionales de un producto en polvo a base de jugo de granada y manzana.
- Orozco-Cardenas, M. L. (2001). Hydrogen Peroxide Acts as a Second Messenger for the Induction of Defense Genes in Tomato Plants in Response to Wounding, Systemin,

and Methyl Jasmonate. THE PLANT CELL ONLINE, 13(1), 179–191.
doi:10.1105/tpc.13.1.179.

Ortuño, M. (2006). Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes. 276 p. ISBN:
84-937522-1-1.

Osorio, E. (2009) Aspectos básicos de Farmacognosia. Antioquia, Colombia. Disponible en:
<http://farmacia.udea.edu.co/~ff/Farmacognosia.pdf>

Percy D, Arones C., (2007). Manual para la Producción de Plantas Aromáticas y
Medicinales. Ministerio de la Mujer y Desarrollo Social.

Perry, N. S., Bollen, C., Perry, E. K., Ballard, C. (2003). Salvia for dementia therapy:
review of pharmacological activity and pilot tolerability clinical trial. Pharmacol
Biochem Behav. 75, 651-659.

Pichersky, E., Noel, J. P., Dudareva, N. (2006). Biosynthesis of plants volatiles: nature's
diversity and ingenuity. Science, 311, 808-811.

Pierozan, Morgana., Pauletti, Gabriel., Rota, Luciana., Santos, Ana., Lerin, Lindomar.,
Luccio, Marco., Mossi, Altemir., Atti-Serafini, Luciana., Cansian, Rogério ., Oliveira,
J.. (2009). Chemical characterization and antimicrobial activity of essential oils of
Salvia L. species. Ciencia E Tecnologia De Alimentos - CIENCIA TECNOL
ALIMENT. 29. 10.1590/S0101-20612009000400010.

Quek S., Yuil Y., Zjuk L. (2007) The physicochemical propiedades of spray-drier watermelon
powders. Chemical engineering and processing. 46-5

- Quispe-Condori, S., Saldaña, M. D. A., y Temelli, F. (2011). Microencapsulation of flax oil with zein using spray and freeze drying. *LWT - Food Science and Technology*, 44(9), 1880–1887. doi:10.1016/j.lwt.2011.01.005
- Ré M. (1998) Microencapsulation by spray drying. *Dry Technol* 16: 1195-1201
- Reineccius G. A. (1991). Carbohydrates for flavor encapsulation. *Food Technology* 46(3): 144-149.
- Reineccius G. A. (2004). The spray drying of food flavors. *Drying Technology* 22(6): 1289-1324.
- Reineccius, G. A. (1988). Spray-Drying of Food Flavors. *Flavor Encapsulation*, 55–66. doi:10.1021/bk-1988-0370.ch007
- Riachi LG., De Maria (2015) CAB Antioxidantes de menta revisados. *Alimentos Ch Alankar S.*, (2009) Una revisión sobre el aceite de menta. *Asia J Pharm ClinRes*2: 27-33. em176: 72-81.
- Ricciardi, G.; Ricciardi, A. (2000). Efecto de las variaciones estacionales sobre la composición química del aceite esencial de plantas. Sinclair, W.B. 1984. *The Lemon*. University of California. Press, Oakland. USA.
- Rodrigues. S.N, Fernandes. I, Martins. I.M, Mata Vera. G and Barreiro. F (2008) Microencapsulation of Limonene for textile applications. *Industrial & Engineering chemistry research*, 47, 4142-4147.

- Rodríguez J. L., Valdés O., y Alemán A. (2006), “Evaluación de la actividad antioxidante de cinco hierbas aromáticas, Instituto de investigaciones para la industria alimenticia”, Ciencia y Tecnología de Alimentos, vol. 16, no. 1.
- Rohloff J (1999) Composición monoterpénica de aceite esencial de menta (*mentha* × *piperita* l.) Con respecto a la posición de la hoja mediante microextracción en fase sólida y cromatografía de gases / análisis de espectrometría de masas. *J Agri Food Chem*47: 3782-3786.
- Sáenz, C., S. Tapia, J. Chávez and P. Robert. (2009). Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chemistry* 114(2): 616–622.
- Sánchez, Ester, García, Dinah, Carballo, Caridad, & Crespo, Maritza. (1996). Estudio farmacognóstico de *Mentha x piperita* L. (toronjil de menta). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 1(3), 40-45. Recuperado en 07 de octubre de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47961996000300009&lng=es&tlng=es.
- Sansone, F; et al (2011). Flavonoid microparticles by spray-drying: Influence of enhancers of the dissolution rate on properties and stability. *Journal of Food Engineering* no 103, pp. 188–196.
- Santana, A. A., Oliveira, R. A. de, Pinedo, A. A., Kurozawa, L. E., & Park, K. J. (2013). Microencapsulation of babassu coconut milk. *Food Science and Technology (Campinas)*, 33(4), 737–744. doi:10.1590/s0101-20612013000400020

- Schrooyen, P., R. Meer and C. Kruif. (2001). Microencapsulation: its application in nutrition. *Proceedings of the Nutrition Society* 60(4): 475-479.
- Seo, K. W., Wilson, C. R., Han, S. C., y Waliser, D. E. (2008). Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) alias error from ocean tides. *Journal of Geophysical Research*, 113(B3). doi:10.1029/2006jb004747.
- Sheu T.H., Rosenberg, M. (1995). Microencapsulation by Spray Drying Ethyl Caprylate in Whey Protein and Carbohydrates wall Systems. *J Food Sci.* 60, 1, 98-103.
- Sheu, T. Y., & Rosenberg, M. (1998). Microstructure of microcapsules consisting of whey proteins and carbohydrates. *Journal of Food Science*, 491-494.
- Siew Young Quek Ngan King Chok Peter Swedlund. (2005) The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* Volume 46, Issue 5, Pages 386-392, <https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.06.020>
- Silva, J., Abebe, W., Sousa, S. M., Duarte, V. G., Machado, M. I. L., Matos, F. J. A. (2003). Analgesic and anti-inflammatory effects of essentials oils of Eucalyptus. *J Ethnopharmacol*, 89, 277-283.
- Solano M, (2016), *Taxonomía Vegetal. Botánica Sistemática*. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Facultad de Ciencias Agrarias. 106 pp.
- Solms, J. (1986). Interaction of non-volatile and volatile substances in food. In: interactions of food components (edited by G.G. Birch M. F. Lindley). London: Elsevier. Pp. 189-210.

- Soottitantawat, A., Yoshii H., Furuta, T., Ohgawara M., Forssell P., Partanen, R., Poutanen, K. & Linko, P. (2004). Effect of Water Activity on the Release Characteristics and Oxidative Stability of D-Limonene Encapsulated by Spray Drying. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 52(5) 1269–1276. doi: 10.1021/jf035226a.
- Spirling LI, Daniels IR (2001) Perspectivas botánicas sobre la menta para la salud: más que una menta después de la cena. *JR Soc Promot Health* 121: 62-63
- Stashenko, E., Ruíz C., Arias, G., Durán, D., Salgar, W., Cala, M. & Martínez, M. (2010). *Lippia origanoides* chemotype differentiation based on essential oil GC-MS analysis and PCA. *J. Sep. Sci.*, 33, 93-103.
- Taller de Promoción Andina (TADEPA, 2004), ONG peruana que se encarga en contribuir para el fortalecimiento del as comunidades alto andinas, Fundación: 25 DE Noviembre. Dirección: Jr. Lima 192 - 2, Ayacucho, Ayacucho.
- Tan, H., Liu, C., Huang, Y., & Geubelle, P. (2005). The cohesive law for the particle/matrix interfaces in high explosives. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 53(8), 1892–1917. doi:10.1016/j.jmps.2005.01.009.
- Tomas, D. J., Atwell, W. A. *Starches*. (1999) St Paul. MN: Eagan Press.
- Tonon, Renata; Brabet, Catherine Y Hubinger, Miriam. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of a??ai (Euterpe oleraceae Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*. 88. 411-418. 10.1016/j.jfoodeng.2008.02.029.

- Turasan, H., Sahin, S., & Sumnu, G. (2015). Encapsulation of rosemary essential oil. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 112–119. Doi:10.1016/j.lwt.2015.05.036.
- Turchiuli, C., Fuchs, M., Bohin, M., Cuvelier, M., Ordonnaud, C., Peyrat, M. & Dumoulin, E. (2005). Oil encapsulation by spray drying and fluidized bed agglomeration. *Innovate Food Science and Emerging Technologies*, 6,29-35.
- Uribe E, Marín D, Veg Gálvez A, Quispe-Fuentes I, Rodríguez A (2016) Evaluación de menta al vacío (*mentha piperita* L.) Como fuente de antioxidantes naturales. *Food Chem*190: 559-565.
- Usano J., Pala J. y Díaz S. (2014). Aceites esenciales: conceptos básicos y actividad antibacteriana. *7(2): 60–70.*
- Vaidya, Swapnali & Bhosale, Rajesh & Singhal, Rekha. (2006). Microencapsulation of Cinnamon Oleoresin by Spray Drying Using Different Wall Materials. *Drying Technology - DRY TECHNOL.* 24. 983-992. 10.1080/07373930600776159.
- Valencia, C. (1995). *Fundamentos de Fitoquímica*. MX. Ed. Trillas.
- Vargas, A. P., Bottia, E. J. S. (2008). Estudio de la composición química de los aceites esenciales de seis especies cultivadas en los municipios de Bolívar y el Peñón Santander, Colombia. Tesis Doctoral. Universidad Industrial de Santander. Colombia.
- Velasco, Reinaldo J, Villada, Héctor S, y Carrera, Jorge E. (2007). Aplicaciones de los Fluidos Supercríticos en la Agroindustria. *Información tecnológica*, 18(1), 53-66. [Doi.org/10.4067/S0718-07642007000100009](https://doi.org/10.4067/S0718-07642007000100009).

- Victoria H, Ramírez Y col., (2002). Plantas Medicinales Volumen II. Centro Nacional de Medicamentos Costa Rica.
- William, P. A., Philips, G. O. (2000). Gum Arabic. Handbook of hydrocolloids (edited by G. O. Phillips and P. A. Williams Cambridge.). Pp155-168.
- Yañez, J., J. Salazar, L. Chaires, J. Jimenez, M. Marquez y E. Ramos. (2002). Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. Revista Avance y Perspectiva 21: 313-319.
- Yilmaz G., Jongboom R.O.J., van Soest J.J.G. & Feil H. (1999). Effect of glycerol on the morphology of starch–sunflower oil composites. Carbohydrate Polymers, 38 (1), 33–39.
- Zhong Q., Jin M., Davidson P.M. & Zivanovic S. (2009). Sustained release of lysozyme from zein microcapsules produced by a supercritical anti-solvent process. Food Chemistry, 115 (2), 697-700.
- Zilberboim, R., Kopelman, I. J., & Talmon, Y. (1986). Microencapsulation by a Dehydrating Liquid: Retention of Paprika Oleoresin and Aromatic Esters. Journal of Food Science, 51(5), 1301–1306. doi:10.1111/j.1365-2621.1986.tb13110.x.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de humedad durante la microencapsulación de AE de menta

Factor	Humedad (%)				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p - valor
(1)Aceite esencial(L)	4.97796	1	4.977957	174.3389	0.000000
Aceite esencial(Q)	0.71468	1	0.714678	25.0296	0.000157
(2)G. arábica(L)	0.29778	1	0.297779	10.4289	0.005616
G. arábica(Q)	4.26997	1	4.269967	149.5436	0.000000
1L * 2L	0.05951	1	0.059513	2.0843	0.169385
Lack of Fit	2.81698	3	0.938993	32.8856	0.000001
Error puro	0.42830	15	0.028553		
Total SS	13.04525	23			

Anexo 2. Efectos y coeficientes de regresión para humedad

Factor	Humedad (%)			
	Efectos	Desviación estándar	Coeficientes	Desviación estándar
Medio/Interacción	8.22989	0.059743	8.229890	0.059743
(1)Aceite esencial(L)	-1.11565	0.084495	-0.557825	0.042248
Aceite esencial(Q)	0.47269	0.094481	0.236343	0.047241
(2)G. arábica(L)	-0.27287	0.084495	-0.136433	0.042248
G. arábica(Q)	1.15539	0.094481	0.577696	0.047241
1L * 2L	-0.17250	0.119485	-0.086250	0.059743

Anexo 3. Análisis de varianza de sólidos totales (SST) de microencapsulación de aceite esencial de menta negra.

Factor	SST (%)				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p – valor
(1)Aceite esencial(L)	4.97796	1	4.977957	174.3389	0.000000
Aceite esencial(Q)	0.71468	1	0.714678	25.0296	0.000157
(2)G. arábica(L)	0.29778	1	0.297779	10.4289	0.005616
G. arábica(Q)	4.26997	1	4.269967	149.5436	0.000000
1L * 2L	0.05951	1	0.059512	2.0843	0.169385
Lack of Fit	2.81698	3	0.938993	32.8856	0.000001
Error puro	0.42830	15	0.028553		
Total SS	13.04525	23			

Anexo 4. Efectos y coeficientes de regresión para (SST)

Factor	SST (%)			
	Efectos	Desviación estándar	Coeficientes	Desviación estándar
Medio/Interacción	91.77011	0.059743	91.77011	0.059743
(1)Aceite esencial(L)	1.11565	0.084495	0.55783	0.042248
Aceite esencial(Q)	-0.47269	0.094481	-0.23634	0.047241
(2)G. arábica(L)	0.27287	0.084495	0.13643	0.042248
G. arábica(Q)	-1.15539	0.094481	-0.57770	0.047241
1L * 2L	0.17250	0.119485	0.08625	0.059743

Anexo 5. Análisis de varianza de actividad de agua (aw) de microencapsulación de aceite esencial de menta negra.

Factor	Aw				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p – valor
(1)Aceite esencial(L)	0.005799	1	0.005799	71.7652	0.000000
Aceite esencial(Q)	0.000245	1	0.000245	3.0300	0.102204
(2)G. arábica(L)	0.009679	1	0.009679	119.7836	0.000000
G. arábica(Q)	0.001883	1	0.001883	23.3014	0.000222
1L * 2L	0.000008	1	0.000008	0.0990	0.757355
Lack of Fit	0.003469	3	0.001156	14.3128	0.000113
Error puro	0.001212	15	0.000081		
Total SS	0.022665	23			

Anexo 6. Efecto y coeficientes de regresión para aw.

Factor	AW			
	Efectos	Desviación estándar	Coeficientes	Desviación estándar
Media/Interacción	0.399997	0.003178	0.399997	0.003178
(1)Aceite esencial(L)	-0.038077	0.004495	-0.019039	0.002247
Aceite esencial(Q)	-0.008749	0.005026	-0.004374	0.002513
(2)G. arábica(L)	-0.049193	0.004495	-0.024597	0.002247
G. arábica(Q)	0.024261	0.005026	0.012131	0.002513
1L * 2L	0.002000	0.006356	0.001000	0.003178

Anexo 7. Análisis de varianza de densidad aparente de microencapsulación de aceite esencial de menta negra.

Factor	Densidad aparente (g/ml)				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p - valor
(1)Aceite esencial(L)	0.002424	1	0.002424	148.4419	0.000000
Aceite esencial(Q)	0.010249	1	0.010249	627.6714	0.000000
(2)G. arábica(L)	0.000159	1	0.000159	9.7534	0.006981
G. arábica(Q)	0.003918	1	0.003918	239.9389	0.000000
1L * 2L	0.000020	1	0.000020	1.2164	0.287443
Lack of Fit	0.012367	3	0.004122	252.4580	0.000000
Error puro	0.000245	15	0.000016		
Total SS	0.027334	23			

Anexo 8. Efectos y coeficientes de regresión para densidad aparente

Factor	Densidad aparente			
	Efectos	Desviación estándar	Coeficientes	Desviación estándar
Media/Interacción	0.332744	0.001429	0.332744	0.001429
(1)Aceite esencial(L)	-0.024619	0.002021	-0.012309	0.001010
Aceite esencial(Q)	0.056607	0.002259	0.028303	0.001130
(2)G. arábica(L)	-0.006311	0.002021	-0.003155	0.001010
G. arábica(Q)	0.034999	0.002259	0.017499	0.001130
1L * 2L	0.003151	0.002857	0.001576	0.001429

Anexo 9. Análisis de varianza de densidad real de microencapsulación de aceite esencial de menta negra

Factor	Densidad real (g/ml)				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p - valor
(1)Aceite esencial(L)	0.000117	1	0.000117	2.91896	0.108148
Aceite esencial(Q)	0.000957	1	0.000957	23.89818	0.000197
(2)G. arábica(L)	0.000115	1	0.000115	2.86731	0.111054
G. arábica(Q)	0.001037	1	0.001037	25.87172	0.000134
1L * 2L	0.000449	1	0.000449	11.19453	0.004423
Lack of Fit	0.003008	3	0.001003	25.02978	0.000004
Error puro	0.000601	15	0.000040		
Total SS	0.005952	23			

Anexo 10. Efectos y coeficientes de regresión de densidad real

Factor	Densidad real			
	Efectos	Desviación estándar	Coeficientes	Desviación estándar
Media/Interacción	0.271247	0.002238	0.271247	0.002238
(1)Aceite esencial(L)	-0.005407	0.003165	-0.002704	0.001583
Aceite esencial(Q)	0.017301	0.003539	0.008651	0.001770
(2)G. arábica(L)	0.005359	0.003165	0.002680	0.001583
G. arábica(Q)	0.018001	0.003539	0.009001	0.001770
1L * 2L	0.014975	0.004476	0.007488	0.002238

Anexo 11. Análisis de varianza de humectabilidad (min.) de microencapsulación de aceite esencial

Factor	Humectabilidad				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p - valor
(1)Aceite esencial(L)	19.16816	1	19.16816	197.0816	0.000000
Aceite esencial(Q)	0.12030	1	0.12030	1.2369	0.283579
(2)G. arábica(L)	28.68818	1	28.68818	294.9638	0.000000
G. arábica(Q)	6.26084	1	6.26084	64.3722	0.000001
1L * 2L	23.22211	1	23.22211	238.7632	0.000000
Lack of Fit	14.69965	3	4.89988	50.3792	0.000000
Error puro	1.45890	15	0.09726		
Total SS	94.24493	23			

Anexo 12. Efectos y coeficientes de regresión para humectabilidad

Factor	Humectabilidad			
	Efectos	Desviación estándar	Coeficientes	Desviación estándar
Media/Interacción	12.30498	0.110261	12.30498	0.110261
(1)Aceite esencial(L)	2.18924	0.155944	1.09462	0.077972
Aceite esencial(Q)	0.19393	0.174375	0.09697	0.087187
(2)G. arábica(L)	-2.67827	0.155944	-1.33913	0.077972
G. arábica(Q)	-1.39905	0.174375	-0.69952	0.087187
1L * 2L	-3.40750	0.220522	-1.70375	0.110261

Anexo 13. Análisis de varianza de solubilidad (%) de microencapsulación de aceite esencial

Factor	Solubilidad (%)				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p - valor
(1)Aceite esencial(L)	80.9744	1	80.97443	19.79210	0.000469
Aceite esencial(Q)	2.1135	1	2.11347	0.51658	0.483350
(2)G. arábica(L)	2.3261	1	2.32613	0.56856	0.462504
G. arábica(Q)	58.8383	1	58.83827	14.38149	0.001771
1L * 2L	0.0613	1	0.06125	0.01497	0.904241
Lack of Fit	184.2809	3	61.42696	15.01423	0.000087
Error puro	61.3687	15	4.09125		
Total SS	387.8563	23			

Anexo 14. Efectos y coeficientes de regresión para solubilidad (%)

Factor	Solubilidad (%)			
	Efectos	Desviación estándar	Coefficientes	Desviación estándar
Media/Interacción	81.13717	0.715127	81.13717	0.715127
(1)Aceite esencial(L)	-4.49963	1.011418	-2.24981	0.505709
Aceite esencial(Q)	0.81286	1.130954	0.40643	0.565477
(2)G. arábica(L)	0.76264	1.011418	0.38132	0.505709
G. arábica(Q)	4.28891	1.130954	2.14445	0.565477
1L * 2L	-0.17500	1.430253	-0.08750	0.715127

Anexo 15. Análisis de varianza de rendimiento de partículas de microencapsulación de aceite esencial

Factor	Rendimiento de partículas (%)				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p – valor
(1)Aceite esencial(L)	82.358	1	82.3578	711.010	0.000000
Aceite esencial(Q)	8.039	1	8.0388	69.400	0.000001
(2)G. arábica(L)	692.989	1	692.9888	5982.696	0.000000
G. arábica(Q)	537.672	1	537.6720	4641.818	0.000000
1L * 2L	26.655	1	26.6552	230.119	0.000000
Lack of Fit	501.699	3	167.2329	1443.752	0.000000
Error puro	1.737	15	0.1158		
Total SS	1901.224	23			

Anexo 16. Efectos y coeficientes de regresión de rendimiento de partículas

Factor	Rendimiento de partículas			
	Efectos	Desviación estándar	Coefficientes	Desviación estándar
Medio/Interacción	57.5353	0.120329	57.53529	0.120329
(1)Aceite esencial(L)	-4.5379	0.170183	-2.26895	0.085092
Aceite esencial(Q)	1.5853	0.190297	0.79265	0.095148
(2)G. arábica(L)	13.1633	0.170183	6.58167	0.085092
G. arábica(Q)	-12.9651	0.190297	-6.48254	0.095148
1L* 2L	3.6507	0.240658	1.82535	0.120329

Anexo 17. Análisis de varianza de higroscopicidad de microencapsulación de aceite esencial

Factor	Higroscopicidad (g)				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p – valor
(1)Aceite esencial(L)	1.59466	1	1.594660	10.44342	0.005590
Aceite esencial(Q)	0.20391	1	0.203911	1.33542	0.265920
(2)G. arábica(L)	2.24103	1	2.241026	14.67647	0.001636
G. arábica(Q)	1.46736	1	1.467364	9.60976	0.007318
1L * 2L	0.28575	1	0.285751	1.87138	0.191462
Lack of Fit	3.46254	3	1.154181	7.55873	0.002611
Pure Error puro	2.29043	15	0.152695		
Total SS	11.38748	23			

Anexo 18. Efectos y coeficientes de regresión de higroscopicidad

Factor	Higroscopicidad (g)			
	Efectos	Desviación estándar	Coefficientes	Desviación estándar
Media/Interacción	4.657805	0.138155	4.657805	0.138155
(1)Aceite esencial(L)	-0.631447	0.195396	-0.315723	0.097698
Aceite esencial(Q)	0.252486	0.218489	0.126243	0.109244
(2)G. arábica(L)	-0.748559	0.195396	-0.374280	0.097698
G. arábica(Q)	0.677307	0.218489	0.338654	0.109244
1L * 2L	0.377989	0.276311	0.188994	0.138155

Anexo 19. Análisis de varianza de % AE superficial de microencapsulación de aceite esencial

Factor	% AE superficial				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p - valor
(1)Aceite esencial(L)	0.35207	1	0.35207	12.2804	0.003195
Aceite esencial(Q)	0.00076	1	0.00076	0.0265	0.872913
(2)G. arábica(L)	11.02211	1	11.02211	384.4585	0.000000
G. arábica(Q)	2.66265	1	2.66265	92.8749	0.000000
1L* 2L	2.73780	1	2.73780	95.4963	0.000000
Lack of Fit	8.81526	3	2.93842	102.4941	0.000000
Error puro	0.43004	15	0.02867		
Total SS	26.15020	23			

Anexo 20. Efectos y coeficientes de regresión para % de AE superficial

Factor	%AE superficial			
	Efectos	Desviación estándar	Coefficiente s	Desviación estándar
Media/Interacción	3.111055	0.059864	3.111055	0.059864
(1)Aceite esencial(L)	-0.296700	0.084666	-0.148350	0.042333
Aceite esencial(Q)	-0.015405	0.094673	-0.007702	0.047336
(2)G. arábica(L)	1.660103	0.084666	0.830052	0.042333
G. arábica(Q)	0.912375	0.094673	0.456188	0.047336
1L * 2L	1.170000	0.119727	0.585000	0.059864

Anexo 21. Análisis de varianza de %AE encapsulado de microencapsulación de AEMN

Factor	AE Encapsulado (%)				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p - valor
(1)Aceite esencial(L)	540.891	1	540.8909	639.4013	0.000000
Aceite esencial(Q)	113.982	1	113.9821	134.7412	0.000000
(2)G. arábica(L)	410.784	1	410.7839	485.5985	0.000000
G. arábica(Q)	34.063	1	34.0634	40.2672	0.000013
1L * 2L	9.946	1	9.9458	11.7572	0.003730
Lack of Fit	853.157	3	284.3856	336.1797	0.000000
Error puro	12.689	15	0.8459		
Total SS	2007.613	23			

Anexo 22. Efectos y coeficientes de regresión de %AE encapsulado

Factor	% AE Encapsulado			
	Efectos	Desviación estándar	Coeficientes	Desviación estándar
Medio/Interacción	38.22309	0.325179	38.22309	0.325179
(1)Aceite esencial(L)	11.62941	0.459908	5.81470	0.229954
Aceite esencial(Q)	5.96946	0.514263	2.98473	0.257131
(2)G. arábica(L)	10.13467	0.459908	5.06733	0.229954
G. arábica(Q)	-3.26333	0.514263	-1.63166	0.257131
1L * 2L	-2.23000	0.650359	-1.11500	0.325179

Anexo 23. Análisis de varianza de % MME de microencapsulación de aceite esencial

Factor	MME (%)				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p - valor
Aceite esencial(Q)	0.00567	1	0.00567	0.0877	0.771193
(2)G. arábica(L)	11.02211	1	11.02211	170.4559	0.000000
G. arábica(Q)	3.00889	1	3.00889	46.5322	0.000006
1L * 2L	2.73780	1	2.73780	42.3398	0.000010
Lack of Fit	8.81508	3	2.93836	45.4415	0.000000
Error puro	0.96994	15	0.06466		
Total SS	26.98258	23			

Anexo 24. Efectos y coeficientes de regresión de % MME

Factor	MME (%)			
	Efectos	Desviación estándar	Coeficientes	Desviación estándar
Medio/Interacción	96.94644	0.089904	96.94644	0.089904
(1)Aceite esencial(L)	0.29670	0.127154	0.14835	0.063577
Aceite esencial(Q)	-0.04210	0.142181	-0.02105	0.071091
(2)G. arábica(L)	-1.66010	0.127154	-0.83005	0.063577
G. arábica(Q)	-0.96988	0.142181	-0.48494	0.071091
1L * 2L	-1.17000	0.179809	-0.58500	0.089904

Anexo 25. Análisis de varianza de color, luminosidad (L*) de microcápsulas de AE

Factor	L*				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p - valor
(1)A. esencial(L)	0.015393	1	0.015393	2.91213	0.098249
A. esencial(Q)	0.073108	1	0.073108	13.83112	0.000821
(2)G. arábica(L)	0.015174	1	0.015174	2.87072	0.100563
G. arábica(Q)	0.088018	1	0.088018	16.65187	0.000306
1L ** 2L	0.000456	1	0.000456	0.08633	0.770916
Error	0.158573	30	0.005286		
Total SS	0.324028	35			

Anexo 26. Efectos y coeficientes de regresión de luminosidad L* de microcápsulas de AE

Factor	L*			
	Efectos	Desviación estándar	Coefficientes	Desviación estándar
Media/Interacción	99.74850	0.020988	99.74850	0.020988
(1)Aceite esencial(L)	-0.05065	0.029683	-0.02533	0.014842
Aceite esencial(Q)	0.12344	0.033191	0.06172	0.016596
(2)G. arábica(L)	-0.05029	0.029683	-0.02515	0.014842
G. arábica(Q)	0.13544	0.033191	0.06772	0.016596
1L * 2L	-0.01233	0.041975	-0.00617	0.020988

Anexo 27. Análisis de varianza de color -verde + rojo (a*) de microcápsulas de AE

Factor	a*				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p - valor
(1)A. esencial(L)	0.084393	1	0.084393	2.37959	0.133413
A. esencial(Q)	0.542643	1	0.542643	15.30069	0.000487
(2)G. arábica(L)	0.144697	1	0.144697	4.07996	0.052404
G. arábica(Q)	0.064750	1	0.064750	1.82572	0.186736
1L * 2L	0.202540	1	0.202540	5.71095	0.023345
Error	1.063957	30	0.035465		
Total SS	2.206291	35			

Anexo 28. Efectos y coeficientes de regresión de color -verde + rojo (a*) de microcápsulas de AE

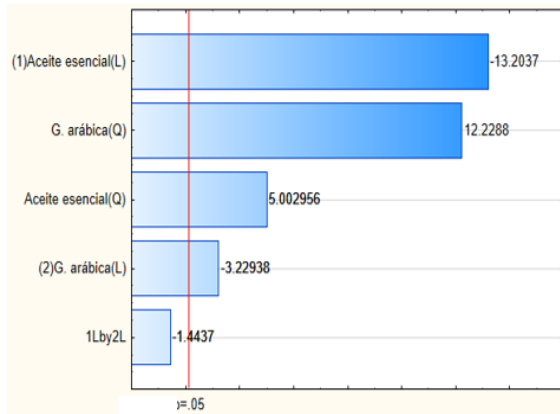
Factor	a*			
	Efectos	Desviación estándar	Coefficientes	Desviación estándar
Media/Interacción	3.563755	0.054364	3.563755	0.054364
(1)Aceite esencial(L)	0.118607	0.076888	0.059303	0.038444
Aceite esencial(Q)	-0.336301	0.085975	-0.168151	0.042988
(2)G. arábica(L)	-0.155305	0.076888	-0.077653	0.038444
G. arábica(Q)	0.116169	0.085975	0.058084	0.042988
1L * 2L	-0.259833	0.108728	-0.129917	0.054364

Anexo 29. Análisis de varianza de color - azul + amarillo (b*) de microcápsulas de AE

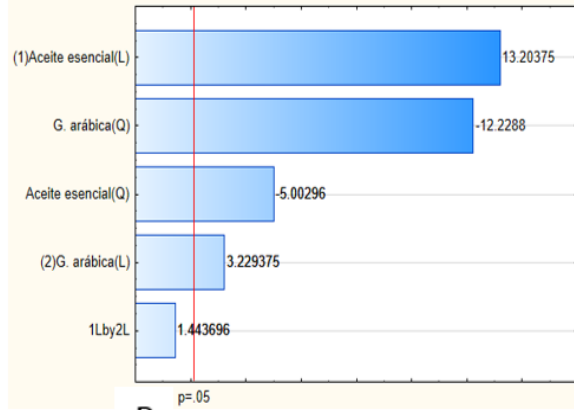
Factor	b*				
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p - valor
(1)A. esencial(L)	0.2362	1	0.236244	0.045629	0.832296
A. esencial(Q)	7.5777	1	7.577681	1.463592	0.235806
(2)G. arábica(L)	1.4680	1	1.468040	0.283545	0.598309
G. arábica(Q)	3.2098	1	3.209834	0.619964	0.437238
1L * 2L	4.8362	1	4.836160	0.934081	0.341532
Error	155.3236	30	5.177453		
Total SS	171.0470	35			

Anexo 30. Efectos y coeficientes de regresión de color - azul + amarillo (b*) de microcápsulas de AE

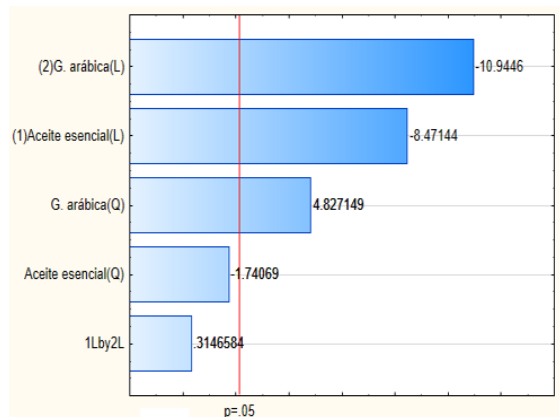
Factor	b*			
	Efectos	Desviación estándar	Coefficientes	Desviación estándar
Media/Interacción	11.21272	0.656852	11.21272	0.656852
(1)Aceite esencial(L)	0.19844	0.928999	0.09922	0.464499
Aceite esencial(Q)	1.25672	1.038794	0.62836	0.519397
(2)G. arábica(L)	0.49468	0.928999	0.24734	0.464499
G. arábica(Q)	0.81792	1.038794	0.40896	0.519397
1L * 2L	1.26967	1.313704	0.63483	0.656852



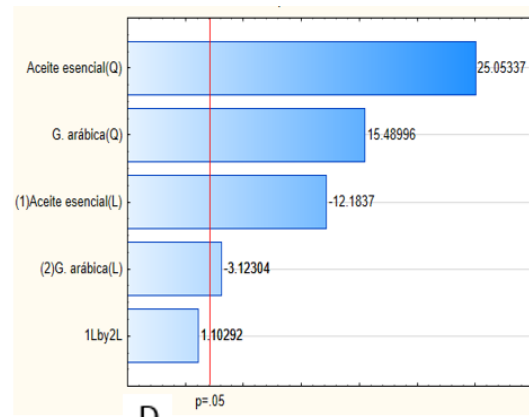
A



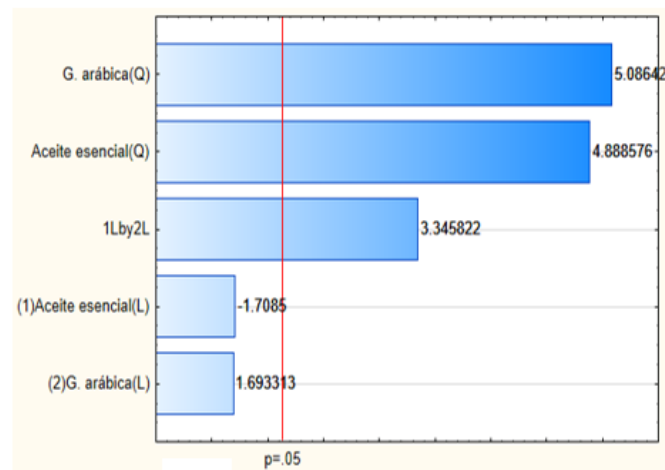
B



C

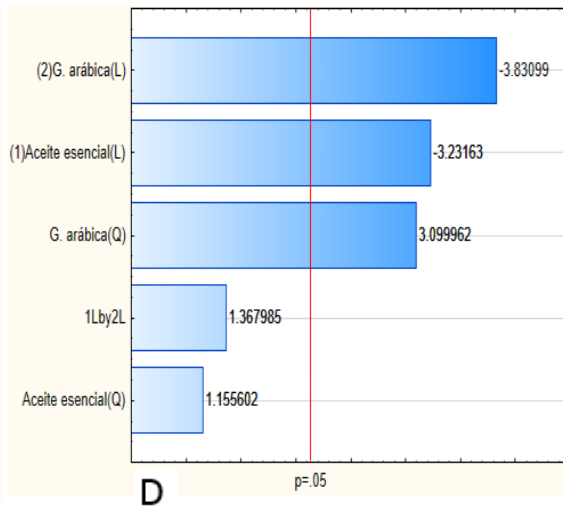
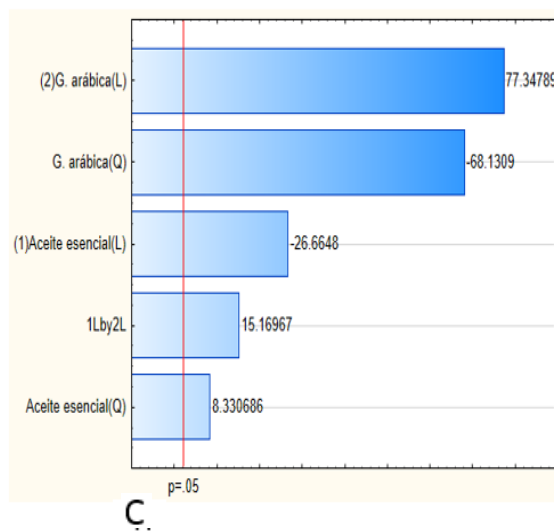
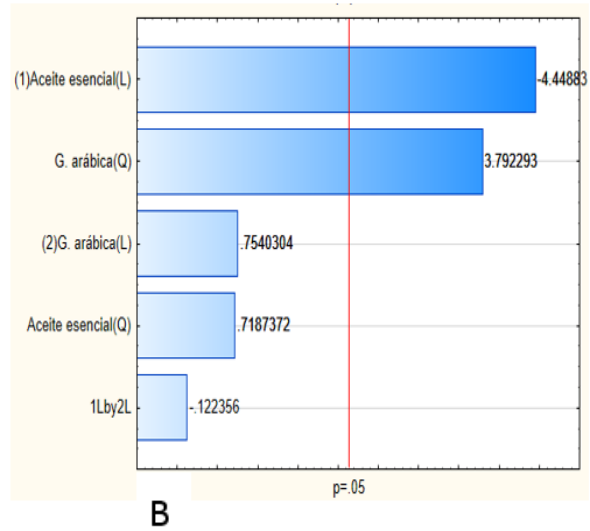
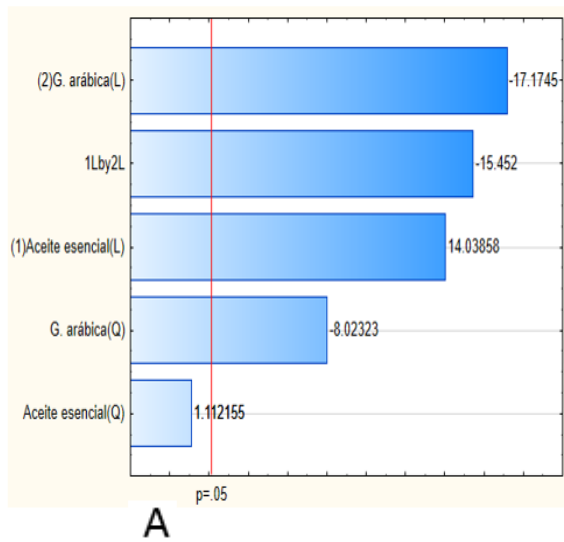


D

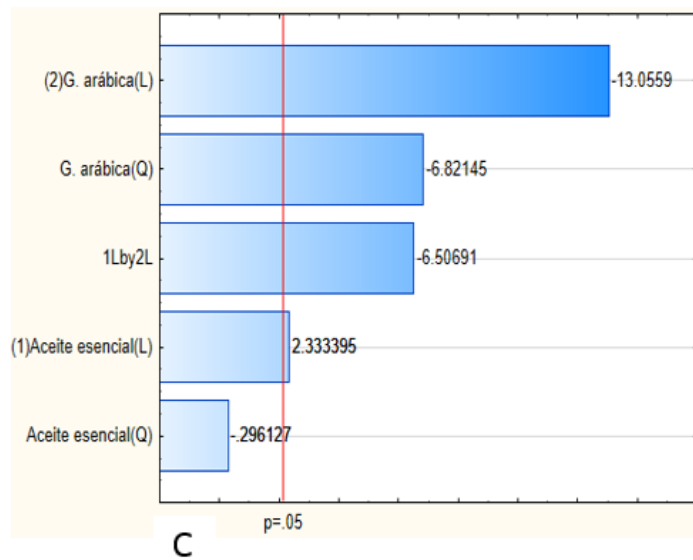
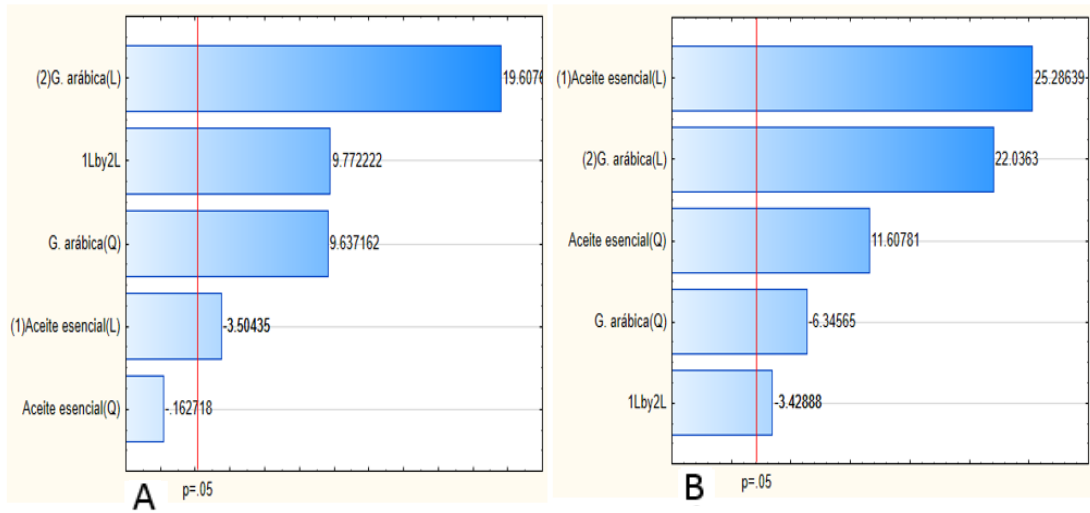


E

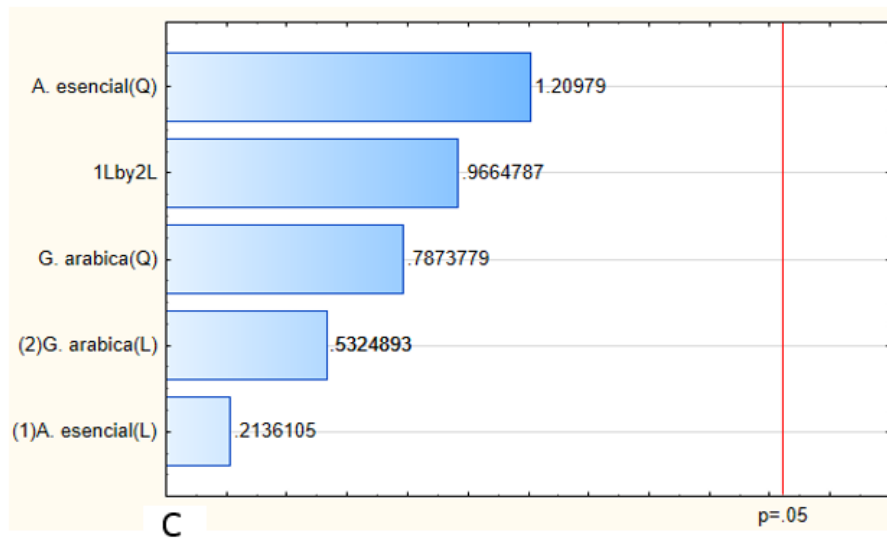
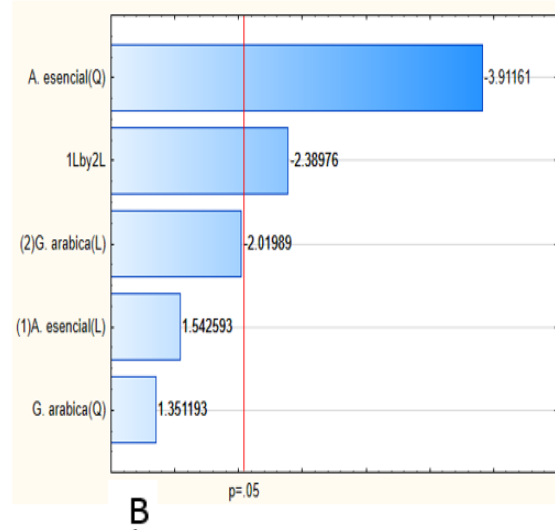
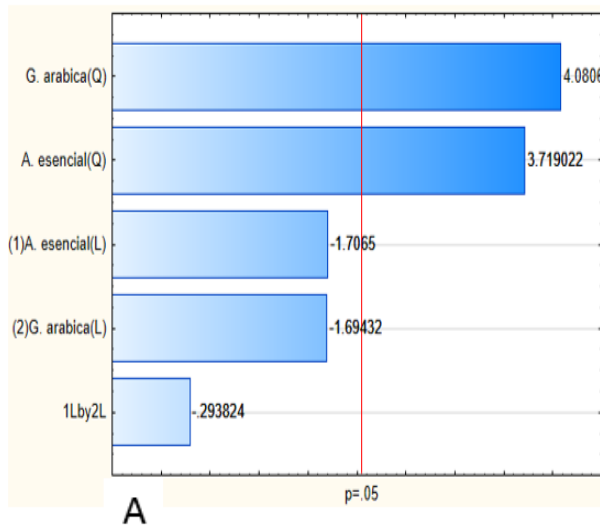
Anexo 31. Gráfico de Pareto de A (humedad), B (SST), C (aw), D (D. aparente), E (D real) de microcápsulas de AE.



Anexo 32. Gráfico de Pareto de A, (humectabilidad), B (solubilidad), C (higroscopicidad), D (R de partículas) de microcápsulas de AE



Anexo 33. Gráfico de Pareto de A (%AE superficial), B (% AE encapsulado), C (eficiencia d microencapsulación (MME))



Anexo 34. Gráficas de Pareto de color (L*a*b*) de microcápsulas de AE